



JULIANE CAPUTO COSTA CARVALHO

**COBRANÇA DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO COMO INSTRUMENTO DE
GESTÃO AMBIENTAL: O MARCO DA MICROMEDIÇÃO NA CIDADE
HISTÓRICA DE OURO PRETO.**

**LAVRAS - MG
2024**

JULIANE CAPUTO COSTA CARVALHO

**COBRANÇA DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO COMO INSTRUMENTO DE
GESTÃO AMBIENTAL: O MARCO DA MICROMEDIÇÃO NA CIDADE
HISTÓRICA DE OURO PRETO.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação de Mestrado em Engenharia Ambiental, na área de concentração de Saneamento Ambiental, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Mateus Pimentel de Matos

Orientador (a)

Prof^ª. Dra. Paula Peixoto Assemany

Co-orientador (a)

Prof^ª. Dra. Camila Silva Franco

Co-orientador (a)

LAVRAS - MG

2024

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Carvalho, Juliane Caputo Costa.

Cobrança de água de abastecimento como instrumento de
Gestão Ambiental: o marco da micromedição na cidade histórica de
Ouro Preto. / Juliane Caputo Costa Carvalho. - 2024.

144 p. : il.

Orientador(a): Mateus Pimentel de Matos.

Coorientador(a): Paula Peixoto Assemany, Camila Silva
Franco.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Micromedição. 2. Método de Valoração Contingente. 3.
Saneamento. I. Matos, Mateus Pimentel de. II. Assemany, Paula
Peixoto. III. Franco, Camila Silva. IV. Título.

JULIANE CAPUTO COSTA CARVALHO

COBRANÇA DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL: O MARCO DA MICROMEDIÇÃO NA CIDADE HISTÓRICA DE OURO PRETO.

CHARGING FOR SUPPLY WATER AS AN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT INSTRUMENT: THE MILESTONE OF MICRO MEASUREMENT IN THE HISTORIC CITY OF OURO PRETO.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação de Mestrado em Engenharia Ambiental, na área de concentração de Saneamento Ambiental, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 30 de julho de 2024.

Dr. Aníbal da Fonseca Santiago - Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

Dr. Aline de Araújo Nunes - Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

Dr. Gabriel Browne de Deus Ribeiro - Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Dr. Paula Peixoto Assemany - Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Prof. Dr. Mateus Pimentel de Matos

Orientador (a)

Prof^a. Dra. Paula Peixoto Assemany

Co-orientador (a)

Prof^a. Dra. Camila Silva Franco

Co-orientador (a)

LAVRAS -MG,

2024.

Aos meus pais Maria Inês Caputo Costa e Aduino Costa por serem a minha força e a
minha luz nesta jornada.

À minha irmã Caroline Caputo Costa Fusaro por todo apoio, e por ser uma inspiração
de sucesso para mim.

Ao meu filho Luíz Fernando Caputo Carvalho, por ser o meu maior motivo para buscar
sempre o melhor.

A Deus, pela infinita misericórdia que sempre derramou em minha vida.

Dedico.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mateus Pimentel de Matos, pela sua dedicação e trabalho durante a orientação dessa dissertação.

Às minhas co-orientadoras Prof^ª Dra. Paula Peixoto Assemany e Prof^ª Dra. Camila Silva Franco pelas correções e sugestões.

Aos cidadãos ouro-pretanos que aceitaram participar da pesquisa, por todo tempo dedicado às respostas.

À empresa SANEOURO pelo fornecimento de dados para a pesquisa.

Aos participantes da banca que aceitaram participar e assim contribuir com o trabalho.

À Prof^ª Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos que auxiliou no processo de tramitação do questionário no comitê de ética.

Ao Prof. Dr. Gabriel Browne de Deus Ribeiro que sugeriu algumas análises para este trabalho.

Aos Professores que já haviam participado da qualificação.

Aos Professores da UFOP, às pró-reitorias da UFOP, Rádio Real FM e jornal Galilé que ajudaram na divulgação do questionário.

À minha família, pai, mãe, irmã, sobrinhos, marido, filho, por todo apoio, compreensão e amor.

RESUMO

Medidas de controle, redução do consumo e financiamento dos serviços de abastecimento de água potável em um município são estratégias essenciais para garantir a segurança e sustentabilidade da prestação dos serviços, bem como reduzir os impactos da escassez hídrica. Diversos fatores influenciam no consumo individual de água, sendo que a micromedição por meio do uso de hidrômetros, aliada a uma boa política tarifária, pode promover a justiça social e a redução do desperdício, como observado em estudos anteriores. Neste contexto, o município de Ouro Preto, localidade de grande importância histórica e cultural, além de reconhecida riqueza ambiental, tem enfrentado nos últimos anos, períodos de baixa disponibilidade de água, decorrente do uso desordenado da água ao longo dos séculos. E um dos motivos pode estar ligado à inexistência da medição do consumo individual, ausente até o ano de 2020, resultando em perdas na distribuição e consumo per capita estimados superiores à média nacional. Assim, a implantação do Projeto de Hidrometração pelo prestador de serviços é considerado um marco na gestão do saneamento municipal, medida que visa reduzir o consumo de água e as perdas, preservando os recursos hídricos. Dessa forma, com a realização da pesquisa, objetivou-se avaliar o efeito da instalação de hidrômetros residenciais no consumo de água do Sistema de Abastecimento do município de Ouro Preto, e a percepção da população sobre a alteração na forma de cobrança. Utilizando dados do SNIS e fornecidos pela concessionária de água e esgoto do município, além de informações da literatura, atendeu-se ao escopo da primeira etapa do trabalho. Para a segunda fase, aplicou-se um questionário para a população, aprovado pelo comitê de ética da instituição, com perguntas relacionados ao consumo, avaliação do serviço prestado, disposição a pagar (DAP, usando o Método da Valoração Contingente - MVC), bem como informações sobre características socioeconômicas (idade, gênero, renda, escolaridade, número de moradores, tipo de residência). Com base nos resultados obtidos, verificou-se que com a implementação da micromedição (do ano de 2021 para 2022), houve redução significativa do consumo per capita de água, do volume per capita coletado de esgoto e das perdas por faturamento. O valor cobrado pela concessionária aumentou, em relação à taxa fixa praticada anteriormente. Em relação à percepção da população quanto à mudança, apesar de mais de 70% responder que não conseguiu economizar água, verificou-se redução do consumo informado antes e após a hidrometração. Houve influência de características como idade, escolaridade e renda na aceitação da individualização do consumo e na disposição a pagar pelo serviço de fornecimento de água, tendo destaque para a população mais velha que apresentou maior conscientização. O DAP obtido foi de R\$4,93/m³, superior à tarifa média praticada pela concessionária, sendo que o sistema tarifário cobrado atualmente, no entanto, apresenta valores superiores a de outras empresas para faixas maiores de consumo (sobretudo acima de 15 m³). Ademais, há de se ressaltar que o número de entrevistados foi reduzido e as respostas obtidas podem não refletir a percepção da população ouropretana. Características do município (número de distritos, cidade histórica e tubulações antigas) poderiam justificar algumas das observações feitas no trabalho (preço mais elevado de tarifas e elevadas perdas), porém uma revisão pode ser feita em consulta e participação da população, visando conscientizar e reduzir o consumo.

Palavras-chave: Consumo *per capita*; Hidrometração; Índices de perdas; Método da Valoração Contingente; Tarifas; Saneamento; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Control measures, reduction of consumption and financing of drinking water supply services in a municipality are essential strategies to ensure the safety and sustainability of service provision, as well as reducing the impacts of water scarcity. Several factors influence individual water consumption, and micro-measurement through the use of water meters, combined with a good tariff policy, can promote social justice and reduce waste, as observed in previous studies. In this context, the municipality of Ouro Preto, a location of great historical and cultural importance, in addition to recognized environmental wealth, has faced in recent years periods of low water availability, resulting from the disordered use of water over the centuries. And one of the reasons may be linked to the lack of measurement of individual consumption, absent until 2020, resulting in losses in distribution and per capita consumption estimated to be higher than the national average. Thus, the implementation of the Hydrometering Project by the service provider is considered a milestone in municipal sanitation management, a measure that aims to reduce water consumption and losses, preserving water resources. Therefore, by carrying out the research, the aim was to evaluate the effect of installing residential water meters on water consumption in the Supply System of the municipality of Ouro Preto, and the population's perception of the change in the way it is charged. Using data from the SNIS and provided by the municipality's water and sewage concessionaire, in addition to information from the literature, the scope of the first stage of the work was met. For the second phase, a questionnaire was applied to the population, approved by the institution's ethics committee, with questions related to consumption, evaluation of the service provided, willingness to pay (DAP, using the Contingent Valuation Method - MVC), as well as such as information on socioeconomic characteristics (age, gender, income, education, number of residents, type of residence). Based on the results obtained, it was found that with the implementation of micromasurement (from 2021 to 2022), there was a significant reduction in per capita water consumption, per capita volume of sewage collected and revenue losses. The amount charged by the concessionaire increased in relation to the previously charged fixed rate. Regarding the population's perception of the change, despite more than 70% responding that they were unable to save water, there was a reduction in reported consumption before and after hydrometering. There was an influence of characteristics such as age, education and income on the acceptance of individualization of consumption and the willingness to pay for the water supply service, with emphasis on the older population who showed greater awareness. The DAP obtained was R\$4.93/m³, higher than the average tariff charged by the concessionaire, although the tariff system currently charged, however, presents higher values than other companies for larger consumption ranges (especially above 15 m³). Furthermore, it should be noted that the number of interviewees was reduced and the responses obtained may not reflect the perception of the Ouro Preto population. Characteristics of the municipality (number of districts, historic city and old pipes) could justify some of the observations made in the work (higher tariff prices and high losses), however a review can be carried out in consultation and participation of the population, aiming to raise awareness and reduce consumption.

Keywords: Per capita consumption; Hydrometering; Loss rates; Contingent Valuation Method; Tariffs; Sanitation; Sustainability.

IMPACTOS SOCIAIS, TECNOLÓGICOS, ECONÔMICOS E CULTURAIS

Os resultados deste projeto de pesquisa relacionados aos dados provenientes do acompanhamento do Projeto de Hidrometração, ligados ao consumo e faturamento de água, geraram dados estatísticos que foram utilizados para a confecção de gráficos relacionados à evolução no tempo. Com as análises realizadas, obteve-se impactos sociais, econômicos e ambientais. Os dados comparativos referentes ao consumo de água per capita antes do Projeto de Hidrometração e após o Projeto, assim como o resultado das perdas de água antes e após, demonstraram a importância da cobrança pelo uso deste recurso como um efetivo instrumento de Gestão Ambiental para a redução das perdas, pois foi verificada melhorias significativas no sistema de saneamento. Houve uma redução notável no consumo per capita de água e no volume per capita de esgoto coletado. Além disso, o coeficiente de retorno aumentou, indicando uma melhor relação entre o volume de água utilizado e o volume de esgoto coletado. Por outro lado, também foi identificado um aumento nas perdas por distribuição, porém, com a redução nas perdas lineares e por faturamento, sem diferença detectada nas perdas por ligações ativas. Foi constatado aumento nos valores cobrados pela prestação de serviços de saneamento à população, que deixaram de pagar uma taxa fixa. A medida demonstrou efetivamente a redução do consumo por habitante e das perdas no sistema de distribuição. Com a evidência final dos fatos, a população ouropretana terá um importante acesso aos significativos resultados comparativos de consumo de água antes e após a micromedicação, e a cobrança efetiva de fato, e desta forma terão a possibilidade de analisar e desenvolver a percepção da importância do racionamento da água. Desta forma, a colaboração é evidente ainda para que os cidadãos criem uma responsabilidade socioambiental, uma vez que verifica-se ainda grande resistência de boa parte da população em relação à implementação da medida. Assim, os resultados finais deste trabalho se enquadram no quesito meio ambiente, e poderão ser utilizados em programas de educação ambiental com a comunidade, principalmente em escolas de ensino médio e fundamental, para que possa servir como mais um instrumento de educação ambiental da nova geração, discutindo sobre a racionalização da água, para a difusão dos conceitos da Gestão Ambiental. Também servirão para a propagação das informações referentes à urgência de uma boa gestão de políticas públicas no setor de saneamento em todas as esferas de governo federal, estadual e municipal, para que futuramente não venha a ocorrer um colapso relacionado à disponibilidade de água. O trabalho será utilizado pela própria concessionária de saneamento, para otimização dos seus processos com base nos dados gerados, pois a Concessionária inclusive já teve acesso ao documento e pediu gentilmente por uma apresentação dos resultados para a sua equipe de gestores. Assim, também, os benefícios para a concessionária de água e esgotos serão substanciais.

SOCIAL, TECHNOLOGICAL, ECONOMIC AND CULTURAL IMPACTS

The results of this research project related to data from the monitoring of the Hydrometering Project, linked to water consumption and billing, generated statistical data that were used to create graphs related to evolution over time. With the analyzes carried out, social, economic and environmental impacts were obtained. The comparative data regarding per capita water consumption before the Hydrometering Project and after the Project, as well as the result of water losses before and after, demonstrated the importance of charging for the use of this resource as an effective Environmental Management instrument for the reduction of losses, as significant improvements were seen in the sanitation system. There was a notable reduction in per capita water consumption and the per capita volume of sewage collected. Furthermore, the return coefficient increased, indicating a better relationship between the volume of water used and the volume of sewage collected. On the other hand, an increase in distribution losses was also identified, however, with a reduction in linear and billing losses, with no difference detected in losses due to active connections. An increase was noted in the amounts charged for the provision of sanitation services to the population, who no longer paid a fixed fee. The measure effectively demonstrated a reduction in consumption per inhabitant and losses in the distribution system. With the final evidence of the facts, the population of Ouro Preto will have important access to the significant comparative results of water consumption before and after micromedication, and the effective charging, and in this way they will have the possibility of analyzing and developing the perception of the importance of water rationing. In this way, collaboration is also evident for citizens to create socio-environmental responsibility, since there is still great resistance from a large part of the population in relation to the implementation of the measure. Thus, the final results of this work fall within the environmental aspect, and can be used in environmental education programs with the community, mainly in secondary and elementary schools, so that it can serve as another environmental education instrument for the new generation. , discussing the rationalization of water, to disseminate the concepts of Environmental Management. They will also serve to disseminate information regarding the urgency of good management of public policies in the sanitation sector at all levels of federal, state and municipal government, so that a collapse related to water availability does not occur in the future. The work will be used by the sanitation concessionaire itself, to optimize its processes based on the data generated, as the Concessionaire already had access to the document and kindly asked for a presentation of the results to its management team. Thus, the benefits for the water and sewage concessionaire will also be substantial.

LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1 - Gráfico mensal do volume de água consumido em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.....	57
Figura 6.2 - Gráfico Box Plot do volume mensal de água consumido em Ouro Preto, MG, em 2021 e 2022.....	58
Figura 6.3 - Gráfico mensal do volume de esgoto coletado em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.....	69
Figura 6.4 - Gráfico Box Plot do volume mensal de esgoto coletado em Ouro Preto, MG, em 2021 e 2022.....	70
Figura 6.5 - Gráfico mensal do volume médio de esgoto per capita coletado em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.....	72
Figura 6.6 - Gráfico mensal do índice de perdas de água no faturamento em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.....	75
Figura 6.7 - Gráfico Box Plot do índice de perdas de água no faturamento Ouro Preto, MG, em 2021 e 2022.....	76
Figura 6.8 - Gráfico mensal do índice de perdas de água na distribuição em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.....	77
Figura 6.9 - Gráfico Box Plot do índice de perdas de água na distribuição Ouro Preto, MG, em 2021 e 2022.....	79
Figura 6.10 - Gráfico mensal do índice bruto de perdas lineares de água em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.....	79
Figura 6.11 - Gráfico Box Plot do índice bruto de perdas lineares de água em Ouro Preto, MG, em 2021 e 2022.....	80
Figura 6.12 - Gráfico mensal do índice de perdas de água por ligação em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.....	81
Figura 6.13 - Gráfico Box Plot do índice de perdas de água por ligação em Ouro Preto, MG, em 2021 e 2022.....	82
Figura 10.1 - Gráficos de setor com os dados do perfil dos entrevistados, coletado após aplicação do questionário.....	95
Figura 10.2 - Gráfico relacionando a resposta (sim ou não) com a economia de água pelos usuários, separando por classes de variáveis socioeconômicas.....	105
Figura 10.3 - Gráfico sobre a percepção da micromedição correlacionada ao sexo.....	108
Figura 10.4 - Gráfico sobre a percepção da micromedição correlacionada à idade.....	108
Figura 10.5 - Gráfico sobre a percepção da micromedição correlacionada à faixa salarial.....	109
Figura 10.6 - Gráfico sobre a percepção da micromedição correlacionada ao grau de escolaridade.....	109
Figura 10.7 - Gráfico sobre a opinião com base na justiça da cobrança atual do volume de água consumido.....	110
Figura 10.8 - Gráfico sobre a opinião com base na justiça da cobrança atual do volume de água consumido.....	111
Figura 10.9 - Gráfico - Gráfico sobre a opinião com base na justiça da cobrança atual do volume de água consumido.....	111
Figura 10.10 - Gráfico - Gráfico sobre a opinião com base na justiça da cobrança atual do volume de água consumido.....	112
Figura 10.11 - Gráfico da DAP, pelo metro cúbico de água consumida, relacionada à porcentagem de respostas em cada faixa de valor.....	117
Figura 10.12 - Gráfico da DAP, pelo metro cúbico de água consumida, relacionada à faixa salarial.....	118

Figura 10.13 - Gráfico da DAP, pelo metro cúbico de água consumida, relacionada ao consumo per capita.....118

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Consumo per capita por porte de cidade.....	18
Tabela 3.2 - Consumo de água per capita dos municípios mineiros com 0 e 100% de micromedição.....	21
Tabela 5.1 - Tarifas médias calculadas por categoria pela SANE OURO.....	51
Tabela 6.1 - Valores dos índices obtidos em 2021 e 2022, com comparação estatística pelo teste de Wilcoxon.....	56
Tabela 6.2 - Valores mensais do volume médio de água per capita consumido em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.....	60
Tabela 6.3 - Dados anuais de fornecimento de água em Ouro Preto-MG.....	62
Tabela 6.4 - Consumo faturado considerando os preços praticados pela SEMAE, SANE OURO e concessionárias reguladas pela ARSAE para uma residência normal.....	66
Tabela 6.5 - Dados anuais de geração de esgoto em Ouro Preto-MG.....	73
Tabela 6.6 - Dados anuais de índices de perdas de água em Ouro Preto-MG.....	83
Tabela 9.1 - Tarifas médias calculadas por categoria pela SANE OURO.....	92
Tabela 10.1 - Comparativo das respostas antes e após a micromedição quanto a características socioeconômicas.....	98
Tabela 10.2 - Coeficientes de correlação de Spearman e parâmetros de equações lineares ajustadas na avaliação dos dados de valor pago e consumo antes e após micromedição.....	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Usos consuntivos de água e perdas nos estados do Brasil.....	19
Quadro 3.2 - Quadro do Balanço de Água com a apresentação de possíveis perdas.....	30
Quadro 3.3 - Indicadores de perdas do SNIS.....	32
Quadro 5.1 - Indicadores de perdas do SNIS.....	53
Quadro 10.1 - Medidas tomadas pelos entrevistados para reduzir o volume de água consumido.....	107

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - A cobrança da água como instrumento de Gestão Ambiental.

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo Geral.....	14
2.2. Objetivos Específicos.....	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1. Consumo de água.....	15
3.2. Fatores interferentes no consumo de água para abastecimento urbano.....	16
3.3. Efeito da medição no consumo de água para abastecimento urbano.....	20
3.4. Cobrança pelo consumo de água.....	24
3.5. Prestadoras de serviços.....	27
3.6. Índices de qualidade da prestação de serviço.....	29
3.6.1. Perdas de água e balanço hídrico.....	29
3.6.2. Cálculo dos indicadores de perdas e sua utilização.....	31
3.7. O perfil da cidade de Ouro Preto e sua relação com o recurso água.....	33
3.8. O marco da micromedição em Ouro Preto.....	36
3.9. Legislação pertinente.....	37
3.9.1. Saneamento Básico.....	37
3.9.2. Lei das Águas e os Instrumentos de Gestão Ambiental.....	39
3.9.3. A cobrança como instrumento de disciplinamento da Gestão Ambiental.....	41
3.9.4. Legislações municipais de Ouro Preto.....	42
3.10. Método de Valoração Contingente (MVC).....	43

CAPÍTULO 2 - Efeito da micromedição sobre índices de abastecimento de água em Ouro Preto-MG.

4. INTRODUÇÃO.....	47
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
5.1. Área de estudo.....	49
5.2. Saneamento básico em Ouro Preto.....	49
5.3. Coleta de dados.....	51
5.4. Índices de abastecimento de água.....	52
5.5. Avaliação dos custos praticados pela concessionária.....	54
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56

6.1. Análise entre os índices na comparação entre antes e após a implementação da micromedição.....	56
6.2. Comparação do consumo de água em 2021 e 2022.....	57
6.2.2. Volumes de esgotos coletados em 2021 e 2022.....	68
6.2.3. Comparação mensal dos índices de perdas de água.....	75
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	84

CAPÍTULO 3 - Percepção da população de Ouro Preto-MG sobre o início da micromedição e da qualidade de fornecimento de água no município.

8. INTRODUÇÃO.....	87
9. MATERIAL E MÉTODOS.....	90
9.1. Área de estudo	90
9.2. Fornecimento de água.....	90
9.3. Aplicação de questionário.....	92
10. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	94
10.1. Perfil dos entrevistados.....	94
10.2. Uso de água antes e após o início da micromedição.....	96
10.3. Percepção da população sobre a micromedição e qualidade do serviço prestado.....	108
10.4. Avaliação do MVC.....	116
11. CONCLUSÕES.....	120
12. CONCLUSÕES GERAIS.....	122
REFERÊNCIAS.....	123
ANEXO I.....	134
ANEXO II.....	139

CAPÍTULO 1 - A cobrança da água como instrumento de Gestão Ambiental.

1. INTRODUÇÃO

O município de Ouro Preto possui grande importância no cenário histórico e cultural do país, além de reconhecida fortuna imaterial no campo do meio ambiente. Destaca-se a abundância de mananciais hídricos, em razão do seu relevo montanhoso, o que contribui para as recargas de aquíferos na região. Entretanto desde o século XVIII, quando cresceu a exploração dos recursos naturais de Vila Rica (antigo nome do município), já se fazia uso desordenado das fontes hídricas da localidade, não havendo preocupações quanto à quantidade e qualidade da água, e muito menos sendo realizado planejamento para o abastecimento de água, considerando o uso futuro pelos cidadãos de Ouro Preto (FONSECA *et al.*, 2008; IPHAN, 2014).

Ao longo desses anos de colônia, monarquia e república, o consumo de água per capita cresceu, bem como a população (estimada em 74.821 habitantes em 2022 – dados do IBGE 2022), fatores que somados à interferência antrópica no meio ambiente (uso e ocupação do solo), resultaram em períodos de escassez hídrica nos últimos anos (VALENTE *et al.*, 2018). No ano de 2015 foi registrado desabastecimento em várias regiões da cidade, indicando que medidas precisavam ser tomadas, já que a água é um recurso natural finito e indispensável para manutenção da vida.

Como medidas essenciais a serem tomadas pelas concessionárias, cita-se como primordial a redução das perdas de água, que representam um grande desafio para a expansão do saneamento no Brasil. Elenca-se a realização de campanhas educacionais para redução do consumo de água, a diminuição de ligações clandestinas, mecanismos reguladores de cobrança pelos diferentes usos de água, centrais de denúncias de desperdício de água, práticas conservacionistas de uso do solo, promoção do reúso de água e adoção de programas de incentivo de preservação do meio ambiente, como o “Programa Produtor de Água”, no qual produtores rurais recebem recursos para protegerem nascentes (TNC, 2020). Dessa forma, necessita haver envolvimento de todos os agentes, com participação da população, da concessionária responsável e dos governos municipais, estaduais e federal.

Neste contexto, Ouro Preto possuiu, por muitos anos, uma particularidade na gestão do saneamento municipal que foi a ausência da micromedição, ou seja, medição do consumo

individual de água. Essa condição pode resultar em maior consumo per capita como demonstrado pelos estudos de Sá (2007), realizado no Município de Florianópolis, Santa Catarina, e na avaliação realizada por Tamaki (2004), dentro do campus da Universidade de São Paulo (USP). Essa condição também é observada em edifícios e condomínios, havendo uso mais racional após individualização da cobrança (LIMA *et al.*, 2016), razão pela qual passou obrigatória a cobrança por medição individual nesses tipos de moradias (nº 13.312/2016) (BRASIL, 2016).

Com a instalação de hidrômetros, o consumo e as perdas de água são traduzidos em volume faturado, ficando mais perceptível para o usuário, e gerando assim, resultados efetivos nos hábitos da população. Como exemplos, cita-se a mudança de visão em relação ao uso racional de água; na manutenção das instalações hidráulicas para se evitar os vazamentos; na redução do tempo das torneiras abertas; na captação de água da chuva para utilização em usos não potáveis, dentre outras medidas. Todos esses atos podem gerar um efetivo resultado na redução das perdas de água (TARDELLI, 2015; ILHA, 2010).

Considerando a implementação da micromedição como um marco do saneamento em Ouro Preto, forma de avaliação e cobrança pelo consumo que se iniciou no mês de novembro do ano de 2020, quando ocorreu a instalação dos primeiros hidrômetros na cidade, faz-se necessário avaliar a efetividade da medida de Gestão Ambiental/Saneamento na demanda de água municipal e no consumo per capita. Os resultados podem nortear a concessionária de água e esgoto na continuidade do plano de ação no município e servir como exemplo para outras cidades em situação semelhante.

Um método científico bastante utilizado para se mensurar diretamente a percepção de mudança do bem-estar dos indivíduos, decorrente de uma variação quantitativa ou qualitativa dos bens ambientais, é o Método de Valoração Contingente (MVC). Diversos estudos no Brasil foram realizados com o intuito de utilizar a avaliação contingente para se determinar a disposição a pagar pela conservação e manutenção de produtos ou serviços, como é o caso do pagamento para a utilização de água potável nas residências.

Dentre eles, pode-se citar Belluzzo Jr. (1995), que avaliou a disposição da população em pagar pela despoluição do rio Tiête; e Aguirre *et al.* (1996), que estimaram os benefícios oriundos da despoluição da principal área urbana do estado do Espírito Santo. Assim sendo, a partir da aplicação dos questionários, o MVC poderia ser utilizado para avaliar a percepção dos moradores quanto à mudança da forma de cobrança e o quanto a população estaria

interessada em pagar para usufruir desse serviço (abastecimento de água) em Ouro Preto-MG, assim como foi realizado por Mota *et al.* (2010), no Distrito Federal.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito da instalação de hidrômetros residenciais no consumo de água do Sistema de Abastecimento do município de Ouro Preto, e a percepção da população sobre a mudança na forma de cobrança pelo uso de água no município.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar o consumo e as perdas de água no município de Ouro Preto antes e após o início da micromedição, com base nos dados de balanço hídrico e nos indicadores de perdas, com a utilização de análises estatísticas;
- Avaliar a efetividade da cobrança da água como um instrumento de Gestão Ambiental de disciplinamento;
- Inferir sobre a avaliação da população sobre mudanças na forma de medição e cobrança pelo uso da água, verificando se há influência de fatores socioeconômicos na percepção dos cidadãos ouro-pretanos;
- Realizar a análise da valoração ambiental do recurso água com base na aplicação de questionários, utilizando o Método de Valoração Contingente (MVC), com metodologia de avaliação da percepção de mudança e da disposição da população em pagar pelo serviço de abastecimento de água.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Consumo de água

Água é um recurso finito, renovável e indispensável à vida, razão pela qual a sua disponibilidade afeta e influencia a economia, hábitos e condições de vida da população (D'ODORICO *et al.*, 2020; VIEIRA *et al.*, 2020). O adequado atendimento com prestação de serviços de saneamento, havendo fornecimento de água de qualidade, por exemplo, aumenta a expectativa de vida, reduz gastos com internações e aumenta a produtividade no trabalho (WHO, 2017; ALZHRANI *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2020a; INSTITUTO TRATA BRASIL, 2022).

A importância das condições de higiene ficou muito evidente durante a pandemia do COVID-19, em que localidades mais carentes acabaram sendo mais afetadas pela disseminação do vírus, o que é explicado, em parte, pela dificuldade de acesso à água potável e, conseqüentemente, menor possibilidade de adoção de práticas de higiene pessoal (SILVA *et al.*, 2020b; SILVA; CARNIEL, 2022). Também é possível correlacionar a disponibilidade hídrica com maior atratividade para o turismo e para a instalação de indústrias e empreendimentos; à maior produtividade agrícola e, conseqüentemente, geração de riquezas com suprimento de água de qualidade, dentre outros benefícios (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2022; SOUTH TAWARA, 2013; KROCOVÁ *et al.*, 2016; SUCKOV *et al.*, 2022).

Apesar de ser de ciclo rápido e fechado, havendo conservação do recurso em escala global, não há homogeneidade na disponibilidade de água, havendo diferenças sazonais e regionais, o que tem ocasionado conflitos e escassez hídrica em diversas partes do planeta (GUNASEKARA *et al.*, 2014; KUMMU *et al.*, 2016). Esse cenário tem se intensificado com o aumento da população global, elevação do consumo e as mudanças climáticas (KUMMU *et al.*, 2016; GANDI *et al.*, 2022). Cita-se também como fatores para a redução da disponibilidade e/ou para o encarecimento do seu fornecimento, a contaminação de mananciais (superficiais e subterrâneos) pela ação humana, e de mudanças na forma de uso e ocupação do solo ao longo dos anos, o que tem afetado a qualidade de água e reduzido a capacidade de armazenamento do recurso hídrico no subsolo (MISHRA, 2018; ELMAHDY *et al.*, 2020). Assim, ao mesmo tempo que o consumo aumenta, a disponibilidade hídrica é prejudicada em termos quantitativos e qualitativos, sendo que há períodos com ocorrência de catástrofes causadas por enchentes, e outros períodos com secas históricas (NUNES *et al.*, 2023; OLIVEIRA *et al.*, 2023).

Para reduzir o problema de escassez, algumas medidas são citadas, das quais pode-se elencar a redução do consumo individual (por exemplo, reduzindo o tempo de banhos); o reúso de água (dentro de indústrias, por exemplo); uso de águas de diferentes qualidades para diferentes finalidades (água de chuva ou águas cinzas para lavagem de calçadas, por exemplo); a realização de campanhas educacionais; a diminuição de ligações clandestinas e de perdas hídricas; a reabilitação de tubulações; a redução da pressão da rede; a utilização de mecanismos reguladores de cobrança pelos diferentes usos de água; a criação de centrais de denúncias de desperdício de água, o uso de práticas conservacionistas de uso do solo; a mudança nos processos produtivos (uso do beneficiamento seco de minério e o uso de irrigação localizada, por exemplo) e a adoção de programas de incentivo de preservação do meio ambiente, dentre outras possibilidades (TSUTIYA, 2006; GONÇALVES *et al.*, 2009; CBIC, 2019; MOURA *et al.*, 2020; HASAN *et al.*, 2021; KNUTSON, 2021; KUMAR *et al.*, 2021; SANTOS, 2021).

Apesar do abastecimento humano urbano não ser a atividade de maior consumo de água no país, sendo responsável por 22,6% da demanda contra 53,7% da irrigação, 8,8% do uso industrial, 7,6% para uso animal, 4,3% para termelétricas, 1,4% para mineração e 1,6% para abastecimento humano rural; a conscientização da população e medidas individuais podem ter grande impacto na disponibilidade do recurso (ANA, 2021). Como consequência de medidas simples, pode-se, por exemplo, elevar as reservas de água (em reservatórios) para períodos de menor índice pluviométrico; reduzir a necessidade de retirada do consumo de água dos mananciais, aumentando a capacidade de autodepuração de rios; permitir maior potencial de geração de energia hidrelétrica (com resultados também na conta de energia); proporcionar contenção da intrusão marítima, entre outros (GOMES *et al.*, 2018; HUSSAIN *et al.*, 2019; ABES, 2020). Dessa forma, é de grande importância discutir os fatores interferentes no consumo de água para abastecimento urbano.

3.2. Fatores interferentes no consumo de água para abastecimento urbano

Muitos são os fatores que podem interferir no consumo individual de água, alguns relacionados com costumes, outros ligados com fatores econômicos e ainda referente à qualidade do serviço prestado pela concessionária responsável pelo fornecimento de água. Esses estão discutidos a seguir.

Em países de clima quente e/ou em dias mais quentes, o consumo de água tende a ser superior, assim também há um componente sazonal no consumo, que está tanto relacionado à temperatura quanto à flutuação de população. Em cidades turísticas, há um aumento do consumo de água em meses de férias e feriados, enquanto que cidades universitárias registram menor demanda nessas mesmas épocas (TSUTIYA, 2006; LIMA *et al.*, 2023).

O hábito regional é outro fator que interfere no consumo doméstico. O Brasil é, por exemplo, o país líder do ranking de número/frequência de banhos, atividade doméstica que implica em grande consumo de água, tendo 99% da população que tomam ao menos um banho por dia, e tendo média de 14 banhos por semana, com duração de 10 min. Por outro lado, países como Japão e nações europeias apresentam média da população com um ou menos banhos por dia, com durações reduzidas (2 minutos) (WPR, 2024). Porém, por não ser o Brasil o país de maior consumo doméstico de água, 200-300 L/hab.d contra 400-500 L/hab.d do Reino Unido (83% da população toma um banho por dia, com duração de 9,60 min) e > 500 L/hab.d dos EUA (dados: 90% e 9,90 min), outros fatores também podem estar relacionados como contingente populacional e características das cidades (SINGH; SU, 2022; WPR, 2024).

Em cidades de maior porte, o consumo per capita tende a ser superior, como apresentado na Tabela 3.1. Em sua análise bibliométrica, Lima *et al.* (2023) apresentam que há autores que utilizam modelos de predição do consumo de água com base em diversos fatores (além dos já citados): precipitação, umidade do ar, velocidade do vento e evaporação (fatores climáticos); crescimento populacional, desenvolvimento econômico; idade média da população, produto interno bruto (PIB), nível educacional e de conscientização dos consumidores, bem como regulamentações (fatores socioeconômicos). Os autores, no entanto, afirmam que nem todas essas variáveis possuem boa correlação com o consumo de água, como acontece com a precipitação.

Tabela 3.1 – Consumo *per capita* por porte de cidade.

Porte da comunidade	Faixa da população (hab)	Consumo per capita (QPC) (L/hab/d)
Povoado rural	< 5.000	90 - 140
Vila	5.000 – 10.000	100 - 160
Pequena localidade	10.000 – 50.000	110 - 180
Cidade média	50.000 – 250.000	120 - 220
Cidade grande	> 250.000	150 - 300

Fonte: Vercelli (2011).

Ainda são citados, como principais fatores interferentes, o tipo do bairro (residencial, comercial, industrial ou agrícola); a renda e composição familiar; o preço da tarifa; a forma de medição do consumo; as propriedades das instalações e dos equipamentos hidráulico-sanitários dos imóveis; entre outros. Ademais os fatores que afetam diretamente o consumo da água podem ser de caráter geral, como os já citados tamanho da cidade, crescimento populacional, características da cidade, tipos e a quantidade de indústrias, além do clima local, dos hábitos e da situação socioeconômica da população; ou fatores específicos, como a qualidade da água, o custo e a disponibilidade da água, a pressão na rede de distribuição, o percentual de medição de água distribuída, somada à ocorrência de chuvas (distribuição e frequência) e a forma de medição e cobrança pelo uso do recurso (YASSUDA *et al.*, 1976; ARBUES *et al.*, 2003; TSUTIYA, 2006; GRESPAN *et al.*, 2022; LIMA *et al.*, 2023).

No Quadro 3.1, por sua vez, é apresentado um panorama por região, pois, assim como discutido, as características locais também interferem no uso de água por habitante, assim como o tamanho da população. No quadro também estão apresentadas as perdas na distribuição esperadas (discutidas no item 3.6.1).

Quadro 3.1. – Usos consuntivos de água e perdas nos estados do Brasil.

GRUPO	Uso médio per capita (L/hab.d)				Perdas*			
	Faixa populacional (mil habitantes)				Faixa populacional (mil habitantes)			
	≤ 5	> 5 e ≤ 35	> 35 e ≤ 75	> 75	≤ 5	> 5 e ≤ 35	> 35 e ≤ 75	> 75
1	165	134	143	88	47%	46%	56%	58%
2	87	87	95	112	37%	36%	39%	50%
3	151	159	165	191	26%	33%	29%	34%
4	130	139	158	158	22%	26%	31%	39%
5	108	119	122	137	28%	31%	33%	37%
6	129	130	124	154	28%	30%	33%	32%
Grupo 1: AC, AM, AP, MA, PA, RO e RR.					Grupo 4: MG e SP.			
Grupo 2: AL, BA, CE, PB, PE, PI, RN e SE.					Grupo 5: PR, RS e SC.			
Grupo 3: ES e RJ.					Grupo 6: DF, GO, MS, MT e TO.			

* Perdas na distribuição

Fonte: ANA (2019).

Nota-se no Quadro 3.1, que há separação em grupos quanto à realidade dos estados em termo de disponibilidade hídrica e características estaduais (desenvolvimento econômico e geração de renda). O Grupo 2, por exemplo, apresenta os menores valores de consumo per capita (95 L/hab.dia), que se justifica em razão dos menores índices pluviométricos na região Nordeste, resultando em menor disponibilidade e uso pela população. Enquanto que os maiores consumos se referem aos estados de SP e MG, de grande geração de riquezas e grande contingente populacional.

3.3. Efeito da medição no consumo de água para abastecimento urbano

Segundo Coelho (1983), na micromedição, que é a medição do volume de água consumido e registrado periodicamente através de hidrômetros, é essencial que haja um adequado sistema de aferição aliado a uma boa política tarifária, para que a distribuição dos serviços prestados seja justa e equitativa, havendo desta forma uma maior justiça social. De acordo com Mendonça (1975), o emprego de medidores acaba por disciplinar o consumidor, pois promove a redução do desperdício e normaliza a demanda de água, uma vez que a medição seguida da cobrança reduz o consumo, principalmente para fins frívolos. Conseqüentemente, reduz-se, assim, os desperdícios, favorecendo o equilíbrio da rede de distribuição, com relação à pressão, e proporcionando o fornecimento mais igualitário para todos.

Estudos já realizados confirmam que a implementação da medição individualizada realmente pode resultar em economia e redução do consumo de água, como nas avaliações desenvolvidas no Município de Florianópolis, Santa Catarina (SÁ, 2007), dentro do campus da Universidade de São Paulo (USP) (TAMAKI, 2004), e em edifícios e condomínios (LIMA *et al.*, 2016). No país, é inclusive obrigatória a cobrança por medição individual em edifícios e moradias desde 2021, cinco anos após a publicação da legislação federal (nº 13.312/2016) (BRASIL, 2016). Assim, a obrigatoriedade vale para novos condomínios (os antigos não estão obrigados), mas não regulamenta a micromedição como instrumento obrigatório de medição para municípios, ficando essa definição à cargo desses e das concessionárias.

Apesar da ausência de lei sobre a cobrança individualizada do consumo de água municipal, a avaliação em contexto de cidades mostra resultados positivos sobre a efetividade da medida. Para Leão *et al.* (2007), a hidrometração é uma atividade indispensável para que ocorra o controle e a redução das perdas aparentes nos centros urbanos. Segundo os autores, a micromedição inibe o desperdício, além de servir como uma importante fonte de dados referente aos volumes entregues aos clientes, uma vez que é com base na quantificação do consumo que é feita a cobrança do volume efetivamente utilizado. Ademais, a implementação dos micromedidores, associada ao sistema de monitoramento dos volumes medidos (macromedidores), ainda permite ter informações para a tomada de decisões no combate às perdas (BUTLER, 2000; MALE *et al.*, 1985).

Souza *et al.* (2023) realizaram um estudo com o objetivo de analisar a relação entre a micromedição, o consumo de água per capita, as taxas de perdas de água e a produção de esgoto per capita, com base em dados do SNIS (2021) de municípios do estado de Minas

Gerais que contêm 0% e 100% de hidromedtação (dados base-SNIS empregados pelos autores estão apresentados na Tabela 3.2). Os autores verificaram, com base em suas análises, que a micromedtação resulta em menor desperdício de água.

Tabela 3.2 - Consumo de água *per capita* dos municípios mineiros com 0 e 100% de micromedtação.

Volume água consumida (L/hab/d)			
Município	0% micromedtação	Município	100% micromedtação
Simão Pereira	42	Água Boa	103
Chiador	81	Cuparaque	115
Descoberto	83	Orizânia	115
Santana dos Montes	87	Nova Era	118
Luminárias	102	Canaã	122
Bocaina de Minas	103	Oliveira Fortes	122
Pedro Teixeira	108	Senador Modestino Gonçalves	124
Cachoeira Dourada	114	Mercês	126
Ijaci	141	Ibituruna	128
Seritinga	153	Oliveira	131
Rio Doce	159	Guarará	136
Douradoquara	159	Pitangui	136
São Sebastião do Rio Verde	166	Conselheiro Pena	138
Capitão Andrade	172	Ibertioga	140
Dores de Campos	183	Alvinópolis	142
São João da Mata	193	Campos Gerais	144
Albertina	194	João Monlevade	144
Tocantins	197	CambuÍ	146
Argirita	198	Periquito	148

Fonte: SNIS (2021) e Souza et al. (2023).

Tabela 3.2 - Consumo de água per capita dos municípios mineiros com 0 e 100% de micromedição (continuação...).

Catas Altas	208	Itanhomi	149
Olaria	223	Arinos	151
Espírito Santo do Dourado	240	Careaçu	153
Rio Acima	260	São Vicente de Minas	155
Cristina	260	Itaú de Minas	156
Itanhandu	267	Alto Jequitibá	160
Santa Rita de Jacutinga	287	Bom Jesus da Penha	160
Senador Cortes	301	Dona Eusébia	161
São Gonçalo do Rio Abaixo	318	Perdizes	166
Alto Caparaó	318	Munhoz	172
Santa Cruz de Minas	336	São Pedro da União	182
Conceição das Pedras	409	São Francisco de Sales	189
Olímpio Noronha	428	Cássia	192
Guarani	466	Gurinhata	198
São Sebastião da Bela Vista	498	Água Comprida	199
Rochedo de Minas	545	Vargem Bonita	270
Arapuá	582	Ipiacu	292
Média	238	Média	155

Fonte: SNIS (2021) e Souza et al. (2023).

Para Conejo *et al.* (1999), a ausência de micromedição é um dos principais indutores de perdas aparentes, sendo que a experiência internacional e de algumas cidades brasileiras leva a concluir que o consumo em áreas com ligações não medidas fica limitado à capacidade de suprimento do sistema. Essa condição é explicada pelo fato de que o usuário não enxerga

motivos para economizar água ou evitar desperdícios, não realizando substituição de boias ou peças hidrossanitárias defeituosas ou reparo de vazamentos em tubulações. Desta forma, fica evidente que o consumidor somente adota o uso racional quando passa a pagar pelo que consumiu.

De acordo com a ABES (2015), com a instalação de hidrômetros, o consumo e as perdas de água são traduzidos em volume faturado, ficando mais perceptível para o usuário, podendo assim gerar resultados efetivos nos hábitos da população. Como exemplos, cita-se a mudança de visão em relação ao uso racional de água; na manutenção das instalações hidráulicas para se evitar os vazamentos; na manutenção das torneiras fechadas quando não se está utilizando a água; na captação de água da chuva para utilização da limpeza do chão, entre outros. Todos esses atos podem gerar um efetivo resultado na redução das perdas de água, o que é corroborado por estudos que demonstraram que a redução do consumo pode ser bastante expressiva, com valores que variaram entre 15% a 30% (ZEEB, 1998; YAMADA, 2001).

Porém, conforme discutido anteriormente, a simples inclusão da micromedição não resulta em efetiva diminuição da demanda por água, pois é preciso ter hidrômetros com precisão nas medições, além de demandar participação e engajamento da população e ações para combate de fraudes (MOURA *et al.*, 2004). Jack *et al.* (2018) demonstraram, em um estudo que analisou a combinação de variáveis como cobrança de água (formas e preço efetivo da água) e altruísmo intrafamiliar (disposição do grupo familiar em reduzir o consumo), que pode haver um consumo excessivo de água dentro de um grupo familiar se os membros foram menos conscientes e solidários (com o próximo e com o meio ambiente) mesmo em um cenário de tarifas mais onerosas. Para os autores, as famílias mais altruístas são consideravelmente mais sensíveis aos preços de cobrança de água do que as famílias menos solidárias (JACK *et al.*, 2018).

Em relação à questão técnica da aferição do consumo, pesquisas têm sugerido que medidores com indicações inferiores às reais ou parados são igualmente ou mais prejudiciais à sua ausência, já que resultam na falsa sensação de controle do abastecimento e de perdas de faturamento, elevando erroneamente os indicadores de perdas do sistema. Assim, a micromedição está fortemente associada à precisão da medição, que vai depender da classe metrológica do medidor, da forma como o medidor está instalado, do tempo de instalação e do perfil de consumo (SNSA, 2008). Diferenças nas medições entre classes de hidrômetros e quanto à manutenção (ou não) dos medidores estão evidenciados em trabalhos como de

Scalizi e Leite (2012) e Silva, Pádua e Borges (2016). Enquanto os primeiros autores, verificaram diferenças de até 800 L em 7 dias entre um fabricante e outro, no segundo estudo, as diferenças nas perdas condominiais quantificadas ao substituir o hidrômetro de uma marca para outra foram de 45%.

Paralelamente à micromedição de consumo individual, deve-se implantar uma política de cobrança por parte da concessionária, de forma que os valores cobrados sejam justos, ou seja, compatíveis com a qualidade do serviço prestado e, que ao mesmo tempo, impeça o desperdício sem que exclua a população de baixa renda do acesso ao serviço. Destaca-se aqui, um outro fator interferente no consumo per capita que é o preço praticado por empresas de saneamento (LIBÂNIO *et al.*, 2010).

3.4. Cobrança pelo consumo de água

As tarifas de água desempenham um papel crucial na gestão eficiente dos recursos hídricos, na manutenção da infraestrutura de fornecimento de água e na promoção do uso responsável desse recurso vital. Existem diversos tipos de tarifas de água, a depender de cada concessionária e de seu contrato com determinada localidade, cada uma com características específicas que refletem diferentes objetivos e considerações. A estrutura tarifária de água é o conjunto de regras e taxas que determinam como os consumidores são cobrados pelo uso desse recurso. Essa estrutura é projetada para equilibrar a equidade social, a sustentabilidade financeira dos serviços de abastecimento de água e a conservação dos recursos hídricos, havendo fiscalização por parte das agências reguladoras (ARAÚJO; BERTUSSI, 2018).

Agências reguladoras são entidades infranacionais, ou seja, que fazem o elo entre o usuário do serviço, as regras do município e as concessionárias prestadoras do serviço. Estão ligadas à União, Estados/Distrito ou Município, fazendo o papel de regulamentação/fiscalização da prestação de serviço, no formato Administração Pública Indireta. Existem, atualmente, 94 agências reguladoras no país, sendo 52 ligadas aos municípios, 16 intermunicipais e 26 relacionadas aos estados, número que cresceu desde do Marco de Saneamento de 2007. Em Minas Gerais, há 7 agências (segundo maior número junto com MT, perdendo somente para SP - com 10) atuantes, das quais pode-se destacar a Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE) - Estadual; e Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico de Minas Gerais (ARISB) - Intermunicipal (SOUZA *et al.*, 2019; BRASIL, s.d.; ANA, s.d.; SILVA; LEDO, 2023). A primeira regulamenta os serviços

prestados em 322 municípios, incluindo, Belo Horizonte; enquanto, a segunda atua em 37 municípios, dentre esses, Ouro Preto.

Regulamentadas efetivamente, a partir do Marco de Saneamento de 2007, as tarifas cobradas devem estar pautadas mediante mecanismos de indução à eficiência e à eficácia dos serviços prestados, além de prever a sistemática de reajustes e de revisões de taxas e tarifas e a política de subsídios. Já a estrutura tarifária deve ainda levar em conta as seguintes diretrizes: I – Prioridade para atendimento das funções essenciais relacionadas à saúde pública; II – Ampliação do acesso dos cidadãos e localidades de baixa renda aos serviços; III – Geração dos recursos necessários para realização dos investimentos, objetivando o cumprimento das metas e objetivos do serviço; IV – Inibição do consumo supérfluo e do desperdício de recursos; V – Recuperação dos custos incorridos na prestação do serviço, em regime de eficiência; VI – Remuneração adequada do capital investido pelos prestadores dos serviços; VII – Estímulo ao uso de tecnologias modernas e eficientes, compatíveis com os níveis exigidos de qualidade, continuidade e segurança na prestação dos serviços; VIII – Incentivo à eficiência dos prestadores dos serviços (BRASIL, 2007; GALVÃO JÚNIOR, 2013; ARAÚJO; BERTUSSI, 2018).

Na atual estrutura tarifária da concessionária SANEOURO, responsável pelo fornecimento de água tratada para a população de Ouro Preto-MG, por exemplo, os consumidores são classificados de acordo com categorias e economias, conforme o seu intervalo de consumo. Desta forma, é aplicado um conjunto de tarifas e regras com a intenção de que quanto maior seja o consumo, maior se faça a tarifa a ser paga. São cobrados três valores, referentes ao valor da água micromedida; ao Esgoto Dinâmico Coletado (EDC); e ao Esgoto Dinâmico Tratado (EDT). Entretanto, o EDT é cobrado apenas no distrito de São Bartolomeu, pois atualmente Ouro Preto tem apenas 0,67% do esgoto tratado, que é referente à tal distrito. Já na sede de Ouro Preto e nos demais distritos é cobrado o EDC, sendo que o cálculo do esgoto coletado é referente a 40% da quantidade de água consumida micromedida. Segundo a concessionária, a cobrança da tarifa é realizada visando a garantia dos serviços para a manutenção como reparos das redes rompidas e desobstrução, assim como substituição e implantação de novas redes (SANEOURO, 2024).

De acordo com a atualização tarifária estabelecida em janeiro de 2024, tem-se os valores médios cobrados (calculados somando todos os valores em caixa faixa e dividindo pelo número de intervalos de consumo) para as seguintes categorias: residência social (água R\$ 7,12, EDC R\$ 2,66 e EDT R\$ 6,77); residencial normal (água R\$ 9,84, EDC R\$ 3,68 e

EDT R\$ 9,35); comercial (água R\$12,09, EDC R\$ 4,56 e EDT R\$ 11,48); industrial (água R\$ 12,09, EDC R\$ 4,56 e EDT R\$ 11,48); pública (água R\$ 11,47, EDC R\$ 4,34 e EDT R\$ 10,88) e; pública filantrópica (água R\$ 7,81, EDC R\$ 2,95 e EDT R\$ 7,42). Tais valores se alteram tendo os preços pré estabelecidos por faixas de consumo, sendo que as menores faixas (de 0 a 10 m³) tem os menores valores de cobranças por metro cúbico e as maiores (> 40 m³) possuem os maiores valores de cobranças por metro cúbico (SANEOURO, 2024).

Conforme anteriormente discutido, ao mesmo tempo que o valor cobrado por m³ de água consumido é uma variável que pode incentivar a redução do consumo de água (FONSECA; GABRIEL, 2015), por outro lado, esse também pode ser um fator para reduzir o acesso do recurso para comunidades carentes. Gomes (2020) examinou a demanda por água em 4.858 bairros referentes aos 226 municípios goianos atendidos pela Concessionária SANEAGO (prestadora de Serviço em todo estado) entre 2014 e 2016, e concluiu que o impacto do preço da tarifa da companhia recai principalmente sobre aqueles que possuem baixo uso hídrico, moradores de regiões com maior fragilidade social. Por outro lado, consumidores em larga escala, residentes de bairros centrais, são indiferentes à discrepância do valor tarifário e não reduzem o gasto mensal de forma significativa.

Ainda, de acordo com Billings *et al.* (1987) e Andrade *et al.* (1995), existem evidências de que a elasticidade do preço cobrado pela água diminui à medida que a renda dos consumidores cresce, indicando que o aumento do preço da tarifa pode ter impactos de redução somente em parte da população. E essa condição é crítica, pois à medida que se reduz o acesso à água de qualidade, aumenta-se o número de enfermidades, internações, entre outros problemas associados (SILVA *et al.*, 2020b; SILVA; CARNIEL, 2022).

Nos municípios goianos, de acordo com a Concessionária SANEAGO (2023) tem-se os valores médios cobrados para as seguintes categorias (calculados de forma semelhante ao que foi considerado para a SANEOURO): residência social (água R\$ 2,79, EDC R\$ 2,23 e EDT R\$ 0,56); residencial normal (água R\$ 8,42, EDC R\$ 7,71 e EDT R\$ 1,68); pública (água R\$ 10,42, EDC R\$ 8,34 e EDT R\$ 2,08); comercial I referente à médio e grande porte (água R\$ 11,84, EDC R\$ 9,47 e EDT R\$ 2,36); comercial II referente à pequeno porte (água R\$ 5,53, EDC R\$ 4,43 e EDT R\$ 1,11) e; Industrial (água R\$ 11,84, EDC R\$ 9,47 e EDT R\$ 2,23). Tais valores se alteram tendo os preços pré estabelecidos por faixas de consumo, sendo semelhante à lógica utilizada pela SANEOURO, no sentido de que as menores faixas apresentam os menores valores de cobrança, e vice versa. Desta forma, as categorias residenciais sociais e normais tem suas menores faixas variando entre 1 e 10 m³ e as maiores

faixas são $> 50 \text{ m}^3$. Já as categorias pública, comercial I e industrial apresentam apenas duas faixas, sendo uma variando entre 1 e 10 m^3 e outra $> 10 \text{ m}^3$. Por último, a categoria comercial II possui apenas uma faixa, que se apresenta como variando entre 1 e 10 m^3 (SANEAGO, 2024).

Entretanto, ao comparar os valores cobrados, verifica-se haver um contraste com os valores praticados atualmente pela SANEURO, uma empresa de capital privado (SANEURO, 2024). E esse efeito da privatização foi também evidenciado na análise de diversos municípios no trabalho de Côrtes et al. (2023), que detectaram efeito positivo (ao nível de 1%) na comparação de tarifas de empresas públicas e privadas, havendo maiores preços praticados nas contas de águas das últimas.

Evidente que além dessa diferença entre as empresas, o preço por m^3 consumido varia conforme outros fatores tais como custo de tratamento e de adução e leva-se em conta a renda per capita das localidades (BENINI *et al.*, 2021), porém tem-se aqui uma importante variável a ser analisada sobre custos praticados. Outro aspecto relevante é que o SNIS calcula a tarifa média praticada com emprego de outra metodologia, na qual levanta-se o valor arrecadado pela concessionária e divide-se pelo volume de água distribuído para a localidade (volume faturado descontado do volume de água bruto e tratado exportados) (SNIS, 2022). Assim sendo, pode-se haver casos de os preços médios praticados por faixa de consumo serem mais elevados, no entanto, com tarifas médias menores, em razão de subsídios, diferenças entre os valores cobrados a cada intervalo de consumo e distribuição do consumo municipal nesses estratos. Ademais, como já citado, outro fator que interfere no consumo per capita estimado é a qualidade prestada pela concessionária, pois tal característica acaba por definir a quantidade e a qualidade da água a ser disponibilizada para os consumidores, e também pode haver interferência do tipo de empresa do ramo de saneamento.

3.5. Prestadoras de serviços

Com a aprovação e publicação do Novo Marco de Saneamento, assunto que foi discutido em item específico (Legislação Pertinente – item 3.9), o setor tende a apresentar uma maior abertura para a iniciativa privada. Até então (ano da publicação do novo marco legal), a maioria das prestadoras de serviços de saneamento eram públicas, havendo, no entanto, uma mudança de rumo nos últimos anos, ocorrendo diversas negociações com o setor privado, como as concessões da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro

(Cedae) em 2021; da companhia da região metropolitana de Maceió em 2020; e da Companhia Riograndense de Saneamento (Corsan) no Rio Grande do Sul em 2022.

Além disso, ocorreram leilões de Parceria Público-Privada (PPP) da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), sendo que ao todo serão três licitações até o final do processo, sendo a primeira delas tendo sido realizada em julho de 2023. Ainda, seguindo essa tendência, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) informou ao mercado a contratação de serviços técnicos especializados para a realização de estudos sobre a desestatização da empresa (atualmente o governo de São Paulo detém 50,3%). Caso o estudo aponte para significativos benefícios, a privatização deverá ser estruturada para 2024 (GUILARDUCCI *et al.*, 2023). Segundo informações do Panorama do Setor Privado no Saneamento, de 2013 para 2023, o número de municípios atendidos por empresas privadas passou de 217 (dos 5.568) para 850, uma variação de 292%. Esse número representa 15,3% das localidades, contra 63,7% de companhias estaduais e 30,0% de prestadores municipais (ABCON; SINDCOM, 2023).

Essa tendência de mudança no saneamento resulta em muitas discussões em relação à qualidade dos serviços prestados. Viana *et al.* (2021) avaliaram o atendimento, o desempenho e a produtividade das empresas públicas, mistas e privadas de saneamento básico brasileiras, e concluíram que as empresas privadas têm efeito negativo sobre o desempenho financeiro e sobre a produtividade. Ainda, segundo os mesmos autores, as empresas públicas apresentaram melhores resultados no atendimento com água tratada, porém não com esgoto. Entretanto, esses resultados nem sempre são evidentes, como observado no estudo de Turini *et al.* (2023). De acordo com pesquisa desenvolvida pelos autores, visando comparar a prestação dos serviços públicos e privados em 120 cidades do estado do Mato Grosso, não se verificou diferenças significativas entre a prestação de serviços pelos dois setores, no que se refere aos indicadores de cobertura, perdas, taxa de inadimplência e intermitência. Os autores pontuaram ainda de que a gestão compartilhada e mesmo a municipal seriam mais adequadas, conforme resultados também obtidos por Raid *et al.* (2022), que determinaram os modelos mais adequados para os contextos rurais.

A prestação do serviço é de grande importância, pois impacta na quantidade de água a ser retirada de mananciais para atender à população. Estudos mostram que a evolução da produtividade nos serviços de abastecimento de água nos municípios brasileiros de 2012 a 2019 revelou uma perda de aproximadamente 4%, com variações entre as macrorregiões (TOURINHO *et al.*, 2022). Além disso, a escolha do modelo de gestão dos serviços de

abastecimento de água varia entre as regiões, afetando a implementação de políticas públicas e as respostas às questões de saneamento, que podem impactar nas taxas de extração de água (EUSTAQUIO *et al.*, 2019).

Quanto mais eficiente é a atividade, menores são os impactos negativos causados ao meio ambiente. A melhoria da eficiência nos serviços hídricos reduz os custos para prestação de serviços e aumenta a disponibilidade de água durante períodos de menores índices pluviométricos, auxiliando na purificação de resíduos, ou seja, promovendo a possibilidade de uma maior ocorrência de autodepuração de despejos domésticos e industriais, beneficiando a qualidade do ecossistema, e alinhando-se ao objetivo de desenvolvimento sustentável para serviços universais de água (TOURINHO *et al.*, 2022).

Assim, dada a relevância, foram apresentados a seguir, índices utilizados para avaliação da qualidade da prestação de serviço.

3.6. Índices de qualidade da prestação de serviço

3.6.1. Perdas de água e balanço hídrico

Como as perdas hídricas são uma grande preocupação, sobretudo em países em desenvolvimento, como diagnosticado em vários estudos, requer-se a apresentação de um levantamento da magnitude e dos fatores que levam ao menor volume distribuído em relação ao volume captado.

Um estudo feito pelo Instituto Trata Brasil em 2023, com base no ano de 2021, concluiu que no Brasil, para cada 100 litros de água captada, tratada e pronta para ser distribuída, 42,7 litros são perdidos no caminho por vazamentos, furtos, erros de leitura entre outros problemas (TRATA BRASIL, 2023). Esse valor é superior ao que havia sido avaliado em 2021, com dados de 2019, quando se obteve um valor de 39,2 litros. Em volume, esse cenário indica que cerca de 7,3 bilhões de m³ de água tratada foram jogados fora no ano de 2021 (TRATA BRASIL, 2021).

Para efeitos de comparação, considerando o consumo per capita no Brasil, envolvendo os setores comercial, residencial, público e industrial, estabilizado na faixa de 150 litros por habitante/dia, esse volume poderia proporcionar o abastecimento de cerca de 133 milhões de brasileiros em um ano. Considerando que cerca de 33 milhões de brasileiros não têm abastecimento com água tratada (SNIS, 2021), essa condição mostra a precariedade dos

serviços de saneamento no país. Dessa forma, reduzindo as perdas em 24,75%, ou seja, tendo perdas da ordem de 32,1 L a cada 100 L, poderia haver fornecimento para a população inteira, atingindo a meta do Novo Marco do Saneamento.

De acordo com a IWA (International Water Association), pode-se caracterizar as perdas no serviço de abastecimento de água, com base em definições envolvendo perdas no sentido físico e no sentido econômico (IWA, 2000) (Quadro 3.2).

Quadro 3.2 – Quadro do Balanço de Água com a apresentação de possíveis perdas.

VOLUME DE ENTRADA NA DISTRIBUIÇÃO	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Faturado	Consumo Medido Faturado	ÁGUA FATURADA
			Consumo Estimado Faturado	
		Consumo Autorizado Não Faturado	Consumo Medido Não Faturado	ÁGUA NÃO FATURADA
			Consumo Não Medido Não Faturado	
	Perda de Água	Perdas Aparentes	Consumo Não Autorizado	
			Imprecisão de Medição	
		Perdas Reais	Vazamento e extravasamentos em Reservatórios	
			Vazamento em Adutoras e Redes	
Vazamento em Ramais				

Fonte: IWA (2000).

Com base no apresentado no Quadro 3.2, observa-se que o volume de entrada no sistema é igual à soma do consumo autorizado faturado e do não faturado, acrescido das perdas de água. Os dois primeiros referem-se ao volume de água medido e/ou não medido tomado por clientes registrados, fornecedor de água e outros implícita ou explicitamente autorizados, para fins residenciais, comerciais e industriais, incluindo água exportada (SNIS, 2018).

As perdas de água, por sua vez, caracterizam-se pela diferença entre o volume de entrada no sistema e o consumo autorizado, e podem ser divididas em perdas aparentes (não físicas), sendo essas as de consumo não autorizado, caracterizados por fraudes, falhas de cadastro e todos os tipos de imprecisões ligadas à medição (parque de hidrômetros com idade ultrapassada, falta de calibração/manutenção, erros ou falta de medição), e perdas reais (físicas), sendo estas provenientes de vazamentos nas adutoras de água bruta, nas estações de

tratamento de água, nas tubulações principais, nos reservatórios e nas conexões de serviços, até o ponto de medição do cliente (TARDELLI FILHO, 2006; TSUTYIA, 2006; FUNASA, 2014; KUSTERKO *et al.*, 2017).

Dessa forma, os vazamentos de água estão associados, na maior parte das vezes, ao estado de conservação das tubulações, à qualidade da instalação pela mão de obra executada, e à existência de programas de monitoramento de perdas. A utilização de água para procedimentos operacionais, como a lavagem dos filtros da Estação de Tratamento de Água (ETA) e descargas na rede, por outro lado, não devem ser consideradas perdas quando esse consumo se refere estritamente ao volume necessário para a realização das referidas operações (KUSTERKO *et al.*, 2017; SNIS, 2018).

Um maior detalhamento a respeito da avaliação das perdas hídricas foi apresentado a seguir, que é referente ao cálculo dos indicadores de perdas. Essa estimativa é parte crucial do processo de gerenciamento da água, e requer a utilização de ferramentas matemáticas para se chegar aos resultados desejados.

3.6.2. Cálculo dos indicadores de perdas e sua utilização

Segundo Costa *et al.* (2013), para se mensurar a eficiência do sistema de micromedição faz-se a utilização de ferramentas matemáticas com o intuito de se obter a quantificação de tais perdas de acordo com a sua natureza. Existem diversos indicadores de eficiência, porém o que define qual melhor se adequa a cada situação é a finalidade a que se propõe analisar tal eficiência.

Quando se usa o Índice de Perdas na Distribuição (IPD ou IN049), por exemplo, considera-se como principal finalidade determinar quantitativamente as perdas físicas. O indicador IN013 (Índice de perdas no faturamento), por sua vez, refere-se à água produzida e não faturada, e, dessa forma, apresenta uma visão sobre o que a empresa está produzindo e não consegue faturar. Com relação ao IN049 (Índice de perdas na distribuição) e IN051 (Índice de perdas por ligação), apesar dos dois indicadores serem utilizados com o mesmo intuito, que é dar subsídios a avaliação em sistemas de água de distribuição, o IN51 está mais relacionado com o desempenho da prestadora de serviços, e devido a isto, está mais próximo de medir um regime de eficiência. Já o IN049 apresenta a vantagem de ter uma melhor comunicação com o público leigo, possibilitando um bom diálogo com a comunidade, de modo geral (ALEGRE *et al.*, 2004; SNIS, 2018).

O IN50, por sua vez, permite expressar as perdas de água em metros cúbicos por dia e por quilômetro de rede, que permite realizar análises complementares sobre o índice de perdas de água. Porém, tanto esse quanto o IN51, apesar de serem muito importantes para o controle de perdas pelo prestador, não são os mais adequados para uma análise regulatória, pois além de não possibilitarem interpretações intuitivas, devido às suas unidades de medidas, o que acaba restringindo o uso para o controle social; também são também fortemente impactados pelo adensamento e verticalização, tornando difícil a comparação entre os prestadores (AGIR, 2018).

As variáveis envolvidas no cálculo de cada um dos índices citados estão apresentadas no Quadro 3.3. Os indicadores de perdas citados são adotados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que é atualmente a maior base de dados do setor de saneamento no Brasil, e se assemelha no geral aos conceitos e padrões utilizados pela IWA.

Quadro 3.3 – Indicadores de perdas do SNIS

CÓDIGO	INDICADOR	EQUAÇÃO	UNIDADE
IN013	Índice de perdas no faturamento	$IN013 = \left(\frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG011}{AG006 + AG018 - AG024} \right) \times 100$	%
IN049	Índice de perdas na distribuição (IPD)	$IN049 = \left(\frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG010}{AG006 + AG018 - AG024} \right) \times 100$	%
IN050	Índice bruto de perdas lineares	$IN050 = \left(\frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG010}{AG005} \right) \times \frac{10^3}{365}$	m ³ /km.d
IN051	Índice de perdas por ligação	$IN051 = \left(\frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG010}{AG002} \right) \times \frac{10^6}{365}$	L/Lig.d

Fonte: SNIS (2021).

Em que

- AG002 – Número de Ligações Ativas (Lig.)^a
- AG005 – Extensão da Rede de Água (km)^a
- AG006 – Volume Produzido (10³ m³/ano)
- AG010 – Volume Consumido (10³ m³/ano)^b
- AG011 – Volume Faturado (10³ m³/ano)
- AG018 – Volume Tratado Importado (10³ m³/ano)
- AG024 – Volume de Água de Serviço (10³ m³/ano)^c

^a Média do parâmetro, considerando o valor no ano de referência e no ano anterior;

b Volume de água consumido: compreende o volume micromedido (AG008), o consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro: acrescido do volume de água tratada exportada (AG019) para outro prestador de serviço;

c Volume de água de serviço: Considera-se o volume de água para atividades operacionais, o volume de água recuperado em decorrência da detecção de ligações, clandestinas e fraudes, e o volume de água para atividades especiais, que enquadra o consumo pelo próprio operador, pelos caminhões-pipa, pelo corpo de bombeiros, entre outros.

3.7. O Perfil da cidade de Ouro Preto e sua relação com o recurso água

O município de Ouro Preto possui 300 anos de existência, e conta com uma população de 74.821 habitantes, segundo o censo do IBGE de 2022. A cidade, que é Patrimônio Cultural da Humanidade, apresenta grande visibilidade em termos históricos e turísticos, destacando-se pela arquitetura barroca que pode ser observada nas dezenas de igrejas espalhadas pelo seu território, além de diversos museus e outras inúmeras atrações. Em razão dessas características, a cidade atrai, em média, 500 mil turistas por ano, segundo dados da Secretaria Municipal de Turismo, Indústria e Comércio de Ouro Preto (OURO PRETO, 2019), o que impacta no número de usuários de serviços do município, sobretudo em épocas como o carnaval.

Outra importante fonte de economia para a cidade são as mineradoras que circundam a região. Esse potencial foi verificado desde os tempos de Brasil Colônia, quando ainda não se tinha conhecimento e tecnologia suficiente para se analisar a formação geológica e as estruturas rochosas do terreno. As primeiras atividades de exploração de minério datam do século XVII, com o garimpo praticado pelos bandeirantes, que faziam principalmente extrações em depósitos minerais de aluviões e em outros depósitos superficiais. A presença de ouro atraiu a atenção da coroa portuguesa, implicando na escolha do município para ser a primeira capital de província de Minas Gerais e deter maior povoamento da região no período (FONSECA *et al.*, 2008).

Também é de conhecimento geral a imensa riqueza mineral do Quadrilátero Ferrífero, onde está inserida a cidade de Ouro Preto, sendo essa a região que mais se destaca em função das jazidas de ferro (OURO PRETO, 2020). Existem atualmente cerca de 19 empresas trabalhando diretamente com extração mineral na cidade, sendo que juntas são responsáveis por 90% de tudo que é arrecadado pelos cofres públicos. Uma das maiores empresas

instaladas na área do município, a Mineradora Samarco tem atividades na cidade desde 1977, tendo produzido somente no ano de 2013 cerca de 22,3 milhões de toneladas de minério de ferro, com faturamento de R\$ 7,24 bilhões, e exercendo grande influência no número de habitantes da cidade e no poder de investimento local (MARIANO, 2021).

A cidade apresenta ainda grande biodiversidade, contando com quatro Unidades de Conservação, sendo que duas delas se enquadram na categoria de Proteção Integral, o Parque Estadual do Itacolomi e a Estação Ecológica do Tripuí; e outras duas se enquadram na categoria de uso sustentável, sendo elas a Área de Proteção Ambiental (APA) Cachoeira das Andorinhas e a Floresta Uaimii. Ademais, há o Parque Natural Municipal das Andorinhas e um Horto Botânico Municipal denominado Horto dos Contos ou Vale dos Contos, tendo grande riqueza de fauna e flora (OURO PRETO, 2020), além de proteção de áreas importantes para a preservação dos mananciais hídricos (BARBOSA, 2003).

No entanto, em razão do crescimento desordenado desde o século XVIII e do desconhecimento dos efeitos do mau uso de água na época, foi feita a utilização dos recursos hídricos sem planejamento desde então, com reflexos que se perpetuaram na gestão sanitária municipal (FONSECA, 2008).

No século XIX, em 1890, época do reinado de Dom Pedro II no Brasil, foi construído em Ouro Preto, no bairro denominado Barra, o primeiro sistema de tratamento de água e esgoto do país, sendo constituído por tanques de desinfecção, que ficou em funcionamento até as primeiras décadas do século XX. Apesar de Ouro Preto ter sido pioneiro na prestação de serviços sanitários, atualmente apenas 1% do esgoto produzido no município é tratado, sendo que o restante do esgoto bruto é lançado em rios e córregos da cidade (SANCHEZ, 2021; SNIS, 2021). Essa condição acarreta em impactos sociais, ambientais e econômicos negativos, sobretudo para uma localidade com grande interesse turístico.

Apesar do potencial hídrico da região, a falta de investimentos em saneamento, as ações antrópicas e as mudanças climáticas resultaram em prestação de serviços precários e crises de abastecimento. Ainda que a atual concessionária ressalte a riqueza de mananciais para atendimento dos cidadãos ouro-pretanos (SANEOURO, 2020), investimentos são necessários na modernização dos serviços de saneamento, no aumento da cobertura com coleta e tratamento de esgotos, no fornecimento de água tratada e na manutenção da rede de distribuição.

No novo marco de Saneamento (BRASIL, 2020), há metas para atendimento de 99% da população com atendimento com água tratada e 90% da população com coleta e tratamento

de esgotos até 2033, podendo haver interrupção do direito de operação da concessionária que não atender aos critérios estabelecidos. Esse cenário proposto contrasta com a atual situação do município, com menos de 1% da população com tratamento de esgotos, sendo este valor referente ao esgoto tratado pelo distrito de São Bartolomeu (0,4%) somados com o percentual tratado pela Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da mineradora Samarco e os biodigestores do distrito de Miguel Burnier (PEREIRA, 2018), havendo 94,9% de água tratada (VALENTE, 2018). Ao mesmo tempo, a situação do racionamento observada nos anos de 2015 e 2020 preocupou a sociedade, alcançando a câmara legislativa que em 2015 publicou a seguinte nota:

“O mito da abundância irrestrita ou a perplexidade diante da escassez não podem mais ser usados como justificativa para a inação no que diz respeito ao uso de um bem de tamanha importância estratégica como a água.”

O abastecimento de água na cidade de Ouro Preto é feito principalmente utilizando fontes dos mananciais superficiais, com sucção e adução de cursos d'água como o Rio Nossa Senhora do Carmo, os Córregos do Funil, do Riacho, Maracujá, Água Suja, Varjada, Passa Dez, Tripuí, como também de sistemas de poços e de captação em diversas nascentes (PMSB OURO PRETO, 2013). É relevante ainda a precariedade do abastecimento e os níveis das perdas físicas de água no município, sendo expressivos os problemas com vazamentos na rede de distribuição.

O valor estimado para o índice de perda na distribuição em Ouro Preto é de cerca de 50,0%, pois não havia até o momento do levantamento, macro e micromedição suficientes para saber com exatidão o nível de perdas (VALENTE, 2018). A título de comparação, segundo estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil, o índice de perda física no Brasil em 2019 foi de 39,2% (TRATA BRASIL, 2021). Esse cenário é ainda mais preocupante quando se considera somente a região Sudeste, que possui perdas da ordem de 36,1%, indicando que Ouro Preto apresenta-se atrasado em relação a outros municípios da região (TRATA BRASIL, 2021).

Ressalta-se que até 2020, o formato de cobrança pelo uso de água em Ouro Preto era através da Tarifa Operacional Básica (TBO), na qual era cobrada uma taxa de vinte e dois reais (com valor que chegou até R\$ 27,00 no período), que se resumia em um valor fixo cobrado dos consumidores mensalmente pela disponibilização dos serviços de água e esgoto, independente do volume consumido (PEREIRA, 2018; BASTOS et al., 2022). Dessa forma, o valor pago não era traduzido no consumo individual por unidade residencial ou não

residencial (micromedição ausente). Condição que, segundo consta na literatura, poderia resultar em maior consumo per capita e em maiores perdas, conforme será discutido a seguir.

3.8. O marco da micromedição em Ouro Preto

Se por um lado, ser uma cidade histórica e patrimônio cultural da humanidade possui muitos benefícios, sobretudo em relação à valorização da história e na atração turística, por outro lado, também traz consigo suas dificuldades. As políticas patrimoniais rígidas impostas à cidade de Ouro Preto, por exemplo, acabaram dificultando a sua modernização. Cita-se, a restrição de acesso de veículos de transporte de carga em determinadas áreas da cidade; as ruas que fazem parte da porção histórica da cidade que não podem ser asfaltadas, entre outros “atrasos” (RAMOS, 2016). Por motivos históricos e administrativos, a cidade até o ano de 2019 não tinha um Projeto de Hidromedidação, e por essa razão não era possível medir o consumo de água nas unidades de consumo.

Em 2010, foi implantada pela concessionária atuante da época, a SEMAE, a TBO, que, como discutido anteriormente se resumia em um valor fixo cobrado dos consumidores mensalmente pela disponibilização dos serviços de água e esgoto, independente do volume de uso (PEREIRA, 2018; BASTOS et al., 2022). Essa condição tende a elevar os consumos de água, já que independente do consumo, o valor a ser pago seria o mesmo.

Em estudos feitos anteriormente sobre o Saneamento da cidade de Ouro Preto, detectou-se ainda outros problemas, como a inexistência de monitoramento sistemático e abrangente da qualidade da água fornecida à população, a falta de medição de consumo de água, o mau estado de conservação de alguns reservatórios e a elevada taxa de consumo de água per capita, a qual foi estimada por técnicos da prefeitura e revelou um valor entre 450 e 500 litros por habitante ao dia (FONSECA et al., 2008). Para comparação, o comum no Brasil é um consumo de 86,8 a 189,1 litros por habitante ao dia, sendo dependente das peculiaridades de cada região, como dos hábitos de vida da população, clima, o porte do município, nível econômico, forma de medição, custos, pressão na rede, perdas e grau de industrialização da cidade (ABES, 2021; TSUTIYA, 2006; VON SPERLING, 1995).

Na Tabela 3.1, foram apresentados os valores típicos de consumo per capita de água por porte do município. Sendo Ouro Preto um município de porte médio, o valor encontrado é bem superior ao valor típico para essa condição. Sendo assim, reforça-se o elevado consumo

de água no município de Ouro Preto em razão do tipo de cobrança realizada (FONSECA; GABRIEL, 2015).

O Projeto de Hidrometração começou a ser implantado no município ouro-pretano em novembro de 2020 pela SANE OURO, e o planejamento é que fosse concluído, com a instalação total de todos os hidrômetros, até o final do ano de 2021 (SANE OURO, 2021). Entretanto, isso não ocorreu, e, atualmente, a cidade conta com 90% das casas hidrometradas, sendo que o restante da obra ainda está em andamento (REAL FM, 2022) e não foi concluído até a finalização do presente trabalho. Dessa forma, esta condição pode ser considerado um marco na gestão do saneamento municipal e pode demonstrar a importância de certas ações para redução do consumo de água e das perdas verificadas, preservando os mananciais hídricos e reduzindo o risco de escassez durante determinados períodos do ano.

Dada às elevadas perdas e o grande consumo observados em Ouro Preto, a avaliação desses e de outros índices, bem como a comparação do antes e após o início das micromedições torna-se de grande importância, pois pode-se conhecer um cenário mais próximo da realidade e ainda inferir sobre o efeito da mudança no processo de gestão do município. Para tratar sobre serviços de saneamento e ações de gestão ambiental de empresas, instituições públicas e prestação de serviços, é preciso incluir na discussão conceitos de legislação (federal, estadual e municipal), instrumentos para cobrança pelo uso de água, desenvolvimento sustentável e economia circular, assuntos que foram discutidos a seguir.

3.9. Legislação pertinente

3.9.1. Saneamento Básico

Dentre as diretrizes nacionais para o saneamento básico, estabelecidas pela Lei nº 11.445/2007, a universalização do atendimento da população com serviços de fornecimento de água tratada, coleta e tratamento de esgotos, drenagem urbana e gerenciamento de resíduos sólidos está entre os principais fundamentos. A adequada prestação desses serviços garante a redução dos gastos com saúde pública; a diminuição dos custos do tratamento de água; preservam o meio ambiente; e aumentam o potencial de desenvolvimento de atividades econômicas, como o turismo e a instalação de indústrias; geração de empregos e rendimento no trabalho, entre outros benefícios (BRASIL, 2007; ROCHA, 2021; TRATA BRASIL, 2022).

Pelos motivos descritos, e em função dos baixos índices de saneamento alcançados atualmente (50,8% de esgoto tratado no país, por exemplo), metas e novas diretrizes a serem alcançadas pelos prestadores de serviços de saneamento básico foram instituídas pelo novo Marco de Saneamento em 2020 (BRASIL, 2020; SNIS, 2021). Segundo o disposto, até 2033, 99% da população deverá ser atendida com água tratada e 90% com coleta e tratamento de esgotos, bem distante da realidade encontrada. Para que concessionárias de água e esgoto públicas e privadas possam desempenhar bons serviços para a população e atingir as metas previstas, é necessário primeiro que seja feito um diagnóstico da situação sanitária do município e as particularidades da cidade. Para tal, um importante documento que permite o planejamento para o setor, é o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Neste estão contidas informações sobre ações estruturantes e operacionais referentes ao saneamento, sendo sua elaboração uma obrigação de todos os municípios, visando buscar melhorias em áreas como abastecimento de água potável, manejo de água pluvial e resíduos sólidos, coleta e tratamento de esgoto e limpeza urbana (PMSB MÉDIO SÃO FRANCISCO, 2020).

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Ouro Preto foi realizado no ano de 2013 e foi aprovado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, tendo sido a sua elaboração financiada com o recurso da cobrança pelo uso da água. Na época, os serviços de água e esgotamento sanitário eram realizados pela empresa SEMAE (Serviço Municipal de Água e Esgoto de Ouro Preto), autarquia municipal criada pela Lei Municipal nº 13, de 24 de fevereiro de 2005 (PMSB OURO PRETO, 2013). No entanto, somente em janeiro de 2020 é que a SANEOURO passou a ser responsável pela prestação dos serviços de água e esgoto da cidade, utilizando de informações presentes no PMSB, que estão defasadas. Está prevista a revisão do PMSB (não finalizada até a publicação desta dissertação), diante do cenário do novo marco legal e de alterações realizadas pela forma de medição e forma de cobrança pelo uso de água no município. De acordo com avaliações feitas por Gonçalves et al. (2024), essa revisão é de grande necessidade, já que o PMSB atual apresenta uma porcentagem expressiva de não conformidades com o Novo Marco de Saneamento, com a qualidade da prestação de serviço, e, sobretudo, em relação a investimentos para universalização do saneamento no município.

Dentre as responsabilidades da SANEOURO, previstas no novo Marco de Saneamento, estão as metas do aumento do índice de atendimento da população com serviços de saneamento (já apresentados) e a redução e o controle das perdas de água, o estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários, o fomento à eficiência energética, o fomento

ao reúso de águas provenientes de sanitários e ao aproveitamento de águas de chuva, entre outros (LEI Nº 14.026/2020). A partir da publicação da lei, a edição de normas de referência sobre serviços de saneamento passa a ser atribuição da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Importante também ressaltar que as ações da SANEURO são fiscalizadas pela agência reguladora ARISB.

3.9.2. Lei das Águas e os Instrumentos de Gestão Ambiental

Com a promulgação da Lei das Águas, de nº 9.433/1997, objetivou-se alcançar a gestão dos recursos hídricos com base em instrumentos nela previstos, que são especificados no art. 5º e detalhados nos artigos seguintes. Esses instrumentos são: os Planos de Recursos Hídricos (PRH); o enquadramento dos corpos de águas em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos; a cobrança por esse uso; a compensação a municípios (vetado pela Presidência da República) e o sistema de informações sobre recursos hídricos (BRASIL, 1997).

A determinação de cobrança pelo uso da água é um dos instrumentos mais complexos da Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) previsto na Lei das águas, porém é um dos mais efetivos na racionalização do uso da água. Como mecanismos possíveis para cobrança pode-se citar os princípios do usuário-pagador e do poluidor-pagador, além dos critérios de outorga para captação de água, da vazão de diluição, entre outros (BRASIL, 2012; CÂMARA, 2015). Conforme citado, esses recursos gerados foram, inclusive, utilizados para custear o PMSB de Ouro Preto em 2013.

A partir da lei das águas também foi instituído o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), que é o conjunto de órgãos e colegiados que concebe e implementa a Política Nacional das Águas. O SINGREH é formado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), pelos conselhos de recursos hídricos dos Estados e do Distrito Federal, pelos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs), pelas agências de água, pela ANA (Agência Nacional de Águas) e pelos órgãos dos poderes públicos Federal, Estaduais, do Distrito Federal e Municipais, cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos. Como objetivos do SINGREH, cita-se a coordenação da gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos relativos aos recursos hídricos; implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; planejar, regular e controlar o uso, preservação e a recuperação dos recursos hídricos e promover a cobrança pelo uso da água (CÂMARA, 2015).

Em relação aos CBHs, esses foram criados a partir de 1998 em Minas Gerais, totalizando 36 comitês atualmente (o último criado em 2009), um para cada unidade de planejamento e gestão de recursos hídricos do Estado. Como funções dos CBHs, destaca-se a promoção do debate sobre as questões hídricas; arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados com o uso da água; aprovar e acompanhar a execução do plano de recursos hídricos da bacia, bem como estabelecer mecanismos de cobrança pelo uso da água, sugerindo valores a serem cobrados e aprovando planos de aplicação de recursos oriundos da cobrança. É também competência do comitê aprovar a outorga de direito de uso da água para empreendimentos de grande porte e com potencial poluidor (MINAS GERAIS, 2022).

Na composição dos CBHs, há participação de representantes das organizações civis e instituições técnicas de ensino e pesquisa (25%); do governo (35%) e usuários distribuídos entre os segmentos do saneamento, da irrigação, da indústria, da hidroeletricidade, do turismo, da pesca, entre outros (outros 40%) (CÂMARA, 2015). A importância desses comitês está na descentralização das ações, com definições com base nas peculiaridades de cada bacia e com as decisões com representantes que atuam na área envolvida (ANA, 2020).

A maior parte do município de Ouro Preto, cerca de 1.245,90 km², está inserido na UPGRH (Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos) SF5 (São Francisco) do Rio das Velhas, a qual se encontra localizada na região central do Estado de Minas Gerais. Esse curso d'água tem sua nascente principal na cachoeira das Andorinhas, que fica localizada dentro do Parque Municipal Cachoeira das Andorinhas no município de Ouro Preto, numa altitude de aproximadamente 1.500 metros. Toda a bacia compreende uma área de 27.850,00 km², sendo o Rio das Velhas o maior curso d'água da BH e o principal afluente em extensão da bacia do Rio São Francisco, havendo deságue no Velho Chico na localidade de Barra do Guaicuí, distrito de Várzea da Palma (CBH RIO DAS VELHAS, 2015).

A bacia hidrográfica é subdividida em quatro regiões fisiográficas, sendo que a região de Ouro Preto está inserida na UTE Nascentes, a qual possui sete Unidades de Conservação em seu território, somando aproximadamente 31.200 ha de áreas protegidas, representando 57,64% da área total. A preservação dessas áreas é de grande importância, já que são locais de recarga de aquíferos. A UTE ainda foi subdividida em subcomitês, sendo que o Subcomitê Nascentes, criado pelo CBH Rio das Velhas em 2014, integra os municípios de Ouro Preto e Itabirito. O objetivo do Subcomitê é promover a gestão compartilhada e participativa, promovendo o debate das questões hídricas em nível regional (CBH RIO DAS VELHAS, 2015). Dessa forma, é de grande interesse e importância a preservação da qualidade e

quantidade de água dos mananciais, dada a importância turística, ambiental e econômica das cidades e localidades localizadas à margem e nas proximidades dos cursos d'água que compõem a bacia hidrográfica.

O enquadramento dos corpos d'água é um desses dispositivos legais passíveis de utilização para resguardar a qualidade de água dos mananciais superficiais. O enquadramento da BH está vigente, ou seja, já houve a definição e aprovação pelo órgão ambiental das classes de qualidade de água a serem mantidas ou alcançadas de acordo com os diferentes usos da água (IGAM, 2023). Os cursos d'água com estações de monitoramento (rio Maracujá, rio das Velhas e ribeirão Funil) e que passam próximos à cidade apresentam qualidade média ou ruim, em desconformidade com a classe de enquadramento, sobretudo quanto à presença de indicadores de contaminação fecal (*Escherichia coli*) e enriquecimento com fósforo (IGAM, 2021). Dessa forma, reforça-se a necessidade de melhoria dos serviços de saneamento no município e de adoção de medidas para promover a despoluição da bacia. Dentre os mecanismos possíveis, destaca-se a cobrança pelo uso de água, com geração de recursos para investimento na BH.

3.9.3. A cobrança como instrumento de disciplinamento da Gestão Ambiental

Existem no país dois tipos de arrecadação associados aos diferentes usos de recursos hídricos no âmbito da bacia hidrográfica. O primeiro, abreviado como CFURH, é a compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica. Sua finalidade é indenizar os estados, o Distrito Federal e os municípios pelo passivo gerado pela produção de energia por hidrelétricas, já no ato do fato gerador. Nesse caso, os valores arrecadados devem ser aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que forem gerados, com a finalidade de financiar estudos, programas, projetos e obras e para pagar despesas de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades do SINGREH (CÂMARA, 2015).

A segunda arrecadação é conhecida como Cobrança pelo uso de recursos hídricos no âmbito das bacias hidrográficas. É uma remuneração pelo uso de um bem público, cujo preço é fixado a partir da participação dos usuários da água, da sociedade civil e do Poder Público no âmbito dos órgãos colegiados do SINGREH, a quem a Legislação Brasileira estabelece a competência de definir os valores de Cobrança a serem adotados na sua área de atuação. Sua destinação específica é para a recuperação das bacias hidrográficas em que foram gerados. É

importante ressaltar que a Cobrança em águas de domínio da União somente se inicia após a aprovação pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) dos mecanismos e valores propostos pelo Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) (ABES, 2017).

A ANA arrecada o valor e repassa à Agência de Água da bacia, ou à entidade delegatária de funções de Agência de Água, como os CBHs. Os últimos precisam requerer os recursos arrecadados e obter a autorização do CNRH, cabendo a essas desembolsar os valores em ações previstas no Plano de Recursos Hídricos da bacia e conforme as diretrizes estabelecidas no plano de aplicação (CÂMARA, 2015).

Além das legislações, deliberações e resoluções federais, estaduais e no âmbito da bacia hidrográfica, também se faz necessário apresentar as particularidades das leis municipais, com destaque para as que são referentes a Ouro Preto. Essas ações auxiliam no entendimento do cenário atual e nas questões prioritárias da municipalidade.

3.9.4. Legislações municipais de Ouro Preto

O Projeto de Lei Ordinária de número 248/20, aprovado pela Câmara Municipal de Vereadores de Ouro Preto, alterou a Lei Municipal nº 1.126 de 20 de dezembro de 2018, que dispõe sobre a regulamentação da prestação de saneamento quanto ao abastecimento de água e esgotamento sanitário no Município de Ouro Preto/MG, modificando as disposições referentes à formalização do Contrato de Prestação de Serviços, e passou a vigorar com as seguintes alterações, segundo Art. 6º:

“XXVIII. CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS: contrato de adesão relativo à prestação de serviços de abastecimento de água e/ou de esgotamento sanitário que vincula a concessionária e o usuário a partir da solicitação do serviço e/ou inscrição no cadastro comercial (Câmara dos Vereadores de Ouro Preto, 2020).”

Segundo informações publicadas no Diário Oficial da União (DOU, 2021), o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) autorizou a concessionária “Ouro Preto Serviços de Saneamento (SANEOURO)” a captar R\$ 100 milhões no mercado de capitais para obras de abastecimento de água e de esgotamento sanitário por meio de debêntures, títulos privados de renda fixa, com o objetivo de universalizar o abastecimento de água,

reduzir perdas no sistema de distribuição, ampliar a coleta e implantar um sistema de tratamento de esgoto.

Já a Portaria Nº 583, de 30 de março de 2021, publicada pelo MDR aprovou o enquadramento, como prioritário, de projeto de investimento em infraestrutura no setor de saneamento básico, apresentado pela concessionária SANEOURO. Cerca de 73 mil pessoas devem ser beneficiadas na sede da cidade de Ouro Preto e nos seus 12 distritos, sendo que o projeto aprovado prevê a perfuração de 27 poços, a execução de 151 quilômetros de redes de distribuição e a instalação de 27,7 mil hidrômetros e de 12 Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), entre outras intervenções (MDR, 2021). Desta forma, foram obtidos investimentos e empréstimos para custear o aumento dos índices de atendimento da população com serviços de saneamento, sendo necessária a geração de recursos para custear e permitir novas obras.

Neste mesmo período, foi iniciada a discussão e a implementação da micromediação, um marco na gestão ambiental do saneamento em Ouro Preto. Porém, essa medida, foco do presente trabalho, tem recebido muitas críticas da população ouropretana, relacionadas à prestação de serviço e ao valor da tarifa. Para tratar desse último fator, foi apresentada e discutida uma metodologia que é empregada para se conhecer a percepção dos usuários a respeito da qualidade do produto/serviço que é recebido/prestado.

3.10. Método de Valoração Contingente (MVC)

A valoração ambiental é um campo de estudo que busca atribuir um valor monetário aos bens e serviços ambientais, como a água, o ar limpo e a biodiversidade. E uma das ferramentas mais utilizadas nesse processo é o Método de Valoração Contingente (MVC) (FARIA et. al., 1998).

O MVC é um método de pesquisa que procura, com base na aplicação de questionários com perguntas aos entrevistados, mensurar diretamente a variação do bem-estar dos indivíduos decorrente de uma variação quantitativa ou qualitativa dos bens ambientais. Sendo assim, basicamente, o método consiste em perguntar às pessoas o quanto elas estariam dispostas a pagar (ou receber) por um determinado bem ou serviço ambiental. Para essa avaliação, mensura-se diretamente a Disposição a Pagar (DAP) máxima dos indivíduos, por uma mudança na provisão de bens e serviços, ou a sua mínima compensação, no caso a Disposição a Aceitar (DAA), se essa mudança não ocorrer. Também é necessário obter informações socioeconômicas dos entrevistados, de forma a inferir se as preferências das

peças são sistematicamente condicionadas por essas características, permitindo prever a DAP agregada. O método de valoração contingente é usado para medir a valoração, com a DAP sendo preferida, porém a DAA também pode ser usada em casos específicos (CARSON, 2012).

Assim, o MVC é considerado um excelente método de valoração, pelo fator de poder ser utilizado em vários bens ambientais, dada a sua flexibilidade e adaptabilidade a diversos casos (contextos e populações), medindo diretamente o excedente do consumidor e captando o valor de existência do recurso. Além disso, ele pode fornecer informações valiosas para tomadores de decisão, ajudando a orientar políticas públicas e alocar recursos de forma mais eficiente.

Cirino e Lima (2008), por exemplo, utilizaram o DAP para valorar o quanto famílias moradoras do entorno da Área de Proteção Ambiental (APA) São José – MG estariam dispostas a contribuir para preservação desse local. Com base no questionário, os autores chegaram em um valor mensal de R\$22,88. Em outro caso semelhante, Serra *et al.* (2004) encontraram DAP individual de até R\$10,00 para atender a pavimentação da estrada Parque Pantanal. Pode-se citar ainda os estudos de Hildebrand, Graça e Hoeflich (2002), Silva e Lima (2004), Netto *et al.*, (2004), Brito e Paiva (2020), Nascimento, Ribeiro e Sousa (2013), que também empregaram a metodologia do DAP para serviços ambientais.

Como toda metodologia, no entanto, essa também possui suas limitações, como exemplo uma das críticas comuns é que as pessoas nem sempre sabem o valor real dos bens e serviços ambientais, ou não estão dispostas a pagar por isso, mesmo que saibam a importância do produto ou da prestação de serviço. Além disso, há o risco de que as respostas sejam influenciadas por fatores como a renda familiar, idade, o nível de instrução e o grau de envolvimento das pessoas com a questão ambiental (LIPTON *et al.*, 1995; ALENCAR FILHO *et al.*, 2013; SOUSA, 2021).

Para exemplificar, Sousa (2021) separou os grupos em dois, o controle e as pessoas afetadas pelo rompimento da barragem em Mariana-MG, observando grande diferença nas respostas entre os grupos, havendo maior disposição daqueles que sofreram com os impactos do acidente ambiental em contribuir para recuperação de áreas afetadas e de pessoas atingidas. Mota *et al.* (2010), por sua vez, aplicaram o MVC para valorar o abastecimento de água no Distrito Federal, com valores que os consumidores concordavam pagar a mais para melhoria da prestação de serviço. Os valores ficaram entre 2 e 6 centavos, variando entre as cidades avaliadas, que apresentam realidades econômicas e portes diferentes.

Embora a valoração ambiental tenha suas limitações, conforme apresentado, esse pode fornecer informações valiosas para a tomada de decisões e alocar recursos de forma mais eficiente. Também pode mostrar a disposição da população ou o seu conhecimento a respeito da importância da tomada de medidas, visando melhorar a prestação de serviço e proteger o meio ambiente (LUZ; SILVA; ROSA, 2017) e/ou revisar as tarifas e preços cobrados pelas concessionárias, caso dos preços cobrados pela SANEOURO em Ouro Preto-MG.

A seguir, está apresentado o trabalho dividido em dois artigos/capítulos, o primeiro que analisou os dados antes e após o início da micromedição em Ouro Preto-MG, avaliando a efetividade da ação como medida de gestão ambiental; e o segundo que abordou os resultados de uma pesquisa aplicada a um pequeno número de entrevistados ouro-pretanos a respeito da percepção da mudança na forma de cobrança, da avaliação do serviço prestado pela concessionária e do valor considerado que julgam ser justo pelo fornecimento (com emprego da análise MVC).

CAPÍTULO 2 - Efeito da micromedição sobre índices de abastecimento de água em Ouro Preto-MG

RESUMO: O crescimento da população somado à contaminação de mananciais, e à alteração na forma de uso e ocupação do solo têm resultado em conflitos e episódios de escassez hídrica em todo planeta. A adoção de medidas para redução do consumo de água é ímpar, dentre as quais, destaca-se a implementação da cobrança por uso individual da água. Em Ouro Preto-MG, a população enfrenta interrupções no fornecimento de água e a micromedição somente foi instalada em 2020, com mudanças no faturamento das contas em meados de 2022 (passando da cobrança da taxa fixa para proporcional ao consumo). Assim, objetivou-se, portanto, avaliar o efeito da micromedição sobre os índices de abastecimento de água em Ouro Preto-MG. Para alcançar o escopo do trabalho, reuniu-se informações mensais de uso de água, volume de esgoto coletado e usuários atendidos, junto à concessionária prestadora de serviços, além de calcular índices de perdas na distribuição, lineares (por km), por ligação ativa, no faturamento e o valor do coeficiente de retorno (R). Os dados sobre saneamento e tarifas praticadas por empresas reguladas pela ARSAE, ARISB e CISAB foram obtidos na plataforma do SNIS e nos sites das respectivas agências infranacionais. Verificou-se que com a implementação da micromedição houve redução significativa do ano de 2021 para 2022 do consumo per capita de água e do volume per capita de esgoto coletado (teste de Wilcoxon ao nível de 5% de significância). O coeficiente de retorno aumentou de 0,5 para 0,6, indicando menores desperdícios nas residências (em usos para lavagem de superfícies externas e irrigação de áreas verdes, por exemplo) e maior percentual da água retornando como esgoto. Em relação às perdas, houve aumento significativo das perdas na distribuição, porém redução nas perdas lineares e por faturamento, e ausência de diferença significativa nas perdas por ligações ativas. Conclui-se, portanto que houve economia de água e redução dos desperdícios, maior precisão na aferição de perdas, e ligeira melhoria na prestação de serviços, com a contrapartida de elevação dos preços cobrados para a população.

PALAVRAS-CHAVE: Consumo per capita; geração de esgoto; hidromedidação; índices de perdas de água; tarifas; saneamento; sustentabilidade.

4. INTRODUÇÃO

O fornecimento de água de qualidade para a população é um serviço essencial que garante a prevenção de doenças e a redução dos custos com saúde pública por meio da manutenção de hábitos de higiene (RAZZOLINI; GUNTHER, 2008; SHRESTHA *et al.*, 2022), além de proporcionar a produção de alimentos e a oferta de produtos e serviços (GOSLING *et al.*, 2012; HOEKSTRA; MEKONNEN, 2012; ANA, 2019; COSTA *et al.*, 2013). A água também possui outras funções nos cursos d'água como a manutenção do ecossistema, a geração de energia elétrica, o transporte fluvial, aquicultura e a diluição de efluentes (BRASIL, 2015; ANA, 2019). Dessa forma, deve haver um equilíbrio na retirada do recurso dos mananciais, de forma a preservar a fauna aquática, evitar escassez e conflitos entre usuários diversos

No entanto, nos últimos anos, o que se tem observado é o aumento da demanda de água para diferentes finalidades (ANA, 2019). Em razão da escassez enfrentada nos últimos anos, dado ao aumento do consumo, crescimento populacional e do grau de urbanização; maior industrialização, e poluição dos corpos hídricos (SCOTT; SUGG, 2015; BETTENCOURT *et al.*, 2021), torna-se essencial a adoção de medidas para reduzir a água retirada de mananciais.

Atualmente, estima-se que o consumo de água para abastecimento humano no Brasil esteja na faixa de 86,8 a 189,1 L/hab.d, sendo dependente de alguns fatores como hábitos de vida da população, clima, o porte do município, nível econômico, forma de medição, custos, pressão na rede, perdas e grau de industrialização da cidade (ABES, 2021; TSUTIYA, 2006; VON SPERLING, 2017). Assim, a individualização da medição do consumo por domicílio ou por ligação, pode influenciar no volume de água gasto nas residências.

Neste contexto, a micromedição, ou seja, a instalação de hidrômetros individuais nas residências, contribui para redução do consumo e das perdas de água (Lima *et al.*, 2016; Sá, 2007; Tamaki *et al.* 2004), a qual faz parte de um processo amplo e contínuo que necessita envolver todo o sistema de abastecimento de água para redução de perdas. Estas medidas utilizadas para redução do consumo de água estão previstas em lei federal (nº 13.312/2016), havendo obrigatoriedade de medição individual em novos edifícios e condomínios, vigente a partir de cinco anos da publicação da lei (ANA, 2019).

Com a instalação de hidrômetros, o consumo e as perdas de água são traduzidos em volume faturado, ficando mais perceptível para o usuário, podendo assim gerar resultados

efetivos nos hábitos da população e reduzindo o consumo de água no município (BUTLER, 2000; CONEJO *et al.*, 1999; MALE *et al.*, 1985). Como exemplos, cita-se a mudança de visão em relação ao uso racional de água; na manutenção das instalações hidráulicas para se evitar os vazamentos; na conservação das torneiras fechadas quando não se está utilizando a água; na captação de água da chuva para utilização da limpeza do chão, entre outros. Todos esses atos podem gerar um efetivo resultado na redução das perdas de água (ZEEB, 1998; YAMADA, 2001; SÁ, 2007).

Em Ouro Preto-MG, município de reconhecida riqueza histórica, de recursos mineralógicos e de mananciais hídricos (FONSECA, *et al.*, 2010; IPHAN, 2014), a população começou a sentir os efeitos da escassez e do desabastecimento a partir de 2015, resultando na privatização da prestação do serviço e no processo de implementação da hidrometração, que começou a ser instalada em novembro de 2020 (SANEOURO, 2021). Essa medida é importante e pode viabilizar a redução do consumo per capita, estimado de 450 e 500 L/hab.dia (FONSECA *et al.*, 2008), e perdas, avaliadas em torno de 50,0%, superiores às médias nacionais (37,8% de perdas) (SNIS 2021).

Atualmente, cerca de 90% das edificações do município são hidrometradas (REAL FM, 2022). Essa condição é um marco na gestão do saneamento municipal e pode trazer diversos benefícios. Tais como demonstrar a importância de certas ações para redução do consumo de água e das perdas verificadas; possibilitar avaliação de hábitos de consumo, impactos sazonais de consumo (turismo e períodos de recesso/aulas); aperfeiçoar a cobrança pelo serviço; assegurar a sustentabilidade financeira do sistema de abastecimento de água (SAA); o abastecimento contínuo e seguro da população, reduzindo o risco de escassez durante determinados períodos do ano; a preservação dos mananciais hídricos e aumento da capacidade de depuração de esgotos lançados no curso d'água, dentre outros (BUTLER, 2000; LEÃO *et al.*, 2007; MALE *et al.*, 1985; CUNHA *et al.*, 2021; TOURINHO *et al.*, 2022; SOARES *et al.*, 2023).

Assim, com a realização do projeto de pesquisa, objetivou-se avaliar o efeito da instalação de hidrômetros residenciais nos índices de abastecimento de água no município de Ouro Preto.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Área de estudo

A cidade de Ouro Preto se localiza na região Central de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas 20° 23' 28'' Sul e 43° 30' 20'' Oeste, e possui uma população de 74.821 habitantes, se estendendo por 1.245,9 km² e contendo doze distritos, sendo eles: Amarantina, Antônio Pereira, Cachoeira do Campo, Engenheiro Correia, Glaura, Lavras Novas, Miguel Burnier, Santa Rita de Ouro Preto, Santo Antônio do Leite, Santo Antônio do Salto, São Bartolomeu e Rodrigo Silva, segundo dados do IBGE (2022). Apresenta clima quente temperado, com temperatura média de 18,4°C e pluviosidade média anual de 1.804 mm (IBGE, 2022; CLIMATE-DATA, 2022).

O abastecimento de água na cidade de Ouro Preto é feito principalmente utilizando mananciais superficiais, com adução de cursos d'água como o Rio Nossa Senhora do Carmo, os Córregos do Funil, do Riacho, Maracujá, Água Suja, Varjada, Passa Dez, Tripuí, como também de sistemas de poços e de captação em diversas nascentes (PMSB OURO PRETO, 2013). É relevante ainda citar a precariedade do abastecimento e os elevados níveis das perdas físicas do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) do município, sendo expressivos os problemas com vazamentos na rede de distribuição.

5.2. Saneamento básico em Ouro Preto

A população abastecida com água tratada no Município em 2021 era de 65.196 habitantes (entre zona urbana - 63.331 hab. - e rural - 1.865 hab.), sendo que o volume de água micromedido foi igual a 4.577.980 m³ (SNIS, 2021). A quantidade de ligações ativas de água micromedidas era de 18.438, cerca de 75% da quantidade total (24.509), chegando a 90% em 2022 (REAL FM, 2022). Já a extensão da rede de água, citada no relatório, é de 485,58 km. Em 2022, a população com ligações ativas foi de 63.392 habitantes, havendo registro de redução de 2,8%.

O sistema de abastecimento de água do município conta com 65 pontos de captação, sendo que 29 deles se referem à captação de água superficial como em córregos e rios, 14 se referem à pontos de captação em nascentes e 22 são relativos à pontos de captação subterrânea em poços tubulares profundos. Ainda, segundo o documento do plano municipal,

seis estações de tratamento de água convencionais operam na cidade, com etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção da água, tratando vazões que variam entre 18 a 60 L/s (PMSB, 2013). Essa água tratada atende a zona urbana e rural, com fornecimento do recurso a distintos setores e atividades. Em Ouro Preto, 80,9% da água é utilizada na mineração, 10,0% para abastecimento urbano, 3,2% para irrigação, 2,7% para abastecimento rural, 2,5% para dessedentação animal (ANA, 2021). Em relação ao esgotamento sanitário, em 2021, 41.530 habitantes eram atendidos com serviços (coleta, em sua grande maioria), enquanto que em 2022, o número foi menor, de 41.450 habitantes. Quanto aos índices de coleta e tratamento de esgotos, em 2021, respectivamente, eram de 51,5 e 1,12%, e na mesma ordem, de 56,4 e 1,06% em 2022.

Historicamente, os serviços de saneamento no município sofreram alterações de gestão: de 2005 à 2019, os serviços de água e esgotamento sanitário eram realizados pelo Serviço Municipal de Água e Esgoto de Ouro Preto (SEMAE), autarquia municipal criada pela Lei Municipal nº 13, de 24 de fevereiro de 2005 (PMSB OURO PRETO, 2013). Entre a saída da SEMAE e a concessão à SANEOURO em janeiro de 2020, empresa privada, a Secretaria de Meio Ambiente do município (SEMMA) ficou responsável pela gestão do saneamento. Em novembro de 2020, então, teve início a instalação dos hidrômetros, que deu pontapé inicial à micromedição.

É importante ressaltar que apesar do Projeto de Hidrometração ter iniciado em meados de 2020 pela SANEOURO, tendo registro de 75% de ligações ativas hidrometradas em 2021 (SNIS, 2021) e 90% no último registro feito em 2022 (REAL FM, 2022), a individualização do consumo somente começou em junho de 2022, enquanto que a cobrança pelo efetivo uso iniciou no mês de outubro de 2022. Essa foi uma exigência descrita no contrato de concessão à concessionária SANEOURO, havendo necessidade de apresentar, no mínimo, quatro simulações para os consumidores antes da conta apresentar valores proporcionais ao consumo.

Ou seja, na maioria das residências, iniciou-se as medições individuais em junho de 2022 (quatro meses antes), com apresentação das simulações de cobrança nas contas, sem, no entanto, cobrar efetivamente o valor devido (a conta prosseguiu sendo da tarifa fixa por esses meses), para que as pessoas pudessem se adequar e possivelmente reduzir o consumo e corrigir os vazamentos. Nas demais localidades, por outro lado, o período de simulação durou mais do que quatro meses. O motivo é que nessas residências, a instalação de hidrômetros ocorreu há mais tempo. Desta forma, pode ser avaliado se a mudança de consumo resultou da conscientização do consumo ou do efeito econômico de aumento da cobrança.

Em relação aos valores pagos ao longo desse período de mudanças, em 2010 foi implantada pela SEMAE, a Tarifa Operacional Básica (TBO), que se resumia em um valor fixo cobrado dos consumidores mensalmente pela disponibilização dos serviços de água e esgoto, independente do volume de uso. A TBO ficou em vigência até 2020, com valores que ficaram na faixa de R\$ 22,00-27,00 (PEREIRA, 2018; BASTOS *et al.*, 2022). Já a SANEOURO, de acordo com a atualização tarifária estabelecida em janeiro de 2024, tem-se os valores médios cobrados para as seguintes categorias presentes na Tabela 5.1.

Tabela 5.1. - Tarifas médias calculadas por categoria pela SANEOURO

Categoria	Água (R\$/m ³)	EDC (R\$/m ³)	EDT (R\$/m ³)
Residencial social	7,12	2,66	6,77
Residência normal	9,84	3,68	9,35
Comercial	12,09	4,56	11,48
Industrial	12,09	4,56	11,48
Pública	11,47	4,34	10,88
Pública filantrópica	7,81	2,95	7,42

Fonte: Autora (2024)

Sendo, EDC, os valores do Esgoto Dinâmico Coletado (EDC), e EDT, o Esgoto Dinâmico Tratado (EDT). *OBS.: Os valores informados foram calculados somando todos os valores em caixa faixa e dividindo pelo número de intervalos de consumo, não considerando no cálculo os valores de tarifa fixa.*

5.3. Coleta de dados

Os dados (informações mês a mês) provenientes do acompanhamento do Projeto de Hidrometração realizado pela concessionária SANEOURO foram disponibilizados pela empresa, enquanto todas demais informações foram coletadas em sites oficiais como no da Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE) e Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico de Minas Gerais (ARISB), e no SNIS. De posse dos dados da concessionária, fez-se a

análise do consumo, de perdas e do faturamento nos anos de 2021 (antes do início da micromedição) e 2022 (primeiro ano da micromedição), utilizando de gráficos relacionados à evolução no tempo, comparação mês a mês e inferências estatísticas.

Importante ressaltar que no cálculo do consumo per capita de água e do volume *per capita* de esgoto coletado, utilizou-se os dados da população atendida fornecidos pela SANEOURO, e não os disponíveis no SNIS (e informados no item 5.2), uma vez que os volumes mensais também foram obtidos junto à concessionária. Assim, foram consideradas as populações de 65.071 e 65.415 habitantes para os anos de 2021 e 2022 respectivamente, atendidas por ligações de água, e de 41.530 hab em 2021 e 41.669 hab em 2022 quanto ao atendimento de esgotos.

De forma a inferir se houve mudanças ao acaso de 2021 para 2022, ou se há efeito da micromedição, coletou-se dados de 2005 até 2022 do portal do SNIS, avaliando índices de perdas, consumo per capita, população atendida, índices de perdas, volume de esgoto coletado dos períodos de concessão à SEMAE, Secretaria Municipal de Meio Ambiente e SANEOURO.

5.4. Índices de abastecimento de água

Para alcançar os objetivos do trabalho, foram realizadas etapas de avaliação das perdas de água, com base na análise dos dados de balanço hídrico (de fornecimento de água), de consumo de água, dos indicadores de perdas e da geração de esgoto, além do acompanhamento e dos resultados do Projeto de Hidrometração. As variáveis e os índices utilizados na avaliação estão detalhados no Quadro 5.1.

Quadro 5.1. – Indicadores de perdas do SNIS

CÓDIGO	INDICADOR	EQUAÇÃO	UNIDADE
IN013	Índice de perdas no faturamento	$IN013 = \left(\frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG011}{AG006 + AG018 - AG024} \right) \times 10$	%
IN049	Índice de perdas na distribuição (IPD)	$IN049 = \left(\frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG010}{AG006 + AG018 - AG024} \right) \times 10$	%
IN050	Índice bruto de perdas lineares	$IN050 = \left(\frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG010}{AG005} \right) \times \frac{10}{36}$	m ³ /km.d
IN051	Índice de perdas por ligação	$IN051 = \left(\frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG010}{AG002} \right) \times \frac{10}{36}$	L/Lig.d

Fonte: SNIS (2021).

Em que

AG002 – Número de Ligações Ativas (Lig.)^a

AG005 – Extensão da Rede de Água (km)^a

AG006 – Volume Produzido (10³ m³/ano)

AG010 – Volume Consumido (10³ m³/ano)^b

AG011 – Volume Faturado (10³ m³/ano)

AG018 – Volume Tratado Importado (10³ m³/ano)

AG024 – Volume de Água de Serviço (10³ m³/ano)^c

^a Média do parâmetro, considerando o valor no ano de referência e no ano anterior;

^b Volume de água consumido: compreende o volume micromedido (AG008), o consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro: acrescido do volume de água tratada exportada (AG019) para outro prestador de serviço;

^c Volume de água de serviço: Considera-se o volume de água para atividades operacionais, o volume de água recuperado em decorrência da detecção de ligações, clandestinas e fraudes, e o volume de água para atividades especiais, que enquadra o consumo pelo próprio operador, pelos caminhões-pipa, pelo corpo de bombeiros, entre outros.

Com base nos resultados da diferença das perdas de água no período anterior e posterior à implantação do Projeto de Hidrometração, foi feita uma comparação mês a mês do consumo de água, e posteriormente avaliação estatística descritiva, com apresentação de dados médios, medianas e desvio padrão; gráficos Box Plot mensal, antes e após a implementação da micromedição; e o teste não paramétrico de Wilcoxon (dados estatísticos pareados) para comparação do efeito da medida tomada pela concessionária de água e esgoto.

A aplicação do teste foi realizada com o auxílio dos softwares Excel e Statistica para comparação dos índices de perdas no faturamento (IN013); e na distribuição (IN049); no índice bruto de perdas lineares (IN050); no índice de perdas por ligação (IN051); no volume de água consumido por mês (AG010); no consumo médio per capita de água (IN022); no volume de esgoto coletado por mês (ES005); e ao volume de esgoto médio per capita coletado, nos anos de 2021 e 2022.

A literatura foi empregada para possibilitar a comparação da efetividade da micromedição no município; dos valores do consumo per capita e do coeficiente de retorno (CR), sendo que o último é calculado pela relação entre o volume consumido de água e o volume que retorna como esgoto coletado. Por ser o abastecimento humano considerado um uso não consuntivo, esse valor não é 100%, sendo adotado, frequentemente, como 0,8 (80%) (AESABESP, 2023). Assim, com base em dados obtidos do consumo de água e geração de esgoto é possível então verificar se o valor de CR na prática é semelhante a esse parâmetro considerado, nas avaliações feitas para a cidade de Ouro Preto em 2021 e 2022.

Para o cálculo do CR, foi utilizada a seguinte equação:

$$CR = \frac{\text{Volume de esgoto recebido na rede coletora}}{\text{Volume de água consumido pela população}} \quad (\text{Equação1})$$

Além da análise dos índices de maneira detalhada dos anos de 2021 e 2022, fez compilação de dados anuais de consumo per capita e dos índices de perdas em anos anteriores (2005-2020 - com exceção de 2019 que não há dados), com consulta ao SNIS - Série Histórica. Essa reunião de informações permitiu verificar possíveis tendências e ilustrar cenários, com avaliação dos fatores que levaram (ou não) à redução do consumo de água. Até a finalização do presente trabalho, não havia informações a respeito do ano de 2023 no portal do SNIS.

5.5. Avaliação dos custos praticados pela concessionária

Para análise tarifária, foram utilizados tarifas fixas (mínimo a ser pago caso não haja consumo) e valores cobrados por m³ para cada faixa de consumo para uma residência normal (com cinco moradores e consumo per capita semelhante ao calculado para 2022 em Ouro Preto), com consulta ao site da SANE OURO, e comparações com outras concessionárias de

saneamento, tais como a COPASA, COPANOR e SAMOTRACIA, fiscalizadas pela ARSAE; CESAMA/JF e SAAE de Itabirito, regulamentadas pela ARISB; além do SAAE de Mariana, que tem como agência reguladora o Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de Minas Gerais (CISAB).

A justificativa para escolha dessas concessionárias se pautou em distância, similaridade das características entre as cidades e Ouro Preto, e categorias das empresas (representantes de empresas privadas, estaduais e municipais). A COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) é uma sociedade de economia mista, com sede em Belo Horizonte-MG, e que atende 581 municípios com água ou água e esgoto, dentre os quais pode-se destacar a própria capital mineira, além de Tiradentes e São João del Rei, cidades históricas como Ouro Preto, Ouro Branco, município próximo; e Lavras, cidade onde fica situada a Universidade responsável por este estudo. A COPANOR (COPASA Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais) é uma concessionária formada a partir de uma divisão da COPASA e que é a responsável pelos serviços de saneamento em 50 cidades de menor porte das regiões Norte e Nordeste de MG (Montes Claros, por exemplo, é COPASA) (COPASA, 2024).

A SAMOTRACIA é uma empresa da iniciativa privada e atende o Bairro Alphaville Lagoa dos Ingleses em Nova Lima (SAMOTRACIA, 2024). Os SAAE (Serviços Autônomos de Água e Esgoto) são autarquias municipais, assim como a CESAMA (Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora) (SAAE-MARIANA, 2024; CESAMA, 2024). Desta forma, foram escolhidas distintas características de empresas responsáveis, com atendimento em algumas localidades relacionadas à Ouro Preto.

Os valores utilizados nos cálculos foram os mais atuais encontrados para cada concessionária, mesmo que fossem referentes a 2024 e o estudo realizado foi dos anos de 2021 e 2022. Com exceção do SAAE-Mariana, que os dados eram de 2016, os demais se referem ao ano de 2024.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Análise entre os índices na comparação entre antes e após a implementação da micromedição

Com base na realização do teste Wilcoxon, pode-se observar na Tabela 6.1 se houve ou não diferença estatística entre os grupos pareados.

Tabela 6.1 – Valores dos índices obtidos em 2021 e 2022, com comparação estatística pelo teste de Wilcoxon.

Indicador	Diferença estatística entre 2021/2022	2021		2022	
		Média ± desvio padrão	Mediana	Média ± desvio padrão	Mediana
Volume de água consumido - AG010 (m ³ /mês)	SIM	522.367 ± 27.195	517.726	409.302 ± 24.996	412.011
Consumo médio per capita de água - IN022 (L/hab./dia)	SIM	211,2 ± 11,5	208,6	171,7 ± 10,5	167,1
Volume de esgoto coletado - ES005 (m ³ /mês)	SIM	268.171 ± 19.523	263.709	231.068 ± 14.718	230.124
Volume de esgoto coletado (per capita) (L/hab./dia)	SIM	212,3 ± 13,3	209,3	182,4 ± 11,5	185,0
Índice de perdas no faturamento - IN013 (%)	SIM	56,1 ± 1,8	56,1	53,5 ± 0,6	53,2
Índice de perdas na distribuição - IN049 (%)	SIM	51,2 ± 1,0	51,0	57,9 ± 2,8	58,2
Índice bruto de perdas lineares - IN050 (m ³ /dia/km)	SIM	33,7 ± 1,3	33,5	31,0 ± 2,8	31,3
Índice de perdas por ligação - IN051 (L/dia/lig.)	NÃO	618,8 ± 159,6	578,6	627,6 ± 62,4	643,0

Fonte: Autora (2024).

É possível observar que apenas o grupo de dados para o IN051 (entre 2021 e 2022) não apresentou diferença estatisticamente significativa, enquanto as demais comparações indicaram diferenças. A seguir serão discutidos cada uma dessas variáveis analisadas.

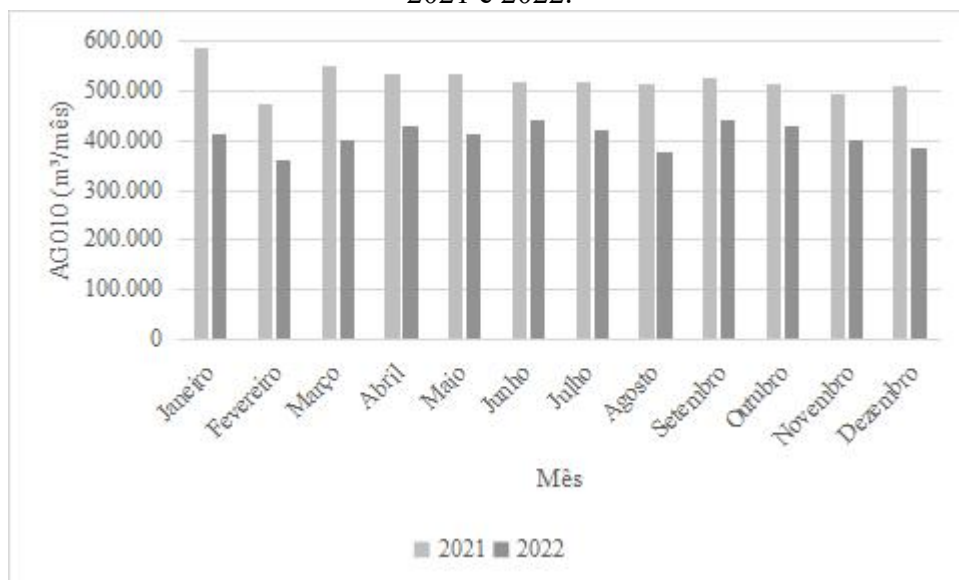
Importante ressaltar que foram utilizados testes não paramétricos em razão dos mesmos não seguirem a distribuição normal, conforme verificado pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov. Além disso, sabe-se que esses são mais flexíveis (podendo ser aplicados a distintas distribuições de dados), e que o referido teste (*Wilcoxon signed rank test*) é empregado para comparação de duas amostras dependentes, ou seja, amostras relacionadas (antes e depois - caso da micromedição) (CRESPO, 1997; NAHM, 2016; SHARMA et al., 2024).

6.2. Comparação do consumo de água em 2021 e 2022

a) Volumes mensais

Na Figura 6.1, está apresentado o gráfico do volume de água consumido em Ouro Preto, mês a mês, entre os anos de 2021 e 2022. Desta forma, é possível estabelecer uma comparação efetiva dos consumos, tomando como base o período inicial da efetiva cobrança, assim como o período de simulação obrigatória realizada anteriormente.

Figura 6.1 – Gráfico mensal do volume de água consumido em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.



Fonte: Autora (2024).

Observa-se na Figura 6.1, que os maiores valores de consumo de água se referiram, em geral, ao ano de 2021, anterior ao início da micromedição. Nesse ano, janeiro foi o mês de maior demanda de água pelos usuários do serviço em Ouro Preto, tendo registro de 588.283 m³/mês, enquanto o menor valor de consumo do ano de 2021 foi de 474.145 m³/mês em fevereiro.

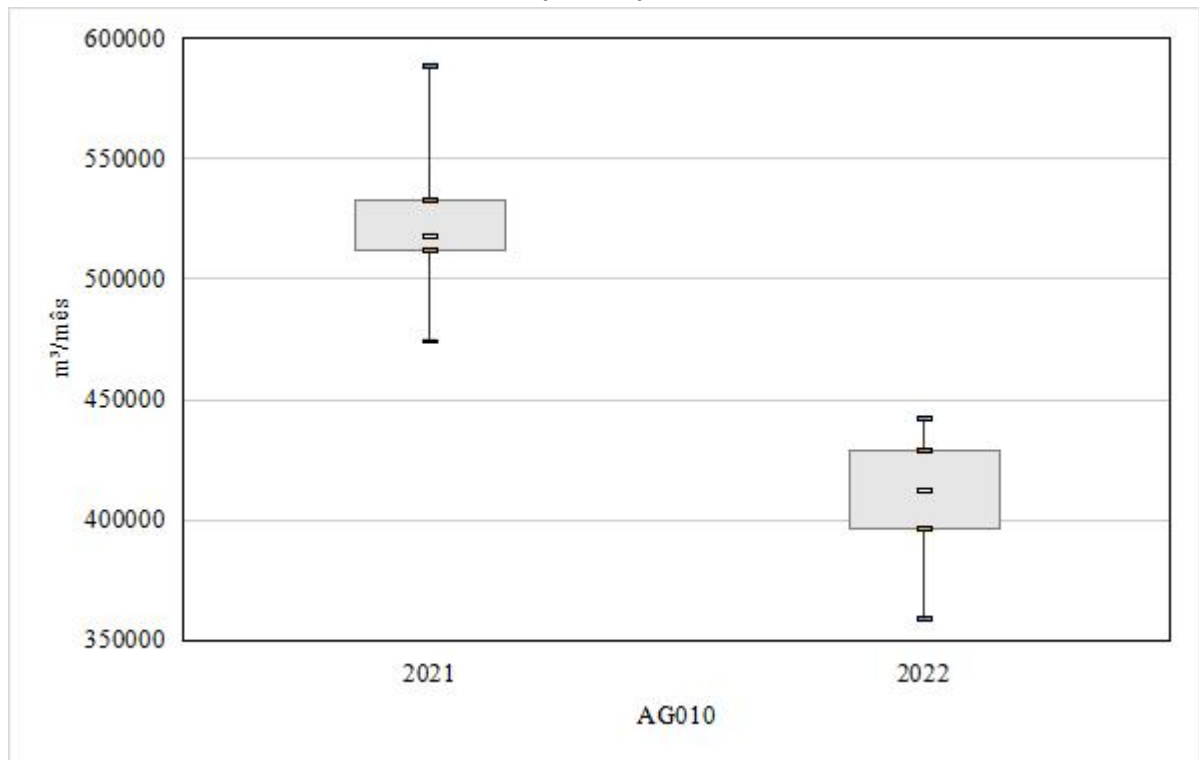
No ano de início da hidrometração, os valores foram, em geral, inferiores ao do ano anterior, tendo o maior e menor valor de consumo, respectivamente, registrados em setembro (442.023 m³/mês) e fevereiro (359.000 m³/mês).

Tradicionalmente, em Ouro Preto e em outras cidades turísticas, fevereiro é um mês com grande atração de turistas, o que resulta em sobrelevação do consumo de água (GALILÉ, 2024; SNIS, 2019; SILVA, 2020). Entretanto, o carnaval de rua somente retornou em 2023 (COMTUR, 2024), o que poderia justificar ter sido o mês de menor consumo tanto em 2021, quanto em 2022. De acordo com Pereira et al. (2016), no carnaval, há picos que podem elevar o consumo de água no município em 2,4 vezes. Silva (2020) destaca que também há sobrelevação da demanda de água também no festival de inverno, que ocorre em meados de julho.

Em relação à redução do consumo de 2021 para 2022, essa é perceptível, porém não há nenhuma tendência quanto aos meses do início da micromedição, não havendo diminuição visível no mês em que começou a haver a apresentação do volume consumido individual, em junho, e nem quando a cobrança começou a ser feita com base no consumo, que ocorreu em setembro. O fato pode estar ligado à temperatura e ao uso de água nos meses mais quentes (TSUTIYA, 2006; LIMA *et al.*, 2023), o que compensaria a mudança no faturamento em conta. No entanto, uma ligeira redução pode ser perceptível de setembro até dezembro de 2022, fato que não ocorreu em 2021, o que poderia indicar alteração nos hábitos da população. Torna-se, então, necessário dar continuidade à avaliação para os próximos anos.

Na Figura 6.2, está demonstrado o gráfico Box Plot do volume de água consumido por mês em Ouro Preto, nos anos de 2021 e 2022, sendo presumível visualizar a variação dos dados para cada ano.

Figura 6.2 – Gráfico Box Plot do volume mensal de água consumido em Ouro Preto, MG, em 2021 e 2022.



Fonte: Autora (2024)

O ano de 2021 apresentou uma menor variação dos dados, ou seja, o intervalo interquartil apresentou menor variação, sendo a mediana observada mais próxima do primeiro quartil. Por outro lado, os valores máximos e mínimos foram mais discrepantes em relação aos valores central (mediana) e os percentis 25 e 75%. Já, em relação ao ano de 2022, foi verificado uma maior variação dos dados, podendo-se observar através do intervalo interquartil do Box Plot, porém com menor variação em relação ao máximo valor. Com base no observado, verifica-se que o consumo antes da micromedição era um consumo maior e menos variável, com alguns picos de maior consumo, em razão da não cobrança em função do volume consumido. Após o início da micromedição, entretanto, a demanda passou a ser variável em função da necessidade, tendo economias em período de menor demanda, e redução do consumo de maneira geral.

b) Consumo per capita

A comparação dos volumes consumidos é importante do ponto de vista de comparação local do antes e após a micromedição, no entanto, para utilização da literatura torna-se mais pertinente o emprego do consumo per capita, calculado e apresentado na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Valores mensais do volume médio de água per capita consumido em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.

MESES	2021	2022
	IN022 (L/hab.dia)	IN022 (L/hab.dia)
Janeiro	292	203
Fevereiro	260	196
Março	273	197
Abril	273	208
Maio	264	203
Junho	264	225
Julho	257	209
Agosto	255	186
Setembro	269	225
Outubro	254	212
Novembro	253	204
Dezembro	253	189
MÉDIA	264	206
MEDIANA	262*	204

* Maior significativamente pelo teste de Wilcoxon, ao nível de 5% de significância.

OBS.: Também fez-se a testagem pelo teste t (paramétrico para dados pareados), encontrando diferenças significativas para as médias assim como para as medianas (só à título de curiosidade - sem validade em razão da não normalidade dos dados).

Fonte: Autora (2024).

De acordo com o observado, verifica-se que em 2021, o maior valor foi 292 L/hab.dia (janeiro), enquanto que o menor foi 253 L/hab.dia em novembro e dezembro, tendo valor médio de 264 L/hab./d e mediana de 262 L/hab./d. Já em 2022 o maior foi 225 L/hab.dia (junho e setembro), e o menor valor 186 L/hab.dia (agosto), com média de 206 L/hab./d e mediana de 204 L/hab./d. Em relação aos valores anuais, observou-se redução (de 21,97%) significativa de 2021 (antes) para 2022 (após início da micromedição), pelo teste de Wilcoxon, apresentando efeito positivo da medida (para consumo de água) da instalação de hidrômetros como medida de Gestão Ambiental em Ouro Preto. Esse valor de redução está dentro da faixa

citada por Zeeb (1998) e Yamada (2001), que indicam que pode haver diminuição de 15% a 30% após implementação da hidromedidação.

O efeito da micromedidação também foi verificado por Souza *et al.* (2023), que compararam o consumo de água per capita, as taxas de perdas de água e a produção de esgoto per capita, com base em dados do SNIS (2021) em municípios do estado de Minas Gerais que contêm 0% e 100% de hidromedidação (dados base-SNIS empregados pelos autores estão apresentados na Tabela 3.2). Segundo os autores, para municípios com 0% de micromedidação, a média dos valores de consumo foi da ordem de 238 L/hab.dia, enquanto para aqueles que possuem 100% das ligações ativas com presença de hidrômetros, os valores foram de 155 L/hab.dia. Chama a atenção os valores de Conceição das Pedras, Olímpio Noronha, Guarani, São Sebastião da Bela Vista, Rochedo de Minas e Arapuá, com consumos superiores a 400 L/hab.dia, que estão próximos aos relatados por Fonseca *et al.* (2008) para Ouro Preto-MG. Como base para comparação, de acordo com dados do SNIS (2023) e dados fornecidos pela SANEOURO (2023), o índice de hidromedidação em Ouro Preto no ano de 2021 foi de 37,74%, enquanto que no ano de 2022 foi de 90,98%. Desta forma, nota-se que os dados de consumo médio per capita de água referentes ao município de Ouro Preto seguem a lógica de redução de consumo atrelada ao aumento dos índices de micromedidação.

Para poder inferir se a redução foi ao acaso ou apresentou relação com a micromedidação, foi feita reunião de alguns dados anuais de fornecimento de água na base de dados do SNIS (Tabela 6.3).

Tabela 6.3. - Dados anuais de fornecimento de água em Ouro Preto-MG

Ano	Concessionária responsável	População atendida total (hab)	População urbana atendida (hab)	Índice de atendimento da população urbana (%)	Índice de hidrometração (%)	Consumo médio per capita (L/hab.d)	Volume de água consumida (1000 m ³)
2022	SANEOURO	63.392			81,89	209,3	4.911,62
2021	SANEOURO	65.196	63.331	97,3	37,74	251,7	6.248,40
2020	SANEOURO	70.830	64.840	100	4,13	147,3	3.808,17
2019	SEMMA	-	-	-	-	-	
2018	SEMAE	70.781	61.620	95,8	1,13	251,5	6.474,99
2017	SEMAE	70.281	61.120	94,1	0	196,9	5.062,24
2016	SEMAE	70.568	56.802	87,8	0	194,7	5.014,17
2015	SEMAE	70.568	56.802	88,2	0	368,8	9.499,74
2014	SEMAE	70.568	56.802	88,6	0	352,1	9.047,36
2013	SEMAE	70.245	56.542	88,6	0	349,0	8.947,12
2012	SEMAE	70.227	54.567	88,5	0	343,5	8.330,43
2011	SEMAE	62.678	54.567	88,9	0	354,7	8.113,80
2010	SEMAE	62.678	54.567	89,3	0	319,1	7.696,20
2009	SEMAE	69.495	59.855	99,7	0	417,5	10.555,00
2008	SEMAE	69.039	59.399	99,3	0	386,8	9.818,90
2007	SEMAE	70.059	59.551	100	0	297,6	7.553,00
2006	SEMAE	69.024	58.671	100	0	296,3	7.441,00
2005	SEMAE	68.600	58.310	100	0	297,2	7.441,00

Fonte: SNIS (2024)

Verifica-se, inicialmente, que no ano de 2019, transição entre a SEMAE e SANEOURO, houve participação da SEMMA (Secretaria de Meio Ambiente) que não gerou/forneceu dados ao SNIS. Também, observa-se que o consumo apresentou grande variação de 2005 até 2018, anos de gestão da Autarquia municipal, que pode estar ligado a problemas na aferição real do consumo, como reportado por Fonseca *et al.* (2008). Os autores ainda atribuem a outros problemas, como o mau estado de conservação de alguns reservatórios, que somada à inexistência de macro e micromedição, o que levou à estimativa, por técnicos da prefeitura a obter um consumo per capita de entre 450 e 500 litros por

habitante ao dia (FONSECA *et al.*, 2008). De fato, os anos próximos ao estudo, indicaram consumos bastante elevados, superiores a 340 L/hab.dia em 2008, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015.

Um outro estudo, mais antigo, estimou o consumo per capita em 385 L/hab.dia em 2005, o que o autor atribuiu a fatores como desperdícios e perdas ao longo da rede de distribuição, falta de qualidade do produto final (água tratada), e ausência de consciência ambiental da população (PAULINO, 2005). Pereira *et al.* (2016), por sua vez, afirmam que em 2014, o valor demandado seria da ordem de 250 L/hab.dia, chegando a ter picos de 600 L/hab.dia no carnaval, também diferindo dos valores reportados pelo SEMAE ao SNIS.

Já nos três últimos anos de SEMAE, parece ter havido uma redução do consumo (abaixo da casa dos 300 L/hab.dia), chegando a um ano sem registro em 2019, até ter em 2020, os menores valores registrados da Tabela 7.3. Atribui-se a esse valor o início da operação da SANEOURO, com problemas e incipiência na operação, medição e estimativa do consumo. Outro fator pode ter sido a pandemia do COVID-19, que reduziu o número de moradores e frequentadores em Ouro Preto (OLIVEIRA *et al.*, 2021a,b).

Por fim, chega-se aos anos do presente estudo, 2021 e 2022, com dados que diferem dos reportados do SNIS (maiores valores) em relação aos calculados a partir de dados obtidos da SANEOURO. As diferenças estão na população atendida (maior no informado pela concessionária), já que os volumes consumidos são iguais para ambas as fontes de informações (6.248.399 m³ em 2021 e 4.911.623 m³ em 2022).

Desconsiderando o ano atípico de 2020, e tendo o entendimento de que as estimativas dos estudos de Paulino (2005), Fonseca *et al.* (2008) e Pereira *et al.* (2016) estariam mais próximos da realidade nos períodos que as pesquisas foram realizadas, verifica-se que houve uma certa conscientização da população antes mesmo do início da micromedição. Com essas reduções, os valores ficaram mais compatíveis com o consumo per capita de uma cidade do tamanho de Ouro Preto, que é de 120-200 L/hab.dia para municípios com população variando entre 50 e 250 mil habitantes (VERCELLI, 2011).

Tendo em vista o consumo médio per capita estimado antes da implantação do plano de micromedição, com zero por cento de micromedição, que chegou até 450 L/hab.dia, e comparando aos consumos de 2021 com 37,74% (Tabela 7.2) de hidrometração (264 L/hab.dia) e de 2022 com 81,89-90,98% (Tabela 7.3 do SNIS e informações da SANEOURO) de hidrometração (206 L/hab.dia), tem-se, considerando uma população total de 74.821 habitantes (IBGE, 2022), uma economia de 13.916.706 L/dia (comparando os períodos com

zero e 37,74% de hidrometração) e de 4.339.618 L/dia de água (comparando os períodos com 37,74% e 90,98% de hidrometração). Desta forma, observou-se no município de Ouro Preto, redução da ordem de 5.079.597,7 m³/ano do período com zero por cento de micromedição para o ano de 2021, e uma economia de 1.583.960,6 m³/ano de água do ano de 2021 para o de 2022.

Outros autores também verificaram efeito significativo (e redutor) no consumo de água após implementação da micromedição, corroborando os resultados do presente trabalho e também de Souza et al. (2023). Paul *et al.* (2021), por exemplo, concluíram que a instalação de medidores individuais reduz o consumo de água em aproximadamente 8% em curto prazo na cidade de Quito, no Equador. A porcentagem, no entanto, foi inferior ao encontrado em Ouro Preto (21,97% entre 2021 e 2022). De acordo com os autores, a justificativa é quando o custo de determinado bem é partilhado dentro de um grupo, existem incentivos para consumir mais do que o nível ideal, semelhante à ideologia da Tragédia dos Comuns, situação em que os indivíduos, agindo de forma independente, racional e de acordo com seus próprios interesses, atuam contra os interesses de uma comunidade, esgotando os bens de uso comum. Já em outra pesquisa realizada por Mendes *et al.*, (2015), foi avaliado o comparativo entre condomínios com medição individualizada de água e aqueles que realizavam medição global, em Montes Claros, MG, Brasil. Com base nos dados gerados, os autores concluíram que a micromedição foi uma importante ferramenta para o controle e redução do consumo de água. Os resultados se somam aos citados trabalhos de Sá (2007), Tamaki et al. (2004) e Lima et al. (2016).

Mesmo que tenha havido economia, ainda assim os valores ficaram acima do que é preconizado pela Organização das Nações Unidas (ONU), para possibilitar distribuição igualitária entre a população mundial e sem haver excessos. De acordo com a avaliação de especialistas da ONU, cada pessoa necessita de 3,3 mil litros de água por mês, ou seja, cerca de 110 litros de água por dia, para atender às necessidades de consumo e de higiene (SABESP, 2023).

Apesar do valor em questão ter sido estabelecido como padrão para o consumo mundial, deve-se ponderar que há diversas peculiaridades que tendem a influenciar nesses valores, como os fatores climáticos de cada país/região, os fatores culturais de determinadas localidades, os tipos de atividades desenvolvidas naquela região, a situação socioeconômica das pessoas que vivem naquela determinada localidade, entre outras características (YASSUDA *et al.*, 1976; TSUTIYA, 2006; GRESPAN *et al.*, 2022; LIMA *et al.*, 2023). Essa

também pode ser a justificativa para ter valores de consumo superiores aos apresentados em ANA (2019) (Quadro 3.1 do referencial teórico) para a Faixa 4 (Estado de Minas Gerais) e população entre 35 e 75 mil habitantes.

Levando em consideração que Minas Gerais se encontra inserido unicamente no grupo 4 do Quadro disponível em ANA (2019), e verificando a faixa habitacional compatível com a do município de Ouro Preto, tem-se que os anos de 2021 e 2022 resultaram valores mais elevados de consumo per capita no município ouro-pretano (média de 264 e 206 L/hab/dia respectivamente) do que na maioria dos outros municípios mineiros.

Por fim, em relação à redução do volume total, de 2022 para 2021, somando os valores presentes na Figura 6.1 (consumo mensal), a demanda de água passou de 6.268.399 para 4.911.623 m³, 21,64% de redução (ou 1.356.776 m³). Ou seja, se considerado o consumo per capita de 2022 (206 L/hab/d), daria para atender mais de 18.000 hab (28% da população abastecida nesse ano e cerca de 200 dos 853 municípios de Minas Gerais) e encher 543 piscinas olímpicas. Assim, apesar de ser uma discussão recorrente entre os moradores ouro-pretanos se a economia de água deveria passar pela redução do consumo utilizado para o uso doméstico, uma vez, que o abastecimento urbano e rural, representam, respectivamente, 10,0% e 2,7% para abastecimento rural, contra 80,9% de uso na mineração (ANA, 2021; IBGE, 2022), verifica-se que a quantidade reduzida é expressiva. Além de mudanças nos hábitos da população, a micromedição também auxilia no melhor controle de perdas (discutido em itens posteriores), trazendo benefícios para todo o município.

c) Estimativa dos valores a serem pagos pelo fornecimento da água

Por fim, além da medição, o que pode mais impactar na percepção do consumidor é o valor que terá de pagar ao final do mês na conta de água. Considerando que antes era paga a taxa TBO que foi de R\$ 22,00-27,00 até 2020 (PEREIRA, 2018; BASTOS *et al.*, 2022), e agora a cobrança é calculada com base no consumo em m³, foi apresentado a seguir o detalhamento para um domicílio com consumo per capita igual ao médio da Tabela 6.2 e com 5 moradores (Tabela 6.4).

Tabela 6.4. Consumo faturado considerando os preços praticados pela SEMAE, SANEOURO e concessionárias reguladas pela ARSAE para uma residência normal.

Consumo: 206 L/hab.d x 5 hab x 30 d =30.900 L= 30,9 m ³								
Concessionárias (e valor em R\$)								
Faixas de consumo (m ³)	SEMAE	SANEOURO	COPASA	COPANOR	SAMOTRACIA	CESAMA	SAAE Itabirito	SAAE Mariana****
Fixo	27,00	21,971	21,23	9,71	-	13,90	13,90	11,00
0-5	-	1,789	2,2	1,42/1,778* *	6,6539***	1,5310	1,5310	0,9858
5-10	-	1,789*	4,685	3,791	1,1801	4,1338	4,1338	1,6278
10-15	-	4,909	7,26	5,875	8,2224	5,1673	5,1673	2,7886
15-20		10,644	9,911	8,02	8,2955	5,8562	5,8562	2,9090
20-40		12,215	12,607	10,201	8,3682	7,9243	7,9243	3,8950; 4,5250; 4,6165; 4,7078
> 40		19,627	15,381	12,446	15,4206	10,3357	10,3357	4,8019; 4,8980; 4,9960; 5,4485; 5,8634; 6,2297; 6,8527; 7,5379; 8,2917
Valor	R\$ 27,00	R\$ 250,77	R\$ 278,93	R\$ 215,13	R\$ 218,45	R\$ 183,72	R\$ 183,72	R\$ 98,81

* A faixa da SANEOURO é de 0 à 10 m³; ** A COPANOR tem faixas de 0-3, de 3-6 m³ e de 6-10 m³; *** A faixa da SAMOTRACIA é de 0-6 m³ e 6-10 m³; * Foi encontrada somente a faixa de cobrança de 2017 no site da reguladora. ****No SAAE Mariana, as faixas de consumo são mais subdivididas: 0-5 m³; 6-10m³; 11-15 m³; 16-20 m³; 21-25 m³; 26-30 m³; 31-35 m³; 36-40 m³; 41-45 m³; 46-50 m³; 51-55 m³; 56-60m³; 61-65 m³; 66-70 m³; 71-75; 76-100 m³; > 100 m³.

FONTES: ARISB (2024); CISAB (2017); SANEOURO (2024); ARSAE (2024); Pereira, 2018; Bastos *et al.* (2022).

Com base no disposto na Tabela 6.4, verifica-se que a SANEOURO pratica um preço superior ao da maioria das empresas públicas, como as autarquias de Mariana, Itabirito (cidade próxima a Ouro Preto) e um valor próximo ao da concessionária privada de um condomínio em Nova Lima-MG. Côrtes et al. (2023) também verificaram diferenças significativas nos valores praticados entre empresas (ao nível de 1% de significância), tendo maiores tarifas para as privadas em comparação com as públicas.

Com base no reportado no Panorama do Setor Privado no Saneamento, de fato as tarifas médias por concessionárias privadas são superiores aos valores no país, R\$ 5,24/m³ contra R\$4,98/m³ e R\$2,92/m³ (dados de 2021 para serviços de água e esgoto), respectivamente, das companhias estaduais e municipais. Porém, ao mesmo tempo, também são maiores os investimentos dessas empresas (R\$352 x 205 x 60 por ligação, na mesma ordem), apresentando dos maiores custos para prestação de serviços (R\$4,63 x 4,74 x 2,90 por m³) e atendimento de um menor número de cidades, condição que não permite proporcionar maior diluição dos custos e menores preços cobrados para a população (ABCON; SINDCON, 2023). Com base no mesmo documento, verifica-se que as empresas privadas estão em 15,3% dos municípios contra mais de 60,0% das concessionárias estaduais.

Já em comparação com a COPASA, de capital misto e presente em 68% dos municípios mineiros, os valores foram inferiores. E em relação à COPANOR, um ramo da COPASA, o preço cobrado é maior, porém ressalta-se que a realidade das cidades atendidas é bastante distinta de Ouro Preto, em termos de tamanho de população e riquezas produzidas. Assim sendo, constata-se que os valores pagos por cidadãos ouro-pretanos estão bem acima do que estavam habituados, porém seriam inferiores ao que a maioria dos mineiros de outras localidades pagariam pelo mesmo consumo.

Ademais, há de se ressaltar que o cenário anteriormente encontrado em Ouro Preto, sem micromedição, é diferente da observado na maioria das localidades em Minas Gerais. Consultando os dados do SNIS (2024), verifica-se que, dos 836 municípios com informações disponíveis no portal, 67% dos municípios possuíam 100% das ligações micromedidas em 2022; 18% mais de 90% das ligações com medidores individuais; 4% entre 0 e 90%; e somente 10% não tem micromedição. Desta forma, era uma mudança necessária, sobretudo em relação à necessidade de redução de consumo (verificado no item anterior), o que se pode questionar é o valor cobrado, discussão realizada no presente tópico.

Ainda sobre os valores praticados, há de se ponderar também que o preço por m³ consumido varia conforme outros fatores tais como custo de tratamento e de adução e leva-se

em conta a renda per capita das localidades (BENINI *et al.*, 2021). Segundo a Política Nacional de Saneamento Básico (lei 14.026/2020), a “validade dos contratos de saneamento tem que atender condições de sustentabilidade e equilíbrio econômico-financeiro na prestação dos serviços”. Portanto, o sistema de cobrança e composição tarifária devem considerar os custos dos serviços. Ao comparar o município de Ouro Preto com Mariana e Itabirito, Pena (2021) afirma que os maiores preços praticados pela SANE OURO podem ser justificados pelos maiores custos por habitante de Ouro Preto devido às suas características, como maior número de distritos, levando à necessidade de implantação de mais sistemas e exigindo mais serviços de operação e controle. Ademais, não foi possível encontrar o valor atualizado cobrado no município de Mariana (os dados são de 2016), prejudicando a comparação.

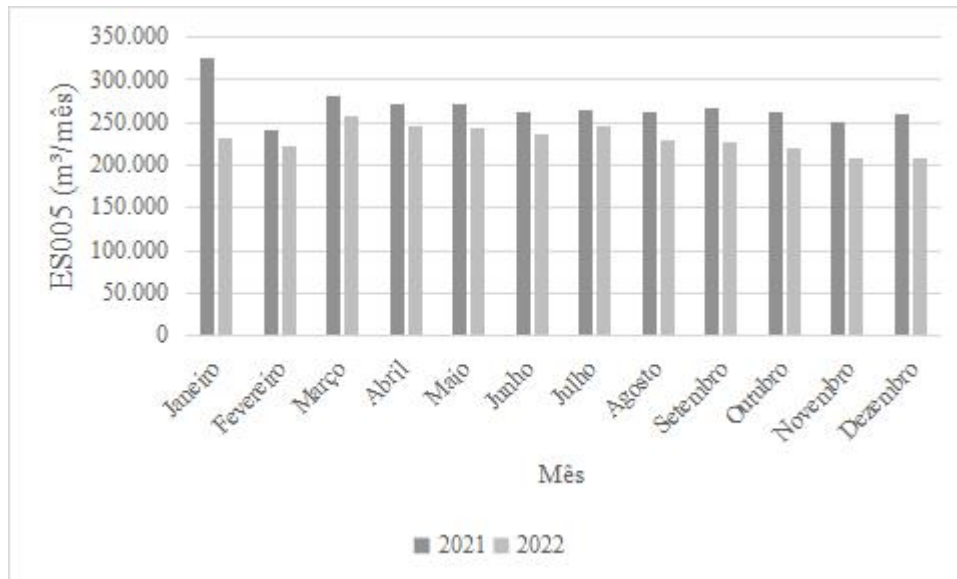
Em outra comparação, São João del Rei, por exemplo, apresenta características bastante similares a Ouro Preto, e está sob a prestação de serviços da COPASA. Dentre as similaridades, destaca-se a riqueza patrimonial e histórica; a grande presença de turistas e de população flutuante (estudantes universitários); além dos baixos índices de tratamento de esgotos (3,45 % em São João x 1,06% em Ouro Preto) (SNIS, 2024). Por fim, os anos de cobrança aquém do praticado em outras localidades podem ter reduzido a capacidade de investimento, precarizando o serviço prestado, necessitando de aumento da arrecadação para modernização do saneamento no município.

6.2.2. Volumes de esgotos coletados em 2021 e 2022

a) Volume mensal de esgoto

O volume de esgoto gerado está diretamente relacionado ao volume de água consumida, sendo, muitas das vezes, feita a cobrança pelo tratamento de forma proporcional por várias concessionárias de saneamento (SNIS, 2021). Assim, como houve efeito da micromedição sobre o consumo de água, é também esperado que haja influência sobre a geração de esgoto. Na Figura 6.3, está apresentado o volume mensal de esgoto coletado no município de Ouro Preto, nos anos de 2021 e 2022.

Figura 6.3 – Gráfico mensal do volume de esgoto coletado em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.



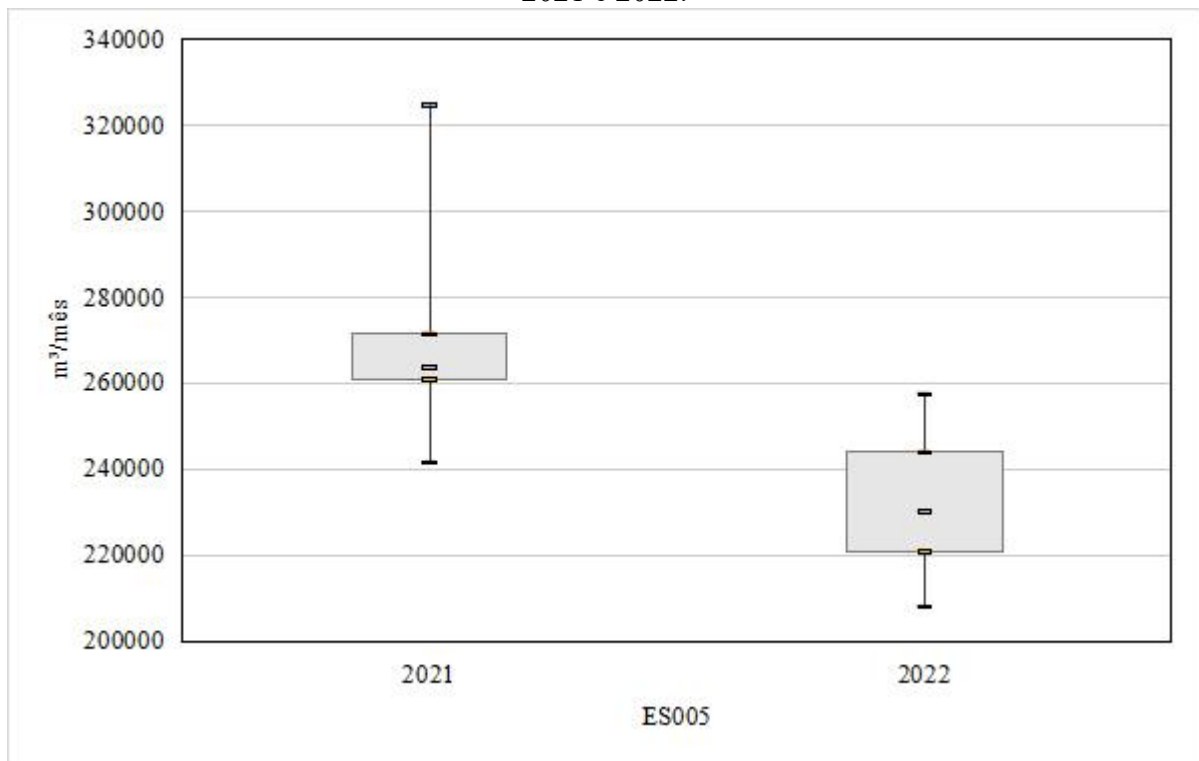
Fonte: Autora (2024).

De forma semelhante ao que foi observado para o consumo de água em 2021, a geração de esgoto foi menor em fevereiro e maior em janeiro, respectivamente no valor de 241.511 e 324.821 m³/mês. Por outro lado, após a micromedição (ano de 2022), o mês de março apresentou a maior produção de água residuária doméstica, tendo valor de 257.449 m³/mês, enquanto que o mês de novembro resultou no menor valor, de 207.940 m³/mês. A partir do pico registrado em março de 2022 até novembro, os valores de volume de esgoto coletado tenderam a cair sistematicamente, sendo que apesar de novembro ter apresentado um valor maior que dezembro, ambos os meses se encontram com valores extremamente próximos.

Desta forma, verifica-se, assim como para o consumo de água, houve redução da geração de esgoto coletado após hidromedicação (de 2021 para 2022). No entanto, em relação ao comparativo mensal (mês a mês) no ano de início da micromedição (2022), observa-se que há uma tendência mais clara de diminuição da geração de esgoto coletado (após cobrança por volume faturado), o que não foi percebido no volume consumido de água. Conforme discutido no item 6.2.1, após setembro, ainda houve meses que o consumo mensal de água aumentou em 2022.

Com o objetivo de possibilitar fazer outras observações sobre as variações da produção de esgoto, foi construído Box Plot do volume coletado em Ouro Preto, nos anos de 2021 e 2022 (Figura 6.4).

Figura 6.4 – Gráfico Box Plot do volume mensal de esgoto coletado em Ouro Preto, MG, em 2021 e 2022.



Fonte: Autora (2024).

De maneira similar ao que foi observado quanto à água consumida pela população, houve uma menor variação dos dados em 2021, com um menor intervalo interquartil, sendo que a mediana se apresentou mais próxima do primeiro quartil. Por outro lado, novamente verifica-se também um maior afastamento do máximo valor. Assim, a geração de esgoto foi sistematicamente maior em 2021 do que em 2022, tendo sido as medianas no valor de 263.709 e 230.123,5 m³/mês para os anos de 2021 e 2022 respectivamente, com diferenças significativas pelo teste de Wilcoxon ao nível de 5%, com menores flutuações, porém com um pico pronunciado no mês de janeiro. Em relação aos dados do ano de 2022, estes se apresentaram com uma maior variação, possuindo a mediana mais próxima do primeiro quartil, e menor discrepância para valores de máximo e mínimo.

b) Coeficiente de retorno (CR)

Há várias décadas, a relação entre o volume da água recebida pelo usuário e o de esgoto produzido, chamada de CR dos esgotos, é aceita como sendo de 80%. Na elaboração de projetos de sistema de esgotamento sanitário, na ausência de dados locais provenientes de estudos e pesquisas, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, pela NBR 9649 (ABNT, 1986), recomenda a utilização do CR de 80%.

A relação entre as duas vazões (água fornecida e esgoto coletado) no ano de 2021 fornece um resultado de CR de 0,5, enquanto no ano de 2022 o resultado foi de 0,6. Desta forma, houve uma evolução com relação ao CR e que pode estar ligado às perdas hídricas no abastecimento (a ser discutido no item 8.2.3). Entretanto, essa evolução ainda não foi suficiente para alcançar o valor citado na NBR 9649.

De acordo com von Sperling (2017), o CR pode variar de 60 a 100%, sendo típico adotar 80% ou 0,8. Horochoski et al. (2011) citam que os valores podem ser menores, tendo faixas de 50 à 90%, sendo que os menores valores correspondem a áreas rurais ou áreas residenciais com muitos jardins, enquanto que os valores mais altos são observados em centros urbanos, áreas mais densamente povoadas. Cely-Calixto et al. (2021), por exemplo, estimaram o valor em 72% na avaliação em San José de Cúcuta, Colômbia, em uma área de muitos parques (e menor impermeabilização). Por outro, Moraes et al. (2021) verificaram maiores valores de CR de um restaurante universitário, de 0,76 a 0,81, ou seja, da água de lavagem e produção de alimentos, de 76 a 81% alcançou a rede de esgotamento sanitário como água residuária.

Assim, verifica-se que há muitos fatores que podem influenciar no valor do CR, como o tempo de implementação das mudanças referentes no campo do saneamento. Espera-se que os resultados possam vir de forma gradual, sendo necessário o acompanhamento de dados em um maior período temporal. Levando em consideração que os dados utilizados foram referentes à uma diferença de tempo de apenas um ano, a evolução do valor do CR foi bastante importante, com indícios de diminuição de desperdício ou de utilização da água potável de forma mais racional com gastos reduzidos em atividades menos nobres.

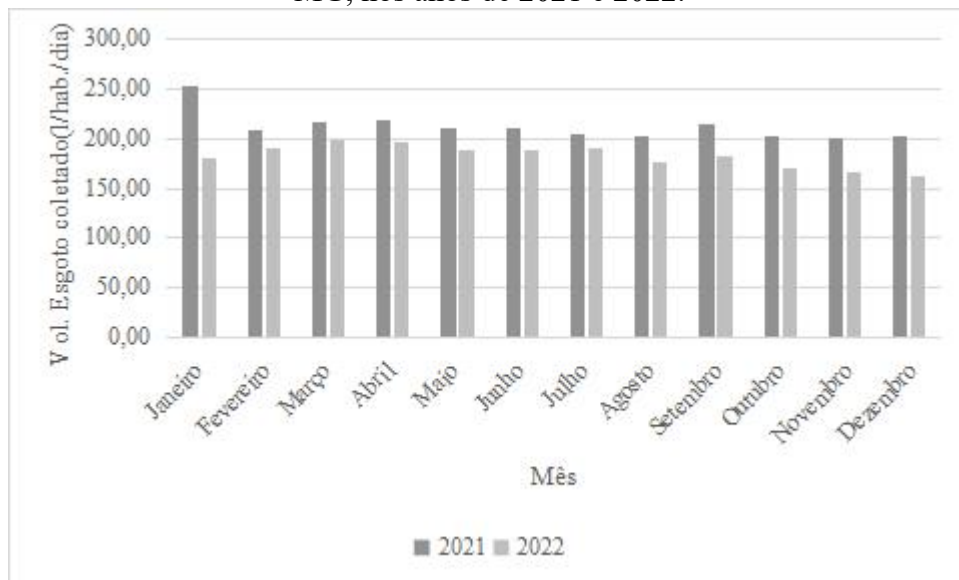
Afinal, a água utilizada que não retorna como esgoto pode ter sido empregada na rega de jardins, na lavagem de automóveis e calçadas (em localidades com menor impermeabilização das vias). Por outro lado, precisa ser considerado (na estimativa do coeficiente) se há aproveitamento ou não de águas pluviais (HOROCHOSKI et al., 2011; MORUZZI; LEÃO, 2019), além de haver também diferenças quanto à forma de medição da

água consumida e do esgoto gerado (perdas hídricas). Contando com a medição da água tratada pela concessionária no cálculo, por exemplo, há perdas na adução, o que implica em menos água que pode ser revertida em esgoto. Assim, a estimativa de CR pode ser próxima da realidade com a instalação dos hidrômetros, observado de 2021 para 2022. Ademais, pelo contexto histórico de Ouro Preto, com vias não asfaltadas, espera-se que o índice de impermeabilização seja menor do que de outras localidades, com maior oportunidade de infiltração de águas utilizadas na limpeza de áreas externas a residências. Como consequência, o valor do CR tende a não estar próximo dos limites superiores.

c) *Geração per capita de esgoto*

Na Figura 6.5, está apresentado o gráfico do volume mensal médio per capita de esgoto coletado em Ouro Preto, nos anos de 2021 e 2022.

Figura 6.5 – Gráfico mensal do volume médio de esgoto *per capita* coletado em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.



Fonte: Autora (2024).

Novamente, segue-se a mesma tendência dos meses de menor e maior geração, sendo de 201,58 (fevereiro) e 252,30 L/hab.dia (janeiro), 161,59 (março) e 199,30 L/hab.dia (dezembro), respectivamente, nos anos de 2021 e 2022. Já os valores médios do consumo per capita foram 212 e 182 L/hab.d, respectivamente, para os anos de 2021 e 2022, superiores aos convencionalmente utilizados para dimensionamentos de unidades de tratamento de esgotos, entre 100 e 160 L/pessoa.d conforme o padrão residencial (ABNT, 1997).

Para avaliar se há alguma tendência em relação ao volume de esgoto coletado ao longo dos anos, foi construída a Tabela 6.5, com dados anuais de geração de esgoto em Ouro Preto entre os anos de 2005 e 2023, tendo como fonte o SNIS séries históricas.

Tabela 6.5 - Dados anuais de geração de esgoto em Ouro Preto-MG

Ano	Concessionária responsável	População atendida (hab)	Pop. urbana atendida com tratamento de esgotos (hab)	Índice de coleta de esgotos (%)	Volume de esgoto coletado (1000 m ³)	Esgoto per capita (L/hab.d)	Coefficiente de retorno*
2022	SANEOURO	41.450	-	56,45	2.772,82	183	0,6
2021	SANEOURO	41.530	41.530	51,50	3.218,05	212	0,5
2020	SANEOURO	47.493	47.493	63,70	2.425,80	140	0,6
2019	SEMMA	-	-	-	-	-	-
2018	SEMAE	49.298	43.642	80,00	5.179,99	288	0,8
2017	SEMAE	48.902	43.246	98,56	4.989,38	280	1,0
2016	SEMAE	47.340	42.828	100,00	6.959,23	403	1,4
2015	SEMAE	47.340	42.828	52,74	5.010,63	290	0,5
2014	SEMAE	47.340	42.828	54,30	4.912,38	284	0,5
2013	SEMAE	47.124	42.632	53,92	4.824,21	280	0,5
2012	SEMAE	46.947	42.441	55,99	4.664,34	272	0,6
2011	SEMAE	46.947	42.441	82,00	6.653,30	388	0,8
2010	SEMAE	46.947	42.441	118,51	9.121,00	532	1,2
2009	SEMAE	54.302	49.977	85,71	9.047,00	456	0,9
2008	SEMAE	54.302	49.977	80,01	7.855,90	396	0,8
2007	SEMAE	54.058	49.855	80,01	6.043,00	306	0,8
2006	SEMAE	53.260	49.119	80,00	5.953,00	306	0,8
2005	SEMAE	52.933	48.817	80,00	5.953,00	308	0,8

* Calculado com base no volume de água consumida da Tabela 6.3 e do volume de esgoto coletado.

Fonte: SNIS (2024).

Com base no apresentado na Tabela 6.5, verifica-se que, assim como na análise do consumo de água, os dados não apresentam tendências e ficaram muito sujeitos à forma de medição/estimativa e da concessionária responsável. Em 2019, não há dados, em função da transição entre a autarquia municipal e a empresa privada, e há registros de valores de grande geração per capita de esgoto até 2018 (superior a 270 L/hab.d), quando frequentemente o CR foi igual ou superior à 0,8 (80%), inclusive havendo $CR > 1,0$. Segundo análise de Moruzzi e Leão (2019), essa condição pode ser observada quando há grande aproveitamento/entrada de água pluvial na rede de esgotos. Os autores inclusive fizeram estimativas de como seria o valor de CR corrigido com base nas áreas de telhado (e recolhimento de água de chuva), obtendo coeficiente entre 0,86 e 1,14. Porém, em razão da dificuldade de medição do consumo de água no período, conforme discutido anteriormente, atribuiu-se o fato ($CR > 1,0$) a problemas de estimativa.

Chegando ao ano de 2020, início da operação da SANEOURO, percebe-se os menores valores registrados de geração per capita, o que novamente poderia estar ligado à transição e mudança na forma de medição. E por fim, nos anos de 2021 e 2022, os registros se assemelham à análise feita com os dados fornecidos pela empresa, de que houve redução da geração per capita e aumento do CR.

Uma informação que também chama a atenção é a redução do número de usuários atendidos de 2020 para 2022 (inclusive com queda de 2021 para 2022), o mesmo em relação ao fornecimento de água (Tabela 6.4), segundo portal do SNIS. Porém, essa redução não é percebida nas informações repassadas pela SANEOURO, que o número de usuários atendidos como coleta de esgotos aumentou de 2021 (41.530 hab) para 2022 (41.669 hab), assim como no abastecimento de água. Essa questão precisa ser verificada, pois com a publicação do novo Marco de Saneamento, a meta é que a cobertura com índices de saneamento se eleve e não que haja diminuição. Sendo constatada a redução, os motivos precisam ser entendidos, que poderiam estar relacionados com a dificuldade de pagamento da parcela mais carente da população (necessidade de adoção de mais programas sociais) (LIBÂNIO et al, 2010; GOMES, 2020); à tendência de parte dos moradores em optar por soluções individuais (captação de água subterrânea e adoção de tratamento de esgotos descentralizado) em função do aumento dos preços pagos pelos serviços; e/ou a necessidade de revisão dos números apresentados pela empresa ou pelo município.

De acordo com Pena (2021), o contrato entre a SANEOURO e a Prefeitura Municipal de Ouro Preto limita o enquadramento na tarifa social de no máximo 5% das economias

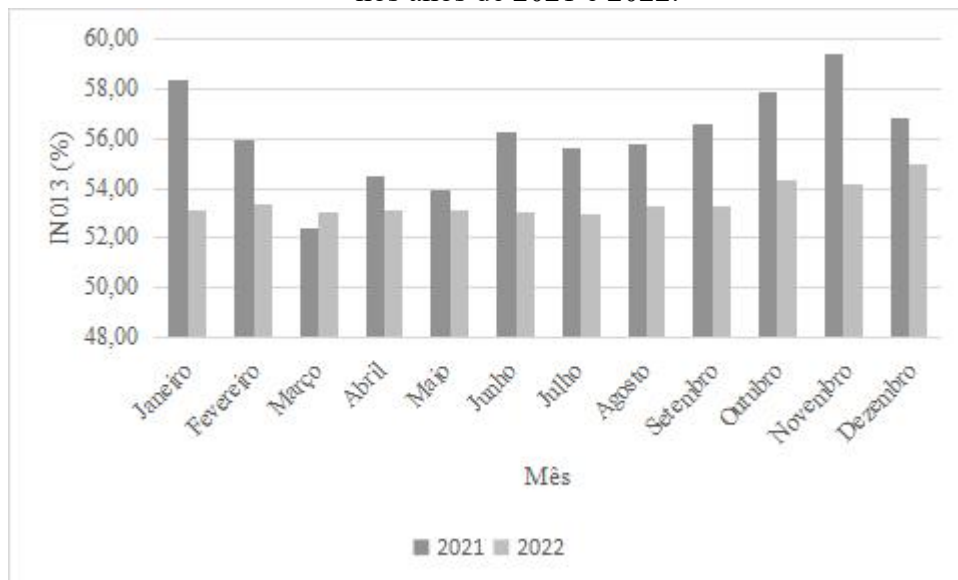
residenciais, o que representaria em torno de 1.000 residências atendidas. Dessa forma, a “capacidade de pagamento dos usuários” prevista na lei federal pode não estar sendo considerada, diminuindo o acesso aos serviços de água e esgoto da parcela mais vulnerável da população.

6.2.3. Comparação mensal dos índices de perdas de água

a) Índice de perdas no faturamento (IN013)

Com relação aos índices de perdas de água, pode-se observar na Figura 6.6, o índice de perdas de água no faturamento (IN013), nos anos de 2021 e 2022. Esse índice tem como objetivo mensurar a água produzida e não faturada.

Figura 6.6 – Gráfico mensal do índice de perdas de água no faturamento em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.



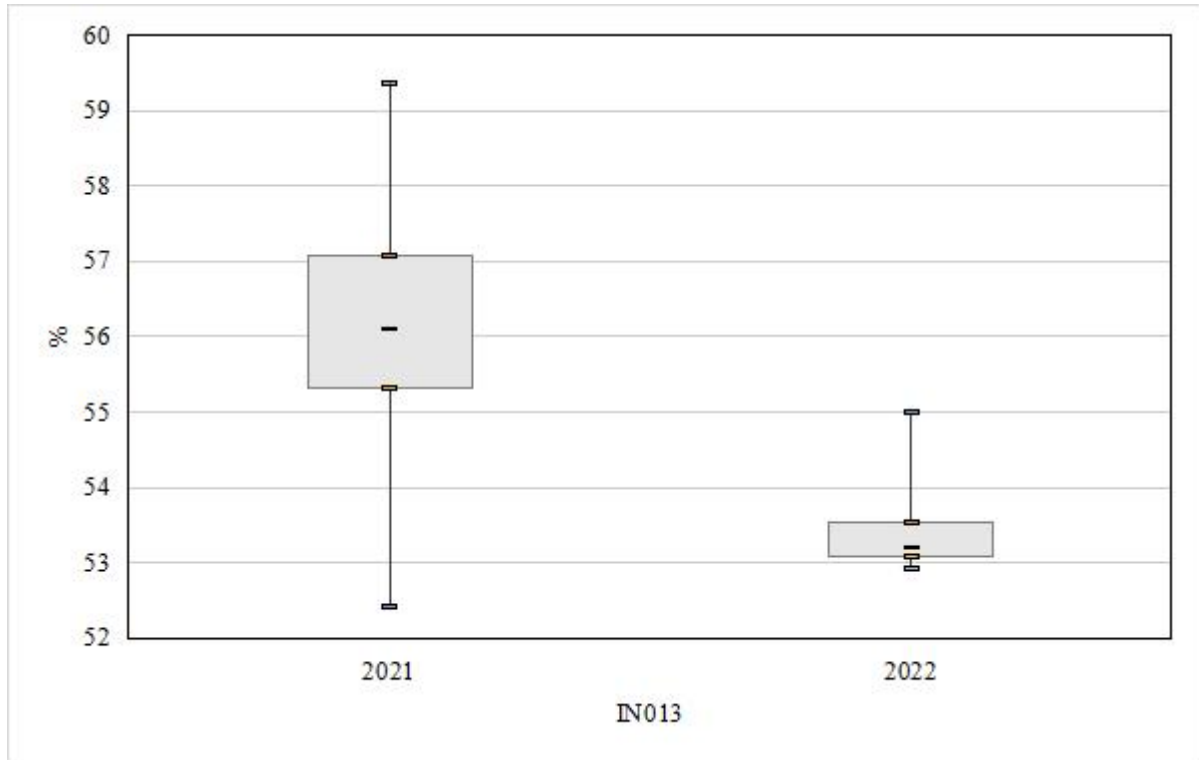
Fonte: Autora (2024).

As maiores perdas de água no faturamento se referem, de modo geral, ao ano de 2021, sendo que o mês de novembro apresentou o maior valor de perda, de 59%. Já a menor perda ocorrida no ano de 2021 ocorreu no mês de março, ficando em 52%, verificando não haver relação com os meses de maior consumo de água nesse ano (Figura 6.1).

De modo geral, as menores perdas foram registradas no ano de 2022, com maior valor no mês de dezembro (55%), e o menor em julho (53%). Verifica-se assim, que as perdas

relacionadas ao ano de 2021 tiveram maior variação ao longo do tempo quando comparadas às perdas no ano de 2022, o que pode ser também comprovado ao analisar a Figura 6.7.

Figura 6.7 – Gráfico Box Plot do índice de perdas de água no faturamento Ouro Preto, MG, em 2021 e 2022.



Fonte: Autora (2024).

O ano de 2021 apresentou um grande intervalo interquartil, representando grande variação dos dados, com menor discrepância dos valores em 2022. Como foi detectada diferença significativa entre os anos, verifica-se ter havido menores perdas de faturamento para a concessionária ou que, pelo menos, houve menores estimativas de perdas de arrecadação após instalação de hidrômetros individuais (SNSA, 2008). Autores como Scalize e Leite (2012) e Silva, Pádua e Borges (2016) verificaram diferenças nas medições de perdas de marcas e de manutenção de equipamentos de medição de consumo, porém também pode-se fazer um paralelo entre a presença ou ausência dos mesmos na aferição do índice de perdas.

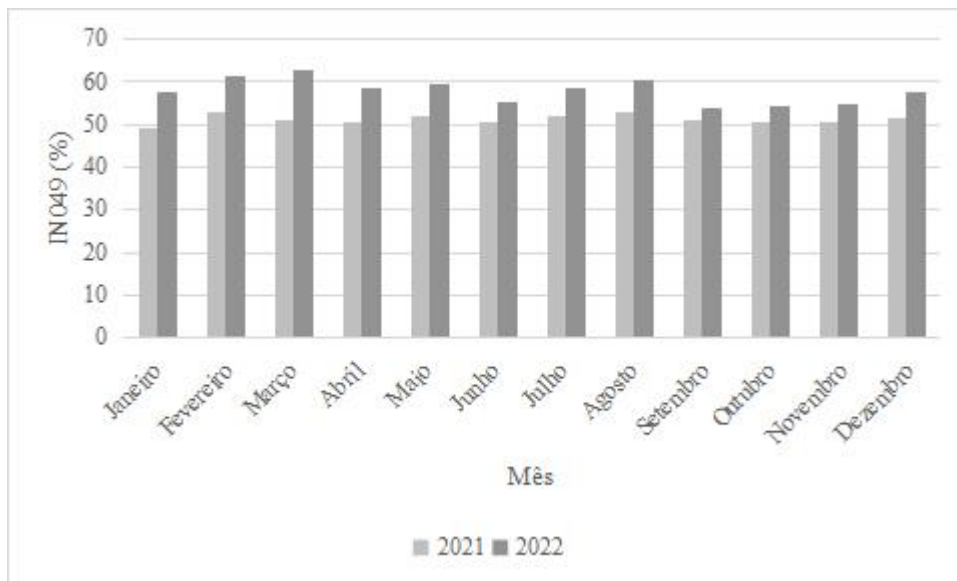
Assim, poderia se ter um panorama mais preciso dessa variável, que é um dos indicadores de qualidade da prestação de serviço de concessionárias de saneamento. Porém um fator que demonstra que não é só o valor de IN013 que ficou mais preciso é que de setembro para dezembro de 2022, quando efetivamente houve mudança na forma de cobrança,

os valores tiveram tendência de aumento. Ou seja, também pode ter havido influência da micromedidação. Dessa forma, pode-se inferir que em 2022, melhorou-se a forma de mensuração das perdas e que as perdas foram maiores nos meses de maior consumo de água (Figura 6.1).

b) Índice de perdas na distribuição (IN049)

Outro índice utilizado é o de perda mensal de água na distribuição (IN049) (Figura 6.8), para os anos de 2021 e 2022, que é uma variável de influência na perda de faturamento. Este índice apresenta uma estimativa útil para a análise do impacto das perdas na distribuição (físicas e aparentes), em relação ao volume produzido.

Figura 6.8 – Gráfico mensal do índice de perdas de água na distribuição em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.



Fonte: Autora (2024).

Com base na Figura 7.8, verifica-se que os maiores valores de perdas de água na distribuição se referem ao ano de 2022, sendo que esses valores tiveram uma variação muito pequena ao longo do ano, ficando entre 54% e 63%, referentes aos meses de setembro e março, respectivamente. Já os menores valores, que se referem ao ano de 2021, variaram ainda menos, ficando entre 49% e 53%, respectivamente, nos meses de janeiro e fevereiro, respectivamente.

Os valores médios de perdas na distribuição em Ouro Preto foram de 51% e 58%, nos anos de 2021 e de 2022, nesta ordem. Conseqüentemente, detectou-se aumento significativo (ao nível de 5% de significância pelo teste de Wilcoxon) das perdas na distribuição após início da micromedição, ou seja, se o cenário já era de preocupação antes, o município e a concessionária têm de ser ainda mais atuantes no combate das perdas.

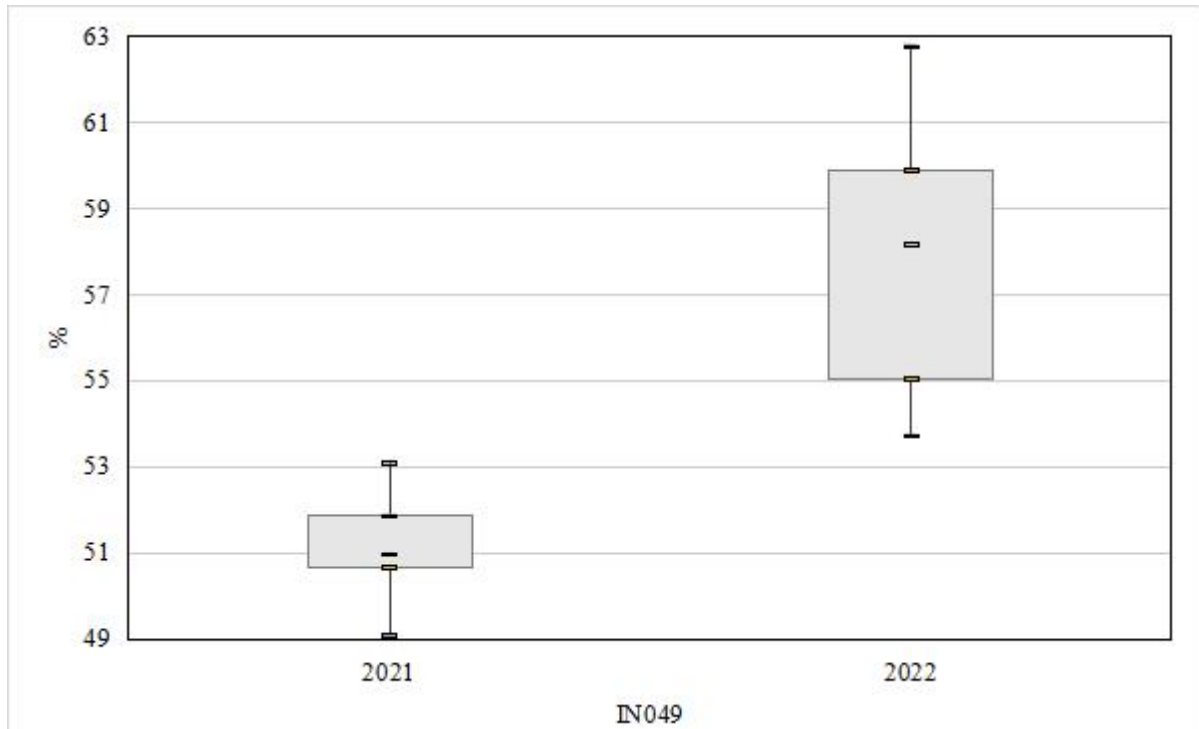
Estimativas anteriores apontavam em perdas da ordem de 50% (FONSECA et al., 2008), que já eram superiores às médias nacionais (38%) (SNIS 2021), também maiores ao que era esperado para um município mineiro e do porte populacional de Ouro Preto, valor de 31% (Quadro presente em Ana (2019)). Importante ressaltar que a comparação desse índice com outras realidades pode ser prejudicada devido aos baixos níveis de macro e micromedição de algumas empresas (GO Associados, 2022), como no caso do município de Ouro Preto. Assim, apresenta como desvantagem a dificuldade de comparação de desempenho entre diferentes sistemas, sendo fortemente influenciado pela variação do consumo.

As perdas na rede de distribuição podem ser atribuídas às perdas físicas e aparentes. Ao comparar o aumento das perdas na distribuição (IN049) com a redução das perdas no faturamento (IN013), pode-se afirmar que perdas físicas, como vazamentos na rede, devem ser melhor monitoradas e controladas pela concessionária. Sabe-se que a pressão na rede tem relação direta com as perdas na distribuição, portanto o monitoramento contínuo das pressões na rede com controle de valores reinantes dentro dos limites de 10 e 50 mca se faz de grande importância para a redução das perdas de água (HELLER; PÁDUA, 2016).

Essa elevação nas perdas da água distribuída pode refletir o fato de agora, com a presença da micromedição, haver melhor precisão na estimativa dos valores, conforme detectado por Fonseca *et al.* (2015). Os autores verificaram que os serviços de abastecimento de água com tarifas maiores ou iguais a R\$ 0,50 tendem a apresentar maiores perdas no sistema de distribuição do que os serviços que não tarifam ou tarifam o acesso à água com valores simbólicos, o que é justificado pelo fato de que os prestadores de serviços com nenhuma ou baixa tarifação não apresentarem dados confiáveis de medições das perdas na distribuição (FONSECA, *et al.*, 2015).

Na Figura 6.9, é possível observar o gráfico Box Plot do índice de perdas de água na distribuição em Ouro Preto, nos anos de 2021 e 2022. Verifica-se a grande variação dos dados em 2022, com importantes discrepâncias dos valores centrais para os quartis e para o máximo valor.

Figura 6.9 – Gráfico Box Plot do índice de perdas de água na distribuição Ouro Preto, MG, em 2021 e 2022.

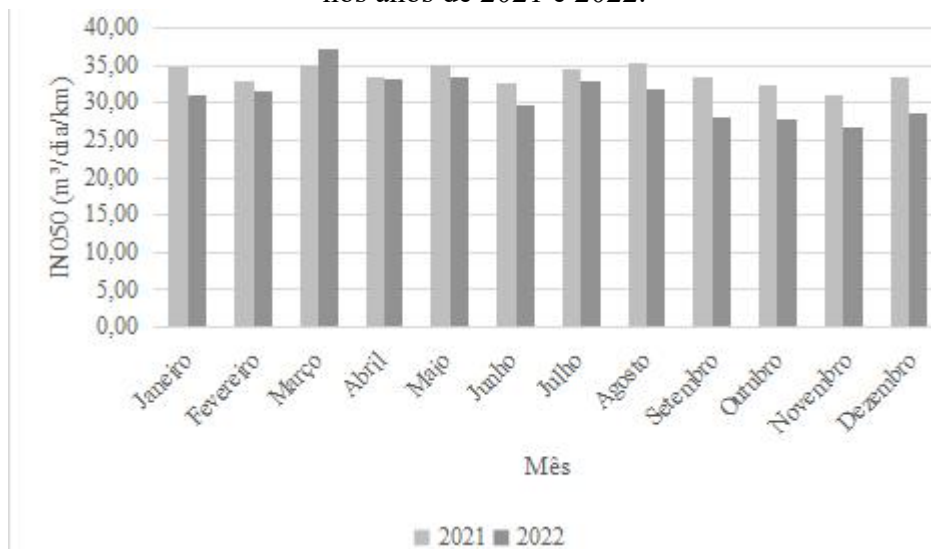


Fonte: Autora (2024).

c) *Índice de perdas lineares (IN050)*

Com relação ao índice bruto de perdas lineares de água (IN050), os valores mensais dos anos de 2021 e 2022 estão presentes na Figura 6.10.

Figura 6.10 – Gráfico mensal do índice bruto de perdas lineares de água em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.

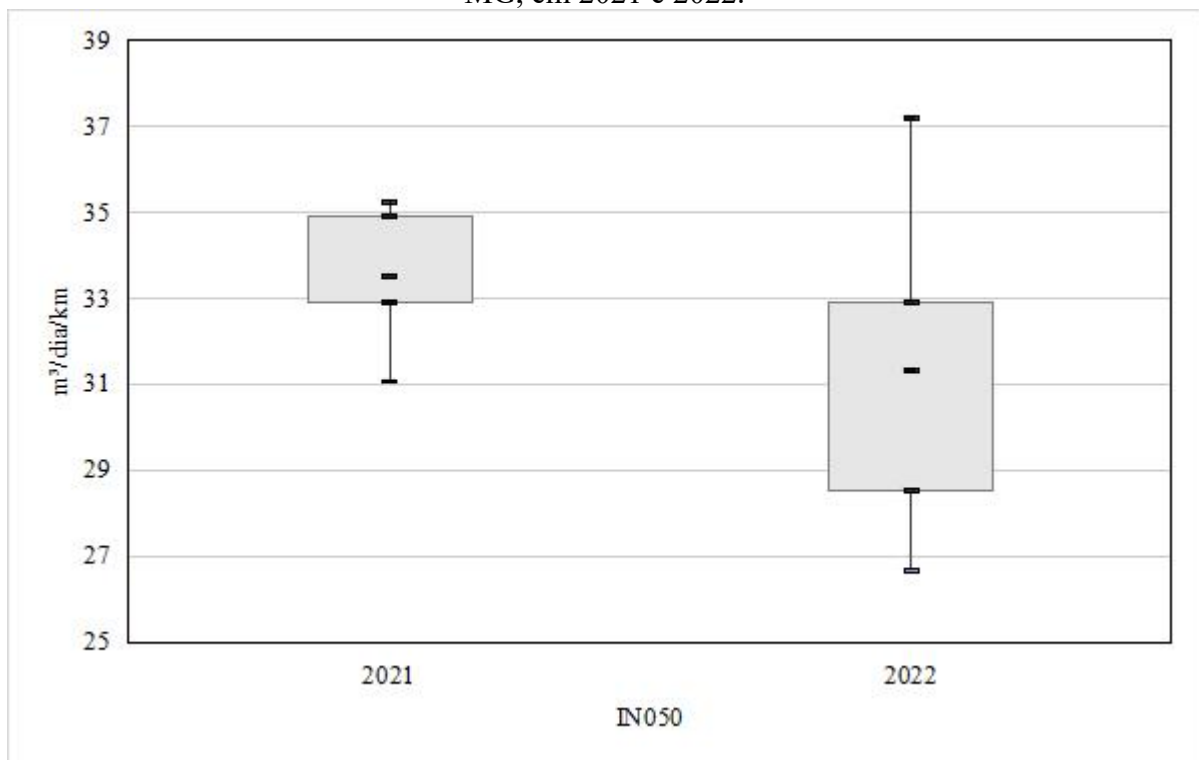


Fonte: Autora (2024).

Com base nos dados do gráfico da Figura 6.10, pode-se observar que apesar dos valores de índice de perdas na distribuição terem sido maiores em 2022, na avaliação das perdas lineares, ocorreu o contrário, havendo uma sutil redução, porém significativa, após o início da micromedição.

Verifica-se ainda um pico de valor 37,19 m³/km.d, que se refere ao mês de março de 2022, com menor valor em novembro (26,67 m³/km.d), enquanto que no ano de 2021, os valores variaram entre 31,06 e 35,18 m³/km.d, sendo esses valores referentes, respectivamente, aos meses de novembro e maio. Ou seja, maiores variações no ano da micromedição, como demonstrado na Figura 6.11, do gráfico Box Plot.

Figura 6.11 – Gráfico Box Plot do índice bruto de perdas lineares de água em Ouro Preto, MG, em 2021 e 2022.



Fonte: Autora (2024).

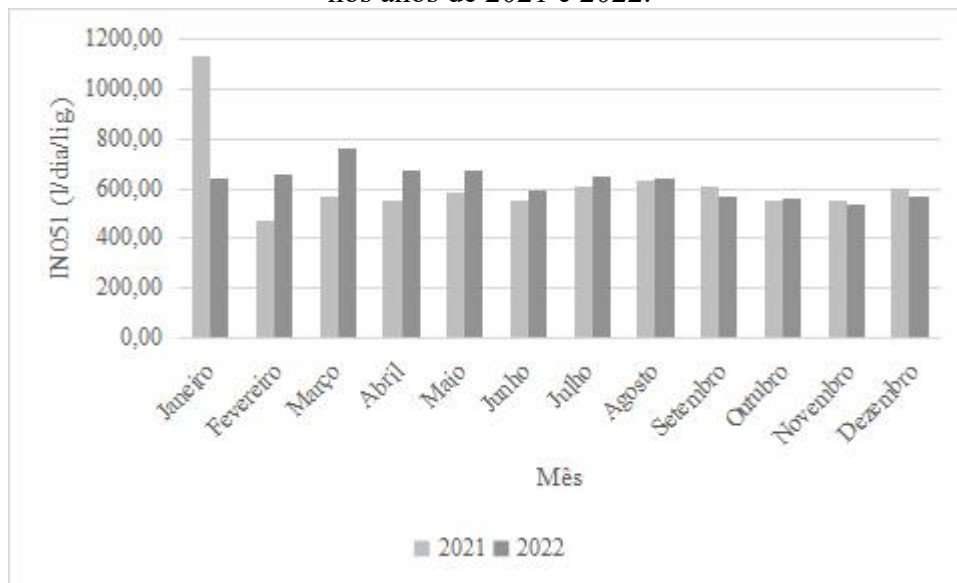
A justificativa das diferenças entre os resultados dos índices IN049 e IN050 está no fato de que as perdas registradas, após mudança na forma de mensuração, foram maiores em 2022, no entanto, a extensão da rede também se elevou, com base em informações do SNIS. Essa passou de 485,58 km para 502,71 km de um ano para o outro, o que implica em aumento do denominador no cálculo do IN050.

Entretanto, conforme Alegre et al. (2004), esse indicador é recomendado apenas para sistemas que possuem um número inferior a 20lig/km, apresentando valores altos quando há uma ocupação urbana muito elevada, e considerando que Ouro Preto possui cerca de 89,2 lig/km, este índice não é ideal para caracterização do SAA do município em questão.

d) *Índice de perdas de água por ligação (IN051)*

Na Figura 6.12, está apresentado o gráfico referente aos valores mensais de índice de perdas de água por ligação (IN051), nos anos de 2021 e 2022. O objetivo deste índice é o de avaliar o nível de perdas da água efetivamente consumida em termos unitários. Este indicador, é mais preciso que o percentual (IN049), sendo recomendado quando a densidade de ligações for superior a 20 lig/km de rede (ALBUQUERQUE *et al.*, 2019).

Figura 6.12 – Gráfico mensal do índice de perdas de água por ligação em Ouro Preto, MG, nos anos de 2021 e 2022.



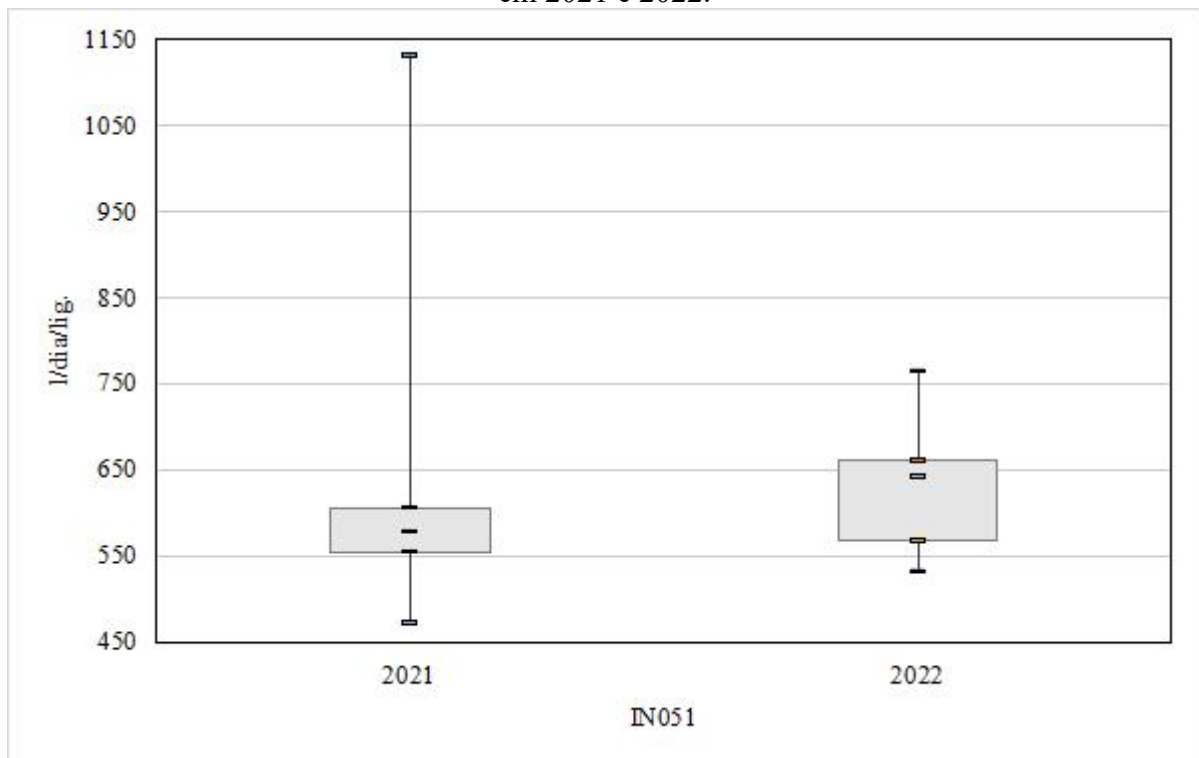
Fonte: Autora (2024).

Verifica-se que de janeiro a junho dos anos de 2021 e 2022, a variação mês a mês foi mais perceptível do que a variação que ocorreu entre os últimos seis meses do ano, o que resultou em diferenças não significativas entre um ano e outro (teste de Wilcoxon). Em janeiro de 2021 tem-se um valor extremamente destoante, com um pico de 1.131,81 L/lig.dia. De fevereiro a dezembro de 2021, entretanto, os valores variam entre 473,13 L/lig.dia e 632,74 L/lig.d., sendo esses valores referentes aos meses de fevereiro e agosto,

respectivamente. Já de janeiro a dezembro de 2022, os valores variaram entre 532,51 e 765,02 L/lig.d, sendo esses valores referentes aos meses de novembro e março, respectivamente.

Em razão do grande valor registrado em janeiro de 2021, esse se destacou no Box Plot da Figura 6.13, no entanto, as variações entre os valores centrais e os quartis foram menores nesse ano do que em 2022.

Figura 6.13 – Gráfico Box Plot do índice de perdas de água por ligação em Ouro Preto, MG, em 2021 e 2022.



Fonte: Autora (2024).

As perdas na distribuição (IN049) foram maiores em 2022, porém no índice calculado por km de extensão de rede (IN050), o valor foi menor no mesmo ano, enquanto não houve diferenças significativas nas perdas por número de ligação (IN051) entre um ano e outro. Consultando as informações da concessionária, verifica-se que o número de ligações ativas era de 24.509 em 2021 e passou para 25.359 em 2022, contrastando com a redução do número de usuários informada no portal do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Como não houve diferença estatística significativa quando se comparou os dados, verifica-se que os valores, e os comportamentos ao longo de 2021 e de 2022, foram praticamente iguais.

Novamente, para investigar se há alguma tendência para os índices de perdas discutidos, compilou-se dados entre os anos de 2005 e 2023 para o município de Ouro Preto (Tabela 6.6).

Tabela 6.6 - Dados anuais de índices de perdas de água em Ouro Preto-MG

Ano	Concessionária responsável	Índice de perdas na distribuição (IN049) (%)	Índice bruto de perdas lineares (IN050) (m ³ /km.d)	Índice de perdas por ligação (IN051) (L/lig.d)
2023	SANEOURO			
2022	SANEOURO	54,69	32,87	651,35
2021	SANEOURO	51,38	37,48	697,77
2020	SANEOURO	50,00	21,74	381,53
2019	SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE	-	-	-
2018	SEMAE	41,27	23,37	512,45
2017	SEMAE	51,00	27,26	599,14
2016	SEMAE	50,00	26,06	575,78
2015	SEMAE	42,32	36,77	809,81
2014	SEMAE	44,83	39,35	855,76
2013	SEMAE	36,66	28,87	601,10
2012	SEMAE	40,00	32,46	635,44
2011	SEMAE	40,00	31,94	678,39
2010	SEMAE	34,83	48,06	494,2
2009	SEMAE	26,31	35,42	429,79
2008	SEMAE	-0,85	-0,45	-11,79
2007	SEMAE	21,52	12,94	342,18
2006	SEMAE	22,69	13,91	366,01
2005	SEMAE	22,69	14,07	367,69

Fonte: SNIS (2024).

Nota-se que, de acordo com os dados da Tabela 6.6, alguns valores anteriores à micromedição são extremamente discrepantes uns dos outros, e que, quando comparando os últimos quatro anos, os dados de índice bruto de perdas lineares e de índice de perdas por

ligação decaíram, enquanto que os dados de perdas na distribuição obtiveram um aumento. Inclusive há perdas negativas registradas no ano de 2008. Assim, considera-se que as informações existentes antes do início da micromedição não são muito confiáveis, quando era cobrada uma tarifa única (FONSECA *et al.*, 2015), sendo os registros informados por Fonseca *et al.* (2008), podem estar mais próximos da realidade (50,0% de perda na distribuição).

Desta forma, não é possível avaliar se a qualidade do serviço (em termos de índices de perdas) piorou de 2005 até 2022, com a substituição de uma autarquia municipal por uma empresa privada, ao contrário de avaliações que foram feitas em estudos de Viana *et al.* (2021), Turini *et al.* (2023) e Raid *et al.* (2022). Inclusive, com início da micromedição, com análise dos índices apresentados, verifica-se uma tendência de melhoria na estimativa das perdas e ligeira evolução na prestação do serviço (aumento do número de ligações e na extensão de redes - sem aumentar as perdas por km e número). Além disso, a instalação de hidrômetros e mudança na forma de cobrança pelo consumo de água também resultou em economia de água e menor produção de esgotos.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos com o desenvolvimento do trabalho, verificou-se que com a implementação da micromedição (do ano de 2021 para 2022) houve:

- Redução significativa do consumo per capita de água;
- Redução significativa do volume per capita de esgoto coletado;
- Aumento do coeficiente de retorno, que relaciona o volume de água utilizado e o de esgoto que adentra a rede coletora;
- Aumento significativo na medição das perdas por distribuição, porém redução nas perdas lineares e por faturamento, e ausência de diferença das perdas por ligações ativas;
- Aumento dos valores cobrados à população pela prestação de serviços.

Em relação às recomendações, sugere-se:

- Dar prosseguimento com a avaliação, para os anos de 2023 e 2024, já que mudanças no setor de saneamento tendem a ser graduais;

- Investigar as diferenças entre os valores divulgados no portal do SNIS e os fornecidos pela concessionária, que podem influenciar no cenário de evolução do saneamento;
- Avaliar as mudanças no novo Plano Municipal de Saneamento Básico, esse em andamento durante a elaboração do presente trabalho, na conjuntura da micromedição, do novo Marco de Saneamento e da necessidade de economia de água.

Capítulo 3 - Percepção da população de Ouro Preto-MG sobre o início da micromedição e a qualidade do serviço de fornecimento de água no município.

RESUMO: A água é um recurso essencial, porém finito e sujeito à escassez devido ao aumento da demanda e da contaminação. Assim, medidas de conservação, como reúso e diminuição de desperdícios, são necessárias para reduzir o consumo, sendo que a eficácia dessas depende das tarifas cobradas, forma de medição do consumo, fatores socioeconômicos e conscientização ambiental. Atribuir valor à água é uma tarefa complexa e motivo de grande polêmica. Para avaliar o valor considerado justo pela população, pode-se empregar ferramentas como o Método de Valoração Contingente (MVC). Dessa forma, com a realização do presente trabalho, objetivou-se avaliar a percepção da população com relação à mudança da forma de cobrança em Ouro Preto-MG, com a instalação de hidrômetros, início da micromedição e tarifas atribuídas por metros cúbicos de água consumida. Para alcançar o escopo do estudo, aplicou-se um questionário para coleta de informações socioeconômicas, avaliação da qualidade do serviço prestado, além de questões sobre a redução do consumo e do valor que deveria ser cobrado pelo uso do recurso hídrico (de acordo com a opinião dos entrevistados). Com base nas respostas obtidas, verificou-se que o consumo reduziu após hidrometração; que não houve influência perceptível de características como escolaridade, renda e características do imóvel; que o valor médio considerado justo por m³ (R\$ 4,93) é maior do que cobrado nas cidades sugeridas como modelo de cobrança e praticados pela concessionária atual, que possui tarifas mais onerosas para faixas maiores de consumo. Ressalta-se, no entanto, que as respostas obtidas podem não refletir a opinião da população ouropretana, em razão do reduzido número de respostas obtidas (22), e características socioeconômicas médias distintas da encontrada no município. Características do município (número de distritos, cidade histórica e tubulações antigas) poderiam justificar os preços mais elevados, porém uma revisão pode ser feita em consulta e participação da população.

Palavras-chave: Conscientização ambiental; Micromedição; Tarifas; Método de Valoração Contingente; Questionário.

8. INTRODUÇÃO

A água é um recurso finito, renovável, essencial e de grande valor econômico e social. Dada à sua importância, atribuir valor a esse bem não é simples. A água é indispensável para distintos usos, como consuntivos (que retiram água do manancial para sua destinação), que incluem a retirada para a irrigação, a utilização na indústria e o abastecimento humano; e não consuntivos, como para o lazer, a pesca e a navegação por exemplo. As demandas para as diversas finalidades têm aumentado com grande velocidade dado ao crescimento populacional e do consumo para uso doméstico e para produção de alimentos, bens e serviços, entre outros (ANA, 2019).

Porém, por não haver distribuição temporal e espacialmente homogênea do recurso, também tem aumentado a escassez e os conflitos por uso da água, intensificados pela contaminação de mananciais e mau uso e ocupação do solo (ANJA, 2018). Assim, no planeta, encontram-se localidades com escassez quantitativa e/ou qualitativa, com restrições de uso por baixa disponibilidade e/ou inviabilidade econômica de captação e fornecimento aos usuários (ELBAEK, 2021). Estudos apontam que atualmente cerca de um bilhão e 200 milhões de pessoas no mundo (35% da população mundial) não têm acesso a água potável, ao mesmo tempo, para aqueles que têm acesso, tem ocorrido um encarecimento do serviço prestado (CETESB, 2023).

Dessa forma, torna-se urgente a adoção de medidas que possibilitem reduzir o consumo e a demanda de água nos mais diferentes usos. Pode-se citar como práticas benéficas, o reúso de água industrial; a substituição do processo de beneficiamento de minério para o método “via seca”; o aproveitamento de água da chuva; a preferência por métodos de irrigação localizada; mudanças na concepção de projetos (para mais sustentáveis); a realização de campanhas de conscientização e conhecimento, dentre outras medidas (WU *et al.*, 2020; KANDANANOND, 2019; SILVA, *et al.*, 2020).

Ainda que o uso para abastecimento doméstico urbano não seja o principal consumidor de água no Brasil, demandando cerca de 22,6% de toda a utilização dos recursos hídricos contra 53,7% no setor agrícola e 8,8% no setor industrial, a economia do uso no dia a dia da população pode ter importante reflexo na disponibilidade hídrica (SNIS, 2021). Como medidas para reduzir a utilização residencial de água, elenca-se cronometrar o tempo de banho; realizar o fechamento das torneiras ao escovar os dentes e ensaboar as louças; limitar o uso da máquina de lavar roupas e reutilizar a água para lavar calçadas e quintais; promover a

captação de água da chuva; realizar a utilização de equipamentos modernos que consomem menos água; fazer manutenções nas tubulações e promover a correção dos vazamentos; utilizar de válvulas de descarga de duplo acionamento, entre outros (XIN, *et al.*, 2015; MANZANO *et al.*, 2013; SCHUETZE *et al.*, 2013). E para que haja efetividade da redução da água demandada, é importante que haja conscientização dos cidadãos, por meio da educação ambiental e/ou pressão no bolso.

Autores apontam que fatores socioeconômicos como idade, nível de escolaridade, renda, forma de medição do consumo e o preço da tarifa cobrada pela concessionária de saneamento são alguns dos fatores que podem interferir no consumo de água e na conscientização do uso racional desse recurso (LIPTON *et al.*, 1995; CARSON, 2012; ALENCAR FILHO *et al.*, 2013; SOUZA, 2021). A micromedição, ou seja, a instalação de hidrômetros de medição do consumo individual, por exemplo, já foi comprovada como medida efetiva na diminuição da demanda de água, como pode ser constatado nos estudos de diversos autores como Souza *et al.* (2023), Paul *et al.*, (2021), Mendes *et al.*, (2015), Sá (2007), Tamaki *et al.* (2004) e Lima *et al.* (2016).

Por outro lado, deve-se haver grande cuidado com o valor praticado pela concessionária, já que esse pode ser um fator segregador, reduzindo o acesso para comunidades mais carentes (GOMES, 2020; Billings *et al.*, 1987; Andrade *et al.*, 1995 SILVA *et al.*, 2020b; SILVA; CARNIEL, 2022). Assim, na definição do preço cobrado pelo uso da água, é preciso que se leve em conta a qualidade do serviço prestado, a equidade social, a sustentabilidade financeira dos serviços de abastecimento de água e a conservação dos recursos hídricos, havendo fiscalização por parte das agências reguladoras (ARAÚJO; BERTUSSI, 2018).

Neste contexto, na avaliação da percepção da população da adequabilidade da tarifa de uso da água, pode-se empregar os conceitos da valoração ambiental, que é um campo de estudo que busca atribuir um valor monetário aos bens e serviços ambientais, como a água, o ar limpo e a biodiversidade. E uma das ferramentas mais utilizadas no processo é o Método de Valoração Contingente (MVC) (FARIA *et al.*, 1998), que consiste na aplicação de questionários para avaliação do quanto os entrevistados estariam dispostos a pagar (DAP – Disposição a pagar). Também é necessário obter informações socioeconômicas dos entrevistados, pois pode haver influência de fatores como a renda, a educação, idade e o grau de envolvimento das pessoas com a questão ambiental nas respostas fornecidas (LIPTON *et al.*, 1995; CARSON, 2012; ALENCAR FILHO *et al.*, 2013; SOUZA, 2021).

Mota *et al.* (2010), por exemplo, aplicaram o MVC para valorar o abastecimento de água no Distrito Federal, com valores que os consumidores concordavam pagar a mais por m³ do recurso utilizado na residência, para melhoria da prestação de serviço. Os valores ficaram entre 2 e 6 centavos, variando entre as cidades avaliadas. Dessa forma, pode ser uma avaliação que possibilite ajudar na interlocução entre o usuário do serviço e a concessionária, auxiliando a alcançar um preço justo para ambas as partes. Ao mesmo tempo, a avaliação da percepção da população sobre medidas tomadas para redução do consumo de água pode facilitar na definição dos procedimentos a serem tomadas pela municipalidade e prestadora de serviços. Podendo, por exemplo, investir em melhoria dos serviços prestados, educação ambiental e divulgação dos resultados alcançados.

Em Ouro Preto-MG, não havia hidrometração até 2020, com cobrança de taxas fixas para a população, o que resultava em grande consumo per capita, estimado entre 450 e 500 L/hab.dia (FONSECA *et al.*, 2008), bem acima dos valores para uma cidade com população entre 50.000 a 250.000 habitantes, de 120 a 220 L/hab.d (VERCELLI, 2011) e com perdas acima da média. Consequentemente, esse cenário contribuiu para eventos de racionamento de água no município, tornando-se urgente a adoção de medidas de melhoria no serviço de abastecimento de água.

Com a troca da empresa do setor saneamento (de uma autarquia municipal para uma empresa privada), iniciou-se, então, em janeiro de 2022, a instalação de hidrômetros para a realização da micromedição. A cobrança proporcional ao consumo, por sua vez, foi praticada a partir de outubro de 2022 (SANEOURO, 2023). No capítulo anterior, verificou-se que a medida resultou em redução significativa do consumo em 22%, de 2021 (antes) para 2022 (após início da micromedição), porém é preciso observar a compreensão da população da importância da medida, além da aceitação dos usuários quanto ao preço cobrado, usando o MVC. Afinal, para que uma medida passe a ser efetiva a longo prazo, é preciso que haja conscientização e colaboração da população.

Assim, com a realização da pesquisa, objetivou-se avaliar a percepção da população a respeito da instalação de hidrômetros residenciais e da qualidade do serviço de abastecimento de água prestado no município de Ouro Preto.

9. MATERIAL E MÉTODOS

9.1. Área de estudo

A cidade de Ouro Preto se localiza na região Central de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas 20° 23' 28'' Sul e 43° 30' 20'' Oeste, e possui uma população de 74.821 habitantes, se estendendo por 1.245,9 km², com a presença de doze distritos, sendo eles: Amarantina, Antônio Pereira, Cachoeira do Campo, Engenheiro Correia, Glaura, Lavras Novas, Miguel Burnier, Santa Rita de Ouro Preto, Santo Antônio do Leite, Santo Antônio do Salto, São Bartolomeu e Rodrigo Silva, segundo dados do IBGE (2022). Apresenta clima quente temperado com temperatura média de 18.4°C e pluviosidade média anual de 1.804 mm (IBGE, 2022; CLIMATE-DATA, 2022).

O abastecimento de água na cidade de Ouro Preto é feito principalmente utilizando fontes dos mananciais superficiais, com sucção e adução de cursos d'água como o Rio Nossa Senhora do Carmo, os Córregos do Funil, do Riacho, Maracujá, Água Suja, Varjada, Passa Dez, Tripuí, como também de sistemas de poços e de captação em diversas nascentes (PMSB OURO PRETO, 2013). É relevante ainda citar que há precariedade do abastecimento e elevados níveis das perdas físicas no SAA do município, sendo expressivos os problemas com vazamentos na rede de distribuição.

9.2. Fornecimento de água

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2021), a população abastecida com água tratada no Município em 2021 era de 65.196 habitantes (entre zona urbana - 63.331 hab. - e rural - 1.865 hab.), sendo que o volume de água micromedido foi igual a 4.577.980 m³. A quantidade de ligações ativas de água micromedidas era de 18.438, cerca de 75% da quantidade total (24.509), chegando a 90% em 2022 (REAL FM, 2022). Já a extensão da rede de água, citada no relatório, é de 485,58 km. Em 2022, segundo informações do mesmo portal, a população com ligações ativas foi de 63.392 habitantes, uma redução de 2,8%. O sistema de abastecimento de água conta com 65 pontos de captação, sendo que 29 deles se referem à captação de água superficial como em córregos e rios, 14 se referem à pontos de captação em nascentes e 22 são relativos à pontos de captação subterrânea em poços tubulares profundos. Ainda, segundo o documento do plano

municipal, seis estações de tratamento de água convencionais operam na cidade, com etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção da água, tratando vazões que variam entre 18 a 60 L/s (PMSB, 2013). A água tratada atende a zona urbana e rural, e distintos setores e atividades. Em Ouro Preto, o panorama de retirada de água para usos setoriais é de 80,9% de consumo para mineração, 10,0% para abastecimento urbano, 3,2% para irrigação, 2,7% para abastecimento rural, 2,5% para dessedentação animal (ANA, 2021).

Em relação ao esgotamento sanitário, o portal do SNIS Séries Históricas traz que em 2021, 41.530 habitantes eram atendidos com serviços (coleta, em sua grande maioria), enquanto que em 2022, o número foi menor, de 41.450 habitantes. Quanto aos índices de coleta e tratamento de esgotos, em 2021, respectivamente, eram de 51,5 e 1,12%, e na mesma ordem, de 56,4 e 1,06% em 2022 (SNIS, 2022).

Importante também citar o histórico do saneamento em Ouro Preto-MG, já que as mudanças na gestão são parte importante no contexto e podem impactar nos resultados observados. De 2005 à 2019, os serviços de água e esgotamento sanitário eram realizados pela empresa SEMAE (Serviço Municipal de Água e Esgoto de Ouro Preto), autarquia municipal criada pela Lei Municipal nº 13, de 24 de fevereiro de 2005 (PMSB OURO PRETO, 2013). Entre a saída da SEMAE e a concessão à SANEOURO em janeiro de 2020, empresa privada, a Secretaria de Meio Ambiente do município (SEMMA) é que ficou responsável pela gestão do saneamento. Em novembro de 2020, então, teve início a instalação dos hidrômetros, que daria pontapé inicial à micromedição, tendo, no entanto, a individualização do consumo somente começado em junho de 2022, enquanto que a cobrança pelo efetivo consumo iniciou no mês de outubro de 2022.

Quanto aos valores pagos, em 2010, foi implantada pela SEMAE, a Tarifa Operacional Básica (TBO), que se resumia em um valor fixo cobrado dos consumidores mensalmente pela disponibilização dos serviços de água e esgoto, independente do volume de uso. A TBO ficou em vigência até 2020, com valores que ficaram na faixa de R\$ 22,00-27,00 (PEREIRA, 2018; BASTOS et al., 2022). Já a SANEOURO, de acordo com a atualização tarifária estabelecida em janeiro de 2024, tem-se os valores médios cobrados apresentados na Tabela 9.1.

Tabela 9.1. - Tarifas médias calculadas por categoria pela SANEOURO

Categoria	Água (R\$/m ³)	EDC (R\$/m ³)	EDT (R\$/m ³)
Residencial social	7,12	2,66	6,77
Residência normal	9,84	3,68	9,35
Comercial	12,09	4,56	11,48
Industrial	12,09	4,56	11,48
Pública	11,47	4,34	10,88
Pública filantrópica	7,81	2,95	7,42

Sendo, EDC, os valores do Esgoto Dinâmico Coletado (EDC), e EDT, o Esgoto Dinâmico Tratado (EDT). OBS.: *Os valores informados foram calculados somando todos os valores em caixa faixa e dividindo pelo número de intervalos de consumo, não considerando no cálculo os valores de tarifa fixa.*

Fonte: Autora (2024).

9.3. Aplicação de questionário

Para obter as informações necessárias, foi confeccionado um questionário com o auxílio da ferramenta Google Forms, sendo esse aplicado na comunidade de Ouro Preto (o modelo está apresentado no Anexo I). O formulário foi dividido em várias seções contendo questões socioeconômicas como gênero, idade, renda, educação; questões sobre medidas de redução de consumo; questões sobre a percepção da micromedição em Ouro Preto; questões de justiça sobre a cobrança da água; questões sobre os benefícios da micromedição; questões sobre a satisfação com o serviço prestado e sugestões. Dessa forma, espera-se inferir se há influência de fatores como nível de instrução, salário e idade no entendimento das medidas tomadas (instalação da micromedição) e também no valor disposto a pagar por esse serviço.

O formulário foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (COEP) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) (Projeto de Pesquisa Referência CAAE 74814323.3.0000.5148 da Plataforma Brasil e aprovado em 27/10/2023, número do Parecer: 6.468.460), e, logo após a aprovação, foi divulgado em mídias sociais e por e-mail para a população ouropretana, com o auxílio de docentes e das Pró-Reitorias de Graduação e Pós-Graduação da UFOP, para a propagação para a comunidade acadêmica da instituição, e ajuda da mídia local, para maior alcance entre a população em geral. Houve divulgação do Jornal Galilé, e da Rádio Real FM, que fizeram uma matéria sobre o trabalho em questão,

promovendo assim o questionário para que os seus leitores e ouvintes pudessem colaborar com a pesquisa.

Em função das características da pesquisa realizada, os entrevistados participantes não foram identificados, ou seja, ficaram anônimos na pesquisa. Assim, procurou-se minimizar impactos sociais da pesquisa e deixar os usuários do serviço de água do município à vontade para deixar suas opiniões sobre um assunto de grande polêmica em Ouro Preto, que é a mudança da forma de cobrança pelo fornecimento de água e coleta de esgotos. Do período de outubro a dezembro de 2023, obteve-se retorno somente de vinte e duas (22) respostas.

As respostas obtidas então foram analisadas em gráficos de setor para entendimento de como fatores de formação educacional, renda, idade, sexo, entre outros influenciam nas respostas e na percepção da importância da micromedição como mecanismo de gestão ambiental no município e de como avaliam o serviço prestado.

O formulário também foi utilizado para a avaliação da precificação do fornecimento de água, ou seja, o uso do MVC para quantificar o valor da água que chega à população. Para se realizar a avaliação da DAP, o formato mais indicado para a estrutura das questões a serem aplicadas através do formulário é o de lances livres, também chamado de *open-ended*. O formato em questão se caracteriza pelo fato de as perguntas serem feitas sem restrições, como por exemplo: “Quanto você estaria disposto a pagar?”. A pergunta nesse formato produz uma variável contínua de lances, sendo que o valor da DAP pode ser estimado pela sua média (COSTA *et al.*, 2015).

Caso seja verificado que as preferências dos indivíduos entrevistados não são aleatórias, porém que variam sistematicamente, sendo condicionadas à determinadas características socioeconômicas, então as informações coletadas sobre a população podem ser utilizadas para se prever a DAP agregada por bens e serviços avaliados (MATTOS *et al.*, 2004).

Para as análises realizadas, utilizou-se do software Excel, com a construção de gráficos de barras, cálculos de médias, máximos e mínimos, e inferência sobre as características socioeconômicas que poderiam ter influenciado nas respostas. Ademais, fez-se a análise de correlação de Spearman entre os valores de consumo, valor pago e consumo per capita calculado (com base nas respostas de consumo e número de moradores e consideração de trinta dias de uso mensal de água) e regressão linear entre as variáveis, visando investigar se após a micromedição houve a apresentação de uma relação mais clara entre valor pago e consumo, utilizando o Excel e o software Statistica.

10. RESULTADOS E DISCUSSÃO

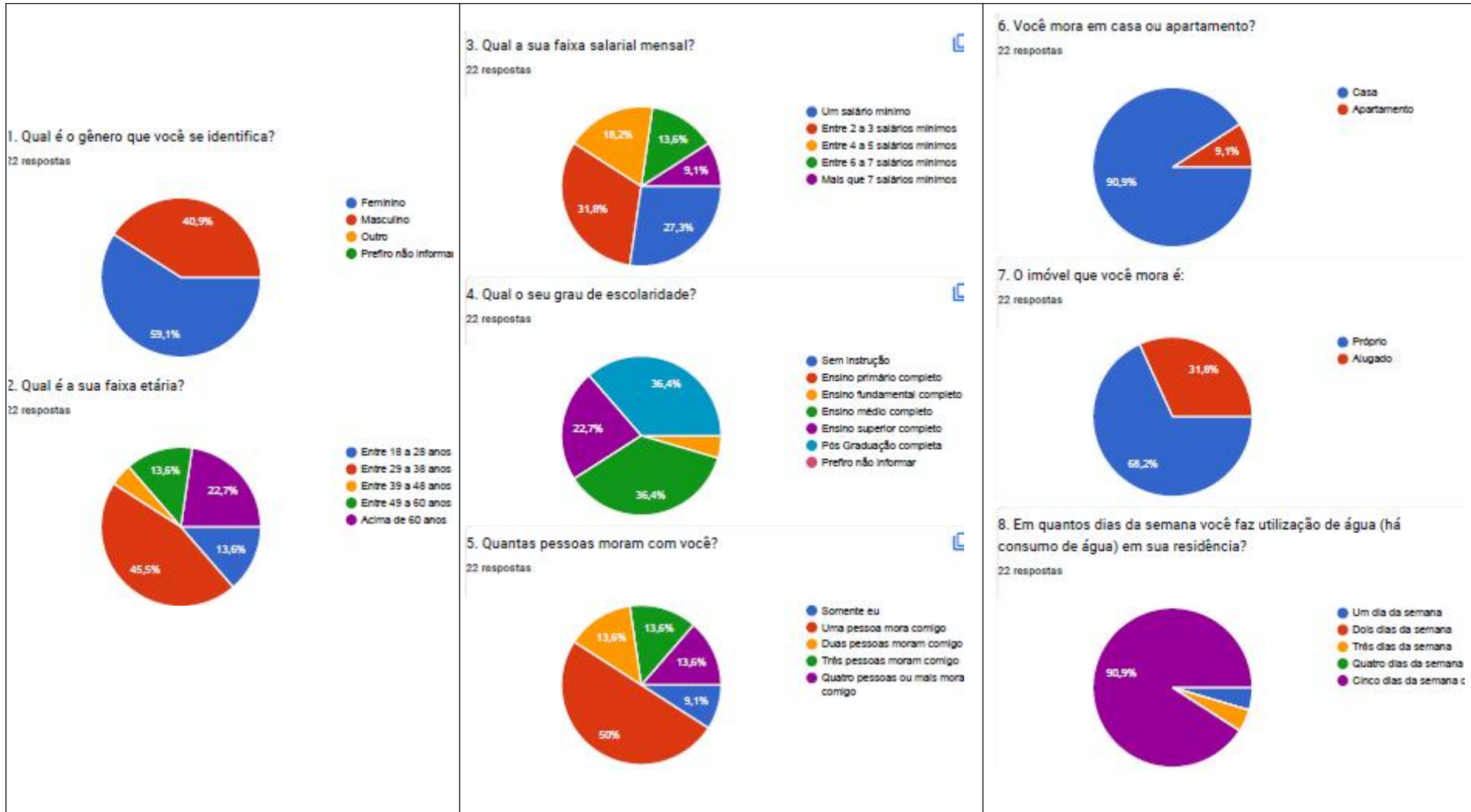
10.1. Perfil dos entrevistados

O perfil dos entrevistados (Figura 10.1) foi de 40,9% do sexo masculino e 59,1%o sexo feminino; tendo 45,5% dos entrevistados entre 29 a 38 anos, 22,7% acima dos 60 anos, 13,6 % entre 49 e 60 anos, e 13% entre 18 e 28 anos. Quanto à faixa salarial dos entrevistados, 31,8% ganham entre dois a três salários mínimos, 27,3% um salário mínimo, 18,2% entre quatro a cinco salários mínimos, 13,6 % entre 6 a 7 salários mínimos e 9,1% mais que sete salários mínimos. Sobre o grau de escolaridade, 36,4% possuem pós graduação completa, 36,4% possuem ensino médio completo e 22,7% possuem ensino superior completo.

Ao todo, 90,9% dos entrevistados moram em casa, enquanto que 9,1% moram em apartamentos, sendo que 68,2% são proprietários e 31,8% moram de aluguel. Por fim, 50,0% dos entrevistados moram somente com uma pessoa, 13,6% moram com duas pessoas, 13,6% moram com três pessoas, 13,6% com quatro pessoas ou mais, e 9,1% moram sozinhos. Desta forma, apesar do número reduzido de participantes, houve uma boa variedade de perfis dos entrevistados, o que pode ajudar na avaliação dos fatores relacionados com o consumo e conscientização ambiental.

Sobre o número de dias de uso de água, 90,9% dos entrevistados disseram fazer uso de tal recurso em cinco ou mais dias da semana, enquanto que 4,5% fazem uso somente em um dia da semana, e 4,5% em três dias da semana. Sabe-se que Ouro Preto possui uma particularidade de que muitos moradores ficam alguns dias da semana na cidade, enquanto há obrigações profissionais, passando o restante da semana em outra localidade. No entanto, essa condição não resultou em um número expressivo de usuários que utilizam água em menos de 5 dias na semana.

Figura 10.1 - Gráficos de setor com os dados do perfil dos entrevistados, coletado após aplicação do questionário



Fonte: Autora (2024).

10.2. Uso de água antes e após o início da micromedicação

a) Antes do início da micromedicação

Dos entrevistados que responderam sobre o questionamento da cobrança antes do início da micromedicação, chegou-se a um valor médio de R\$ 28,49 (variando de R\$ 0,00 - R\$ 90,00), sendo que 2 entrevistados responderam não pagar pelo serviço (9,1%), 3 não sabiam (13,6%), 4 responderam que pagavam entre R\$ 10,00-20,00 (18,2%), 11 entre R\$ 20,00-30,00 (50,0%), 2 mais que R\$ 30,00 (9,1%). Esse valor médio aproxima-se do preço informado da Tarifa Operacional Básica (TBO) informada por Pereira (2018) e Bastos *et al.* (2022), que relataram que os valores fixos cobrados ficavam na faixa de R\$22,00-27,00. Dos que relataram não pagar, um entrevistado recebia um salário mínimo e pode ter se beneficiado de tarifas sociais, enquanto que o outro apresenta perfil bastante distinto, com remuneração acima de 7 salários mínimos. Verifica-se assim, que havia problemas na operacionalização da cobrança no período da tarifa única.

Na outra ponta dos valores cobrados pela SEMAE, autarquia municipal (e mantidos inicialmente pela SANE OURO), há relatos de R\$80,00 e 90,00 para usuários com rendimentos mensais entre 2-3 salários mínimos, que moravam com apenas outra pessoa, demonstrando uma outra possível distorção do formato de cobrança sem equivalência à quantidade de água efetivamente utilizada. Um dos entrevistados com esse perfil salarial, de fato apresentava um consumo mais elevado (volume de 130 m³ mensais, pagando R\$80,00), porém o outro participante não apresentava consumo distinto da maioria dos demais cidadãos ouro-pretanos que responderam ao questionário (16 m³) e pagava R\$90,00.

Em relação ao consumo, antes da micromedicação, houve grande variação dos volumes mensais informados, de 2 até 250 m³, tendo valor médio de 38 m³. Importante ressaltar que, nos cálculos, foram considerados os valores centrais dos entrevistados que responderam à pergunta com uma faixa de consumo. Outro detalhe importante é que um dos entrevistados respondeu com o valor de R\$300,00 nesse campo, e optou-se por excluir a resposta do que apresentar uma estimativa, que poderia não ser precisa, do volume utilizado pelo participante. Uma vez que, antes, o volume faturado não era revertido em valor (sendo cobrada uma taxa fixa), o cálculo de qual consumo em m³ esse valor se referia era complexo.

Neste item, o número de respostas informando desconhecimento (do volume consumido) foi maior, sendo de 6 em 22 entrevistados (27,3%), indicando que enquanto o consumo não é traduzido em valor cobrado, há menor preocupação sobre a quantidade de

água utilizada. Essa também foi a percepção de diversos autores que realizaram estudos sobre o efeito da micromedição, e atribuíram a redução consumo, após hidrometração, à maior percepção do volume consumido (BUTLER, 2000; CONEJO *et al.*, 1999; MALE *et al.*, 1985).

Dos consumos informados, 1 resposta foi desconsiderada (resposta do valor em reais, ao invés do consumo em m³); 4 entrevistados (18,1%) responderam que o consumo foi inferior à 10 m³ por mês; 7 (31,8%) indicaram consumo entre 10-20 m³ mensais; 2 (9,1%) entre 20-40 m³ mensais; e 2 (9,1%) superior à 40 m³, enquanto o restante não soube responder. Sobre os valores informados, o menor consumo informado (2 m³) foi de um entrevistado que utiliza água em sua residência em apenas três dias na semana, ao contrário da maioria das demais respostas (que utilizam água em 5 ou mais dias na semana). Por outro lado, o maior valor (250 m³) é compartilhado por quatro moradores, porém que usam água por apenas 1 dia na semana. Possivelmente, apenas o entrevistado tem essa frequência para utilização do recurso hídrico, pois, caso contrário, resultaria em um consumo por morador e por dia muito elevado.

Já os valores médios per capita de consumo (considerando o número de moradores informados e 30 dias de consumo) foi de 467 L/hab.d, dado que vai de encontro com o relatado por Fonseca *et al.* (2008). Os autores informavam que o consumo estimado em Ouro Preto-MG, em razão da falta de micromedição, era de 450-500 L/hab.d, valor esse muito superior ao considerado para um município do porte dessa cidade histórica, que é de 120-200 L/hab.d, com base em Vercelli (2011) ou 158 L/hab.d, de acordo com ANA (2019). No artigo 1 desta dissertação, por outro lado, chegou-se à 264 L/hab.d antes da micromedição, calculado com base em informações repassadas pela concessionária. Assim, ainda que o recorte do presente estudo seja pequeno (22 entrevistados e 16 respostas utilizadas no cálculo), verifica-se que somente após a hidrometração é que se terá uma avaliação coerente com a situação do município em termos de consumo e perdas.

Para mais informações sobre as respostas obtidas, na Tabela 10.1 dividiu-se as variáveis contínuas (consumo, valor pago e consumo per capita) para cada variável categórica (faixa de idade, sexo, escolaridade, faixa de salário, tipo de residência, faixa de número de moradores, intervalo de dias de semana de uso de água), apresentando os valores médios obtidos por categoria/características socioeconômicas.

Tabela 10.1 - Comparativo das respostas antes e após a micromedição quanto a características socioeconômicas

	Característica	Número de respostas	Antes da micromedição			Após a micromedição		
	Características socioeconômica		Preço pago (R\$)	Consumo (m ³)	Consumo per capita (L/hab.d)	Preço pago (R\$)	Consumo (m ³)	Consumo per capita (L/hab.d)
Sexo	Masculino	9	R\$ 31,00	35	673	99,50	23	450
	Feminino	13	R\$ 24,52	40	364	213,38	21	202
Idade	Entre 18 a 28 anos	3	R\$ 28,00	21	147	650,00	50	333
	Entre 29 a 38 anos	10	R\$ 30,38	32	525	115,10	25	444
	Entre 39 a 48 anos	1	R\$ 26,00	0	0	0,00	0	0
	Entre 49 a 60 anos	3	R\$ 14,00	6	100	50,00	5	83
	Acima de 60 anos	5	R\$ 18,67	13	213	117,91	13	208

Fonte: Autora (2024).

Tabela 10.1 - Comparativo das respostas antes e após a micromedição quanto a características socioeconômicas (continuação...)

	Característica	Número de respostas	Antes da micromedição			Após a micromedição		
	Característica socioeconômica		Preço pago (R\$)	Consumo (m ³)	Consumo per capita (L/hab.d)	Preço pago (R\$)	Consumo (m ³)	Consumo per capita (L/hab.d)
Nível salarial	Um salário mínimo	6	R\$ 20,46	12	132	220,32	13	160
	Entre 2 a 3 salários mínimos	7	R\$ 43,17	91	1089	266,25	42	806
	Entre 3 a 4 salários mínimos	0	-	-				
	Entre 4 a 5 salários mínimos	4	R\$ 18,00	13	129	115,32	12	117
	Entre 5 a 6 salários mínimos	0	-					
	Entre 6 a 7 salários mínimos	3	R\$ 19,00	11	214	92,67	10	208
	Mais que 7 salários mínimos	2	R\$ 0,00	0	0	0,00	0	0
Número de moradores	Somente eu	2	R\$ 24,00	13	417	100,00	13	417
	Uma pessoa mora comigo	11	R\$ 32,44	27	456	173,26	21	371
	Duas pessoas moram comigo	3	R\$ 15,00	14	225	82,50		
	Três pessoas moram comigo	3	R\$ 16,00	93	778	160,32	18	150
	Quatro pessoas ou mais moram comigo	3	R\$ 26,39	32	210	340,02	38	250

Fonte: Autora (2024).

Tabela 10.1 - Comparativo das respostas antes e após a micromedição quanto a características socioeconômicas (continuação...)

	Característica	Número de respostas	Antes da micromedição			Após a micromedição		
	Característica socioeconômica		Preço pago (R\$)	Consumo (m ³)	Consumo per capita (L/hab.d)	Preço pago (R\$)	Consumo (m ³)	Consumo per capita (L/hab.d)
Tipo de residência	Casa	20	R\$ 28,65	41	488	201,94	24	354
	Apartamento	2	R\$ 13,00	5	167	60,00	5	167
Residência	Próprio	15	R\$ 25,07	35	352	111,38	13	170
	Alugado	7	R\$ 30,00	48	782	380,00	40	629
Dias da semana com uso de água	Um dia da semana	1	R\$ 26,00	250	2083	-	-	-
	Dois dias da semana	0						
	Três dias da semana	1	R\$ 30,00	2	33	600,00	-	-
	Quatro dias da semana	0						
	Cinco dias da semana ou mais	20	R\$ 26,65	25	376	153,23	22	337
Nível de escolaridade	Ensino médio completo	8	R\$ 29,57	40	595	324,20	34	473
	Ensino superior completo	5	R\$ 36,55	17	272	136,06	17	273
	Pós Graduação completa	8	R\$ 16,50	69	644	88,00	5	125
	Ensino fundamental completo	1	R\$ 0,00	11	92	140,00	-	-
Média	-		R\$ 26,81	38	467	R\$ 183,02	22	337

Fonte: Autora (2024).

Com base na Tabela 10.1, verifica-se que o consumo (per capita), antes da micromedição, era maior na faixa etária de 29 a 38 anos, em casas, residências alugadas, tendo 5 ou mais moradores, na faixa de renda de 2-3 salários mínimos e no nível de escolaridade de ensino médio completo e pós-graduação completa. Ou seja, não havia uma tendência que possibilitasse verificar o efeito socioeconômico no consumo e nas respostas obtidas. Importante ressaltar que foi feita análise separadamente para cada variável socioeconômica em função do pequeno número de respostas em cada estrato, não sendo possível traçar um perfil do consumidor de maior consumo de água.

b) Após início da micromedição

Após a implementação da cobrança, o valor médio de água pago por mês pelos entrevistados foi de R\$183,02 (variando de R\$ 50-700), sendo que o valor médio consumido de água foi de 22 m³ por mês (variando de 5-85 m³), com um consumo médio per capita de 337 L/hab.d (faixa de 83-1417 L/hab.d). Ainda superior às faixas consideradas típicas para uma cidade com contingente populacional de Ouro Preto-MG, e ao valor estimado em 2022 (204 L/hab.d - Artigo 1 da dissertação), porém com redução de 27,79% do consumo de água. No artigo 1 da dissertação, foi observada redução significativa entre 2021 (antes da micromedição) e 2022 (após início da hidromedidação) de 21,97%, desta forma, percebe-se que há tendência para diminuição da demanda hídrica para usos residenciais em Ouro Preto.

O efeito positivo da micromedição também pode ser observado em estudos de Souza et al. (2023), que verificaram que os municípios que possuem 100% de ligações ativas micromedidas possuem consumo per capita inferior àquelas que não possuem hidromedidação; Paul et al. (2021) que concluíram que a instalação de medidores individuais reduziu o consumo de água em aproximadamente 8% em curto prazo na cidade de Quito, no Equador; além de Mendes et al., (2015), Sá (2007), Tamaki et al. (2004) e Lima et al. (2016), com avaliações em cidades, condomínios e instituições de ensino.

A micromedição reflete em valores o consumo dos usuários, diminuindo as discrepâncias de haver cobranças iguais para usos diferentes ou mesmo preços mais elevados para consumos menores, tal como foi observado no item anterior (referente à cobrança antes do início da hidromedidação). Para avaliar, se no momento inicial já é possível verificar reflexo da mudança na forma de cobrança, fez-se a análise de correlação de Spearman (teste não paramétrico) e a regressão linear, com informações apresentadas na Tabela 10.2.

Tabela 10.2 - Coeficientes de correlação de Spearman e parâmetros de equações lineares ajustadas na avaliação dos dados de valor pago e consumo antes e após micromedição

Variável	Antes da micromedição				Após micromedição			
	Valor pago (R\$)				Valor pago (R\$)			
	Spearman	R ²	a	b	Spearman	R ²	a	b
Consumo (m ³)	0,32	0,0602	0,0896	25,3*	0,95	0,8970	13,7968*	-67,1
Consumo <i>per capita</i> (L/hab.d)	0,33	0,1847	0,0151	21,7*	0,50	0,0822	0,3261	99,5
n	15				10			

Fonte: Autora (2024).

Em que, R² é o coeficiente de determinação da equação $y = ax + b$ (regressão linear), sendo y é o valor pago e x é o consumo (mensal ou per capita). * indica que o coeficiente é significativo ao nível de 5% e n é o número de dados utilizados (excluindo respostas incompletas ou inválidas).

Constata-se que pelo apresentado na Tabela 10.2, que há maior correlação entre os valores cobrados e o consumo após a micromedição, refletindo o que foi apresentado pelos autores citados. Justifica-se o menor número de dados utilizados após a micromedição pelo fato de que muitos entrevistados responderam apenas o valor pago, não sendo, assim possível correlacionar com o consumo e nem calcular o consumo per capita. O preço cobrado pela concessionária é um fator de muitas reclamações dos usuários, então é uma variável mais lembrada pelos ouro-pretanos.

A melhor associação encontrada foi entre o consumo mensal e o valor pago, sendo possível apresentar satisfatoriamente pela regressão linear, tendo coeficiente de determinação superior a 0,8 e coeficiente angular significativo ao nível de 5%.

Retornando à Tabela 10.1, observa-se que os maiores consumos (per capita) eram maiores nas residências com apenas um morador, com renda salarial entre 2 e 3 salários mínimos e idade entre 29 e 38 anos, residindo em casa e residência alugada, e que tenha nível de escolaridade de ensino médio completo. Ou seja, manteve a mesma faixa etária e o nível salarial, além do grau de escolaridade (ensino médio), em relação às respostas obtidas em antes do início da micromedição. Assim, verifica-se que o início da micromedição alterou o

consumo, porém a classe de maior demanda de água de cada faixa se manteve a mesma em muitas das variáveis socioeconômicas.

Dessa forma, a renda não foi um fator limitante ao consumo, já que o rendimento de 2 a 3 salários mínimos foi aquele que apresentou maior valor per capita, contrariando outros estudos realizados. As pesquisas de Fernandes Neto et al. (2005), Silva et al. (2008) e Dias et al. (2010), por exemplo, verificaram que a demanda de água é maior em classes alta e média alta, e que o valor das tarifas é uma das variáveis explicativas (além dos diferentes hábitos - aparelhos de maior consumo de água, piscinas, residências maiores, etc) dessa condição. Sabe-se que a variação do preço cobrado acaba afetando mais a população menos provida economicamente (BILLINGS *et al.*, 1987; ANDRADE *et al.*, 1995; CHEN *et al.*, 2015; GOMES, 2020) e, assim, era esperado verificar essa condição também no presente estudo (o que não foi observado).

O consumo mensal foi até maior nas residências com mais moradores após início da micromedição, porém não há tendência bem definida entre as classes, e também não é possível verificar a influência do número de usuários no consumo per capita. Em residências maiores e com mais moradores, o consumo (total) tende a ser maior, porém segundo Chen et al. (2015), o crescimento do uso de água não é proporcional e há também outros fatores influentes. Por exemplo, uma casa com 1 ou 2 residentes pode ter uma grande área externa que demanda limpeza e irrigação, ao contrário de um apartamento com um número maior de moradores.

Em relação à idade, a literatura aponta que residências com usuários mais jovens, com a presença de crianças, apresenta, frequentemente, maior consumo em comparação com aquelas de moradores idosos e aposentados. Os últimos tendem a ser mais econômicos na utilização de água (NAUGES; THOMAS, 2000; CHEN et al., 2015; GRESPAN et al., 2022). De fato, os maiores consumos per capita foram observados nas faixas etárias mais jovens (daqueles que já podem ter contas em seu nome), tendo valor superior na faixa de 29 à 38 anos que é uma idade de esperada maior estabilidade econômica (em relação aos de 18 à 28 anos) e com a possível presença de filhos com faixa etária de criança.

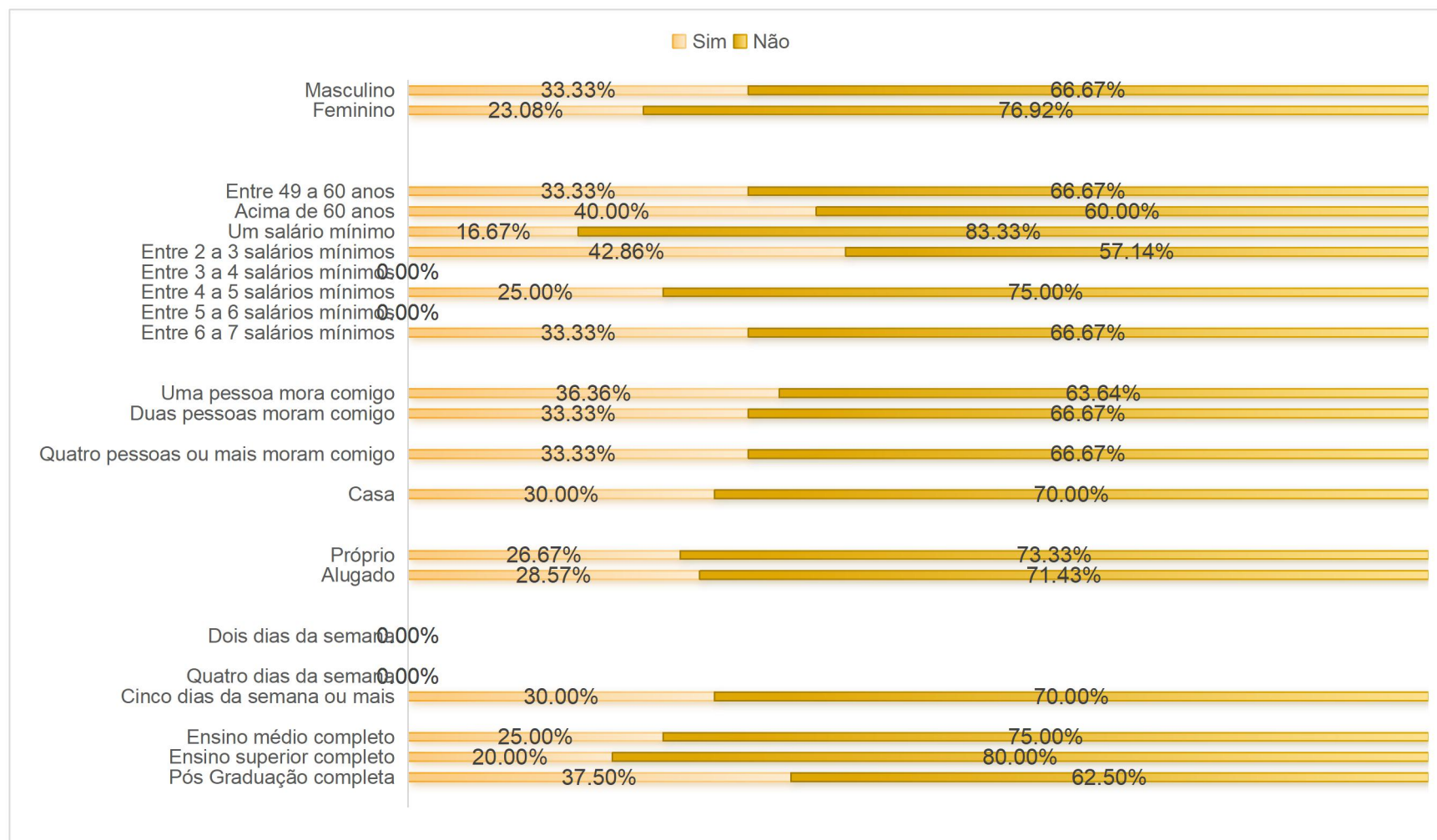
O nível educacional, teoricamente, levaria a uma maior consciência ambiental e a menores desperdícios no uso de água, resultando em menor consumo (CHEN et al., 2015), porém essa variável pode ter efeito ambíguo, já que esses também podem apresentar maior poder aquisitivo, ainda que se espere que possam adotar equipamentos mais eficientes (em termos de consumo de água) (MILLOCK; NAUGES, 2010). Por essa razão, é possível

encontrar trabalhos com resultados distintos, como reportado por Martínez-Espiñeira *et al.* (2014). Por não haver dados de usuários com fundamental completo, o menor nível educacional com informações de consumo é o ensino médio, que foi o que apresentou maior consumo per capita após início da hidrometração. De acordo com as conclusões do estudo de Martínez-Espiñeira e García-Valiñas (2013), essa condição pode estar ligada à menor propensão de adoção de tecnologias de economia de água e de práticas de conservação de água.

Por fim, os resultados obtidos em relação ao tipo de residência de maior consumo, que são casas e imóveis que não pertencem ao usuário, resultados que são corroborados pela literatura. Espera-se o gasto de água seja mais elevado em casas tenham maior área interna e que ainda possam conter áreas externas que demandam limpeza e irrigação; enquanto que a expectativa é de que usuários proprietários, das moradias nas quais residem, apresentem maior propensão a investir em equipamentos mais econômicos (quanto à demanda de água) (MILLOCK; NAUGES, 2010; MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA *et al.*, 2014; CHEN *et al.*, 2015).

Em relação à adoção de medidas de economia de água, após início da micromedição, construiu-se a Figura 10.2, na qual é possível observar se houve ou não medidas para redução do consumo, separando as respostas base nas variáveis socioeconômicas.

Figura 10.2 - Gráfico relacionando a resposta (sim ou não) com a economia de água pelos usuários, separando por classes de variáveis socioeconômicas.



Fonte: Autora (2024).

De acordo com a Figura 10.2, verifica-se que a maior economia de água se deu para a variável socioeconômica faixa salarial, sendo que a maior porcentagem dos entrevistados que respondeu ter economizado após mudança na forma de cobrança foi a classe que recebia cerca de 2 a 3 salários mínimos. Foi exatamente esse perfil de participantes da pesquisa que apresentou o maior consumo per capita calculado, indicando que o maior preço praticado teve maior peso para esses moradores, de menor renda e maior demanda por água (FONSECA; GABRIEL, 2015; GOMES, 2020).

Usuários do sexo masculino responderam consumir mais água antes e após início da micromedição, porém também foram aqueles, em maior porcentagem, que disseram ter conseguido realizar economia. Pelo conteúdo apresentado em pesquisas já realizadas, as mulheres tendem a apresentar mais consciência ambiental, não sendo preciso haver mudanças na forma de cobrança para reduzir desperdícios (DRUSCHKE; SECCHI, 2014; ADDO et al., 2018; GRESPAN et al., 2022) E conforme discutido anteriormente, a população mais velha apresenta maior propensão em economizar (NAUGES; THOMAS, 2000; CHEN et al., 2015).

Moradores de casas, aparentemente, apresentam maior possibilidade de redução do consumo, sobretudo em relação ao uso em áreas externas, presença de piscinas, presença e tamanho de jardins, entre outros fatores (COMINOLA et al., 2023). E o maior nível educacional parece ter resultado em maior consciência para redução do consumo (MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA; GARCÍA-VALIÑAS, 2013; MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA et al., 2014; CHEN et al., 2015).

Dos entrevistados, 27,3% afirmaram ter reduzido o consumo de água, quando comparado o período de simulação da cobrança e o período efetivo de cobrança da água, e 72,7% disseram não terem alcançado redução dos volumes consumidos apresentados nas contas. Conforme discutido no Artigo 1 (capítulo 2) da dissertação, medidas de saneamento apresentam resultados progressivos (graduais), assim espera-se ter melhores resultados e maior economia em um maior número de residências. Porém, apesar das respostas negativas, a redução foi observada nos volumes consumidos informados (antes e após micromedição), e na análise do volume de água consumido (Artigo 1 - capítulo 2 da dissertação).

Em relação aos 27,3% que afirmaram ter obtido reduções de consumos de água após a efetiva cobrança pelo uso de tal recurso, o Quadro 10.1 apresenta as respostas de medidas tomadas pelos entrevistados para a obtenção da redução dos volumes.

Quadro 10.1 - Medidas tomadas pelos entrevistados para reduzir o volume de água consumido.

Medidas tomadas para redução do volume de água consumido	%
Deixar de lavar calçadas com mangueiras	16,7
Redução do horário do banho	33,3
Captação de água da chuva para utilização	33,3
Verificação e correção dos vazamentos existentes	33,3
Reutilização de água da máquina de lavar	50,0
Limitação de uso da máquina de lavar roupas	66,7
Fechamento das torneiras ao escovar os dentes ou ensaboar a louça	83,3

Fonte: Autora (2024).

Um estudo ainda em revisão (publicado em preprint), com atribuição de pesos conforme consumo, tempo de uso e respostas dos usuários, indica que o banho é o uso que apresenta mais impacto na redução do consumo de água (ABBASI; KADKHODAEI, 2024), atividade que 33% dos entrevistados (que indicaram economia de água) conseguiram conservar água. De acordo com os mesmos autores, a lavagem de utensílios de cozinha, uso de sanitários e a máquina de lavar vem em segundo lugar, em termos de impacto no consumo. Por fim, em terceiro patamar, poderiam ser citadas as atividades de lavagem de carros e o ato de escovar dentes (o mais citado pelos entrevistados).

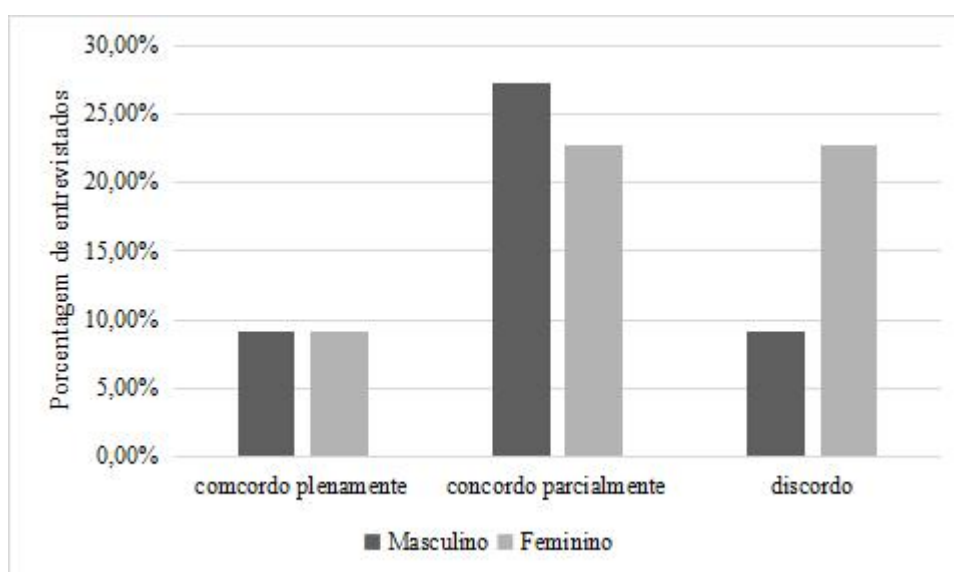
Além das medidas citadas, ainda podem ser citadas como práticas para redução do consumo de água, o aproveitamento de águas de diferentes qualidades para diferentes finalidades (água de chuva ou águas cinzas para lavagem de calçadas, por exemplo); a realização de campanhas educacionais; e o uso de equipamentos mais eficientes no uso de água (TSUTIYA, 2006; GONÇALVES et al., 2009; CBIC, 2019; MOURA et al., 2020; HASAN et al., 2021; KNUTSON; KNUTSON, 2021; KUMAR et al., 2021; SANTOS, 2021; MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA; GARCÍA-VALIÑAS, 2013).

10.3. Percepção da população sobre a micromedição e qualidade do serviço prestado

Com relação à percepção da população com base na micromedição, 50% dos entrevistados alegaram que concordam plenamente com a mudança na forma de cobrança do consumo, enquanto que 31,8% disseram discordar, e 18,2% concordam parcialmente.

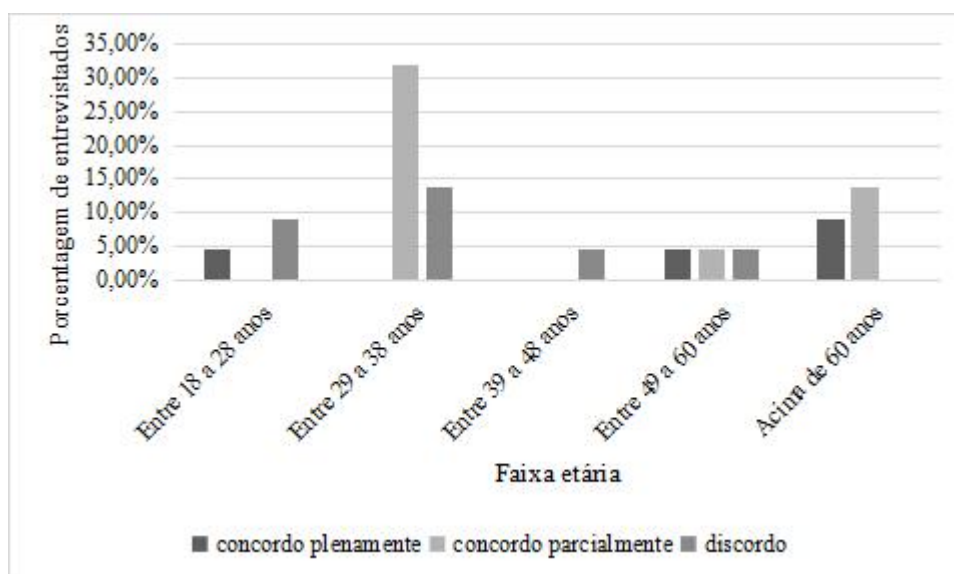
A percepção da micromedição em Ouro Preto com relação às variáveis socioeconômicas pode ser observada nas Figuras 10.3 a 10.6.

Figura 10.3 - Gráfico sobre a percepção da micromedição correlacionada ao sexo.



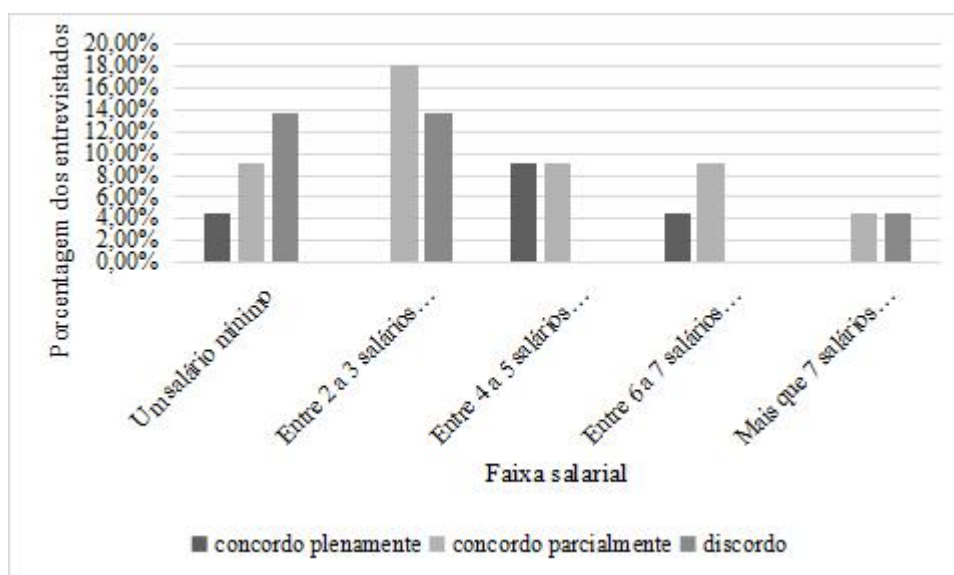
Fonte: Autora (2024).

Figura 10.4 - Gráfico sobre a percepção da micromedição correlacionada à variação da idade.



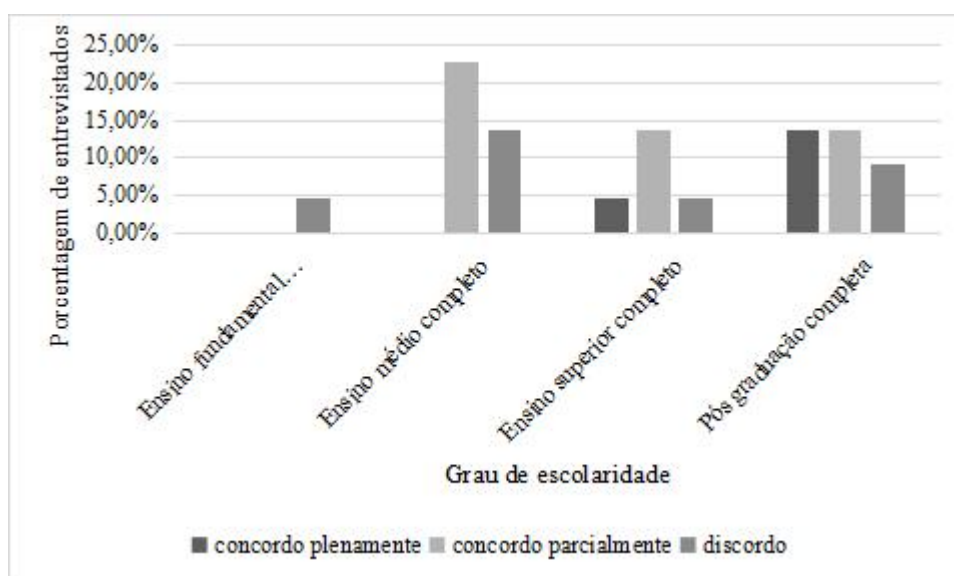
Fonte: Autora (2024).

Figura 10.5 - Gráfico sobre a percepção da micromedição correlacionada à faixa salarial.



Fonte: Autora (2024).

Figura 10.6 - Gráfico sobre a percepção da micromedição correlacionada ao grau de escolaridade.



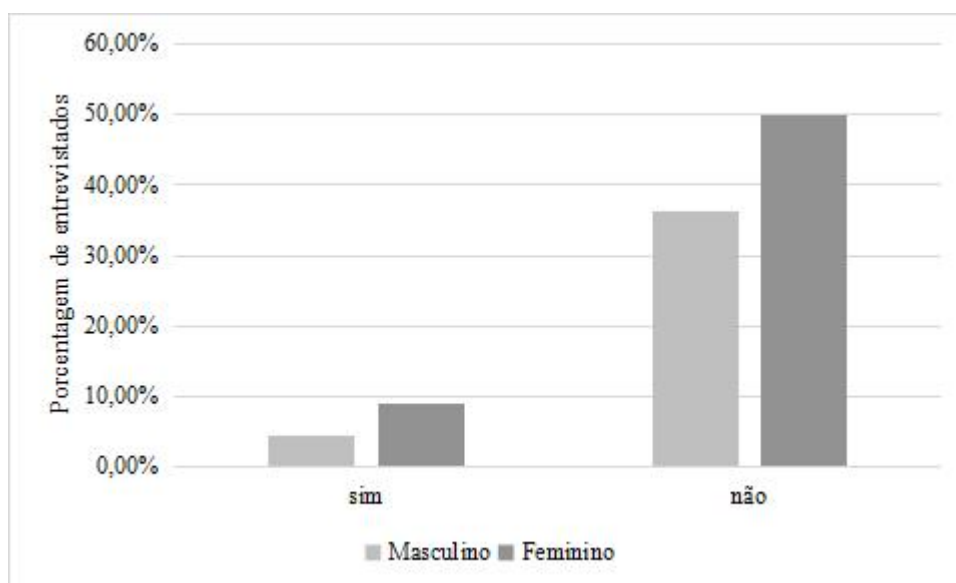
Fonte: Autora (2024).

De acordo com as Figuras 10.3 a 10.6, verifica-se que a maior parte dos entrevistados que concordavam plenamente com a medida de micromedição eram do sexo masculino, acima

dos 60 anos, tinham faixa salarial entre 4 a 5 salários mínimos e possuíam pós-graduação completa. Com exceção do gênero informado pelo entrevistado, os demais estão em consonância com a literatura, havendo indicação de que cidadãos mais velhos, de maior grau de escolaridade tendem a apresentar mais consciência da importância da economia de água. Desta forma, há melhor entendimento da importância da micromedição. Torna-se importante, portanto, realizar melhor divulgação para que a mensagem chegue aos usuários e proporcionem melhor aceitação da medida (ADDO et al., 2019; ABBASI; KADKHODAEI, 2024).

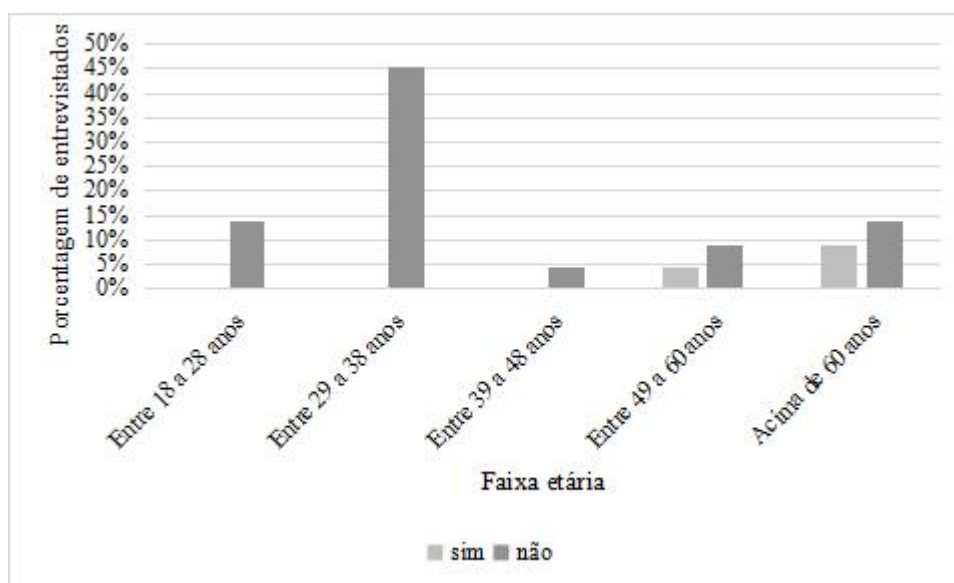
Sobre o valor cobrado atualmente pelo volume de água consumido, 86,4% disseram não ser justo, e 13,6% afirmaram ser justo. Ou seja, há uma porcentagem muito superior de discordância do valor do que em relação à mudança na forma de cobrança. Nas Figuras 10.7 a 10.10, estão apresentadas as respostas por variável socioeconômica.

Figura 10.7 - Gráfico sobre a opinião com base na justiça da cobrança atual do volume de água consumido.



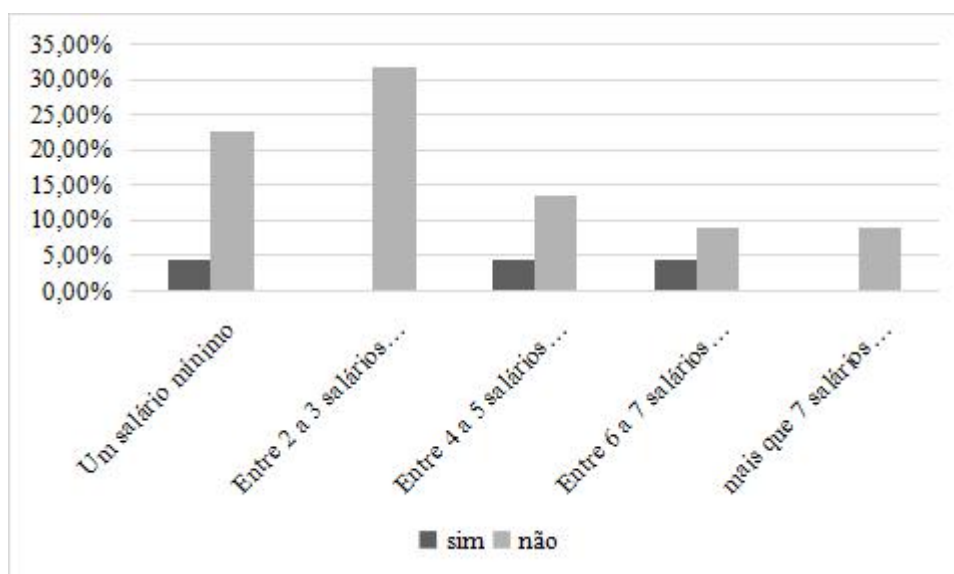
Fonte: Autora (2024).

Figura 10.8 - Gráfico sobre a opinião com base na justiça da cobrança atual do volume de água consumido.



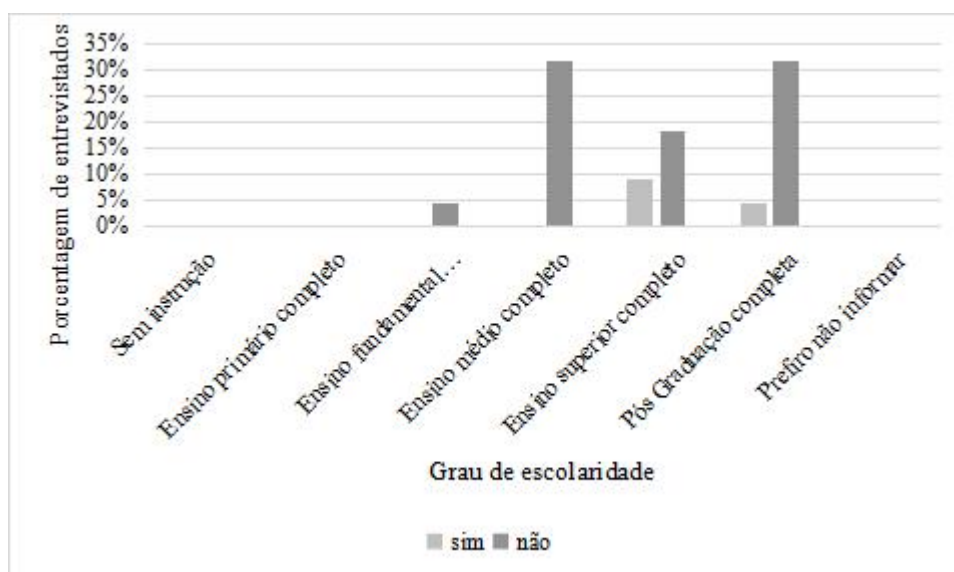
Fonte: Autora (2024).

Figura 10.9 - Gráfico sobre a opinião com base na justiça da cobrança atual do volume de água consumido.



Fonte: Autora (2024).

Figura 10.10 - Gráfico sobre a opinião com base na justiça da cobrança atual do volume de água consumido.



Fonte: Autora (2024).

Com base nas Figuras 10.7 a 10.10, observa-se que a maior parte dos entrevistados que achavam justo o valor pago atualmente pela água são do sexo feminino, tem mais que 60 anos e apresentam grau de escolaridade de ensino superior completo. O que está em consonância com a esperada influência dessas variáveis socioeconômicas nas respostas obtidas.

Sobre aqueles entrevistados que responderam não ser justo o valor cobrado pelo consumo da água, os valores sugeridos para uso mensal em cada residência foi entre R\$10,00 a R\$150,00. Um comentário disse ser justo o pagamento de no máximo R\$4,00 por metro cúbico. Outro entrevistado trouxe a informação de que o custo médio no fornecimento de água e esgoto no Brasil em 2020, residencial, foi de R\$3,59 por metro cúbico de acordo com o IBGE, e desta forma destacou que este seria o valor ideal a ser cobrado. Dentre os comentários feitos pelos entrevistados, alguns alegaram que a tarifa é mais alta que nas regiões próximas à Ouro Preto, e que para ser justa deveria ser compatível com as cidades das proximidades. Foi inclusive comentado que o valor cobrado pela água em Itabirito, município que se encontra em torno de 46 km de Ouro Preto, seria o ideal para se ter como base uma cobrança justa na região. Outra sugestão foi que deveria ser utilizada uma taxa de cobrança mínima para consumos até 20 metro.

Além do valor sugerido de R\$3,59/m³ referir-se ao custo de captação, adução e tratamento por famílias abastecidas em 2020 (IBGE, 2023), dados do SNIS apontam que o valor médio nacional de tarifa de água por metros cúbicos foi de R\$5,09 em 2022, variando de R\$4,23 à 7,51 por m³ nas regiões brasileiras (SNIS, 2023).

Para a região sudeste, por exemplo, o preço cobrado foi R\$4,47/m³, enquanto que o da SANEOURO foi de R\$3,09 (índice IN005 - dados de 2022), inferior à média. Ademais, as despesas (para água e esgoto - índice IN003) para fornecimento de água em Ouro Preto foram de R\$ 5,81/m³, indicando que na situação de 2022, os custos precisavam ser subsidiados pela prefeitura de forma que o serviço não fosse deficitário. Ranqueando os custos com base no apresentado no SNIS, a tarifa média cobrada pela SANEOURO seria a 671ª maior, dos 797 municípios com informações sobre o índice IN003 (calculado por Receita operacional direta de água/(Volume de água faturado - Volume de água bruta exportado - Volume de água tratada exportado)). Em relação às despesas, seria a 322ª maior dentre os municípios mineiros (valor médio de R\$5,54/m³ no estado e R\$4,39/m³ no país). A maior tarifa média foi de R\$9,12/m³, no município de Ijaci, que tem a COPASA como concessionária de saneamento, enquanto que as cidades citadas, pelos entrevistados, Itabirito e Mariana, apresentavam tarifas médias de, respectivamente, R\$4,73 e R\$ 0,37/m³.

No capítulo 2, foi feita uma análise a respeito dos valores pagos e, ao contrário da análise apresentada, a conclusão era que o valor cobrado pela SANEOURO estaria entre os maiores das empresas privadas, públicas e de capital misto analisadas de Minas Gerais. E calculando os valores médios da tabela apresentada (considerando todas as faixas de consumo e desconsiderando o valor da tarifa fixa), nem mesmo os SAAEs de Mariana e Itabirito cobram os valores citados, tendo preços de R\$4,76 para o primeiro, e R\$5,82 para o segundo. As outras empresas avaliadas tarifam os serviços de fornecimento de água em R\$6,22, 5,82, 8,30 e 8,67, respectivamente, para a COPANOR, CESAMA/JF, SAMOTRACIA e COPASA. A SANEOURO estaria com valor superior, de R\$9,84 por m³ (na tarifa média para uso residencial normal), como apresentado no Material e Métodos, em razão de ter menos faixas de consumo (não tem uma subdivisão entre 0 e 10 m³) e cobrar valores mais altos em faixas maiores (sobretudo acima de 15 m³).

A diferença dos valores calculados do IN005 se refere à forma de cálculo, sendo que o apresentado no SNIS divide o valor arrecadado pelo volume fornecido à população, enquanto que acima estão apresentados os resultados do quociente da soma de todas as tarifas dividido pelo número de classes (0-10 m³, 10-20 m³... e assim segue). Assim sendo, é provável que a

SANEOURO apresente um maior número de consumidores dentro das faixas de menor tarifa e/ou haja mais subsídios municipais no valor cobrado, em comparação com de outras localidades. Conseqüentemente, os valores são mais onerosos para os maiores consumidores de água. Outro fator a ser ressaltado é que são informações de anos distintos, 2022 (SNIS - tarifa média) e 2024 (tarifas por faixa de consumo).

Conforme verificado em estudos anteriores, é esperado encontrar tarifas superiores em empresas privadas do setor de saneamento (CÔRTEZ et al., 2023; ABCON; SINDCOM, 2023), porém não é só essa característica que poderia explicar que a prestadora de serviços em Ouro Preto-MG apresente dos maiores valores tarifários do estado. Outros fatores como investimentos, os custos de tratamento e de adução, renda per capita das localidades e características do município também afetam (BENINI *et al.*, 2021; PENA, 2021; ABCON; SINDCOM, 2023). O grande número de distritos, por exemplo, é uma característica de Ouro Preto que Pena (2021) aponta como de grande relevância no aumento das despesas da concessionária e que implicam na necessidade de ter maiores preços por metro cúbico cobrados. Requer-se, assim, a implantação de mais sistemas, tendo, por exemplo, maior extensão da rede, maior número de reservatórios, e exigindo mais serviços de operação e controle.

Alguns entrevistados trouxeram a questão da qualidade da água como primordial para que houvesse o aumento da cobrança, assim como a necessidade de melhoria nos serviços de manutenção de urgência nas redes, para sanar os problemas que podem decorrer de rompimento em reservatórios e adutoras. A cobrança da taxa de esgoto foi relatada como uma questão incômoda por parte dos entrevistados, que destacaram não haver ainda o devido tratamento para se ter iniciado tal cobrança. Destaca-se um comentário que dizia que a população não tem condição de pagar pelo preço que está sendo cobrado pelo consumo, e que caberia a comunidade lutar pela água. Ademais, outras sugestões relatadas pelos entrevistados foram a de iniciar a cobrança da taxa com um valor mínimo e após um trabalho de conscientização com a população, e adaptação por parte dos moradores, ir aumentando gradativamente a tarifa, até atingir a tarifa ideal.

De fato, apenas 56,4 e 1,06% do esgoto, respectivamente, é coletado e tratado, com base em informações do SNIS de 2022 (SNIS, 2022). Ainda que somente esteja incidindo no valor a EDC (tarifa do Esgoto Dinâmico Coletado), e o EDT (Esgoto Dinâmico Tratado) seja cobrado apenas no distrito que possui tratamento, a cobrança por um serviço que não atende a toda a população poderia ser revisto. Segundo informações do SNIS (2023), R\$4,56/m³ é o

valor praticado, em média, no país, sendo R\$4,32 no Sudeste, enquanto, na SANEURO (2024), a tarifa média do EDC é de R\$3,68 (ou R\$1,43/m³, segundo SNIS (2022)).

Com relação ao conhecimento sobre os benefícios de um serviço de abastecimento de água para a população, 22,7% alegaram não saber, e 77,3% afirmaram ter tal conhecimento. Os comentários foram de que o intuito de se ter tal serviço seria para melhoria no tratamento da água; implementação de novas redes; controle do consumo; maior conscientização e disponibilidade de água; redução de falhas no abastecimento; preservação do meio ambiente; tratamento adequado do esgoto; promoção da saúde coletiva e controle microbiológico; conscientização da população sobre a necessidade de se economizar água; qualidade de vida, saúde, respeito com o próximo e ao meio ambiente e; preservação do bem natural. Outros comentários que foram feitos neste mesmo tópico diziam que a água não tem dono; que o município de Ouro Preto tem muitas nascentes, que algumas delas já inclusive desapareceram por ação antrópica, e que o governo quer somente tirar benefício do povo através da “nossa água”.

A afirmativa “água não tem dono” é comumente apresentada para questionar a presença e/ou valor do fornecimento do recurso hídrico. De fato, todas as riquezas encontradas sob o solo ou subsolo são pertencentes à União, que pode delegar a estados e municípios a incumbência de definir concessões para explorar, beneficiar e fornecer o bem à população (CONSTITUIÇÃO FEDERAL, 1988). Assim, o preço é para compensar despesas na retirada da água dos mananciais, transporte até as Estações de Tratamento de Água (ETA), encaminhamento para as redes de distribuição e reservatórios, tendo custos de energia elétrica, manutenção, reabilitação e troca de tubulações, gastos com produtos químicos (coagulantes, cloro e ajuste de pH), encargos de funcionários, investimentos, dentre outros (SNIS, 2022). Com base em informações de 2022, R\$4,39/m³ foi o custo operacional médio das concessionárias prestando serviço no Brasil, tendo R\$5,81 de despesas para SANEURO (SNIS, 2023). Assim sendo, o valor sugerido por um dos entrevistados não cobriria os custos, e também não haveria como fornecer água sem custos para a população.

Sobre a satisfação dos serviços prestados pela concessionária, 81,8% disseram não estar satisfeitos, e alegaram que os motivos são por falta da qualidade da água; interrupção esporádica no abastecimento de água; política de subsídio ruim para pessoas de baixa renda; valores elevados de cobrança; pela demora no atendimento e no despreparo dos funcionários, como a demora nas vistorias; cobrança excessiva para trocar o hidrômetro de lugar;

tubulações antigas; vazamentos e interrupções no abastecimento; falta de tratamento de esgoto; e falta de mais reservatórios e de bombas reserva e automatizadas nos poços.

Algumas questões foram trazidas à tona pelos entrevistados neste tópico, como conflitos causados por problemas de infraestrutura, como canos rompidos no asfalto com excessivo vazamento de água, e também esgoto desaguando em córregos; caixas para relógios que podem causar acidentes por estarem na calçada e acúmulo de água nas caixas dos hidrômetros. Sugestões foram feitas como a de haver caminhão pipa financiado pela empresa para quando houver problemas de abastecimento de água; e a disponibilização de funcionários para plantão (de 24 horas) por parte da concessionária, para casos de emergências. Por fim, foi relatado ainda neste tópico o descontentamento de um entrevistado com relação à perfuração de poços artesianos sem critérios, que segundo ele sugere a deterioração das águas superficiais. A sugestão foi de que a concessionária adotasse um programa de armazenamento e recarga de lençol freático.

10.4. Avaliação do MVC

O tamanho da amostra foi de vinte e dois formulários respondidos, que foram obtidos através de aplicação por meio do *Google Forms*. Para a obtenção da DAP, foi utilizado o método *Open-ended*, no qual se pergunta diretamente ao entrevistado o valor máximo que a pessoa está disposta a pagar pelo volume de água consumido.

A maior parte dos entrevistados era pertencente ao sexo feminino (59,1%), tinha idade entre 29 a 38 anos (45,5%), ganhava entre dois a três salários mínimos (32,8%) e apresentava grau de escolaridade de ensino médio completo (36,4%).

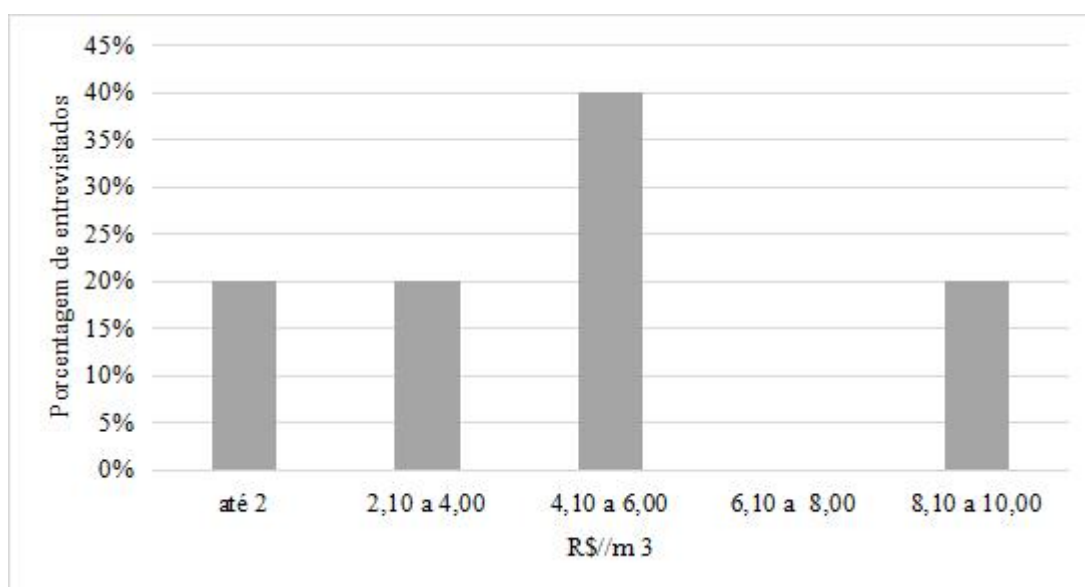
A média da DAP para o volume de água mensal consumido por habitação foi de R\$85,00 (considerando somente as seis respostas de valores em reais que seria justo pagar mensalmente em cada habitação). Outros valores respondidos não considerados no cálculo anterior falavam sobre uma disposição a pagar por metro cúbico de água consumida, que era de R\$4,00 e R\$10,00, além dos demais comentários sobre uma DAP para valores compatíveis com os preços cobrados nas cidades de Mariana e Itabirito, ou de uma taxa mínima (de valor não especificado) para um consumo de até 20 metros cúbicos.

Desta forma, para ajustar todos os valores, foi realizado o cálculo da tarifa média com base no metro cúbico da água, considerando os valores consumidos pelos entrevistados e os valores que eles se propuseram a pagar pelo volume total consumido, e após isto,

considerando também os valores das respostas que já faziam menção ao valor do metro cúbico da água, fez-se a média geral com base em todos os dados, e chegou-se à conclusão de que a DAP pelo metro cúbico da água foi de R\$ 4,93.

No método aberto, não é necessário utilizar técnica econométrica para estimar a DAP. Em função do baixo número de dados, não foi possível a realização da análise por meio do método de regressão linear. Sendo assim, foi feita apenas a análise da relação do valor obtido da DAP com as variáveis socioeconômicas, com base em valores de médias, máximos e mínimos, e inferência sobre as características dos entrevistados (Figuras 10.11 a 10.13).

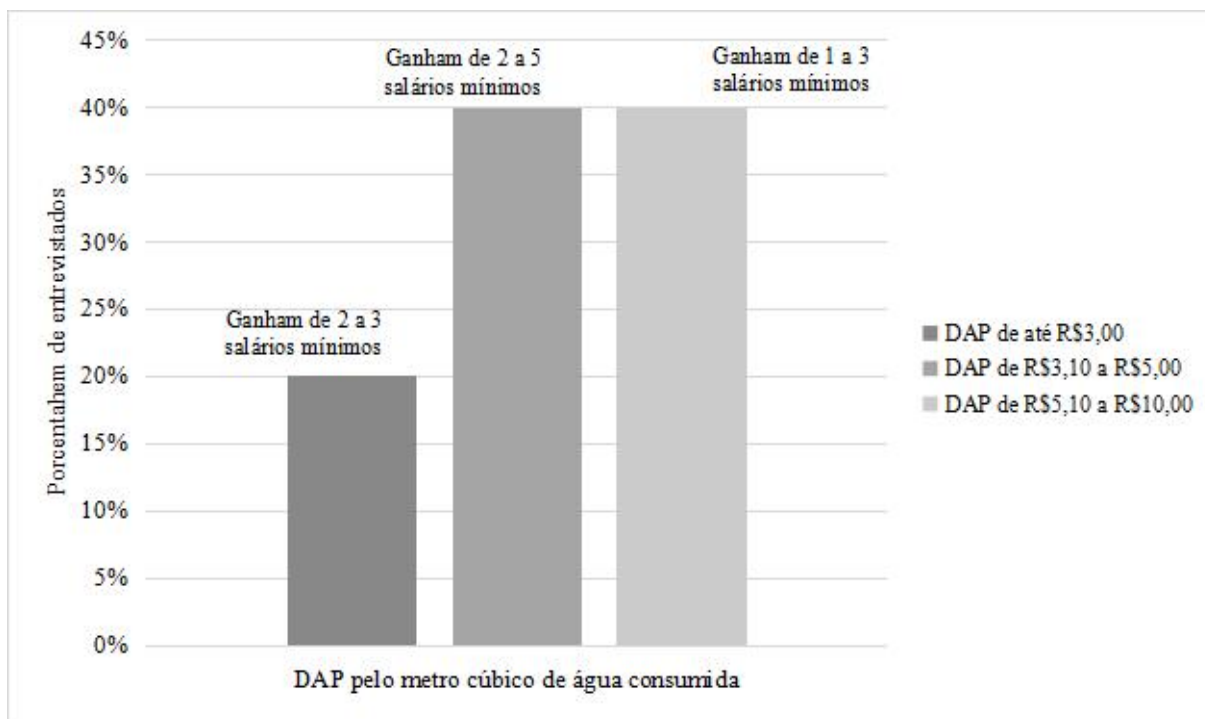
Figura 10.11 - Gráfico da DAP, pelo metro cúbico de água consumida, relacionada à porcentagem de respostas em cada faixa de valor.



Fonte: Autora (2024).

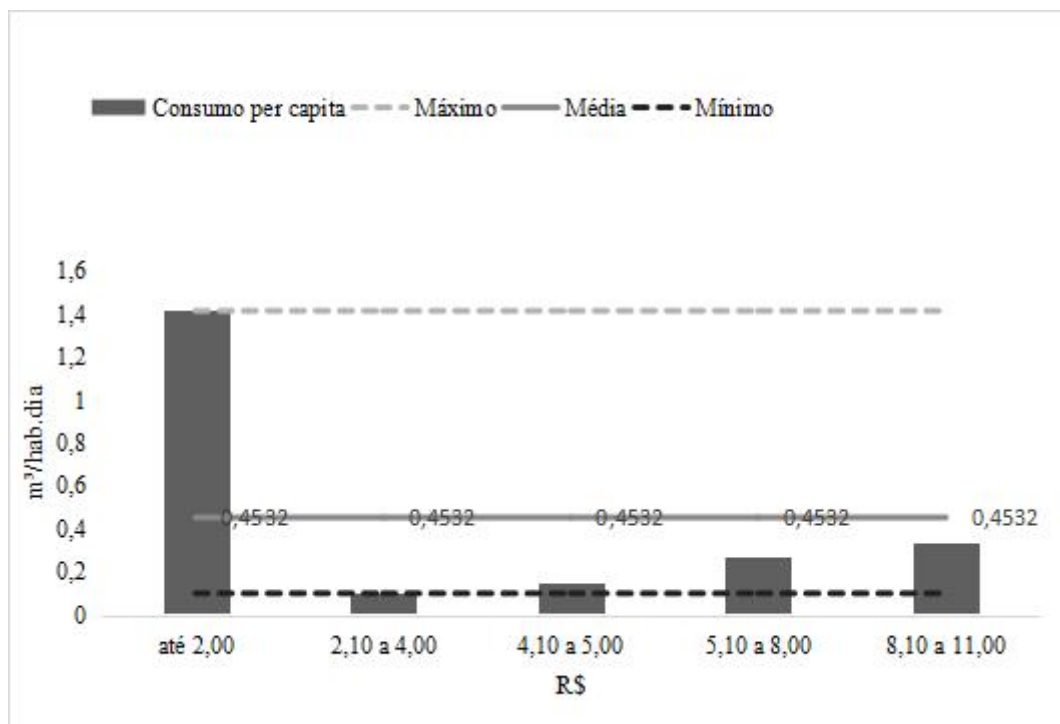
Na Figura 10.12, os grupos foram divididos quanto à propensão a pagar, ou seja, em que classe salarial se encontra cada entrevistado disposto a pagar entre um valor X e Y. Exemplificando, entrevistados que aceitariam pagar entre R\$3,10 e R\$5,50 estão dentro da faixa salarial entre 2 a 5 salários mínimos. Na Figura 10.13, por outro lado, a divisão foi quanto ao consumo *per capita* dos participantes da pesquisa.

Figura 10.12 - Gráfico da DAP, pelo metro cúbico de água consumida, relacionada à faixa salarial.



Fonte: Autora (2024).

Figura 10.13 - Gráfico da DAP, pelo metro cúbico de água consumida, relacionada ao consumo per capita.



Fonte: Autora (2024).

Verifica-se que a maior parte dos entrevistados (40%) se dispôs a pagar entre R\$4,10 a R\$6,00 pelo metro cúbico de água consumida (Figura 10.11). Já com base na Figura 10.12, observa-se que a média da DAP pelo volume de água consumida em função da faixa salarial foi de R\$4,93, sendo que o máximo foi de R\$10,00 e o mínimo de R\$0,59. Os menores valores propostos de DAP foram relacionados aos entrevistados que apresentam uma maior faixa salarial (entre 2 a 5 salários mínimos - Figura 10.12), enquanto que os maiores valores propostos se referem aos que recebem uma menor faixa salarial (entre 1 a 3 salários mínimos). Desta forma, foi encontrado um cenário diferente da expectativa, já que as tarifas tendem afetar mais o orçamento das famílias com menores rendimentos mensais, e apresentar menor efeito para aqueles que possuem maiores remunerações (BILLINGS *et al.*, 1987; ANDRADE *et al.*, 1995; CHEN *et al.*, 2015; GOMES, 2020; SILVA *et al.*, 2020b; SILVA; CARNIEL, 2022).

Comparando os valores propostos pela população, representados pelos entrevistados na pesquisa, quanto ao consumo per capita (Figura 10.13), infere-se que quem utiliza mais água não quer pagar mais pelo seu uso. Ou seja, o valor da tarifa é, de fato, um mecanismo de regulação do uso de água, podendo evitar desperdícios (FONSECA; GABRIEL, 2015).

Filho *et al.* (2003) concluíram em um estudo que utilizou o MVC para estimar a DAP pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em João Pessoa, PB, que a disponibilidade a pagar dos consumidores situa-se em um nível acima da tarifa que era praticada na época. O mesmo foi observado no estudo com base no município de Ouro Preto, uma vez que a DAP média encontrada (R\$4,93 pelo metro cúbico de água consumida) ficou acima da média do valor atual cobrado pela concessionária SANEOURO, que é de R\$3,09 (índice IN005 - dados de 2022), sendo este valor inferior à média. Já Gonçalves *et al.* (2011) verificaram, em um estudo sobre a estimativa da tarifa econômica a ser cobrada no mercado de água rural londrinense por meio de MVC, que a DAP média pela água foi de 0,15 pelo metro cúbico, valor bem inferior ao encontrado no município de Ouro Preto (FILHO *et al.*, 2003; GONÇALVES *et al.*, 2011).

Há de se ponderar, no entanto, que o perfil dos entrevistados pode não refletir a população ouropretana. De acordo com dados do IBGE 2022, a renda média dos cidadãos da cidade histórica é de 3,1 salários mínimos, contra 3,7 calculados por média ponderada na pesquisa realizada (por faixa de renda); mais de 94% das residências são de casas, enquanto dos entrevistados, a porcentagem era de 91%; 51% da população de mulheres, enquanto que no estudo 41% dos entrevistados eram mulheres; e o maior número de entrevistas (entre 29-38

anos) não é a faixa populacional com maior número de indivíduos em Ouro Preto (representa cerca de 19% da população, contra 21% até 30 anos, 23% acima de 60). Assim, poderia haver respostas que não descrevem adequadamente a população ouropretano, porém pode servir como embasamento para tomada de decisões.

Diante da avaliação do DAP obtido, com base na metodologia do MVC empregada, além das respostas obtidas, verifica-se que falta interlocução e informação entre os agentes envolvidos (usuários, concessionária e prefeitura). A divulgação dos custos para fornecimento de água e das tarifas médias cobradas podem auxiliar no entendimento dos valores praticados. Os informes da importância da micromedição e do tratamento de água, somado à ciência da população sobre o planejamento e do andamento de obras de melhoria da infraestrutura, e do conhecimento do aumento da eficiência dos serviços de fornecimento de água (redução das perdas) também trariam benefícios na relação entre as partes.

A tarifa média cobrada pela empresa (soma das receitas dividido pelo volume fornecido de água) não é superior à média praticada no país e nem na região sudeste, porém possui valores em faixas superiores (sobretudo acima de 15 m³) maiores do que as de outras empresas. Ainda que haja mais investimentos do que, em comparação com concessionárias públicas, sobretudo municipais, caso da antiga SEMAE, acredita-se haver margem para discussão em relação aos valores praticados (nos estratos de maior consumo) e quanto às taxas de esgoto, dada ao baixo atendimento com coleta e tratamento de esgotos. Talvez um programa de redução da tarifa e benefícios para usuários que conseguirem economizar na demanda mensal de água em sua residência possa ser estudado.

11. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que:

- Houve baixa participação da população de Ouro Preto-MG, em função da polêmica da micromedição no município;
- O consumo reduziu após hidrometração (apesar da grande maioria de respostas indicar que não haviam reduzido a demanda de água);
- Verifica-se haver influência de características socioeconômicas no consumo e na propensão em realizar economia;

- A população mais velha economiza mais água e tem maior aceitação em relação à mudança na forma de cobrança (micromedição), enquanto que a parcela dos entrevistados de menor renda utiliza mais água e está mais disposta a pagar mais pelo m³ consumido;
- O maior nível de escolaridade resulta em maior concordância com a hidromedidação, ao mesmo tempo que quem apresenta maior consumo per capita, quer pagar menos pela água;
- O valor médio considerado justo por m³ (R\$ 4,93) é maior do que cobrado nas cidades sugeridas como modelo de cobrança e do que os praticados pela concessionária atual; que possui tarifas mais elevadas para faixas de maior consumo;
- Características do município (número de distritos, cidade histórica e tubulações antigas) poderiam justificar os preços por faixa de consumo mais avaliados (sobretudo acima de 15 m³), porém uma revisão pode ser feita em consulta e participação da população;
- Os resultados obtidos pelo reduzido número de entrevistados (22) pode não refletir o perfil da população ouropretana, no entanto pode servir como embasamento para futuras ações.

12. CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos dados obtidos através da implantação da micromedição de água no município de Ouro Preto, foi possível observar melhorias significativas no sistema de saneamento. Houve uma redução notável no consumo per capita de água e no volume per capita de esgoto coletado. Além disso, o coeficiente de retorno aumentou, indicando uma melhor relação entre o volume de água utilizado e o volume de esgoto coletado. Por outro lado, também foi identificado um aumento nas perdas por distribuição, porém, com a redução nas perdas lineares e por faturamento, sem diferença detectada nas perdas por ligações ativas. Foi constatado aumento nos valores cobrados pela prestação de serviços de saneamento à população, que deixaram de pagar uma taxa fixa.

Para o futuro, recomenda-se continuar com a avaliação nos anos seguintes, visto que as mudanças no setor de saneamento costumam ser graduais. Também é importante investigar as possíveis discrepâncias entre os dados divulgados no portal do SNIS e os fornecidos pela concessionária, assim como avaliar as adaptações no novo Plano Municipal de Saneamento Básico em andamento, levando em consideração a micromedição, o novo Marco de Saneamento e a importância da economia de água.

Em relação à percepção da população de Ouro Preto, foi observada uma baixa adesão à pesquisa aplicada devido à controvérsia em torno da micromedição. Embora o consumo de água tenha diminuído após a medição individual, alguns respondentes relataram não ter reduzido a demanda. A análise demonstrou haver influência de características socioeconômicas na aceitação da alteração da forma de cobrança e na disposição a pagar pelo serviço, tais como idade, escolaridade, renda e tipo de imóvel. O valor médio considerado justo por metro cúbico de água (R\$4,93) é maior do que em cidades com modelos de cobrança semelhantes e do que os valores médios praticados atualmente pela concessionária, que cobra tarifas mais altas para faixas de consumo maiores. As peculiaridades do município, como o número de distritos, sua natureza histórica e a presença de tubulações antigas, podem justificar os preços mais elevados cobrados por faixa de consumo (sobretudo acima de 15 m³), mas é importante revisar isso com a participação da comunidade e com programas que visem conscientizar e reduzir a demanda de água.

REFERÊNCIAS

- ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água: posicionamento e contribuições técnicas da ABES**. ABES, Rio de Janeiro, 95p., 2015.
- ABES. **Consumo de água por habitante no Brasil é estável**. Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária. 2020. Acesso em <http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clipping/ler/2154/consumo-de-agua-por-habitante-no-brasil-e-estavel>.
- ABES. **Política Nacional dos Recursos Hídricos Completa 20 Anos**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2017. Acesso em <https://abes-es.org.br/politica-nacional-de-recursos-hidricos-completa-20-anos/>.
- AGUIRRE, A., FARIA, D.M.C.P. Avaliação contingente de investimentos ambientais: um estudo de caso. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 85-109, 1996.
- ALBUQUERQUE, E. M.; et al. **Indicadores de perdas hídricas: instrumento de avaliação do desempenho na prestação de serviço de abastecimento**. 30º congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental de Sanitária, ABES. Anais eletrônicos abes. Natal, RN, p. 1-11, 2019.
- ALEGRE, H. et al. **Indicadores de Desempenho Para Serviços de Abastecimento de Água Lisboa**. Série Guias Técnicos. Lisboa: LNEC, 2004.
- ALZHRANI, F.; et al. Drinking water quality impacts on health care expenditures in the United States. **Water Resources and Economics**. Volume 32, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2020.100162>.
- ANA, 2021. **Usos consuntivos de água no Brasil**. Acesso em <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNmFhMjA4NmQtY2Y4Yy00OWE4LTkyNzEtOTk2MTY4MTQzMThlIiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTkyN2ZjZDFiYWY4OCJ9>.
- ANA. **Usos da água**. Agência Nacional das Águas. 2019. Acesso em <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua>.
- ANDRADE, T. A; et al. Saneamento urbano: a demanda residencial por água. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 25 n. 3 p 427-448. 1995.
- ARAÚJO; Flávia Catargo de; et al. **Saneamento Básico no Brasil: estrutura tarifária e regulação. Planejamento e políticas públicas**. n. 55, p. 165-202. 2018.
- ARBUÉS, F.; et al. Estimation of residential water demand: a state-of-the art review. **Journal of Socio-Economics** v. 3, p 81-102. 2003.
- BARBOSA, C.C. **Avaliação da qualidade de água do sistema Itacolomi em Ouro Preto/MG**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da UFOP. Ouro Preto, MG, 2003.

BASTOS, et al. **Tarifas de Água e Esgotos em Ouro Preto: uma crítica sob a ótica dos direitos humanos**. Ondas, 2022.

BELLUZZO JR., W. **Valoração de bens públicos: o método de valoração contingente** São Paulo. USP, 1995. 151 p. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade de São Paulo, 1995.

BENINI, S. M., et al. Considerações sobre o tratamento da água e esgoto na cidade Contemporânea. **Revista Científica ANAP Brasil**. ISSN 1984-3240 - v 14, n. 33, p 65-73. 2021. UNESP, Brasil.

BERTUSSI, Geovana Lorena Bertussi; et al. Saneamento básico no brasil: estrutura tarifária e regulação. **Planejamento e Políticas Públicas - PPP**, n. 51, p. 165-202. 2023.

BETTENCOURT, P., Fulgêncio, C., Grade, M., & Wasserman, J. C. (2021). **A comparison between the European and the Brazilian models for management and diagnosis of river basins**. *Water Policy*, n.1, v. 1, p 58-76. <http://dx.doi.org/10.2166/wp.2021.204>.

BILLINGS, R. B; et al. Demand Management Factors in Residential Water Use: The Southern Arizona Experience. **Journal - American Water Works Association**. 1987. v.1, p-1-33.

BRASIL, 2007. **Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Diário Oficial da União, Brasília, 2007.

BRASIL, s.d. **Saneamento básico**. 2016. Acesso em <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/agencias-infranacionais>.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2014**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CNRH N° 40, de 21 de março de 2012. Estabelece critérios gerais para outorga de lançamento de efluentes com fins de diluição em corpos de água superficiais**. 2012.

BRITO, et al. Valoração contingente como instrumento para análise socioambiental do valor de acesso: o caso do Parque das Andreas em Pacatuba (CE). **Revista Brasileira de Ecoturismo**. V.13, n.2, p.240-254. 2020.

BUTLER D. Leakage Detection and Management. UK Palmer Environmental. Cwmbran, UK. 2000. v.1, p-1-37.

CAMARA DOS VEREADORES DE OURO PRETO. **Projeto de Lei Ordinária, 2020**. Disponível em <http://189.90.245.99/arquivos/sismat/00000029914.pdf>

CAMARA LEGISLATIVA. **Instrumentos de Gestão das Águas. Estudos Estratégicos**. Brasília, 2015. Disponível em https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudios/pdf/instrumentos_gestao_aguas.pdf.

CARRILLO, Paul; et al. **Turn off the faucet: Solving excess water consumption with individual meters.** IDB Working Paper Series, No. IDB-WP-1152, Inter-American Development Bank (IDB), Washington, DC. 2020. <https://doi.org/10.18235/0003719>.

CARSON, R. T. **Contingent Valuation: A Practical Alternative when prices aren't available.** Journal of Economic Perspectives. v. 26, n. 4, p. 27 -42, 2012.

CBH RIO DAS VELHAS. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio das Velhas.** Unidade Territorial Estratégica Nascentes. 2015.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Guia orientativo das normas de conservação de água, fontes alternativas não potáveis e aproveitamento de água de chuva em edificações.** Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília, DF. 2019.

CELY-CALIXTO, et al. Physical parameters for the estimation of the return coefficient in the sewer of the La Chivera watershed. **Journal os Physics Conference Series.** v.21, p.1-7. 2021.

CESAMA. **Dados históricos. 2024.** <https://www.cesama.com.br/a-cesama/historico>.

CETESB. **O problema da escassez de água no mundo.** 2023. Acesso em <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/tpos-de-agua/o-problema-da-escasez-de-agua-no-mundo/>.

CIRINO et. al. **Valoração contingente da Área de Proteção Ambiental (APA) São José - MG: um estudo de caso.** PESR, Piracicaba, SP, vol. 46, p. 647-672. 1995.

CISAB. **Estudo de tarifa.** 2017. Acesso em <https://www.cisab.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Estudo-Tarif%C3%A1rio-de-Mariana-definitivo.pdf>.

CLIMATE-DATA, 2021. **Clima Ouro Preto – Brasil.** Clima – Data.org. 2021.

COELHO, A.C. **Medição de água e controle de perdas.** Rio de Janeiro: ABES, 1983.

CONEJO, J.G.L; et al. **Medidas de redução de perdas elementos para planejamento.** Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretaria de Política Urbana, 31p. Brasília, 1999.

CONSTITUIÇÃO FEDERAL. **Trechos Selecionados.** 1988. Acesso em <https://www.dnmpm-pe.gov.br/Legisla/CF.htm>.

COPASA. **Municípios atendidos.** 2024. Acesso em <https://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/a-copasa/area-de-atuacao>.

CÔRTEZ, Larissa Silveira; et al. Impacto da privatização da água e do esgoto nas tarifas e no acesso aos serviços no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos da População.** V.40, p.1-27. 2023. <http://dx.doi.org/10.20947/S0102-3098a0256>.

COSTA. C. C. R.; PASQUALETTO, A. **Estimativa dos tipos de Perdas de Água Pelo Método Balanço Hídrico no Sistema de Abastecimento de Goiatuba, Goiás.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27. 2013, Goiânia. Anais. Goiânia: ABES, 2013.

- CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. 15. ed. São Paulo: Saraiva, 1997.
- D'ODORICO, Paolo; et al. **Health of People, Health of Planet and Our Responsibility. Sustaining Water Resources**. Hapter 12. Climate change, air and pollution. V.1, p.1-414.
- DOU. Portaria Nº 583, de 30 de março de 2021. **Diário Oficial da União. Ministério do Desenvolvimento Regional/Gabinete do Ministro**. 2021.
- DU PLESSIS, Anja. (2019). **Water as a Source of Conflict and Global Risk: Current Global Water Availability**. Quality and Risks with a Specific Focus on South Africa. 10.1007/978-3-030-03186-2_6.
- ELMAHDY; et al. Land Use/Land Cover Changes Impact on Groundwater Level and Quality in the Northern Part of the United Arab Emirates. **JOUR**. v.12, p.1-12. 2020.
- EUSTAQUIO, Bruno; et al. Rethinking Brasília's water services: 'new targets' using the regulatory impact assessment (RIA) tool. **Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development**, v.7, p.7-29, doi: 10.2166/WASHDEV.2019.088. 2019.
- FARIA, R.C., NOGUEIRA, J.M. **Método de valoração contingente: aspectos teóricos e testes empíricos Brasília, 1998**. Academia.edu. (Mimeogr.), p.1-37. 2.000.
- FILHO; Alencar, et al. Valoração contingente de ativos ambientais: uma aplicação do método na área diretamente afetada pela pequena central hidrelétrica - PHC Kotzian. **Revista Economia e Desenvolvimento**. n.25, v.1, p.1-20. Júlio de Castilhos, RS. 2013.
- FONSECA, Alberto de Freitas Castro; et al. **Ouro Preto, Água Limpa: O Abastecimento Doméstico de Água no Epicentro do Ciclo do Ouro**. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 13 n.3 p.1-27. 2008.
- FONSECA; Alberto; et al. Análise da influência da tarifação em seis indicadores operacionais e de qualidade dos serviços de abastecimento de água no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.20, n.2, p.219-224. 2015.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água**. 2.^a ed. Brasília: FUNASA,2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/reducao_de_perdas_em_saa74.pdf>.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água**. 2.^a ed. Brasília: FUNASA,2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/reducao_de_perdas_em_saa74.pdf>.
- GALILE. **Turismo é renda e vocação: Ouro Preto divulga mapeamento do setor**. 2024. Acesso em <https://galile.com.br/turismo-e-renda-e-vocacao-ouro-preto-divulga-mapeamento-do-setor/>.
- GANDI; et al. This water is all ours: Water demand and civil conflicts. **Research in Economics**. v.76, n.1, p.2-76. 2022.
- GENTIL, Luiz; et al. The use of social networks as a strategy to reduce water consumption. 2020. **Sustainable Water Resources Management**. v.6, n.2, p.1-6.

GIFE. **Crise hídrica: Brasil já perdeu um Nordeste e meio de água. Grupo de Institutos, Fundações e Empresas.** 2021. Acesso em <https://gife.org.br/crise-hidrica-brasil-ja-perdeu-um-nordeste-e-meio-de-agua/#:~:text=Os%20sistemas%20nacionais%20perdem%2C%20em,%2C%2030%25%20da%20popula%C3%A7%C3%A3o%20brasileira.>

GO Associados. **Estudo de perdas de água do instituto trata Brasil de 2022 (SNIS 2020): desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico no Brasil.** São Paulo, 30 de maio de 2022. Acesso em https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Relatorio_Completo.pdf.

GOMES, Sara Helena Raupp; et al. Modelagem sazonal da qualidade da água do Rio dos Sinos/RS utilizando o modelo QUAL-UFGM. **Engenharia Sanitária Ambiental.** v. 23, n.2, p.275-285. 2018.

GONÇALVES, Ricardo Franci; et al. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água.** Rio de Janeiro: ABES. 2009.

GONÇALVES, Thiago João. **Avaliação do Plano Municipal de Saneamento Básico de Ouro Preto - Minas Gerais. 2022.** 140 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental) – Núcleo de Pesquisas e Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

GOSLING, Marlusa. **Popularidade das marcas e interação do Facebook.** In: ENCONTRO DE MARKETING DA ANPAD. Anais eletrônicos. Curitiba, 2012.

GOVE. **Perdas de água no Brasil: qual o cenário atual e quais medidas podem ser tomadas pelos gestores públicos municipais para promover uma maior sustentabilidade na oferta do recurso?** 2020. Disponível em <https://www.gove.digital/outras-tematicas/perdas-de-agua/>.

GRESPLAN; et al. Assessment of water consumption in households using statistical analysis and regression trees. **Sustainable Cities and Society.** v.87, n.2, p.104-186. 2022.

GUILARDUCCI, et al. **Panorama atual do saneamento básico no Brasil – oportunidades para a iniciativa privada.** iNFRADebate. 2023. Acesso em <https://agenciainfra.com/blog/infradebate-panorama-atual-do-saneamento-basico-no-brasil-oportunidades-para-iniciativa-privada/>.

GUILARDUCCI, Luiz; et al. **Panorama atual do saneamento básico no Brasil – oportunidades para a iniciativa privada.** Agência Infra. Acesso em <https://agenciainfra.com/blog/infradebate-panorama-atual-do-saneamento-basico-no-brasil-oportunidades-para-iniciativa-privada/>.

GUNASEKARA; et al. Water Conflict Risk due to Water Resource Availability and Unequal Distribution. **Water Resources Management.** v. 28, n.2, p.1-26. 2014.

HASAN; et al. Does the Household Save Water? Evidence from Behavioral Analysis. **Sustainability.** v. 13, n.1, p.1-20. 2021.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de Água Para Consumo Humano**. Volume 2. 2016.

HUSSAIN, M.S.; et al. Management of Seawater Intrusion in Coastal Aquifers: A Review. **Water**. v. 11, p.24-67.2019.

IGA/CETEC. **Relatório de Desenvolvimento Ambiental de Ouro Preto**. Microbacia do Ribeirão Funil - MG. 1993.

ILHA, M.; et al. Sistemas de medição individualizada de água: como determinar as vazões de projeto para a especificação dos hidrômetros. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.15, n.2. p. 1-36. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Dados Ouro Preto**. 2022. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ouro-preto/panorama>.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Avaliação da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2020: resumo executivo anual**. Belo Horizonte: Igam, 2021. Acesso em <http://repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/4001>.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Enquadramento dos Corpos de Água em Classes, segundo seus usos preponderantes**. 2023. Acesso em <http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/enquadramento>.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento**. 2022. Acesso em <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/11/Beneficios-economicos-do-saneamento-no-Brasil.pdf>.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Perdas de água potável (ano base 2019): Desafios para a disponibilidade hídrica e ao avanço da eficiência do saneamento básico**. 2021.

IPHAN. **Mapa do Patrimônio Cultural do Brasil. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional Ouro Preto**. 2014.

JACK, B. Kelsey; et al. Environmental externalities and free-riding in the household. **Journal of Development Economics**. v. 170, n.2, p.1-32. 2024.

JAYACHANDRAN, K; et al. Environmental externalities and free-riding in the household. Working Paper 24192, **National Bureau of Economic Research**. v.1, n.1, p.1-70. 2018.

JÚNIOR; Galvão. Regulação e universalização da prestação dos serviços de abastecimento de água. **Água e Sociedade**. Paranoá, Brasília, v. 10, n.2, p. 49-58, 2013.

KANDANANOND, Karin. The application of water footprint and six-sigma method to reduce the water consumption in an organization. **International Journal of Geomate**, v.25, n3, p1-67. 2019.

KNUTSON. Water and energy savings from greywater reuse: a modelling scheme using disaggregated consumption data. **International Journal of Energy and water Resources**, v.5, n.5 p.1-36. 2021.

KROCOVÁ; et al. Water supply systems and their influence on increasing operational safety in industry. **Perspectives in Science**, v. 7, n.3, p. 1-37. 2016.

KUMAR; et al. Key determinants of adoption of soil and water conservation measures: A review. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.91, n.3, p.1-15. 2021.

KUSTERKO et al. Gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água: uma abordagem construtivista. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n.3, p615-626. 2017.

LEÃO, N. F. et al. **A importância da implantação de um projeto de micromedição para o desenvolvimento de uma política de gestão, controle e redução de perdas**. Anais do 24º Congresso Brasileiro da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. 2007.

LIMA et al. Sistema de medição individualizada de água. Estudo de caso de edifício comercial em São Paulo. **Periódicos técnicos e científicos Cidades Verdes**, v. 7, n.2, p.1-67. 2016.

LIMA; et al. Previsão de demanda de água: uma revisão de literatura Water demand forecast: a literature review. **Research, Society and Development**, v.12, n.1, p.244-432. 2023.

LIPTON, D. W.; et al. **Economic Valuation of Natural Resources: a Handbook for Coastal Resource Policymakers**. Weiher R.F. US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Coastal Ocean Office; US: 1995.

MALE, J.H.; et al. Identifying and Reducing Losses in Water Distribution Systems. **Noyes Publications**, v.7, n.1, p.523-625. 1985.

MANZANO, Castillo; et al. How much does water consumption drop when each household takes charge of its own consumption? The case of the city of Seville. **Applied Economics**, v.45, n.3, p.1-69. 2013.

MARIANO, Raul. **Ouro Preto ostenta riqueza que vem da cultura e do minério**. 2021. Acessado em <https://www.hojeemdia.com.br/economiaefinancas/ouro-preto-ostenta-riqueza-que-vem-da-cultura-e-do-minerio-1.273573>.

MARTINS, Bruno; BAKER, Daniel; MOTA, Matheus; PINHO, Vinícius do. **Riquezas Minerais do Solo Ouro-Pretano**. 2011. Acessado em <http://fisioloquimica.blogspot.com/2011/09/minerais-de-ouro-preto.html>.

MENDES, Andressa Souza; et al. **Individual Measurement and use of water in Residential Buildings**. Faculdades Integradas do Norte de Minas - FUNORTE . Revista Desenvolvimento Social No 14/01, 2015. (ISSN 2179-6807) - 95.

MENDONÇA, S. R. **Manual reparador de medidores de água**. São Paulo: CETESB, 1975.

MINAS GERAIS. **Comitê de Bacias Hidrográficas**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. 2022. Acessado em <http://www.igam.mg.gov.br/sistema-de-gerenciamento/comites-de-bacias-hidrograficas>.

MORAES, et al. Estudo sistemático da carga poluidora do efluente do Restaurante Universitário da UFPa: I-Determinação do coeficiente de retorno e consumo per capita de efluente. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n.2, p. 512-533. 2021.

- MORUZZI; LEÃO. Estimativa da correção do coeficiente de retorno de esgoto sanitário em habitações com sistemas de aproveitamento de água pluvial: estudo de caso da cidade de Bauru, SP. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.24, n.3, p.71-90. 2019.
- MOTA, et al. Demanda contingente por água no Distrito Federal do Brasil. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 15, n.2, p.31-42. 2010.
- MOURA, Eulina Maria de; et al. **Abordagem sobre Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento: Breve Explicação sobre os Tipos e Principais Causas**. In: IV SEREA-Seminário Hispano-brasileiro sobre sistemas de abastecimento urbano de água, 2004, João Pessoa. IV SEREA- Seminário Hispano-brasileiro sobre sistemas de abastecimento urbano de água. 2004.
- MOURA; et al. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.25, n.3, p.791-808.2020.
- OLIVEIRA; et al. Impactos da pandemia da covid-19 no turismo de ouro preto – MG. **Anais Brasileiros de Estudos Turísticos**, v.11, n1, p.1-18. 2021a.
- OLIVEIRA; et al. O impacto da pandemia do novo coronavírus no setor de eventos de Ouro Preto (MG). **Revista Iberoamericana De Turismo**, v.11, n.2, p.42-68. 2021b.
- OSTA, M. E. L.; SOUZA, R. A. T. de M. e; RIBEIRO, A. R.; PASA, M. C. Respostas de protesto na disposição a pagar espontânea e induzida nas técnicas de lances livres e referendo pelo método de valoração contingente. **Biodiversidade**, v.14, n.1, p. 117-144, 2015.
- PAUL, CARRILLO E.; Contreras, Ivette; Scartascini, Carlos G. **Turn off the faucet: Solving excess water consumption with individual meters**. IDB Working Paper Series, No. 2021. IDB-WP-1152, Inter-American Development Bank (IDB), Washington, DC, <https://doi.org/10.18235/0003719>.
- PAULINO, Margareth Péret. **Alternativas de Concepção e Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água de Cidades que Utilizam Vários Mananciais – Caso Ouro Preto, MG**. Dissertação de Mestrado de Engenharia Ambiental. UFOP. 2005.
- PEDROSA, Valmir de Albuquerque; et al. **Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água na cidade de Maceió**. In: VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004, São Luís.
- PENA. 2021. **Tarifas de Água e Esgoto na Região dos Inconfidentes – Parte III. Agência Primaz**. Acesso em https://www.agenciaprimaz.com.br/2021/06/06/tarifas-de-agua-e-esgoto-na-regiao-dos-inconfidentes-parte-iii/#google_vignette.
- PEREIRA, Leticia Guimarães. **O tratamento de esgoto em ouro preto: aspectos históricos e técnicos dos séculos XIX ao XXI**. Trabalho de monografia. Universidade Federal de Ouro Preto. 2018.
- PMOP. **Cadastro dos Córregos de Ouro Preto**. Secretaria Municipal de Obras. Prefeitura Municipal de Ouro Preto. 2001.
- PMSB MÉDIO SÃO FRANCISCO. **Relatório Final do Plano Municipal de Saneamento Básico de Ouro Preto**. Prefeitura Municipal de Ouro Preto. 2020.

PMSB OURO PRETO. **Planos Municipais de Saneamento Básico para a Região do Médio São Francisco (Ubaí, Campo Alegre de Lourdes, Pilão Arcado, Morro do Chapéu, São Gabriel, João Dourado) na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.** Belo Horizonte, 2013.

PREFEITURA DE OURO PRETO. **A cidade: história.** Disponível em <https://www.ouropreto.mg.gov.br/historia>

REAL FM. **Representante da SANEOURO confirma que a empresa está apta a cobrar água por consumo em Ouro Preto.** 2022. Acessado em <http://www.real.fm.br/noticia/1752/representante-da-saneouro-confirma-que-a-empresa-esta-apta-a-cobrar-agua-por-consumo-em-ouro-preto>.

ROCHA, Romero; et al. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Cadernos de Saúde Pública**, v.18, n.2, p.35-87. BNDES. 2021.

SÁ, Clarissa Campos. **A importância da micromedição no combate às perdas de água - estudo da Hidrometração da companhia águas de Joinville.** Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de mestrado. Florianópolis –SC, 2007.

SAAE-MARIANA. **Tarifas.** 2024. Acesso em <https://saaemariana.mg.gov.br/o-saae/>.

SAMOTRACIA. **Tratando a água e respeitando a vida.** 2024 <https://samotracia.com.br/empresa/>.

SANCHEZ, Antonio. **Panorama: Mesmo sendo a primeira cidade com saneamento básico do Brasil, tratamento e abastecimento em Ouro Preto são precários.** RADIO REAL FM. Ouro Preto. 2021.

SANEAGO – Companhia de Saneamento de Goiás. **Resolução Normativa 203, de 27 de fevereiro de 2023.** Agência goiana de regulação, controle e fiscalização de serviços públicos. Estado de Goiás. Acesso em https://www.saneago.com.br/2022/arquivos/Res_Normativa_0203_2023.pdf.

SANEOURO. **Clientes residenciais terão subsídio nas faturas de água.** 2024. Acesso em <https://www.saneouro.com.br/noticias/clientes-residenciais-terao-subsidio-nasfaturas-de-agua/>.

SANEOURO. **Legislação e tarifas.** 2024. Acesso em <https://www.saneouro.com.br/legislacao-e-tarifas/>.

SANEOURO. **SANEOURO na mídia.** 2023. Disponível em <http://www.saneouro.com.br/saneouro-midia/>

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A Cluster Analysis Method for Grouping Means in the Analysis of Variance. **Biometrics**, v 30, n. 3, p. 507–512. 1974.

SILVA; CARNIEL. Study of the correlation between Covid-19 cases and deaths and basic sanitation in Brazil: Is this a possible secondary route of virus transmission? **Journal of Hazardous Materials Advances**, v.8. n1, p.587-752.

SILVA; et al. Coronavirus disease and basic sanitation: too early to be worried? **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.53, n.1, p.356-372. 2020b.

SILVA; et al. Valoração contingente do Parque Chico Mendes: uma aplicação probabilística do método Referendum com bidding games. **Revista de Economia e Sociologia Rural.**, v.42, n1, p.685-708. 2020a.

SILVA; Fábio Garcia; et al. Aspectos regulatórios e seus efeitos no setor de água e esgoto do Brasil. **Revista de Defesa da Concorrência**, v. 11, n.1, p.127-148. 2023.

SINGH, SU; et al. A systematic literature review of speech emotion recognition approaches. **Speech Commun.** v.154, p.11-29. 2022.

SNIS, SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto. Ministério do Desenvolvimento Regional.** Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. 2018.

SNIS, SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Panorama do saneamento básico no Brasil.** 2021. Acesso em em http://antigo.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASIC_O_NO_BRASIL_SNIS_2021.pdf.

SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto. Ministério do Desenvolvimento Regional.** Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. 2018.

SNIS. **Séries históricas.** 2023. Acesso em <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>.

SNSA. **Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento.** Guia do profissional em treinamento, nível 2. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Salvador, 2008.

SOUTH TAWARA. **Economic costs of inadequate water and sanitation: South Tarawa, Kiribati. Mandaluyong City, Philippines.** Asian Development Bank. 2013.

SOUZA, Gabriela Nery; et al. **Análise da correlação da micromedição, do consumo e das perdas de água, e da produção de esgoto per capita, com base nos municípios mineiros com porcentagens de 0% e 100% de hidrometração.** 20º Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. 2023.

SUCKOV; et al. **The influence of environmental factors on the development of agricultural production.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022.

TAMAKI, Humberto Oyamada; et al. A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais: estudo de caso na Universidade de São Paulo. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.** Porto Alegre.v.6, n.1, p1-75. 2006.

TARDELLI FILHO, J. **Controle e redução de perdas.** In: TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 4º. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, p. 457-525.2006.

TARDELLI, Jairo. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. **Revista Dae**, [S.L.], v. 64, n. 201, p. 6-20, 2015.

TNC. Coalizão cidades pela água. **The Nature Conservancy**. V3, n1 , p.1-32. 2020.

TOURINHO, Marcos; et al. Productivity change in Brazilian water services: A benchmarking study of national and regional trends. **Socio-economic Planning Sciences**, v.21, n.3, p.1-52. 2022.

TRATABRASIL. **Metade das perdas de água potável diárias no Brasil ocorre na Região Sudeste**. 2022. Acesso em https://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/Perdas_d%C3%A1gua/Release_Regi%C3%A3o_Sudeste_-_Perdas_de_agua_2021.pdf.

TSUTIYA, M. T. **Concepção de sistemas de abastecimento de água**. In: TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 4. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VALENTE, Liselle Moura; et al. **Condições do Saneamento Básico na Cidade Histórica de Ouro Preto**. Encontro Técnico AESABESP. 29º Congresso Nacional de Saneamento de Saneamento e Meio Ambiente. 2018.

VERCELLI, A. A perspective on Minsky moments: revisiting the core of the financial instability hypothesis. **Review of Political Economy**, v. 23, n. 1, p. 49-67, 2011.

VIANA, Lee Anderson Gomes; et al. O abastecimento de água e esgotamento sanitário brasileiro: a atuação das empresas públicas e privadas entre 2008 e 2018. **RRCF**, Fortaleza, v.12, n.3, p.1-55. 2021.

VIEIRA; et al. The ambivalent role of water at the origins of life. **REVIEW ARTICLE. FEBS LETTERS**, v5, n1 , p.599-623. 2020.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. V.01. Minas Gerais: ABES, 1995.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Inheriting a sustainable world? Atlas on children's health and the environment**. Geneva. 2017.

WPR. **Bathing Habits by Country**. 2024. Acesso em <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/bathing-habits-by-country>.

XIN, Hui; et al. Domestic Water Usage and Conservation. **Journal Article**. V13, n2 , p.352-523. 2015.

YAMADA, E. S.; PRADO, R. T. A.; IOSHIMOTO, E. **Os impactos do sistema de medição individualizada de água**. São Paulo: EPUSP, 2001.

YASSUDA E. R.; et al. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 2 ed. São Paulo: CETESB, 1976.

ANEXO I

O formulário aplicado à população de Ouro Preto se encontra exposto abaixo:

QUESTIONÁRIO: A COBRANÇA DA ÁGUA COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL: O MARCO DA MICROMEDIÇÃO - OURO PRETO-MG

Pesquisa na área do Saneamento Ambiental

juliane.carvalho1@estudante.ufla.br [Alternar conta](#)

O questionário visa avaliar a percepção/opinião dos moradores sobre o consumo e a mudança na forma de cobrança do consumo de água no município.

Os dados serão estritamente utilizados para fins científicos e de pesquisa e serão analisados de forma conjunta, sem identificação individual dos colaboradores que responderam ao questionário.

A pesquisa é parte da dissertação de mestrado da discente Juliane Caputo (juliane.carvalho1@estudante.ufla.br), estudante da Universidade Federal de Lavras.

Para eventuais dúvidas ou esclarecimentos, favor entrar em contato com a discente.

OBS.: Para manter o anonimato das dúvidas e esclarecimentos, foi criado o e-mail login: questionariosaneamentoufla@gmail.com; senha:questionario2024). Acesse e envie e-mail para a pesquisadora, com conteúdo a respeito de sua dúvida.

Uma sessão de dúvidas e respostas foi criada no site do PPGEAMB ([link](#)) para responder aos questionamentos feitos por e-mail.

Projeto de Pesquisa Referência CAAE (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética) [74814323.3.0000.5148](#) da [Plataforma Brasil](#) e aprovado em 27/10/2023 pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Lavras (A COBRANÇA DA ÁGUA COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL: O MARCO DA MICROMEDIÇÃO). Número do Parecer: 6.468.460

* Indica uma pergunta obrigatória

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário(a), em uma pesquisa científica relacionada ao consumo de água, sendo facultativa (não obrigatória) a sua participação.

Após leitura deste texto, você deverá selecionar a opção correspondente ao final (ACEITO PARTICIPAR ou NÃO ACEITO PARTICIPAR). A seguir haverá informações a respeito do estudo, tais como: objetivos, metodologias, riscos e benefícios, dentre outras informações.

Este TCLE se refere ao projeto de pesquisa “A COBRANÇA DA ÁGUA COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL: O MARCO DA MICROMEDIÇÃO”, cujo objetivo é “avaliar a

percepção/opinião dos moradores sobre o consumo e a mudança na forma de cobrança do consumo de água no município". Para ter uma cópia deste TCLE, você poderá imprimi-lo, o documento completo está disponível no [link](#).

A pesquisa será realizada por meio de um questionário online, constituído por **“ATÉ 23 PERGUNTAS (dependendo da resposta, menos perguntas serão atribuídas - não se preocupe com a numeração das questões)**, relacionadas a *perfil do entrevistado, dados de consumo de água e avaliação quanto à prestação de serviço (fornecimento de água)*". Estima-se que você precisará de aproximadamente **“20 minutos**". A precisão de suas respostas é determinante para a qualidade da pesquisa.

O questionário estará disponível para ser respondido entre os dias 01/11 de 2023 e 15/12 de 2023.

Após leitura do TCLE, você:*

ACEITA PARTICIPAR

NÃO ACEITO PARTICIPAR

Perfil dos entrevistados

(Informações são confidenciais, não sendo associadas a e-mail ou nome)

1. Qual é o gênero que você se identifica?*

- Feminino
- Masculino
- Outro
- Prefiro não informar

2. Qual é a sua faixa etária?*

- Entre 18 a 28 anos
- Entre 29 a 38 anos
- Entre 39 a 48 anos
- Entre 49 a 60 anos
- Acima de 60 anos

3. Qual a sua faixa salarial mensal?*

- Um salário mínimo
- Entre 2 a 3 salários mínimos
- Entre 4 a 5 salários mínimos
- Entre 6 a 7 salários mínimos
- Mais que 7 salários mínimos

4. Qual o seu grau de escolaridade?*

- Sem instrução
- Ensino primário completo
- Ensino fundamental completo
- Ensino médio completo
- Ensino superior completo
- Pós Graduação completa
- Prefiro não informar

5. Quantas pessoas moram com você?*

- Somente eu
- Uma pessoa mora comigo
- Duas pessoas moram comigo

- Três pessoas moram comigo
- Quatro pessoas ou mais moram comigo

6. Você mora em casa ou apartamento?*

- Casa
- Apartamento

7. O imóvel que você mora é:*

- Próprio
- Alugado

8. Em quantos dias da semana você faz utilização de água (há consumo de água) em sua residência?*

- Um dia da semana
- Dois dias da semana
- Três dias da semana
- Quatro dias da semana
- Cinco dias da semana ou mais

9. Qual o valor médio mensal aproximado da sua conta de água antes do início da micromedicação (cobrança por medição do hidrômetro) ?*

Sua resposta

10. Qual era o seu consumo médio de água mensal no período de simulação da cobrança?*

Sua resposta

11. Após a implementação da cobrança de água por micromedicação, quanto você passou a consumir de água mensalmente? E qual valor médio passou a pagar por mês?*

Sua resposta

12. Comparando o período de simulação e o período da cobrança efetiva da água, houve redução do consumo?*

- Sim
- Não

Medidas de redução do consumo

13. Se a resposta da pergunta anterior for sim, quais medidas foram tomadas para proporcionar a redução do volume consumido de água?

- Redução do horário do banho
- Fechamento das torneiras ao escovar os dentes ou ensaboar a louça
- Captação de água da chuva para utilização
- Implementação da descarga com válvula de duplo acionamento
- Reutilização de água da máquina de lavar
- Verificação e correção dos vazamentos existentes
- Limitação de uso da máquina de lavar roupas

- Utilização de baldes para limpeza de veículos
- Deixar de lavar as calçadas com mangueiras
- Outros

14. Se você informou "Outros" na questão anterior, informe que outras medidas foram utilizadas para redução do consumo de água.

Sua resposta

 A rectangular text input field with a light gray border. On the right side, there are three small square buttons: a top one with an upward-pointing triangle, a middle one with a downward-pointing triangle, and a bottom one with a leftward-pointing triangle. On the left side, there are two small square buttons: a top one with a leftward-pointing triangle and a bottom one with a rightward-pointing triangle. The field is currently empty.

Percepção sobre a micromedição em OP

15. Qual é a sua percepção sobre a micromedição (cobrança pela quantidade consumida) de água na cidade de Ouro Preto?*

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo

16. Na sua opinião, o valor atualmente pago pela água consumida é justo? *

- Sim
- Não

Justiça sobre a cobrança

17. Em caso de resposta "NÃO" na pergunta anterior, qual valor de cobrança, na sua opinião, seria justo pelo seu consumo de água mensal?*

Sua resposta

 A rectangular text input field with a light gray border. On the right side, there are three small square buttons: a top one with an upward-pointing triangle, a middle one with a downward-pointing triangle, and a bottom one with a leftward-pointing triangle. On the left side, there are two small square buttons: a top one with a leftward-pointing triangle and a bottom one with a rightward-pointing triangle. The field is currently empty.

Importância da micromedição

18. Qual é a sua percepção sobre o valor pago por você atualmente pelo consumo mensal de água?*

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo

19. Para você, qual a importância da micromedição da água?*

- Economia e preservação do meio ambiente
- Promoção de investimentos em infraestrutura sanitária
- Somente para promover o aumento de arrecadação da empresa
- Nenhuma importância

20. Você sabe dos benefícios de um serviço de abastecimento de água para a população?*

- Sim
- Não

Benefícios da micromedicação

21. Se respondeu sim à pergunta anterior, poderia citar algum desses benefícios?*

Sua resposta

Satisfação com o serviço prestado

22. Em sua opinião, o atual serviço prestado pela companhia de água do município é satisfatório?*

Sim

Não

Sugestões para melhoria do serviço prestado

23. Se respondeu não à pergunta anterior, o que acha que poderia ser melhorado?*

[Voltar](#)

[Enviar](#)

[Limpar formulário](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Parte inferior do formulário

Este formulário foi criado em Universidade Federal de Lavras. [Denunciar abuso](#)

Formulários

ANEXO II

Os valores médios e os testes estatísticos realizados se encontram inseridos abaixo.

2021					
AG010 (m³/mês)		AG010 (m³/mês)		AG010 (m³/mês)	
Mínimo	474.145	Caixa 1 - Transparente	512120,5	Limite superior	55316,75
Q1	512120,5	Caixa 2 - Inferior	5.606	Limite inferior	37975,50
Mediana	517.726	Caixa 3 - Superior	15.240		
Q3	532966,25	Média	522.367		
Máximo	588.283				
2022					
AG010 (m³/mês)		AG010 (m³/mês)		AG010 (m³/mês)	
Mínimo	359.000	Caixa 1 - Transparente	396384,75	Limite superior	13135,25
Q1	396384,75	Caixa 2 - Inferior	15.626	Limite inferior	37384,75
Mediana	412.011	Caixa 3 - Superior	16.877		
Q3	428887,75	Média	409.302		
Máximo	442.023				
2021					
IN022 (l/hab./dia)		IN022 (l/hab./dia)		IN022 (l/hab./dia)	
Mínimo	191,00	Caixa 1 - Transparente	206,2943648	Limite superior	20,45
Q1	206,2943648	Caixa 2 - Inferior	2,26	Limite inferior	15,30
Mediana	208,55	Caixa 3 - Superior	7,97		
Q3	216,5263933	Média	211,19		
Máximo	236,97				
2022					
IN022 (l/hab./dia)		IN022 (l/hab./dia)		IN022 (l/hab./dia)	
Mínimo	150,61	Caixa 1 - Transparente	166,2931325	Limite superior	5,51
Q1	166,2931325	Caixa 2 - Inferior	0,79	Limite inferior	15,68
Mediana	167,09	Caixa 3 - Superior	12,84		
Q3	179,9289388	Média	171,71		
Máximo	185,44				
2021					
ES005 (m³/mês)		ES005 (m³/mês)		ES005 (m³/mês)	
Mínimo	241.511	Caixa 1 - Transparente	260853,75	Limite superior	53349,00
Q1	260853,75	Caixa 2 - Inferior	2.855	Limite inferior	19342,75
Mediana	263.709	Caixa 3 - Superior	7.764		
Q3	271472	Média	268.171		
Máximo	324.821				
2022					
ES005 (m³/mês)		ES005 (m³/mês)		ES005 (m³/mês)	
Mínimo	207.940	Caixa 1 - Transparente	220837,75	Limite superior	13491,50
Q1	220837,75	Caixa 2 - Inferior	9.286	Limite inferior	12897,75
Mediana	230.124	Caixa 3 - Superior	13.834		
Q3	243957,5	Média	231.068		
Máximo	257.449				

2021					
Vol. Esgoto coletado(l/hab./dia)		Vol. Esgoto coletado(l/hab./dia)		Vol. Esgoto coletado(l/hab./dia)	
Mínimo	201,58	Caixa 1 - Transparente	203,1261894	Limite superior	37,10
Q1	203,1261894	Caixa 2 - Inferior	6,12	Limite inferior	1,55
Mediana	209,25	Caixa 3 - Superior	5,95		
Q3	215,2008847	Média	212,25		
Máximo	252,30				
2022					
Vol. Esgoto coletado(l/hab./dia)		Vol. Esgoto coletado(l/hab./dia)		Vol. Esgoto coletado(l/hab./dia)	
Mínimo	161,59	Caixa 1 - Transparente	174,9364616	Limite superior	9,52
Q1	174,9364616	Caixa 2 - Inferior	10,09	Limite inferior	13,35
Mediana	185,03	Caixa 3 - Superior	4,75		
Q3	189,7810128	Média	182,38		
Máximo	199,30				
2021					
IN013 (%)		IN013 (%)		IN013 (%)	
Mínimo	52,42	Caixa 1 - Transparente	55,32	Limite superior	2,29
Q1	55,32	Caixa 2 - Inferior	0,78	Limite inferior	2,90
Mediana	56,10	Caixa 3 - Superior	0,98		
Q3	57,0775	Média	56,12		
Máximo	59,37				
2022					
IN013 (%)		IN013 (%)		IN013 (%)	
Mínimo	52,93	Caixa 1 - Transparente	53,0775	Limite superior	1,47
Q1	53,0775	Caixa 2 - Inferior	0,12	Limite inferior	0,15
Mediana	53,20	Caixa 3 - Superior	0,34		
Q3	53,535	Média	53,48		
Máximo	55,00				
2021					
IN049 (%)		IN049 (%)		IN049 (%)	
Mínimo	49,09	Caixa 1 - Transparente	50,6675	Limite superior	1,25
Q1	50,6675	Caixa 2 - Inferior	0,2925	Limite inferior	1,58
Mediana	50,96	Caixa 3 - Superior	0,895		
Q3	51,855	Média	51,24083333		
Máximo	53,1				
2022					
IN049 (%)		IN049 (%)		IN049 (%)	
Mínimo	53,71	Caixa 1 - Transparente	55,04	Limite superior	2,87
Q1	55,04	Caixa 2 - Inferior	3,135	Limite inferior	1,33
Mediana	58,175	Caixa 3 - Superior	1,715		
Q3	59,89	Média	57,9275		
Máximo	62,76				
2021					
IN050 (m³/dia/Km)		IN050 (m³/dia/Km)		IN050 (m³/dia/Km)	
Mínimo	31,06	Caixa 1 - Transparente	32,9	Limite superior	0,33
Q1	32,9	Caixa 2 - Inferior	0,61	Limite inferior	1,84
Mediana	33,51	Caixa 3 - Superior	1,40		
Q3	34,91	Média	33,70		
Máximo	35,24				
2022					
IN050 (m³/dia/Km)		IN050 (m³/dia/Km)		IN050 (m³/dia/Km)	
Mínimo	26,67	Caixa 1 - Transparente	28,535	Limite superior	4,28
Q1	28,535	Caixa 2 - Inferior	2,77	Limite inferior	1,86
Mediana	31,31	Caixa 3 - Superior	1,61		
Q3	32,91075	Média	31,00		
Máximo	37,19				

2021					
IN051 (l/dia/lig.)		IN051 (l/dia/lig.)		IN051 (l/dia/lig.)	
Mínimo	473,13	Caixa 1 - Transparente	555,1025	Limite superior	525,59
Q1	555,1025	Caixa 2 - Inferior	23,49	Limite inferior	81,97
Mediana	578,59	Caixa 3 - Superior	27,64		
Q3	606,225	Média	618,78		
Máximo	1131,81				
2022					
IN051 (l/dia/lig.)		IN051 (l/dia/lig.)		IN051 (l/dia/lig.)	
Mínimo	532,51	Caixa 1 - Transparente	568,425	Limite superior	104,07
Q1	568,425	Caixa 2 - Inferior	74,53	Limite inferior	35,92
Mediana	642,96	Caixa 3 - Superior	18,00		
Q3	660,95	Média	627,55		
Máximo	765,02				

➤ Cálculo de W : Nível de significância (α) = 0,05 (nível de significância padrão de 5% bicaudal)

AG010	2021	2022												
MESES	AG010 (m ³ /mês)	AG010 (m ³ /mês)	Dif. (2021-2022)	Dif. Abs.	Dif. Ord.	Postos	Média de postos (caso necessário)	Postos definitivos	Atribuir Postos	Soma dos postos positivos T+	Soma dos postos negativos T-	W calculado	n = 12 $\alpha = 0,05$	
Janeiro	588.283	412.571	-175.712	175.712	74.219	1	-	1	12	0	78	W = min (T+,T-) W = 0	W crítico (pela Tabela) = 13	Como W calculado < W crítico, rejeita-se H0.
Fevereiro	474.145	359.000	-115.145	115.145	81.999	2	-	2	7					
Março	549.807	400.520	-149.287	149.287	82.464	3	-	3	11					
Abril	533.426	428.312	-105.114	105.114	91.862	4	-	4	6					
Mai	532.813	411.451	-121.362	121.362	96.396	5	-	5	8					
Junho	516.054	441.835	-74.219	74.219	105.114	6	-	6	1					
Julho	519.398	423.002	-96.396	96.396	115.145	7	-	7	5					
Agosto	513.676	377.121	-136.555	136.555	121.362	8	-	8	10					
Setembro	524.487	442.023	-82.464	82.464	126.661	9	-	9	3					
Outubro	512.614	430.615	-81.999	81.999	136.555	10	-	10	2					
Novembro	493.056	401.194	-91.862	91.862	149.287	11	-	11	4					
Dezembro	510.640	383.979	-126.661	126.661	175.712	12	-	12	9					

PER CAPITA														
IN022	2021	2022												
MESES	IN022 (l/hab./dia)	IN022 (l/hab./dia)	Dif. (2021-2022)	Dif. Abs.	Dif. Ord.	Postos	Média de postos (caso necessário)	Postos definitivos	Atribuir Postos	Soma dos postos positivos T+	Soma dos postos negativos T-	W calculado	n = 12 $\alpha = 0,05$	
Janeiro	236,97	173,08	-63,89	63,89	22,52	1	-	1	12	0	78	W = min (T+,T-) W = 0	W crítico (pela Tabela) = 13	Como W calculado < W crítico, rejeita-se H0.
Fevereiro	191,00	150,61	-40,39	40,39	25,84	2	(2+3)/2 = 2,5	2,5	7					
Março	221,48	168,03	-53,45	53,45	25,84	3	-	2,5	11					
Abril	214,88	179,69	-35,19	35,19	30,30	4	-	3	6					
Mai	223,90	172,61	-51,29	51,29	31,77	5	-	4	10					
Junho	207,88	185,36	-22,52	22,52	35,19	6	-	5	1					
Julho	209,23	177,46	-31,77	31,77	40,39	7	-	6	5					
Agosto	206,92	158,21	-48,71	48,71	44,61	8	-	7	9					
Setembro	211,28	185,44	-25,84	25,84	48,71	9	-	8	2,5					
Outubro	206,49	180,65	-25,84	25,84	51,29	10	-	9	2,5					
Novembro	198,61	168,31	-30,30	30,30	53,45	11	-	10	4					
Dezembro	205,70	161,09	-44,61	44,61	63,89	12	-	11	8					

ES005	2021	2022												
MESES	ES005 (m ³ /mês)	ES005 (m ³ /mês)	Dif. (2021-2022)	Dif. Abs.	Dif. Ord.	Postos	Média de postos (caso necessário)	Postos definitivos	Atribuir Postos	Soma dos postos positivos T+	Soma dos postos negativos T-	W calculado	n = 12 $\alpha = 0,05$	
Janeiro	324.821	232.017	-92.804	92.804	19.281	1	-	1	12	0	78	W = min (T+,T-) W = 0	W crítico (pela Tabela) = 13	Como W calculado < W crítico, rejeita-se H0.
Fevereiro	241.511	221.384	-20.127	20.127	20.127	2	-	2	2					
Março	280.050	257.449	-22.601	22.601	22.601	3	-	3	3					
Abril	271.706	246.483	-25.223	25.223	25.223	4	-	4	4					
Mai	271.394	243.517	-27.877	27.877	27.611	5	-	5	6					
Junho	262.857	235.246	-27.611	27.611	27.877	6	-	6	5					
Julho	264.560	245.279	-19.281	19.281	33.416	7	-	7	1					
Agosto	261.646	228.230	-33.416	33.416	39.804	8	-	8	7					
Setembro	267.153	227.349	-39.804	39.804	41.906	9	-	9	8					
Outubro	261.105	219.199	-41.906	41.906	43.203	10	-	10	9					
Novembro	251.143	207.940	-43.203	43.203	51.374	11	-	11	10					
Dezembro	260.100	208.726	-51.374	51.374	92.804	12	-	12	11					

MESES	PER CAPITA		Dif. (2021-2022)	Dif. Abs.	Dif. Ord.	Postos	Média de postos (caso necessário)	Postos definitivos	Atribuir Postos	Soma dos postos positivos T+	Soma dos postos negativos T-	W calculado	n = 12 $\alpha=0,05$	
	2021	2022												
	Vol. Esgoto coletado/(hab./dia)	Vol. Esgoto coletado/(hab./dia)												
Janeiro	252,30	179,62	-72,69	72,69	15,61	1	-	1	12	0	78	W = min (T+,T-) W = 0	W crítico (pela Tabela) = 13	Como W calculado < W crítico, rejeita-se H0.
Fevereiro	207,69	189,75	-17,94	17,94	17,94	2	-	2	2					
Março	217,53	199,30	-18,22	18,22	18,22	3	-	3	3					
Abril	218,08	197,18	-20,90	20,90	20,90	4	-	4	4					
Maió	210,80	188,52	-22,28	22,28	22,28	5	-	5	5					
Junho	210,98	188,19	-22,79	22,79	22,79	6	-	6	6					
Julho	205,49	189,88	-15,61	15,61	26,55	7	-	7	1					
Agosto	203,23	176,68	-26,55	26,55	32,56	8	-	8	7					
Setembro	214,43	181,87	-32,56	32,56	33,12	9	-	9	8					
Outubro	202,81	169,69	-33,12	33,12	35,23	10	-	10	9					
Novembro	201,58	166,34	-35,23	35,23	40,45	11	-	11	10					
Dezembro	202,03	161,59	-40,45	40,45	72,69	12	-	12	11					

MESES	2021	2022	Dif. (2021-2022)	Dif. Abs.	Dif. Ord.	Postos	Média de postos (caso necessário)	Postos definitivos	Atribuir Postos	Soma dos postos positivos T+	Soma dos postos negativos T-	W calculado	n = 12 $\alpha=0,05$	
	INO13 (%)													
Janeiro	58,38	53,14	-5,24	5,24	0,58	1	-	1	12	1	77	W = min (T+,T-) W = 1	W crítico (pela Tabela) = 13	Como W calculado < W crítico, rejeita-se H0.
Fevereiro	55,90	53,33	-2,57	2,57	0,83	2	-	2	6					
Março	52,42	53,00	0,58	0,58	1,31	3	-	3	1					
Abril	54,45	53,14	-1,31	1,31	1,81	4	-	4	3					
Maió	53,92	53,09	-0,83	0,83	2,50	5	-	5	2					
Junho	56,30	53,04	-3,26	3,26	2,57	6	-	6	8					
Julho	55,61	52,93	-2,68	2,68	2,68	7	-	7	7					
Agosto	55,77	53,27	-2,50	2,50	3,26	8	-	8	5					
Setembro	56,57	53,25	-3,32	3,32	3,32	9	-	9	9					
Outubro	57,88	54,36	-3,52	3,52	3,52	10	-	10	10					
Novembro	59,37	54,15	-5,22	5,22	5,22	11	-	11	11					
Dezembro	56,81	55,00	-1,81	1,81	5,24	12	-	12	4					

MESES	2021	2022	Dif. (2021-2022)	Dif. Abs.	Dif. Ord.	Postos	Média de postos (caso necessário)	Postos definitivos	Atribuir Postos	Soma dos postos positivos T+	Soma dos postos negativos T-	W calculado	n = 12 $\alpha=0,05$	
	INO49 (%)													
Janeiro	49,09	57,56	8,47	8,47	2,77	1	-	1	11	78	0	W = min (T+,T-) W = 0	W crítico (pela Tabela) = 13	Como W calculado < W crítico, rejeita-se H0.
Fevereiro	53,1	61,45	8,35	8,35	3,65	2	-	2	10					
Março	50,98	62,76	11,78	11,78	4,30	3	-	3	12					
Abril	50,61	58,52	7,91	7,91	4,32	4	-	4	8,5					
Maió	51,81	59,63	7,82	7,82	6,30	5	-	5	7					
Junho	50,77	55,07	4,30	4,30	6,66	6	-	6	3					
Julho	51,99	58,65	6,66	6,66	7,82	7	-	7	6					
Agosto	52,76	60,67	7,91	7,91	7,91	8	-	8,5	8,5					
Setembro	50,94	53,71	2,77	2,77	7,91	9	(8+9)/2 = 8,5	8,5	1					
Outubro	50,68	54,33	3,65	3,65	8,35	10	-	10	2					
Novembro	50,63	54,95	4,32	4,32	8,47	11	-	11	4					
Dezembro	51,53	57,83	6,30	6,30	11,78	12	-	12	5					

IN050	2021	2022	Dif. (2021-2022)	Dif. Abs.	Dif. Ord.	Postos	Média de postos (caso necessário)	Postos definitivos	Atribuir Postos	Soma dos postos positivos T+	Soma dos postos negativos T-	W calculado	n = 12 $\alpha = 0,05$	Como W calculado < W crítico, rejeita-se H ₀ .
MESES	IN050 (m ³ /dia/Km)													
Janeiro	34,84	31,00	-3,84	3,84	0,30	1	-	1	8	5	73	W = min (T+, T-) W = 5	W crítico (pela Tabela) = 13	
Fevereiro	32,97	31,61	-1,36	1,36	1,36	2	-	2	2					
Março	35,12	37,19	2,07	2,07	1,75	3	-	3	5					
Abril	33,57	33,27	-0,30	0,30	1,83	4	-	4	1					
Mai	35,18	33,36	-1,83	1,83	2,07	5	-	5	4					
Junho	32,69	29,70	-2,99	2,99	2,99	6	-	6	6					
Julho	34,54	32,79	-1,75	1,75	3,48	7	-	7	3					
Agosto	35,24	31,76	-3,48	3,48	3,84	8	-	8	7					
Setembro	33,45	28,03	-5,42	5,42	4,39	9	-	9	12					
Outubro	32,35	27,95	-4,41	4,41	4,41	10	-	10	10					
Novembro	31,06	26,67	-4,39	4,39	4,65	11	-	11	9					
Dezembro	33,35	28,70	-4,65	4,65	5,42	12	-	12	11					