

OUTORGAS DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO MACHADO, SUL DE MINAS GERAIS

Marcelo de Oliveira Latuf

Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL
Instituto de Ciências da Natureza,
Pós-Graduação em Geografia, Alfenas, MG, Brasil
marcelo.latuf@unifal-mg.edu.br

Hanna Sayuri de Souza Chinen

Universidade Federal de Alfenas UNIFAL – UNIFAL
Instituto de Ciências da Natureza, Alfenas, MG, Brasil
hanna.sayuri@yahoo.com

Denis Giovanni Musselli

Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL
Instituto de Ciências da Natureza, Alfenas, MG, Brasil
denismusselli@terra.com.br

Pedro Henrique Silva Carvalho

Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL
Instituto de Ciências da Natureza, Alfenas, MG, Brasil
pedrocarvalhoge@gmail.com

RESUMO

A outorga de água é um ato administrativo previsto pela Política Nacional de Recursos Hídricos, que concede ao solicitante o direito de uso dos recursos hídricos, vinculando diretrizes do plano de bacias, garantindo o uso múltiplo do mesmo. A Área de Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Machado, localizada no Sul de Minas Gerais, possui um mosaico de intenso uso da terra, demandando água para diversos processos produtivos. Objetiva-se avaliar por este artigo as concessões das outorgas emitidas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas para a APA do rio Machado no período entre 2002 a 2018. Para a realização desta pesquisa utilizaram-se dados cartográficos obtidos nas cartas topográficas na escala de 1:50.000, dados do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, bem como a base de dados sobre outorgas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Os tratamentos de dados espaciais e não-espaciais foram realizados via sistema de informação geográfica, planilhas eletrônicas e pelos aplicativos do software R. Resultados demonstram que há incremento nas concessões de outorgas na APA do rio Machado a partir de 2014, sendo que as maiores densidades de outorgas expedidas encontram-se no médio e baixo rio Machado, em virtude da agricultura irrigada, que utiliza 70,8% das vazões consumidas.

Palavras-chave: Direito de uso. Usos múltiplos. Hidrologia. Análise espacial.

GRANT USAGE OF WATER RESOURCES IN THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA AT MACHADO RIVER, IN THE SOUTH OF THE STATE OF MINAS GERAIS

ABSTRACT

Water grant is an administrative act predicted by the Brazilian Water Resources National Policy that grants to the requester the right to water resources use according to the watershed plan guidelines ensuring the water multiples uses. The Environmental Protection Area of Machado river watershed is located in the southern of Minas Gerais State, and it has an intense land use diversity, demanded water for multiple productive process. This paper aims to evaluate the water permits granted by Minas Gerais Water Management Institute to the Environmental Protection Area of Machado river from 2002 to 2018. For this research was used cartographic data obtained in the scale 1:50,000, data of Minas Gerais State Forestry Institute, as well as the water permits database from Minas Gerais Water Management Institute. The treatments of spatial and non-spatial data were performed using geographical

information system, electronic sheets and R statistical packages applications. Results show there is an increase in grant concessions in the study area in 2014, and the higher density of water permits is located at the middle and lower Machado river watershed due to the use by irrigated agriculture, which uses 70.8% of the consumed flows.

Keywords: Right of use. Multiple uses. Hydrology. Spatial analysis.

INTRODUÇÃO

As unidades de conservação no Brasil possuem desde o ano de 2000 uma legislação específica para sua proteção, a Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), criando dois grupos de unidades de conservação, as de Proteção Integral e de Uso Sustentável, tendo como objetivos básicos a preservação da natureza e a compatibilização da conservação da natureza com o uso sustentável, respectivamente.

No âmbito do SNUC foram criadas 12 categorias de unidades de conservação, dentre estas a Área de Proteção Ambiental (APA), sendo definida por meio do Art. 15 como:

[...] “uma área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais” (BRASIL, 2000, p. 9).

No capítulo III, Das Unidades de Conservação, Art. 14, inciso I, as Áreas de Proteção Ambiental constituem o grupo das Unidades de Uso Sustentável, visando conciliar a conservação do meio ambiente juntamente ao uso sustentável dos recursos naturais, podendo ser pública ou privada, e permitindo no local a presença de comunidades tradicionais que ali já haviam se estabelecido.

No ano de 1999, o então governador do Estado de Minas Gerais, Itamar Augusto Cautiero Franco, sancionou a Lei Estadual nº 13.373, decretando a criação da Área de Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Machado (APA do rio Machado), abrangendo os municípios de Espírito Santo do Dourado, Congonhal, Ipuiúna, São João da Mata, Poço Fundo, Campestre, Machado, Alfenas, Paraguaçu e Fama, ficando atribuído ao Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais (IEF) a gestão desta unidade de conservação (MINAS GERAIS, 1999).

Em função do crescimento populacional e econômico dos municípios pertencentes à APA do rio Machado ocorrido nas últimas décadas, aliado à multiplicidade de usos da terra, seja para fins agropecuários, agrícolas, urbanos, industriais ou geração de energia hidrelétrica, a demanda pelo uso da água nos mais diversos sistemas produtivos e segmentos usuários é fator que carece de avaliação espaço-temporal acerca das concessões de outorgas pelo poder público, bem como o quantitativo outorgado e seus respectivos prazos de validade.

Cabe ressaltar que nas Áreas de Proteção Ambiental é permitido o desenvolvimento de pesquisas, uma vez que para estes fins são consentidas as retiradas de amostras, no intuito de assessorar o manejo e conservação das mesmas. E neste sentido, de acordo com o quadro supramencionado a respeito da pluralidade de segmentos usuários da água, esforços na cooperação técnica-científica entre o Ministério Público Estadual, o IEF, a Organização Não-Governamental Agência Regional de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Grande (ARPA Rio Grande) e a Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) tem sido direcionados à compreensão dos sistemas socioambientais no auxílio ao uso sustentável da APA do rio Machado.

Desta maneira, o presente estudo visa avaliar as concessões de outorgas de uso dos recursos hídricos, concedidas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), inseridas na APA do rio Machado, no que tange à análise temporal, espacial e por finalidades de uso, no período de 2002 a 2018, a fim de contribuir com o Conselho Gestor da APA e Comitê da Bacia Hidrográfica do Entorno do Reservatório de Furnas (GD3), em ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

OUTORGA DOS DIREITOS DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A água caracteriza-se como um elemento natural expressivamente importante para a manutenção da vida no Planeta. No que tange aos fins de sua utilização pelas sociedades, a água pode ser compreendida sob dois aspectos: água enquanto elemento natural e água enquanto recurso.

A vertente conceitual que adota a água como um elemento natural, preocupa-se com o equilíbrio dos ecossistemas que interagem com o ciclo hidrológico, fomentando a preservação e conservação dos mesmos. Já a adoção pelo viés como recurso alinha-se à utilização do elemento natural enquanto suporte à execução de práticas diversas, a exemplo da irrigação de lavouras, geração de energia elétrica, abastecimento humano, dessedentação de animais, consumo industrial, diluição de efluentes, navegação, aquicultura dentre outros.

Pautada nesta última conceituação, a água é então chamada de recurso hídrico, que deve atender às demandas de todos os segmentos usuários com foco no presente, mas, sobretudo, no futuro. Nesse sentido, insere-se o conceito sobre a relação oferta x demanda, compatibilizando a disponibilidade hídrica às necessidades pelo uso deste recurso.

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos – Lei nº 9.433/1997 (Lei das Águas) – está embasada em cinco instrumentos de gestão, sendo que um destes, a Outorga dos Direitos de Uso de Recursos Hídricos, determina critérios para a concessão (BRASIL, 1997). Dentre esses critérios destaca-se a necessidade de manutenção da qualidade e quantidade da água, além das concessões estarem alinhadas às diretrizes dos planos de recursos hídricos da bacia, privilegiando-se o uso múltiplo da água.

A outorga pelo uso dos recursos hídricos é um direito constitucional e está endossado pela Lei das Águas, caracterizando-se por ser um bem de domínio público e inalienável. A concessão de outorgas deve ser emitida pelos órgãos outorgantes nas esferas da administração pública Federal, Estadual e do Distrito Federal, em função da análise hidrológica sobre a disponibilidade hídrica do ponto de captação e/ou lançamento de interesse, seja em quantidade ou qualidade da água, bem como observando sua dominialidade.

A respeito do domínio das águas, a Constituição Federal de 1988 em seus artigos 20 e 26 regulamenta a dominialidade das águas superficiais e subterrâneas em território nacional:

Art. 20. São bens da União:

“III - os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais” (BRASIL, 1988, p. 25).

Art. 26. Incluem-se entre os bens dos Estados:

“I - as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União” (BRASIL, 1988, p. 30).

Cursos d'água que possuem sua nascente e foz dentro de um mesmo estado federativo são considerados rios de domínio estadual, o que não ocorre para rios que cruzam ou fazem divisa entre estados federativos ou países, que possuem dominialidade federal.

Nesse sentido, para sistemas fluviais de domínio da União a responsabilidade pelas concessões de outorgas é dada à Agência Nacional de Águas (ANA), sendo que para cursos d'água sob jurisdição estadual tal responsabilidade é destinada aos órgãos gestores de

recursos hídricos estaduais. No caso do Estado de Minas Gerais a regulação das concessões de outorgas de uso dos recursos hídricos está sob incumbência do IGAM, de acordo com a Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei nº 13.199/1999 (MINAS GERAIS, 1999).

A outorga confere ao usuário outorgado o direito pelo uso de uma determinada quantia de água oriunda de captação (superficial ou subterrânea) ou para a diluição de efluente. Quanto à captação superficial, deve-se atentar para a estimativa da disponibilidade hídrica no ponto de interesse, que, na maior parte das vezes, não corresponde ao local onde o monitoramento de vazões é realizado.

Nesse quesito, posiciona-se com expressiva importância a rede de monitoramento hidrométrica, pois é a partir desta que, por meio de métodos de regionalização hidrológica, são estimadas as vazões de referência que subsidiarão as concessões de outorgas. Cabe a cada ente federativo legalmente habilitado à concessão do direito de uso a escolha por uma vazão de referência.

A vazão de referência caracteriza-se por ser o tipo de vazão em que a análise hidrológica da disponibilidade hídrica será realizada, sempre pautada em vazões mínimas, seja pela análise da curva de permanência ou por métodos probabilísticos. O quantitativo outorgado será uma parcela percentual da vazão de referência.

No caso de rios de domínio da União, a ANA estabelece como vazão de referência a Q_{95} , ou seja, a vazão mínima com 95% de permanência no tempo na seção fluvial de interesse, tendo como percentual máximo outorgável o valor de 70% (ANA, 2013). Caso em uma seção fluvial a Q_{95} seja $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, a vazão máxima outorgável para o atendimento a todas as demandas daquela seção será de $7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Já em Minas Gerais, o IGAM em parceria com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), elaboraram a Resolução Conjunta SEMAD-IGAM n.º 1.548/2012, que estabelece diretrizes sobre a determinação da vazão de referência para o cálculo de outorga de uso dos recursos hídricos.

Por meio da Resolução supramencionada, definiu-se como vazão de referência a $Q_{7,10}$, ou seja, a vazão mínima de sete dias consecutivos com um período de retorno de dez anos, tendo como percentual máximo outorgável o valor de 50%, em condições naturais. Entretanto, para as bacias dos rios Jequitaí, Pacuí, Urucuia, Pandeiros, Verde Grande, Pará, Paraopeba e Velhas, a porcentagem máxima outorgável possui valor de 30% da vazão de referência $Q_{7,10}$ (IGAM, 2012).

Nesse viés, há que se garantir em quantidade e qualidade a água necessária ao atendimento das demandas dos usuários, pautando-se sempre na análise do Plano de Bacias e, principalmente, baseando-se em um sistema de informações sobre recursos hídricos capaz de garantir, com precisão e acurácia aceitáveis, as estimativas das vazões de referência.

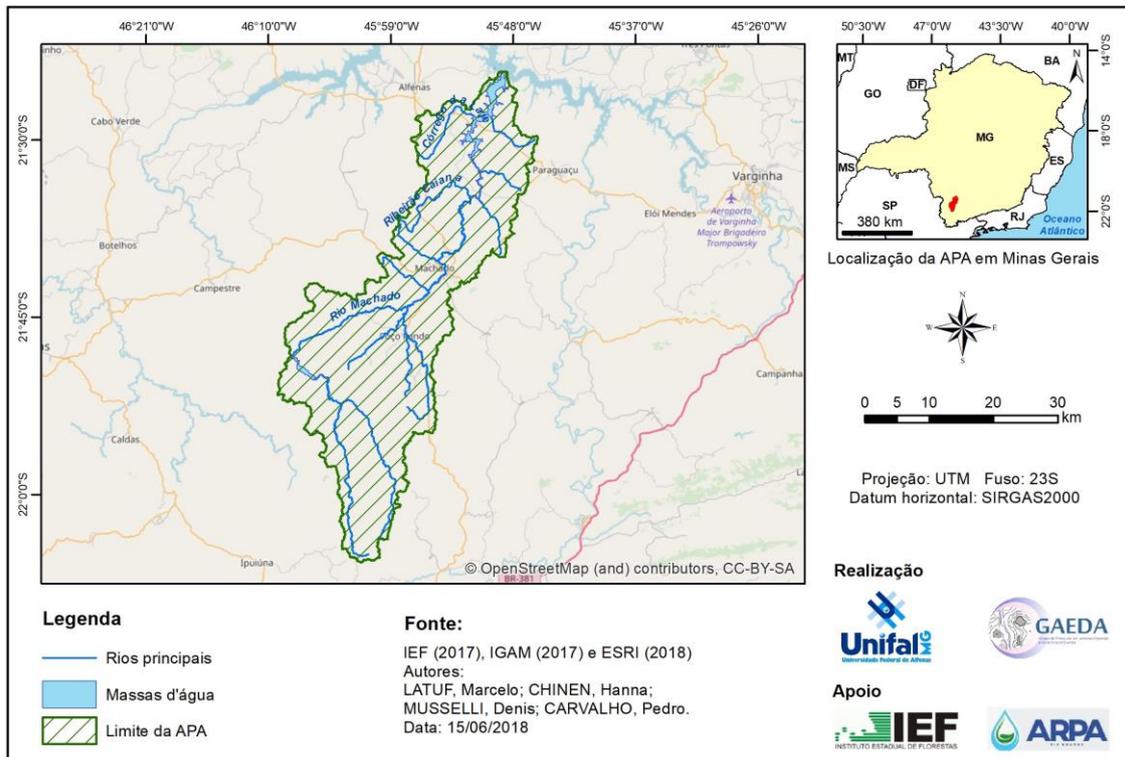
METODOLOGIA

Área de estudo

A APA do rio Machado (Figura 1) localiza-se no Sul do Estado de Minas Gerais e possui área de drenagem de $860,9 \text{ km}^2$, sendo o rio Machado o principal curso d'água, com extensão aproximada de $112,2 \text{ km}$, de acordo dados espaciais extraídos das cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1970). Seus principais tributários da margem direita são o ribeirão Machadinho do Campo e ribeirão Machadinho (que margeia a cidade de Poço Fundo/MG), e, na margem esquerda, o ribeirão Jacutinga (que banha a cidade de Machado/MG) e córrego da Conceição.

O rio Machado possui entre o alto e médio curso um expressivo gradiente altimétrico e aproveitando-se desta característica, a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), iniciou a operação em 1949 da Usina Hidrelétrica Poço Fundo, que conta com $9,16 \text{ MW}$ de potência instalada, um lago com $270,3$ hectares e volume armazenado de $5,03 \text{ hm}^3$ (CEMIG, 2019).

Figura 1 – Localização da Área de Proteção Ambiental do rio Machado.



Fonte – Autores (2018).

No contexto geológico, a APA está inserida no Complexo Varginha-Guaxupé e contempla associações granito-gnaisses com litotipos ortognaisse migmatito, paragnaiss, biotita xisto, migmatito, quartzito, piroxênio granulito e granitóides associados, identificados pelo mapeamento na escala de 1:1.000.000 realizado pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG) e Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM, 2014).

Dados geomorfológicos da APA apontam a presença de distintos compartimentos morfológicos, conforme pesquisa realizada por Gregório e Ferreira (2018),

“A compartimentação morfológica da APA da bacia hidrográfica do rio Machado, revelou a presença de seis tipos de relevo agrupados em: formas de dissecação/degradação e formas de acumulação/agradiação. As de dissecação são as colinas, morrotes, morros com encostas suaves, morros e montanhas e por fim, as escarpas; e as formas de acumulação são representadas pelas planícies ao longo da bacia do Rio Machado” (GREGÓRIO; FERREIRA, 2018, p. 3).

De acordo com o mapeamento de solos para o Estado de Minas Gerais, coordenado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) na escala de 1:650.000, as classes pedológicas mais representativas na APA do rio Machado são os Latossolos, com 59,8%, seguido pelos Cambissolos com 33,7% (UFV, 2010).

O clima predominante na APA do rio Machado é o Tropical de Altitude (Cwa), de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, caracterizando-se por possuir duas estações bem definidas, uma seca que abrange os meses de abril a setembro e outra chuvosa, no período entre os meses de outubro a março (ALVARES et al., 2013; REBOITA et al., 2015). Com média anual pluviométrica de 1.597,2mm, a APA registra temperatura média compensada anual de 19,8°C, sendo fevereiro o mês mais quente, com máxima média mensal de 29°C. Já julho é diagnosticado como o mês mais frio, com mínima média mensal de 8,8°C (INMET, 2018).

A vegetação preponderante caracteriza-se por Mata Atlântica, com transição para Cerrado em alguns municípios mais ao sul da bacia hidrográfica do rio Machado. Porém, dados de Pisani et al. (2018) revelam que 41,7% da área permanece com cobertura original, tendo a classe de uso por culturas agrícolas possuindo a maior representatividade das áreas antropizadas, alcançando 350,4km².

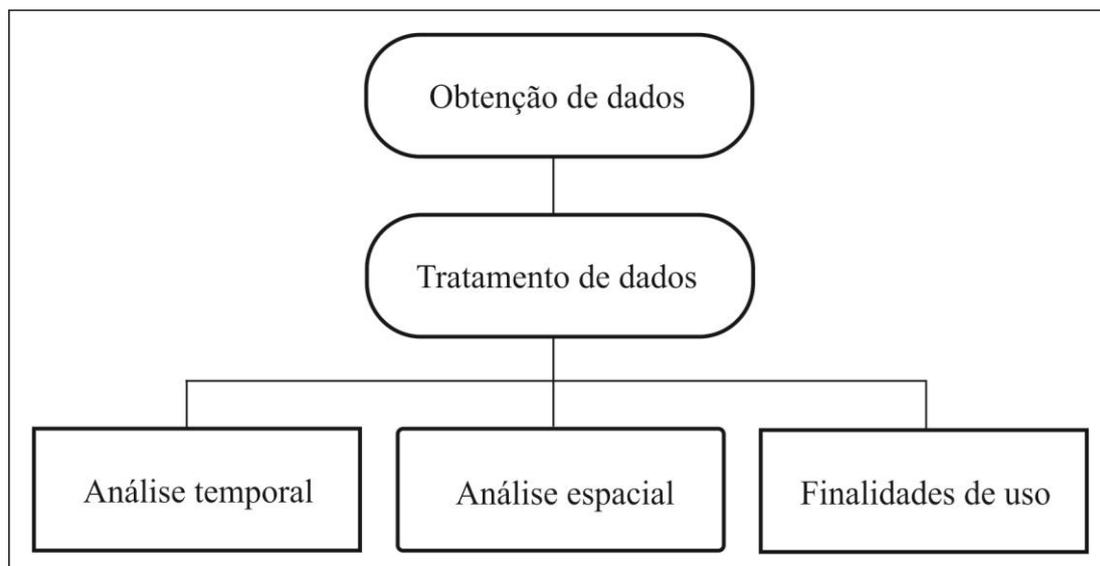
No contexto das áreas antropizadas, o sul do estado de Minas Gerais tem seu reconhecimento pautado, principalmente, nas culturas de café do tipo Arábica (*Coffea arabica*), produto destinado majoritariamente à exportação, seguido das culturas de cana-de-açúcar e milho, sendo o pilar econômico da mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais, acompanhado pelo turismo, devido à proximidade com o lago de Furnas, bem como o setor de serviços e educação.

Dentre os municípios produtores de café do Sul de Minas Gerais destaca-se o município de Machado, com população estimada em 2018 de 41.844 (IBGE, 2018) e com estimativa de produção de 28.282,8 toneladas/ano, posicionando-se como o maior produtor regional - de acordo com dados do Censo Agropecuário - realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

Procedimentos metodológicos

Para a realização desta pesquisa foi delineado um fluxograma metodológico para a divisão das etapas (Figura 2). A primeira etapa denominada “*Obtenção de dados*” consistiu na elaboração da base cartográfica digital da bacia hidrográfica da APA do rio Machado, bem como na aquisição de dados sobre as outorgas concedidas.

Figura 2 – Fluxograma metodológico de obtenção e tratamento de dados.



Fonte – Autores (2018).

A base cartográfica digital da bacia foi elaborada tendo como fontes de dados a hidrografia otocodificada da bacia do rio Grande, na escala de 1:50.000, tendo sido obtida no Portal de Metadados Geoespaciais da ANA, compatível com as cartas topográficas do IBGE; já o limite da APA do rio Machado foi adquirido via website do IEF. Com relação aos dados de outorgas, os mesmos foram adquiridos no Portal InfoHidro do IGAM.

A obtenção dos dados de outorgas dividiu-se em duas vertentes, a primeira, outorgas datadas anteriores a 2008, entre 01/01/2009 a 25/02/2011 e 01/01/2014 a 31/12/2015 foram

disponibilizadas em planilhas eletrônicas, já contendo dados de latitude e longitude, que foram convertidas posteriormente para graus decimais.

Já a segunda, em um árduo esforço de busca – portaria a portaria – na identificação de outorgas localizadas na Unidade de Planejamento do Comitê GD3. A partir da identificação das outorgas que se enquadravam no critério supramencionado, os dados das mesmas foram inseridos em planilha eletrônica para posterior espacialização e seleção das outorgas que se localizavam na APA do rio Machado.

A segunda etapa metodológica, “*Tratamento de dados*”, ramificou-se em outras três sub-etapas denominadas “Análise temporal”, “Análise espacial” e “Finalidades de uso”, que consistiram na avaliação anual das concessões e seus respectivos prazos de validade, na análise espacial da distribuição dos pontos de outorgas e no diagnóstico dos segmentos usuários dos recursos hídricos, respectivamente.

A sub-etapa “Análise temporal” abarcou a avaliação mais pormenorizada dos dados de outorgas, tendo como critério de seleção o ano civil, ou seja, as outorgas foram filtradas de acordo com as datas de suas publicações em portarias, tendo como período-base de 2002 a 2018. Cabe destacar que o ano de 2018 foi considerado até a data do último acesso ao site de portarias do IGAM, determinado por 09 de maio de 2018.

Dessa forma, discriminaram-se os dados quanto aos tipos de concessões (subterrânea ou superficial), o quantitativo de concessões anuais, vazões anuais outorgadas (em litros por segundo), a relação vazão/outorgas e a análise de vencimento de outorgas já expedidas. No que tange às vazões outorgadas foram elaborados gráficos do tipo *boxplot*, para avaliação de estatísticas descritivas, por meio do software RStudio versão 1.0.153 (R CORE TEAM, 2018), apoiado no método da amplitude interquartil na definição de *outliers* (BERALDO e SALDANHA, 2016).

A sub-etapa “Análise espacial” compreendeu a manipulação dos dados espaciais por meio do Sistema de Informação Geográfica ArcGIS® 10.5.1, com o objetivo da realização do recorte de dados para apenas o interior da APA do rio Machado e determinação dos principais cursos d’água, em função da otocodificação da rede hidrográfica.

A análise espacial dos dados foi elaborada por meio dos métodos de Distância Euclidiana e Densidade Kernel, ambos executados pelo módulo *Spatial Analyst Tools*, para a determinação de estatísticas espaciais com relação à proximidade e densidade, respectivamente.

O último passo do fluxograma metodológico, “Finalidades de uso”, tomou por base os dados de vazões anuais outorgadas, tendo como referência o modo de utilização do recurso hídrico, definindo-se os principais segmentos usuários de água na APA do rio Machado, bem como os quantitativos de área irrigada (em hectares).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

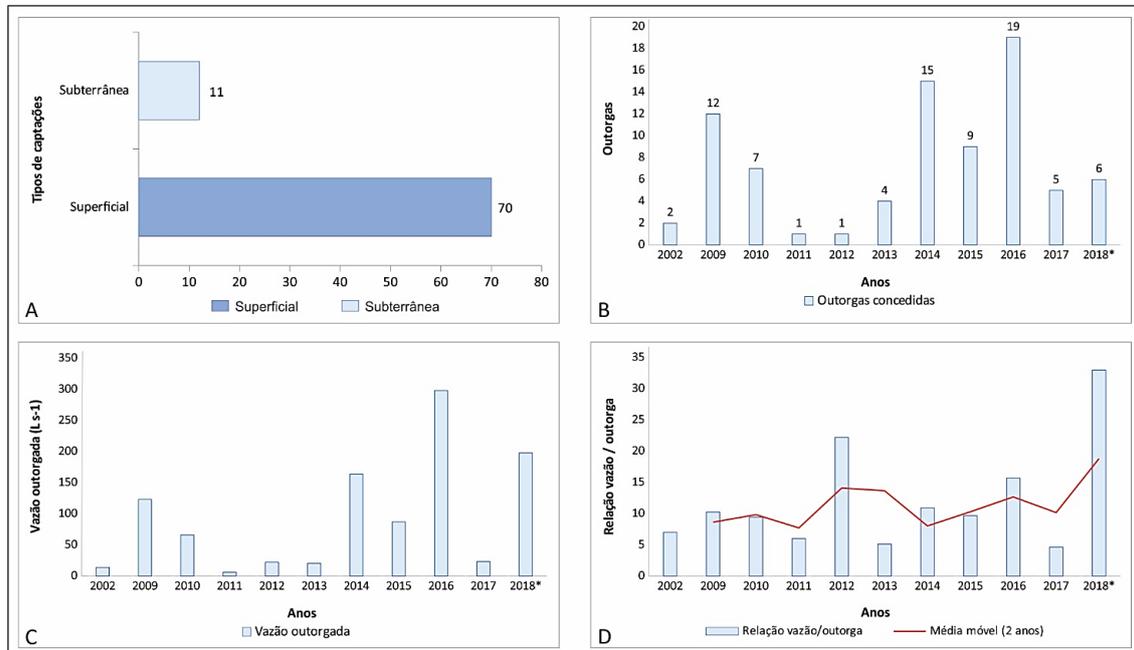
Em virtude da dominialidade dos cursos d’água da bacia do rio Machado, o IGAM posiciona-se como o órgão responsável pela concessão de outorgas de águas superficiais, bem como subterrâneas.

Realizou-se o processamento dos dados outorgados pelo IGAM na APA do rio Machado, no período compreendido entre 2002 a 2018 (Figura 3), tendo como resultado a identificação de 81 registros de concessões, com expressiva maioria destinada às outorgas superficiais (86,4%) quando comparadas às outorgas subterrâneas (13,6%) (Figura 3A).

Com relação à análise de concessões por base anual (Figura 3B), observa-se que não há um ritmo contínuo de crescimento de outorgas, fato constatado em outros locais do país, como a exemplo de áreas de expansão agrícola (RODRIGUEZ, 2004; SAMPAIO, 2012). O que se nota

é um ritmo oscilante, influenciado, sobretudo, pelas validades de concessões, que em geral são em torno de cinco anos. Até 2008 haviam sido registradas apenas duas outorgas na bacia, fato que contrasta com os anos subsequentes (2009 e 2010), com 19 outorgas.

Figura 3 – Avaliação das outorgas de uso dos recursos hídricos na APA do rio Machado (2002 a 2018).



Fonte – IGAM (2018)

Esse aumento pode ter sido influenciado por alguns fatores, tais como a fiscalização por órgãos ambientais ou pela obrigatoriedade de usuários de recursos hídricos na legalização de suas captações, pois de acordo com o Art. 12 do Decreto nº 41.578/2001, que regulamenta a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (Lei nº 13.199/1999), o IGAM passou a ter embasamento jurídico no exercício da fiscalização de outorgas.

Como o prazo de validade das outorgas é em maioria de cinco anos, o período entre 2011 e 2013 (seis outorgas) pode ser considerado um período de “entressafra”, pois os diversos usuários já se encontravam regularizados perante o órgão fiscalizador.

Já em 2014 teve início um “novo ciclo” de outorgas na bacia, pois com os vencimentos das concessões de 2009, acrescidas de outras novas, advindas da intensificação do uso e cobertura da terra, conforme evidenciado por Pisani et al. (2018), a demanda pelo uso dos recursos hídricos aumentou na APA do rio Machado, visto que a partir deste ano foram expedidas 54 concessões de uso dos recursos hídricos, contabilizando 66% de todas as outorgas.

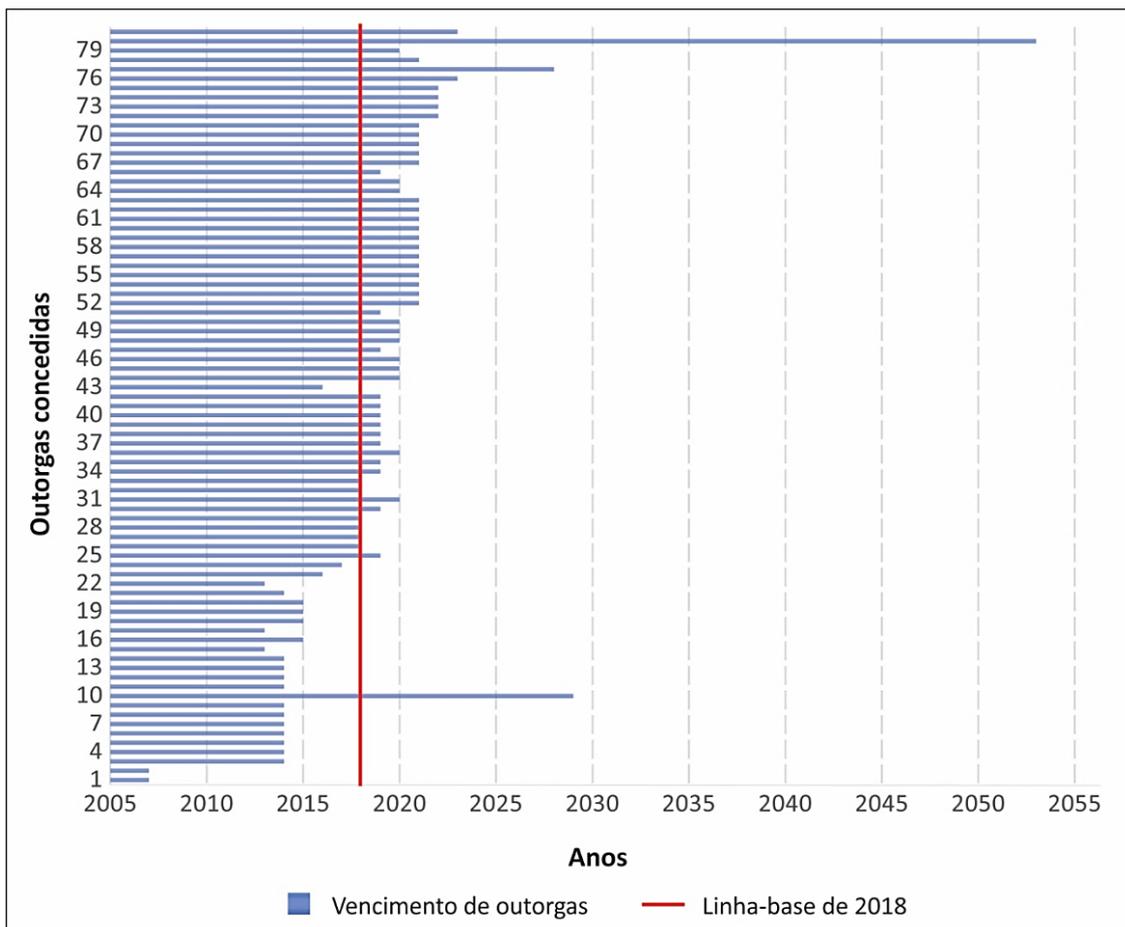
Chama a atenção o triênio 2014/2016 com 43 outorgas concedidas (aproximadamente 53% das outorgas na APA), tendo 2016 como o ano de maior expressividade com 19 concessões. Isto reflete a crescente demanda pelo uso dos recursos hídricos na bacia, fato este comprovado pelo quantitativo outorgado (Figura 3C), em que os valores em litros por segundo ($L s^{-1}$) apresentam diferenciação de 206% quando comparados em dois períodos (2002 a 2013 e 2014 a 2018), tendo o primeiro o somatório de $251,6 L s^{-1}$ e o segundo de $769,9 L s^{-1}$.

Optou-se por realizar o cálculo de vazão outorgada por outorga concedida (Figura 3D) e, neste caso, destacaram-se os anos de 2012 e 2018, com $22,2 L s^{-1}$ e $33 L s^{-1}$, respectivamente. Os usos destinados às máximas vazões outorgadas nos respectivos anos supramencionados foram para a irrigação de 11,5 hectares e abastecimento público da cidade de Machado/MG, conforme dados consultados (IGAM, 2018).

Cabe destacar que a média móvel ajustada para a Figura 3D expõe tendência de incremento da relação vazão/outorga, ou seja, não só há crescimento do número de solicitações e concessões de outorgas, mas também a elevação na demanda por água na bacia da APA do rio Machado. Esse fato evidencia a necessidade do Comitê GD3 ter seu Plano de Bacias atualizado, bem como dispor dos demais instrumentos de gestão de forma operacional, com o intuito de gerir de forma satisfatória os recursos hídricos nesta bacia.

No sentido de avaliar as validades das outorgas para uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica da APA do rio Machado, elaborou-se a análise temporal das datas de vencimento para cada concessão (Figura 4). Para facilitar a compreensão dessa figura, optou-se por inserir a linha-base do presente ano (2018).

Figura 4 – Datas de vencimento das outorgas na APA do rio Machado.



Fonte – IGAM (2018).

Destacam-se no rol das 81 outorgas três concessões, as de números 10, 77 e 80, conforme pode ser visualizado na figura supramencionada. As concessões de números 10 e 80 destinam-se ao abastecimento público das cidades de Fama/MG e Machado/MG, respectivamente. Estas outorgas expirarão somente em 2029 e 2053, tendo valores de captação de 15 L s^{-1} e 145 L s^{-1} , respectivamente.

Já a concessão de número 77 é destinada ao uso pela irrigação de 14,2 hectares, no município de Espírito Santo do Dourado/MG, dispondo do prazo de validade de 10 anos com previsão de término da outorga de $8,8 \text{ L s}^{-1}$ para 2028.

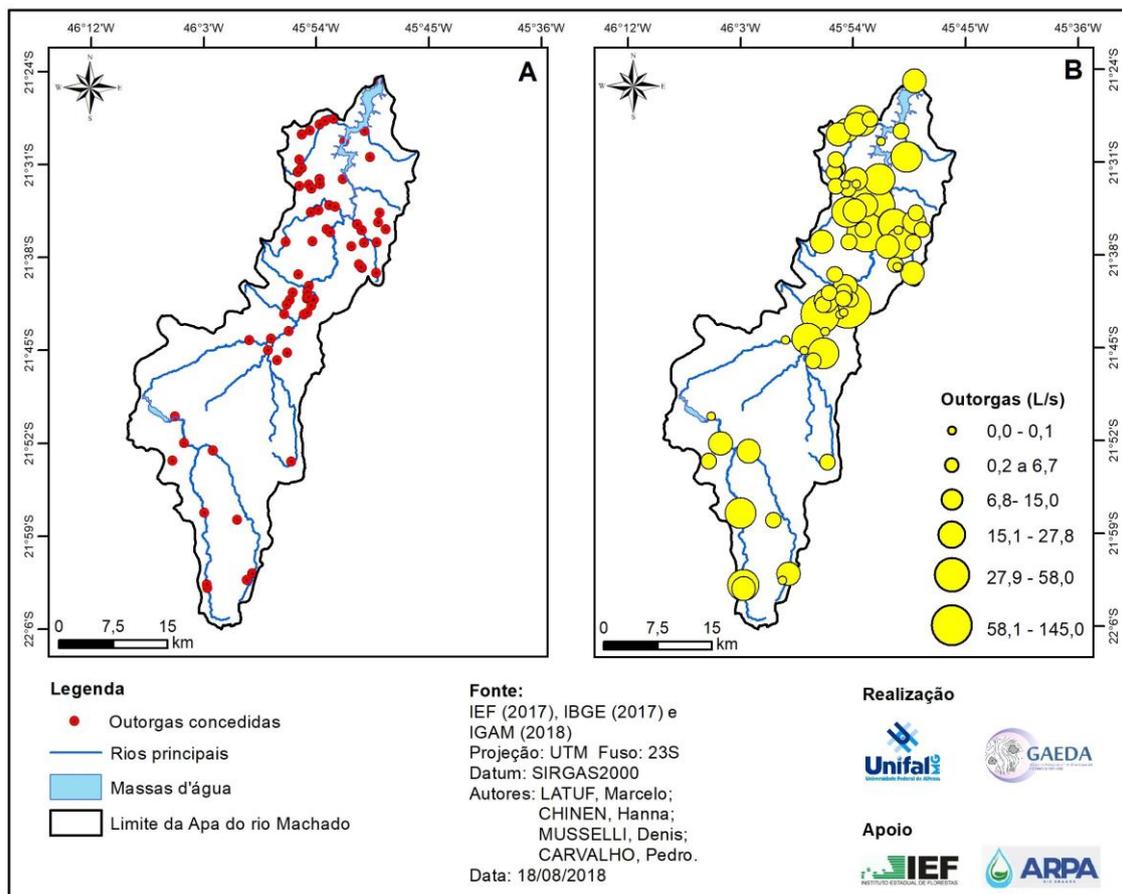
Das 81 concessões emitidas pelo IGAM para a bacia hidrográfica da APA do rio Machado estão ativas, até 2018, um quantitativo de 57 outorgas, representando 70,4% do universo

amostral. Deste total, 48 concessões terão sua validade expirada em um cenário de quatro anos (até 2021), isto fornece um horizonte de planejamento ao Comitê GD3 bastante oportuno, que poderá contribuir expressivamente na recuperação e preservação desta bacia hidrográfica, em virtude de ser um prazo suficientemente capaz para ser instaurado o mecanismo de cobrança pelo uso dos recursos hídricos, fomentando ações deliberadas pela Plenária do Comitê, com foco no aumento da disponibilidade hídrica, qualidade de água e, principalmente, voltada aos usos múltiplos para atendimento aos segmentos usuários.

Este quadro reflete a necessidade da estruturação de um sistema de informações sobre recursos hídricos via Comitê GD3, com o intuito potencializar um sistema do tipo comando-e-controle (COLLISCHONN, 2014).

No que concerne à análise espacial da distribuição das outorgas na bacia da APA do rio Machado (Figura 5), elaboraram-se duas representações cartográficas que espacializam a localização geográfica dos pontos de captação de água (Figura 5A) e da magnitude das mesmas (Figura 5B).

Figura 5 – Espacialização de outorgas na APA do rio Machado (2002 a 2018).



Fonte – Autores (2018).

Por meio da setorização da bacia do rio Machado em alto, médio e baixo curso, evidencia-se maior aglutinação dos pontos de outorgas no médio e baixo curso, quando comparadas às concessões no trecho do alto curso da bacia, que se caracterizam por serem mais dispersas (Figura 5A).

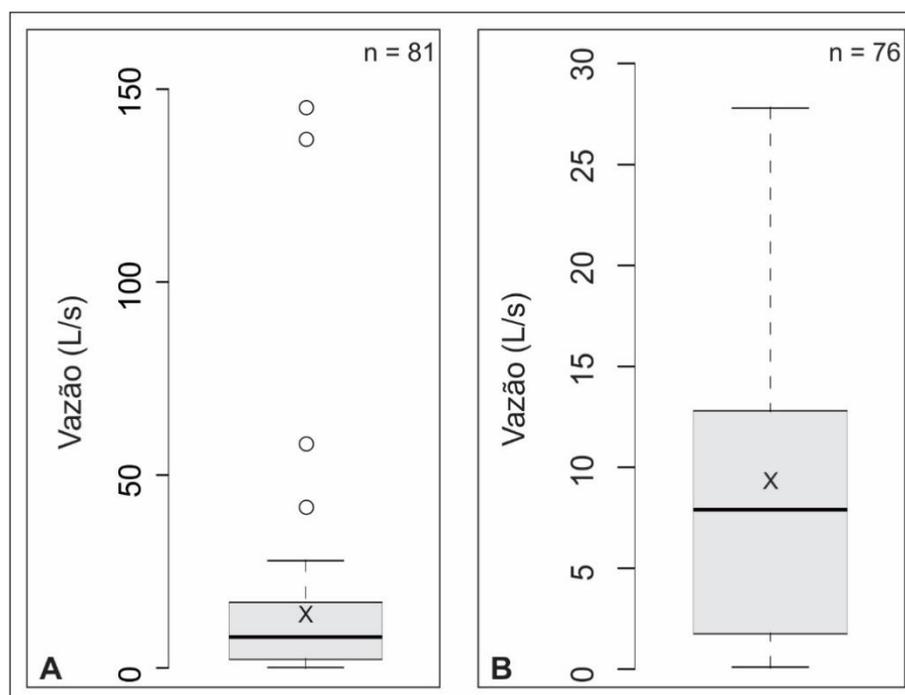
Esse fato comprova a maior demanda pelo uso dos recursos hídricos no médio, mas, principalmente, no baixo rio Machado, antropizado por culturas agrícolas (plantio de café -

irrigado e sequeiro) e criação de gado (PISANI et al., 2018). Identificou-se também que nas proximidades da cidade de Machado/MG há demandas pelo uso da água, muito em virtude do atendimento às necessidades urbanas (abastecimento humano e extração mineral) e industriais, como evidenciam as destinações dadas às outorgas pelas portarias consultadas (IGAM, 2018).

Já a Figura 5B aponta-nos os quantitativos outorgados, onde as mais expressivas concessões situam-se no médio e baixo rio Machado, em virtude das demandas pelo uso dos recursos hídricos (superficiais e/ou subterrâneos), conforme mencionado anteriormente.

A análise das estatísticas descritivas das vazões outorgadas identificou registros *outliers* (Figura 6), ou seja, registros que possuem discrepâncias em relação ao universo amostral de dados observados.

Figura 6 – Boxplot de vazões outorgadas na APA do rio Machado.



Fonte – IGAM (2018).

Na Figura 6A optou-se pela representação gráfica das 81 concessões identificadas na APA do rio Machado. Observa-se que há dados discrepantes (formato circular), contabilizando cinco outorgas, nos valores de $41,7 \text{ L s}^{-1}$, 58 L s^{-1} (duas vezes), 137 L s^{-1} e 145 L s^{-1} , alcançando média de $14,8 \text{ L s}^{-1}$, mediana de $8,0 \text{ L s}^{-1}$ e amplitude de $144,9 \text{ L s}^{-1}$.

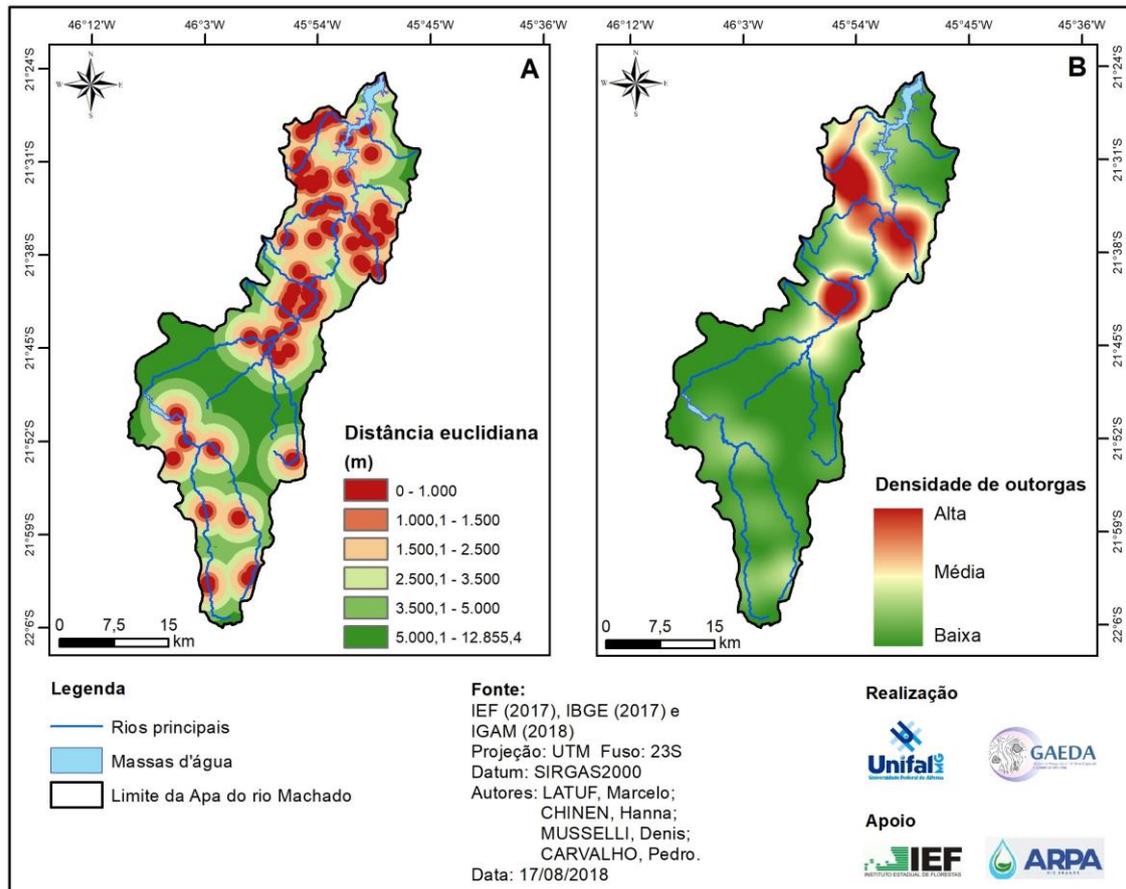
Como salientado por Beraldo e Saldanha (2016), os dados discrepantes impactam sensivelmente as estatísticas descritivas dos dados observados, sendo aconselhável a separação destes em um outro conjunto de dados, para que se tenha uma análise mais “próxima do real” das estatísticas do universo amostral.

Neste sentido, retiraram-se os dados identificados como discrepantes e procedeu-se com a realização da análise das estatísticas descritivas novamente, obtendo-se resultados para a média dos valores de vazões outorgadas de $9,1 \text{ L s}^{-1}$, tendo a mediana o valor de $7,9 \text{ L s}^{-1}$ e a amplitude de $27,7 \text{ L s}^{-1}$ (Figura 6B).

Com este procedimento de reordenação de dados não houve diferença expressiva para os dados de mediana ($0,1 \text{ L s}^{-1}$), porém com relação às estatísticas de média e amplitude diagnosticaram-se reduções de 38,5% e 80,9%, respectivamente.

No que tange à análise espacial de proximidade e densidade foram elaboradas representações cartográficas que podem ser observadas por meio da Figura 7. Procedimento semelhante também foi executado por Fernandes et al. (2009) para o Estado do Rio de Janeiro, evidenciando os benefícios da análise espacial dos pontos outorgados.

Figura 7 – Análise espacial de outorgas na APA do rio Machado (2002 a 2018).



Fonte – Autores (2018).

A análise espacial da distribuição dos pontos outorgados, da quantidade de água, bem como de sua utilização são pontos chaves para o diagnóstico do uso dos recursos hídricos em bacias hidrográficas, visto que, tais produtos poderão contribuir com a análise integrada do sistema fluvial, a fim de garantir acesso a este recurso a uma multiplicidade de usuários, identificando-se áreas com maiores pressões ao uso da água.

Quanto à proximidade de pontos de captação de água, a Figura 7A evidencia que nos setores do médio e baixo rio Machado há coalescências de aproximadamente 1.000m, ou seja, regiões onde a distância euclidiana entre dois pontos de outorgas foi inferior a mil metros. Esse fato pode causar restrições do uso dos recursos hídricos, caso as análises de regionalização de vazões para as concessões de outorgas não sejam realizadas apoiando-se em uma densa rede de observação.

Destacam-se como regiões e/ou sub-bacias que deverão ser analisadas como maior grau de detalhamento: as proximidades da sede municipal de Machado/MG e as sub-bacias do ribeirão da Ponte Alta e dos córregos Coroado, Laje e Água Barrenta, bem como o baixo curso do ribeirão do Machadinho.

Como característica da bacia da APA do rio Machado, quanto à proximidade de pontos de captação, têm-se a distância média de 3.052 metros e 12.855 metros para a distância máxima.

Com relação à análise de densidade Kernel (Figura 7B), identificaram-se duas áreas com maiores concentrações de concessões, que coincidem com as regiões supramencionadas na análise de proximidade. A densidade relaciona a ocorrência de captação, não por ela mesma - como a análise de distância euclidiana - mas sim, pela relação entre seus vizinhos em uma determinada área de busca (CÂMARA e CARVALHO, 2004), fato que pode ser observado no alto rio Machado, onde as ocorrências de concessões estão com maiores espaçamentos quando comparadas às outorgadas do médio e baixo rio Machado, resultando desta forma, em uma menor densidade.

O diagnóstico apresentado pela Figura 7B evidencia a necessidade de compatibilização da relação oferta x demanda, pelo uso dos recursos hídricos na APA do rio Machado, por meio do Plano de Bacias do Comitê GD3, bem como pelo Plano de Manejo desta unidade de conservação estadual, principalmente, para a região do entorno da cidade de Machado e a jusante da mesma, visando sempre a garantia dada por Lei Federal (nº 9.433/1997) e por Lei Estadual (nº 13.199/1999 - Art. 18, inciso V) aos usos múltiplos deste recurso natural, sem comprometer a disponibilidade hídrica e a qualidade das águas.

Quanto às destinações das captações vigentes em 2018 na APA do rio Machado (Tabela 1), têm-se a irrigação como o maior segmento usuário, com 35 concessões, representando 61,4% das outorgas, seguido pelos segmentos usuários de abastecimento humano e dessedentação animal, uso industrial, extração mineral, aquicultura e geração de energia elétrica (PCH Poço Fundo).

Tabela 1 – Segmentos usuários de recursos hídricos outorgados em vigência na APA do rio Machado.

Segmento usuário	Outorgas	Porcentagem
	(un.)	(%)
Irrigação	35	61,4
Abastecimento humano e dessedentação de animais	9	15,8
Indústria	6	10,5
Extração mineral	4	7,0
Aquicultura	2	3,5
Geração de energia	1	1,8
Total	57	100

Fonte – IGAM (2018).

O panorama diagnosticado na APA rio Machado para o segmento usuário irrigação desperta atenção, pois, conforme dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), foi constatado o valor de 32,9% acima da média nacional. Esse fato necessita de cuidado especial do Comitê GD3 no que tange às concessões de outorgas e à manutenção da disponibilidade hídrica aos demais usuários na bacia do rio Machado.

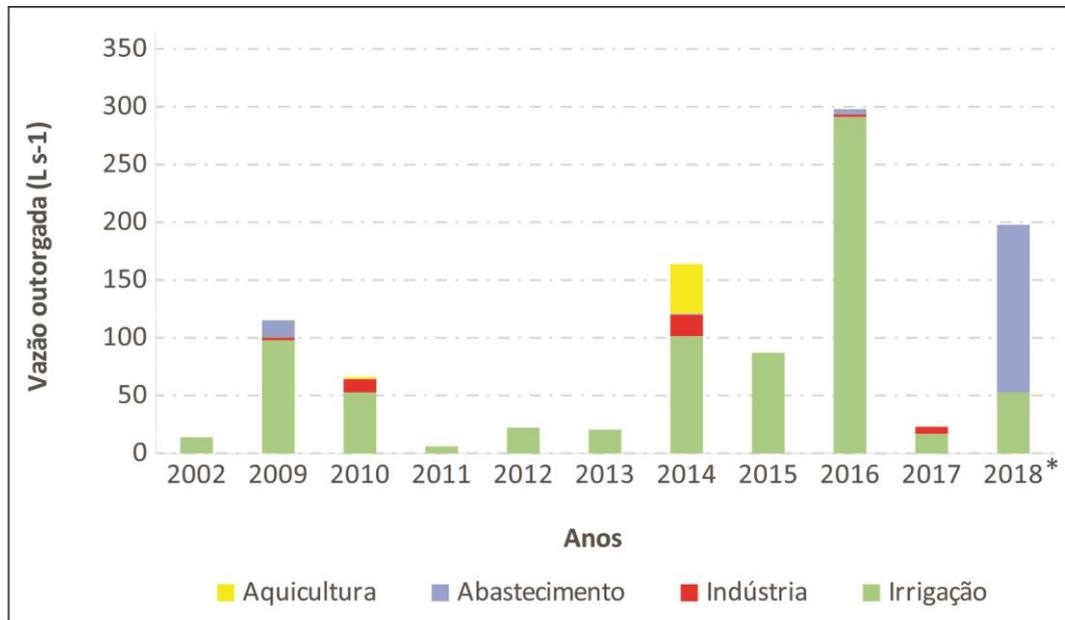
Como último item a ser abordado por esta pesquisa, mas não menos importante, a quantificação de vazões outorgadas aos diferentes segmentos usuários fornece dados essenciais ao planejamento e gestão dos recursos hídricos, visto que caracteriza os segmentos de maiores demandas pelo uso da água na bacia hidrográfica, potencializando políticas, programas e projetos pelo Comitê de Bacias e Agência de Águas, visando garantir a multiplicidade de usos deste recurso.

Neste sentido, as vazões concedidas aos diversos segmentos usuários de recursos hídricos, na bacia hidrográfica da APA do rio Machado, podem ser visualizadas por meio da Figura 8.

De acordo com dados obtidos nas portarias de outorgas emitidas pelo IGAM, a irrigação destaca-se como a maior consumidora de água na APA do rio Machado, no período entre 2002 a 2018. Observa-se um incremento de consumo de água baseando-se a análise em dois períodos distintos, sendo o primeiro de 2002 a 2013 e o segundo de 2014 a 2018, com

destaque para 2016. Em 2016 houveram 15 outorgas para este segmento usuário, com quantitativo de 291,3 L s⁻¹ para suprimir a demanda de 450,8 hectares (IGAM, 2018).

Figura 8 – Consumo dos recursos hídricos outorgados na APA do rio Machado.



Fonte – IGAM (2018).

Com relação às outorgas em vigência até o ano de 2018 - 57 ao todo - a irrigação consome 569,9 L s⁻¹ (35 outorgas) para a irrigação de 1.030,9 hectares, totalizando 70,8% das vazões consumidas comparando-se aos demais segmentos usuários, taxa que supera a média nacional de 67,2% (ANA, 2017). Deste total, o ano de 2016 contribui com 51,1% das concessões para uso dos recursos hídricos para este fim.

O uso da água para consumo humano e dessedentação de animais alcança 166,3 L s⁻¹, caracterizando-se como o segundo maior segmento usuário consumidor de água na APA do rio Machado, seguido pelo consumo aquícola (42,9 L s⁻¹) e industrial (26,3 L s⁻¹).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento acerca das outorgas concedidas em uma bacia hidrográfica, seja por sua localização ou pelo quantitativo outorgado, visa diagnosticar a demanda pelo uso dos recursos hídricos, a fim de compatibilizar seu uso a todos os usuários, fazendo prevalecer o direito pelo acesso à água, bem como fomentando subsídios ao planejamento e gestão.

Constatou-se que na APA do rio Machado há um quantitativo mais expressivo de outorgas superficiais quando comparadas às subterrâneas, sendo que nos setores do médio curso, nas proximidades da cidade de Machado/MG e no baixo curso, há maiores demandas pelo uso da água, motivadas principalmente, pela cultura irrigada do café.

A irrigação caracterizou-se pelo segmento usuário de maior expressividade no consumo de água, seguida pelo abastecimento humano e dessedentação animal. Ressalta-se a tendência de aumento do consumo de água por outorga concedida a partir de 2014, fato este que comprova, a intensificação da demanda pelo uso dos recursos hídricos na APA do rio Machado.

Espera-se que os resultados aqui evidenciados possam auxiliar o Comitê GD3, bem como o IEF, na gestão da bacia hidrográfica da APA do rio Machado. Mesmo os órgãos citados possuindo atribuições e competências distintas na gestão dos recursos hídricos e da agenda ambiental, esforços conjuntos por meio de parcerias apontam o caminho a ser seguido, buscando sempre a cooperação com a Sociedade Civil e demais entes.

Nesse viés, é de expressiva importância que o Comitê GD3 seja parte integrante do processo de solicitação de outorga junto ao IGAM, não sendo apenas informado por este último, que outorgas foram concedidas nas bacias de seu interesse, incluindo neste caso a bacia da APA do rio Machado. Esse fato ratifica a necessidade da criação da Agência de Águas que auxiliará expressivamente o Comitê GD3, bem como o Conselho Gestor, no que tange ao planejamento e gestão dos recursos hídricos, visto o aumento da demanda pelo uso da água e a obrigatoriedade no atendimento aos múltiplos usos, preconizado pela Política Nacional de Recursos Hídricos.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Agência Regional de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Grande por financiar o projeto “Diagnóstico geoambiental da APA da bacia hidrográfica do rio Machado/MG”, com recursos advindos de cobranças de multas ambientais aplicadas pelo Instituto Estadual de Florestas.

Os autores gostariam de agradecer aos Avaliadores pelas contribuições dadas ao artigo.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2013.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno, 2017. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/acesso-a-informacao/institucional/publicacoes>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

_____. **Portal de Metadados Geoespaciais**. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6 (2013), p. 711 - 728, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

BERALDO, A. F.; SALDANHA, R. F. **Estatística V**: Análise Multivariada: Apostila de curso em Análise Multivariada, 2016. Disponível em: <http://www.ufjf.br/antonio_beraldo/cursos/analise-multivariada/>. Acesso em: 15 dez. 2017.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil (1988)**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 05 ago. 2018.

_____. Política Nacional de Recursos Hídricos, **Lei nº 9.433/1997**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 05 ago. 2018.

_____. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), **Lei nº 9.985/2000**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 30 ago. 2018.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. Análise Espacial de Eventos. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004.

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. **Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/Nossa_Historia/Paginas/Pch.aspx>. Acesso em: 01 fev. 2019.

COLLISCHONN, B. **Sistema de Apoio à Decisão para Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos**. 2014. 196 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, IPH/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), 2014.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapa geológico no Estado de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.portalgeologia.com.br/>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

FERNANDES, V.F.; BAPTISTA, J. V.; RODRIGUES, S. O. A. Geotecnologias aplicadas à espacialização de pontos de outorgas no Estado do Rio de Janeiro. In: II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade, 2009, Taubaté. **Anais...** Taubaté: IPABHI, 7p. <https://doi.org/10.4136/serhidro.6>

GREGÓRIO, D. H. S.; FERREIRA, M. F. M. Compartimentos de relevo da Área de Proteção Ambiental da bacia hidrográfica do rio Machado. In: V Jornada Científica da Geografia, 2018. Alfenas. **Anais...** Alfenas (MG): Universidade Federal de Alfenas. 5p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas topográficas do mapeamento sistemático brasileiro.** Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/download/arquivos/index1.shtm>>. Acesso em: 10 out. 2017.

_____. **Censo agropecuário brasileiro de 2017.** Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

_____. **Estimativa populacional de Machado/MG.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/machado/panorama>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

IEF - Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais. **Limite das unidades de conservação.** Disponível em: <www.ief.mg.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2017.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão de Águas. Política Estadual de Recursos Hídricos. **Lei n.º 13.199/1999.** Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

_____. Regulamentação da Política Estadual de Recursos Hídricos, **Decreto n.º 41.578/2001.** Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=689>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

_____. **Resolução Conjunta SEMAD-IGAM n.º 1.548/2012.** Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=20939>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

_____. **Dados das outorgas para o Estado de Minas Gerais,** 2018. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/outorga>>. Acesso em: 09 mai. 2018.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil: 1961 a 1990.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 01 set. 2018.

MINAS GERAIS. Criação da Área de Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Machado. **Lei n.º 13.373/1999.** Disponível em: <http://sou.plamps.com.br/peixe vivo/wp-content/uploads/2010/02/images_arquivos_legislacaoambiental_UNIDADESCONSERVACAO_Iei%20estadual%20n%2013.373-1999.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2018.

PISANI, R. J.; BUENO, V. C.; FIUZA, J. R. **Relatório final de diagnóstico do uso e cobertura da terra na APA do rio Machado.** Alfenas: UNIFAL, 2018.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2018.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia,** ano 11, v. 17, p. 206-226, jul/dez, 2015. <https://doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41493>

RODRIGUEZ, R. G. **Metodologia para estimativa das demandas e disponibilidades hídricas:** estudo de caso da bacia do Paracatu. 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, DEA/Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2004.

SAMPAIO, M. Oeste da Bahia: capitalismo, agricultura e expropriação de bens de interesse coletivo. In: XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária, 2012. Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia. 17p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV - CETEC - UFLA - FEAM). **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em: <http://www.dps.ufv.br/?page_id=742>. Acesso em: 02 set. 2018.

Recebido em: 25/10/2018

Aceito para publicação em: 15/02/2019