



ANAIS do 37º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Curitiba - Paraná, 26 a 29 de julho de 2023



O artigo a seguir é parte integrante dos Anais do 37º Congresso Brasileiro de Espeleologia, disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

ALMEIDA, R. S.; FERNANDES, F. H. S.; PIMENTA, M.; AMBONI, M. P. M.; RESENDE, F. M.; CORTES, L. G.; CORRÊA, K. A. B.; RODRIGUES, G. B. F.; RAÍCES, D. S. L.. Contribuição das áreas de ocorrência de cavernas para a previsão hídrica sazonal no Brasil. In: MISE, K. M.; GUIMARÃES, G. B.. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 37, 2023. Curitiba. *Anais...* Campinas: SBE, 2023. p.116-123. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais37cbe/37cbe_116-123.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

CONTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE OCORRÊNCIA DE CAVERNAS PARA A PROVISÃO HÍDRICA SAZONAL NO BRASIL

CONTRIBUTION OF CAVE OCCURRENCE AREAS TO SEASONAL WATER YIELD IN BRAZIL

Renata Silva ALMEIDA¹, Fernando Hiago Souza FERNANDES¹, Mayra PIMENTA¹, Mayra Pereira de Melo AMBONI¹, Fernando de Moura RESENDE², Lara Gomes CORTES¹, Karlmer Abel Bueno CORRÊA², Guth Berger Falcon RODRIGUES¹, Daniel Santana Lorenzo RAÍCES¹

¹ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio

² SALVA Digital

Contatos: coesp@icmbio.gov.br.

Resumo

Áreas de ocorrência de cavernas são reconhecidas por serem componentes da geodiversidade importantes para prestação de serviços ecossistêmicos, entre eles os de provisão e regulação de água. O provimento de água é um componente-chave que contribui para o bem-estar da sociedade ao ser demandada para diferentes usos, como por exemplo na produção de alimentos e energia, indústria e atividades turísticas. Este estudo apresenta a provisão hídrica sazonal nas bacias hidrográficas brasileiras em regiões de ocorrência de cavernas, obtida pela variável de escoamento subterrâneo, por meio do modelo hidrológico SWY (*Seasonal Water Yield*) do *software InVEST*, e compara as contribuições das diferentes classes de rochas, apontando as diferenças espaciais e, consequentemente, indicando prioridades para o estabelecimento de ações de proteção e recuperação que garantam a continuidade na prestação deste serviço ecossistêmico.

Palavras-Chave: Geodiversidade; Serviços ecossistêmicos; Modelos hidrológicos; Escoamento subterrâneo.

Abstract

Cave occurrence areas are recognized to be important geodiversity components for providing ecosystem services, such as water production and regulation. Water provision is a key component which contributes to the well-being of society by being demanded for different uses, as food provision, energy production, industry and tourist activities, for example. This study presents the seasonal water yield in Brazilian watersheds in cave occurrence regions, obtained by the base flow variable, through the hydrological model SWY (Seasonal Water Yield) of the InVEST software, and compares the contributions of different rock classes, highlighting the spatial differences in the provision of this ecosystem service and consequently indicating priorities for the establishment of protection and recovery actions, in order to ensure the continuity of water supply.

Keywords: Geodiversity; Ecosystem services; Hydrological models; Base flow.

1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente é um importante prestador de serviços para a sociedade. Diversos componentes bióticos e abióticos, provenientes de um meio ambiente equilibrado, são essenciais para o bem-estar da humanidade e seu desenvolvimento. Tais serviços denominados ecossistêmicos abrangem desde a provisão de alimentos, água, madeira, fibras, sequestro de carbono, ciclagem de nutrientes, até serviços culturais, recreativos, estéticos e espirituais (MEA, 2003).

A provisão de água é um serviço ecossistêmico prestado pela geodiversidade que é amplamente presente e versátil no cotidiano das populações. Aparece desde a produção de alimentos à produção de energia elétrica, na indústria, no transporte hidroviário, no uso urbano, como fator recreativo, entre

outros (BRAUMAN *et al.*, 2007), trazendo inúmeros benefícios e comodidades ao ser humano e sendo fundamental para sua sobrevivência.

Dentre os ambientes naturais as regiões de ocorrência de cavernas têm um importante papel no serviço de regulação hídrica. Os aquíferos cársticos fornecem 25% da água potável do mundo, sendo considerada a fonte mais segura e representativa para a humanidade (AURELI, 2010; KISS *et al.*, 2011). Esta disponibilidade hídrica contribui para a qualidade de vida das populações, agrega benefícios econômicos e ressalta a necessidade de medidas protetivas para estas regiões mantenedoras de serviços ecossistêmicos.

Modelos podem fornecer uma abordagem quantitativa simples e rápida para estimar os serviços ecossistêmicos de provisão de água, através de

indicadores como por exemplo o escoamento subterrâneo, sob uma ampla gama de condições e são especialmente úteis em grandes escalas. Entre as alternativas para obtenção destas informações estão os modelos gerados pela ferramenta *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs* (InVEST), que trabalha de forma espacialmente explícita para explorar como as mudanças nos ecossistemas provavelmente levarão a mudanças nos benefícios que fluem para as pessoas (SHARP *et al.*, 2020).

A despeito da importância das áreas de ocorrência de cavernas na provisão de serviços ecossistêmicos, há um consenso dos impactos ambientais aos quais estão sujeitas, em função do desenvolvimento de atividades socioeconômicas, como a mineração (KISS *et al.*, 2011; SÁNCHEZ; LOBO, 2016). Em um esforço para propor estratégias para redução de impactos sobre as cavidades naturais e a biodiversidade associada, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) desenvolveu uma importante ferramenta que visa à conservação da biodiversidade e do patrimônio espeleológico: o Plano de Redução de Impactos da Mineração sobre a Biodiversidade e o Patrimônio Espeleológico - PRIM Mineração. O PRIM Mineração consiste na proposição e estabelecimento de ações que visam evitar, mitigar e compensar impactos residuais da atividade de exploração mineral e indica cenários de maior e

menor compatibilidade entre empreendimentos e a conservação da biodiversidade, buscando a não extinção de espécies, ambientes singulares e serviços ecossistêmicos. Para maiores informações sobre os PRIMs elaborados pelo ICMBio, acesse: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/plano-de-reducao-de-impactos-sobre-a-biodiversidade> (ICMBIO, 2018).

Este trabalho apresenta o serviço ecossistêmico de provisão hídrica sazonal nas bacias hidrográficas no Brasil, associado às áreas de ocorrência de cavernas e tem como objetivo demonstrar as contribuições dos diferentes tipos de rochas para a prestação deste serviço ecossistêmico e melhor compreensão dos processos hidrológicos.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A área de estudo abrange todas as bacias hidrográficas otocodificadas (BHO), Ottobacias Pfafstetter de nível 1 (ANA, 2012), presentes no território brasileiro. Para facilitar o processamento de dados e as análises considerando as peculiaridades regionais, toda a área de abrangência foi agrupada em quatro áreas, cujos limites correspondem às seguintes BHOs de nível 1: 3/4, 5/6, 7 e 8 (Fig. 1).

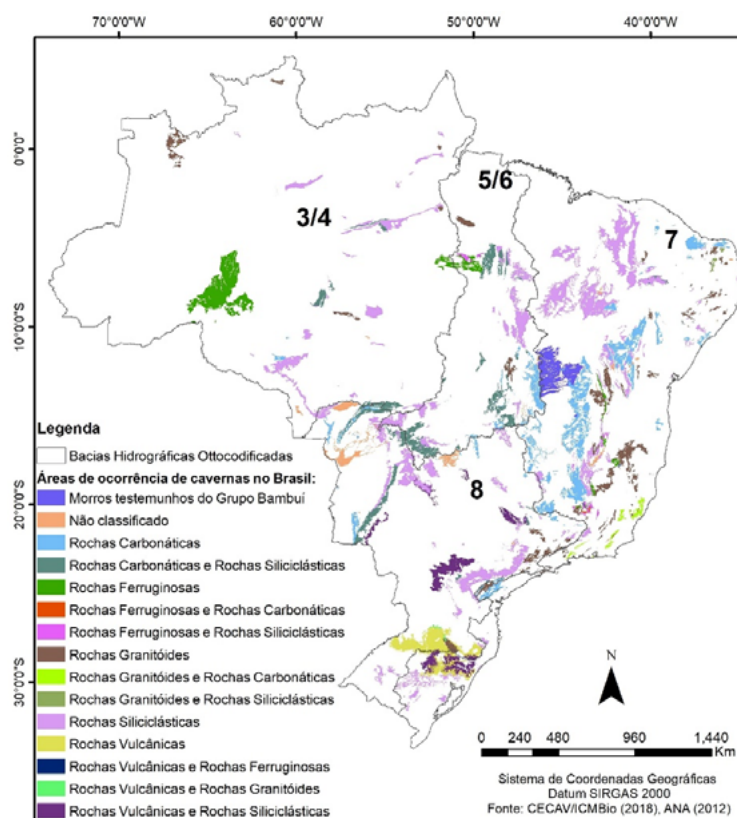


Figura 1: mapa das áreas de ocorrência de cavernas no Brasil nas respectivas Bacias Hidrográficas Otocodificadas: 3/4, 5/6, 7 e 8.

A delimitação das áreas utilizadas nas análises corresponde aos dados do mapa de áreas de ocorrência de cavernas no Brasil, elaborado a partir de uma extensa base de dados geológicos, hidrogeológicos e de extração mineral pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV do ICMBio (CECAV, 2018). Tal base de dados inclui 15 tipos de formações rochosas: Morros testemunhos do Grupo Bambuí, Rochas Carbonáticas, Rochas Carbonáticas e Rochas Siliciclásticas, Rochas Ferruginosas, Rochas Ferruginosas e Rochas Carbonáticas, Rochas Ferruginosas e Rochas Siliciclásticas, Rochas Granitoides, Rochas Granitoides e Rochas Carbonáticas, Rochas Granitoides e Rochas Siliciclásticas, Rochas Siliciclásticas, Rochas Vulcânicas, Rochas Vulcânicas e Rochas Ferruginosas, Rochas Vulcânicas e Rochas Granitoides, Rochas Vulcânicas e Rochas Siliciclásticas e um último grupo de rochas Não Classificadas (Fig. 1).

2.2 Estimativas de provisão hídrica sazonal

O serviço ecossistêmico de provisão hídrica sazonal foi calculado a partir do modelo (SWY- *Seasonal Water Yield*), por meio do *software* InVEST (*Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs*), que utiliza modelos para mapear e avaliar os bens e serviços prestados pela natureza à humanidade (SHARP et al., 2020).

O modelo de provisão hídrica sazonal (SWY) do InVEST estima a quantidade de água produzida por uma bacia hidrográfica que chega aos corpos d'água ao longo de um ano. Utilizando os dados de entrada apresentados na Tabela 1, ele calcula índices espaciais que permitem quantificar a contribuição de uma parcela de terra (pixels) para a provisão hídrica. Dentre os dados de saída gerados pelo modelo está o escoamento subterrâneo, que no processo hidrológico corresponde ao fluxo de captação lenta (a precipitação que atinge os cursos d'água mais gradualmente através do fluxo subsuperficial e permanece nas bacias hidrográficas pelo período de meses a anos) (SHARP et al., 2020). Se a recarga local for negativa, então o pixel não contribuiu para o escoamento subterrâneo, sendo definido como zero. Esta variável tem grande contribuição para a provisão hídrica sazonal, sendo atribuída neste trabalho como referência a este serviço ecossistêmico. Para melhor avaliação do escoamento subterrâneo, os resultados encontrados foram normalizados entre 0 e 1, em células com resolução espacial de 1 km.

Tabela 1: Relação dos dados de entrada utilizados no InVEST.

Variável	Descrição	Fonte
Precipitação	Precipitação mensal do período de 1970 – 2000	WorldClim (FICK; HIJMANS, 2017)
Evapotranspiração	Evapotranspiração mensal do período de 1950– 2000	CGIAR – CSI (TRABUCCO; ZOMER, 2009)
Modelo digital de elevação	Fator topográfico SRTM	WorldClim (FICK; HIJMANS, 2017)
Uso e cobertura da terra	30 classes de cobertura e uso do solo a partir de mosaicos Landsat	MapBiomias (MAPBIOMAS, 2020)
Grupos hidrológicos de solo	Grupos hidrológicos de solo SCS (A, B, C ou D)	(ROSS et al., 2018)
Bacia hidrográfica	limite da bacia hidrográfica a ser modelada	(ANA, 2012)
Valores de Curva-Número (CN)	CN para cada combinação de tipo de solo com classe de uso da terra	(TUCCI, 2015)
Número de eventos de chuva por mês	Número de dias no mês com precipitação ≥ 1 mm de 1981 a 2010	(INMET, 2020)
Coefficiente de cultura (Kc)	Coefficiente de cultura (Kc) mensal para cada classe de uso da terra (SHARP et al., 2020)*	Imagens Landsat 8 (GEE, 2022) Uso da terra (MAPBIOMAS, 2020)
Zonas climáticas	Raster de zonas climáticas correspondente às BHOs	(ANA, 2012)

* Valores obtidos a partir do Índice de Área Foliar (IAF) (CHOUDHURY et al., 1994) calculado com base nos valores de NDVI (ROUSE et al., 1973), provenientes do conjunto de imagens do satélite Landsat 8, entre os anos de 2015 e 2019, tendo como premissa somente as áreas sem alterações de uso da terra nesse intervalo de cinco anos. Para as classes de uso da terra não correspondente a áreas de vegetação/cultura foi atribuído valor de Kc = 1 (MANHÃES et al., 2016).

3. RESULTADO E DISCUSSÕES

3.1 Provisão hídrica sazonal em áreas de ocorrência de cavernas por bacia hidrográfica

As áreas de ocorrência de cavernas ocupam 957.162,8 km² do território brasileiro. O escoamento subterrâneo para estas áreas no Brasil apresentou uma variação de 0 a 0,88, com valores mais elevados presentes na BHO 7 (Fig. 3-A).

A BHO 3/4 apresentou valores de escoamento subterrâneo variando de 0 a 0,85 (Fig. 2-A) e a presença de sete tipos de rochas (Fig. 1), sendo as Rochas Ferruginosas o tipo predominante na bacia (43%). Porém as Rochas Granitoides ganham destaque na prestação de serviço ecossistêmico de provisão hídrica sazonal, principalmente na área localizada na porção noroeste do estado do Amazonas, que apresenta elevados índices de precipitação anuais

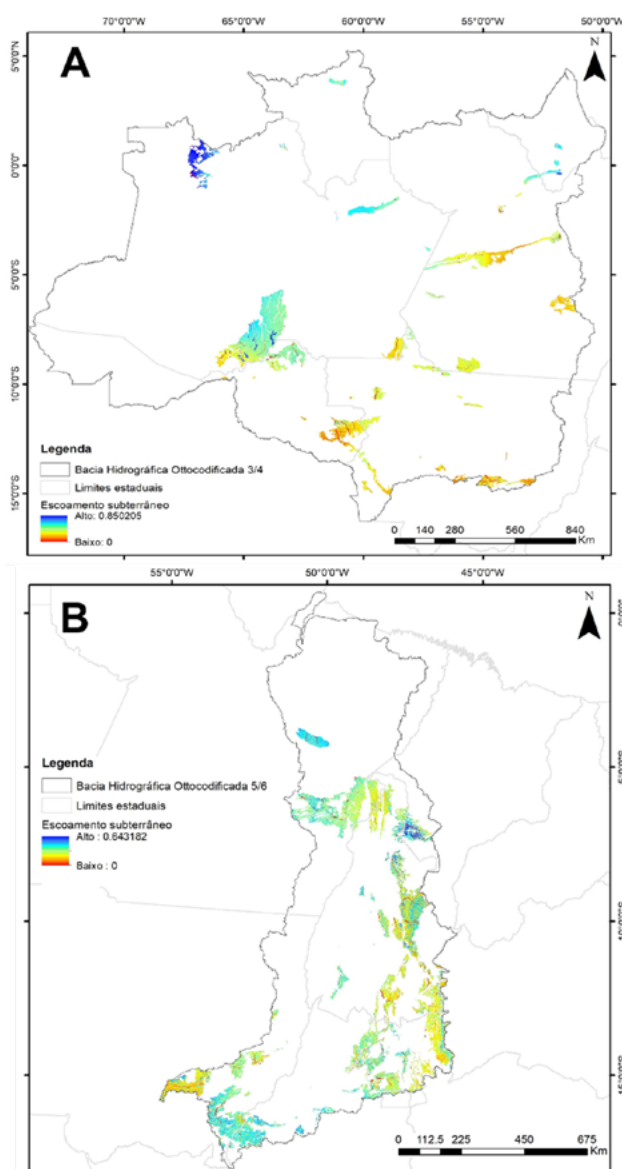


Figura 2: mapa de escoamento subterrâneo para as BHOs 3/4 (A), e 5/6 (B).

e seu tipo de uso e cobertura da terra ainda é predominantemente de formação florestal natural. Na região centro-sul do estado do Amazonas prevalecem as Rochas Ferruginosas, região onde se localiza o Parque Nacional Mapinguari, que apresenta extensas áreas de floresta ombrófila aberta e áreas campestres e que possui águas subterrâneas em aquí-

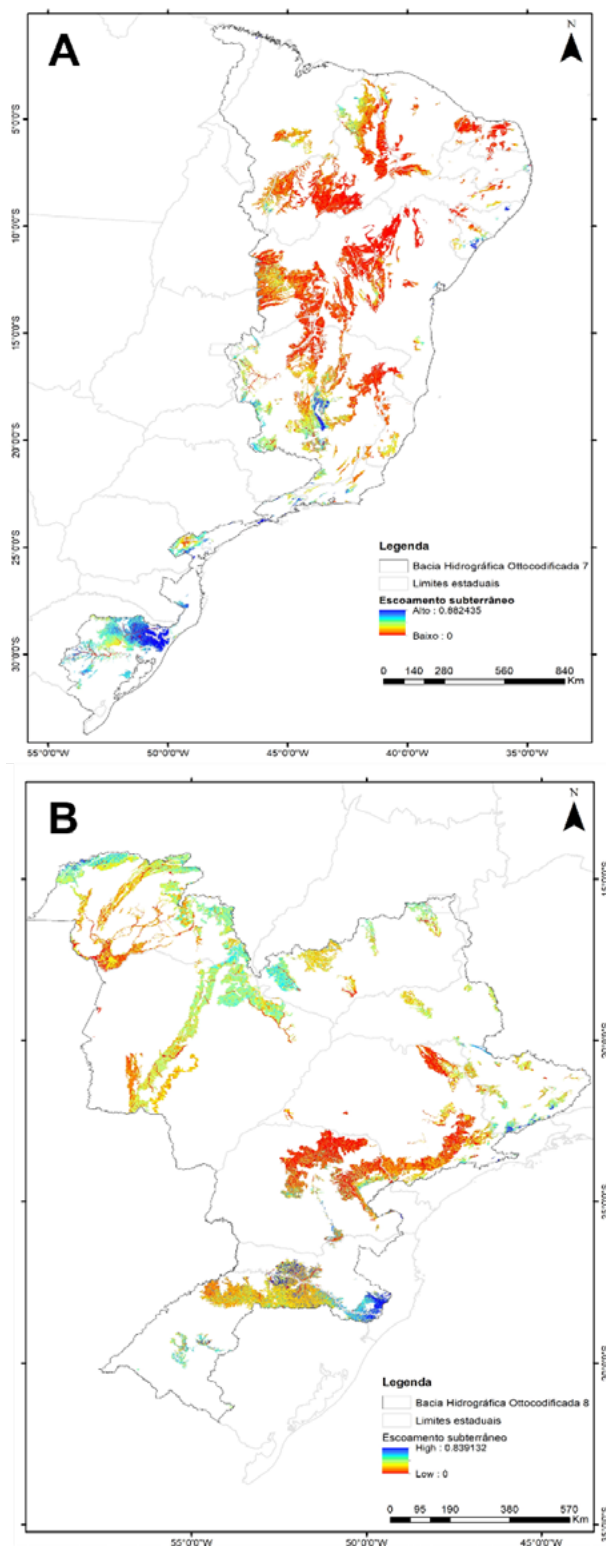


Figura 3: mapa de escoamento subterrâneo para as BHOs 7 (A) e 8 (B).

feros porosos com vazões significativas para abastecimento (MMA citado por ISA, 2023). O resultado das medianas evidencia que as áreas dos tipos de rochas E, H e I, são relativamente superiores às demais na prestação do serviço ecossistêmico (Fig. 4).

Para a BHO 5/6 os valores de escoamento subterrâneo variam de 0 a 0,64 (Fig. 2-B) e verifica-se nesta

área oito tipos de rochas (Fig. 1), com maior proporção de Rochas Siliciclásticas (37%), que também possui os valores mais altos para o serviço ecossistêmico. Na porção oeste da divisa dos estados do Maranhão e Tocantins, tem-se uma importante região prestadora do serviço ecossistêmico, especialmente nas áreas sobrepostas ao Parque Nacional Serra das Mesas, Unidade de Conservação (UC)

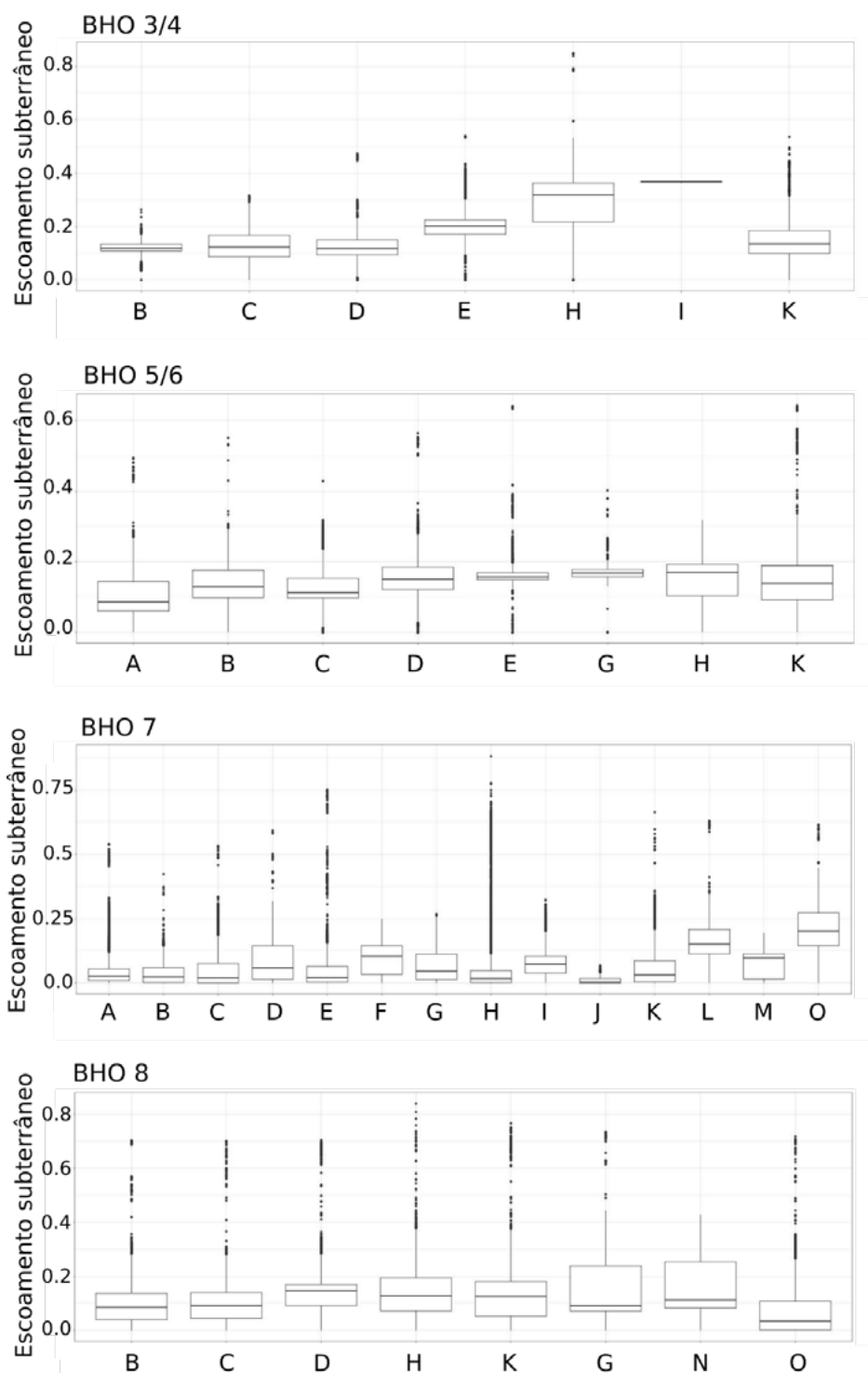


Figura 4: *boxplots* dos valores de escoamento subterrâneo das BHOs para cada tipo de rocha: A) Morros testemunhos do Grupo Bambuí, B) Não classificado, C) Carbonáticas, D) Carbonáticas e Siliciclásticas, E) Ferruginosas, F) Ferruginosas e Carbonáticas, G) Ferruginosas e Siliciclásticas, H) Granitoides, I) Granitoides e Carbonáticas, J) Granitoides e Siliciclásticas, K) Siliciclásticas, L) Vulcânicas, M) Vulcânicas e Ferruginosas, N) Vulcânicas e Granitoides, O) Vulcânicas e Siliciclásticas.

que protege mais de 400 nascentes de importantes cursos d'água (ICMBIO, 2019). Nesta BHO os valores de mediana ficaram próximos, sugerindo pouca variação na prestação do serviço entre os tipos de rochas (Fig. 4).

A BHO 7 foi a bacia que apresentou os valores mais elevados de escoamento subterrâneo no país, com variação de 0 a 0,88 (Fig. 3-A). Além disso, essa é a bacia com maior diversidade de tipos de rocha, 14 no total (Fig. 1). Uma importante região de destaque encontra-se na porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul, onde prevalecem as formações dos tipos Rochas Vulcânicas e Rochas Siliciclásticas e são encontradas grandes áreas de formações florestais e campestres. A região central do estado de Minas Gerais também apresentou valores elevados de provisão hídrica sazonal, onde se localiza o Parque Nacional da Serra do Cipó, área com presença de Rochas Siliciclásticas. As Rochas Granitoides também apresentaram áreas com elevado valor no serviço ecossistêmico nos estados do Paraná, São Paulo e Alagoas. Esta bacia foi a que apresentou maior variação entre os tipos de rochas, tendo os maiores valores de provisão hídrica sazonal observados para os grupos L e O (Fig. 4).

Os valores de escoamento subterrâneo na BHO 8 variaram de 0 a 0,84 (Fig. 3-B) entre os 8 tipos de rochas em sua composição (Fig. 1). As Rochas Vulcânicas ganham destaque na região sudoeste do estado de Santa Catarina e divisa com o estado do Rio Grande do Sul. Em destaque também estão duas regiões ao sul do estado de Minas Gerais, que são locais importantes para a conservação ambiental, a primeira onde se encontra a UC Parque Nacional da Serra da Canastra, que protege as nascentes do rio São Francisco e é um divisor de bacias hidrográficas (ICMBIO, 2023); e a segunda mais próxima à divisa com os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, a Área de Proteção Ambiental Serra da Mantiqueira. Nessas UCs prevalecem a presença das Rochas Carbonáticas e Rochas Siliciclásticas; e Rochas Granitoides, respectivamente. A Serra da Mantiqueira é uma importante cadeia montanhosa da região, apresenta grande quantidade de nascentes e é

considerada a maior província de água mineral do planeta em quantidade e qualidade do recurso (LINO et al., 2007). A Serra da Mantiqueira, junto com a Serra do Mar, são as que mais exercem influência no aumento de precipitações no território nacional (ICMBIO, 2018a). Nesta última região se encontra o Parque Estadual da Serra do Mar, que também possui elevado valor de escoamento subterrâneo e presença predominante de Rochas Granitoides (Fig 3-B). Esta bacia apresentou uma semelhança nos valores de provisão hídrica sazonal entre seus tipos rochosos, com exceção do tipo O, representado por valores mais baixos (Fig. 4).

4. CONCLUSÕES

O mapeamento do escoamento subterrâneo, como estimativa da provisão hídrica sazonal para áreas de ocorrência de cavernas no Brasil, constitui uma importante informação produzida em ampla escala geográfica, que permite inferências sobre o papel destas na prestação deste serviço ecossistêmico fundamental. Indica também as prioridades espaciais para a proteção ambiental e recuperação de áreas impactadas que visem garantir a continuidade do fornecimento deste serviço ecossistêmico.

As análises mostraram que alguns tipos de rochas foram relativamente superiores às demais em algumas bacias (ex: tipo: H e I, BHO 3/4; tipo: O, BHO 7) na prestação do serviço ecossistêmico. Para tanto, sugere-se que em trabalhos futuros sejam utilizados testes estatísticos a fim de evidenciar a diferença entre os grupos de cada bacia.

5. AGRADECIMENTOS

À GERDAU, ao CNPq e à FUNDEP pelas bolsas de pesquisa concedidas.

REFERÊNCIAS

- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Bacias Hidrográficas Ottocodificadas (Níveis Otto 1-7)**. Catálogo de Metadados da ANA, 2012. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/b228d007-6d68-46e5-b30d-a1e191b2b21f>>
- AURELI, A. **The UNESCO IHP's Shared Aquifer Resources Management Global Project**. AQUAmundi, 1, 1-6, 2010.
- BRAUMAN, K.A., DAILY, G.C., DUARTE, T.K., & MOONEY, H.A., 2007. **The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services**. Annu. Rev. Environ. Resour., 32, 67-98. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.031306.102758>
- CECAV. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS/ICMBIO; INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Áreas de Ocorrência de Cavernas do Brasil**. Brasília. CECav, abr. 2018. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/provincias-espeleologicas.html>>. Acesso em: 03/2023.

- CHOUDHURY, B.J.; AHMED N.U.; IDSO S.B.; REGINATO R.J.; DAUGHTRY C.S.T, 1994. **Relations between evaporation coefficients and vegetation indices studied by model simulations**. Remote Sensing of Environment, v.50, p.1-17, 1994.
- FICK, S.E. AND R.J. HIJMAN. **WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas**. International Journal of Climatology 37 (12): 4302-4315, 2017.
- GEE. GOOGLE EARTH ENGINE. **Imagens do satélite Landsat 8**. Disponível em: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/landsat-8> Acesso em: 07/2023
- ICMBIO. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Informações sobre visitação - **Parque da Serra da Canastra**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/parna-da-serra-da-canastra/informacoes-sobre-visitacao-parna-da-serra-da-canastra> Acesso em 03/2023.
- ICMBIO. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira**, 2018a. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/apa-da-serra-da-mantiqueira/arquivos/plano_de_manejo_serra_da_mantiqueira_2018.pdf. Acesso: 03/2023.
- ICMBIO. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Chapada das Mesas**, 2019. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/parna-da-chapada-das-mesas/arquivos/plano_de_manejo_parna_chapada_das_mesas.pdf. Acesso em: 03/2023.
- ICMBIO. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. PRIM - Plano de redução de impactos à biodiversidade. Brasília, DF: ICMBio, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11629-019-5667-5>
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos** (2020). Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>.
- ISA. Instituto Socioambiental. Unidades de Conservação no Brasil – **Parque Nacional Mapinguari**, 2023. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/arp/4968>. Acesso em: 03/2023.
- KISS M.; TANÁCS E.; BÁRÁNY-KEVEI I. **Ecosystem services in Hungarian karst areas**. ACTA CLIMATOLOGICA ET CHOROLOGICA Universitatis Szegediensis, Tomus 44-45, 2011, 41-49.
- LINO, C.F.; ALBURQUERQUE, J.L. & DIAS, H. (Orgs.). Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica nº 32 – **Mosaicos de unidade de conservação no corredor da Serra do Mar**. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2007.
- MANHÃES, A.P., MAZZOCHINI, G.G., OLIVEIRA-FILHO, A.T., GANADE, G., CARVALHO, A.R. **Spatial associations of ecosystem services and biodiversity as a baseline for systematic conservation planning**. Divers. Distrib. 22, 932–943, 2016. <https://doi.org/10.1111/ddi.12459>.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas – **Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**, 2020. Acessado em 10/2022 através do link: https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit&scriptPath=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit%3Amapbiomas-user-toolkit-lulc.js
- MEA. Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems e o Bem-estar Humano: Estrutura para uma Avaliação**. World Resources Institute, 2003. Disponível em: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.63.aspx.pdf>. Acesso em: 03/2023.

- ROSS, C.W., L. PRIHODKO, J. ANCHANG, S. KUMAR, W. JI, AND N.P. HANAN. **Global Hydrologic Soil Groups (HYSOGs250m) for Curve Number-Based Runoff Modeling**. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA, 2018. <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAAC/1566>
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. Proceedings of the Third ERTS Symposium, NASA SP-351, NASA, Washington, DC, v. 1, p. 309-317, 1973.
- SÁNCHEZ, L.E.; LOBO, H.A.S. (Orgs.). **Guia de Boas Práticas Ambientais na Mineração de Calcário em Áreas Cársticas**. Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2016.
- SHARP, R., DOUGLASS, J., WOLNY, S., ARKEMA, K., BERNHARDT, J., BIERBOWER, W., CHAUMONT, N., DENU, D., FISHER, D., GLOWINSKI, K., GRIFFIN, R., GUANNEL, G., GUERRY, A., JOHNSON, J., HAMEL, P., KENNEDY, C., KIM, C.K., LACAYO, M., LONSDORF, E., MANDLE, L., ROGERS, L., PRATA, J., TOFT, J., VERUTES, G., VOGL, A. L., WOOD, S E WYATT, K. **INVEST 3.9.2 Guia do Usuário**. O Projeto Capital Natural, Universidade de Stanford, Universidade de Minnesota, The Nature Conservancy e World Wildlife Fund, 2020.
- TRABUCCO, A., E ZOMER, R.J. Global Aridity Index (Global-Aridity) and **Global Potential Evapo-Transpiration (Global-PET) Geospatial Database**. CGIAR Consortium for Spatial Information, 2009. Disponível por CGIAR-CSI GeoPortal em: <http://www.csi.cgiar.org>.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, 4 ed. Editora UFRGS/ABRH, Porto Alegre - RS, 2015.