

TRAGÉDIA DOS COMUNS: DESINFORMAÇÃO E DESECONOMIA NA GESTÃO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI

César Prazeres¹

Isabella Nogueira Bittar de Castilho-Barbosa²

RESUMO

Este estudo tem por objeto de análise as relações entre desinformação sobre águas subterrâneas, sua utilização econômica e administração pelos setores público e privado. O estudo delimita-se ao Sistema Aquífero Guarani (SAG). Para alcançar os objetivos propostos, procura-se analisar o grau de conhecimento sobre o tema da população em geral, dos docentes de geografia, dos organismos de controle e dos tomadores de decisão. Tais procedimentos fundamentam-se em pesquisas de abordagem direta e estatísticas oficiais. Fundamenta-se teoricamente no campo da Economia Ecológica para compreender o comportamento dos agentes econômicos nesse contexto e o papel do Estado na busca pelo uso racional e sustentável dos recursos hídricos. O ensaio explora a alegoria da "tragédia dos comuns" de Hardin (1968) como ponto de ilustração e crítica do uso e administração de águas subterrâneas.

Palavras-chave: águas subterrâneas; gestão hídrica; Economia Ecológica; Hidrogeologia; divulgação científica.

ABSTRACT

This study aims to analyze the relationships among misinformation about groundwater, its economic utilization, and administration by public and private sectors. The study is delimited to the Guarani Aquifer System (GAS). To achieve the proposed objectives, the degree of knowledge on the subject is examined among the general population, geography educators, control organizations, and decision-makers. These procedures are based on direct approaches and official statistics. The theoretical foundation lies in the field of Ecological Economics to comprehend the behavior of economic agents in this context and the role of the state in pursuing rational and sustainable use of water resources. The essay explores the allegory of Hardin's (1968) "tragedy of the commons" as a point of illustration and critique of the use and administration of groundwater.

Keywords: groundwater; water management; Ecological Economics; Hydrogeology; scientific dissemination.

¹ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Economia do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas — IE/UNICAMP. E-mail: cprazeresfp@gmail.com.

² Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da terra, Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas — IG/UNICAMP. E-mail: isabellacastilhoarbarbosa@gmail.com.

INTRODUÇÃO

Diferentes recursos naturais são tomados como indispensáveis para a vida humana. É o caso do petróleo, por exemplo. Gigantescos esforços são dedicados para mapear a sua dispersão no território, para compreender as suas propriedades físico-químicas e das estruturas geológicas que o sustentam, para se definir estratégias e soluções de engenharia para sua extração e exploração e, assim, planejar o refino, o uso e o comércio. Do ponto de vista ecológico, pode-se questionar o caráter indispensável a ele atribuído. Um outro recurso — cuja indispensabilidade é indubitável, tanto do ponto de vista econômico quanto ecológico — goza de menor privilégio no que se refere à dedicação de esforços: as águas subterrâneas.

A importância da água para a vida humana (e não humana) dispensa maiores considerações, pois todos sabem que se trata de um recurso indispensável ao aparecimento e evolução da vida no planeta. A dimensão do seu sentido vital não se estende às águas subterrâneas, que constitui parcela fundamental dos recursos hídricos em nível global. De acordo com estudo de Shiklomanov (1998), a hidrosfera³ contém 1.386 milhões de quilômetros cúbicos de água. Apesar deste grande volume, 97,5% constituem os oceanos, mares e lagos salinos e são inaptos ao consumo humano em virtude de sua salinidade. Portanto, apenas 2,5% são águas doces, que perfazem 35,03 milhões de quilômetros cúbicos. Seria possível pensar que é quantidade suficiente para abastecer as populações humanas por milhares de anos. No entanto, do total de água doce da Terra, 69,6% encontram-se em zonas remotas, presentes nas calotas polares, neves de montanhas e solos congelados. Isto significa que menos de um terço é próprio ao consumo humano. Aqui, chega-se à informação ilustrativa: mais de 97% das águas doces e líquidas do planeta são subterrâneas⁴, o que torna os aquíferos os maiores reservatórios de água potável da humanidade.

Este trabalho está inserido em uma proposta de estudo transdisciplinar da problemática das águas subterrâneas, razão pela qual se julga pertinente uma pequena explanação acerca do conceito de aquífero para pesquisadores não diretamente ligados às Ciências da Terra. Aquífero nada mais é do que um grande reservatório subterrâneo de água formado por rochas — alegoricamente, uma grande “esponja” rochosa presente no subsolo. Pode ser definido como “uma formação [...] permeável suficientemente saturada para fornecer quantidades

³ A hidrosfera é composta por toda a água presente no planeta Terra, nos estados físicos, líquido e gasoso.

⁴ Instituições e autores relevantes podem divulgar dados ligeiramente diferentes dos de Shiklomanov, embora as estimativas apresentem diferenças insignificantes e parte delas tome por referência o próprio trabalho de Shiklomanov. Salienta-se: Hirata et al. (2019a); MMA (2007); NGWA (2016); Rebouças (2015); e USGS (1984).

significativas de água para poços e nascentes” (TODD; MAYS, 2005, p. 36, tradução nossa).

Em outros termos, aquíferos são formações geológicas com “[...] capacidade de acumular e transmitir água através de seus poros, fissuras, ou espaços resultantes de sua dissolução” (HIRATA et al., 2019a, p. 32). Pela definição de Cleary, um aquífero “é uma formação geológica com suficiente permeabilidade e porosidade interconectada para armazenar e transmitir quantidades significativas de água, sob gradientes hidráulicos naturais” (2007, p.10).

Em termos de disponibilidade de água, o Brasil é um país privilegiado por suas grandes quantidades em mananciais superficiais e subterrâneos. O país abriga em seu território parcela majoritária de dois dos maiores aquíferos do mundo: o Sistema Aquífero Grande Amazônia (SAGA) e o Sistema Aquífero Guarani (SAG). Portanto, são de extrema relevância pesquisas que se debruçam sobre o tema. O acesso à água é direito fundamental e os recursos hídricos têm papel econômico e ambiental estratégico. Por tal razão se justifica a presente pesquisa.

Diante da importância das águas subterrâneas e da insuficiente gestão, regulação e controle, o presente trabalho tem por objeto de análise as relações entre a desinformação sobre as águas subterrâneas e a sua utilização e gestão por parte dos setores público e privado. Os objetivos específicos são: analisar o grau de consciência dos agentes econômicos sobre os aquíferos; analisar o contexto da gestão das águas subterrâneas no Brasil a partir do aparato técnico e legal dos órgãos responsáveis; analisar os incentivos dos agentes econômicos à exploração do recurso; e, por fim, desnudar as relações de causalidade entre desinformação, gestão e exploração do recurso. Delimita-se o estudo ao Sistema Aquífero Guarani (SAG), em virtude das dificuldades metodológicas que seriam impostas para um tratamento geral, embora se reconheça que parte das discussões aqui empreendidas pode ser extrapolada, com certa licenciosidade, a contextos gerais.

METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos acima elencados, estuda-se trabalhos que avaliam o grau de conhecimento e informação do público a partir de dados de questionário aplicado com este fim, envolvendo pesquisadores da área e sociedade civil. Trata-se de procedimento bastante difundido no campo científico para avaliar a percepção (ou opinião) do público-alvo sobre diferentes assuntos.

A análise dos incentivos e desincentivos aos agentes econômicos é realizada em paralelo ao exame do aparato legal para gestão hídrica e perfuração de poços. Procura-se captar, além do aspecto jurídico, a capacidade de regulação dos órgãos de controle e distribuição de água. Apoiar-se nas discussões teóricas da Ciência Econômica sobre o meio ambiente para

compreender o comportamento dos agentes econômicos no contexto previamente delimitado.

A interpretação sobre a utilização dos recursos funda-se na controvérsia entre as duas principais vertentes deste campo do conhecimento: a Economia Ambiental neoclássica e a Economia Ecológica.

Compreende-se que o procedimento metodológico acima descrito constitui caminho lógico coerente com a necessidade de, por um lado, conhecer a realidade do uso e da gestão e, por outro, de consultar, na literatura acadêmica, as contribuições teóricas capazes de jogar luzes sobre a utilização econômica de recursos ambientais, mais especificamente dos recursos hídricos. Pretende-se contribuir com as discussões teóricas ao circunscrevê-las ao estudo de aquíferos e ao se traçarem as implicações que a natureza das águas subterrâneas — e seu papel nos ciclos geográficos, geológicos e ecossistêmicos — tem nos mecanismos de alocação de recursos econômicos escassos.

DESECONOMIA DA TRAGÉDIA

No ensaio intitulado "A tragédia dos comuns", de Hardin (1968), o autor antevia que o uso descontrolado e sem supervisão dos recursos compartilhados, como a água, resultaria inevitavelmente em uma única consequência: a tragédia. Em outras palavras, o autor argumenta que, devido a certos impulsos humanos e à falta de regulamentações eficazes, os recursos comuns seriam utilizados de maneira excessiva até sua exaustão total:

A ruína é o destino para o qual todos os homens correm, cada um perseguindo seu próprio interesse em uma sociedade que acredita na liberdade dos comuns. (HARDIN, 1968, p.1246).

O autor retoma uma ideia de tragédia atribuída por ele ao filósofo Whitehead, para quem a “essência da tragédia dramática não é infelicidade, reside na solenidade do trabalho sem remorso das coisas”. Hardin prossegue no pensamento do filósofo: “Esta inevitabilidade do destino só pode ser ilustrada em termos de vida humana por incidentes que na verdade envolvem infelicidade. Porque é só por eles que a futilidade da fuga pode ser evidenciada no drama”. (WHITEHEAD apud HARDIN, 1968). A tragédia configura, portanto, o infeliz destino inevitável dos incidentes da ação humana. Neste sentido, a ação protagoniza a tragédia, e não o agente.

A partir desta concepção de tragédia, Hardin desenvolve uma famosa alegoria, que parte da imaginação de uma população, comunidade ou sociedade de criadores que trabalham em um vilarejo ou qualquer lugar comum. Cada vaqueiro procuraria elevar ao máximo os ganhos que obtém com a criação. Seria esperado, por consequência, que cada um desejasse aumentar a

quantidade de animais a pastar, que aumentariam seus “lucros”. No entanto, haveria uma consequência negativa no aumento do número de animais, pois, a cada acréscimo, maior seria a deterioração do solo. Esta consequência negativa seria compartilhada por todos os criadores do terreno, e, só em parte, pelo criador que pôs o novo animal a pastar. Já que o ganho adicional é exclusivo do criador, ao passo em que o prejuízo é coletivizado, então cada criador seria “incentivado” a aumentar sua criação. Pode-se, a partir daqui, antever o destino trágico desta alegoria: a destruição do terreno comum. A liberdade num terreno baldio comum traria a todos a ruína, segundo Hardin.

O pensamento econômico subjacente à alegoria exposta por Hardin é fundamentado teoricamente no campo da Economia Neoclássica⁵, tradicional dos manuais de Economia. Ele se funda no individualismo metodológico e baseia-se filosoficamente no utilitarismo. Além disso, utiliza-se de uma ideia bem delimitada de racionalidade. Isto significa que a construção das análises tradicionais parte de hipóteses apriorísticas sobre o comportamento de um “indivíduo representativo”, aquele cujo comportamento representa, na verdade, o comportamento de todos. Seria como pensar no “vaqueiro racional representativo”, cujo comportamento seria seguido pelos outros vaqueiros. Portanto, bastaria aplicarmos as ideias de maximização de utilidade dos indivíduos ao contexto em análise que o destino — trágico ou não — se manifestará.

O fundamento utilitarista aparece quando se pensa que cada vaqueiro procura sempre maximizar o seu “lucro”. Os indivíduos seriam “racionais” no sentido de procurarem sempre adequar os meios disponíveis (capital) à realização de seus fins (maximização de lucro). No caso da alegoria, o capital seria representado pelo gado, ao passo em que o lucro seria a remuneração pela venda do gado ou de produtos dele derivados. Como, de um lado, o vaqueiro representativo quer sempre mais dinheiro e, de outro, os prejuízos do consumo excessivo do terreno comum não causam prejuízos financeiros diretos a ele, a consequência lógica é o aumento incessante do gado até a exaustão do terreno. Qual é a conclusão de Hardin? Se os efeitos negativos da criação de animais adicionais não são sentidos por cada vaqueiro individualmente em virtude de as terras serem comuns, bastaria que se privatizassem as terras que os vaqueiros passariam a cuidá-las.

Muitas conclusões podem ser tomadas a partir da simples alegoria acima resumida. Em primeiro lugar, pode-se perceber que o “problema” dos recursos comuns decorre do fato de que os custos não são internalizados pelos agentes econômicos (pelos vaqueiros). Portanto, é um

⁵ Pode-se tratá-lo como pensamento ortodoxo, como *mainstream economics* ou, com alguma licenciosidade, tratá-lo como pensamento neoliberal.

problema derivado da própria comunhão, razão pela qual a solução é a privatização. Em segundo lugar, está implícita a ideia de que os vaqueiros seriam capazes de, por si sós, compreenderem os prejuízos que decorreriam da criação de animais adicionais, internalizarem em sua consciência estes prejuízos enquanto custos financeiros para, então, procederem ao “cálculo racional”, para que tomem a decisão de maximização.

A forma de pensar a utilização econômica de recursos naturais a partir do instrumental teórico apresentado é demasiado simplória e perigosa. As relações entre sistemas econômicos e ecológicos é repleta de nuances e complexidades, não passíveis de consideração a partir da análise comportamental de indivíduos racionais maximizadores de utilidade. E é perigosa em virtude do fato de se supor que a “internalização de custos” e a privatização seriam suficientes para a melhor utilização — alocação eficiente, no jargão tradicional — dos recursos naturais.

A superação das limitações do pensamento econômico ortodoxo sobre o meio ambiente é levada a cabo pela principal corrente alternativa: a Economia Ecológica⁶, na qual está fundamentado o presente trabalho. Na visão pré-analítica desta vertente, toma-se o meio ambiente não como um fornecedor de matérias-primas ou um receptor de dejetos. Ao contrário, parte-se da ideia de que sistemas econômicos e sistemas ecológicos são partes integrantes de um ecossistema finito maior que os contempla. Portanto, a maximização de utilidades e lucros não é o objeto de preocupação primordial da Economia Ecológica para se pensar a alocação de recursos. Tendo-se em vista a finitude dos ecossistemas, a escala que o subsistema econômico pode assumir coloca-se como questão anterior à busca por eficiência alocativa.

A noção de que a análise econômica serve à observação do comportamento dos agentes em face do contexto de mercados de que fazem parte com vistas à busca por eficiência restringe as possibilidades de abordagem da problemática ambiental e induz a conclusões equivocadas. A busca por eficiência não é sinônimo de busca por equilíbrio ecológico. Seria como supor que o uso dos vaqueiros de suas propriedades privadas conduziria a um estado de equilíbrio ecológico. Ou, além disso, que o cálculo racional dos vaqueiros serviria à busca por justiça intergeracional.

No pensamento da Economia Ecológica, há uma hierarquia de objetivos a partir da qual se estabelece a precedência da escala do sistema econômico e da justa distribuição dos recursos em relação à eficiência alocativa (DALY, 1992), pois uma das preocupações que se colocam a

⁶ Pode-se defini-la como uma abordagem transdisciplinar das inter-relações entre sistemas econômico e ecológico, que coevoluem e se influenciam complexamente (COSTANZA, 1994; GONZÁLEZ, 2004). Entre os trabalhos seminais deste campo, destaca-se os de Georgescu-Roegen (1971), Herman Daly (1968), Kenneth Boulding (1966) e Howard Odum (1971).

partir do afloramento do debate ambiental é o direito de acesso a recursos naturais pelas gerações futuras. Voltando à alegoria, não se pode supor que os vaqueiros — racionais e auto interessados — alcancem o equilíbrio ecológico ao maximizarem seus lucros, pois nada garante que suas decisões mantenham a fertilidade e capacidade de provisão do solo dos terrenos privatizados. Da mesma forma, a busca por justiça intergeracional não é coerente com a busca por eficiência alocativa. Quer dizer, os vaqueiros não necessariamente vão pensar nos seus netos, bisnetos e etc. quando decidirem quantos animais vão criar.

Além disso, o cálculo racional dos vaqueiros não considera decisões de longo prazo, que caracterizam as dinâmicas geológica, climática e ecológica. As decisões individuais encerram-se no curto horizonte de tempo da vida humana, que não se confunde com decisões estratégicas acerca das relações entre sistemas econômicos e ecológicos. Por essas e outras tantas razões, é imposto o desafio de pactuar alternativas viáveis para a gestão dos recursos naturais. O desfecho catastrófico da tragédia não será evitado sem a tomada de decisões coletivas no seio do Estado para uma administração mais eficaz. Há a necessidade de se estabelecer princípios que possam orientar o Estado na promoção de uma administração mais eficiente dos bens comuns. Seria excessivamente “otimista” a ideia de que o equilíbrio ecológico seria alcançado por meio de privatização.

Ostrom (2002) enfatiza a importância da formulação coletiva de regras e leis, levando em consideração as especificidades de cada grupo de usuários, destacando a necessidade de um monitoramento rigoroso e da aplicação de penalidades para aqueles que violarem as normas estabelecidas. Para a autora, as cooperativas surgem como uma alternativa sólida na gestão desses recursos quando os usuários compartilham uma cultura e interesses semelhantes, formando um grupo de "usuários homogêneos". O uso consciente e sustentável dos recursos está intrinsecamente ligado à noção de responsabilidade na governança dos bens, bem como ao desenvolvimento de um senso de identidade e conexão com o ambiente. Apesar de se defender a ação coletiva como uma possibilidade viável, reconhece-se a complexidade de implementá-la a recursos que demandam gestão em maior escala, envolvendo agentes e usuários mais diversificados, como é o caso da administração de águas subterrâneas e aquíferos.

O caso das águas subterrâneas é, talvez, dos exemplos mais ilustrativos da impossibilidade de a privatização, e a internalização de custos, conduzir a uma administração racional de um recurso estratégico, como se argumentará adiante. A dinâmica das águas subterrâneas no ciclo hidrológico ocorre em uma escala de tempo largamente estranha ao tempo das relações humanas. A distribuição dos aquíferos no espaço não obedece a fronteiras políticas. E os ecossistemas permeados por águas aquíferas contemplam em si relações fundamentais à

humanidade a partir dos serviços ecossistêmicos por eles prestados. Portanto, a tomada de decisão para administração consciente e eficiente dos recursos hídricos depende fundamentalmente do investimento de esforços e recursos com esta finalidade, que, por sua vez, são consequência do conhecimento e informação sobre sua importância econômica e social.

TRÍADE DA DESINFORMAÇÃO

Conicelli (2014) explica que o maior problema na gestão de águas subterrâneas do Brasil é a ilegalidade dos poços (poços sem outorga), e isso se deve, em boa parte, pela falta de engajamento dos usuários e do Estado. Barbosa et al. (2020) destacam que os usuários tendem a escolher métodos mais ágeis e menos burocráticos ao procurar por fontes de abastecimento de água.

Em 2019, os autores Hirata et al. afirmaram que, hoje, cerca de 88% dos poços não possuem outorgas e são irregulares, de forma que “apenas a minoria dos usuários de águas subterrâneas encontra-se em situação regular” (HIRATA et al., 2019, p. 10).

O estudo realizado por Barbosa et al. (2020) pretendeu avaliar o nível de conhecimento sobre o Sistema Aquífero Guarani na cidade de Ribeirão Preto. O município é emblemático no tema, pois possui todo seu abastecimento através das águas desse aquífero. A conclusão que se chegou foi:

A pesquisa revelou gritante falta de conhecimento sobre o assunto “águas subterrâneas” (...) A forma mais eficaz de tornar os aquíferos visíveis, engendrando uma consciência ambiental, bem como o sentimento de pertencimento pela população, a real guardiã do patrimônio, é mediante educação e ações de governo que transmitam o conhecimento científico para a população, além de programas não formais de educação ambiental, liderados por especialistas.” (Barbosa et al., 2020, p. 10).

A preocupação gerada por esse cenário está relacionada à dificuldade de coletar dados precisos, tornando desafiador quantificar o equilíbrio hídrico de uma Bacia. Existe a possibilidade de uma situação de superexploração que não está sendo adequadamente monitorada e identificada no contexto atual. Villar (2016) explora a ideia de crise hídrica indo além da mera escassez de água, abrangendo falhas sistêmicas de sustentabilidade, governança, desigualdade no acesso e deficiências nas instituições democráticas. A autora argumenta que a tendência à privatização da água, manifestada na perfuração indiscriminada de poços sem considerar as regulamentações, contribui para um cenário de conflitos e compromete as reservas hídricas. A noção de crise hídrica reflete a percepção de que os recursos de água são insuficientes para atender à demanda crescente da população por abastecimento. Ela também

aponta a existência do fenômeno denominado "Hidroesquizofrenia" no Brasil. Isso se refere à situação em que o recurso primordial para mitigar crises hídricas futuras (as águas subterrâneas) ainda é amplamente desconhecido pela maior parte da população, pelos órgãos de direito e pelas políticas públicas.

Com base em informações fornecidas pela National Ground Water Association (NGWA), é constatado que até 40% do suprimento de água para uso humano em todo o mundo provém de aquíferos (NGWA, 2016). Uma análise retrospectiva indica um aumento significativo no uso global de águas subterrâneas, estimando-se um crescimento de pelo menos três vezes nos últimos 50 anos (WBG, 2016). No contexto brasileiro, os aquíferos desempenham um papel fundamental no abastecimento tanto da população quanto na produção agropecuária e industrial. Segundo o Atlas de Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), aproximadamente 57% dos municípios no Brasil têm suas áreas urbanas abastecidas total ou parcialmente por fontes subterrâneas (ANA, 2021).

Na configuração atual, observa-se uma relativa abundância de um recurso natural vital para atividades domésticas, prontamente acessível tanto nas áreas rurais quanto nas periferias urbanas. Paralelamente, existe a possibilidade de explorar um insumo de baixo custo de extração, especialmente no contexto agrícola, pecuário e industrial, sem depender estritamente das redes de distribuição convencionais. Esse panorama se correlaciona diretamente com as projeções crescentes de demanda por água em escala global. Prevê-se um aumento entre 50% e 70% na demanda por água até 2040, impulsionado tanto pelo setor industrial quanto pelos centros urbanos ao redor do mundo (WBG, 2016). Diante desse cenário, torna-se claro o risco iminente de superexploração de um recurso compartilhado, o que reflete uma realidade análoga à teoria da "tragédia dos comuns" proposta por Hardin (1968).

Dessa forma, as águas subterrâneas transcendem seu papel primário na satisfação das necessidades de consumo humano, animal e nas atividades de irrigação e abastecimento industrial. Os aquíferos desempenham um papel de significância crucial devido aos serviços ecossistêmicos que proporcionam. Esses serviços incluem uma série de contribuições vitais, como a manutenção da umidade durante períodos de seca, prevenção da subsidência do solo, suporte aos fluxos base de rios, nascentes e áreas úmidas, regulação do clima e purificação de resíduos poluentes (ALY JUNIOR, 2019). A ampla gama de benefícios desses recursos hídricos para a dinâmica dos ecossistemas destaca a gravidade dos riscos ambientais, econômicos e sociais que a superexploração das águas subterrâneas pode acarretar.

Apresente análise identifica e descreve o que pode ser conceituado como a "tríade da desinformação" no contexto das águas subterrâneas. Este fenômeno é caracterizado por três componentes distintos: em primeiro lugar, a desinformação disseminada entre a população, originada pela falta de informações sobre questões relacionadas às águas subterrâneas, tais como geologia, uso e conservação, tanto no âmbito da educação formal quanto na comunicação midiática não formal. Em segundo lugar, destaca-se a desinformação entre os tomadores de decisão, manifestada na escassez de profissionais técnicos e no desconhecimento da significância social, econômica e ambiental das águas subterrâneas. Por fim, a terceira vertente é a desinformação proveniente dos órgãos de controle, decorrente da clandestinidade dos poços, que resulta na falta de estimativas precisas sobre a recarga e exploração dos recursos hídricos subterrâneos.

CONCLUSÃO

Este ensaio revela que a desinformação desempenha um papel crucial na perpetuação de lacunas na gestão das águas subterrâneas, levando a uma subutilização desses recursos e, conseqüentemente, a uma deseconomia. A falta de conhecimento entre a população, decisores e órgãos de controle cria um ciclo que compromete a eficácia das políticas públicas e a preservação sustentável dessas fontes hídricas. Isso resulta não apenas em perdas econômicas, mas também em potenciais impactos ambientais e sociais, reforçando a urgência de medidas educativas, regulatórias e de engajamento governamental para reverter essa realidade. Assim, é imperativo que a sociedade se mobilize para promover a conscientização, educação e regulamentação eficaz visando à proteção e uso responsável das águas subterrâneas, garantindo a viabilidade desses recursos para as gerações presentes e futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO — ANA. (2021). **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília: ANA.

ALY JUNIOR, O. (2019). **Segurança hídrica no semiárido, recursos hídricos na agropecuária e adaptação às mudanças do clima: serviços ecossistêmicos das águas subterrâneas e aquíferos no Brasil**. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) — Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BOULDING, K. E. (1966). The economics of the coming spaceship earth. In: JARRETT, H. (ed.). **Environmental quality in a growing economy**. Baltimore: John Hopkins University Press.

CLEARY, R. W. (2007). **Águas Subterrâneas**. Tampa, Flórida: Princeton Groundwater Inc. 117p.

CONICELLI, B. P. (2014). **Gestão das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (SP)**. Tese (Doutorado em Hidrogeologia e Meio Ambiente) — Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

COSTANZA, R. (1994). Economia ecológica: uma agenda de pesquisa. In: MAY, P.H.; MOTTA, R. S. (org.). **Valorando a natureza: a análise econômica para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Campus.

COSTANZA, R. et al. (1997). The value of world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, vol. 387, pp. 253–260.

DALY, H. E. (1968). On economics as a life science. **The Journal of Political Economy**, vol. 76, n. 3, pp. 392–406.

DALY, H. E. (1992). Allocation, distribution, and scale: towards an economics that is efficient, just, and sustainable. **Ecological Economics**, vol. 6, pp. 185–193.

GAZONI, F. M. (2006). **A poética de Aristóteles: tradução e comentários**. Dissertação (Mestrado em Filosofia) — Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GEORGESCU-ROEGEN, N. (1971). **The entropy law and the economic process**. Cambridge: Harvard University Press.

GONZÁLEZ, B. A. (2004). La valoración económico-ecológica y la presente coyuntura socioecológica latinoamericana. In: UICN (Unión Mundial para la Naturaleza), 2004. **Valoración económica, ecológica y ambiental: análisis de casos em Iberoamérica**. San Jose: EUNA.

HARDIN, G. (1968). The tragedy of the commons. **Science**, vol. 162, n. 3859, pp. 1243–1248.

HARDISTY, P. E.; ÖZDEMIROGLU, E. (2005). **The economics of groundwater remediation and protection**. Boca Raton: CRC Press.

HIRATA, R. et al. (2019a). **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.

HIRATA, R. et al. (2019b). **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo: USP.

JACOBI, P. R.; EMPINOTTI, V. L.; SCHMIDT, L. (2016). Escassez hídrica e direitos humanos. **Ambiente & Sociedade**, vol. 19, n. 1, pp. 1–5.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE — MMA. (2007). **Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília: Agência Crio.



NATIONAL GROUND WATER ASSOCIATION — NGWA. (2016). **Facts about global SM groundwater usage**. Ohio – USA: Disponível em: <<http://futuredirections.org.au/wp-content/uploads/2016/01/global-ground-water-use-fact-sheet.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2023.

ODUM, H. T. (1971). **Environment, Power and Society**. New York: Wiley.

OSTROM, E. (1990). **Governing de Commons: The Evolution Of Intitutions For Colletive Action**. New York: Cambridge University Press.

OSTROM, E. (2002). **Reformulating The Commons**. In: Ambiente e Sociedade. Campinas, ano V, n. 10.

OSTROM, E. **Undertanding Institutional Divercity**, Princeton University Press, Princeton, NJ. (2005).

REBOUÇAS, A. C. Águas subterrâneas. In: BRAGA, B. et al. (orgs.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 4 ed. São Paulo: Escrituras, pp. 93–126. (2015).

SHIKLOMANOV, I. A. (1998). **World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st century**. Paris: UNESCO.

TODD, D. K.; MAYS, L. W. (2005). **Groundwater hidrology**. Danvers: John Wiley & Sons.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY — USGS. (1984). **Water of the world**. Washington: U.S. Government Printing Office, 1984-421-618/107.

VILLAR, P. C.; RIBEIRO, W. C. **Sociedade e gestão do risco: o aquífero Guarani em Ribeirão Preto, SP, Brasil**. Revista de Geografía Norte Grande. Santiago, n. 43, pp. 51–64, set. (2009).

WORLD BANK GROUP — WBG. (2016). **High and dry: climate change, water and the economy**. Washington: The World Bank.