

OUTORGAS DE USO DAS ÁGUAS NO AÇUDE EPITÁCIO PESSOA: ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE CENÁRIOS CONFLITANTES ENTRE OS USUÁRIOS

Higor Costa de Brito ¹
Yáscara Maia Araújo de Brito ²
Wanessa Dunga de Assis ³
Luísa Eduarda Lucena de Medeiros ⁴

RESUMO

A partir da promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos, a água passou a ser fundamentada como um recurso mineral limitado e dotado de valor econômico, passando a necessitar do processo de outorga de direitos de uso. Diante da problemática apresentada, o presente trabalho objetiva analisar os volumes outorgados no reservatório Epitácio Pessoa, marcado por secas severas e inúmeros conflitos de interesse, por meio de ferramentas de sensoriamento remoto e simulações matemáticas baseadas na teoria dos jogos. A partir da planilha de outorgas disponibilizada pela Agência Nacional de Águas, foram definidos os jogadores conflitantes e simulados quatro cenários de outorga. O Cenário I representa a situação atual do corpo hídrico, enquanto os demais fizeram uso do menor volume já registrado pelo açude para as simulações. O Cenário II analisou as outorgas com base nas prioridades estabelecidas pela legislação vigente, enquanto os Cenários III e IV foram construídos a partir da distribuição proporcional e da Regra da Chegada Aleatória, respectivamente. Ao comparar os Cenários II e III, verifica-se que uma diminuição de apenas 3% do volume outorgado pela CAGEPA seria suficiente para garantir uma porcentagem igualitária entre os demais jogadores. Os cenários elaborados retratam os inúmeros conflitos gerados em situações de escassez hídrica, onde a sobreposição de interesses privados por órgãos governamentais agrava ainda mais a situação. Diante dos cenários expostos foi possível constatar a fragilidade econômica e social dos usuários das águas do açude, visto que o volume anual outorgado seria capaz de esgotar o recurso em poucos meses.

Palavras-chave: Secas Plurianuais, Escassez hídrica, Conflitos pelo uso da água, Semiárido Brasileiro, Teoria dos jogos.

INTRODUÇÃO

A importância da água para a existência e desenvolvimento da sociedade é imensurável, tornando esse recurso fundamental para a realização das mais diversas atividades humanas, tais como a produção de alimentos, de bens de consumo, de energia, transporte e lazer, além de garantir a manutenção do equilíbrio ambiental (LIMA, 2001).

¹ Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, h_igor@hotmail.com;

² Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, yascaramaiaa@gmail.com;

³ Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, w_dunga@hotmail.com;

⁴ Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, lu.mdeiros@gmail.com;

Entretanto, a poluição e a crescente demanda pelo recurso vem afetando diretamente seu ciclo natural, causando desequilíbrio e potencializando eventos hidrológicos críticos.

O Brasil é o país que possui a maior quantidade de água doce no planeta. Entretanto, mesmo possuindo essa situação confortável de disponibilidade hídrica, o país enfrenta crises de abastecimento em todas as suas regiões. Na região Nordeste do país, a intervenção antropológica predatória nesse espaço associou o fenômeno de crise hídrica, marcadamente estrutural, a políticas seladas pela visão conjuntural que fomenta e perpetua o cultivo do problema (REBOUÇAS, 1997).

Os usos dos recursos hídricos pela sociedade visam suprir suas necessidades pessoais, agrícolas, industriais e sociais. No entanto, essa diversidade de usos, quando realizada de forma indiscriminada, provoca escassez e alterações de qualidade dos recursos, comprometendo sua qualidade e conseqüentemente as finalidades (SOUZA et al., 2014).

A partir da promulgação da Lei Federal nº 9.433/97, a chamada lei das águas, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos em 8 de janeiro de 1997, a água passou a ser fundamentada como um recurso mineral limitado e dotado de valor econômico, onde a gestão deve sempre proporcionar seus usos múltiplos. Segundo Carmo e Tagnin (2001) esses fundamentos foram esclarecedores na visão socioeconômica da gestão do recurso, uma vez que o uso deve ser múltiplo. A Lei estabelece uma hierarquia prioritária altamente relevante diante das crescentes demandas e conflitos pelo recurso.

Uma vez considerado como um recurso dotado de valor econômico, a água precisa de uma autorização para o seu uso que objetiva assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. A outorga é um instrumento de difícil implementação, sua complexidade advém da própria natureza dos recursos hídricos, onde sua disponibilidade depende de ocorrências incertas e demandas crescentes, além de envolver conflitos de interesses por parte dos mais diversos atores, desde órgãos públicos até usuários finais (AZEVEDO et al., 2003).

A outorga, juntamente com os demais instrumentos da PNRH, advém como mecanismos capazes de auxiliar na mitigação de conflitos pelo uso da água. Tais conflitos surgem a partir da escassez hídrica que está associada à falta de gestão dos recursos hídricos superficiais, em especial na delimitação semiárida. Essa é a principal causa precursora das crises de água existentes no Nordeste brasileiro. Porém, são ainda mais intensas quando eventos de secas plurianuais atingem a região, atingindo, principalmente, a parcela da população mais vulnerável social e economicamente.

Os conflitos pelo uso de recursos hídricos não se limitam somente aos custos e medidas de compartilhamento do recurso, as divergências surgem associadas a aspectos sociais, políticos e medidas de gerenciamento. O interesse em analisar e buscar resolver conflitos pelo uso de recursos hídricos aumentou nas últimas décadas (DINAR, 2004) e vários métodos quantitativos e qualitativos foram desenvolvidos para buscar solucionar conflitos no gerenciamento de recursos hídricos, incluindo a utilização de modelos baseados na Teoria dos Jogos (MADANI, 2010).

Diante da problemática apresentada, o estudo tem como objetivo analisar os volumes de água outorgados em um reservatório da região Semiárida Nordestina, marcada por secas severas e inúmeros conflitos de interesse. O processo se dá através de ferramentas de sensoriamento remoto e simulações matemáticas baseadas na teoria dos jogos.

CRISES HÍDRICAS NO ESTADO DA PARAÍBA

As secas são desastres naturais originados a partir de déficits de precipitação e podem ser caracterizadas através de sua duração, intensidade e cobertura espacial (WILHITE, SIVAKUMAR e PULWARTY, 2014; WILHITE e GLANTZ, 1985). Tais impactos são mais intensos quanto mais vulnerável for a população residente nas áreas atingidas por tipos de seca mais graves. A escassez hídrica é uma de suas decorrências que surge associada à uma gestão ineficaz dos recursos hídricos, originando assim as chamadas crises hídricas.

De acordo com Cirilo (2015), essa escassez pode ser de dois tipos: a primeira, a escassez econômica que “ocorre devido à falta de investimento e é caracterizada por pouca infraestrutura e distribuição desigual de água” e a escassez física que “ocorre quando os recursos hídricos não conseguem atender à demanda da população, sendo este o tipo mais recorrente no Semiárido Brasileiro (SAB).

Os reservatórios monitorados pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA) através do portal Olho N’água são todos localizados na delimitação do SAB e, em setembro de 2019, o Estado da Paraíba apresenta 117 dos seus reservatórios monitorados com uma capacidade total de armazenamento equivalente que corresponde a 3.567 hm³, dos quais, apenas 21,8% constituem o volume atual.

Já foram registradas duas secas plurianuais na região SAB somente no século XXI. A primeira atingiu a Paraíba em 1998, ainda iniciada no século passado e estendendo-se até 2003. Seus impactos resultaram em medidas de suspensão de retiradas de água para a irrigação, para descargas de perenização e o abastecimento humano passou a funcionar sob

regime de racionamento. O menor volume reservado no açude nesse período foi de 14,9 % da sua capacidade em dezembro de 1999 (INSA, 2019; RÊGO et al., 2013).

Em seguida, advém o ano de 2004 e com ele um ciclo chuvoso que permanece até 2011. O volume do reservatório ultrapassou a sua cota máxima mais de um ano. Porém, em 2012 inicia-se a maior seca já registrada temporalmente, que durou até 2018, totalizando 7 anos. Os seus impactos foram agravados devido à ineficiente gestão dos recursos hídricos do Estado, em especial no que se refere ao açude de Boqueirão (RÊGO et al., 2013).

Ao longo da seca plurianual 2012-2018 muitos dos reservatórios do SAB chegaram ao zero absoluto, em especial os de pequeno e médio porte. Foram utilizadas, assim, águas consideradas impróprias para consumo, do ponto de vista qualitativo, ao serem explorados, inclusive os volumes mortos dos açudes (NUNES et al., 2018). Quanto ao açude de Boqueirão a situação não foi diferente, o que ocasionou uma série de impactos à população dependente de suas águas e sem recursos financeiros para adquirir o recurso de outras formas.

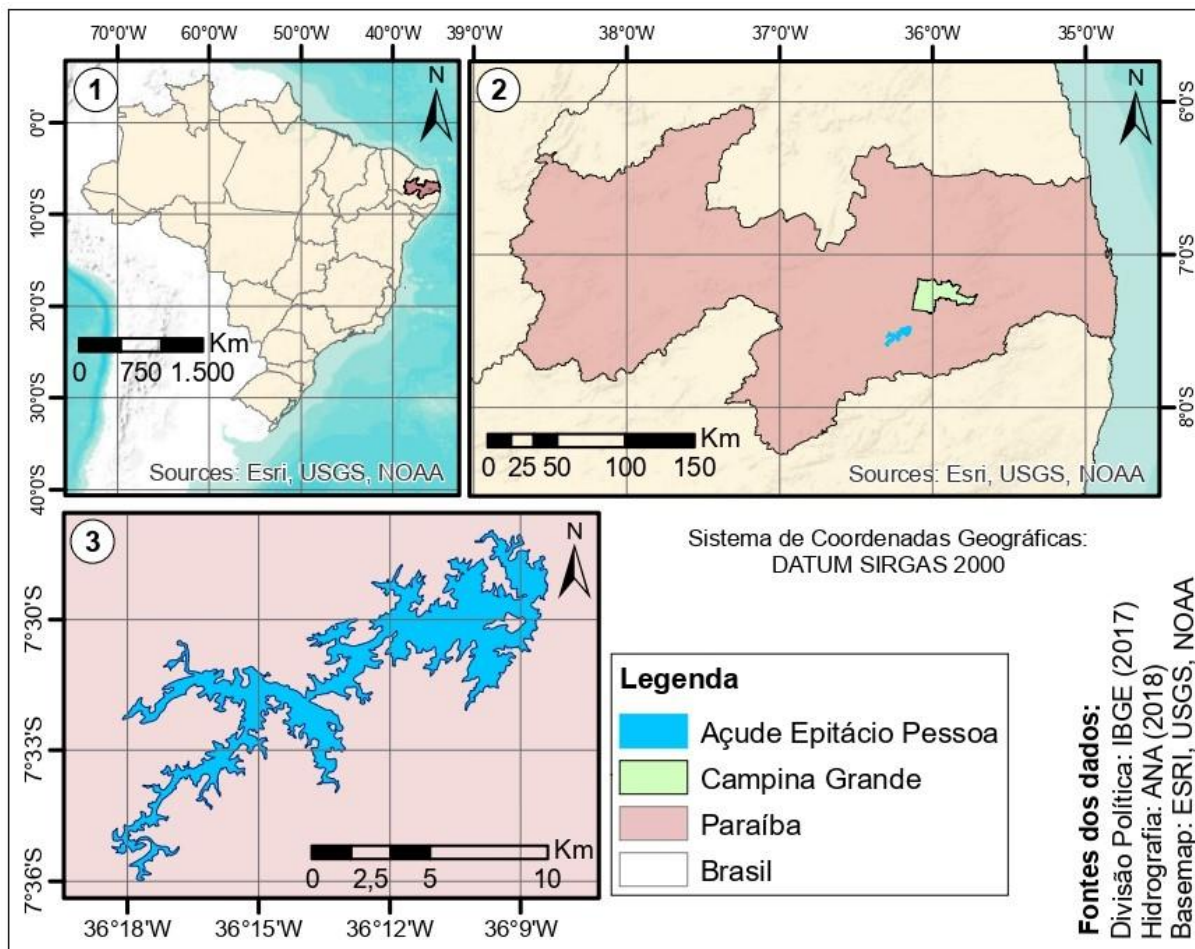
O AÇUDE EPITÁCIO PESSOA

O Semiárido Brasileiro, em especial a porção localizada na região Nordeste, tem o seu abastecimento hídrico feito, quase totalmente, por águas superficiais reservadas. A precipitação média anual na região é de 450 mm concentrada em quatro meses do ano, de fevereiro a maio, enquanto as taxas de evaporação giram em torno de 2.000 mm ao ano (GALVÃO et al., 2002).

O açude Epitácio Pessoa (Figura 1), mais conhecido como Boqueirão, localiza-se parcialmente nos municípios de Barra de São Miguel, Boqueirão e Cabaceiras, todos no Estado da Paraíba, e abastece o segundo maior município do estado, Campina Grande, além de outras municipalidades menores inseridas nas mesorregiões do Agreste e do Sertão paraibano (LUCENA, 2018; SILVA et al., 2014).

Tem uma capacidade total de armazenamento de 411,7 hm³ e o seu menor volume já registrado foi de 2,9 % em abril de 2017, registrando um cenário de colapso no abastecimento de água para as cidades abastecidas, para os agricultores e demais usos múltiplos das águas provenientes do açude (INSA, 2019).

Figura 2 – Mapa de localização do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão).



Fonte: Autoria própria.

O reservatório é de domínio da união, construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) entre 1952 e 1956, e tem como órgão gestor a Agência Nacional de Águas (ANA). Porém, a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) também participa desse processo no que se refere à captação e distribuição das águas, o que caracteriza uma gestão compartilhada entre as duas estadual e federal. Diante disso, o açude é agente precursor de uma série de conflitos pelo uso da água originados a partir de eventos de seca e agravados pela vulnerabilidade social e econômica da região (MIRANDA, 2017; GRANDE, et al., 2016; RÊGO et al., 2013).

O açude sofre os impactos da seca pluriannual iniciada em 2012, à medida que as saídas de água destinadas ao abastecimento humano e usos na irrigação são realizadas e não há aportes de entrada significativos. Outra questão preocupante é a falta de uma gestão proativa. Para que isso seja solucionado é necessário pôr em prática um planejamento com base na segurança hídrica, embasado na Lei da Águas, em especial no que se refere ao cumprimento do instrumento de outorga e sua fiscalização (RÊGO et al., 2014).

OUTORGA DE DIREITOS DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A outorga é um instrumento de restrição onde o proprietário de um recurso natural (geralmente o Estado) estipula quem pode usá-lo e quais as suas condições e limitações. Quando a propriedade é privada, a outorga ocorre como um assentimento pelo proprietário, de que outros o utilizem, desde que se submetam às limitações por ele impostas. Por outro lado, quando a propriedade é pública, a outorga atua como um instrumento de gestão, a partir da concessão de cotas entre os usuários, levando em consideração a disponibilidade e a possível escassez do recurso (DE ALMEIDA, 2003a; KELMAN, 1999).

A outorga de uso da água é acompanhada de uma série de condições e limitações para tornar-se efetivamente válida. Dentre as condições estabelecidas quando da outorga de seu pode-se destacar: o limite do volume máximo de água retirada, podendo estar sujeita a restrições sazonais tendo em vista condições adversas; metas de racionalização do uso da água e condições para melhoria da eficiência de tratamento de efluentes; monitoramento contínuo, por parte do usuário, da quantidade de água retirada e devolvida ao curso de água; prazo de validade da outorga; cobrança pelo uso da água com base no sistema tarifário, calculado em função da quantidade de água retirada, da carga poluidora, da época do ano, dentre outros (CONEJO, 1993).

Segundo a Lei 9.433/97 no Capítulo IV, art. 12, dentre os tipos de usos sujeitos a outorga pelo Poder Público, destacam-se: a derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos; outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água. Vale salientar que, segundo a Lei 9.433/97 (Capítulo I, art. 1º), em situações de escassez hídrica, a prioridade do uso dos recursos hídricos é para o consumo humano e a dessedentação de animais.

TEORIA DOS JOGOS E REGRA DA CHEGADA ALEATÓRIA

A teoria dos jogos pode ser definida como o estudo de modelos matemáticos de conflito e cooperação entre tomadores de decisão. A teoria dos jogos fornece técnicas matemáticas gerais para analisar situações em que dois ou mais indivíduos tomam decisões capazes de influenciar o bem-estar de um indivíduo ou de toda uma população (MYERSON, 2013).

Segundo Almeida (2003b) a teoria envolve uma série de critérios pressupostos que, filosoficamente, podem ser questionáveis, porque muitas vezes não possuem fundamentação conceitual e validação empírica, no entanto, são conjecturas necessárias para fundamentar da teoria.

Os pesquisadores dessa área buscam compreender o conflito e a cooperação a partir de modelos quantitativos e exemplos hipotéticos (CAMERER, 2011). Esses modelos podem ser sistematicamente simples em muitos aspectos, embora essa simplicidade possa tornar as questões fundamentais de conclusão e cooperação mais fáceis de serem visualizadas do que em situações complexas da vida real (MYERSON, 2013).

Com base em pesquisas anteriores (EPSTEIN, 1978; RABINOVITCH, 1971), O'Neill (1982) propôs um tipo alternativo de resolução de conflito denominada Regra da Chegada Aleatória (*Random Arrival Rule*), caracterizando a arbitragem de interesses, na qual não existem regras preestabelecidas e eventuais ponderações são feitas sobre os interesses das partes, onde os indivíduos têm direitos sobrepostos a um bem transferível limitado.

METODOLOGIA

A partir da planilha de outorgas disponibilizada no portal da ANA (<https://www.ana.gov.br/regulacao/principais-servicos/outorgas-emitidas/outorgas-emitidas>), foram extraídas as coordenadas geográficas de todos os pontos de captação de água. Posteriormente, todos os pontos foram espacializados no software QGIS 2.16, com o auxílio do complemento XY Tools.

Uma vez georreferenciados, os pontos de captação foram utilizados na geração do mapa de densidade de Kernel, que teve como intuito verificar espacialmente as áreas de maior concentração de pontos de captação outorgados.

Dessa forma, visto que a massa d'água do açude Epitácio Pessoa se estende por três municípios e em todos eles existem usuários outorgados, os cenários foram construídos com base nos interesses dos irrigantes de cada município. O único usuário que capta água para fins de abastecimento humano é a Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), com ponto de captação localizado no município de Boqueirão, por esse motivo esse usuário foi analisado de forma individual.

Para fins de simplificação a análise da situação do corpo hídrico não levou em consideração a evaporação e eventuais índices pluviométricos, nesse contexto, os irrigantes foram divididos de acordo com seus municípios e tiveram seus volumes outorgados somados,

enquanto a CAGEPA teve sua outorga preventiva desconsiderada, formando assim quatro jogadores para a construção dos cenários. Desse modo, o Cenário I foi elaborado com o intuito de retratar a situação atual do açude, com base no último volume registrado até a data de elaboração desse trabalho (29/08/2019).

Por outro lado, os Cenários II, III e IV foram elaborados considerando o menor volume já registrado pelo corpo hídrico (11.970.000 m³), datado em 19/04/2017, equivalente a 2,9% de sua capacidade total. Dessa forma, os volumes demandados pelos usuários não conseguiriam ser supridos, acarretando na necessidade da elaboração de medidas paliativas pelos órgãos gestores.

O Cenário II foi construído com base no arcabouço legal da Lei 9.433/97, onde em situação de escassez hídrica, a prioridade do uso do recurso hídrico é para o consumo humano e dessedentação de animais. Nesse caso, houve a sobreposição do volume outorgado para abastecimento humano em relação aos volumes requeridos pelos irrigantes dos três municípios.

Na construção dos Cenários III e IV foi utilizado o pacote GameTheory (CANO-BERLANGA; GIMÉNEZ-GÓMEZ; VILELLA, 2017) na linguagem de programação R (TEAM, 2013). O processo considerou um conjunto de jogadores $N = \{1, 2, \dots, n\}$ e a quantidade $E \in \mathbb{R}_+$ de um recurso divisível infinito, que deve ser alocado entre eles. Cada jogador tem uma reivindicação, $c_i \in \mathbb{R}_+$ nela. Seja $c \equiv (c_i)_{i \in N}$ o vetor de reivindicações.

Um problema conflitante de reivindicações é um par (E, c) com $\sum_{i=1}^n c_i > E$. Sem perda de generalidade, os jogadores foram ordenados de acordo com suas reivindicações $c_1 \leq c_2 \leq \dots \leq c_n$ e adotou-se como β o conjunto de todos os problemas de reivindicações conflitantes. Dado um problema conflitante de reivindicações, uma regra associa dentro de cada problema uma distribuição da doação entre os agentes. As regras presentes no pacote são uma função de valor único $\phi : \beta \rightarrow \mathbb{R}_+^n$ tal que $0 \leq \phi_i(E, c) \leq c_i$, para todos os $i \in N$ e $\sum_{i=1}^n \phi_i(E, c) = E$.

Os dados referentes a quantidade de recursos disponibilizados (volume de água) e a reivindicação de cada jogador (volume outorgado) foi inserida e após o processamento, as tabelas foram preenchidas de acordo com o resultado. O Cenário III foi calculado com base na distribuição proporcional, onde a regra recomenda uma distribuição proporcional às reivindicações, conforme a Equação 1.

$$\lambda = \frac{E}{\sum_{i \in N} c_i} \quad (1)$$

Onde $(E, c) \in \beta$ e cada $i \in N, P_i(E, c) \equiv \lambda c_i$.

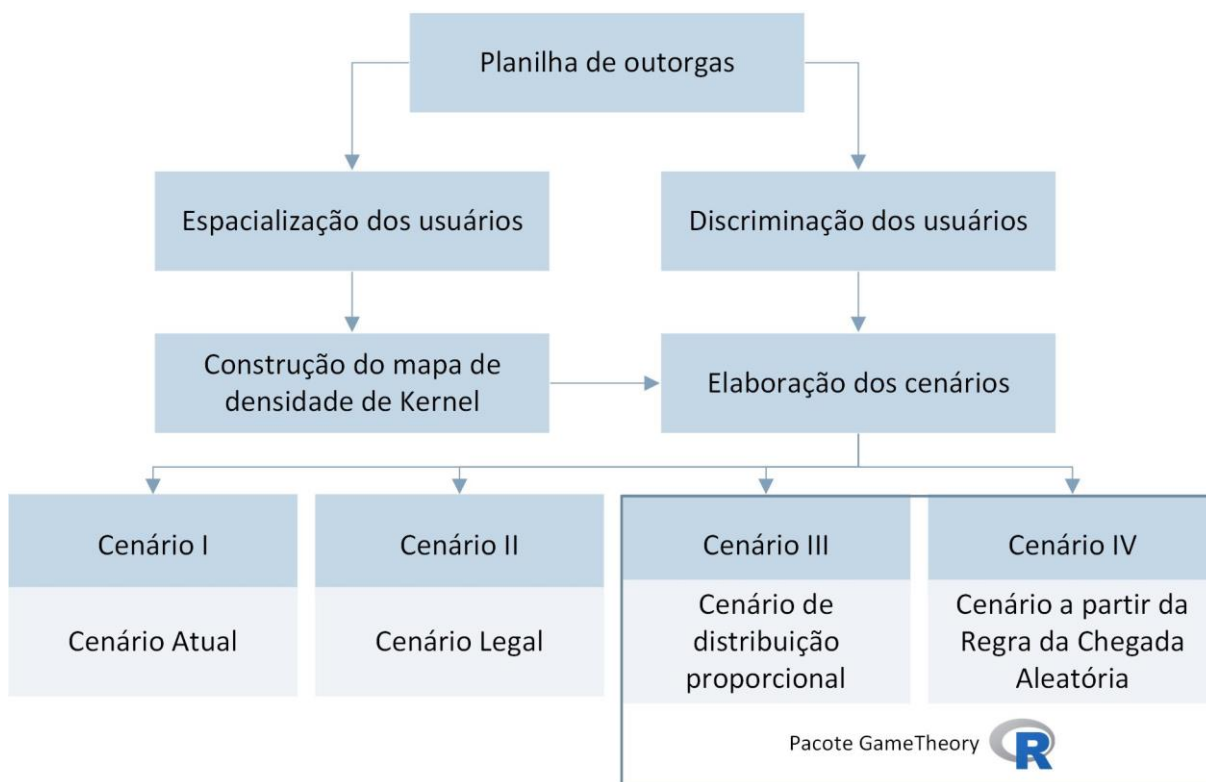
Por sua vez, o Cenário IV foi calculado com base na regra da chegada aleatória, onde a regra propõe a média dos vetores de prêmios calculados conforme a Equação 2, quando todos os pedidos são igualmente prováveis.

$$RA_i(E, c) \equiv \frac{1}{|N|!} \sum_{c \in \mathbb{R}^N} \min \{ c_i, \max \{ E - \sum_{e \in N, j < i} c_j, 0 \} \}. \quad (2)$$

Onde cada $(E, c) \in \beta$ e $i \in N$.

Após as simulações, os dados obtidos foram organizados em tabelas de acordo com cada cenário e os valores de outorga simulados foram comparados proporcionalmente com os volumes outorgados. Os processos metodológicos utilizados estão ilustrados na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma metodológico.



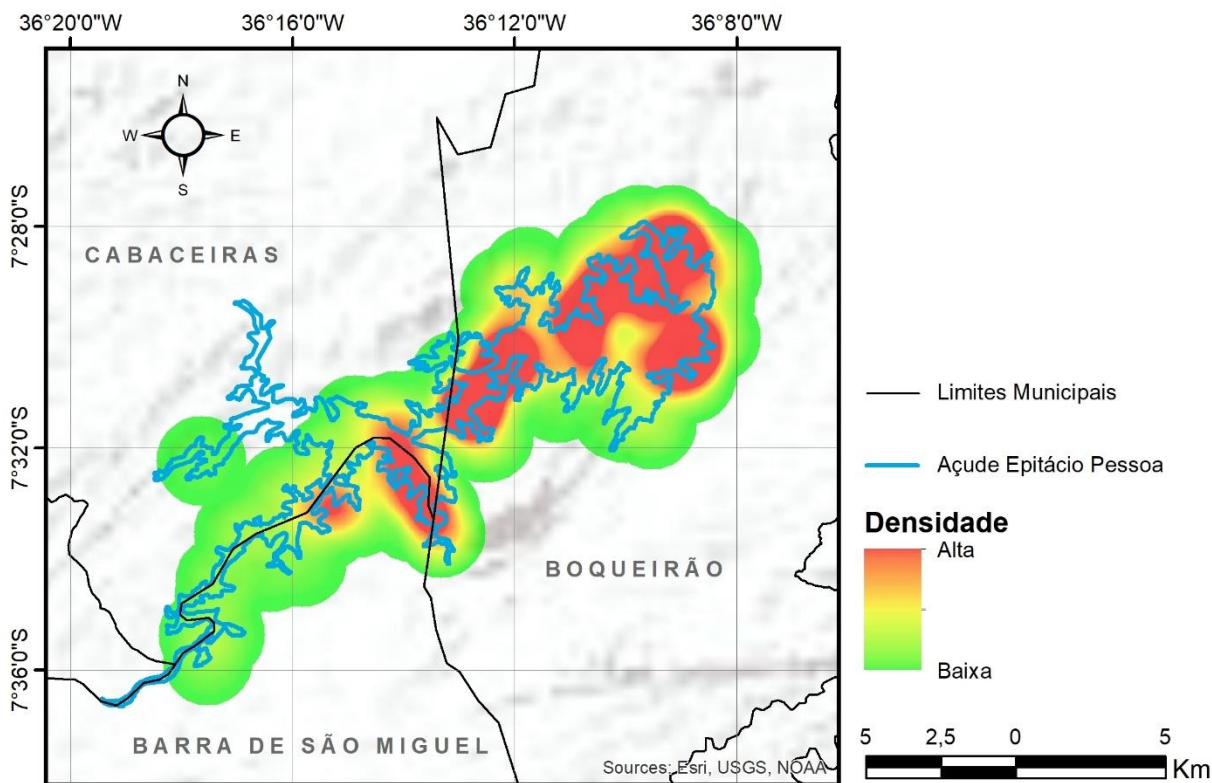
Fonte: Autoria própria.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A distribuição espacial dos pontos de captação outorgados (Figura 3) retrata a grande concentração de usuários outorgados no município de Boqueirão, na porção nordeste do corpo hídrico. Segundo os dados levantados, o município de Boqueirão conta com 452 pontos de captação para irrigantes e 2 pontos de captação destinados ao abastecimento humano,

enquanto os municípios de Barra de São Miguel (BSM) e Cabaceiras possuem 73 e 45 pontos de captação para irrigantes, respectivamente.

Figura 3 – Mapa de densidade dos pontos de captação outorgados no açude Epitácio Pessoa.



Fonte: Autoria própria.

A Tabela 1 disponibiliza os dados levantados para a situação do açude no dia 29/08/2019, onde o volume disponível é capaz de suprir por pelo menos um ano os volumes outorgados. Entretanto, fatores externos como a evaporação e a captação ilegal podem afetar diretamente essa disponibilidade. Vale destacar a significativa fração anual outorgada, que supera 46 milhões de metros cúbicos, ocasionando uma retirada anual de aproximadamente 10% da capacidade máxima do corpo hídrico.

Tabela 1 – Cenário elaborado com base no volume disponível até a data de elaboração da pesquisa.

CENÁRIO I (Atual)		
Volume Disponível = 99.500.000 m ³ (29/08/2019)		
Jogadores	Volumes Outorgados (m ³ /ano)	Porcentagem Disponibilizada (%)
CAGEPA	41329855	100
Irrigantes de BSM	620876	100
Irrigantes de Boqueirão	3996218	100
Irrigantes de Cabaceiras	384643	100

Fonte: Autoria própria.

A partir da legislação vigente (Lei 9.433/97), o Cenário II (Tabela 2) simula a situação hídrica a partir do menor volume já registrado pelo açude. O baixo volume do corpo hídrico não seria capaz de suprir todos os volumes outorgados, dessa forma, o usuário prioritário para o uso seria a CAGEPA, que abastece diversas cidades do Agreste Paraibano.

Entretanto, mesmo com a prioridade do uso, a companhia só teria disponível 29% do seu total outorgado, acarretando em medidas de racionamento e eventuais colapsos no abastecimento de algumas regiões.

Tabela 2 – Cenário elaborado com base nos critérios estabelecidos na Lei 9.433/97.

CENÁRIO II (Abastecimento Humano se sobrepondo à Irrigação)			
Volume = 11.970.000 m ³ (19/04/2017)			
Jogadores	Volumes Outorgados (m ³ /ano)	Volume Disponibilizado (m ³ /ano)	Porcentagem Disponibilizada (%)
CAGEPA	41329855	11970000	29
Irrigantes de BSM	620876	0	0
Irrigantes de Boqueirão	3996218	0	0
Irrigantes de Cabaceiras	384643	0	0

Fonte: Autoria própria.

Por sua vez, o Cenário III (Tabela 3) estabelece uma distribuição proporcional do volume. A prioridade de uso foi ignorada e todos os jogadores tiveram um volume disponibilizado calculado com base no seu volume outorgado, acarretando em volume equivalente a 26% de todos os inicialmente solicitados.

Ao comparar a o Cenário III com o anterior, verifica-se que uma diminuição de apenas 3% (de 29% para 26%) do volume outorgado pela CAGEPA seria suficiente para garantir uma porcentagem igualitária entre os demais jogadores, entretanto as demandas dos irrigantes possuem variações intranuais de acordo com o tipo de cultura irrigada, fato que pode inviabilizar o plantio de determinadas frutas ou legumes.

Nesse caso, ficaria a critério dos irrigantes gerenciar da melhor forma possível a quantidade de água disponibilizada, seja diminuindo a área irrigada, mudando as culturas, ou mudando o método de irrigação adotado, desde que os órgãos gestores envolvidos permitam tais alterações.

Tabela 3 – Cenário elaborado a partir da distribuição proporcional do recurso.

CENÁRIO III (Distribuição Proporcional)			
Volume = 11.970.000 m ³ (19/04/2017)			
Jogadores	Volumes Outorgados (m ³ /ano)	Volume Disponibilizado (m ³ /ano)	Porcentagem Disponibilizada (%)
CAGEPA	41329855	10677776	26
Irrigantes de BSM	620876	160406	26
Irrigantes de Boqueirão	3996218	1032443	26
Irrigantes de Cabaceiras	384643	99375	26

Fonte: Autoria própria.

Ao utilizar a Regra da Chegada Aleatória, o Cenário IV (Tabela 4) mostra uma distribuição que favorece os irrigantes, já que a ordem de prioridade foi ignorada e os volumes outorgados foram ponderados. Desse modo, a CAGEPA apresenta um volume disponibilizado equivalente a 23% do volume inicialmente outorgado, enquanto os irrigantes mantiveram 50% da vazão inicialmente outorgada.

Tabela 4 – Cenário elaborado a partir da Regra da Chegada Aleatória.

CENÁRIO IV (Regra da Chegada Aleatória)			
Volume = 11.970.000 m ³ (19/04/2017)			
Jogadores	Volumes Outorgados (m ³ /ano)	Volume Disponibilizado (m ³ /ano)	Porcentagem Disponibilizada (%)
CAGEPA	41329855	9469131.5	23
Irrigantes de BSM	620876	310438	50
Irrigantes de Boqueirão	3996218	1998109	50
Irrigantes de Cabaceiras	384643	192321.5	50

Fonte: Autoria própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dessa pesquisa, foi possível compreender a grande quantidade de usuários que pleiteiam pela outorga do Açude Epitácio Pessoa. Os cenários elaborados retratam os inúmeros conflitos gerados em situações de escassez hídrica, onde a sobreposição de interesses privados por órgãos governamentais agrava ainda mais a situação.

Diante os cenários expostos também se nota a importância econômica e social do corpo hídrico contrastando com sua fragilidade, onde o menor volume registrado pelo açude seria incapaz de garantir todo o volume outorgado para abastecimento humano em um ano. Por outro lado, em situações onde a outorga destinada ao abastecimento humano seja garantida e o volume destinado aos irrigantes seja insuficiente para suprir toda a demanda, critérios como a distribuição proporcional e a Regra da Chegada Aleatória podem ser levados em consideração pelos gestores.

Por fim, vale salientar que a disponibilização de dados de outorga pelos órgãos gestores possibilita inúmeras análises entre os agentes conflitantes. Trabalhos que analisem os jogadores de forma mais detalhada e englobem interferências externas como a evaporação, captação ilegal e o impacto da transposição do Rio São Francisco no açude podem ser considerado em análises futuras.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) pelo apoio financeiro concedido aos pesquisadores.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, L. G. T. et al. Sistema de suporte à decisão para outorga de direitos de uso da água no Brasil: uma análise da situação brasileira em alguns estados. **Bahia Análise & Dados**, v. 13, p. 481–496, 2003.

BRASIL. **Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília - DF: Diário Oficial da União (09/01/1997), Seção 1, p. 470, 1997.

CAMERER, C. F. **Behavioral game theory: Experiments in strategic interaction**. Princeton University Press, 2011.

CANO-BERLANGA, S.; GIMÉNEZ-GÓMEZ, J.-M.; VILELLA, C. Enjoying cooperative games: The R package GameTheory. **Applied Mathematics and Computation**, v. 305, p. 381–393, jul. 2017.

CARMO, R. L. DO; TAGNIN, R. Uso múltiplo da água e múltiplos conflitos em contextos urbanos: o caso do reservatório Billings. **ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR**, v.9, p. 1276-1286, 2001.

CIRILO, J. A. Crise hídrica: desafios e superação. **Revista USP**, n. 106, p. 45-58, 2 set. 2015.

CONEJO, J. G. L. A outorga de usos da água como instrumento de gerenciamento dos recursos hídricos. **Revista de Administração Pública**, v. 27, n. 2, p. 28–62, 1993.

DE ALMEIDA, C. C. Outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos. **Revista da Fundação da Escola Superior do Ministério Público do Distrito Federal**, v. 22, p. 60, 2003a.

DE ALMEIDA, F. P. L. A teoria dos jogos: uma fundamentação teórica dos métodos de resolução de disputa. **Estudos em arbitragem, mediação e negociação**, p. 175, 2003b.

DINAR, Ariel. Exploring transboundary water conflict and cooperation. **Water Resources Research**, v. 40, n. 5, 2004.

EPSTEIN, Isidore. **The Babylonian Talmud**. 1978.

GALVÃO, C. O.; RÊGO, J. C.; RIBEIRO, M. M. R.; ALBUQUERQUE, J. P. T. **Sustentabilidade da Oferta de Água para Abastecimento Urbano no Semi-Árido Brasileiro: O caso de Campina Grande.** In: Seminário: Planejamento, Projeto e Operação de Redes de Abastecimento de Água – O Estado da Arte e Questões Avançadas. João Pessoa, 2002.

GRANDE, M. H. D.; GALVÃO, C. O.; MIRANDA, L. I. B.; GUERRA SOBRINHO, L. D. A percepção dos usuários sobre os impactos do racionamento de água em suas rotinas domiciliares. *Ambiente & Sociedade*, v. XIX, p. 165–184, 2016.

INSA (2019). **Olho N'água.** Disponível em: < <https://olhonagua.insa.gov.br/#!/>> Acesso em: 02 set. 2019.

KELMAN, Jerson et al. Outorga e Cobrança pelo uso de Recursos Hídricos. In: **Estado das águas no Brasil 1999.** ANEEL, 1999. p. 1-5.

LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo.** Embrapa Cerrados- Documentos (INFOTECA-E), 2001.

LUCENA, D. P. M. M. Simulações da implantação de ações de gestão no açude Epitácio Pessoa e seus impactos na crise hídrica em Campina Grande-PB e região. Dissertação de mestrado. 2018.

MADANI, Kaveh. Game theory and water resources. *Journal of Hydrology*, v. 381, n. 3-4, p. 225-238, 2010.

MIRANDA, L. I. B. **A Crise Hídrica e a Gestão das Águas Urbanas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.** Anais...São Paulo-SP: XVII Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 2017.

MYERSON, R. B. **Game Theory.** Harvard University Press, 2013.

NUNES, T. H. C. et al. **Olho N'água – Plataforma interativa de acompanhamento dos reservatórios da região Semiárida.** Anais...Maceió-AL: XIV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2018.

O'NEILL, B. A problem of rights arbitration from the Talmud. *Mathematical social sciences*, v. 2, n. 4, p. 345–371, 1982.

RABINOVITCH, N. L. **Probability and statistical inference in ancient and medieval Jewish literature.** 1971.

REBOUÇAS, A. DA C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. *Estudos Avançados*, v. 11, n. 29, p. 127–154, abr. 1997.

RÊGO, J. C. et al. **Atribuições e responsabilidades na gestão dos recursos hídricos – o caso do açude Epitácio Pessoa/Boqueirão no Cariri Paraibano.** Anais...Bento Gonçalves-RS: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.

RÊGO, J. C. et al. **Novas considerações sobre a gestão dos recursos hídricos do açude Epitácio Pessoa - a seca 2012-2014**. Anais...Natal-RN: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014.

SILVA, P. H. P. et al. **A gestão de recursos hídricos na visão midiática – o caso do açude Epitácio Pessoa/Boqueirão – PB**. Anais...Natal-RN: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014.

SOUZA, J. R. DE et al. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. **REDE-Revista Eletrônica do Prodema**, v. 8, n. 1, 2014.

TEAM, R. C. ET AL. **R: A language and environment for statistical computing**. 2013.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. **Water International**, v. 10, n. 3, p. 111–120, 1985.

WILHITE, D. A.; SIVAKUMAR, M. V. K.; PULWARTY, R. Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy. **Weather and Climate Extremes**, v. 3, p. 4–13, 1 jun. 2014.