

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DOS ECOSISTEMAS DE NASCENTES EM UMA PAISAGEM DE EXCEÇÃO NO ESTADO DO CEARÁ

Débora Maciel Castelo Holanda ¹
Thiago Rodrigues Sousa Lima ²
Carlos Henrique Sopchaki ³

INTRODUÇÃO

As nascentes são ecossistemas responsáveis por dar origem a malha hidrográfica que se estende na superfície terrestre. Além da função no ciclo hidrológico, as nascentes são ambientes atribuídos de valores culturais, religiosos e turísticos em diferentes partes do mundo (Luo *et al.* 2020).

A construção de um conhecimento hidrológico consistente é um desafio para governança da água. De acordo com Chauhan *et al.* (2023), a organização de um planejamento em torno de bacias hidrográficas direciona atenção para grandes reservatórios e corpo d'água, evidenciando assim que essa é uma abordagem ineficiente em escala local. Este desafio, portanto, reverberado pela necessidade de uma atuação em escala de detalhe, tem contribuído para carência de informações sobre as nascentes de drenagens.

As bases de dados referentes a hidrografia superficial são, geralmente, informações derivadas de cartas topográficas produzidas pelo mapeamento sistemático nacional. A construção desse acervo cartográfico, por sua vez, foi organizada em escalas regionais, com um nível de generalização desfavorável para representação de áreas em escala de detalhe. Além disso, a qualidade desses levantamentos, sujeitas a um processo de fotointerpretação, são hoje apresentados como possuidoras de inconsistências na representação espacial (Vogt *et al.* 2003; Sampaio e Augustín, 2014; Marion *et al.* 2013).

Se observa, portanto, que a investigação sobre nascentes abrange um cenário formado pela constatação de uma lacuna no conhecimento espacial desses ecossistemas, que é inerente ao desafio da governança da água e ao planejamento através de bacias

¹ Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC, debholand@alu.ufc.br;

² Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC, trsousalima@gmail.com;

³ Professor Doutor do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC, carlos.geografia@ufc.br.

hidrográficas, e de um processo que assume a necessidade de atualização das bases cartográficas.

Muitos estudos têm apontado caminhos para o mapeamento e compreensão ambiental dos ecossistemas de nascentes (Stevens *et al.* 2011; Fenshan *et al.* 2016; Suring, 2020; Tsinnajinnie *et al.* 2020). A preocupação com esses ambientes tem se intensificado no contexto das alterações globais com as mudanças climáticas e os efeitos antropogênicos na disponibilidade hídrica (Cantonatti *et al.* 2021; Currel e Katz, 2022).

Desse modo, se debruçar sobre a investigação de compreender as ocorrências de nascentes pode ser entendido como um ponto de partida necessário para evidenciar a importância desses ecossistemas nos processos hidrológicos e para gestão da água.

Nesse sentido, a presente pesquisa teve por objetivo analisar a distribuição espacial de nascentes sob a ótica dos aspectos naturais que podem estar associado ao surgimento deste ecossistema. Assim que, foram considerados elementos como declividade, materiais e estruturas geológicas, solo e estado da vegetação.

As nascentes analisadas pelo estudo estão localizadas na bacia hidrográfica do rio Pacoti, no maciço de Baturité, porção centro-norte do estado do Ceará. Esta bacia contribui com a transferência de suas águas através do sistema que abastece a capital do estado. Portanto, o reconhecimento destas nascentes é uma tarefa essencial no âmbito da informação, em se tratando de um recurso estratégico para gestão da água. Além disso, a área também é uma unidade de conservação sob a categoria de Área de Proteção Ambiental.

Os resultados visaram colaborar com a discussão sobre a importância de espacializar e compreender a distribuição das nascentes na paisagem, uma vez que, a falta desse conhecimento espacial encobre os impactos sofridos por esses ecossistemas, principalmente, os prejuízos ambientais impulsionados pela ação antropogênica.

MATERIAIS E MÉTODOS

O alto curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti, entendido neste estudo como área coincidente com os limites da APA da Serra de Baturité, se localiza a uma altitude do relevo que alcança uma variação de 600m a pouco mais de 1000m.

Para a realização do levantamento das nascentes, foram explorados os municípios de Guaramiranga e Pacoti. Priorizando as minas de água com contribuição para o rio Pacoti, foram visitadas as localidades de Pernambucozinho, Gameleira, Ouro e Rolador.

As inconsistências encontradas nas bases hidrológicas não viabilizaram o reconhecimento direto em campo de áreas de nascentes. Portanto, para o correto procedimento de identificação, foi necessário o estabelecimento de uma parceria com moradores locais.

De instrumental, foi utilizado um *Global Positioning System* - GPS portátil Garmim eTrex10. Após o levantamento das coordenadas geográficas em campo, os dados foram trabalhados em *software* de Sistemas de Informações Geográficas – SIG.

No QGIS, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação do Copernicus – COPDEM de resolução de 30 metros para extrair a hipsometria do relevo, bem como as drenagens. Além dessas informações, foram sobrepostos dados oficiais sobre estruturas geológicas, unidades geoambientais, vegetação e solos para melhor caracterização espacial das nascentes e consistência das observações realizadas em campo acerca dos fatores que influenciam na ocorrência desses ecossistemas.

REFERENCIAL TEÓRICO

Stevens *et al.* (2011) definem nascentes como ecossistemas fundamentais, que em períodos mais quentes da Terra atuaram como refúgios para espécies raras. Assim, entendidas como paleorefúgios, as nascentes funcionam como verdadeiros repositórios paleontológicos.

Fensham *et al.* (2016) no exercício de mapear nascentes ativas e inativas na região da *Great Artesian Basin* na Austrália, destacaram como fundamental o conhecimento local para a identificação e resgate histórico de vazão desses ecossistemas. Dentro do protocolo de mapeamento elaborado pelos autores, artefatos dos indígenas aborígenes, em alguns casos, se tornaram indicadores de nascentes, demonstrando uma relação próxima entre povos originários com as fontes de água.

No ensejo de ampliar informações sobre nascentes, planos de conservação têm sido elaborado para fornecer bases de dados acerca da origem, formação e potenciais distúrbios. O estado de Nevada, nos Estados Unidos e estado de Queensland, no sul da Austrália são exemplos de regiões que dispõem de um amplo conhecimento sobre nascentes.

O plano de conservação de nascentes de Nevada, apresenta elementos que auxiliam na determinação do estado ambiental das nascentes, bem como aponta cenários futuros desses ecossistemas. Também reúne ações necessárias para a proteção indicando metas de representação, qualidade e cronograma de ações para monitoramento das nascentes pesquisadas pelo grupo de trabalho do plano (Abele *et al.* 2011).

Em Queensland, na Austrália, a região do *Great Artesian Basin* – GAB, possui um largo histórico de estudo e conhecimentos desde o povoamento dos aborígenes. A GAB é um importante conjunto de aquíferos que abastece o país e que sofreu grandes prejuízos com captação de água desenfreada. Atualmente, os proprietários de terra têm sido englobados na restauração e proteção das nascentes (Powell *et al.* 2015; Brake *et al.* 2020).

No Brasil, as discussões devem seguir primeiramente com o reconhecimento desses ecossistemas. O levantamento espacial é uma ação elementar para que seja possível delinear o entendimento sobre a formação, distribuição e ocorrência de nascentes na paisagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O maciço de Baturité é um enclave úmido marcado pela preservação de um clima ameno com a ocorrência chuvas orográficas. Se destacando das superfícies aplainadas do sertão, este relevo montanhoso abriga importantes rios e estruturas hidráulicas que alimentam o sistema de abastecimento público.

Classificado como ‘brejo de altitude’ (Souza, 1981), compõe o grupo das serras úmidas do nordeste brasileiro por conta da exceção climática no contexto de semiaridez, apresentando cristas, lombas alongadas, colinas, interflúvios tabulares estreitos, vales em V ou de fundos planos semi-circulares (Souza e Oliveira, 2006).

A umidade e o bom desenvolvimento dos solos permitiram a formação e estabilização de uma densa cobertura florestal. Segundo a classificação das unidades fitoecológicas do IPECE (2019), é observado no relevo nas cotas altimétricas acima de 700 m um perdomínio arbóreo da floresta subperenifólia tropical plúvio-nebular ou mata úmida.

Sob domínio do embasamento cristalino, o maciço de Baturité é um relevo residual isolado na paisagem por ações erosivas (Claudino Sales e Peulvast, 2007, Bastos *et al.* 2017; Pinheiro e Silva, 2017). A ocorrência de fraturas e zonas de cisalhamento delinearão as características hidrogeológicas da região. Assim que, a rede de drenagem

superficial apresenta uma configuração ramificada com o domínio de um padrão dentrítico (Bastos *et al.* 2017).

De acordo com Fracalossi (2000), o aproveitamento de águas subterrâneas no maciço de Baturité é dado em zonas de descontinuidades das rochas cristalinas que são exploradas através da perfuração de poços ou surgências. As áreas de aluviões e planícies alveolares também são setores do relevo apontados como favorável para disponibilidade hídrica (Pinheiro e Silva, 2017).

A gênese e evolução dos maciços no geral, é marcada por um tectonismo intenso, produto das zonas de cisalhamento, fraturamentos, dobramentos e falhamentos dispersos por todo afloramento que subordinam ao lado de outros fatores, as condições de uma morfologia fortemente acidentada com reflexos no modo de organização da rede fluvial.

Nessa perspectiva, Batista, Veríssimo e Amaral (2014), em um estudo geotécnico sobre o maciço de Baturité, indicam que a maioria das estruturas lineares segue a tendência regional no sentido NE-SW, seguida pelas estruturas NW-SE. Os autores ainda ponderam que as feições no sentido E-W, controla drenagens importantes do Rio Pacoti, em termos de orientação espacial e por constituir a maior densidade de lineamentos em número e comprimento por unidade de área.

Diante desses aspectos ambientais, se observa que as nascentes identificadas na região estão associadas justamente as zonas de fraturas e lineamentos, bem como também as áreas das planícies alveolares. As planícies alveolares são determinadas pela dinâmica fluvial e se configuram como fundos de vales originadas por lineamentos geológicos (Rehbein e Dutra, 2020).

Holanda (2022) classificou as nascentes do rio Pacoti pelo tipo morfológico proposto por Felipe (2009), assim categorizados: Concavidade (Trechos côncavo do relevo); Duto (Canais erosivos); Afloramento (Relacionado a rocha); Talvegue (Ravida ou sulcos); Cavidade (Cavidades erosivas com profundidade maior que largura); Intervenção (Alteração da morfologia natural por ação humana) e Olho (Exfiltração vertical em área plana). Desse modo, neste mesmo estudo, foi apresentado que em uma amostra de 36 nascentes identificadas, 17 foram encontradas com intervenção estrutural através do uso de manilhas para captação direta da água com rompimento completo do fluxo natural, 8 foram do tipo de afloramento rochoso, seguida de 3 tipo olho, 3 em cavidade, 3 em concavidade e 2 em talvegue. Observou-se, portanto, uma diversidade morfológica atribuída as essas fontes da região.

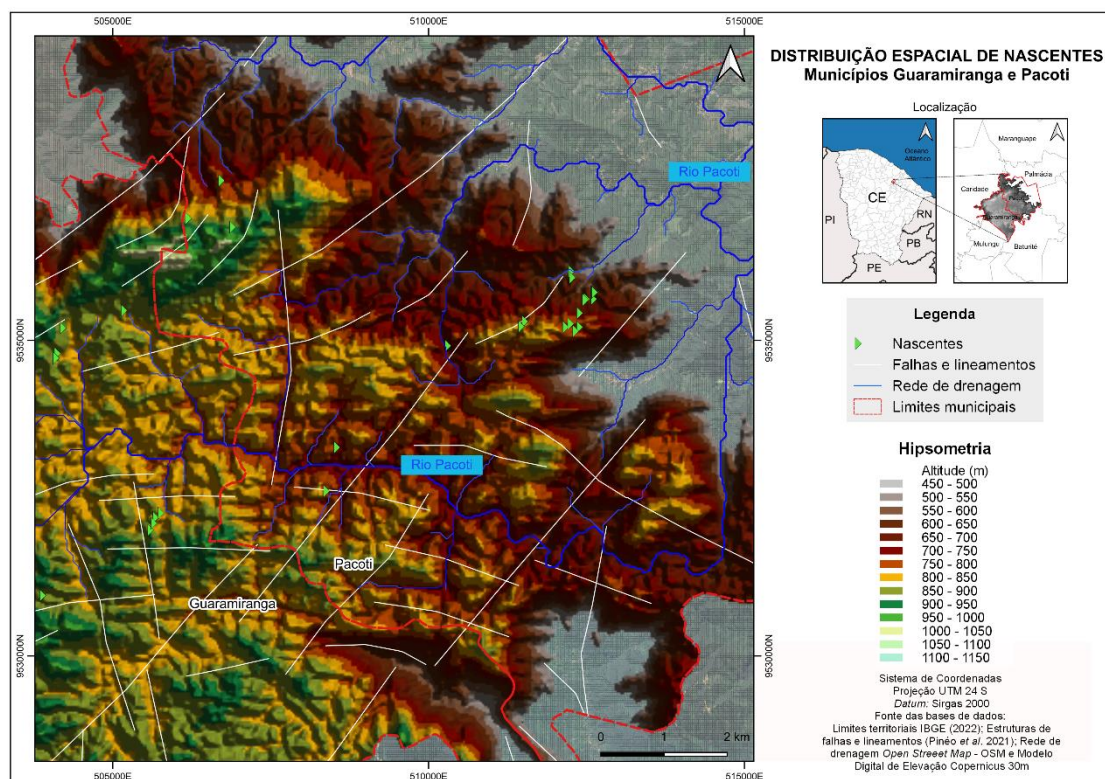
Dando prosseguimento a este mapeamento, o presente estudo alcançou um universo de 52 fontes identificadas (Fig. 1), onde foi possível observar que, na grande maioria das ocorrências, as nascentes foram encontradas em um padrão fisionômico que se assemelha a anfiteatros.

Da perspectiva geomorfológica, o anfiteatro pode ser caracterizado por uma feição oval, do tipo côncava ou convexa geralmente relacionada as vertentes ou encostas. Dada a configuração semi-circular atrelado aos parâmetros de declividade e altimetria, é comumente denominado de “anfiteatro erosivo ou de erosão”.

Quando correlacionado o gradiente topográfico com as condicionates climáticas e pedológicas, apresenta potencial surgimento de ravinas dada a erosão laminar, ou ainda, movimentos de massa e por isso, se configura como uma área instável do ponto de vista ambiental.

Ocorrem ainda que em áreas com rochas cristalinas, com baixa permeabilidade, a exemplo do maciço de Baturité, podem concentrar o escoamento superficial da drenagem em um ponto único, caracterizando acúmulo hídrico no sopé da vertente e em alguns casos, formando vales e iniciando canais de drenagem.

Figura 1 – Espacialização das nascentes do rio Pacoti



Elaboração: Autores (2024)

No que se refere aos usos das nascentes, a carência de um mapeamento tem encoberto os impactos ocasionados pela intervenção estrutural rudimentar dada através de manilhas (Fig. 2).

O desconhecimento espacial dessas fontes também tem dificultado na compreensão das zonas de recargas e toda a área contribuinte que favorece a infiltração e mantém as vazões das nascentes. Essa condição tem implicado, por exemplo, no secamento de nascentes após a instalação de poços privados. A redução no número de nascentes, bem como na diminuição da vazão dessas fontes são relatos de moradores antigos que têm testemunhado essas alterações, e que são cada vez mais frequentes com as mudanças no regime das chuvas.

Figura 2 – Exemplo de nascentes com intervenção estrutural



Fonte: Holanda (2022)

Dessa maneira, vê-se que há um desamparo para com o sustento da dinâmica hidrológica das nascentes. Cenários quanto ao desaparecimento, secamento e poluição são verdadeiros hiatos que devem ser investigados e que dependem de um amplo mapeamento integrando não só a localização espacial como também uma percepção sistêmica dos fatores que contribuem para formação e manutenção das nascentes de drenagens.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos sobre nascentes tem chamado atenção para a necessidade de se desenvolver um maior conhecimento espacial e ecológico sobre esses ecossistemas. O fortalecimento de um olhar científico sobre essas áreas é fundamental na discussão das mudanças climáticas, disponibilidade hídrica e conservação de bacias hidrográficas.

A rede de drenagem de uma bacia hidrográfica é regulada pelo clima, pelo embasamento litológico, pela topografia, pela tectônica, e por outros fatores que lhe conferem ‘equilíbrio’, quando bem ajustados (De Barros e Junior, 2020), e podendo se modificar quando exhibe padrões e formas de acordo com estruturas do relevo (Couto, 2011; Lima, 2006).

Dessa forma, as nascentes são responsáveis por contribuir com toda a malha hidrográfica superficial. A carência de informação sobre esse ambiente também oculta os impactos negativos que estão sendo gerados. Sem a cargo de um mapeamento dessas feições, as normas legais são inexecutáveis, contribuindo assim para um manejo impróprio da nascentes.

Assim que, o presente trabalho pretendeu contribuir com uma investigação espacial das nascentes do rio Pacoti, compreendendo sua distribuição em uma paisagem de exceção. Entende-se, por fim, que a proteção desse ecossistema parte, necessariamente, desses delineamentos que procuram entender os fatores de ocorrência, a identificação geoespacial e por consequência o estado ambiental encontrado perante ações antropogênicas e instalação de conglomerados urbanos.

Palavras-chave: Identificação geoespacial, Bacias hidrográficas, Gestão da água.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ABELE, Susan L. **Nevada Springs Conservation Plan**. Reno, NV: The Nature Conservancy, 2011.
- BASTOS, F. H. **Movimentos de massa no Maciço de Baturité (CE) e contribuições para estratégias de planejamento ambiental**. 2012. 258f. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- BATISTA, C.T., *et al.* Levantamento de feições estruturais lineares a partir de sensoriamento remoto - uma contribuição para o mapeamento geotécnico na Serra de Baturité, Ceará. **Geologia USP. Série Científica**, v. 14, n. 2, p. 76-82, 2014.
- Brake, L, *et al.* **Great Artesian Basin Springs: a Plan for the future**. Evidence-based Methodologies for Managing Risks to Spring Values. 2020. Disponível em:

https://cdn.environment.sa.gov.au/landscape/docs/saal/6008_gab_final_jan_2020.pdf.

Acesso em: 6 jun. 2024.

CANTONATI, M., *et al.* Urgent plea for global protection of springs. **Conservation Biology**, v. 35, n. 1, p. 378-382, 2021.

COUTO, E.V. **Influência morfotetônica e morfoestrutural na evolução das drenagens nas bordas planálticas do alto Ivaí – Rio Alonzo – sul do Brasil.**

Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

CURREL, Matthew J., BRIAN G. Katz. **Threats to Springs in a Changing World: Science and Policies for Protection.** v. 275. John Wiley & Sons, 2022.

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em Unidades de Conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais.** 2009. 277 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FENSHAM, R. J., *et al.* In search of lost springs: a protocol for locating active and inactive springs. **Groundwater**, v. 54, n. 3, p. 374-383, 2016.

HOLANDA, Debora Maciel Castelo. Espacialização e avaliação ambiental das nascentes de drenagens do alto curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti (Ceará, Brasil). 2022. 94 f. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

LIMA, M. I. C. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico.** Belém, Pará, UFPA, 2006.

LUO, Q., *et al.* Spring protection and sustainable management of groundwater resources in a spring field. **Journal of Hydrology**, v. 582, p. 124498, 2020.

MARION, F. A., *et al.* PARÂMETROS E INCONGRUÊNCIAS NO PROCESSO DE MAPEAMENTO DA REDE DE DRENAGEM: O CASO DA BACIA DO RIO SANTA ROSA/PR. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 8, n. 1, 2013.

POWELL, Owen., *et al.* Oases to Oblivion: The Rapid Demise of Springs in the South-Eastern Great Artesian Basin, Australia. **Groundwater**, Austrália, v. 53, n. 1, p. 171-178, jan. 2015.

SAMPAIO, T.V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Variáveis auxiliares para o mapeamento da rede de drenagem: correlação espacial entre nascentes, unidades de relevo e litotipos na bacia hidrográfica do rio Benevente-ES. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), v. 18, n. 3, p. 624-634, 2014.

SOUZA, J. M. N.; OLIVEIRA, V. P. V. de. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do nordeste brasileiro. **Mercator** (Fortaleza. Online), v. I, p. 85-102, 2006.

SOUZA, M. J. N. Contribuições ao estudo das unidades Morfo-Estruturais do Estado do Ceará; **Revista de Geologia**, p. 73-91, 1988.

STEVENS, L. E.; SPRINGER, A. E.; LEDBETTER, Jeri D.. **INVENTORY AND MONITORING PROTOCOLS FOR SPRINGS ECOSYSTEMS**. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Lawrence-Stevens/publication/267245755_INVENTORY_AND_MONITORING_PROTOCOLS_FOR_SPRINGS_ECOSYSTEMS/links/545d9c110cf295b5615e70c0/INVENTORY-AND-MONITORING-PROTOCOLS-FOR-SPRINGS-ECOSYSTEMS.pdf. Acesso em: 6 maio 2023.

SURING, Lowell H.. Lotic Freshwater: springs. **Encyclopedia Of The World'S Biomes**, [S.L.], p. 131-133, 2020. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.12075-5>.

TSINNAJINNIE, L. M., *et al.* Groundwater from perennial springs provide refuge from wildfire impacts in mountainous semiarid watershed. **Journal of Hydrology**, 2021.

VOGT, Jürgen V., *et al.* Deriving drainage networks and catchment boundaries: a new methodology combining digital elevation data and environmental characteristics. **Geomorphology**, v. 53, n. 3-4, p. 281-298, 2003.