

PANORAMA DAS OUTORGAS DE USO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA SUPRAM CENTRAL METROPOLITANA, MINAS GERAIS

Overview of groundwater grants of permits in the Central Metropolitan SUPRAM region, Minas Gerais, Brazil.

Marcos Vinícius Gomes da Silva

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

mvgs2000gm@gmail.com

Frederico Azevedo Lopes

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

fredericolopes@ufmg.br

Guilherme Eduardo Macedo Cota

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

guilhermebhm@gmail.com

Antônio Pereira Magalhães Júnior

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

antonio.magalhaes.ufmg@gmail.com

Recebido: 08/04/2024

Aceito: 21/08/2024

Resumo

O estudo sobre as implicações ambientais dos usos das águas subterrâneas é, ao mesmo tempo, essencial e desafiador em função, dentre outros, das dificuldades de monitoramento em relação às águas superficiais. O principal mecanismo de gerenciamento da extração de recursos hídricos subterrâneos é a outorga de direito de uso das águas, abrangendo as dimensões quantitativa e qualitativa dos recursos. Neste contexto, este trabalho buscou avaliar a evolução do número de outorgas no período entre 2001 e 2021, com o objetivo de verificar se a frequência de pedidos de outorgas subterrâneas tem aumentado, especialmente em reconhecidos períodos de escassez hídrica superficial, na área de abrangência da SUPRAM Central Metropolitana. A pesquisa foi baseada a partir de dados das outorgas subterrâneas, disponíveis na plataforma IDE – SISEMA. Para a identificação de períodos de escassez hídrica, foram utilizados dados extraídos da plataforma de Banco de dados meteorológicos do INMET, bem como publicações correlatas acerca da situação de escassez hídrica superficial no referido período. Os resultados mostram que houve um aparente aumento na procura por águas subterrâneas entre os anos de 2015 e 2021, período que conteve vários anos de reconhecida redução da disponibilidade hídrica superficial. O setor que proporcionalmente mais demandou águas subterrâneas no período foi a agropecuária, com um aumento de 16,64% para 20,34% no número de pedidos de outorga.

Palavras-chave: Gestão de águas Subterrâneas, Recursos hídricos, Pressões e impactos ambientais.

Abstract

Studying the environmental implications of groundwater use is essential and challenging due, among other reasons, to difficulties in monitoring surface waters. The primary mechanism for managing the extraction of underground water resources is granting permits for water use, covering the quantitative and qualitative dimensions of its resources. In this context, this work sought to evaluate the evolution of the number of permits between 2001 and 2021 to verify whether the frequency of requests for underground concessions has increased, especially in recognized periods of surface water scarcity in the area covered by the SUPRAM Central Metropolitan. The research was based on data from underground water permits available on the IDE-SISEMA platform. Data extracted from the INMET meteorological database platform were used to identify periods of water scarcity, along with related publications about the situation of surface water scarcity in that period. The results show an apparent increase in the demand for groundwater between 2015 and 2021, a period that contained several years of recognized reduction in surface water availability. Agriculture proportionally required the most groundwater in the period, with an increase from 16.64% to 20.34% in the number of grant requests.

Keywords: Groundwater water management, Water resources, pressure and environmental impacts.

1. INTRODUÇÃO

A segurança hídrica é um dos temas mais discutidos nas pautas ambientais do Século XXI (Cook; Bakker, 2012; UN-Water, 2013; Hoekstra; Buurman; Van Ginkel, 2018), haja vista a necessidade de assegurar acesso de água, em quantidade e qualidade, aos diversos usos e usuários, em um cenário de aumento da demanda em 40% até 2030 (Mazzucato *et al.*, 2023). Embora frequentemente vinculada às mudanças climáticas ou ao desperdício, a disponibilidade de água é um problema multifacetado, influenciado por uma série de fatores interligados (Plummer *et al.*, 2011; Bakker, 2012; Martirani, 2016; Melo; Johnsson, 2017; IPCC, 2018).

A poluição e a contaminação hídrica impactam diretamente a disponibilidade de água em qualidade e quantidade, especialmente em áreas densamente povoadas (Giri; Qiu, 2016; Julian *et al.*, 2017; Magalhães Junior; Lopes, 2022). Além disso, há os reconhecidos impactos na saúde pública e na qualidade de vida da população (Fewtrell *et al.*, 2005), tornando-se desafios para os aparatos de gestão ambiental, para os governos e para a sociedade, em geral.

Em termos nacionais, a ausência ou ineficiência da gestão integrada dos recursos hídricos, em diferentes escalas institucionais, desempenha um papel igualmente importante nesse cenário. O déficit de coordenação e planejamento adequados é evidente em municípios com elevados índices de disponibilidade per capita de água doce no país, como relatado pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 2006). Mesmo nessas

realidades, enfrenta-se o desafio de atender à crescente demanda por abastecimento de água, exigindo estratégias abrangentes e integradas de gestão e conservação.

Neste contexto, a outorga de direito de uso de recursos hídricos, instrumento elencado na Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997), objetiva assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água mediante a adoção de critérios para a autorização ou concessão de usos junto aos órgãos responsáveis. Deste modo, a outorga busca assegurar a utilização racional da água, bem como a minimização dos conflitos entre usuários por meio da compatibilização entre disponibilidades e demandas.

Dos 853 municípios de Minas Gerais, 217 (25%) já tiveram, em algum momento do ano de 2018, decretada situação de emergência relacionada à disponibilidade hídrica, e que refletiu em restrição de consumo em 59,52% das bacias hidrográficas do estado (Fayer *et al.*, 2018). Assim, alguns setores produtivos que demandam grandes volumes de água podem encontrar na captação subterrânea uma opção viável para situações de escassez hídrica superficial ou restrições no volume outorgável. Em geral, captações de mananciais subterrâneos exigem obras de rápida execução, são de fácil operação e requerem investimentos relativamente baixos. Ademais, as águas subterrâneas, em sua maioria, possuem uma qualidade natural igual ou superior às superficiais (Hirata *et al.*, 2019a).

Apesar de concentrar diversos mananciais de captação para abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), a bacia do Rio das Velhas enfrenta um histórico processo de degradação, acelerado e contínuo. Esse processo está relacionado, principalmente, aos lançamentos de esgotos domésticos e à retirada da vegetação ripária, afetando significativamente a oferta hídrica em termos quantitativos e qualitativos (Alves, 2001; IGAM, 2014; 2016; Piazi *et al.*, 2018).

A RMBH é abrangida pela Superintendência Regional de Meio Ambiente Central Metropolitana (SUPRAM CM¹), sendo responsável pelas atividades de regularização e fiscalização em sua respectiva área de abrangência territorial (Minas Gerais, 2019). Dentre os 79 municípios incluídos, diversos sofreram problemas de disponibilidade hídrica nas últimas décadas, como durante o período entre setembro e novembro de 2019, por exemplo. Este quadro levou à declaração, pela Portaria nº 45, do Instituto Mineiro de

¹ Com a reforma da estrutura do poder executivo em Minas Gerais em 2023 (Lei Estadual nº 24.313/2023), as Superintendências Regionais de Meio Ambiente (SUPRAMs) foram extintas, sendo estabelecidas as Unidades Regionais de Regularização Ambiental. No caso das áreas de abrangência, a Unidade Regional de Fiscalização Central Metropolitana – Belo Horizonte abrange 39 municípios, enquanto a antiga SUPRAM–Central Metropolitana abrangia 79 municípios.

Gestão de Águas, de Situação Crítica de Escassez Hídrica Superficial em trechos da bacia do Rio da Velhas (IGAM, 2019).

A partir desse contexto e recorte espacial, o presente estudo tem, como objetivo principal, investigar o panorama de captação de águas subterrâneas como alternativa para o atendimento de demandas hídricas na RMBH. Especificamente, o estudo objetiva analisar a evolução temporal e a distribuição espacial das outorgas subterrâneas na RMBH, adotando-se o recorte espacial da SUPRAM CM. Ademais, almeja-se: a) analisar a possível correlação entre a frequência de solicitações de outorgas subterrâneas e os notáveis períodos de escassez hídrica superficial; b) identificar os setores e respectivos usos que mais exercem pressão sobre as águas subterrâneas. Compreender essas dinâmicas é fundamental para desenvolver estratégias de gestão integrada que promovam o uso sustentável dos recursos hídricos e mitiguem os conflitos entre os diferentes usuários.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os dados de outorgas subterrâneas em Minas Gerais foram obtidos com base em portarias emitidas pelo Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM) entre os anos de 2001 e 2021. O período de análise foi definido considerando a Lei nº13.199, de 29 de janeiro de 1999, que estabeleceu a regulamentação das outorgas em Minas Gerais, e a disponibilidade dos dados a partir de 2001 (Deus; Latuf, 2022). Os dados foram obtidos na plataforma de Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (IDE – SISEMA).

Buscando uma melhor compreensão da temporalidade dos pedidos de outorga subterrânea na SUPRAM CM (Figura 1), foram utilizados os dados referentes ao ano de formalização da outorga, ou seja, a data mais provável da necessidade do requerente em solicitar a captação e/ou regularização junto ao IGAM.

A análise dos dados mostra algumas inconsistências referentes às outorgas subterrâneas na área analisada, tais como a ausência de informação sobre o município de origem de algumas outorgas e a data de publicação da portaria que autoriza captações. Parte dessas outorgas foram validadas manualmente através do site do IGAM. Desta forma, as outorgas sem a possibilidade de verificação da localização e/ou a sua data de publicação, foram retiradas da análise. Entretanto, tais inconsistências representaram menos 1% de todo o espaço amostral de pedidos formais.

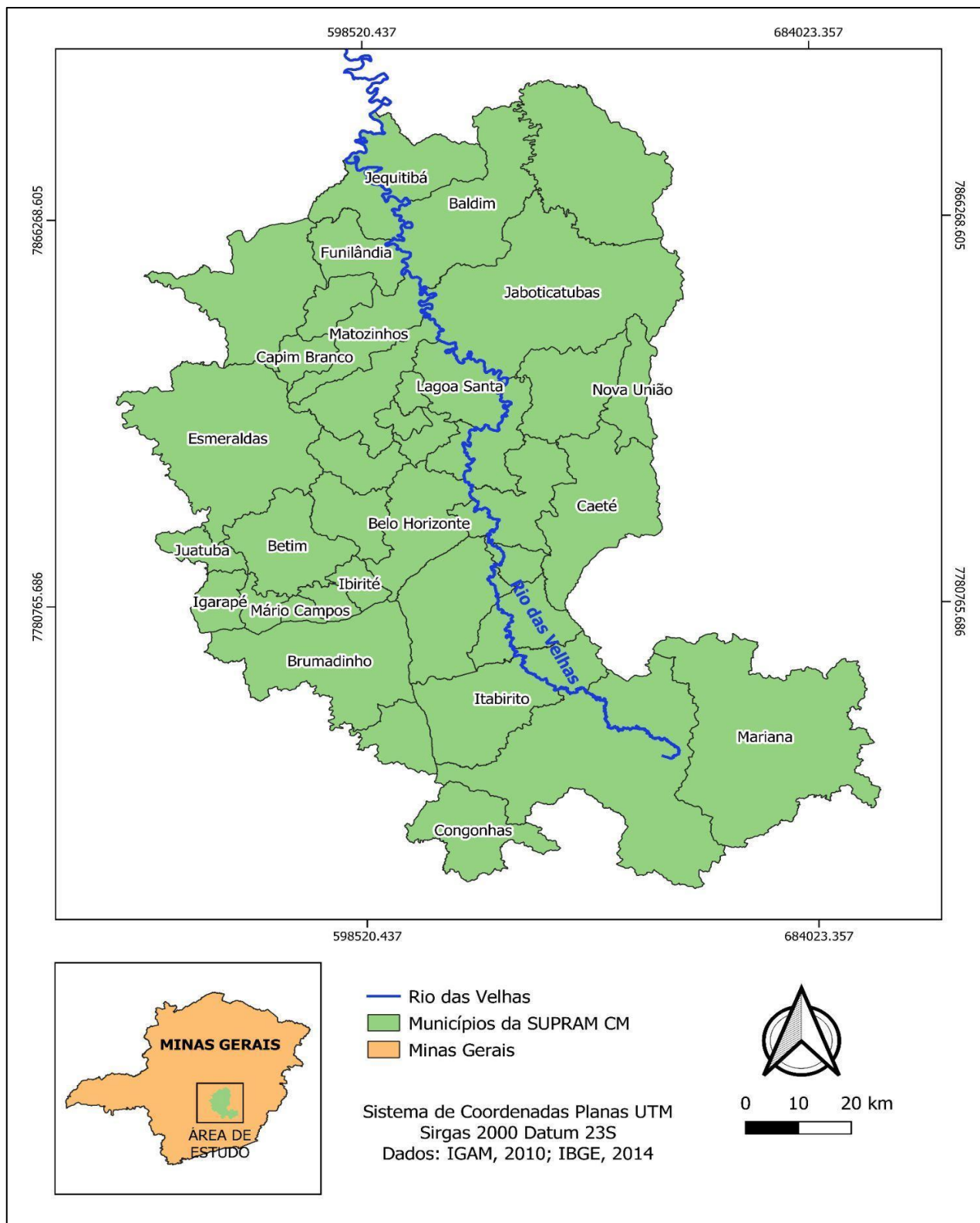


Figura 1 – Área de abrangência da SUPRAM – CM.

Fonte: Elaboração própria.

Para a verificação dos períodos de notada escassez de recursos hídricos superficiais, foram utilizados dados da plataforma de Banco de Dados Meteorológicos do INMET (BDMEP), das estações meteorológicas localizadas nos municípios de Belo Horizonte

(Estação 83587) e Curvelo (Estação: 83536). Ambos foram escolhidos devido à disponibilidade de dados e à posição geográfica, abrangendo os principais contextos climáticos da área da SUPRAM CM. O espaço amostral escolhido foi entre os anos de 2001 e 2021 para Belo Horizonte e de 2001 a 2020 para Curvelo. O município de Curvelo apresenta um ano a menos na série temporal em função da limitação na disponibilidade de dados na plataforma utilizada para a coleta dos dados climáticos.

Também foram utilizados dados climáticos secundários extraídos de artigos científicos visando a obtenção de uma análise mais abrangente e contextualizada da situação climática em um momento de inflexão no número de outorgas na região (Marengo *et al.*, 2015; Vasconcelos *et al.*, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a filtragem e verificação completa dos dados, foi obtido um total de 3491 pedidos formais de outorgas subterrâneas na área da SUPRAM CM, com uma média de aproximadamente 166 outorgas por ano (Figura 2).

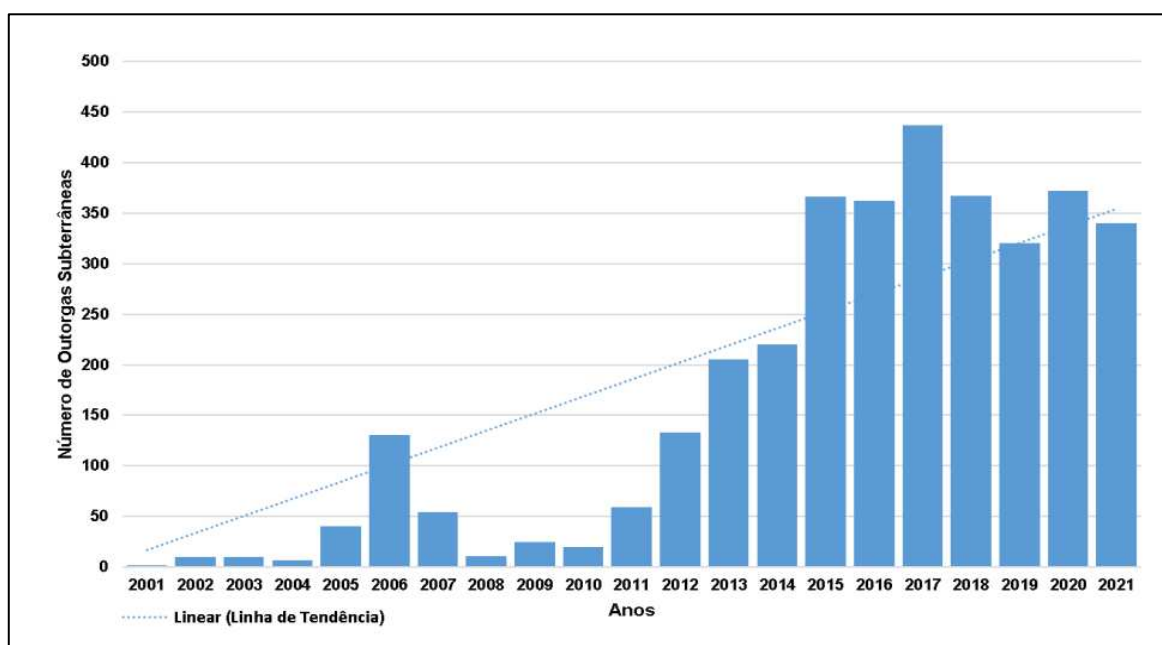


Figura 2 - Número de Outorgas Subterrâneas por ano, na área da SUPRAM - CM (2001 - 2021).

Fonte: elaborado a partir de IDE - SISEMA (2023).

Apesar da carência de estudos abrangentes que proporcionem uma visão precisa da disponibilidade hídrica subterrânea na região, é notável o crescente aumento da demanda por recursos hídricos na SUPRAM CM, potencializando a ocorrência de conflitos relacionados à água. A falta de informações detalhadas pode levar a extrapolações

excessivas em áreas que podem não suportar a vazão extraída. Portanto, é crucial realizar estudos aprofundados para garantir uma gestão adequada e a segurança hídrica regional.

O crescimento no número de outorgas ao longo da série histórica torna-se evidente no início da década de 2010, marcando uma transição significativa. Nesse período, observa-se um aumento consistente, com uma média anual superior a 250 outorgas, em forte contraste com os anos anteriores, quando houve uma média de aproximadamente 30 outorgas por ano (Figura 3).

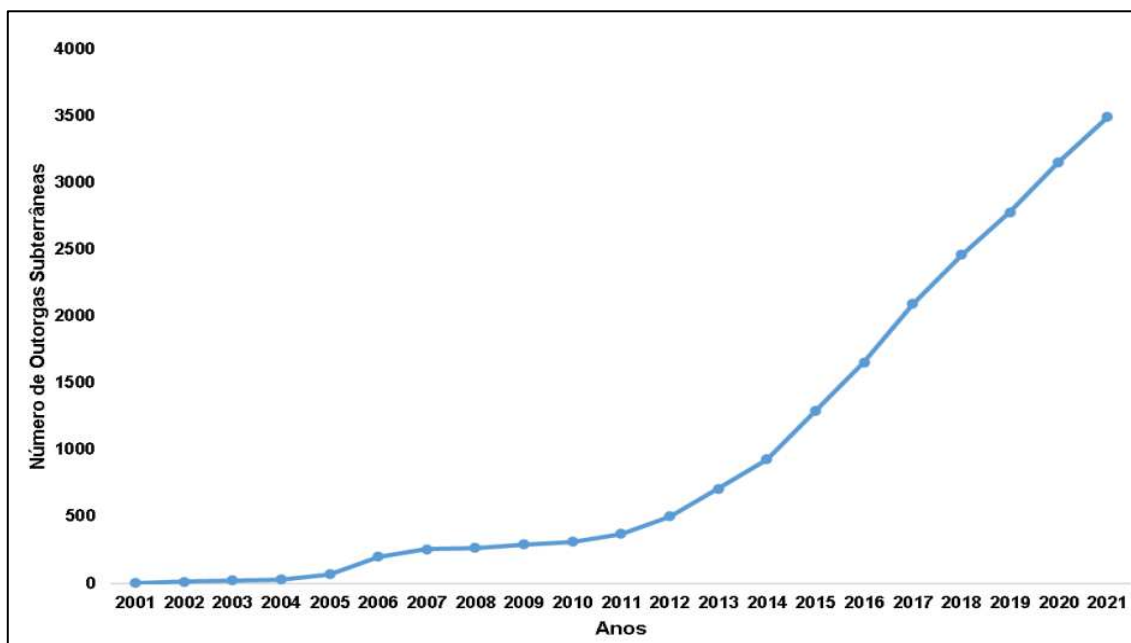


Figura 3 - Número de Outorgas Subterrâneas Acumuladas por ano dentro da SUPRAM CM (2001 - 2021). **Fonte:** elaborado a partir de IDE - SISEMA (2023).

Haja vista a hipótese de uma relação positiva entre períodos de escassez hídrica e o aumento no número de pedidos formais de outorga na área de estudo, é possível observar quatro períodos de aumento no número de pedidos de outorgas: 2006, 2015, 2017 e 2020.

A análise dos dados climáticos secundários e dos provenientes da plataforma INMET, para os municípios de Curvelo e Belo Horizonte, mostra claros períodos de redução dos índices pluviométricos em 2014 e 2019 (Figura 4), anos anteriores a notáveis aumentos no número de outorgas subterrâneas, e em 2017, que corresponde ao ano com o maior número de outorgas dentro da série histórica. Com a redução das chuvas e dos aportes aos mananciais superficiais, os usuários dos recursos hídricos tendem a buscar a alternativa dos mananciais subterrâneos.

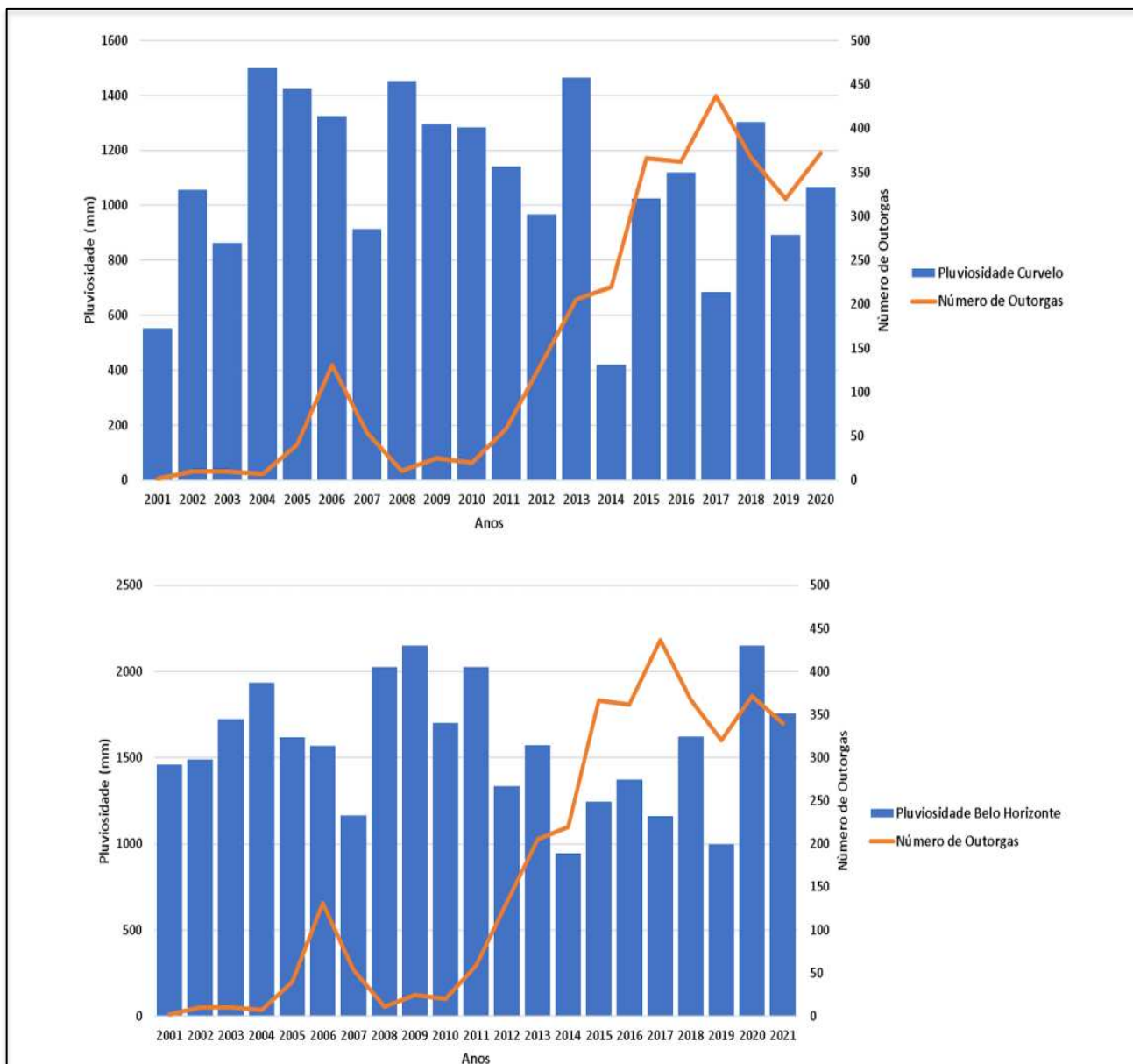


Figura 4 - Pluviosidade anual nos municípios de Curvelo e Belo Horizonte em relação ao número de outorgas na SUPRAM CM (2001 - 2020). **Fonte:** elaborado a partir de IDE - SISEMA (2023) e INMET (2023).

Os dados demonstram claros períodos de baixa precipitação em anos anteriores a consideráveis aumentos no número de pedidos de outorga. Contudo, vale ressaltar que esses gráficos buscam dar uma noção da variância do padrão de chuvas na região em um determinado período, pois um regime pluviométrico pode ser muito irregular em áreas relativamente pequenas, podendo gerar dados imprecisos. Neste sentido, estudos realizados por Silva *et al.* (2020), sobre a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica anual na região NE do país, e por Lucas *et al.* (2014), sobre interpoladores climáticos adequados para manipulação de dados pluviométricos no município de Belo Horizonte, concluíram que a natureza estocástica da chuva pode ser um fator limitante para a estimativa precisa da distribuição espacial das chuvas.

O primeiro ano de significativo aumento no número de pedidos de outorgas ocorreu em 2006, fato não associado a períodos de estiagem, haja vista que os níveis pluviométricos em 2005 e 2006, nos dois municípios, estão dentro da média histórica para a região: 1.578 mm para Belo Horizonte e 1.286 mm para Curvelo (INMET, 2022). Uma possível explicação reside na forma como os órgãos responsáveis coletaram e registraram os dados de outorga. É possível que tenha havido uma defasagem no preenchimento dos dados de anos anteriores que foram, em algum momento, inseridos na base de dados em 2006, tornando esse ano potencialmente atípico.

Já os aumentos no número de pedidos de outorga nos anos de 2015, 2017 e 2020 podem ter sido diretamente influenciados pelos reconhecidos períodos de redução pluviométrica nos anos de 2014, 2017 e 2019. Em 2014, foi observado, nos dois municípios, o menor índice pluviométrico no período analisado, ficando, em média, 45% abaixo da média histórica para os municípios. Alguns autores como Vasconcelos *et al.* (2019), Marengo *et al.* (2015), Almeida Neto *et al.* (2016) e Nobre *et al.* (2016), já discorreram sobre essa escassez observada no ano de 2014, que atingiu diversos municípios da região sudeste do Brasil, incluindo a Região Metropolitana de Belo Horizonte (Melo *et al.*, 2021).

O pico no número de outorgas em 2017 pode ser atribuído a uma sequência de anos com pluviosidade abaixo da média, uma tendência que afetou ambos os municípios e que foi interrompida apenas no ano seguinte. Em média, nos quatro anos anteriores a 2018, Curvelo e Belo Horizonte registraram chuvas 37% e 25 % abaixo das médias históricas, respectivamente. Tendo em vista a defasagem pluviométrica anual observada nos dois municípios, pode-se considerar que no recorte dos quatro anos analisados, a quantidade total de chuva foi equivalente ao que seria esperado para apenas três anos.

Em 2019 a redução dos índices pluviométricos levou à promulgação da portaria nº45, que declarou situação de escassez hídrica superficial no Rio da Velhas no seu trecho dentro da SUPRAM CM. No mesmo ano houve redução de cerca de 35% na média histórica das chuvas nos municípios analisados, o que pode explicar o aumento no número de outorgas solicitadas em 2020.

Outras variações da dinâmica pluviométrica podem ser destacadas em 2020 e 2021, em Belo Horizonte. Os valores de 2020 foram 36% acima da média histórica, possivelmente contribuindo para uma redução na demanda por pedidos de outorgas subterrâneas em 2021. Da mesma forma, em 2018, quando ambos os municípios registraram os maiores índices pluviométricos dos últimos 5 anos para cada município, houve uma diminuição no número de pedidos de outorgas subterrâneas em 2019. Essas observações confirmam a

relação entre os padrões de precipitação e a pressão por outorgas, destacando a influência direta do regime pluviométrico na demanda por recursos hídricos subterrâneos.

Não obstante, outro indicativo da interferência da pluviosidade no número de pedido de outorgas está relacionado ao platô mais elevado de pedidos no período com maior número de anos de chuvas abaixo da média nos dois municípios. Curvelo só apresentou 1 ano (2018) de chuvas acima da média de 1.286 mm/ano entre 2014 e 2020 (INMET, 2022). No mesmo período, Belo Horizonte apresentou apenas 2 anos de chuvas acima da média de 1.578 mm/ano (2018 e 2020).

Em relação à finalidade dos pedidos de outorga (Tabela 1), foram identificados 22 tipos diferentes, com o predomínio de consumo humano (57 %), abastecimento público (11%) e dessedentação de animais (9%). Ao agrupar os pedidos que são direcionados para um mesmo setor ou atividade similar, o número de outorgas subterrâneas destinadas ao consumo humano/abastecimento público passa a representar cerca de 69% do total, enquanto o conjunto de atividades relacionadas à mineração, indústria e agropecuária, ficam com cerca de 2, 11 e 16%, respectivamente (Figura 5).

Tabela 1 - Pedidos de outorga subterrânea por finalidade na SUPRAM CM entre 2001 e 2021

Finalidade	n	%
Consumo humano	2001	57,32
Abastecimento público	405	11,60
Dessedentação de animais	328	9,40
Consumo industrial	286	8,19
Irrigação	233	6,67
Lavagem de veículos	95	2,72
Extração mineral	71	1,98
Paisagismo	21	0,60
Consumo agroindustrial	17	0,49
Aspersão de vias	10	0,29
Rebaixamento de lençol freático para fins de mineração	9	0,26
Pesquisa hidrogeológica	3	0,14
Urbanização	2	0,06
Obra civil	2	0,06
Aquicultura	3	0,03
Remediação do solo	2	0,03
Atividade de abate	1	0,03
Desassoreamento ou limpeza	1	0,03
Transporte	1	0,03
Controle de cheias	1	0,03
Limpeza em geral	1	0,03
Comercialização de caminhão pipa	1	0,03
Total geral	3491	100

Fonte: elaborado a partir de IDE - SISEMA (2023).

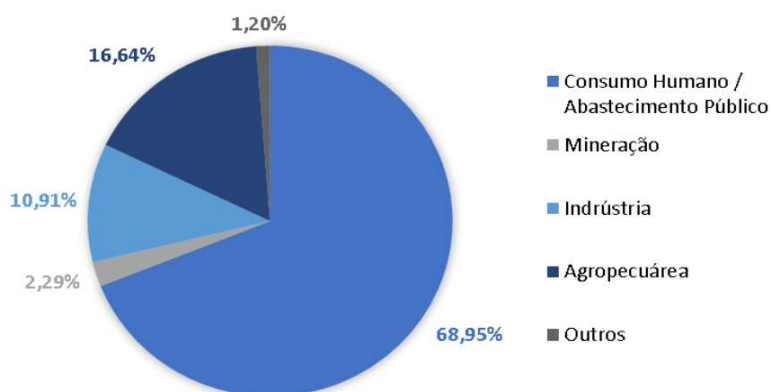


Figura 5 - Valor relativo de pedidos de outorga subterrâneas na SUPRAM CM entre 2001 e 2021.

Fonte: elaborado a partir de IDE - SISEMA (2023).

Ao analisar os índices da SUPRAM CM em comparação com o estado de Minas Gerais, como um todo (Figura 6), é possível observar algumas diferenças importantes. O consumo humano/abastecimento público ainda é a finalidade predominante, mas o estado registra uma diminuição de aproximadamente 11% nesse índice em relação à SUPRAM CM. Por outro lado, a agropecuária apresenta um aumento considerável, representando 31,23% do total de pedidos no recorte estadual, em comparação aos 16,64% da SUPRAM, o que indica um potencial agropecuário relativamente menor na região da SUPRAM CM.

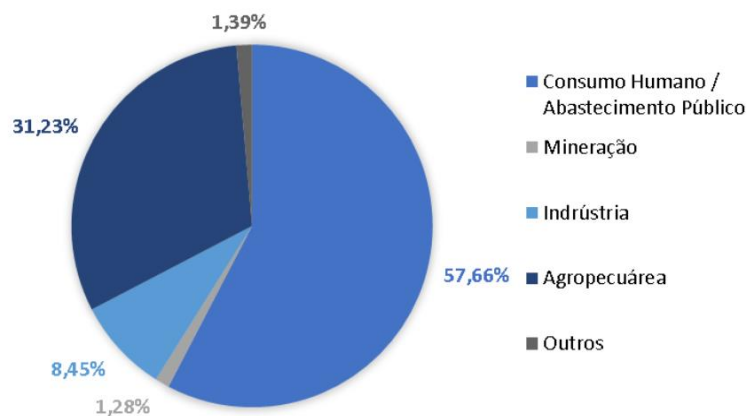


Figura 6 - Valor relativo do número de pedidos de outorga subterrâneas no estado de Minas Gerais entre 2001 e 2021. **Fonte:** elaborado a partir de IDE - SISEMA (2023).

A mineração e o uso industrial respondem às diferenças dos números relacionados à agropecuária, já que a SUPRAM CM possui uma participação proporcionalmente maior destes setores no estado. A RMBH é a mais industrializada de Minas Gerais, além de contemplar o Quadrilátero Ferrífero, a principal província mineral do estado. Já em relação à vazão outorgada, todas as finalidades responderam por cerca de 44.265,36 m³/h de água subterrânea. Embora o consumo humano/abastecimento público continue sendo o setor

predominante, é importante destacar que a mineração contribui com cerca de 11% do volume total de vazões subterrâneas outorgadas (Figura 7).

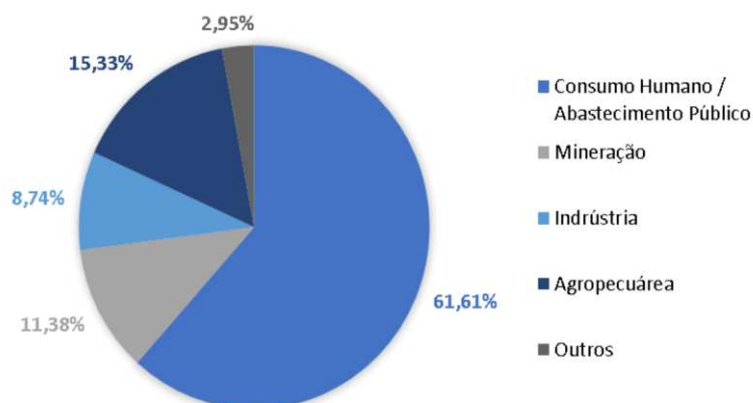


Figura 7 - Percentual de cada atividade relativo à vazão de água subterrânea outorgada dentro da SUPRAM Central Metropolitana entre 2001 e 2021. **Fonte:** elaborado a partir de IDE - SISEMA (2023).

Ao avaliarmos a relação entre a vazão outorgada e o número de pedidos de outorga (Figura 8), a mineração se sobressai, apresentando uma média de 62,9 m³/hora de vazão por outorga, superando significativamente outros setores como o consumo humano/abastecimento, que possui 11,3 m³/hora de vazão por outorga. Esses números expressivos estão diretamente relacionados ao Quadrilátero Ferrífero, reconhecido como uma das regiões de maior atividade e potencial minerário do mundo (SILVA, 2007). Desta forma, a mineração exerce uma pressão considerável sobre os recursos hídricos na SUPRAM CM, potencializando a ocorrência de conflitos de uso da água (BOMFIM, 2017).

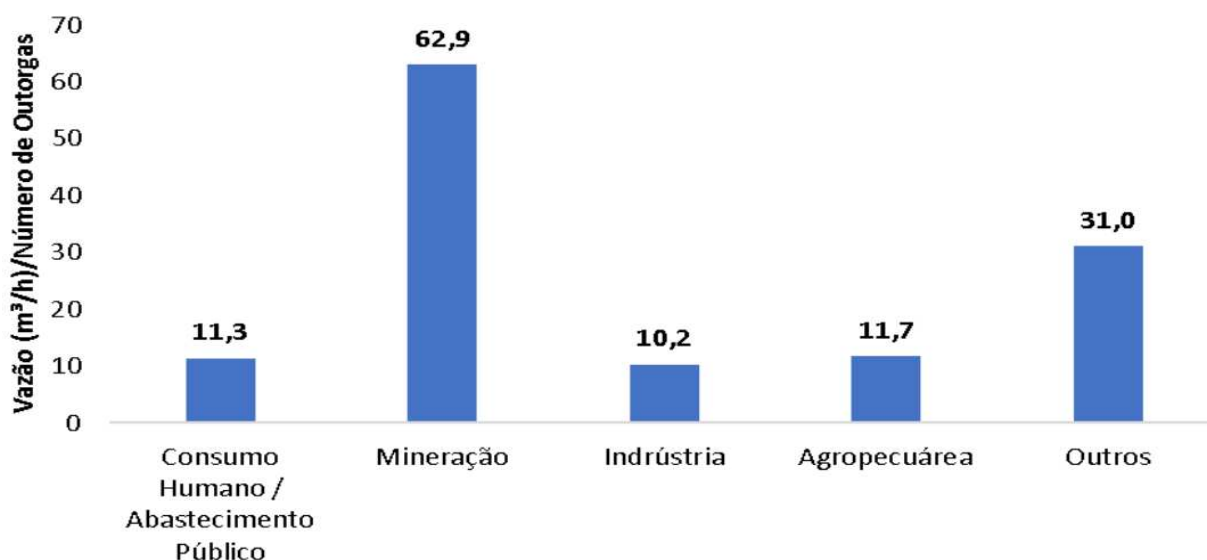


Figura 8 - Valor proporcional da vazão de água subterrânea outorgada por setor em relação ao número de pedidos dentro da SUPRAM CM entre 2001 e 2021. **Fonte:** elaborado a partir de IDE - SISEMA (2023).

A mineração também pode afetar os mananciais superficiais e subterrâneos a partir de processos de rebaixamento de níveis freáticos nas minas e de possíveis rompimentos de barragens. Como exemplo, o rompimento da barragem Mina Córrego do Feijão, ocorrido no município de Brumadinho em 2019, resultou em uma indisponibilidade significativa dos recursos hídricos na região, com a suspensão e restrições de captações ao longo da bacia do rio Paraopeba (Soares *et al.*, 2021). Essa indisponibilidade pode interferir nas atividades de outros usuários da água e na concessão de outorgas, levando-os a buscar outras fontes alternativas para captação (Araújo *et al.*, 2019). Por outro lado, a dragagem em cava aluvionar realizada para a extração mineral contribuiu de forma considerável para a extração da água subterrânea na região da SUPRAM C.M.

Nos três anos de reconhecida escassez hídrica - 2015, 2017 e 2020 (Figura 9), houve 1175 outorgas subterrâneas, o que representa cerca de 33,66% de todo o recorte analisado. É possível observar uma importante variação positiva do setor agropecuário, que passou de 16,64% (Figura 5) para 20,34% (Figura 9) do número total de pedidos de outorga. Os outros setores se mantiveram relativamente estáveis, com variações em torno de 1%. Vale ressaltar que, pelo fato de se tratar de valores percentuais, uma queda nos números não significa necessariamente uma diminuição no consumo nesses setores, pois um aumento do uso em outras atividades pode também provocar uma diminuição nos valores.

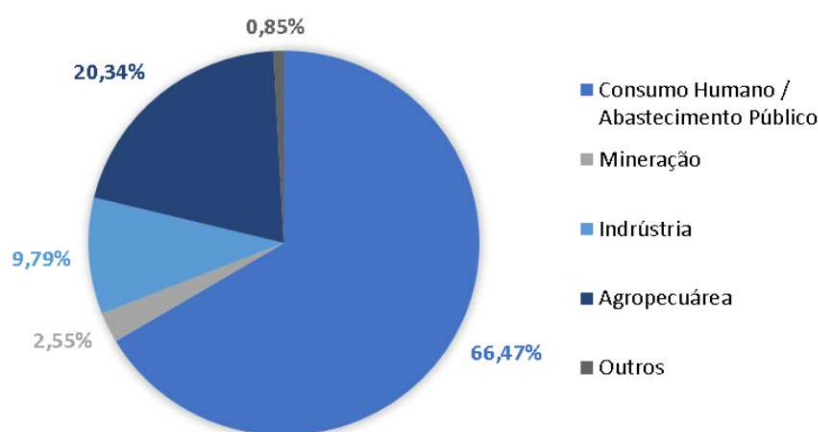


Figura 9 - Valor relativo do número de pedidos de outorga subterrânea na SUPRAM CM, por setor, em 2015, 2017 e 2020. **Fonte:** elaborado a partir de IDE - SISEMA (2023).

Em termos de vazão outorgada, os setores exploraram cerca de 13.830,37 m³/h de água subterrânea, o que representa 31,24% para o período total analisado. Nesse contexto, houve um aumento no consumo de água subterrânea para o setor agropecuário que saltou de 15,33% entre 2001-2021 para 19,42% no recorte analisado. O conjunto de outras atividades não categorizadas no gráfico (aspersão de vias, paisagismos, pesquisa

hidrogeológica e urbanização), também respondeu por um aumento de 3% para 5,33%. Uma leve diminuição foi observada no consumo humano/abastecimento público, passando de 61,61% para 57,70% no percentual total (Figura 10).

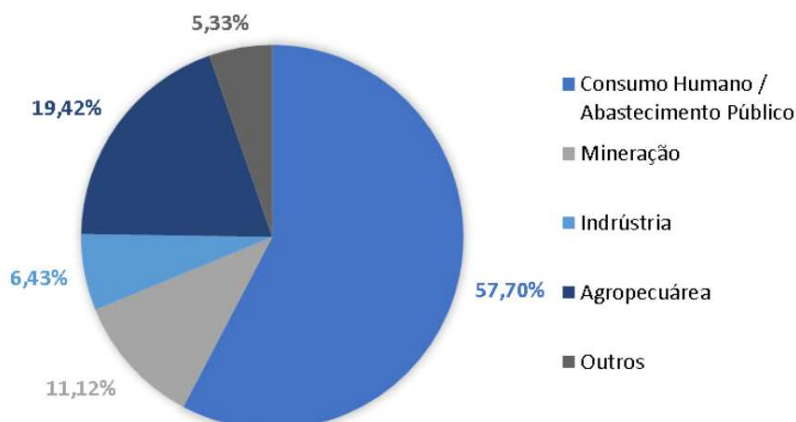


Figura 10 - Valor relativo da quantidade de vazão de água subterrânea outorgada por setor na SUPRAM Central Metropolitana nos anos de 2015, 2017 e 2020. **Fonte:** elaborado a partir de IDE - SISEMA (2023)

A partir dos dados é possível inferir a proporção da vazão outorgada nos anos de 2015, 2017 e 2020, em relação ao período total analisado de 21 anos (Figura 11). Como esses três anos representam cerca de 14% do período total, pode-se concluir que qualquer setor com um aumento superior a 14% nesses três anos, teve um crescimento proporcional no período analisado. Essa porcentagem reflete a quantidade de vazão outorgada que seria esperada se as outorgas fossem distribuídas igualmente ao longo dos 21 anos.

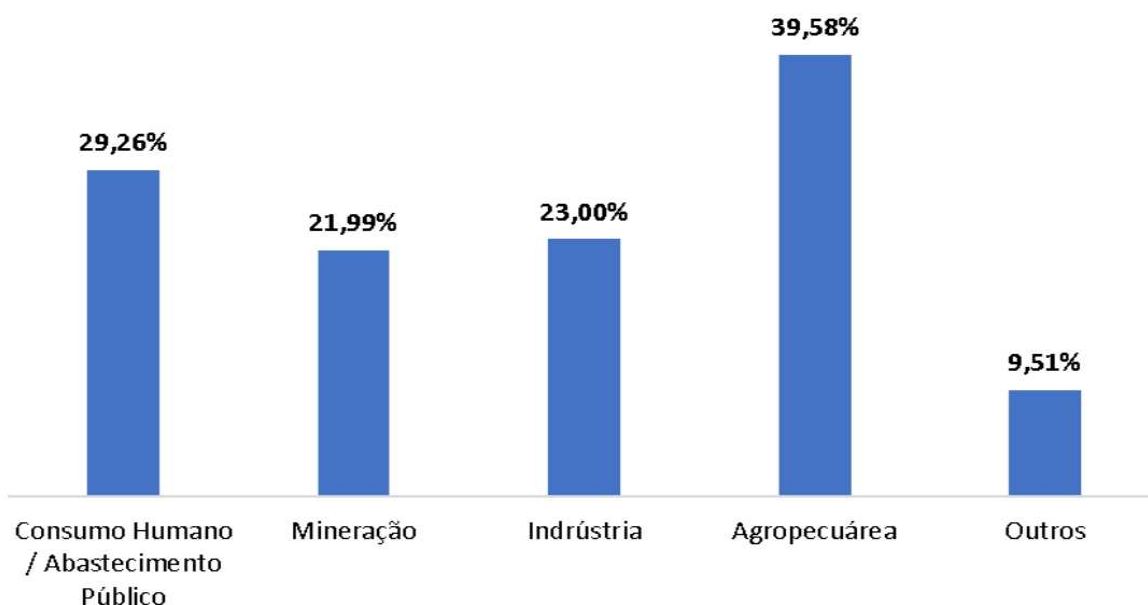


Figura 11 – Proporção da vazão de água subterrânea outorgada nos anos de 2015, 2017 e 2020 em relação ao espaço amostral de 2001 a 2021. **Fonte:** elaborado a partir de IDE - SISEMA (2023).

Neste contexto, é interessante destacar que houve aumentos proporcionais em todos os setores nos três anos. No entanto, os maiores aumentos foram observados nos setores relacionados ao consumo humano/abastecimento público e agropecuário, que representaram 29,26% e 39,58% de todos os pedidos, respectivamente, no período de 2001 a 2021, com aumentos destacados nos três anos mencionados.

É crucial salientar que as vazões atribuídas à mineração e às outras finalidades (“outros”) abrangem a concessão de outorgas, com volumes bem acima do observado para os demais usuários. Quando examinadas em sua forma original, essas vazões representam cerca de 30,53% para a mineração e 56,55% para outras finalidades do total de vazão outorgada dentro do período de análise. No entanto, considerando o valor médio das outorgas para o setor em todo o período analisado, a mineração representaria cerca de 22% e as outras finalidades 9% do total (Figura 11). Essa correção foi necessária devido à existência de um único usuário em cada categoria que outorgou uma vazão discrepante, que poderia comprometer a análise gráfica.

Esse cenário corrobora com a premissa da maior pressão sobre os recursos hídricos subterrâneos em períodos de escassez hídrica superficial. Os usuários que mais fazem esse movimento são os dos setores de consumo humano/abastecimento público e o agropecuário que, possivelmente busquem nos recursos subterrâneos uma alternativa mais duradoura e de relativa boa qualidade em períodos de estiagem.

A baixa disponibilidade hídrica superficial também pode ter contribuído para o aumento no número de outorgas subterrâneas em outras regiões de Minas Gerais. No entorno do lago do Reservatório de Furnas foi observado um incremento gradual e significativo no número de outorgas subterrâneas a partir de 2011, o que coincide com a diminuição gradual dos níveis do reservatório nos períodos de baixa precipitação (Deus; Latuf, 2022; Godoy, 2017). As pesquisas mostraram que, ao longo dos anos, a população recorreu cada vez mais às águas subterrâneas para enfrentar a escassez hídrica superficial.

A região do manancial de Furnas tem a água como um dos pilares das economias municipais, seja por meio da Compensação Financeira dos Recursos Hídricos (CFRH), recebida em função da geração de energia elétrica, seja pelas atividades agrícolas e turísticas (ALAGO, 2017). Portanto, nem sempre a disponibilidade de água superficial é suficiente para sustentar essas atividades, tornando necessário o uso da água subterrânea. Assim, como na SUPRAM CM, na região de Furnas os usos que experimentaram maior aumento no consumo de recursos hídricos subterrâneos, durante períodos de escassez,

foram o consumo humano/abastecimento público e o consumo agroindustrial/irrigação. Estes setores são os mais afetados pela indisponibilidade hídrica superficial por demandarem grandes volumes de água de boa qualidade. Neste sentido, a tendência de boa qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, em relação aos superficiais, os tornam uma alternativa importante (Hirata *et al.*, 2019a;2019b).

Também é relevante considerar que a utilização das águas subterrâneas pode ser ainda mais significativa do que a identificada no estudo, uma vez que muitas captações ocorrem de maneira irregular, sem o devido pedido de outorga. Em períodos de conflito pela água superficial, seja por escassez quantitativa ou qualitativa de recursos hídricos, observa-se um aumento substancial na prática de abertura de poços irregulares. Isso é evidenciado em diversos contextos, como no município de Governador Valadares, onde vários usuários, por desconhecimento das leis pertinentes, discordâncias quanto à necessidade de cadastramento de poços e temores relacionados aos processos burocráticos demorados (Panquestor *et al.*, 2018), acabam perfurando poços sem o devido regramento. Nesse caso, o rompimento da barragem de rejeitos de mineração no município de Mariana no ano de 2015, afetou a qualidade da água em todo curso do Rio Doce a jusante, que era, à época, a principal fonte de captação de água de diversos municípios, incluindo Governador Valadares, levando diversos usuários a buscarem fontes alternativas para suprir as demandas (Araújo *et al.*, 2019).

Entretanto, é essencial ressaltar que a prática de abertura de poços irregulares acarreta diversas consequências negativas, como a falta de sustentabilidade (ou superexploração) das extrações de água subterrânea, conflitos entre usuários, causando a perda do recurso, aumento dos custos de exploração e contaminação de aquíferos pela construção de poços sem controle e critérios técnicos (Pinhatti *et al.*, 2021). Essas questões enfatizam a importância de monitoramento, regulamentação adequada e conscientização para assegurar o uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos, especialmente em situações de crise hídrica e aumento na demanda.

Desta forma, a pressão sobre os mananciais subterrâneos é um processo comum em outras regiões de Minas Gerais, em outros estados e países, principalmente em contextos climáticos muito sazonais ou sujeitos a períodos específicos de redução dos índices pluviométricos (Magalhães Júnior, 2017).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em situações de escassez de água superficial, é vital aplicar medidas para evitar a exploração excessiva das águas subterrâneas. Isso inclui melhorar o monitoramento, estabelecer limites de captação baseados na disponibilidade hídrica e promover práticas sustentáveis de uso da água, principalmente nos setores com maiores demandas.

Na área da SUPRAM CM houve um aumento no número de autorizações para captação de águas subterrâneas durante períodos de escassez hídrica, destacando a importância estratégica e vital dessas águas para atividades econômicas e abastecimento humano. Os principais setores que pressionaram esses recursos foram mineração, consumo/abastecimento humano e agropecuária, totalizando cerca de 90% do total das outorgas. Outros fatores, como flutuações de mercado, eventos anômalos, incluindo a pandemia de COVID-19, conflitos devido à baixa qualidade da água superficial e atrasos na atualização de dados, podem ter influenciado a variação nas autorizações de captação. A pandemia, ocorrida entre 2020 e 2023, reduziu as atividades econômicas, especialmente em 2020 (Mungiolli; Willcox; Daudt, 2020), o que pode ter diminuído a demanda por autorizações de captação subterrânea em setores industriais pela diminuição das demandas.

Eventos extremos, como os rompimentos de barragens de minério, afetaram a qualidade da água superficial, especialmente na SUPRAM CM, diretamente impactada pelo rompimento da barragem em Brumadinho. Esses eventos podem levar a população a buscar fontes alternativas de captação, como águas subterrâneas, devido à insegurança em relação à qualidade da água do sistema público.

Para enfrentar estes desafios, é preciso analisar mais profundamente o impacto econômico e social das flutuações na dinâmica de captação de águas subterrâneas, especialmente em setores críticos como a mineração e a agropecuária. Também é relevante avaliar o rebaixamento do nível freático na disponibilidade hídrica superficial, com a extinção de nascentes.

Esses aspectos exigem o desenvolvimento de uma compreensão mais detalhada das características hidrogeológicas dos aquíferos. Isso é essencial para garantir que a captação de águas subterrâneas seja compatível com a capacidade real de recarga e sustentabilidade dos aquíferos. A compreensão dessas informações pode fornecer um embasamento para o aprimoramento dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos, como, por exemplo, a adoção de critérios para concessão de outorga para utilização de águas subterrâneas que considere o contexto hidrogeomorfológico onde está inserida. Este

panorama pode fornecer subsídios para que diferentes usuários da água adotem práticas mais sustentáveis sem comprometer as suas atividades.

Assim, é evidente a necessidade de aprimorar a gestão dos recursos hídricos subterrâneos, especialmente em períodos de escassez de água superficial. A outorga desempenha um papel essencial, mas requer dados precisos e consistentes e adequações do tempo de análise e aprovação das solicitações para que possíveis demoras não prejudiquem os processos de gestão. Neste campo, é crucial fortalecer a integração entre a outorga de recursos hídricos subterrâneos e outras estratégias de gestão, como a recuperação de áreas de recarga, o monitoramento dos aquíferos e a adoção de práticas sustentáveis de uso da água. A outorga deve ser parte de um conjunto de ações para conservar e usar responsabilmente os recursos hídricos, garantindo sua disponibilidade em longo prazo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA NETO, J. O. de *et al.* Considerações sobre o ano hidrológico 2013- 2014 e os seus reflexos nos caudais fluviais da bacia do rio Doce. **Revista Geografias**, Belo Horizonte, Edição Especial, p. 26–45, 2016

ALVES C.B.M.; POMPEU P.S. A fauna de peixes da Bacia do Rio das Velhas no final do século XX. In: ALVES C. B. M.; POMPEU P. S. (Org.) **Peixes do Rio das Velhas: passado e presente**. Belo Horizonte, SEGRAC. cap. 3, p. 165-187, 2001.

ARAÚJO, T.; AZEVEDO LOPES, F.; PALHARES TEIXEIRA, C. Incidência de doenças diarreicas na bacia do Rio Dome e possíveis relações com infraestrutura de saneamento e rompimento da barragem de Fundão - Mariana/MG. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 15, n. 32, p. 95-111, 2019.

ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO LAGO DE FURNAS - ALAGO. **Cultura e Lazer dos Municípios do Entorno do Lago de Furnas, 2017**. 2017. Disponível em: <https://www.alago.org.br/alago.asp>. Acesso em: 1 mai. 2023.

BAKKER, K. Water security: research challenges and opportunities: **Science**, v. 337, n. 6097, p. 914-915, 2012.

BOMFIM, M. R. **Avaliação de impactos ambientais da atividade minerária**. 1. ed. Cruz das Almas: UFRB, 2017. 46p.

BORDALO, C. A. O paradoxo da água na região das águas: o caso da Amazônia brasileira. **Geosp – Espaço e Tempo**, v. 21, n. 1, p. 120-137, 2017.

BRASIL. **Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF.

COOK, C.; BAKKER, K. Water security: Debating an emerging paradigm. **Global Environmental Change**, v. 22, p. 94-102, 2012.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. **DIMENSÃO AMBIENTAL**. 17 de outubro de 2016. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/media2/RelAnual2011/Copasa/ambiental.html>. Acesso em: 10 out. 2022.

DEUS, F. O.; LATUF, M. O. Usos dos recursos hídricos subterrâneos na Circunscrição Hidrográfica do Entorno do Reservatório de Furnas. **Sociedade e Natureza**, v. 34, 2022.

FAYER, G. C *et al.* Crise hídrica: evolução dos decretos estaduais sobre escassez hídrica em minas gerais. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora. 2018. p. 1-10.

FEWTRELL, L *et al.* Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. **Lancet InfectDis**, v. 5, p. 42-52, 2005.

GIRI, S.; QIU, Z. Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 173, p. 41-48, 2016.

GODOY, M. J. **A reestruturação produtiva e territorial nos municípios de pequeno porte do entorno do Lago de Furnas (MG): (re)funcionalização, transformações e novas dinâmicas**. 2017. 140 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

HIRATA, R *et al.* **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento**. São Paulo: Instituto Trata Brasil. 2019a.

HIRATA, R *et al.* **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. Universidade de São Paulo / Instituto de Geociências, São Paulo, 2019b.

HOEKSTRA, A. Y.; BUURMAN, J.; VAN GINKEL, K. C. H. Urban water security: a review. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 053002, 2018.

IDE – SISEMA. **Outorgas de direito de uso de recursos hídricos**. Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/or/catalog/search#/metadata/45589b8c-4f82-4d42-9ec8-351c65f3ea18>. Acesso em: 2 jan. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Análise de tendência da qualidade das Águas na Bacia do rio das Velhas no período de 2000 a 2013**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2014. 72p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Portaria IGAM N°45 de 17 De Setembro de 2019**. Declara Situação Crítica de Escassez Hídrica Superficial na porção

hidrográfica localizada à montante da estação Santo Hipólito e a sua bacia de contribuição., Minas Gerais, 17 set. 2019.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Qualidade das águas superficiais em Minas Gerais em 2015: Resumo executivo**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2016. 179p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normais Climatológicas do Brasil (1991 - 2020)**. 1 ed. Brasília, 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Banco de Dados Meteorológicos**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/#>. Acesso em: 2 jan. 2023.

JULIAN, J. P *et al.* E. River water quality changes in New Zealand over 26 years: response to land use intensity, **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, v. 21, p.1149-1171, 2017.

LUCAS T *et al.* Identificação de interpoladores adequados a dados de chuva a partir de parâmetros estatísticos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, p. 7-21, 2014.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P. **A nova cultura de gestão da água no século XXI: lições da experiência espanhola**. São Paulo: Ed. Blucher, 2017. 346p.

MAGALHÃES JUNIOR; A. P.; LOPES, F. W. **Recursos Hídricos: as águas na interface sociedade**. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2022. 256p.

MARENGO, J. A *et al.* A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, ed. 106, p. 31-44, 2015.

MARTIRANI, L. A.; PERES, I. K. Crise hídrica em São Paulo: cobertura jornalística, percepção pública e o direito à informação. **Ambient. Soc.**, v. 19, n. 1, p. 1-20, 2016.

MAZZUCATO, M *et al.* **Turning the Tide: A call to collective action**. GCEW: Global Commission on the Economics of Water, 2023, 32p.

MELO, M. C. de.; FORMIGA JOHNSON, R. M. O conceito emergente de segurança hídrica. **Sustentare**, v. 1, n. 1, p.72-92, 2017.

MELO, M. C. de *et al.* Avaliação da segurança hídrica para abastecimento público na Região Metropolitana de Belo Horizonte: estudo da crise hídrica 2014-2015. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 680–701, 2021.

MINAS GERAIS. **Decreto estadual nº 47.787, de 13 de dezembro de 2019**. Dispõe sobre a organização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Diário Executivo – Minas Gerais – 14/12/2019.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 47.787, de 13 de dezembro de 2019**. Dispõe sobre a organização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Decreto., Minas Gerais, 14 dez. 2019.

MUNGIOLI, R. P.; WILLCOX, L. D.; DAUDT, G. Políticas econômicas de enfrentamento da Covid-19: da conjuntura global ao (o) caso da indústria brasileira. **BNDES Setorial**, v. 26, n. 52, p. 45-103, 2020.

NOBRE, C *et al.* Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 8, p. 252-262, 2016.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS DO CLIMA – IPCC. **Special Report of 1.5 °C**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/>. Acesso em: 07 jun. 2022.

PANQUESTOR, E. K *et al.* Análise Qualitativa da Água de poços residenciais em Governador Valadares – Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 9. **Anais...** 2018.

PIAZI, J.; LOPES, F.A.; AZEVEDO, Ú. R. Qualidade das águas e outorgas superficiais no médio rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 28, n.55, p. 828-844, 2018.

PINHATTI, A. L.; HIRATA, R. Por que existem tantos poços irregulares no Brasil?. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 20. **Anais...** 2021.

PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - PNRH. **Documento base de referência (minuta)**. Brasília: MMA/Secretaria de Recursos Hídricos, 2006.

REBOITA, M. S. *et al.* Aspectos Climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 11, n. 11, p. 206-226, 2015.

SILVA, J. L. B. da *et al.* Inferência Exploratória de Dados Espaço-Temporal da Precipitação Pluviométrica no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física.**, v.13, n.5, p. 2019–2036 2020.

SILVA, F. R. **A paisagem do Quadrilátero Ferrífero, MG: potencial para o uso turístico da sua geologia e geomorfologia**. 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

SOARES, A. L. C *et al.* Impacto do rompimento da barragem de rejeitos de minério de ferro da Mina do Feijão, em Brumadinho, quanto ao uso e à cobertura do solo e à qualidade das águas superficiais do rio Paraopeba. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 27, n. 2, p. 356–381, 2021.

UN-WATER. The United Nations Inter-Agency mechanism on all freshwater related issues, including sanitation. **Water security 2013**. Disponível em: <<http://www.unwater.org/topics/water-security/en/>>. Acesso em: 18 out. 2023.

VASCONCELOS, N. A.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; RIBEIRO, N. B. Impactos da crise hídrica 2014-2016 sobre os usuários dos rios Paraíba do Sul e Guandu. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 16, n. 14, p. 1-26, 2019.

Recebido: 08/04/2024

Aceito: 21/08/2024