



Sociedade & Natureza

ISSN: 0103-1570

ISSN: 1982-4513

Editora da Universidade Federal de Uberlândia - EDUFU

Deus, Franciny Oliveira de; Latuf, Marcelo de Oliveira
Usos dos recursos hídricos subterrâneos na Circunscrição
Hidrográfica do Entorno do Reservatório de Furnas
Sociedade & Natureza, vol. 34, e63520, 2022
Editora da Universidade Federal de Uberlândia - EDUFU

DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-63520>

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321370368014>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais informações do artigo
- Site da revista em redalyc.org

UABM redalyc.org

Sistema de Informação Científica Redalyc
Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe, Espanha e Portugal
Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no âmbito da iniciativa
acesso aberto

Usos dos recursos hídricos subterrâneos na Circunscrição Hidrográfica do Entorno do Reservatório de Furnas

Uses of underground water resources in the Hydrographic Circumscription Surrounding the Furnas Reservoir

Franciny Oliveira de Deus¹

Marcelo de Oliveira Latuf²



Palavras-chave:

Água subterrânea
Outorga
Planejamento
Usos múltiplos

Resumo

Nas últimas décadas vem ocorrendo a intensificação do uso de recursos hídricos no atendimento à diversas demandas da sociedade e, neste viés, a água subterrânea vem sendo utilizada com maior frequência e volume, visto à menor influência de variações meteorológicas em sua disponibilidade. Por outro lado, a captação da água subterrânea é mais onerosa, quando comparada à água superficial, já que depende de levantamentos geológicos para sua utilização. No entorno do reservatório de Furnas, localizado no Sul do Estado de Minas Gerais, destacam-se demandas pelo uso dos recursos hídricos subterrâneos tais como irrigação, indústria, consumo humano dentre outros. Nesse sentido, o estudo almeja compreender a dinâmica espaço-temporal das outorgas subterrâneas deferidas na Circunscrição Hidrográfica do Entorno do reservatório de Furnas no período de 2001 a 2020, a fim de subsidiar ações de suporte à decisão aos órgãos gestores nas diversas esferas administrativas. Para tal, utilizou-se dados de outorgas subterrâneas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas, onde foram processados por meio de planilhas eletrônicas e técnicas de estatística descritiva. Por outro lado, recorreu-se ao Sistema de Informação Geográfica para a obtenção de superfícies contínuas de densidade de outorgas deferidas, bem como de vazões consumidas. Resultados demonstram que 624 outorgas subterrâneas foram deferidas na área de estudo entre os anos de 2001 e 2020 e que, a partir do ano de 2013, ocorreu um incremento expressivo no quantitativo outorgado, sendo que os segmentos usuários que tiveram as maiores demandas foram o abastecimento público/consumo humano e a irrigação/consumo agroindustrial, respectivamente. Nessa conjuntura, é fundamental que o órgão gestor, bem como o Comitê de Bacia Hidrográfica do Entorno do Reservatório de Furnas, realizem o planejamento e o gerenciamento em relação aos recursos hídricos subterrâneos, a fim de evitar futuros cenários de conflitos pelos usos múltiplos das águas subterrâneas.

Keywords:

Groundwater
Granting
Planning
Multiple uses

Abstract

In the recent decades, there has been an intensification of the use of water resources to meet the various demands of the society and, in this bias, groundwater has been used with a greater frequency and volume, due to the lesser influence of meteorological variations on its availability. On the other hand, the collection of groundwater is more expensive when compared to the surface water, since it depends on geological surveys for its use. In the surroundings of the Furnas reservoir, located in the south of the state of Minas Gerais, Brazil, there are demands for the use of groundwater resources such as irrigation, industry and, human consumption, among others. In this sense, the study aims to understand the spatio-temporal dynamics of underground grants granted in the Hydrographic Circumscription of the Surroundings of the Furnas reservoir in the period from 2001 to 2020, in order to subsidize decision support actions to the management bodies in the various administrative spheres. Therefore, data from underground grants from the Minas Gerais Institute for Water Management were used, where they were processed through electronic spreadsheets and descriptive statistics techniques. On the other hand, the Geographic Information System was used to obtain continuous density surfaces of deferred grants, as well as consumed flows. Results show that 624 underground grants were granted in the study area between 2001 and 2020 and that, from 2013 onwards, there was a significant increase in the amount granted, and the user segments that had the greatest demands represented the supply of public/human consumption and irrigation/agribusiness consumption respectively. In this context, it is essential that the managing body, as well as the Hydrographic Basin Committee around the Furnas Reservoir, carries out the planning and the management in relation to the groundwater resources, in order to avoid future scenarios of conflicts due to the multiple uses of the underground water.

¹Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL, Alfenas, MG, Brasil. francinyoliveiradedeus@gmail.com

²Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL, Alfenas, MG, Brasil. marcelo.latuf@unifal-mg.edu.br

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas são águas existentes abaixo da superfície do solo, incluindo as águas da camada não saturada do subsolo e da sua zona saturada, bem como as que estão contidas nos vazios intergranulares das rochas sedimentares ou nas fraturas das rochas compactas (REBOUÇAS et al., 1999).

Para Martínez et al. (2008) os aquíferos subterrâneos podem apresentar zonas de descargas e de recarga pertencentes a uma ou mais bacias hidrográficas sobrejacentes, atuando como reservatórios subterrâneos que funcionam como condutos sob pressão, podendo interconectar bacias hidrográficas dispostas a vários quilômetros umas das outras.

Conforme Goetten (2015) a gestão das águas subterrâneas enfrenta dificuldades, desde à superexploração e à poluição, além da carência nas redes de monitoramento, bem como aos dados sobre os limites hidrogeológicos, litologia, qualidade das águas, volume das reservas, taxas de uso, usuários e vulnerabilidade, o que dificulta o gerenciamento adequado.

De acordo com Nogueira (2010) no Brasil, as águas subterrâneas são utilizadas principalmente para o consumo humano e largamente utilizadas na agricultura para irrigação, na indústria, no lazer e no turismo, sendo que, o aumento do uso dos recursos hídricos subterrâneos, pode acarretar negativamente a disponibilidade espaço-temporal deste recurso.

Estima-se que a disponibilidade de água subterrânea no Brasil seja em torno de $14.650\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ e que sua distribuição pelo território nacional não é uniforme, visto que as características hidrogeológicas dos aquíferos são variáveis (ANA, 2020).

Conforme a Lei nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a água subterrânea é um bem público, passível de valor econômico e a sua gestão fica a cargo dos Estados (BRASIL, 1997). No Estado de Minas Gerais é a Lei nº 13.771, de 11 de dezembro de 2000, que disciplina a administração, a proteção e a conservação das águas subterrâneas (MINAS GERAIS, 1999).

Para garantir o uso dos recursos hídricos entre os múltiplos usuários, existe a outorga de uso dos recursos hídricos. A outorga é um dos instrumentos da PNRH, que tem como objetivo “assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água” (BRASIL, 1997).

Em Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) é o órgão responsável

pela gestão dos recursos hídricos subterrâneos, gestão essa, realizada principalmente, por meio do instrumento de outorga de direito de uso das águas.

De acordo com dados do relatório de gestão e situação das águas de Minas Gerais de 2019 (IGAM, 2019), as áreas estaduais com maiores demandas pelo uso de água subterrânea, “encontram-se nas regiões noroeste, norte e central de Minas Gerais nas bacias hidrográficas dos rios Doce, São Francisco e Paranaíba” (IGAM, 2019, p.126).

Nesse sentido, é necessário que sejam elaboradas estratégias eficazes a fim de evitar futuros cenários de escassez hídrica. Sendo assim, as políticas públicas nacionais e estaduais são fundamentais para a proteção dos recursos hídricos subterrâneos, porém para que se alcance este estágio, há a necessidade de monitoramento quali-quantitativo contínuo.

Uma importante ferramenta de monitoramento das águas subterrâneas é o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), que configura-se em um sistema de informações desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (SIAGAS, 2022).

Em Minas Gerais, o monitoramento é realizado por meio da Rede Estadual de Monitoramento de Qualidade de Águas Subterrâneas, uma rede que tem como objetivo, a análise qualitativa dos recursos hídricos subterrâneos em seus aspectos de variação espaço-temporal (IGAM, 2022).

Em virtude da necessidade do diagnóstico espaço-temporal dos usos das águas subterrâneas por meio das outorgas concedidas pelos órgãos gestores, enquadra-se a Circunscrição Hidrográfica do Entorno do Reservatório de Furnas (CH Furnas), localizada na mesorregião Sul/Sudoeste do Estado de Minas Gerais, palco de conflitos pelo uso dos recursos hídricos e impactos em diversos circuitos econômicos (LEMOIS JÚNIOR, 2010; GODOY, 2017).

Na CH Furnas existem diversos usuários dos recursos hídricos subterrâneos tais como irrigação, indústria, consumo humano dentre outros e, tendo em vista este cenário, o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Entorno de Furnas (IGAM, 2013) não atende as necessidades da gestão atual, pautado no conhecimento dos segmentos usuários, demandas, vazões consumidas, volumes captados dentre outros, visto que, os dados de outorgas subterrâneas datam “até agosto de 2008” (IGAM, 2013, p.192).

Nessa perspectiva, o presente estudo possui como objetivo identificar a dinâmica espaço-temporal dos usos dos recursos hídricos

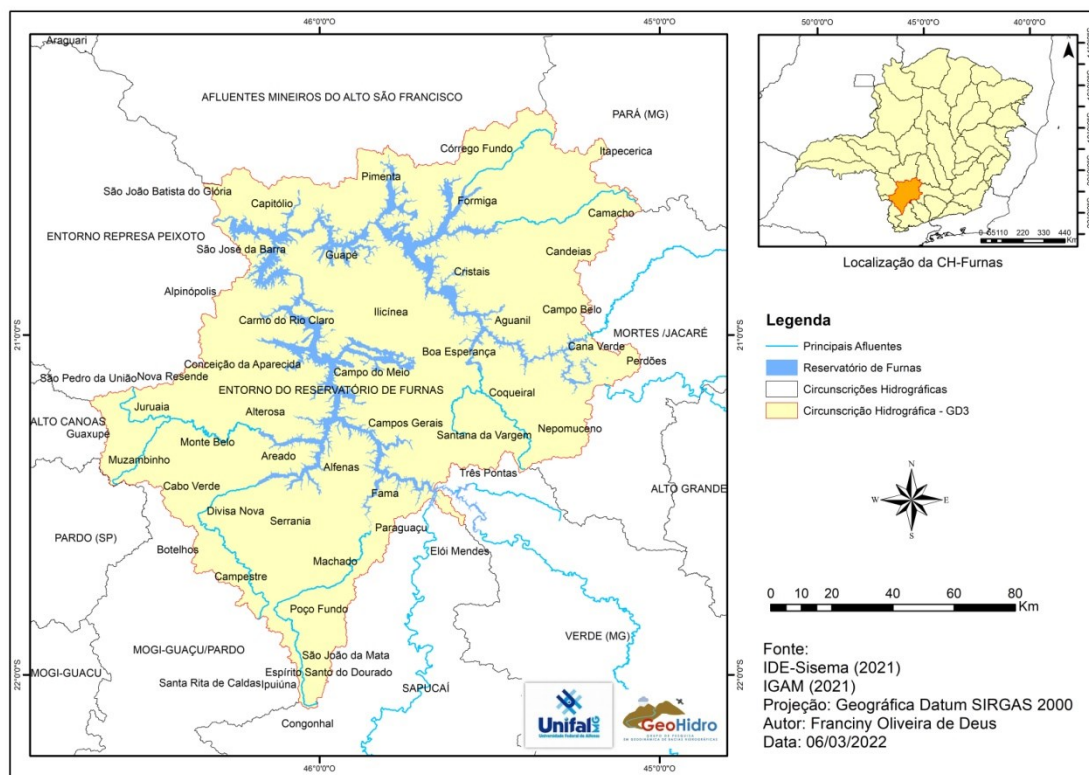
subterrâneos na CH Furnas no período de 2001 a 2020, subsidiando a atualização da base de dados sobre os usos das águas subterrâneas, bem como na gestão de conflitos entre diversos segmentos usuários.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

A CH Furnas é composta por 50 municípios, sendo 34 lindeiros ao reservatório (Figura 1), possui área de 16.643km² e população estimada de 949.599 mil habitantes (IGAM, 2021; IBGE, 2021).

Figura 1 - Circunscrição Hidrográfica do Entorno do Reservatório de Furnas



Fonte: Os autores (2022)

A geologia da área de estudo é bastante diversificada, tendo o embasamento litológico associado às rochas cristalinas, com diferentes idades e deformações por eventos tectônicos, sendo sobrepostas por coberturas detríticas e depósitos colúvio-aluvionares (IGAM, 2013).

Observam-se quatro unidades geomorfológicas regionais: Planalto Centro Sul Mineiro a Nordeste, Planalto Alto Rio Grande a Sudeste, Planalto de Poços de Caldas a Sul e Serra da Canastra a Noroeste, com predominância de relevos ondulado e forte ondulado (IGAM, 2013).

No que tange aos aspectos pedológicos existem dois principais tipos de solos nos limites territoriais da CH Furnas, um que é caracterizado pelo pouco desenvolvimento onde se agrupam Cambissolos, Gleissolos e Neossolos, e o outro, caracterizado por solos com horizonte

residual, Argissolos e Latossolos (EMBRAPA, 2011).

O clima predominante é o Tropical, com temperaturas médias entre 18° a 25°C, as estações são caracterizadas por ser e uma chuvosa (outubro a março) e outra seca (abril a setembro) e apresenta índice pluviométrico médio anual de aproximadamente 1.500 mm/ano (INMET, 2022).

O reservatório da Usina Hidrelétrica de Furnas está localizado no sudoeste de Minas Gerais, a 355km de Belo Horizonte e tendo como principais contribuintes os rios Grande, Sapucaí, Verde e Jacaré (LEITE, 2020).

Em relação à vegetação, podem-se citar os Remanescentes Florestais que consistem em formações florestais (primárias e secundárias) de Floresta Estacional Semidecidual Montana, Campo, Campo Rupestre e Campo Cerrado

encontrados nos Domínios Atlântico e Cerrado (SCOLFORO et al., 2006). Na CH Furnas ocorre o predomínio de áreas de pastagem e em relação à produção agrícola regional destacam-se, o café, soja, milho e cana-de-açúcar (LEITE, 2020).

Procedimentos metodológicos

Confeccionou-se a base cartográfica da CH Furnas, com temas que abordam os limites das unidades de gestão de recursos hídricos do Estado de Minas Gerais, reservatório de Furnas, rede hidrográfica e rios principais, limites administrativos (municípios), sedes administrativas municipais, bem como as outorgas de uso dos recursos hídricos subterrâneos.

Todos os dados foram adquiridos no portal da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (IDE-Sisema), pelo endereço eletrônico, exceto os dados de outorgas subterrâneas, que foram adquiridos no formato de planilha eletrônica, via solicitação ao órgão gestor estadual.

Os dados de outorgas foram tratados com o intuito de filtrar os registros contidos no limite geográfico da CH Furnas, via Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS® 10.6.1, por meio de sua espacialização a partir dos pares de coordenadas geográficas e, posteriormente, recortados utilizando a função *Clip*. Posteriormente, todos os dados espaciais foram então armazenados em um *Geodatabase* na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Fuso 23 Sul, com datum horizontal SIRGAS2000.

A partir dos dados de outorgas, delimitou-se o recorte temporal de 2001 a 2020, sendo excluídos todos os registros que não satisfizessem esse período e, posteriormente, foram selecionadas apenas as outorgas subterrâneas do tipo “deferida”. O recorte temporal supracitado foi escolhido em função da publicação da Lei nº13.199 de 29 de janeiro de 1999, sendo que os dados de outorgas deferidas foram inseridos nos sistemas a partir de 2001.

Logo após, foi realizada a inspeção amostral de inconsistências na base de dados fornecida pelo órgão gestor, excluindo-se registros com ausência de vazão outorgada para segmentos usuários consuntivos, como também inconsistência em relação à publicação da vigência ou data da concessão não foram contabilizadas por não apresentarem os dados necessários.

Neste processo, adotou-se um universo amostral de 10% dos dados referentes às

outorgas deferidas, tendo um universo amostral de 109 registros verificados.

Observou-se ainda, vazões expressivamente altas concedidas às captações subterrâneas, a exemplo de $9,47E15 m^3.h^{-1}$, $9,54E15 m^3.h^{-1}$, $5,52E16 m^3.h^{-1}$, $3,24E16 m^3.h^{-1}$ dentre outras. Devido à incompatibilidade do valor apresentado pela planilha do IGAM e o critério de vazão de referência, tais outorgas foram verificadas individualmente no *site* de consulta do órgão gestor.

No entanto, 26 não foram encontradas ou não possuíam cadastro no sistema de consulta e, dessa forma, estas outorgas foram retiradas das estatísticas de vazão outorgada e finalidade, considerando-as apenas para o quesito do quantitativo de outorgas concedidas.

Com o intuito de ter uma melhor compreensão da temporalidade acerca das concessões de outorgas na CH Furnas, cada registro foi analisado no que diz respeito ao tipo de captação, finalidade de uso, vazão outorgada, data da concessão e período de validade, por meio da utilização de planilhas eletrônicas e técnicas de estatística descritiva.

As análises espaciais das concessões de outorgas foram elaboradas por meio de mapas temáticos, utilizando-se o SIG ArcGIS® 10.6.1, a partir da extensão *Spatial Analyst*. Posteriormente, realizou-se a interpolação dos dados de localização e vazão outorgada, por meio do método de Densidade Kernel e Ponderação do Inverso da Distância (IDW), respectivamente.

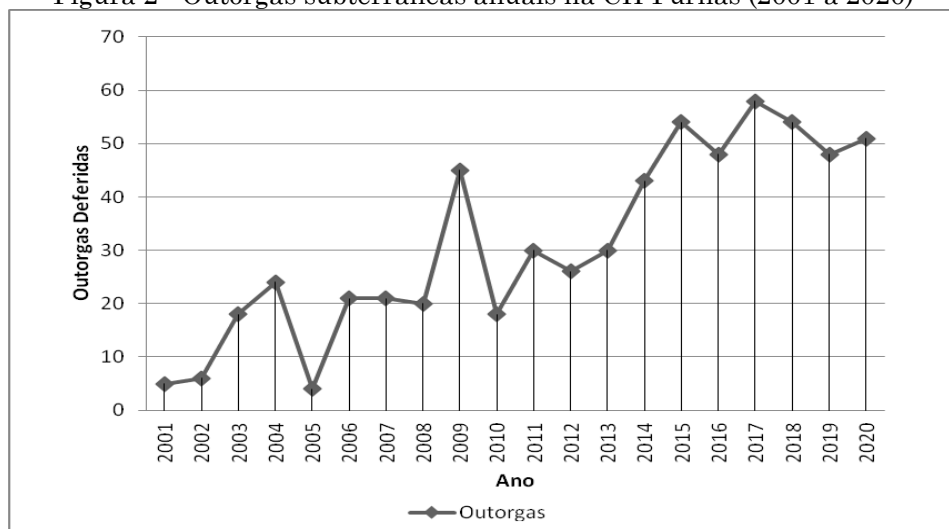
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o recebimento da planilha de outorgas subterrâneas cedida gentilmente pelo órgão gestor, iniciou-se o procedimento de verificação de consistência dos dados e, infelizmente, foram detectadas inconsistências nos dados referentes à: (a) localização (coordenada fora dos limites do CH Furnas), (b) digitação (vazões expressivamente altas ou baixas), (c) digitação (referente à posição da vírgula), (d) cadastro em outra CH, (e) vazão nula para usos consuntivos, (f) multiplicidade de finalidades destinadas à mesma captação (neste caso, deveria ter uma informação de qual é o uso preponderante), (g) números de portarias que não são localizados no *site* de outorgas do órgão gestor, (h) ausência de vazão (células vazias), (i) finalidade e (j) data de publicação da outorga.

Após a verificação de consistência, identificou-se 624 outorgas deferidas na área da CH Furnas no período entre 2001 e 2020 (Figura 2), com tendência ao incremento do quantitativo

de outorgas, obtendo média anual de aproximadamente 31 outorgas subterrâneas concedidas.

Figura 2 - Outorgas subterrâneas anuais na CH Furnas (2001 a 2020)



Fonte: Adaptado de IGAM (2021).

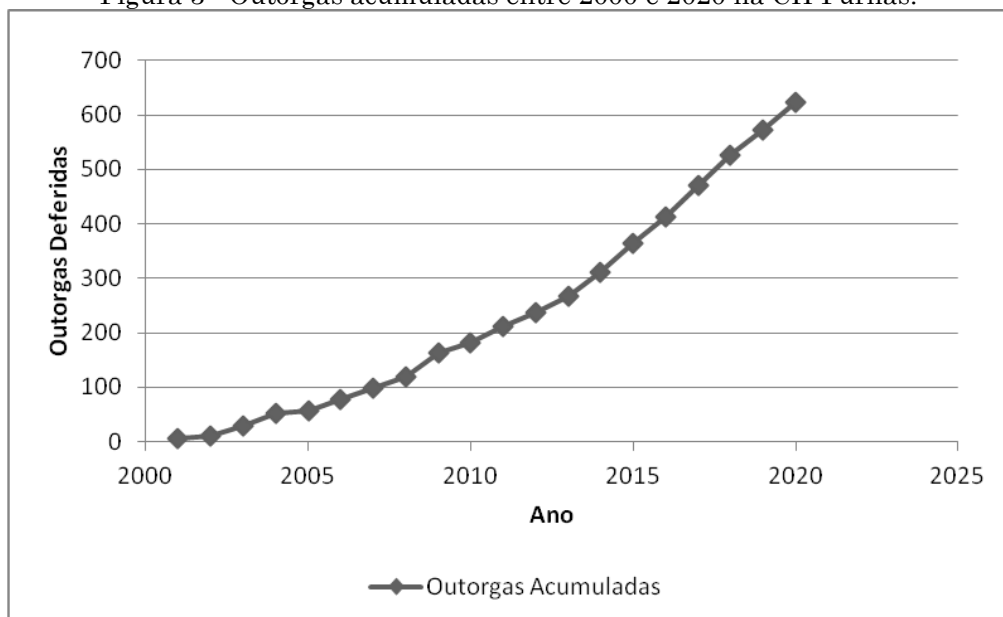
Destaca-se a partir de 2009, um aumento expressivo de deferimento de outorgas com relação aos anos anteriores, com 45 registros. No entanto, a partir do ano de 2011 as concessões de outorgas apresentaram uma tendência de aumento gradativo com destaque para 2017, com 58 outorgas subterrâneas deferidas, representando o maior quantitativo no recorte temporal de análise.

Conforme Godoy (2017), a partir de 2012 os níveis do reservatório de Furnas começaram gradualmente a baixar, devido a um período com precipitações abaixo da média. Segundo Hirata et al. (2019), entre 2013 e 2017, 48,6% dos municípios brasileiros passaram por crise hídrica, sendo que 56% desses municípios

utilizavam águas superficiais para abastecimento, enquanto apenas 31% faziam uso das águas subterrâneas. Neste período de crise hídrica, muitos municípios entraram em uma disputa contra o tempo para perfuração de novos poços.

Nesse sentido, é fundamental que se tenha planejamento para enfrentar as possíveis adversidades climáticas, que possam interferir no índice pluviométrico, levando em consideração que a água subterrânea é um recurso a ser utilizado em caso de expressiva necessidade. Nessa perspectiva, a partir do ano de 2012 acumulou-se um quantitativo significativo de outorgas subterrâneas (Figura 3).

Figura 3 - Outorgas acumuladas entre 2000 e 2020 na CH Furnas.

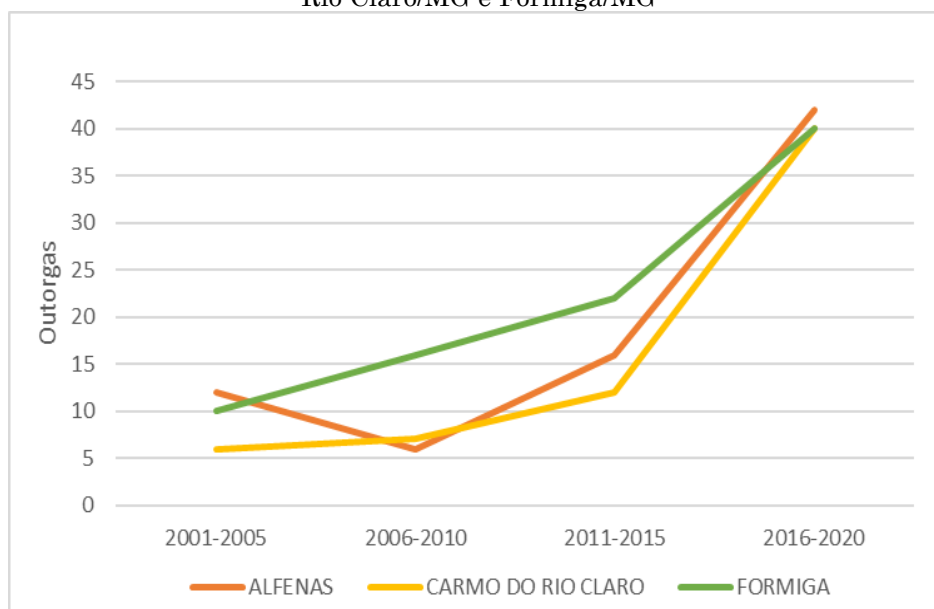


Fonte: Adaptado de IGAM (2021).

Levando em consideração que a CH Furnas possui diversos usuários de recursos hídricos e, que é uma região com cidades turísticas, faz-se necessário entender a dinâmica das concessões de outorgas com o intuito de dirimir conflitos pelo uso da água, como também elaborar planos estratégicos para minimizar os efeitos de cenários de escassez hídrica.

A partir do ano de 2012 verificou-se um aumento de concessões de outorgas subterrâneas para os municípios pertencentes da CH Furnas, a exemplo dos municípios de Alfenas/MG, Carmo do Rio Claro/MG e Formiga/MG (Figura 4).

Figura 4 - Outorgas subterrâneas concedidas em Alfenas/MG, Carmo do Rio Claro/MG e Formiga/MG

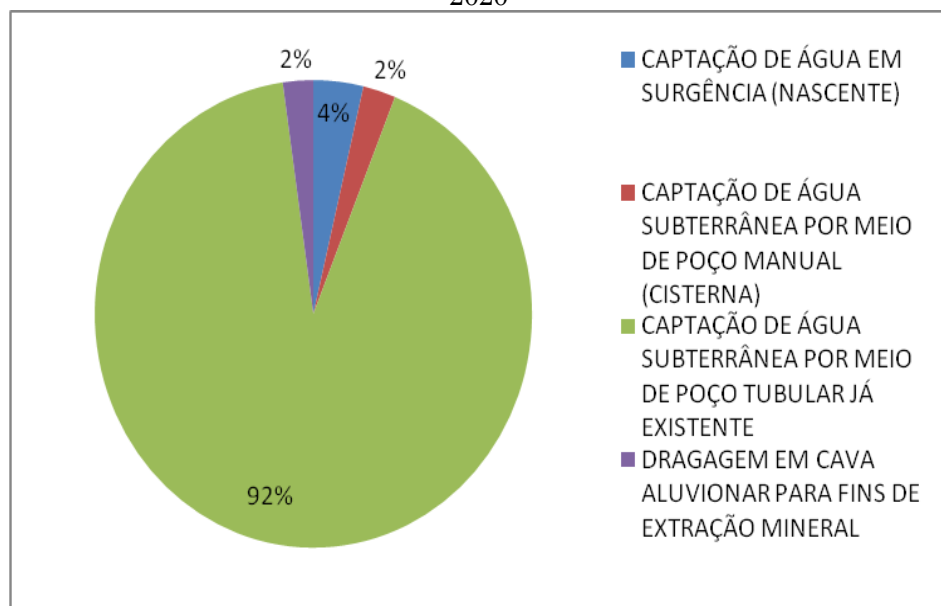


Fonte: Adaptado de IGAM (2021).

Em relação ao modo de captação da água subterrânea, verificou-se que a captação por meio de poço tubular já existente, representa 92% das outorgas deferidas entre os anos de 2001 a 2020

(Figura 5), sendo que esse tipo de captação é realizado principalmente para o consumo humano e abastecimento público.

Figura 5 - Modo de captação das outorgas deferidas entre 2001 a 2020



Fonte: Adaptado de IGAM (2021).

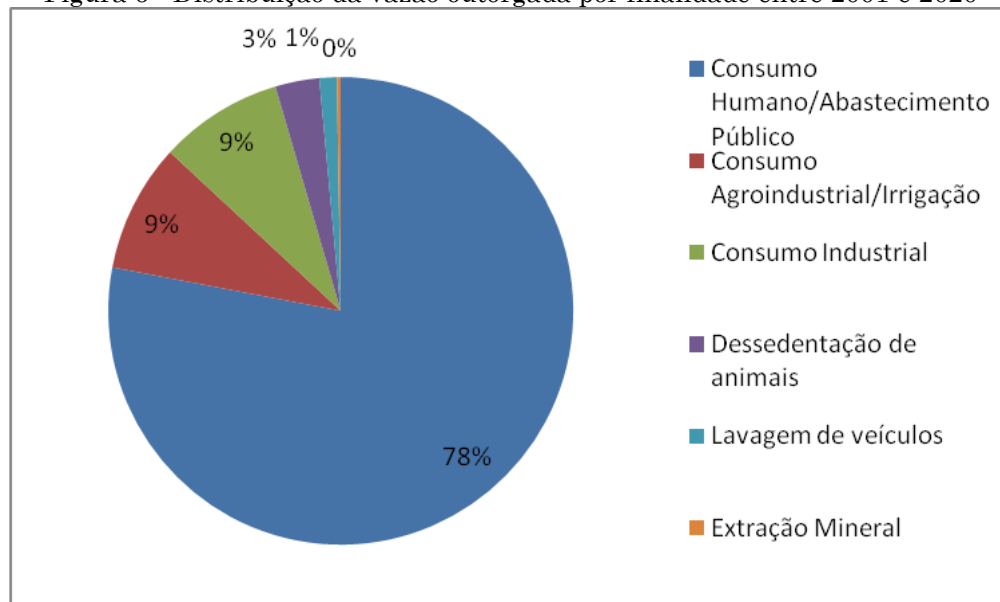
De acordo com o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA), em seu relatório de monitoramento, a bacia do rio Grande ocupa a terceira posição em relação ao consumo de águas subterrâneas dentre as bacias estaduais (SISEMA, 2018).

Para a análise da vazão outorgada ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) a cada finalidade foi necessário reduzir o universo amostral para 598 outorgas, em virtude de 26

outorgas com inconsistências identificadas e que não constavam no *site* do órgão gestor.

Identificou-se que o principal uso da água subterrânea na CH Furnas está direcionado ao consumo humano (Figura 6), que representa 78% da vazão concedida entre os anos de 2001 e 2020, seguido das finalidades de consumo agroindustrial/irrigação e consumo industrial, ambos com 9%.

Figura 6 - Distribuição da vazão outorgada por finalidade entre 2001 e 2020



Fonte: Adaptado de IGAM (2021).

No quadro 1 observou-se que a finalidade de Consumo Humano/Abastecimento Público apresentou considerável crescimento a partir do ano de 2008, como também a finalidade de

Consumo Agroindustrial/Irrigação que até 2008 apresentava uma vazão consumida de $33,4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e que no lapso temporal de 2001 a 2020 passou para $293,4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Quadro 1 - Comparativo de vazão outorgada por finalidade entre o presente estudo e o Plano Diretor de Recursos Hídricos da CH Furnas

Finalidade	2001 a 2020		PDRH (até 2008)	
	Vazão (m ³ .h ⁻¹)	%	Vazão (m ³ .h ⁻¹)	%
Consumo Humano/Abastecimento Público	2.575,7	77,9	282,0	30,85
Consumo Agroindustrial/Irrigação	293,4	8,9	33,4	4,75
Consumo Industrial	283,6	8,6	356,7	39,04
Dessedentação de animais	101,4	3,1	93,5	10,23
Lavagem de veículos	40,0	1,2	138,2	15,12
Extração Mineral	8,6	0,3	-	-
Média de vazão deferida	550,5	-	180,76	-

Fonte: Adaptado de IGAM (2021).

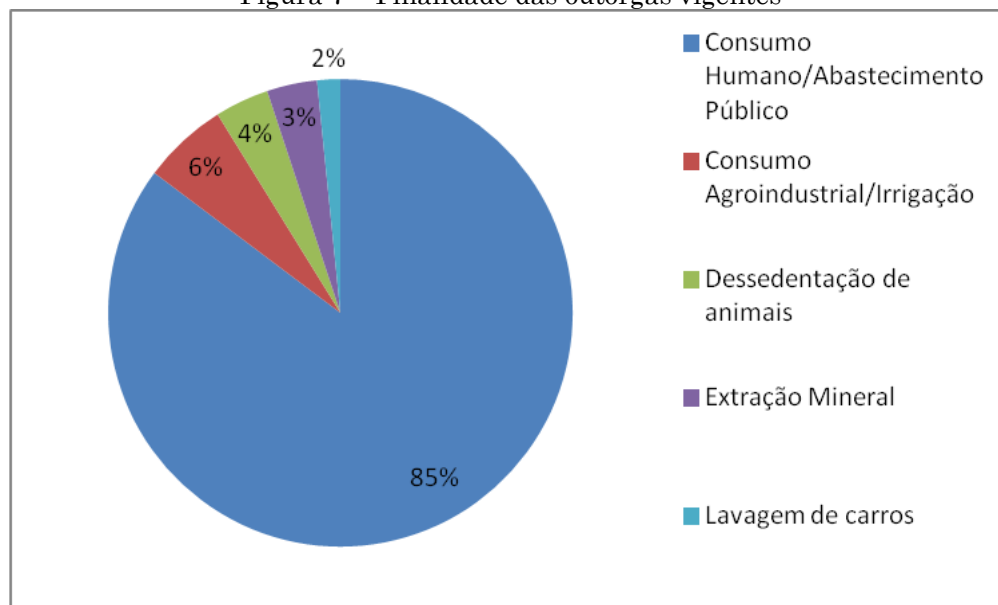
Na CH Furnas o maior usuário de águas subterrâneas é o Consumo Humano/Abastecimento Público, já o segundo maior usuário é o consumo agroindustrial/irrigação com 9% das vazões outorgadas, representando 293,4m³.h⁻¹. Os demais usos dizem respeito ao consumo industrial, dessedentação de animais, lavagem de veículos e extração mineral, com um somatório de 433,62 m³.h⁻¹.

A área de estudo possui a água como uma das bases que sustentam sua economia, seja pela Compensação Financeira dos Recursos Hídricos (CFRH) recebida pelos municípios, em função da geração de energia elétrica, seja pelas atividades ligadas à agricultura e ao turismo (ALAGO,

2006). No entanto, nem sempre há disponibilidade de água superficial para estas atividades, sendo necessário dessa forma utilizar a água subterrânea.

Utilizando o campo amostral de 624 outorgas subterrâneas deferidas entre 2001 e 2020, constatou-se que 428 são vigentes na CH Furnas, sendo que 85% são para o consumo humano/abastecimento público (Figura 7), com outorgas válidas até 2055.

Em seu estudo Hirata et al. (2015) relatam que as águas subterrâneas são a opção exclusiva para 48% dos municípios com população menor que 10 mil habitantes e para 30% daqueles com 10 a 50 mil habitantes.

Figura 7 – Finalidade das outorgas vigentes

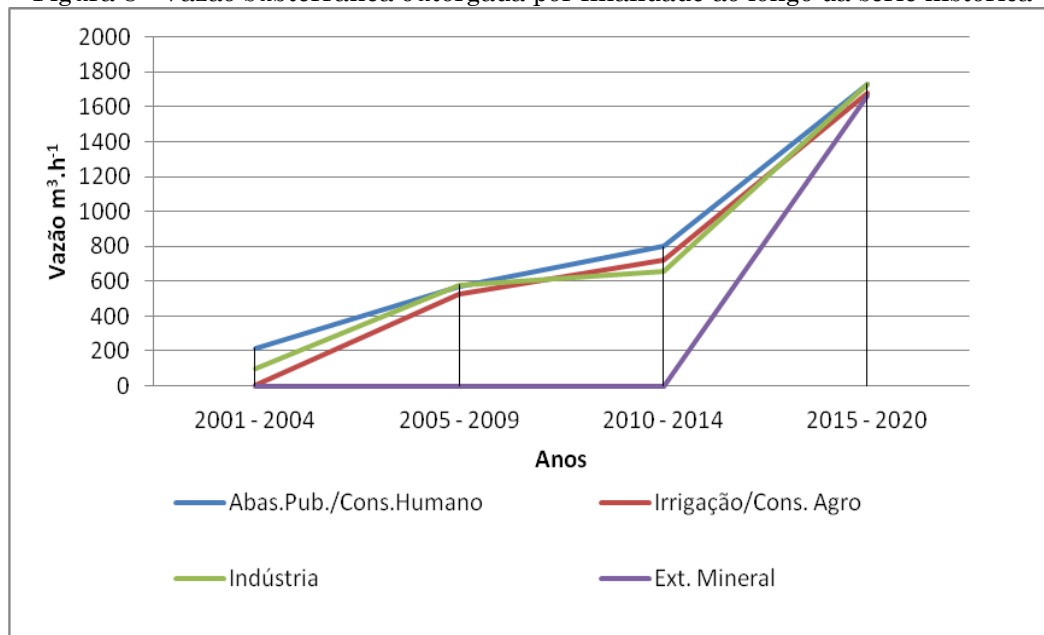
Fonte: Adaptado de IGAM (2021).

Foram identificados os segmentos com maiores consumos de águas subterrâneas (Figura 8) e notou-se que os usuários de Abastecimento Público/Consumo Humano, Irrigação/Consumo Agroindustrial, Indústria e Extração Mineral a partir do ano de 2010

aumentaram, consideravelmente, a demanda pelo uso dos recursos hídricos na CH Furnas.

Diante do cenário de aumento do consumo de recursos hídricos subterrâneos na CH Furnas se faz necessário o acompanhamento desses usos no intuito de evitar futura escassez Hídrica na região.

Figura 8 - Vazão subterrânea outorgada por finalidade ao longo da série histórica



Fonte: Adaptado de IGAM (2021).

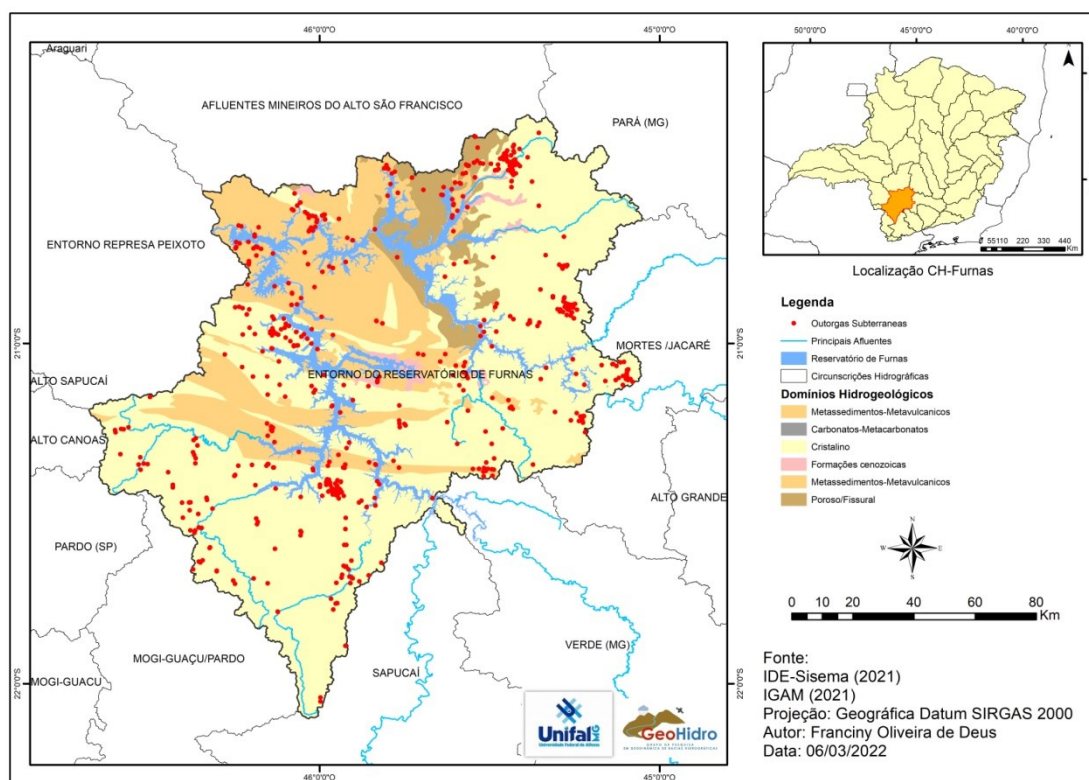
Com relação aos tipos de aquíferos, Nogueira (2010) relata que o Estado de Minas Gerais possui três tipos poroso, cárstico e fraturado e, sendo estes, agrupados em três províncias hidrogeológicas denominadas Paraná, São Francisco e Escudo Oriental Sudeste.

Os Domínios Hidrogeológicos seriam as entidades resultantes do agrupamento de unidades geológicas com afinidades hidrogeológicas, tendo como base principalmente as características litológicas das rochas e sendo classificados em 7 domínios, que são as Formações Cenozóicas, Bacias Sedimentares, Poroso/Fissural,

Metassedimentos/Metavulcânicas, Vulcânicas, Cristalino, Carbonatos/Metacarbonatos (BOMFIM, 2010).

Na CH Furnas verificou-se a presença de 5 domínios, sendo o mais recorrente o domínio Cristalino (Figura 9) e, conforme Bonfim (2010), dentre os aquíferos fissurais tende a ser o domínio de menor potencial hidrogeológico. Dessa forma, áreas em que ocorre essas características, devem receber uma atenção maior ao que se refere às concessões de outorgas subterrâneas.

Figura 9 - Domínios hidrogeológicos na CH Furnas



Fonte: Os autores (2021).

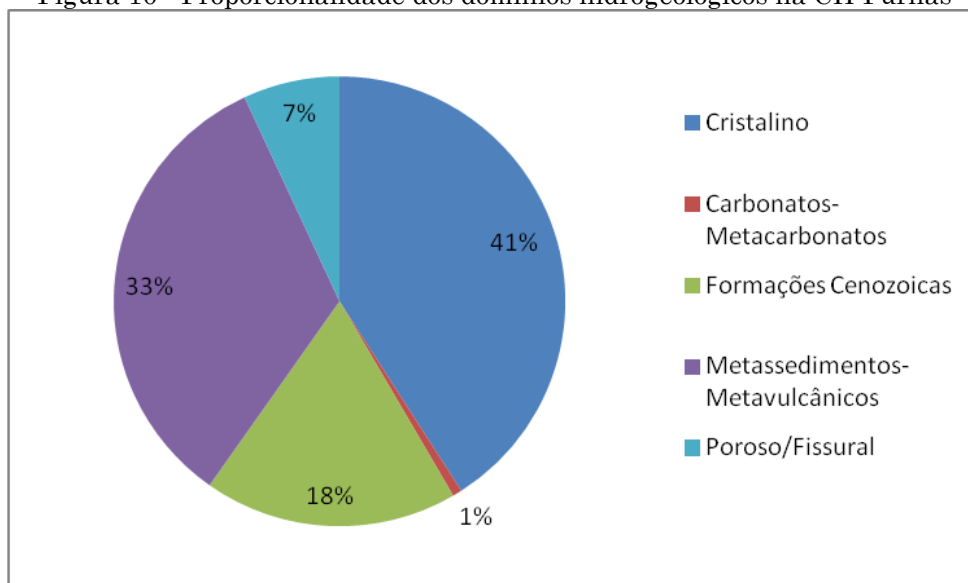
Através da Figura 8 observa-se que o maior quantitativo de outorgas concedidas está no domínio hidrogeológico Cristalino, apresentando uma menor porosidade primária e, a ocorrência de água subterrânea, é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão (BONFIM, 2010).

Outra característica conforme o autor supracitado é que em geral, as vazões

produzidas por poços no domínio Cristalino são pequenas e a água, em função da falta de circulação e do tipo de rocha (entre outras razões), é na maior parte das vezes salinizada.

Na CH Furnas, 41% das outorgas subterrâneas referem-se ao domínio hidrogeológico Cristalino (Figura 10), e em muitas regiões a exemplo de Formiga/MG, Campo Belo/MG e Alfenas/MG, ocorre uma alta densidade de concessões de outorgas, como também as maiores vazões outorgadas.

Figura 10 - Proporcionalidade dos domínios hidrogeológicos na CH Furnas

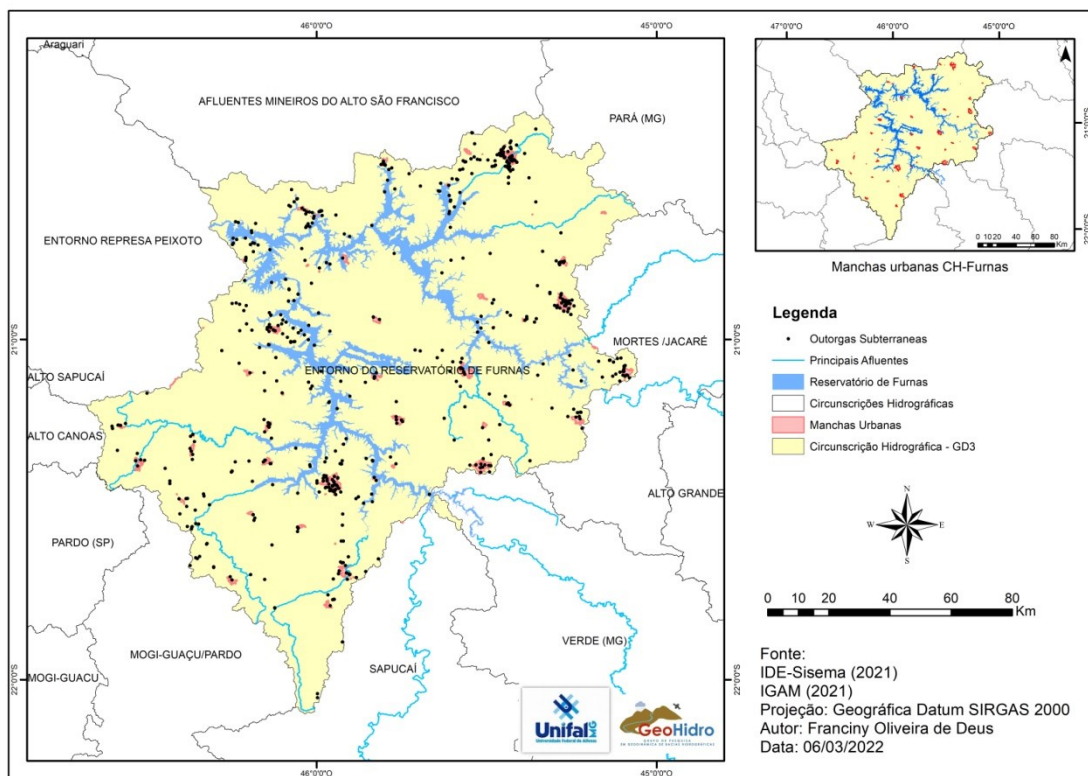


Fonte: Adaptado de IDE-Sisema (2021).

A distribuição espacial das outorgas subterrâneas concedidas entre os anos de 2001 e 2020 localizam-se, majoritariamente, próximas às manchas urbanas, principalmente nos municípios de Alfenas/MG, Campo Belo/MG, Carmo do Rio Claro/MG e Formiga/MG (Figura

11). A principal finalidade de uso das águas subterrâneas desses municípios é o consumo humano/abastecimento público. Para o município de Formiga 89%, Campo Belo 76%, Carmo do Rio Claro 74% e Alfenas 67%.

Figura 11 - Manchas urbanas e outorgas subterrâneas na CH Furnas (2001 a 2020)

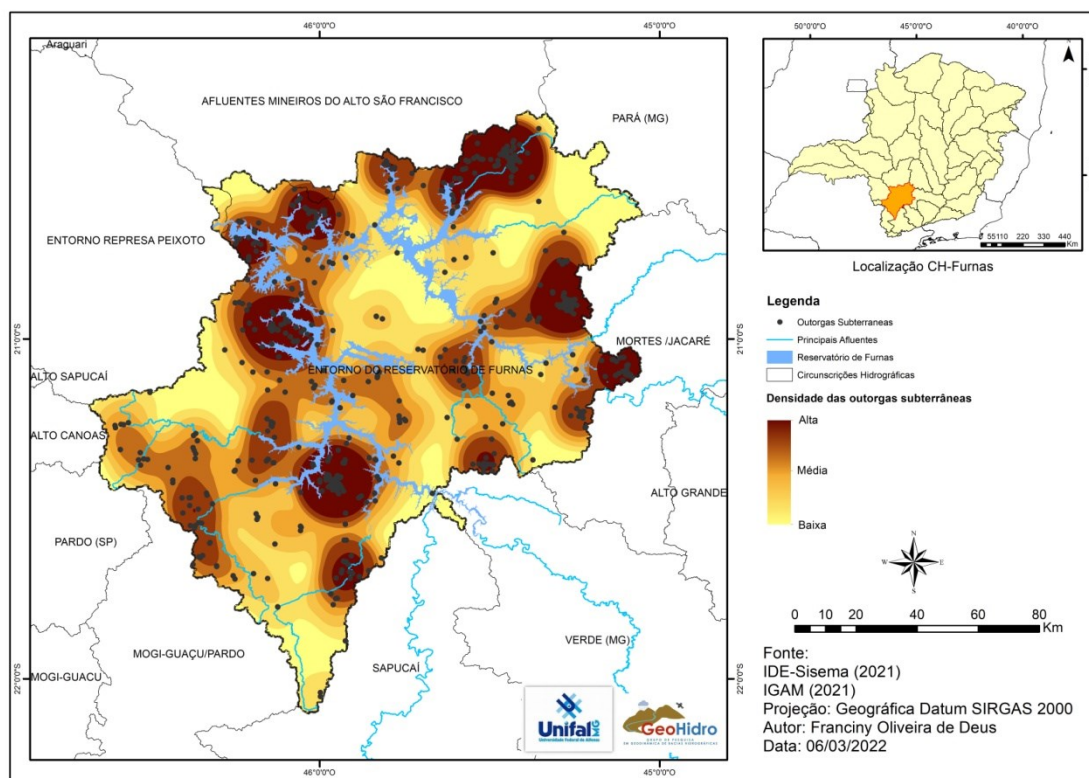


Fonte: Os autores - (2021).

Conforme a ANA (2020) em seu relatório sobre a Conjuntura dos Recursos Hídricos, o histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao crescimento econômico e ao processo de urbanização e industrialização do país. Dessa forma, a tendência é que ocorra a intensificação dos usos dos recursos hídricos, e assim, irão surgir áreas com maiores pressões e, conseqüentemente, conflitos pelo uso.

Observou-se que a concentração da densidade das outorgas subterrâneas deferidas está relacionada com municípios que possuem um contingente populacional elevado para padrões regionais (Figura 12), com outorgas de finalidade para o consumo humano/abastecimento, bem como em pontos que prevalecem a agricultura, principalmente com o cultivo de café.

Figura 12 - Densidade das outorgas subterrâneas na CH Furnas



Fonte: Os autores (2021).

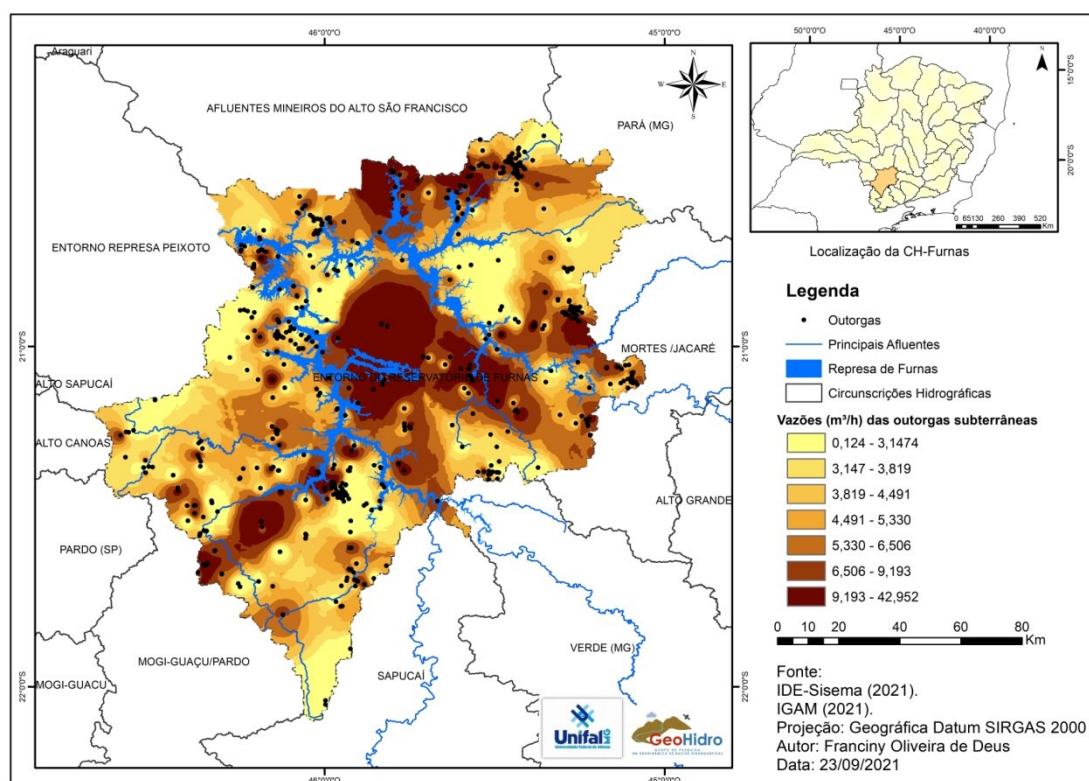
Constatou-se através de dados sobre a cobertura da terra extraídos do IDE-SISEMA (2021), por meio do site, no município de Formiga/MG ocorrem extensos plantios de eucalipto e prevalece uma alta concentração de outorgas subterrâneas deferidas; a noroeste, também há uma alta densidade de outorgas nos municípios de Capitólio/MG, Guapé/MG e São José da Barra/MG, que possuem paisagens cênicas em função da represa de Furnas, portanto possuem a economia voltada ao turismo.

Ao sul, no “braço” do rio Sapucaí, nota-se que Alfenas/MG, Areado/MG, Alterosa/MG e Machado/MG possuem uma elevada densidade de outorgas subterrâneas deferidas, e tal fato pode contribuir para a ocorrência de conflitos entre os segmentos usuários, como também causar estresse hídrico na região.

As regiões identificadas com alta densidade de outorgas são mais susceptíveis no surgimento de conflitos entre os múltiplos usuários de recursos hídricos, a exemplo, pode-se destacar o município de Formiga/MG. Em julho de 2020, na tentativa de dirimir conflitos entre os segmentos usuários, o município de Formiga/MG foi declarado como área de conflito através da Portaria IGAM nº 49, 15 de outubro de 2019.

Observou-se na figura 13 que as maiores vazões outorgadas estão nas regiões central, norte, leste e sudoeste na CH Furnas. Na região central ocorrem vazões outorgadas entre 9,1 a 42,9 m³.h⁻¹ onde destacam-se os municípios de Campo do Meio/MG, Ilícinea/MG e Boa Esperança/MG, na área ocorrem extensos plantios de café e eucalipto.

Figura 13 - Espacialização das vazões subterrâneas outorgadas na CH Furnas (2001 a 2020)



Fonte: Os autores - (2021).

Na porção norte, as cidades de Formiga/MG e Pimenta/MG também apresentam expressivos índices de vazão outorgada, Formiga/MG com $339,5 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ e Pimenta com $119,9 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$, apresentando plantios agrícolas, assim como, a leste em Campo Belo/MG e sudoeste na cidade de Divisa Nova/MG, onde são produzidos principalmente cana-de-açúcar, milho, feijão, batata e soja, já na lavoura permanente se destacam a produção de café arábica que é o principal produto gerador de renda do município e a produção de uvas (ALAGO, 2021).

O município de Alfenas/MG também está em uma área que se destacou em vazão concedida, com $233,84 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. O município concentra atividades ligadas à produção e serviços vinculados ao café, assim como várias propriedades agrícolas, armazéns e empresas de exportação (SANTOS, 2011).

Portanto, notou-se que nem sempre a densidade de outorga está relacionada às maiores vazões concedidas, ou seja, em regiões com baixa densidade de outorgas podem ocorrer maiores volumes captados

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A efetiva gestão dos recursos hídricos é essencial para a preservação desse recurso, para isso, é

necessário que os planos diretores das bacias hidrográficas estejam atualizados com intuito de diagnosticar e planejar os usos dos recursos hídricos.

A ausência, bem como, as incongruências detectadas nos dados de outorgas subterrâneas representam um grande limitador no gerenciamento dos recursos hídricos e, para que isso não ocorra, é fundamental que os órgãos gestores colem e processem de forma adequada tais dados, pois eles servirão para o real planejamento do uso dos recursos hídricos, sejam estes subterrâneos e/ou superficiais.

A finalidade que mais possui outorgas subterrâneas deferidas na CH Furnas, bem como consumo de vazão é o segmento usuário Consumo Humano/Abastecimento Público e isso demonstra a necessidade de promover políticas públicas efetivas na gestão dos recursos hídricos, com intuito de gerenciar e planejar o uso da água subterrânea, de acordo com a disponibilidade de cada região.

Gerenciar de forma responsável o uso dos recursos hídricos subterrâneos é fundamental para evitar futuros problemas de escassez hídrica e o estabelecimento de conflitos entre os segmentos usuários, já que notou-se através da comparação entre o PDRH da CH Furnas e os dados de 2001 a 2020 que ocorreu um aumento considerável no consumo das águas subterrâneas na região.

Em linhas gerais os municípios com maiores quantitativos outorgados foram aqueles com maiores contingentes populacionais, no entanto observou-se áreas com poucas outorgas concedidas em municípios menores, mas com maiores vazões consumidas, sendo identificadas com a classe de cobertura e uso por plantios agrícolas. Detectou-se ainda, áreas que sofrem maiores pressões pelo uso dos recursos hídricos, com destaque para Alfenas/MG e Formiga/MG.

Nessa conjuntura, com o propósito de evitar cenários de escassez hídrica e conflitos entre os usuários, é necessário que ocorra o monitoramento das áreas identificadas com maiores usos dos recursos hídricos subterrâneos.

REFERÊNCIAS

- ALAGO. Associação dos municípios do Lago de Furnas. **Cultura e lazer dos municípios do entorno do lago de Furnas**. Disponível em: <https://www.alago.org.br/alago.asp>. Acesso em 5 de setembro de 2021.
- ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. **Conjuntura Recursos Hídricos Brasil, 2020**.
- ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. **Regulação e Fiscalização**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em 18 de julho de 2021.
- BOMFIM, L. F. C. **Mapa de domínios/subdomínios hidrogeológicos do Brasil em Ambiente SIG: concepção e metodologia**. In: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2010, São Luís. Anais. São Paulo: Revista Águas Subterrâneas, 2010. 18p.
- BRASIL, Leis. etc. (1997). **Política Nacional de Recursos Hídricos**: lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 9 de jan.1997.
- BRANQUINHO, S. E; VIERA. S. N. **A paisagem e a produção do espaço no entorno do lago de Furnas, Sul de Minas Gerais**. GEOPAUTA, vol. 4, núm. 4, pp. 113-139, 2020. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. <https://doi.org/10.22481/rg.v4i4.6943>
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mudanças de Uso da Terra em Bacias Hidrográficas**. ISSN 1517-2627. Dezembro, 2011.
- FILHO, F. J. M. **Qualidade das águas subterrâneas rasas do aquífero barreiras: estudo de caso em Benevides – PA**. Dissertação. Universidade Federal do Pará, 113 pg. 2018.
- GOETTEN, W. J. **Avaliação da Governança da Água Subterrânea nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Blumenau. 2015. 317f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Regional de Blumenau.
- 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) – Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- GUTIÉRREZ, R. A. Comitê Gravataí: **Gestão participativa da água no Rio Grande do sul**. Lua Nova, n. 69, p. 79-121, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-64452006000400005>
- 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. 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama> Acesso em 26 de março de 2022.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Climas**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em 18 de março 2022.
- IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Outorgas**. Disponível em: www.igam.mg.gov.br. Acesso em 20 de maio 2021.
- IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Gestão e situação das águas em Águas em Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2019.
- IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Entorno do lago de Furnas, 2013**.
- LEITE.C.C.A. **Qualidade da água e uso e cobertura do solo em bacias contribuintes do Lago de Furnas (MG): implicações na balneabilidade**. Dissertação. Universidade Federal de Minas Gerais, 103 pg. 2020.
- LEMOIS JÚNIOR, C. B. **A implantação da Usina hidrelétrica de Furnas (MG) e suas repercussões: estudo sobre a territorialização de políticas públicas**.

2010. 129f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- MARTÍNEZ, M.M., SILVA, S.L.J., LOPES, N. **G.Avaliação de Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas no Município de Santa Cruz do Sul, RS/Brasil**. ISSN 1982-8470 Agro@mbiente On-line, vol.2, no. 1, jan/jun, Boa Vista. 2008.
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta CERH-COPAM/MG nº 5, de 20 de setembro de 2017. Disponível em <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>. Acesso em 26 de Julho de 2021.
- MINAS GERAIS. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Portaria Igam nº 48, de 04 de outubro de 2019.
- MINAS GERAIS. **Política Estadual de Recursos Hídricos**. Lei nº 13.199 de 29 de janeiro de 1999. NOGUEIRA, G. I. “**Base Legal de Águas Subterrâneas e Identificação das Áreas Potenciais de Conflito para Uso em Minas Gerais**”, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 53p., 2010.
- RAMOS, S. L. M., MARTINS, C. J., **Abordagem preliminar do uso da água subterrânea em minas gerais através do instrumento de outorga**. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Belo Horizonte, pg. 14, 2002.
- REBOUÇAS, A.C., BENEDITO, B. TUNDISI, J.G. **Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo : Ed. Escrituras, 1999.
- SANTOS, F. H. **O desenvolvimento econômico de Alfenas e região através do agronegócio do café na região competitiva do sul de minas**. Universidade Federal de Alfenas, I Jornada de História Regional José Pedro Xavier da Veiga, p. 15, 2011.
- SCOLFORO, J. R. & Carvalho, L. M. T. **Mapeamento e Inventário da Flora nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: Editora UFLA. 288 p.il., 2006.
- SIAGAS. Sistemas de Informações de Águas Subterrâneas. 2022. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em 20 de março de 2022.
- SISEMA. Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2018. **Relatório**. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br> Acesso em 10 de set. de 2021.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Franciny Oliveira de Deus realizou o processamento de dados, a base cartográfica, pesquisou sobre o tema abordado, redigiu a redação. Marcelo de Oliveira Latuf contribuiu na seleção da área de estudo, bem como concebeu o roteiro metodológico, auxiliou na aquisição e processamento de dados tabulares, avaliou a redação, bem como os produtos cartográficos e estatísticos.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.