

## CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DAS NASCENTES D'ÁGUA NA CIDADE DE CRATO – CEARÁ

**João Victor Mariano da Silva**

Universidade Federal do Cariri (UFCA), Juazeiro do Norte, CE, Brasil

E-mail: [joavictormarianods@gmail.com](mailto:joavictormarianods@gmail.com)

**Marcelo Martins de Moura Fé**

Universidade Regional do Cariri (URCA), Crato, CE, Brasil

E-mail: [marcelo.mourafc@urba.br](mailto:marcelo.mourafc@urba.br)

**Celme Torres Ferreira da Costa**

Universidade Federal do Cariri (UFCA), Juazeiro do Norte, CE, Brasil

E-mail: [celme.torres@ufca.edu.br](mailto:celme.torres@ufca.edu.br)

### Resumo

Em Crato, dada a hidrogeologia da bacia do Araripe junto à geomorfologia da chapada do Araripe, afloram 93 nascentes d'água até então encontradas, que na atualidade estima-se que parte destas venham sendo impactadas pelo crescimento urbano da cidade em direção às encostas da chapada. Assim, o objetivo desse trabalho é realizar uma caracterização diagnóstica geoambiental das nascentes d'água na cidade de Crato-CE. Como metodologia do trabalho, se fez em gabinete o levantamento bibliográfico e cartográfico de base e dados vetoriais e *rasters*; em laboratório o mapeamento no *software* QGIS dos aspectos geoambientais das áreas de nascentes de Crato e atividades de campo na chapada do Araripe. Como resultados, se identificou que o Crato, além de estar situado no centro de uma grande rede de drenagem, oriunda das nascentes, teve seu crescimento enquanto cidade devido a existência dessas águas em seu território. Observou-se também que 45 das 93 nascentes estão localizadas na zona urbana e periurbanas, sofrendo alterações em seu contexto físico e natural. Assim, concluiu-se que o diagnóstico geoambiental, além de importante ferramenta na identificação de aspectos físico-sociais relacionados às nascentes, podem subsidiar ações de conservação hidrogeomorfológica desses corpos hídricos.

**Palavras-chave:** Hidrogeologia; Bacia sedimentar do Araripe; Fontes D'água; Conservação Hídrica; Expansão urbana.

## GEOENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION OF WATER SPRINGS IN THE CITY OF CRATO - CEARÁ

### Abstract

In Crato/CE, given the hydrogeological context of the Araripe Basin together with the Araripe plateau geomorphology, 93 springs emerge everything so far, which is currently estimated that part of these springs has been impacted by the context urban of the municipality towards the plateau hillside. That way, the objective of this work is based on carrying out a geoenvironmental characterization of the water springs of Crato – CE. As a work methodology, if made: in office, with bibliographic and cartographic base survey and vector and raster data; in laboratory, with mapping in the QGIS software of the geoenvironmental aspects of the areas of the springs of the Crato and field activities on the hillsides of the Araripe plateau. As results, it was identified that the municipality of Crato, in addition to being located in the center of a large drainage network originated from the waters that sprout from the springs of the hillside, it had its growth as a city

due to the existence of these springs in its territory. It was also observed that 45 of the 93 springs are located in the urban and periurban area, experiencing changes in their physical and natural context. It is concluded that the diagnoses of the springs, in addition to being important for identifying physical-social aspects related to them, can also support actions for the hydrogeomorphological conservation of these water bodies.

**Key words:** Hydrogeology; Araripe Sedimentary Basin; Springs; Water conservation; Urban expansion.

## **CARACTERIZACIÓN GEOAMBIENTAL DE ZONAS DE NACIMIENTOS DE AGUA EN LA CIUDAD DE CRATO – CEARÁ**

### **Resumen**

En Crato, dada la naturaleza hidrogeológica de la cuenca de Araripe junto a la Chapada do Araripe, han aflorado hasta el momento 93 manantiales de agua, que en la actualidad se estima que parte de estos han sido impactados por el crecimiento urbano de la ciudad hacia las laderas de la Chapada. Así, el objetivo de este trabajo es realizar una caracterización ambiental de las áreas manantiales de agua ciudad de crato – CE. Como metodología de trabajo se realizó en la oficina un levantamiento bibliográfico y cartográfico de base y datos vectoriales y raster; En el laboratorio, se mapearon los aspectos geoambientales de las cuencas del río Crato utilizando el software QGIS y se realizaron actividades de campo en Chapada do Araripe. Como resultado, se identificó que Crato, además de estar ubicada en el centro de una gran red de drenaje, proveniente de las cabeceras de la meseta, tuvo su crecimiento como ciudad debido a la existencia de estas aguas en su territorio. También se observó que das 45 de los 93 manantiales se encuentran ubicados en las zonas urbanas y periurbanas, sufriendo cambios en su contexto natural. Así, se concluyó que el diagnóstico geoambiental, además de ser herramientas importantes en la identificación de los aspectos físicos y sociales relacionados con los manantiales, puede apoyar acciones para la conservación hidrogeomorfológica de estos cuerpos de agua.

**Palabras-clave:** Hidrogeología; Cuenca sedimentaria de Araripe; Fuentes de agua; Conservación del agua; Expansión urbana.

### **Introdução**

Estudos relacionados às nascentes d'água são cada vez mais importantes no contexto acadêmico, considerando que as nascentes se apresentam como ambientes hídricos ainda desconhecidos, com uma grande ausência de dados físicos-naturais (FELIPPE, 2013). Além disso, elas possuem uma alta vulnerabilidade ambiental, sendo um dos elementos mais ameaçados pelo impacto do crescimento urbano das cidades em direção aos seus locais de afloramento (Albuquerque; Pinheiro, 2019).

Independente do volume d'água que aflora, as nascentes d'água podem (e são) usadas para diversas finalidades (uso industrial, doméstico, econômico, agrícola, dentre outros). Contudo, seu uso e manutenção, garantindo sua conservação (e/ou preservação), deve existir e garantir uma boa disponibilidade hídrica e manutenção do ciclo hidrológico (Braga, 2020). Aponta-se isso, uma vez que sua origem está associada não somente a

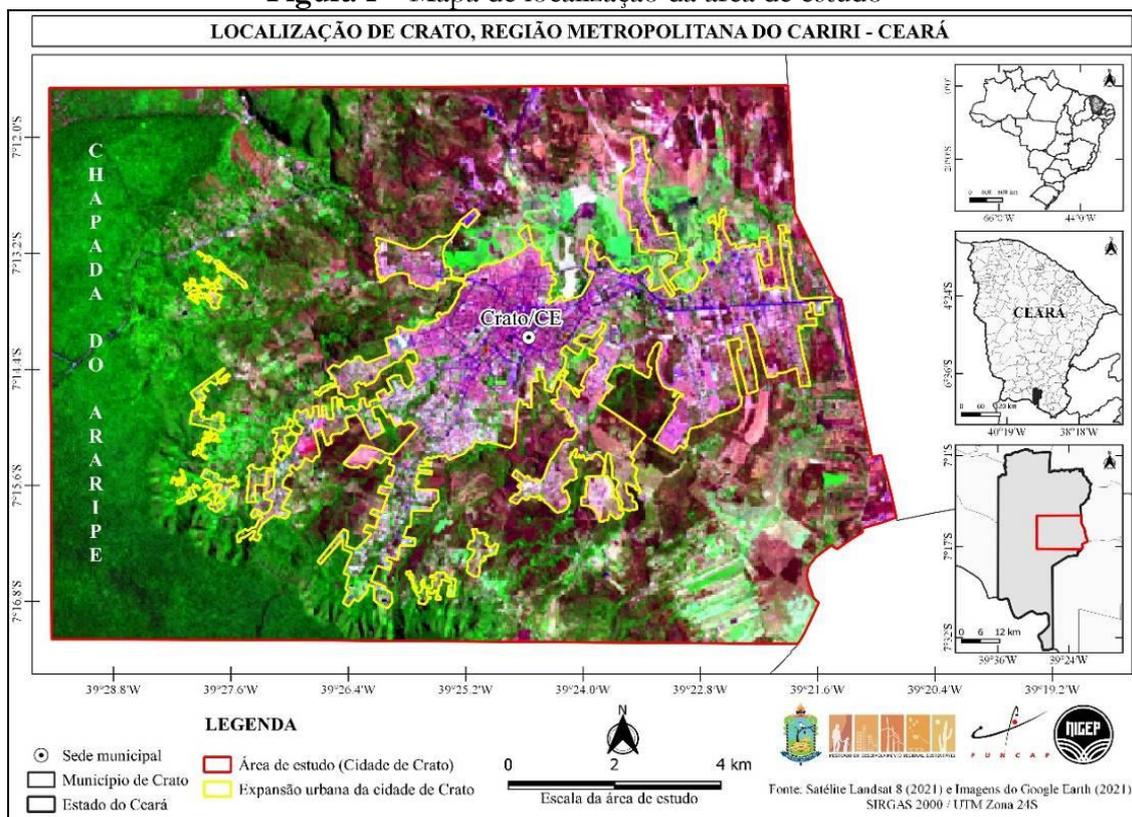
infiltração d'água no solo, mas de todo um cenário físico-ambiental preservado *in situ* que favoreça a infiltração, armazenamento e afloramento d'água na superfície (Felippe, 2009; Felippe; Magalhães Jr., 2013).

O Crato, município da região do Cariri, no extremo sul do Ceará, com uma área territorial de 1.138,150 km<sup>2</sup> (IBGE, 2020), até o ano de 2020, apresentava cerca de 93 nascentes d'água registradas pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - Gerencia Regional da Bacia do Salgado (COGERH, 2020) em seu território, sendo estas ainda pouco estudadas do ponto de vista ambiental. A origem destas se dá a partir do contexto geológico associado à bacia sedimentar do Araripe, que devido sua litoestratigrafia de formações sedimentares, sustenta o relevo da chapada do Araripe e, ao sopé desta, do Vale do Cariri (uma depressão periférica sedimentar), que formam um ambiente de exceção às condições climáticas semiáridas, com aspectos relacionados a um ritmo pluviométrico mais intenso e um ambiente com alta capacidade hidrogeológica (Souza; Oliveira, 2006; Bastos; Cordeiro; Silva, 2017; Betard *et al.* 2017).

Estas condições, associadas ao alto índice da capacidade de absorção d'água pluvial no topo da chapada do Araripe, e à sua baixa declividade, se reflete na ausência de redes de drenagem no topo, alimentando três aquíferos subterrâneos, cujas águas afloram em suas encostas como nascentes (Sabiá, 2000; Lima; 2015).

Contudo, por terem sua localização situadas nas encostas da chapada do Araripe, boa parte dessas nascentes atualmente se encontram próximas do contexto urbano e periurbano da cidade de Crato, no setor da encosta oriental da chapada “em frente” a zona urbana da cidade (**Figura 1**), o que faz levantar a hipótese de que há alterações e ocupação inadequada do solo se desenvolvendo nos seus entornos.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



Elaboração: Autores (2021). Fonte: Satélite Landsat (2021) e Google Earth (2021).

No Cariri cearense as nascentes marcam a história da região, devido sua importância natural, socioambiental e ecológica, sobretudo nas cidades de maior ocorrência, como o Crato. Contudo, a ocupação inadequada das encostas da chapada do Araripe, fator bastante preocupante na região caririense, é um problema que afeta diretamente onde situam-se esses afloramentos d'água. Desse modo, este trabalho tem como objetivo diagnosticar e discutir os aspectos ambientais das nascentes d'água da cidade de Crato, no setor oriental da encosta da chapada do Araripe, considerando seus elementos físico-ambientais, históricos e os impactos associados.

## Materiais e Métodos

A pesquisa seguiu as diretrizes de um estudo qualitativo exploratório, onde, se busca entender um problema com base em hipóteses (GIL, 2002). Assim, utilizou-se de fundamentos metodológicos da análise geoambiental, cujo contingente técnico associado foi compartimentado em três etapas: gabinete, laboratório e campo.

Em gabinete, realizou-se o levantamento bibliográfico em livros e *web sites* como o Portal de Periódicos da CAPES, *Google Scholar*, *Research Gate* e os repositórios de teses e

dissertações de instituições de ensino superior. Para isso, utilizou-se como descritores de busca bibliográfica as palavras-chaves: *medium aquifer of the Araripe basin*; *Araripe sedimentary basin*; *Cariri hydrogeology*; *Chapada do Araripe and water springs*, além dos temas: nascentes d'água e áreas de preservação permanente. O levantamento cartográfico (também realizado nesta etapa) se deu com buscas de dados de geoprocessamento dos elementos físicos e sociais da área de estudo nos seguintes *webs sites* (**Quadro 1**):

**Quadro 1** – Bases de dados e técnicas utilizadas para organização produção do mapeamento

| MAPA  | BASE DE DADOS   |
|---|---|
| Mapa geológico de Crato                                 | Serviço Geológico do Brasil (PINÉO <i>et al.</i> , 2020).   |
| Mapa de localização da área de estudo                   | Imagem do satélite <i>Landsat 8</i> (24.08.2021), disponível no site <i>EarthExplorer</i> ( <a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a> ), e tratada nas bandas multiespectrais <i>Red, Green e Blue</i> (RGB).   |
| Mapa de uso e ocupação do solo da cidade de Crato       | Imagem do satélite <i>Landsat 8</i> (24.08.2021), disponível no site <i>EarthExplorer</i> ( <a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a> ). Para classificação do uso do solo, teve-se como base as chaves de interpretação de feições e objetos de Florenzano (2011), através do <i>plugin Automatic Classification Plugin</i> (SPC) do QGIS. |
| Mapa de localização das nascentes urbanas e periurbanas | Folha <i>raster</i> de elevação do satélite SRTM ( <i>EarthExplorer</i> , 2014) e coordenadas das nascentes disponibilizadas pela COGERH (2020). Para delineamento dos canais de drenagem, foi adaptada à base de drenagem de PINÉO <i>et al.</i> (2020) <sup>1</sup> , com auxílio do <i>Google Earth</i> .  |

**Elaboração:** Autores (2022).

Em laboratório foram feitos o tratamento e criação dos mapas físico-ambientais de Crato, usando o *software* QGIS, versão 3.4.3, conjunto a imagens de satélite do ano de 2021 do *Google Earth*. Assim foram elaborados mapas dos tipos de ocupação visíveis no entorno das nascentes da/na área de estudo, com a vetorização do raio de 50 metros, estabelecidos na Lei Federal nº 12.651 (BRASIL, 2012), em 45 nascentes na zona urbana e periurbana da cidade de Crato.

Para localizar as nascentes, foram utilizadas as coordenadas disponibilizadas pela COGERH das nascentes encontradas em Crato até o ano de 2020. Algumas nascentes identificadas foram excluídas desse estudo por apresentarem divergência quanto às coordenadas disponibilizadas pela COGERH e sua posição em campo, e às vezes não eram encontradas pelos pesquisadores. As nascentes foram identificadas pela sigla “N” (nascente), e um número de ordem crescente (Ex.: N2).

<sup>1</sup> Enfatiza-se que na produção do mapa de nascentes e drenagem, alguns canais não apresentam conexão com sua nascente de origem devido a escala do mapa, bem como pela não identificação de nascentes d'água naquele trecho a partir dos dados disponibilizados e das atividades de campo.

Após o mapeamento, foram feitas as atividades de campo no setor da encosta oriental da chapada, nos bairros Coqueiro, Granjeiro, Lameiro e Belmonte, contando com o apoio do mapa de localização das nascentes, câmera fotográfica e GPS. Seu objetivo se baseou em analisar e registrar *in loco* das nascentes as formas de uso e impactos ambientais associados, visíveis tanto na encosta quanto no entorno das nascentes encontradas.

### **Aspectos hidrogeológicos e ambientais regionais e locais**

O contexto hidrogeológico de Crato está associado à litologia da bacia sedimentar do Araripe. A bacia sedimentar do Araripe possui uma extensão de aproximadamente 9000 km<sup>2</sup>, situando-se nos terrenos Piancó-Alto Brígida, no domínio da Zona Transversal da Paraíba, tendo seus limites nos lineamentos de Patos e Pernambuco, ao norte e ao sul (Assine, 1992; Silvestre; Fambirni; Costa, 2020).

Eventos tectônicos relacionados ao rifteamento do supercontinente Gondwana e à abertura do Atlântico Sul foram determinantes na localização e arquitetura da bacia sedimentar do Araripe. Sua história natural associa-se a quatro sequências deposicionais, limitadas por discordâncias regionais, que representam o resultado dos fragmentos do embasamento cristalino oriundos desses eventos geológicos. Desse modo, a bacia caracteriza-se por ter uma gênese e estrutura poligenética, onde sua arquitetura deposicional é pertencente a diferentes contextos paleogeográficos (Assine, 2007; Assine *et al.*, 2014) que configuraram sua litoestratigrafia em sequências discordantes de origem fluvial, lacustre, marinha e fluvial novamente, que ao “final” foram soerguidas a partir de impulsos tectônicos de escala regional (Guerra, 2020).

A cronoestratigrafia da bacia do Araripe deriva de eventos pré-rifte, rifte e pós-rifte, que deram origem a cinco sequências litológicas (Assine *et al.*, 2014) (**Quadro 2**).

**Quadro 2** – Síntese cronoestatigrafia e disposição dos aquíferos da bacia sedimentar do Araripe

| <b>SEQUÊNCIA PÓS-RIFTE II</b>    |  |                          |  |                          |
|----------------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|
| <b>G<br/>R<br/>U<br/>P<br/>O</b> | <b>A<br/>R<br/>A<br/>R<br/>I<br/>P<br/>E</b> | <b>Formação Exu</b>      | Recobre a chapada do Araripe, formado por arenitos fluviais. Ao oeste da bacia, sua estratigrafia é grandocrescente ascendente com arenitos conglomeráticos na base, sobrepostos por arenitos médios a grossos de cor vermelha; com estratificação cruzada planar e acanalada. | <b>Aquífero Superior</b> |
|                                  | <b>SEQUÊNCIA PÓS-RIFTE I</b>                 |                          |  |                          |
| <b>G</b>                         |  | <b>Formação Romualdo</b> | Última unidade deste grupo, formada de arenitos finos a grossos, conglomerados, calcários laminados e folhelhos escuros. Seu ciclo deposicional se deu através de ingressão marinha.   | <b>Aquitarde</b>         |

|   |                                  |  |                   |
|---|----------------------------------|--|-------------------|
| R<br>U<br>P<br>O<br><br>S<br>A<br>N<br>T<br>A<br>N<br>A | <b>Formação Ipubi</b>            | Formação composta de gipsita e folhelhos betuminosos, situa-se sobreposta à Fm. Crato. Possui uma espessura de até 30m situada na porção oeste da bacia. Seu processo de deposição se deu por meio da mais antiga ingressão marinha que ocorreu na região.   |                   |
|   | <b>Formação Crato</b>            | Formação que repousa sobre a Fm. Barbalha; sua composição é derivada de rochas carbonáticas. É caracterizada por folhelhos betuminosos e calcíferos, além de um registro fóssilífero significativo.  |                   |
|   | <b>Formação Barbalha</b>         | Esta, ocorre no sopé da chapada do Araripe, no Vale do Cariri e na Serra da Mãozinha; formada de arenitos finos a médios, folhelhos avermelhados e do tipo betuminosos de coloração preta. Seu ciclo deposicional é marcado por processos fluviais e lacruste.   |                   |
| <b>SEQUÊNCIA CLIMAX DE RIFTE</b>                        |                                  |  |                   |
| G<br>R<br>U<br>P<br>O<br><br>V<br>A<br>L<br>E           | <b>Formação Abaiara</b>          | Formação datada do início do estágio de rifeamento (Neocomiano). É composta por intercalações de arenitos e folhelhos, arenitos médios a finos e conglomeráticos, tendo ainda em sua base siltitos e siltitos vermelhos. Dados de paleocorrentes indicam um processo de deposição de origem fluvial.                                   | Aquífero Médio    |
|   | <b>Formação Missão Velha</b>     | Arenitos grossos a finos, muitas vezes conglomeráticos e lenhos fósseis de madeira silicificada.   |                   |
|   | <b>SEQUÊNCIA PRÉ-RIFTE</b>       |  |                   |
| D<br>O<br><br>C<br>A<br>R<br>I<br>R<br>I                | <b>Formação Missão Velha</b>     | Possui uma espessura de 200m. Caracteriza-se pela presença de arenitos quartzosos, feldspáticos, caloníticos e conglomerados, além de troncos fósseis e madeira silitificada, indicando a paleopresença de uma floresta de coníferas da espécie <i>Dadoxylon Banderi</i> .   |                   |
|   | <b>Formação Brejo Santo</b>      | Formação com espessura de 450m, formada por argilitos, folhelhos argilosos calcíferos, siltitos cinzas e alguns arenitos finos e muito argilosos. Devida a ausência de sedimentos de origem marinha, indica-se um processo de deposição de origem lacruste.  | Aquitarde         |
| <b>SEQUÊNCIA PALEOZÓICA</b>                             |                                  |  |                   |
|   | <b>Formação Cariri / Mauriti</b> | Aflora ao leste da bacia, contornando o Vale do Cariri, podendo ser observada na cachoeira de Missão Velha (Missão Velha/CE). Possui espessura de até uma centena de metros e sendo a formação basal da bacia, constituída de de arenitos de granulação média a muito grossa, com níveis descontínuos de siltitos de coloração branca. | Aquífero Inferior |
| <b>EMBASAMENTO PRÉ-CAMBRIANO</b>                        |                                  |  |                   |

Fonte: Assine (2007); Assine *et al.* (2014); Camacho (2016); Fambrini *et al.* (2020) Píneo *et al.* (2020).

Elaboração: Autores (2021).

Sobre a bacia que abrange a porção meridional do Ceará, partes de Pernambuco e do Piauí está a chapada do Araripe, uma feição geomorfológica que se alonga por 190 km<sup>2</sup> na direção leste-oeste, com média altimétrica entre 900m e 1002m de altitude em suas porções orientais. Seu topo possui um formato plano, mergulhado de forma suave para a direção oeste, composta por litologias derivadas do estágio pós-rifte (Assine, 2007; Peulvast; Bétard, 2015). Além da chapada, dado o controle estrutural da região, estruturado em *horts* e grábens e a um conjunto de falhas, no entorno desta, em uma área de depressão, situa-se o Vale do Cariri (Lima, 2015), relevo com altimetria média de 400m, composto das Formações Missão Velha e Brejo Santo (Santos; Neumman; Corrêa, 2008).

Esse contexto geológico-geomorfológico faz com que na zona subsuperficial da bacia se tenham as melhores reservas hídricas subterrâneas do estado do Ceará, responsáveis por abastecer os municípios do entorno da chapada do Araripe, como Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha e Missão Velha. A base geológica da bacia do Araripe origina três domínios hidrogeológicos compostos por rochas sedimentares, cristalinas e depósitos aluvionares (Viana, 2007), responsáveis pela formação aquífera de escala regional.

Os aquíferos são os locais onde se armazenam as águas subterrâneas, resguardando-as no interior das rochas, sendo capazes de fornecê-las para a superfície. Em ambientes sedimentares há os aquíferos freáticos, também chamados de livres ou granulares (Rocha, 2013). Na chapada do Araripe, estes se formam a partir de sua litoestratigrafia, tendo origem devida a condutividade hidráulica dos arenitos da Fm. Exu e dos seus solos, que implicam na ausência de águas superficiais, ao passo que as mesmas infiltram e percolam nas camadas e são exfiltradas nas encostas em à planície adjacente devido a estrutura de planalto sedimentar (Mendonça, 2001).

A alternância dos aquíferos e aquíferos que existem na bacia do Araripe se dá em discordância vertical e lateral (COGERH, 2009), organizada segundo a divisão estratigráfica de Camacho (2016), a saber: **Aquífero superior** (Fm. Exu; Araripina); **Aquífero do Grupo Santana** (Fm. do Grupo Santana); **Aquífero médio** (Fm. Barbalha, Abaiara e Missão Velha); **Aquífero** (Fm. Brejo Santo); **Aquífero inferior** (Fm. Mauriti).

O Aquífero Superior tem características hidrodinâmicas de porosidade primária e alta permeabilidade, implicando numa capacidade maior de infiltração no segmento superior (Fm. Exu), com uma base formada por litologias argilosas, menos porosas, funcionando como um aquífero (Fm. Araripina) (BRASIL, 1996; COGERH, 2009).

Apesar dessa diferenciação, não ocorre uma separação distinta e espacialmente contínua entre essas duas unidades estratigráficas, e a maior evidência disso é que um grupo de exutórios naturais (fontes) ocorre na base da Formação Exu, enquanto outro grupo ocorre dentro da Formação Arajara, ou no seu contato com a Formação Santana com cotas variando entre 650 m e 750m. Por outro lado, não existem poços profundos no topo da chapada (BRASIL, 1996, p. 41).

Contudo, frisa-se a partir da classificação geológica de Píneo *et al.* (2020), que este aquífero seja composto apenas pela Fm. Exu, estimando-se que nesta haja uma variação faciológica, não sendo, assim, duas formações sedimentares, mas somente uma (*vide* Quadro 2).

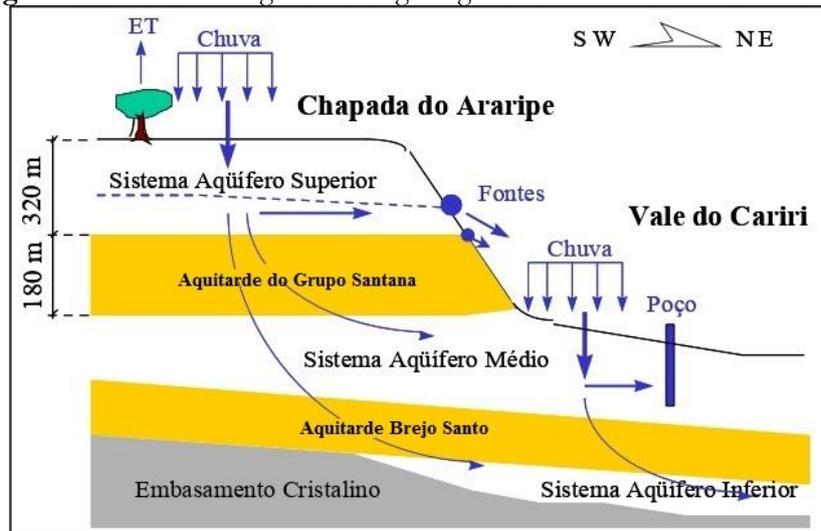
A recarga desse aquífero superior se dá de forma direta, através da precipitação no topo da chapada do Araripe, onde grande parcela da água que cai sobre a chapada é interceptada pela vegetação que, em outro momento, é alvo da evapotranspiração. A outra parte das águas infiltra e percola sobre os espaços porosos da Fm. Exu, até ser impermeabilizada pelas rochas mais argilosas das litologias subjacentes, situando-se ali em estado de saturação (Mendonça, 2001).

O aquífero médio, é o que apresenta a maior potencialidade hídrica e permeabilidade elevada ( $10^{-8}$  a  $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>). Ele ocorre na área central da bacia, em cerca de 536km<sup>2</sup>, condicionando o afloramento das nascentes situadas nos sedimentos aluvionares (Viana, 2007). É o aquífero mais complexo dos três, devida à variedade litológica e suas fraturas tectônicas, que o faz apresentar uma dupla porosidade. Sua recarga se dá através das águas pluviais e dos rios influentes (BRASIL, 1996; Malati *et al.*, 2019).

Já o aquífero inferior aparece na condição livre (freático) na sua parte superior, por estar situado na Fm. Cariri. Contudo, à medida que se aproxima do embasamento cristalino, o mesmo vem a apresentar aspectos de aquífero confinado. Apesar de ser o mais extenso, destaca-se por uma pequena área de afloramento, tendo sua recarga de forma direta pelas águas da chuva nas áreas onde aflora a Fm. Cariri. Por estar situado sobre o embasamento cristalino, também recebe parte das águas que são armazenadas em suas fraturas e fendas cristalinas (BRASIL, 1996; Viana, 2007; Malati *et al.*, 2019).

Observa-se assim, que a precipitação e a geologia da/na região são aspectos que possibilitam a alimentação desses aquíferos. Essas características marcam uma importante etapa do ciclo hidrológico regional, que resulta na origem das nascentes (**Figura 2**), além da alimentação dos canais fluviais, tornando boa parte do território da chapada do Araripe e do Vale do Cariri um ambiente mais úmido do que seu entorno regional semiárido.

Figura 2 – Ciclo hidrológico e hidrogeológico na bacia sedimentar do Araripe

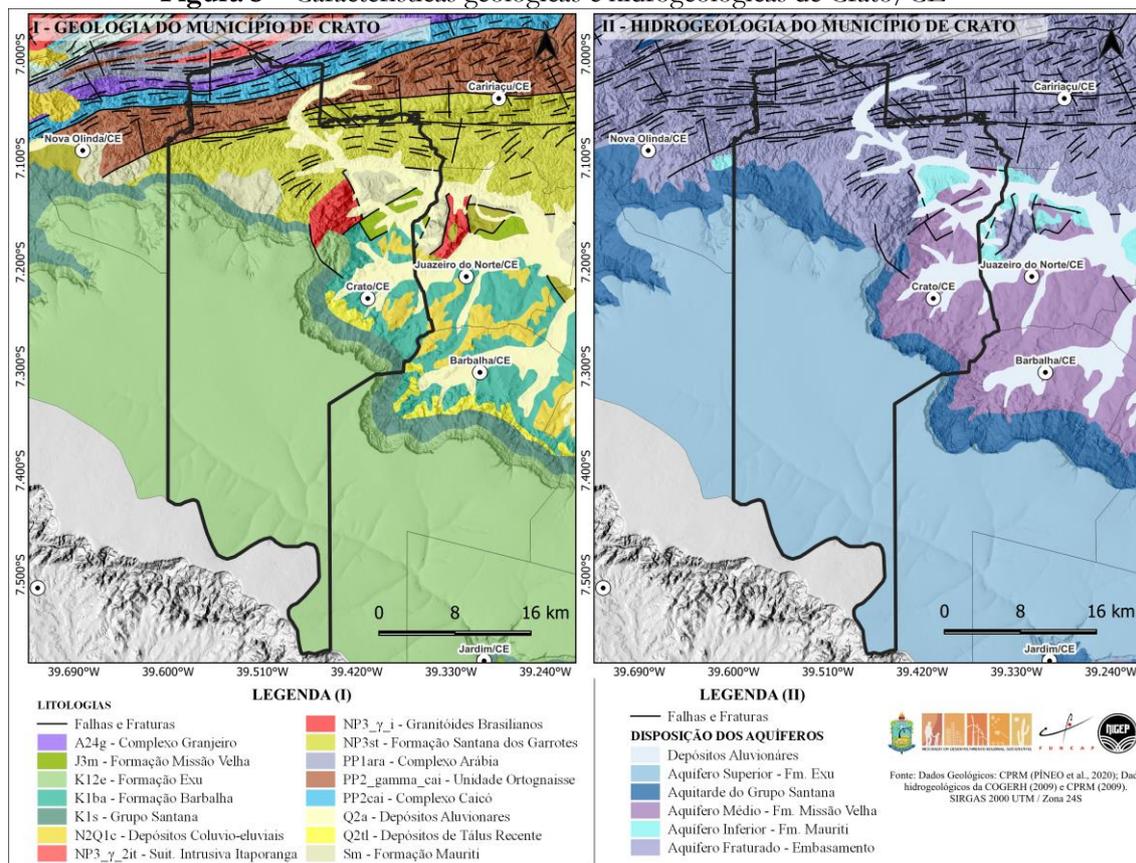


Fonte: Adaptado de Mendonça (2001).

Além dos aquíferos, há a presença de dois aquítarde: o aquítarde formado pelas rochas do grupo Santana se constitui como a separação entre os aquíferos superior e médio. Entretanto, devidas as suas zonas de fraturas, o mesmo possibilita a transferência das águas entre estas camadas. Da mesma forma ocorre com o aquítarde Brejo Santo, situado sobre a formação basal da bacia (Malati *et al.*, 2019) (*vide* figura 2). Rocha (2013) complementa que é muito comum que aquítarde não apresentem índice de água tão denso quanto os aquíferos, sendo ainda quase incapazes de fornecê-las para uso social.

Dentre os municípios do/no vale do Cariri, no Crato, a sua heterogeneidade geológica regional possibilita a formação de um complexo sistema aquífero. Em seu território, nas encostas da chapada afloram as rochas do Grupo Santana e nela situa-se o mais importante sistema aquífero, o aquífero médio, sobreposto pelo aquífero superior. Já nos terrenos onde há a presença de rochas do embasamento pré-cambriano (norte de Crato), as águas subterrâneas situam-se em suas falhas do aquífero fraturado (Figura 3).

Figura 3 – Características geológicas e hidrogeológicas de Crato/CE



Elaboração: Autores (2024). Fonte: PÍNEO et al. (2020); COGERH (2009); CPRM (2009).

Estes aspectos, além de mostrarem uma importante inter-relação hidrogeológica, confirmando a porosidade, permeabilidade e possibilidade de infiltração das rochas da bacia, apontam elementos que, em linhas gerais, podem ser citados como fatores que justificam a grande existência de nascentes no território de Crato, nas encostas da chapada, caracterizando-se, em um primeiro momento, como nascentes de encosta.

Os contatos litológicos da bacia do Araripe, impulsionados, sobretudo, pelo processo de infiltração d'água nas formações superiores, condiciona um recuo erosivo que resulta na existência de uma escarpa abrupta na chapada e uma linha de nascentes d'água. No setor onde localiza-se o vale do Cariri (e o Crato), essas nascentes formam uma rede de drenagem dentrítica (Santos; Neumman; Corrêa, 2008), que mantém "vivo" os rios nos municípios situados ao sopé da chapada.

Tais canais de drenagem que surgem devido à exfiltração direta das águas das nascentes nas áreas úmidas da chapada do Araripe, além de proporcionar a incisão no vale, mantém, mesmo com as perdas d'água nos períodos de seca (na maior parte do ano), a umidade do solo e a alimentação da maioria dos rios e riachos da região, além de

estabelecer uma importante conexão sistêmica entre o ambiente subterrâneo e o superficial (Lima, 2015). Entre eles, destacam-se o rio Batateiras, o rio Granjeiro e o riacho Saco Lobo que, em conjunto com as águas subterrâneas, proporcionaram áreas úmidas no município, sendo importantes elementos no contexto geoambiental, histórico e cultural cratense.

### **Da Missão do Miranda à Região Metropolitana do Cariri: as águas das nascentes na formação e ocupação territorial da cidade do Crato**

O Cariri cearense, em geral, apresenta características naturais que à destacam como uma área de exceção à parte do sertão semiárido nordestino. A população que nasce e se cria nessa região não costuma se julgar sertanejo e sim, caririense. Esse orgulho nativo se dá pelas terras férteis, úmidas, com muita água corrente, sendo um terreno sertanejo com fontes que nunca secam, algo que não se presencia no sertão semiárido brasileiro (Pinheiro, 1950).

Não fica satisfeito o caririense quando alguém o chama de sertanejo, o seu Cariri de sertão. Não toma a palavra sertão em seu sentido mais amplo na acepção de zona do interior, afastada da faixa litorânea. O Cariri, do Ceará é uma espécie de zona da mata pernambucana ou dos brejos da Paraíba. É o verdadeiro oásis cearense como muitos o denominam. É uma ilha verdejante cercada da zona sertaneja criadora (Figueiredo Filho, 1958, p. 51).

O processo de povoamento e ocupação dessa região se deu, sobretudo, pelos povos indígenas que tinham suas comunidades situadas ao longo da extensão do vale úmido do Cariri e nas áreas adjacentes. As terras férteis e o microclima úmido favoreciam o plantio. A presença das águas das nascentes mantinha vivo os rios e favoreciam a umidade, vindo assim, a se tornar um atributo físico-natural que impulsionou o fenômeno ocupacional (Abreu, 2017).

O povoamento aconteceu pela presença dos indígenas Cariús, e a partir do século XVII, o que passou a despertar os olhos dos “colonizadores” e viajantes. A natureza do Cariri foi um fator atrativo, e em meados da década de 1740 conduziu a ocupação e exploração desse território liderado pelas missões religiosas. O Cariri cearense começou a ser explorado a partir do aldeamento dos povos indígenas na primeira metade do século XVIII, por frades capuchinhos que chegaram na região antes dos fazendeiros e seus rebanhos de gado. Nesse período, a área de assentamento desses foram onde hoje se encontram os municípios de Missão Velha e Crato (Queiroz, 2013).

A mandioca foi a cultura que impulsionou o plantio na região, mais tarde, substituída pelas plantações de cana-de-açúcar, trazidas do litoral pernambucano, cujo cultivo subsidiou a economia regional (Figueiredo Filho, 1958). Segundo Figueiredo Filho (1958), as canas que mais tiveram êxito foram aquelas cultivadas nos solos de massapês, nas áreas de brejo onde situavam-se planícies fluviais dos rios Batateira e Granjeiro, no Crato, Salgadinho, em Juazeiro do Norte e Salamanca, em Barbalha.

O rio Batateiras e suas nascentes foram fundamentais na economia do século XX para as plantações de cana-de-açúcar. Dela se produziam a rapadura e a cachaça, o que ocasionou na migração de agricultores para as áreas próximas das cabeceiras de drenagem, onde havia mais água para uso. Isso causou um *deficit* hídrico nos sítios à jusante, gerando conflitos, o que em 1854 fez o Poder Público a promulgar a lei da partilha das águas, dividindo terrenos e “telhas d'água” próximos às nascentes para uso na agricultura, sendo a primeira normativa legal da gestão hídrica na região (Silva; Lima, 2019).

Além das águas para a irrigação, parte destas também eram destinadas para a produção nos engenhos. Segundo Pinheiro (1950), além da rapadura, da cana também se derivava a aguardente, com sua produção, num primeiro momento acontecendo nos engenhos de pau puxados pelos bois que, mais tarde, entre os anos de 1840 e 1850, foram substituídos pelos engenhos de ferro, e a partir de 1957 surgem os engenhos d'água no Crato, localizados nos sítios Lameiro, Francisco Gomes, Jacó, Bocaina e São Gonçalo.

Da nascente do Batateira lhe provem água que o move, a qual corre em levadas e, depois, à cerca de trinta metros da casa do engenho, em bicas de pau d'arco e canos de ferro. (...) Ao chegar ao engenho, a água cai de uma altura de dois palmos sobre uma grande roda dentada, de uns seis palmos de diâmetro, construída de pequizeiro, com raios de pau d'arco e eixo de braúna, fazendo-o girar em torno de si (Pinheiro, 1950, p. 56).

As águas das nascentes da chapada do Araripe foram fundamentais para a ocupação célere e intensa ao longo dos séculos XVIII e XIX na região, além de impulsionar a economia, favorecendo, ao que parece, os municípios localizados nas encostas da chapada do Araripe, como Crato, Missão Velha e Barbalha.

O Crato é o centro urbano mais antigo do Cariri, com origem diretamente ligada às missões religiosas. Em seu território, a Missão do Miranda, também intitulada de “Cariris Novos”, destaca-se como o seu primeiro aldeamento (Petroni, 1955). Seu nome se dá em homenagem a um chefe Cariri, que por sua valentia e resistência aos colonizadores, foi uma figura importante na região (Girão, 1985 *apud* Abreu, 2017). Desde o início da sua formação territorial, já apresentava um grande potencial hídrico (Reis Júnior, 2011), e fez

com que o crescimento deste primeiro aglomerado até ao estágio de cidade se desse nas margens do rio Granjeiro, afluente do Batateiras, destacando o Crato como um território situado dentro de uma bacia de drenagem dendrítica.

Devida à zona da mata açucareira pernambucana ser o principal eixo de produção agrícola da cana e um dos locais onde havia a exportação do produto para a Europa, o Ceará ficava destinado a ser o “curral” da capitania, onde guardava-se o gado de Pernambuco. Com o início do “ciclo do couro” (séculos XVIII - XIX), perceberam que na região haviam terras com grande potencial hídrico e solos férteis para agricultura, o que influenciou fortemente o crescimento de Crato à categoria de vila (Queiroz, 2013).

Após a extinção da missão do Miranda, nas terras onde havia o aldeamento, permaneceram e resistiram os indígenas, os mestiços e uma parte de sertanejos que vinha seguindo os caminhos naturais do rio São Francisco e afluentes, indo se situar nas margens do rio Granjeiro, povoando suas planícies. Mais tarde, este povoamento foi elevado à categoria de distrito de Icó e, em 1764, com o desmembramento de Icó, este foi elevado à Vila Real do Crato pela carta Régia de 21 de junho de 1764 (Oliveira; Abreu, 2010).

O Crato, evoluindo para a comunidade urbana da Vila Real do Crato, se torna um dos primeiros centros econômicos, culturais e históricos do Cariri, tendo seu núcleo composto por representantes portugueses e, sobretudo, dos grupos étnico-linguísticos dos indígenas Cariris. Com o seu desenvolvimento ao longo dos anos, o Crato projetava-se como um importante centro produtor da cana-de-açúcar e seus derivados, exercendo influências econômicas que ultrapassavam os limites do Ceará, passando por Pernambuco, Paraíba, Piauí e Rio Grande do Norte (Oliveira; Abreu, 2010).

A capacidade hídrica regional “regou” a agroindústria da cana formando uma base econômica sólida, atraindo o interesse do povoamento. O algodão e outras culturas de subsistência também influenciaram neste processo, e além de Crato, Jardim foi outra vila caririense que teve este destaque entre os séculos XVIII e XIX (OLIVEIRA, 2014).

Nos ditos populares da região, Pinheiro (1950) destaca que o Dr. Marcos Macedo (figura relevante no Crato) costumava contar que era muito comum se ouvir os ruídos cavernosos da serra, estes oriundos das correntes d'água que saíam das nascentes. O som era chamado de “gemido da serra” e para ele, essas fontes jorravam água com tanta força que se mergulhassem o braço dentro de uma delas, o mesmo era imediatamente impelido devida à pressão hídrica (Pinheiro, 1950).

Embora ainda uma pequena vila no interior do Ceará, o Crato detinha importância econômica e social, e no ano de 1853 torna-se uma cidade, conseguindo sua emancipação política (Reis Júnior, 2011; Queiroz, 2013). Enquanto cidade, em dezembro de 1938, o Crato teve a criação da primeira hidrelétrica do Ceará, construída nas margens do rio Batateiras, no balneário Nascente, conhecida como Casa de Força da Nascente. Esta localizava-se no antigo sítio Lameiro e impulsionou o crescimento da cidade a partir da presença de energia elétrica produzida pela força hídrica local que modificou a dinâmica urbana uma vez que, além de beneficiar a população a partir das benesses da natureza, proporcionou prosperidade à região. Hoje, é um dos vestígios patrimoniais importantes na história do município (Cavalcante, 2019; Silva, 2019).

Assim, o Crato cresceu junto com seus vizinhos, Juazeiro do Norte e Barbalha, apresentando uma dinâmica urbana e econômica que fortificou as relações na região (Queiroz, 2013; Abreu, 2017). A proximidade histórica dos três municípios ao longo dos anos fez com que o Cariri sustentasse um ritmo expansivo, originando um processo comum entre algumas cidades, a conurbação, também chamada de “distância zero”, que significa a ausência de distância física e de relações urbanas, havendo assim, fluxos migratórios cotidianos e ofertas de serviços entre as sedes das cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha (Crajuubar) (Cunha, 2012; Rodrigues; Alves; Pinheiro, 2014).

Na atualidade, Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha compõem a Região Metropolitana do Cariri (RMCariri), com Caririaçu, Farias Brito, Jardim, Missão Velha, Nova Olinda e Santana do Cariri, criada a partir da lei complementar N° 78, de 29 de junho de 2009 (CEARÁ, 2009; Araujo *et al.*, 2021), pelo Governo do Estado, visando o desenvolvimento deste território, que, além de apresentar relevância histórica no Estado (Queiroz, 2014), poderia contribuir na redução de desigualdades e possibilitar o desenvolvimento regional sustentável na região, sobretudo pela integração de seus elementos ambientais que reconfiguraram a história local.

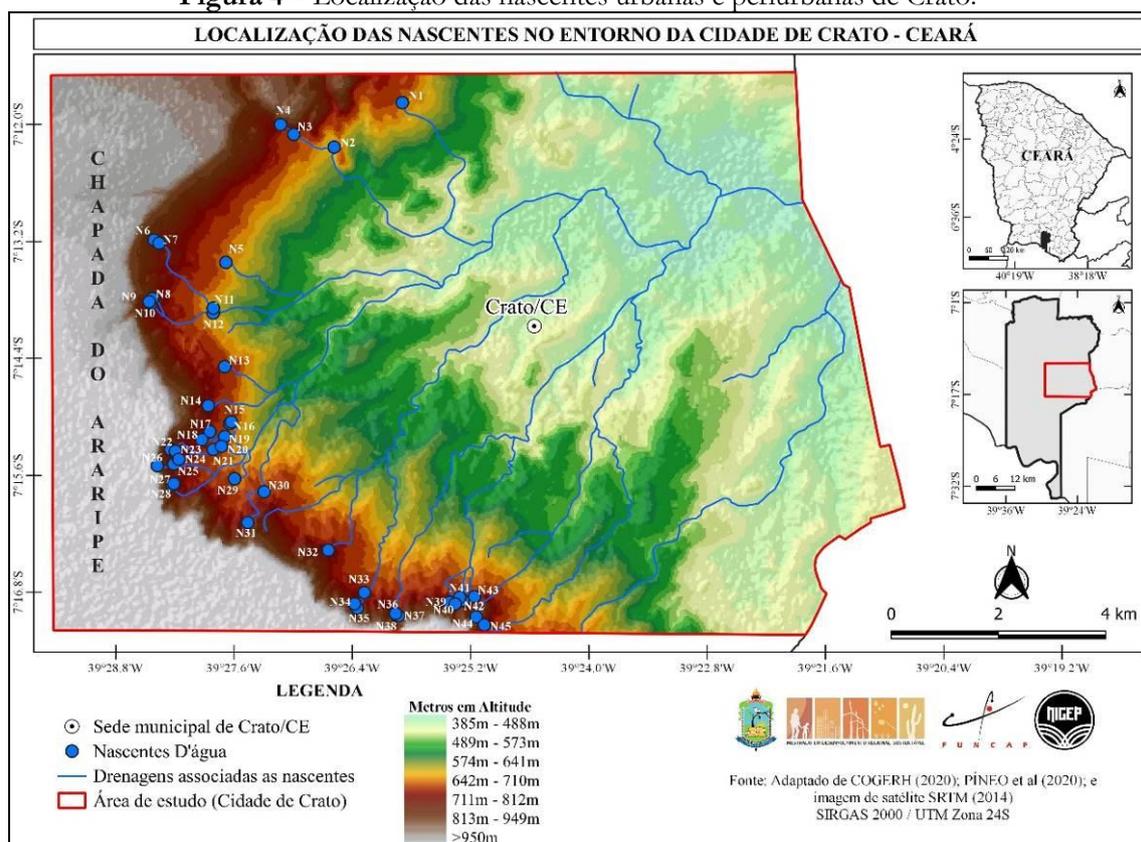
O contexto metropolitano culminou em uma série de mudanças e investimentos públicos, sobretudo nos municípios centrais, dentre eles, o Crato (Abreu, 2017). A RMCariri está no centro das políticas públicas do Estado. Desta forma, o processo urbano da cidade do Crato tem suas relações atuais a partir de sua dinâmica na metrópole, com eixos de expansão verificados na direção das encostas da chapada do Araripe, sobretudo através do desenvolvimento dos bairros Lameiro e Granjeiro, através da oferta de moradia e de diversos serviços frutos da urbanização da cidade (Abreu, 2017).

A RMCariri não só apresenta influências na dinâmica e nas decisões do Estado, como influência nas cidades que a compõe. Este fato, na perspectiva de Moura-Fé *et al.* (2018), trouxe benefícios, mas também uma série de problemas ambientais, colocando em risco a manutenção geoambiental e socioeconômica na região. Ainda segundo os autores, medidas devem ser pensadas com a ideia de integralizar a região em um viés sustentável, sobretudo voltado para a chapada do Araripe, os cursos d'água e as nascentes.

### Características geoambientais de suas nascentes urbanas e periurbanas

As nascentes de Crato se distribuem ao longo da escarpa da chapada do Araripe, em um total de 93 afloramentos d'água encontrados na atualidade (COGERH, 2020), onde 45 delas estão na zona urbana e periurbana (**Figura 4**). Este setor “periurbano”, para Sousa (2003), vem a ser as “faixas de transição”, a franja rural-urbana, localizando-se entre a cidade (o centro socioeconômico de gestão do territorial), o urbano e as áreas rurais.

**Figura 4** – Localização das nascentes urbanas e periurbanas de Crato.

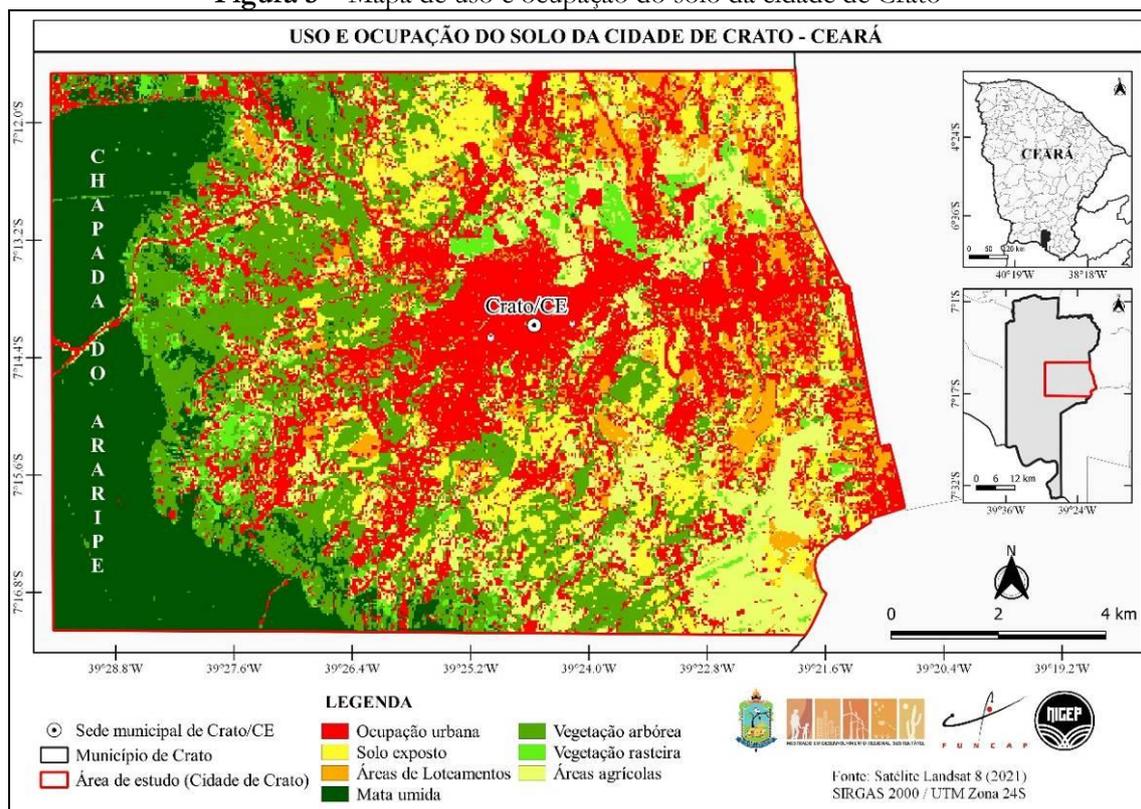


**Elaboração:** Autores (2021). **Fonte:** Adaptado da Base de dados da COGERH (2020); PÍNEO *et al.* (2020); e Imagem de satélite de elevação SRTM (2014).

Na porção da encosta da chapada do Araripe onde essas 45 nascentes estão localizadas, parte da escarpa sedimentar se apresenta como um recuo semicircular, um anfiteatro de 8 km de diâmetro (Pelvast; Bétard; Magalhães, 2011), cuja formação está associada à processos erosivos fluviais das águas que exfiltram das nascentes, formando canais de drenagem em Crato, à jusante. Essas, ainda, apresentam uma variação altimétrica entre 600-900 metros de altitude, referente à disposição dos aquíferos entre as camadas sedimentares, permitindo com que a água exfiltre em locais diferenciados na encosta, com exceção dos setores do topo da chapada do Araripe (Mendonça, 2001).

Além da formação dos aquíferos, a infiltração e exfiltração das águas são responsáveis pela alimentação e formação da biomassa (Coelho Neto, 2021). Na chapada, as nascentes podem ser consideradas como elementos importantes na formação das áreas úmidas, especificamente da vegetação de mata úmida e vegetação arbórea, possível de se observar a partir dos tipos de ocupação do solo em Crato (Figura 5).

Figura 5 – Mapa de uso e ocupação do solo da cidade de Crato



Elaboração: Autores (2021). Fonte: Imagem de satélite Landsat 8 (2021).

Com base na Figura 5 acima, observa-se também que a expansão urbana de Crato vem se dando no sentido do centro para as áreas periféricas, em direção às encostas da

chapada. A ocupação do solo nessas encostas indica a ampliação de áreas de loteamentos, arruamentos, construções de casas, alguns espaços onde pontualmente situam-se áreas destinadas à agricultura e áreas recreativas como clubes. Contudo, é necessário frisar que as encostas ou partes destas que apresentam declividade em torno ou acima de 45° devem ser protegidas - Lei federal nº 12.651 (BRASIL, 2012).

A partir dos dados identificados nas Figuras 5 e 6, nota-se que o crescimento se dá justamente em direção às áreas onde essas nascentes estão situadas, em outras palavras, onde os rios nascem. Desse modo, afirma-se que o desenvolvimento da cidade de Crato se expande, em parte, devido influências que as águas das nascentes e cursos d'água exercem.

Desse modo, a expansão da cidade do Crato na direção das encostas da chapada não se dá pelo fato do município não possuir espaço para sua cidade “crescer” para outras direções, mas pela busca dos elementos geoambientais e hidroclimáticos dessas áreas, que ampliam a condição de exceção em topografias mais elevadas. Como exemplos, os bairros Pimenta, Sossego, Santa Luzia, Lameiro, Parque Granjeiro e Granjeiro, são localidades onde há, além da relativa/intensa presença do espaço urbanizado, casas e áreas de lazer construídas buscando topografias que possibilitam microclima ameno e áreas verdes (Abreu, 2017; Araujo *et al.*, 2021).

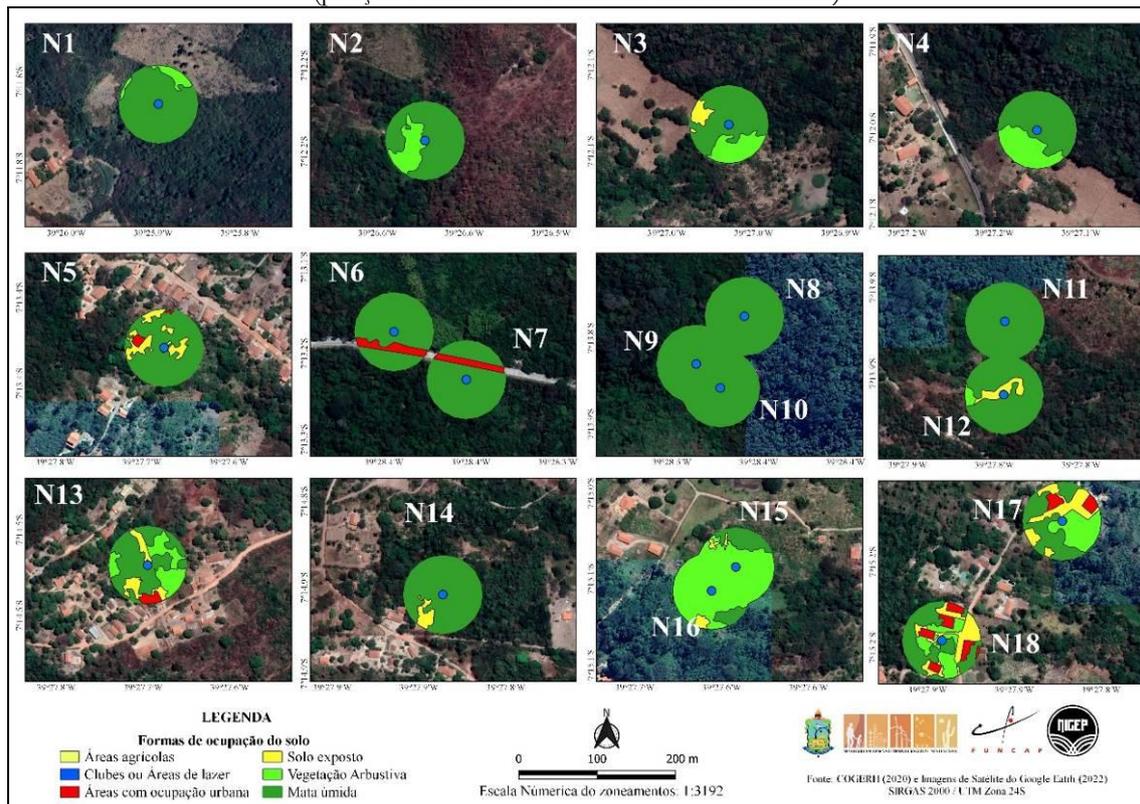
Do ponto de vista dos impactos ambientais, as águas subterrâneas e mananciais associados como as nascentes e cabeceiras de drenagem em Crato, essa ocupação do solo, junto ao desmatamento, a perfuração indiscriminada de poços, a falta de saneamento básico fruto da urbanização, industrialização e agropecuária, são fatores que contribuem para a degradação hídrica superficial e subterrânea e a redução das fontes naturais, a partir da diminuição de sua vazão (Gomes; Costa; Mesquita, 2007).

No Brasil, dentre os mananciais hídricos, as nascentes e suas áreas de surgência são os ambientes mais ameaçados pela ocupação desregulada das cidades. O Crato, é um exemplo dessa situação, onde a inadequada ocupação antrópica e a falta de gestão vêm a ser um fator preocupante (Albuquerque; Pinheiro, 2019). Observando o mapeamento realizado nas 45 nascentes, identificou-se que a ocupação urbana nas encostas afeta tanto as encostas da chapada como onde estas nascentes vêm a surgir, ou seja, o seu raio de 50 metros de proteção legal.

Dentre as nascentes urbanas e periurbanas de Crato - N1 à N35, no que se refere às suas características naturais, todas elas apresentam ao seu entorno vegetação de matas úmidas, o que pode indicar que estão situadas em altitudes elevadas com umidade do ar

mais intensa, permitindo a origem dessa fitofisiologia mais densa. Contudo, nas nascentes N15, N16 e N31, já se nota a falta dessa mata úmida ao seu redor, indicando formas de uso diretamente na nascente. Além disso, é possível também visualizar que no entorno do raio de 50 metros das nascentes, se comparado ao centro da cidade, há poucas casas e construções humanas (**Figura 6**).

**Figura 6** – Tipologia do uso e ocupação ao entorno de nascentes na cidade de Crato (porção Noroeste – Norte da encosta oriental)

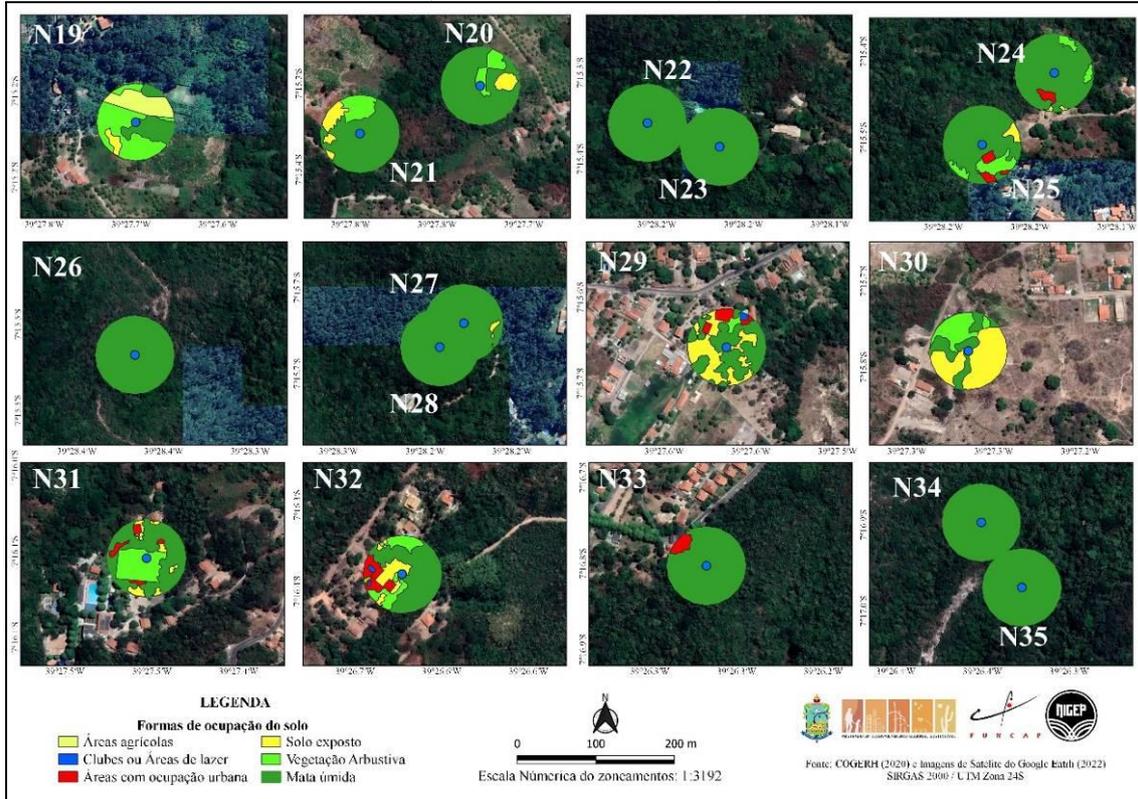


**Elaboração:** Autores(2022).

**Fonte:** Imagens de satélite do *Google Earth* (2022). Base de dados da COGERH (2020).

Por outro lado, esse fator aponta que, embora não estejam situadas nas proximidades da malha urbana, em vários casos, esta já se faz presente nos locais onde costuma-se encontrar as nascentes d'água de Crato. Essa informação pode subsidiar a ideia de que a expansão da cidade pode estar afetando a dinâmica geoambiental das nascentes, uma vez que, é visível que no aio de 50m de algumas nascentes está alterações humanas e sociais, como é o caso das nascentes: N5-N7, N13, N17, N18, N24, N25, N29-N33 (**Figuras 7 e 8**).

**Figura 7 –** Tipologia do uso e ocupação ao entorno de nascentes na cidade de Crato (Porção Oeste – Sudoeste)



**Elaboração:** Autores (2022). **Fonte:** *Google Earth* (2022) Base de dados da COGERH (2020).

**Figura 8 –** Tipos de usos sociais nas nascentes de Crato



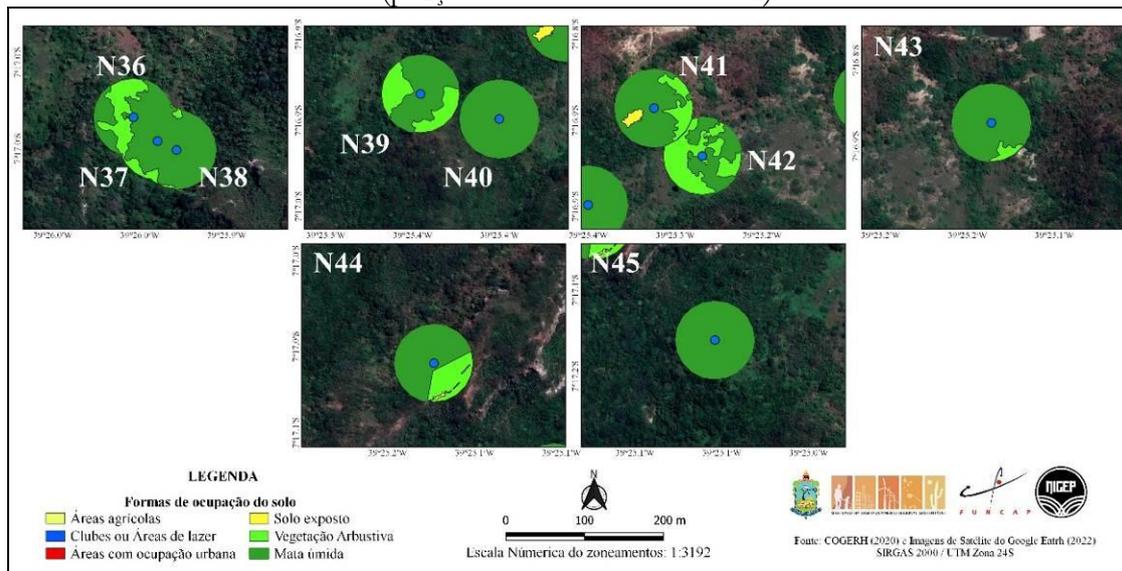
(Localização: A e B – no bairro Grangeiro; C, D e E – Lameiro; F – Belmonte).

**Fonte e organização:** Autores (2021).

Nas nascentes em áreas relativamente distantes aos centros urbanos, além de ser possível observar que seu raio protetivo de 50 metros se mantém predominantemente

preservado pela vegetação nativa de mata úmida, também se identifica que essa característica se faz presente no entorno deste raio, apontando que estes afloramentos ainda são nascentes sem alterações antrópicas ou sociais, como é o caso das nascentes N36 à N45 (**Figura 9**), posicionadas no segmento meridional da área de estudo.

**Figura 9** – Tipologia do uso e ocupação ao entorno de nascentes na cidade de Crato (porção Sudeste Sudoeste - Sul)



**Elaboração:** Autores (2022). **Fonte:** *Google Earth* (2022). Base de dados da COGERH (2020).

Ao se fazer uma associação entre o seu local de origem identificado com o mapeamento de localização (*vide* figura 5), observa-se que estas estão entre 700m e 800m de altitude. No próprio mapa, são identificáveis algumas áreas de solo desnudo, como é o caso das nascentes N41 e N44, que aponta a hipótese que estas podem ser áreas da encosta com altitudes relativamente elevadas e com solo exposto, mas ainda sem ocupação humana.

Para Felipe (2013), esse contexto de altitude das nascentes em vários cenários amplia a complexidade desses ambientes. Estas, por surgirem em locais declivosos, com vegetação úmida e densa, restringe o seu acesso em seu local (Felipe, 2013). Contudo, em Crato, mesmo havendo a identificação das características supracitadas, é possível que algumas nascentes (exemplo: N36 à N45), por estarem localizadas em grandes altitudes, ainda não apresentem alterações quanto aos seus aspectos físicos. Considerando isso, a altitude se torna um fator fundamental para a compreensão de sua dinâmica natural atual.

Também se obtém como resposta desse diagnóstico, que o Crato, além de estar situado no centro de uma grande rede hidrográfica, cresceu e teve sua história marcada pela presença da água. Ainda nos dias atuais, é visível se observar que o contexto de ocupação e

crescimento da cidade vem acontecendo apresentando as mesmas características de tempos pretéritos: ocupando áreas úmidas, com água nas proximidades que favoreçam o uso destas em atividades sociais. E mesmo as nascentes sendo importantes para a história cratense e suas relações geoambientais elas ainda não possuem estudos aprofundados que abordem esses aspectos de maneira específica e detalhada.

### **Considerações finais**

O trabalho baseou-se em fazer uma análise dos diversos elementos físico-naturais, geológicos e hidrogeomorfológicos que proporcionam o surgimento das nascentes no território do Cariri e quais fatores sociais podiam estar vindo a causar alterações em suas áreas. A partir da junção e da análise dos dados bibliográficos conjunto ao mapeamento realizado, pode-se concluir que esse objetivo além de atingido, permitiu a construção de informações primárias sobre as nascentes, vista a escassez de estudos sobre estas.

Observou-se a partir do diagnóstico e caracterização geoambiental das nascentes na área de estudo, que esses ambientes precisam ser compreendidos a partir da integração da relação entre seus elementos hidrogeológicos, geomorfológicos e sociais, uma vez que pode-se identificar diversos fatores que influenciam no seu surgimento espacial e suas alterações históricas e atuais. Dentre estas, se elenca os dados geohistóricos relacionados a estes mananciais hídricos, a história do Crato e de outros municípios como Barbalha, Jardim e Missão Velha, que ainda não são enfatizados em trabalhos científicos.

Conjunto a isso, observou-se que esse processo de ocupação influenciou (e afeta) diretamente as áreas das nascentes em Crato, que, dadas as formas de ocupação do solo atual de 90 nascentes, 45 estão na zona urbana e periurbana e, destas, 10 sofrem alterações desse processo. Por se tratarem de dados até então limitados na literatura científica, os resultados obtidos podem ser considerados pioneiros, apresentando informações que podem subsidiar o interesse no aprofundamento de pesquisas relacionados à história e à cultura do Crato e do Cariri, quanto, às relações e conservação das águas das nascentes.

Frisa-se ainda que um dos desafios da pesquisa, baseou-se na ausência de dados científicos das nascentes, uma vez que a metodologia do trabalho exige que se faça a junção de dados teóricos e cartográficos da área, conjunto às atividades de campo de identificação de aspectos geoambientais. Além disso, os dados de uso e ocupação, sobretudo aqueles apresentados neste trabalho a partir dos mapeamentos podem melhorados e ampliados

com outras metodologias que ajudem no diagnóstico das nascentes; bem como pode haver adaptações que enfatize outros elementos e atributos do meio fluvial.

Em suma, conclui-se que o diagnóstico/caracterização geoambiental, apoiado na análise ambiental integrada, é uma ferramenta útil na identificação das condições hidrogeomorfológicas das nascentes. A partir destes, pode-se visualizar não somente a água como um elemento isolado, mas como um importante agente no contexto geohistórico e geoambiental local e regional, uma vez que, com a ajuda da pesquisa realizada, foi possível compreender melhor as relações históricas, socioeconômicas e físicas do município de Crato na região do Cariri cearense.

### **Agradecimentos**

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela bolsa de mestrado (fev/2021 à mar/2022). À Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Gerência da Bacia do Rio Salgado de Crato – Ceará, e a Vinícius F. Luna, da Universidade Federal do Pernambuco, pela ajuda na realização dos campos.

### **Referências**

- ABREU, R. C. **A expansão urbana na cidade de Crato no contexto da Região Metropolitana do Cariri (RMCariri), no estado do Ceará** (Dissertação de mestrado) Universidade Estadual do Vale do Acaraú, 2017, p. 17 – 103.
- ALBUQUERQUE, G. S.; PINHEIRO, M. V. A. Análise e mapeamento das áreas de preservação permanente das nascentes do município do Crato, Ceará. Fortaleza/CE: **Revista GeoUECE (Online)**, v. 08, n. 14, 2019, p. 266 - 275. ISSN 2317-028X.
- ASSINE, M. L. Análise estratigráfica da bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 22, n. 03, 1992, p. 289-300.
- ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobrás** (Rio de Janeiro/RJ), v. 15, n. 2, p. 371-389, 2007.
- ASSINE, M. L.; PERINOTTO, J. A. J.; CUSTÓDIO, M. A.; NEUMANN, V. H.; VAREJÃO, F. G.; MESCOLOTTI, P. C. Sequências Depositionais do Andar Alagoas da bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobrás (BGP)**, v. 22, n. 01, p. 03-28, 2014.
- ARAÚJO, R. S.; OLIVEIRA, C. W.; SOARES, B. F.; OLIVEIRA, J. C. A. Espaço urbano e impacto ambiental: reflexões a partir da análise do processo de expansão das cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha – CE. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 3, v. 1, 2021, p. 104 – 126.

BASTOS, F. H.; CORDEIRO, A. M. N.; SILVA, E. V.; Aspectos geoambientais e contribuições para estratégias e planejamento ambiental da serra de Baturité/CE. **Revista da Anpege**, v. 13. n. 21, p. 163-198, 2017.

BÉTARD, F.; PEULVAST, J. P.; MAGALHÃES, A. O.; CARVALHO NETA, M. L.; FREITAS, F. I. Araripe Basin: A major Geodiversity hotspot in Brazil. **Geoheritage**, DOI 10.1007/s12371-017-0232-5, 2017.

BRAGA, R. A. P. As nascentes como fonte de abastecimento de Populações Difusas. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 4, n. 5, 2011, p. 974 – 985

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto avaliação hidrogeológica da bacia sedimentar do Araripe**. Recife: DNPM, 1996.

BRASIL, República Federativa. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. Brasília/DF: Diário Oficial da União, 28 de maio de 2012.

CAMACHO, C. R. **A influência da estruturação geológica sobre o fluxo das águas subterrâneas no Vale do Cariri – Bacia Sedimentar do Araripe - Ceará – Brasil**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará (Dissertação de mestrado), 2016, p. 19 – 33.

CAVALCANTI, R. M. M. **Geossítio batateira** – memórias em movimento: tramas territoriais e ambientais no cariri cearense (Tese). Niterói: Universidade Federal Fluminense. 2019, p. 84-105. Disponível em: <http://www.historia.uff.br/stricto/td/2177.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2021.

CPRM. Implantação de Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas. Brasil, 2009. Disponível em: [https://rimasweb.sgb.gov.br/layout/visualizar\\_mapa.php](https://rimasweb.sgb.gov.br/layout/visualizar_mapa.php). Acesso em: 13 jun 2024.

CEARÁ, Secretaria de Recursos Hídricos - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Planilha de informações gerais e específicas das fontes da Bacia do Araripe**, Ceará, 2020, disponibilizados em 06 de maio de 2021 pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos de Crato - Gerencia Regional da Bacia do Salgado.

CEARÁ, Instituto de Pesquisa e Estratégias Econômicas do Ceará. **Ceará em Mapas Interativos** – Hidrografia, 2015. Disponível em: [http://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/interface/black\\_gm.phtml](http://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/interface/black_gm.phtml)>. Acesso em: 09 dez. 2021.

CEARÁ, Assembleia Legislativa. **Caderno regional da sub-bacia do rio Salgado**: conselho de altos estudos e assuntos estratégicos. Fortaleza/CE: INESP, 2009. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2018/09/Bacia-do-Salgado.pdf>>. Acesso em 20 abr. 2021.

CEARÁ. Casa Civil. **Lei Complementar nº 78, de 26 de junho de 2009**. Dispõe sobre a criação da Região Metropolitana do Cariri, cria o Conselho de desenvolvimento e Integração e o fundo de Desenvolvimento e integração da região Metropolitana do Cariri – FDMC, altera a composição de Microrregiões do Estado do Ceará e dá outras providências. Fortaleza: DOE publicado em 03 de julho de 2009. Série 3, Ano I, n. 121. Caderno ½.

CEARÁ, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Ceará em Mapas Interativos – Hidrografia: Drenagens**. Ceará, 2015. Disponível em: [http://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/interface/black\\_gm.phtml](http://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/interface/black_gm.phtml). Acesso em: 09 dez. 2021.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 15 ed., 2021, p. 93-145.

COGERH. Companhia da Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. **Plano de Monitoramento e Gestão dos Aquíferos da Bacia do Araripe**: Estado do Ceará. Fortaleza, CE, 2009.

CUNHA, M. S. **Pontos de (re) visão e explorações historiográficas da abordagem regional**: exercício a partir do Cariri cearense (século XIX e XX). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2012, p. 12-93.

EARTHEXPLORER - U. S. GEOLOGICAL SURVEY. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/> Acesso em: 12 Nov. 2021 e 11 dez. 2021.

FAMBRINI, G. L.; SILVESTRE, D. S.; BARRETO-JUNIRO, A. M.; SILVA-FILHO, W. F. Estratigrafia da Bacia do Araripe: estado da arte, revisão crítica e resultados novos. São Paulo: **Revista do Instituto de Geociências – USP**, 2020, p. 169 – 212.

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte - MG com base nas variáveis geológicas, hidrológicas e ambientais** (dissertação). Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

FELIPPE, M. F. **Gênese e dinâmica de nascentes: contribuição da investigação hidrogeomorfológica em região tropical** (tese). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JR., A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. Belo Horizonte: **Geografias**, v. 9, n. 1, p. 70-81, 2013.

FIGUEIREDO FILHO, J. **Engenhos de rapadura do Cariri**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura – Serviço de Informação Agrícola, 1958.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos. 3 Ed. Ampliada e atualizada, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar um projeto de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 4 Ed., 2002.

GIRÃO, R. **Evolução histórica cearense.** Fortaleza: BNB/ETENE, 1985.

GOMES, C. C.; COSTA, C. T.; MESQUITA, F. J. F. **Atuação da COGERH na gestão das fontes naturais de água na chapada do Araripe – Região do Cariri – CE.** São Paulo: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (Anais), 2007. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=19&PUBLICACAO=SIMPOSIOS>. Acesso em: 03 nov. 2021.

GUERRA, M. D. F. **Veredas da chapada do Araripe: contexto ecogeográfico de subespaços de exceção no Semiárido do estado do Ceará, Brasil** (Tese de doutorado em Geografia) Universidade Estadual do Ceará, 2020, p. 46 – 101.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística /Cidades. **Estimativa População.** Rio de Janeiro. IBGE, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> Acesso em 10 nov. 2021.

LIMA, F. J. **Evolução geomorfológica e reconstrução paleoambiental do setor subúmido do Planalto Sedimentar do Araripe: um estudo a partir dos depósitos colúviais localizados nos municípios de Crato e Barbalha – Ceará** (Tese de doutorado em Geografia) Universidade Federal de Pernambuco, 2015, p. 17 – 45.

MELATI, M. D.; FLEISHMANN, A. S.; FAN, F. M.; PAIVA, R. C. D.; ATHAYDE, G. B. Estimates of groundwater depletion under extreme drought in the Brazilian semi-arid region using GRACE satellite data: application for a small-scale aquifer. **Hidrogeology Journal.** Germany, v. 27, p. 2789—2802, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10040-019-02065-1>

MENDONÇA, L. A. R. **Recursos Hídricos da Chapada do Araripe** (tese de doutorado). Universidade Federal do Ceará – Fortaleza/CE, 2001, p. 8 – 26.

MOURA-FÉ, M. M. *et al.* Região Metropolitana do Cariri (RMC), Ceará: Meio ambiente e sustentabilidade. Sobral/CE: **Revista Casa da Geografia de Sobral**, v. 21, n. 2, Dossiê: Estudos da Geografia Física do Nordeste brasileiro, p. 1198-1216, 2019.

OLIVEIRA, A. A. **O Cariri Cearense: da ocupação do território a institucionalização da região metropolitana do Cariri** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal/RN, 2014.

OLIVEIRA, J. C. A. ABREU, R. C. **Resgatando a história de uma cidade média: Crato, capital da cultura.** Revista Historiador, ano II, v. 1, 2010, p. 244 - 262

PEULVAST, G. P.; BÉTARD, F.; MAGALHÃES, A. O. Morphologie des escarpements et identification de grands mouvements de masse dans les plateaux tropicaux: la partie orientale du bassin Araripe (Ceará, Brésil). **Géomorphologie: relief, processus, environnement**, n. 1, 2011, p. 33 – 52.

PEULVAST, J-P.; BÉTARD, F. A History of basin inversion, scarp retreat and shallow denudation: the Araripe basin as a keystone for understanding long-term landscape evolution in NE Brazil. **Geomorphology**, n. 233, p. 20-40, 2015.

PETRONE, P. Crato, “capital” da região do Cariri. **Boletim Paulista de Geografia**: São Paulo, 1955, p. 31 – 55.

PINÉO, T. R. G. *et al.* **Mapa geológico e de recurso minerais do estado do Ceará**. Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Ceará – Brasil, 2020.

PINHEIRO, I. **O Cariri** – Seu descobrimento, povoamento, costumes. Fortaleza – Ceará, 1950, p. 8 – 63.

QUEIROZ, I. S. **A metrópole do Cariri**: institucionalização no âmbito estadual e a dinâmica urbano-regional na aglomeração do Crajubar (Tese de doutorado). Universidade Federal do Pernambuco. Pernambuco: Recife, 2013, p. 12 – 117.

QUEIROZ, I. S. Região Metropolitana do Cariri cearense, a metrópole fora do eixo. Fortaleza/CE: **Mercator**, v. 13, n. 3, 2014, p. 93 – 104.

REIS JÚNIOR, D. O. **Natureza e trabalho no Cariri cearense**. Anais do XXVI Simpósio Nacional de História – ANPUH, São Paulo, p. 1 – 14, 2011.

ROCHA, G. A. Águas subterrâneas. In: TELLES, D. D. (org.). **Ciclo ambiental da água**. São Paulo: Blucher, p. 120 - 142, 2013.

RODRIGUES, A. S.; ALVES, C. L. B.; PINHEIRO, V. F. Reflexões sobre uma trama metropolitana no contexto da urbanização da região do Cariri. **Contestado: DRd – Desenvolvimento Regional em debate**, v. 4, n. 2, p. 204-231, 2014.

SABIÁ, R. J. **Gerenciamento das fontes no Cariri** – uma perspectiva integrada e multidisciplinar. Universidade Federal do Ceará - Fortaleza/CE (Dissertação de mestrado), 2000.

SANTOS, C. A.; NEUMANN, V. H.; CORRÊA, A. C. B. **Análise da Compartimentação geomorfológica da Sub-Bacia Leste do Araripe**. Belo Horizonte – MG. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia SINAGEO e II Encontro Latino-americano de Geomorfologia (Anais), p. 1 – 12. 2008.

SILVESTRE, D. C.; FAMBRINI, G. L.; COSTA, I. C. Faciological Analysis, Depositional Systems and Sequence Stratigraphy of the Barbalha Formation (Upper Aptian), Araripe Basin: Core Wells Database. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 4, 2020, p. 34 – 47. DOI: <http://dx.doi.org/10.11137/2020>.

SILVA, D. P. **Análise geoambiental da sub – bacia hidrográfica do rio Batateiras no município de Crato – Ceará** (Dissertação de mestrado). Sobral: Universidade Estadual do Vale do Acaraú, 2019, p. 118 – 132. Disponível em: [http://www.uvanet.br/mag/documentos/dissertacao\\_cba30cbb5707332d83b1cab7ee0b7274.pdf](http://www.uvanet.br/mag/documentos/dissertacao_cba30cbb5707332d83b1cab7ee0b7274.pdf). Acesso em: 10 fev. 2021.

SILVA, D. P.; LIMA, E. C. Impactos ambientais no alto curso da sub-bacia hidrográfica do rio batateiras na região sul do estado do Ceará. Sobral/CE: **Casa da Geografia de Sobral**, V. 21, n. 2, p. 1091-1103, 2019.

SOUZA, M. J. N.; OLIVEIRA, V. P. V. N. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do nordeste brasileiro. Fortaleza/CE: **Mercator**, v. 5, n. 9, p. 85-102, 2006.

SOUZA, M. J. L. **ABC do desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 23-47, 2003.

VIANA, N. O. **Vulnerabilidade e risco a poluição do sistema aquífero médio** – entre Crato e Missão Velha, Bacia do Araripe, Ceará (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Ceará – Fortaleza/CE, 2007, p. 17 – 57.

Recebido em: dezembro de 2022

Aceito em: junho de 2024