

Karoline Veloso Ribeiro  
Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque  
[ Organização ]



# ESTUDOS GEOGRÁFICOS

Um olhar para o estado do Piauí







# **ESTUDOS GEOGRÁFICOS**

Um olhar para o estado do Piauí



***Presidente***

Luiz Carlos Ribeiro

***Revisão Geral***

Jéssica Lopes

***Projeto Gráfico***

Adriana Almeida

***Capa***

Karoline Veloso Ribeiro

***Conselho Editorial***

Andréa Coelho Lastória (USP/Ribeirão Preto)

Carla Cristina R. G. de Sena (UNESP/Ourinhos)

Carolina Machado Rocha Busch Pereira (UFT)

Denis Richter (UFG)

Eguimar Felício Chaveiro (UFG)

Lana de Souza Cavalcanti (UFG)

Loçandra Borges de Moraes (UEG/Anápolis)

Míriam Aparecida Bueno (UFG)

Vanilton Camilo de Souza (UFG)

Karoline Veloso Ribeiro  
Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque  
[ Organização ]

# ESTUDOS GEOGRÁFICOS

Um olhar para o estado do Piauí



GOIÂNIA, GO | 2020

© Autoras e autores – 2020

A reprodução não autorizada desta publicação, por qualquer meio, seja total ou parcial, constitui violação da Lei nº 9.610/98.

Depósito legal na Biblioteca Nacional, conforme decreto nº 1.825, de 20 de dezembro de 1907.

Comissão Técnica do Sistema Integrado de Bibliotecas Regionais (SIBRE),  
Catalogação na Fonte

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte (CIP)  
(Elaboração: Filipe Reis - CRB 1/3388)

---

E82 Estudos geográficos [recurso eletrônico] : um olhar para o estado do Piauí / Karoline Veloso Ribeiro, Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque. (Organizadores). – Goiânia : C&A Alfa Comunicação, 2020.

168 p.  
ISBN 978-65-992286-4-3

1. Estudos geográficos. 2. Geografia. 3. Piauí – estado. I. Ribeiro, Karoline Veloso. II. Viana, Bartira Araújo da Silva. III. Albuquerque, Emanuel Lindemberg Silva.

CDU: 908(812.2)

---



**GRUPO DE ESTUDOS EM GEOTECNOLOGIAS:  
PESQUISA E ENSINO**

# SUMÁRIO

Prefácio .....	9
<i>Marco Túlio Mendonça Diniz</i>	
Apresentação .....	13
1 Análise geoespacial da ocorrência de focos de calor no estado do Piauí (2010 a 2019).....	15
<i>Karoline Veloso Ribeiro</i> <i>Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque</i>	
2 Experiências etnoclimatológicas e previsão de chuvas no município de Pedro II, estado do Piauí, Brasil. ....	37
<i>Lucas Almeida Monte</i> <i>Carlos Sait Pereira de Andrade</i>	
3 Paisagens eólicas: um olhar para o município de simões, estado do Piauí. ....	55
<i>Nairo Bruno de Araujo</i> <i>Karoline Veloso Ribeiro</i>	
4 Mapeamento de poços tubulares no estado do Piauí .....	75
<i>Raimunda Maria da Conceição Silva</i> <i>Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque</i>	
5 Evolução dos centros urbanos e sua relação com as arboviroses entre 2010 e 2016, no estado do Piauí. ....	91
<i>Romário Gonçalves da Silva</i> <i>Karoline Veloso Ribeiro</i>	

6	Cadeia produtiva e uso potencial do quartzito nos municípios de Juazeiro e Castelo do Piauí . . . . .	109
	<i>Flávia Vieira de Sousa</i>	
	<i>Karen Veloso Ribeiro</i>	
7	Processos erosivos no litoral piauiense: abordagem teórica e prática . . . . .	129
	<i>Vívian Ribeiro Magalhães</i>	
	<i>Karoline Veloso Ribeiro</i>	
8	Análise das sub-bacias hidrográficas urbanas PD07 e PD15 em Teresina, estado do Piauí . . . . .	145
	<i>Ângela Beatriz Rodrigues Oliveira</i>	
	<i>Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque</i>	
	Sobre os organizadores/autores. . . . .	161
	Sobre os autores . . . . .	163

## PREFÁCIO

*Marco Túlio Mendonça Diniz<sup>1</sup>*

**A** Geografia enquanto ciência apresenta diversas dualidades, uma delas parece ser sua maior riqueza, que é a possibilidade do estudo dos fenômenos tanto da natureza, quanto da sociedade, e mais, a probabilidade de estudar a relação entre ambas em determinadas porções do espaço.

Nos últimos anos, notadamente após a criação do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), professores e alunos desta importante universidade têm apresentado à comunidade científica, e à sociedade em geral, uma profícua e vasta produção centrada na compreensão da relação entre sociedade e natureza no estado. A obra *Estudos Geográficos: um olhar para o estado do Piauí* foi elaborada no intuito de contribuir com esta compreensão, em diversas partes do território piauiense.

Os organizadores e autores são integrantes do Grupo de Pesquisa da UFPI, cadastrado no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), intitulado Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino. O grupo tem maiores vinculações com a Geografia Física e as Geotecnologias, contudo, sua produção tem forte foco na compreensão da relação entre fenômenos naturais e

---

1 Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geografia, CERES. Bolsista de produtividade em Pesquisa do CNPq.

sociais no espaço piauiense, e é este o fio condutor de toda esta importante obra.

O primeiro capítulo, intitulado *Análise geoespacial da ocorrência de focos de calor no estado do Piauí (2010 a 2019)* dos autores Karoline Veloso Ribeiro e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque, utiliza as geotecnologias para a compreensão dos focos de calor no espaço e tempo estudados, com o intuito de entender o fenômeno das queimadas, bastante relacionadas com a expansão de áreas de ocupação humana.

O segundo capítulo é assinado por Lucas Almeida Monte e Carlos Sait Pereira de Andrade, e tem como título *Experiências etnoclimatológicas e previsão de chuvas no município de Pedro II, estado do Piauí, Brasil*. O texto traz uma concepção bastante inovadora da Etnociência dentro da Geografia e a Etnoclimatologia, voltada para a compreensão do conhecimento popular sobre a Climatologia. No caso em estudo são investigados os conhecimentos dos agricultores do município de Pedro II, que possuem técnicas populares seculares para previsões de chuva no semiárido piauiense.

Nairo Bruno de Araujo e Karoline Veloso Ribeiro são os autores do terceiro capítulo *Paisagens eólicas: um olhar para o município de Simões, estado do Piauí*. Neste texto, as técnicas de geoprocessamento são utilizadas para a compreensão de como o relevo do município de Simões pode favorecer a produção de energia eólica, identificando ainda os impactos ambientais causados pela instalação dos parques eólicos na área.

No quarto capítulo, Raimunda Maria da Conceição Silva e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque apresentam o *Mapeamento de poços tubulares no estado do Piauí*. No texto é apresentada a expansão da perfuração de poços tubulares no território do estado, com detalhado levantamento e mapeamento qualitativo e quantitativo das áreas onde os poços foram perfurados.

*A Evolução dos centros urbanos e sua relação com as arboviroses entre 2010 a 2016, no estado do Piauí* é o título do quinto capítulo, dos autores Romário Gonçalves da Silva e Karoline Veloso Ribeiro. O texto é resultado de uma pesquisa quali-quantitativa que utiliza as geotecnologias para a espacialização dos casos de arboviroses no estado, bem como de seus agravos.

O sexto capítulo tem como título *Cadeia produtiva e uso potencial do quartzito nos municípios de Juazeiro e Castelo do Piauí*, e é de autoria de Flávia Vieira de Sousa e Karen Veloso Ribeiro. Neste trabalho foram analisados o processo de extração do quartzito nos municípios investigados, assim como os benefícios gerados por esta atividade, as potencialidades de uso da rocha e as adversidades socioambientais originadas da prática, na área em tela.

O capítulo sete é intitulado *Processos erosivos no litoral piauiense: abordagem teórica e prática*, e foi escrito pelas autoras Vívian Ribeiro Magalhães e Karoline Veloso Ribeiro. O texto é uma mostra da excelente qualidade das pesquisas financiadas pelo programa de bolsas de iniciação científica do CNPq, executado por pesquisadores do Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino. O texto trata da compreensão dos processos erosivos no litoral piauiense por vieses teórico e práticos, que permitem sua utilização no ensino acadêmico de Geografia, tal como em transposições didáticas no ensino básico.

O oitavo e último capítulo tem como autores Ângela Beatriz Rodrigues Oliveira e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque, e é intitulado *Análise das sub-bacias hidrográficas urbanas PD07 e PD15 em Teresina, estado do Piauí*. Trata-se de um trabalho de Geomorfologia Urbana que permite a compreensão de processos físicos, como também das ações humanas em duas sub-bacias da área urbana de Teresina, capital do Piauí.

Após a leitura dos capítulos que compõem a obra *Estudos Geográficos: um olhar para o estado do Piauí*, o leitor poderá constatar que ele é composto por capítulos mais teóricos e outros com base mais empírica. Que a relação natureza-sociedade é seu tema unificador, que as geotecnologias são ferramentas fundamentais na análise geográfica e que paisagens e territórios do Piauí foram analisados sob a perspectiva de ramos diversos da Geografia, desde os mais tradicionais como a Geomorfologia Costeira, até abordagens mais recentes como a Etnoclimatologia.

A leitura de forma isolada de cada texto é uma opção válida para o leitor, contudo indico a leitura do livro completo, pois a obra traz valiosa contribuição ao conhecimento científico, em especial, para a compreensão da relação natureza-sociedade no Piauí, sob enfoques diversos.



## APRESENTAÇÃO

O livro *Estudos geográficos: um olhar para o estado do Piauí* reúne uma coletânea de oito capítulos produzidos por discentes, professores e pesquisadores do Grupo de Pesquisa cadastrado no CNPq/UFPI, intitulado Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino, vinculado ao Curso de Geografia e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), do Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL), da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

A iniciativa para elaborar esse produto deriva das ações do referido grupo de pesquisa, que visa fomentar e potencializar o conhecimento da geoinformação nos trabalhos da Geografia, tendo em vista, a importância da espacialização das variáveis geoambientais, socioeconômicas, culturais e políticas na compreensão do espaço geográfico de maneira totalizante e de forma integralizada.

Destacamos que o avanço da geoinformática tem possibilitado e estimulado a evolução das geotecnologias, pois propõe uma integração entre o método convencional de se trabalhar com a Geografia e o uso de tecnologias que utilizam técnicas matemáticas e computacionais para a manipulação e sistematização de informações geográficas.

Nesse sentido, ao enfatizarmos as geotecnologias como ferramentas que se mostram com grandes potencialidades e dinamicidade para o ensino e aprendizagem na Geografia, notamos que esse viés de análise e reflexão é fruto dos avanços das tecnologias geoinforma-

cionais proporcionadas pelo mundo moderno, que são materializadas pelas mais diversas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino, por meio do Geoprocessamento e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) nos estudos do ambiente.

A partir desta compreensão, selecionamos temas relativos à ocorrência de focos de calor, as experiências etnoclimatológicas, as paisagens eólicas, o mapeamento de poços tubulares, as arboviroses, a cadeia produtiva de quartzito, os processos erosivos no litoral e o estudo de sub-bacias hidrográficas urbanas.

Esperamos então que as análises e informações proporcionadas pelo presente livro possam subsidiar outros estudos geográficos no estado do Piauí, constituindo em fonte de informação relevante para qualificar e fortalecer a Geografia Piauiense, bem como potencializar novos estudos e novas abordagens dentro do Grupo de Estudo em epígrafe.

E finalmente, agradecemos a todos os autores, que possibilitaram a concretização do livro “Estudos geográficos: um olhar para o estado do Piauí”, com suas análises sobre as temáticas selecionadas, colocando-as à disposição da sociedade.

Os organizadores

# 1

## ANÁLISE GEOESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO PIAUÍ (2010 A 2019)

*Karoline Veloso Ribeiro*

*Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque*

**D**esde os primórdios da civilização humana e, expressivamente, com a ocupação empreendida pelos colonizadores, ocorreu uma superexploração dos recursos naturais, sobretudo da cobertura vegetal, sequenciado, em muitas ocasiões, pelo uso predatório e indiscriminado das queimadas (GOMES *et al.*, 2010). Destacamos que esta tradição secular, sobretudo no ambiente do Nordeste brasileiro, é utilizada para a limpeza do terreno e, conseqüentemente, para o plantio e/ou para a criação de animais.

Ao considerarmos as características fisionômicas e florísticas da Região Nordeste, aliadas a alta fragilidade e vulnerabilidade dos sistemas ambientais frente aos processos de uso e ocupação da terra, quando utilizadas de forma inadequada (SOUZA, 2000), há *a priori* uma maior incidência de queimadas e incêndios florestais, conseqüentes da ocorrência de focos de calor, que foram registrados na última década do século XXI, sequenciado ainda pelas secas recorrentes que se instalaram nesta região.

De acordo com Silva Filho *et al.* (2009), as queimadas correspondem a uma técnica de preparo do solo, que utiliza a aplicação do fogo para a limpeza do terreno. Por sua vez, o termo foco de calor é utilizado para o registro da ocorrência do fogo na superfície terrestre, obtido através das técnicas de sensoriamento remoto.

A importância da detecção das queimadas transcende a ocorrência dos focos de calor em si, uma vez que o sensoriamento remoto orbital se constitui em um importante sistema de monitoramento ambiental, sobretudo quando associado ao mapeamento de incêndios florestais e na identificação de áreas desmatadas (FLORENZANO, 2007).

De acordo com o exposto, constatamos a importância das técnicas e ferramentas do sensoriamento remoto e do geoprocessamento nas abordagens do espaço geográfico, quando estes se encontram inseridos em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Vale ressaltar que um SIG pode ser utilizado nas mais diversas perspectivas que englobam os estudos territoriais, assim como na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real (BURROUGH, 1987).

Neste contexto, objetivamos na pesquisa em epígrafe realizar uma análise tempo-espacial das ocorrências de focos de calor no estado do Piauí para os anos de 2010 a 2019, almejando quantificar e qualificar esses dados dentro do cenário progressivo e/ou regressivo, na concepção de configurar casos tendenciais, e potencializar a tomada correta de decisões por parte dos órgãos ambientais competentes, tendo em vista a quantificação e espacialização dos dados ao nível municipal.

Nesse sentido, foi empreendida uma avaliação dos focos de calor considerando os municípios piauienses (total de 224 unidades político-administrativas), procurando identificar, territorialmente, os 10 maiores e os 10 menores municípios com relação aos registros de focos de calor, no recorte temporal adotado na pesquisa. Não obstante, a abordagem contempla todos os municípios do estado do Piauí.

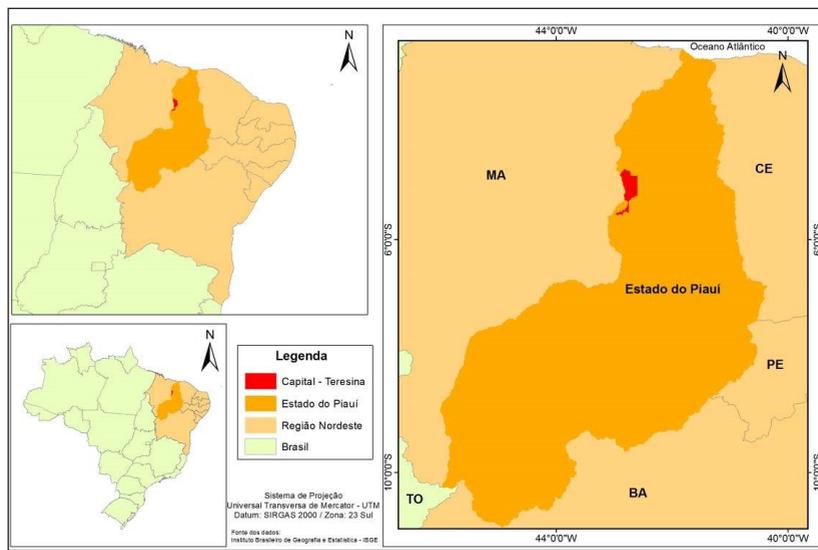
Portanto, o estudo realizado pretende identificar os setores espaciais (municípios) que possuem uma maior incidência de focos de calor para os anos em análise, possibilitando uma abordagem local no tocante a realização de ações por parte dos governos municipais e estadual, bem como dos órgãos ambientais competentes que cuidam deste tema, de forma a contribuir para o planejamento de ações e políticas públicas capazes de atender e superar os novos desafios que se colocam diante da temática em pauta.

## Metodologia

### Área de estudo

O Piauí está localizado no Nordeste do Brasil, e é o terceiro maior estado desta região em extensão territorial, com aproximadamente 251.529 km<sup>2</sup>. Do ponto de vista político-administrativo, o Piauí é dividido em 224 municípios. Seus limites são os seguintes: Oceano Atlântico (Norte), Bahia (Sul e Sudeste), Pernambuco e Ceará (Leste), Maranhão (Oeste e Noroeste), e Tocantins (Sudoeste). A capital do estado é Teresina (Figura 1).

**Figura 1** – Mapa de localização do estado do Piauí, Região Nordeste, Brasil



Fonte: RIBEIRO, K. V. (2020).

O relevo é predominantemente regular, visto que mais de 90% do Piauí situa-se em altitude inferior a 600 metros, e destes, mais de 50% tem altitude inferior a 300 metros. No litoral do estado, na porção Norte e nas margens do Rio Parnaíba são encontradas planícies litorâneas e aluviâneas, respectivamente. No setor Leste estão as chapadas da Ibiapaba e do Araripe, e ao Sul, as chapadas de Tabatinga e Manga-

beira, onde se encontram as maiores altitudes do estado, próximas dos 900 metros (PIAUÍ, 2010a).

No estado do Piauí são encontrados alguns tipos de vegetação, a exemplo da Caatinga, do Cerrado e da Mata dos Cocais. O clima no estado é preponderantemente tropical, posto que na borda Leste/Sudeste o semiárido ganha destaque, compreendendo aproximadamente 150 municípios (PIAUÍ, 2010b). A hidrografia do estado é compreendida essencialmente pela Bacia do Rio Parnaíba, eixo principal da drenagem piauiense (LIMA, 1982).

## **Procedimentos metodológicos e operacionais**

Os procedimentos metodológicos para a análise e quantificação dos focos de calor tiveram início com o levantamento bibliográfico e cartográfico da área em estudo. O levantamento bibliográfico permitiu identificar e avaliar a melhor metodologia a ser adotada, considerando as particularidades do recorte espacial da pesquisa. Destacam-se assim as contribuições de: Assad & Sano (1998); Novo (1998); Rocha (2000); Ferreira (2004), Florenzano (2007), Lang & Blaschke (2009), Gomes *et al.*, (2010), entre outros.

Foram utilizados os dados do satélite NOAA 18 (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), que é equipado pelo sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), ou seja, um Radiômetro Avançado de Resolução Muito Alta. Este sensor possui resolução espacial de 1x1 km, e tem uma banda de infravermelho sensível à variação de temperatura. É importante ressaltar que o sensor AVHRR não irá detectar focos de incêndios e sim focos de calor, em outras palavras, tudo que está sobre a superfície terrestre que possui uma temperatura superior a 47°C.

De acordo com Florenzano (2007), as imagens do satélite NOAA, através do sensor AVHRR, são muito utilizadas para detectar focos de incêndio, uma vez que permitem identificar e localizar, em tempo real, focos de fogo ativo em todo o território brasileiro, respeitando as configurações de captura por sensoriamento remoto, tendo em vista que é um satélite do tipo polar de baixa altura.

O satélite mencionado possui múltiplos usos, dentre os quais: I) avaliar a distribuição da temperatura sobre o mar e a terra; II) indicar

condições meteorológicas e agrometeorológicas; III) identificar área queimada por meio dos canais adicionais (região do visível e infravermelho) e IV) monitorar queimadas, mostrando-se muito útil na identificação das ocorrências dos focos de calor, considerando os princípios e as resoluções (espacial, temporal, radiométrica e espectral) do sensoriamento remoto orbital.

Vale mencionar que a escolha do satélite NOAA-18/sensor AVHRR é justificada pela sua precisão na captura dos dados, já que a órbita deste satélite passa no trecho que compreende o recorte espacial da pesquisa a partir das 18:00h, ou seja, abrange o horário noturno. Como a captura dos registros é realizada a noite, a probabilidade de se confirmar o foco de calor como incêndio na vegetação é quase que certa.

Os dados em estudo foram obtidos através de *download* no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através do Banco de Dados de Queimadas (BRASIL, 2020), em formato *shapefile*. Procedeu-se na sequência com a: 1) padronização dos dados georreferenciados; 2) criação do banco de dados geográfico (BDFocosCalor); 3) tabulação dos dados e 4) espacialização dos focos de calor para os anos de 2010 a 2019, tendo em mente todos os registros obtidos entre o dia 1º de janeiro a 31 de dezembro de cada ano em análise. Salientamos que o mapeamento dos focos de calor foi realizado em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando recursos dos *softwares* QGIS 2.18.3 (plataforma livre) e ArcGIS 10.2 (com licença registrada na Universidade Federal do Piauí, UFPI).

É válido lembrar que somente frentes de fogo com mais de 30 metros de diâmetro são passíveis de serem detectadas pelo sensor, e que a presença de nuvens e o sombreamento das árvores interferem diretamente na detecção dos focos de calor. Deste modo, salientamos que a quantidade de registros detectados representa apenas uma fração da real ocorrência (SILVA FILHO *et al.*, 2009), mas corroboramos que estes dados são os que mais se aproximam da realidade dentro do escopo temporal da pesquisa.

De posse dos dados, que foram agregados à representação cartográfica dos municípios piauienses (arquivo *shapefile* obtido no site do IBGE), obtivemos a possibilidade da geração de mapas temáticos. A espacialização e classificação dos dados, por intermédio de técnicas

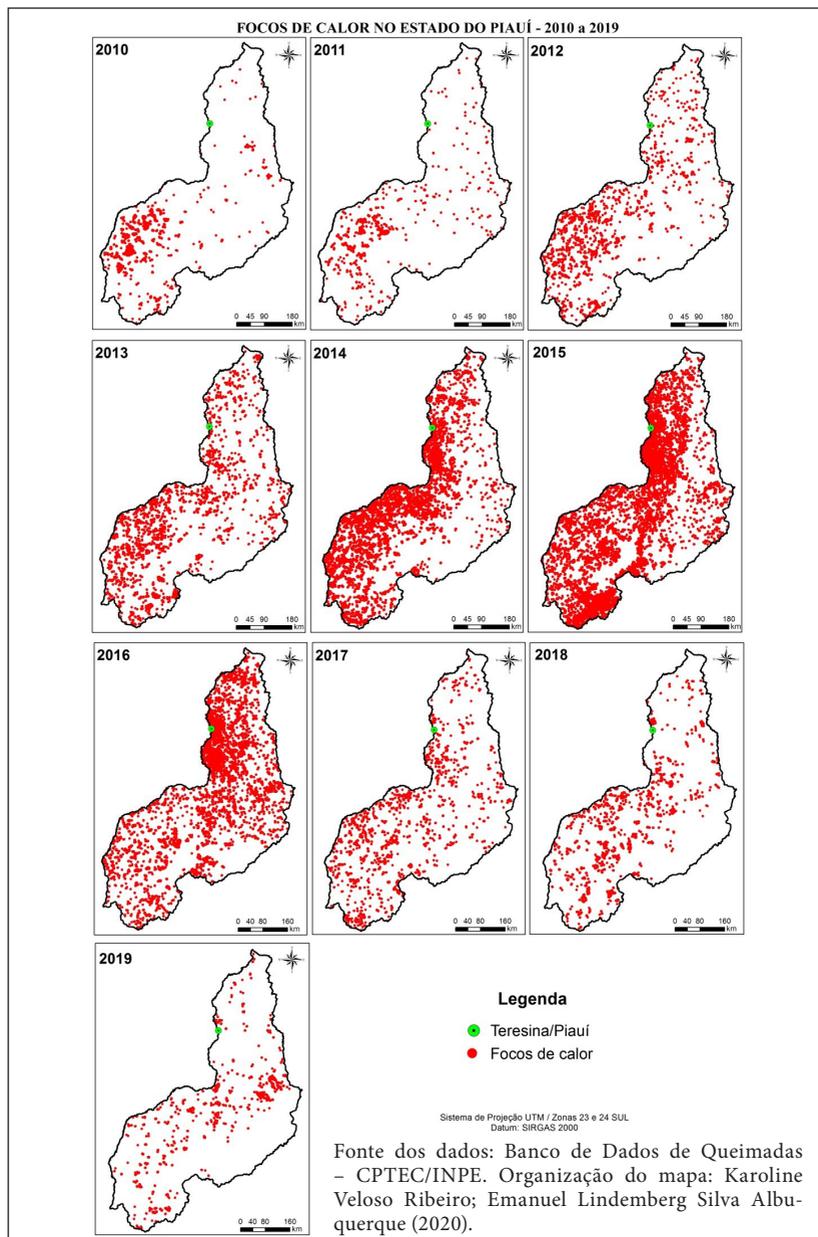
de geoprocessamento, viabilizou a elaboração de mapas pertinentes à pesquisa, consentindo, assim, na análise da evolução espaço-temporal dos focos de calor.

## **Resultados e discussões**

Na ótica de realizar a análise têmporo-espacial das ocorrências de focos de calor no estado do Piauí para os anos de 2010 a 2019, e no intuito de quantificar e qualificar as informações obtidas dentro do contexto progressivo e/ou regressivo, os dados vetoriais (feição pontual) das ocorrências foram processados em ambiente SIG, atrelados ao banco de dados geográfico, pelo qual foram estruturados.

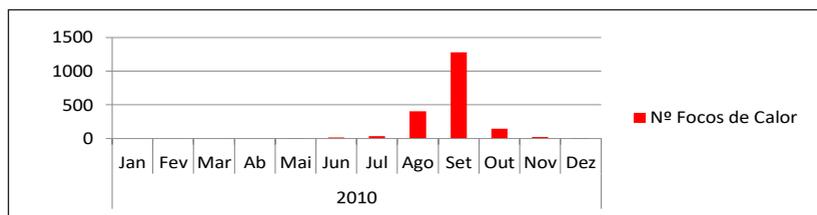
Feita esta etapa, inferimos um total de 44.907 focos de calor no estado, no somatório da década em análise, a saber: 2010, com 1.914 registros; 2011, com 960 registros; 2012, com 1.969 registros; 2013, com 3.507 registros; 2014, com 9.099 registros; 2015, com 14.361 registros; 2016, com 7.711 registros; 2017, com 2.270 registros; 2018, com 1.906 registros e 2019, com 1.210 registros, conforme é sistematizado na Figura 2.

**Figura 2** – Focos de calor registrados no estado do Piauí, nos anos de 2010 a 2019



Ao estudar o ano de 2010 (Figura 3), averiguamos que as maiores ocorrências se concentraram nos meses de agosto e setembro, com uma maior incidência na porção Sudoeste e Sul do estado, como é possível visualizar no mapa constante na Figura 2. Este mapa trata do mosaico georrerenciado das ocorrências dos focos de calor no recorte espacial e temporal da pesquisa.

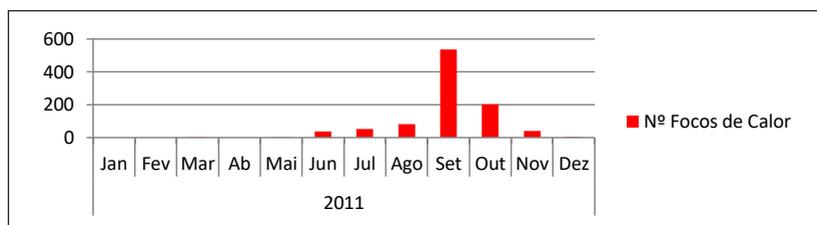
**Figura 3** – Número mensal de focos de calor no estado do Piauí no ano de 2010



Fonte: Banco de Dados de Queimadas CPTEC/INPE.

Na avaliação do ano de 2011 (Figura 4), constatamos que as ocorrências se estenderam de julho a dezembro, com uma maior concentração na porção Sudoeste do estado, como é possível visualizar na Figura 2. Para o ano em análise, observamos uma tendência de redução das ocorrências de janeiro a junho, sendo que o mês de setembro se destacou com 537 registros. É importante salientar que não foram identificados focos de calor no período de janeiro a maio, pois estes meses correspondem ao período chuvoso – quando se tem –, e mais úmido, nessa porção do Nordeste brasileiro.

**Figura 4** – Número mensal de focos de calor no estado do Piauí no ano de 2011

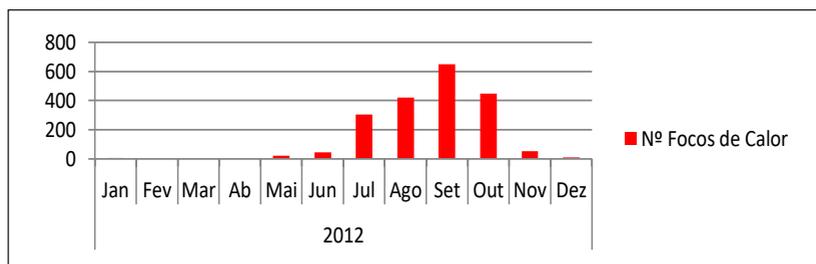


Fonte: Banco de Dados de Queimadas CPTEC/INPE.

Quando analisamos o ano de 2012 (Figura 5), verificamos uma maior concentração dos focos de calor nos meses de julho a novembro, sendo que o ápice dos registros foi identificado no mês de setembro, com 648 ocorrências. É fundamental observar que houve um aumento notório ao compararmos os dados deste ano com o ano de 2011, de 960 passou-se para 1.969 registros, ou seja, houve um acréscimo de mais de 51,3% na mesma área territorial.

Em análise espacial do ano de 2012 (Figura 2), corroboramos de uma ampliação significativa e bem distribuída dos focos de calor em todo o estado, mas com uma predominância nas porções Sudoeste e Sul do Piauí, sobretudo em áreas com vegetação de Cerrado e nos setores mais próximos a calha fluvial do Rio Parnaíba.

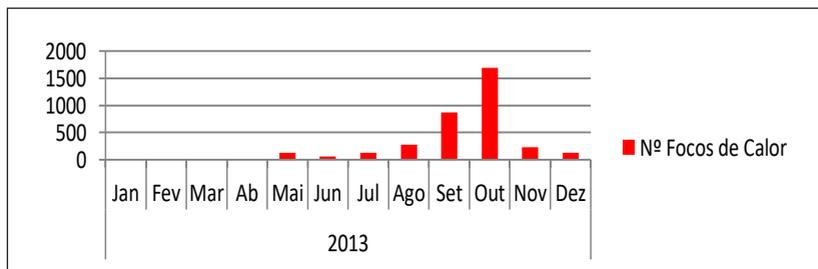
**Figura 5** – Número mensal de focos de calor no estado do Piauí no ano de 2012



Fonte: Banco de Dados de Queimadas CPTEC/INPE.

Ao observarmos o ano de 2013 (Figura 6), constatamos uma maior concentração dos focos de calor nos meses de agosto a dezembro, com o ápice dos registros identificado no mês de outubro, com 1.686 ocorrências. Do ponto de vista territorial, foram identificados neste ano 3.507 focos, distribuídos espacialmente no estado, mas com uma concentração bem nítida nos setores Sudoeste e Sul, tendência até o momento identificada também nos outros anos (Figura 2).

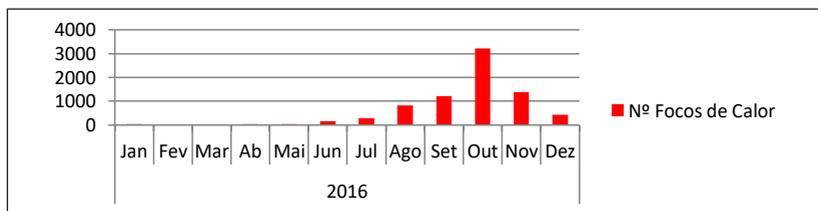
**Figura 6** – Número mensal de focos de calor no estado do Piauí no ano de 2013



Fonte: Banco de Dados de Queimadas CPTEC/INPE.

Com enfoque no ano de 2014 (Figura 7), descobrimos uma maior concentração nos meses de julho a novembro, no qual seu ápice se refere ao mês de setembro, com 2.747 focos de calor. Ao comparar o mês de setembro de 2013, onde foram identificados 866 focos, com o mês de setembro de 2014, houve um aumento de aproximadamente 68,5%. Do ponto de vista espacial, os focos de calor (total de 9.099 registros) tiveram uma maior concentração na parte Oeste e Sudoeste do estado, como é possível visualizar na Figura 2.

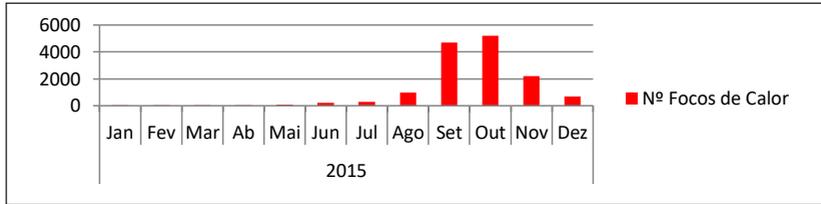
**Figura 7** – Número mensal de focos de calor no estado do Piauí no ano de 2014



Fonte: Banco de Dados de Queimadas CPTEC/INPE.

No ano de 2015 (Figura 8), averiguamos uma maior concentração nos meses de agosto a dezembro, sendo que o maior fluxo, se deu no mês de outubro, com um total de 5.205 registros. Vale ressaltar que o ano de 2015, registrou o maior quantitativo de focos de calor para o recorte espacial da pesquisa, totalizando 14.361 registros. As maiores concentrações se deram na parte Oeste e Sul do estado (Figura 2).

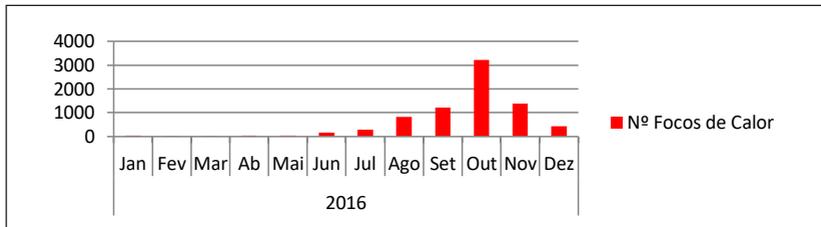
**Figura 8** – Número mensal de focos de calor no estado do Piauí no ano de 2015



Fonte: Banco de Dados de Queimadas CPTEC/INPE.

Em 2016 (Figura 9) foram identificados 7.711 focos de calor, sendo que os maiores episódios ocorreram entre os meses de julho a dezembro, com destaque para o mês de outubro, que registrou 3.226 ocorrências. Do ponto de vista espacial, merece notoriedade os registros identificados no setor Oeste, com ênfase para a região do médio Parnaíba e as áreas adjacentes de Teresina (Figura 2).

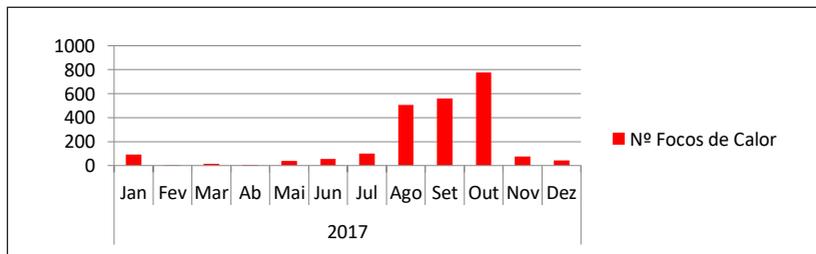
**Figura 9** – Número mensal de focos de calor no estado do Piauí no ano de 2016



Fonte: Banco de Dados de Queimadas CPTEC/INPE.

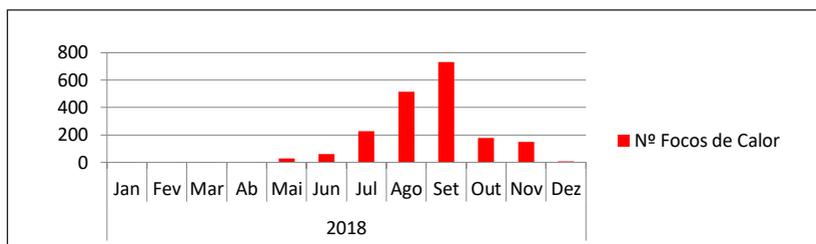
É interessante observar que a partir do ano de 2016 até 2019, constatamos uma redução no número de focos registrados, decrescente de 2.270 (ano de 2017), 1.906 (ano de 2018), chegando a 1.210 no ano de 2019. Mesmo sendo ainda um número expressivo, é evidente tal redução, já que o cenário da modelagem dos focos de calor ainda persiste mais significativamente nos meses de agosto, setembro e outubro, conforme é possível diagnosticar nas Figuras 10, 11 e 12.

**Figura 10** – Número mensal de focos de calor no estado do Piauí no ano de 2017



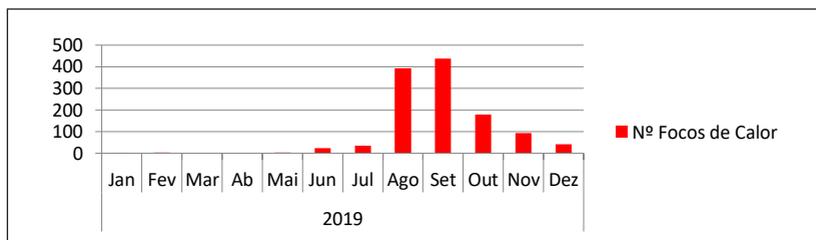
Fonte: Banco de Dados de Queimadas CPTEC/INPE.

**Figura 11** – Número mensal de focos de calor no estado do Piauí no ano de 2018



Fonte: Banco de Dados de Queimadas CPTEC/INPE.

**Figura 12** – Número mensal de focos de calor no estado do Piauí no ano de 2019



Fonte: Banco de Dados de Queimadas CPTEC/INPE.

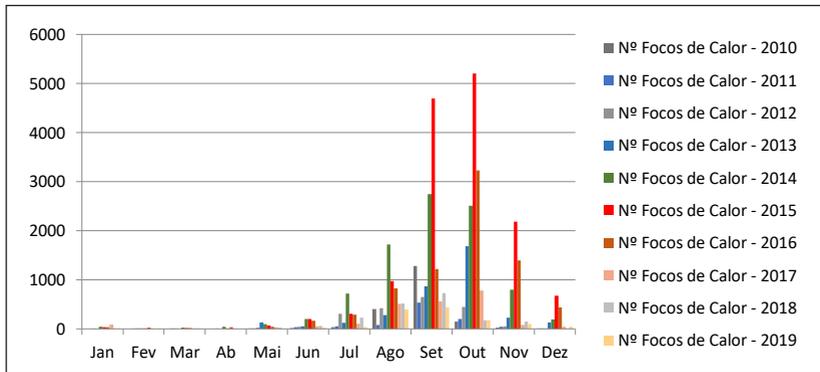
Ao estudarmos espacialmente as ocorrências dos focos de calor no estado do Piauí (2010 a 2019), percebemos um aumento significativo dos registros em todo o estado, com algumas concentrações expressivas em alguns setores do mapa (Figura 2), a exemplo dos

setores: Oeste, Sudoeste e Sul do estado, onde predomina o Cerrado piauiense, e em áreas de franca expansão do agronegócio.

Nesse sentido, ao levarmos em conta, os dados agregados (Figura 13), vemos uma predominância na ocorrência dos focos de calor no segundo semestre do ano (julho a dezembro), sendo que os maiores registros ocorreram sempre nos meses de agosto, setembro e outubro. Dentro do recorte temporal em análise, o mês de agosto ganhou destaque no ano de 2014, com 1.719 registros; o mês de setembro ganhou vulto no ano de 2015, com 4.691; e o mês de outubro com maiores registros foi também no ano de 2015, com 5.205.

Em síntese, ocorre uma tendência do aumento das ocorrências a partir do mês de julho, que atinge o ápice sempre entre os meses de setembro e outubro, e é a partir destes meses, que verificamos uma queda até dezembro, sequenciada por baixos registros de janeiro a junho, como é nitidamente retratado na figura seguinte.

**Figura 13** – Focos de calor registrados mensalmente no estado do Piauí (2010 a 2019)



Fonte: Banco de Dados de Queimadas CPTEC/INPE.

Ao analisar os dados obtidos (focos de calor) e fazendo os devidos cruzamentos com as informações climatológicas para a área em estudo, verificamos que o primeiro semestre do ano (janeiro/junho) é favorecido por melhores condições de umidade, mesmo com totais pluviométricos abaixo da média histórica. Destacamos então, no recorte temporal/espacial da pesquisa, secas recorrentes, sobretudo,

nos anos de 2010 a 2019, conforme dados do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE).

De acordo com Souza (2000), no regime pluviométrico do semiárido, e área de entorno, é grande a variação que se manifesta ao longo do ano, bem como nos totais mensais das chuvas entre diferentes anos, uma vez que prepondera a variação temporo-espacial, associada ainda a incerteza das precipitações. Não obstante, quando se configura a estação chuvosa, esta tem duração de três a cinco meses, e o restante do ano é marcado pela ausência quase absoluta das precipitações.

Vale salientar que o estado do Piauí apresenta regime pluviométrico altamente heterogêneo, com três tipos de clima bem definidos, a saber: I) Tropical úmido, no setor Norte do estado, particularmente no litoral; II) Tropical, predominando na porção Centro-Oeste e; III) Semiárido, nos setores Sul e Sudeste (PIAUI, 2010b).

Atendendo as particularidades termo-pluviométricas do Nordeste brasileiro, a irregularidade temporal e espacial das chuvas, aliada ao registro de elevadas temperaturas por influência de sua tropicalidade, tende a ser um potencializador para o aumento de incêndios florestais/queimadas, que são quantificados como focos de calor em sensoriamento remoto.

É possível vislumbrar um cenário tendencial destas ocorrências no estado do Piauí, uma vez que essa análise permite subsidiar, conforme os dados apresentados (2010 a 2019), a tomada correta de decisões por parte dos órgãos ambientais competentes, tendo em vista que os registros encontram-se materializados no tempo e no espaço.

Desta forma, a Tabela 1, apresenta os dez municípios que registraram os maiores quantitativos de focos de calor no estado do Piauí, considerando o recorte espacial da pesquisa, bem como aqueles que tiveram poucos registros.

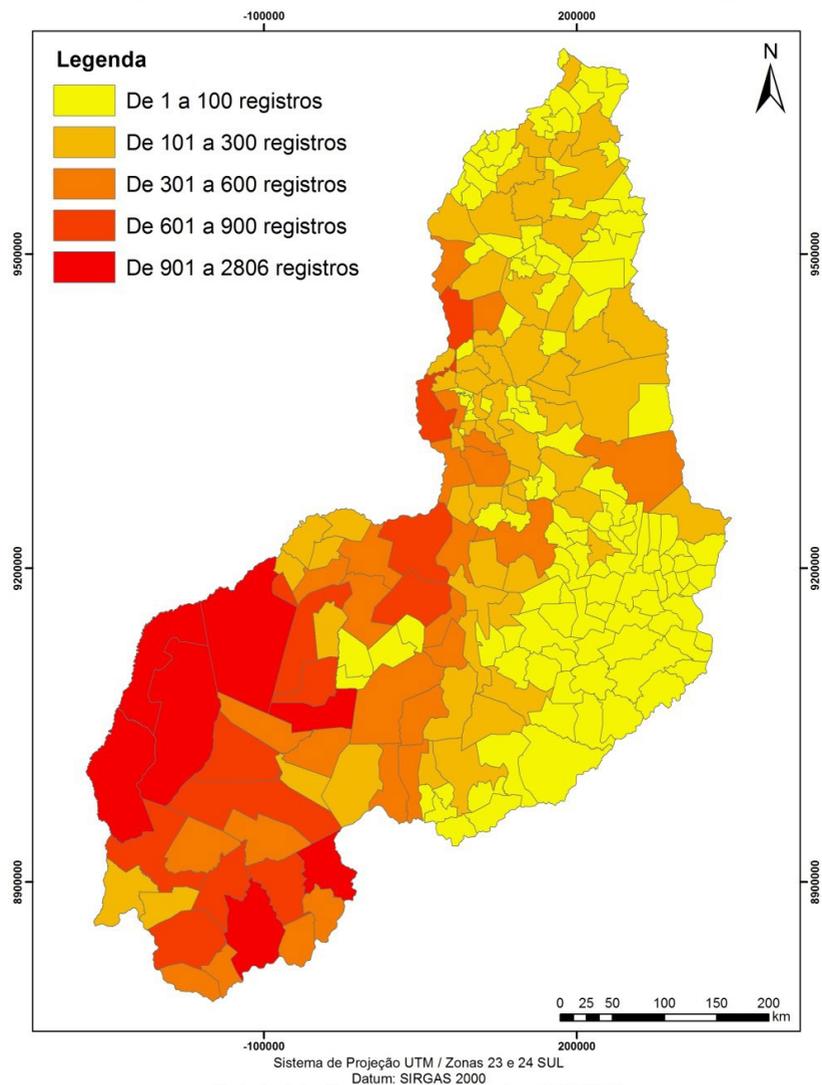
**Tabela 1** – Municípios com maiores e menores registros de focos de calor no estado do Piauí (2010 a 2019)

Município	ANOS										Total
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
<b>Estado do Piauí</b>	<b>1.914</b>	<b>960</b>	<b>1.969</b>	<b>3.507</b>	<b>9.099</b>	<b>14.361</b>	<b>7.711</b>	<b>2.270</b>	<b>1.906</b>	<b>1.210</b>	<b>44.907</b>
Baixa Grande do Ribeiro	843	119	205	229	618	391	192	131	57	21	2.806
Uruçuí	338	214	239	307	667	388	119	155	118	30	2.575
Parnaguá	29	11	119	132	184	1.288	143	18	16	41	1.981
Santa Filomena	90	28	104	136	418	211	152	86	32	9	1.266
Ribeiro Gonçalves	57	24	106	114	302	183	99	85	40	21	1.031
Morro Cabeça no Tempo	14	1	3	81	29	565	84	63	141	2	983
Alvorada do Gurguéia	18	2	103	44	212	235	148	24	97	55	938
Currais	43	38	97	143	199	200	25	58	29	33	865
Floriano	5	11	20	100	312	193	67	30	60	46	844
Curimatá	18	9	3	89	35	591	33	27	1	16	822
Floresta do Piauí	0	0	0	2	0	1	3	0	0	0	6
Marcolândia	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5
Cap. Gervásio de Oliveira	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5

Município	ANOS											Total
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2019	
Estado do Piauí	1.914	960	1.969	3.507	9.099	14.361	7.711	2.270	1.906	1.210	44.907	
Wall Ferraz	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	4	
São João da Varijota	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	4	
Dom Inocêncio	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	
Bonfim do Piauí	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	4	
São Julião	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3	
Dirceu Arcoverde	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	3	
Ilha Grande	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	

Fonte: BDQueimadas-INPE. Elaboração: RIBEIRO, K. V. (2020).

**Figura 14** – Somatório dos focos de calor (2010 a 2019) nos municípios do estado do Piauí



Fonte dos dados: Banco de Dados de Queimadas – CPTEC/INPE. Organização do mapa: Karoline Veloso Ribeiro; Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque (2020).

Mencionamos que dos 224 municípios piauienses, 104 registraram, em seu território, mais de 100 focos de calor no recorte temporal adotado. Por outro lado, 80 municípios tiveram menos de 50 registros no mesmo período, com destaque para os municípios de Ilha Grande e Dirceu Arcoverde.

Neste viés de análise, o mapa temático da Figura 14, permite a visualização da distribuição espacial dos focos de calor no território piauiense no somatório de 2010 a 2019, e possibilita a localização dos maiores e menores municípios quanto aos registros identificados pelo satélite NOAA 18/sensor AVHRR. Por outro lado, é possível ainda avaliar a presença de agrupamentos de municípios (setores espaciais) com altos índices de focos de calor, a exemplo dos setores localizados na porção Oeste, Sudoeste e Sul do estado do Piauí.

## **Considerações finais**

O estado do Piauí apresentou ao longo dos anos altos índices de focos de calor. No que concerne aos objetivos almejados, foram identificados 44.912 registros obtidos pelo satélite NOAA 18, através do sensor AVHRR, para os anos de 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019, com respectivamente 1.914, 960, 1.969, 3.507, 9.099, 14.361, 7.716, 2.270, 1.906 e 1.210 ocorrências, merecendo destaque o ano de 2015.

Percebemos que os registros ficaram agrupados, sobretudo, no segundo semestre do ano (julho a dezembro), sendo que as maiores incidências de focos de calor concentraram-se nos meses de agosto, setembro e outubro. É importante salientar que no primeiro semestre do ano (janeiro a junho), os dados são insignificantes, já que corresponde ao período chuvoso e mais úmido nessa porção do Nordeste brasileiro.

Na perspectiva de identificar os municípios com maiores e menores números de focos de calor, apresentamos na sequência a lista dos dez municípios com mais (I) e menos (II) registros, a saber: I) Baixa Grande do Ribeiro (2.806), Uruçuí (2.575), Parnaguá (1.981), Santa Filomena (1.266), Ribeiro Gonçalves (1.031), Morro Cabeça no Tempo (983), Alvorada do Gurguéia (938), Currais (865), Floriano (844) e Curimatá (822). II) Floresta do Piauí (6), Marcolândia (5),

Capitão Gervásio de Oliveira (5), Wall Ferraz (4), São João da Varjota (4), Dom Inocêncio (4), Bonfim do Piauí (4), São Julião (3), Dirceu Arcoverde (3) e Ilha Grande (1).

Com base nos dados e considerando o processo histórico de uso e ocupação da terra na Região Nordeste, é possível afirmar que esta concentração de focos de calor no segundo semestre do ano se dá em virtude, sobretudo, da tradição secular do preparo da terra para o plantio no ano vindouro, onde a limpeza do terreno é sequenciada pela queima, bem como pelo avanço do agronegócio na região do Cerrado piauiense, a exemplo dos setores Oeste, Sudoeste e Sul do estado do Piauí.

É válido lembrar que os registros obtidos não contemplam a quantidade exata de queimadas que existiram *in loco*, tendo em vista que a presença de nuvens e o sombreamento das árvores podem interferir diretamente na detecção dos focos de calor, associados ainda às características de resolução (espacial, temporal, espectral e radiométrica) do satélite/sensor utilizado, ainda que esse cenário seja o que mais se aproxima da realidade das ocorrências de focos de calor registrados no estado do Piauí.

Desta forma, validamos que os dados obtidos no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (BDQueimadas/INPE) são de fundamental importância na caracterização espacial dos focos de calor para os mais diversos objetivos, visto o seu rico banco de dados para todo o território brasileiro.

Em suma, a pesquisa retratada possibilita múltiplas apreciações quanto ao tema pretendido, sendo que os registros quando analisados de forma pormenorizada podem facilitar a elaboração e fornecer dados importantes, voltados para o planejamento e a gestão territorial no estado do Piauí.

## Referências

ALBUQUERQUE, E. L. S.; LIMA, I. M. M. F. Análise dos sistemas ambientais no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Poti, estado do Ceará. *In*: XI Simpósio Nacional de Geomorfologia – SINAGEO, 11, 2016. Maringá-PR. **Anais...** Maringá-PR: SINAGEO, 2016.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. Ed. Brasília: EMBRAPA, 1998.

BRASIL, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE. **Dados pontuais de focos de calor**. Programa de Monitoramento de Focos. Disponível em: <http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/>. Acesso em: 1 fev. 2020.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Claredon Press, 1987.

FERREIRA, N. J. (Org.). **Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

GOMES, D. D. M.; MEDEIROS, C. N. de; ALBUQUERQUE, E. L. S. Análise têmporo-espacial das ocorrências de focos de calor no estado do Ceará: configuração dos cenários no contexto das unidades fitogeográficas e das Macrorregiões de Planejamento. **Texto para Discussão**, Fortaleza, n. 90, p. 1-28, dez., 2010.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Texto, 2009.

LIMA, I. M. M. F. **Caracterização geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Poti**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ. Rio de Janeiro, 1982.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1998.

PFALTZGRAFF, P. A. S.; TORRES F. S. M.; BRANDÃO, R. L. (Orgs.). **Geodiversidade do estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010.

PIAUI, Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação**, PAEPI. Teresina: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2010a.

\_\_\_\_\_. **Plano Estadual de Recursos Hídricos – Relatório Síntese**. Teresina, PI: SEMAR, 2010b.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000.

SILVA FILHO, E. B. da; TELES, L. J. S.; SANTOS NETO, L. A. dos. Ocorrências de focos de calor no estado de Rondônia em 2007. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 21(2), p. 123-140, ago., 2009.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. *In*: SOUZA, M. J. N.; LIMA, L. C.; MORAIS, J. O. (Orgs.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: Ed. FUNECE, 2000.

ZANELLA, M. E.; OLÍMPIO, J. L. S.; COSTA, M. C. L.; DANTAS, E. W. C. Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. **Revista Sociedade e Natureza**, v. 2, n. 25, p. 317-332, 2013.



# 2

## EXPERIÊNCIAS ETNOCLIMATOLÓGICAS E PREVISÃO DE CHUVAS NO MUNICÍPIO DE PEDRO II, ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL

*Lucas Almeida Monte*

*Carlos Sait Pereira de Andrade*

**C**onsideramos que a previsão do tempo apresenta significativa importância para o ser humano, sobretudo baseando-se no âmbito social. É por meio dela que as populações realizam a organização das suas atividades cotidianas, na perspectiva de evitar transtornos com os fenômenos atmosféricos repentinos e/ou momentâneos.

Assim sendo, a previsão do tempo, em termos históricos, expõe maior importância para a agricultura (CONTI, 1998), no momento em que todo o sistema agrícola, seja ele modernizado ou não, depende de maneira direta das condições atmosféricas momentâneas, condições estas fornecidas por órgãos específicos ligados às previsões técnicas do tempo.

As características climáticas do Nordeste brasileiro dificultam o desenvolvimento de atividades pela população rural, especialmente as voltadas para o setor agrícola, na região do semiárido. Essa configuração climática influenciou o surgimento dos “profetas da chuva”, que realizam previsões do tempo de forma tradicional, por meio de conhecimentos ancestrais efetivados empiricamente nas suas relações cotidianas com o ambiente (MAGALHÃES, 1952).

Diante do exposto, o estudo dos elementos climáticos apresenta expressiva importância científica no campo da Climatologia Agrícola, sobretudo em análises voltadas para que a produção agrí-

cola ocorra de maneira satisfatória e sem prejuízo. Dentre os elementos, inserem-se a: radiação solar, temperatura, umidade, ventos, entre outras variáveis.

De acordo com o Ayoade (1996), a distribuição da atividade agrícola pelo mundo ocorre de acordo com cada zona climática, verificando-se que os elementos mencionados são utilizados como limites geográficos. A Região Nordeste, particularmente, é caracterizada pela variabilidade das condições atmosféricas, podendo ocorrer anos de estiagens prolongadas e períodos com elevado total pluviométrico (MARENGO, 2008), exibindo, ainda, fatores limitantes quanto às condições edafoclimáticas ao desenvolvimento da agricultura.

Por sua vez, a previsão tradicional da chuva realizada pelos profetas populares em meio a um ambiente com clima adverso e caracterizado pelas incertezas contribui para a valorização das experiências e vivências humanas cotidianas, que são fundamentais na análise do espaço geográfico (CAPEL, 1973).

A valorização das relações e estratégias humanas com a natureza, torna-se fonte de dados para início de possíveis investigações a respeito da essência dos fenômenos em suas dinâmicas e processos associados, acarretando assim ao surgimento do campo científico da Climatologia Geográfica voltada para o estudo do conhecimento climático popular, denominado Etnoclimatologia (SARTORI, 2014).

Nos estudos etnoclimatológicos são pertinentes os desdobramentos sobre a percepção climática originada através da observação dos elementos da natureza, levantando questões sobre como essa atividade é realizada para a compreensão dos fenômenos meteorológicos, com o objetivo de adaptação às condições climáticas locais/regionais.

A previsão da chuva de forma tradicional, a partir dos elementos da natureza em contato com os elementos da atmosfera terrestre, encontra-se presente nos estudos da Etnoclimatologia. Nasuti *et al.* (2013) descreve que este campo científico se define como a percepção das pessoas sobre as variações climáticas com fundamento na observação da natureza, e possui suas análises baseadas no estudo da Antropologia do Clima, face às condições climáticas adversas enfrentadas, a exemplo dos moradores da Região Nordeste do Brasil, especificamente da área do semiárido piauiense.

Em estudos sobre a observação empírica de fenômenos e elementos climáticos e meteorológicos no mundo, pesquisadores têm relatado características que caminham na mesma direção: as percepções tradicionais sobre o clima e seus fatores são realizadas de maneira cotidiana pela observação direta dos fenômenos naturais, destacando as chuvas, ventos, formação de nuvens, entre outros elementos atmosféricos.

Neste sentido, alguns trabalhos voltados para essa temática vêm sendo realizados, dentre os quais merece destaque os trabalhos de Orlove *et al.* (2004), que menciona as maneiras como estas previsões tradicionais têm sido realizadas em regiões dos Andes, bem como as análises de Guevara (2006), que discute os fatores biológicos e os bioindicadores de chuvas na região de Piura (Peru) para o desenvolvimento agrícola local, no intuito de contribuir com a tomada de decisões para o enfrentamento dos períodos com ausência ou abundância de chuvas.

Não obstante, inferimos que outros estudos têm destacado a utilização de elementos da natureza na previsão tradicional das chuvas, como animais diversos (pássaros, insetos, entre outros) e vegetais. Araújo *et al.* (2005) destaca a Etnoornitologia como contribuição para a realização da previsão tradicional do tempo.

Diante disso, considerando as especificidades do clima no Nordeste do Brasil, e as formas de adaptação das comunidades tradicionais nesta área, objetivamos nesse estudo identificar as concepções e técnicas utilizadas pelos agricultores familiares do município de Pedro II, estado do Piauí, no intuito de compreender as previsões etnoclimatológicas, a partir dos “profetas da chuva”. Cabe salientar, que a escolha deste município se deu devido ao fato de uma maior presença de pessoas que realizam a previsão de chuva, de maneira tradicional, no estado do Piauí.

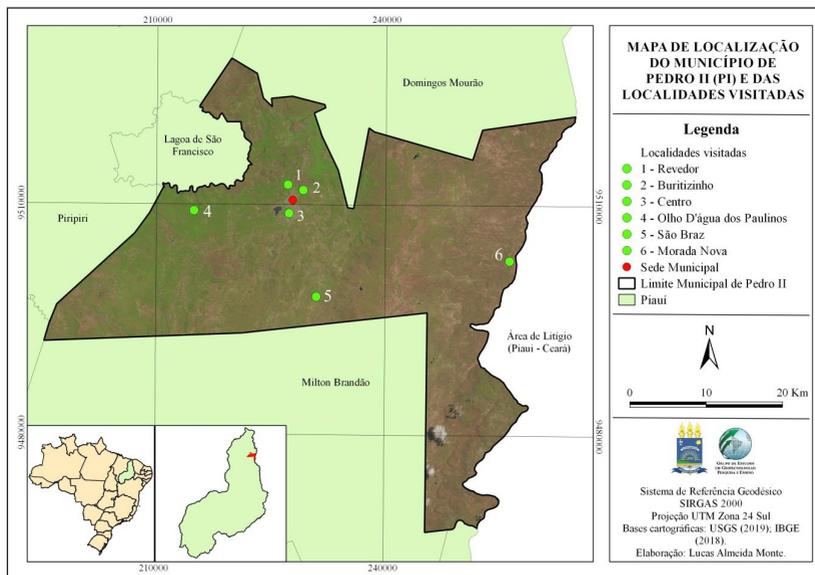
## **Materiais e métodos**

### ***Área de estudo***

O município em evidência, Pedro II, situa-se na mesorregião Centro-Norte piauiense (04°25'29”S 41°27'31”O), e possui distância

aproximada de 203 km de Teresina, capital do estado do Piauí (Figura 1). O município de Pedro II apresenta área territorial de 1.518 km<sup>2</sup> e população estimada em 38.742 habitantes (IBGE, 2019).

**Figura 1** – Mapa da localização de Pedro II (PI) e das localidades visitadas no município



Fonte: MONTE, L. A. (2017).

Vale ressaltar que o município de Pedro II possui sua geomorfologia derivada, essencialmente, do planalto oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba, cujo compartimento corresponde à sua borda Leste, derivando formas de relevo do tipo cuesta, apresentando relevo com altitudes que chegam a 603 metros.

Em relação às suas características climatológicas, o município apresenta dois principais tipos climáticos atuantes: I) tropical úmido com máximos pluviométricos no verão (Aw) e II) semiárido (BSh), de acordo com a classificação climática de Köppen. O primeiro apresenta valores de pluviosidade que podem alcançar 1.300 mm/ano, enquanto o segundo, contribui para a ocorrência de estiagens e elevação das temperaturas (ARAÚJO, 2010).

Com a ocorrência do clima semiárido no Nordeste brasileiro, temos a inclusão de grande parte dos municípios no Polígono das Secas, que corresponde a uma denominação das áreas com significativos índices de aridez e suscetibilidade às estiagens, sejam elas longas ou curtas, como é o caso do município de Pedro II (PI).

### *Procedimentos metodológicos*

Na fase inicial da pesquisa foi realizado um Trabalho de Campo exploratório para reconhecimento da área de estudo, assim como para identificar os “profetas da chuva” (conhecedores das dinâmicas de previsão de chuvas) no município de Pedro II (PI), através de contatos prévios com um guia local.

Após esta fase, foram organizadas as informações sobre os agricultores que realizam previsões de chuva no município e iniciou-se a etapa de coleta dos dados junto aos profetas da chuva. Esta fase foi realizada intencionalmente num momento específico do ano, posteriormente ao período de realização das experiências pelos profetas, a exemplo da “Experiência da Primavera” e da “Experiência das Pedras de Sal”.

Para o estabelecimento da espacialidade do recorte da pesquisa, a localização das residências e das pequenas propriedades agrícolas visitadas foram georreferenciadas, conforme apresentadas na Figura 1. A etapa da coleta de informações foi desenvolvida com o auxílio da técnica de bola de neve, que consiste na indicação de mais entrevistados por pessoas que tenham sido entrevistadas anteriormente (PATTON, 1990; VINUTO, 2014). Esta técnica, além de estabelecer os atores no contexto da pesquisa por intermédio de uma declaração da própria comunidade, é relatada como fundamental, em pesquisas onde o acesso aos informantes é difícil ou pouco conhecido (DEWES, 2013).

A coleta de dados foi realizada através de entrevistas semiestruturadas, que utilizam questionários pré-determinados, funcionando como orientação na condução das entrevistas (CANNEL; KAHN, 1974). Os questionários foram constituídos de perguntas abertas e fechadas relacionadas ao perfil dos agricultores, características da agricultura familiar desenvolvida, informações sobre o conhecimento

de conceitos climatológicos e meteorológicos, e de técnicas de previsão das chuvas no município. Ressalvamos que os questionários foram testados no pré-campo realizado no mês de outubro de 2016, que objetivou a adequação das questões ao contexto pesquisado e a inserção de informações importantes ao tema (ALVES; SILVA, 1992).

Dessa forma, entre os meses de outubro e dezembro de 2016, foram realizadas sete entrevistas semiestruturadas, constituídas por perguntas abertas e fechadas, visando a adequação das mesmas aos diferentes entrevistados (CANNEL; KAHN, 1974), com aplicabilidade nas localidades de São Braz (um entrevistado), Revedor (um entrevistado), Olho D'Água dos Paulinos (um entrevistado), Morada Nova (um entrevistado), Buritizinho (um entrevistado) e na sede municipal de Pedro II (dois entrevistados) (Figura 1).

Estes entrevistados foram escolhidos por trabalharem com agricultura e realizarem a previsão das chuvas para obter sucesso na própria produção e contribuir com outros agricultores que não realizam as previsões.

No momento das entrevistas foram visitadas as propriedades agrícolas onde os agricultores residiam. Estas propriedades se localizam, em sua maioria, na zona rural do município de Pedro II. A condução das entrevistas foi compartilhada com visitas às áreas de cultivo e visualização de alguns instrumentos utilizados tanto para o desenvolvimento das lavouras, quanto para as técnicas empregadas na previsão das chuvas.

Para a análise das informações foram realizadas associações entre a configuração das entrevistas ao que foi observado *in loco*. Na exposição dos resultados, foi aplicada a técnica da estatística descritiva das informações coletadas, na perspectiva de melhor retratar os cenários relatados. Além disso, nas perguntas abertas, desenvolveu-se a categorização das respostas para contemplar as diversas possibilidades das informações descritas na pesquisa.

Cabe reforçar que, em algumas perguntas havia a possibilidade de os entrevistados mencionarem mais de uma resposta, caso achassem necessário. Devido a esse fato, em algumas perguntas há um número de respostas maior do que o número de entrevistados.

## Resultados e discussões

Perfil sociodemográfico dos entrevistados e caracterização da atividade agrícola familiar

Dentre os entrevistados, todos eram do sexo masculino, quanto às mulheres, elas não faziam as previsões da chuva, ficando apenas com a função de realizar as atividades da casa. Montenegro (2008) destaca que a participação feminina no meio rural, geralmente, é baseada no desenvolvimento de tarefas domésticas, sendo que a previsão das chuvas é uma atividade pouco realizada por elas, de maneira geral.

A faixa etária verificada entre os agricultores entrevistados variou de 40 e mais de 70 anos, distribuída da seguinte maneira: 40 a 50 anos (um entrevistado); 51 a 60 anos (um entrevistado); 61 a 70 anos (três entrevistados); e, acima de 70 anos (dois entrevistados). Quanto ao nível de escolaridade, foi verificado que grande parte (seis entrevistados) possui apenas o Ensino Fundamental, dentre os quais dois relataram não o ter completado. Apenas um entrevistado afirmou não saber ler e escrever.

A atividade agrícola desenvolvida no município de Pedro II se caracteriza por sua base familiar, gestão coletiva e produção em pequena escala, que de acordo com Milanez e Pupim (2008) utiliza pouca mecanização e tecnologia associadas aos cultivos desenvolvidos. Dentre os principais cultivos realizados pelos agricultores destacam-se: arroz, cana-de-açúcar, feijão e milho. Na criação de animais, as principais espécies predominantes nas propriedades são aves, caprinos, ovinos e suínos.

As técnicas agrícolas utilizadas pelos produtores no município em pauta caracterizam-se pelo desenvolvimento da agricultura familiar, que é realizada através do manejo agropecuário de forma tradicional, com destaque para a rotação de culturas e adubação orgânica.

Outras técnicas agrícolas foram mencionadas pelos entrevistados, tais como: brocagem da terra, que se define na limpeza e retirada de resíduos que possam atrapalhar o plantio, como restos de árvores; fazer roça com ou sem fogo, esta última, se caracteriza na retirada da vegetação herbácea/arbustiva, sequenciada pelo cercamento da propriedade, utilizando os troncos de árvores retiradas na brocagem; limpeza simples da terra a ser utilizada; utilização de equipamento fabri-

cado de maneira artesanal para nivelar a plantação em locais onde o terreno é acidentado; queima da terra; adubação orgânica; criação e utilização de minhocas para auxiliar na fertilidade do solo; utilização de pequenos sistemas de irrigação, com predominância do tipo gotejamento e uso de mangueiras com água proveniente de poços não artesianos e; realização da rotação de culturas.

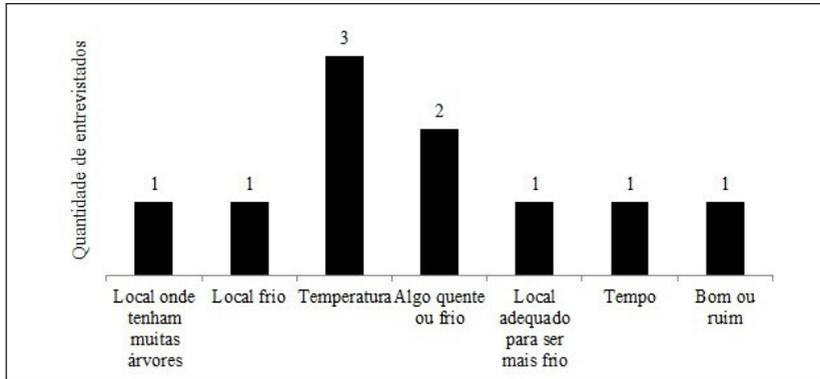
Apontamos então que entre os meses de julho a agosto as chuvas, geralmente, começam a cessar na região de Pedro II (PI), e com isso, a terra tende a ficar mais seca e menos propícia para a realização dos plantios. Durante este período e, sobretudo, no segundo semestre do ano, os agricultores relataram apenas realizar o preparo da terra para quando as chuvas começarem (seis entrevistados), além disso são utilizadas outras técnicas agrícolas durante esse período, como adubação (dois entrevistados). Entretanto, há agricultores que optam por não plantar nada a fim de evitar prejuízos na lavoura (três entrevistados).

A prática agrícola desenvolvida no município de Pedro II configura-se como a principal fonte de renda para grande parte dos entrevistados (seis entrevistados), enquanto um entrevistado relatou possuir outra profissão. Porém, entre todos os entrevistados foi comum a resposta sobre a fonte de renda extra, que se baseia na criação de animais e na prática do comércio.

## **Concepções tradicionais sobre tempo e clima**

As concepções do significado de clima para os agricultores (Figura 2) foram representadas através da: associação de clima “a um local onde tenham muitas árvores” (um entrevistado); descrição relacionando clima a “um local frio” (um entrevistado); relação entre “clima e temperatura” (três entrevistados); associação de clima como “algo que seja quente ou frio” (dois entrevistados); vinculação a um “local que é adequado para ser mais frio” (um entrevistado); associação entre clima e tempo, possuindo o mesmo significado (um entrevistado); e, por fim, relação do clima como “algo que pode ser bom ou ruim” (um entrevistado).

**Figura 2** – Concepção de clima segundo os agricultores familiares entrevistados

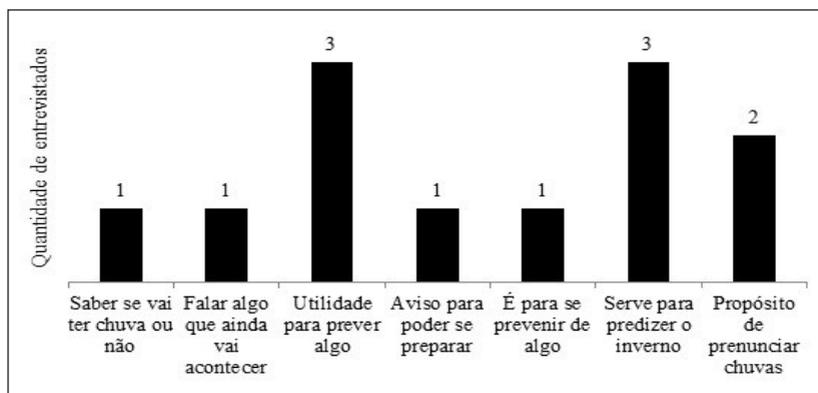


Fonte: MONTE, L. A. (2017).

Vale acentuar que o conhecimento sobre o clima, por parte dos agricultores entrevistados, é construído com base na própria percepção climática, proveniente de tradições geradas ao longo do tempo e de sua própria cultura. Por isso, observamos que as informações sobre clima e tempo relatadas se associam às suas bases experienciais cotidianas, bem como aos locais que talvez contenham essas características, ou seja, há uma organização própria do conhecimento local quando se correlaciona clima a locais frios e com presença de árvores.

De acordo com os entrevistados, a concepção sobre o significado de previsão do tempo (Figura 3) está atrelada a sua utilização, podendo servir para “saber se vai ter chuva ou não” (um entrevistado); falar algo “que ainda vai acontecer ou não foi visto” (um entrevistado); como utilidade para prever algo (três entrevistados); “avisar se vai chover ou não para poder se preparar” (um entrevistado); “se prevenir de algo” (um entrevistado); “predizer o inverno” (três entrevistados); e, “prenunciar as chuvas” (dois entrevistados). Nessa pergunta, os entrevistados poderiam relatar mais de uma resposta, o que justifica o fato de haver um maior número de respostas em relação ao número de pessoas consultadas.

**Figura 3** – Concepção de previsão do tempo para os agricultores entrevistados



Fonte: MONTE, L. A. (2017).

A importância da previsão do tempo é percebida entre todos os entrevistados quando estes afirmam que essa prática serve para, acima de tudo, poder prever a chuva. Entretanto, a utilização das informações veiculadas em jornais e telejornais sobre o tempo não são usadas como base e nem possuem credibilidade para uma parte dos entrevistados (três entrevistados), enquanto outros agricultores se dividiram ao afirmar que sempre utilizam as informações dos jornais e telejornais como base (quatro entrevistados).

Ainda assim, além das respostas citadas acima, no tocante à utilização dessas informações, os agricultores relataram que estas são usadas algumas vezes para a realização de seus plantios (um entrevistado), comparam com as próprias previsões (um entrevistado), e utilizam essas informações para verificar a veracidade das mesmas através das próprias observações (um entrevistado). Apesar disso, há o relato de entrevistados que não acreditam nas informações veiculadas pela mídia, porém se baseiam nelas para realizar a própria previsão da chuva (um entrevistado).

A previsão da chuva, de acordo com os atores da pesquisa, é uma prática histórica na região, sendo estas informações adquiridas junto ao núcleo familiar. Entretanto, há um número significativo de profetas da chuva que aprenderam as técnicas para realização das suas previsões sozinhos (quatro entrevistados), e também de profetas da

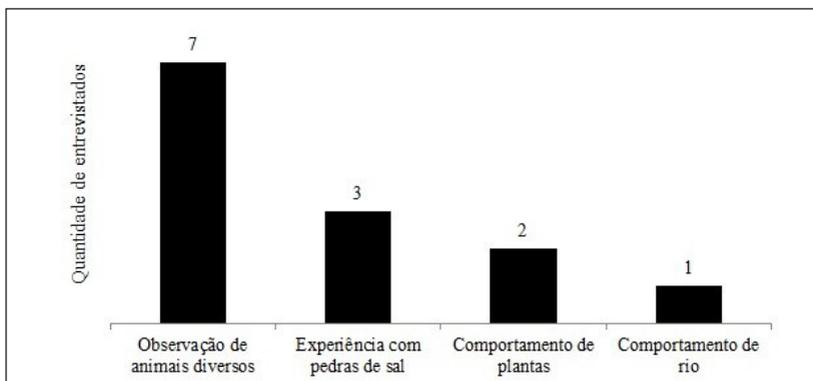
chuva que aprenderam as técnicas a partir da experiência dos mais velhos (três entrevistados).

Silva *et al.* (2014) afirma que o processo de aprendizagem da previsão de chuva no Nordeste brasileiro é realizado pelos integrantes mais velhos das famílias, que transmitem as informações dessa prática aos mais novos e estruturam, portanto, a organização ancestral da cultura.

Nesta perspectiva, o processo de previsão da chuva realizado no município de Pedro II envolve um conjunto de metodologias criadas para a obtenção de bons resultados nas previsões. Assim, as principais técnicas utilizadas e descritas nas entrevistas foram referentes à natureza (Figura 4), onde todos os entrevistados relataram a observação de animais diversos e demais elementos da natureza, como rios e plantas, dentre os quais foram citados: I) espécies de pássaros, como João-de-Barro (*Furnarius rufus*), Siriema (*Cariama cristata*) e Sabiá (*Turdus rufiventris*); II) formigas (quatro entrevistados); III) cupins (dois entrevistados); IV) maribondos (um entrevistado); V) piolho de cobra, da classe dos diplópodes (um entrevistado); VI) iguanas (um entrevistado) e; VII) aranhas caranguejeiras (um entrevistado); bem como pela: VIII) observação da dinâmica do rio (um entrevistado); IX) observação do comportamento de plantas (dois entrevistados), a exemplo do Mandacaru (*Cereus jamacaru*).

Além da observação desses principais elementos da natureza, os agricultores que realizam a previsão do tempo de maneira tradicional relataram, na entrevista, a utilização de técnicas específicas, como realização da experiência com pedras de sal, que foi relatada por três entrevistados.

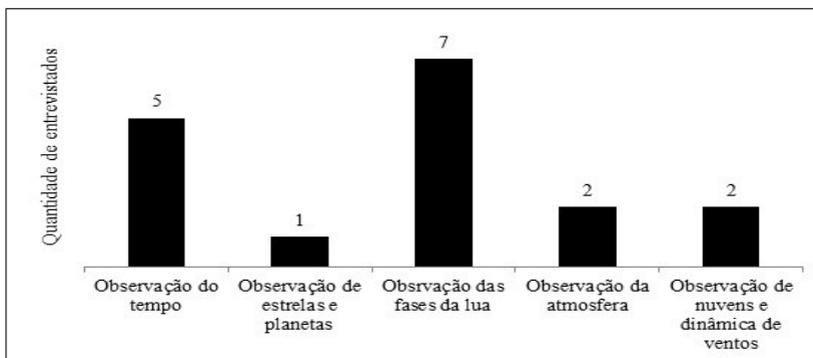
**Figura 4** – Previsão da chuva com elementos da natureza



Fonte: MONTE, L. A. (2017).

Os entrevistados informaram, também, outras técnicas para prever a chuva, considerando a observação de características atmosféricas (Figura 5), a partir dos seguintes elementos: I) observação do tempo (cinco entrevistados); II) observação de estrelas e planetas (um entrevistado); III) observação das fases da Lua (sete entrevistados); IV) observação da atmosfera (dois entrevistados); V) observação de nuvens; e VI) dinâmica dos ventos (dois entrevistados). As técnicas utilizadas pelos agricultores de Pedro II (PI) assemelham-se às utilizadas pelos profetas de outros estados do Nordeste brasileiro, a exemplo dos profetas da chuva do Ceará (MONTENEGRO, 2008).

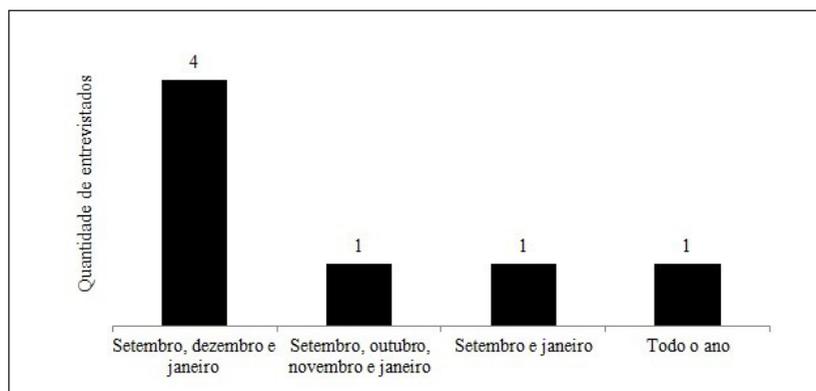
**Figura 5** – Previsão da chuva por elementos atmosféricos



Fonte: MONTE, L. A. (2017).

Mencionamos aqui que a realização das previsões da chuva ocorre em períodos específicos do ano, sendo o segundo semestre, o mais apropriado. Os entrevistados relataram que realizam as experiências em momentos distintos, como nos meses de: I) setembro, dezembro e janeiro (quatro entrevistados); II) setembro, outubro, novembro e janeiro (um entrevistado); III) setembro e janeiro (um entrevistado); e IV) durante todo o ano (um entrevistado) (Figura 6).

**Figura 6** – Principais períodos de realização das previsões de chuva



Fonte: MONTE, L. A. (2017).

Os meses de setembro e janeiro se mostraram comuns nas respostas dos entrevistados. Sobre isso, Galeno (1998) menciona que o segundo semestre do ano apresenta uma importância para a realização das previsões de chuvas, pelo fato de possuírem datas de cunho religioso ou momentos nos quais a estiagem esteja mais acentuada, como no mês de setembro. Neste mês, há a realização da “Experiência da Primavera”, período onde todos os agricultores fazem observações e anotações sobre a previsão para os seis primeiros meses do ano, que é o período de plantio e colheita dos agricultores no Nordeste brasileiro.

Quanto ao cunho religioso, o mês de dezembro configura-se como de essencial importância, em alusão ao dia de Santa Luzia (13 de dezembro). Como principal experiência relacionada às datas religiosas, há a realização da “Experiência das Pedras de Sal”, que são pedras de sal colocadas em superfície plana em cima das letras iniciais dos seis primeiros meses do ano e, que posteriormente são verificadas, se

possuem alguma quantidade de água em seu entorno. A letra inicial do mês que apresenta maior quantidade de água no seu entorno, corresponde a um bom período chuvoso naquele respectivo mês. Por fim, o mês de janeiro foi citado por possibilitar a observação na ocorrência da primeira lua cheia do mês. De acordo com os agricultores, caso haja nebulosidade em volta da lua, isso significa que haverá um bom período chuvoso, caso contrário significará período de estiagem.

As experiências relatadas representam aspecto cultural presente entre os agricultores do município de Pedro II. E repassar esses saberes da previsão de chuva significa preservar uma tradição secular. Porém, foi verificado que há uma queda na transmissão do conhecimento das técnicas para a prevenção da chuva no município. Este fato foi comprovado no relato da maioria dos entrevistados (total de seis), que afirmaram que são os únicos na família que realizam as previsões, ocorrendo, de maneira reduzida, a presença de membros familiares que também realizam a previsão, que é o caso de apenas um dos entrevistados.

O compartilhamento das informações dos profetas da chuva acontece em diversos espaços e tempos. Dentre os espaços está a própria comunidade onde o profeta reside e desenvolve suas atividades agrícolas. De acordo com alguns entrevistados (no total de quatro relatos), pessoas de suas próprias comunidades vão em busca de informações relacionadas às previsões da chuva para o ano vindouro.

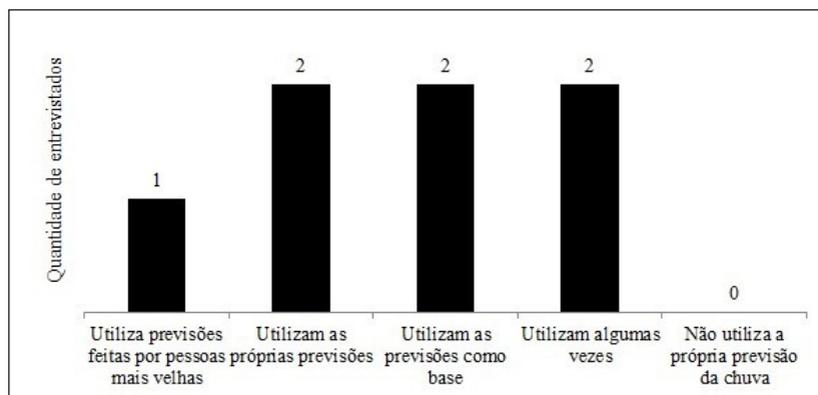
Frisamos que essa realidade, historicamente, acontece em outras partes do mundo, quando as comunidades depositam confiança nas pessoas que fazem as previsões da chuva. Esse fato se torna específico quando ocorre em regiões semiáridas, pois são áreas de grande escassez hídrica. Entretanto, há o relato de profetas da chuva que afirmam a inexistência de pessoas que buscam obter informações das previsões (relato de três entrevistados).

Por outro lado, todos os entrevistados declararam que informam as previsões obtidas para outros agricultores da região, e o principal meio de divulgação das experiências é através de conversas com os demais agricultores na sede municipal (Pedro II), local onde eles se encontram durante a realização de suas atividades cotidianas na cidade.

Corroboramos que todos os profetas da chuva utilizam as próprias previsões para realizarem suas práticas agrícolas, porém ocorrem algumas divisões sobre a forma como eles usam as informações gera-

das. Esta comprovação foi esquematizada da seguinte forma: I) utilizam de maneira integral (dois entrevistados); II) utilizam previsões feitas por pessoas mais velhas e experientes no processo de prever as chuvas (um entrevistado); III) utilizam apenas como base para realizar o plantio, não as seguindo por completo (dois entrevistados); e IV) utilizam as previsões algumas vezes (dois entrevistados) (Figura 7).

**Figura 7** – Utilização das previsões da chuva no plantio feito pelos agricultores



Fonte: MONTE, L. A. (2017).

Em vista disso, constatamos um relato comum a todos os entrevistados: logo após a primeira chuva o plantio é realizado, independente de qual tenha sido a previsão concretizada pelos profetas da chuva. Não obstante, estas previsões ainda representam significativa importância na organização dos agricultores para efetivação de seus plantios.

Entretanto, a veracidade das informações emitidas pelos profetas da chuva é questionada, segundo os entrevistados, por pessoas que afirmam não concordar com as previsões (um entrevistado), enquanto outras pessoas da própria comunidade concordam, porém não as seguem como base para o plantio (um entrevistado). Há ainda pessoas que concordam com as informações, mas realizam comparações com as previsões do tempo emitidas por jornais e telejornais (um entrevistado). As pessoas que confiam nas informações emitidas pelos profetas da chuva não só concordam, mas também realizam o plantio

a partir dessas informações (dois entrevistados), verificamos também pessoas que simplesmente concordam (dois entrevistados).

Com base nessas informações, percebemos que o nível de abrangência das previsões da chuva pode possuir diferentes escalas. De acordo com a grande maioria dos profetas (quatro entrevistados), as suas previsões servem apenas para a área onde se situa o município de Pedro II, enquanto outros entrevistados relataram que podem abranger outras áreas, a exemplo de todo o estado do Piauí e toda a região do Nordeste brasileiro.

## **Considerações finais**

Com o objetivo de identificar as técnicas utilizadas para previsão das chuvas no município de Pedro II (PI), foi possível conhecer a caracterização social dos entrevistados e suas relações com o ambiente local. Desta forma, todos os agricultores entrevistados foram do sexo masculino. Este dado é relevante no sentido de mostrar que a cultura da previsão das chuvas, no setor espacial em análise, é fortemente praticada por homens.

É importante salientar que os profetas da chuva de Pedro II representam uma prova de perpetuação da cultura através dessa prática, tendo em vista que alguns agricultores aprenderam a realizar as previsões pela experiência com as pessoas mais velhas, enquanto outros desenvolveram essas habilidades individualmente.

O perpetuamento da prática popular de se prever a chuva se configura como um desafio para os profetas, considerando que, com as informações coletadas junto a eles, os familiares ou demais pessoas que estejam fora do convívio familiar não possuam interesse em realizar as previsões, ameaçando uma prática cultural que vem sendo desenvolvida e eternizada ancestralmente.

Diante da evolução tecnológica da previsão do tempo, a partir da ciência meteorológica, ainda existem formas e técnicas tradicionais de se prever as condições de tempo. Por sua vez, no semiárido do Nordeste brasileiro, esta é uma tradição secular que é repassada de geração em geração, a exemplo dos profetas da chuva do município de Pedro II, estado do Piauí.

## Referências

- ALVES, Z. M. M. B.; SILVA, M. H. G. F. D. Análise qualitativa de dados de entrevista: uma proposta. **Revista Paidéia**, Ribeirão Preto, n. 2, fev./jul., 1992.
- ARAÚJO, H. F. P.; LUCENA, R. F. P.; MOURÃO, J. Prenúncio de chuvas pelas aves na percepção de moradores de comunidades rurais no município de Soledade-PB, Brasil. **Revista Interciência**, Caracas, v. 30, n. 12, p. 764-769, dez., 2005.
- ARAÚJO, J. L. L. **Atlas Escolar do Piauí: geo-histórico e cultural**. João Pessoa: Grafset, 2010.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- CANNEL, C. F.; KAHN, R. L. Coleta de dados por entrevista. *In*: FESTINGER, L.; KATZ, D. **A pesquisa da Psicologia Social**. Rio de Janeiro: EFGV, 1974.
- CAPEL, H. Percepción del medio y comportamiento geográfico. **RACO – Revista de Geografia**, Barcelona, v. 7, n. 1, p. 58-150, 1973.
- CONTI, J. B. **Clima e Meio Ambiente**. 6. ed. São Paulo: Atual, 1998.
- DEWES, J. O. **Amostragem em bola de neve e respondent-driven sampling: uma descrição dos métodos**. 53 f. 2013. Monografia (Graduação) – Curso de Bacharelado em Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.
- FOLHES, M. T.; DONALD, N. Previsões tradicionais de tempo e clima no Ceará: o conhecimento popular à serviço da ciência. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 19-31, dez., 2007.
- GALENO, A. S. **Seca e inverno nas “experiências” dos matutos**. Fortaleza: Coopcultura, 1998. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/123334830/SECA-E-INVERNO-NAS-EXPERIENCIAS-DOS-MATUTOS-CEARENSES>. Acesso em: 12 ago. 2016.
- GUEVARA, F. T. Indicadores biológicos y ambientales abióticos predictores de clima en la subcuenca Yapaterra, distrito de Frias; Ayabaca – Piura. **Observatorio Cambio Climático**. Piura, 2006.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades – Pedro II**. 2015. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=220790>. Acesso em: 4 set. 2016.
- MAGALHÃES, J. Previsões folclóricas das secas e dos invernos no Nordeste brasileiro. **Revista do Instituto do Ceará**, Fortaleza, 1952. Disponível em: <http://www.institutoceara.org.br/revista/Rev-apresentacao/>

RevPorAno/1952/1952-PrevisoesFolcloricasSecasInvernosnoNordesteBrasil eiro.pdf. Acesso em: 12 abr. 2016.

MARENCO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 13, n. 27, p. 149-176, dez., 2008.

MILANEZ, B.; PUPPIM, J. A. Ambiente, pessoas e labor: APLs além do desenvolvimento econômico na mineração de opalas em Pedro II, no Piauí. **Cadernos EBAPE**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 4, p. 528-546, dez., 2009.

MONTENEGRO, A. F. **Ceará e o profeta da chuva**. Fortaleza: Edições UFC, 2008.

NASUTI, S.; CURTI, M. V.; SILVA, N. M.; ANDRADE, A. J. P.; IBIAPINA, I.; SOUZA, C. R.; SAITO, C. H. Conhecimento tradicional e previsões meteorológicas: agricultores familiares e as “experiências de inverno” no semiárido potiguar. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 44, p. 383-402, jun., 2013.

ORLOVE, B. S.; CHIANG, J. C. H.; CANE, M. A. Etnoclimatología de los Andes. **Investigación y Ciencia**, Barcelona, n. 330, mar., 2004.

PATTON, M. Q. **Qualitative Evaluation and Research Methods**. 2. ed. Newbury Park, CA: Sage Publications Inc., 1990.

SARTORI, M. G. B. **Clima e percepção geográfica**: fundamentos teóricos à percepção climática e à bioclimatologia humana. Santa Maria: Pallotti, 2014.

SILVA, N. M.; ANDRADE, A. J. P.; ROZENDO, C. “Profetas da chuva” do Seridó potiguar, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas**, Belém, v. 9, n. 3, p. 773-795, set./dez., 2014.

VINUTO, J. A. amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. **Revista Temáticas**, Campinas, v. 22, n. 44, p. 203-220, ago./dez., 2014.

# 3

## PAISAGENS EÓLICAS: um olhar para o município de simões, estado do piauí

*Nairo Bruno de Araujo*  
*Karoline Veloso Ribeiro*

**E**m virtude da preocupação com os problemas ambientais, no que se refere à geração de energia, surgiram nas últimas décadas fontes alternativas conhecidas como “energia verde” ou “energia limpa” – com destaque para as energias renováveis, a exemplo da energia eólica –, pautadas no desenvolvimento sustentável e na perspectiva de suprir as necessidades energéticas almejadas pelo homem.

Nesse sentido, o desenvolvimento de energia sustentável não deve ameaçar o ecossistema do planeta e nem colocar em risco a qualidade de vida das gerações futuras e atuais. Dessa maneira, quanto maior a eficiência energética, maior a probabilidade de que se tenha um futuro com um uso superior de energia sustentável, melhorando assim, o bem-estar social.

Para Simas (2012), a utilização de fontes alternativas de energia tornou-se a principal estratégia para a mitigação global dos gases do efeito estufa. O autor ainda destaca que a busca por soluções para a mitigação das mudanças climáticas exige esforços conjuntos, na concepção de encontrar tecnologias de geração de energia que ofereçam segurança energética a longo prazo, preços acessíveis e baixos impactos ambientais.

Atualmente, comparada às outras regiões brasileiras, a capacidade instalada na Região Nordeste chega a ser de 86%, e 35,6% da geração elétrica na região, tornando-a assim uma potência nacional e regio-

nal, no que tange a produção de energia elétrica proveniente dos ventos, conforme afirma Bezerra (2019) e dados do Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – agosto/2019 (MME, 2019).

De acordo com Fadigas (2011), no tocante ao potencial eólico brasileiro, podemos considerar que o Brasil é favorecido na questão dos ventos, que se caracteriza por uma presença duas vezes maior que a média mundial e com uma variabilidade menor em uma área extensa, como é o caso do setor Sudeste do estado do Piauí, particularmente na borda ocidental da Chapada do Araripe, a exemplo do município de Simões (PI).

Desta forma, esta pesquisa objetivou compreender como o relevo do município de Simões, estado do Piauí, pode favorecer na produção de energia eólica e identificar quais os impactos ambientais são causados pela instalação dos parques eólicos, através da quantificação das mudanças das paisagens na área em estudo.

Para que houvesse essa compreensão, foram estabelecidos os seguintes propósitos específicos: identificar as mudanças espaço-temporais das áreas de estudo, utilizando uma série temporal das imagens do *Google Earth* dos anos de 2013, 2014, 2015 e 2019; compreender como o relevo da região pode facilitar na produção de energia elétrica através das usinas eólicas; e relatar a localização dos aerogeradores frente à legislação ambiental vigente.

Esta pesquisa se justifica pela relevância da localização, já que o município de Simões (PI) se encontra na região da Chapada do Araripe, e o segundo município com maior número de usinas eólicas na região, do lado piauiense, ficando atrás apenas do município de Marcolândia, além de nos fazer entender como a chegada dessas usinas eólicas favoreceu a economia da região.

Portanto, ao observarmos as condições físico-naturais e antrópicas no município de Simões, estado do Piauí, a partir da geração de energia eólica, esperamos que este delineamento possa ser um importante aliado na promoção de novos estudos para outras áreas e/ou ambientes que possuam características semelhantes a este.

## Material e método

### *Referencial teórico*

A força cinética localizada nas massas de ar da atmosfera é chamada de vento. Este elemento que compõe a natureza se tornou um recurso aproveitável pela humanidade desde os primórdios, pois sua utilização tornou possível a realização de várias atividades, tais como: bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica (ANEEL, 2005, p. 93).

Desde o descobrimento do petróleo como matéria-prima, na segunda metade do século XIX e meados do século XX, como forma de produção de energia elétrica pelas termelétricas, como também para a produção de energia mecânica através do setor de transporte e na indústria para a fabricação de produtos e medicamentos derivados do petróleo, este recurso se tornou também objeto de disputa entre nações, ao ponto de que sua grande exploração, juntamente com a descoberta de que este não era um recurso natural renovável, contribuiu para que o petróleo se tornasse muito caro e seus preços sofressem várias alterações. Essas características provocaram a assim chamada crise do petróleo, na década de 1970. Dessa forma, as energias renováveis se tornaram alternativas para a produção de energia elétrica, como cita a Agência Nacional de Energia Elétrica:

Para a geração de eletricidade, as primeiras tentativas surgiram no final do século XIX, mas somente um século depois, com a crise internacional do petróleo (década de 1970), é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial (ANEEL, 2005, p. 93).

Além da crise do petróleo, anos depois, as grandes organizações mundiais começaram a se preocupar com as questões relacionadas ao clima, principalmente com o aquecimento global e, portanto, abriu-se uma discussão em torno do uso de combustíveis fósseis utilizados para a produção de energia, visto que começamos a observar que o meio ambiente já estaria sendo afetado pelo intenso uso dos combustíveis fósseis. Em relação a esse aspecto, Castro (2009, p. 6) afirma que:

O surgimento das energias renováveis dá-se a partir dos choques petrolíferos da década de 1970. Por um lado, a necessidade de assegurar a diversidade e segurança do fornecimento de energia e, por outro lado, a obrigação de proteger o ambiente, cuja a degradação é acentuada pelo uso de combustíveis fósseis, motivaram o renovado interesse pelas renováveis.

No entanto, essa discussão vem alertar para que novas ações sejam tomadas para que possamos mitigar os efeitos causados pelo elevado uso desses combustíveis. Dentre as formas de produção de energia que não são tão impactantes ao meio ambiente, temos as fontes de energias renováveis, formadas pela energia eólica, energia solar, energia hidrelétrica, biomassa, entre outras, sendo as renováveis, a “escolha prioritária para a expansão da capacidade de geração elétrica” (LOSEKANN; HALLACK, 2018, p. 631).

Com o passar dos anos, a utilização da energia eólica se tornou mais intensa pelo mundo, ao ponto de se tornar uma alternativa para a produção de energia elétrica. Essa fonte de energia teve seu processo inicial de desenvolvimento para utilização, distribuição e comercialização na Europa, que se tornou também o principal produtor de energia elétrica derivada dos aerogeradores no mundo. Portanto,

a Europa foi a pioneira no aproveitamento da energia eólica e responde atualmente por grande parte da capacidade instalada mundialmente. Os esforços de desenvolvimento tecnológico ocorreram historicamente naquela região, em especial na Alemanha e na Espanha, de onde provieram os principais fabricantes de aerogeradores (LAGE; PROCESSI, 2013, p.13).

No Brasil, adotamos uma matriz energética limpa por possuímos uma grande quantidade de rios e lagos, na maior parte do ano, perenes. Esta forma de geração de energia se tornou a responsável por grande parcela da produção energética brasileira. No entanto, a utilização das usinas hidrelétricas dentro do território brasileiro para a produção de energia já foi bem mais intensa. Mas segundo os dados do Banco de Informações de Geração (BIG) da ANEEL, a capacidade instalada total hidrelétrica vem diminuindo.

No ano de 2008, o Brasil apresentava cerca de 75,68% da capacidade total instalada, e em 2016, a potência hidráulica total chegou a 64,5%, como mostra o Boletim de Energia Hidráulica (ANEEL, 2017, p. 1). Em 2019, até a data desta pesquisa, o referido boletim publicou que a capacidade instalada total é de 60,83% (ANEEL, 2019).

A diminuição na capacidade de instalação hidráulica aconteceu devido a “pressão de caráter ambiental contra as usinas hidrelétricas de grande porte” (ANEEL, 2008, p. 52), provocando impactos relacionados a fauna e a flora da região de instalação da usina, além de modificar o modo de vida da população ali existente. Contribui, ainda, para que se formem grandes lagos e reservatórios, favorecendo na elevação do nível dos rios, e na modificação de cursos d’água (ANEEL, 2008).

A utilização de outras formas de combustíveis renováveis favorece a diversificação na produção de energia elétrica, como é o caso das eólicas. Após estudos, como coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime dos ventos juntamente com os aspectos geográficos naturais: relevo, vegetação e interações térmicas entre a superfície terrestre e a atmosfera, foi determinado o potencial eólico brasileiro e constatado que o Brasil, apresenta condições específicas e favoráveis para a instalação das primeiras usinas eólicas, que se tornaram realidade ainda na década de 1990:

Os primeiros anemógrafos computadorizados e sensores especiais para a energia eólica foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha (PE), [...]. Os resultados dessas medições possibilitaram a determinação do potencial eólico local e a instalação das primeiras turbinas eólicas do Brasil (ANEEL, 2005, p. 94).

Os estudos em conjunto com a ANEEL, o Ministério de Ciência e Tecnologia e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), através do Centro Brasileiro de Energia Eólica, teve como resultado, a publicação da primeira versão do Atlas Eólico da Região Nordeste, no ano de 1998 e, posteriormente, o Panorama do Potencial Eólico no Brasil (ANEEL, 2005).

No começo dos anos 2000, o Brasil intensificou o investimento na produção de energia, portanto, o primeiro passo importante para a inserção da energia eólica no Brasil foi dado com a criação do Programa

de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA (Lei nº 10.438/2002), iniciativa governamental destinada a diversificar a matriz energética nacional e fomentar o mercado interno para o uso dessa fonte, além de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e empreendimentos termelétricos de biomassa (BEZERRA, 2019).

Além da diversificação da matriz energética, vários outros aspectos foram responsáveis para que o Brasil investisse nesta forma de energia, como “a segurança no fortalecimento de energia, o incentivo ao desenvolvimento de novas indústrias e a geração de empregos” (SIMAS; PACCA, 2013, p. 105).

Através desta nova perspectiva, percebemos que esses investimentos não eram por causa da preocupação com o meio ambiente, diferentemente de outros países do mundo, pois o Brasil sempre utilizou os recursos renováveis como forma de produção energética, a exemplo das usinas hidrelétricas. Dessa forma:

Com o Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro, em vigor desde 2004, os incentivos passaram a ocorrer mediante leilões específicos para a geração eólica ou leilões de fontes alternativas, já que a fonte eólica ainda não era competitiva em relação a fontes tradicionais, como a hidrelétrica, o gás natural, o óleo combustível, etc. (LAGE; PROCESSI, 2013, p. 198).

De acordo com os estudos realizados, a Região Nordeste apresenta um grande potencial eólico por possuir condições naturais favoráveis, principalmente relacionadas à velocidade e duração dos ventos no decorrer do ano possibilitando, assim, o aproveitamento do vento para a conversão de energia eólica em energia elétrica, o que faz com que a região seja beneficiada com investimentos, garantindo um maior desenvolvimento do setor.

Para confirmar o exposto, Bezerra e Santos (2017, p. 2) ressaltam que “o Nordeste se destaca, em razão de seu elevado potencial eólico e por dispor de inúmeros sítios com velocidades médias de ventos, dentre as maiores do país”. Dessa forma, este cenário se mostra promissor e muito vantajoso para vultosos investimentos na Região Nordeste como, inclusive, já se observa atualmente, particularmente,

no rebordo ocidental da Chapada do Araripe, no estado do Piauí, a exemplo de Simões, objeto de análise deste estudo.

## **Procedimentos metodológicos e operacionais**

Para o estudo e caracterização das usinas eólicas no município de Simões, foi realizada pesquisa bibliográfica do tema de estudo e pesquisa cartográfica do recorte espacial em questão. A pesquisa, em várias fontes bibliográficas, permitiu identificar a melhor metodologia para o desenvolvimento da análise sobre o tema proposto e, consequentemente, sobre o tema em pauta.

Dessa maneira, a documentação utilizada neste estudo constitui-se de pesquisa bibliográfica, artigos em periódicos, monografias, dissertações e teses, assim como dados institucionais que tratam especificamente de assuntos relacionados à geração de energia eólica e que se encontram em consonância com a temática.

Para produzir as representações relacionadas quanto a localização do município em questão, localização dos aerogeradores e cruzamento de informações sobre as torres eólicas frente à legislação ambiental, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), para melhor representar e facilitar a compreensão do objeto de estudo.

Contudo, utilizamos bases de dados do: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018); da Empresa de Planejamento e Logística – EPL (2018); Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2019); Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio; e Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS (2019). Além da utilização de base de dados de órgãos oficiais para a produção dos demonstrativos de representação, precisamos ainda, fazer consultas em sítios da internet para poder auxiliar na busca de informações e embasamento da pesquisa.

Para a produção dos mapas aqui representados, foram empregadas as técnicas de geoprocessamento em ambiente de SIG, utilizando o Sistema de Referência de Coordenadas – Universal Transversa de Mercator (UTM) – DATUM SIRGAS 2000/UTM Zona 24 S, aplicado no *software* QGIS 3.4.

É importante destacar que durante a pesquisa houve tanto a facilidade como a dificuldade de encontrar informações relevantes para o desenvolvimento do trabalho, sobretudo, quanto aos dados atuais a respeito do complexo eólico presente no município de Simões (Piauí). Salientamos que o importante é que as buscas pelas informações de complementação para este trabalho foram, na medida do possível, satisfatórias para a fundamentação teórica e para o desenvolvimento das aplicabilidades práticas em todo o estudo.

## **Resultados e discussões**

### *Caracterização geográfica da área de estudo*

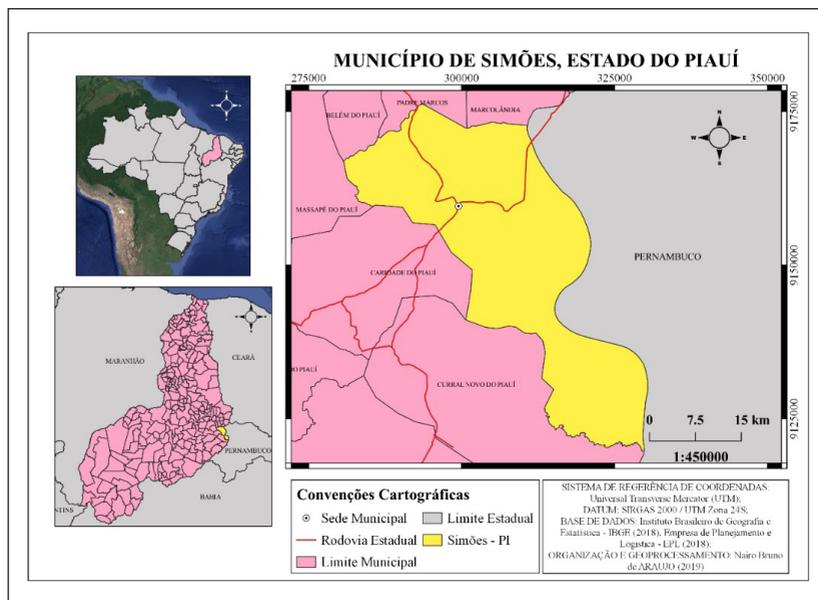
Simões é um município do Sudeste piauiense (Figura 1), pertencente à mesorregião do Alto Médio Canindé, estando a uma altitude de 441 metros na sede urbana municipal e distante, aproximadamente, 442 km da capital, Teresina. Simões, de início, foi categorizado como distrito e, posteriormente, elevado a classe de município no ano de 1954, quando o mesmo foi desmembrado de Jaicós (IBGE, 2010).

O município de Simões possui uma área territorial de 1.075,518 km<sup>2</sup>, limita-se ao Norte com os municípios de Marcolândia, Padre Marcos e Belém do Piauí; ao Sul, faz limite com o município de Curral Novo do Piauí; no seu lado Oeste, limita-se com os municípios de Caridade do Piauí e Massapê do Piauí; e a Leste, faz divisa com o estado de Pernambuco.

Em relação aos dados socioeconômicos, Simões (PI) possui uma população de 14.633 habitantes, de acordo com o último censo do IBGE (2010), e para o ano de 2019, a população estimada é de 14.633 habitantes, possuindo uma densidade demográfica de 13,23 hab/km<sup>2</sup>. O município caracteriza-se por ser tipicamente rural, uma vez que cerca de 59,88% da população vive no campo, enquanto 40,11% da população, reside na área urbana. Esta realidade só se faz presente devido aos incentivos feitos para que a população possa permanecer no campo através de projetos de agricultura e pecuária de subsistência (BRASIL, 2010).

Nesta perspectiva, Simões (PI) tem como principal atividade econômica o setor primário, com cultivo de lavouras temporárias, como a mandioca, o milho e o feijão, além do cultivo da chamada lavora perene, através da plantação de banana e castanha de caju.

**Figura 1** – Mapa de localização do município de Simões, estado do Piauí



Fonte: IBGE (2010). Organização: Nairo Bruno de Araujo (2019).

## O relevo da região como um facilitador na produção de energia eólica

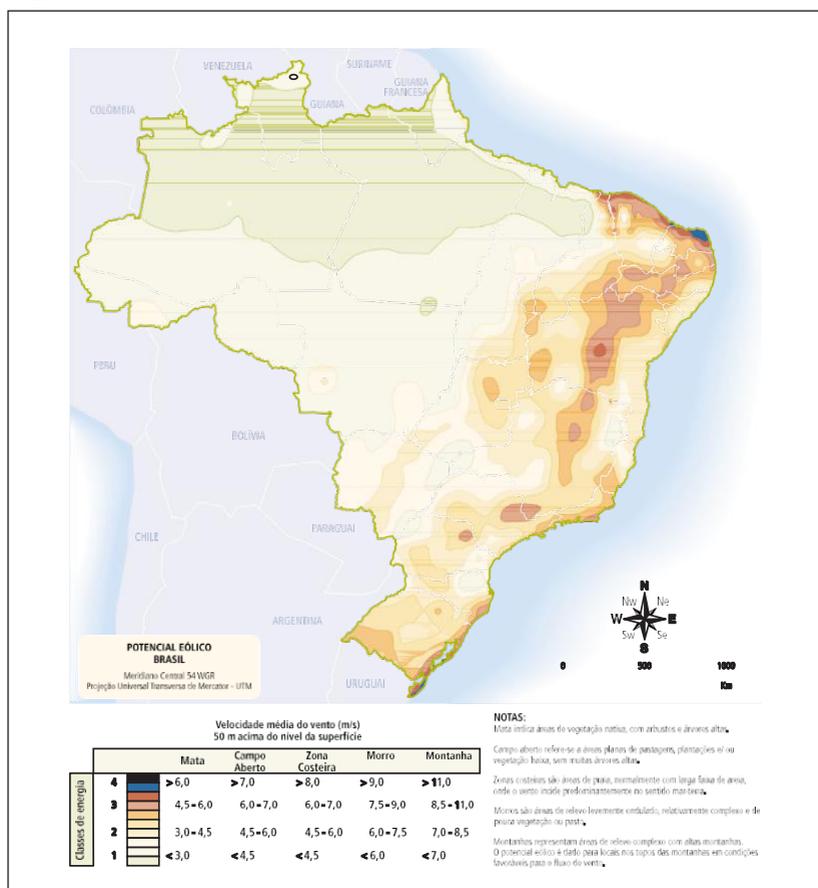
Para a produção de energia elétrica a partir das usinas eólicas é necessário que sejam instalados os aerogeradores em áreas com abundância de ventos. A densidade do ar, intensidade, direção e velocidade do vento, relacionados aos aspectos físicos, como relevo, vegetação e interações térmicas superfície-atmosfera são outros aspectos considerados importantes para a obtenção de energia elétrica através da eólica (ANEEL, 2008).

A ANEEL (2005; 2008) classifica a velocidade média dos ventos em quatro classes, sendo um em regiões de baixo potencial eólico, e quatro em áreas consideradas como os melhores locais para o aproveitamento eólico, de acordo com cinco condições topográficas: zona costeira, campo aberto, mata, morro e montanha. No entanto, é fundamental que a velocidade mínima seja de 7 a 8 m/s, levando-se

em consideração uma média de 50 m de altura acima da superfície (ANEEL, 2005 citado por GRUBB; MEYER, 1993).

Como em vários países do mundo, no Brasil, as usinas eólicas estão instaladas, principalmente, em áreas de “zona costeira, que são áreas de praia, normalmente com larga faixa de areia, onde o vento incide predominantemente do sentido mar-terra” (ANEEL, 2005, p. 95), pois essas áreas apresentam uma velocidade ideal para esta atividade, devido aos fatores climáticos de maritimidade e continentalidade.

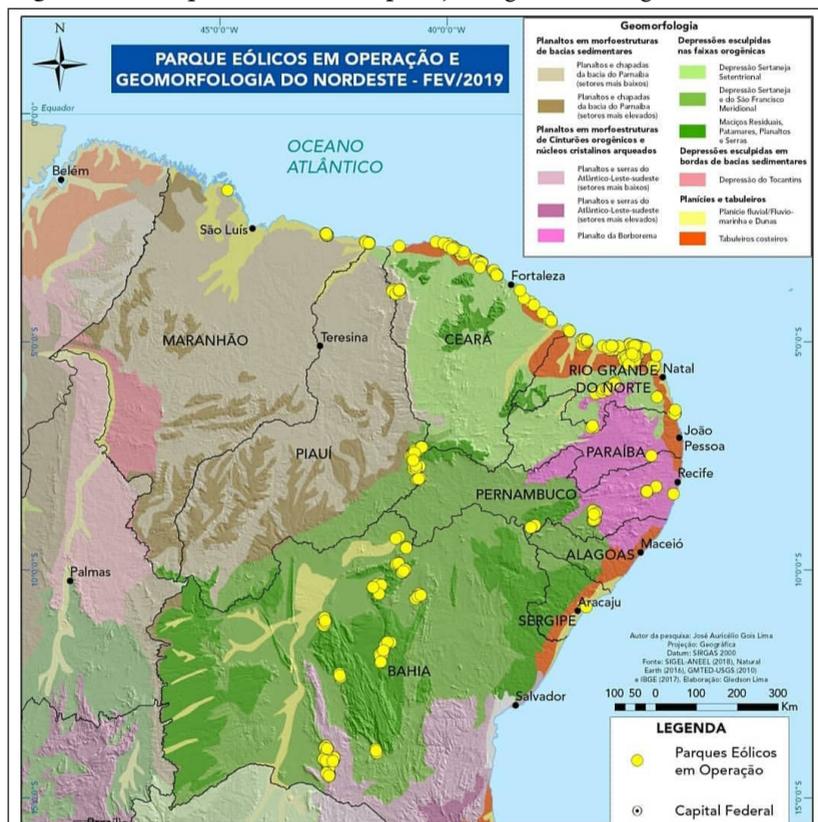
**Figura 2 – Velocidade média anual do vento a 50 m (Referência Brasil)**



Fonte: ANEEL (2005).

Há alguns anos a produção de energia eólica deixou de ser incorporada somente nas regiões litorâneas. Estudos identificaram que existem áreas mais para o interior do país que apresentam condições favoráveis para a instalação de usinas eólicas. O interior do Nordeste brasileiro apresenta muitos locais que são considerados satisfatórios para a utilização da energia eólica, pois a geomorfologia da região apresenta lugares com relevos mais elevados beneficiando a atividade eólica (Figura 3).

**Figura 3** – Parques eólicos em operação e geomorfologia do Nordeste



Fonte: Lima (2019).

No Piauí, além da zona costeira, foram identificadas áreas no seu interior que possibilitam a produção de energia eólica devido,

principalmente, ao relevo de altitude, como a Chapada do Araripe. Relevos mais altos oferecem condições ideais para a produção de energia eólica, pois sabemos que quanto mais alto o relevo, maior a intensidade atmosférica das massas de ar.

Atualmente, a Chapada do Araripe está sendo bastante explorada pela atividade eólica, que caracteriza uma nova fronteira dessa atividade e favorece a criação de vários projetos de usinas eólicas. Dentre esses projetos, temos o Complexo Eólico da Chapada do Araripe. Este complexo compreende em vários outros complexos, como: Complexo Chapada I, Complexo Chapada II, Complexo Chapada III, Complexo Caldeirão Grande I e II, Complexo Ventos do Araripe e Complexo Ventos do Araripe III. Cada complexo é composto por um conjunto de parques eólicos e, conseqüentemente, composto por um conjunto de torres eólicas. Grande parte desses complexos já estão em operação e outros ainda estão em processo de construção.

O Complexo Chapada I, também conhecido como Complexo Chapada do Piauí I, foi o primeiro complexo eólico instalado na Chapada do Araripe em 2014, dentro do território piauiense, abrangendo os municípios de Marcolândia, Simões e Padre Marcos. E foi apenas em 2015, que ele entrou em operação.

Segundo classificação da ANEEL, o complexo caracteriza-se em uma área de morros: áreas de relevo levemente ondulado, relativamente ondulado, relativamente complexo e de pouca vegetação ou pasto. Estudos feitos pela empresa responsável pelo complexo eólico aponta que nesta área a velocidade média dos ventos chegam a 8 m/s, além disso, a área apresenta constância dos ventos durante o ano e não apresenta turbulências ou condições extremas, como por exemplo, tufões (CARDOSO; LIMA; BATISTA; RIBEIRO, 2016).

## **Mudanças espaço-temporais da área de estudo**

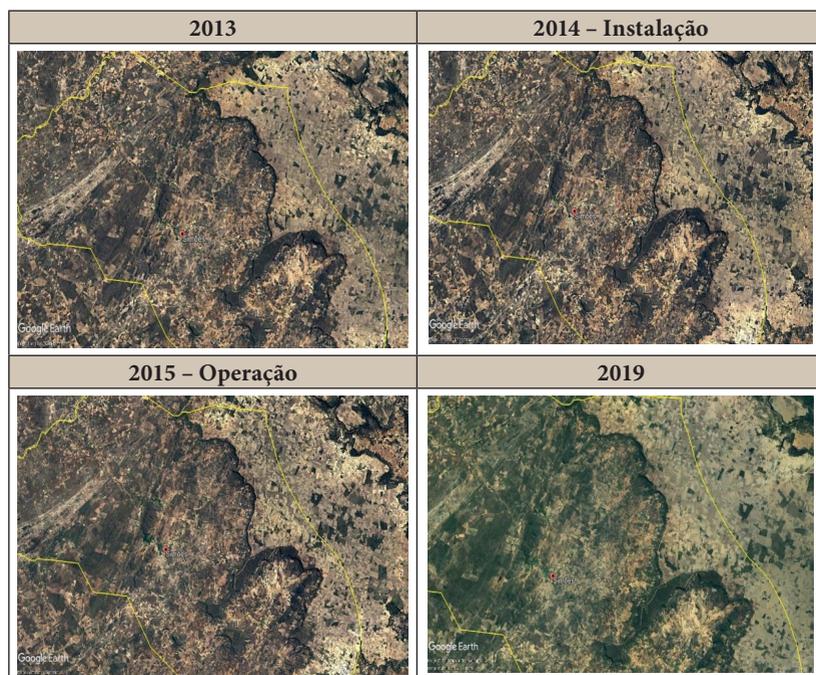
Antes da instalação das torres eólicas em 2013, notamos que o município tinha como principal atividade a agricultura, no entanto, apresentava uma estrutura de cidade pequena (Figura 4). No ano de 2014, começaram a ser feitos estudos de potência eólica na região, e com isso, se iniciaram a construção de vias de acesso para as áreas

onde seriam instalados os aerogeradores e, posteriormente, foi dado o início à instalação das torres.

Em 2015, já era bem perceptível a mudança da paisagem, pois neste ano foi iniciada a operação das usinas eólicas instaladas no ano anterior. Com isso, novas áreas foram desmatadas para a construção de novas vias de acesso, e conseqüentemente, foi realizada a instalação de novos aerogeradores.

Não obstante, no ano de 2016, houve pouca mudança da paisagem, e no ano de 2019, observamos uma maior mudança devido a incorporação de mais torres de produção eólica, além da criação de novas vias de acesso, que modificaram parcialmente a paisagem daquela região, como mostra a Figura 4.

**Figura 4** – Imagens históricas do *Google Earth* retratando as mudanças das paisagens a partir da instalação do complexo eólico no município de Simões, estado do Piauí



Fonte: *Google Earth*, adaptado por Nairo Bruno de Araujo (2019).

## **Localização dos aerogeradores frente à legislação ambiental vigente**

O Código Florestal Brasileiro tem como objetivo ser o marco regulador de proteção e exploração dos elementos que compõem o meio ambiente, principalmente no que se diz respeito ao aspecto vegetacional. O Código Florestal foi criado em 1965, e em 2012, sofreu duas atualizações, a primeira ocorrida em maio, regulada pela Lei nº 12.651 e, posteriormente, no mês de outubro. Esta medida foi novamente alterada pela Lei nº 12.727, visando a melhoria e o rigor à proteção da flora brasileira.

A lei que regula o Código Florestal destaca a proteção de algumas áreas e, de outras, a exploração de modo sustentável, como mostra o Art. 1º, que:

Estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos (BRASIL, 2012).

A Chapada do Araripe é caracterizada como uma Unidade de Conservação de responsabilidade federal, e está classificada como uma Área de Proteção Ambiental, portanto, de uso sustentável. Possuindo uma área de 972.605,18 hectares, a APA da Chapada do Araripe apresenta o bioma de domínio da Caatinga. A Área de Proteção Ambiental foi criada no ano de 1997, abrangendo os estados do Ceará, Pernambuco e Piauí (BRASIL, 2012). No entanto, nessas áreas de proteção pode existir ocupação humana, além de atributos vivos e não-vivos, ou também, estéticos e/ou culturais que promovem a qualidade de vida e o bem-estar. Além de ser uma APA, a Chapada do Araripe também se classifica por ser uma Área de Preservação Permanente (APP). Segundo Brasil (2012), no Art. 3º, Áreas de Preservação Permanente são:

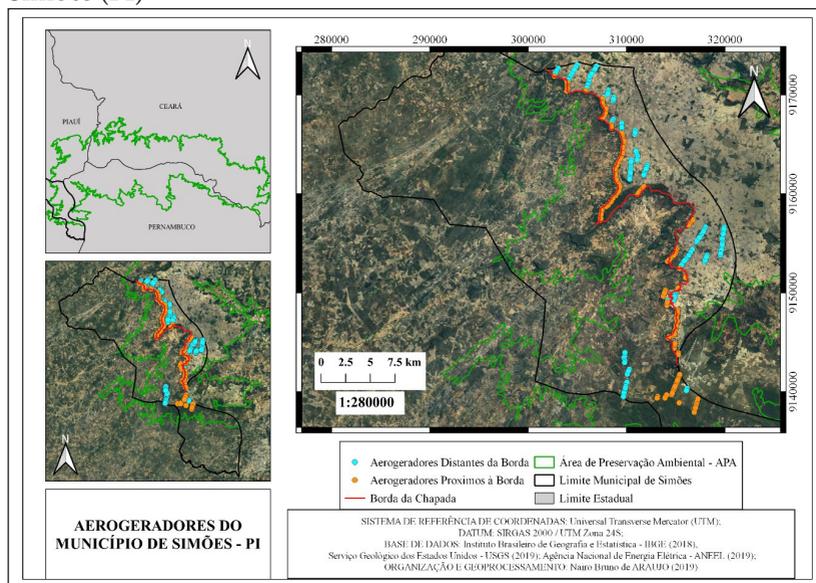
Áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade

geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Contudo, por ser um relevo de altitude elevada com aproximadamente 750 m, a Chapada do Araripe é qualificada como uma chapada residual, pois apresenta um tipo de superfície plana decorrente do acomodamento horizontal de sedimentos em forma de camadas, desgastados pelo processo de erosão ao longo de milhares de anos. Este desgaste dá origem aos vales e depressões entre uma chapada e outra.

A Chapada do Araripe compreende grande parte do território do município de Simões (PI), e contribuiu para que houvesse a instalação das torres eólicas para produção de energia elétrica, sendo assim um dos municípios do interior do Piauí que mais colaborou na geração de energia elétrica proveniente dos ventos. Dessa forma, Simões contabiliza um total de 280 aerogeradores de energia eólica em seu território, correspondendo com o total de 148 torres eólicas próximas à borda da chapada, ou seja, área de APP (Figura 5).

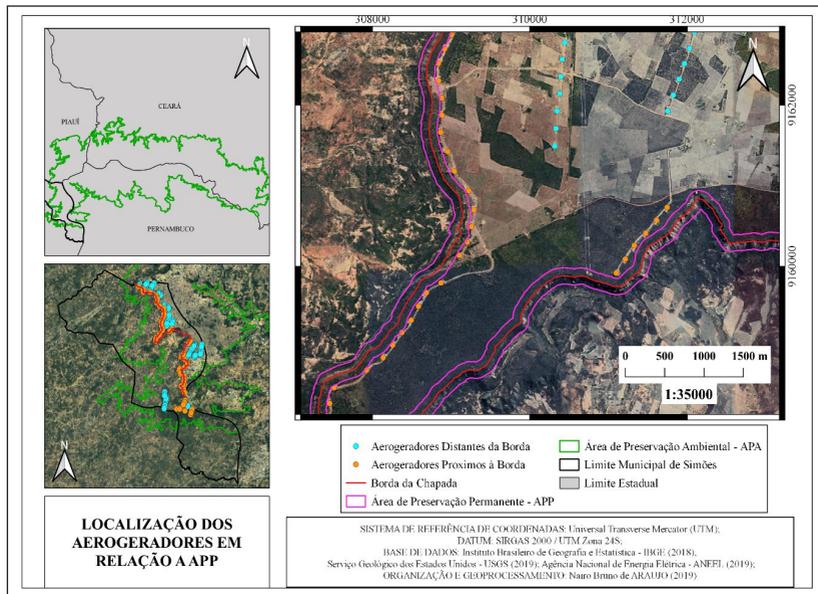
**Figura 5** – Mapa de localização dos aerogeradores no município de Simões (PI)



Elaboração: Nairo Bruno de Araujo (2019).

A Figura 6, confirma que os aerogeradores estão instalados de acordo com a legislação ambiental vigente. Portanto, a linha de cor roxa mostra a área de APP, como exige o Código Florestal, a uma distância de 100 (metros) da borda da chapada. A linha de cor vermelha indica a borda da chapada, os pontos em azul estão indicando a localização das torres eólicas que estão distantes da borda. Já os pontos na cor laranja sugerem a localização das torres que estão próximas a borda. Por isso, afirmamos que, em média, as torres estão a aproximadamente 150 metros da borda da chapada em respeito à legislação, tornando-se assim, aptas para o processo de produção de energia.

**Figura 6** – Mapa da localização dos aerogeradores em Relação à APP no município de Simões, estado do Piauí



Elaboração: Nairo Bruno de Araujo (2019).

## Considerações finais

De acordo com o estudo realizado, observamos a importância do município de Simões (PI) para a geração de energia eólica favorecendo assim, o aspecto econômico e social da região.

Por essa razão, a chegada dos empreendimentos eólicos acarretou uma valorização das terras do município, onde as torres estão instaladas, trazendo, dessa maneira, mais serviços, empregos de forma direta e indireta, melhorias na infraestrutura da cidade, incluindo o incremento na renda dos habitantes, uma vez que estes arrendam suas terras e recebem um valor mensal ou anual para que os aerogeradores sejam instalados nelas.

Além disso, o relevo da região contribui para que essa área se torne um grande potencial eólico, devido ao grande índice de ventos que essa região pode receber, em virtude das suas características topográficas. Percebemos, ainda, que grande parte dos empreendimentos estão alocados na borda da Chapada do Araripe. No entanto, por se tratar de uma área de borda de chapada, caracterizada por uma APP, verificamos que as torres obedecem à legislação ambiental em vigor. Foi percebido também que ainda existe uma grande parte da chapada com espaços vazios, consistindo em locais propícios para a instalação de novas usinas eólicas, com capacidade para o aumento do potencial eólico do estado.

Em relação aos impactos ambientais, podemos perceber que as usinas de energia eólica mesmo sendo uma fonte de energia renovável, é uma das que causam poucos impactos, visto que pode contribuir na alteração do regime da fauna e da flora da região onde está instalada a usina, mudança no modo de vida das pessoas que ali vivem, além de impactos sonoros à população.

Em relação ao município de Simões, no momento em que esses empreendimentos foram instalados, foi possível perceber algumas mudanças na paisagem através da construção de novas vias de acesso, como também na própria dinâmica da paisagem, que antes não possuía a presença dos aerogeradores. Para muitos, essa mudança é considerada um impacto visual, mas é necessário salientar que essa forma de impacto é relativa aos olhos de quem os vê.

## Referências

BEZERRA, Francisco Diniz. Energia eólica gera riquezas no Nordeste. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, n. 66, ano 4, p. 1-20, 2019. Disponível

em: [https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4804489/66\\_2019\\_Eolica.pdf/5091550b-0dbb-9613-8502-c1ef650ad074](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4804489/66_2019_Eolica.pdf/5091550b-0dbb-9613-8502-c1ef650ad074). Acesso em: 9 jul. 2019.

BEZERRA, F. D.; SANTOS, L. S. Potencialidades da energia eólica no Nordeste. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, n. 5, ano 2, maio, 2017. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/80223/1910830/Eolica.pdf/9d7251e0-4c94-4570-b223-df7820b50d4d>. Acesso em: 11 jul. 2019.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Energia eólica. *In*: Instituto Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005. p. 93-109. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>. Acesso em: 10 jun. 2019.

\_\_\_\_\_. Energia eólica. *In*: Instituto Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005. p. 93-109. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>. Acesso em: 10 jun. 2019.

\_\_\_\_\_. Energia eólica. *In*: Instituto Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008. p. 51-61.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Capacidade de geração elétrica: Brasil e mundo**. 2016. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/09++Capacidade+Instalada+de+Gera%C3%A7%C3%A3o+El%C3%A9trica+-+ano+ref.+2016+%28PDF%29/ef977c63-24e2-459f-9e5b-dd2c67358633?version=1.0>. Acesso em: 10 out. 2019.

CASTRO, R. M. G. **Energias Renováveis e a produção descentralizada: introdução à energia eólica**. 4. ed. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2009. Disponível em: [http://ead2.ctgas.com.br/a\\_rquivos/apaperfeicoamento/MedicaoAnemometrica/Biblioteca/Livros/Introducao\\_a\\_Energia\\_Eolica.pdf](http://ead2.ctgas.com.br/a_rquivos/apaperfeicoamento/MedicaoAnemometrica/Biblioteca/Livros/Introducao_a_Energia_Eolica.pdf). Acesso em: 12 set. 2019.

CARDOSO, F. B.; LIMA, B. B. C.; BATISTA, C. M. M.; RIBEIRO, C. A. As vantagens da implantação da energia eólica no interior do país: Complexo Eólico Chapada do Araripe. *In*: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, João Pessoa, 36, 2016. **Anais eletrônicos** [...]. João Pessoa: ABEPRO, 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/publicacoes/index.asp?pesq=ok&ano=2016&area=&px-chave=AS+VANTAGENS+DA+IMPLANTA%C7%C3%O+DA+ENERGIA+E%-D3LICA+NO+INTERIOR+DO+PA%CDS%3A+COMPLEXO+E%D3LICO+-+CHAPADA+DO+ARARIPE&autor=>. Acesso em: 11 nov. 2019.

FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. **Energia eólica**. Barueri: Manole, 2011.

LOSEKANN, L.; HALLACK, M. Novas energias renováveis no Brasil: desafios e oportunidades. *In*: DE NEGRI, J. A.; ARAÚJO, B. C.; BACELETTE, R. **Desafios da nação: artigos de apoio**. Brasília: Ipea, 2018. p. 631-655.

LAGE, Elisa Salomão; PROCESSI, Lucas Duarte. Panorama do setor de energia eólica. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 39, p. 183-206, jun., 2013. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/915/4/RB%2039\\_final\\_A.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/915/4/RB%2039_final_A.pdf). Acesso em: 10 jul. 2019.

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 99-115, 2013.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Energia eólica**, São Paulo, 2013. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2599254/mod\\_resource/content/1/Energia%20E%C3%B3lica.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2599254/mod_resource/content/1/Energia%20E%C3%B3lica.pdf). Acesso em: 1 ago. 2020.



# 4

## MAPEAMENTO DE POÇOS TUBULARES NO ESTADO DO PIAUÍ

*Raimunda Maria da Conceição Silva*  
*Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque*

**A**o considerar a perfuração de poços no Nordeste brasileiro, levamos em consideração o histórico hidrogeológico associado à escassez de água nesta região em períodos de longas estiagens, tendo em vista as características do semiárido nordestino. Observamos que houve um aumento significativo em perfurações de poços em todo o estado do Piauí, essencialmente a partir do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), instituído no ano de 1969, pelo Governo Federal (RIBEIRO, 2013).

Vale salientar, que desde o início do século XX, a perfuração de poços tubulares vem sendo utilizada como alternativa para suprir o *déficit* de água na Região Nordeste do Brasil, bem como a demanda em algumas comunidades difusas, tanto para consumo humano, quanto para dessedentação animal. Entretanto, foi só a partir da década de 1960, com a criação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), associada ao desenvolvimento de pesquisas relacionadas à hidrogeologia no Brasil, que os poços tubulares passaram a ter um acompanhamento técnico na locação e perfuração nesta região (BRASIL, 1988).

Estudos realizados pela Agência Nacional de Água (ANA) e pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Ciências, Tecnologia e Inovação (CGEE), mostram que a questão da água no Nordeste tem sido objeto de políticas públicas associadas ao problema das secas por

mais de um século. Assim, o estudo aponta que a questão da água desde 1877-1879, período em que houve uma grande seca, passou a estar no centro das políticas públicas do Nordeste, tornando-se um marco importante para o semiárido nordestino (ANA/CGEE, 2010).

Neste contexto, evidenciamos que a exploração de água tem aumentado significativamente no estado do Piauí, ao considerarmos o seu rico potencial hídrico subterrâneo. No entanto, devemos compreender de forma integrada, a fundamental importância das características naturais frente aos diversos usos, pensando sempre no meio ambiente e nas futuras gerações.

Neste sentido, esta pesquisa objetivou analisar as características hidrogeológicas dos poços tubulares no estado do Piauí, dando ênfase às variáveis de quantificação de poços, profundidade e tipo de uso predominante, considerando a inter-relação dos fatores climáticos, aspectos socioambientais e hidrogeológicos.

Quando pensamos no objetivo geral, elencamos os seguintes desígnios específicos: quantificar o número poços existentes em cada município do estado Piauí, quanto ao tipo de uso (consumo humano, irrigação e animal); gerar mapas temáticos com levantamento quantitativo e qualitativo dos poços em uso, abandonados, públicos e privados no estado do Piauí, utilizando técnicas de geoprocessamento; analisar a distribuição dos poços no estado do Piauí, correlacionando-os aos sistemas de aquífero presentes na bacia sedimentar do Rio Parnaíba, particularmente no trecho piauiense.

A referida pesquisa pautou-se no levantamento bibliográfico e documental de teses, artigos científicos, livros e demais estudos acadêmicos que oportunizaram o seu devido embasamento. Em síntese, o estudo contempla o recorte temporal de 1960 a 2018, tendo como abordagem espacial os municípios que compõem a esfera do estado do Piauí. Salientamos aqui, que foram utilizados, na construção de mapas temáticos, técnicas e recursos dos Sistemas de Informações Geográficas e de Geoprocessamento.

Neste íterim, observamos que um complexo espaço geográfico envolve diferentes aspectos da natureza, sejam eles físico-naturais, socioambientais, econômicos e culturais, sendo necessário analisar as influências e características climatológicas que influenciam na dinâmica morfoambiental e geomorfológica do estado do Piauí.

Neste sentido, os procedimentos teóricos e metodológicos adotados na pesquisa partem do princípio de que a temática hidrogeológica e ambiental, tendo em vista que este tema fomenta grande preocupação no seio da sociedade, visa contribuir significativamente para o equilíbrio natural ao considerar que a natureza é um todo integrado.

Portanto, faz-se necessário conhecer o potencial hidrogeológico do estado do Piauí, na perspectiva do gerenciamento dos recursos hídricos, essencialmente, dos subterrâneos, a partir de critérios técnicos, capazes de garantir a exploração adequada deste recurso, pautada em políticas públicas que os subsidiem, em conformidade aos órgãos responsáveis, no intuito de trabalhar o viés da gestão integrada dos recursos hídricos no Piauí.

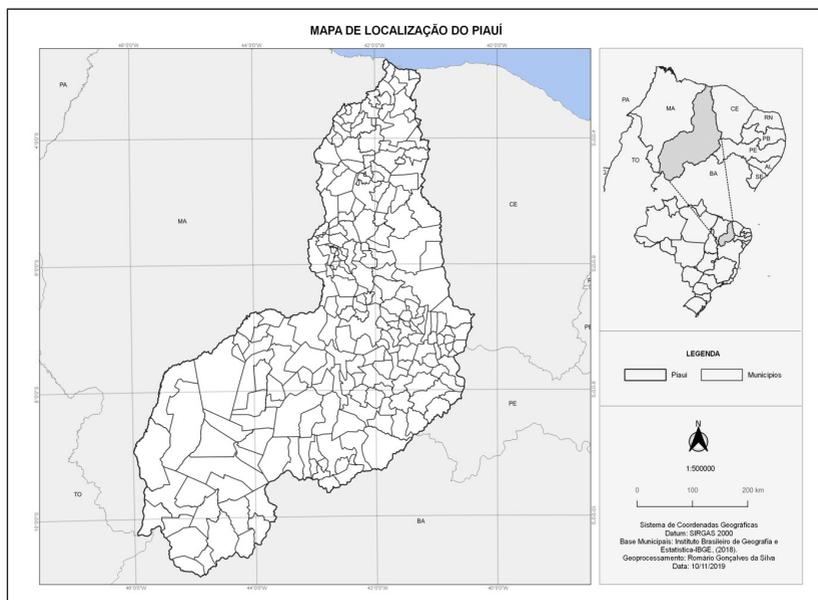
## **Discutindo o tema**

### *Área de estudo*

O estado do Piauí está inserido na porção Noroeste da Região Nordeste do Brasil (Figura 1), composto por 224 municípios, perfazendo uma área total de 251.616,823 km<sup>2</sup> e limitando-se com os seguintes estados: ao Sul, com os estados da Bahia e Tocantins; a Leste, com os estados do Ceará e Pernambuco; a Oeste, com o estado do Maranhão; e ao Norte, com o Oceano Atlântico (IBGE, 2010).

O estado do Piauí possui as seguintes coordenadas geográficas, limitado pelas latitudes: ao Norte 2°44'49"S, na Ilha Grande de Santa Isabel, ponta da barra das Canárias, defrontando-se com o Oceano Atlântico; e ao Sul 10° 55'41"S, na Chapada da Limpeza, município de Cristalândia do Piauí. A Oeste, seu ponto extremo é limitado pelo meridiano de 40° 29'12"W, na curva do Rio Parnaíba, logo à jusante da Cachoeira da Apertada Hora, município de Santa Filomena, e a Leste pelo meridiano de 46° 00'09"W, na área de nascentes do Riacho Marçal, em Pio IX. O Piauí tem o menor litoral do Brasil, com 66 km (BATISTA, 1974, citado por LIMA, 2017).

**Figura 1** – Localização do estado do Piauí, Brasil



Fonte: BRASIL (2010). Organizado por: SILVA, R. M. C. (2019).

De acordo com o contexto histórico do estado do Piauí, estudos arqueológicos apontam que o território do atual estado foi habitado há milhares de anos por nações indígenas. Por volta do século XVI, eram as nações indígenas Tremembé e Tabajara que se encontravam aqui em sua grande maioria, além de existir a presença de outros povos. No entanto, só a partir do século XVII é que a colonização portuguesa se iniciou, enviando algumas expedições ao Piauí. Por volta de 1660, colonos vindos da região da Bahia e de Pernambuco, estabeleceram suas fazendas de gado no território piauiense e se envolveram em conflitos por disputas de terras contra grupos indígenas que viviam aqui. A grande influência desta colonização no Piauí, partiu dos proprietários do Castelo de Garcia d'Ávila (CEPRO, 2010).

Segundo dados do censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (BRASIL, 2010), o estado do Piauí apresenta uma população estimada de 3.118.360 habitantes e densidade demográfica de 12,4 hab./km<sup>2</sup>, Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,646 média, Produto Interno Bruto (PIB) de R\$

41.406 bilhões (2016) e PIB *per capita* de R\$ 12.890,25 (BRASIL, 2010; CEPRO, 2010).

Desta forma, o estado do Piauí, do ponto de vista econômico é um dos estados nordestinos que se desenvolveu tardiamente, devido a uma série de entraves que permeiam desde a coroa portuguesa, no início de sua colonização. Naquela época, sua atividade econômica era basicamente a cana-de-açúcar, borracha de maniçoba e a cera de carnaúba, como destaques no setor primário, bem como sua riquíssima biodiversidade natural, ou seja, são várias as possibilidades geológicas encontradas dentro dos limites do Piauí.

Vale mencionar que o Estado é um dos maiores produtores de castanha de caju, com evidência também para a produção de mel de abelha, cera de carnaúba, extração de opala e lajes para pisos e revestimentos, que tende a impulsionar a economia piauiense. Além do setor de serviços, o chamado polo de saúde, contribui para um melhoramento nos números da base para o cálculo do Produto Interno Bruto (PIB) do Piauí.

Outro ponto favorável é o turismo, que tem se destacado como uma das potencialidades econômicas, além das atividades de produção de grãos de soja no cerrado piauiense, que representam nos últimos anos um número bem expressivo. A agropecuária exerce um forte incremento na economia do Estado, ao lado do setor terciário, que junto com os polos de serviço em saúde e educação formam dois importantes vetores que viabilizam a existência de pequenas indústrias na região.

## **Base teórica**

Quando buscamos compreender os princípios das condições hidrogeológicas, mediante o contexto socioambiental e socioeconômico do estado do Piauí, corroboramos que a demanda de água tem gerado conflitos de ordens diversas, em virtude de seus múltiplos usos, sobretudo, em áreas do semiárido nordestino.

Ao considerarmos estes preceitos e condições no desenvolvimento da gestão e exploração do potencial hidrogeológico dos aquíferos subterrâneos, Brasil (2004) destaca que é de suma importância que seja compreendido a demanda existente em prol do consumo

humano, animal e de irrigação, fazendo com que a mesma seja adequadamente explorada.

Manuel Filho (2008) ressalta que a gestão dos recursos hídricos é um fator provedor da sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de água, como forma de mitigar a problemática hídrica, essencialmente, em áreas com deficiência hídrica, utilizando mecanismos, orientados e coordenados para o uso da água, solo e recursos relacionados, integrando tanto o social quanto o econômico. Em síntese, este processo viabiliza uma melhor exploração destes recursos, em parceria com as políticas públicas de apoio às famílias que não dispõem de recursos financeiros para perfurar poços e, assim, poder gerir melhores recursos e controlar o potencial hídrico subterrâneo existente.

Enfocamos que a água subterrânea é aquela que ocorre abaixo da superfície da terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, que são submetidas a duas forças (de adesão e de gravidade), desempenhando um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios e lagos (ABAS, 2016).

Rebouças (1994) evidencia que nas regiões secas a ocorrência de fluxos superficiais e as recargas das águas subterrâneas ficam restritas aos meses do ano com excedente hídrico. Em consequência, as descargas dos rios e os volumes estocados nos lagos podem variar muito ao longo do ano, podendo praticamente secar.

De acordo com o Winter (1998), os sistemas de fluxos locais são mais dinâmicos, portanto, tem uma maior ligação com os fluxos superficiais. Entretanto, por serem de resposta mais rápida, sua contribuição em termos de volume e ao longo do tempo pode ser menos significativa do que a contribuição dos sistemas de fluxos intermediários ou regionais.

No estado do Piauí existe uma conjuntura ambiental que engloba desde as condições climáticas até os processos de baixa pluviosidade, em especial, os que se localizam na porção Sul e Sudoeste do estado, ocasionando, assim, a necessidade de se buscar alternativas que venham a minimizar a situação da falta de água nestas regiões do semiárido nordestino (REBOUÇAS, 1999; WINTER, 1998).

Nesse contexto, podemos então conceituar um aquífero como sendo uma formação geológica subterrânea capaz de armazenar água,

e que possui permeabilidade suficiente para permitir que esta, se movimente. São verdadeiros reservatórios subterrâneos de água formados por rochas com características porosas e permeáveis que retêm a água das chuvas, que se infiltra pelo solo, e a transmitem, sob a ação de um diferencial de pressão hidrostática, para que, aos poucos, abasteçam rios e poços artesianos (ECO, 2014).

Vale mencionar que a escassez de água e os longos períodos de seca impulsionam a exploração de águas subterrâneas no estado do Piauí, tendo em vista os seus condicionantes geológicos, ao considerarmos as características da Bacia Sedimentar do Rio Parnaíba, que abrange o estado do Piauí. Dessa forma, um poço constitui-se da perfuração de rochas através da qual se obtém água de um aquífero (poços artesianos), com fundamento em estudos geológicos para a captação de águas subterrâneas. Os tipos de poços variam conforme a tecnologia empregada, associado ainda aos métodos de proteção, segurança ao meio ambiente e ao sistema de operação (BARROSO, 2017).

## **Material e método**

Os procedimentos metodológicos utilizados para a caracterização hidrogeológica do estado do Piauí derivam do princípio de que a temática e a abordagem sistêmica ambiental possibilitam o enfoque do inter-relacionamento existente nos diferentes elementos que integram o meio físico, partindo do devido levantamento bibliográfico e geocartográfico da área em estudo.

Sendo assim, o levantamento bibliográfico permitiu identificar e avaliar a melhor metodologia a ser adotada na pesquisa, levando-se em conta as particularidades apresentadas no recorte temporal e espacial em análise. Na sequência, realizamos trabalho em campo no intuito de fazer o reconhecimento *in loco* (com o auxílio de aparelho receptor de GPS), bem como fazer a validação dos mapas temáticos gerados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), pautados na perspectiva de análise sistêmica e de que a natureza é um todo integrado.

Para a representação e mapeamento das variáveis ambientais que permeiam o viés da hidrogeologia (profundidade, quantificação, tipo e uso), utilizamos as ferramentas de Geoprocessamento, com a

finalidade de compreender, de forma minuciosa, os aspectos característicos físicos locais do ambiente em análise, sobretudo, relacionados ao viés geológico, associados ainda, ao conhecimento dos diversos tipos de usos recorrentes nas áreas próximas aos poços identificados.

Dessa forma, empregamos bases de dados da Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM, 2004), Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), e Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí (CEPRO, 2010). Não obstante, realizamos consultas a livros, teses, monografias, dissertações e arquivos disponibilizados na internet, assim como pesquisas em periódicos que contemplam a temática em foco.

Reforçamos que o mapeamento do levantamento de dados dos poços tubulares existentes no estado do Piauí foi realizado em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando a projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS 2000, através dos recursos dos *softwares* QGIS 2.18.3 (plataforma livre) e ArcGIS 10.5 (Versão *free*), presentes no Laboratório de Geografia e Estudos Ambientais (GEOAMBIENTE), da Coordenação do Curso de Geografia (CGEO/CCHL), da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

## **Resultados e discussão**

ao avaliarmos o conhecimento integrado do sistema hidrogeológico, sob a perspectiva socioambiental, percebemos um cenário desafiador no que concerne a gestão do sistema hídrico no estado do Piauí, uma vez que os processos de perfuração de poços nem sempre obedecem às normas aplicadas pelos órgãos competentes, o que pode ocasionar danos ao meio ambiente, considerando a exploração de água para além de sua capacidade de suporte.

Desta maneira, quando nos referimos aos danos ambientais, tratamos das questões de perfurações que vão além dos limites permitidos, perpassando camadas do lençol freático em locais onde a água contém constituintes mineralógicos inadequados para o consumo humano, tal como o despejo de rejeitos jogados em áreas próximas das perfurações de poços, causando agressão ao meio ambiente e contaminando a água.

Vale acentuar que o estado do Piauí tem condições ambientais, geomorfológicas e hidrogeológicas que apresentam estruturas variadas de sedimentos consolidados, com destaque para os domínios hidrogeológicos, alicerçados em um ambiente de estrutura sedimentar e predomínio de formações geológicas que datam do Paleozoico, Mesozoico e Quaternário, com notoriedade para os pacotes sedimentares, tais como: Formação Cabeça, Barreiras, Serra Grande, Piauí, entre outras (JACOMINE *et al.*, 1986).

Portanto, estes tipos de rochas se caracterizam como potenciais mananciais de captação de água, devido as suas unidades litológicas serem delgadas e favoráveis à porosidade, beneficiando assim, o processo de recarga por infiltração direta das águas das chuvas (CPRM, 2004), potencializando como consequência a construção de cisternas/cacimbão (Figura 2) nas comunidades difusas do semiárido nordestino.

**Figura 2** – Poço cacimbão, localizado no município de Piracuruca, estado do Piauí, Brasil



Fonte: SILVA, R. M. C. (2019).

Conforme a classificação de poços do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2004), este tipo de poço é muito utilizado para o abastecimento humano e para a dessedentação animal, tendo em vista que este tipo de escavação é mais acessível às comunidades do interior do estado, devido ao seu baixo custo, já que muitas vezes é escavado manualmente. No entanto, por ser um tipo de escavação que não tem controle especializado e/ou acompanhamento técnico, tende a causar danos ambientais quanto ao seu uso inadequado, bem como na qualidade deste recurso, em se tratando do seu potencial hidrológico para além da capacidade de suporte.

Pontuamos que a perfuração de poços artesianos tem se tornado uma prática extremamente comum nos rincões do semiárido brasileiro, devido à sua simplicidade e custo financeiro, haja vista que representa uma possibilidade mais viável de acesso à água nas comunidades difusas, considerando a quantidade e qualidade dos recursos hídricos encontradas em subsuperfície. Entretanto, é interessante lembrar que esta situação pode se tornar um agravante quando os recursos hídricos são utilizados de maneira indiscriminada, sem a devida fiscalização e controle técnico dos órgãos responsáveis (VILLAR, 2016).

Tendo em mente, a análise geográfica e hidrológica sobre o potencial hídrico dos aquíferos subterrâneos no estado do Piauí, é necessário levar em conta os sistemas de aquíferos sedimentares onde não foram encontradas estações fluviométricas elegíveis para cálculos e estimativas sobre a relação do escoamento básico e de precipitação. Assim, utilizamos valores escritos em literaturas e/ou valores calculados para sistemas aquíferos com características geológicas e geográficas similares, possibilitando, desta maneira, fazer as devidas correlações (ANA, 2003).

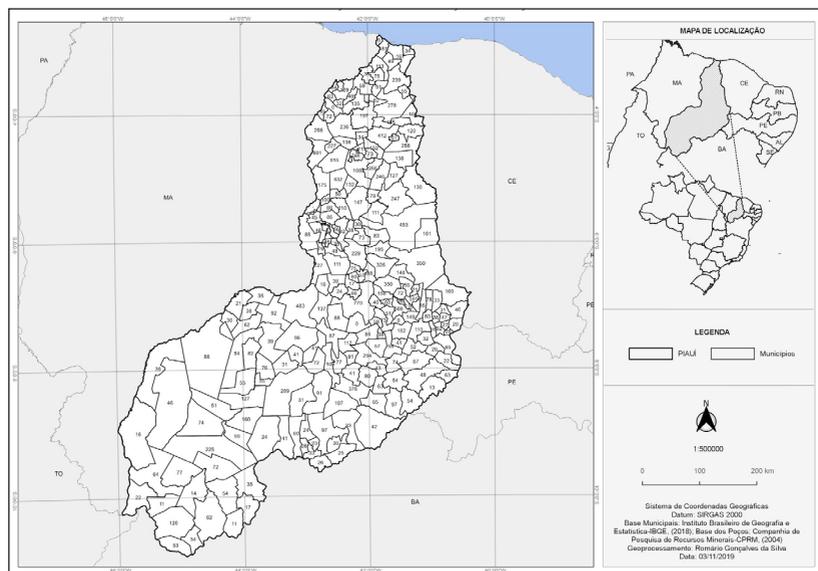
Desta forma, a ANA (1997) menciona que dentre os fundamentos da Lei das Águas, destaca-se um em que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação animal, sendo que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e deve contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades.

De acordo com as informações dos relatórios e diagnósticos realizados pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil), os recursos

hídricos superficiais presentes no estado do Piauí estão representados, essencialmente, pela influência da bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, sendo que esta é a mais extensa dentre as 25 bacias da Vertente Nordeste, que ocupa uma área de 330.285 km<sup>2</sup>, o equivalente a 3,9% do território nacional, e abrange o estado do Piauí, parte do Maranhão e do Ceará (CPRM, 2004).

Nesse sentido, considerando o viés da hidrogeologia, apresentamos na Figura 3, a espacialização e quantificação de poços no estado do Piauí, empregando como unidade de análise a base municipal, composta por 224 municípios.

**Figura 3** – Espacialização e quantificação de poços no estado do Piauí

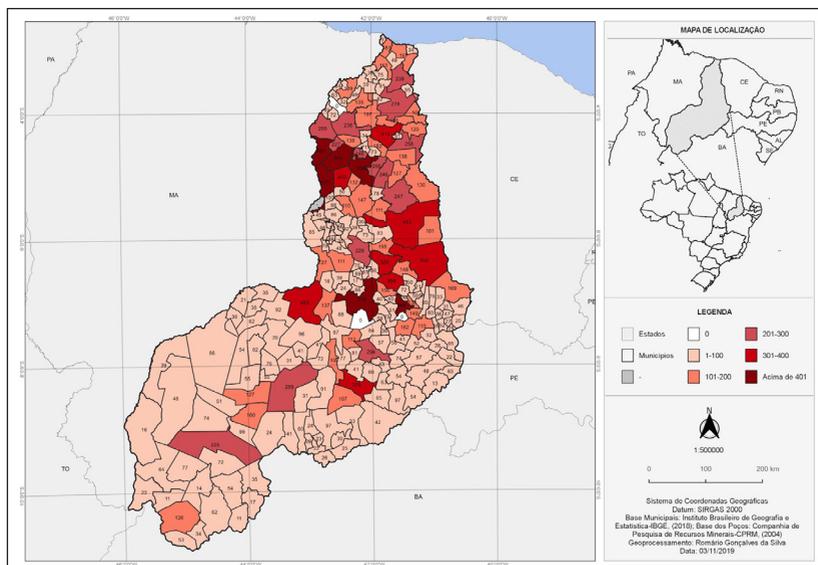


Fonte: CPRM (2004). Organizado por: SILVA, R. M. C. (2019).

Ao estudarmos o mapa apresentado, notamos uma grande quantidade de poços perfurados, especialmente nas regiões compreendidas no semiárido piauiense, em particular na borda Leste, Norte e Sudeste do estado. Este quantitativo tem relação direta com os baixos índices pluviométricos, influenciados, sobretudo, pelas normas climatológicas e pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que predominam no território do Piauí.

Na concepção de retratar com mais veemência a espacialização dos poços perfurados e catalogados no estado do Piauí, organizamos em quantidade, os totais destes por município, conforme é possível visualizar na Figura 4.

**Figura 4** – Espacialização dos municípios com maior número de poços perfurados no estado do Piauí



Fonte: BRASIL (2010). Organizado por: SILVA, R. M. C. (2019).

Com base na análise realizada, constatamos um maior percentual de poços perfurados nos municípios de Oeiras (814 poços), Campo Maior (1.082 poços), José de Freitas (892 poços) e Teresina (1.175 poços). Vale lembrar que ainda se faz necessário um maior e melhor acompanhamento e controle dos tipos de perfurações dos poços tubulares existentes no estado do Piauí, para assim, evitar um desequilíbrio em relação à gestão dos recursos hídricos em áreas inapropriadas e sem a devida fiscalização dos órgãos responsáveis, mantendo a qualidade e quantidade das águas existentes nos mananciais e aquíferos subterrâneos.

De acordo com os dados apontados, os municípios de alguns setores do estado apresentam uma maior elevação no número de per-

furação de poços, associada às características litológicas das rochas que os compõem já que nos períodos mais críticos o volume de água das chuvas é considerado baixo, e as altas temperaturas e evapotranspiração faz com que estas águas se evaporem com mais rapidez, conforme análise do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) da CPRM.

Do ponto de vista das análises das variáveis de quantificação e tipo de uso, as informações retratadas confirmam não só o contexto geológico local, mas a predominância dos diversos tipos de utilização principais, bem como os variados tipos de rochas contidos nas formações geológicas observadas na morfologia/geologia do estado do Piauí.

Assim, além destes dados, é importante traçar diretrizes de exploração integrada das águas subterrâneas, sob a visão estratégica de bem vital para a humanidade, tal como a utilização em conjunto com os mananciais superficiais, de modo a solucionar e/ou amenizar a problemática proveniente da escassez de água na região semiárida, principalmente, nos períodos de estiagens prolongadas.

Portanto, a finalidade de elevar a disponibilidade hídrica das fontes de águas para abastecimento de atividades agrícolas, produtivas e de consumo humano, de forma a promover o desenvolvimento socioeconômico e sustentável do Piauí, e melhorar paulatinamente as condições de vida da população destas localidades, é de fundamental valor à implementação efetiva e integrada da gestão dos recursos hídricos.

Nesta conjectura, faz-se necessário conhecer o potencial dos aquíferos para que diretrizes de gerenciamento de recursos hídricos subterrâneos sejam estabelecidas, considerando nesta abordagem, os critérios técnicos, no intuito de garantir a exploração em quantidade e qualidade adequadas (GONÇALVES; ROIG; CAMPOS, 2009).

Ao adotarmos o Piauí como área de estudo, levamos em conta as necessidades relativas à carência de água que o estado enfrenta, sobretudo, nas áreas do semiárido, bem como o aumento significativo de perfurações de poços dentro do contexto socioeconômico e socioambiental, relativo à demanda e ao consumo vigente, mas sem esquecer a capacidade de suporte que o sistema hidrogeológico permite.

Sendo assim, entra em pauta e fica evidente que a exploração de águas subterrâneas vem em crescente e significativa utilização nos últi-

mos anos no estado do Piauí, seja devido à escassez que está associada ao clima semiárido, seja pela expansão e consolidação do agronegócio e das novas fronteiras agrícolas que permeiam as terras piauienses.

## **Considerações finais**

Do ponto de vista das análises no estudo, foi dada ênfase às variáveis de: quantificação, profundidade e tipo de uso predominante, considerando os fatores hidrogeológicos em associação aos aspectos socioambientais e socioculturais. Destacamos no texto que o estudo tende a contribuir para a realização de projetos que subsidiem o reconhecimento da realidade hidrogeológica do Piauí, avaliando a questão do gerenciamento dos recursos hídricos no estado.

Desse modo, a CPRM/SGB tem contribuído para propiciar recursos informacionais tecnológicos sob suas atribuições legais, desenvolvendo projetos e atividades que propiciam a gestão integrada dos recursos hídricos, fornecendo subsídios para a sustentabilidade ambiental e para melhorias na qualidade de vida da população.

Neste contexto, o uso e exploração dos recursos hídricos subterrâneos devem cooperar com o desenvolvimento socioeconômico, gerando recursos para o avanço dos municípios e de sua população, em consonância com as políticas e técnicas de geoprocessamento que ofereçam suporte tanto aos órgãos responsáveis, quanto às populações que dependem destes recursos para sua manutenção.

Foi constatado, portanto, que o maior percentual de poços se encontra na Formação Cabeças, visando as suas características hidrogeológicas. Por sua vez, é notória a sua forte correlação com a questão da população, já que há uma maior concentração de poços perfurados, sobretudo, na área urbana dos municípios do estado Piauí.

Não obstante, são necessárias políticas públicas geradoras de recursos para o desenvolvimento e monitoramento das águas subterrâneas, bem como para o controle das perfurações de poços e dos setores que realmente necessitem deste tipo de suporte hídrico, como é o caso das regiões semiáridas do Nordeste do Brasil.

Contudo, ainda se faz necessário um maior acompanhamento técnico dos tipos e controle na perfuração de poços tubulares no estado do Piauí, evitando assim, um desequilíbrio ambiental em áreas

inapropriadas, associado à devida fiscalização dos órgãos responsáveis que buscam manter a qualidade e quantidade das águas existentes nos aquíferos no estado do Piauí.

## Referências

ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Águas subterrâneas** [on-line]. São Paulo/SP, 2016. Disponível em: <http://www.abas.org/educacao.php>. Acesso em: 20 jan. 2019.

AGUIAR, R. B.; GOMES, J. R. C. (Orgs.). **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Piauí**: diagnóstico do município de Piracuruca. Fortaleza: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2004.

ANA. Agência Nacional de Águas. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). **A questão da água no Nordeste**. Brasília, DF: CGEE, 2012. Disponível em: [https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/agua\\_nordeste\\_v3\\_15032012.pdf](https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/agua_nordeste_v3_15032012.pdf). Acesso em: 6 nov. 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2014**. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: [http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014\\_inf.pdf](http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014_inf.pdf). Acesso em: 4 nov. 2019.

BARROSO, P. M. **Uso de geoestatística na avaliação dos parâmetros hidrogeológicos de poços localizados no município de São Gonçalo do Amarante, Ceará**. Monografia (Especialização) – Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza: UECE, 2017.

BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil**. Região Nordeste. Rio de Janeiro: SERGRAF, IBGE, 1977.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades 2010**. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 19 fev. 2019.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. **Noções básicas sobre poços tubulares**. Ministério de Minas e Energia – CPRM/Serviço Geológico do Brasil. Brasília, 2014.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 abr. 2019.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. **Noções básicas sobre poços tubulares**. Ministério de Minas e Energia – CPRM/Serviço Geológico do Brasil. Brasília, CD-ROM.

CEPRO. Superintendência de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí. **Carta Cepro**, 8. ed. 2010. Disponível em: <http://www.cepro.pi.gov.br/download/201104/CEPRO06./aff9b5f5a6.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2019.

ECO. Jornalismo Ambiental. **O que é um aquífero**. Disponível em: <http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28001-o-que-e-um-aquifero/>. Acesso em: 10 mar. 2019.

GONÇALVES, T. D.; ROIG, H. L.; CAMPOS, J. E. G. Sistema de informação geográfica como ferramenta de apoio à outorga dos recursos hídricos subterrâneos no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 169-180, 2009.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; PESSÔA, S. C. P.; BURGOS, N.; MEDEIROS, L. A. R.; LOPES, O. F.; MÊLO FILHO, H. F. R. **Levantamento exploratório**: reconhecimento de solos do Estado do Piauí. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS/SUDENE-DRN, 1986.

KEGEL, W. **Água Subterrânea no Piauí, Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Produção Mineral**, Rio de Janeiro, DNOCS, boletim n. 156, 1955.

MANUEL FILHO, J. Evolução Histórica do Conhecimento. *In*: FEITOSA, F. A. C. (Org.). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 3. ed. **Revista Ampliada**. Rio de Janeiro: CPRM LABHID, 2008.

REBOUÇAS, A. C. Desenvolvimento das águas subterrâneas no Brasil. *In*: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. **Anais...** 1998.

VASCONCELOS, M. B.; SOUSA, N. G.; GENARO, D. T.; LUZ, C. A.; TUPINAMBÁ, M. K. F. Histórico das perfurações de poços tubulares. **Revista Geológica**, v. 27, n. 2, p. 111-126, 2014. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/index.php/geologia>. Acesso em: 1 nov. 2019.

VILLAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 83-100, 2016.

ZOBY, J. L. G.; MATOS, B. Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos. *In*: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 12., Florianópolis, 2002. **Anais...** Florianópolis: ABAS, 2002.

# 5

## EVOLUÇÃO DOS CENTROS URBANOS E SUA RELAÇÃO COM AS ARBOVIROSES ENTRE 2010 E 2016, NO ESTADO DO PIAUÍ

*Romário Gonçalves da Silva*  
*Karoline Veloso Ribeiro*

No Brasil, o mosquito *Aedes aegypti* é o principal responsável pela transmissão de doenças, como Febre Amarela, Dengue, Zika e Chikungunya. Doenças estas que têm contribuído para a alta procura dos serviços básicos de saúde, uma vez que podem progredir para outras gravidades e levar o doente à óbito. Dessas enfermidades relacionadas, a dengue é uma das principais arboviroses que apresentam grande relevância no contexto nacional.

O processo de transmissão do vetor ao ser humano, ocorre a partir do momento em que o mosquito, acometido pelo Agente Etiológico (vírus), transmite ao indivíduo, o vírus através da picada. Os mosquitos são holometabólicos, ou seja, apresentam quatro estágios de desenvolvimento (ovo, larva, pupa e fase adulta), e apenas a fêmea se alimenta de sangue humano (antropofilia), cabendo ao macho se alimentar de seiva ou sangue de outros animais. Além disso, a fêmea também faz a transmissão transovariana do vírus para a sua prole, favorecendo, assim, a expansão da doença.

Vale ressaltar que o *Aedes aegypti* é um mosquito de hábito diurno, principalmente, agindo no início da manhã e no final da tarde. Além disso, trata-se de uma doença sazonal, que ocorre com maior frequência em períodos quentes e de alta umidade, já que tais condições favorecem a proliferação do mosquito transmissor.

O vírus da dengue pertence ao gênero *Flavivírus* e à família *Flaviviridae*, e apresenta quatro sorotipos diferentes, sendo eles: DEN-1, DEN-2, DEN-3, DEN-4. No Brasil, o sorotipo 3 do vírus da dengue predominou na grande maioria dos estados entre 2002 e 2006, e no período entre 2007 e 2009, observou-se a alteração do sorotipo predominante, com a substituição do DEN-3 pelo DEN-2. Essa alteração levou a ocorrência de epidemias em diversos estados e ao aumento no número de casos graves da doença (DIAS *et al.*, 2010).

Essa doença apresenta diferentes formas clínicas (Dengue Clássica, Dengue com Complicações e Febre Hemorrágica da Dengue), contudo, merece destaque, a sua fase crítica onde se apresentam os casos mais graves da doença, que podem evoluir para a Síndrome do Choque da Dengue (DIAS *et al.*, 2010).

Em 2014, porém, o Brasil passou a utilizar uma nova classificação da dengue, adotada pela Organização Mundial da Saúde (OMS): Dengue com Sinal de Alarme (DCSA) e Dengue Grave (DG). Isso significa que a doença pode evoluir para remissão dos sintomas, ou pode agravar-se, exigindo constante reavaliação e observação, para que as intervenções sejam oportunas e que os óbitos não ocorram (BRASIL, 2016).

Neste sentido, por se tratar de um problema de saúde pública, esta pesquisa objetivou analisar o processo de urbanização do Piauí frente aos casos de Dengue, entre os anos de 2010 e 2016. A periodicidade com que os casos ocorrem e a gravidade a que são acometidas as pessoas que apresentam um quadro mais grave, evidenciam a relevância desse trabalho, em prol de ações de controle no estado do Piauí e seus respectivos municípios, ao considerarmos suas peculiaridades espaciais.

## **Fundamentação teórica**

Na perspectiva de materializar na pesquisa a configuração dos aglomerados urbanos no Piauí diante dos números de casos da Dengue e destacar a utilização das novas geotecnologias na análise em saúde, torna-se necessária a fundamentação do arcabouço teórico dos seguintes autores: Santos (1988); Teixeira, Barreto e Guerra (1999); Catão (2011); Zaidan (2001); Câmara e Monteiro (2001) e Façanha (2009).

No ponto de vista teórico, o crescimento populacional, principalmente nos centros urbanos com *déficits* em infraestrutura básicas, tais como a deficiência na rede de drenagem, coleta e destinação inadequada de resíduos sólidos, distribuição irregular de água, entre outros serviços, emanam uma maior procura das pessoas aos serviços básicos de saúde, dado que esses *déficits* promovem um ambiente propício para a propagação de várias doenças.

Santos (1988) evidencia que, entre 1800 e 1950, a população mundial multiplicou-se por 2,3 milhões enquanto a população urbana total cresceu mais de 20 vezes no mesmo período, crescimento esse que impõe demandas que competem diretamente aos gestores governamentais.

No Brasil, de acordo com os censos demográficos de 1950 a 2010, é possível evidenciar as mudanças no comportamento domiciliar e a expansão dos centros urbanos brasileiros. Em 1950, dos 51,9 milhões de habitantes, 18,7% residiam nos centros urbanos e 33,16% residiam no meio rural. Em 1970, ou seja, em apenas duas décadas, dos 94,5 milhões de pessoas, 52,9% residiam nos centros urbanos e 41,6% em domicílios rurais. Já em 2010, a população brasileira atingiu o patamar de 190,7 milhões de habitantes, e desse total, 84,37% da população residia nos centros urbanos, enquanto 15,63% residia no meio rural, crescimento que foi acompanhando o aumento dos centros urbanos, configurando a expansão do espaço brasileiro (BRASIL, 2010).

No estado do Piauí, baseado na contagem populacional de 1950, dentre seus 49 municípios, apenas cinco apresentavam população superior a 40.000 habitantes: Teresina com 90.723 habitantes, seguida de Picos, com 54.713, Valença com 51.586, Parnaíba com 49.369 e Oeiras com 44.560 habitantes. Quando observamos apenas a população urbana destes municípios, dentre as cinco aglomerações piauienses mais populosas, apenas Teresina apresentava mais de 50.000 habitantes na zona urbana (51.417), seguida de Parnaíba com 30.174 habitantes. Enquanto que, a população de Picos, Valença e Oeiras era predominantemente rural, não ultrapassando a casa dos 4.500 habitantes, aqueles que viviam na zona urbana. Destacamos, ainda, que apenas 20 dos municípios piauienses, apresentavam população total na casa de 10.000 a 20.000 habitantes (BRASIL, 2010).

As cidades, como cita Leite e Awad (2012, p. 1) “são o maior artefato já criado pelo homem. Sempre foram objetos de desejos, desafios, oportunidades e sonhos”. Como ressalta Santos (2008), está associada ao processo industrial e de modernização da sociedade e ao desenvolvimento do capitalismo.

A urbanização, como destacam vários estudiosos deste processo no Brasil, não depende apenas do crescimento populacional, mas é necessário, dentre outros aspectos, que a população urbana seja maior que a população rural de determinado território (SANTOS, 2008; MONTE-MÓR, 2006; SPÓSITO, 2000; MARICATO, 2000; CUNHA, 2005; LIMONAD, 2007; BRITO; PINHO, 2012).

Dessa forma, Santos (1988) enfoca que o meio urbano é cada vez mais um meio artificial, fabricado com restos da natureza primitiva, crescentemente encobertos pelas obras dos homens. A paisagem cultural substitui a paisagem natural e os artefatos tomam, sobre a superfície da terra, um lugar cada vez mais amplo. Um exemplo disso são os meios em que o mosquito pode se reproduzir dentro do espaço urbano que vai desde pneus, manilhas, caixas d’água e vários outros recipientes que possam acumular água o suficiente, para que ocorra a oviposição dos mosquitos nesses locais.

Assim, o espaço social organizado influencia na interação sinérgica dos três elementos (vetor, homem e vírus) da cadeia biológica e epidemiológica. As soluções para garantir “o urbano” de forma mais equilibrada e equacionar problemas econômicos, sociais e ambientais passam, segundo Rolnik (2008), por um “pacto socioterritorial”, que envolva a participação de todos e que considere as especificidades sociais, econômicas, ambientais e culturais do espaço.

Barcellos *et al.* (2009), afirma que a grande preocupação epidemiológica dos grandes centros urbanos está relacionada aos grupos de doenças que são potencializadas pela ausência ou precariedade dos serviços de saneamento.

Neste sentido, o intenso crescimento populacional e os aglomerados urbanos despertam forte interesse dos gestores de saúde na utilização de tecnologias que minimizem as fronteiras entre a saúde, o meio urbano e o ambiente, visto que os problemas socioambientais, em particular, os que possuem precariedade dentro da sua infraestrutura e do saneamento básico, podem prejudicar a qualidade de vida de

grande parte da população tornando-a vulnerável às doenças (OLIVEIRA, 2017).

A Dengue, por exemplo, distingue-se das outras doenças infecciosas e parasitárias porque a ocorrência da maioria dos casos está estreitamente relacionada com as más condições sociais e econômicas das populações, produzindo diferenciais na sua frequência e distribuição, refletindo as desigualdades de cada sociedade (TEIXEIRA; BARRETO; GUERRA, 1999).

Nesse contexto, as geotecnologias têm despertado interesse na área da saúde por possibilitar a combinação entre as informações demográficas, territoriais e epidemiológicas, facilitando assim a análise dos dados (NARDI *et al.*, 2013). Logo, é possível destacar sua importância no planejamento urbano e na análise integrada de doenças.

Nesse viés, a relevância da utilização das geotecnologias na saúde, reside principalmente em sua capacidade de técnicas de análise espacial que sintetizam múltiplos dados em mapas temáticos informatizados, possibilitando monitoramento e investigações precisas por meio de tecnologias de baixo custo (LONGLEY *et al.*, 2005).

Além disso, a compreensão espacial epidemiológica através das geotecnologias irá auxiliar na tomada de decisão e na orientação de projetos que assinalam os problemas da realidade em estudo, uma vez que os impactos gerados sobre o meio ambiente, sem planejamento adequado, comprometem a qualidade de vida das pessoas e dos recursos naturais (FONTES, 2017).

Portanto, a utilização das novas geotecnologias no campo da saúde com a espacialização de doenças e de outros eventos que afetem diretamente a saúde coletiva da população, se constitui como uma importante ferramenta no planejamento urbano, para que se possa estabelecer ações que reduzam os efeitos desses agravos a saúde dentro da sociedade, bem como sintetizar e melhorar a divulgação dessas informações.

## **Procedimentos metodológicos**

A pesquisa quali/quantitativa encontra-se estruturada no referencial bibliográfico dos autores: Santos (1988); Teixeira, Barreto e Guerra (1999); Catão (2011); Zaidan (2001); Câmara e Monteiro (2001)

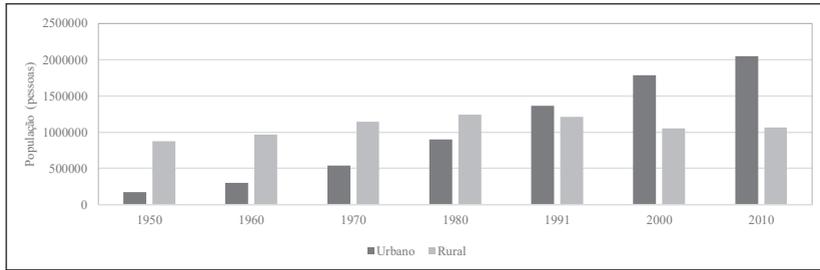
e Façanha (2009). No que tange aos dados epidemiológicos dos casos de Dengue, os mesmos foram disponibilizados pela Secretaria de Estado da Saúde do Piauí (SESAPI), através do Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN), por meio de dados (alfanuméricos) dos casos de Dengue entre 2010 e 2016, disponibilizados em planilhas do Excel, na extensão (.xlsx). Quanto aos dados relativos aos aspectos clínicos graves recorreremos ao Ministério da Saúde por intermédio da plataforma do DATASUS, além dos boletins epidemiológicos da Secretaria do Estado da Saúde do Piauí (SESAPI).

A correlação dos casos com os dados municipais apresentados pelos órgãos anteriormente citados, foi realizada através de Sistema de Informação Geográfica (SIG), através de técnicas de geoprocessamento, com apoio do *software* Qgis Desktop 3.10.1 (*Open source/software livre*), que agrega dados alfanuméricos (tabelas) e dados vetoriais dos municípios, e que oportunizam a elaboração de mapas temáticos, evidenciando, como resultados, os casos notificados de Dengue no espaço temporal adotado.

## **Resultados e discussões**

As características da população no estado do Piauí são comprovadas pelos censos de 1950 a 2010, ao demonstrar que, a partir da segunda metade do século XX, até 1991, o estado apresentava uma população predominantemente rural, pois, dos 1.045.696 habitantes, 170.584 viviam nos centros urbanos e 875.112 nas áreas rurais. A mudança na distribuição da população no estado ocorreu entre 1980 e 1991, onde dos 2.582.137 habitantes, 52,94% viviam no meio urbano e 47,06% na zona rural. É nesse novo cenário populacional que aconteceu a confirmação do vetor da Dengue no estado. Contudo, em 2010, o Piauí já contava com 3.118.360 habitantes, e desse total, 65,70% residia na zona urbana e 34,22% no meio rural. Além dessas mudanças no número de habitantes, a distribuição espacial também apresentou um impulso nas últimas décadas, saindo de 49 centros urbanos para os atuais 224 municípios (BRASIL, 2010), como mostra a Figura 1.

**Figura 1** – População por situação domiciliar no Piauí entre 1950 e 2010



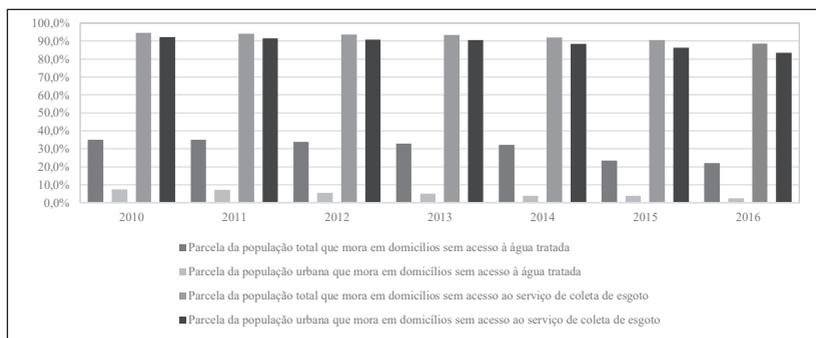
Fonte: Censo Demográfico (1950-2010).

No Piauí, em 1986, foi confirmado pela primeira vez a presença do *Aedes aegypti*, e em 1995, foi identificado o DEN-1 no estado. Levantamentos entomológicos realizados pela Fundação Nacional de Saúde (Funasa), apontaram a presença do mosquito no município de Teresina (PI). Nesse mesmo ano, foram notificados os primeiros casos autóctones de Dengue, confirmando-se a primeira epidemia em 1996 (MONTEIRO *et al.*, 2009; CATÃO, 2011).

Sabemos que o acesso regular aos serviços de água contribuiu para a qualidade de vida da população e dispensa o armazenamento de água em recipientes, dificultando a reprodução do vetor, evitando, ainda, a proliferação de doenças. Nesse contexto, Catão (2011) destaca que a deficiência aos serviços públicos (coleta de lixo e abastecimento de água) colaboram para a densidade e distribuição do vetor, além de evidenciar seu poder de concentração e dispersão de um volume grande de fluxos de pessoas e bens, adquirindo, portanto, papel importante nessa difusão e manutenção.

Logo, daremos ênfase aos serviços que envolvem o uso da água e coleta de esgoto na parcela da população total e urbana no estado do Piauí, frente aos agravos a saúde, além de evidenciarmos as despesas com internações e os custos com saneamento. Cabe mencionar que os dados fazem parte da rede de monitoramento do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), disponíveis no portal Trata Brasil, como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Variação do acesso aos serviços de água e esgoto no Piauí, nos anos de 2010 a 2016



Fonte: SNIS (2018) adaptado por Silva (2020).

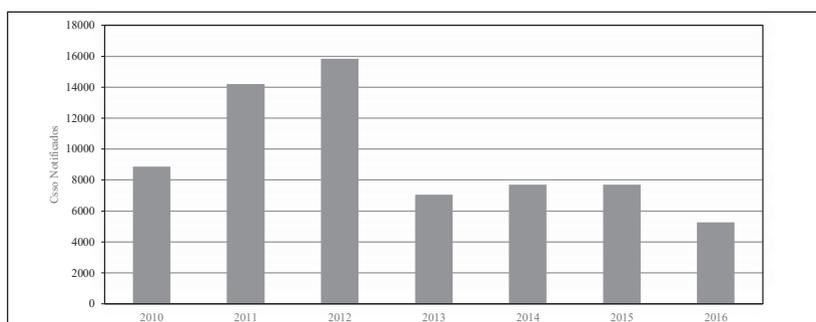
Quando analisamos esses dados, percebemos que o Piauí entre 2010 e 2016, apresentou melhora quanto ao acesso ao serviço de água tratada no estado, pois em 2010, 64,9% da população tinha acesso ao serviço, enquanto em 2016, galgou eficiência de 13%, chegando a 77,9% (média melhor que do Nordeste que era de 73,6%). Nos centros urbanos, notamos que há uma maior eficiência do serviço com 92,7%, e em 2010, para 97,5%. Já na coleta de esgoto, o estado vem se destacando de forma negativa desde o ano de 2011, ao apresentar o pior índice dentre os estados do Nordeste, chegando a um *déficit* de 94,7% em 2010 para 84,4% em 2016. No meio urbano esse índice caiu de 92,2% para 83,5%, respectivamente.

Paralelamente aos dados anteriormente citados, o número de internações por doenças de veiculação hídrica no Piauí, em 2010, correspondia a 30.258 das internações, com redução de 50% em 2016. Esses dados colocam o estado do Piauí na 4ª posição entre os estados do Nordeste com maiores gastos com internações associadas à falta de saneamento.

As despesas com as internações de Dengue, de acordo com os dados do SNIS (2017) apresentaram uma melhora, saindo de 3.215 para 766 internações. Quanto aos custos com despesas que envolvem saneamento houve um aumento de R\$ 352,6 milhões para R\$ 500,1 milhões, em 2016. Logo, mesmo com um aumento dos investimentos no setor ainda assim é possível perceber a alta deficiência no que se refere a coleta de esgoto.

Desse modo, as variações dos casos de Dengue no Piauí, nesse período (2010-2016), demonstraram maior ocorrência entre 2011 e 2012 (Figura 4), ao mesmo tempo em que se constatou uma tendência decrescente no ano de 2016 (ano em que foram notificados 5.269 casos prováveis). A título de informação pertinente, em 2010, apenas 5,3% da população tinha acesso à coleta de esgoto, ao passo que em 2011, esse índice era de 5,8% e 2012, de 6,4%. Em 2018, esse índice correspondeu a 14,4% da população com acesso ao serviço.

**Figura 4** – Distribuição dos casos prováveis de Dengue no Piauí, 2010-2016

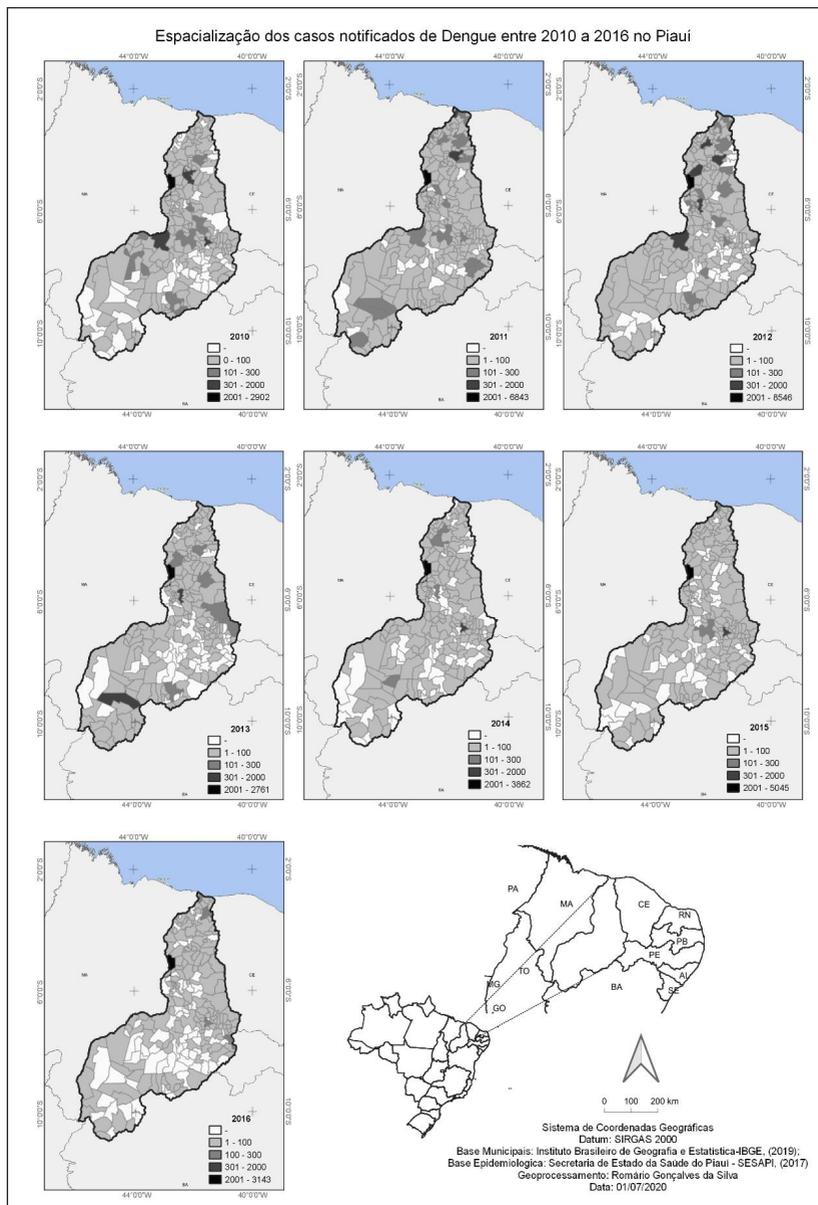


Fonte: SESAPI/SINAN (2017) adaptado por Silva (2020).

Sendo assim, a melhor forma de prevenção da doença continua sendo o controle do seu vetor. Para isso, é fundamental o esclarecimento da sociedade para que ela atue juntamente aos órgãos públicos, já que o principal local onde são encontrados os mosquitos da Dengue é dentro dos domicílios (DIAS, 2010).

A espacialização dos casos de Dengue ao longo dos anos evidenciou-se com uma maior abrangência dos episódios notificados em 2011, onde 90,6% dos municípios piauienses reportaram notificações da doença. Em 2016, percebemos que houve uma redução quanto ao número de municípios com casos notificados de Dengue, em razão disso, a espacialização dos casos ocorreu em 66,0% dos municípios do estado, como mostra a Figura 5.

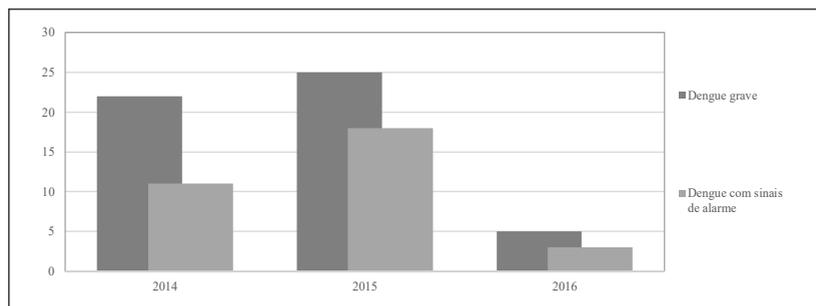
**Figura 5 – Casos notificados de Dengue entre os anos de 2010 e 2016, no Piauí**



Fonte: IBGE, (2018); SESAPI, (2010-2016) adaptado por Silva (2020).

Esta espacialização no número de casos notificados, em um primeiro momento, chama atenção para as consequências desses agravos nos municípios com menor infraestrutura e *déficits* na rede básica de saúde, ao mesmo tempo em que evidencia uma forte concentração na capital piauiense, como aponta a Figura 6.

**Figura 6** – Casos prováveis positivos com complicações de Dengue no Piauí entre 2014-2016



Fonte: Ministério da Saúde/SVS – Sistema de Informação de Agravos de Notificação – Sinan (2014-2016) adaptado por Silva (2020).

Cabe mencionar que as manifestações mais graves da doença têm início com a defervescência da febre, entre o terceiro e o sétimo dia do princípio da doença, acompanhada do surgimento dos sinais de alarme, resultantes do aumento da permeabilidade vascular, que marca o começo da deterioração clínica do paciente e de sua possível evolução para o choque por extravasamento de plasma. A Dengue grave se manifesta então com o extravasamento de plasma, levando o doente ao choque ou acúmulo de líquidos com desconforto respiratório, sangramento grave ou sinais de disfunção orgânica, como o coração, os pulmões, os rins, o fígado e o sistema nervoso central (BRASIL, 2016).

Além disso, a similaridade dos aspectos clínicos com outras arboviroses pode ainda levar a subnotificação dos casos, principalmente quando as doenças não apresentam um quadro mais grave. Contudo, houve no estado do Piauí uma redução nos casos de Dengue no espaço temporal analisado, merecendo destaque, o ano de 2016.

Em suma, o mosquito tem ampliado sua área de atuação nos municípios piauienses e potencializado novas doenças, com o aumento

expressivo dos casos de Zika e Chikungunya de 2015 para 2016, como mostra a Tabela 1.

**Tabela 1** – Dados dos casos de Zika e Chikungunya entre 2015-2016, no Piauí

Doenças	Ano	Nº de municípios com notificações	Casos prováveis	Casos confirmados	Incidência do estado/100 mil hab.	Óbitos
Zika	2015	3	6	6	0,1	0
	2016	20	224	109	4,8	1
Chikungunya	2015	5	15	3	0,4	0
	2016	67	2.075	2.124	64,8	1

**Fonte:** SESAPI/Boletins Epidemiológicos (2015-2016) adaptado por Silva (2020).

Dos 224 municípios que abarcam o estado do Piauí, a capital Teresina é a mais populosa. Nela, concentra-se 814.230 habitantes e por isso, há uma concentração urbana maior que a do estado. No entanto, outros municípios, como Parnaíba, Picos, Piriipiri e Floriano, respectivamente, estão entre as quatro cidades com maior concentração urbana.

Pelo alto número de casos de Dengue será colocada em relevo a cidade de Teresina, que dentro da configuração territorial do Piauí, exerce a principal função na hierarquia, uma vez que concentra a maior parte da população do estado (FAÇANHA, 2009). Dentre as principais atividades de atração e potencialidades da capital, destacam-se os serviços voltados para a educação, comércio e saúde, que são referências dentro do estado.

Conforme preceitua Cruz *et al.* (2016), Teresina está localizada na mesorregião Centro-Norte do Piauí, e apresenta clima tropical com dois períodos distintos: um quente e úmido, entre os meses de janeiro e julho; e outro quente e seco, entre os meses de agosto e dezembro.

Desse modo, Valladares *et al.* (2019) destaca que as ótimas condições de temperatura, o aumento dos corpos d'água e da cobertura

vegetal verde no primeiro semestre do ano, são importantes fatores na explosão do número de casos de Dengue nesse período do ano, justificando a sazonalidade da doença. É importante frisar que a cidade é cortada pelo Rio Parnaíba e pelo Rio Poti, que são importantes entrepostos que contribuem para o aumento desses agravos, diante da baixa taxa do acesso aos serviços de coleta de esgoto.

Assim, a respeito ao acesso à água tratada, Teresina vem apresentando bons índices que vão de 92,4% em 2010, para 99,7% em 2016. No entanto, apresenta baixos indicadores importantes no controle das doenças de veiculação hídrica, pois em 2010, 84,8% da população não dispunha do serviço e, em 2016, 76,5% dispuseram dele. Além disso, segundo o Instituto Trata Brasil, entre 2019 e 2020, a cidade perdeu cinco posições saindo da 85ª para a 90ª posição entre as cidades que apresentam os piores indicadores de saneamento. Em 2018, as despesas com internações por falta de saneamento chegaram a R\$ 241.467,61 e as internações por Dengue, ao montante de R\$ 10.425,28.

Catão (2011) quando explica sobre os nove indicadores, dentre eles a cobertura dos serviços de água e esgoto, a respeito da questão da proliferação de vetores, nos leva a admitir a ideia de que não é possível conter o ciclo dos vetores nas cidades mesmo com a participação efetiva da população, se esta não usufruir das condições mínimas de acesso aos serviços de água e coleta regular do lixo, já que, a deficiência nesses serviços proporciona o aumento do acúmulo de água em vários tipos de recipientes.

## **Considerações finais**

O processo de urbanização no Piauí se intensificou exponencialmente a partir da década de 1990, particularmente, nos principais centros urbanos do estado. Nesse período, os dados mostraram que a Dengue se apresentava de forma tímida quanto às notificações e aos casos graves. Todavia, o aumento de casos entre 2011 e 2013, mesmo com a redução nos demais municípios piauienses, no ano de 2016, a capital do estado ainda apresentava expressivo número de casos o que, em parte, se deu pela sua importância no cenário do estado do Piauí.

Nesse contexto, afirmamos que o processo de urbanização sem planejamento e a deficiência em infraestrutura básica contribuem

para a proliferação desses vetores, uma vez que a deficiência da coleta de lixo, promove o descarte irregular de materiais, bem como o abastecimento precário da rede de água faz com que as pessoas a armazenem em locais inadequados.

Além disso, o crescimento dos centros urbanos no Piauí evidencia uma rápida dispersão do *Aedes aegypti* nos municípios e, com maior ocorrência, na capital, que é intrínseco da sua relação com os demais municípios e outros estados. Dessa forma, os investimentos, principalmente em áreas que são deficitárias, evidenciam a necessidade de superarmos esse *déficit* para, assim, minimizar os gastos com internações por veiculação hídricas.

Em termos conclusivos, a construção dos cenários georreferenciados empregando técnicas de geoprocessamento em saúde, favorecem a identificação de medidas de tendência e risco epidemiológico no espaço e no tempo, o que facilita a compreensão e a análise dos bancos de dados em saúde, diante da circulação de doenças, emergentes e (re)emergentes, especialmente aquelas que apresentam alto índice de impacto na saúde global. Por causa da espacialização dos agravos em mapas temáticos é fundamental a caracterização da área e a otimização da tomada de decisão para implementação e execução de políticas públicas e de saúde, que sejam adequadas à realidade encontrada, no combate ao vetor da Dengue e de outras doenças veiculadas pelo *Aedes aegypti*.

## Referências

ÁZARA, T. M. F. **Detecção de Dengue vírus em *Aedes Albopictus* Skuse e pequenos mamíferos de fragmento florestal urbano.** 2013. 124 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Parasitologia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.

BARCELLOS, Christovam; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira; CORVALÁN, Carlos; GURGEL, Helen C.; CARVALHO, Marília Sá; ARTAXO, Paulo; HACON, Sandra; RAGONI, Virginia. **Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil.** Brasília: Epidemiol. Serv. Saúde [online], 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de Dengue**. Brasília, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **Dengue: diagnóstico e manejo clínico adulto e criança** [recurso eletrônico]. 5. ed. Brasília, 2016.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; FUCHS, S. D.; CARVALHO, M. S. Análise espacial e geoprocessamento. *In: Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília: EMBRAPA, 2004. p. 1-36. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>. Acesso em: 7 ago. 2018.

CATÃO, R. C. **Dengue no Brasil: abordagem geográfica na escala nacional**. 2011. 169 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2011.

CRUZ, I. C. S.; ESPINDOLA, G. M.; CARNEIRO, E. L. N. C. Três décadas de expansão urbana e concentração populacional em Teresina, Piauí, Brasil. **Espacios**, 2016. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a16v37n24/16372403.html#acida>. Acesso em: 2 jun. 2020.

FAÇANHA, A. C. **Desenvolvimento territorial recente em espaços sub-regionais dinâmicos no Piauí**. 2009. 226 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2009.

FONTES, A.; BASTOS, R.; SANTOS, M. **Condições socioambientais de saneamento básico no Conjunto Santa Terezinha, Bairro Novo Horizonte, Lagarto (Se): desafios frente à educação ambiental**. São Paulo: Revbea, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censos demográficos. Tabela 202 – População residente, por sexo e situação do domicílio (1950-2010). Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/202#notas-tabela>. Acesso em: 6 jun. 2020.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Painel Saneamento Brasil**. Disponível em: [www.painelsaneamento.org.br](http://www.painelsaneamento.org.br). Acesso em: 5 jun. 2020.

LONGLEY, Paul A.; GOODCHILD, Michael F.; MAGUIRE, David W. **Rhind (2005), Geographic Information Systems and Science**. Remote Sensing, 2012.

MENEZES, A. M. B. Noções básicas de Epidemiologia. *In*: MENEZES, A. M. B. **Epidemiologia das doenças respiratórias**. Rio de Janeiro: Revinter, 2001. p.184.

NARDI, S.; PASCHOAL J.; PEDRO H.; PASCHOAL V.; SICHIERI E. Geoprocessamento em Saúde Pública: fundamentos e aplicações. **Rev Inst Adolfo Lutz**, São Paulo, 72(3), p. 185-191, 2013.

PIAUÍ. Secretaria de Estado da Saúde. Boletim da 52ª Semana Epidemiológica, 2017.

PIAUÍ. Secretaria de Estado da Saúde. Boletim da 52ª Semana Epidemiológica, 2018.

OLIVEIRA, O.; MORAES, S. Desafios para a sustentabilidade na gestão dos serviços de abastecimento de água na Amazônia: aspectos socioambientais e econômicos do sistema de abastecimento de água na cidade de Macapá-AP. **Revista Espacios**, v. 38, n. 22, p. 27, 2017.

QGIS Development Team, 2019. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: [https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/forusers/download.html/](https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html/). Acesso em: 16 mar. 2020.

ROLNIK, Raquel. Pactuar o território: desafio para a gestão de nossas cidades. **Revista Princípios**, v. 97, p. 22-27, 2008.

SANTOS, Milton. **Metamorfoses do espaço habitado, fundamento teórico e metodológico da Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1988.

SANTOS, Milton. **Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico-informacional**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

SILVA, R. G. **Mapa dos casos notificados de Dengue entre os anos de 2010 e 2016, no Piauí**. Altos, 2020.

SOUZA, Carlos Leite de; AWAD, Juliana di Cesare Marques. **Cidades sustentáveis, cidades inteligentes**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2012.

TEIXEIRA, M. G.; BARRETO, M. L.; GUERRA, Z. Epidemiologia e medidas de prevenção de Dengue. **Informe Epidemiológico do SUS**, [s.l.], v. 8, p. 5-33, 1999.

TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento Instituto Trata Brasil 2020 (SNIS 2018)**. São Paulo, mar., 2020. Disponível em: [http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking\\_2020/Relat%C3%B3rio\\_-\\_Ranking\\_Trata\\_Brasil\\_2020\\_1.pdf](http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking_2020/Relat%C3%B3rio_-_Ranking_Trata_Brasil_2020_1.pdf). Acesso em: 5 jun. 2020.

VALLADARES, G. S.; HASSUM, I. C.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; SANTOS, A. C. S. Influência de variáveis ambientais na ocorrência da Dengue utilizando geoprocessamento em Teresina, Piauí. **Hygeia**, dez., 2019. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/index>. Acesso em: 2 jun. 2020.

Z Aidan, R. T. Geoprocessamento: conceitos e definições. **Revista de Geografia, PPGeo-UFJF**, Juiz de Fora, p.195-201, jul./dez., 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18073>. Acesso em: 5 maio 2020.



# 6

## CADEIA PRODUTIVA E USO POTENCIAL DO QUARTZITO NOS MUNICÍPIOS DE JUAZEIRO E CASTELO DO PIAUÍ

*Flávia Vieira de Sousa*  
*Karen Veloso Ribeiro*

A mineração é uma das atividades mais remotas exercidas pelo homem como fonte de sobrevivência e para produção de bens e consumo, por esta razão, a extração de recursos minerais sempre exigiu cuidados, conhecimento da geologia da rocha e adoção de técnicas adequadas e condizentes com a realidade local (FERNANDES NETO; SILVA; SANTOS, 2015).

A extração mineral no Brasil é historicamente favorecida pela sua formação geológica e extensão territorial, tendo inúmeros minerais de interesse econômico no rol de minérios extraídos, provenientes do embasamento cristalino e das bacias sedimentares (PAIVA *et al.*, 2014), a exemplo das rochas quartzíticas.

O quartzito é uma rocha metamórfica de estrutura laminar, que apresenta várias tonalidades. De modo geral, é amplamente empregado em construções civis e na fabricação de peças ornamentais, possuindo elevado interesse econômico gerado pela sua resistência e durabilidade.

A vantagem dessa rocha é que além de ser porosa, ela é atérmica e tem baixa absorção de água, que contribui para a redução dos fluxos de calor nos ambientes internos, visto que possui baixa propagação de ondas de calor, importante em construções de climas tropicais (QUEIROZ; MELO, 2018).

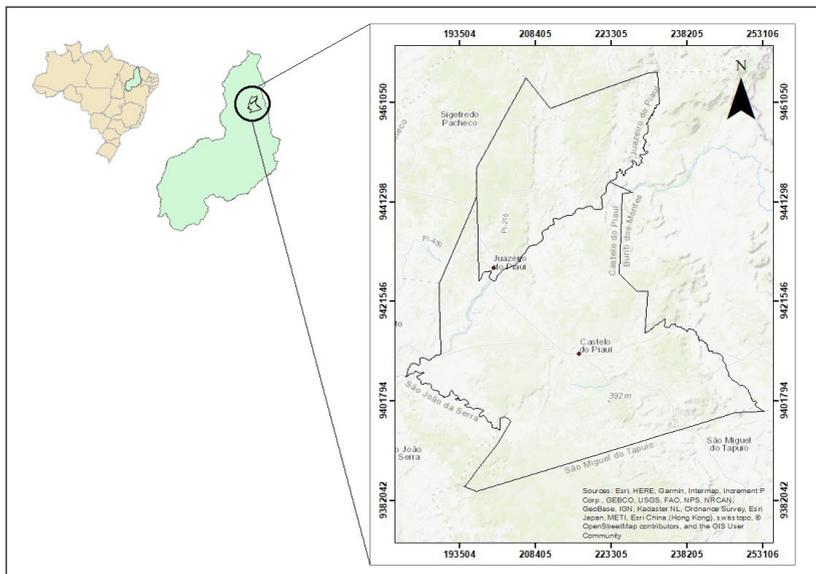
A grande maioria da produção nacional de rochas ornamentais está concentrada na Região Sudeste do país (principalmente nos estados do Espírito Santo e de Minas Gerais), entretanto, o Nordeste, apesar de não possuir a maior produção, detém a maior diversidade geológica em termos de elementos e processos geológicos, com destaque para os estados da Bahia, Ceará e Paraíba (PARAHYBA *et al.*, 2009).

No Piauí, a extração de quartzito é feita em municípios situados no interior do estado. Sua retirada acontece em pedreiras com o auxílio de ferramentas simples e de trabalho manual, a partir de uma série de etapas pré-estabelecidas, que garantem a integridade da rocha obtida. Mas nem sempre, a sua integridade é preservada durante a remoção, gerando rejeitos que acabam sendo depositados nas margens dos rios e/ou à mercê no ambiente, ocasionando assim impactos negativos ao meio. Nessa perspectiva, questionamos: Como o quartzito é obtido do meio ambiente e quais os desequilíbrios ocasionados pela sua extração?

No contexto de extração das rochas quartzíticas, os municípios de Juazeiro e Castelo do Piauí vem ganhando notoriedade pela riqueza desse recurso natural. Diante disso, objetivamos com essa pesquisa, analisar os processos de extração do quartzito com o intuito de sobressaltar os benefícios gerados por esta atividade, bem como as potencialidades de uso deste tipo de rocha e as adversidades socioambientais originadas.

A pesquisa foi realizada nos municípios de Juazeiro (Latitude: 5°10'20" e Longitude: 41°42'12") e Castelo do Piauí (Latitude: 5°19'20" e Longitude: 41°33'09"), ambos localizados na Microrregião de Campo Maior (Figura 1), e que apresentam população estimada de 5.472 e 19.715 habitantes, respectivamente, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018).

**Figura 1** – Localização dos municípios de Juazeiro e Castelo do Piauí



Fonte: IBGE (2015). Elaboração: Karoline Veloso Ribeiro (2018).

As formações geológicas destas cidades datam do Paleozoico, com destaque para as formações Longá, Cabeças, Pimenteiras e o Grupo Serra Grande, como também do Cenozoico, reconhecidas pelos Depósitos Colúvio-Eluviais (SANTOS, 2014).

Em conformidade com Santos (2015), foram identificadas cinco unidades geomorfológicas: superfície pedimentada dissecada em morros/colinas e formas tabulares de Castelo do Piauí; patamares estruturais da Bacia do Rio Poti; superfície pedimentada dissecada em morros/colinas e formas tabulares de Juazeiro do Piauí; rebordos cunhistiformes conservados do interior da Bacia Sedimentar do Maranhão/Piauí; e o vale da Bacia do Rio Poti.

Os rios que drenam Juazeiro e Castelo do Piauí são respectivamente: Parafuso e Cais. O Rio Poti, por sua vez, é comum em ambas as localidades (BAPTISTA, 1981; AGUIAR; GOMES, 2004a; AGUIAR; GOMES, 2004b). Os dois municípios possuem clima tropical alternadamente úmido e seco, e vegetação de Cerrado, com manchas de cerrado, carrasco e caatinga arbórea e arbustiva (CEPRO, 1996).

No que diz respeito a pedologia das regiões supracitadas foram identificadas 14 associações de solos, agrupadas em: argissolos, chernossolos, latossolos, luvisolos crômicos, neossolos litólicos, neossolos quartzarênicos, planossolos e plintossolos (JACOMINE, 1983; EMBRAPA, 2009).

## Desenvolvimento

Inicialmente, foram realizadas visitas em duas empresas de quartzito, uma situada no município de Juazeiro do Piauí e a outra em Castelo do Piauí, ambas com licenciamento ambiental vigente, no intuito de identificar as etapas posteriores à extração da rocha, assim como o beneficiamento oriundo desse processo.

Os dados foram coletados por meio de conversas individuais com os responsáveis pelas empresas de extração, mediante entrevista semiestruturada (BERNARD, 2006), onde usamos formulários como instrumentos de pesquisa. A técnica de Etnografia também foi utilizada a fim de evidenciar os impactos negativos decorrentes da prática de remoção da rocha. Para análise dos dados, adotamos a abordagem qualitativa, que subsidiou as discussões do presente estudo.

Cabe reforçar, que esta pesquisa teve aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Piauí (UFPI), sob número de parecer 2.868.941. Na presente ocasião, coletamos a assinatura de todos os partícipes entrevistados, após leitura prévia dos objetivos contidos no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, mantendo o anonimato dos voluntariados, atendendo, portanto, aos critérios éticos exigidos.

Consoante Santos *et al.* (2014), a extração de quartzito compreende em dois processos: extração (obtenção da rocha da natureza, *in natura*) e beneficiamento (conjunto de processos realizados na rocha a fim de que incorpore a estética desejada e acumule valor monetário).

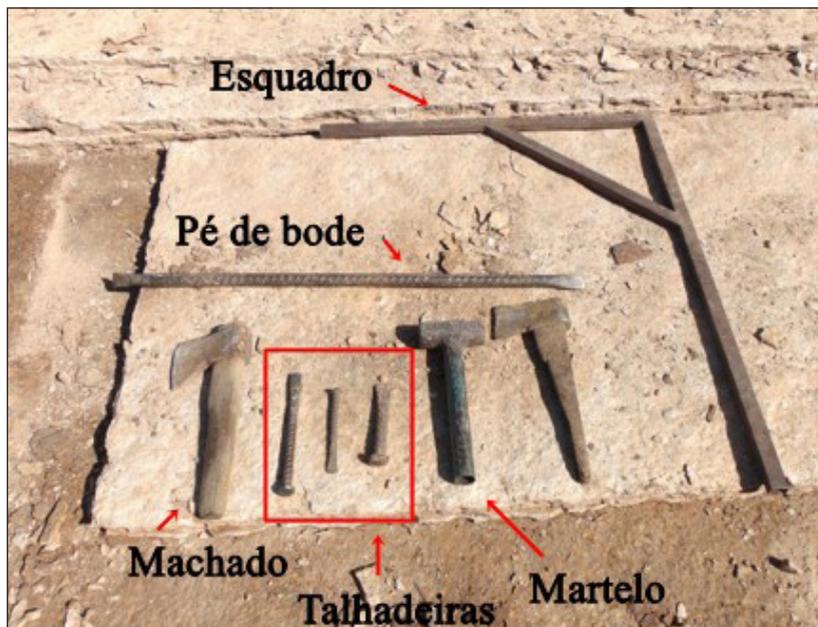
Desde a retirada da rocha quartzítica do solo até o seu aprimoramento e posterior despacho ao mercado interno e/ou externo, foi possível identificar, a partir das visitas realizadas *in loco* e junto as empresas responsáveis por essa atividade, três principais etapas de extração: retirada da cobertura vegetal da área a ser explorada, extração do recurso mineral (quartzito) e lapidação da rocha. De acordo

com Santos (2005), a mineração a céu aberto é uma das atividades humanas que mais contribui para a descaracterização da paisagem, em virtude de que tais procedimentos alteram substancialmente a superfície terrestre.

A limpeza da área se dá por meio da retirada da vegetação do espaço a ser explorado, de forma manual ou com o uso de máquinas, denominadas carregadeiras. Com este mesmo transporte é feita a remoção do barro, até a primeira camada de rocha ficar em evidência. Em seguida, vassouras são utilizadas para tirar as sobras de areia da superfície exposta. Nesta primeira etapa, constatamos que toda a flora ali presente é removida de forma indiscriminada, refletindo na modificação primária da paisagem. De acordo com Albuquerque *et al.* (2002), Santos *et al.* (2014) e Freitas, Gomes e Aquino (2016), a remoção da cobertura vegetal altera as características do solo (*e.g.* porosidade e infiltração), destrói *habitats* de toda a biota ali presente e, conseqüentemente, influi nos processos migratórios da microfauna, como também contribui para sua erradicação, além dos riscos de erosão e desertificação, e assoreamento de drenagens.

A segunda etapa consiste na retirada da rocha do substrato geológico. Sua extração acontece manualmente e de forma simples, através das seguintes ferramentas: marreta, martelo, talhadeira e/ou cunha, machado, pé de bode e esquadro de ferro (Figura 2). O deslocamento manual do quartzito foi igualmente observado na pesquisa de Nóbrega e Souza (2016).

**Figura 2** – Ferramentas utilizadas na extração da rocha bruta de quartzito, em Juazeiro e Castelo do Piauí



Fonte: RIBEIRO, 2018.

A marreta é usada para desprender a rocha do solo, de modo que ela se solte da camada rochosa subsequente, visto que a remoção do quartzito é feita por camadas laminares delgadas. A força exercida sobre a mesma depende da sua resistência, portanto, esta técnica pode ser melhorada com o exercício contínuo da profissão. A talhadeira é utilizada em conjunto com o martelo, para fazer riscos na rocha. Esses riscos que servirão de base para o corte, ou ainda, para “fatiar” as lâminas rochosas em subcamadas mais finas. O corte, por sua vez, é feito com o auxílio do machado, que também é utilizado para aparar a rocha, isto é, para reparar as bordas da pedra removida. O pé de bode serve de suporte para erguê-la, auxiliando no seu transporte. Enquanto que, o esquadro, possui a função de demarcar a área a ser cortada, de maneira que se estabeleça uma padronização entre as camadas extraídas. O esquadro pode ser produzido tanto na madeira como no ferro e suas dimensões variam em comprimento e largura,

de acordo com o tamanho da rocha a ser cortada, fator que é determinado pelos consumidores.

De acordo com Araújo *et al.* (2017), a quantidade de rejeitos gerados nas etapas de corte e esquadreamento das placas de quartzito é bem maior quando nestas práticas são empregadas ferramentas rudimentares e o processo se dá de forma manual. Ainda em conformidade com os mesmos autores, esse método dificulta o desenvolvimento das pedreiras e, conseqüentemente, tornam os locais de trabalho sujeitos a acidentes constantes. Isso ocorre devido ao acúmulo de sedimentos que vão sendo deixados nos arredores das áreas de lavra, em virtude da fragmentação errônea da rocha, no momento do corte, o que a torna imprópria para uso.

Segundo Santos *et al.* (2014), os índices percentuais de resíduos gerados podem ser drasticamente minimizados quando associados a tecnologias de ponta. Por esta razão, os autores enfatizam que pesquisadores e órgãos ambientais estão cada vez mais inserindo equipamentos precisos ao mercado, com o intuito de reduzir o volume de pedregulhos nas áreas de extração.

Outro método alternativo, observado na extração da rocha bruta, advém do uso da máquina semiautomática de corte (Figura 3). Devido à ausência de rede de energia na área de extração, geradores de eletricidade são transportados em tratores para garantir o funcionamento dos equipamentos. Carros-pipas também são usados para resfriar o maquinário com suas mangueiras acopladas. Em vista disso, o disco de corte diamantado alcança altas temperaturas, e se utilizado na ausência da água, causa danos rápidos à máquina. Além de facilitar o corte, a água também evita a formação de poeira acumulada nesse processo. Salientamos, que o maquinário pesado (altas tecnologias) usado nessa etapa foi observado em ambas as empresas visitadas.

**Figura 3** – Etapa de corte da rocha quartzítica com uso de maquinário. (A) Máquina de corte, (B) Gerador de eletricidade e (C) Carro-pipa para abastecimento do maquinário



Fonte: RIBEIRO, 2018.

Uma vez extraídas, as rochas são colocadas em caixotes feitos à base de ferro para serem transportadas em caminhões até os galpões das indústrias para o aprimoramento das mesmas.

A terceira etapa também acontece com o uso de máquinas semiautomáticas. Nessa fase, a rocha é reparada em comprimento e largura (Figura 4A) em um equipamento de corte chamado de multidisco, cuja dimensão máxima padrão é de 100cm x 80cm. Cortes inferiores a este tamanho também podem ser realizados e variam de acordo com a finalidade do produto desejado. Em seguida, a rocha é calibrada com as máquinas de calibragem (Figura 4B), cuja atribuição é tornar a superfície do quartzito parcialmente ou totalmente lisa, através de discos com partículas diamantadas reguláveis. Lembramos, que o corte e calibre da rocha são determinados pelo consumidor.

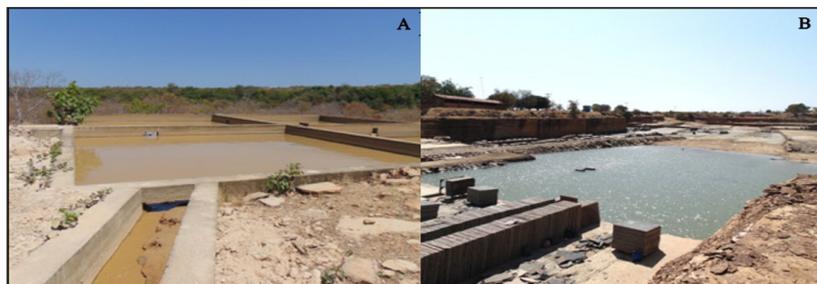
**Figura 4** – Máquina de calibragem utilizada pelas empresas de extração de quartzito em Juazeiro e Castelo do Piauí



Fonte: RIBEIRO, 2018.

Nesse estágio, as máquinas são igualmente resfriadas e as rochas transportadas são lavadas com água limpa, para que não sejam danificadas. A água utilizada na lavagem da rocha é oriunda de poços tubulares presentes dentro das empresas. Toda a água utilizada no processo de lavagem é direcionada para os tanques de decantação (Figura 5A), e posteriormente utilizada para o resfriamento dos equipamentos, em circuito fechado, por tubulações de captação do líquido. O acúmulo de água da chuva nas crateras deixadas propositalmente durante o processo de extração é uma fonte hídrica alternativa aos poços tubulares (Figura 5B). De acordo com os entrevistados, toda a água utilizada nessas duas etapas supramencionadas é reaproveitada.

**Figura 5** – Uso da água. (A) Tanques de decantação e (B) Crateras deixadas nas áreas de exploração para acúmulo de água



Fonte: RIBEIRO, 2018.

Apesar da grande quantidade de água usada nessa etapa, observamos que as empresas recorrem a meios sustentáveis de reutilização, configurando uma atitude positiva frente aos impactos constatados. Em conformidade com Santos *et al.* (2014), o reuso da água é uma obrigatoriedade instituída pelos órgãos ambientais, em virtude do grande volume que é requerido para garantir as boas condições de trabalho.

O polimento da rocha é um processo facultativo. Este estágio só é feito se o consumidor optar por obter peças mais acabadas e trabalhadas, isto é, com maior grau de precisão (polidas). Esta etapa é efetuada com o auxílio de equipamentos semiautomáticos denominados de maquina ou polidora (Figura 6A e 6C).

**Figura 6** – Etapa de polimento da rocha. (A) Uso de máquina semiautomática (maquita) para polimento, (B) Cera de carnaúba e (C) Máquina polidora



Fonte: RIBEIRO, 2018.

Nessa fase, a rocha totalmente calibrada é brunida com cera de carnaúba (Figura 6B) em estado sólido. Para que a cera derreta, a rocha é exposta ao sol ou submetida ao aquecimento por meio de chamas, tendo o gás butano como combustível. A síntese da cera não pôde ser descrita, pois se caracteriza como segredo industrial. Segundo Fernandes Neto, Silva e Santos (2015), os aspectos estéticos da rocha atendem a uma exigência do mercado imobiliário, no afã de agregar valor ao produto.

Em acréscimo ao exposto acima, Santos *et al.* (2014) relata que é no processo de beneficiamento que o quartzito se torna mais atraente visualmente, assim como garante a presença de bons aspectos físicos, pois é nessa fase que os defeitos dos blocos extraídos são detectados. Sendo assim, só vai para a comercialização os blocos de alta qualidade, excluindo, portanto, os defeituosos.

A última etapa consiste na importação e exportação do produto. Para que as rochas sejam enviadas para dentro ou fora do país, as encomendas devem primeiramente ser encaixotadas. Uma das empresas visitadas faz a compra dos *pallets* para o encaixotamento, enquanto a outra realiza sua própria produção. A empresa que faz a confecção dos próprios *pallets* utiliza madeira de *Pinus*, que é colocada em máquina semiautomática de corte, de uso madeireiro, para fabricação. As madeiras são oriundas do estado de Minas Gerais e fumigadas sob altas temperaturas, para posterior uso. Este procedimento é feito com a finalidade de eliminar possíveis organismos vivos presentes na madeira, de modo que detenha futuras infestações e/ou deterioração. Uma vez embaladas, as rochas encontram-se aptas para serem despachadas.

A importação e/ou exportação da rocha semi ou totalmente calibrada fica sob encargo das empresas, no entanto, o frete do produto é de competência do consumidor. O transporte para o exterior ocorre nos Portos do Mucuripe ou Pecém, ambos localizados no estado do Ceará. Para o mercado interno, o transporte é feito por transportadoras de cargas. De acordo com os entrevistados, o produto ainda é pouco valorizado na região produtora e também no Brasil, por essa razão, a comercialização do quartzito é voltado mais para o mercado externo, principalmente, países que abrangem a Eurásia.

Ressaltamos neste momento, que no processo de extração foi identificada a presença de quatro cores de rochas de quartzito: branca, amarela, multicolor e preta (Figura 7). Segundo Santos et al. (2014), as rochas ornamentais ganham notoriedade por se apresentarem em várias tonalidades e texturas.

**Figura 7** – Cores de rochas de quartzito encontradas no subsolo dos municípios de Juazeiro e Castelo do Piauí



Fonte: RIBEIRO, 2018.

Segundo os entrevistados, a de cor branca é localizada nas camadas mais superficiais do solo, sendo raramente encontrada e aproveitada. As de coloração amarela e multicores são achadas na porção mais intermediária do solo, sendo consideradas as de maiores interesses para o mercado consumidor. E a preta é encontrada nas regiões mais profundas, sendo esporadicamente utilizada. A disposição da amarela e das multicores não seguem uma ordem definida no solo, por isso, elas podem ser encontradas de forma alternada ou não.

Quanto a durabilidade do material extraído, a rocha branca é a mais frágil dentre as demais, e por esse motivo é raramente reaproveitada. A amarela e a multicolor possuem resistência intermediária, enquanto a preta é a mais rígida. Tal fato se justifica em virtude da ação do tempo. Quanto mais fundo o solo, mais preta, mais resistente e menos porosa, a rocha é.

Para o mercado interno há uma predominância de consumo da rocha na cor preta, em contrapartida, o mercado externo tem preferência pela amarela. Em termos de qualidade, a amarela se sobressai às demais cores de rocha, por esta razão o mercado externo possui maior preferência por esse produto, já que no Brasil, o recurso natural não é valorizado, além de possuir baixo valor agregado.

Quanto à porosidade, foi relatado que as mais claras são mais porosas em detrimento das mais escuras. Isso se deve ao fato da compactação das lâminas rochosas, que se tornam mais consistentes à medida que o solo fica mais profundo. Também foi observada a presença de “quibe” (Figura 8), que segundo os trabalhadores são consideradas rochas altamente compactadas e espessas, que não se abrem em subcamadas menores. Com isso, podemos inferir que o esgotamento da área de extração acontece quando se atinge essa camada de rocha, pois o material encontrado é inviável para uso.

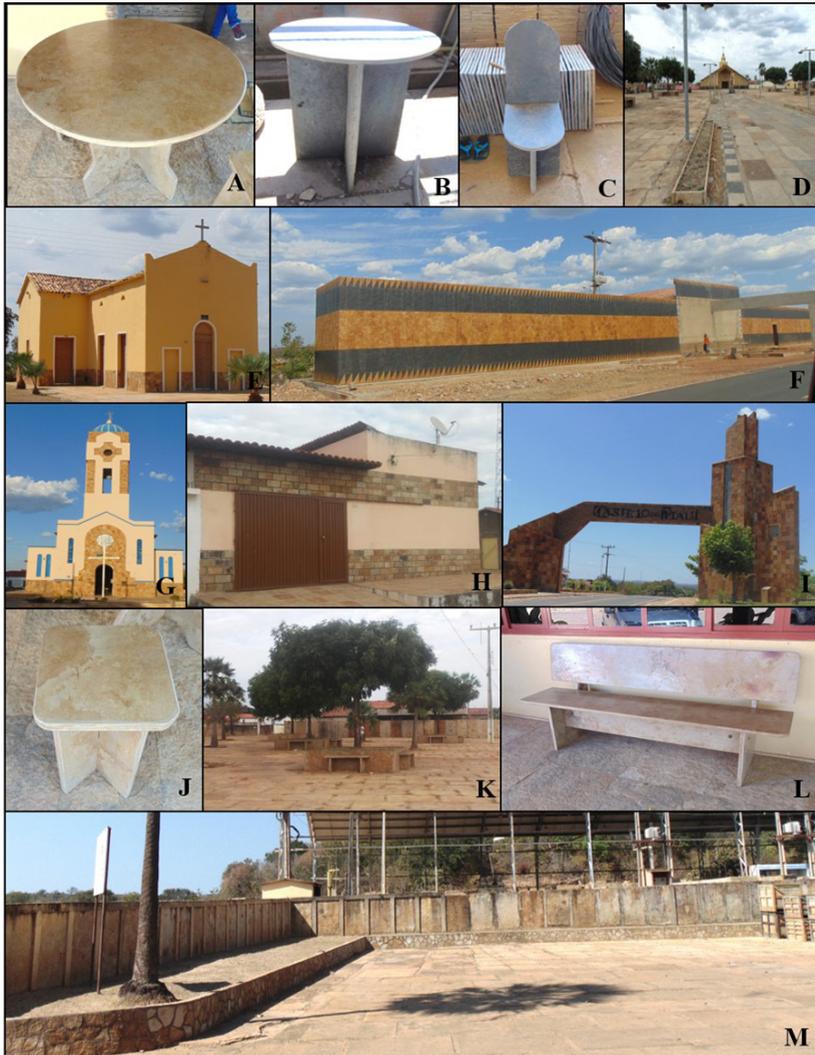
**Figura 8** – Camada de rocha denominada popularmente de “quibe” nas áreas de extração do quartzito



Fonte: RIBEIRO, 2018.

Sobre o potencial uso desse produto, destacam-se os quartzitos que são amplamente utilizados na construção civil, para revestimento de estabelecimentos, pisos, muros e cercas; como móveis, bancos, mesas, cadeiras, suporte (painel) para televisão e guarda-roupas; e ainda na fabricação de artesanatos, em geral (Figura 9).

**Figura 9** – Usos comerciais e potenciais da rocha quartzito. (A) e (B) mesas, (C) Cadeiras, (D) Piso, (E), (F), (G), (H) e (I) Revestimentos de fachadas e rodapés, (J), (K) e (L) Bancos, e (M) Muros



Fonte: RIBEIRO, 2018.

Existem também, outras aplicabilidades ao produto e que foram descritas por diversos autores: Lima *et al.* (2007) verifica a possibilidade da obtenção da areia para aplicação em vidro de vasilhame e construção civil; Babisk *et al.* (2012) mostra que a incorporação de resíduos de quartzito em cerâmica vermelha é viável; e Reis, Collares e Reis (2016) concluíram que os agregados dos rejeitos de quartzito podem ser utilizados na fabricação de peças de concreto para pavimentação.

Apesar de possuir amplo uso comercial, faltam iniciativas por parte do governo em elaborar políticas públicas de melhor gerenciamento desse recurso, relativo ao uso sustentável e medidas que diminuam os impactos negativos ocasionados ao meio ambiente. Pois essa atividade mineradora movimenta a economia de ambos os municípios pesquisados, mesmo que timidamente, além de gerar empregos e renda à população, direta e/ou indiretamente, já que grande parte da população sobrevive de sua extração. Estes impactos benéficos foram igualmente citados na pesquisa de Pontes, Farias e Lima (2013) quando mencionam que o setor de extração mineral proporciona desenvolvimento socioeconômico para todos os agentes envolvidos pelo empreendimento e para o município.

Frete aos malefícios verificados por essa atividade, a intensa degradação ambiental se destaca, visto que a exploração do quartzito se caracterizou como predatória, apesar das licenças ambientais concedidas às empresas, uma vez que não foi observada e/ou relatada nenhuma prática de regeneração das áreas exploradas. O mesmo foi observado nos estudos de Freitas, Gomes e Aquino (2016), sobre a extração de Opala, no município de Pedro II.

Sousa *et al.* (2018) relata que os impactos adversos, oriundos da mineração, podem ser agrupados em cinco categorias: poluição da água, do ar, sonora, do solo e subsidência do terreno. *In loco* foi constatado que os rejeitos da extração são deixados próximos às lavras, não havendo nenhum local apropriado para despejo, por isso muitas vezes são depositados perto das margens do Rio Poti. Esta ação se torna preocupante, do ponto de vista ambiental, pois dependendo da quantidade de detritos acumulados nas redondezas do rio, pode levá-lo a sua morte, em decorrência de um processo denominado de soterramento.

Queiroz e Melo (2018) corroboram com os autores supracitados, ao mencionarem que, de fato, a extração do quartzito gera grande volume de resíduos que são descartados a céu aberto ocasionando degradação paisagística, interferência no processo de escoamento superficial dos recursos hídricos, assoreamento de drenagens e desmoronamentos, além de problemas respiratórios na população, provocados em virtude do grande número de partículas sólidas em suspensão no ar. Todos esses prejuízos foram detectados nas visitas feitas aos municípios de Juazeiro e Castelo do Piauí. Porém, além dos já indicados, acrescentam-se os problemas auditivos, devido aos intensos ruídos a que são expostos diariamente, como também problemas de pele, decorrentes da intensa radiação solar, que por sua vez acaba se acumulando no organismo dos extratores, provocando várias doenças.

Amaral *et al.* (2017) identifica ainda, que os atributos químicos dos rejeitos da mineração evidenciam alta limitação de plantas que possam vir a ser usadas no processo de reflorestamento em virtude da alteração nutricional do solo, que tende a ser reduzida, assim como a matéria orgânica, elevando, em contrapartida, a acidez da terra. Logo, concluímos que as áreas que sofrem interferência dessa atividade mineradora precisam ter seus solos corrigidos para que, dessa forma, favoreçam o desenvolvimento dos vegetais a serem plantados.

Ambas as empresas visitadas disponibilizam Equipamentos de Proteção Individual (EPI) aos seus funcionários, como máscara, luva, protetor auricular, óculos de proteção, avental e bota. Estes EPI são de uso obrigatório, por efeito da insalubridade do ambiente e da carga excessiva de trabalho. O ofício é realizado de segunda às sextas-feiras, nos turnos predominantemente, manhã e tarde. Dependendo da demanda do produto, os empregados podem vir a fazer hora extra, desempenhando suas atribuições também no período noturno. Esses acessórios são fundamentais e minimamente básicos, exigidos na profissão, por garantirem a segurança dos trabalhadores contra agentes externos (*e.g.* ruídos, poeira, etc.).

O uso de tecnologias, conforme os estudos de Santos *et al.* (2014), a citar a utilização as máquinas de corte, contribui para a redução de até 70% dos resíduos gerados. Araújo *et al.* (2017) inclui nesse conceito uma outra medida, que é transformar os rejeitos em parale-

lepípedos com dimensões pequenas para serem usados na pavimentação de calçadas, por exemplo. Isso também contribuiria na redução dos rejeitos formados.

Contudo, falta dar a devida importância a essa atividade mineradora e investir em políticas públicas voltadas para o processo de beneficiamento do quartzito, implementando mais empresas, contratando mais trabalhadores, taxando valores fixos de preços nos municípios em questão, com o intuito de atribuir valor agregado e conseqüentemente, reduzir as áreas de exploração irregulares, além de elaborar medidas mitigatórias de recuperação das áreas exploradas ou transformá-las em aterros, como sugerido por Fernandes Neto, Silva e Santos (2015).

## **Conclusões finais**

Os municípios de Juazeiro e Castelo do Piauí se destacam pela forte presença da atividade do setor minerador, tendo o quartzito, como o seu principal produto de extração. As etapas de obtenção dessa rocha requerem técnica e habilidade, além de conhecimento dos procedimentos de remoção.

Dentre as etapas de extração e beneficiamento foram identificados impactos positivos e negativos, tanto de origem social como ambiental. As maiores repercussões adversas, que foram por nós observadas estão vinculadas à insalubridade do ambiente a que os trabalhadores estão inseridos e a inviabilidade da recuperação das áreas de lavra, decorrente da extração predatória e inconsciente desse processo.

Por outro lado, a comercialização e a fabricação de materiais feitos a partir do quartzito, contribui substancialmente para o desenvolvimento local, apesar do pouco reconhecimento e valorização do material extraído, gerando renda, empregos, promovendo o capital de giro na região.

Muitos são os usos oriundos da obtenção da rocha quartzítica, no entanto, falta incentivo e políticas públicas efetivas que deem visibilidade à qualidade do produto extraído e à valorização da mão de obra. Carece ainda, a promoção de ações educativas mitigatórias que visem, principalmente, a sensibilização de toda a população e, sobre-

tudo, daqueles que dependem direta ou indiretamente desta prática, de modo que esta atividade se torne sustentável.

Frente ao não reaproveitamento do resíduo descartado (sobras rochosas), seria interessante investir cada vez mais em tecnologias de ponta, durante todo o processo de extração e aprimoramento da rocha de quartzito, a fim de que o volume de rejeito gerado seja consideravelmente reduzido, posto que nenhum tratamento é realizado com o material inutilizável, que fica ao relento no ambiente ou próximo às drenagens.

## Referências

AGUIAR, R. B.; GOMES, J. R. C. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí**: diagnóstico do município de Castelo do Piauí. Fortaleza: CPRM, 2004a.

AGUIAR, R. B.; GOMES, J. R. C. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí**: diagnóstico do município de Juazeiro do Piauí. CPRM, Fortaleza, 2004b.

AMARAL, C. S. *et al.* Caracterização química e granulométrica de rejeitos da mineração de quartzito no município de Diamantina-MG, Brasil. **Espacios**, v. 38, n. 27, p. 14, 2017.

ARAÚJO, A. M. M. *et al.* Análise da atividade minerária do quartzito na comunidade quilombola Sumidouro, Queimada Nova-Piauí. **Geonomos**, v. 25, n. 1, p. 50-57, 2017.

BABISK, M. P. *et al.* Incorporação de resíduo de quartzitos em cerâmica vermelha. **HOLOS**, v. 6, p. 169-177, 2012.

BAPTISTA, J. G. **Geografia Física do Piauí**. 2. ed. Teresina: COMEPI, 1981. p. 327.

BERNARD, H. R. **Research methods in cultural anthropology**. 2. ed. Newbury Park: SAGE Publication, 2006. p. 803.

CEPRO. **Piauí**: caracterização do quadro natural. Fundação de Pesquisas Econômicas do Estado do Piauí. Teresina, 1996.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Centro Nacional de Pesquisa de solos (Rio de Janeiro)**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2009.

FERNANDES-NETO, S.; SILVA, T. T. S.; SANTOS, J. S. Impactos ambientais causados pela disposição final de rejeitos provindos da mineração de quartzito na Paraíba. **Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, Fortaleza, 2015.

IBGE. 2018. Brasil/Piauí/Município. **População**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/juazeiro-do-piaui/panorama>. Acesso em: jan. 2019.

JACOMINE, P. K. T. **Mapa exploratório**: reconhecimento de solos do estado do Piauí. EMBRAPA/SNLCS-SUDENE-DRN, 1983.

LIMA, R. M. F.; SILVA, A. F. S.; MORAIS, R. M. M.; LUZ, J. A. M. Caracterização tecnológica de resíduos de pedreiras de quartzito da região de Ouro Preto-MG. **Revista Escola de Minas**, v. 60, n. 4, p. 663-668, 2007.

NÓBREGA, L. F. M.; SOUZA, M. M. Utilização do resíduo fino da serragem de quartzito para obtenção de revestimento cerâmico. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, Natal, 2016.

PAIVA, F. I. G. *et al.* Extração mineral de quartzito e sua aplicabilidade na construção civil na cidade de Várzea- PB. **Holos**, p. 89-100, 2014.

PARAHYBA, R. E. R.; CAVALCANTI, V. M. M.; PERLATTI, F. **Mineração no Semiárido Brasileiro**. Brasília: DNPM, 2009. p. 201.

PONTES, J. C., FARIAS, M. S. S., LIMA, V. L. A. Mineração e seus reflexos socioambientais: estudo de impactos de vizinhança (EIV) causados pelo desmonte de rochas com uso de explosivos. **Polêmica**, v. 12, n. 1, p. 77-90, 2013.

QUEIROZ, C. A.; MELO, A. B. Caracterização das propriedades térmicas da pedra reconstituída com resíduos da extração de quartzito para aplicação em revestimento de fachadas de edifícios. **Revista Eletrônica de Engenharia**, v. 15, n. 1, p. 136-150, 2018.

REIS, F. M. D.; COLLARES, E. G.; REIS, M. J. Estudo tecnológico em rejeitos de minerações de quartzitos do Sudoeste mineiro para uso como agregado em pavimentação urbana. **Anais do 16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental**, São Paulo, 2016.

SANTOS, D. A.; GURGEL, M. T.; MOTA, A. F.; PAIVA, F. I. G. Extração mineral de quartzito e sua aplicabilidade na construção civil de várzea- PB. **Holos**, v. 4, ano 30, p. 89-100, 2014.

SANTOS, F. A. Mapeamento das unidades geoambientais e estudo do risco de degradação/desertificação nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí. **Revista Equador**, v. 4, n. 2, p. 1, 2015.

SANTOS, F. A. Mapeamento das unidades geomorfológicas dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, Piauí, Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v. 10, n. 1, p. 543-548, 2014.

SOUSA, V. A. *et al.* Identificação dos impactos ambientais causados a partir da atividade de extração e beneficiamento de quartzito no município de Várzea-PB. **Anais do 1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade**, Gramado, 2018.

# 7

## PROCESSOS EROSIVOS NO LITORAL PIAUIENSE: abordagem teórica e prática

*Vívian Ribeiro Magalhães*  
*Karoline Veloso Ribeiro*

O litoral piauiense está inserido no Nordeste do Brasil, na Costa Semiárida Norte, que vai do Mangue Seco no Maranhão (02°27'S e 43°03'W) até a Ponta de Itapajé, no estado do Ceará (2°50'S e 40°W), compreendendo parte do estado do Maranhão, todo o litoral do Piauí e parte do estado do Ceará. Essa compartimentação leva em consideração, especialmente, as características de parâmetros oceanográficos como, por exemplo, as ondas, e não exatamente características climáticas como a quantidade e distribuição das chuvas. Apesar de não haver consenso na nomenclatura dos compartimentos, existe uma relativa aceitação dos limites estabelecidos (MUEHE, 2006b).

Salientamos então que Diniz e Oliveira (2016) denominaram esse trecho de “Costa dos Deltas”, uma vez que todas as desembocaduras fluviais da área formam deltas, contendo, inclusive, o maior delta das Américas, o Delta do Parnaíba, que abrange o litoral piauiense e parte do litoral maranhense.

Essa porção do litoral setentrional do Nordeste possui uma extensão de 1.250 km e representa um fragmento de exceção climática, onde predominam climas quentes e secos, variando de semiárido moderado a subúmido. Nesse sentido, considerando o recorte espacial do estudo em epígrafe, a costa piauiense apresenta uma extensão de aproximadamente 66 km, tendo como limites naturais: a Leste o

Rio Ubatuba, que limita o Piauí do estado do Ceará; a Oeste o Rio Parnaíba, que limita o Piauí com o estado do Maranhão; ao Norte o Oceano Atlântico; ao Sul com os municípios de Ilha Grande, Parnaíba, Luís Correia e Cajueiro da Praia.

Sabemos que um dos principais problemas costeiros da atualidade é a erosão costeira. A palavra erosão tem sua origem no latim, *erodere*, que etimologicamente significa corroer, sentido vulgarmente associado à expressão. Mas o fenômeno erosão consiste em um conjunto de processos que incluem a desagregação de partículas de material rochoso ou terroso, e seu consequente transporte e desgaste por diversos agentes como a água, o vento e a gravidade. A erosão pode acontecer essencialmente de forma natural ou induzida. Esta última, em especial, ocorre quando os processos são acelerados pelo homem (SIMÕES; COIADO, 2003; SILVA, *et al.*, 2004).

Os problemas relacionados à erosão costeira são cada vez mais frequentes nas orlas de urbanização consolidadas, e sua dinâmica e também vulnerabilidade, frente às menores alterações, podem ter grandes consequências nesses lugares, intensificando assim os processos e desenvolvendo sérios problemas de ordem ambiental e social. Nesses locais, as áreas de acentuada dinâmica, como as faixas de praia, não são respeitadas, e por isso geram reflexos imediatos na disponibilidade de sedimentos e, conseqüentemente, no recuo da linha de costa, associado ainda à elevação do nível médio dos oceanos.

Diante do exposto, consideramos como inquietação inicial entender como os processos erosivos interferem na geomorfologia do litoral piauiense, a partir da identificação de elementos da dinâmica costeira por um viés teórico e prático. A compilação desse tipo de informação é de suma importância para o ordenamento territorial, bem como efetiva-se como uma ferramenta relevante para o desenvolvimento do conhecimento geográfico, permitindo sua utilização desde o ensino acadêmico de Geografia, até transposições didáticas no ensino básico.

## Fundamentação teórica

Partindo da premissa da abordagem sistêmica, como uma metodologia chave para a elucidação das complexas relações entre sociedade e natureza, tal como para o estudo das paisagens litorâneas, esta torna-se imprescindível para a compreensão da temática. Desta forma, o estudo da dinâmica do meio natural, é uma maneira exitosa para o entendimento da influência do ser humano (o principal agente transformador do meio), sobre a estrutura e funcionamento dos geosistemas, que contribui para a descoberta de elementos dos impactos antrópicos sobre a natureza (RODRÍGUEZ, 2019).

Mencionamos aqui, que estudos posteriores, como o trabalho de Muehe (2006) intitulado “Erosão e progradação do litoral brasileiro”, compilaram um diagnóstico da costa brasileira a fim de identificar os pontos sensíveis à erosão. Dessa forma foi possível certificar-se que no litoral do país predominam os processos erosivos sobre os de progradação, e aliados a isso, as intervenções humanas nas zonas costeiras operam como agentes modificadores da paisagem (MUEHE, 2006). Para tanto, vale evidenciar, que o mencionado trabalho abrange todos os estados da costa brasileira, exceto o Piauí, desconhecendo-se ao certo o motivo para tal, o que tonifica a necessidade de uma reflexão em vias da ótica costeira para esse recorte espacial.

Por sua vez, para a compreensão da zona costeira entendemos a necessidade de recorrer, primordialmente, à sua base fincada na geomorfologia litorânea. Esta no que lhe concerne, nos dará sustentáculos para estudar as paisagens resultantes da morfogênese marinha/origem das zonas litorâneas e suas transformações, na zona de contato entre as terras e os mares, ou comumente, as chamadas zonas costeiras (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Sendo assim, temos os fatores responsáveis pela morfogênese e suas modificações controladas por condições operantes, a saber: controle geológico, o fator climático, o vento, o fator biótico e o fator oceanográfico. Agindo em conjunto, eles modelam e remodelam a paisagem. O controle geológico está relacionado com a estrutura e litologia. O fator climático controla o intemperismo dos afloramentos rochosos, que por sua vez estão expostos a atividade de processos físicos, químicos e biológicos.

Este fator ainda reverbera na qualidade e granulometria dos materiais que são fragmentados ou decompostos, através das variações regionais do clima. O vento assume papel ímpar no processo, visto que atua na edificação das dunas costeiras, na geração de ondas e correntes de circulação atmosférica. O fator biótico, relacionado a vida no ambiente costeiro, é sensível, ao passo que está sujeito às condições climáticas, o que lhe torna responsável pela presença ou ausência de determinados organismos. E por último, o fator oceanográfico está ligado com a natureza da água do mar, apresentando variações na salinidade, oscilando desde os mais baixos teores, até os mais elevados (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Não obstante, Diniz e Oliveira (2016), mostram uma proposta de compartimentação exitosa e pertinente para o litoral do Nordeste, de modo a distinguir as peculiaridades dessa região costeira, dividindo-a assim em duas grandes regiões: Costa Semiárida Brasileira (CSB) e Costa dos Recifes (CR), estando o litoral piauiense inserido na primeira. Tal delimitação endossa seu entendimento ao apoiar-se em elementos climáticos e oceanográficos esclarecedores.

## **Procedimentos metodológicos**

As etapas metodológicas para composição desse estudo se dividem em: levantamento bibliográfico para a área de estudo; levantamento cartográfico da área de estudo; e análise e interpretação do escopo dos dados reunidos. É pertinente esclarecer que o presente trabalho é fruto do Programa de Iniciação Científica da Universidade Federal do Piauí (IC/UFPI).

A revisão bibliográfica está fincada nos principais autores acerca da temática dos estudos geomorfológicos, que abordam a dinâmica costeira do Brasil e, mais precisamente, o recorte espacial em questão, o litoral piauiense, como: Rodríguez (2019); Muehe (2006); Christofolletti (1980); Diniz e Oliveira (2016) e Paula *et al.* (2017). Na sequência, a abordagem teórica sistêmica ganha vulto, pois, ao longo dos anos vem se mostrando uma das formas mais prósperas e completas para o estudo das questões relacionadas à sociedade e a natureza.

Deste modo, para a caracterização do litoral, recorreremos aos dados geológicos obtidos através do Mapa Geológico do Piauí (CPRM,

2006), bem como para os parâmetros oceanográficos na literatura específica do Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil (IBGE, 2011), de onde foram tiradas as informações relacionadas aos regimes de marés.

Com o intuito de atingir o objetivo proposto para este trabalho, as análises para compreensão dos processos erosivos no litoral do Piauí e seu entendimento geomorfológico, dar-se-ão a partir da pesquisa elaborado por Paula *et al.* (2017) sobre os indicadores de vulnerabilidade estabelecidos pelo mesmo.

Associado ao exposto, a classificação de Costa (2016) feita por Diniz e Oliveira, sobre a compartimentação no Nordeste brasileiro, leva em consideração as características específicas dos litorais, partindo de uma escala de mesocompartimentos, para em seguida, concluir, se o litoral em estudo é côncavo, convexo ou retilíneo (em relação ao Oceano Atlântico).

Apresentamos também, um compilado de informações que dizem respeito a legislação ambiental e de gerenciamento costeiro, como ferramenta jurídica para uma região protegida e amparada por leis federais como, por exemplo, a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938 de 1981) e Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei nº 7.661 de 1988).

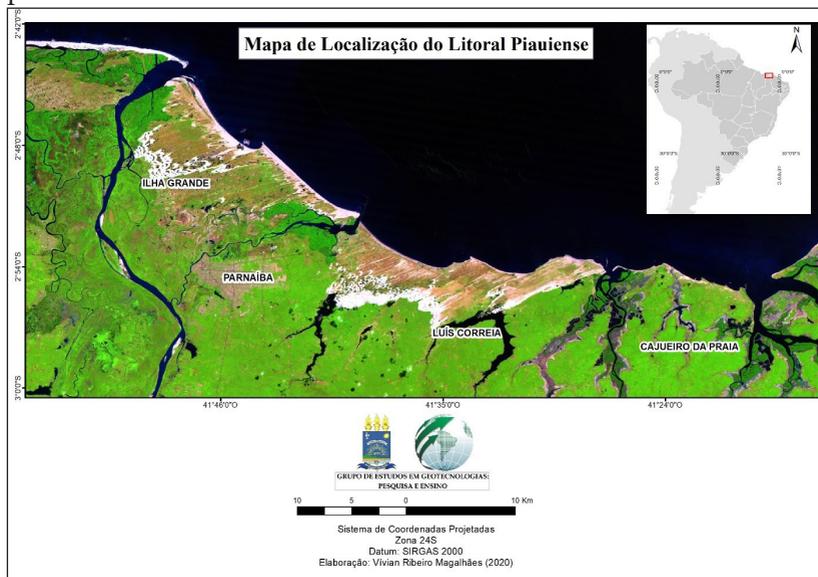
Os dados cartográficos foram analisados no *software* ArcGIS, versão 10.6 (licença estudantil), tendo como referência o sistema de Coordenadas UTM, para a Zona 24 Sul, Datum SIRGAS 2000. Para a respectiva visualização espacial da área de estudo, foi feita a aquisição da imagem de satélite disponibilizada na plataforma eletrônica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

## **Resultados e discussões**

### ***Caracterização da área de estudo***

A costa piauiense exibe uma extensão de aproximadamente 66 km, tendo como limites naturais: a Leste o Rio Ubatuba, que limita o Piauí e o Ceará; a Oeste o Rio Parnaíba, que limita o Piauí e o Maranhão; ao Norte o Oceano Atlântico; ao Sul os municípios de Ilha Grande, Parnaíba, Luís Correia e Cajueiro da Praia (Figura 1).

**Figura 1** – Localização dos municípios que compõem o litoral piauiense



Fonte: IBGE (2018); INPE (2010).

Geoprocessamento: Vivian Ribeiro Magalhães (2020).

Do ponto de vista populacional, os municípios limítrofes com o Oceano Atlântico possuem as seguintes características: Ilha Grande, tem uma população de 9.268 habitantes; Parnaíba, 150.547 habitantes; Luís Correia, 29.792; e Cajueiro da Praia, 7.510 habitantes, conforme dados do Censo Demográfico (BRASIL, 2010).

Parafrazeando Muehe, as forçantes climatológicas e oceanográficas implicam respostas diferenciadas aos distintos ambientes geológicos-geomorfológicos. Nesse sentido, partindo do pressuposto de que cada litoral possui características específicas, o que lhes confere singularidade, podemos dizer que o clima do litoral e do estado piauiense rege essa região de modo que o período chuvoso está condicionado a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), principal sistema gerador de precipitação, que é marcado pela irregularidade e concentração das chuvas, registradas nos meses de janeiro a maio.

A Oeste, ao confrontar-se com o Rio Parnaíba, a intensa vazão faz com que este contribua intrinsecamente para a dinâmica

de deposição de sedimentos, uma vez que possui as condições ideais para a formação de deltas. Inclusive, merece destaque o Delta do Rio Parnaíba, o maior delta das Américas, que possui uma vazão média anual de 301 m<sup>3</sup>/s, com base nos dados apresentados no Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba (MMA, 2006). Por essa razão, a intensa descarga de sedimentos atenua a salinidade da água, de modo que propicia o ambiente ideal para o desenvolvimento do ecossistema de manguezais.

Predominam na costa piauiense os ventos alísios no sentido E-NE. A direção dos ventos e a configuração de grande parte do litoral no sentido E-SE para N-NW auxilia o transporte de sedimentos da faixa de praia para o continente (PAULA *et al.*, 2017). De acordo com os parâmetros oceanográficos, as ondas são de N-NE e E-NE, e possuem amplitude da maré média de sizígia entre 201 e 300 cm, recebendo dessa forma, a classificação de mesomaré (IBGE, 2011).

A construção da paisagem costeira atual e de suas feições morfológicas individualizadas derivam das relações dos componentes naturais Tércio-Quaternários associados principalmente às variações do nível do mar, e pelo controle geológico morfoestrutural. Nesse contexto, se destacam a bacia sedimentar do Parnaíba e o rebaixamento isostático da parte frontal da bacia, associado a diversos falhamentos. Assim, as oscilações climáticas pretéritas e atuais criaram vastos campos de dunas, terraços marinhos, falésias rebaixadas e plataformas de abrasão na forma de recifes. Os sistemas fluviais possibilitaram a migração constante de desembocaduras bem como a criação de cordões arenosos (ex: Barra Grande) (MUEHE, 2017, p. 246-247).

Dessa maneira, na planície costeira piauiense, predominam sedimentos do período Terciário e Quaternário (pertencentes ao Cenozoico), ou seja, do ponto de vista geológico são os depósitos mais recentes. Por conseguinte, o período terciário é constituído pelo Grupo Barreiras (arenitos e conglomerados), e o período Quaternário é associado a sistemas deposicionais diversos (depósitos praias, eólicos, marinhos, lagunares e depósitos colúvios-aluvionares).

É válido reforçar que, remanescente da fragmentação do supercontinente Gondwana, e consequente abertura do Oceano Atlântico, o nordeste setentrional é detentor de uma plataforma continental

muito larga quando comparado com o litoral oriental. Tal configuração implica em uma morfologia de praia mais alongada, como é possível notar nitidamente a extensa faixa praial até o contato com o mar, na praia de Atalaia.

Ainda segundo Diniz e Oliveira (2016), essa separação configura o litoral piauiense como côncavo. Essa forma, responde de maneira determinante à climatologia local, uma vez que por haver uma depressão no desenho dos limites administrativos (no mapa) do contato terra/oceano, haverá uma diminuição nos totais pluviométricos na área de estudo, pois, o encontro frontal entre as brisas terrestres e os ventos regionais (alísios), ocorrem no mar, impedindo que a precipitação chegue até o continente.

Esta peculiaridade insere o litoral piauiense na compartimentação de mesoescala, denominada de Costa Semiárida Brasileira (CSB), inserida no mesocompartimento da região da Costa dos Deltas, do tipo semiúmido. Esse local é único trecho do litoral do Brasil que possui esse clima, portanto, sua denominação é sugestiva, pois a região experimenta de quatro a cinco meses de seca.

Compreender a morfologia da praia é parte do processo de fragmentação dos geossistemas (como um todo), para que se possa elucidar o exercício do entendimento das partes separadas, para que conseqüente, seja endossada a participação de cada um no funcionamento geossistêmico. Esse fato, elucidado que a configuração alongada da linha de costa favorece o transporte de sedimentos que são depositados na praia (em função da plataforma continental durante a separação das placas sul-americana e africana), e adentram o interior do continente, atuando na formação de dunas acrescidas pelo transporte eólico.

## Processos erosivos

A palavra “erosão” tem sua origem no latim, *erodere*, que etimologicamente significa *corroer*, sentido vulgarmente associado à expressão. Mas o fenômeno erosão consiste em um conjunto de processos que incluem a desagregação de partículas de material rochoso ou terroso, e seu conseqüente transporte e desgaste por diversos agentes como a água, o vento e a gravidade. A erosão pode acontecer essencialmente de forma natural ou induzida. Esta última, em especial,

ocorre quando os processos são acelerados pelo homem (SIMÕES; COIADO, 2003; SILVA, *et al.*, 2004).

Existe então a compartimentação do litoral em três feições morfológicas que permitem uma melhor compreensão da sua dinâmica, que é influenciada pelas marés, e vão do continente em direção ao mar: pós-praia (*backshore*), estirâncio (*foreshore*) e ante-praia (*offshore*). Partindo destes conceitos preestabelecidos, podemos dividir o litoral piauiense em quatro grandes compartimentos de municípios costeiros (Tabela 1), que coincidem com os limites políticos-administrativos, a saber: Cajueiro da Praia, Luís Correia, Parnaíba e Ilha Grande.

**Tabela 1** – Compartimentação das praias do litoral piauiense

Setor I Cajueiro da Praia	Setor II Luís Correia	Setor III Parnaíba	Setor IV Ilha Grande
	Praia de Atalaia		
	Praia Ponta do Anel		
	Praia de Maramar		
Praia do Manguê Cajueiro da Praia Barra Grande	Praia do Arrombado	Praia da Eólica	Barra das Canárias
	Praia do Coqueiro	Praia Pedra do Sal	
	Praia Peito de Moça	Praia da Cutia	
	Praia do Barro Preto		
	Praia de Macapá		

Fonte: Paula *et al.* (2017).

Elaboração: Vivian Ribeiro Magalhães (2020).

De acordo com as análises feitas na literatura proposta, para o Setor I, Cajueiro da Praia, os processos de deposição de sedimentos prevalecem e a taxa de progradação fica em torno de 1,5 m/ano, que sucedeu no processo de ampliação da praia para 45 m da linha de costa (PAULA *et al.* 2017). Na Praia de Barra Grande, há ocorrência de recifes de arenitos (*beachrocks*), que são bioindicadores de proteção contra a erosão, todavia, neste setor, as ondas difratadas sobre

os recifes colidem frontalmente, ocasionando assim a erosão, que se adicionada ao fator tempo, provavelmente não existirá mais daqui alguns anos, por decorrência de um processo natural.

As praias localizadas no Setor II, possuem como característica principal a urbanização. São constantemente visitadas por turistas. Ganha vulto também, a grande especulação imobiliária. Nas praias de Atalaia, Ponta do Anel, Maramar e Arrombado prevalecem os processos erosivos, em virtude da migração sazonal/estacional, devido à proximidade ao canal estuarino e da refração e difração das ondas. A praia de Macapá e Ponta do Mel apresentam as maiores taxas de erosão, que variam de 1,6 a 1,8 m/ano (PAULA *et al.* 2017).

É interessante apontar que, na Praia de Coqueiro, na pós-praia, encontram-se distribuídas linhas de eolianitos e sobre elas, construções de casas de veraneio, que se caracterizam como ocupação próxima à linha de costa e obstáculos para as ondas, por consequência antrópica. Há também nesta área, a ocupação total da pós-praia, que ocasionou no afastamento de barracas em razão do avanço do mar. A taxa de erosão é de 3 m/ano (PAULA *et al.*, 2017).

O Setor III, abarca as praias mais restritas, como a Praia da Eólica, que como o nome indica, abriga apenas usina eólica. Neste setor, ganha destaque o promontório da Pedra do Sal, um belíssimo afloramento de rochas pertencentes ao embasamento cristalino, com rochas graníticas adentrando o oceano. Este promontório sofre erosão em razão da difração das ondas, que é acelerada na ocorrência das marés de sizígia e equinociais.

Por fim, no Setor IV, integrado pela região da Barra das Canárias, elucida uma sincronia com a descarga do Rio Parnaíba, que gera alterações na morfologia das praias, sendo estas de progradação da linha de costa superior a 500 m (PAULA *et al.*, 2017). A expressiva dinâmica deste setor é a caracterização das transformações geossistêmicas que atuam em conjunto e que ocorrem no sistema natureza, inerentes a ações antrópicas.

## **Legislação Ambiental e Costeira**

A política ambiental brasileira encontra-se vastamente amparada em termos técnicos, organizativos e legais. A Carta Magna tece as

leis federais, que endossam e orientam a legislação ambiental. Sendo assim, a Constituição Federal de 1988, no § 4º do artigo 225 delinea a Zona Costeira como patrimônio nacional, já que esta área deve carecer de atenção especial do poder público garantindo-lhe preservação do ambiente.

Para tanto, no que diz respeito ao gerenciamento costeiro no Brasil, citamos a Lei nº 6.938 de 1981, que funda a Política Nacional de Meio Ambiente; a Lei nº 7.661 de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC); o Decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004, que compõe as regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima; e o Decreto nº 5.377 de fevereiro de 2005, que corrobora com a Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM).

De acordo com a Lei nº 7.661 de 1988, o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), define a zona costeira como “o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre, que serão definidas pelo Plano” (BRASIL, 1988). Após a aprovação da segunda versão do Plano (PNGC II), foram instituídas as áreas de abrangência da Faixa Marítima – “distando 12 milhas náuticas marítimas das linhas de base estabelecidas de acordo com a convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, compreendendo a totalidade do Mar Territorial (BRASIL, 1997)” –, possuindo como limite, a Faixa Terrestre, formada pelos municípios que sofrem influência direta das zonas costeiras, a saber:

- a) Os municípios defrontantes com o mar, em listagem estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE);
- b) Os municípios não defrontantes com o mar que se localizam nas regiões metropolitanas litorâneas;
- c) Os municípios contíguos às grandes cidades e às capitais estaduais litorâneas, que apresentam processo de conurbação;
- d) Os municípios próximos ao litoral, até 50 km da linha de costa, que alocam, em seu território, atividades ou infraestruturas de grande impacto ambiental sobre a Zona Costeira, ou ecossistemas costeiros de alta relevância;

- e) Os municípios estuarinos-lagunares, mesmo que não diretamente defrontantes com o mar, dada a relevância destes ambientes para a dinâmica marítimo-litorânea;
- f) Os municípios que, mesmo não defrontantes com o mar, tenham todos seus limites estabelecidos com os municípios referidos nas alíneas anteriores.

O PNGC é a referência para que estados e municípios possam instituir através deste, seus respectivos planos de ação, conforme a especificidade de cada lugar.

Reafirmamos, que para alguns autores, a Lei nº 6.938 de 1981 (BRASIL, 1981), que estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente e estrutura o Sistema Nacional de Meio Ambiente, é considerada um marco para o gerenciamento ambiental no país (LEITE, 2001; ROCCO, 2020 citado por ROCHA, 2017), à medida que se configura como uma tentativa concreta de estabelecer o uso racional dos recursos naturais possuindo objetivos claros e específicos, que visam compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico aliado a preservação do meio ambiente.

Assim, para sua efetivação, a referida lei dispõe de instrumentos que possam mediar seus objetivos, como o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, o zoneamento ambiental, estudos para avaliação de impacto e licenciamento ambiental, promoção de ações regulamentadas que assegurem a preservação e a conservação do meio.

Indicamos também a criação de um órgão colegiado – o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) – que inaugura uma nova proposta de gestão descentralizadora e participativa, contando com representantes interministeriais, estaduais e a sociedade civil. Desta forma, a gestão dos ambientes costeiros está bem amparada juridicamente e é de competência das três esferas do poder público (União, Estados e Municípios), uma vez que sustentada pela Lei nº 6.938, nas duas últimas instâncias dispõe de liberdade para a promoção de ações, constituindo assim o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), responsável pela proteção ambiental (ROCHA, 2017).

Não obstante, apresentamos o Decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004, que regulamenta a lei que institui o PNGR, que de modo geral, está alicerçado no pilar de regras para a ocupação da zona costeira. Seu diferencial se concentra no estabelecimento de critérios de gestão da orla marítima e de instrumentos que colaborem para uma administração de forma articulada, a saber: Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC); Plano de Ação Federal da Zona Costeira (PAF); Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC); Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro (PMGC); Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro (SIGERCO); Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira (SMA); Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira (RQA-ZC); Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC); macrodiagnóstico da zona costeira (BRASIL, 2004).

Outrora, ainda há de se valer o Decreto nº 5.377 de 23 de fevereiro de 2005, que aprovou a Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM), regida principalmente pelo vigor das Convenções das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), em âmbito das mudanças ocorridas no cenário nacional e internacional, pertinentes aos mares, oceanos e zonas costeiras. A rigor, tem por finalidade:

Orientar o desenvolvimento das atividades que visam à efetiva utilização, exploração e aproveitamento dos recursos vivos, minerais e energéticos do Mar Territorial, da Zona Econômica Exclusiva e da Plataforma Continental, de acordo com os interesses nacionais, de forma racional e sustentável para o desenvolvimento socioeconômico do País, gerando emprego e renda e contribuindo para a inserção social (BRASIL, 2005).

## **Conclusões finais**

A zona costeira é patrimônio nacional instituído legalmente a partir da Constituição de 1988. As nossas praias são bens públicos de uso comum do povo, asseguradas, sempre, de livre e franco acesso em qualquer direção e sentido. Para tanto, existem as leis federais que subsidiam e amparam essas áreas, que são detentoras de uma biodiversidade e potencial turísticos distintos.

A partir do compilado de informações supramencionadas, é trivial sublinhar a contribuição da recente pesquisa quanto à classificação das paisagens geográficas, uma vez que são levadas em consideração as mesoescalas (Costa dos Deltas, para o litoral do Piauí), de compartimentos e variáveis como clima e oceanografia, peculiaridades de cada litoral, tornando a abordagem mais refinada e precisa. No que tange à erosão, podemos atestar que a região conta com indicadores muito relevantes de vulnerabilidade, visto que é causada de forma natural e induzida. Houve uso intenso do solo e urbanização, de modo ativo, nas praias de Atalaia, Barra Grande e Coqueiro.

A ênfase dada aos trabalhos que contemplam a Geografia Costeira e/ou litorânea e, mais precisamente, a Geomorfologia Costeira para o litoral do Piauí – deduzindo que este faz um levantamento das características físicas a partir do que já se tem produzido na literatura –, tem o intuito de aprofundar em vertentes mais específicas, como monitoramento da ocupação da linha de costa, balanço da entrada e saída de sedimentos do pós-praia, acompanhamento no que diz respeito aos processos erosivos, e atenção para as comunidades tradicionais ali alocadas, de quem pouco se fala.

Devido aos fatos expostos, tendo em mente o imenso potencial de biodiversidade e os usos e ocupação desta unidade de estudo, que é o litoral, ampliamos seu horizonte subsidiando, assim, material de auxílio para o ordenamento territorial.

## Referências

BRASIL. Constituição de 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2004.

BRASIL. **Decreto nº 5.377 de 23 de fevereiro de 2005**. Aprova a Política Nacional para os Recursos do Mar – PNRM. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5377.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5377.htm). Acesso em: 6 abr. 2020.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2010**. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br). Acesso em: 22 jan. 2018.

\_\_\_\_\_. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

BRASIL. **Lei nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004**. Regulamenta a Lei nº 7.661 de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/D5300.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/D5300.htm). Acesso em: 6 abr. 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm). Acesso em: 3 abr. 2020.

BRASIL. Lei nº 7.661 de 16 de maio de 1988. **Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L7661.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7661.htm). Acesso em: 28 mar. 2020.

BRASIL. **Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II**. Brasília, 1977. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80033/0.PNGC-II97%20Resolucao05\\_97.CIRM.pdf](https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80033/0.PNGC-II97%20Resolucao05_97.CIRM.pdf). Acesso em: 28 mar. 2020.

BRASIL. **Caderno da região hidrográfica do Rio Parnaíba**. Ministério do Meio Ambiente, Secretária de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. Proposta de compartimentação em mesoescala para o litoral do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, p. 565-590, 2016.

MUEHE, D. O litoral brasileiro e sua compartimentação. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006b. p. 253-350.

\_\_\_\_\_. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2017.

PAULA, J. E. A. **Dinâmica morfológica da planície costeira do estado do Piauí**: evolução, comportamento dos processos costeiros e a variação da linha de costa. 2013. 247 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar (Labomar). Universidade Federal do Ceará (UFC), 2013.

\_\_\_\_\_. *In*: **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2017.

ROCHA, G. C. Legislação ambiental e gerenciamento costeiro: uma breve revisão. *In: Piauí do litoral ao meio-norte: gestão, uso e conservação*. Teresina: EDUFPI, 2017. p. 15-35.

RODRÍGUEZ, J. M. M. Teoria dos geossistemas – o legado de V. B. Sochava: fundamentos teóricos metodológicos. v. 1. Fortaleza: Edições UFC, 2019.

SIMÕES, S. W. J. C.; COIADO, E. M. Processos erosivos. *In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. D. Hidrologia aplicada a gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Rio de Janeiro: ABRH, 2003.

# 8

## ANÁLISE DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS PD07 e PD15 EM TERESINA, ESTADO DO PIAUÍ

*Ângela Beatriz Rodrigues Oliveira*  
*Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque*

Desde a última década do século XX, o campo de ação da pesquisa geográfica vem sendo influenciado por novos paradigmas do mundo moderno, sobretudo, quando atrelado ao eixo sociedade e natureza. O ser humano encontra-se inserido no meio físico e dele sempre necessitou para a sua sobrevivência (RIBEIRO; ALBUQUERQUE, 2019).

Não obstante, com o passar do tempo, o ser humano foi evoluindo e nesse processo, aprimorando técnicas e ferramentas cada vez mais sofisticadas e, que ao mesmo tempo, são prejudiciais à integridade do ambiente em seu entorno. Associadas a esses problemas, podemos mencionar as diversas formas predatórias de uso e ocupação da terra que se materializam nas bacias hidrográficas.

O processo de exploração dos recursos naturais pela sociedade, no intuito de suprir suas necessidades sempre foi necessário e inevitável, uma vez que garante a existência e manutenção da vida humana na Terra (SANTOS, 2011). Contudo, quando essas ações predatórias são realizadas sem levar em conta a complexidade da natureza, podem acarretar diversos danos ao meio ambiente, tais como os desmatamentos irregulares que comprometem os recursos ambientais e a preservação da biodiversidade.

Nesta perspectiva, os estudos geográficos em bacias hidrográficas consideram a relação de todos os elementos da paisagem, expres-

sos em sua complexidade (CHRISTOFOLETTI, 1969). Os aspectos físico-naturais e humanos passaram a ser correlacionados e, conseqüentemente, as questões ambientais ganharam maior relevância, particularmente em áreas urbanas.

Observando a dinamicidade que impera nas bacias hidrográficas urbanas, sobretudo quanto ao aspecto de sua geomorfologia, a abordagem geográfica se pauta na paisagem de maneira integrada. Essa visão permite compreendê-la de forma mais completa, sendo que esse tipo de análise é fundamental ao tema em questão neste estudo.

A ciência geográfica propõe-se a estudar a relação sociedade/natureza a partir das transformações que ocorrem no território. Ou seja, visa a análise dos elementos que compõem a natureza não por si mesmo, mas, acima de tudo, por suas conexões que se materializam no ambiente (ALBUQUERQUE; CRUZ, 2013).

Por essa razão, os estudos sobre a relação sociedade/natureza objetivam compreender as ações dos seres humanos no ambiente, diagnosticando assim quais impactos estão sendo causados e desenvolvendo discussões sobre os pontos positivos e negativos presentes nessa relação. Tudo isso, tende a uma melhor gestão territorial a partir de ações concretas para a preservação do meio ambiente.

Neste contexto, o propósito desse estudo é compreender a relação existente entre a combinação dos fatores do meio físico e as ações humanas no perímetro urbano de Teresina, estado do Piauí, especificamente nas sub-bacias urbanas PD07 e PD15. Para tanto, definimos os seguintes objetivos específicos: mapear as sub-bacias hidrográficas urbanas em epígrafe e traçar o perfil físico e socioeconômico da área.

Corroboramos por fim, que os estudos da Geomorfologia, com destaque para as áreas urbanas, são de extrema importância, pois proporcionam uma análise conjunta dos aspectos físicos e humanos de forma mais pormenorizada, sendo peças-chave para compreender ou subsidiar o ordenamento territorial.

## **Referencial teórico**

Por muitos anos a ciência geográfica utilizou em seus estudos métodos estritamente descritivos, sem considerar a interação dos elementos da paisagem. Não obstante, com o avanço, estruturação e

sistematização da ciência geográfica, houve a necessidade de se estudar o meio físico de forma integrada, tendo em mente todos os elementos, inclusive o fator humano como causador de ações no meio (SOUZA, 2000).

No tocante a relação sociedade-natureza, existiu a necessidade da superação da visão cartesiano-newtoniana para uma nova perspectiva de analisar a paisagem numa ótica integrada, e isto, representou um marco nos estudos da Geografia que passou a considerar a relação de todos os elementos da paisagem expressos em sua complexidade (PENTEADO-ORELHANA, 1985). Nesse novo cenário de análise do meio, os aspectos físico-naturais e humanos foram integrados, e deram maior relevância às questões ambientais.

Nesse âmbito, a Teoria Geral dos Sistemas foi desenvolvida inicialmente pelo biólogo Ludwig Von Bertalanffy e se popularizou no meio científico a partir dos anos de 1950 (RODRIGUES, 2001). De acordo com Souza (2000) é perceptível que esta teoria trata os fenômenos da natureza de forma organizada através de sistemas abertos, baseados na troca de energia e matéria, buscando assim entender a natureza nas inter-relações existentes entre seus elementos.

Em sua expressiva contribuição ao estudo dos sistemas, Cristofoletti (1980, p. 4) conceitua-o como sendo “um conjunto de elementos e das interações entre si e seus atributos”. Para ele é de suma importância identificar tais elementos, seus atributos e suas relações para posteriormente identificar com maior clareza a extensão abrangida pelo sistema em foco.

Para isso, faz-se necessário compreender que esses elementos não atuam de forma isolada, mas fazem parte de um conjunto maior denominado universo, onde cada um interage com os demais, modificando-os (sistema antecedente) ou sendo modificados (sistema subsequente). Outro ponto fundamental dessa concepção é que esses sistemas funcionam através de um equilíbrio dinâmico, sendo que esse equilíbrio é quebrado com um novo aporte de matéria e energia no sistema, que tende a buscar um novo equilíbrio (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Em suma, todos os elementos que compõem o meio não atuam de forma isolada, mas estão em constante interação entre si, seja o clima, a geologia, o relevo e os seres vivos. Neste caso, Ross (1990)

menciona que a Geomorfologia se consolidou como instrumento de síntese na análise ambiental, sendo direcionado ao planejamento e a gestão territorial, tendo em vista que esta ciência estuda as formas de relevo e os processos relacionados à sua formação e evolução.

Nesta perspectiva, o conceito de bacia hidrográfica tem sido cada vez mais expandido e utilizado como unidade de gestão da paisagem na área de planejamento ambiental. Dessa forma, as bacias representam um conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e constituem-se como a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes (BOTELHO, 2011).

Já no que se refere aos estudos geomorfológicos podemos apresentar um fator que oferece novos direcionamentos dentro desses estudos, que é o espaço urbano, tendo em vista os diversos atores que atuam e moldam essas áreas. Dessa forma, ele caracteriza-se por ser um dos principais agentes (socioespacial) modeladores, pois utiliza o território como fator determinante para conduzir as áreas que serão ocupadas.

Ao considerarmos que a organização espacial é fruto dessas ações conjugadas, temos os agentes sociais concretos atuando sobre o espaço urbano num constante processo de reorganização espacial que se faz através da incorporação de novas áreas ao tecido da cidade, tendo como unidade de expansão, os setores territoriais disponíveis (CORRÊA, 1989).

De acordo com Guerra (2011), a geomorfologia urbana é uma subdivisão da Geomorfologia, e esta procura analisar a ação dos processos geomorfológicos sobre um ambiente artificial. É na cidade onde ocorrem as dinâmicas, onde as pessoas constroem suas vivências e as diversas formas de interações sociais, derivando uma urbanização cada vez mais intensa.

Dessa forma, a geomorfologia urbana consegue associar a relação existente entre o físico e o humano, a partir da preocupação com as questões ambientais que essa relação envolve. Trata-se de um campo de estudo interdisciplinar e complexo que consegue associar perfeitamente as duas áreas. O condicionante geomorfológico de determinado perímetro urbano é o aspecto físico preponderante na análise desse tipo de estudo, pois a partir desta compreensão que são diagnosticadas as áreas mais frágeis ambientalmente (ALBUQUERQUE; CRUZ, 2013).

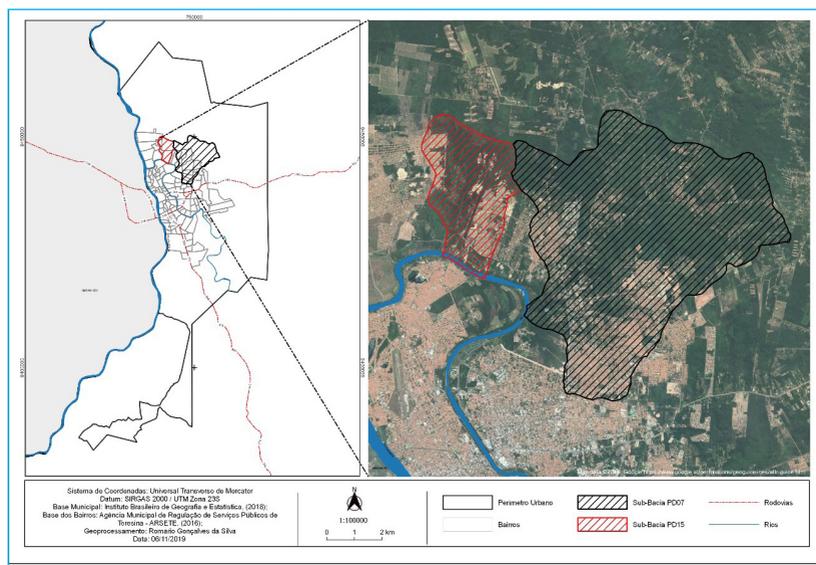
Nessa perspectiva, entender a geomorfologia urbana dentro do processo de urbanização e como produto de forças antagônicas, possibilita a compreensão dos problemas socioambientais relacionados à apropriação do território de forma integrada.

## Metodologia

### *Área de estudo*

a área de estudo (Figura 1) corresponde às sub-bacias urbanas PD07 e PD15, localizadas no setor Norte da cidade de Teresina, estado do Piauí. De acordo com dados da SEMPLAN (TERESINA, 2016), a extensão territorial do município de Teresina é de 1.392 km<sup>2</sup> (0,55% do território piauiense) e possui áreas limítrofes com 11 municípios, sendo: ao Norte, União e José de Freitas; a Leste, Altos, Lagoa do Piauí e Pau D'Arco do Piauí; ao Sul, Palmeirais, Monsenhor Gil, Nazária, Demerval Lobão e Currulinhos; e a Oeste, o estado do Maranhão.

**Figura 1** – Mapa de localização das sub-bacias urbanas PD07 e PD15, município de Teresina, estado do Piauí



A cidade de Teresina, situada na área de drenagem dos rios Poti e Parnaíba, possui um terreno relativamente plano a ondulado em toda sua extensão, ou seja, possui declividades que variam de plano (0 a 2%) a fortemente ondulado (15 a 45%) (LIMA, 2011). Não obstante, as áreas de menor altimetria estão próximas aos rios e lagoas da cidade. Essas regiões vizinhas aos cursos d'água também são consideradas inadequadas à ocupação pelo elevado risco de inundações no período de cheias dos rios (TERESINA, 2016).

Em função do relevo e da hidrografia de Teresina, são identificadas três macrobacias de escoamento das águas fluviais e pluviais. Uma delas tem contribuição direta ao Rio Parnaíba, e fica localizada na porção Oeste da cidade. Existem também outras duas de contribuição direta ao Rio Poti, oriundas dos setores Norte e Leste. Esses rios possuem inúmeros pequenos afluentes que, descaracterizados e escondidos pela ocupação urbana, escoam suas águas até esses dois rios principais (LIMA, 2002).

A estrutura geológica de Teresina corresponde à porção centro-oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba, aflorando formações datadas do Paleozoico ao início do Mesozoico, com intrusões de diabásio, do Jurássico. A porção mais rebaixada corresponde à Formação Piauí, com datação do período Carbonífero. Encontramos também a Formação Pedra de Fogo, datada do período Permiano, achada em cerca de 60% da área do município. A Formação Pastos Bons, corresponde a uma área de cimeira que atinge até 250 m, a Sudeste do município (CAMPELO, 2010; TERESINA, 2010; LIMA, 2011).

De acordo com Brasil (1973), o clima de Teresina é qualificado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão e uma concentração de 32,1% da evapotranspiração potencial no trimestre (setembro, outubro, novembro). No entanto, há meses específicos onde ocorrem problemas decorrentes de inundações em vários setores da capital, sobretudo, no primeiro semestre do ano, quando os totais pluviométricos são mais significativos (ANDRADE, 2016).

As questões da drenagem e das aplicações relacionadas ao uso e ocupação do solo se tornam de extrema importância, ao avaliarmos as sub-bacias em estudo, pois com a urbanização, ocorre o processo de impermeabilização do solo que tende a aumentar, conseqüentemente,

a vazão das águas ocasionando problemas de inundações e alagamentos (CHRISTOFOLETTI, 2001).

Conforme o Relatório de Drenagem Urbana, presente no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Teresina (TERESINA, 2016), o projeto de drenagem procura resolver, *a priori*, os problemas pontuais. Não identificando, portanto, os impactos que essa solução pode gerar nas regiões a jusante ou a montante, tendo em vista que a bacia hidrográfica é um todo integrado. Muitas vezes, uma alternativa pode ser razoável quando pensada e planejada isoladamente, mas irrealizável ou ineficiente quando o conjunto da bacia é considerado.

Ainda de acordo com Teresina (2016), as sub-bacias de menor tamanho ou unidades de gerenciamento da drenagem urbana, foram definidas, levando em consideração a relação entre as características físicas, os recursos hídricos e os aspectos políticos e socioeconômicos.

## **Procedimentos metodológicos e operacionais**

O desenvolvimento dessa pesquisa iniciou-se com o levantamento bibliográfico em diversos trabalhos científicos, tais como dissertações, teses, monografias, artigos publicados em periódicos e em eventos científicos, além de livros disponíveis em endereços eletrônicos, que deram suporte a discussão proposta neste trabalho, dentre os quais se destacam autores como Christofolletti (1969), Guerra (2011), Souza (2000) e outros.

Após o embasamento teórico, foi necessário conhecer as características ambientais da área de estudo, com ênfase na Geomorfologia. Para tanto, foram realizados levantamentos bibliográficos e geocartográficos em sites oficiais de órgãos públicos, como: Prefeitura de Teresina, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Ministério do Meio Ambiente (MMA).

A respeito das técnicas e materiais, levamos em conta as ferramentas do geoprocessamento em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIGs), buscando a inter-relação dos fatores físicos e sociais na busca da análise, comparação e cruzamento de informações obtidas por meio de dados matriciais e vetoriais, com as devidas verificações em campo.

O reconhecimento *in loco* foi realizado no segundo semestre do ano de 2019. Este foi muito importante para o diagnóstico inicial da área em estudo, pois projetou as particularidades materializadas no espaço geográfico, das quais envolvem as sub-bacias hidrográficas urbanas PD07 e PD015, no município de Teresina, estado do Piauí.

Nesta etapa foram realizados, mesmo que de forma embrionária, os levantamentos sobre dados concernentes ao meio físico das bacias hidrográficas urbanas em estudo, com destaque para os relacionados à Geologia, Geomorfologia, clima, solos, vegetação, Hidrografia, Hidrogeologia, uso e cobertura da terra. Da mesma forma, se procedeu a análise referente ao meio socioeconômico, ligado à população, como: abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e condições de moradia.

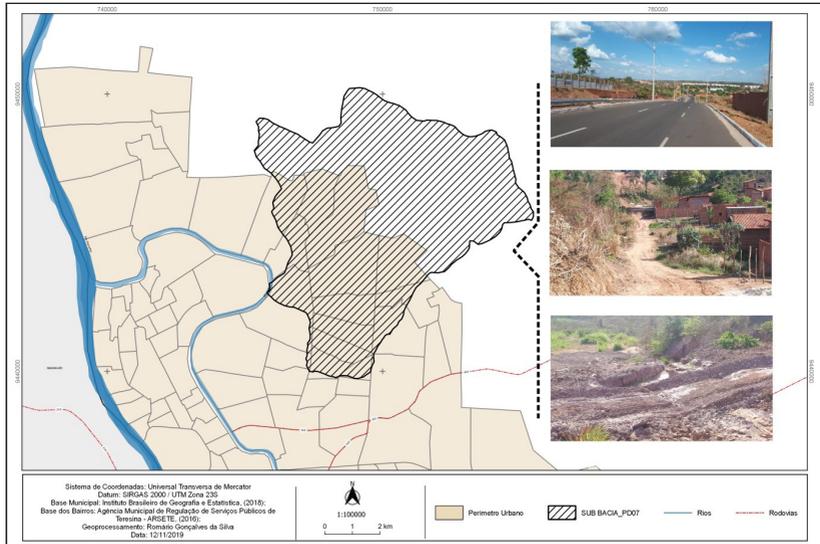
Os mapas de localizações foram organizados a partir da obtenção do material cartográfico, e processados em *softwares* de geoprocessamento, como o Arcgis (licença estudantil) e QGIS. Destacamos que o sistema de projeção utilizado no estudo corresponde ao Universal Transversa de Mercator (UTM), tendo como referencial geodésico o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), Datum oficial adotado no Brasil. A área em estudo, engloba, do ponto de vista da Geodésia, a Zona 23 Sul do sistema de projeção seguido.

## **Resultados e discussões**

### ***Sub-bacia PD07: análises e reflexões***

a sub-bacia PD07 (Figura 2) localiza-se na porção Nordeste do município de Teresina (PI), no perímetro urbano da cidade, sendo a outra parte encontrada na zona rural. Segundo dados da SEMPLAN (TERESINA, 2016), esta sub-bacia se insere em uma região de gradiente topográfico bastante íngreme, com cotas que variam dos 181 m, junto à cabeceira, e aos 54 m, na foz. É uma região com boa densidade de córregos e com relevo bastante acidentado.

**Figura 2** – Mapa de localização da sub-bacia PD07 no município de Teresina, estado do Piauí



Fonte:

Ao discorrermos sobre as características mencionadas, para uma ocupação ordenada da região, são necessários investimentos em terraplanagem e drenagem pluvial. Verificamos que o processo de terraplanagem, dentro da extensão da bacia é feito em volta dos condomínios privados, visto que estas áreas são consideradas vetores de crescimento dentro do município, tais como os bairros Socopo, Vale do Gavião e Morros.

Segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDu (TERESINA, 2016), a área de drenagem das sub-bacias abrange 5.910,71 hectares (ha), com um perímetro de 37.202,50 m, apresentando um coeficiente de compacidade de 1,35, que indica que a sub-bacia tem pequena tendência às inundações. Esta área encontra-se em franca expansão urbana, assim como foi verificado no Bairro Morros.

A área em análise engloba os bairros Piçarreira, Satélite, Samapi, Morros, Tabajaras, Verde Lar, bem como o Jardim Zoobotânico da cidade, que contém a lagoa receptora de toda a sua contribuição e é marginal ao Rio Poti. Na sua porção setentrional, ainda há boa parcela remanescente de vegetação primária e secundária.

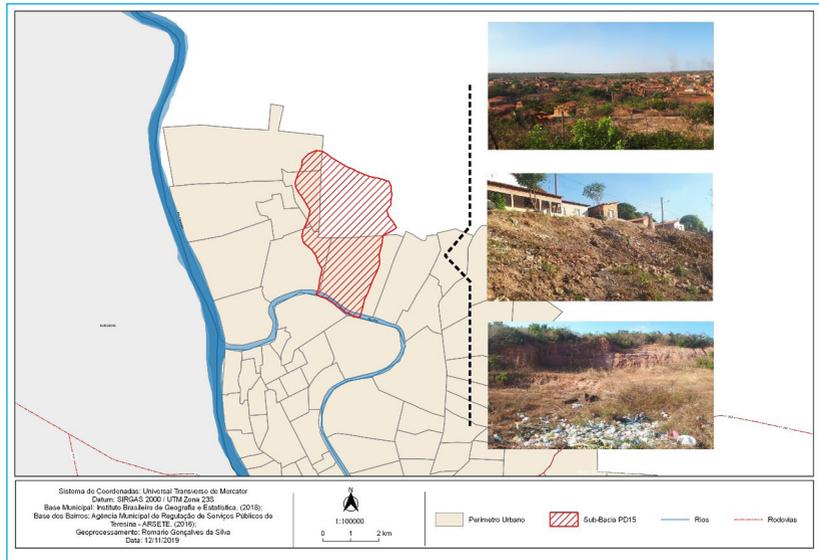
Com relação à associação de solos, é possível encontrar latossolos amarelos, predominando na porção mais urbanizada. Eles representam, no total, 55% da sub-bacia, enquanto que os argissolos predominam na região do alto curso fluvial. Esta combinação de solo mais permeável, em uma área urbanizada, e o solo impermeável nas porções mais elevadas, áreas de nascentes, contribui para um valor altimétrico (CN) mais elevado. Assim, o valor do CN médio para a sub-bacia PD07 foi estimado em 84,6 (TERESINA, 2016).

A sub-bacia encontra-se na Zona Leste da cidade de Teresina, tendo como setor administrativo a Superintendência de Desenvolvimento Leste. Ressaltamos que esta área está em crescimento habitacional de condomínios fechados, mas ao mesmo tempo, agrega os espaços marginalizados do ponto de vista das políticas habitacionais, sobretudo, nas áreas com elevada declividade, sendo comum a presença de ocupações irregulares.

### *Sub-bacia PD15: análises e reflexões*

A sub-bacia PD15 (Figura 3) localiza-se na Região Norte de Teresina, sendo praticamente segmentada em duas regiões pelo limite do perímetro urbano da cidade. Segundo dados da SEMPLAN (TERESINA, 2016), dada a sua extensão longitudinal, esta sub-bacia hidrográfica localiza-se em uma região de gradiente topográfico suave, com cotas que variam dos 145 m, junto à cabeceira, e aos 52 m, na foz.

Figura 3 – Mapa de localização da sub-bacia PD15 no município de Teresina, estado do Piauí



Fonte:

De acordo com o PDDu (TERESINA, 2016), esta sub-bacia tem forma oval, com uma área de drenagem de 1.314,50 ha, e um perímetro de 16.004 m, apresentando um coeficiente de compacidade de 1,24, que indica que a bacia apresenta pequena tendência às inundações.

Na Região Sudeste desta sub-bacia é possível identificar núcleos de urbanização que avançam para Oeste. Os solos identificados são predominante latossolo amarelo (82% da superfície total) (TERESINA, 2016). Estes solos são submetidos ao processo de laterização, por pertencerem a regiões intertropicais de clima úmido, estação chuvosa e secas alternadas, que acarretam perda da sílica, associada ao enriquecimento em ferro e alumínio, e o restante, especialmente nas cabeceiras, onde predomina os argissolos (GUERRA; CUNHA, 2010).

A sub-bacia PD15 compreende a região das Aroeiras, que tem como unidade administrativa a Superintendência de Desenvolvimento Urbano Centro-Norte. Historicamente, esta região têm sofrido com as enchentes e inundações dos rios Poti e Parnaíba (como as

cheias do ano de 2009), por terem se desenvolvido margeando estes rios e as lagoas marginais.

Em síntese, as ocupações irregulares se deram pelo *déficit* habitacional que impera nos grandes núcleos urbanos, mas também ao fato de Teresina (PI) ter se urbanizado tardiamente, se comparado com outras cidades brasileiras, conforme aponta Façanha (1998), Sousa e Viana (2019).

Baseados em Façanha (2003), é notório percebermos que no modelo de expansão da malha urbana, primeiro entra o Estado como financiador de conjuntos habitacionais de grande proporção, em áreas intermediárias do ponto de vista geomorfológico. Posteriormente, ocorre o aumento da especulação imobiliária em áreas com grande estabilidade física, ficando como reserva, as áreas mais distantes, declivosas e obsoletos, ou com risco de vulnerabilidades, para as futuras ocupações irregulares, ou seja, para a parcela da população com menores rendimentos financeiros.

Reforçamos, afinal, que o sentido do crescimento do município de Teresina está refletido na compreensão das alianças e dos conflitos existentes entre os agentes produtores da cidade, a exemplo dos proprietários dos meios de produção (industriais e comerciantes), dos proprietários fundiários, dos promotores imobiliários do estado e dos grupos sociais excluídos.

## **Considerações finais**

diante das análises realizadas, foi possível compreender a relação existente entre a combinação dos fatores do meio físico e as ações humanas, sobretudo, quanto ao fator ocupacional, no perímetro urbano de Teresina, estado do Piauí, especificamente nas sub-bacias urbanas PD07 e PD15.

Portanto, fica evidente que ações mais efetivas em relação ao ordenamento territorial devem ser aplicadas nas áreas em franca expansão urbana das cidades, merecendo destaque na área em epígrafe, os bairros Piçarreira, Satélite, Samapi, Morros, Tabajaras, Verde Lar e Aroeiras.

A importância dos estudos a respeito da geomorfologia urbana, em associação às bacias hidrográficas, pode impactar fortemente na

dinâmica espacial da cidade e para os grupos mais vulneráveis da sociedade. Portanto, constatamos que os dados e as informações apresentados podem contribuir de forma significativa no campo de estudo da Geografia, pois tentam estabelecer a inter-relação entre o meio físico e social, dentro do espaço urbano.

Diante deste cenário, é de fundamental relevância agregar ao crescimento demográfico e à expansão urbana, a questão da melhoria da qualidade de vida das populações, incorporando na análise socioeconômica, os princípios da preservação e conservação dos recursos naturais, com base na concepção da sustentabilidade e do desenvolvimento pelo viés socioambiental.

## Referências

ALBUQUERQUE, E. L. S.; CRUZ, M. L. B. A geomorfologia urbana como subsídio para o planejamento territorial do município de Horizonte– CE. **GeoUECE**, Fortaleza, v. 3, n. 3, 2013.

ANDRADE, C. S. P. Teresina e clima: indissociabilidades no estudo da cidade. **Revista Equador**, v. 5, n. 3, p. 398-420, 2016.

BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. *In*: GUERRA, A. J. T. (Org). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

BRASIL. **Projeto Radam**. Folha SB. 23 – Teresina, textos e mapas. Rio de Janeiro: SUDENE, 1973.

CAMPELO, F. Potencialidade hidrogeológica do estado do Piauí. *In*: PFALTZGRAFF, P. A. S.; TORRES, F. S. M.; BRANDÃO, R. L. (Orgs.). **Geodiversidade do estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Revista de Geomorfologia**, Campinas, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. *In*: GUERRA A. J. T.; CUNHA S. B. (Orgs.). **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 415-441.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 1989.

FAÇANHA, A. C. **A evolução urbana de Teresina: agentes, processos e formas espaciais.** 1998. 234 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 1998.

FAÇANHA, A. C. A evolução urbana de Teresina: passado, presente e... **Carta CEPRO**, Teresina, v. 22, n. 1, p. 59-69, jan./jun., 2003.

GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia urbana.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

LIMA, I. M. M. F. Teresina: urbanização e meio ambiente. **Scientia et Spes**, v. 1, n. 2, 2002.

LIMA, I. M. M. F. O relevo de Teresina, PI: compartimentação e dinâmica atual. *In*: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, 9., Goiânia, 2011. **Anais...** Goiânia, 2011.

PENTEADO-ORELHANA, M. M. Metodologia integrada no estudo do meio ambiente. **Geografia**, Rio Claro, v. 10, n. 20, p. 125-148, 1985.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Departamento de Geografia/USP, n. 14, p. 69-77, 2001.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento.** São Paulo: Contexto, 1990.

SANTOS, J. O. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE: contribuições ao ordenamento territorial.** Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. *In*: CRUZ, L. C.; SOUZA, M. J. N.; MORAIS, J. O. (Orgs.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará.** Fortaleza: Ed. FUNECE, 2000. p. 13-98.

SOUZA, S. R. C. T.; VIANA, B. A. S. Verticalização urbana de Teresina-PI: considerações a respeito da produção do espaço a partir da construção vertical. **InterEspaço**, Grajaú/MA, v. 5, n. 16, p. 1-24, jan./abr., 2019.

TERESINA. Prefeitura Municipal. **Perfil dos Bairros.** Teresina: PMT/SEMPPLAN, 2010.

TERESINA. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. Prefeitura de Teresina. **Caracterização do município.** Teresina: SEMPLAN, 2016.

RIBEIRO, K. V.; ALBUQUERQUE, E. L. S. Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Mulato (Piauí, Brasil). **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**, v. 15, n. 26, p. 67-88, jan./mar., 2019.



## **SOBRE OS ORGANIZADORES/AUTORES**

**KAROLINE VELOSO RIBEIRO** – Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Graduada em Geografia pela UFPI. Atualmente é professora do quadro provisório do Colégio Técnico de Bom Jesus (CTBJ/UFPI). Vice-líder do Grupo de Pesquisa – Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino (CNPq/UFPI). Pós-graduanda em Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFPI).  
E-mail: karolvelosogeo@outlook.com

**EMANUEL LINDEMBERG SILVA ALBUQUERQUE** – Doutor, mestre e graduado em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Especialista em Geoprocessamento pela UECE. Professor adjunto II do Curso de Geografia da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Coordenador do Laboratório de Geografia e Estudos Ambientais (GEOAMBIENTE). Líder do Grupo de Pesquisa – Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino (CNPq/UFPI).  
E-mail: lindemberg@ufpi.edu.br



## **SOBRE OS AUTORES**

**LUCAS ALMEIDA MONTE** – Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Graduado em Geografia pela UFPI. Integrante do Grupo de Pesquisa – Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino (CNPq/UFPI) e do Laboratório de Geografia e Estudos Ambientais (GEOAMBIENTE). Pós-graduando em Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFPI). E-mail: lucasmonte-geo@hotmail.com

**CARLOS SAIT PEREIRA DE ANDRADE** – Doutor e mestre em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Graduado em Geografia pela UFPI. Professor associado do Curso de Geografia da UFPI, e docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO/UFPI). Coordenador do Laboratório de Climatologia Geográfica (TUPÁ). E-mail: carlossait@ufpi.edu.br

**NAIRO BRUNO DE ARAUJO** – Graduado em Geografia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Integrante do Grupo de Pesquisa – Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino (CNPq/UFPI) e do Laboratório de Geografia e Estudos Ambientais (GEOAMBIENTE). Pós-graduando em Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFPI). E-mail: nba\_araujo93@hotmail.com

**RAIMUNDA MARIA DA CONCEIÇÃO SILVA** – Graduada em Geografia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Integrante do Grupo de Pesquisa – Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa

e Ensino (CNPq/UFPI) e do Laboratório de Geografia e Estudos Ambientais (GEOAMBIENTE).

E-mail: raimundinha.ufpi@gmail.com

**ROMÁRIO GONÇALVES DA SILVA** – Graduado em Geografia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Integrante do Grupo de Pesquisa – Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino (CNPq/UFPI) e do Laboratório de Geografia e Estudos Ambientais (GEOAMBIENTE).  
E-mail: romariogs38@gmail.com

**FLÁVIA VIEIRA DE SOUSA** – Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Piauí (UESPI). Colaboradora do Grupo de Pesquisa – Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino (CNPq/UFPI) e do Laboratório de Geografia e Estudos Ambientais (GEOAMBIENTE).  
E-mail: flaviavsj@gmail.com

**KAREN VELOSO RIBEIRO** – Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela UFPI. Graduada em Ciências Biológicas pela UFPI. Pesquisadora do Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino (CNPq/UFPI). É membro do Grupo de Pesquisa Científica em Etnobiologia (GPCE/UFPI).  
E-mail: karenveloso29@hotmail.com

**VÍVIAN RIBEIRO MAGALHÃES** – Graduanda em Geografia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Integrante do Grupo de Pesquisa – Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino (CNPq/UFPI) e do Laboratório de Geografia e Estudos Ambientais (GEOAMBIENTE).  
E-mail: vivianrm1401@hotmail.com

**ÂNGELA BEATRIZ RODRIGUES OLIVEIRA** – Graduada em Geografia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Integrante do Grupo de Pesquisa – Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino (CNPq/UFPI) e do Laboratório de Geografia e Estudos Ambientais (GEOAMBIENTE).  
E-mail: angbya@gmail.com



**SOBRE O LIVRO**

Formato: 14x21 cm  
Tipologia: Minion Pro  
Papel de Miolo: Off-Set 75g  
Papel de Capa: Cartão Supremo  
Número de Páginas: 168

**TODOS OS DIREITOS RESERVADOS**



**C&A ALFA COMUNICAÇÃO**

Rua 14, Qd. 12, Lt. 21, St. Itatiaia III – CEP 74.690-390 – Goiânia-GO  
editoraalfacomunicacao@gmail.com



O livro *Estudos geográficos: um olhar para o estado do Piauí* reúne uma coletânea de oito capítulos produzidos por discentes, professores e pesquisadores do Grupo de Pesquisa cadastrado no CNPq/UFPI, intitulado Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino, vinculado ao Curso de Geografia e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), do Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL), da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

A iniciativa para elaborar esse produto deriva das ações do referido grupo de pesquisa, que visa fomentar e potencializar o conhecimento da geoinformação nos trabalhos da Geografia, tendo em vista, a importância da espacialização das variáveis geoambientais, socioeconômicas, culturais e políticas na compreensão do espaço geográfico de maneira totalizante e de forma integralizada.