UNIVASF

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE SÃO FRANCISCO



Volume I



Perspectivas e desafios do Sertão Nordestino

Organizadores
Sirius Oliveira Souza
Kleber Carvalho Lima
Everton Vinicius Valezio
Sarah Andrade Sampaio

UNIVASF

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE SÃO FRANCISCO



Volume I



Perspectivas e desafios do Sertão Nordestino

Organizadores
Sirius Oliveira Souza
Kleber Carvalho Lima
Everton Vinicius Valezio
Sarah Andrade Sampaio

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P912 Perspectivas e desafios do sertão nordestino [recurso eletrônico] / Organizado por Sirius Oliveira Souza, Kleber Carvalho Lima, Everton Vinicius Valezio e Sarah Andrade Sampaio. – 1. ed. Vol. 1 - Senhor do Bonfim-Ba: Univasf, 2021.

297 f.: il.;29 cm.

Inclui bibliografia
ISBN 978-65-88648-75-9

1. Geografia – Semiárido nordestino - Estudo. 2. Geografia física. I. Título. II. Souza, Sirius Oliveira III. Lima, Kleber Carvalho IV. Valezio, Everton Vinicius V. Sampaio, Sarah Andrade VI. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Foto da Capa Volume I (Pôr do sol no Sertão nordestino Brasil - Osvaldo Martins dos santos - Google+). Acesso livre e gratuito.

CDD 910.02

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF
Bibliotecário: Fábio Santiago
CRB5/1785

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO – UNIVASF
Prof. Dr. Paulo César Fagundes Neves - REITOR Pro Tempore
Prof. Dr. Daniel Salgado Pifano - VICE-REITOR Pro Tempore

Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - UNIVASF
Profa. Dra. Patrícia Avello Nicola - Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação
Lutécia Maciel Nóbrega - Secretária Executiva

Colegiado de Geografia – UNIVASF
Prof. Dr. Sirius Oliveira Souza – Coordenador do CGEO
Prof. Dr. Daniel Vieira de Sousa – Vice Coordenador do CGEO

Núcleo de Estudos das Paisagens Semiáridas Tropicais – NEPST – UNIVASF
Prof. Dr. Sirius Oliveira Souza – Líder
Prof. Dr. Marco Aurélio Rodrigues – Vice-Líder

Impresso no Brasil [2021]
Todos os direitos reservados
É proibida a reprodução deste livro para fins comerciais sem prévia autorização dos autores responsáveis e organizadores.
Os autores responsáveis por cada trabalho concordaram com a publicação e assinaram um termo relativo à autorização da publicação, originalidade das informações e inteira responsabilidade.

Comissão Científica

Profa. Esp. Alana Cerqueira de Oliveira Barros (UNEB/PROET)
Prof. Dr. Alex Dias de Jesus (IFPI – campus São Raimundo Nonato)
Profa. Me. Anniele Sarah Ferreira de Freitas (UNICAMP)
Profa. Me. Camila Silva Pereira (UERJ- FFP)
Prof. Dr. Carlos Eduardo Nobre (UEMA)
Dr. Cassiano Gustavo Messias (INPE)
Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci (UNESP, Campus Rio Claro).
Prof. Dr. Clélio Cristiano dos Santos (UPE, Campus Garanhuns).
Prof. Dr. Cristiano Marcelo Pereira de Souza (UNIMONTES)
Prof. Dr. Daniel Vieira de Sousa (UNIVASF, Campus Senhor do Bonfim)
Prof. Me. Darlan da Conceição Neves (UNICAMP)
Profa. Dra. Danubia Caporusso Bargos (USP)
Profa. Dra. Deorgia Tayane Mendes de Souza (UEFS)
Profa. Me. Denize Tomáz de Aquino (UPE, Campus Garanhuns)
Profa. Dra. Ednice de Oliveira Fontes Baitz (UESC)
Profa. Dra. Erika Ferreira Moura (UNICAMP)
Me. Estêvão Botura Stefanuto (UNESP, Campus Rio Claro)
Prof. Dr. Estevan Eltink Nogueira (UNIVASF, Campus Senhor do Bonfim)
Prof. Dr. Felipe Gomes Rubira (UNIFAL)
Me. Fernando Alexandre da Silva (UFPE)
Profa. Dra. Gabrielle Cifelli (FATEC-ITU)
Prof. Dr. Gustavo Barreto Franco (UNEB, Campus Salvador)
Prof. Dr. Gustavo Hees de Negreiros (UNIVASF, Campus Senhor do Bonfim)
Prof. Dr. Hanilton Ribeiro de Souza (UNEB, Campus V)
Prof. Dr. Heibe Santana da Silva (URCA)
Prof. Me. Humberto Cordeiro Araújo Maia (UESC)
Prof. Me. Igor Venceslau Freitas (USP)
Prof. Me. Isaac da Silva Santos (IFBA, Campus Alagoinhas)
Prof. Dr. Iwelton Madson Celestino Pereira (UPE-Campus Garanhuns).
Me. Jeovanes Lisboa da Silva Filho (EMPAB)
Prof. Dr. Jémison Mattos dos Santos (UEFS)
Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza (UFPB)
Prof. Dr. José Dionísio Borges de Macêdo (IFBAIANO, Campus Senhor do Bonfim).
Profa. Dra. Jussara Fraga Portugal (UNEB, Campus Serrinha).
Profa. Me. Juliana Araújo Santos (CEB)
Me. Leandro Pereira da Silva (UNEB, Campus Jacobina)
Me. Liamara Carelli (UEFS)
Profa. Me. Lucia Fabiana da Silva (UNIVASF, Senhor do Bonfim).

Prof. Dr. Luciano Cintrão Barros (UNIVASF, Campus Senhor do Bonfim)
Prof. Dr. Luiz Henrique de Barros Lyra (UPE, Campus Petrolina)
Prof. Dr. Marco Aurélio Rodrigues (UNIVASF, Campus Senhor do Bonfim)
Prof. Dr. Marco Túlio Mendonça Diniz (UFRN)
Profa. Me. Marina Aparecida Costa Lima (IFBA, Campus Jacobina).
Me. Pedro Ítalo Carvalho Aderaldo (UNICAMP)
Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier (UEPB)
Prof. Dr. Raimundo Lenilde De Araújo (UFPI)
Profa. Dra. Raquel de Matos Cardoso do Vale (UEFS)
Profa. Dra. Rita Jaqueline N. Chiapetti (UESC)
Profa. Dra. Rozilda Vieira Oliveira (UNEB, Campus Santo Antônio de Jesus)
Prof. Dr. Silas Nogueira de Melo (UEMA)
Profa. Dra. Simone Santos de Oliveira (UNEB, Campus Serrinha).
Prof. Dr. Vinícius de Amorim Silva (UFSB)
Prof. Dr. Santiago Andrade Vasconcelos (UFCG)
Profa. Me. Tereza Genoveva Nascimento Torezani Fontes (UESC)
Profa. Dra. Yolanda Aparecida de Castro Almeida (UNEB, Campus Teixeira de Freitas)

Comissão de Monitores

Ádria Angelo da Silva (UPE, campus Garanhuns)
Adrielly Ferreira de França (UPE, campus Garanhuns)
Alex Aureliano da Silva Santos. (UPE, campus Garanhuns)
Arlinda Pereira Dantas (UPE, campus Garanhuns)
Daniela Francisca Marques de Melo (UPE, campus Garanhuns).
Eliel de Araújo Andrade (UNIVASF)
Felipe de Souza Reis (UNIVASF)
Francisco Leandro da Costa Soares (IFCE-Campus de Crateús)
Gabriel Carneiro Silva Cunha (UNIVASF)
Gabriel de Oliveira Silva (UPE, campus Garanhuns)
Gustavo William da Silva Azevedo (UPE, campus Garanhuns)
Igor Bulhões Barros (UPE, campus Garanhuns)
Ilamar Antonio da Silva (UPE, campus Garanhuns)
Isabela Maria da Conceição (UPE, campus Garanhuns
Jadson Costa Nascimento Júnior (UNIVASF)
Josiane de Jesus Brandão (UNEB, campus IV Jacobina)
Júlia Marjorrie Silva da Hora (UNEB, campus IV Jacobina)
Madian Maria de Carvalho (UNIVASF)
Maria Rita Monteiro de Lima (UPE, campus Garanhuns)
Mateus Moriconi Prebianca (UNICAMP).
Nádia Malena Moda (UNICAMP)
Mirian dos Santos Silva (UNIVASF)
Ruth Myllena Conceição de Lima (UPE, campus Garanhuns)

SUMÁRIO

Sobre os Organizadores 10

Sobre o Núcleo de Estudos das Paisagens Semiáridas Tropicais – NEPST 12

Apresentação 15

Parte I -Solos, paisagem e geotecnologias na análise do uso e ocupação da terra 16

Domínio das Caatingas: considerações a partir de uma cartografia comparada 17

Estudo paleoambiental no semiárido baiano através de isótopos de carbono e micromorfologia do solo 37

Suscetibilidade à erosão laminar entre o Agreste seco e a Zona da Mata úmida: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Canhoto (PE/AL) 51

Vulnerabilidade natural à perda de solo como indicador de suscetibilidade à desertificação no semiárido brasileiro 63

O uso da Cromatografia de Pfeiffer como ferramenta para avaliação do manejo agroecológico do solo em uma propriedade agrícola no município de Boqueirão – PB 75

Uso e ocupação da terra no semiárido baiano: estudo de caso do município de Santaluz (BA) 87

Mudanças no uso e cobertura da terra no semiárido sergipano entre 1985-2019 100

Uso e ocupação da terra no semiárido baiano: estudo de caso do município de Antônio Gonçalves - BA 111

Utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial na avaliação de mudanças na cobertura e uso da terra na sub-bacia hidrográfica do alto rio Jacuípe-BA: contribuições para a gestão ambiental 126

Análise temporal do uso e ocupação da terra no município de Itaberaba, Bahia, Brasil ... 138

Análise dos níveis de degradação das terras na microbacia hidrográfica do Açude Jatobá II em Princesa Isabel-PB 151

Análise da cobertura e uso da terra através do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) no contexto da degradação ambiental do município de Lajedo - Pernambuco, Nordeste do Brasil 167

Uso de sensoriamento remoto na avaliação da cobertura vegetal na zona de amortecimento do reservatório público de Tenente Ananias (Oeste Potiguar - RN/BR) 178

Parte 2 - Recursos hídricos no semiárido: multiplicidade de olhares 189

A sociedade civil organizada, os saberes locais e a governança da água no semiárido brasileiro do Século XXI 190

A geodiversidade do Nordeste e o acesso aos recursos hídricos na região do semiárido .. 208

Cartografia dos recursos hídricos superficiais como instrumento de planejamento e gestão no semiárido: Folha SC.24-X-A-IV (Carta Floresta) 217

Esgotamento sanitário em municípios do semiárido baiano: o caso da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu 229

Análise ambiental da Lagoa Salgada em Feira de Santana/BA: colaboração entre entidades públicas para o desenvolvimento de um projeto de recuperação e preservação 239

Eventos de alta magnitude e sensitividade nos ambientes fluviais do alto curso do rio Piranhas, semiárido paraibano, Brasil 251

Danos potenciais associados e modalidades de usos em barragens na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu - Bahia 263

Análise das cheias e secas hidrológicas anuais no trecho semiárido da sub-bacia do rio Gongogi - Bahia 274

Análise das cheias e secas hidrológicas anuais na porção semiárida da bacia do rio Corrente (BA) 285

Sobre os Organizadores



Sirius Oliveira Souza

Licenciado em Geografia pela Faculdade Pitágoras - Unidade Teixeira de Freitas (PROUNI). Especialista em ensino de Geografia pela Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC (2010). Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES (2013). Doutor em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2017). Pós-Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP - Rio Claro (2018). Atualmente é Professor Adjunto do Colegiado de Geografia da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Coordenador da Residência Pedagógica em Geografia, líder do Núcleo de Estudos das Paisagens Semiáridas Tropicais (NEPST - UNIVASF) e Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais do Departamento de Ciências Exatas e da Terra (DCET) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB- campus I). É membro titular da Câmara Básica de Assessoramento e Avaliação Cientifico -Tecnológica, na área de Ciências Humanas e Educação na Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB e têm experiência na área de Geografia, com ênfase em Geografia Física, atuando principalmente nos seguintes temas Geomorfologia e Planejamento, Cartografia Geomorfológica, Geotecnologias e Análise Ambiental.



Kleber Carvalho Lima

Professor Adjunto do Departamento de Geografia da Universidade de Pernambuco (UPE), campus de Garanhuns. Possui doutorado em Geografia pela UNICAMP (2017), mestrado em Geografia pela UNESP/Rio Claro (2012) e graduação em Geografia pela Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS (2008). Tem experiência em Geografia Física, com ênfase em Geomorfologia, atuando principalmente nos seguintes temas Geomorfologia do Semiárido, Dinâmica Fluvial, Quaternário, Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), Mapeamento Geomorfológico e Sistema de Informações Geográficas (SIG).



Everton Vinicius Valezio

Graduado em Geografia (Licenciatura e Bacharelado), mestre e doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), e professor substituto no Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, campus Rio Claro/SP. É membro do conselho editorial do Boletim Campineiro de Geografia (BCG) e do Grupo de estudos da paisagem do Laboratório de Geomorfologia da UNICAMP e atua nas seguintes áreas Geomorfologia fluvial; Processos de evolução da Paisagem; Datações absolutas; Paleoclimas e Análise sistêmica.



Sarah Andrade Sampaio

Mestra em Estudos Territoriais pela Universidade do Estado da Bahia (PROET - UNEB - Campus I). Discente do curso de Especialização em Engenharia Ambiental Urbana da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB). Bacharela em Geografia pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Membro do Núcleo de Estudos das Paisagens Semiáridas e Tropicais (NEPST - UNIVASF, Campus Senhor do Bonfim) onde pesquisa com ênfase em Impactos Ambientais, Processos Geomorfológicos e Geoprocessamento.

Núcleo de Estudos das Paisagens Semiáridas Tropicais

Sobre o Núcleo de Estudos das Paisagens Semiáridas Tropicais – NEPST

O Núcleo de Estudos das Paisagens Semiáridas Tropicais (Doravante denominado NEPST) é um grupo de pesquisa pertencente ao Colegiado de Geografia da Universidade Federal do Vale do São Francisco - campus Senhor do Bonfim (BA), sob responsabilidade do Prof. Dr. Sirius Oliveira Souza. Criado em abril de 2018 no Diretório de Grupos de Pesquisa do Brasil do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) o NEPST se legitima frente a necessidade de produção de conhecimento científico sobre a dinâmica das paisagens em ambientes semiáridos tropicais, considerando especialmente o semiárido baiano, na perspectiva do planejamento do uso e ocupação, do planejamento ambiental e do diagnóstico de suas potencialidades e fragilidades ambientais. Desta forma, desde sua criação o NEPST vem realizando uma série de atividades voltadas para o ensino, pesquisa, extensão, como foco na valorização e democratização científica do semiárido brasileiro.

Dentre as recentes atividades, cabe destaque para a realização do projeto de extensão *Webinars* NEPST, que em parceria com o Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais (UNEB- campus I) e com a Profa. Dra. Liliane Mattos Góes da Universidade do Estado da Bahia (UNEB - campus IV) proporcionou a democratização e o acesso a divulgação científica em Geografia durante o primeiro ano da atual pandemia de COVID-19, por meio da realização de quatorze conferências on-line gratuitas e abertas na plataforma youtube (canal geonepst). Com um público síncrono total de cerca de 7.000 pessoas, contemplando participantes assíduos nacionais e estrangeiros (Portugal, Venezuela, Moçambique, França), as *Webinars* do NEPST possibilitaram o fortalecimento da Ciência Geográfica, sua difusão e articulação entre a sociedade contemporânea. Evidencia-se este fato, pela forte promulgação do projeto em páginas institucionais de diferentes instituições e cursos de graduação e pós-graduação em Geografia do Brasil.

Após a realização das quatorze conferências on-line em 2020, o NEPST inicia o ano de 2021 com o planejamento de realização de um evento científico em comemoração ao dia da nordestina e do nordestino (08/10) focado nos seguintes eixos temáticos: Contexto geoambiental do semiárido brasileiro; Sertanejos e sertanejas – identidade, cultura e resistência e Ensino de Geografia no contexto do semiárido e na parceria estabelecida com o Grupo de Trabalho em Geomorfologia da Universidade de Pernambuco (UPE – Campus Garanhuns) e o Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais da Universidade do Estado da Bahia

(UNEB – campus I). Deste intuito de celebrar o nordeste e o sertão coletivamente, o Simpósio do NEPST foi executado com muita dedicação dos pesquisadores e estudantes envolvidos, contando com um renomado grupo de palestrantes focados na valorização científica do semiárido/sertão nordestino. Nesse contexto, esta coletânea simboliza o comprometimento e envolvimento de todas e todos.

Na atualidade, o NEPST consta com uma equipe de dez pesquisadores e cerca de vinte estudantes participantes assíduos e segue planejando atividades voltadas para a investigação e análise das variáveis naturais e antrópicas que regem a organização da paisagem do semiárido brasileiro, na perspectiva do planejamento, do uso e ocupação da terra e da melhoria de vida das pessoas. Ao final, nos despedimos registrando um Viva a ciência brasileira! Viva ao nosso nordeste/sertão! Vida longa ao NEPST!

[...] Todo amanhã se cria num ontem, através de um hoje [...]. Temos de saber o que fomos, para saber o que seremos.

Paulo Freire – Patrono da Educação Brasileira

[...] Se o estudante conseguir enxergar possibilidades onde o mundo inteiro disse que não existiam, o professor cumpriu, finalmente, a sua missão.

Lídia Vasconcelos

Apresentação

O Núcleo de Estudos das Paisagens Semiáridas Tropicais – NEPST, grupo de pesquisa e estudo pertencente ao Colegiado de Geografia da Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Senhor do Bonfim (BA), em parceria com o GT-Geomorfologia da Universidade de Pernambuco (UPE – Campus Garanhuns) e com o Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais da Universidade do Estado da Bahia (UNEB – campus I) organizou o Simpósio do NEPST, em outubro de 2021, em comemoração ao dia da nordestina e do nordestino.

Com o tema que intitula esta coletânea "Perspectivas e desafios do sertão nordestino", o Simpósio do NEPST abordou os avanços da ciência geográfica, tendo em vista o fortalecimento das potencialidades e possibilidades do sertão, com destaque para o contexto geoambiental do semiárido brasileiro, o ensino de Geografia contextualizado e a identidade e cultura do sertão nordestino.

Totalizando 1.111 inscrições, o Simpósio do NEPST contou com participantes de 19 dos 26 estados brasileiros, com destaque para os estados da Bahia, Pernambuco e Piauí, que juntos, somaram cerca de 60% dos inscritos no evento. Quanto aos trabalhos científicos, o evento recebeu cerca de 80 trabalhos completos, dos quais, 57 foram aprovados pela comissão científica e após apresentação durante o evento, passaram a compor esta obra. Almejamos com esses trabalhos, divulgar a produção científica nordestina, com temáticas voltadas ao sertão/semiárido.

Tendo em vista as transformações impostas pela pandemia da COVID-19, a organização do Simpósio do NEPST se constituiu em um grande desafio. Tal desafio, só foi possível de ser vencido, graças ao trabalho coletivo, colaborativo e voluntário de estudantes e professores da UNIVASF, UPE, UNEB, UNESP-RC, dentre outras instituições. Nesse sentido, registramos nossa gratidão a todos que colaboraram com o fortalecimento do nosso evento. Em especial, registramos o nosso agradecimento aos estudantes monitores e monitoras do evento, que arduamente se dedicaram para que as atividades ocorressem com o máximo de qualidade possível para a modalidade remota.

Agradecemos também o financiamento desta coletânea à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação da UNIVASF, que na pessoa da Pró-Reitora Profa. Dra. Patrícia Avello Nicola, se mostrou cuidadosa e atenta às demandas do NEPST, colaborando e apoiando também a realização do evento.

Diante do atual contexto brasileiro, manifestamos os nossos protestos contra os recentes cortes nos recursos destinados às universidades públicas e ao financiamento de pesquisas científicas, em especial para as Ciências Humanas. Ratificamos a grande contribuição dessa área do conhecimento para a construção de uma sociedade mais democrática, diversa, justa, emancipatória e preocupada com a conservação ambiental.Por fim, acreditamos que a Educação é o único caminho para autonomia e libertação de nossa população. Portanto, reafirmamos a nossa defesa por uma universidade pública, gratuita, democrática, inclusiva e diversa, enquanto promulgadora de desenvolvimento econômico interdependente entre as variáveis sociais e naturais, que reduza as assimetrias sociais e garanta uma melhor qualidade de vida para as gerações presentes e futuras. Desejamos a todas e todos uma ótima leitura!

Organizadores.

Parte I

Solos, paisagem e geotecnologias na análise do uso e ocupação da terra

Domínio das Caatingas: considerações a partir de uma cartografia comparada

Lucas Costa de Souza Cavalcanti
Prof. Adjunto do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco
lucas.cavalcanti@ufpe.br

Riclaudio Silva Santos
Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
riclaudio.silva@ufpe.br

Resumo
Este trabalho tem como objetivo discutir aspectos relevantes da diferenciação das potencialidades paisagísticas semiáridas do Brasil em diferentes níveis. Desta forma, a partir da elaboração, correlação e análise de mapas temáticos se discute as variações, especialidades e potencialidades do semiárido brasileiro. Ao final, este trabalho agregou breves reflexões a partir da leitura comparada de mapas. A mescla de critérios qualitativos e quantitativos parece ser um caminho adequado para seguir.

Palavras-Chave: Geografia Física; Caatinga; Cartografia das Paisagens.

1. Introdução

O estudo das formações naturais brasileiras deve muito ao trabalho pioneiro de Aziz Ab'Saber. Seus comentários a respeito da variabilidade espacial das paisagens, em diferentes escalas, constituem registro basilar e didático para compreensão das potencialidades paisagísticas do nosso país (AB'SABER, 2007; AB'SABER, 1984).

O conceito de domínio de natureza é introduzido por Ab'Saber (2007, p.11-12), sendo definido como:

> (...) um conjunto espacial de certa ordem de grandeza territorial - de centenas de milhares a milhões de quilômetros quadrados de área - onde haja um esquema coerente de feições de relevo, tipos de solos, formas de vegetação e condições climático-hidrológicas.

Cada domínio manifesta-se numa área principal, que o geógrafo luizense denominou *área core*, variando lateralmente a partir de *faixas de transição*, mais ou menos abruptamente, para outra área *core*. Essa transição geralmente está associada a mudanças no regime hídrico e/ou térmico, afetando a vegetação tanto no que concerne a aspectos florísticos (composição das espécies de plantas), quanto fenológicos (mudanças ao longo do ano) e estruturais (altura, densidade, formas de vida, etc).

No interior das áreas nucleares, é possível identificar variações *intradominais*, que configuram paisagens locais ou sub-regionais em função do regime hídrico, características do relevo, materiais superficiais e/ou uso da terra. Nesses espaços, a vegetação pode apresentar um ou mais aspectos distintos, geralmente sua estrutura e/ou fenologia. Muitas vezes, a florística varia, mas sempre dentro do espectro de espécies comuns e/ou endêmicas para o domínio, um exemplo são as encostas rochosas, onde predominam cactos e bromélias.

De outro modo, as variações intradominais podem ser tais, que a composição de espécies de plantas, sua estrutura e fenologia refletem de modo mais expressivo outro domínio. Esses espaços são conhecidos como *áreas de exceção*, um exemplo são os brejos de altitude do Nordeste, onde remanescentes de Mata Atlântica ocorrem em meio à Caatinga. Algumas vezes, essas áreas são consideradas relictos de condições climáticas pretéritas, mas cuja configuração geoambiental permitiu sua manutenção até os dias atuais.

Esses quatro conceitos de unidades (áreas core, faixas de transição, variações intradominais e áreas de exceção) constituem o escopo de uma discussão a respeito da estrutura das paisagens (Figura 1). Nesse contexto, um dos desafios para a cartografia das paisagens é a construção de um sistema taxonômico de paisagens que considere tais conceitos.

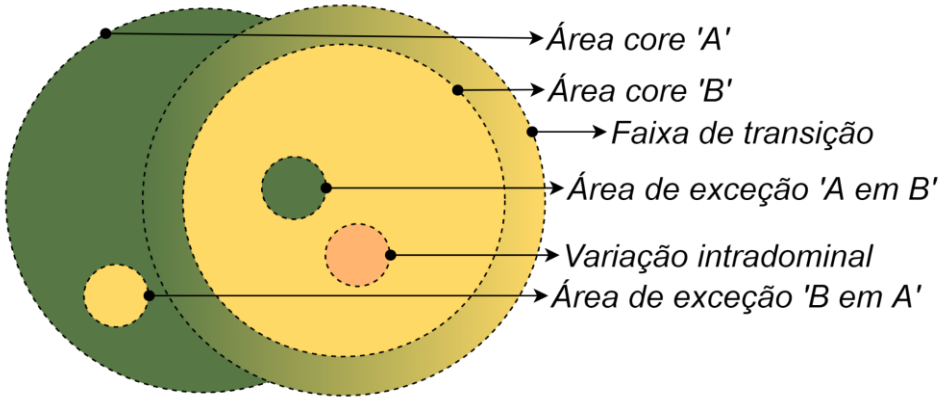


Figura 1 - Conceitos da estrutura das paisagens.
Fonte: os autores.

Tratando dessa questão, o geógrafo russo Anatole Isachenko (1973) sugere distinguir as paisagens a partir de duas grandes linhas de informação. A primeira, de natureza bioclimática, busca distinguir o reflexo de variáveis climáticas na vegetação. A segunda, enfatiza sua

evolução geomorfológica. Para Isachenko, as paisagens seriam definidas pelo cruzamento das unidades bioclimáticas (que ele chama ‘zonais’) e geomorfológicas (ou ‘azonais’).

Isachenko (1973, p.232-233) sugere utilizar duas unidades bioclimáticas: zonas e subzonas. Apesar de considerar largamente variáveis climáticas para *identificação* de tais unidades, ele sugere que, para fins de *delimitação*, a vegetação potencial é o melhor recurso. Para definição de zonas ele adota os seguintes critérios:

1) Análise qualitativa do máximo de índices bioclimáticos que for possível utilizar. O objetivo é definir núcleos e transições suaves e abruptas;

2) Delineamento de um sistema geral de unidades bioclimáticas, considerando as diferenças observadas;

3) Definir as fronteiras entre as unidades uma por uma, considerando: a) a história climática e biogeográfica, b) os sistemas atmosféricos e/ou massas de ar atuantes e seu ritmo sazonal, c) examinar o reflexo das condições climáticas nos processos geoquímicos, geomorfológicos, pedológicos e biogeográficos.

Ainda conforme o mesmo autor, o melhor método para diferenciação das zonas, seria o mapeamento das unidades de paisagem e seu posterior agrupamento (abordagem *upscaling*). Ele chama atenção, contudo, para o fato de que algumas paisagens típicas de uma zona, podem ocorrer em outras zonas, mormente quando próximo aos seus limites, marcando uma transição.

As transições marcariam subzonas, cuja identificação seria baseada tanto na interpenetração de atributos de zonas adjacentes quanto na variabilidade crescente e/ou decrescente nos valores variáveis bioclimáticas.

Recentemente, diferentes autores têm deixado de lado uma abordagem puramente qualitativa na interpretação das unidades (CASTILLO-RODRIGUEZ et al, 2010; SOTO; PINTÓ, 2010; ERIKSTAD et al, 2015; VANTEEVA, 2019; BRAZ et al, 2020). Isso se deve principalmente à disponibilidade, cada vez maior, de variáveis bioclimáticas com resolução cada vez melhor (*big data*). Nesses trabalhos, a estatística multivariada tem sido empregada para auxiliar na decisão das variáveis relevantes.

Acontece que muitas das variáveis disponíveis tendem a responder de modo similar. O emprego de técnicas de ordenação, como a Análise por Componentes Principais (PCA) ou o Escalonamento Multidimensional não Métrico (NMDS) têm sido utilizadas para reduzir o número de variáveis, apenas àquelas de maior relevância.

Todavia, as próprias estatísticas possuem suas limitações. A despeito da facilidade de aplicação de uma Análise por Componentes Principais, Khoroshev (2018) defende que não é a melhor técnica para todos os casos por pressupor relações lineares entre as variáveis. Aqui, acreditamos que as estatísticas, índices e outros elementos quantitativos devem ser considerados, mas não exclusivamente. A análise qualitativa precisa permear todo o processo de mapeamento das unidades de paisagem. Este trabalho tem como objetivo discutir aspectos relevantes da diferenciação das potencialidades paisagísticas semiáridas do Brasil em diferentes níveis. Para tanto, será utilizada uma leitura comparada de mapas. Detalhes metodológicos são apresentados ao final, nos apêndices A, B e C.

2. Até onde vai o Domínio das Caatingas?

Do ponto de vista fitogeográfico, as Caatingas ocorrem como parte das formações secas florestais e/ou arbustivas que se estendem da Argentina até o México. Estas formações ocorrem de modo isolado umas das outras e funcionam mais como núcleos de endemismo, partilhando algumas espécies, mas apresentando baixa similaridade florística entre os núcleos (LINARES-PALOMINO, OLIVEIRA FILHO, PENNINGTON, 2011).

Diferentes delimitações para a Caatinga já foram propostas. Aqui vamos comparar três delimitações: a de Olson *et al* (2001) modificada por Fernandes et al (2020), que chamaremos UEFS, sendo produto do esforço de pesquisadores da Universidade Estadual de Feira de Santana; a proposta das ecorregiões de Velloso, Sampaio; Pareyn (2001), que será denominada SNE, por ter sido resultado de uma reunião da Sociedade Nordestina de Ecologia. Além disso, também será considerada a recente revisão dos limites dos biomas brasileiros do IBGE (2019), que daqui pra frente será chamada IBGE.

Dos três mapas examinados, o do IBGE, sem dúvida, possui os limites definidos com maior nível de detalhamento. Tanto o da SNE quanto o da UEFS possuem contornos mais genéricos e suavizados, indicando que adotaram bases de referência menos detalhadas. Esta característica será levada em conta para a discussão adiante.

É notável que todas as propostas admitem um núcleo de Caatingas que se estende do norte de Minas Gerais ao norte do Piauí. Essa área inclui ainda, parte dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe. Não obstante o reconhecimento dos espaços dominados pelas Caatingas, há muitas áreas “em disputa” (Figura 2). Essas divergências ocorrem de modo mais evidente a oeste, na transição para o Cerrado. Além disso, áreas associadas a altitudes elevadas e/ou à exposição aos ventos úmidos também

podem ser observadas. Por fim, de modo menos expressivo, ocorrem discordâncias quanto aos limites oriental e setentrional.

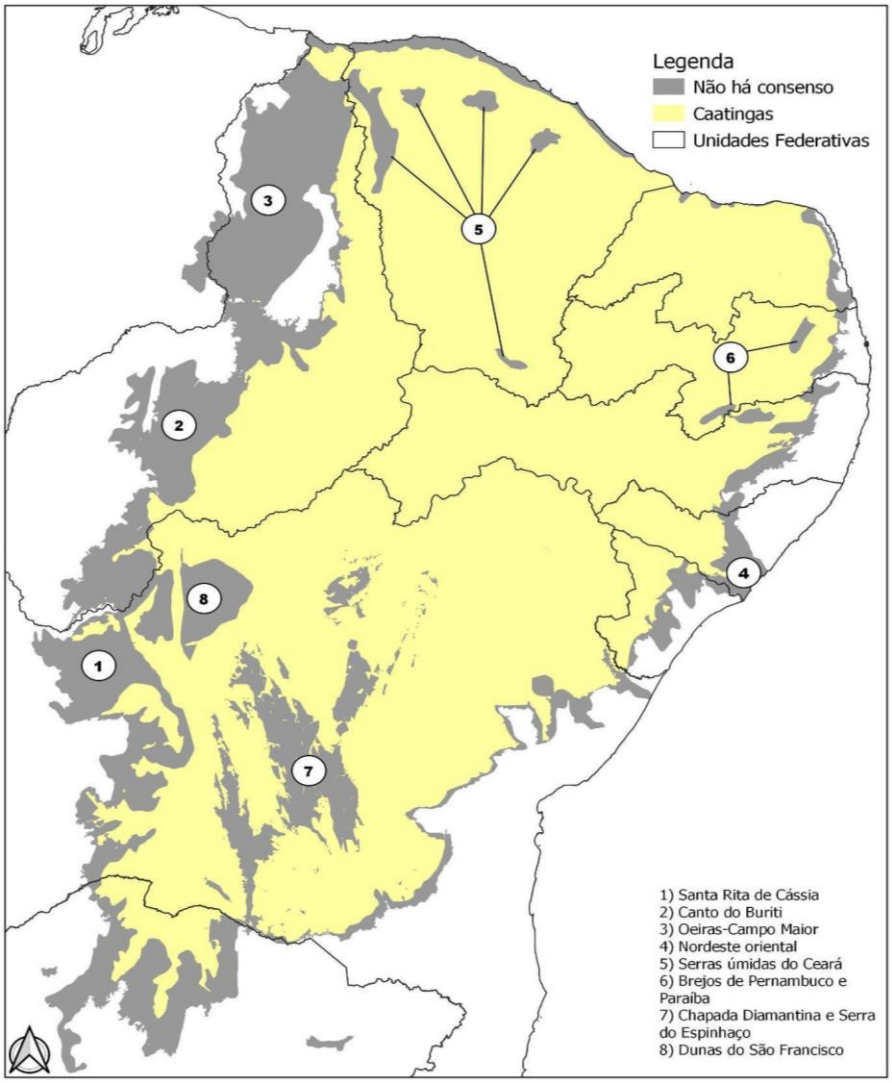


Figura 2 - Diferentes limites reconhecidos para as Caatingas.
Fonte: os autores.

A seguir, essas diferenças serão comparadas considerando a ocorrência de espécies listadas como endêmicas para a Caatinga (FERNANDES *et al*, 2020). Os endemismos foram reunidos a partir de um sistema global de dados da biodiversidade (Cf. Apêndice A). Na Figura 3, é possível notar que as espécies listadas como endêmicas apresentam-se distribuídas numa faixa de extensão subtropical, concentradas, porém, na região intertropical e com núcleo no

nordeste brasileiro. Para a Caatinga, ainda não existe um estudo que diferencie as espécies de endemismo puro (*pure endemism*), daquelas que manifestam endemismo próximo (*near endemism*).

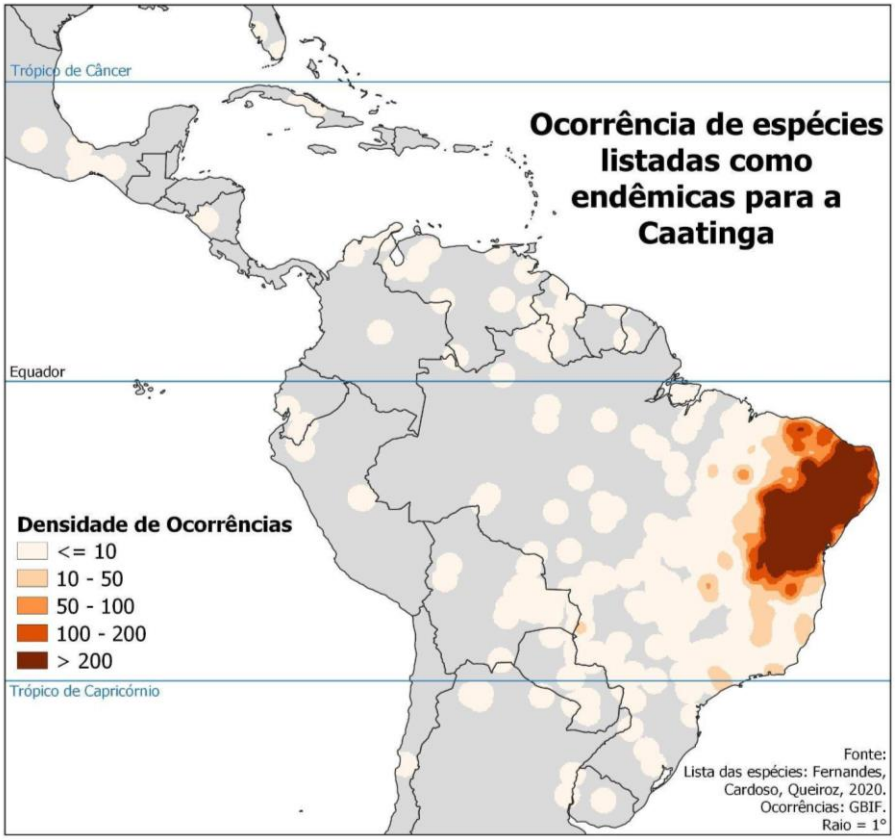


Figura 3 - Ocorrência de espécies listadas como endêmicas para a Caatinga.
Fonte: os autores.

Além disso, será utilizada uma medida da variabilidade intra-anual da vegetação (FIGURA 4). Essa medida foi determinada a partir do coeficiente de variação da vegetação usando sensoriamento remoto e geoprocessamento (Cf. Apêndice B). A forte estacionalidade é uma característica fundamental das Caatingas, de onde vem sua própria etimologia, que significa “mata branca” ou “mata que parece branca”. Nesse sentido, a fenologia do sistema foliar pode ser um elemento chave para o mapeamento da vegetação no Semiárido Brasileiro.

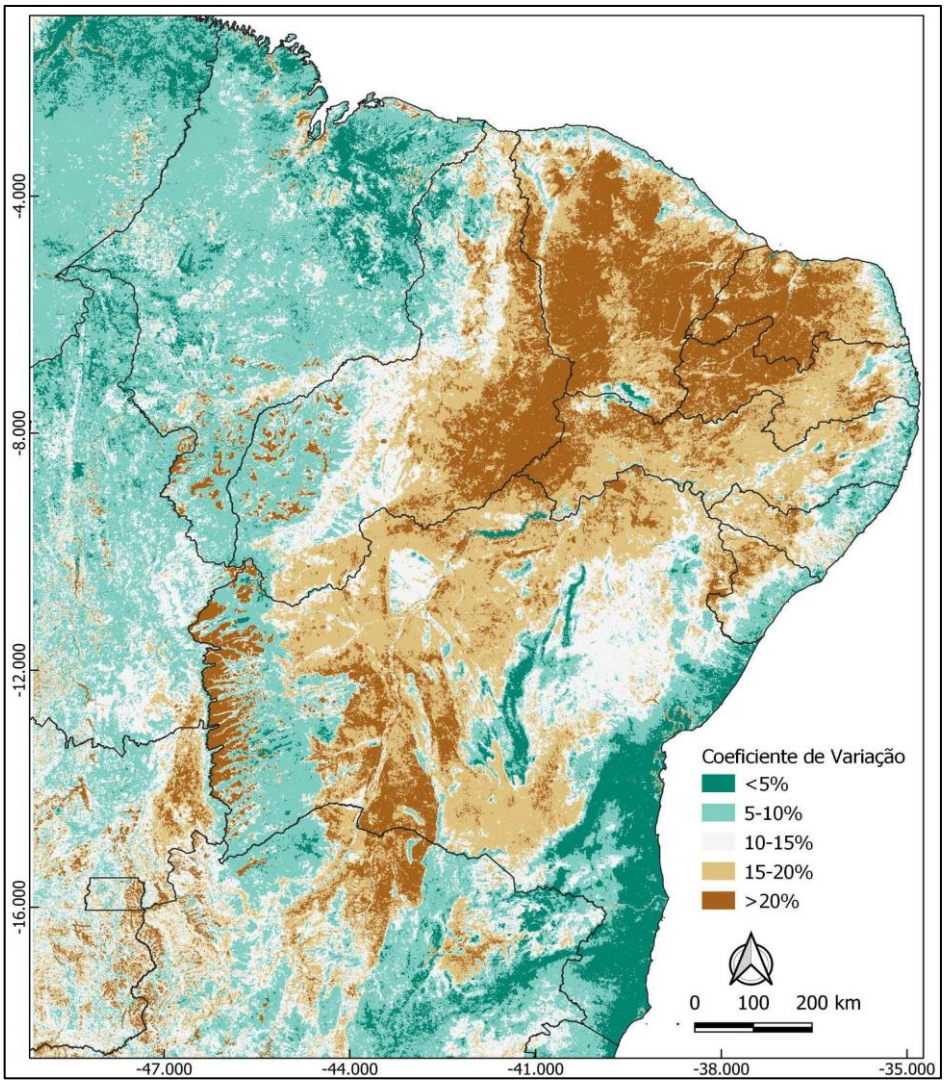


Figura 4 - Coeficiente de variação intra-anual da vegetação.
Fonte: os autores.

A Fenologia refere-se à variabilidade intra-anual de atributos da vegetação, como a época de crescimento e queda de folhas, as etapas da floração e frutificação. Tradicionalmente, classificações da vegetação incorporam sobretudo a fenologia do sistema foliar, adotando qualificadores como “decídua”, “estacional”, “caducifólia” e etc. Neste trabalho, uma síntese da fenologia é representada pelo coeficiente de variação da vegetação.

Os três limites que estamos considerando (UEFS, IBGE e SNE) coincidem fortemente com áreas de coeficiente de variação (CV) >10%. Estas áreas manifestam maior variabilidade intra-anual da vegetação, isto é, maior mudança do período úmido para o seco. Um detalhe é

que nas áreas em que há consenso acerca do predomínio das Caatingas, CV é quase sempre >15%.

Tanto as áreas de Cerrado e Mata Atlântica, quanto áreas de exceção, podem ser reconhecidas por apresentarem CV<10%. Exemplos incluem a porção nordeste da Chapada do Araripe, a porção leste da Chapada Diamantina, os brejos pernambucanos e paraibanos, assim como as serras úmidas cearenses.

Além disso, o uso da terra fica bem marcado com áreas de CV>20%, coincidindo com áreas agrícolas em topos planos, seja no extremo oeste baiano (chapadões do São Francisco), numa pequena parte do Tocantins ou na porção meridional do Piauí e Maranhão, evidenciando o MATOPIBA. De outro modo, o polo de fruticultura irrigada de Petrolina-Juazeiro aparece como uma mancha de CV 5-10%.

Nas seções adiante, discutiremos as áreas de exceção dentro e fora do Domínio das Caatingas (Figura 2, casos 5 a 8). Nesse momento, passaremos a examinar os limites propostos à luz dos dados disponíveis, começando pelos espaços de disputa. Ao sul, as diferenças parecem estar mais associadas ao exercício de digitalização para criação do arquivo.

A sudoeste, o limite do Domínio é bem marcado pelo contorno da depressão do médio rio São Francisco acompanhado a borda dos Chapadões do São Francisco (ou Chapadas do Oeste Baiano). Nessas áreas, a transição parece ser mais fácil de observar. O topo dos chapadões apresenta vegetação de Cerrado (Savana Arborizada e Parque), conforme o IBGE.

2.1 Diferenças em Santa Rita de Cássia e arredores

Uma divergência nos mapas aparece a oeste, na região de Santa Rita de Cássia e adjacências (na Bahia). Tanto o mapa do IBGE quanto o da UEFS não consideram a região como Caatinga, enquanto o mapa da SNE o faz. Essa parece uma diferença significativa.

Um dos destaques na paisagem de Santa Rita de Cássia é a presença de veredas de buritis ao longo do rio Preto, afluente do São Francisco. Esta característica sugere uma área de Cerrado. Não obstante, o mapa da figura 3 indica CV<10% apenas ao longo do rio. Nas áreas adjacentes, o CV é sempre maior que 10%.

Além disso, o registro de espécies endêmicas da Caatinga no município sugere que as veredas do rio Preto estejam associadas mais à presença do canal, que do clima. Algumas espécies endêmicas da Caatinga, conforme Fernandes et al (2020), incluem: *Senna trachypus*,

Indigofera blanchetiana, *Mimosa ophthalmocentra*, *Adenocalymma candolleanum*, *Heteropterys trichanthera*, *Arachis dardani*, *Annona leptopetala*, entre outras.

Ademais, é sabido que existe uma faixa de comum ocorrência de florestas secas e savanas (DEXTER et al, 2018). Nesse sentido, e considerando que o mapa da vegetação do IBGE indica várias manchas de Contato Savana/Savana-estépica para essa localidade, sugere-se que a área deva ser melhor classificada como parte da *faixa de transição*. Deve-se incluir aí todos os espaços contínuos que estiverem fora dos limites de biomas e ecorregiões, mas que apresentem CV >10%, espécies endêmicas e/ou manchas de Savana Estépica e/ou Contato com Savana-Estépica.

2.2 Os Arredores de Canto do Buriti

Esta região foi incluída como Caatinga pela UEFS e pelo IBGE, mas não pela SNE. O CV apresenta porções significativas para as classes 5-10%, 10-15% e 15-20%. Há algumas ocorrências endêmicas, tais como: *Ditaxis desertorum, Calliandra macrocalyx, C. ulei e C. spinosa, Mansoa paganuccii, Senna cearensis, Cnidoscolus urniger, Dalbergia cearensis, Trischidium molle e Adenocalymma candolleanum*. Pela baixa densidade de registros e os valores CV <10%, sugere-se incluir esta área como faixa de transição.

2.3 Discordâncias de Oeiras e Campo Maior

Outra discordância significativa surge próximo a Oeiras (PI) e estende-se até Campo Maior. Próximo a Oeiras, o limite proposto pelo IBGE projeta-se para oeste além do limite da UEFS. A definição do IBGE, contudo, coincide com CV >10% e existe ocorrência de espécies endêmicas da Caatinga.

Seguindo para norte até Campo Maior (PI), a Figura 3 mostra um prolongamento de CV >10%. Todavia o IBGE (2019) não considera esta região como parte do bioma Caatinga, a despeito das várias manchas do mapa de vegetação, do próprio IBGE, indicarem a ocorrência de Savana-Estépica. Ocorrências endêmicas incluem: *Pilosocereus gounellei*, *Arachis dardani*, *Croton blanchetianus*, *Piptadenia retusa*, *Indigofera blanchetiana*, *Adenocalymma candolleanum*, e *Mimosa nothopteris*.

O mapa da UEFS indica uma grande mancha isolada de Caatinga próximo a Campo Maior. Todavia, o CV apresenta-se bastante fragmentado. Destaca-se que as ocorrências de

endemismo estão registradas em fragmentos com CV<10%. Entende-se que houve generalização dos botânicos de Feira de Santana. É possível incluir o ramo Oeiras-Campo Maior como parte do Domínio e a mancha da UEFS como parte da *faixa de transição*, mas a composição florística ainda precisa ser examinada com mais cuidado.

2.4 Divergências do Nordeste Oriental

Olhando para os limites orientais do Domínio das Caatingas, encontramos uma série de discordâncias notadamente apresentadas pelo mapa da UEFS, sobretudo em relação ao mapa do IBGE e menos fortemente ao da SNE. Esses espaços incluem as proximidades do município de Alagoinhas e prolongamentos mais ou menos extensos ao longo dos vales dos rios Itapicurú (BA), Vaza-Barris, Japaratuba e São Francisco (SE/AL) e mais ao norte, margeando os vales dos rios Siriji (PE) e Curimataú (RN).

Essas áreas são marcadas por uma grande variabilidade espacial do CV, originada principalmente da fragmentação decorrente do uso da terra em regiões de ocupação antiga e intensa, sendo de difícil classificação.

3. Áreas de exceção

O conceito de áreas de exceção refere-se a paisagens que diferem daquilo que seria esperado para um determinado contexto de clima. Ab'Saber (2007, p.15) esboça uma tipologia dessas áreas que podemos resumir como: de cimeira, de encosta, de pé de serra e ribeirinhas (de vales úmidos e de rios paralelos do tipo *yazoo*).

Medeiros e Cestaro (2019) demonstraram que a identificação dos brejos de altitude no Nordeste do Brasil perpassa pelo entendimento de diferentes teorias que buscam determinar as origens e a evolução dessas áreas de exceção. Sendo que a investigação dessas áreas geralmente está ancorada em abordagens sistêmicas, morfoclimáticas e fitogeográficas, podendo ainda relacionar diferentes abordagens concomitantemente.

Assim, entre os termos utilizados para designar os brejos de altitude, de acordo com cada contexto geomorfológico da sua formação/evolução ou características ecológicas, pode-se destacar, Brejo (Ab'Saber, 1999), Elevações Residuais, Inselbergues e Maciços Residuais,

Chapadas, Chapadas Residuais (PRATES et al., 1981; GUERRA e GUERRA, 1997; CORRÊA, 1997), Monadnocks de Position (CORRÊA, 2003), Maciço Estrutural, Maciço Tectônico, Maciço Granítico (GURGEL, 2012), maciço de matriz sedimentar (maciço residual) (GOIS *et al.*, 2019).

De acordo com Freire (2007) são as dinâmicas particulares, entre os elementos naturais, com destaque para os elementos da biogeografia e da ecologia, que determinam as áreas de exceção. Para Medeiros e Cestaro (2019) as mesmas se caracterizam pela orografia como fator determinístico do clima, que propiciam condições locais diferenciadas no interior do ambiente semiárido, permitindo a ocupação simultânea entre espécies da Caatinga e da Mata Atlântica.

Góis *et al.* (2019) destacam, entre as características comuns observáveis nos brejos, a presença de Argissolos, normalmente um tipo de solo associado a contextos ambientais mais úmidos, além da ocorrência em abundância de feldspato nas rochas desses ambientes.

De maneira geral, em relação às consonâncias dos autores, destaca-se a ideia das regiões de brejos de altitude apresentarem condições pluviométricas distintas do meio semiárido ao qual estão inseridas, o que repercute diretamente no desenvolvimento dos demais elementos dessas paisagens. Outro ponto em comum para os brejos de altitude é sua característica hipsométrica, ocorrendo geralmente acima de 550 m.

Dos mapas comparados neste estudo, o do IBGE, pela natureza de sua proposta, desconsidera as áreas de exceção. A SNE não enfatiza áreas de exceção específicas e a UEFS retira algumas delas, considerando-as como não sendo Caatinga.

No estado do Ceará, um conjunto de serras com formações florestais úmidas, associadas ao efeito orográfico de altitude e/ou exposição foi classificado pela UEFS como não sendo Caatinga. O mapa de CV registrou valores <10% na porção setentrional da Serra da Meruoca e no setor oriental das Serras de Uruburetama e da Ibiapaba e de modo mais expressivo sobre a Serra de Baturité. Em todos os casos, a mediana da altitude foi sempre superior a 600m. Cabe mencionar que várias serras menores e fragmentos no interior das serras supracitadas, ocorrem com mediana da altitude na faixa de 400-600, mas sempre com menor expressão espacial.

No extremo sul cearense, a Chapada do Araripe apresenta fragmentos de Cerrado, mas com registro de espécies endêmicas da Caatinga, configurando claramente um contato vegetacional, em conformidade com a classificação do mapa da vegetação do IBGE. Todavia, esses fragmentos de CV<10% concentram-se na porção elevada a nordeste da chapada, com mediana da altitude acima de 800m.

Os brejos de altitude e exposição ocorrem em Alagoas, Pernambuco e Paraíba associados ao Planalto da Borborema. A mediana da altitude é geralmente superior a 600m, com exceção das áreas de exposição mais próximas ao litoral, que apresentam mediana superior a 400m, como o brejo de Areias, na Paraíba.

Outro ponto de debate, relaciona-se à Chapada Diamantina. Trata-se de um conjunto de terras altas estruturado em rochas metassedimentares muito antigas, localizado na região central da Bahia. Esta região possui endemismos bastante particulares a ponto do mapa da UEFS não considerar a área como Caatinga. Não obstante, o IBGE e a SNE o fazem. Da lista de espécies consideradas endêmicas da Caatinga, 231 possuem ocorrência registrada nas áreas da Chapada Diamantina com CV<10%. Nesse sentido, é mais fácil pensar esse espaço como uma caatinga de altitude.

Cabe mencionar que as áreas com CV <10% ocorrem preferencialmente acima de 600m e quase sempre na face oriental das terras altas, que recebe os ventos alísios do oceano, com destaque para as serras do Sincorá e de Jacobina. A porção oriental geralmente apresenta CV>10%, como no caso do Boqueirão da Onça e da Bacia de Irecê.

Para além das áreas de exceção de influência orográfica, o mapa da UEFS traz a sugestão de que as dunas do São Francisco seriam uma área de exceção, de influência arenosa, não sendo consideradas como Caatinga. Essa proposta diverge dos mapas do IBGE e da SNE, respectivamente. Esses extensos campos de dunas e mantos de areia ocorrem na margem esquerda do São Francisco, entre os municípios de Barra e Pilão Arcado (ambos na Bahia). A despeito da proposta da UEFS, constatou-se que 71 espécies da lista de endêmicas do próprio trabalho de Fernandes et al (2020), estão registradas para as dunas do São Francisco. Nesse sentido, pondera-se que a área é melhor classificada como *variante interna* do que área de exceção.

Para finalizar a discussão a respeito das áreas de exceção, decidiu-se incluir as planícies salineiras (SUDENE, 1989) que ocorrem sob o clima semiárido no litoral setentrional do Nordeste, onde os rios estão em vales estruturados em falhas geológicas que afetam a Bacia Potiguar (COSTA et al, 2020). Nesse contexto, a influência da salinidade marinha é tal que a vegetação ribeirinha é dominada pelas espécies de mangue, variando inclusive conforme o teor de salinidade (COSTA; ROCHA; CESTARO, 2014). A presença do manguezal configura, portanto, uma área de exceção, ainda que de tamanho pouco expressivo no contexto do Domínio das Caatingas.

Para além dos limites do Domínio das Caatingas, áreas de formações secas ocorrem com menor expressão. A principal delas é o Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais. Trata-se de uma região com precipitação inferior a 1000 mm/ano, índice de aridez inferior a 0,5 e CV>10%, apresentando várias ocorrências de plantas endêmicas da Caatinga.

4. Variações internas

Agora que foram examinadas as áreas de discordância entre os mapas, vamos buscar explicações para as variações do mapa de CV que reflitam diferenças internas na Caatinga.

O primeiro caso a ser observado é a extensa faixa de CV 10-15% entre Feira de Santana e Monte Santo. Abrange principalmente a bacia do rio Paraguaçu e, em menor caso, a bacia do Itapicurú. A distribuição da precipitação ao longo do ano parece responder por esse padrão. Nessa região, as chuvas não estão concentradas em poucos meses, como acontece nas áreas mais secas do Semiárido Brasileiro. Observando a quadra chuvosa (Cf. apêndice C), percebe-se que ela responde por menos que 40% da pluviosidade anual (Figura 5). Nesse sentido, é possível aventar a possibilidade de uma resposta fenológica distinta em função da melhor distribuição das chuvas.

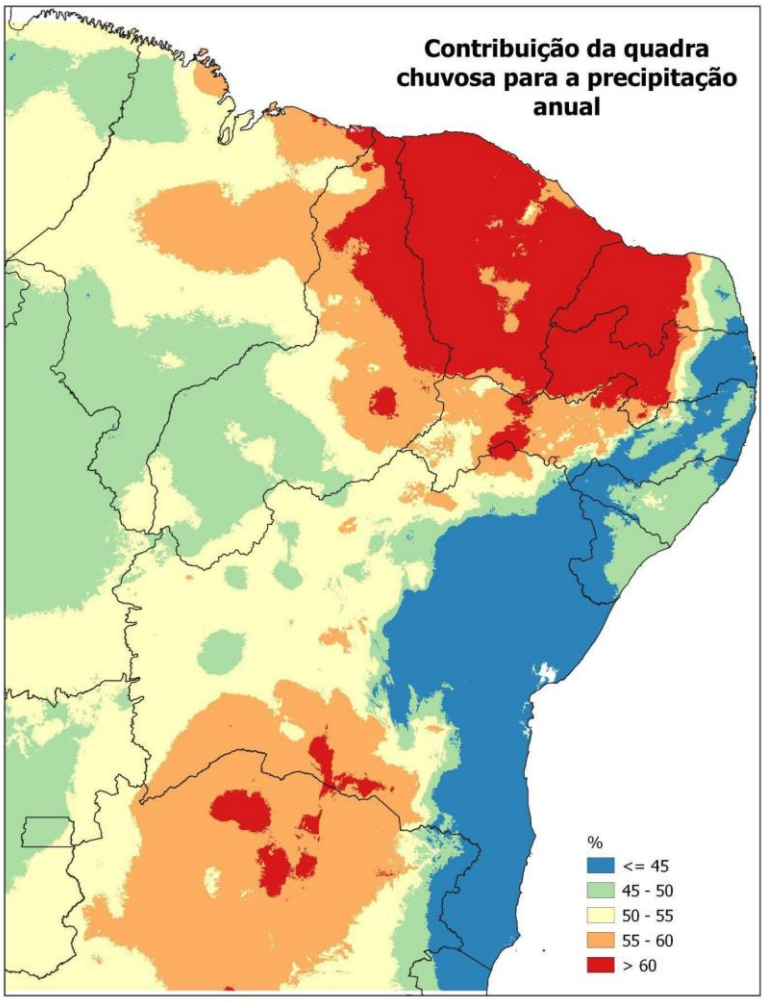


Figura 5 - Contribuição da quadra chuvosa para a precipitação anual.
Fonte: os autores.

Queiroz et al. (2017) destacam variações florísticas no Domínio das Caatingas nos seguintes contextos: embasamento rochoso cristalino (Caatinga do cristalino), em ambientes de rochas sedimentares, especialmente as de natureza arenosa (Caatinga de áreas sedimentares) e dentro destes dois contextos existem ainda ambientes especiais, estes relacionados a altitudes diferenciadas, ambientes aquáticos, ambientes cársticos, dunas e afloramentos rochosos.

A Caatinga do cristalino está presente principalmente na Depressão Sertaneja, em ambientes de rochas ígneas e metamórficas e se apresenta como caatinga decídua com espinhos, onde predominam árvores e arbustos pequenos, em solos pouco profundos e pedregosos. Predominam nestes ambientes as espécies não lenhosas, exceções podem ser encontradas ao longo dos canais dos principais rios, devido ao fato de serem os ambientes de deposição dos

sedimentos que permitem a formação de solos mais profundos, conjuntamente com maior oferta hídrica (QUEIROZ et al., 2017).

No tocante aos ambientes aquáticos, poucos são os exemplares para o semiárido brasileiro, com predomínio de rios intermitentes, o Rio São Francisco e o Rio Parnaíba são os principais núcleos da flora aquática da Caatinga, que compreende um total de cerca de 227 espécies de plantas, distribuídas em 136 gêneros e 54 famílias (BFG, 2015).

A Caatinga de áreas sedimentares arenosas por sua vez está associada aos ambientes de bacias sedimentares, e é reconhecidamente associada a uma unidade florística distinta daquela encontrada na Caatinga do cristalino. Nos ambientes de dunas continentais alguns ciclos da vegetação, como a floração e a perda de folhas, não são tão fortemente controlados pelas distribuições das precipitações ao longo do ano, estes ambientes de dunas do Rio São Francisco se destacam pelo alto número de espécies endêmicas (ROCHA; QUEIROZ; PIRANI, 2004).

Percebe-se ainda que enquanto os solos pedregosos predominam nos ambientes cristalinos, no contexto da Caatinga sedimentar arenosa predominam os solos arenosos mais profundos, o que resulta no desenvolvimento de diferentes espécies da flora da Caatinga.

Em ambientes de relevo cárstico, por sua vez, os solos diferenciados e o maior abastecimento de água permitem o desenvolvimento da chamada Caatinga arbórea, composta por árvores maiores com fisionomias florestais, destaca-se entre estes ambientes a Chapada Diamantina e a porção meridional da Caatinga no estado de Minas Gerais (QUEIROZ et al., 2017).

6. Perspectiva para a Cartografia das Paisagens

Considerando as diferenças discutidas ao longo deste trabalho, é possível esboçar uma tipologia das paisagens do Domínio das Caatingas. Quatro grupos principais possuem destaque: Áreas nativas (*core*), Áreas de exceção, Transições e Variantes locais (Figura 6).

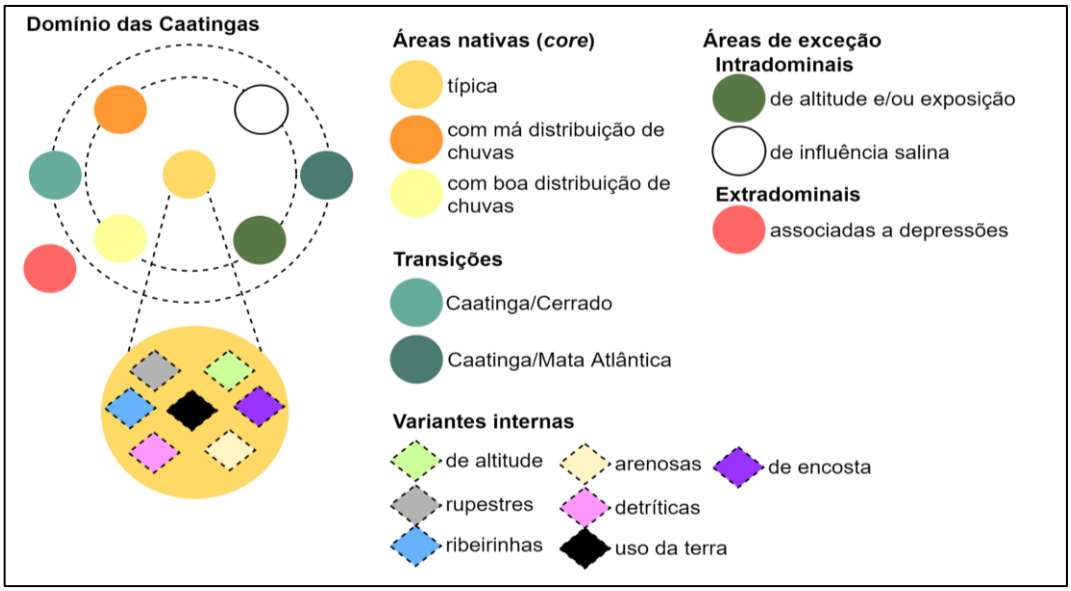


Figura 6 - Esboço das principais diferenças observadas na Caatinga.
Fonte: os autores.

As Áreas Nativas são aquelas definidas pelo clima semiárido (índice de aridez entre 0,2 e 0,5), dominadas por caatingas.

Áreas de exceção variam conforme a sua ocorrência em intradominais e extradominais. No primeiro caso, as áreas ocorrem no interior do Domínio das Caatingas, estando associadas principalmente ao efeito orográfico de altitude e/ou exposição sobre o clima, que varia entre subúmido seco a úmido. Além destas, cabe mencionar as áreas de influência salina (planícies salineiras). No segundo caso, espécies da caatinga ocorrem em contexto de forte estacionalidade fora do seu Domínio, geralmente associadas a depressões no terreno, que afetam o clima, reduzindo o aporte de precipitação.

Faixas de transição podem ser classificadas em função do domínio florístico para o qual transitam: Caatinga/Cerrado ou Caatinga/Mata Atlântica. Nessas áreas, é comum a ocorrência de manchas com forte estacionalidade em contexto climático também transitório, de aumento gradual da precipitação.

Por fim, as Variantes internas manifestam mudanças principalmente na estrutura, fenologia ou, quando muito, variações florísticas, mas dentro do espectro das Caatingas. Essas áreas diferenciam-se em função de fatores diversos, tais como: proximidade de corpos d'água (ainda que intermitentes), excesso de pedregosidade, excesso de areia, afloramentos rochosos, relevo íngreme, altitude e uso da terra.

7. Considerações finais

A leitura comparada dos mapas evidenciou a ausência de consenso principalmente relacionada aos limites ocidentais do Domínio e a consideração das áreas de exceção como parte da Caatinga. Algumas dessas diferenças surgiram em função da natureza das propostas e da preocupação com a precisão cartográfica.

A utilização do coeficiente de variação da vegetação apresentou boa correlação visual com as áreas de exceção e com os limites da Caatinga propostos principalmente pelo IBGE, além de evidenciar variações internas. Ademais, há uma provável correlação da resposta fenológica com a variabilidade intra-anual da precipitação, sobretudo em relação a sua concentração ou distribuição. Uma carta das paisagens do semiárido brasileiro que considera o conjunto dessas variações ainda está para ser construída.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento do projeto 437004/2018-0.

Referências

AB'SABER, A.N. **Domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** São Paulo: Ateliê Editorial. 4ed. 2007.

AB'SABER, A.N. Ecossistemas continentais. **Relatório da Qualidade do Meio Ambiente.** Brasília, 1984.

AB'SABER, A.N. Nordeste sertanejo: a região semiárida mais povoada do mundo. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v.13, n.36, p. 7-59, 1999.

BFG – The Brazil Flora Group. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, 66, p. 1085–1113. 2015.

BRAZ, A. M.; OLIVEIRA, I. J. de; CAVALCANTI, L. C. de S.; ALMEIDA, A. C. de; CHÁVEZ, E. S. ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (CLUSTER) PARA TIPOLOGIA DE PAISAGENS. **Mercator**, Fortaleza, v.19, e19011, 2020. ISSN: 1984-2201

CASTILLO-RODRÍGUEZ, M.; LÓPEZ-BLANCO, J.; MUÑOZ-SALINAS, E. A geomorphologic GIS-multivariate analysis approach to delineate environmental units, a case study of La Malinche volcano (central México). **Applied Geography**, 30, p. 629-638, 2010. DOI: 10.1016/j.apgeog.2010.01.003

CORRÊA, A.C.B. História geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, NE do Brasil: a perspectiva da etchplanação. **Revista de Geografia**, Recife, v. 20, n. 1, p. 16-24, 2003.

CORRÊA, A. C. B. **Mapeamento geomorfológico de detalhe do maciço da Serra da Baixa Verde, Pernambuco: estudo da relação entre a compartimentação geomorfológica e a distribuição dos sistemas geoambientais.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Recife. 1997.

COSTA, D.F.S.; ROCHA, R.M; CESTARO, L.A. Análise Fitoecológica e Zonação de Manguezal em Estuário Hipersalino. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 119-126, jan./abr. 2014.

COSTA, L.R.F.; MAIA, R.P.; BARRETO, L.L.; SALES, V.C.C. Geomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro: uma proposta de classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** v.21. n1. 2020. p.185-208.

DEXTER, K.G. et al. Inserting Tropical Dry Forests Into the Discussion on Biome Transitions in the Tropics. **Frontiers in Ecology and Evolution.** 2018.

DIDAN, K.. 2015. MOD13Q1 MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m SIN Grid V006. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD13Q1.006

ERIKSTAD, L.; UTTAKLEIV L. A.; HALVORSEN, R. Characterisation and mapping of landscape types, a case study from Norway. **Belgeo**, 3, 2015. DOI: 10.4000/belgeo.17412

FERNANDES, M.; CARDOSO, D. QUEIROZ, L.P. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. **Journal of Arid Environments.** v.174, March 2020.

FICK, S.E.; HIJMANS, R.J. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology** 37 (12). 2017. p.4302-4315.

FREIRE, L. M. **Paisagens de Exceção: problemas ambientais no município de Mulungu, Serra de Baturité – Ceará.** 2007. 134f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado do Ceará, Fortaleza, 2007.

GBIF.org (13 October 2021) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.kjdhwx

GOIS, L. S. de S.; MONTEIRO, K. de A.; SANTOS, J. E. B. dos.; FALCÃO, A. de M. UMA REVISÃO DOS BREJOS DE ALTITUDE DO NE DO BRASIL. In: PINHEIRO, L. de S.; GORAYEB, A. (Org.). **Geografia Física e as Mudanças Globais**. 1 ed. Fortaleza: Editora UFC, 2019. IBSN: 978-85-7282-778-2

GORELICK, N., HANCHER, M., DIXON, M., ILYUSHCHENKO, S., THAU, D., & MOORE, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário Geológico-Geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 652 p.

GURGEL, S.P.P. **Evolução Morfotectônica do Maciço Estrutural Pereiro, Província Borborema.** Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2012.

IBGE. **Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000.** Rio de Janeiro: IBGE. 2019. 164p.

ISACHENKO, A.G. **Principles of Landscape Science and Physical Geographic Regionalization.** Melbourne. 1973. 311p.

KHOROSHEV, A.V. **Organização multiescalar da paisagem geográfica.** LITRES. 2018. 412p. (em russo).

KING, L.C.A geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147-265, 1956.

LINARES-PALOMINO, R. OLIVEIRA-FILHO, A.T.; PENNINGTON, T. Neotropical Seasonally Dry Forests: Diversity, Endemism, and Biogeography of Woody Plants. In: DIRZO, R. et al. (eds.) **Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation.** 2011. p.3-21.

MEDEIROS, J. F. de.; CESTARO, L. A.; AS DIFERENTES ABORDAGENS UTILIZADAS PARA DEFINIR BREJOS DE LATITUDE, ÁREAS DE EXCEÇÃO DO NORDESTE BRASILEIRO. **Sociedade e Território** – Natal. Vol. 31, N. 2, p. 97-119, Jul./Dez. de 2019. ISSN: 2177-8396

OLSON,D.M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E.D.; BURGESS, N.D. et al. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth: A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. **BioScience,** Volume 51, Issue 11, November 2001, p.933–938,

PRATES, M.; GATTO, L.C.S.; COSTA, M.I.P. Geomorfologia. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro, 1981. p. 301-348.

QGIS.org, 2021. **QGIS Geographic Information System.** QGIS Association. http://www.qgis.org

QI J., KERR Y., CHEHBOUNI, A., 1994. External factor consideration in vegetation index development. **Proc. of Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing**, ISPRS, 723-730.

QUEIROZ, L. P. de.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M. F.; MORO, M. F.; Diversity and Evolution of Flowering Plants of the Caatinga Domain. In: SILVA, J. M. C. da.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (org.). **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America.** Editora Springer. 482 p, 2017.

ROCHA, P. L. B.; QUEIROZ, L. P.; PIRANI, J. R. Plant species and habitat structure in a sand dune field in the Brazilian Caatinga: a homogeneous habitat harbouring an endemic biota. **Rev Bras Bot.** 27, (4): p, 739–755. 2004.

SOTO, S.; PINTÓ, J. Delineation of natural landscape units for Puerto Rico. **Applied Geography,** 30, p. 720-730, 2010. DOI: 0.1016/j.apgeog.2010.01.010

VANTEEVA, Y. V.; RASPUTINA, E. A.; SOLODYANKINA, S. B. Geoinformation mapping of lanscape on the example of the Primorskiy Ridge (Baikal region), **Geodesy and Cartography**, Vol. 80, N. 12, p. 20-30, 2019. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-954-12-26-36

Apêndice A - Densidade de Endemismos

Para avaliar a densidade de endemismos, inicialmente foi realizado download, (por meio de script do R) das espécies listadas no checklist de Fernandes, Cardoso e Queiroz (2020). Foram obtidas 38.136 ocorrências do Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2021). Considerou-se apenas espécies marcadas como "Preserved Specimen" e possuindo coordenadas. Após o download e pré-tratamento, o arquivo foi importado para o QGIS (2021) para geração de um mapa de calor com raio de 1°.

Apêndice B - Coeficiente de Variação

Para realização do mapa de coeficiente de variação da vegetação foram utilizadas imagens do sensor MODIS, produto MOD13Q1 (DIDAN, 2015). Inicialmente determinou-se a mediana mensal para as bandas 1 e 2 para o período 2001-2020. Em seguida, calculou-se a segunda versão do índice de vegetação ajustado ao solo melhorado (MSAVI2) (QI et al, 1994). Esse índice foi escolhido por constituir um aprimoramento do SAVI pela substituição do fator de ajuste arbitrário. Esses procedimentos foram realizados na plataforma *Google Earth Engine* (GORELICK et al, 2017). Com o MSAVI2 mensal, foi calculado o coeficiente de variação (CV). A escolha dos intervalos de CV baseou-se no fatiamento do histograma pelo método do Quartil. Os valores foram arredondados para cima. As estatísticas de séries foram calculadas no QGIS.

Para avaliar a altitude predominante em cada fragmento vegetacional, as classes do coeficiente de variação <5% e 5-10% foram vetorizadas. Em seguida foi calculada a mediana da altitude para cada fragmento. Ao redigir os comentários, utilizou-se a toponímia das cartas topográficas disponíveis no Banco de Dados Geográficos do Exército (disponível em: https://bdgex.eb.mil.br/bdgexapp/mobile/).

Apêndice C - Contribuição da Quadra Chuvosa

A contribuição da quadra chuvosa no total da precipitação anual, foi obtida pela fórmula "BIO16*100/BIO12", onde BIO12 é a precipitação anual e BIO16, a precipitação da quadra chuvosa. Utilizou-se a calculadora raster do QGIS e as variáveis do WorldClim (FICK; HIJMANS, 2017).

Estudo paleoambiental no semiárido baiano através de isótopos de carbono e micromorfologia do solo

Beatriz Hanna dos Santos Oliveira
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Senhor do Bonfim – BA
beatriz.hanna@hotmail.com

Daniel Vieira de Sousa
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Senhor do Bonfim – BA
daniel.vsousa@univasf.edu.br

Márcio Lima Rios
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Senhor do Bonfim – BA
marciogeog@gmail.com

Alex Cherkinsky
University of Georgia, Athens – Georgia, USA
acherkin@uga.edu

Resumo
No Brasil, os estudos paleoambientais tiveram grandes avanços nas últimas duas décadas, porém poucos foram desenvolvidos no semiárido nordestino. Assim, visando contribuir para o conhecimento sobre as mudanças paleoambientais quaternárias ocorridas no semiárido baiano, este estudo utiliza técnicas de isótopos de carbono ($\delta^{13}C$) e a caracterização física, química e micromorfologia do solo em um perfil de solo na Bacia do rio Salitre no município de Campo Formoso (BA). O perfil de solo amostrado localiza-se em compartimento de relevo denominado platô carbonático. Os dados isotópicos da matéria orgânica do solo indicam que não houve mudanças significativas na vegetação, evidenciando a presença de uma vegetação menos densa de plantas C_3. A existência feições características de latossolos, tais como como runiquartzos, microestruturas granulares, nódulos ferruginosos e a baixa relação de silte/argila é interpretada como evidência de uma fase climática úmida, sob atividade biológica mais intensa e maior intemperismo. Entretanto, estas feições podem ser de origem alóctone, estando relacionadas a erosão dos latossolos que são encontrados na parte mais elevada da paisagem. As análises micromorfológicas evidenciaram feições de oxirredução de ferro, encontradas e que seguramente são pedorelíquias de uma fase climática mais úmida. A alta de atividade de argila (Ta), relacionada a neoformação de argilominerais 2:1 e os poucos nódulos de carbonato secundários sugerem o recente estabelecimento das condições semiáridas na área da bacia.

Palavras-Chave: Caatinga; Micromorfologia do solo; Mudanças paleoambientais; Pedorrelíquias; Quaternário.

1. Introdução

Os isótopos estáveis de carbono têm se demonstrado uma ferramenta bastante útil na reconstituição de paleovegetações e inferências paleoclimáticas. Através da análise da composição isotópica ($\delta^{13}C$) da matéria orgânica do solo (MOS), é possível determinar qual a origem dessa MOS, como sendo plantas C_3, C_4 ou mistura de ambas vegetações (BOUTTON *et al.*, 1993; GOUVEIA *et al.*, 1999). A reconstituição de paleoambientes também têm se tornado

possível através da aplicação da micromorfologia de solos e/ou de sedimentos. A análise micromorfológica permite aprimorar a observação da morfologia do solo e inferir possíveis processos responsáveis pela sua formação (PORTA; LÓPEZ-ACEVEDO; ROQUERO, 2003), bem como, obter informações importantes sobre as condições ambientais (BULLOCK *et al.*, 1985).

Embora nas últimas décadas tenham sido publicados diversos estudos paleoclimáticos no semiárido brasileiro (WANG *et al.*, 2004; CRUZ *et al.*, 2009; STRÍKIS *et al.*, 2018; WENDT *et al.*, 2019; UTIDA *et al.*, 2020), a região nordeste apresenta uma carência de estudos paleoambientais quando comparado com outras regiões do Brasil. O bioma Caatinga, inserido no contexto climático do semiárido, é o ecossistema menos conhecido na literatura em termos de evolução vegetacional e climática (DE MEDEIROS *et al.*, 2018). Desta forma, visando contribuir para o aumento do conhecimento sobre os paleoambientes da região, o presente estudo analisa as mudanças paleoambientais quaternárias ocorridas no semiárido baiano, no município de Campo Formoso, tendo como objetivos específicos: i) Caracterizar o solo quanto aos seus atributos químicos e físicos; ii) Determinar a composição isotópica ($\delta^{13}C$) da matéria orgânica do solo (MOS), visando verificar eventuais mudanças de vegetação e clima no passado; iii) Identificar os processos pedogenéticos atuantes durante a formação do solo através da análise micromorfológica, a fim de relacionar com eventos paleoclimáticos.

2. Metodologia

O perfil de solo estudado está localizado no povoado de Lagoa Branca, município de Campo Formoso, no centro-norte do estado da Bahia, entre as coordenadas 10° 15' 5.96" S e 40° 44' 55.27" W a 530 m de altitude. O local fica situado no médio curso da Bacia Hidrográfica do Rio Salitre, uma sub-bacia do Rio São Francisco (Figura 1). O clima da bacia do Rio Salitre é do tipo BSh, ou seja, semiárido quente, segundo a classificação de Köppen-Geiger (EMBRAPA, 2021). A precipitação média total anual varia em torno de 300 a 600 mm (BAHIA, 2017), enquanto que a temperatura média mensal varia entre os valores de 17,1ºC a 28,2ºC (MEDEIROS; GONÇALVES, 2003).

A área de coleta encontra-se sobre a litologia da Formação Caatinga, composta por brecha calcífera e calcrete. A região de estudo apresenta um relevo plano com feições escarpadas nas bordas do platô carbonático e uma porção central rebaixada (fundo de vale) de topografia plana (Figura 1) com caimento em direção ao leito do rio Salitre (BAHIA, 2017). A

variação de altitude do fundo de vale até a borda do platô carbonático está entre 460 m e 530 m (RIOS; CARVALHO; OLIVEIRA, 2020).

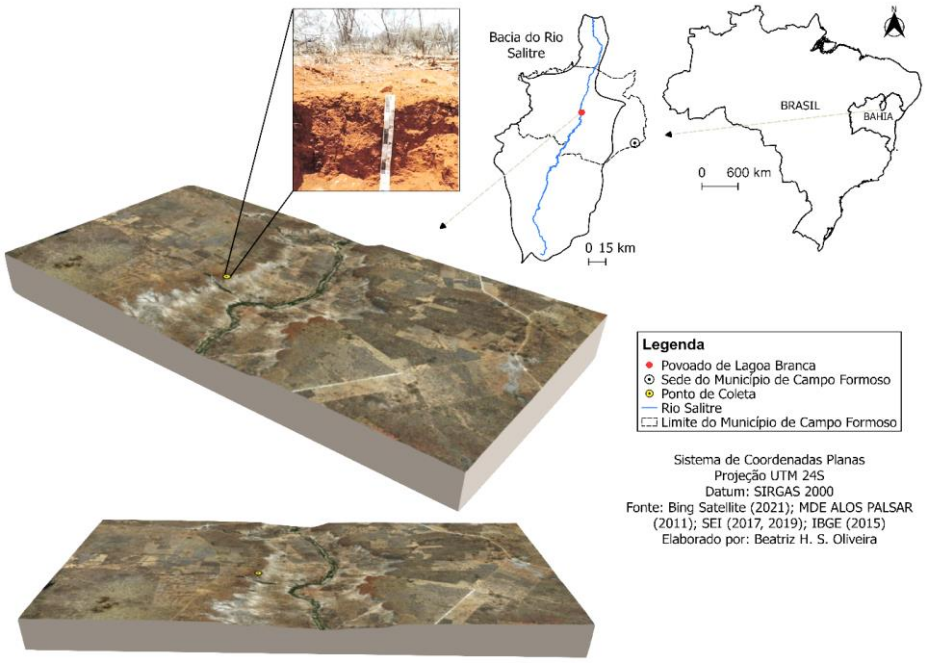


Figura 1: Modelo 3D da área de coleta na Bacia Hidrográfica do Rio Salitre, obtido a partir do geoprocessamento de modelo digital de elevação (MDE) do ALOS PALSAR e imagens de satélite do Bing Maps, no software QGIS 3.16.4 'Hannover'.
Fonte: Autoria própria.

O solo amostrado localiza-se próximo a borda do platô carbonático sob vegetação natural (porém com um expressivo estágio de degradação) do tipo caatinga hiperxerófila arbórea-arbustiva (Figura 1). No local de amostragem foi aberto uma trincheira com 60 cm de profundidade. As amostras foram descritas e coletadas conforme Santos *et al.* (2015) para análises física e química de rotina. A caracterização física e química do solo foi realizada segundo Donagema *et al.* (2011).

Para a determinação da composição isotópica ($\delta^{13}C$) da matéria orgânica do solo (MOS), foram coletadas seis amostras com cerca de 100 g de solo em diferentes profundidades. As amostras foram tratadas com HCl a 0,5 mol/L^{-1} para remoção dos carbonatos e posteriormente encaminhadas ao *Center for Applied Isotope Studies* (CAIS) da Universidade da Geórgia, nos Estados Unidos. As amostras foram analisadas separadamente por Espectrometria de Massa com Aceleradores (AMS) e expressas como $\delta^{13}C$ em relação ao padrão Pee Dee Belemnite (PDB), com erro inferior à 0,1‰. Para a análise micromorfológica do solo foi coletada uma amostra indeformada entre 45 e 55 cm de profundidade. A confecção e descrição da lâmina delgada foi realizada de acordo com Bullock *et al*. (1985) e Stoops (2003).

3. Resultados e Discussões

3.1 Caracterização do solo

O perfil de solo foi classificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SANTOS *et al.*, 2018), como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico, léptico, de textura argilo-arenosa com atividade da argila moderadamente alta (Tmoa), fase caatinga hiperxerófila (Quadro 1). Entretanto, como não foi feito a análise de carbonato equivalente, assumimos que ele pode ter o caráter hipocarbonático, como aponta Rios, Carvalho e Oliveira (2020) para solos da região.

Quadro 1: Características morfológicas do perfil estudado.

Horizonte	Profundidade (cm)	Descrição morfológica
Ha	0-5	Horizonte A Fraco; Cor úmida (2,5YR 3/3); Cor seca (2,5YR 4/6); Textura média; Estrutura granular média a pequena com blocos subangulares, dura, friável e ligeiramente plástica e pegajosa; Transição gradual difusa; Erosão laminar forte; Presença de raízes e canais biológicos.
Bi1	5-15	Cor úmida (2,5YR 3/6); Cor seca (2,5YR 4/8); Textura média; Estrutura em blocos subangulares média, dura, friável e ligeiramente plástica e pegajosa; Transição gradual difusa; Presença de raízes centimétricas a capilares.
Bi2	15-60	Cor úmida (2,5YR 3/6); Cor seca (2,5YR 4/8); Textura média; Estrutura em blocos subangulares média a grande, dura, friável e ligeiramente plástica e pegajosa, há em menor grau estruturas microgranulares; Presença de canais biológicos de formigas.
R	60+	Contato lítico com rochas fragmentadas da Formação Caatinga.

Fonte: Autoria própria.

A fração de areia teve a maior representatividade granulométrica no perfil, com valores que variam entre 0,508 a 0,550 kg/kg^{-1}. O horizonte Bi1 apresentou o maior teor de areia grossa 0,402 kg/kg^{-1}, e o horizonte A apresentou o menor teor, com 0,346 kg/kg^{-1} (Tabela 1). O solo apresenta pouca variação no teor de argila, com o maior teor, sendo encontrado no horizonte Bi2 (0,403 kg/kg-1) e o menor no horizonte A (0,366 kg/kg^{-1}). A fração silte possui os valores mais baixos (0,059 a 0,125 kg/kg^{-1}) dentre as demais frações analisadas, com o menor teor observado no horizonte Bi1. O solo possui relação silte/argila muito baixa, com valores de 0,34 no horizonte A e 0,15 e 0,23 nos horizontes Bi1 e Bi2 respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1: Características físicas do perfil de solo estudado.

Hor.	Prof. (cm)	Areia		Areia Total	Silte	Argila	Silte/Argila	Textura
		Grossa	Fina					
		------kg/kg^{-1}------			-------kg/kg^{-1}-----			
A	0-5	0,346	0,162	0,508	0,125	0,366	0,34	Argilo-Arenosa
Bi1	5-15	0,402	0,148	0,550	0,059	0,391	0,15	Argilo-Arenosa
Bi2	15-60	0,363	0,139	0,502	0,096	0,403	0,23	Argilo-Arenosa

Fonte: Autoria própria.

O solo apresentou valores de pH em água maior do que pH em KCl, evidenciando o predomínio de cargas negativas. Entretanto, os baixos valores de P-rem indicam uma importante participação de óxidos de Fe na composição mineralógica do solo, possivelmente composto de Hematita e Goethita. Os maiores valores foram observados nos horizontes Bi1 e Bi2 (24,6 e 29,6 mg/L) (Tabela 2).

A acidez potencial ($H^+ + Al^{+3}$) apresentou valores considerados muito baixos entre 0,5 a 0,8 $cmol_c/dm^3$, assim como os teores de fósforo disponível (0,4 a 3,7 mg/dm^3). Os elevados teores de potássio nos horizontes A e Bi1 (295 e 157mg/dm^3) sugerem a presença de minerais primários facilmente intemperizáveis (MPFI), que possuem potássio em sua estrutura. Sobral *et al.*, (2015) menciona que a existência destes minerais é comum em solos de regiões secas. Além disso, observou-se uma redução significativa nos teores de K conforme à profundidade. Os valores de alumínio (Al^{+3}), sódio (Na), saturação por alumínio (m) e índice de saturação por sódio (ISNa) foram nulos para todos os horizontes (Tabela 2).

A alta atividade da fração argila (Bi1, 33,73 $cmol_c/kg^{-1}$, e Bi2, 32,55 $cmol_c/kg^{-1}$) aponta para presença de argilominerais do tipo 2:1, possivelmente do grupo das esmectitas, que são comuns em ambientes semiáridos. O teor de matéria orgânica do solo é baixo para o horizonte A, condizente com o horizonte A fraco, com um valor de 1,98 dag/kg^{-1} (Tabela 2).

Tabela 2: Características químicas do perfil de solo estudado.

Hor.	pH	pH	P	K	Na	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Al^{3+}
	H_2O	KCl	----------mg/dm^3----------			----------cmol$_c$/dm^3----------			

A	6,75	6,04	3,7	295	0,00	11,63	1,56	0,76	0,00
Bi1	6,78	5,95	3,2	157	0,00	10,53	1,56	0,40	0,00
Bi2	6,54	5,60	0,4	43	0,00	10,80	1,41	0,11	0,00

Hor.	$H^+ + Al^{3+}$	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-rem
	----------$cmol_c/dm^3$----------				----------%		----------	dag/kg^{-1}	mg/L
A	0,5	13,95	13,95	14,45	96,5	0,0	0,00	1,98	19,3
Bi1	0,7	12,49	12,49	13,19	94,7	0,0	0,00	0,92	24,6
Bi2	0,8	12,32	12,32	13,12	93,9	0,0	0,00	0,53	29,6

Fonte: Autoria própria.

3.2 Composição isotópica da matéria orgânica do solo (MOS)

Os resultados isotópicos ($\delta^{13}C$) são bastantes similares, evidenciando a decomposição de matéria orgânica de plantas com ciclo fotossintético C_3. As amostras superficiais apresentaram valores mais empobrecidos, enquanto as mais profundas mostraram valores mais enriquecidos (Figura 2). Os valores de $\delta^{13}C$ variaram de -23,88‰ em 56-57 cm a -23,87‰ no intervalo de 21-22 cm, a partir deste intervalo até a superfície a matéria orgânica do solo mostra um empobrecimento de ^{13}C, atingindo um valor -24,42‰. O enriquecimento isotópico em relação à profundidade do solo de 0-1 cm (-24,42‰) a 56-57 cm (-23,88‰), pode estar relacionado a um leve fracionamento isotópico ocorrido durante o processo de decomposição microbiana da MOS (WANG *et al.*, 2017).

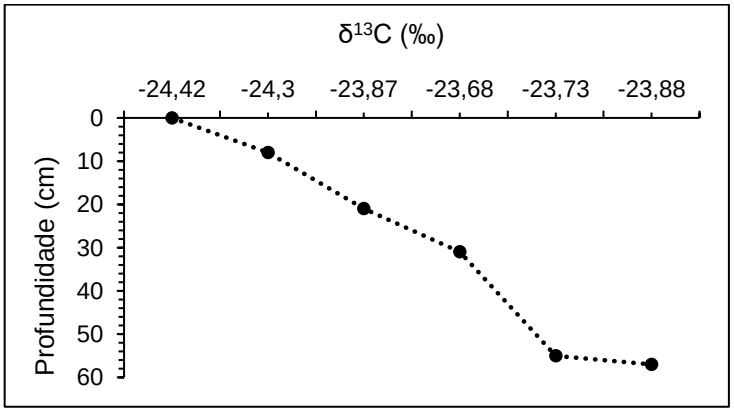


Figura 2: Variação dos valores de $\delta^{13}C$ da MOS em relação a profundidade do solo.
Fonte: Autoria própria.

O enriquecimento de ^{13}C foi de 0,54‰, sugere a estabilidade da cobertura vegetal. Possivelmente esta estabilidade da vegetação ocorre desde o Holoceno médio, mas a ausência de datação não nos possibilita fazer nenhuma conclusão sobre este aspecto. Os resultados do presente estudo estabelecem uma correlação com dados de Xavier (2012) no município de Jaguarari – BA e Pessenda *et al.* (2008) no arquipélago de Fernando de Noronha, onde não verificaram mudanças significativas na cobertura vegetal durante o Holoceno.

3.2 Micromorfologia do solo

A matriz do solo é caracterizada por distribuição relativa de partículas porfírica constituída predominantemente por microestruturas em blocos subangulares (Figura 3, A), também ocorrendo microestrutura granular em menor quantidade (Figura 3, B). As microestruturas em blocos subangulares são formadas por um processo intenso de fissuração do fundo matricial, provocada pela expansão e contração do solo durante ciclos alternados de umedecimento e secagem (RINGROSE-VOASE, 1991). Com relação às microestruturas granulares, quanto a sua origem em horizontes superficiais, tem relação a atividade da biológica e ao acúmulo de matéria orgânica. Entretanto em horizontes subsuperficiais pode estar relacionada ao fraturamento do solo compactado, devido à alternância de ciclos de umedecimento e secagem, ou pelas interações entre a caulinita e os óxidos de Fe sob condições de alta lixiviação, condições inerentes a formação de Latossolos (MARCELINO; STOOPS; SCHAEFER, 2010)**.** Entretanto, Schaefer (2001) menciona que a interação entre caulinita e óxidos de Fe por si só não podem ser responsáveis pela origem das microestruturas granulares em horizontes subsuperficiais, e atribui a formação desses agregados à intensa atividade de cupins e/ou formigas ao longo prazo.

Na lâmina de micromorfologia coletada no horizonte Bi2 entre 45 e 55 cm de profundidade, foram encontradas algumas feições pedológicas de excrementos granulares não coalescidos e poucos coalescidos, possivelmente de cupins, associados a fragmentos de raízes em diferentes estágios de decomposição (Figura 3, C). A porosidade entre as microestruturas granulares se expressa em forma de canais e câmaras, originados pela atividade da fauna e vegetação, atestada pela presença de excrementos e fragmentos de raízes (Figura 3, C) (RINGROSE-VOASE, 1991). A ação da atividade biológica (canais de formigas e raízes) também foi observada na descrição morfológica realizada no campo. Apesar de o horizonte Bi2 possuir feições originadas da atividade biológica, temos a hipótese de que a presença destas

microestruturas granulares, no horizonte subsuperficial não é originada da atividade biológica recente, sendo interpretadas como pedorelíquias ou pedosedimentos, originados em períodos de maior umidade. Entretanto, novas pesquisas devem ser feitas para confirmar esta hipótese. Estas pedorelíquias podem ser provenientes de eventos erosivos que ocorreram nos latossolos situados nas partes mais elevadas da paisagem.

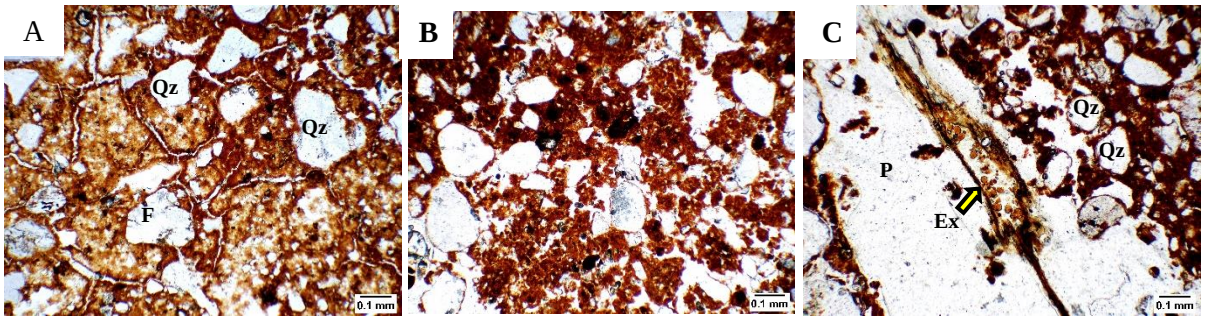


Figura 3: Fotomicrografias da lâmina do horizonte Bi2. **A)** Microestrutura em blocos subangulares com porosidade em fissuras, sob PPL; **B)** Microestrutura Granular e distribuição relativa porfírica, sob PPL; **C)** Fragmento de raiz com excrementos em seu interior, sob PPL. Ex – Excrementos, F – Feldspato (Microclínio) P – Poro, Qz – Quartzo.
Fonte: Autoria própria.

A fração mineral grossa é composta por grãos de quartzos, runiquartzo, feldspatos, óxidos de Fe e alguns fragmentos de rocha (Figura 4). A fração grossa encontra-se imersa em uma matriz fina constituída por oxihidróxidos de ferro. Os grãos quartzo são fracamente selecionados quartzos apresentaram níveis de arredondamento variados. São arredondados, subarredondados e lisos (Figura 4, A), mas também foram encontrados quartzos subangulares e angulares. A presença de quartzos arredondados e subarredondados demostra que foram transportados. Adicionalmente, foram encontrados quartzos revestidos por óxidos de ferro, argila e com pontuações de manganês. Entre os grãos de quartzo, há presença de quartzos fraturados e impregnados com óxidos de Fe, denominados de "runiquartzo" (Figura 4, B). O runiquartzo é comumente encontrado em Latossolos e originado em condições de elevado intemperismo e altas concentração de óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio, típicos de climas quentes e úmidos (MARCELINO; STOOPS; SCHAEFER, 2010). A presença de 'runiquartzos' no solo estudado indica a ação de intemperismo intenso, mas estes runiquartzos podem não ter sido formado *in situ*, mas sim transportados, mas de toda forma atestam a presença de condições climáticas mais úmidas na bacia do Rio Salitre.

Através da luz polarizada cruzada (XPL) foi possível identificar a presença de feldspatos potássico microclínio (Figura 4, C). Os feldspatos encontrados apresentam um padrão de pouca alteração, com algumas fraturas e impregnação de óxidos de Fe. Estes minerais são relativamente resistentes ao intemperismo e caracterizam-se por exibir geminação em grade (SUGUIO, 2003), formando um padrão xadrez. O microclínio é um feldspato rico em potássio ($KAlSi_3O_8$), o que pode explicar os elevados teores de K verificado na análise de rotina (Tabela 2). A frequência muita baixa destes feldspatos potássicos na lâmina de micromorfologia, associados a baixa relação silte/argila (Tabela 1) e ao elevado desenvolvimento da pedalidade, indicam que este solo apresenta um grau de evolução considerável.

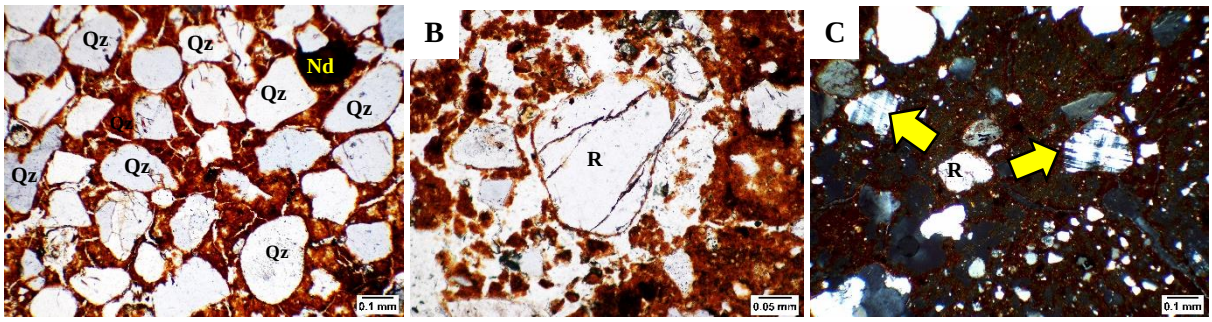


Figura 4: Fotomicrografias da lâmina do horizonte Bi2. **A)** Grãos de quartzos arredondados, subarredondados e liso, sob PPL; **B)** Runiquartzo com fissuras impregnadas de óxido de Fe (hematita); **C)** Grãos de feldspato (microclínio), sob XPL. Nd – Nódulo de Fe, P – Poro, R – Runiquartzo, Qz – Quartzo.
Fonte: Autoria própria.

Na fração grossa, identificou-se também nódulos de ferruginosos, mangânicos (Figura 5, A) típicos, nucleicos, geódicos, o que sugere a ocorrência do processo pedogênico de ferralitização (SANTOS, 2009), principal atuante na formação do Latossolos. Os nódulos órticos ferruginosos são de origem pedogenética, sendo formados *in situ*, desta forma, apresentando composição semelhante a matriz do solo. Enquanto os nódulos anórticos ferruginosos provavelmente foram formados em outro local e transportados (pedorelíquias) até a camada (BULLOCK *et al.*, 1985; STOOPS, 2003). Já os nódulos envolvendo grãos de quartzos e fragmentos de rocha (Figura 5, A) indicam remobilização do ferro (SILVA; CORRÊA, 2009). Além das feições pedológicas amorfas de nódulos ferruginosos, mangânicos são observados também alguns nódulos de Fe envolvendo de grãos de quartzos e fragmentos de rocha.

A micromassa composta por oxihidróxidos de Fe, apresenta coloração vermelha quando observada sob luz polarizada plana (PPL) e vermelho-amarela quando observada sob luz polarizada cruzada (XPL), possui também considerável birrefringência, predominando fábricas birrefringentes do tipo granoestriada, poroestriada e salpicada ao acaso, observadas pela

presença de cores vermelho-amarelo. As fábricas birrefringentes granoestriadas (Figura 5, B) e poroestriadas são resultados do rearranjamento da massa do solo em razão do aumento e diminuição durante ciclos de umedecimento e secagem (OLIVEIRA *et al.*, 2004), não devendo ser interpretado como características iluviais de argila (GUNAL; RANSOM, 2006).

Observa-se poucos nódulos carbonáticos na lâmina (Figura 5, C), o que pode explicar o caráter hipocarbonático classificado por Rios, Carvalho e Oliveira (2020) para os solos no platô da bacia do rio Salitre. Embora os nódulos existentes na lâmina não nos pareçam serem de origem pedogênica (Figura 5, C), a formação de carbonato de cálcio pedogênico é comum em solos de ambientes áridos e semiáridos (DURAND; MONGER; CANTI, 2010), uma vez que o carbonato dissolvido da rocha subjacente não é completamente removido (lixiviado), mas reprecipitado na parte inferior do perfil. Assim, podendo produzir horizontes cálcicos com nódulos de vários tamanhos, formas e quantidades ou horizontes endurecidos (petrocálcicos) (YAALON, 1997).

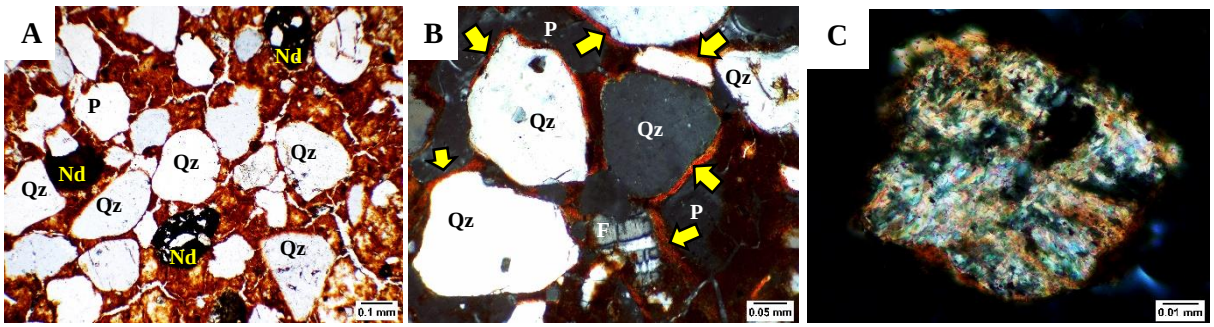


Figura 5: Fotomicrografias da lâmina do horizonte Bi2. **A)** Nódulos de Fe, sob PPL; **B)** Fábrica birrefringentes granoestriada, sob XPL; **C)** Nódulo de carbonato de cálcio, sob XPL. F – Feldspato, Nd – Nódulo de Fe, P – Poro, Qz – Quartzo.
Fonte: Autoria própria.

Foram encontrados preenchimentos densos contínuos e soltos descontínuos, os quais possuem estruturas microgranulares e grãos de quartzos (Figura 6, A). Em microestruturas em blocos foram são observadas algumas feições de oxirredução de Fe (Figura 6, B). Além de alguns poros circundados por *Hypocoatings* (Figura 6, C) formados pela redução, translocação e oxidação do ferro (VEPRASKAS; WILDING; DREES, 1993). Estas feições pedológicas observadas nas Figuras 6B e 6C, são originadas devido redução dos óxidos de ferro que, consequentemente, migraram para as bordas na região dos poros, onde foram oxidados gerando as feições de *Hypocoatings*, que estão muito associadas as microestruturas em blocos. Para que estes processos de oxirredução ocorram é necessária uma condição de saturação de água sob um regime climático diferente do atual. A proximidade com o substrato rochoso, que

seguramente auxiliou no desenvolvimento destas feições pedológicas, não desabona a interpretação de serem pedorelíquias originadas sob uma condição climática de maior umidade.

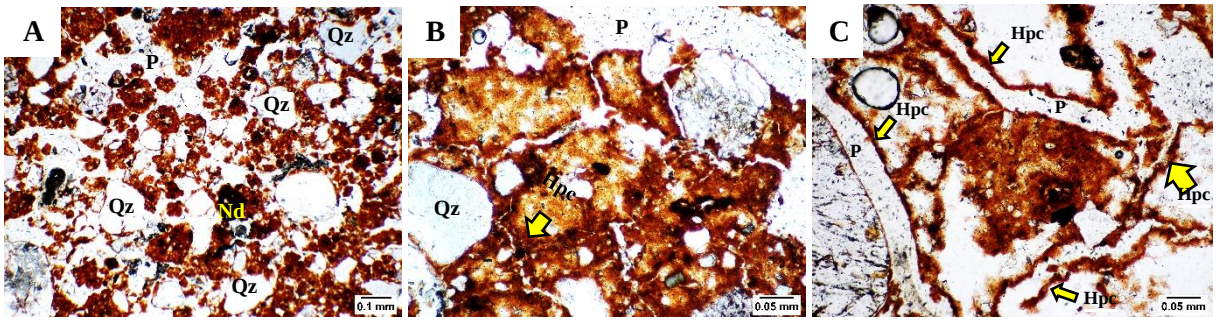


Figura 6: Fotomicrografias da lâmina do horizonte Bi2. **A)** Microestrutura Granular com preenchimento solto e descontínuo, sob PPL; **B)** Feições de oxirredução de Fe, sob PPL; **C)** *Hypocoatings* de ferro de depleção levando a formação de poros, sob PPL. Hpc – *Hypocoatings*, Nd – Nódulo de Fe, P – Poro, Qz – Quartzo.
Fonte: Autoria própria.

4. Considerações Finais

Este estudo mostra a estratigrafia isotópica do carbono e as características micromorfológicas de um Cambissolo na bacia hidrográfica do Rio Salitre, no município de Campo Formoso, Bahia. A composição isotópica da matéria orgânica do solo ($\delta^{13}C$) revela que fitofisionomia não foi significativamente modificada, possivelmente do Holoceno até os dias atuais. A análise micromorfológica mostra a influência das mudanças climáticas quaternárias na evolução do solo, evidenciando a transição de uma fase úmida para uma fase seca na bacia hidrográfica do Rio Salitre**.**

Se há alguma dúvida sobre a relação das microestruturas granulares, nódulos ferruginosos, runiquartzos e a baixa relação de silte/argila como evidências de uma fase climática de maior umidade. As feições de oxirredução de ferro seguramente são pedorelíquias de uma fase climática mais úmida. Sendo assim, é possível afirmar que este solo possui uma característica poligenética. A instalação das condições semiáridas atuais favoreceu os processos erosivos, a neoformação de minerais 2:1, conferindo a alta atividade da fração argila, e a formação de carbonatos secundários encontrados em solos da bacia do rio salitre. Entretanto, a ausência de datação impede a melhor contextualização em termos cronológicos sobre a ocorrência desses eventos.

Destaca-se que o presente estudo é o primeiro a empregar o método de isótopos estáveis de carbono associada à micromorfologia do solo em estudos sobre mudanças climáticas

quaternárias na região nordeste do Brasil. Este trabalho demonstra que a integração de ambas abordagens pode enriquecer o entendimento de mudanças paleoambientais quaternárias. Os resultados encontrados abrem novas perguntas e perspectivas para pesquisas futuras na bacia hidrográfica do Rio Salitre. Desta forma, reforça-se a importância da realização de novos estudos em outros solos situados em outras posições da paisagem para ampliação do conhecimento da dinâmica paleoambiental na área da bacia.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelo auxílio na pesquisa (432075/2018-6) e ao Dr. Diogo Noses Spinola, University of Alaska Fairbanks, Estados Unidos, pelas valorosas contribuições e comentários acerca das interpretações micromorfológicas.

Referências

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. Plano de recursos hídricos e proposta de enquadramento dos corpos de água da bacia hidrográfica do rio Salitre: síntese executiva/PF03. Salvador: **CBHS/SEMA/INEMA**, 2017. 244p.

BULLOCK, P. *et al.* Handbook for Soil Thin Section Description. Albrington. London: **Waine Research Publications**, 1985. 152p.

BOUTTON, T. W. *et al.* Stable carbon isotope ratios of soil organic matter and their potential use as indicators of palaeoclimate. **Isotope Techniques in the Study of Past and Current Environmental Changes in the Hydrosphere and the Atmosphere**. International Atomic Energy Agency. Proceedings Series, n. 329 pt 7, p. 445–459, 1993.

CRUZ, F. W. *et al.* Orbitally driven east-west antiphasing of South American precipitation. **Nat. Geosci**. 2, p. 210–214., 2009.

DE MEDEIROS, V. B. *et al.* New holocene pollen records from the Brazilian Caatinga. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 2011–2023, 2018.

DONAGEMA, G. K. *et al.* Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2011. 230p.

DURAND, N.; MONGER, H. C.; CANTI, M. G. Calcium Carbonate Features. *In:* STOOPS G.; MARCELINO, V.; MEES, F. (Ed.) **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths**. Amsterdam – Elsevier, 2010. cap. 9, p. 149-194.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Clima. Disponível em: https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm. Acesso em: 22 julho de 2021.

GOUVEIA, S. E. M. *et al.* Isótopos do carbono dos carvões e da matéria orgânica do solo em estudos de mudança de vegetação e clima no quaternário e da taxa de formação de solos do estado de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, n. 4, p. 968-980, 1999.

GUNAL, H.; RANSOM, M. D. Clay illuviation and calcium carbonate accumulation along a precipitation gradient in Kansas. **Catena**, v. 68, n. 1, p. 59–69, 2006.

MARCELINO, V.; STOOPS, G.; SCHAEFER, C. E. G. R. Oxic and Related Materials. *In:* STOOPS G.; MARCELINO, V.; MEES, F. (Ed.) **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths**. Amsterdam – Elsevier, 2010. cap. 14, p. 305-327.

MEDEIROS, Y. D. P.; GONÇALVES, M. S. (Coord.) Resumo Executivo do Relatório Final: Plano de Gerencialmente Integrado da Bacia do Rio Salitre. Universidade Federal da Bahia, 2003. 86p.

OLIVEIRA, L. B. *et al.* Mineralogia, micromorfologia e gênese de solos planossólicos do Sertão do Araripe, estado de Pernambuco. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 665-678, 2004.

PESSENDA, L. C. R. *et al*. Interdisciplinary paleovegetation study in the Fernando de Noronha Island (Pernambuco State), northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 80, n. 4, p. 677-691, 2008.

PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M.; ROQUERO, C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3 ed., **Ediciones Mundi-Prensa**, Madri, 2003. 960p.

RINGROSE-VOASE, A. J. Micromorphology of Soil Structure: Description, Quantification, Application. **Aust. J. Soil Res.**, n. 1964, p. 777–813, 1991.

RIOS, M. L.; CARVALHO, V. L. M.; OLIVEIRA, F. S. Solos Carbonáticos e a Desertificação no Médio Curso da Bacia do Rio Salitre, Bahia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 4, p. 103-116, 2020.

SANTOS, A. C. **Pedogênese e Alterações Geoquímicas em Topolitossequências na Bacia do Ribeirão do Cachimbal na Região do Médio Vale do Paraíba, RJ.** 2009. 246 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ, 2009.

SANTOS, H. G. *et al.* Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: **Embrapa**, 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, 2018. 356p.

SANTOS, R. D. *et al.* Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7. ed. Viçosa: Minas Gerais: **SBCS**, 2015. 102p.

SCHAEFER, C. E. R. Brazilian latosols and their B horizon microstructure as long-term biotic constructs. **Australian Journal of Soil Research**, v. 39, n. 5, p. 909–926, 2001.

SILVA, D. G.; CORRÊA, A. C. B. Aplicação da Micromorfologia de Solos aos estudos de Sedimentos Quaternários: uma ferramenta para a reconstrução paleoambiental. **Mercator**, v. 8, n. 15, p. 111-138, 2009.

SOBRAL, L. F. *et al.* Guia prático para interpretação de resultados de análise de solos. Documentos 206. Aracajú: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, ´p. 1-13, 2015.

STOOPS, G. Guidelines for Analysis and Discription of Soil and Regolith Thin Sections. Madison, Wisconsin: **Soil Science Society American**, 2003. 184p.

STRÍKIS, N. M. *et al.* South American monsoon response to iceberg discharge in the North Atlantic. **Proc. Natl. Acad.**, U. S. A. 115, p. 1–6, 2018.

SUGUIO, K. Geologia Sedimentar. 1. ed. São Paulo: **Blucher**. 2003. 416p.

UTIDA, G. *et al.* Climate changes in Northeastern Brazil from deglacial to Meghalayan periods and related environmental impacts. Quat. Sci. Rev. v. 250, p. 1-18, 2020.

VEPRASKAS, M. J.; WILDING, L. P.; DREES, L. R. Aquic conditions for Soil Taxonomy: concepts, soil morphology and micromorphology. **Developments in Soil Science**, v. 22, n. C, p. 117–131, 1993.

XAVIER, Márcia Cristina Teles. **Paleofauna e Paleoambientes do Pleistoceno Superior no Município de Jaguarari, Norte da Bahia.** Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão – SE, 2012.

WANG, X. *et al.* Wet periods in northeastern Brazil over the past 210 kyr linked to distant climate anomalies. **Nature** 432, p. 740–743, 2004.

WANG, C. *et al.* Depth profiles of soil carbon isotopes along a semi-arid grassland transect in northern China. **Springer**, Plant Soil, p. 43-52, 2017.

WENDT, K. A. *et al.* Paleohydrology southwest Nevada (USA) based on groundwater 234U/238U over the past 475,000 k.y**. Geological Society of America**. Bulletin v. 132; no. 3/4; p. 793–802, 2019.

YAALON, D. H. Soils in the Mediterranean region: What makes them different? **Catena**, v. 28, n. 3–4, p. 157–169, 1997.

Suscetibilidade à erosão laminar entre o Agreste seco e a Zona da Mata úmida: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Canhoto (PE/AL)

Victor Carlos Vilela dos Santos
Universidade de Pernambuco (UPE, *Campus* de Garanhuns)
victor.vilela@upe.br

Kleber Carvalho Lima
Universidade de Pernambuco (UPE, *Campus* de Garanhuns)
kleber.carvalho@upe.br

Iaponan Cardins de Sousa Almeida
Universidade de Pernambuco (UPE, *Campus* de Garanhuns)
iaponan.cardins@upe.br

Resumo
A erosão laminar é um dos principais processos de degradação do solo, principalmente por ser dificilmente perceptível. Ao tratar sobre erosão é importante frisar que se trata de um processo ambiental natural, mas que pode ser acelerado por meio de ações antrópicas. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é avaliar a susceptibilidade natural dos solos à erosão laminar em bacias hidrográficas inseridas entre o Agreste e a Zona da Mata, por meio do estudo de caso da bacia do rio Canhoto (PE/AL). A metodologia adotada utilizou dados sobre erodibilidade dos solos e a declividade para a identificação das áreas susceptíveis a erosão laminar, na escala 1:100.000. Os resultados demonstraram que mais de 75% da área da bacia encontrou-se distribuída entre as classes de maior susceptibilidade, inseridas no trecho semiárido, apresentando fragilidades do ponto de vista da geração de processos erosivos. Ocorreram porcentagens elevadas de solos com altos índices de erodibilidade e grande variabilidade de na declividade, resultando em áreas susceptíveis a erosão, tornando-se assim um importante objeto de estudo, visto a necessidade de pesquisas com essa temática na região.

Palavras-Chave: Processos erosivos; Erodibilidade; Declividade; SIG.

1. Introdução

A degradação do solo afeta tanto terras agrícolas vegetadas naturalmente quanto ambientes urbanizados e pode ser considerada um dos mais graves problemas ambientais na contemporaneidade. A erosão por fatores hídricos, por exemplo, é responsável por 56% da degradação dos solos no mundo (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2014). De acordo com a FAO e ITPS (2015) a erosão elimina de 25 a 40 bilhões de toneladas de solo por ano no planeta, reduzindo significativamente a produtividade das culturas e a capacidade de armazenar carbono, nutrientes e água.

Dentre as diversas modalidades de erosão, destaca-se a erosão laminar. Essa ocorre a partir do escoamento difuso das águas pluviais que remove finas camadas de solo teoricamente homogêneas (BAPTISTA, 2003), acarretando a perda na qualidade do ambiente (solo e água).

É responsável por uma erosão oculta, podendo ocorrer de forma relativamente contínua, sem, contudo, deixar marcas empiricamente observáveis na vertente. De acordo com Eduardo *et al*. (2013), a susceptibilidade à erosão laminar representa a suscetibilidade do solo ao processo erosivo e pode ser determinada de forma direta, pela razão entre as perdas de solo e a erosividade das chuvas, ou seja, é a capacidade de um solo ser erodido por fatores pluviométricos. Para se estabelecer o índice de erodibilidade do solo, devem ser levados em consideração as suas propriedades físicas e a topografia, cuja declividade e comprimento de encostas interferem diretamente na velocidade do escoamento (SALOMÃO, 2014).

No Nordeste do Brasil, bacias hidrográficas com área em setores de clima úmido e seco é recorrente, a exemplo das bacias com o alto curso o Agreste e o baixo curso na Zona da Mata. Assim, a suscetibilidade dos solos a erosão pode variar nos setores da bacia, em função das diferentes combinações entre as variáveis geológicas, geomorfológicas, climáticas, a declividade do terreno e os tipos de solo. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é avaliar a susceptibilidade natural dos solos à erosão laminar em bacias hidrográficas inseridas entre o Agreste e a Zona da Mata, como forma de contribuir com ações de preservação, planejamento e gerenciamento ambiental em bacias de drenagem com tais características. Para isso, desenvolveu-se o estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Canhoto (PE/AL).

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área em estudo

A bacia hidrográfica do rio Canhoto apresenta área de 1.198 km², sendo considerada a principal sub-bacia do rio Mundaú (Figura 1). Devido à sua localização, está situada entre o Agreste Pernambucano (84,24 % da área) e a Zona da Mata Alagoana (15,75% da área).

A área da bacia está situada na porção sul do planalto da Borborema sobre o cinturão orogenético ativado ao final do Proterozóico, entre o lineamento Pernambuco e o lineamento de Patos. Do ponto de vista litológico, predominam rochas formadas pelo metamorfismo regional, agrupadas no Complexo Belém do São Francisco, no Complexo Cabrobó e em intrusões granitóides e suítes leucocrática peraluminosa (SILVA, 1993). De acordo com Gomes (2015), sobre essas litologias e feições estruturais, se desenvolveram regionalmente duas unidades morfoesculturais pertencentes ao Planalto da Borborema.

A unidade morfoescultural Cimeira da Borborema, também denominada de Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas por Corrêa *et al.* (2010), corresponde a uma superfície de aplainamento situada entre 600 e 1018 metros de altitude, cujas unidades morfológicas incluem chapadas, platôs e baixos platôs, recobertas por Neossolos Litólicos, Neossolo Regolítico e Planossolo Háplico; e o patamar erosivo de Garanhuns, recoberto por Latossolo Amarelo (ARAÚJO FILHO *et al*., 2000; ARAÚJO FILHO *et al*., 2012).

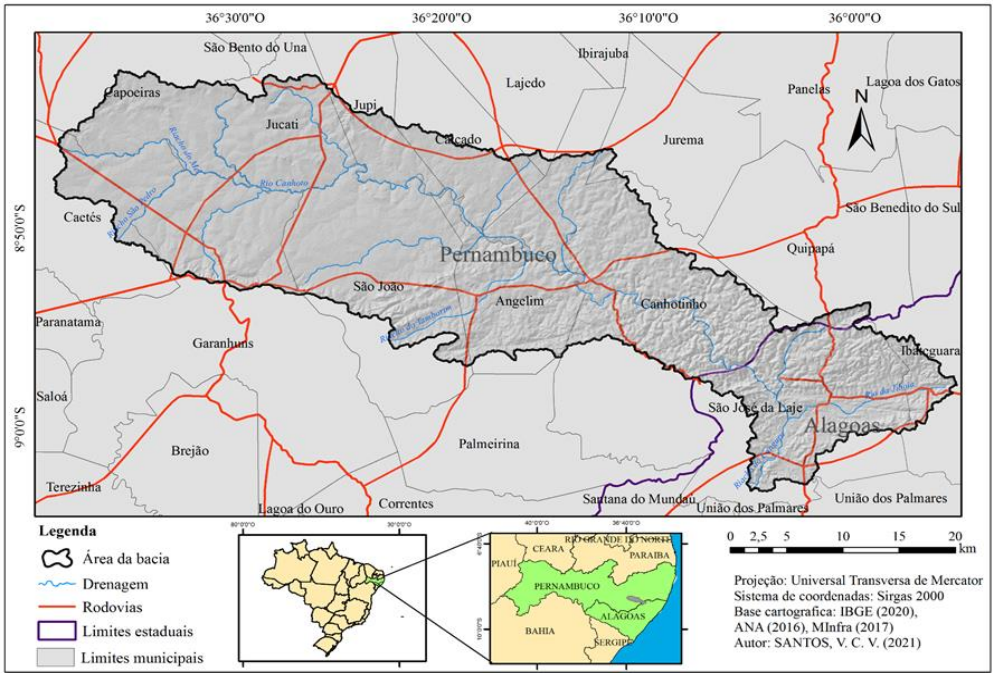


Figura 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Canhoto (PE/AL)
Fonte: Autoria própria.

A unidade morfoescultural das Superfícies Residuais corresponde a uma superfície dissecada posicionada entre 210 e 600 metros de altitude. No trecho de transição com a superfície de cimeira, predominam escarpas dissecadas verticalmente por ação fluvial. No setor correspondente ao baixo curso da bacia, ocorrem colinas e morros dissecados por erosão diferencial, além de planícies aluviais (COSTA, 2018). Associados aos modelados de dissecação, ocorrem os solos mais desenvolvidos em profundidade da bacia, como os Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelhos-Amarelos, Argissolos Amarelos e Argissolos Vermelhos-Amarelos (ARAÚJO FILHO *et al*., 2000; ARAÚJO FILHO *et al*., 2012)

Do ponto de vista climático, ocorrem na bacia os climas do tipo AS (Tropical seco) e BSh (Tropical úmido), segundo classificação de Köppen (COSTA, 2018). A precipitação média dessa área é de 900 mm anuais no Tropical úmido e cerca de 650 mm no Tropical seco, sendo

que os maiores índices pluviométricos se concentram no período de fevereiro a julho, o que corresponde a cerca de 73% de toda precipitação anual (GOMES, 2015). Esse período chuvoso acontece devido os distúrbios de leste, que atrelados com os sistemas de convergência dos alísios e as brisas terrestres, intensificam a precipitação, principalmente no período noturno.

2.2 Materiais e métodos

Para o desenvolvimento da pesquisa, seguiram-se as recomendações metodológicas apresentadas por IPT (1990), Salomão (2014) e Silva e Mendes (2019), que sugerem a utilização combinada dos dados de declividade e o grau de erodibilidade do solo para se conhecer a susceptibilidade natural à erosão de uma determinada área. Os procedimentos de extração digital dos dados foram realizados em ambiente SIG com o auxílio do software Qgis 3.10.2-A Coruña, considerando-se a escala de trabalho 1:100.000.

A declividade foi elaborada a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do satélite Alos, sensor Palsar, com resolução espacial de 12,5m. A declividade foi agrupada em quatro classes com valores percentuais, de acordo com Salomão (2014). Desse modo, foram reconhecidos os seguintes intervalos: Classe I (> 20%), Classe II (12 ├ 20%), Classe III (6 ├ 12%) e Classe IV (0 ├ 6%). Após a classificação, ainda em formato matricial (raster), os dados foram convertidos para o formato vetorial (shapefile).

Cada intervalo entre classes levou em consideração a capacidade de uso das terras, que é uma classificação técnica ou interpretativa, baseada no conhecimento das potencialidades e limitações das terras. Considera especialmente a suscetibilidade a erosão, e informa as melhores alternativas de uso das terras.

Para a obtenção do grau de erodibilidade, foram utilizadas as bases cartográficas pedológicas desenvolvidas por Araújo Filho *et al.* (2000) e Araújo Filho *et al.* (2012). Os solos foram agrupados em quatro das cinco classes de erodibilidade propostas por Salomão (2014), na qual foram atribuídos valores ao índice, de acordo com as propriedades de cada tipo de solo, suas associações, proporções e situação no relevo (Quadro 1).

Quadro 1: Classes de erodibilidade associadas às unidades pedológicas.

Classes de erodibilidade	Índices relativos de erodibilidade	Unidades pedológicas*
I	10,0 a 8,1	SX20, RR11, RL1
II	8,0 a 6,1	LA19, PA35, PVA19, PVA18
III	6,0 a 4,1	PA’10, PA’17, PA’16

IV	4,0 a 2,1	LA12a, LA18, LVA3
V	2,0 a 0	-
*SX20: Ass.: Planossolo Háplico + Neossolos litólicos. RR11: Ass.: Neossolo Regolítico + Areias Quartzosas. RL1: Ass.: Neossolo Litólico + Cambissolo Háplico + Argissolo Vermelho-Amarelo. LA19: Ass.: Latossolo Amarelo + Argissolo Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo. PA35: Ass.: Argissolo Amarelo + Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo. PVA19 e PVA18: Argissolo Vermelho-Amarelo. PA'10, PA'17, PA,16: Ass.: Argissolo Amarelo + Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo. LA12a: Ass.: Latossolo Amarelo + Argissolo Amarelo e Argissolo Vermelho-Amarelo. LA18: Ass.: Latossolo Amarelo + Argissolo Amarelo e Argissolo Vermelho-Amarelo + Gleissolo Háplico e Cambissolo Háplico. LVA3: Ass.: Latossolo Vermelho-Amarelo + Argissolo Vermelho-Amarelo + Gleissolo Háplico.		

Fonte: Adaptado de Salomão (2014).

Na classe I foram considerados como critério para o enquadramento dessas unidades a associação com solos litólicos e/ou areias quartzosas, por serem solos jovens com baixa profundidade e pouco desenvolvidos. Na classe II foi levado em consideração a classificação das unidades como Argissolos não abruptos de textura média, mesmo o LA19, por apresentar 60% de associação com esses tipos de solos. Já na classe III, o fator determinante foi a textura argilosa dos Argissolos. Por fim, na IV foram agrupados os solos mais desenvolvidos da área de estudo, os Latossolos de textura média ou argilosa.

Posteriormente, o mapa de susceptibilidade à erosão laminar foi obtido a partir do cruzamento entre as classes de erodibilidade e as classes de declividade, através do operador álgebra de mapas (SILVA; MENDES, 2019). A álgebra de mapas serve para indicar o conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas (TOMLIN, 1990). Esse método concebe a análise espacial como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, em analogia aos ambientes de álgebra e estatística tradicional, apresentando três classes de álgebra de mapas: pontuais, vizinhança e zonais.

Dentre as três classes de álgebra de mapas, aplicou-se neste trabalho a Pontual, onde a saída da operação é um mapa cujos valores são função apenas dos valores dos mapas de entrada em cada localização correspondente, realizando intersecções entre conjuntos espaciais. Por meio da ferramenta "Interseção" foi realizada a combinação entre as classes de declividade e de erodibilidade dos solos e, através dos operadores condicionais da tabela de atributos, foi criada a propriedade "susceptibilidade à erosão laminar" com cinco classes (Quadro 2).

Quadro 2: Critério adotado na definição das classes de suscetibilidade à erosão laminar por meio da relação erodibilidade X declividade.

	Declividade (%)	

		I (>20%)	II (12 ├ 20%)	III (6 ├ 12%)	IV (0 ├ 6%)	Classes de Suscetibilidade à Erosão Laminar
Erodibilidade	1	I	I	II	II	I - Extremamente suscetível
	2	I	II	II	III	II - Muito susceptível
	3	II	III	III	IV	III - Moderadamente susceptível
	4	II	IV	IV	V	IV - Pouco suscetível
	5	-	-	-	V	V - Pouco a não susceptível

Fonte: Adaptado de Salomão (2014).

Desse modo, o mapa final indicou as áreas que são naturalmente susceptíveis à erosão, ou seja, quando não considera as atividades antrópicas como um fator que pode potencializar os processos erosivos. As classes foram descritas da seguinte forma:

Classe I - extremamente suscetível: apresentam problemas complexos de conservação. São áreas, geralmente, muito declivosas, erodidas e que devem ser usadas com extremo cuidado; Classe II - muito suscetível: apresentam problemas complexos de conservação, parcialmente favoráveis à ocupação por pastagens, sendo mais apropriados para reflorestamento; Classe III: moderadamente suscetível: apresentam problemas complexos de conservação, sendo mais indicadas a pastagem e culturas permanentes que favoreçam a proteção do solo; Classe IV: pouco suscetível: apresentam problemas complexos de conservação, sendo mais indicadas a pastagem e culturas permanentes e, eventualmente, a culturas anuais. Porém estas áreas exigem práticas intensivas mecanizadas de controle da erosão; Classe V: pouco a não suscetível: apresentam problemas simples de conservação podendo também ser utilizados com qualquer tipo de cultura, porém exigindo práticas não mecanizadas de controle da erosão ou exigindo técnicas especiais de cultivos, quando localizado em solos encharcados.

3. Resultados e Discussões

A distribuição espacial das classes de declividade na bacia do rio Canhoto apresentou padrão decorrente das características topográficas da área (Figura 2). Os terrenos com até 12% de declividade (classes III e IV) ocuparam pouco mais da metade da área (Tabela 1) e estão distribuídos predominantemente no setor mais elevado da bacia, área correspondente a Cimeira da Borborema, e nas planícies aluviais das Encostas Orientais, setores correspondentes ao Agreste. A classe II está distribuída principalmente nas elevações residuais e nas escarpas de transição entre as duas unidades geomorfológicas, ao passo que a classe I ocorre predominantemente no setor dissecado da Zona da Mata e no patamar estrutural de Garanhuns.

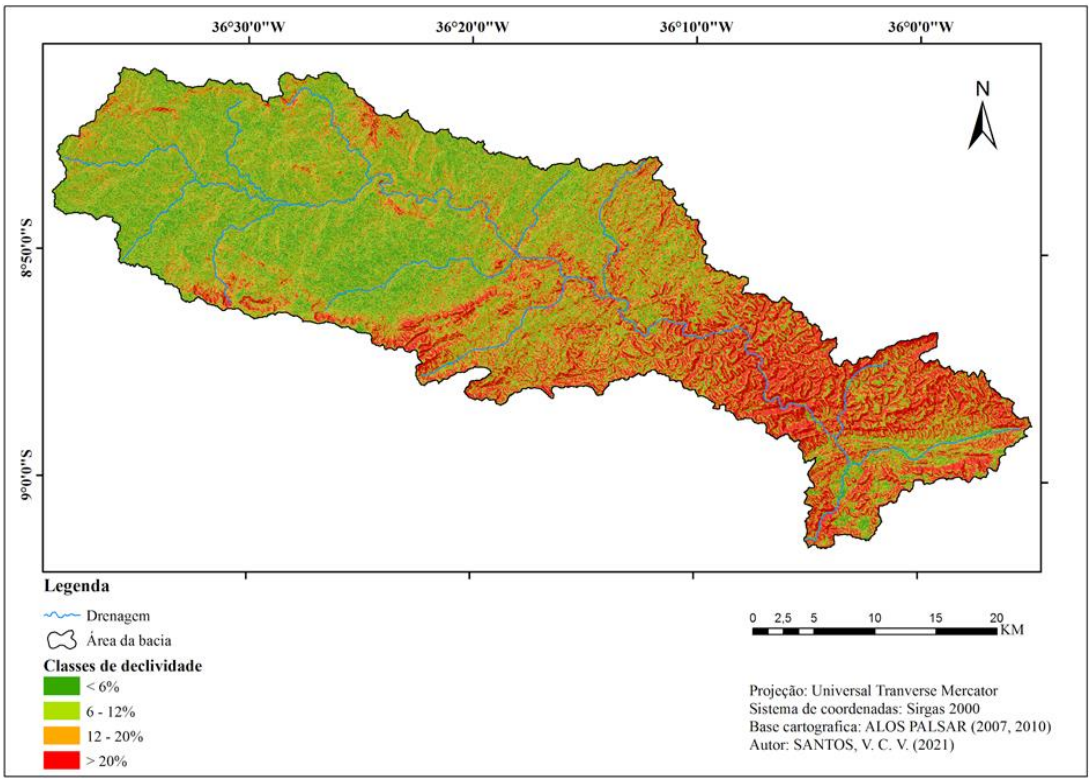


Figura 2: Mapa com as classes de declividade da bacia do rio Canhoto (PE/AL).
Fonte: Autoria própria.

Tabela 1: Representatividade das classes de declividade na bacia do rio Canhoto.

Classe	Área (km²)	(%)
I (>20%)	278.477	23,24
II (12 ├ 20%)	282.911	23,61
III (6 ├ 12%)	352.171	29,39
IV (0 ├ 6%)	280.514	23,41

Fonte: Autoria própria.

Quanto às classes de erodibilidade do solo, ocorreram na bacia 4 das 5 classes propostas pela metodologia utilizada (Figura 3), cuja representatividade real pode ser vista na Tabela 2.

A classe I, devido às suas características físicas, químicas e mineralógicas apresentou-se com a maior taxa de erodibilidade. Esta classe representou 49,41% da área analisada, sendo a mais representativa, estando associada às classes de solos mais jovens com associações de Neossolos Litólicos. Sua predominância ocorreu no setor do Agreste, com exceção do Neossolo Litólico, que ocorre nos topos de morros dissecados da Zona da Mata. A classe II representou 28,29%, e está presente nessa classe unidades pedológicas que se destacam por sua textura média/argilosa como os Argissolos e Latossolos não abruptos. Na classe III, que representou apenas 5% da área, destacaram-se Argissolos com grande porcentagem de argila na sua composição. Por fim, a classe IV foi representada pelas classes de Latossolos, nesse caso

Latossolos Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelo, representando 17,28% da área de estudo, sendo encontrados em grandes quantidades no setor da mata úmida.

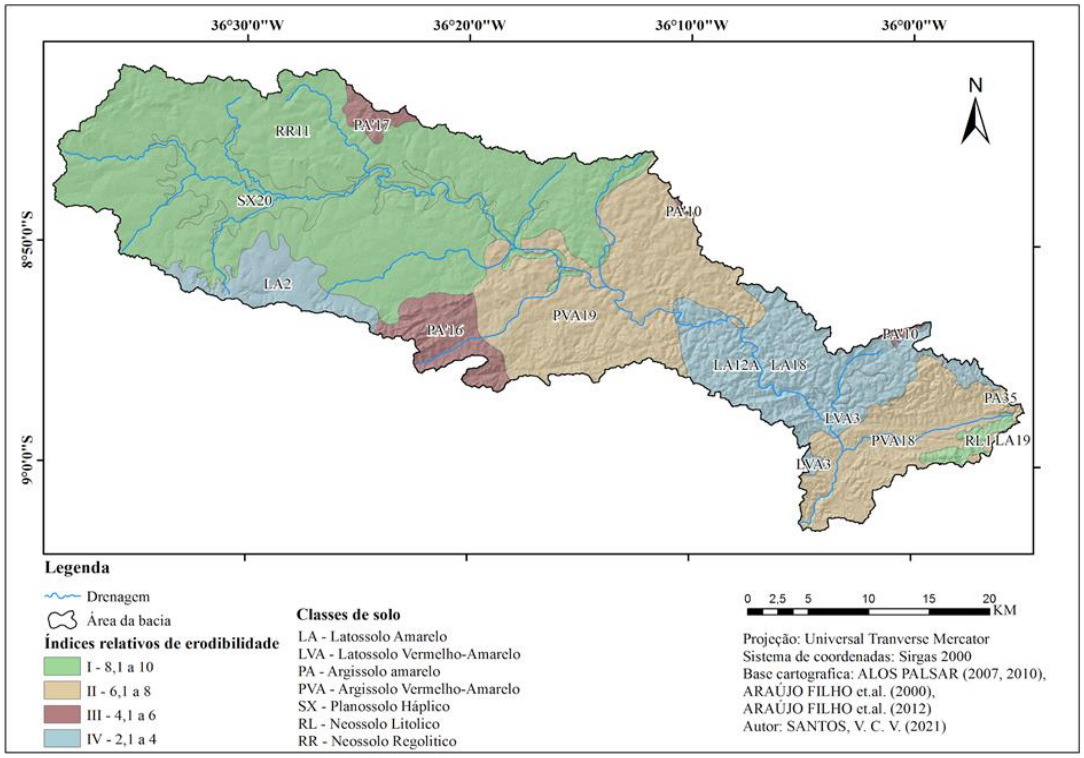


Figura 3: Mapa com as classes de erodibilidade dos solos da bacia do rio Canhoto (PE/AL).
Fonte: Autoria própria.

Tabela 2: Representatividade areal das classes de erodibilidade na bacia do rio Canhoto.

Classe	Área (km²)	(%)
I	592,125	49, 415
II	339,014	28,292
III	59,9943	5,006
IV	207,135	17,286

Fonte: Autoria própria.

Após o cruzamento das classes de erodibilidade com as classes de declividade, foram geradas as cinco classes de susceptibilidade encontradas na bacia do rio Canhoto (Figura 4). A representatividade areal das classes de erodibilidade encontram-se na Tabela 3.

A partir do mapeamento da suscetibilidade natural à erosão laminar, observou-se que mais de 75% da área da bacia encontrou-se distribuída entre as classes I e II, ou seja, apresentaram fragilidades do ponto de vista da geração de processos erosivos. Pode-se afirmar, dessa forma, que na bacia do rio Canhoto, essa suscetibilidade está associada principalmente às características texturais dos solos que ocorrem na área semiárida da região agreste. Isso foi

verificado nos setores com as menores declividades do terreno, situados na Cimeira da Borborema, onde os Planossolos Háplicos ocorrem com maior frequência.

Isso demonstra que, caso as atividades agrícolas nesses setores sejam incompatíveis com a fragilidade natural dos solos, podem ocorrem processos erosivos a partir da erosão laminar, além de sulcos, ravinas e mesmo voçorocas. A carga de sedimento resultante desses processos poderá alcançar os recursos hídricos regionais, provocando seu assoreamento, além da degradação do solo por meio da sua infertilidade (ARAGÃO *et al.*, 2011).

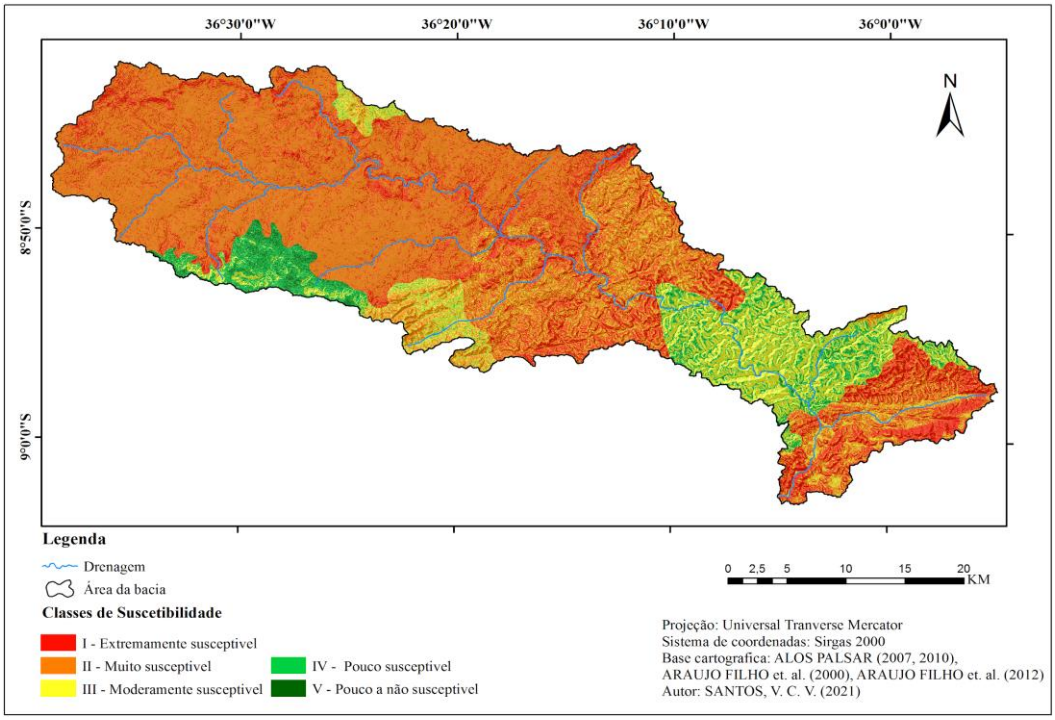


Figura 4: Mapa com as classes de susceptibilidade à erosão laminar da bacia do rio Canhoto (PE/AL).
Fonte: Autoria própria.

Tabela 3: Representatividade das classes de susceptibilidade na bacia do rio Canhoto.

Classe	Área (km²)	(%)
I	269,231	22,46
II	640,568	53,45
III	180,111	15,03
IV	85,752	7,15
V	22,572	1,88

Fonte: Autoria Própria.

Dessa forma, diversas ações de mitigação para conservação do solo podem ser efetuadas para evitar que as condições do solo sejam exauridas a ponto de se tornaram improdutivas e degradadas, levando em consideração a adoção controlada com práticas conservacionistas apropriadas para cada tipo de solo.

A classe III, apesar de também apresentar problemas complexos de conservação, representou uma menor porcentagem. Se estiver associada a usos incompatíveis, medidas de mitigação e conservação têm uma aplicabilidade mais simples. As classes com baixa suscetibilidade (IV e V) representaram muito pouco da área da bacia, não apresentando problemas especiais de conservação ou quando apresentam são simples e de fácil solução, podendo ser usados com diversos tipos de cultura, exigindo práticas não mecanizadas de controle à erosão.

De forma geral, os resultados são alarmantes, considerando que esta região tem sido bastante exigida do ponto de vista do seu uso, como mostra o mapeamento de uso e ocupação do solo de Costa (2018). À vista disso, é observável que o uso está sendo incompatível com seu potencial à erosão laminar em algumas áreas. Presumivelmente, as devidas técnicas de conservação não têm sido aplicadas à bacia, logo, um plano de conservação e manejo do solo se faz necessário, a fim de adequar o uso das terras à preservação dos recursos naturais solo e água.

Todavia, estudos futuros deverão detalhar melhor as diversas formas de uso do solo ao longo desta área, demonstrando seu potencial de erosão laminar, já que áreas com um mesmo nível de susceptibilidade, ocupadas de maneiras diferentes, podem apresentar diferentes potencialidades ao desenvolvimento dos processos erosivos.

4. Considerações Finais

Levando em consideração que se distribui em uma área de transição ambiental, na bacia hidrográfica do rio Canhoto, ocorrem porcentagens elevadas de solos com altos índices de erodibilidade e uma grande variabilidade de porcentagem de declividade, resultando em áreas susceptíveis a erosão, tornando-se assim um importante objeto de estudo, visto a falta de pesquisas desse tipo na região. Considerando os dados obtidos, constatou-se que a bacia apresenta predominância de áreas susceptíveis e extremamente susceptíveis, quase que exclusivamente no Agreste, sendo resultado principalmente de unidades pedológicas com baixa atuação de processos pedogenéticos e mal drenados, que tem sua gênese relacionada a menores índices pluviométricos do clima semiárido e materiais geológicos do Pré-Cambriano com rochas plutônicas ácidas.

Apesar da região da Zona da Mata apresentar predominância de declividades elevadas com seus morros dissecados, os resultados de suscetibilidade foram razoavelmente médios ou

até mesmo baixos. O fator que equilibrou tais resultados foram as propriedades físicas das unidades pedológicas, sendo bem desenvolvidas, profundas e com boa drenagem. Ambas as características ambientais (geomorfológicas e pedológicas), têm estrita relação com a alta pluviosidade da região, contribuindo para o bom desenvolvimento de processos pedogenéticos.

É inegável a necessidade de práticas conservacionistas na bacia, visto que mais de 75% da área se encontra com os maiores índices de suscetibilidade à erosão laminar, já que são terrenos que apresentam problemas complexos de conservação. As áreas moderadamente e pouco suscetíveis são mais indicadas as pastagens, plantio de culturas perenes, porém, com práticas de controle da erosão, como o plantio em curvas de nível, contribuindo com um melhor escoamento da água da chuva, facilitando a infiltração no solo. Já os setores classificados como pouco a não susceptíveis não apresentam problemas especiais de conservação, devendo-se adotar técnicas simples de conservação.

Referências

ARAGÃO, R; ALMEIDA, J. A. P.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S. Mapeamento do potencial de erosão laminar na Bacia do Rio Japaratuba, SE, via SIG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, n. 7, p. 731-740, 2011.

ARAUJO FILHO, J. C. de; BURGOS, N.; LOPES, O. F.; SILVA, F. H. B. B. da; MEDEIROS, L. A. R.; MELO FILHO, H. F. R. de; PARAHYBA, R. da B. V.; CAVALCANTI, A. C.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, F. B. R. e; LEITE, A. P.; SANTOS, J. C. P. dos; SOUSA NETO, N. C. de; SILVA, A. B. da; LUZ, L. R. Q. P. da; LIMA, P. C. de; REIS, R. M. G.; BARROS, A. H. C. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 378 p.

ARAÚJO FILHO, J. C.; GOMES, E. C.; SILVA, F. H. B. B.; OLIVEIRA NETO, M. B.; PARAHYBA, R. da B. V.; CUNHA, T. J. F.; CAVALCANTI, A. C.; SANTOS, J. C. P.; SILVA, A. B.; LOPES, O. F.; LEITE, A. P.; SILVA, M. S. L.; RIBEIRO FILHO, M. R.; ACCIOLLY, L. J. de O.; MARQUES, F. A.; AMARAL, A. J. do; LIMA, P. C. de. **Zoneamento agroecológico do estado de Alagoas**: levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Alagoas - relatório técnico. Recife: Embrapa Solos, 2012. 245 p.

BAPTISTA, G. M. M. **Diagnóstico ambiental de erosão laminar**: modelo geotecnológico e aplicação. Brasília: Universa, 2003.140 p.

BOLSTAD, P. **GIS fundamentals:** A first text on geographic information systems. Minnesota: Eider (PressMinnesota), 2016.784 p.

CASSETI, V. Geomorfologia. **Fundação de Apoio à Pesquisa–FUNAPE/UFG**, 2005.

CORRÊA, A. TAVARES, B. A. C.; MONTEIRO. K. A.; CAVALCANTI, L. C. S.; LIRA, D. R. Megamorfologia e morfoestrutura do Planalto de Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, v. 31, n. 1-2, p. 35-52, 2010.

COSTA, S. O. de S. **Identificação das vulnerabilidades e potencialidades da bacia hidrográfica do Rio Canhoto- PE/AL, com vistas ao zoneamento ambiental**. 2018. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN), Programa de Pós-Graduação em Geografia, João Pessoa, 2018.

EDUARDO, E. N.; CARVALHO, D. F. D.; MACHADO, R. L.; SOARES, P. F. C.; ALMEIDA, W. S. D. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. v. 37, n. 3, p. 796-803, 2013.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; ITPS - INTERGOVERNMENTAL TECHNICAL PANEL ON SOILS. **Status of the World's soil resources**: Main report. Roma: FAO, 2015.

GOMES, D. D. M. **Geoprocessamento aplicado à análise e zoneamento dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do Rio Mundaú-PE/AL**. 2015. 230 f. Tese (Doutorado em geologia) - Universidade Federal do Ceará (UFC), Centro de Ciências, Departamento de Geologia, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza - CE, 2015.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. 8.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. 340p.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Orientações para o combate à erosão no estado de São Paulo, Bacia do Pardo Grande**. São Paulo: IPT, 1990.

SALOMÃO, F. X. T; Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. 8.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 229-267.

SILVA, F.B.R.; RICHE, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUSA NETO, N.C. de; BRITO, L.T. de L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, F.H.B.B. da; SILVA, A.B. da; ARAUJO FILHO, J.C. de. **Zoneamento agroecológico do Nordeste:** diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. 2 v. Recife: EMBRAPA-CNPS, 1993. 387 p.

SILVA, Í. B.; MENDES, L. M. S. Mapeamento de áreas susceptíveis à erosão laminar no alto curso do Rio Banabuiú-CE. **Revista Geoaraguaia**, v. 9, n. 2, p.48-64, 2019.

TOMLIN, C. D. **Geographic information systems and Cartographic Modeling**. New Jersey: Prentice Hall, 1990. 267 p.

Vulnerabilidade natural à perda de solo como indicador de suscetibilidade à desertificação no semiárido brasileiro

Sérgio Domiciano Gomes de Souza,
Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais do Semiárido (PLANDITES), Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)
sergio_gsousa@hotmail.com

Anny Catarina Nobre de Souza
Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais do Semiárido (PLANDITES), Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)
anny-catarina13@hotmail.com

Maria Losângela Martins de Sousa
Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais do Semiárido (PLANDITES), Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)
mariasousa@uern.br

Resumo
Os estudos ambientais, sobretudo os que se referem à análise da desertificação, têm requerido aprimoramento de indicadores que deem condições de aferir essa degradação ambiental, em especial no semiárido brasileiro, visto que essa ecozona climática é vulnerável à problemática. Por essas razões, o presente escrito tem como objetivo principal examinar como a vulnerabilidade natural à perda de solo, proposta por Crepani (2001), pode servir de indicador de suscetibilidade à desertificação para o semiárido brasileiro. De modo que se discute acerca dos pressupostos teórico-metodológicos da análise da vulnerabilidade à erosão, e sobre este como indicador para estudos de desertificação. Para tanto, realizou-se um levantamento bibliográfico sobre os temas de desertificação, indicadores de desertificação e semiárido brasileiro; e a aplicação da metodologia de análise da perda de solo conforme Crepani (2001), na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo no Ceará, como exemplo prático neste estudo. Desse modo, a metodologia da vulnerabilidade natural à perda de solo se mostra exequível e importante como indicador para aferir a suscetibilidade à desertificação no semiárido brasileiro, uma vez que no estudo de caso abordado, os sistemas ambientais da sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo, apresentaram vulnerabilidade natural à perda de solo, variando de moderada a mediana, *vis a vis* as condições geoambientais.

Palavras-Chave: Erosão; Indicador de desertificação; Semiárido.

1. Introdução

A desertificação é uma degradação ambiental grave que pode ocorrer nos ambientes influenciados pelas faixas climáticas áridas, semiáridas e subúmidas secas do planeta Terra. Somada a esta condicionante natural, as ações humanas, se desempenhadas em caráter excessivamente espoliador, sem atenção às limitações desses ambientes, poderão deflagrar e acelerar o processo de desertificação (NASCIMENTO, 2013).

Para estudar a ocorrência dessa problemática nas ecozonas vulneráveis, foram criados sistemas de indicadores que pudessem avaliar o grau de vulnerabilidade e o ecúmeno da

degradação ambiental. Sendo um desses, os indicadores biofísicos, socioeconômicos e institucionais formulados para a América do Sul, a partir do "Programa de combate a la desertificación y mitigación de los efectos de la sequía en América del Sur", discriminados por Abraham e Beckman (2006).

Entretanto, trabalhar com indicadores de desertificação, é permear uma complexidade que envolve a própria acepção do fenômeno. Conforme Matallo Junior (2001), levou-se ao longo do tempo a criação de vários sistemas de indicadores sem o consenso científico de qual o mais exequível nas pesquisas científicas de desertificação, requerendo melhor aprofundamento sobre o tema e sobretudo a aplicação destes para alcançar tal ensejo e possibilitar avançar no conhecimento do problema. Sendo necessário, portanto, o aperfeiçoando de cada indicador, de modo que se analise a validade com que estes podem servir de explicação para a avaliação e monitoramento do fenômeno.

Dentro da categoria dos indicadores biofísicos, especialmente com relação aos solos, Abraham e Beckman (2006) apresentam o indicador de erosão para se averiguar o nível de degradação do solo, por esta intempérie. No entanto, existem dificuldades metodológicas para aplicar indicadores como este, a depender do contexto geográfico do estudo, sobretudo no que concerne à disponibilidade de dados, informações e procedimentos técnicos.

Por essas razões, o presente escrito se propõe a examinar como a metodologia da vulnerabilidade natural à perda de solo, proposta por Crepani (2001), pode servir de indicador de suscetibilidade à desertificação no semiárido brasileiro. De modo que se discute acerca dos pressupostos teórico-metodológicos da análise da vulnerabilidade à erosão, e sobre este como indicador para estudos de desertificação.

Desse modo, no que se refere à metodologia, o escrito se embasa na proposta de Crepani (2001) da vulnerabilidade natural à perda de solo e se desenvolve com contribuições teóricas relacionadas às temáticas de desertificação, indicadores de desertificação e semiárido brasileiro. Correlacionado a explicação da metodologia para construção do mapa, utiliza-se de um estudo de caso, como exemplo concreto, realizado na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo no estado do Ceará, Brasil.

Assim, se organiza em duas seções, além desta introdução. Na primeira apresenta o modelo metodológico da vulnerabilidade natural à perda de solos, por Crepani (2001), como contribuição aos estudos ambientais. E na segunda, discute como esse modelo metodológico

pode servir de subsídio à identificação da suscetibilidade à desertificação no semiárido brasileiro, a partir do estudo de casa na Sub-bacia.

2. Vulnerabilidade natural à perda do solo: modelo metodológico para estudos ambientais

Realizar estudos de análise da paisagem ou eventos relacionados a ela, requer do pesquisador, lançar mão, antes de tudo, de uma concepção teórica que entenda a paisagem e o evento que se quer pesquisar como algo sistêmico. Ou seja, como assinala Crepani (2001), é necessário entender a gênese, a constituição, a forma e o estágio de evolução desta paisagem, através das informações fornecidas pelos elementos geoambientais que a compõem, de modo que, entre várias teorias, são os princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977) que dispõe dos fundamentos para tal empreendimento.

A análise da paisagem por meio dos princípios da Ecodinâmica, nos leva a compreendê-la como dinâmica e em constante evolução, resultante de processos morfogenéticos e pedogenéticos que a predispõe, ora ao equilíbrio, ora ao desequilíbrio e vulnerável a catástrofes naturais (TRICART, 1977).

São esses princípios que norteiam a análise da vulnerabilidade natural à perda de solo, por entender que a erosão é um fenômeno induzido, em grande medida, pelas condições geoambientais de determinados recortes paisagísticos do planeta Terra.

Para tanto, Crepani (2001) sistematizou uma metodologia para construção de um mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo, e a consequente análise do processo, a fim de subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) da Amazônia. Essa metodologia parte da compreensão sistêmica de todas as informações relativas aos componentes geoambientais do território amazônico, fornecidas por geoprocessamento (figura 1).

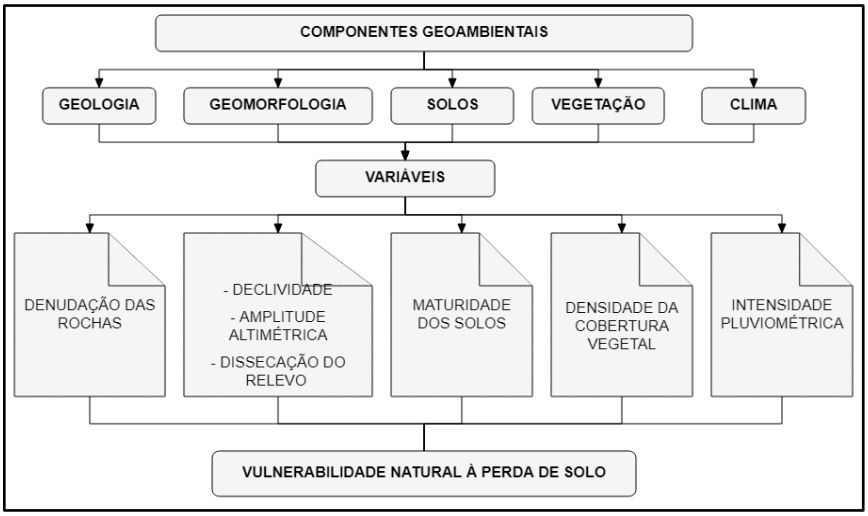


Figura 1: Fluxograma metodológico para análise da vulnerabilidade natural à perda de solo
Fonte: Elaborado pelos autores com base em Crepani (2001).

Originalmente, esse modelo proposto por Crepani (2001), é possível de ser trabalhado a partir de informações de cartas cartográficas com escalas de 1:1000.000, 1:100.000 ou 1:250.000, de modo que, com base nesses critérios e pela qualidade dos dados, as cartas temáticas do projeto RADAMBRASIL (1981) são fontes primordiais para adquirir as informações de cada variável dos componentes geoambientais, discriminados na figura 1. A essas variáveis se aplicam valores de 1 a 3, sendo que cada valor corresponde a um nível de intensidade da vulnerabilidade natural à perda de solo.

Por essa configuração, a metodologia se apresenta como importante para os estudos ambientais, pois em matéria de análise das fragilidades ambientais, como enfatiza Ross (1993), é preciso partir de uma metodologia que pressuponha a dinamicidade do ambiente, ou seja, a paisagem como uma célula conformada pela relação mútua, a todo tempo, pela troca de energia e matéria entre seus componentes naturais, independente das ações humanas.

Assim, embora a proposta original tenha sido direcionada ao ambiente amazônico, singular no contexto paisagístico brasileiro, acreditamos ser possível transpor e aplicar em outros ambientes como o semiárido. Sobre o qual é possível trabalhar com informações do projeto RADAMBRASIL (1981), e de outras, também com base em atividades de geoprocessamento, desde que compatível com as escalas propostas.

Por considerar o semiárido, uma ecozona de contrastes entre limitações e potencialidades singulares, no mosaico paisagístico do país, e que tem como problema, fragilidades decorrentes da vulnerabilidade à desertificação, que requer estudos aplicados para

o seu conhecimento e a avaliação dos sistemas ambientais do semiárido no que diz respeito ao estado de degradação.

2.1 Aplicação na Sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará, Brasil

A Sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo, fica localizada no estado do Ceará (figura 2), e no sistema hidrográfico, compõe a bacia hidrográfica do Médio Rio Jaguaribe. Nesta sub-bacia, estão localizados os municípios de Ereré, Pereiro, Iracema, Potiretama, Alto Santo, e uma pequena porção territorial de São João do Jaguaribe (SOUSA, 2012).

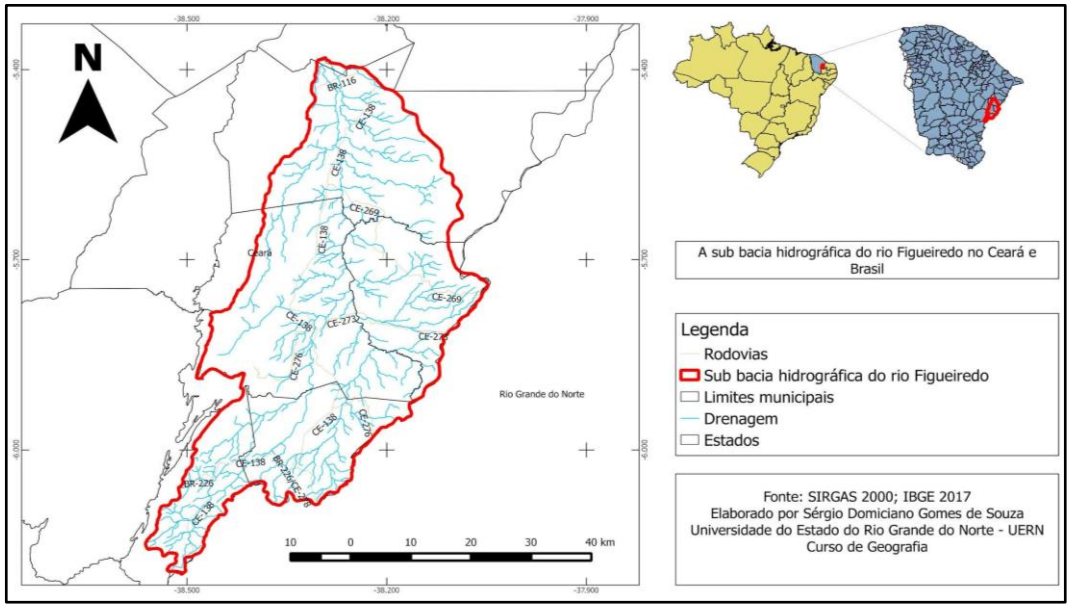


Figura 2: Mapa de localização da Sub-bacia hidrográfica do rio Figueiredo, Ceará
Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Em pesquisa no âmbito do doutorado, Pinheiro (2015) analisou a vulnerabilidade à erosão e a morfodinâmica desta sub-bacia, na qual identificou várias porções territoriais com variados níveis de vulnerabilidade em função da sua diversidade geoambiental.

Já mais recentemente, Souza, Souza e Sousa (2021) aplicaram a metodologia de análise da vulnerabilidade à perda de solo na referente sub-bacia sob dois primas, diferenciando-se do trabalho de Pinheiro (*op.cit.*). Tendo em vista que analisou a vulnerabilidade por sistemas ambientais que compõem a sub-bacia, utilizando-se dos resultados como subsídio ao indicador de solos para identificação da suscetibilidade à desertificação em conjunto com outros indicadores de geologia e vegetação.

O quadro 1 sintetiza as informações das condições geoambientais da sub-bacia relativas às variáveis exigidas para a análise da vulnerabilidade à perda de solo, organizadas por sistema ambiental e os valores correspondentes ao nível de fragilidade.

Quadro 1: Vulnerabilidade natural à perda de solo da sub-bacia hidrográfica do rio Figueiredo, Ceará

S.A.	VARIÁVEL	UNIDADE/CARACTERÍSTICAS	V.	VULNERABILIDADE
Planície fluvial	Denudação das rochas	Sedimentos com areias finas grosseiras. Aluviões	3,0	2,24 Medianamente estável/vulnerável
	Amplitude interfluvial Amplitude altimétrica	-	1,0	
	Declividade	-	1,0	
	Maturidade dos Solos	Neossolos flúvicos, vertissolos, planassolos	3,0	
	Densidade de cobertura vegetal	Estepe caatinga com vegetação antrópica de agricultura cíclica	3,0	
	Intensidade pluviométrica	186,7 mm	1,2	
Superfície de exumação da formação açu	Denudação das rochas	Arenitos conglomeráticos e caulínicos	2,5	1,98 Medianamente estável vulnerável
	Amplitude interfluvial	Formas tabulares separadas por vales de fundo plano >1750m <3750 m	1,5	
	Amplitude altimétrica	Muito Fraca (>20m)	1,0	
	Declividade	Muito baixa (> 2%)	1,0	
	Maturidade dos Solos	Argissolos vermelho-amarelo, Neossolo quartzarênico	2,0	
	Densidade de cobertura vegetal	Estepe caatinga com vegetação antrópica de agricultura cíclica Caatinga estepe arbórea aberta sem plameira	3,0	
	Intensidade pluviométrica	374,1 mm	1,3	
	Denudação das rochas	Migmatitos gnaisses variados	1,3	1,56

Sertões de Pereiro Ereré	Amplitude interfluvial	Formas tabulares com vale de fundo plano >250 <750 Formas aguçadas com vale em V <250m <750 Formas aguçadas com vale em V >250m <750m	1,5	Moderadamente estável
	Amplitude altimétrica	Muito Fraca a Fraca (>20m – 40m)	1,0	
	Declividade	Muito baixa a baixa (3 – 8%)	1,2	
	Maturidade dos Solos	Argissolos, Latossolos, Luvissolos Neossolos quartzarênico	2,0	
	Densidade de cobertura vegetal	Estepe caatinga com vegetação antrópica de agricultura cíclica	2,0	
	Intensidade pluviométrica	385,6 mm	1,3	
Sertões de Iracema Potiretama	Denudação das rochas	Migmatitos gnaisses variados	1,3	1,64 Moderadamente estável
	Amplitude interfluvial	Formas convexas com vale de em V >250 <750 Formas aguçadas com vale em V >250 <750 Formas tabulares com vale de fundo plano >250 <750	2,0	
	Amplitude altimétrica	Muito fraca a Mediana (>20m – 100m)	1,0	
	Declividade	Muita baixa a média (3 – 8%)	1,2	
	Maturidade dos Solos	Luvissolos, Neossolo Litólicos	2,0	
	Densidade de cobertura vegetal	Caatinga estepe arbórea aberta sem palmeira	2,0	
	Intensidade pluviométrica	459 mm	1,5	
Sertões de Alto Santo	Denudação das rochas	Filitos, Xistos e Gnaisse, Migmatitos gnaisses variados	1,7	1,84 Medianamente estável/vulnerável
	Amplitude interfluvial	Formas convexas com vale em V <250 >750 Formas tabulares com vale de fundo plano >250 <750	2,0	

		Formas aguçadas com vale em V >250 <750		
	Amplitude altimétrica	Muito fraca a Mediana (>20m – 100m)	1,0	
	Declividade	Muito baixa a média (0 – 3%)	1,0	
	Maturidade dos Solos	Neossolos Litólico, Luvissolos e Argissolos	3,0	
	Densidade de cobertura vegetal	Caatinga estepe arbórea aberta sem plameira	2,0	
	Intensidade pluviométrica	458,2 mm	1,2	
Maciço do Pereiro	Denudação das rochas	Granitos finos a grosseiros	1,1	1,8 Medianamente estável/vulnerável
	Amplitude interfluvial	Formas convexas com vale em V <250 >750 Formas aguçadas com vale em V <250m Formas tabulares com vale de fundo plano >250 <750	3,0	
	Amplitude altimétrica	Muito fraca a Fraca (>20m – 40m)	2,5	
	Declividade	Alta (>45%)	3,0	
	Maturidade dos Solos	Argissolos Eutroficos, Neossolo Litólico Eutrófico, Latossolo Eutrófico	2,0	
	Densidade de cobertura vegetal	Vegetação de caatinga estepe arbórea densa sem palmeira Estepe caatinga com vegetação antrópica de agricultura cíclica	1,4	
	Intensidade pluviométrica	187,4 mm	1,4	

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

Para este caso da sub-bacia, as informações foram adquiridas do projeto RADAMBRASIL (1981) com exceção para os dados da intensidade pluviométrica que foram utilizados dados locais da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2019), e para a declividade foi produzido mapa hipsométrico da área com dados do ALOS-PALSAR. Dessa forma, a metodologia foi aplicada de forma inédita como indicador de erosão para identificar a suscetibilidade à desertificação, da referida área de estudo.

Desses resultados, que denotam as condições geoambientais da sub-bacia hidrográfica, foi possível analisar a vulnerabilidade natural à perda de solos dos seus sistemas ambientais, concluindo-se com o mapa de vulnerabilidade na figura 3. Em que se percebe que existe uma diferenciação de vulnerabilidade à perda de solos em dois níveis, moderadamente estável à medianamente estável/ vulnerável, tendo em vista as condições geoambientais de cada sistema. Desse modo, os sistemas ambientais com vulnerabilidade moderadamente estável, se justificam pela conservação da vegetação e pela pouca declividade, já os com tendência a vulnerabilidade mediada, as condições de vegetação e a alta declividade - em especial do maciço do Pereiro - competem para esta realidade.

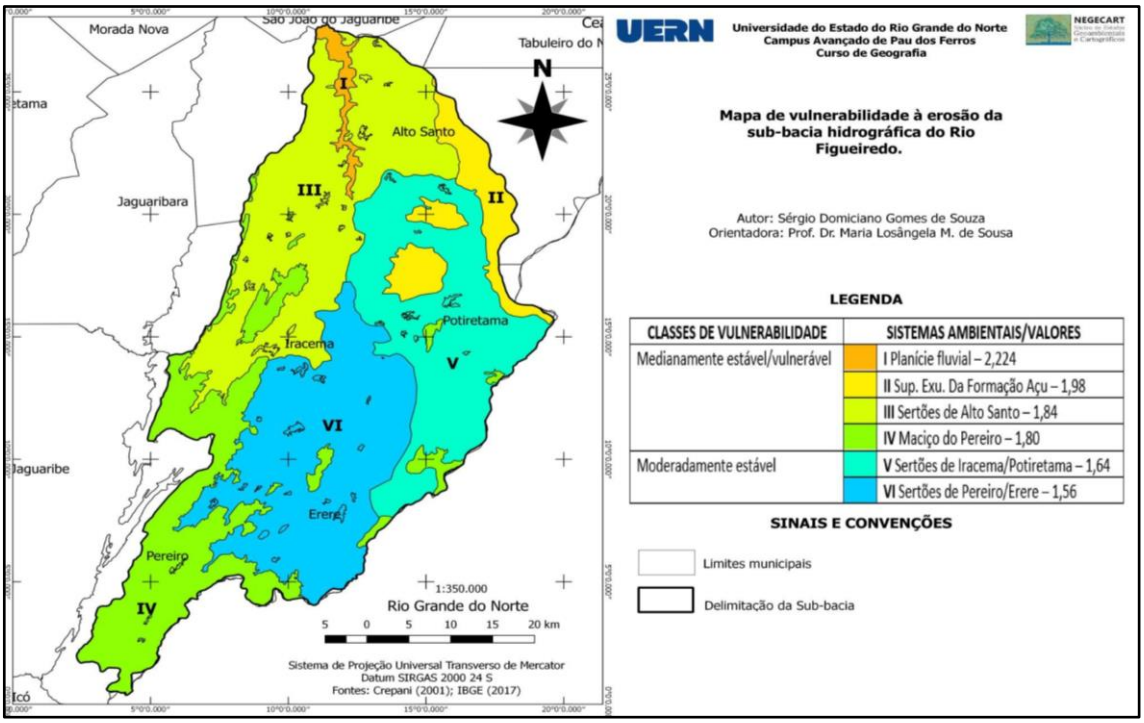


Figura 3: Mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo dos sistemas ambientais da sub-bacia hidrográfica do rio Figueiredo, Ceará
Fonte: SOUZA, SOUZA e SOUSA (2021).

3. Proposta metodológica de indicador de erosão do solo como subsídio à identificação da suscetibilidade à desertificação no semiárido brasileiro

Como demonstrado na aplicação da análise da vulnerabilidade natural à perda de solo na Sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo e a natureza teórica desse modelo metodológico, torna-se importante sua incorporação em pesquisas sobre a suscetibilidade à desertificação no semiárido brasileiro.

Do ponto de vista metodológico, são as bacias hidrográficas as unidades territoriais mais compatíveis para este tipo de pesquisa, uma vez que, dada suas extensões no longínquo território brasileiro, possuem a condição ideal para as escalas assinaladas na metodologia. Outrossim estas áreas resguardam as condições geoambientais mais harmônicas de todas as unidades territoriais que se queira pesquisar, pois é onde cada elemento, desde o substrato rochoso à vegetação que o cobre, estão dispostos sistematicamente em arranjo natural.

Por essa natureza, se considerarmos a acepção teórica da desertificação, consensuada pela Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD), como sendo um fenômeno de degradação das terras áridas e semiáridas, na qual a degradação dos solos se apresenta como um dos fatores fragilizados (BRASIL, 2004), requer em seu estudo, a consideração de indicadores que congreguem os solos como um elemento importante.

Conforme Matallo Junior (2001), o fato de os sistemas de indicadores, criados já nos fins do século XX, e que estão em constante aprimoramento pela dificuldade metodológica *vis a vis* a própria complexidade da desertificação, soma-se ainda as dificuldades de acesso a informações em contextos geográficos como o Brasil, para aplicar indicadores que foram criados em outros contextos, requerendo maior esforço para aprimoramento e redução das assimetrias.

Nos indicadores propostos por Abraham e Beeckman (2006), que são um marco teórico para a América do Sul, alguns dos indicadores delineados possuem limitações quanto a aplicabilidade - dados, monitoramento, custeio - no que diz respeito aos procedimentos metodológicos, como é o caso do indicador de solos que possui como uma das variáveis a erosão hídrica.

Para superar esse imbróglio, propomos a incorporação da metodologia da análise da vulnerabilidade natural à perda de solo, uma vez que se ampara em princípios teóricos que reconhece a dinâmica e a perspectiva holística do ambiente, além de estar, por essa razão, intimamente relacionada a natureza sistêmica da desertificação como uma degradação ambiental resultante de fatores naturais, fundamentalmente, sob o agravante da condição humana.

Tal qual foi trabalhado no estudo de caso mencionado da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo, é preciso trabalhar e aprimorar o indicador de erosão em associação com outros indicadores, embora a vulnerabilidade natural à perda de solo se ampare em uma análise

geoambiental, mas requer considerar outras variáveis, como a interferência humana, que incide em maior ou menor grau na vulnerabilidade à processos naturais e degradantes.

4. Considerações Finais

Os estudos ambientais, tem requerido metodologias cada vez mais sofisticadas e condizentes com o objeto e tema de estudo. Dessa forma, em se tratando das pesquisas sobre a vulnerabilidade de áreas à desertificação, esbarramos na necessidade de aprimorar os procedimentos metodológicos para que sejam capazes de subsidiar a compreensão do fenômeno em sua complexidade.

Desse modo, o indicador de erosão, por possuir a dificuldade de ser aplicado em determinados contextos geográficos como o semiárido brasileiro, e pela carência de informações, conforme sugeridas pelos referenciais clássicos dos sistemas de indicadores, necessita de constante aprimoramento.

Portanto, pelos resultados expostos no estudo de caso aludido para sustentar a validade da proposta, considerando as condições da sub-bacia, a vulnerabilidade natural à perda de solo, tem se demonstrado como uma metodologia capaz de atingir as lacunas metodológicas do indicador, uma vez que se ampara na compreensão holística da dinâmica do ambiente, e se utiliza das ferramentas de geoprocessamento. Ao passo que, como já utilizado na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo, poderá servir de subsídio aos estudos de indicadores de desertificação no semiárido brasileiro.

Referências

ABRAHAM E. M.; BEEKMAN, G. B. **Indicadores de la Desertificación para América del Sur**. Editorial Martín Fierro. Mendonza: 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca** (PAN-BRASIL). Brasília: Edições MMA, 2004.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SB.24/25 Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro, 1981. (Levantamento de recursos naturais).

CREPANI, E. *et. al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CEARÁ. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). **Calendário de chuvas do estado do Ceará**. 2019. Disponível em: http://www.hidro.ce.gov.br/hidro-ce-zend/app/pagina/show/186. Acesso em: 15 out. 2020.

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação**: histórico e perspectivas. Brasília: UNESCO, 2001.

NASCIMENTO, F. R. do. **O fenômeno da desertificação**. Goiânia: Ed. UGG, 2013.

ROSS, J. L. S. Análise empírica das fragilidades dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia,** V. 8, 63-74. 2011.

SOUSA, M. L. M. de. **Diagnóstico Geoambiental da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará:** Subsídios ao Planejamento Ambiental. 2012. 144p. Dissertação (Mestrado e Geografia) – Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, 2012.

SOUZA, S. D. G. de; SOUZA, A. C. N. de; SOUSA, M. L. M. de; Na interface do embasamento, solos e cobertura: a suscetibilidade à desertificação da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará. **Caderno de Geografia**, Minas Gerais, v. 31 n. 66, p. 682-701, 2021.

TRICART, J. **Ecodinâmica**, Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

O uso da Cromatografia de Pfeiffer como ferramenta para avaliação do manejo agroecológico do solo em uma propriedade agrícola no município de Boqueirão – PB

Antônio Marques Carneiro
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
antonio.carneiro@aluno.uepb.edu.br

Jean Oliveira Campos
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
jeannolliveira@gmail.com

Resumo
A Cromatografia Circular de Pfeiffer é vista como uma ferramenta utilizada para separação física de misturas complexas com potencial para retratar de forma holística os atributos biológicos do solo, propiciando o monitoramento de manejos agroecológicos. Objetivou-se aqui avaliar a qualidade do solo de um agroecossistema de base familiar no município de Boqueirão – PB, no intuito de orientar a tomada de decisões no que diz respeito aos manejos empregados. O delineamento da pesquisa está de acordo com (Pfeiffer, 1980), e foi adaptada à óptica de condução para o campesinato. As amostras de solo foram coletadas à profundidade de 0-20cm, com trado holandês secas à sombra e triadas. Duas soluções foram utilizadas em etapas distintas da condução: dispersante (NaOH) e foto reativa (AgNO3). Foi utilizado papeis filtro JPLAB 15cm, que foram preparados para produção dos cromatogramas. As amostras passaram por um processo de agitação intercalado com período de repouso: 15min, 1h e 6h. Os resultados mostraram boas revelações dos cromas, que permitiram inferir os principais indicadores de cada área. A partir das interpretações que a cromatografia permite, verificou-se que o croma C apresenta os melhores resultados em termos de saúde do solo, uma vez que expressou alta atividade enzimática. Por outro lado, os cromas A e B não expressaram boas condições, evidenciando a necessidade de alterações no quadro de manejo.

Palavras-Chave: Saúde do solo; Etnopedologia; Agroecossistemas.

1. Introdução

A experiência acumulada a partir de estudos sobre a avaliação da qualidade do solo mostrou a expressiva sensibilidade dos indicadores biológicos para apresentar diferenças entre os manejos empregados nos solos (AZIZ; MAHMOOD; ISLAM, 2013; LIU *et al.*, 2015; PAZ-KAGAN *et al.*, 2014; ROUSSEAU *et al.*, 2013). De acordo com Cardinale et al. (2012) atributos biológicos do solo indicam processos ecológicos que promovem serviços ecossistêmicos. Sua compreensão depende das metodologias integradas para avaliar, quantificar, e mapear os serviços ecossistêmicos gerados (PRADO *et al.*, 2016).

Diante disso, o monitoramento da fertilidade do solo pode auxiliar agricultores na tomada de decisão sobre as práticas de manejo a serem adotadas. Dessa forma, verifica-se a importância dos métodos simples e acessíveis de análises de solo que auxiliem agricultores no

monitoramento do solo e na tomada de decisão sobre os manejos empregados (BEZERRA, 2018).

Estudos desenvolvidos em áreas agrícolas têm evidenciado a CCP como um método capaz de expressar indicadores físicos, químicos e biológicos do solo, em razão disso, para Feliciano (2018), Graciano et al. (2020) e Melo et al. (2019) a CCP se apresenta como uma ferramenta eficiente para análise da qualidade do solo. Sendo, portanto, uma tecnologia de baixo custo, de fácil replicação e acessível aos agricultores para auxiliar no monitoramento dos atributos do solo decorrentes dos manejos empregados. Em função disso, se evidencia como um importante instrumento para avaliar a "saúde dos solos" (BEZERRA, 2018; FAGUNDES, 2013; RIVERA; PINHEIRO, 2011).

Através da CCP é possível obter uma orientação rápida sobre a qualidade dos solos (PFEIFFER, 1959). Com o uso dessa ferramenta, se tem como produto final uma imagem, em formato circular que releva de maneira ampla e multidimensional as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. As principais características apresentadas na imagem e que funcionam como base para a avaliação são: cor, forma e harmonia das mesmas (PERUMAL; ANANTHI; ARUNKUMAR, 2016; RIVERA; PINHEIRO, 2011). Características socioeconômicas das propriedades e suas formas de uso também são fatores importantes a serem considerados na análise dos resultados.

A região Nordeste do Brasil destaca-se como uma das regiões com maior número de propriedades agrícolas de base familiar do país (COÊLHO, 2010). Parte delas são usuárias de manejos agroecológicos, visando a sustentabilidade do agroecossistema e com isso, reduzir os danos ao meio ambiente. Na Paraíba, por sua vez, o manejo agroecológico tem sido adotado nas diversas regiões do Estado, o que tem resultado em melhores condições socioeconômicas e ambientais nas propriedades (ALVES; CÂNDIDO; CAROLINO, 2016). Em vista disso, se faz necessário um contínuo monitoramento dessas condições, visando a efetiva aplicação de práticas agroecológicas.

Diante do exposto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade do solo de um agroecossistema de base familiar no município de Boqueirão – PB, através da Cromatografia de Pfeiffer, no intuito de orientar a tomada de decisões no que diz respeito ao manejo da propriedade.

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida em um agroecossistema de base familiar localizado no município de Boqueirão, estado da Paraíba, na mesorregião da Borborema e na microrregião do Cariri Oriental (Fig. 1).

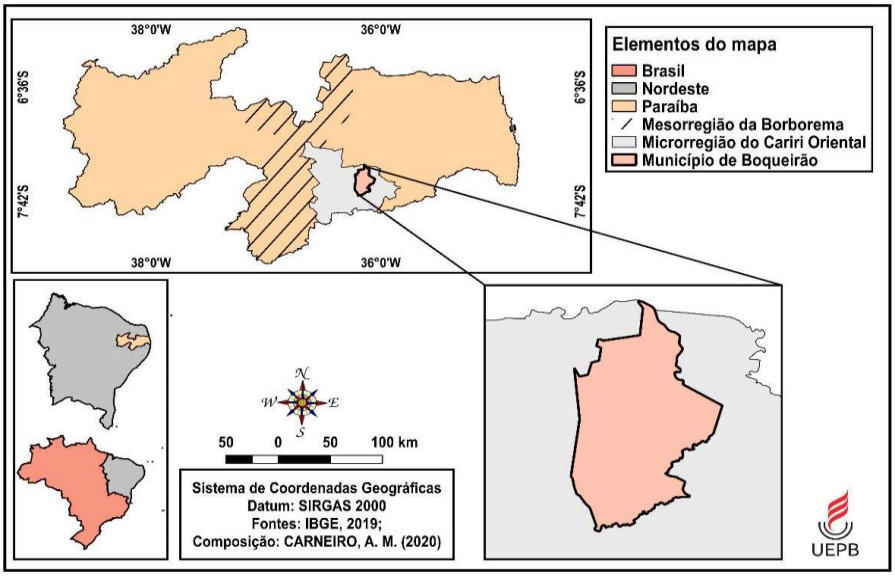


Figura 1: Localização do município de Boqueirão no estado da Paraíba
Fonte: Autoria própria.

Com uma população de 16.888 habitantes, o município em 2018 atingiu o PIB per capita de R$ 11.674,69 (IBGE, 2011, 2020). Porém, o núcleo da economia das zonas semiáridas é a agricultura familiar, visto que, essa atividade está baseada nos saberes e técnicas populares, contribuindo decisivamente para a reprodução de expressiva parcela da população local. Esta pesquisa se fomenta dentro do Núcleo de Extensão Rural (NERA) e o Centro Vocacional Tecnológico (CVT).

2.2 Coleta de Dados

As coletas das amostras de solo para Cromatografia de Pfeiffer foram realizadas em uma propriedade rural: Sítio Rodeadouro; atualmente em transição agroecológica no município de Boqueirão-PB. Amostras deformadas, foram coletadas a uma profundidade de 0-20 cm com auxílio de trado holandês, devidamente identificadas e secas à sombra. As áreas de coleta foram definidas como: Mata, Área degradada, e Área Cultivada em processo de recuperação após a intervenção de manejo agroecológico.

2.3 Cromatografia de Pfeiffer

Todos os passos de condução da técnica e interpretação dos cromatogramas estão de acordo com Pfeiffer (1980), adaptados por Rivera e Pinheiro (2011). No entanto, a metodologia foi modificada pensando no uso desta ferramenta por agricultores familiares. Para tanto, todos os utensílios laboratoriais visto na descrição metodológica da cromatografia foram substituídos por materiais de fácil acesso, como: Tampas de potes de plástico ou garrafas PET, tampas de garrafas, pilões de madeira, peneiras plásticas, para melhor acessibilidade do agricultor em substituição as vidrarias de laboratório.

2.4 Preparo das amostras

As amostras de solos foram secas à sombra por um período que varia com a condição do solo (solos pouco úmidos: um a dois dias; solos mais úmidos: uma semana). As amostras, foram peneiradas e maceradas utilizando-se pilão de madeira (rinsado a seco a cada maceração) até que chegassem a uma consistência de pó (talco). Em seguida foram devidamente peneiradas (utilizado peneira 2mm) e pesados cinco gramas (5g) em copos de plástico descartáveis para adição dos reagentes (Fig.2).

Os reagentes utilizados na Cromatografia de Pfeiffer são: 1) dispersante: NaOH (Hidróxido de Sódio ao volume de 1%); e 2) foto reativo: $AgNO_3$ (Nitrato de Prata ao volume 0,5%).

O primeiro reagente foi adicionado ao copo plástico contendo o solo pesado e peneirado e para solubilizar/suspender as partículas, as amostras foram agitadas em sentido horário (seis vezes) e em sentido anti-horário (seis vezes) alternadamente (6x□□6x), repetindo por seis vezes este processo em três momentos distintos, com intervalo de 15min e 1hora. Posteriormente à última agitação efetuada após descanso de 1 hora, as amostras devem ser deixadas em repouso por um intervalo mínimo de 6 horas.

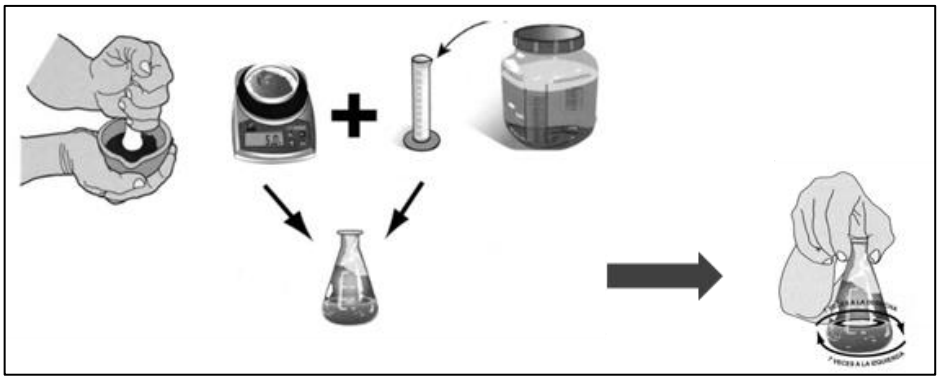


Figura 2: Preparo das amostras de solo.
Fonte: Rivera e Pinheiro (2011).

2.5 Preparo dos papéis filtro

Durante o intervalo de repouso por 6 horas da solução de solo procedeu-se à preparação/impregnação dos cromas. Nos papéis filtro do tipo qualitativo de filtração rápida (JP 41, Faixa Preta, 15cm Ø, porosidade 23µm) foram feitas 3 demarcações: 0cm, 4cm e 6cm (do centro para borda) com auxílio de uma agulha. Estas marcas são importantes para controle da cromatografia em duas etapas.

Em seguida foram feitos capilares, usando do mesmo papel, cortados em 2cm x 2cm e inseridos na marcação central do papel filtro. Este aparato foi colocado sobre uma tampa plástica contendo 3mL da solução 2, deixando em contato com esta apenas o capilar (Fig.3). Após a solução subir por capilaridade e atingir a marcação de 4cm, o aparato foi desmontado e os papéis filtro foram secos no escuro por três horas até o momento da segunda impregnação (DOMINGUES *et al.*, 2018; RIVERA; PINHEIRO, 2011).

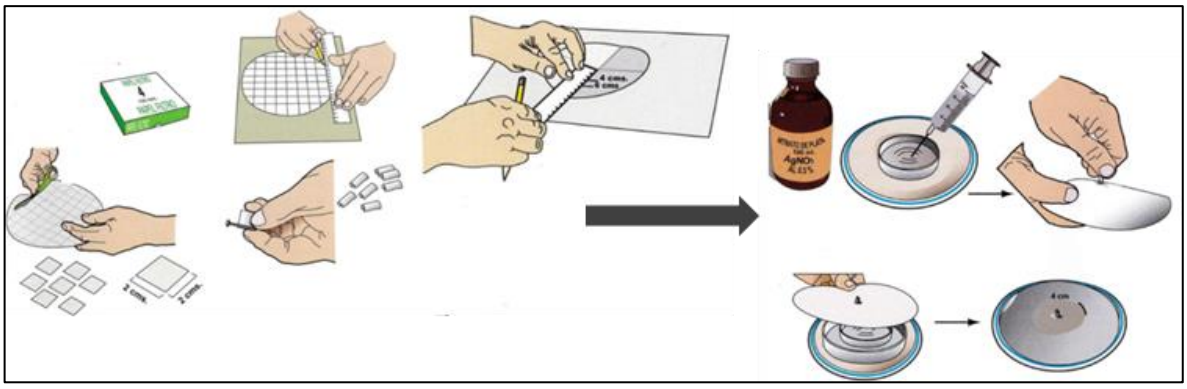


Figura 3: Preparo do papel filtro e impregnação com Nitrato de Prata.
Fonte: Adaptado de Rivera e Pinheiro (2011).

2.6 Revelação dos Cromatogramas

Após o intervalo de seis horas, cuidadosamente foi retirado, com uma seringa, 3mL do sobrenadante da solução com solo e colocado numa tampa plástica. Montou-se um novo aparato com um capilar limpo e o papel filtro previamente impregnado com a solução 2 e foi colocado sobre a tampa permitindo o contato entre a solução e o capilar. Após o sobrenadante atingir a marca de 6 cm no papel filtro (Fig. 4) o aparato foi desmontado e o papel filtro colocado à luz indireta para a revelação do croma. Este processo pode variar entre 3 a 10 dia, porém no primeiro dia já é possível ver o padrão de cores e formas.

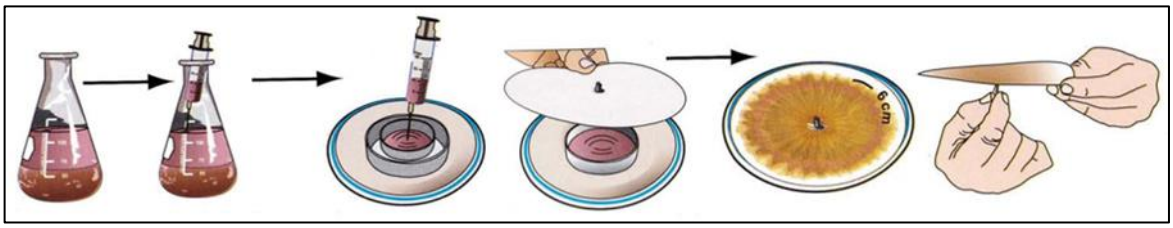


Figura 4: Revelação das amostras nos cromatogramas.
Fonte: Adaptado de Rivera e Pinheiro (2011).

2.7 Interpretação dos Cromatogramas

Todos os padrões obtidos nos cromatogramas após finalmente revelados, consistiram em quatro zonas características de um cromatograma ideal (Fig. 5): ZC (Zona Central); ZM (Zona Medial ou Interna, também conhecida como Zona Mineral), ZE (Zona Externa) e ZP (Zona Periférica) dos quais podem ser vistos formas tomadas em raios por meio do deslocamento de partículas que culminam em canais (Fig. 6).

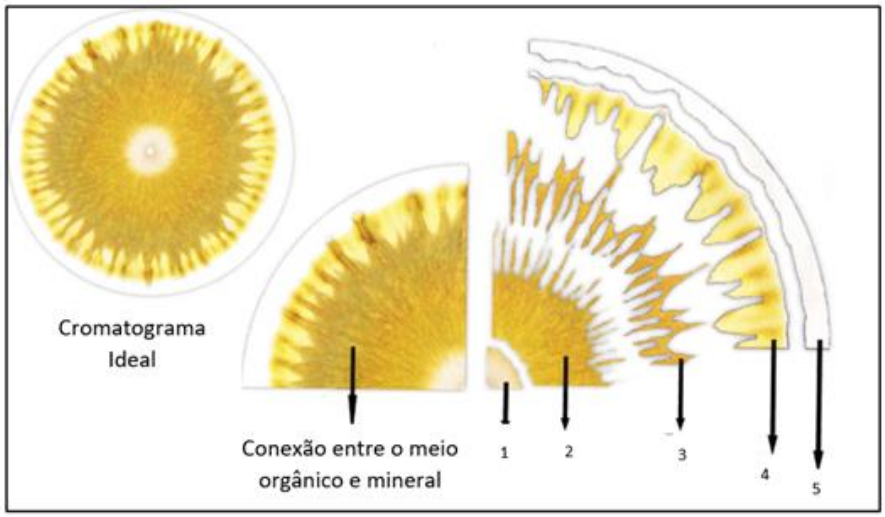


Figura 5: Ilustração de um cromatograma ideal e as respectivas zonas: (1) Zona Central, (2) Zona Interna, (3) Intermediária, (4) Zona Externa, (5) Zona Periférica.
Fonte: Adaptado de Rivera e Pinheiro (2011).

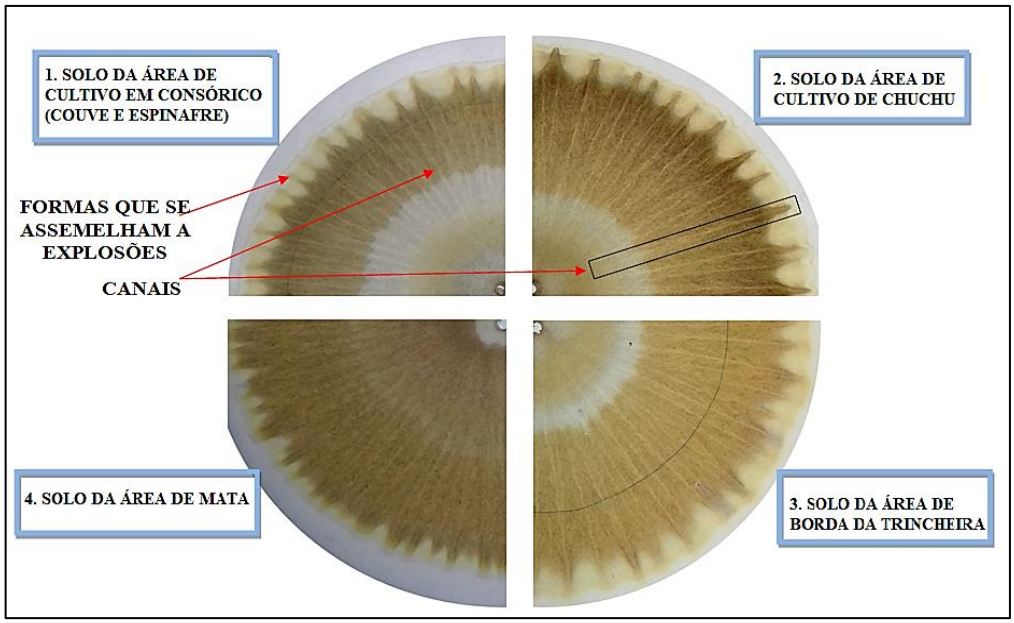


Figura 6: Formas tomadas por meio de canais.
Fonte*:* Autoria própria.

3. Resultados e Discussão

A Cromatografia de Pfeiffer é caracterizada como método de descrição da qualidade do solo, pois permite identificar a performance da biologia edáfica e sua interação à física, e a química do solo (estrutura e mineralização da MOS). Dessa forma, se avalia a cromatografia por meio das reações químicas, físicas e biológicas, podendo ser relacionadas com os aspectos ecológicos do local (BEZERRA, 2018; FELICIANO, 2018; PRADO *et al.*, 2016).

3.1 Caso: Sítio Rodeadouro

Os cromatogramas foram organizados sob a ótica de um solo não saudável "**A**" para um solo que se apresenta integralmente saudável "**C**" (Fig. 7). O cromatograma **A** (mata) são áreas que usualmente são destinadas ao pastejo dos animais, o que vai de contra a imagem de área preservada que tomamos conhecimento. Desse modo, a configuração dos padrões de cores e formas (anéis e canais) se apresentam diferentes das áreas: cultivadas, degradadas, ou definidas em estado de recuperação.

O croma A apresenta-se de forma homogênea que impossibilita a identificação das demais zonas, esta conformação não é vista nos cromas **B** e **C**. O solo da mata, possuía cor pouco escura, uma característica de solos com pouca disponibilidade de MO, e, portanto, identificado como compactado, mesmo sendo esse efeito de ocorrência natural, pode ser intensificado pela ação do forrageio animal. Frente a caracterização do local, a baixa

disponibilidade de oxigênio e água, não favorece muitos dos processos microbianos importantes à fertilidade do solo.



Figura 7: Cromatogramas de amostras de solos do sítio Rodeadouro: **A (mata); B (área degradada); C (área cultivada em recuperação).**
Fonte: Autoria própria.

O padrão de cor escura da zona central (ZC) se deve a reação da solução de solo + NaOH com o $AgNO_3$ que para Pinheiro, (2011), as substâncias orgânicas e ou minerais carreados pelo NaOH (solução 1) sofrem uma rápida ação com o $AgNO_3$ (solução 2), formando AgOH (*Hidróxido de Prata)* e posteriormente Ag_2O (*Óxido de Prata).* Se o solo não tem metabolismo aeróbico devido à baixa disponibilidade de aceptores de elétrons, irão se acumular substâncias tóxicas aos organismos presentes na rizosfera.

Se identificamos tal coloração logo na ZC é devido ao resultado da falta de oxidação dos minerais, ação fermentativa ou respiratória (BEZERRA, 2018; DOMINGUES *et al.*, 2018; FELICIANO, 2018; SIQUEIRA; MARQUES; FRANCO, 2017).

Quando comparados, o croma **A** mostra-se distinto dos cromas **B** e **C** (Fig. 7) dado a ausência da zona intermediária, bem como, a zona externa quase imperceptível, os pequenos canais nessa zona não se integram com as demais do cromatograma, denotando no croma **A** um padrão homogêneo destacado por Rivera e Pinheiro (2011) como indicativo de baixa qualidade vital do solo.

Ainda na extração das amostras, quando a marca de 6 cm é atingida pelo deslocamento da solução de Solo + NaOH, mesmo que desmontado o aparato em que se encontra a solução, o corrimento continua em detrimento do efeito da capilaridade, logo, o deslocamento das partículas não é interrompido, e tal efeito continua a ocorrer, se revelando no papel filtro a zona final do cromatograma (zona externa).

O croma **A**, portanto, não apresenta padrão distinguível como na Fig. 5 em sua zona externa, devido a ineficiência do metabolismo microbiano sobre a matéria orgânica no solo. As causas dessa configuração, estão relacionadas a dinâmica a qual a área é colocada, sendo a Mata uma área não preservada, avulsa aos manejos e utilizada, quase que exclusivamente para o pastejo dos animais da propriedade.

Tal atividade culmina na diminuição da vegetação local, pressão das patas do animal que intensificam o processo de compactação do solo, e como consequência haverá a diminuição de processos metabólicos importantes para a decomposição da matéria orgânica, promovida pelo metabolismo aeróbio da microbiota do solo. Logo, não havendo a disponibilidade de oxigênio suficiente, ocorre uma deflação da macro/microbiota.

A ideal atividade dos microrganismos no solo, argumentado por Siqueira, Marques e Franco (2017) faz expressar substâncias complexas de alto peso molecular ativas do solo que no cromatograma tendem a revelar formas parecidas com: nuvens; pétalas e ondas que caracterizam a zona enzimática (ZE).

Bezerra (2018) explica que a configuração desta zona se dá ao valor biológico e as reservas nutricionais revelando a vitalidade dos solos. O croma **A**, no entanto, não apresenta característica semelhante que possa inferir a acuidade da área de mata, sendo então um local de baixa qualidade vital.

Já o padrão radial do croma **B** também se apresenta diferente em consoante aos cromatogramas **A** e **C** (Fig. 7). A zona externa que versa sobre a condição enzimática, revelou no cromatograma uma borda lisa, referente a baixa atividade biológica no solo, em contraste, é possível notar um padrão heterogêneo das zonas no cromatograma **B**.

O cromatograma **B** (Fig. 7) representa amostra de solo coletada abaixo de uma planta de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.). O solo apresentou características semelhantes às vistas na área de mata, sobre a estrutura de solo. O croma apresentou um padrão de cor mais escura que o croma **A**, devido a integração de matéria orgânica, cuja incorporação ocorre, possivelmente, através das folhas de Algaroba em decomposição.

Tais indicativos podem explicar o padrão radial e heterogeneidade das zonas. Comparando o croma B com o croma A, vê-se que a zona central de ambos os cromatogramas é distinta, em cor e tamanho, sendo esta uma característica visual que pode ser facilmente observada (Fig. 7A e Fig. 7B).

A área em recuperação (**C**) do sítio Rodeadouro, (área de cultivo ecológico integrado), os seguintes cultivares foram identificados: mamão, macaxeira, batata entre outros plantados conjuntamente. A prática de consorciamento, é uma estratégia agroecológica de manejo do solo, devido a relação ecológica intraespecífica haverá um beneficiamento da flora, e da microfauna do solo. No cromatograma, interpretamos essa relação ao observar a radiação (características da ramificação) que ocorrem em forma de setas e/ou "flechas" sobrepostas de forma mais ou menos perceptível, podendo ser desde a zona central à extremidade do croma, que sendo de coloração com tom amarelo-dourado e quanto mais diversa e integrada de forma harmônica às outras zonas, maior é a qualidade mineralógica e vida do solo (BEZERRA, 2018; FELICIANO, 2018; RIVERA; PINHEIRO, 2011).

A Zona Interna do croma **C** (Fig. 7C) mostra-se bem integrada com as demais zonas, partindo da zona central, até a zona externa, sendo pontuado por Pinheiro (2011), como o metabolismo primário e secundário, devido a largura e extensão dos canais. Dessa forma, podem ser visualizadas pontas de flechas minúsculas que partem da zona central à zona externa e são sobrepostas umas às outras (BEZERRA, 2018).

A conformação tomada na finalização do cromatograma (Zona externa e periférica) em muito explica a vida do solo, assim sendo, o croma **C** apresenta uma boa diversidade de formas semelhantes a explosões em nuvens que reflete a alta a atividade enzimática do solo coletado, que é reforçado ainda na integralidade das zonas em que as condições são reveladas através das formas e cores apresentadas na análise cromatográfica.

4. Considerações Finais

Conclui-se que a área C apresenta os melhores resultados em termos de qualidade do solo, uma vez que a análise do croma indicou alta atividade biológica. Ao mesmo tempo, a realidade observada evidencia a importância do manejo agroecológico implantado na área para a manutenção da saúde do solo.

Por outro lado, os cromas A e B, não apresentaram boas condições na saúde do solo, o que demonstra que as áreas analisadas necessitam de alterações no quadro de manejo. Nesse sentido, o emprego de um manejo adequado, visando a conservação do solo, pode levar essas áreas a experimentarem melhores condições. Por fim, considera-se a Cromatografia de Pfeiffer com uma ferramenta holística, de fácil acesso e baixo custo, que se torna importante para a autonomia do campesinato no acompanhamento da propriedade agrícola.

Referências

ALVES, A. P.; CÂNDIDO, G. A.; CAROLINO, J. A. Sustentabilidade em Agroecossistemas Familiares: Uma aplicação do MESMIS junto a produtores de hortifrutigranjeiros na microrregião de Sapé-PB. *In*: CÂNDIDO, G. A.; LIRA, W. S. (org.). **Indicadores de Sustentabilidade para Agroecossistemas: Aplicações em diversos tipos de cultivo e práticas agrícolas no estado da Paraíba**. Campina Grande: EDUEPB, 2016. p. 161–204.

AZIZ, I.; MAHMOOD, T.; ISLAM, K. R. Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. **Soil and Tillage Research**, v. 131, p. 28–35, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2013.03.002. Acesso em: 4 abr. 2021.

BEZERRA, P. L. **Implantação de sistemas agroflorestais na agricultura familiar: um caminho para a transição agroecológica**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Araras, 2018.

CARDINALE, B. J.; DUFFY, J. E.; GONZALEZ, A.; HOOPER, D. U.; PERRINGS, C.; VENAIL, P.; NARWANI, A.; MACE, G. M.; TILMAN, D.; WARDLE, D. A.; KINZIG, A. P.; DAILY, G. C.; LOREAU, M.; GRACE, J. B.; LARIGAUDERIE, A.; SRIVASTAVA, D. S.; NAEEM, S. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 59–67, 2012. Disponível em: http://www.nature.com/articles/nature11148. Acesso em: 20 abr. 2021.

COELHO, J. D. **Informe rural ETENE: Agricultura familiar no Nordeste**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2010.

DOMINGUES, S.; FAEDO, L.; FARINA, É.; CONTINI, R.; GABARDO, G.; BONADIMAN, A. Revisão da cromatografia de pfeiffer como método de avalição qualitativa de solos. **Revista da 15a Jornada de Pós graduação e Pesquisa**, v. 15, n. 15, p. 1471–1479, 2018. Disponível em: http://revista.urcamp.tche.br/index.php/rcjpgp/article/view/2921/2030. Acesso em: 5 maio. 2021.

FAGUNDES, A. V. W. Cromatografia como indicador da saúde do solo. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 1–4, 2013. Disponível em: http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/14447/9307. Acesso em: 10 jun. 2021.

FELICIANO, C. A. **Avaliação da qualidade do solo em dois diferentes sistemas de manejo orgânico e convencional**. 2018. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente) - Universidade de Araraquara - UNIARA, Araraquara, 2018.

GRACIANO, I.; MATSUMOTO, L. S.; DEMÉTRIO, G. B.; PEIXOTO, E. C. T. M. Evaluating Pfeiffer Chromatography for Its Validation as an Indicator of Soil Quality. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 3, p. 420–446, 2020. Disponível em: http://www.macrothink.org/journal/index.php/jas/article/view/16336. Acesso em: 4 jun. 2021.

IBGE. **Censo Demográfico 2010: Características da população e dos domicílios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

LIU, Z.; ZHOU, W.; LI, S.; HE, P.; LIANG, G.; LV, J.; JIN, H. Assessing soil quality of gleyed paddy soils with different productivities in subtropical China. **CATENA**, v. 133, p.

293–302, 2015. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0341816215300369. Acesso em: 15 abr. 2021.

MELO, D. M. A. de; REIS, E. F. dos; COARACY, T. do N.; SILVA, W. A. O. da; ARAÚJO, A. E. Cromatografia de pfeiffer como indicadora agroecológica da qualidade do solo em agroecossistemas. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, n. 1, p. e7653, 2019. Disponível em: https://www.seer.ufal.br/index.php/era/article/view/7653. Acesso em: 2 jun. 2021.

PAZ-KAGAN, T.; SHACHAK, M.; ZAADY, E.; KARNIELI, A. Evaluation of ecosystem responses to land-use change using soil quality and primary productivity in a semi-arid area, Israel. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 193, p. 9–24, 2014. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880914002412. Acesso em: 28 maio. 2021.

PERUMAL, K.; ANANTHI, S.; ARUNKUMAR, J. Innovative and simplest alternative analytical technology (AAT) for testing soil nutrients. **Journal of Soil Science Research**, v. 1, n. 1, p. 22–31, 2016. Disponível em: https://www.tsijournals.com/abstract/innovative-and-simplest-alternative-analytical-technologyaat-for-testing-soil-nutrients-9352.html. Acesso em: 15 maio. 2021.

PFEIFFER, E. Eine qualitative chromatographische Methode zur Bestimmung biologischer Werte. **Lebendige Erde**, v. 5, p. 205, 1959.

PFEIFFER, E. **Chromatography Applied to Quality Testing: The Art and Science of Composting**. Wyoming, Rhode Island: Bio-Dynamic Literature, 1980.

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; MONTEIRO, J. M. G.; SCHULER, A. E.; VEZZANI, F. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, A. P. de; VIANA, J. H. M.; PEDREIRA, B. da C. C. G.; MENDES, I. de C.; REATTO, A.; PARRON, L. M.; CLEMENTE, E. de P.; DONAGEMMA, G. K.; TURETTA, A. P. D.; SIMÕES, M. Current overview and potential applications of the soil ecosystem services approach in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1021–1038, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2016000901021&lng=en&tlng=en. Acesso em: 25 maio. 2021.

RIVERA, J. R.; PINHEIRO, S. **Cromatografía: imagenes de vida y destrucción del suelo**. Colômbia, Cali: Impressora Feriva, 2011.

ROUSSEAU, L.; FONTE, S. J.; TÉLLEZ, O.; VAN DER HOEK, R.; LAVELLE, P. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. **Ecological Indicators**, v. 27, p. 71–82, 2013. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X12004086. Acesso em: 25 fev. 2021.

SIQUEIRA, J. B.; MARQUES, G. dos S.; FRANCO, F. S. Construção de Conhecimento Agroecológico Através da Experimentação da Cromatografia de Pfeiffer, uma Análise Qualitativa dos Solos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2017. Disponível em: http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/21618. Acesso em: 15 mar. 2021.

Uso e ocupação da terra no semiárido baiano: estudo de caso do município de Santaluz (BA)

Gabriel Carneiro Silva Cunha
Licenciatura em Geografia, UNIVASF
gabriel.carneiro@discente.univasf.edu.br

Felipe de Souza Reis
Licenciatura em Geografia, UNIVASF
felipesouzareis01@gmail.com

Sirius Oliveira Souza
Colegiado do curso de Licenciatura em Geografia, UNIVASF
sirius.souza@univasf.edu.br

Resumo
O entendimento dos múltiplos usos e ocupações da terra em ambientes semiáridos é um elemento fundamental no que diz respeito a estruturação e organização do espaço. Diante disto, este trabalho objetiva analisar a dinâmica do uso e ocupação da terra no município de Santaluz (BA) a partir de técnicas de sensoriamento remoto. Os procedimentos metodológicos deste trabalho pautaram-se nas análises de imagens orbitais do satélite CBERS 4A atinentes ao ano de 2020, estas, integradas e processadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica por meio da classificação supervisionada. Os resultados evidenciaram a preeminência da classe caatinga parque, ocupando mais de 50% da malha territorial da área em estudo como também permitiram a identificação dos mais diversos usos e ocupação da terra em Santaluz. Por fim, destaca-se a relevância deste estudo frente à inexistência de produções científicas que versem sobre o mapeamento do uso e ocupação da terra no referido município, além de subsidiar políticas voltadas ao planejamento ambiental e territorial.

Palavras-Chave: Planejamento Ambiental; Semiárido; Sensoriamento Remoto

1. Introdução

A paisagem terrestre é uma herança de processos de atuação remodeladora pelo qual processos fisiográficos, biológicos e antrópicos são responsáveis por estas transformações no espaço geográfico. Diante disto, destaca-se a realidade que todos possuem parcela de responsabilidade no que diz respeito a utilização não predatória da paisagem terrestre. Por isso, as limitações de uso e ocupação da terra devem ser compreendidas com o propósito de manter o equilíbrio fisiográfico e ecológico (AB'SABER, 2003).

Nesse contexto, exemplos de desequilíbrios nos usos dos recursos ambientais, tais como o desmatamento da vegetação nativa, práticas agrícolas desacertadas, queimadas e os processos erosivos podem ser considerados sequelas severas ao meio ambiente. O avanço destes processos degradantes pode provocar irreversíveis impactos no cenário ambiental, uma vez que o solo permanece cada vez mais vulnerável, sobretudo, em função da ação antrópica, que representa

o principal indicador da degradação em ambientes semiáridos (SAMPAIO, ARAÚJO E SAMPAIO 2005; BRASILEIRO, 2009).

No tocante ao diagnóstico dos alarmantes vetores supracitados, vale salientar o estudo analítico da dinâmica do uso e ocupação da terra enquanto um instrumento a fim de conhecer melhor estas transformações da paisagem. Nesse sentido, o sensoriamento remoto, enquanto um conjunto de técnicas para obtenção de informações acerca de objetos na superfície terrestre sem que haja contato físico entre o sensor e objeto (NOVO e PONZONI, 2001; JENSEN e EPIPHANIO, 2009; MENESES e ALMEIDA, 2012), consiste em uma fonte elementar no que se refere ao entendimento da dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação do solo através de investigações com base em imagens orbitais (FOODY, 2010).

Considerando as potencialidades de análise da superfície terrestre a partir do sensoriamento remoto, Assis et al. (2014), asseveram que estas técnicas contribuem para planejamento ambiental, tendo em vista as repercussões espaciais podem ser entendidas por intermédio destas análises. Nessa perspectiva, notabiliza-se que a compreensão dos fenômenos associados ao uso e ocupação da terra é essencial no que tange à percepção de diversos problemas ambientais, posto que, o uso e a ocupação da terra correspondem as pressões e impactos diretos no meio ambiente (SEABRA et al. 2014).

De acordo com o manual técnico do uso da terra elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), o uso da terra é entendido enquanto o desempenho de atividades substancialmente antrópicas acerca de uma determinada área. Destarte, o uso da terra pode ser descrito a partir da transformação da terra para diversas finalidades, singularmente, como efeito da ação antrópica, ao passo que a ocupação da terra se relaciona a cobertura física distribuída no espaço (YONABA et al., 2021).

Para o IBGE (2013) os levantamentos de uso e cobertura da terra contribuem para análises dos impactos ambientais, seja em decorrência de desmatamentos, mudanças climáticas ou até mesmo em função da degradação por intermédio da ação antrópica. Em vista dessas potencialidades, Souza e Reis (2020), também destacam o mapeamento do uso e ocupação da terra enquanto um meio capaz de constatar de que modo as fragilidades ambientais podem ser atenuadas por meio de políticas públicas de planejamento em ambientes semiáridos.

Em âmbito internacional, pesquisas de mapeamento do uso e ocupação da terra em áreas semiáridas destacaram o intensivo crescimento dos cultivos agrícolas, bem como a degradação do solo em defluência da supressão da vegetação nativa. Isto posto, tais análises podem ser

inferidas a partir dos estudos de Muriithi (2016), Roy e Inamdar (2019) e Yonaba et al. (2021), com pesquisas no Quênia, Índia e Burkina Faso, nesta seguida ordem.

Ainda nessa perspectiva, levantamentos do uso e ocupação da terra no semiárido baiano, evidenciaram, nos municípios de Valente (BA) e Teofilândia (BA) que a deterioração ecossistêmica está intrinsicamente associada as práticas agrícolas, cuja ocorrência tem proporcionado, em determinados locais, a indução de processos de desertificação, agravados pela intensa exposição do solo. Outrossim, ainda se notabiliza a intensa expansão do uso da terra no que diz respeito as práticas agropecuárias (LIMA, SANTOS e RODRIGUES, 2009; BATISTA e SANTOS, 2011).

De modo análogo aos estudos supracitados, Souza e Reis (2020) analisaram o uso da terra no município de Senhor do Bonfim (BA) por meio do diagnóstico com base em imagens orbitais, constatando que no referido município ocorre, de modo preponderante, a classe de caatinga arbustiva. Ademais, o estudo ainda indicou um paulatino crescimento do desmatamento de vegetação nativa, dando lugar aos cultivos agrícolas nos últimos anos.

Considerando as características ambientais denotadas, este trabalho se legitima, em princípio, pela inexistência de estudos concernentes ao uso e ocupação da terra em todo o território de Santaluz (BA), bem como pela relevância dos potenciais análises dos impactos ambientais nos múltiplos usos da terra através deste diagnóstico, com ênfase para o desenvolvimento de práticas agrícolas e atividades de extração mineral. Em face ao exposto, este trabalho objetiva identificar as classes do uso e ocupação da terra no município de Santaluz (BA) a partir de técnicas de geoprocessamento de imagens orbitais dos sensores CBERS atinentes ao ano de 2020.

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área em estudo

O município de Santaluz - BA está inserido no Território de Identidade do Sisal, região que incorpora outros 19 municípios baianos, e localiza-se entre as latitudes 11°10' 05" S e 11° 45' 15" S e as longitudes 39° 23' 11"O e 40° 27" e 10" O, limitando-se a leste com os municípios de Araci e Conceição do Coité, ao norte com os municípios de Cansanção e Nordestina, a oeste com os municípios de Capim Grosso, São José do Jacuípe e Queimadas e ao sul com os municípios de Gavião, São Domingos e Valente, conforme exposto na Figura 1 (SEI, 2016).

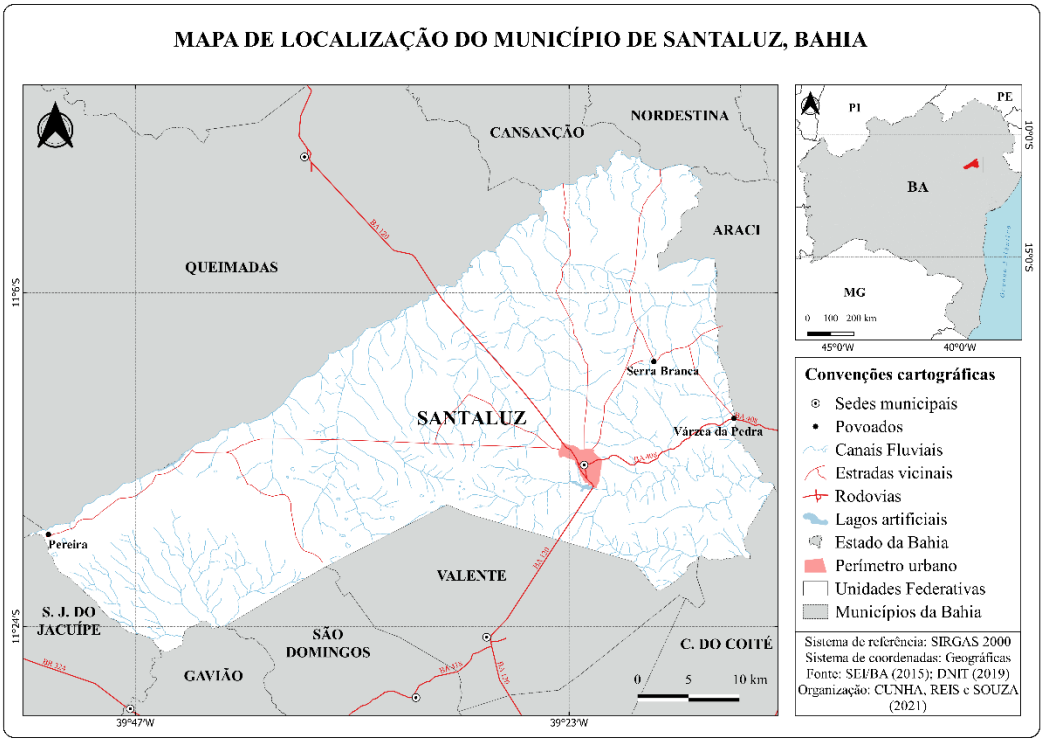


Figura 1: Mapa de localização do município de Santaluz (BA)
Fonte: Autores

Na perspectiva dos dados socioeconômicos, o município em estudo apresenta uma população estimada em 37.531 habitantes e possui uma área 1.623,445 km², portanto, configura-se uma densidade demográfica de 23,1 hab./km². (IBGE, 2020). Tem sua economia alicerçada nas atividades de comércio, serviços, indústria e a exploração de recursos minerais (IBGE, 2010; SEI, 2016).

No que se refere aos aspectos físicos de Santaluz, a tipologia climática da região é tropical semiárida, com pluviometria variando entre 400mm e 500mm e com uma temperatura média anual por volta de 24,2 ºC (SEI, 2016). Tais atributos climáticos contribuíram para que a área em estudo apresente uma hidrografia caracterizada majoritariamente por rios intermitentes, com destaque para os riachos do Saco, da Espera, Itapuã, Bonsucesso, das Onças, Camaíba e Mulungu. Ao passo que a existência de canais fluviais perenes é bem menos presente, ocorrendo a nordeste do município (rio Itapicuru) e a sudoeste (rio Jacuípe) (CPRM, 2005).

Em relação ao contexto geológico, é perceptível que a estrutura do município é bastante complexa, englobando rochas de idades diversas, desde o arqueano ao período quaternário, fazendo parte do contexto geológico do Cráton do São Francisco (RADAMBRASIL, 1983),

com destaque para os litótipos do complexo Caraíbas a oeste do município, uma do complexo Tanque Novo/Ipirá a sudoeste do município e uma do complexo Santaluz na porção central do município, este, com embasamentos vulcanos sedimentares do *greenstone belt* do Itapicuru. Tais características associam-se ao enorme potencial mineral encontrado em Santaluz, e em especial pela ocorrência de ouro, cromita e granito, conforme revelam dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2005; SEI, 2016).

Tais unidades litológicas repercutem morfologicamente na paisagem enquanto uma superfície predominantemente plana, com vasta ocorrência de pedimentos associados ao pediplano sertanejo, interrompido em algumas áreas pela ocorrência de inselbergues (RADAMBRASIL, 1983; CPRM, 2005). Tais morfologias, são ocupadas prioritariamente pelas fitofisionomias do domínio vegetal da Caatinga, apesar de uma considerável parcela dessa vegetação nativa ter sido substituída por pastagens e culturas agrícolas, em especial para o cultivo de sisal (SEI, 2016).

2.2 Procedimentos metodológicos

Fundamentados nos objetivos desta pesquisa, os procedimentos metodológicos deste estudo foram divididos em quatro etapas principais: a primeira relativa à revisão de literatura acerca das temáticas de uso e ocupação no semiárido, impactos ambientais em razão do uso inadequado da terra, entre outros; a segunda, referente à obtenção e classificação das imagens orbitais do satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS 4A) nas bases de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); e a terceira etapa, composta pelo levantamento de dados e elaboração do mapa do uso e ocupação. Por fim, a última etapa concernente à análise e discussão dos resultados obtidos. Apresenta-se a seguir os principais procedimentos utilizados:

Em princípio, para elaboração deste mapeamento, foram adquiridas imagens com uma cobertura de nuvens inferior a 20% do satélite CBERS 4A, que consiste em um satélite resultado de uma parceria entre Brasil e China. Tais imagens, operadas a partir do ano de 2020, são disponibilizadas, de modo gratuito, por meio do catálogo de imagens do INPE (2021a). Além disso, destaca-se que as imagens foram adquiridas da Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPF), que se caracteriza pelo fornecimento de imagens com resolução multiespectral de 8 metros e 5 bandas espectrais, operando no intervalo de 0,45 a 0,90µm (INPE, 2021b).

Após o *download* das imagens, em ambiente SIG, por meio do *software* Qgis 3.14, as imagens foram georreferenciadas por meio do sistema de coordenadas UTM, zona 24 Sul, Datum SIRGAS e em seguida, procedeu-se o recorte da área em estudo em todas as imagens utilizadas com base no arquivo vetorial do limite municipal de Santaluz, obtido na base cartográfica da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (2015), e em seguida, a aplicação do mosaico das bandas das imagens CBERS 4A, agrupando desse modo, todas as bandas em uma só imagem por meio dos menus raster<miscelânea<mesclar. Posteriormente, optou-se pela correção radiométrica das imagens e pela composição colorida RGB das bandas espectrais, sendo escolhida a composição R2G1B3, pois esta foi a que melhor representou a área em estudo.

Em continuidade ao processamento, realizou-se a estruturação da camada vetorial para geração dos polígonos amostrais, bem como a criação de um campo na tabela de atributos para identificar as classes. Nesse sentido, é válido frisar que as determinações destas classes foram norteadas conforme as diretrizes do Manual Técnico de Uso e Ocupação da Terra (IBGE, 2013). Em seguida, iniciou-se o processo de classificação supervisionada da composição em falsa cor, que de acordo com o INPE (2021), consiste no processo de extração de informação em imagens com finalidade de reconhecer padrões equivalentes, realizado através do complemento *Orpheu Toolbox* (OTB), referente à classificação de Máxima Verossimilhança.

A seguir, processou-se um comando com finalidade de treinar o algoritmo da classificação por meio das amostras inseridas. Este procedimento foi realizado através dos menus OTB>Learning>TrainImagesClassifier. Logo após, realizou-se a classificação supervisionada da imagem por meio dos menus OTB>Learning>ImagesClassifier. Com o resultado deste último processo, tornou-se indispensável a vetorização da imagem *raster*, uma vez que que era crucial realizar o cálculo da área em km² de cada polígono. Por fim, procedeu-se algumas correções manuais dos polígonos como também a computação dos valores relativos em área de cada classe, ambos, via edição na tabela de atributos, proporcionando uma interpretação dos dados deste estudo.

3. Resultados e Discussões

O município de Santaluz, inserido no semiárido baiano, possui uma paisagem natural diversa e heterogênea tanto no que se refere a sua estrutura como também sua cobertura, refletindo desse modo, padrões ambientais bem singulares com perfis de ocupação antrópica e

evidências de uma região marcada por atividades agropecuárias e de exploração mineral (CERQUEIRA, 2015). Em vista disso, por meio do mapa do uso e ocupação da terra no município de Santaluz – BA, foi possível verificar de que modo as classes estabelecidas estão distribuídas espacialmente pela área municipal, conforme é possível observar na Figura 2 e na Tabela 1.

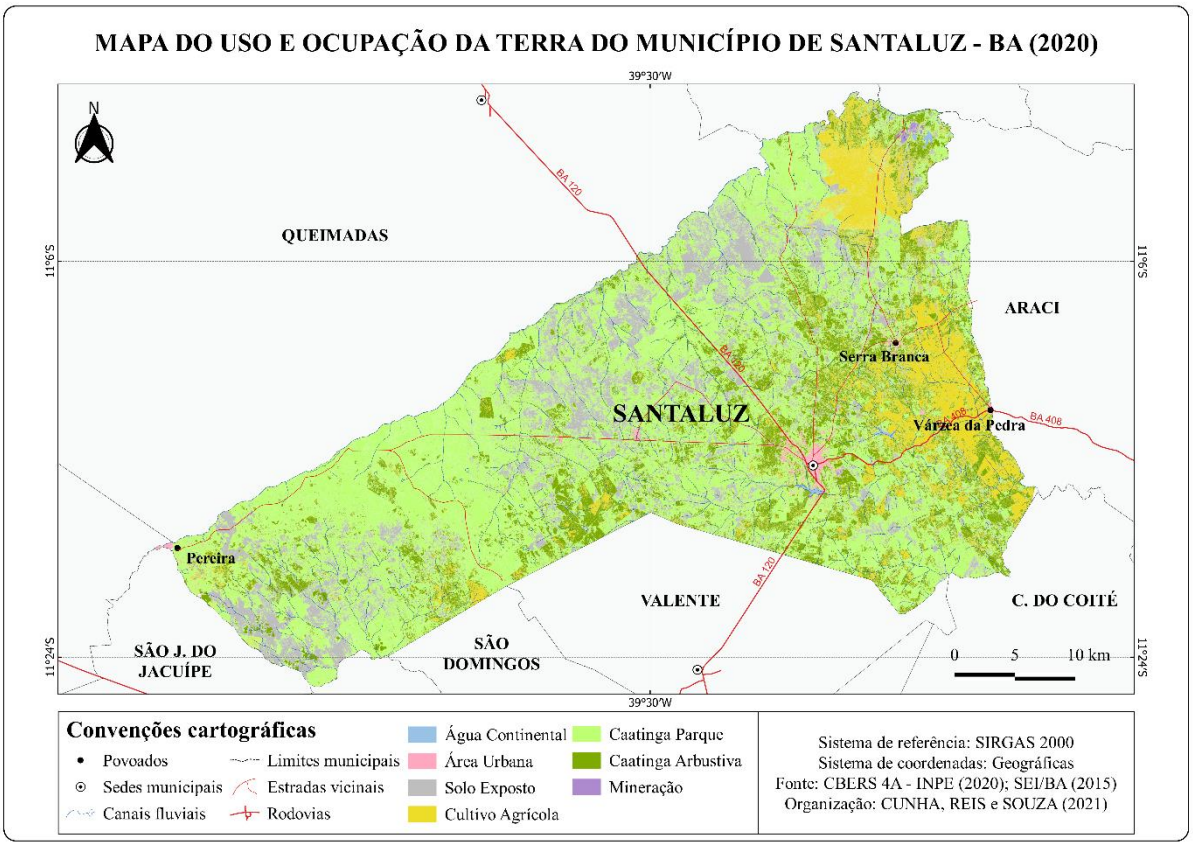


Figura 2: Mapa do uso e ocupação da terra no município de Santaluz – BA (2020)

Tabela 1: Categorias do uso e ocupação em Santaluz – BA (2020)

CATEGORIAS DO USO E OCUPAÇÃO EM SANTALUZ - BA (2020)		
CLASSE	**ÁREA km²**	**ÁREA %**
Água continental	4,48	0,28
Área urbana	11,90	0,73
Solo exposto	251,14	15,47
Cultivo agrícola	178,28	10,98
Caatinga parque	892,91	55,00
Caatinga arbustiva	282,59	17,41
Mineração	2,15	0,13
Total	1623,45	100,00

Fonte: Autores.

A classe caatinga parque foi a classe com maior expressão em toda a área em estudo, ocupando 892,91 km², equivalente a 55% do território municipal, e caracteriza-se pela presença de vegetais xerófilos de pequeno porte em meio a algumas espécies arbóreas e estão distribuídas de forma aberta com presença de plantas xerófilas, tipo cactáceas (SEI, 2006).

Ademais, esta tipologia pode ser identificada pela presença de um extrato gramíneo-lenhoso ao passo que denota uma ausência de muitas espécies arbóreas. Tal cobertura, muito embora seja bem corrente, constitui-se em um reflexo de processos degradantes em consequência da massiva retirada da vegetação nativa através da poda e destocagem para extração de lenha, pastagens e campos de sisal (EVANGELISTA, 2010).

No que tange a classe caatinga arbustiva, é possível constatar que se distribui espacialmente no território de Santaluz em 282,59 km² de área, correspondente a 17,41% da área municipal. Esta mancha caracteriza-se por ser do tipo arbóreo-arbustivo, por vezes, densa e com presença de palmeiras (*Syagrus coronata*), e compreendem, geralmente, fragmentos de bioma conservados (SEI, 2006). Estas manchas florestais mais concentradas estão distribuídas, majoritariamente, na região leste do município, e consistem em áreas de premente necessidade de preservação de vegetação nativa de caatinga.

Em relação a classe de solo exposto, observa-se a existência dessa classe em cerca de 251,14 km², preenchendo cerca de 15,47% da malha territorial. Estas áreas correspondem às superfícies desnudas com exposição do solo, afloramentos rochosos e lajedos, e estão relacionadas aos níveis de degradação ambiental em virtude do desmatamento indiscriminado, áreas de pastagens abandonadas e o uso de queimadas sucessivas que proporcionaram para uma desnudação de determinadas áreas, contribuindo para um paulatino aumento de áreas susceptíveis à erosão dos solos.

Nessa perspectiva, Sampaio, Araújo e Sampaio (2015), evidenciam que a erosão dos solos em ambientes semiáridos, em função de sua irreversibilidade, constitui impactos severos ao meio ambiente, e principalmente em áreas de grandes extensões de solo exposto, excessivamente rasos, com baixos e irregulares índices pluviométricos e por intermédio de atividades agropastoris inapropriadas.

No que diz respeito a classe de cultivo agrícola, é possível constatar a ocupação em uma área de 178,28 km², equivalente a 10,98% do território municipal. A produção agrícola em Santaluz, de acordo com dados do IBGE (2020), é caracterizada predominantemente pelo

cultivo de sisal *(Agave sisalana)*, representando mais de 90% de toda produção agrícola temporária ou permanente em todo o município. Esta relevante produção intercorre em razão de que as características climáticas do semiárido baiano favoreceram uma adaptação desses plantios, sendo Santaluz o município precursor da plantação das primeiras mudas de sisal no território baiano, que a partir de então, foi se espalhando por toda região, hoje, conhecida como região sisaleira (SEI, 2016; COSIBRA, 2021)

Além do mais, outros cultivos como o de feijão (*Phaseolus vulgaris*), mandioca *(Manihot esculenta)*, milho *(Zea mays)* e palma forrageira *(Opuntia cochenillifera)* também se destacam quanto aos usos, justificando a sua identidade no território (IBGE, 2020). Estes, predominantemente em minifúndios, e em sua maioria em nível de subsistência, são praticados nos períodos chuvosos, tornando-se, por vezes, atividades de risco, dado que são dependentes da pluviosidade nos períodos mais chuvosos (SEI, 2006). Ainda no que se refere ao contexto dos cultivos agrícolas, o mapa de uso e ocupação revela que estas áreas são mais identificadas nas regiões leste e nordeste de Santaluz, sobretudo, no que diz respeito às culturas de sisal. À vista disso, notabiliza-se que a dinâmica da ocupação está vinculada à aspectos naturais e socioeconômicos, destarte, a produção dessa fibra desempenhou um papel fundamental na base econômica dos municípios que apresentavam bons índices de cultivo do sisal.

No tocante a ocorrência de áreas urbanizadas, estas, correspondem cerca de 11,90 km², as quais estão subdivididas em cidade, povoados e vilas, representando 0,73% do território. Diante disto, é possível verificar no mapa que a mancha urbana mais notável compreende ao perímetro urbano de Santaluz, denotando as áreas de uso intensivo envolvidas por edificações, superfícies artificiais não agrícolas, áreas de rodovias, serviços, transportes, energia e comunicações (IBGE, 2013).

A classe de água continental, por sua vez, com pouca ocorrência no município, corresponde a 4,48 km² da área municipal, configurando 0,28% de toda a área em estudo. Esta, é traduzida pela presença de açudes e barragens, com destaque para o açude Tapera e barragem da Cruz, como também pelos canais fluviais intermitentes e perenes, com realce para os rios Itapicuru, Jacuípe e Bonsucesso.

Considerando os múltiplos usos da classe água continental na área em estudo, destacam-se a captação de água com a finalidade de atender o abastecimento doméstico, industrial, agrícola bem como para a dessedentação animal. Por outro lado, percebe-se também o lançamento de dejetos enquanto efluentes domésticos em alguns canais fluviais, com ênfase

para canais intermitentes. As margens destes canais podem derivar certo grau de instabilidade na acomodação do material detrítico, podendo ocasionar potenciais inundações periódicas, sobretudo, em razão da pluviosidade irregular. Desse modo, são áreas que devem ser apreciadas no sentido de preservar esta classe (LIMA; CUNHA; PEREZ FILHO, 2014).

A classe menos presente, entretanto, não menos importante, consiste na classe de mineração, esta, representada por 2,15 km² em área, equivalendo cerca de 0,13% do território luzense. Estas, concernentes a áreas de exploração de substâncias minerais, seja por meio de lavra ou garimpo. Muito embora não sejam unidades tão expressivas, as áreas de mineração em Santaluz são pontos de premente análise, uma vez que traduzem uma significativa atividade econômica do município, ao mesmo tempo que também reproduzem diversos impactos ambientais.

Nesse sentido, dentre os diversos impactos ambientais, uma problemática concerne ao fato da distância da mineradora de cromita com a zona urbana de Santaluz, distando aproximadamente 3 km do centro da cidade. Em função disto, as detonações têm impactado de modo intenso, provocando rachaduras nas estruturas de centenas de residências e cisternas após as explosões. Ademais, o desmatamento da caatinga, a degradação do solo bem como a poluição das águas tem sido alguns dos problemas que tem afetado a qualidade de vida de alguns habitantes, principalmente, dos que residem próximo aos locais de extração (CETEM, 2013a; CETEM, 2013b).

Por outro lado, é relevante salientar que o enorme potencial das jazidas minerais de granito proporcionou a Santaluz a condição de maior produtora de pedra ornamental de granito em todo o Estado da Bahia (MATTOS, 2009). Em vista disso, bem como pelas expressivas explorações de ouro e cromita, pode-se dizer que este uso é um elemento fundamental para o fomento econômico local em razão da geração de empregos formais e informais para a população local.

4. Considerações Finais

Através das análises realizadas ao longo deste estudo, foi possível compreender a configuração da paisagem e o resultado do uso intenso das terras, fornecendo subsídios para políticas voltadas ao planejamento ambiental e territorial. Frente ao uso e ocupação, ficou evidente a preeminência da classe correspondente a caatinga parque, cuja ocorrência se perfaz

em praticamente toda a malha municipal. Outrossim, a classe de cultivos agrícolas também se destacou, e em especial, pela intensa produção agrícola de sisal no município. Face ao exposto, o estudo atingiu ao objetivo proposto, na medida em que permitiu constatar distribuição do uso e ocupação da terra em Santaluz.

Contudo, é válido realçar que, embora o estudo tenha facultado o entendimento do contexto geral da área em estudo, faz-se necessário o desenvolvimento de mais pesquisas voltadas as fragilidades e potencialidades do ambiente, uma vez que a escassez de produções científicas, sobretudo em ambientes semiáridos, dificulta o acesso a informações detalhadas acerca do uso e ocupação das terras nestes locais. Nessa perspectiva, estudos mais minuciosos, com base em imagens orbitais com melhores resoluções espaciais a fim de delimitar o uso de modo mais preciso, são fundamentais para se obter resultados mais acurados.

Referências

AB'SÁBER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Atêlie Editorial. São Paulo. 7ª ed. 2012.

ASSIS, J. M. O.; OLIVEIRA, C. L.; SOUZA; W. M.; CARMO, S. M. Mapeamento do uso e ocupação do solo no município de Belém de São Francisco–PE nos anos de 1985 e 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 05, p. 858-869, 2014.

BATISTA, J. L. O.; SANTOS, R. L. Análise da dinâmica do uso e ocupação da terra em pequenos municípios baianos do semi-árido brasileiro: o caso de Teofilândia. **Revista de Geografía Norte Grande**, n. 49, p. 139-155, 2011.

BRASILEIRO, R. S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**, v. 5, n. 5, 2009.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (CETEM**). Exploração de ouro no semiárido baiano causa conflitos com moradores.** Verbete, 2013a.

_____. Explosões provocadas pela exploração de cromita em Santaluz (BA) provocam rachaduras em residências e cisternas. Verbete, 2013b.

CERQUEIRA, M. O. **A vulnerabilidade ambiental do Território do Sisal-Bahia**. 2015. 154 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana – BA. 2015.

COMPANHIA SISAL DO BRASIL - COSIBRA (Santa Rita - PB) (org.). **Matéria Prima**: Sisal. [*S. l.*], 2021. Disponível em: https://www.cosibra.com.br/materia_prima.php. Acesso em: 20 jul. 2021.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Santaluz, Estado da Bahia**. Salvador, 2005.

EVANGELISTA, A. dos R. S. **O processo de ocupação do bioma caatinga e suas repercussões socioambientais na Sisalândia, Bahia**. 2010. 199 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2010.

FOODY, G. M. Assessing the accuracy of land cover change with imperfect ground reference data. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 10, p. 2271-2285, 2010.

JENSEN, J. R.; EPIPHANIO, J. C. N. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Banco de Dados de Informações Ambientais**. 2021. Disponível em: https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia. Acesso em: 8 jul. 2021.

_____. **Censo demográfico.** IBGE, 2010. Disponível em:< http://www.censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 jun. 2021.

_____. **Produção Agrícola Municipal** 2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

_____.- **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª Edição. Rio de Janeiro. 2012.

_____. **Manual técnico de Uso da Terra**. 3ª Ed. Rio de Janeiro. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Catálogo de Imagens**. Disponível em: < http://www2.dgi.inpe.br/catalogo/explore />. Acesso em: 10 jun. 2021a.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS)**. Disponível em: <http://www.cbers.inpe.br/> . Acesso em: 17 jun. 2021b.

LIMA, K. C.; SANTOS, J. M.; RODRIGUES, D. P. Análise do uso e ocupação do solo e tendências a desertificação no território de identidade do sisal: município de Valente (BA), + **GEOGRAFIAS** (FEIRA DE SANTANA), v. 2, p. 36-43, 2009.

LIMA, K. C.; F, A. P.; CUNHA, C. M. L. Características morfológicas e morfométricas dos canais de drenagem da bacia hidrográfica do rio Bom Sucesso-Semiárido da Bahia/Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4, 2014.

MATTOS, C. G. **O trabalho dos canteiros de Santa Luz e suas formas de organização**. 2009. 28 p. Trabalho de conclusão de curso - Universidade do Estado da Bahia, Conceição do Coité, Bahia, 2009.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MURIITHI, F. K. Land use and land cover (LULC) changes in semi-arid sub-watersheds of Laikipia and Athi River basins, Kenya, as influenced by expanding intensive commercial horticulture. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 3, p. 73-88, 2016.

NOVO, E. M. L. M.; PONZONI, F. J. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.

RADAMBRASIL. **Folhas SC. 24/25 Aracaju/Recife; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetacao e uso potencial da terra**. P. imprenta: Rio de Janeiro, RJ. 1983.

ROY, A.; INAMDAR, A. B. Multi-temporal Land Use Land Cover (LULC) change analysis of a dry semi-arid river basin in western India following a robust multi-sensor satellite image calibration strategy. **Heliyon**, v. 5, n. 4, p. e01478, 2019.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. do S. B.; SAMPAIO, Y. S. santos eB. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia, Recife**, v. 22, n. 1, p. 90-112, 2005.

SEABRA, V. D. S.; XAVIER, R. A.; DAMASCENO, J.; DORNELLAS, P. D. C. Mapeamento do uso e cobertura do solo da bacia do rio Taperoá: região semiárida do estado da Paraíba. **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 50, 2014.

SOUZA, S. O.; REIS, F. S. EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SENHOR DO BONFIM–BA–BRASIL. **Geoambiente On-line**, n. 38, p. 106-128, 2020.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Cartografia de referência**: Base de dados. Salvador: SEI, 2015.

_____. **Perfil dos Territórios de Identidade** /. -- Salvador: SEI, 2016. v. 2), 2016.

_____. **Uso atual das terras: Bacias dos Rios Itapicuru, Vaza-Barris e Real**. — Salvador: SEI, 2006.

YAMANA GOLD. RIMA – **Relatório de Impacto Sobre o Meio Ambiente do Projeto C1 Santa Luz.** Ampla Projetos e Serviços em Meio Ambiente Ltda. 2009.

YONABA, R.; KOÏTA, M.; MOUNIROU, L. A.; TAZEN, F.; QUELOZ, P.; BIAOU, A. C.; YACOUBA, H. Spatial and transient modelling of land use/land cover (LULC) dynamics in a Sahelian landscape under semi-arid climate in northern Burkina Faso. **Land Use Policy**, v. 103, p. 105305, 2021.

Mudanças no uso e cobertura da terra no semiárido sergipano entre 1985-2019

Riclaudio Silva Santos
Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco
riclaudio.silva@ufpe.br

Lucas Costa de Souza Cavalcanti
Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco
lucas.cavalcanti@ufpe.br

Resumo
O presente texto trata das mudanças no uso e cobertura da terra ocorridas no Semiárido Sergipano, por meio de um conjunto de dados que abrangem um período entre os anos de 1985 a 2019. Para esta análise são utilizadas informações da coleção 5.0 do projeto Mapbiomas Brasil, com resolução espacial de 30m, provenientes de imagens Landsat. As imagens foram acessadas por meio da plataforma Google Earth Engine, a partir do toolkit do projeto Mapbiomas, e investigadas por meio de ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas). Entre os resultados observados, destacam-se o aumento das áreas de pastagem de 50,50% (5.643 km²) para 78,92% (8.820 km²) entre os anos de 1985 a 2019 e, em contrapartida, a redução das áreas de Formação Savânica de 31,98% (3.574 km²) para 15,21% (1.700 km²) de cobertura de caatinga no Semiárido Sergipano nesse mesmo período, o que demonstra a pressão antrópica nessas paisagens nas últimas 3 décadas. Além disto, as informações presentes na coleção 5.0 do MapBiomas permitiram identificar áreas de interesse ambiental na área de estudo, úteis para a conservação do bioma caatinga no estado de Sergipe, e que podem ser importantes para futuras pesquisas sobre os geossistemas do Semiárido Sergipano.

Palavras-Chave: Mapbiomas; Caatinga; Geoprocessamento; Sensoriamento Remoto.

1. Introdução

O sensoriamento remoto e o geoprocessamento têm se apresentado como importantes ferramentas metodológicas para a avaliação dos diversos biomas do planeta e os diferentes usos antrópicos ao longo do tempo. Estas ferramentas permitem investigar um grande número de informações, cobrindo grandes espaços com recortes temporais abrangentes. Desta forma, o presente texto tem como objetivo investigar as mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra no Semiárido Sergipano, no período de 1985 a 2019. Compreendendo como relevantes as informações a respeito dessas mudanças ao longo dos anos neste ambiente semiárido, que visam contribuir com o entendimento da relação sociedade-natureza na área de estudo, além de gerar dados que podem ser úteis para outras pesquisas.

Os chamados SIGs (Sistemas de Informações Geográficas), aliados às imagens de satélite, têm desenvolvido um vasto leque de opções para o entendimento das paisagens naturais. E neste sentido, o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no

Brasil (Mapbiomas), idealizado em 2015, graças aos esforções de pesquisadores especialistas em sensoriamento remoto e mapeamento de vegetação, conseguiram produzir mapas anuais de uso e cobertura da terra para todo o Brasil, fornecendo uma valiosa fonte de dados para os estudos das paisagens naturais (SOUZA, *et al.*, 2020).

Os trabalhos que tratam das dinâmicas dos usos e ocupações das terras voltadas ao planejamento e a gestão ambiental já compõem um vasto quadro de contribuições em diferentes áreas do conhecimento, apresentando bons resultados para os estudos sobre ambientes semiáridos, e mais especificamente para àqueles voltados a investigação da degradação do bioma Caatinga (GANEM, *et al.*, 2020).

Entre as paisagens brasileiras que merecem destaque para investigação, o Semiárido se destaca pelas suas características ambientais únicas, que repercutem diretamente nas diversas atividades antrópicas e nos processos de alterações dessas paisagens naturais. As terras sertanejas do Nordeste apresentam um conjunto de ambientes secos, e um raro exemplo de domínio morfoclimático intertropical colocado em sua maior parte em latitudes subequatoriais com transições rápidas e complexas para ambientes subúmidos (AB'SÁBER, 1973).

O Semiárido Brasileiro foi definido como competência da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, pela Lei nº7.827, de 27 de setembro de 1989, cujo inciso IV do art. 5º estabelecendo o semiárido como a região natural inserida na área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - Sudene, definida em portaria daquela Autarquia. Nesta primeira redação, a delimitação, também definida por portaria de SUDENE, deveria atender ao limite de precipitação pluvial média anual igual ou inferior a 800mm.

Entretanto, outra atualização da área do semiárido foi realizada em 10 de março de 2005, por meio da Portaria do Ministro da Integração Nacional. Essa atualização teve como base as conclusões do Grupo de Trabalho Interministerial para delimitação do novo semiárido brasileiro, instituído pela Portaria Interministerial N° 6, de 29 de março de 2004.

Para essa nova delimitação do semiárido brasileiro, o Grupo de Trabalho Interministerial utilizou três critérios técnicos sobrepostos: precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros (isoieta de 800mm); índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

Desta forma, o estado de Sergipe passou a ter 29 municípios abrangidos pelo semiárido brasileiro, totalizando uma área de 11.176 km² (51,01% do território do estado). Sendo estes 29

municípios o objeto de estudo desta pesquisa (Figura 01). Esta lista não mudou mesmo após nova atualização ratificada pela Resolução Nº 115, de 23 de novembro de 2017 da SUDENE, que acrescentou mais 73 municípios, nenhum deles em Sergipe.

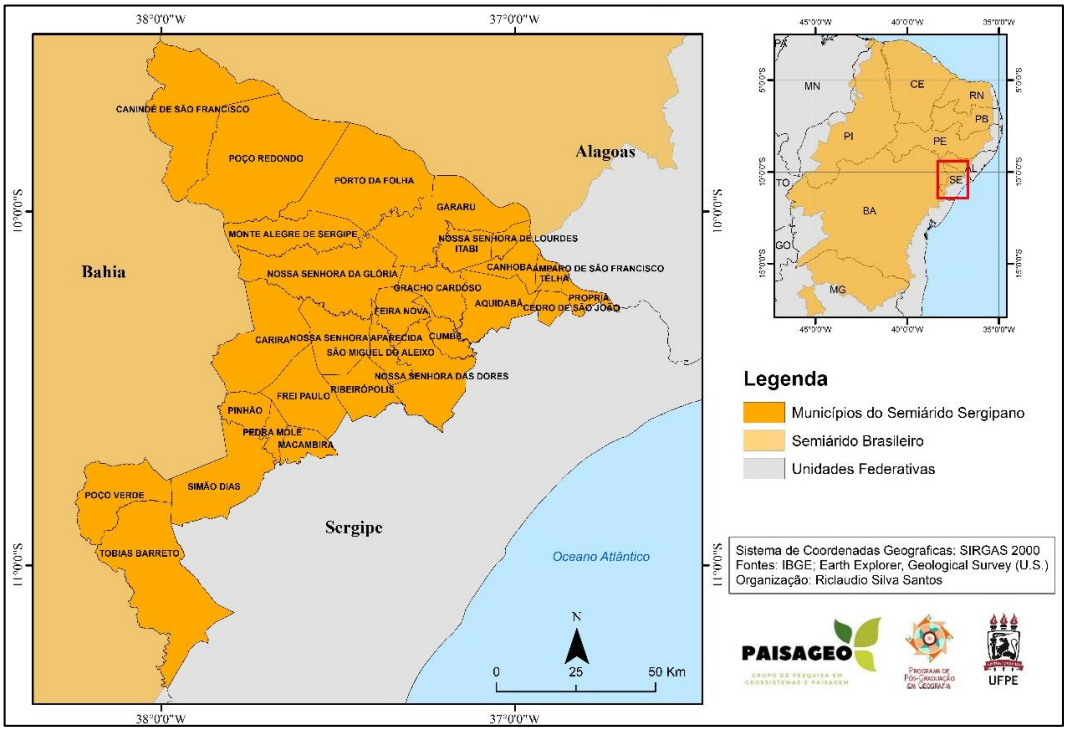


Figura 1: Localização dos Municípios do Semiárido Sergipano.
Fonte: Autoria própria.

2. Metodologia

Os dados utilizados nessa pesquisa são provenientes do Projeto Mapbiomas, mais especificamente da coleção 5.0, adquiridos por meio do toolkit do projeto, desenvolvido por João Siqueira, que permite a realização do download das imagens diretamente da plataforma *Google Earth Engine*, estando todo o instrumental desta ferramenta disponibilizado na página do projeto Mapbiomas.

Para a investigação do uso e cobertura da terra do Semiárido Sergipano foram selecionadas 8 (oito) imagens, correspondendo aos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2019, abrangendo assim um total de 34 anos de recorte temporal. Após a realização do download das imagens citadas, em formato raster (.tif), as mesmas foram processadas em ambiente SIG, o que permitiu acessar informações das diferentes classes de uso e cobertura da terra para a área de interesse. Todas as imagens foram processadas na plataforma do ArcGis Online, a partir da licença para estudantes, recortadas dentro dos limites referentes ao Semiárido Sergipano (Ferramenta *Spatial Analyst > Extract by Mask*) e reprojetadas para o Sistema de

Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000 (Ferramenta *Map Properties* > *Coordinate Systems*).

Após serem identificadas e classificadas de acordo com os códigos das classes da legenda e paleta de cores utilizadas na Coleção 5 do MapBiomas, dentro do recorte referente ao Semiárido Sergipano, foram identificadas 10 diferentes classes de uso e cobertura da terra presentes na área em questão: Formação Florestal (ID-3); Formação Savânica (ID-4); Formação Campestre (ID-12); Pastagem (ID-15); Cana (ID-20); Mosaico de Agricultura e Pastagem (ID-21); Infraestrutura Urbana (ID-24); Outras Áreas não Vegetadas (ID-25); Rio, Lago e Oceano (ID-33); e Outras Lavouras Temporárias (ID-41).

Após a ordenação das diferentes classes de uso e cobertura da terra, cada uma das 10 classes teve sua respectiva área calculada no decorrer das oito imagens, o que possibilitou uma avaliação da dinâmica das paisagens ao longo do período investigado.

Para além do geoprocessamento das imagens, a área em questão também foi investigada a partir da literatura que abrange o processo de ocupação do Semiárido Sergipano, o que permitiu conhecer a dinâmica dos diversos usos antrópicos presentes ao longo dos anos, com o objetivo de relacionar essas informações aos dados obtidos em ambiente SIG.

3. Resultados e Discussões

O cálculo da área de cada classe de uso e cobertura da terra, apresentados em percentual de área (Quadro 1) onde 100% representa 11.176 km², contribuiu para o entendimento mais preciso das dinâmicas dessas paisagens, destacando as paisagens predominantes (Pastagens), àquelas que tem sofrido um continuo decrescimento em sua área (Formação Savânica – ‘Caatinga’), assim como o percentual de espelhos d’água (Rio, Lago e Oceano), e da infraestrutura urbana, entre outras informações importantes destacadas.

Ao observar o Quadro 1, que trata do percentual de área das classes do uso e cobertura da terra para o Semiárido Sergipano no período de 1985 a 2019, observa-se que entre as 10 diferentes classes há um predomínio de algumas em detrimento de outras, porém, mesmo que estas últimas tenham apenas uma pequena expressão em área geométrica, são de fundamental importância para o entendimento do contexto ambiental do Semiárido Sergipano.

Quadro 1: Percentual de área das classes do uso e cobertura da terra para o Semiárido Sergipano, 1985-2019.

MapBiomas			**Percentual de Cobertura das Classes Por Ano**							
Cor	**ID**	**Classe**	**1985**	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2015**	**2019**

	3	Formação Florestal	0,399%	0,247%	0,232%	0,270%	0,279%	0,228%	0,236%	0,877%
	4	Formação Savânica	31,98%	29,16%	22,30%	19,87%	20,47%	22,16%	17,79%	15,21%
	12	Formação Campestre	0,090%	0,005%	0,026%	0,009%	0,018%	0,030%	0,052%	0,043%
	15	Pastagem	50,50%	60,41%	69,75%	73,31%	72,09%	69,61%	78,11%	78,92%
	20	Cana	-	0,0001%	0,001%	0,001%	0,0008 %	0,019%	0,124%	0,149%
	21	Mosaico de Agricultura e Pastagem	16,43%	9,56%	6,86%	5,67%	6,21%	6,97%	2,58%	3,56%
	24	Infraestrutura Urbana	0,049%	0,121%	0,138%	0,170%	0,194%	0,255%	0,363%	0,417%
	25	Outras Áreas não Vegetadas	0,005%	0,002%	0,002%	0,0006%	0,003%	0,001%	0,0001 %	0,001%
	33	Rio, Lago e Oceano	0,53%	0,487%	0,678%	0,681%	0,721%	0,689%	0,627%	0,618%
	41	Outras Lavouras Temporárias	0,022%	0,009%	0,009%	0,011%	0,010%	0,031%	0,108%	0,202%

Fonte: Autoria própria.

Os dados obtidos a partir da coleção 5.0 do projeto MapBiomas mostraram resultados importantes e elucidativos para o Semiárido Sergipano, permitindo observar, a partir das imagens que compõem o período de 1985 a 2019, a evolução dessas paisagens ao longo dos anos (imagens referentes aos anos 1985, 2005 e 2019 a seguir na Figura 2).

A classe **Formação Florestal** corresponde a pequenos núcleos de vegetação da Mata Atlântica, e por se tratar de um ambiente semiárido abrangem apenas 0,877% da área em questão, o que corresponde a 98 km² dessa cobertura para o ano de 2019. São tipos de vegetação com predomínio de dossel contínuo - Savana-Estépica Florestada, Floresta Estacional Semi-Decidual e Decidual. Essas áreas estão associadas aos ambientes de transição entre mata atlântica e caatinga, principalmente em contextos geomorfológicos de relevos residuais.

A **Formação Savânica**, que corresponde precisamente ao domínio morfoclimático das Caatingas e a própria vegetação da Caatinga, se apresenta como principal cobertura vegetal das paisagens naturais que compõem o Semiárido Sergipano. Essas áreas têm apresentado um forte decrescimento frente ao avanço das atividades da agropecuária, principalmente das pastagens para a criação de gado. São tipos de vegetação com predomínio de espécies de dossel semi-contínuo, savana-estépica arborizada, e savana arborizada.

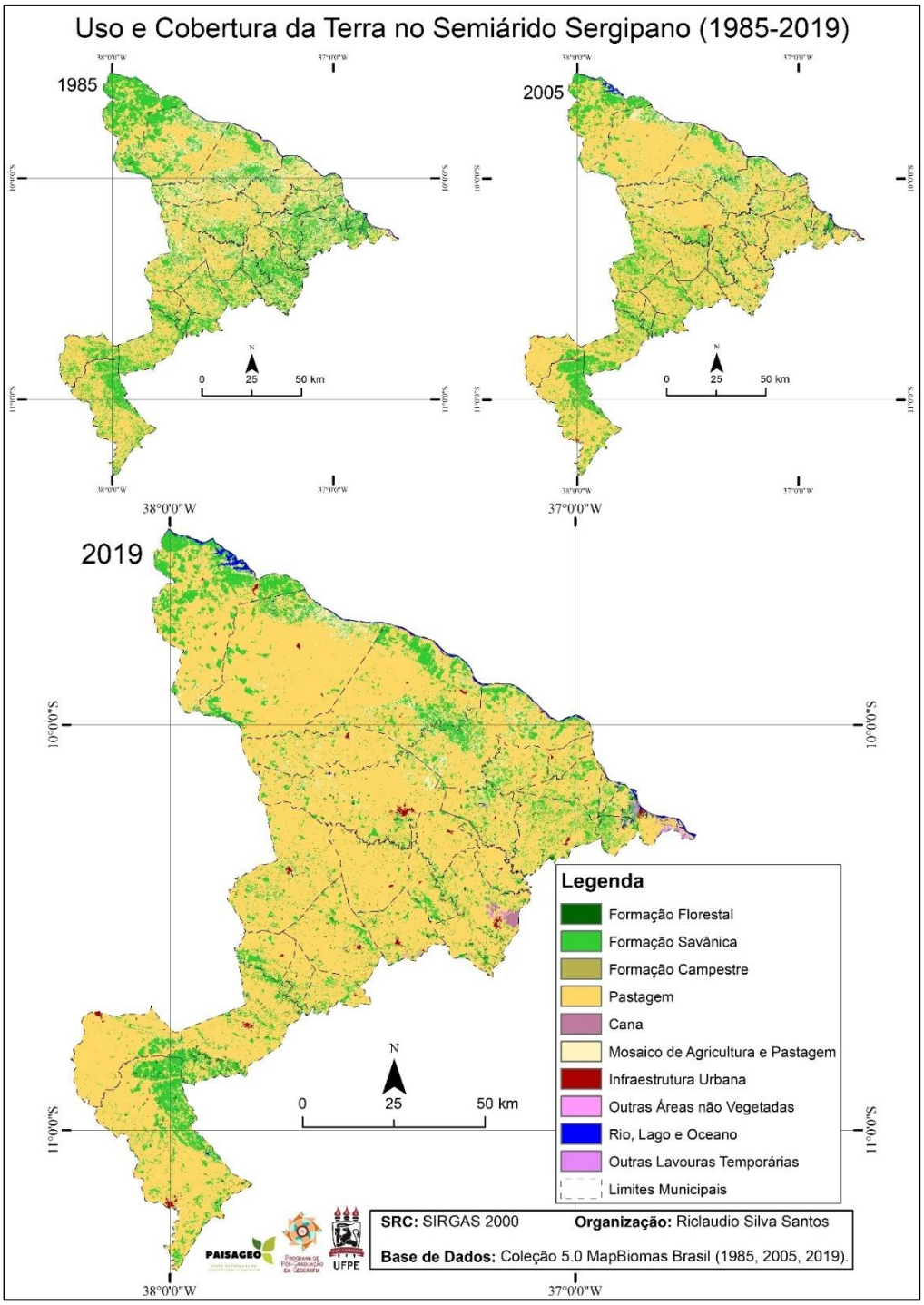


Figura 2: Uso e Cobertura da Terra no Semiárido Sergipano, 1985-2019.
Fonte: Autoria própria.

A Formação Savânica cobria 31,98% (3.574 km²) do semiárido sergipano em 1985 e apresentava em 2019 apenas 15,21% (1.700 km²) de cobertura de Caatinga (Figura 3).

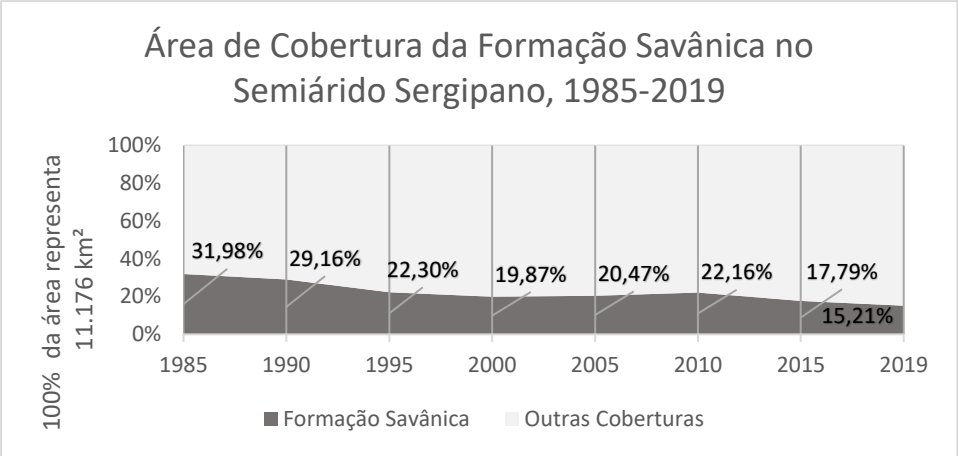


Figura 3: Gráfico da Área de Cobertura da Formação Savânica no Semiárido Sergipano, 1985-2019
Fonte: Autoria própria.

Configura uma perda de 52% da sua área em 34 anos. O intervalo de maior aumento coincide com o período 1990-1995 em que houve a finalização da hidrelétrica de Xingó e forte aumento na produção de leite.

Os núcleos de caatinga mais preservados são encontrados nas Serras Residuais, com destaque para a Serra Negra, no município de Poço Redondo, e a Serra da Caipora, no município de Frei Paulo, em alguns casos correspondem às áreas destinadas para Reserva Legal e também estão associadas aos terrenos mais acidentados e com solos rochosos, devido à dificuldade de uso de maquinários agrícolas. Apresentam potencial ecológico, para conservação da caatinga e dos leitos fluviais assim como para pesquisas e Educação Ambiental.

Apesar de a Caatinga cobrir mais de 1700 km², existem apenas 3 unidades de conservação em Sergipe (MELO; SANTOS; RAFAEL, 2019). Juntas, estas unidades protegem menos de 1% da área remanescente do bioma.

A **Formação Campestre** corresponde à vegetação com predomínio de espécies herbáceas (savana-estépica parque, savana-estépica gramíneo-lenhosa, savana parque, savana gramíneo-lenhosa), e áreas inundáveis com uma rede de lagoas interligadas, localizadas ao longo dos cursos de água e em áreas de depressões que acumulam água, com vegetação predominantemente herbácea a arbustiva. Representavam 0,090% (10 km²) em 1985, alcançando 0,043% (4,8 km²) em 2019.

As **Pastagens** abrangem a maior porção do Semiárido Sergipano, devido ao predomínio das atividades agrícolas, com destaque para a pecuária de leite. No que diz respeito ao uso da terra, a criação de gado em Sergipe encontra-se presente desde os tempos coloniais, e foi

utilizando-a que a ocupação humana alcançou os sertões deste estado. Como tratam os historiadores, o pisoteio do gado abriu caminho no meio da Caatinga.

> A historiografia local é unânime em apontar que após a conquista do território (1590) as culturas de subsistência e a criação de gado foram decisivas para a ocupação da capitania, através da concessão de sesmarias. Paulatinamente, os moradores foram se estabelecendo em todo território. Em Sergipe Colonial I, Maria Thétis Nunes estudou a produção econômica da capitania de Sergipe das primeiras atividades econômicas (pau-brasil e gado) às culturas destinadas à subsistência (farinha de mandioca, principalmente) e exportação (fumo, cana e algodão) (MENEZES, 2014, p. 1).

A pecuária apresenta ainda nos dias atuais um papel de destaque entre as atividades agrícolas. As pastagens tornaram-se predominantes nos conjuntos das paisagens. É importante destacar que as atividades agrícolas no semiárido geram uma rápida dinâmica de mudanças nas paisagens. A mesma área pode apresentar cobertura de pastagem, seguida de agricultura temporária e solo exposto, dentro do período de um único ano, reflexo do uso antrópico intensivo, essas áreas com maior impacto antrópico apresentam a dinâmica pastagem/agricultura temporária/solo exposto, seguindo a sazonalidade do ciclo produtivo agrícola.

As áreas destinadas a pastagem apresentaram um aumento significativo nas últimas décadas, passando de 50,50% (5.643 km²) em 1985, e atingindo 78,92% (8.820 km²) em 2019 (Figura 4).

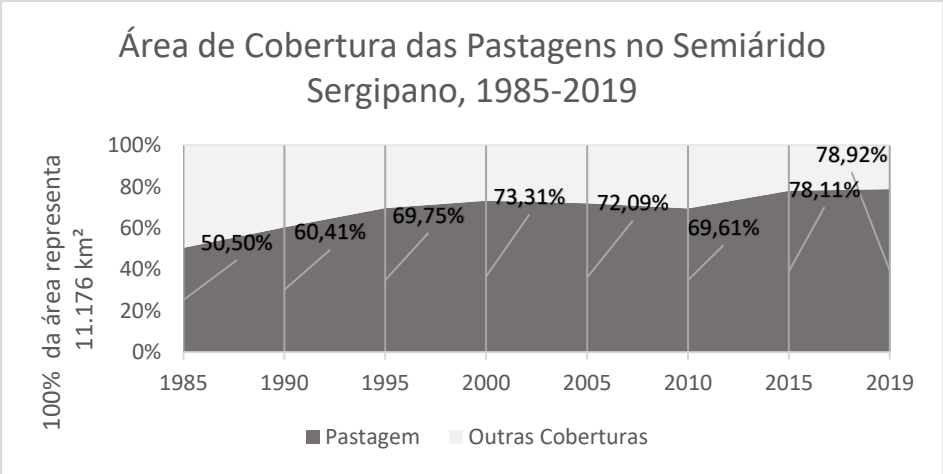


Figura 4: Gráfico da Área de Cobertura das Pastagens no Semiárido Sergipano, 1985-2019
Fonte: Autoria própria.

As áreas destinadas a plantação de **Cana** são de expressão diminuta dentro do Semiárido Sergipano, tendo em vista que essa atividade está concentrada no litoral e algumas áreas do

agreste do estado. Pequenas porções se localizam do extremo leste da área estudada, alcançando 0,149% (16,65 km²) de cobertura de cana-de-açúcar em 2019.

As áreas que apresentam **Mosaicos de Agricultura e Pastagem** demonstram a dinâmica presente no uso agropecuário, que dentro da sua sazonalidade são destinadas, hora para o cultivo de plantações temporárias (milho e feijão predominantemente), hora para a criação de animais, dominantemente o gado.

Têm-se um período seco de primavera-verão e um período chuvoso de outono-inverno, as chuvas são irregulares durante o ano e se concentram num período de aproximadamente quatro meses (OLIVEIRA; PINTO; MENDONÇA, 2016). E é nesse intervalo do período chuvoso que as agriculturas temporárias são implementadas. Essas áreas representavam 16,43% (1.836 km²) em 1985, e foram reduzidas para 3,56% (397 km²) em 2019.

No contexto da **Infraestrutura Urbana**, o Semiárido Sergipano é caracterizado por pequenas cidades e povoados, com população municipal que varia de 5 a 35 mil habitantes. Esses núcleos urbanos não apresentam atividade industrial de grande porte, tendo sua economia diretamente ligada às atividades agrícolas do meio rural. Com destaque para a indústria de laticínios no alto sertão, devido a pecuária leiteira, assim como o comércio de insumos agrícolas e as feiras livres. Representavam 0,049% (5,48 km²) em 1985, e alcançaram 0,417% (46,60 km²) em 2019.

As **Outras Áreas não Vegetadas** correspondem a superfícies não permeáveis (infra-estrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes. Podem ainda tratar de áreas urbanizadas com predomínio de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, vias e construções. Ocupavam 0,005% (0,55 km²) em 1985, e atingiram 0,001% (0,11 km²) em 2019.

A categoria de uso e cobertura da terra correspondente a **Rio, Lago e Oceano** dentro da área de estudo diz respeito predominantemente há rios intermitentes e açudes, sendo que o adensamento urbano normalmente está relacionado a estes corpos hídricos. Entre as problemáticas dessas paisagens estão o uso indiscriminado de agrotóxicos nas lavouras, que infiltram nos solos e são carregados pela chuva para as porções mais baixas das paisagens, onde normalmente são construídos os açudes, colocando em risco a saúde dos animais e das pessoas que utilizam dessas águas para o abastecimento doméstico.

Esta área dispõe de uma rede hidrográfica composta predominantemente por rios intermitentes, com destaque as bacias hidrográficas dos Rios São Francisco, Sergipe, Vaza-Barris, Piauí e, Real, com uma pequena porção da bacia do Rio Japaratuba. Além da própria

hidrografia natural do território em estudo, a açudagem e a construção individual de pequenos reservatórios de água (tanques) são importantes fontes de água para a população do semiárido sergipano. Podendo ser uma implementação pública ou privada (SANTOS, 2018).

O espelho d'água apresentava uma área de 0,53% (59,23 km²) em 1985, com destaque para o aumento observado em 1995 (0,678% - 75,77 km²) graças ao reservatório da Usina Hidrelétrica de Xingó, construída em 1994. Alcançando 0,618% (69,07 km²) em 2019.

Por fim, a classe **Outras Lavouras Temporárias** trata do mosaico de lavouras diversas, normalmente associada a cultura de subsistência, com destaque para a produção de mandioca, milho, feijão e hortaliças. Normalmente estão associadas às pequenas propriedades. Apresentavam uma área de 0,022% (2,4 km²) em 1985, chegando a 0,202% (22,58 km²) em 2019.

De maneira geral, o quadro que se constrói atualmente no Semiárido Sergipano é do avanço das atividades antrópicas, com destaque para as atividades da agropecuária de leite refletido na dominância das pastagens, que disputam espaço com atividades voltadas a agricultura de pequeno porte, e contribuem para a degradação do bioma da Caatinga.

De tal forma, é necessário que o planejamento ambiental e as políticas públicas implementados no Semiárido Sergipano levem em consideração o avanço constante das atividades antrópicas já citadas, com o objetivo de proteger as áreas que abrigam os remanescentes de vegetação natural, orientando a população sobre a importância da preservação destes ecossistemas para as dinâmicas naturais do seu meio ambiente.

4. Considerações Finais

As informações adquiridas a partir dos dados do Projeto MapBiomas, juntamente com o conhecimento da área estudada, formaram um conjunto positivo para investigação do Semiárido Sergipano. A área apresenta uma forte dinâmica no sentido de ampliação das atividades da agropecuária que ameaçam as formações vegetais naturais.

No caso da Formação Savânica, sua substituição principalmente pela pastagem apresentou um decréscimo preocupante nos últimos 34 anos. Soma-se a isto a pequena área ocupada por Unidades de Conservação na Caatinga. Não obstante, algumas áreas ainda acumulam quantidade significativa de remanescentes a despeito da crescente degradação, sobretudo na porção sudeste de Sergipe. Estudos de campo podem reforçar os dados obtidos aqui e indicar possíveis áreas prioritárias para a Conservação.

Por fim, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento demonstram ser importantes ferramentas para o estudo das mudanças na paisagem, e neste caso específico, com destaque para as paisagens do semiárido brasileiro que também possuem suas problemáticas ambientais e demandas sociais.

5. Agradecimentos

Ao CNPq pelo financiamento do Projeto Universal 437004/2018-0.

Referências

AB'SÁBER, A. N. O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 43, p. 1-39, 1973.

GANEM, K. A.; DUTRA, A. C.; OLIVEIRA, M. T. DE; FREITAS, R. M. DE; GRECCHI, R. C.; VIEIRA, R. M. DA S. P.; ARAI, E.; SILVA, F. B.; SAMPAIO, C. B. V.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y. E. Mapeamento da Vegetação da Caatinga a partir de Dados Ópticos de Observação da Terra – Oportunidades e Desafios. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, p. 829-854, 30 dez. 2020.

MELO, B.A.; SANTOS, I.N.M.; RAFAEL, L.M. Distribuição das Unidades de Conservação no Estado de Sergipe. **XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.** 2019. 5p.

MENEZES, Wanderlei de Oliveira. Produção econômica e comércio da capitania de Sergipe d'El Rei com a Bahia na segunda metade do século XVIII. **IV Congresso Sergipano de História & IV Encontro Estadual de História da Anpuh/Se - O Cinquentenário do Golpe de 64**. Instituto Histórico e Geográfico de Sergipe. Aracaju. 2014.

OLIVEIRA, A. R. de.; PINTO, J. E. S. de S.; MENDONÇA, F. de A.; A desertificação no Alto Sertão de Sergipe/Brasil: abordagem na perspectiva das vulnerabilidades socioambientais. **Investig. Geogr.** 2016.

PROJETO MAPBIOMAS - **Coleção 5.0 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil.** 2019. Disponível em: https://mapbiomas.org/ Acesso em: 6 de junho de 2021.

SANTOS, R. S. **Análise integrada da paisagem do geocomplexo alto sertão sergipano.** 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2018.

SOUZA, C. M., Jr., *et al.* Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sens.** 2020, 12, 2735. Disponível em: https://doi.org/10.3390/rs12172735. Acesso em: 10 de junho de 2021.

Uso e ocupação da terra no semiárido baiano: estudo de caso do município de Antônio Gonçalves - BA

Felipe de Souza Reis
Licenciatura em Geografia - Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)
felipesouzareis01@gmail.com

Gabriel Carneiro Silva Cunha
Licenciatura em Geografia - Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)
gabriel.carneiro@discente.univasf.edu.br

Sirius Oliveira Souza
Colegiado do curso de Licenciatura em Geografia - Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)
sirius.souza@univasf.edu.br

Resumo
A técnica de mapeamento é uma das maneiras mais apropriadas de representação do espaço geográfico, e tem se constituído importante aliada na construção de cenários ambientais (JHON, 2009; WANG et al., 2010). Diante de tais constatações, este trabalho tem o objetivo de propor um mapeamento do uso e ocupação da terra do município de Antônio Gonçalves (BA), enquanto subsídio ao planejamento ambiental. Para tanto, o trabalho foi dividido em três principais etapas: a primeira composta de revisão bibliográfica; a segunda, composta pela aquisição das imagens Landsat-TM e a terceira etapa caracterizada pela integração dos dados levantados em ambiente SIG, com uso do software QGIS (versão 3.10.14) e pela redação final da pesquisa. Em se tratando dos resultados, constatou-se a predomínio da caatinga arbustiva, cuja existência se explica pelo contexto climático. Verificou-se também grande presença das áreas de florestas, enquanto que as classes de vegetação herbácea, solos expostos, área urbana, cultivos agrícolas e água continental foram minoria no resultado espectral do uso e ocupação. De um modo geral, espera-se que este trabalho possa ser o ponto de partida para outros estudos que se proponham a diagnosticar melhor a dinâmica do uso e ocupação da terra do município de Antônio Gonçalves – BA.

Palavras-Chave: Dinâmica espacial; Sensoriamento remoto; Mapeamento.

1. Introdução

O avanço das tecnologias potencializou a capacidade humana de análise dos ambientes naturais (NUNES e ROIG, 2015). Na contemporaneidade, tendo em vista a acelerada modificação antrópica do meio ambiente, alternativas de representação da superfície terrestre se fazem prementemente necessárias, e não obstante são potencializadas a partir das interpretações espaciais disponibilizadas pelo Sistema de Informação Geográfica (SIGs) (SANO, et al., 2009).

Nesse cenário, a técnica de mapeamento do uso e ocupação é uma das maneiras mais apropriadas de representação do espaço geográfico, e tem se constituído importante aliada na

construção de cenários ambientais que sirvam de indicadores de fragilidades, riscos e potencialidades dos ambientes naturais (JHON, 2009; WANG et al., 2010; AUGUSTIN, FONSECA e ROCHA, 2011). De fato, o espaço geográfico possui características evolutivas (ROSS, 2006), no entanto, estas não são capazes de acompanhar a sequência de desequilíbrios funcionais proporcionadas pela ação antrópica não planejada em seu ritmo acelerado (CASSETI, 2005; QUEIROZ, 2012; TRENTIN; SANTOS; ROBAINA, 2012).

Dentro deste contexto, uma das principais formas de análise dos ambientes é por meio do diagnóstico dos mapeamentos de uso e ocupação da terra, que consiste num vasto campo de compreensão do espaço, por meio da representação das multiplicidades da cobertura terrestre e suas particularidades (CASSETI, 2005; JHON, 2009; IBGE, 2013). De acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), as informações contidas nos mapas de uso e ocupação permitem a caracterização dos processos de utilização da terra, debate que ganhou notoriedade nos últimos anos devido a premente necessidade do desenvolvimento sustentável.

Cabe ressaltar que os últimos anos foram marcados por uma intensa relação de causa e efeito no processo de exploração dos ambientes naturais, pois à medida que a sociedade se distribui sobre a Terra, os recursos são utilizados e modificados (MEIRELES et al., 2007) e essa ação, quando não planejada, provoca uma série de desequilíbrios funcionais que, regularmente, ocasionam drásticas consequências à sociedade (R0SS, 2006). Gera-se um cenário preocupante, pois dados apontam que a forma atual de uso e ocupação da terra tem instigado múltiplos tipos de impactos em níveis variados ao meio ambiente (DE ASSIS et al., 2014; SOUZA e REIS, 2020).

Tendo em vista o exposto, destaca-se o uso do geoprocessamento enquanto meio de construção de representações gráficas do espaço, com o intuito de reconhecer os fenômenos e processos associados, técnica possibilitada por meio do Sensoriamento Remoto, que consiste na obtenção de imagens, e outros tipos de dados da superfície terrestre, através da energia emitida e refletida (RODRIGUES, 2000; FLORENZANO, 2007). Similarmente, investigações científicas pautadas nas alterações da paisagem e riscos potenciais tem se destacado ao servir de base para propostas de planejamento (RODRIGUES, 2000).

Quanto aos diagnósticos dos mapeamentos de uso e ocupação em ambiente semiárido em esfera internacional, é cogente citar a análise dos autores como Conway e Nordstrom (2003), que identificaram áreas de vegetação em lotes residenciais no município de New Jersey, Estados Unidos. Podem-se mencionar também autores como Bustos, Perillo e Piccolo (2016) que

estudaram o uso e cobertura do município de Pehuen – CO, no sudoeste de Buenos Aires, Argentina, com destaque para a análise da evolução das coberturas de dunas. Similarmente, Pais, Ribeiro e Santos, que analisaram, a partir de três imagens do Landsat-8, seis tipos de uso e ocupação nas savanas de Moçambique, no sul da África.

No contexto no semiárido brasileiro, Folharini e Souza (2019) mapearam o uso e ocupação do município Petrolina (BA), utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) derivado de imagens LANDSAT-8 (OLI), diagnosticando a elevada ocupação pela vegetação de Caatinga, seguidos pelas áreas agrícolas e áreas urbanas próximas ao rio São Francisco. Pode-se mencionar ainda os autores Lima et al., (2019) que analisaram o uso e ocupação das bacias hidrográficas do rio Paraíba e do Taperoá com base em imagens MSI do satélite SENTINEL-2, no estado da Paraíba, e evidenciaram também a maior ocorrência da Caatinga Arbustiva. Similarmente, Souza e Reis (2020) realizaram o mapeamento do uso e ocupação do município de Senhor do Bonfim (BA), utilizando imagens do LANDSAT-8 e o método de classificação híbrida, estes autores diagnosticaram sete classes com destaque para a existência da classe de Caatinga Arbustiva de forma acentuada, seguido da classe Florestas.

Considerando a importância dos mapeamentos para os planejamentos dos territórios, pode-se afirmar que este trabalho se legitima, primeiramente, pela escassez de estudos de versem sobre o mapeamento do uso e ocupação da terra dos ambientes semiáridos tropicais, conforme apontam Souza e Reis (2020). Além disso, a compreensão do uso e ocupação da área em estudo poderá legitimar a proposta da Área de Proteção Ambiental da Serra de Jacobina (BA) (BAHIA, 2019) além de contribuir para as tomadas de decisões implícitas ao planejamento e ordenamento ambiental de outras unidades de conservação associadas à área em estudo, tais como o Parque Nacional da Chapada Diamantina e o Parque Estadual das Sete Passagens (CONCEIÇÃO, et al., 2007).

Diante de tais constatações, este trabalho tem o objetivo de propor um mapeamento do uso e ocupação da terra do município de Antônio Gonçalves (BA) para o ano de 2020, enquanto subsídio ao planejamento ambiental.

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área

Com o intuito de gerar um produto cartográfico e analítico dos ambientes semiáridos tropicais, optou-se por estudar o município de Antônio Gonçalves – Bahia, localizado entre os paralelos 10º 34' 22" S e 10° 34′ 12″ S e os meridianos 40º 16' 31" e 40° 16′ 20″ O, situado no centro norte do estado da Bahia (Figura 1), integrando o Território de Identidade Piemonte Norte do Itapicuru (SEI, 2018).

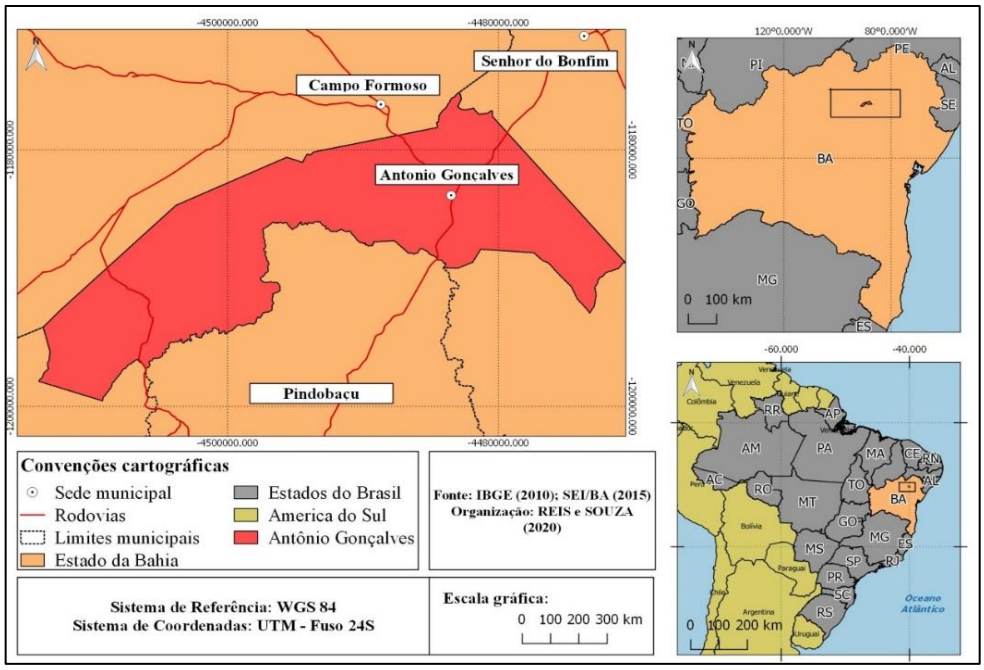


Figura 1 – Mapa de localização do município de Antônio Gonçalves – BA.
Fonte: autoria própria.

Consoante ao quadro natural, a área em estudo apresenta o clima tropical semiárido (IBGE, 2018), que é caracterizado pela irregularidade das precipitações, baixos valores pluviométricos e elevada temperatura média anual. Ao passo que, em razão da sua diversidade topográfica, o município também apresenta manchas subúmidas (RADAMBRASIL, 1983; SEI, 2018). Nesse sentido, a área apresenta precipitações pluviométricas médias de 800mm/ano, além de temperaturas médias elevadas, em torno de 27º C e amplitude térmica média anual em torno de 5º C, o que contribui para a existência da vegetação Caatinga (RADAMBRASIL, 1983; IBGE, 2012; INMET, 2019).

Quanto às características geológicas, Antônio Gonçalves estrutura-se sobre o domínio geotectônico da Bahia Oriental, inserido no Cráton do São Francisco (CBPM, 2003; CPRM, 2005). Além de pertencer a três principais unidades litológicas, o Complexo Saúde, Complexo Itapicuru, e Complexo Campo Formoso (RADAMBRASIL, 1983). No modelado regional,

predominam formas morfologicamente movimentadas, fruto das características litológicas de maturidade textural condicionadas ao Crátron do São Francisco, e pelas formas onduladas do Grupo Jacobina, que oferecem características clinográficas únicas ao território de Antônio Gonçalves.

Ainda, o município é drenado pela bacia hidrográfica do rio Itapicuru (SEI, 2018), representada na área pela presença do rio Água Branca, na região noroeste municipal, e o rio Aipim, inserido na divisa territorial na região sudeste, sendo os dois canais de características intermitentes e originários dos reversos do Planalto da Diamantina (RADAMBRASIL, 1983; CPRM, 2005). Com efeito, vale mencionar que canais intermitentes são corpos fluviais que possuem maior carga em períodos chuvosos, por conta do fluxo contínuo pluvial e da subida do lençol freático ao nível do canal, diminuindo sua carga nas estações secas (LIMA, 2014; FARIA, 2014).

Em se tratando da vegetação da área em estudo, as características variam desde o contato de caatinga-floresta estacional, até o cerrado-caatinga e cerrado-floresta estacional (CPRM, 2005). Segundo dados do IBGE (2012), há predominância de plantas caducifólias xerófilas, principalmente as famílias *Anacardiaceae* e *Fabaceae* (IBGE; 2012; SEI, 2018).

Historicamente, Antônio Goncalves foi, ao lado de munícipios circunvizinhos, importante aliado na histórica interiorização do Brasil, nos ciclos do Gado, e local de passagem de tropeiros e garimpeiros que iam em direção à cidade de Jacobina (MACHADO, 1993). Atualmente, possuindo PIB per capita de 5.916,84, população estimada de 11.878 habitantes e densidade demográfica de 35,09 hab/km², segundo o IBGE (2020), o munícipio revela destaque econômico pela extração do umbu, fumo, madeira e oleaginosos, como o licuri.

2.1.1 Procedimentos metodológicos

Para alcançar os objetivos propostos neste estudo, o mesmo foi dividido em três principais etapas: a primeira composta de revisão bibliográfica acerca do uso e da ocupação da terra em ambientes semiáridos tropicais; a segunda, composta pela aquisição das imagens Landsat-TM e a terceira etapa foi caracterizada pela integração dos dados levantados em campo com os dados do sensor *Thematic Mapper* (*TM*), pertencente ao satélite Landsat-8, em ambiente SIG com uso do *software* QGIS (versão 3.10.14) e pela redação final da pesquisa. Apresenta-se a seguir, o detalhamento dos principais procedimentos relativos à segunda e à terceira etapa.

O mapa de uso e ocupação da terra do município de Antônio Gonçalves foi confeccionado a partir da classificação híbrida de imagens orbitais, onde cada pixel na imagem é rotulado de acordo com um tipo de uso e ocupação. Este método de classificação desempenha sua atividade mediante o conhecimento temático de quem está analisando as classes estatísticas, a classificação, desta maneira, deve expressar espectralmente o uso de cada classe escolhida (AZEVEDO e MANGABEIRA, 2001).

Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8-TM, referentes a órbita de número 217 e ponto 067, com data de passagem referente ao ano de 2020. Escolhidas com base na menor quantidade possível de nuvens, menor excesso de brilho e maior normalidade espectral. Cabe ressaltar este tipo de imagem é disponibilizada gratuitamente pelo catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Em ambiente SIG, foi elaborada a composição em formato raster utilizando as bandas 5, 6 e 7 do satélite supracitado, através do comando *raster>miscelânea>mosaico*, passo importante na execução do método de classificação supervisionada híbrida. Após a composição foi feita a alteração do contraste, com o intuito de auxiliar na diferenciação e identificação dos locais que posteriormente serão classificados. Para esta alteração de contraste, utilizou-se o 'histograma', dentro da opção 'propriedades'.

O passo seguinte foi o recolhimento das amostras através de polígonos. Para recolhê-las foi necessário ativar o plug-in '*SCP Dock'*. Em seguida, selecionou-se a opção '*Semi-automatic Classification plugin'*. As classes de uso e ocupação da terra presentes na área em estudo foram observadas nas imagens e registradas durante os trabalhos de campo realizados. Posteriormente, com base no Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013) seguiu-se a construção de chaves amostrais para as classes expostas na Figura 2.

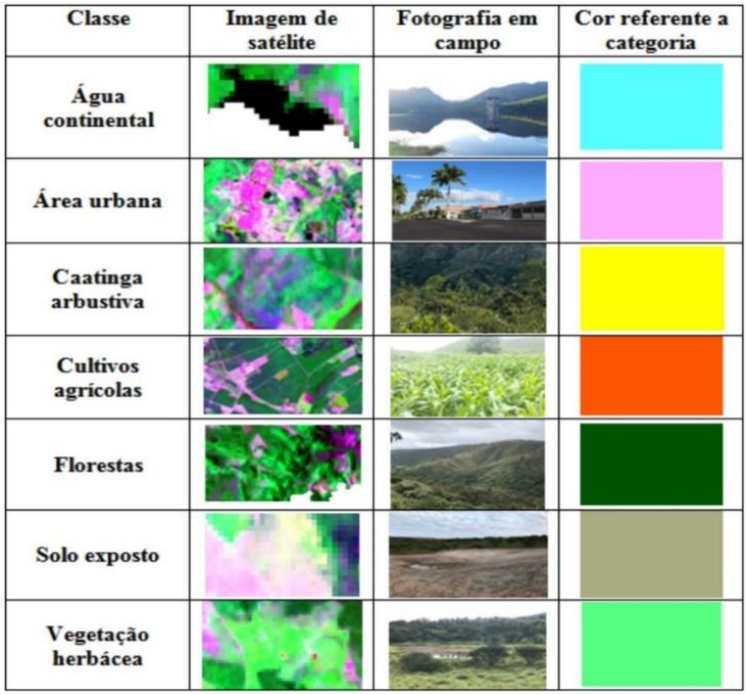


Figura 2 – Identificação das áreas que correspondem as categorias de uso e ocupação
Fonte: autoria própria.

Com base na determinação de classes supracitadas na opção *Semi-automatic Classification plugin*, a aba SCP DOCK se utilizou os seguintes comandos: *Create a new training input* e *Create a ROI polygon*. Posteriormente, realizou-se a edição da nomenclatura das classes e das respectivas cores em 'C Info'. Para finalizar a classificação usou-se opção '*Classification Output'*, por meio do comando '*Create Vector*' e '*Run'*. Na última etapa, com arquivo vetorial, realizaram-se algumas correções necessárias editando a tabela de atributos, com o auxílio dos dados registrados em campo. Por fim, calculou-se os respectivos valores em área utilizando-se a calculadora de campo da tabela de atributos, por meio do comando geometria>$area.

3. Resultados e Discussões

No que se refere ao comportamento espectral dos alvos, e diagnóstico em campo, tornou-se possível constatar o uso e ocupação da terra em Antônio Gonçalves (Figura 3), evidenciando o predomínio da caatinga arbustiva, florestas, vegetação herbácea, solo exposto, área urbana, cultivos agrícolas e água continental (Tabela 3).

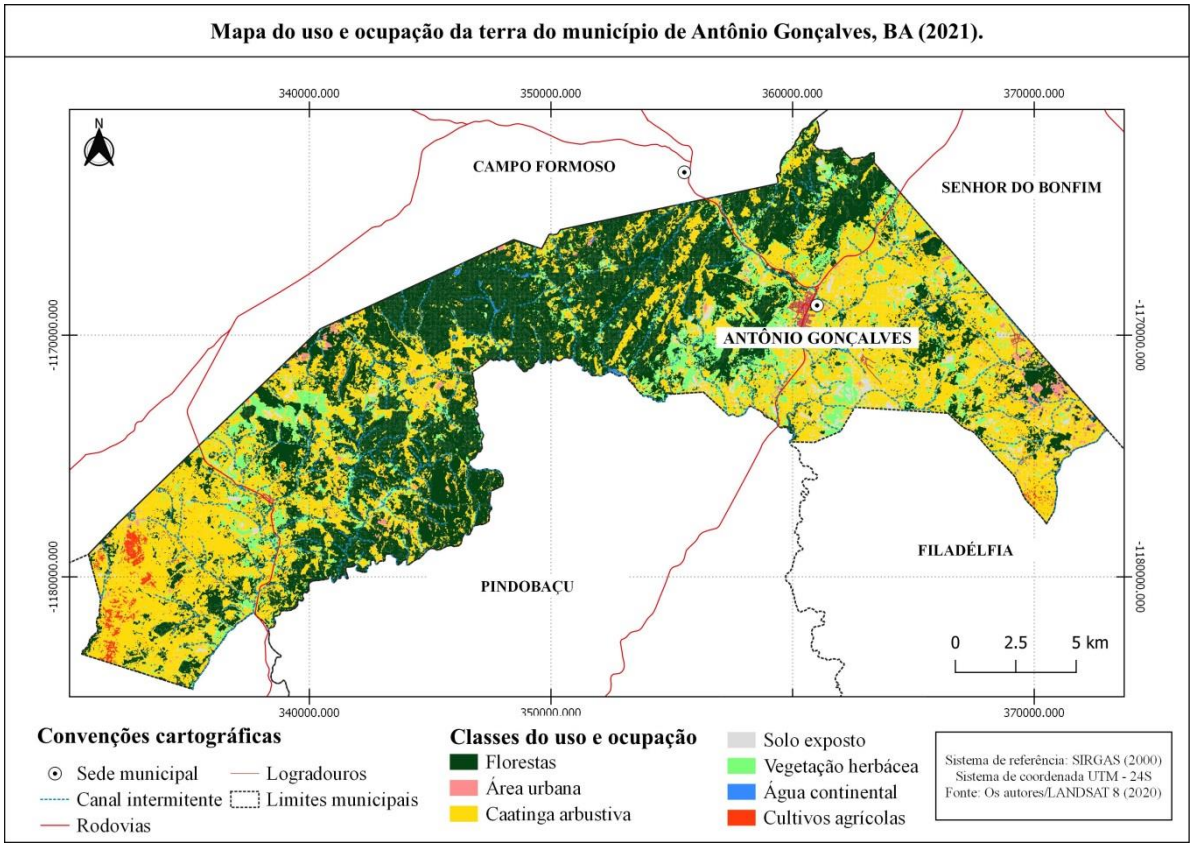


Figura 2 – Mapa de uso e ocupação da terra do município de Antônio Gonçalves - BA, 2021.
Fonte: autoria dos autores.

Tabela 3 – Antônio Gonçalves (BA): classes de uso e ocupação da terra, 2021.

Classe	Área km²	Área (%)
Caatinga	149,76	43,37
Floresta	148,35	42,97
Vegetação herbácea	31,14	9,02
Solo exposto	6,30	1,83
Área urbana	5,57	1,61
Cultivos agrícolas	3,73	1,08
Água continental	0,41	0,12
Total =	**345,26**	**100**

Fonte: autoria dos autores.

Com base nas categorias supracitadas, nota-se a abundante presença da caatinga arbustiva, fato que se explica pelo contexto climático no qual a área em estudo se encontra, o semiárido. Essa unidade, ocupa uma área de 149,76 km², cerca de 43,37% do município, com destaque para ocorrência de plantas das famílias *Anacardiaceae; Vachellia*, *Senegalia*, *Mimosa*,

Chamaecrista e outros da família *Fabaceae* (IBGE, 2012). Verifica-se que a vegetação de caatinga segue o padrão das zonas mais planas, no pedimento, zona pertencente à região do Pediplano Sertanejo (RADAMBRASIL, 1986).

No entanto, somada a sua presença em quase todo o território nordestino, a caatinga tem apresentado um fator preocupante nos últimos anos; a degradação associada à extração. Nesse cenário, estima-se que 80% da vegetação se encontra inteiramente modificada, indicativo de alerta para esse um domínio de ocorrência exclusivamente brasileira (ARAÚJO FILHO, 1996; LEAL; TABARELLI; SILVA, 2003).

Observa-se, que uma das causas para essa tendência é o potencial extrativista dessa classe, como o medicinal, forrageiro, e corte de madeira para lenha e/ou carvão, que a torna suscetível à extração em larga escala (LEAL; TABARELLI; SILVA, 2003). Considerando, então, a dinâmica do município estudado, pode-se afirmar que o grau de risco se eleva ao verificar áreas desmatadas para pastagens de caprinos e ovinos, bem como áreas de queimadas, prática comum nas regiões do semiárido baiano (SAMPAIO; SOCORRO; SAMPAIO, 2008). Sob a perspectiva de planejamento ambiental, há necessidade de práticas de manejo que mitiguem cenários degradantes, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2007), a simplificação de procedimentos burocráticos no manejo das áreas de caatinga, bem como a delimitação de regiões prioritárias para reposição de espécies seriam uma das alternativas de uso sustentável da caatinga (ARAÚJO FILHO E CARVALHO, 1997; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015).

Verifica-se também a presença das florestas, somando 148,35 km², ou 42,97% da área total do município. Dados do Manual Técnico de Vegetação do IBGE apontam que florestas são grandes formações vegetacionais com fitofisionomia semelhante ou aparentada (IBGE, 2012), no caso deste estudo, as florestas se encontram majoritariamente na zona da Serra da Jacobina, área representada por um vale alongado e que exibe altitudes consideráveis e características erosivas intensas, além de afloramentos rochosos fraturados e falhados (RADAMBRASIL, 1986). Por ocorrer em área associadas ao relevo movimentado de serras, as florestas possuem orientações diversas, bordejando as feições geomorfológicas supracitadas (RADAMBRASIL, 1986; CPRM, 2005; EMBRAPA, 2015).

Em razão das evidencias geológicas e geomorfológicas, bem como associadas ao microclima, as florestas no município de Antônio Gonçalves são longas e espaçadas, e posicionam-se em zonas hidricamente favoráveis (CPRM, 2005). Em termos de planejamento

ambiental, percebeu-se certo grau de preservação destas áreas. Nestes ambientes, sugere-se ainda o cumprimento do Código Florestal (BRASIL, 2012), e visto a localização sobre a Serra da Jacobina, indica-se o seguimento das normas das Áreas de Preservação Permanente (APP), que estabelece normais gerais de proteção e conversação dos solos, bem como sustentação da recarga hídrica. Ademais, salienta-se que é fundamental a adesão da proposta da Área de Proteção Ambiental da Serra de Jacobina (BA) nas áreas pertencentes a esta classe (BAHIA, 2019).

Ainda por intermédio da análise do desempenho espectral dos alvos, a categoria vegetação herbácea mostrou 31,14 km², ou 9,02% do território municipal. Para o IBGE (2012), vegetação herbácea são plantas que apresentam caules flexíveis, geralmente com 35 cm ou mais de altura, e são de fundamental importância na manutenção do estrato lenhoso da Caatinga (SILVA et al., 2009). Lima (2011), afirma que além de influenciar nos aspectos fitofosionomicos da Caatinga, a vegetação herbácea mantém ainda condições de germinação para o estrato lenhoso, uma vez que lança uma espécie de proteção e sombreamento para o solo (IBGE, 2012; SILVA, 2011).

Em Antônio Gonçalves, a classe de vegetação herbácea segue, em sua maioria, a orientação dos cursos fluviais, à medida que também assume direcionamentos das áreas dos vales estruturais do município (RADAMBRASIL, 1986). Verificou-se certo estado de preservação destes ambientes, que pode estar ligado aos fatores do clima ameno e riqueza hídrica (CPRM, 2005). Enquanto características intrínsecas ao planejamento, as zonas de ocorrência são de extrema importância para a biota do solo e ciclo hídrico, por conta da proximidade aos canais intermitentes, e cobertura do solo, sendo necessário o seguimento da legislação específica para essas áreas (IBGE, 2012; SILVA, 2011; BRASIL, 2012).

Os solos expostos apresentaram uma cobertura de 6,30 km² ou 1,83% do território. Essas áreas, segundo o IBGE (2013) configuram terrenos de extração abandonados e sem vegetação exposta, ou áreas manejadas ou preparadas para a agricultura, afloramentos rochosos ou zonas desmatadas de uso antrópico. No mapa principal (Figura 2), a classe de solo exposto, são zonas desnudadas como os campos de futebol, rodovias, áreas de preparo agrícola, etc. Sugere-se a observação e acompanhamento geotécnico desses ambientes, com intuito de mitigação de eventuais impactos na biota, bem como visando à diminuição dos riscos erosivos (LIMA, 2007; SILVA et al., 2009; IBGE, 2013).

Quanto à classe de área urbana, esta representou no município a soma de 5,57 km², total de 1,61% de extensão municipal, associada ao contexto urbanístico-populacional da sede municipal e dos distritos, a exemplo de Caldeirão do Mulato, Brejão da Grota e Jiboia (IBGE, 2020). Avaliando as zonas urbanizadas, distribuídas nas localidades mencionadas, sugere-se que medidas de políticas setoriais e de planejamento sejam revisadas, com o intuito do desenvolvimento urbano equilibrado (HONDA et al., 2015); observou-se em campo, o uso inapropriado na áreas ao sul da sede municipal, em zonas de planícies aluviais, também próximas as vegetações herbáceas, que culmina em um comportamento espacial preocupante, pois potencializa os riscos de eventos, como inundações periódicas (IBGE, 2009; CHRISTOPHERSON, 2012; LIMA e LUPINACCI, 2019), e gera impactos negativos para as formações vegetacionais do terreno. Indica-se o seguimento das diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, instituída pela Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, com intuito de ordenar e articular o espaço, de maneira coerente, direcionando a malha urbana corretamente (BRASIL, 2012; HONDA et al., 2015).

A classe de cultivos agrícolas e água continental representaram 3,73 km² e 0,41 km², ou 1,08% e 0,12% do território, respectivamente. Segundo o IBGE (2020), o munícipio revela destaque econômico pela extração do umbu e oleaginosos, como o licuri, bem como se destaca pelo cultivo da palma, espécie bastante utilizada para o consumo animal. Em campo, observou-se a presença também da cultura do milho e, nas zonas da Serra da Jacobina, da uva. Com relação à classe de água continental, destaca-se a barragem do Aipim, na Serra da Bananeira, que ocorre no centro-sul do município e abastece os distritos circunvizinhos, além de ser responsável direto pela irrigação de plantios de agricultores familiares próximos, como os moradores do Povoado de Bananeira dos Pretos.

4. Considerações Finais

Este trabalho foi norteado, essencialmente, pelo interesse em contribuir com o desenvolvimento de pesquisas do uso e ocupação da terra no semiárido nordestino. Nesse sentido, pode-se afirmar que os procedimentos utilizados neste trabalho, pautados em rotinas de SIG e análises espectrais, não dispensaram a prática de trabalhos de campo, ao mesmo tempo em que a utilização do *software* QGIS versão 3.10.14 se mostrou eficaz.

Quanto à análise do uso e da ocupação da terra, ficou constatado a predomínio da caatinga arbustiva, cuja existência se explica pelo contexto climático onde o município está

inserido. Verificou-se grande presença das áreas de florestas. Seguidamente, a classe de vegetação herbácea foi bastante expressiva, e segue, em sua maioria, a orientação dos cursos fluviais. Já a classe de solos expostos, área urbana, cultivos agrícolas se água continental foram minoria no resultado espectral do uso e ocupação.

De um modo geral, espera-se que este trabalho possa ser o ponto de partida para outros estudos, e que forneça uma base inicial para diferentes propostas cartográficas em ambientes semiáridos tropicais, ou para pesquisas que se proponham a diagnosticar melhor a dinâmica do uso e ocupação da terra do município de Antônio Gonçalves – BA.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio e investimento ao longo do desenvolvimento da pesquisa, corroborando o estímulo à ciência, através do auxílio em todas as etapas deste projeto.

Referências

ADELI, Z.; KHORSHIDDOUST, A. Application of geomorphology in urban planning: Case study in landfill site selection. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 19, p. 662-667, 2011.

ARAÚJO FILHO, JA de; CARVALHO, FC de. Desenvolvimento sustentável da caatinga. **Sobral: Embrapa Caprinos**, 1997.

ARAÚJO FILHO, JC de; RIBEIRO, M. R. Infiltração de água em Cambissolos do Baixio de Irecê (BA). **R. Bras. Ci. Solo**, v. 20, 1996.

AUGUSTIN, C. H. R. R.; FONSECA, B. M.; ROCHA, L. C. Mapeamento geomorfológico da Serra do Espinhaço Meridional: primeira aproximação. **Geonomos**, 2011.

BRANQUINHO, F.; FELZENSZWALB, I. Meio ambiente: experiências em pesquisa multidisciplinar e formação de pesquisadores. Rio de Janeiro-RJ: Mauad X, 2007.

BRASIL**. LEI n. 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção de Defesa Civil. Casa Civil**. Subchefia para assuntos jurídicos. Disponível em: . Acesso em: 28 mai. 2021.

BRASIL. **Código Florestal Brasileiro**. Brasília, Brasil, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Ministério da Agricultura, Brasília, Brazil [www document]. URL http://www. planalto. gov. br/ccivil_03/Leis L, v. 4771, 2001.

BUSTOS, M. L.; PERILLO, G. M. E.; PICCOLO, M. C. Dinâmica de perfis de praia em áreas com dunas frontais modificadas em Pehuen Co (Argentina). **Revista Latino-americana de Sedimentologia e Análise de Bacias** , v. 23, n. 2 P. 133-149, 2016.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. Fundação de Apoio a Pesquisa–FUNAPE/UFG, 2005.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: uma introdução à geografia física**. Porto Alegre: Bookman, 2012, 728p.

COMPANHIA BAIANA DE PESQUISA MINERAL - CBPM. Bacia do São Francisco entre Santa Maria da Vitória e Iuiú, Bahia: geologia e potencialidade econômica Salvador, 2003.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM -Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Antônio Gonçalves, estado da Bahia / Organizado [por] J. de C. M., B. A. B., L. C. de S. J., S. de T. M. P., D. E. A. da R., V. G. D. de C. Recife: CPRM/PRODEEM,2005.

CONCEIÇÃO, A. A.; GIULIETTI, A. M.; MEIRELLES, S. T. Ilhas de vegetação em afloramentos de quartzito-arenito no Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 2, p. 335-347, 2007.

CONWAY, T. M.; NORDSTROM, K. F. Characteristics of topography and vegetation at boundaries between the beach and dune on residential shorefront lots in two municipalities in New Jersey, USA. **Ocean & coastal management**, v. 46, n. 6-7, p. 635-648, 2003.

CRIACAO DE APA PROPOE PRESERVACAO DAS NASCENTES DA SERRA DA JACOBINA. **Governo do Estado da Bahia**, Salvador 06 de jul de 2019. Disponível em: http://www.meioambiente.ba.gov.br/2019/08/11806/Criacao-de-APA-propoe-preservacao-das-nascentes-da-Serra-da-Jacobina.html

DE ASSIS, J. M. O. Mapeamento do uso e ocupação do solo no município de Belém de São Francisco–PE nos anos de 1985 e 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 05, p. 858-869, 2014.

DE AZEVEDO, E. C.; DE CARVALHO MANGABEIRA, J. A. Mapeamento de uso das terras utilizando pocessamento digital de imagem de sensoriamento remoto. **Embrapa Monitoramento por Satélite**, 2001. 12p. il., 2001.

FARIA, A. P. Transporte de sedimentos em canais fluviais de primeira ordem: respostas geomorfológicas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 2, 2014.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. Oficina de textos, 2007.

HONDA, S. C. A. L. VIEIRA, M. C. ALBANO, M. P. Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente (SP). urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 62-73, 2015.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. Disponóvel em:. http://wwww.inmet.gov.br/portal/

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico** 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

_____. **Censo Demográfico** 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

_____. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Manuais técnicos em geociências, v. 3, 2012.

JATOBÁ, L. **A Geomorfologia do Semiárido**. Universidade Federal de Pernambuco, 1994.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, JMC da. Ecologia e conservação da caatinga: uma introdução ao desafio. **Ecologia e conservação da caatinga**, p. p. 13-18, 2003.

LIMA, E.N. 2011. **Influência do componente herbáceo da Caatinga na regeneração natural de plantas lenhosas em uma área de vegetação preservada e uma área de agricultura abandonada**. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

LIMA, K. C.; CUNHA, C. M. L. Atualização Cartográfica Da Rede De Drenagem Para Estudo Geomorfológico De Rios Intermitentes e efêmeros do Semiárido**. Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66, n. 1, 2014.

LIMA, K. C.; DA CUNHA, C. M. L.; DOS SANTOS, J. M. Análise Geomorfológica Da Bacia Hidrográfica Do Rio Bom Sucesso (Semi-Árido Da Bahia) Através Da Aplicação De Paramêtros Morfométricos Da Rede De Drenagem. **Revista de Geografia** (Recife), v. 27, n. 2. Esp, p. 31-44, 2011.

MACHADO, P. B.. **Cartilha Histórica sobre as origens de Senhor do Bonfim**. Salvador: Universidade do Estado da Bahia, 1993.

MEIRELES, V. C. MATSUDA, L. M. COIMBRA, J. A. H. MATHIAS, T. A. F. Características dos idosos em área de abrangência do Programa Saúde da Família na região noroeste do Paraná: contribuições para a gestão do cuidado em enfermagem. **Saúde e Sociedade**, v. 16, p. 69-80, 2007.

NUNES, J. F.; ROIG, H. L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do alto do descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista árvore**, v. 39, p. 25-36, 2015.

PAIS, A. J. R.; RIBEIRO, N. S.; SANTOS, R. M. d. Mapping floristic communities in Southern Africa savannas, Mozambique. **Rodriguésia**, v. 72, 2021.

QUEIROZ, D.S. QUEIROZ, D. S. A Cartografia Geomorfológica de Detalhe: Uma Proposta visando a Multidisciplinaridade. **REVISTA CLIMEP**. Rio Claro, vol. 7, nº. 1-2, p. 22, 2012.

RADAMBRASIL, PROJETO. Folha SC. 24/25 Aracajú/Recife. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: **Departamento Nacional da Produção Mineral**, 1986.

REIS, A.M.S., ARAÚJO, E.L., FERRAZ, E.B.M. MOURA, A.N. 2006. Inter-annual variations in the floristic and population structure of herbaceous community of "Caatinga" vegetation in Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** 29: 497-508.

RODRIGUES, A. C. M. MOREIRA, J. C. Mapeamento Multitemporal do uso e cobertura do solo do município de São Sebastião-SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM-Landsat e HRV-SPOT. São José dos Campos: INPE, 94p. 2000.

ROSS, J. L.S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para planejamento ambiental**. 1ª ed. Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2006.

SAMPAIO, E. VSB; MARIA DO SOCORRO, B. A.; SAMPAIO, Y. SB. Propensão à desertificação no semi-árido brasileiro. **Revista de Geografia** (Recife), v. 22, n. 2, p. 59-76, 2008.

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G; BEZERRA, H.S. Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meio de imagens Landsat ETM+. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 14., 2009, Natal. Anais... Natal: INPE, 2009. p.1199-1206.

SANTOS, M. **Técnica, Espaço, Tempo: Globalização e meio técnico-científico-informacional**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

SILVA, K.A., A., E.L. FERRAZ, E.M.N. 2009. Estudo florístico do componente herbáceo e relação com solos em áreas de Caatinga do embasamento cristalino e bacia sedimentar, Petrolândia, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 23: 100-110.

SILVA, R. V. **Uso e ocupação da margem esquerda do rio Paraguai e a percepção ambiental de usuários do município de Cáceres, Mato Grosso**. Cáceres. Universidade do Estado do Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), 2011.

SOUZA, B. I. de; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. de. Caatinga e desertificação. **Mercator** (Fortaleza), v. 14, p. 131-150, 2015.

SOUZA, S. O.; FOLHARINI, S. O. Mapeamento Do Uso E Ocupação Da Terra Do Município De Petrolina (Pe)–Médio Vale Do Rio São Francisco Através Do Ndvi De Imagem Landsat 8 (Oli). **Revista Equador**, v. 8, n. 2, p. 489-502, 2019.

SOUZA, S. O.; REIS, F. S. Evolução Espaço-Temporal Do Uso E Ocupação Do Município De Senhor Do Bonfim–Ba–Brasil. **Geoambiente On-line**, n. 38, p. 106-128, 2020.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. -- Salvador: SEI,. v. p.252 (**Série territórios de identidade da Bahia**, v. 3). 2018.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE- SUDENE. Nota Técnica N° 05/2017/Cgds/Dplan/Sudene, pag. 1, 2017.

TRENTIN, R.; SANTOS, L. J. C.; ROBAINA, L. E. S. Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Itu: oeste do Rio Grande do Sul-Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 24, p. 127-142, 2012.

WANG. **Comparando mapas espaciais de variação genética de populações humanas usando a análise de Procrustes**. Aplicações estatísticas em genética e biologia molecular, v. 9, n. 1, 2010.

Utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial na avaliação de mudanças na cobertura e uso da terra na sub-bacia hidrográfica do alto rio Jacuípe-BA: contribuições para a gestão ambiental

Izaias de Souza Silva
Mestrando em Geografia na Universidade Federal de Goiás
izaiasdesouzasilvaa@gmail.com

Jaqueline Pereira Evangelista
Mestranda em Geografia na Universidade de Brasília
jaquelieevangellista@gmail.com

Fabiana Sampaio da Silva
Graduanda em Ecologia na Universidade Federal do Vale do São Francisco
fabianass2814@gmail.com

Ulisses Costa de Oliveira
Doutorando em Engenharia civil na Universidade Federal do Ceará
ucoliveira@msn.com

Resumo
No presente estudo, foi realizada uma análise espaço-temporal das mudanças na cobertura e uso da terra na sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Jacuípe (SBHARJ), localizada na região semiárida brasileira, mais especificamente na porção centro-norte do estado da Bahia, área *core* do bioma Caatinga. A avaliação das mudanças na cobertura e uso da terra SBHARJ, foi realizada mediante Processamento Digital De Imagens de satélite (PDI) de alta resolução espacial, onde utilizou-se imagens do satélite Sentinel 2, com resolução espacial de 10 m. As imagens foram adquiridas gratuitamente no site da *European Space* Agecy (ESA), e processadas na plataforma de programação em nuvem do *Google Earth Engine*, e no *softwere* QGIs 3.0. Os resultados do estudo mostraram que nos últimos quatro anos (março de 2016 a abril de 2021), houve um aumento significativo das áreas de uso da terra por pastagens em detrimento de áreas de cobertura vegetal natural por Caatinga Herbácea e Caatinga Arbustiva; fragmentação das áreas de Caatinga Densa, principalmente em Áreas de Preservação Permanente (APP); e aumento das áreas de solo exposto nas proximidades dos corpos hídricos.

Palavras-Chave: Caatinga; Atividades antrópicas; Bahia.

1. Introdução

A avaliação de mudanças na cobertura e uso a terra, a partir de dados de Sensoriamento Remoto Orbital, é uma importante fonte de informação para os interessados nas dinâmicas dos ecossistemas terrestres. Sob esta perspectiva, um fator relevante em relação aos diversos estudos com ênfase na cobertura e uso da terra e as mudanças na cobertura e uso da terra, é que eles se têm mostrado essenciais no levantamento de informações capazes de subsidiar as tomadas de decisões no âmbito da Gestão Ambiental e do Desenvolvimento Sustentável (TEWABE e FENTAHUM, 2020).

De acordo com Lambin et al., (2003), as mudanças na cobertura e uso da terra podem ser compreendidas como sendo o resultado material das interações entres sistemas naturais e socioeconômicos, em um dado espaço-tempo. Sob essa perspectiva, tais mudanças podem não só estar associadas a diversos fatores, como a apropriação intensa e sem planejamento dos bens naturais, dinâmicas demográficas, expansão urbana, entre outras; como também modificar a disponibilidade com qualidade dos referidos bens naturais, como a água, o solo e as florestas, essas últimas, com destaque para os seus serviços ecossistêmicos.

Decorre dos fatores aludidos que, as mudanças na cobertura e uso da terra é uma preocupação global, haja vista que suas implicações são de caráter ambiental, e principalmente, socioeconômico, em pequenas, médias ou grandes regiões. Nesse sentido, as bacias hidrográficas se apresentam como unidades de gestão ambiental de grande relevância à análise das mudanças da cobertura e uso da terra (BOTELHO, 2010), configurando áreas prioritárias – e a um só tempo estratégicas – para gestão e conservação dos ecossistemas, visto que ao reconhecerem mudanças na cobertura e uso da terra, podem desencadear diversos impactos socioambientais, como a erosão do solo, assoreamento dos recursos hídricos, entre outros.

Considerando estes aspectos, o presente estudo teve como objetivo geral mapear as mudanças na cobertura e uso da terra na Sub-bacia Hidrográfica do Alto Rio Jacuípe (SBHARJ), a partir do Processamento Digital de Imagens de satélite de alta resolução espacial, imagens do satélite Sentinel 2. O estudo objetivou gerar informações e conhecimentos capazes de subsidiar as tomadas de decisões e no Planejamento Ambiental na SBHARJ, e nos municípios localizados na mesma, sob a perspectiva dos diferentes usos dos recursos naturais no bioma Caatinga, no semiárido brasileiro.

Análises de mudanças na cobertura e uso da terra na Caatinga são extremamente importantes, considerando que a degradação ambiental no bioma induzidas por estas mudanças constitui um dos maiores desafios a serem suplantados (ARAÚJO e SOUZA, 2011). Nesse sentido, mapeamentos da cobertura e uso da terra contribuem significativamente na construção de estratégias para conservação e tomadas de decisões por parte dos agentes e gestores, ao apresentarem informações referentes às condições dos diferentes ambientes, tanto no sentido das potencialidades, quanto das suas restrições.

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, que abrange total e parcialmente 10 Unidades Federativas: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. O termo “Caatinga” é oriundo do Tupi Guarani, que

significa “Mata Branca”, nome atribuído pelos povos que originalmente a povoava (KILL et al. 2007). Situada no “Polígono das Secas”, a Catinga se apresenta como um dos ecossistemas brasileiros mais vulneráveis à desertificação, tendo em vista as particularidades climáticas predominantes (REBOUÇAS, 1997), que se soma a séculos de usos indiscriminados dos seus bens naturais.

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), a área ocupada originalmente pela Caatinga compreende aproximadamente 850.000 Km² (10%) do território nacional, sendo que nos dias atuais, cerca de 36% da sua área total é antropizada, haja vista séculos de exploração. Atualmente, grande parte das atividades antrópicas no bioma estão atreladas à pecuária extensiva, com a prática do superpastoreio de ovinos, caprinos e bovinos; agricultura, com a prática de queimadas desordenadas no preparo das terras; e principalmente, as atividades de exploração madeireira, com um forte processo de desmatamento (ARAUJO FILHO e CARVALHO, 1997).

Associada à sua riqueza paisagística, a Caatinga é um dos domínios de natureza mais diversos do Brasil, com elevado número de espécies animais e vegetais endêmicas, ameaçadas de extinção (BRASILEIRO, 2009). Entretanto, há quem duvide e desconheça a importância ecossistêmica e sociocultural da “Mata Branca”, provavelmente, devido ao aspecto da paisagem nos períodos de estiagem, que reflete cores “opacas e acinzentadas”, bem como a ausência de folhas nas árvores, restando apenas os galhos secos nos períodos de estiagem. Trata-se de características predominantes e inerentes à vegetação desses ambientes, mecanismos naturais que lhe conferem estratégias adaptativas para que a flora resista, por exemplo, às baixas pluviosidades.

Frente a esses aspectos, tecnologias como o Sensoriamento Remoto Orbital e o Geoprocessamento, são consideradas as principais fontes de dados para realizar o monitoramento e avaliação dos ecossistemas terrestres, em especial as mudanças na cobertura e uso da terra de áreas extensas. Como foi destacado, o presente estudo objetivou mapear as mudanças na cobertura e uso da terra na SBHARJ.

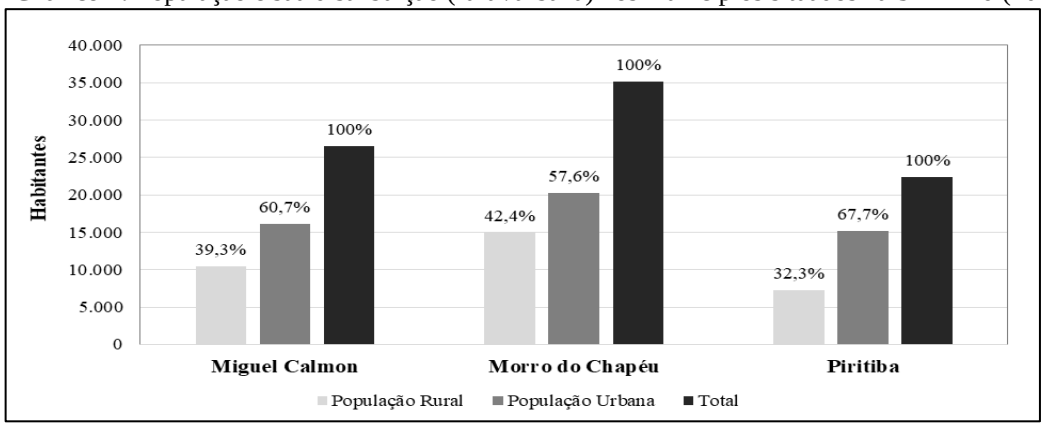
2. Metodologia

2.1 A Área em Estudo

A SBHARJ está localizada no centro-leste do estado da Bahia, na Ecorregião do Complexo da Chapada Diamantina, sob os domínios do bioma Caatinga e do Clima Semiárido. Especificamente, a SBHARJ ocupa uma área de ~2.070Km², e contempla parcialmente 3 municípios, sendo eles, Morro do Chapéu (1.620Km², 78%), Miguel Calmon (269Km², 13%), e Piritiba (180Km², 9%).

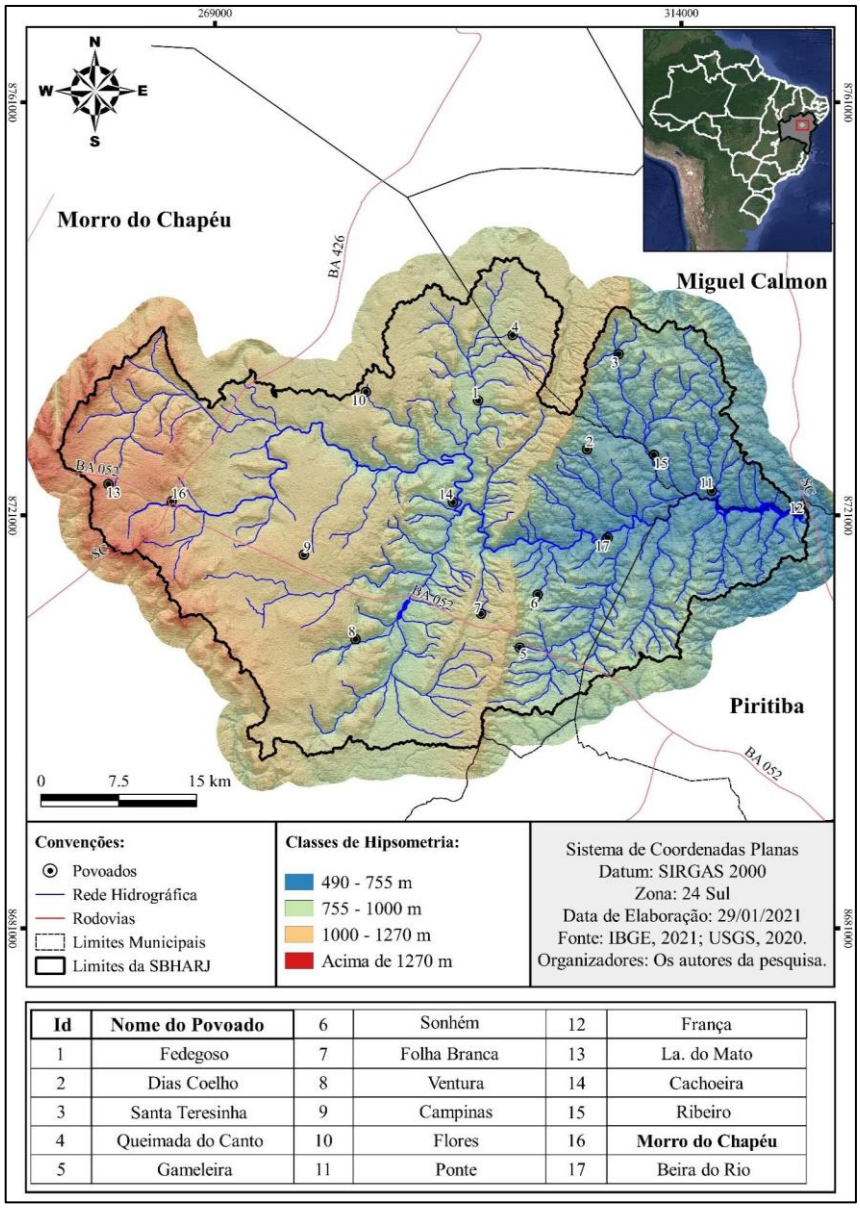
De acordo com os dados do Censo Demográfico do ano de 2010, o número de habitantes destes municípios é de 35.164, 26.745 e 22.399, respectivamente, perfazendo um total de 84.308 habitantes, tendo como suas principais atividades econômicas o comércio e a atividade pecuária, com ênfase na criação de bovino, caprinos e ovinos. Ainda de acordo com os dados do último Censo Demográfico (2010), parte significativa da população dos respectivos municípios situados na SBHARJ, vivem na zona rural (Gráfico 1).

Gráfico 1: População e sua distribuição (rural/urbana) nos municípios situados na SBHARJ (2010).



Fonte: IBGE, (2010). Org.: Os autores.

Assim, entende-se que a população dos municípios localizados na SBHARJ, não apenas integram a paisagem, como também opera no sentido de sua transformação, haja vista que, a transformação da natureza, mediante a apropriação/conversão dos bens naturais em recursos naturais, está intrinsecamente relacionada a história dos povos, e ao processo de produção/organização do espaço. Nesse sentido, na área em estudo (Figura 1) além da cidade de Morro do Chapéu, há mais 16 povoados rurais que dependem dos recursos.



Id	Nome do Povoado	6	Sonhém	12	França
1	Fedegoso	7	Folha Branca	13	La. do Mato
2	Dias Coelho	8	Ventura	14	Cachoeira
3	Santa Teresinha	9	Campinas	15	Ribeiro
4	Queimada do Canto	10	Flores	16	**Morro do Chapéu**
5	Gameleira	11	Ponte	17	Beira do Rio

Figura 1 – Mapa de localização da área em estudo (SBHARJ).
Fonte: IBGE, (2021); USGS, (2020). Org.: os autores.

2.1 Aquisição e processamento dos dados

A metodologia da presente pesquisa teve como base a revisão bibliográfica e o Processamento Digital de Imagens de satélite (PDI), tendo como escopo a utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial (Sentinel 2) na elaboração cartográfica dos mapas de cobertura e uso da terra, afim de identificar evidenciar e discutir as possíveis mudanças na cobertura e uso da terra, na janela temporal entre 2016 e 2021. Os procedimentos metodológicos a que foram submetidos, podem ser melhor compreendidos a partir da síntese apresentada na Figura 2, tendo em vista três etapas consecutivas.

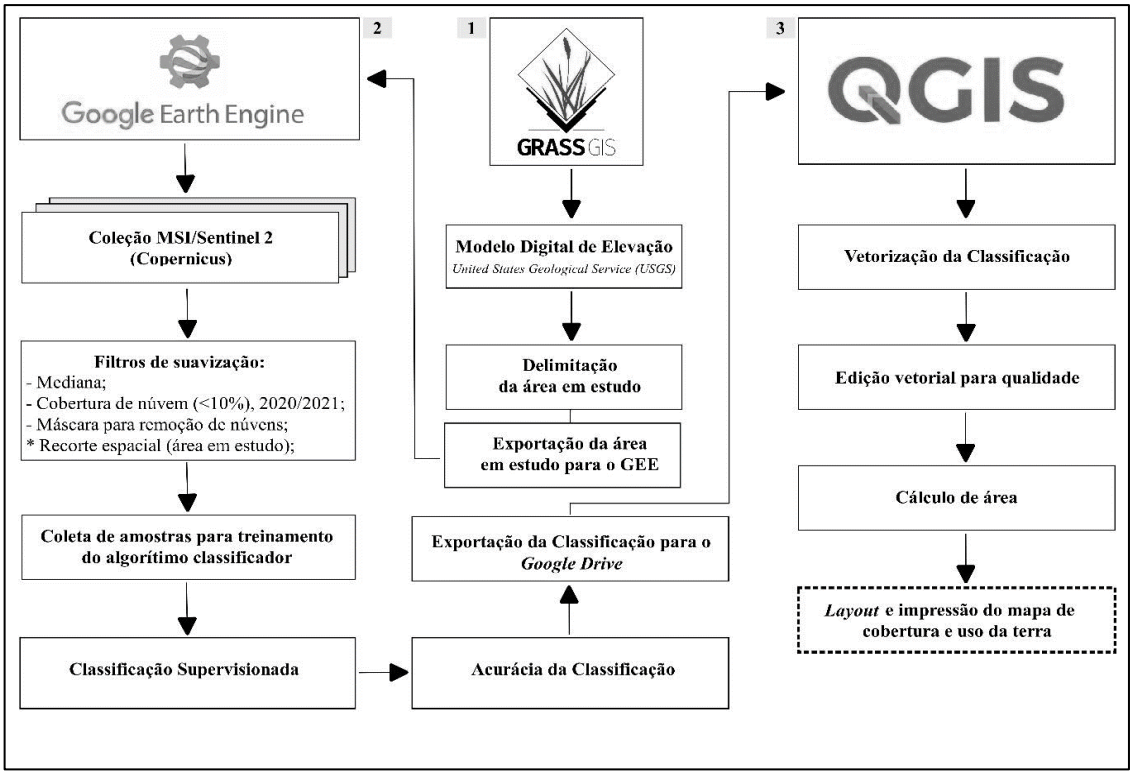


Figura 2 – Fluxograma das etapas realizadas no mapeamento da cobertura e uso da terra (2016/2021).
Fonte: Os autores, (2021); Org.: Os autores.

No que se refere, especificamente, à primeira etapa (1) de processamento dos dados, destaca-se que esta compreendeu a delimitação da área em estudo, sendo realizada no *software* GRASS, mediante o *Digital Elevation Model* (MDE), da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponíveis no site do *United States Geological Service* (USGS). As demais etapas (2 e 3), foram realizadas na plataforma do *Google Earth Engine* e no *software* QGIs 3.0, respectivamente.

Na plataforma do *Google Earth Engine*, primeiramente realizou-se o acesso à coleção de imagens do MSI/Sentinel 2, considerando um roteiro pré-definido das etapas do PDI, que levou em consideração, especificamente, os filtros de suavização e o recorte espacial e temporal. Os procedimentos subsequentes na plataforma do *Google Earth Engine*, referem-se à definição das classes temáticas e coleta de amostras para treinamento do algoritmo classificador; à classificação propriamente dita; acurácia e exportação da classificação.

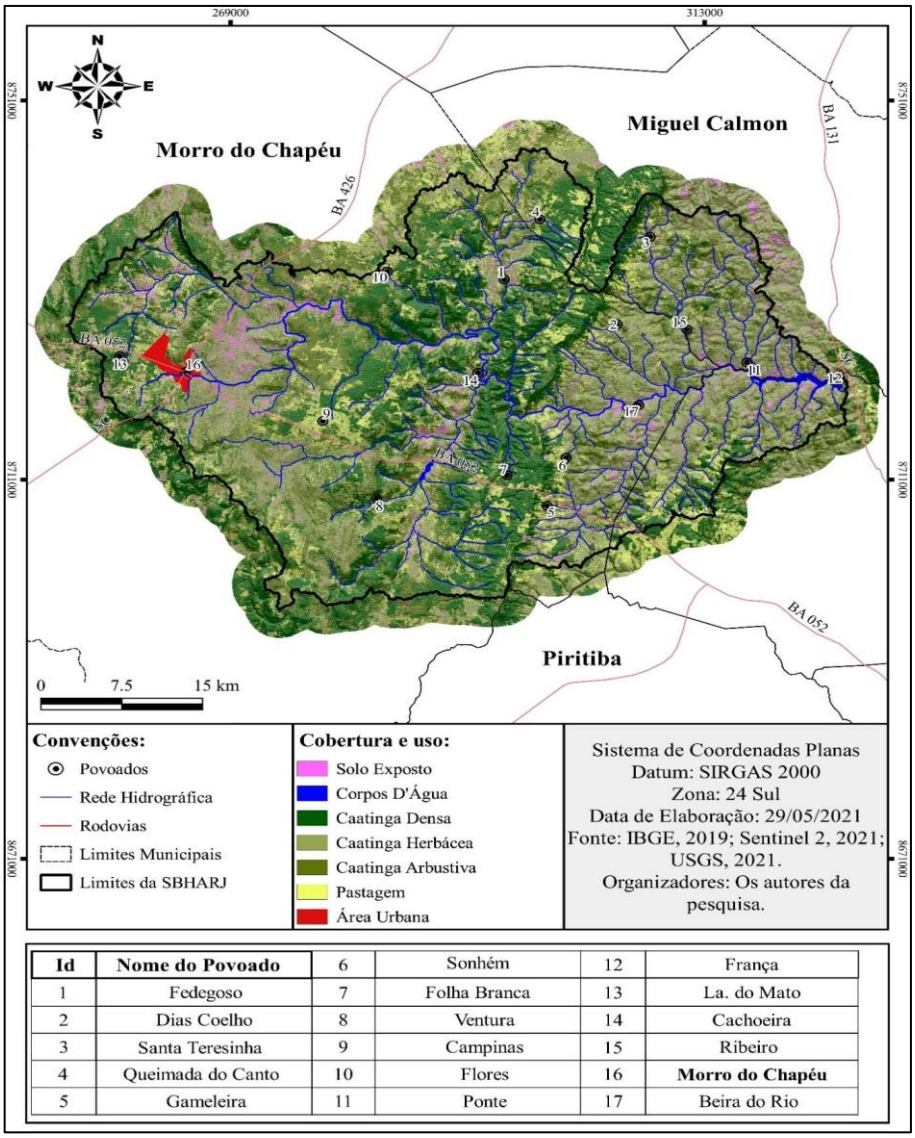
A respeito do algoritmo classificador, definiu-se para o presente estudo o *Classification and Regression Trees* (CART), um classificador não paramétrico que, baseado em pixel, opera usando níveis de números digitais de amostras, estabelecidas pelos usuários a partir do Sistema

de Classificação de referência (IBGE, 2013), para gerar uma árvore de decisão e classificar a referida imagem. A acurácia global da classificação foi de 89% e 90%, e o coeficiente *Kaapa* 0.83 e 0.87, nos respectivos anos.

Uma vez realizada a exportação da classificação, no *software* QGIs 3.0, a terceira etapa de processamento dos dados compreendeu a vetorização, edição vetorial para qualidade, e cálculo de área paras as classes temáticas, seguindo exatamente esta sequência. Por fim, a impressão do mapa de cobertura uso da terra foi feita a partir do *Layout* de impressão do próprio *software* QGIs 3.0. Somando-se ao PDI, foram acessados e utilizados dados secundários disponíveis no Sistemas de Recuperação Rápida do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (SIDRA/IBGE).

3. Resultados e Discussões

A partir do mapa da cobertura e uso da terra do ano de 2016 (Figura 3), pode-se observar os diferentes aspectos inerentes aos fatores naturais e antrópicos em escala de paisagem na área em estudo. Nota-se que a cobertura vegetal natural, com destaque para áreas de Caatinga Densa, está restrita as áreas de chapadas, ocorrendo principalmente na porção central da bacia hidrográfica, onde as classes hipsométricas variam entre 750 e 1200 metros de altitude. Considerando as respectivas áreas, é possível observar ainda que estas além de apresentarem nível considerável de fragmentação para uso da terra por pastagens, contrastam principalmente com as fitofisionomias de Caatinga Arbustiva e Caatinga Herbácea, respectivamente, evidenciando áreas onde a vegetação é mais esparsa/dispersa.



Id	Nome do Povoado	6	Sonhém	12	França
1	Fedegoso	7	Folha Branca	13	La. do Mato
2	Dias Coelho	8	Ventura	14	Cachoeira
3	Santa Teresinha	9	Campinas	15	Ribeiro
4	Queimada do Canto	10	Flores	16	**Morro do Chapéu**
5	Gameleira	11	Ponte	17	Beira do Rio

Figura 3 – Mapa da cobertura e uso da terra da SBHARJ (2016).
Fonte: IBGE, 2019; Sentinel 2, 2016; USGS, 2021. Org.: Os autores.

Tanto a jusante quanto a montante da bacia hidrográfica (Figura 3), nota-se que no ano de 2016, as formações de Caatinga Arbustiva mostram-se relacionadas tanto com áreas ocupadas por pastagens, especialmente onde o relevo é suave-ondulado e ondulado; quanto com mosaicos de solo exposto, evidenciando áreas com algum nível de degradação e limitações quanto à regeneração da vegetação. Nesse contexto, identificou-se que as áreas de solo exposto ocorrem sobretudo nas margens dos cursos d'água (Figura 3), configurando áreas potenciais a deflagração de processos erosivos (Botelho, 2011).

Considerando-se as áreas de chapada na porção central da bacia hidrográfica (Figura 2 e 3), verifica-se a concentração de nascentes e cursos hídricos de primeira ordem, áreas de

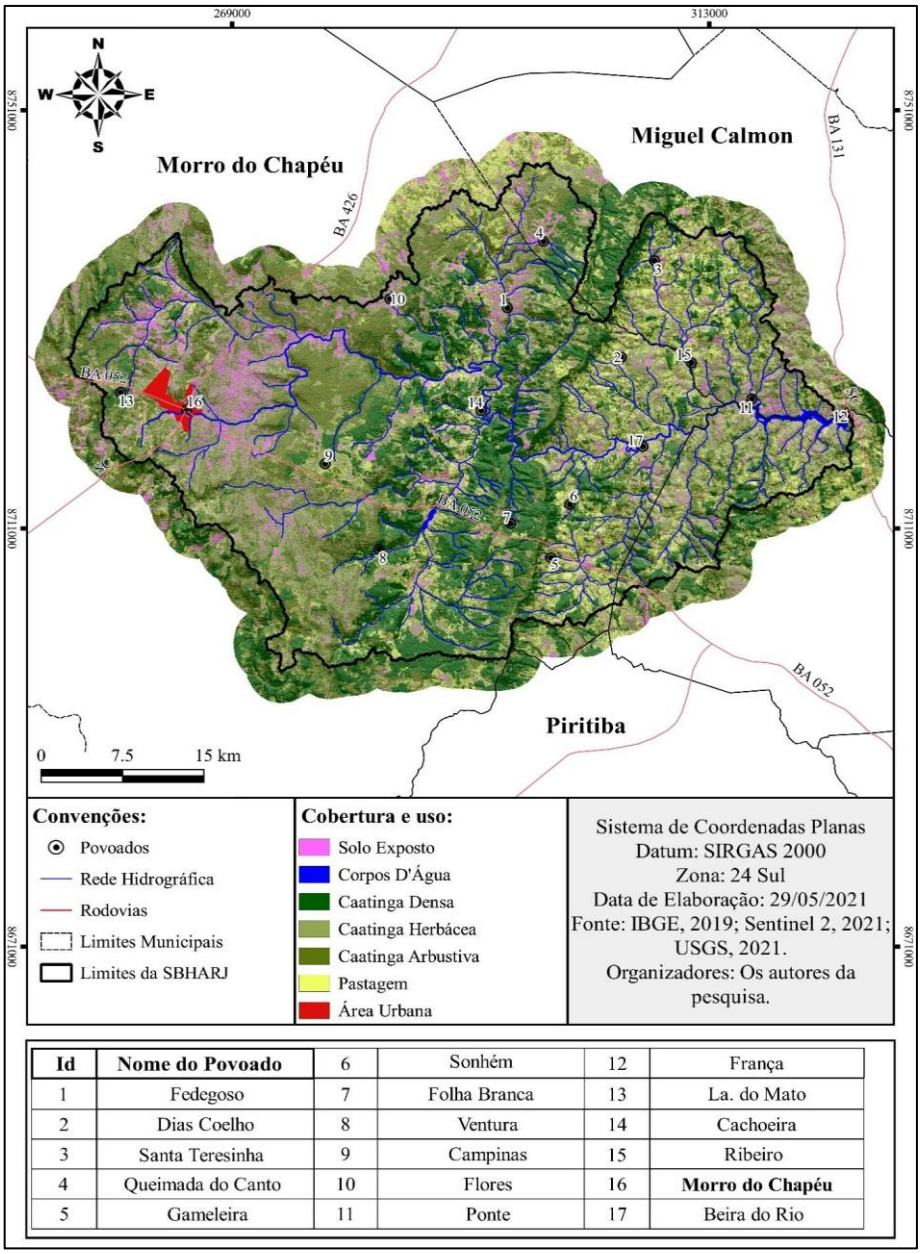
grande importância na dinâmica hidrológica. Isto é, áreas estratégicas quanto às práticas de conservação do solo e da água, tendo em vista um cenário (2021) onde as pastagens se apresentam como sendo o uso da terra predominante (Figura 3). Nesse ponto, destaca-se a importância de um efetivo controle/monitoramento quanto ao uso dos recursos nestas áreas.

A Figura 4 apresenta o mapa de cobertura e uso da terra do ano de 2021, onde pode-se observar que o cenário atual se caracteriza pela expansão das áreas de pastagens em detrimento da cobertura vegetal natural, especialmente das fitofisionomias de Caatinga Herbácea e Caatinga Densa. Comparando os dois cenários (2016 e 2021) gerou-se a Tabela 1, onde observou-se que a supressão da cobertura vegetal natural para diferentes usos, como é o fato das pastagens destinadas à criação extensiva de bovinos, principalmente, possa estar contribuindo para o aumento das áreas de solo desnudado/exposto.

Tabela 1: Medidas de classes dos mapas de cobertura e uso da terra da SBHARJ (2020/2021).

	2016		**2021**	
Classes	**Área (Ha)**	**(%)**	**Área (Ha)**	**(%)**
Caatinga Arbustiva	53.390,57	25,80	61.153,66	29,55
Caatinga Densa	55.136,40	26,64	49.869,31	24,10
Caatinga Herbácea	66.929,15	32,34	50.119,29	24,25
Pastagem	23.370,93	11,29	31.484,23	15,21
Solo Exposto	6.677,61	3,23	12.600,07	6,09
Corpos D’água	269,09	0,13	463,85	0,22
Área Urbana	1.178,27	0,57	1.198,20	0,58
Total	206.952,02	100%	206.968,61	100%

Fonte: os autores.



Id	Nome do Povoado	6	Sonhém	12	França
1	Fedegoso	7	Folha Branca	13	La. do Mato
2	Dias Coelho	8	Ventura	14	Cachoeira
3	Santa Teresinha	9	Campinas	15	Ribeiro
4	Queimada do Canto	10	Flores	16	**Morro do Chapéu**
5	Gameleira	11	Ponte	17	Beira do Rio

Figura 4 – Mapa da cobertura e uso da terra da SBHARJ (2021).
Fonte: IBGE, 2019; Sentinel 2, 2021; USGS, 2021. Org.: Os autores.

Um fator digno de destaque no contexto das mudanças na cobertura e uso da terra na SBHARJ, é que ela abriga a importante Barragem do França, que é a principal fonte de água potável para abastecimento não só da população dos municípios localizados na SBHARJ, mas de municípios e povoados (ex. município de Jacobina e Mundo Novo). Assim, chama-se atenção ao aumento das áreas de solo exposto, as quais ocorrem principalmente nas proximidades do reservatório supracitado, podendo aumentar a suscetibilidade dos solos a processos erosivos, geração de sedimentos e assoreamento do mesmo; além de potencializar

outros processos de degradação em estágio avançado na bacia hidrográfica, citando o exemplo da desertificação.

A Tabela 2 mostra, estatisticamente, as mudanças na cobertura e uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) de Cursos D'água.

Tabela 2 – Medidas de classes das Áreas de Preservação Permanente (APP) de Cursos D'água.

	2016		**2021**	
Classes	**Área (Ha)**	**(%)**	**Área (Ha)**	**(%)**
Caatinga Arbustiva	1.791,51	21,48	2.239,45	26,75
Caatinga Densa	2.329,03	27,92	2.028,01	24,23
Caatinga Herbácea	3.034,00	36,37	1.865,31	22,28
Pastagem	813,79	9,76	1.757,35	20,99
Solo Exposto	372,77	4,47	480,39	5,74
Total	8.341,09	100%	8.370,51	100%

Fonte: Os autores. Org.: Os autores.

A partir da Tabela 2, pode-se observar a redução da cobertura vegetal natural nas áreas de APPs, principalmente as fitofisionomias de Caatinga Herbácea e Caatinga Densa, respectivamente. Tal processo de fragmentação aumentou as áreas de solo exposto, e as áreas de uso por pastagens, as áreas de solo exposto e, também, as áreas de Caatinga Arbustiva.

4. Considerações Finais

A partir do presente estudo, constatou-se que a área antropizada na SBHARJ atualmente é de aproximadamente 45.746,35 Ha (22,1% de sua área total), e que a área de cobertura vegetal natural (remanescentes) é de aproximadamente 161.142,26 (77,9% de sua área total). Apesar da área ocupada pela cobertura vegetal natural da Caatinga, é de grande importância a implementação de ações conservacionistas na SBHARJ, tendo em vista que as áreas antrópicas evidenciam riscos à dinâmica hidrogeomorfológica da mesma, sobretudo com o aumento das áreas de solo exposto nas áreas APP's de cursos D'água.

Referências

ARAUJO, Cristina de Sousa Felizola; SOUSA, Antonio Nóbrega de. Estudo do processo de desertificação na Caatinga: uma proposta de educação ambiental. **Ciência e Educação.**

(Bauru), v. 17, n. 4, p. 975-986, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132011000400013>. Acesso em: 19 Mai. 2021.

ARAÚJO FILHO, J. A. de; CARVALHO, F. C. de. **Desenvolvimento sustentado da caatinga**, Sobral: EMBRAPA - CNPC, 1997. 19 p. (EMBRAPA - CNPC. Circular Técnica, 13).

BOTELHO, R. . G. M. Planejamento Ambiental em Microbacias Hidrográficas In: GUERRA. A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações.**, Rio de Janeiro, 2010.

BRASILEIRO, R. S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Sciêntia Plena**, v. 5, n. 5, p. 1-12, 2009. Disponível em: https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/629. Acesso em: 11 Jun. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (**IBGE**). Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/documentos/Sintese_Descricao_Biomas.pdf. Acesso em: 17 Jun. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. Ed. Manuais Técnicos em Geociências, Rio de Janeiro, IBGE, n. 7, 2013.

KILL, L. H. P.; DRUMOND, M. A.; LIMA, P. C. F.; ALBUQUERQUE, S. G.; OLIVEIRA, V. R. **Preservação e uso da Caatinga.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 39p.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J.; LEPERS, E. Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, p. 205-248, 2003. Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459. Acesso em: 11 Jun. 2021.

REBOUÇAS, A. C. **Água na Região Nordeste:** desperdício e escassez. Estudos Avançados, V. 11, Nº 29, São Paulo Jan./Abr. 1997. 16 p.

TEWABE, Dires; FENTAHUN, Temesgen. Acessing land use and land cover change detection using remote sensing in the Lake Tana Basin, Northwest Ethiopia. **Cogent Environmental Science**, v. 6, n.1, p. 1-12, 2020. Disponível em: https://www.tandfonline.com/loi/oaes20. Acesso em: 12 Mai. 2021.

Análise temporal do uso e ocupação da terra no município de Itaberaba, Bahia, Brasil

Jayme Sampaio da Silva Filho
Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC
jaymessf2@gmail.com

Sarah Andrade Sampaio
Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus I
sarahandradegeo@gmail.com

Resumo
O presente trabalho se propõe, em face das expressivas alterações de uso e ocupação da terra no semiárido brasileiro analisar as modificações espaciais dos principais tipos de uso e ocupação da terra no município de Itaberaba, numa escala temporal de 40 anos, considerando as datas de 1980, 2000 e 2020, a fim de contribuir nas tomadas de decisão quanto ao planejamento e ordenamento territorial. Para tanto foi elaborada uma revisão bibliográfica dos trabalhos que abordam o uso e ocupação da terra no município em questão, com uma breve síntese da formação histórica, econômica e social, assim como a aquisição e processamento de imagens de satélite Landsat-TM nos três períodos históricos com registros das classes de uso e ocupação desenvolvidas através do uso de SIG. Nesse sentido, no transcurso histórico-espacial de 40 anos, verificou-se que houve um aumento considerável das áreas de cultivos agrícolas e pastagens (com aumento de aproximadamente 400% da área coberta no município), de solo exposto e áreas urbanizadas em detrimento das áreas que correspondem à vegetação nativa do bioma caatinga local (as quais diminuíram mais do que 68% da cobertura no período analisado). Tais mudanças expressivas podem ser justificadas em consequência da expansão do cultivo de abacaxi (*Ananas comosus*) e pela implementação de industrias no território municipal a partir dos anos 2000.

Palavras-Chave: Uso das terras; Abordagem histórica; Geoprocessamento.

1. Introdução

A alteração dos ambientes naturais pelas atividades antrópicas, interferem direta e indiretamente em suas dinâmicas enquanto sistema, considerando seus fluxos de energia e matéria (CHRISTOFOLETTI, 1999). Tais alterações, quando ocorrem sem o devido planejamento territorial, podem provocar consequências à sociedade presente, em seus aspectos físicos, histórico-culturais e econômicos a longo prazo, designando relações de causa e efeito em uma ampla escala espaço-temporal (ROSS, 2006; MEIRELES et al., 2007).

Ao considerar o reconhecimento dos fatores naturais, sociais, econômicos, políticos e culturais em um dado território, os quais refletem, dialeticamente, os vetores operacionais da dinâmica de uso e cobertura da terra, possibilita-se a utilização destes enquanto instrumentos de planejamento, em distintas áreas e escalas de abordagem (VITOUSEK et al., 1997; SOUZA; REIS, 2020).

No cenário em questão, considerando o contexto geoambiental do semiárido tropical brasileiro, o comprometimento dos ambientes naturais em benefício de áreas voltadas ao cultivo e pastoreio de gado ou ambientes urbanos potencializam os efeitos das ações de desmatamento, do lançamento de efluentes domésticos e industriais nos cursos fluviais intermitentes e perenes, assim como seu assoreamento, interferindo no equilíbrio entre as fragilidades e potencialidades dos recursos naturais presentes (LIMA, 2018).

Acrescenta-se que a degradação de ambientes semiáridos brasileiros se torna ainda mais marcante diante do nível de ocupação populacional, associados aos seus aspectos evolutivos naturais. Diante do exposto, optou-se por estudar o município de Itaberaba, localizado na Mesorregião do Centro-Norte Baiano, região Nordeste do Brasil. Cabe mencionar que a população desse município está estimada em 64.646 habitantes, num território de 2.386 km² (IBGE, 2020).

Quanto ao reconhecimento dos fatores naturais do município de Itaberaba, destaca-se que seu território está inserido no domínio morfoclimático semiárido, cujas características climáticas alcançam temperaturas médias anuais em torno de 24.6 °C, a 265 metros de altitude, e pluviosidade variando entre 600 e 800 mm/anuais, distribuídas de forma irregular, com chuvas concentradas nos meses de abril a julho, havendo ocorrências de períodos relativamente longos de déficit hídrico (INMET, 2021).

Tais aspectos climáticos atribuem à rede hidrográfica uma predominância nos canais intermitentes, principalmente a oeste do município, com as maiores cotas altimétricas e predominância de vegetação nativa. Entre os rios perenes, podem-se citar os rios Paraguaçu, Tupim, Santa Isabel, Piranhas, Espírito Santo e Capivari. Ainda no território municipal, os fatores climáticos influenciam diretamente na necessidade da construção de represas e açudes, a fim de possibilitar atividades econômicas agropecuárias e industriais, a exemplo do lago de Itaipu, inserido na zona urbana.

Em trabalhos de Lima et al. (2008) aponta-se que os aspectos geomorfológicos de Itaberaba se caracterizam predominantemente por pediplanos, serras marginais localizadas a oeste do território, além de serras e patamares do médio rio Paraguaçu, no território limítrofe a sudeste. Por fim, sobre os aspectos pedológicos, predominam no território municipal os Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Vertissolos (GAMA; JESUS, 2020). De forma geral, tais solos são profundos, bem desenvolvidos, de médio a alto teor de argila,

sem restrições de uso e manejo, com exceção dos Vertissolos, os quais tendem a ser pouco permeáveis, o que restringe a sua drenagem (EMBRAPA, 2021).

Dado o exposto, o objetivo deste trabalho consiste em analisar as modificações espaciais dos principais tipos de uso e ocupação da terra no município de Itaberaba, numa escala temporal de 40 anos, considerando as datas de 1980, 2000 e 2020. Ademais, esse trabalho se justifica frente à necessidade do reconhecimento das formas de ocupação do espaço na tomada de decisões no que concerne ao planejamento do uso e ocupação, buscando promover a adequação dos usos aos aspectos naturais das áreas, princípio socioeconômico indispensável previsto na legislação brasileira (BERNARDES; FERREIRA, 2003; SOUZA, 2015). A exemplo disso, cabe mencionar os instrumentos da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), constituída pela Lei Federal 12.608/2012 (BRASIL, 2012), que possui, entre seus princípios fundamentais, ações de prevenção e mapeamento de áreas de uso e ocupação, bem como sua integração às demais políticas setoriais, como as de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano e meio ambiente.

2. Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho, o mesmo foi dividido em três etapas principais: a primeira composta de revisão bibliográfica acerca do uso e da ocupação da terra em ambientes de semiárido, como os realizados em municípios do Centro-Norte baiano, assim como um breve apanhado histórico, agrícola e socioeconômico no município em questão. Para tal, foram utilizados trabalhos de autores como Brandão (2009), Santos (2010), Souza Júnior (2015) e Sodré (2018).

A segunda etapa do trabalho foi composta pela aquisição e processamento digital das imagens Landsat-TM com registros das classes de uso e ocupação presentes, em ambiente SIG, com uso do software ArcGIS (versão 10.3) e pela redação final deste trabalho. Os Mapas de Uso e Ocupação das Terras do Município de Itaberaba, foram confeccionados em escala de 1:400.000. A fim de estabelecer parâmetros comparativos, foram selecionadas três imagens de satélite, disponibilizadas pela Divisão de Geração de Imagens (DGI-INPE, 2021), cujos critérios de seleção correspondem às imagens que fossem capturadas na mesma estação do ano, neste caso, no inverno, a fim de evitar a interpretações errôneas entre as classes, já que as características vegetacionais modificam-se conforme as estações do ano (SILVA; CRUZ, 2018). As características das imagens selecionadas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização das imagens de satélite selecionadas

Data da captura	Satélite	Composição de Bandas Cor Verdadeira
10/06/1980	Landsat 2	6, 5, 4
06/06/2000	Landsat 7	3, 2, 1
24/06/2020	Landsat 8	4, 3, 2

Após a seleção das imagens de satélite em conformidade com os critérios propostos, foram definidas as classes de uso e ocupação da terra presentes no município de Itaberaba, adaptado do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013), sendo essas: Áreas Urbanizadas, Cultivos Agrícolas/ Pastagens, Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva/ Herbácea, Represas/ Açudes e Solo Exposto, assim como as convenções cartográficas de cor e descrição de cada tipo de uso e ocupação.

Posteriormente, seguiu-se o processamento digital das imagens Landsat-TM, a partir do método de classificação supervisionada por Máxima Verossimilhança (MAXVER), no qual as imagens foram classificadas conforme os valores de reflectância, obtidos a partir de amostras de treinamento, dos diferentes tipos de cobertura de terra a serem classificados (SILVA; RODRIGUES, 2009). Cabe mencionar que tal método foi escolhido em detrimento do método de classificação não supervisionada, em função da maior confiabilidade dos resultados para as análises. Dado o exposto, para realizar a classificação supervisionada, foi utilizado a barra de ferramentas de Classificação de Imagem (*Image Classification*); atribuídos valores de identificação (Id); nomeadas as Classes de Uso; por fim, criada a tabela de atributos e calculados os respectivos valores em área.

3. Resultados e Discussões

3.1 Breves considerações históricas, sociais e econômicas do município de Itaberaba

Para se compreender a formação socioeconômica e histórica do município de Itaberaba, precisa-se de antemão, remeter brevemente à história colonial brasileira e o processo de ocupação do território ao longo dos séculos pela empreitada portuguesa, principalmente no que diz respeito ao sertão baiano, visto que a localidade guarda, ainda hoje, na sua conformação

socioeconômica e em suas práticas culturais, atividades que apontam ligações com esse tempo histórico.

Após a consolidação de assentamentos portugueses nas regiões costeiras nas primeiras décadas da colonização e a instituição de uma política extrativista com a criação de cultivos agrícolas que sustentassem a expedição colonial, houve por parte da Coroa Portuguesa um interesse em promover um alargamento das fronteiras territoriais lusófonas para além do Tratado de Tordesilhas e explorar as áreas localizadas ao Oeste do litoral denominadas de sertão – denominação polissêmica e por vezes utilizada de forma pejorativa e estigmatizada para designar um lugar atrasado social, econômico e politicamente –, algo que só foi possível décadas depois, por volta da metade do século XVII, enquanto política de Estado (SOUZA JÚNIOR, 2015).

Com a utilização da navegabilidade através do rio Paraguaçu, foi possível para os portugueses chegarem até o atual município de Cachoeira, que se constituiu como o último trecho no baixo Paraguaçu navegável e que se forjou como ponto central para as incursões para o interior. Como relatado por Santos (2010), em 1657 foram passadas instruções a partir do governador-geral para o sargento-mor Pedro Gomes, para que o mesmo coordenasse o processo de construção de um caminho que ligasse Cachoeira com a Serra do Orobó, que fica localizada no médio Paraguaçu. Esse caminho tinha como objetivo a construção de casas-forte defensivas contra as ameaças indígenas às freguesias locais, assim como, permitir a passagem de carros de boi voltados à carga de mantimentos.

Contudo, esse movimento de exploração e ocupação das regiões interioranas, só se consolidou de forma efetiva no século XIX, e no início desse século que o fazendeiro residente da vila do Porto de Cachoeira, Antônio de Figueiredo Mascarenhas e sua esposa Francisca Maria de Jesus adquiriram as terras onde hoje está localizado o centro antigo de Itaberaba, denominando-as de Fazenda São Simião, situado à sudeste da Serra do Orobó. Segundo Brandão (2009, p. 62), “nessas décadas do início do século XIX, o povoado começava a crescer e a estimativa é que se resumia a menos de dez casas com uma população também estimada entre trinta e cinquenta habitantes”.

Com a iniciativa do fazendeiro de construir um templo em homenagem a Nossa Senhora do Rosário, da qual era devoto e que deu o nome a freguesia, foi possível o crescimento local através da doação de pequenas propriedades ao redor da capela, do cultivo agrícola e da criação de gado, estabelecendo uma configuração espacial onde a centralidade era a praça da ermida.

Já em 1877 a freguesia foi elevada à categoria de Vila de N. Sra. Do Rosário do Orobó e em 1897 recebeu o topônimo de Itaberaba sendo elevada à categoria de cidade (BRANDÃO, 2009).

É importante salientar que o processo de ocupação do solo da cidade de Itaberaba até fins da década de 1980 se deu através de sua localização geográfica, a qual, de forma estratégica, recebeu investimentos em infraestrutura, com a construção de rodovias como a BR-242, constituindo-se como um ponto de ligação regional entre a Chapada Diamantina e o Recôncavo Baiano. Entretanto, com a introdução do cultivo de abacaxi sob os moldes da agricultura familiar, ainda neste recorte temporal, que teve uma ótima adaptabilidade às condições climáticas e de solo da região, a estrutura espacial local começou a ser modificada, assim, atraindo novos investimentos do Estado (LIMA et al., 2008).

Neste ínterim, o município de Itaberaba continuou a se desenvolver em consequência da alta produtividade do cultivo de abacaxi do tipo pérola (*Ananas comosus*) e outros produtos agrícolas, perpetuando nas práticas culturais elementos que remetem às suas origens, como a Festa do Vaqueiro que é realizada anualmente e os festejos juninos, sendo a figura do vaqueiro um elemento de grande representação da identidade sertaneja local. Em 2008 o município tornou-se o maior produtor de abacaxi da Bahia, sendo apelidada popularmente como a "Capital do Abacaxi", com uma safra de 86.420 mil frutos, marcado como o ano de maior volume produtivo (SODRÉ, 2018; IBGE, 2021).

Segundo Oliveira (2013), em 2005 foi construída em Itaberaba uma planta industrial de calçados do Grupo Dass que é responsável pela produção terceirizada das marcas Fila, Nike e Umbro, o que estimulou uma transformação na estrutura produtiva local, criou mais de mil empregos e atraiu outros investimentos industriais e comerciais para a cidade. Atualmente, com a pujança do ramo comercial e industrial, o setor agrícola apresentou expressiva baixa na sua produção, dado que em 2019 foi registrado a menor quantidade de frutos de abacaxi dos registros históricos, sendo um total de 18.000 mil frutos (IBGE, 2019). Tais realidades histórico-sociais e econômicas refletem direta e indiretamente nas dinâmicas de uso e ocupação da terra no território municipal, numa relação dialética, conforme abordado a seguir.

3.2 Dinâmicas de Uso e Ocupação da Terra no município de Itaberaba, numa escala temporal de 40 anos

Conforme a resposta espectral resultante na classificação das imagens, detalhado na metodologia, foi possível avaliar, em escala temporal, os tipos de uso e cobertura da terra

predominantes no município de Itaberaba, assim como mensurar a quantidade de área ocupada por cada classe pré-definida, a fim de compreender como os contextos históricos refletiram no uso e ocupação da terra no território. Os resultados foram espacializados nas Figuras 1, 2 e 3.

No ano de 1980, o tipo de uso predominante no município de Itaberaba era a Caatinga Arbustiva/ Herbácea, cujas características abrangem desde uma vegetação gramíneo-lenhosa, dominada por elementos herbáceos, com presença de indivíduos lenhosos (árvores de menor porte ou arbustos) esparsos ou em agrupamentos isolados, até espécies de até 3 metros de altura (SILVA; CRUZ, 2018). Em 1980, tal classe ocupava 1.334,8 km², cerca de 56% do território municipal. No ano 2000, sua área ocupada diminuiu drasticamente, em função da ampliação das áreas de pastagens e cultivos agrícolas, totalizando 1.019,8 km², ou seja, 42% do município. Tal vegetação natural sofreu uma diminuição ainda mais representativa, quando comparado ao ano de 2020, ao ocupar somente 488,6 km², aproximadamente 20% do território.

A classe denominada Caatinga Arbórea é composta por vegetação densa, com predominância de espécies maiores que 3 metros, dominada por elementos lenhosos. Tal classe engloba a caatinga arbórea aberta, caso as copas das árvores não se toquem, ou fechada, caso as copas das árvores se entrelacem (SILVA; CRUZ, 2018). No ano de 1980, esse tipo de vegetação era a segunda mais representativa na área de estudo, com 742,3 km², mais de 30% do município de Itaberaba. Também em função da ampliação das áreas de pastagem, essa classe sofreu um decréscimo no ano 2000, alcançando 113 km², somente 4,7% do território municipal. Já no ano de 2020, houve uma recuperação da vegetação de porte arbóreo, alcançando 232 km², cerca de 9% do total. Infere-se que tal ampliação se deu em função da implantação de políticas públicas ambientais de preservação da caatinga, assim como do novo Código Florestal (BRASIL, 2012). Atualmente, essa classe concentra-se nas áreas de maiores cotas altimétricas e de declividade, a oeste do território municipal.

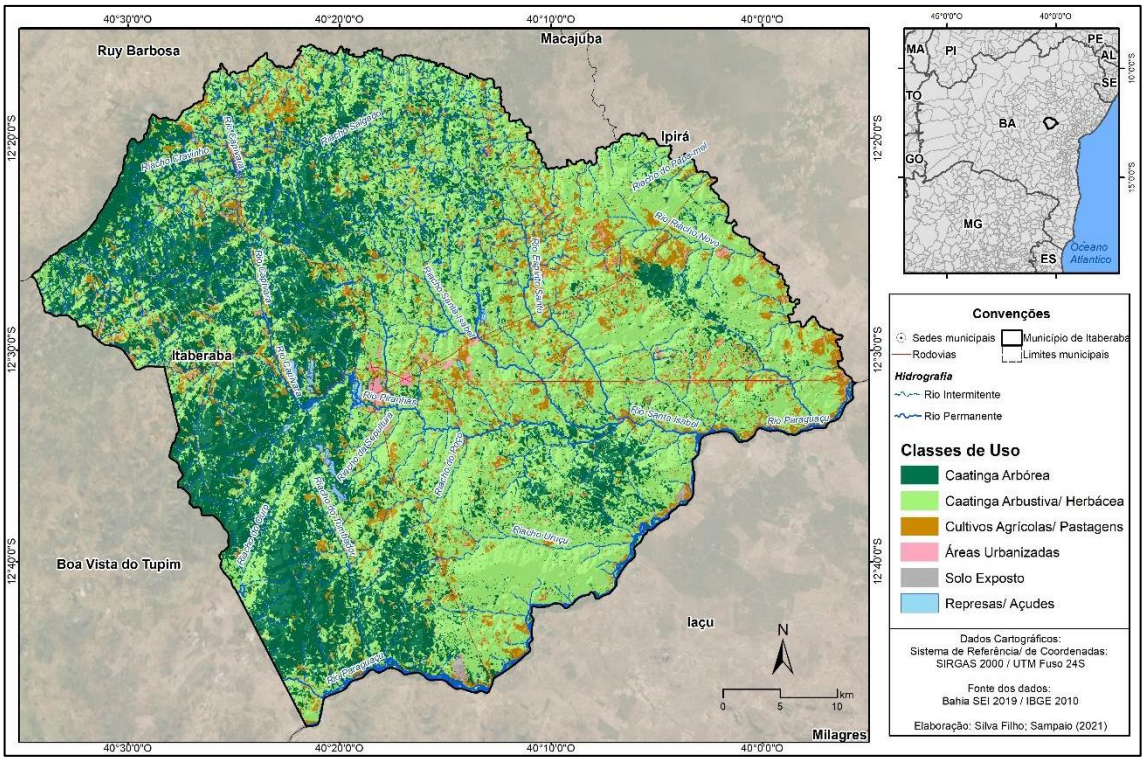


Figura 1 – Mapa de uso e ocupação da terra no município de Itaberaba, no ano de 1980
Elaboração: autores da pesquisa.

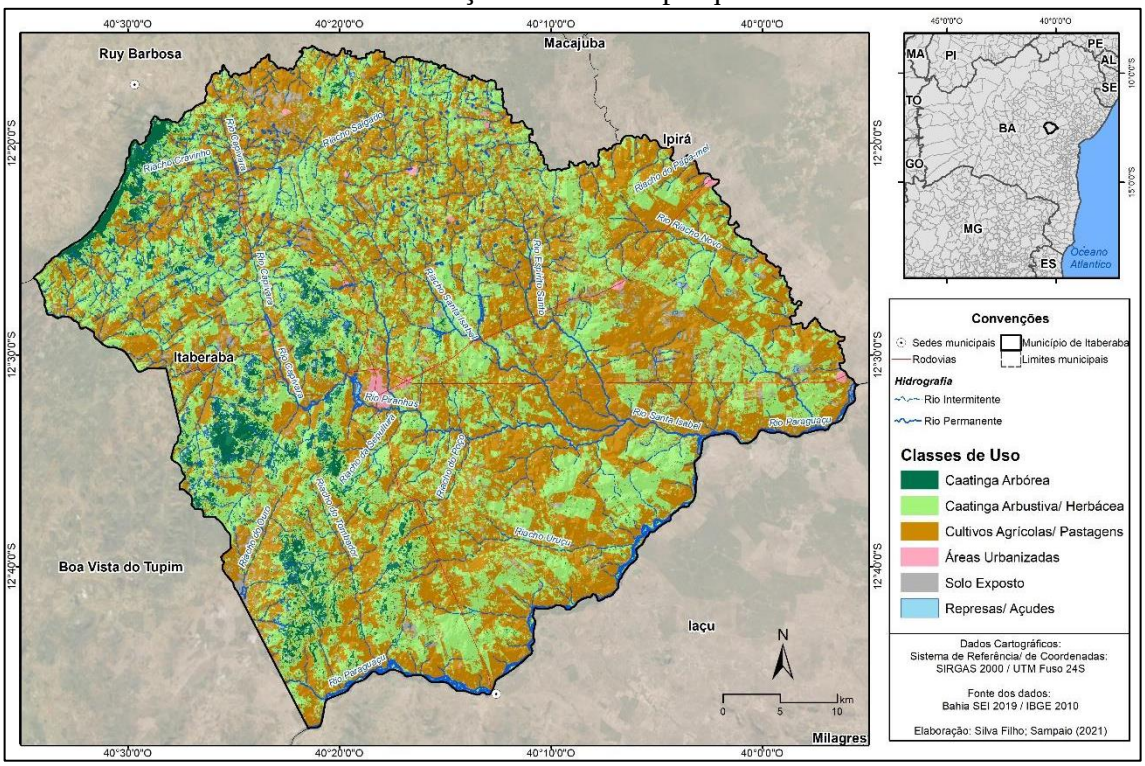


Figura 2 – Mapa de uso e ocupação da terra no município de Itaberaba, no ano 2000
Elaboração: autores da pesquisa.

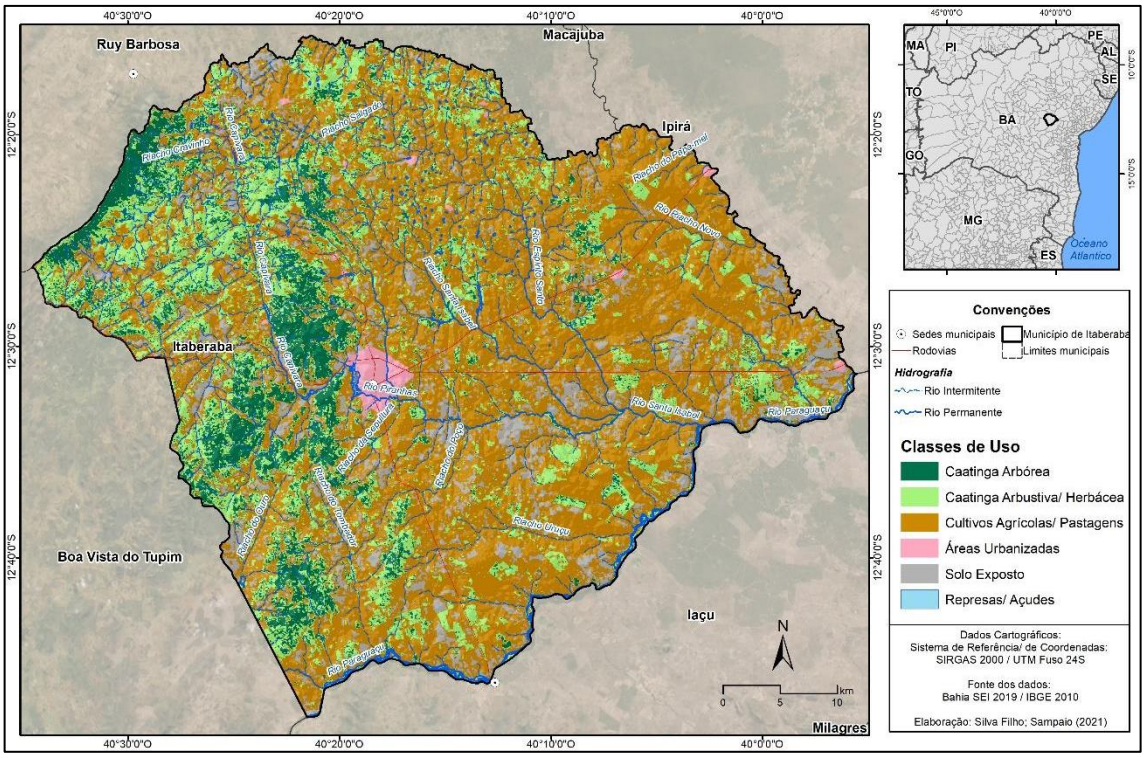


Figura 3 – Mapa de uso e ocupação da terra no município de Itaberaba, no ano de 2020
Elaboração: autores da pesquisa.

Já a classe denominada enquanto Cultivos Agrícolas/ Pastagens englobam áreas nas quais o solo está coberto por vegetação de gramíneas e/ou leguminosas, cuja atividade que se desenvolve é a pecuária com animais de grande e médio porte (IBGE, 2013). No ano de 1980, as áreas de pastagens e cultivos era a terceira classe de uso mais representativa no município de Itaberaba, com 281,2 km² de área, aproximadamente 12% do total. Dada a substituição dos ambientes de vegetação nativa, as áreas voltadas à agropecuária passaram a ocupar, no ano 2000, 1.152 km², cerca de 49% do município. A classe tornou-se ainda mais significativa na análise do ano 2020, com 1.389,4 km², com uma área total de quase 60% do território.

A classe denominada como Áreas Urbanizadas representam os espaços de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas (IBGE, 2013). Em 1980, essas áreas restringiam-se à sede municipal e suas adjacências, com pouca representação de outros núcleos urbanos nas áreas rurais, totalizavam 10,2 km², somente 0,4% do município. Em 2000, essas áreas somavam 15,8 km², com uma expansão da sede municipal e criação de novos distritos na área rural, representando 0,6% do município de Itaberaba. No ano de 2020, as áreas urbanizadas passaram a ocupar 29,5 km², duplicando, com relação à análise do ano 2000, passando a representar 1,2% do total. Tal

aumento significativo ocorreu, principalmente, em função da implantação da indústria de calçados (no ano de 2005), resultando em maior demanda de mão de obra e consequente expansão dos serviços e da cidade, conforme mencionado no tópico anterior.

Estritamente relacionadas às áreas de atividades agropecuárias, assim como urbanas, está a classe de Solo Exposto, as quais referem-se às extensões de areia ou seixos, como leitos de canais de fluxo com regime torrencial, áreas abandonadas e sem cobertura vegetal; ou áreas cobertas por rocha nua exposta. Cabe um destaque especial à evolução desse tipo de uso, visto que seu aumento foi expressivo na escala temporal de análise, em função também das problemáticas ambientais relacionadas à perda de solos férteis, possibilidade de aceleração de processos geomorfológicos de erosão e transporte de sedimentos. No ano de 1980 essa classe ocupava 5,7 km², menos do que 0,2% do município. No ano 2000, essa área passou a ocupar cerca de 72 km², ou seja, 3% do total. Quase quadruplicou na análise de do ano de 2020, cujos resultados apontam um valor de área ocupada de 234,8 km², aproximadamente 10% do município de Itaberaba, infere-se que o crescimento dessa classe no último período analisado se deu pelo abandono de terrenos em propriedades rurais antes voltadas ao cultivo de abacaxi.

Por fim, a classe que engloba os ambientes lênticos, de represas e açudes, não passou por alterações significativas na área de estudo, ocupando em média, 13 km², aproximadamente 0,5%. Quanto aos corpos hídricos, cabe um destaque à evidência de diminuição das áreas de florestas no entorno de canais intermitentes, principalmente a oeste do território municipal. Entre suas consequências, podem-se citar a redução da capacidade de vazão dos canais fluviais, e seus reflexos sistêmicos nos canais perenes, um potencial aumento do assoreamento, entre outros (CUNHA, 2003).

4. Considerações Finais

No que tange o processo histórico de uso e ocupação da terra no município de Itaberaba salientado neste trabalho, foi possível notar, através da classificação das imagens de satélite Landsat-TM, alterações expressivas principalmente nas classes que dizem respeito às fitofisionomias naturais da caatinga, onde mesmas diminuíram drasticamente em benefício do avanço vultoso das pastagens e dos cultivos agrícolas. Além disso, em virtude das alterações espaciais promovidas através de incentivos fiscais para implantação de indústrias e ampliação dos serviços comerciários, verifica-se a duplicação das áreas urbanizadas na temporalidade das últimas duas décadas.

Portanto, diante do exposto, e considerando que a caatinga, assim como o cerrado, são biomas que nas últimas décadas com a expansão da fronteira agrícola brasileira vem sofrendo com um processo de desmatamento expressivo, culminando em diversos problemas ambientais como empobrecimento do solo, desertificação e extinção das faunas e floras endêmicas, é fundamental que se busque, a nível de planejamento territorial regional, políticas públicas ambientais de monitoramento e proteção desses domínios, tal como medidas legais de incentivo fiscal à conservação ecológica nas propriedades rurais.

Referências

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e natureza. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **A questão ambiental**: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 17-42.

BRANDÃO, M. S. A construção do espaço: o caso de Itaberaba. **GeoTextos**, vol. 5, n.1, p. 59-87, 2009. Disponível em: https://cienciasmedicasbiologicas.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/3569/2632. Acesso em: 15 jul. 2021.

BRASIL. **Lei n. 12608, de 10 de abril de 2012**. Instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm> Acesso em: 20 set. 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. Editora Blucher, 1999.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil:** FOLHA ITABERABA. 2006. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/21309/1/relatorio_litogeoquimica_itaberaba_2006.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil:** Projeto Itaberaba – Feira de Santana. 2021. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Geologia-Basica/Projeto-Itaberaba---Feira-de-Santana-328.html>. Acesso em: 12 jul. 2021.

CUNHA, S. B. da. Canais fluviais e a questão ambiental. In:CUNHA, S. B. da; GUERRA, J. T. **A questão ambiental: diferentes abordagens**.Rio de Janeiro:Bertrand Brasil.2003.250 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Bioma Caatinga – Vertissolos**. 2021. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga>. Acesso em: 15 jul. 2021.

GAMA, D. C.; JESUS, J. B. de. Principais solos da região Semiárida do Brasil favoráveis ao cultivo do Eucalyptus L'Heritier. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 2, p. 214-221, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/70968>. Acesso em: 15 jul. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades: Itaberaba**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/itaberaba.html>. Acesso em: 15 jul. 2021.

_____. **Produção Agrícola Municipal.** 2019. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas Acesso em: 23 jul. 2021.

_____. **Manual técnico de Uso da Terra**. 2013. 3ª Ed. Rio de Janeiro.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Gráficos Climatológicos:** Itaberaba. 2021. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377>. Acesso em: 15 julho 2021.

LIMA, A. P. de A.; SANTOS, H. S. B. dos; OLIVEIRA, J. L. de; SANTOS, R. L. A influência do relevo no uso e ocupação do solo: uma breve análise das regiões de Itaberaba e Lençóis – BA. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 7., 2008, Belo Horizonte. **Anais Eletrônicos** [...]. Belo Horizonte: União de Geomorfologia Brasileira, 2008. Disponível em: http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/1003.pdf. Acesso em: 20 jul. 2021.

LIMA, K. C. **O Holoceno superior na bacia do rio Itapicuru (Bahia/Brasil):** proposição de cenário para o baixo curso e planície costeira. 2017. 1 recurso online (127 p.). Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/325411>. Acesso em: 2 set. 2018.

MEIRELLES, M. S. P.; JONATHAN, M.; FERRAZ, R. D.; ARVOR, D. Subsídios da Geomática para a Avaliação da Influência da Dinâmica do Uso do Solo nos ServiçosEcossistêmicos, 2007. In: BRANQUINHO, F.; FELZENSZWAL, I. **Meio Ambiente:** Experiências em pesquisa multidisciplinar e formação de pesquisadores. Ed. Mauad Ltda, Rio de Janeiro, p. 113-130, 2007

OLIVEIRA, I. R. **Indústria de calçados e implicações socioespaciais: a grande fábrica de calçados no município de Santo Estevão-BA**. 2012. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/19793/1/Ildo%20Rodrigues%20Oliveira.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2021

ROSS, J. L.S. **Ecogeografia do Brasil**: Subsídios para planejamento ambiental. 1ª ed. Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2006.

SANTOS, M. T. A. dos. **Fronteiras do sertão baiano: 1640-1750**. 2010. 433 f. Tese (Doutorado em História). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8138/tde-09072010-133900/publico/2010_MarcioRobertoAlvesdosSantos.pdf. Acesso em: 10 jul. 2021.

SILVA, D. V. S.; CRUZ, C. B. M. Tipologias de Caatinga: Uma Revisão em Apoio a Mapeamentos Através de Sensoriamento Remoto Orbital e GEOBIA. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 35, p. 113-120, 2018.

SODRÉ, A. S. R. A Forja do Vaqueiro no Sertão de Itaberaba-BA. **Revista Historiador**, *[S. l.]*, n. 10, 2018. Disponível em: https://www.revistahistoriador.com.br/index.php/principal/article/view/190. Acesso em: 29 jul. 2021.

SOUZA JÚNIOR, T. B. de. **“Pedra que Brilha” em uma região sertaneja:** institucionalização, poder e sociedade (1850-1888). 2015. 142f. Dissertação (Mestrado em História). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana. 2015.

SOUZA, S. O. Geotecnologias Aplicadas a análise espaço temporal do Uso e da Ocupação da Terra na Planície Costeira de Caravelas (BA). **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 1, p. 71-89, 2015.

SOUZA, S. O.; REIS, Fe. S. Evolução Espaço-Temporal do Uso e Ocupação do Município de Senhor do Bonfim, Bahia. **Geoambiente On-line**, n. 38, p. 106-128, 2020.

VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H.A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J. M. (1997) Human domination of Earth's ecosystems. **Science**, v. 277, n. 5325, p. 494-499.

Análise dos níveis de degradação das terras na microbacia hidrográfica do Açude Jatobá II em Princesa Isabel-PB

Dalva Damiana Estevam da Silva
Doutoranda em Recursos Naturais pela UFCG
dalvaestevampb@gmail.com

Fábio Remy de Assunção Rios
Doutor em Ciências e Engenharia de Materiais pela UFCG
fabioremy@gmail.com

João Miguel de Moraes Neto
Professor do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG
moraes@deag.ufcg.edu.br

Resumo
Esse trabalho teve como objetivo analisar por meio de mapeamento os níveis de degradação das terras na microbacia hidrográfica açude Jatobá II em Princesa Isabel-PB, entre os anos de 1985 e 2015. A metodologia consistiu na elaboração de mapas temáticos que retratam a evolução espaço-temporal da degradação, foram utilizadas imagens de satélite TM Landsat-5 e TM Landsat-8 que foram obtidas no catálogo de imagens do INPE correspondendo ao período de 18/11/1985 e 04/10/2015. No georreferenciamento das imagens foi utilizado o software SPRING. Foram classificados seis níveis de degradação, a saber: baixa, moderada baixa, moderada, moderada grave, grave e muito grave. Além disso, realizou-se visitas *in loco* para verificação da área e registro fotográfico. Os resultados obtidos evidenciam que a degradação moderada baixa no ano de 1985 correspondeu a 47,6% da área, em 2015 diminuiu para 19%. Por outro lado, à degradação grave em 1985 equivaleu a 26,6%, em 2015 aumentou para 51% da área. Além disso, houve redução da água na área da bacia, que em 1985 era de 2,6% passando em 2015 para 0,6%. Apesar de não aparecer nas imagens de satélite no ano de 2015, as queimadas estão presentes na área da bacia, a queima ocorre principalmente no período que antecede o período chuvoso, onde os agricultores preparam a terra com técnicas insustentáveis prejudicando o solo, sendo a agropecuária bastante realizada nas proximidades do reservatório. Assim, as atividades antrópicas têm gerado ao longo do tempo inúmeras consequências ao meio ambiente e estudos que mostram essa dinâmica são importantes para evidenciar a problemática.

Palavras-Chave: Bacia hidrográfica; Mapeamento; Agropecuária.

1. Introdução

As atividades humanas geram diversas consequências ao meio ambiente, entre essas, alterações na paisagem e degradação ambiental. No semiárido nordestino, o "processo de degradação tem se intensificado graças ao crescimento populacional, as atividades agrícolas e industriais" (FERNANDES e FERNANDES, 2012, p. 22).

Para Dresch (1956) e Ab'Saber (2003, p. 16) o nordeste semiárido "é uma região de velha ocupação, baseada no pastoreio extensivo [...]. Essa região sofre forte degradação da

vegetação e dos solos nas áreas de 'brejos' de encostas e de cimeiras onduladas, com acelerada e contínua diminuição de seu rendimento agrário". Assim, o aumento da degradação ambiental deve-se aos longos anos de intensa exploração dos recursos naturais e a ocupação do espaço geográfico, que muitas vezes, ocorrem de forma desordenada (ORTIZ e FREITAS, 2005, p. 77).

O uso inadequado da terra promove e acelera os processos "como erosão, lixiviação e modificação da cobertura vegetal, independentemente da ação humana, também ocorrem de forma natural, porém quando o ser humano interfere no ambiente, superando a sua capacidade de suporte, esses processos são acentuados" (BATISTA et al., 2009), gerando impactos ao ambiente e a saúde humana.

A degradação ambiental gera impactos sociais, econômicos, políticos e ambientais, "resultando em redução da cobertura vegetal, perda da fauna silvestre e tem produzido severas perdas econômicas" (SOUSA et al., 2007). Geralmente o desmatamento é realizado para expansão da agropecuária em áreas de declive.

No estado da Paraíba diversos estudos foram realizados com essa temática, os resultados evidenciam os níveis de degradação que tem avançado nos municípios paraibanos. Neste sentido, esse trabalho teve como objetivo analisar por meio de mapeamento os níveis de degradação das terras no entorno da bacia hidrográfica do açude Jatobá II em Princesa Isabel-PB, entre os anos de 1985 e 2015. No entorno da bacia hidrográfica do açude Jatobá II, a agropecuária é bastante realizada nas imediações do manancial com práticas agrícolas insustentáveis que prejudicam o ambiente.

Dessa forma, "estudar as tendências futuras da dinâmica temporal do uso do solo é de suma importância para o planejamento geoambiental. Principalmente, em regiões afetadas pelas constantes alterações no uso e ocupação do solo para expansão agropecuária" (SANTOS, 2015; XAVIER; SILVA, 2018, p. 194).

2. Metodologia

2.1 Localização da área de estudo

O município de Princesa Isabel situa-se na região oeste do Estado da Paraíba. Pertence à Mesorregião do Sertão Paraibano e Microrregião Serra do Teixeira-PB (Figura 1). Possui 21.283 habitantes, com área de 368 km^2 (IBGE, 2010). A sede municipal apresenta altitude de

680m e coordenadas geográficas de 37° 59' 34" longitude Oeste e 07° 44' 13" de latitude Sul (MASCARENHAS et al., 2005).

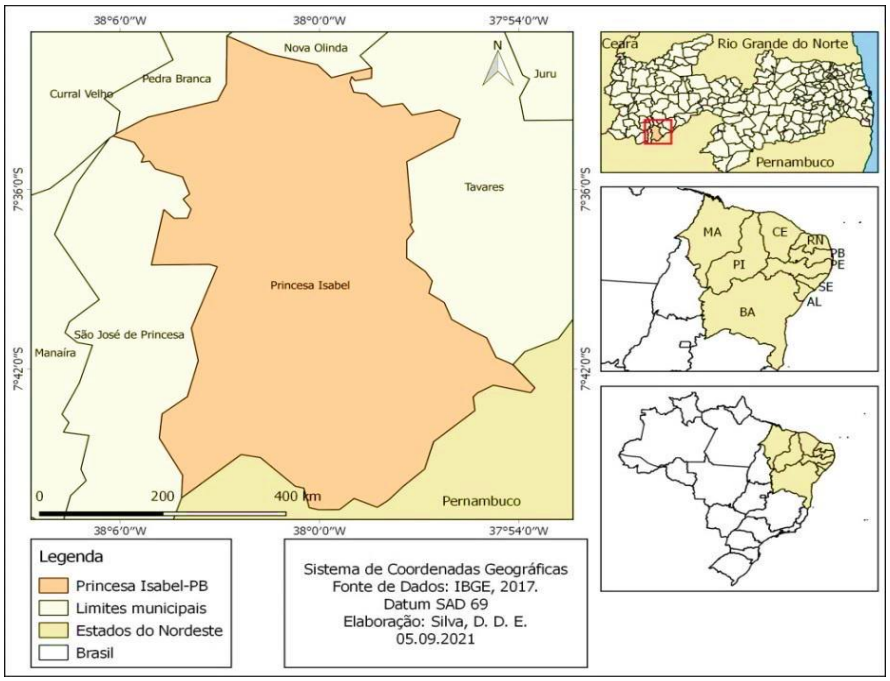


Figura 1: Localização do município de Princesa Isabel-PB.
Fonte: Autoria própria (2021).

O clima predominante no município de acordo com a classificação de Köppen é do tipo **Aw'** - quente e úmido com chuvas de verão-outono (JACOMINE et al., 1972). As temperaturas são elevadas durante o dia, amenizando a noite, com variações anuais dentro de um intervalo 23 a 30ºC, com ocasionais picos mais elevados, principalmente durante a estação seca (MASCARENHAS et al., 2005, p. 3). O regime pluviométrico, além de baixo é irregular com médias anuais em torno de 789,2mm/ano. No geral caracteriza-se pela presença de apenas duas estações: a seca que constitui o verão e a chuvosa denominada pelo sertanejo de inverno. O relevo acha-se incluso na denominada "Planície Sertaneja", a qual constitui um extenso pediplano arrasado, onde localmente destacam-se o "Pd2", formado por um conjunto de serras alongadas e alinhadas (CARVALHO, 1982; SANTOS et al., 2016, p.1196).

Convém frisar, que devido à variação do relevo o índice pluviométrico da microrregião compreendida entre Manaíra e Teixeira é maior que o das outras áreas do oeste paraibano. A vegetação possui pequeno porte, com cactáceas, arbustos e árvores de pequeno e médio porte (MASCARENHAS et al., 2005).

2.2 Aspectos metodológicos da pesquisa

Neste trabalho utilizou-se a metodologia de interpretação visual de imagens de satélite que teve como base o método sistemático desenvolvido por Veneziani & Anjos (1982), que consiste em uma sequência de etapas lógicas e sistemáticas que independem do conhecimento prévio da área e da utilização das chaves fotointerpretativas.

Realizou-se um estudo comparativo entre as propriedades espectrais e textuais para análise visual das imagens, onde cada fenômeno assume várias cenas registradas com níveis de refletância distintos. A identificação das classes temáticas fundamentou-se no estudo isolado dos diversos elementos de interpretação e observação conjunta que são: uso da terra, drenagem, textura fotográfica, relevo e tonalidade. Com base nesses elementos foram gerados os mapas de interpretação, sendo verificados na sequência em campo as informações obtidas nas imagens para aferir um maior grau de veracidade às informações das imagens.

Por meio do geoprocessamento realizou-se o levantamento da situação dos níveis de degradação das terras da bacia do açude Jatobá II no período de 1985 e 2015. Conforme os passos elencados abaixo:

As imagens de satélite foram obtidas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE de forma gratuita no catálogo de imagens TM Landsat-5 e Landsat-8. O critério de seleção das imagens baseou-se na quantidade e distribuição de nuvens (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados dos sensores orbitais (imagens Landsat-5 e Landsat-8).

Imagens	Órbita/Ponto	Resolução Espacial	Data da passagem
Landsat-5	215/65	30m	18/11/1985
Landsat-8	215/65	30m	04/10/2015

Fonte: INPE (2016).

O pré-processamento consistiu na criação do banco de dados no SPRING 5.3 *software* de uso livre desenvolvido pelo INPE e ao projeto com a importação das imagens de satélite para o banco de dados em uma categoria de modelos de dados. Posterior a essa etapa da aquisição das imagens orbitais foi realizada a conversão do formato TIFF para GRIB no módulo IMPRIMA do SPRING (CÂMARA et al., 1996). Após isso, foi realizado o georreferenciamento das imagens utilizando o *software* SPRING.

Logo após foi feita a pré-classificação das classes temáticas (níveis de degradação das terras), facilitando a identificação das áreas objeto do estudo. Esse processamento permitiu a aquisição de amostras das imagens de satélite, gerando o agrupamento das classes que apresentaram níveis cinza semelhantes.

A técnica de realce de contraste foi aplicada nos principais componentes (bandas 5, 4 e 3+constraste), operação aritmética para determinar o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), composição multiespectral ajustada (b3 + NDVI + b1) e na classificação das imagens. Nessa fase do processamento foi aplicado o contraste cuja finalidade foi melhorar a visualização dos alvos sobre superfície imageada.

O contraste entre dois objetos pode ser definido como a razão entre os seus níveis de cinza médios. A manipulação do contraste consiste em uma transferência radiométrica em cada "pixel" com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes nas imagens. Ainda se realizou a operação ponto a ponto independentemente da vizinhança. Esta transferência radiomérica foi realizada com a ajuda de histogramas, que foram manipulados para obter o realce desejado (CÂMARA et al., 1996; FARIAS et al., 2012, p. 868).

Nas operações aritméticas usou-se duas bandas da mesma área geográfica que foram georreferenciadas previamente, essa operação foi realizada "pixel" a "pixel", por meio de regra matemática definida resultando em uma banda que representa a combinação das bandas ou imagens originais. Nesse tipo de operação podem exigir um fator de ganho (multiplicativo) chamado *offset* (aditivo) utilizado para melhorar a qualidade do contraste aplicado às imagens ou pode ser usada à operação de divisão de imagens que é uma operação não linear, utilizada para realce das diferenças espectrais das bandas.

Além disso, no aumento do contraste entre solo e vegetação realizou-se a razão entre as bandas referentes ao vermelho e ao infravermelho próximo que consistiu nos chamados índices de vegetação da diferença normalizada (NDVI), que no SPRING seguiu a opção C=G* ((A-B)/(A+B)) + O aplicada para obtenção do NDVI:

A = banda infravermelho próximo (banda 4)

B = banda vermelho (banda 3)

G = ganho (valor 256)

O = Offset (valor 64)

Para obtenção da composição multiespectral ajustada realizou-se a transformação RGB, onde R (*red*) cuja luz é vermelha posicionou-se na banda 3, G (*green*) verde no NDVI e B (*blue*) azul na banda 1.

Nesta combinação, as áreas de alto valor de IVDN aparecerão em verde (ocorrência de vegetação) e as áreas de baixa ocorrência de IVDN aparecerão em vermelho ou azul (magenta ou ciano), indicando a presença de solo exposto (SILVA, 2011). É utilizado nessa operação, o comando equalizar histograma nas três bandas informadas, onde a imagem NDVI é salva no formato sintética, para melhor visualizar as relações, solo (cor magenta ou ciano) e vegetação (cor verde) (FERREIRA, 2014).

A finalização dos mapas dos níveis de degradação das terras foi realizada no módulo SCARTA do SPRING. Após a confecção dos mapas realizou-se um trabalho de campo para verificar a veracidade das informações obtidas nas imagens finais. No geral realizou-se um reconhecimento da área onde foram descritos os seguintes fatores ambientais: relevo, erosão, vegetação natural, aspectos econômicos, sociais e tecnológicos e declividade. Este último apenas realizou-se registro fotográfico para verificar se possui áreas altas ou declivosas na bacia, não sendo realizado nenhum cálculo para obtenção da declividade, sendo apenas para registro visual do local.

Neste trabalho foram adotados seis níveis de degradação da terra, a saber: baixa, moderada baixa, moderada, moderada grave, grave e muito grave. Além disso, foram quantificados os corpos d'água e as queimadas por meio das etapas elencadas acima.

Foram realizadas visitas de campo entre os meses de dezembro de 2015 e abril/maio de 2016, cuja finalidade foi fazer o reconhecimento geral da área e a validação dos dados obtidos na fotointerpretação, além disso, foram descritos os fatores ambientais. Em campo utilizou-se GPS (Garmin Etrex 20) para coleta das informações *in loco* e câmera fotográfica.

3. Resultados e Discussões

O mapeamento possibilitou determinar o aumento ou a diminuição das áreas em processo de degradação das terras no entorno da bacia hidrográfica do açude Jatobá II nos últimos 30 anos. Constatou-se que no período entre 1985 e 2015 ocorreu variação nos níveis de degradação da terra, como mostra os mapas, que representam a distribuição espaço-temporal dos seis níveis de degradação, a saber: baixa, moderada baixa, moderada, moderada grave,

grave e muito grave (Figura 2). Além disso, foram quantificados os corpos d'água e as queimadas.

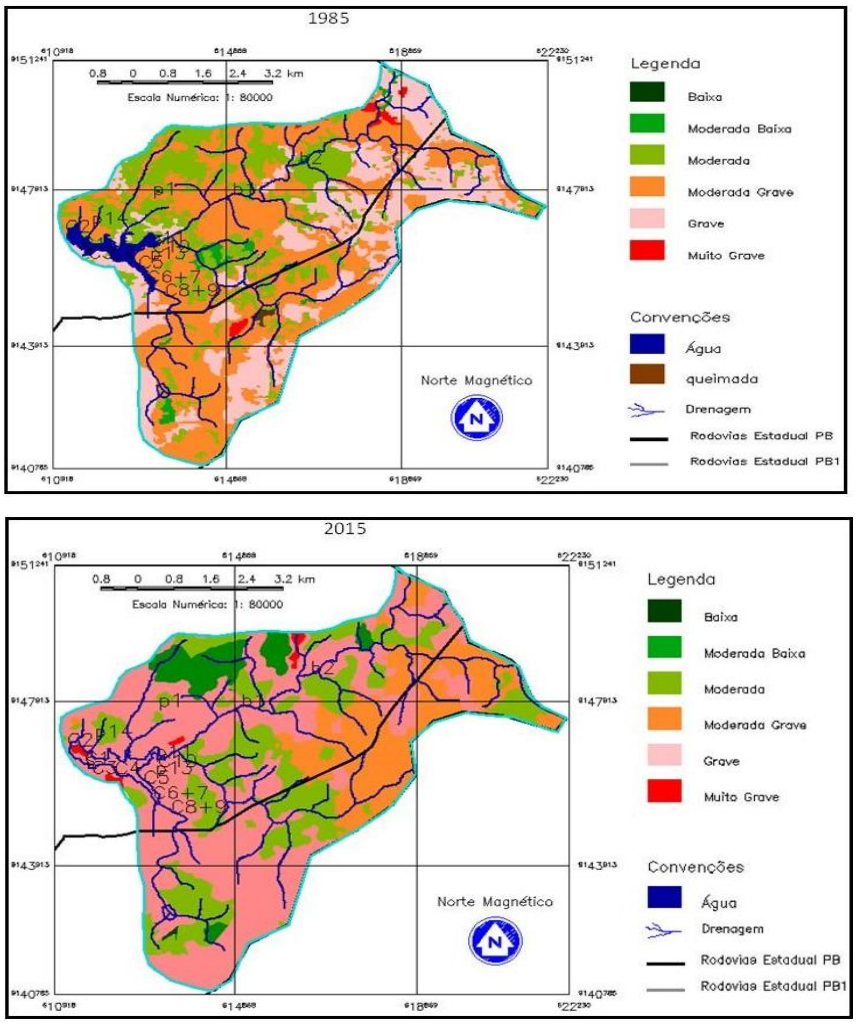


Figura 2: Mapas digitais dos níveis de degradação das terras na bacia hidrográfica do açude Jatobá II para os anos de 1985 e 2015. Fonte: Autoria própria (2016).

Os níveis de degradação na bacia hidrográfica apresentaram aumento na degradação baixa, moderada baixa, moderada e grave, sendo que houve diminuição na degradação moderada grave e nos corpos d'água (Tabela 1).

Tabela 1- Quantificação dos níveis de degradação das terras na bacia hidrográfica do açude Jatobá II, no período de 1985 a 2015.

	1985	**2015**	

Níveis de degradação	Área (Km²)	%	Área (Km²)	%	Incremento[1] 1985-2015 Km²
Degradação Baixa	0,0	0,0	0,1	0,2	+0,1
Degradação Moderada Baixa	0,8	1,6	2,9	5,8	+2,1
Degradação Moderada	10,7	21,4	11,7	23,4	+1
Degradação Moderada Grave	23,8	47,6	9,5	19	-14,3
Degradação Grave	13,3	26,6	25,5	51	+12,2
Água (Corpos d'água)	1,3	2,6	0,3	0,6	-1
Queimadas	0,1	0,2	-	-	-
Total	**50**	**100**	**50**	**100**	

Fonte: Os autores (2016).

Na pesquisa de campo observou-se um aumento nos níveis de degradação moderada grave e grave, porém, destaca-se a degradação grave que teve um aumento significativo (Figura 3). Na área da bacia os agricultores utilizam práticas não conservacionistas ou insustentáveis, prejudicando o solo e também as águas superficiais e subterrâneas.

[1] Incremento refere-se à quantificação do aumento ou diminuição dos níveis de degradação, corpos hídricos ou queimadas entre 1985 e 2015.

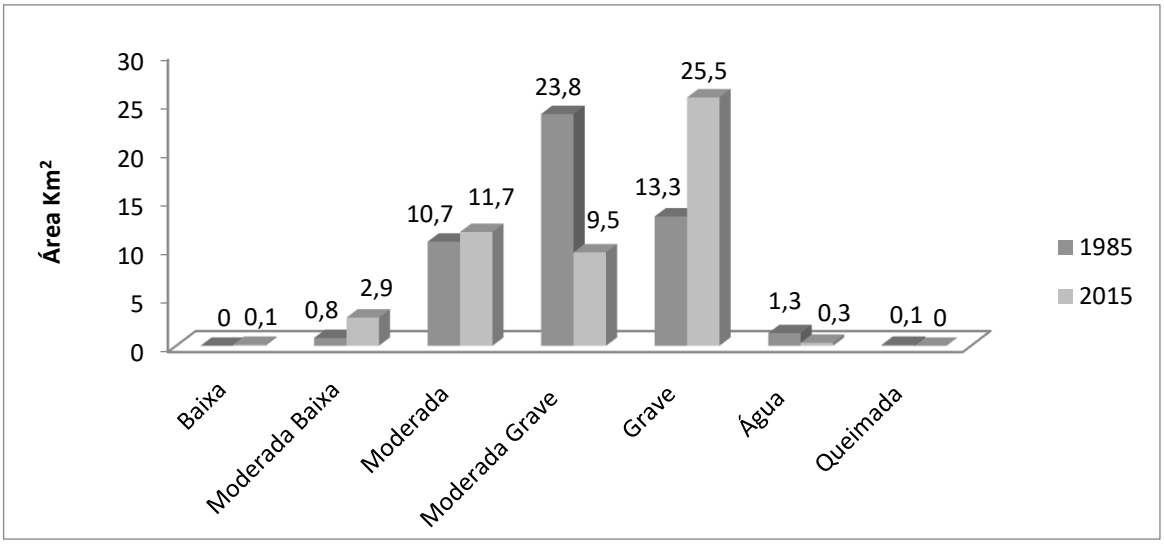


Figura 3: Representação gráfica dos níveis de degradação na bacia hidrográfica do açude Jatobá II para os anos de 1985 e 2015. Fonte: Autoria própria (2016).

Na composição do ano de 1985 foram registrados pouquíssimos pontos e/ou áreas com degradação baixa, não atingindo nem 0,1% da área, no entanto, no ano de 2015 a degradação baixa aumentou para uma área de 0,1 km^2 (0,2%) (Figura 4).



Figura 4: A) Degradação baixa na área da bacia hidrográfica do açude Jatobá II e B) Área com baixa degradação. Fonte: A autora (2016).

A degradação moderada baixa em 1985 equivalia a 0,8 km^2 (1,6%), passando em 2015 para uma área de 2,9 km^2 (5,8%), assim, esse tipo de degradação aumentou. Os resultados indicam que a degradação moderada baixa se encontra em pontos isolados intercalados com área de pastagem e agricultura ocorrendo principalmente nas imediações do açude Jatobá II, em áreas com relevo ondulado e vegetação rala com solos que apresentam pontos desnudos propícios para a erosão (Figura 5).



Figura 5: A) Área com degradação moderada e B) Área com vegetação rala e solo exposto no entorno do açude Jatobá II em Princesa Isabel-PB. Fonte: A autora (2016).

Os resultados mostram que houve um leve aumento da degradação moderada entre os anos de 1985 e 2015. A análise comparativa mostra que a degradação moderada no ano de 1985 era de 10,7 km^2 (21,4%), no ano de 2015 essa área aumentou para 11,7 km^2 (23,4). Esse aumento foi gerado pela prática de culturas temporárias (feijão, milho, mandioca, abóbora, entre outras) no entorno da bacia. Observou-se também culturas permanentes (goiabeiras, bananeiras, mangueiras, limoeiros, cajueiros, coqueiros, aceroleira, etc) (Figura 6).

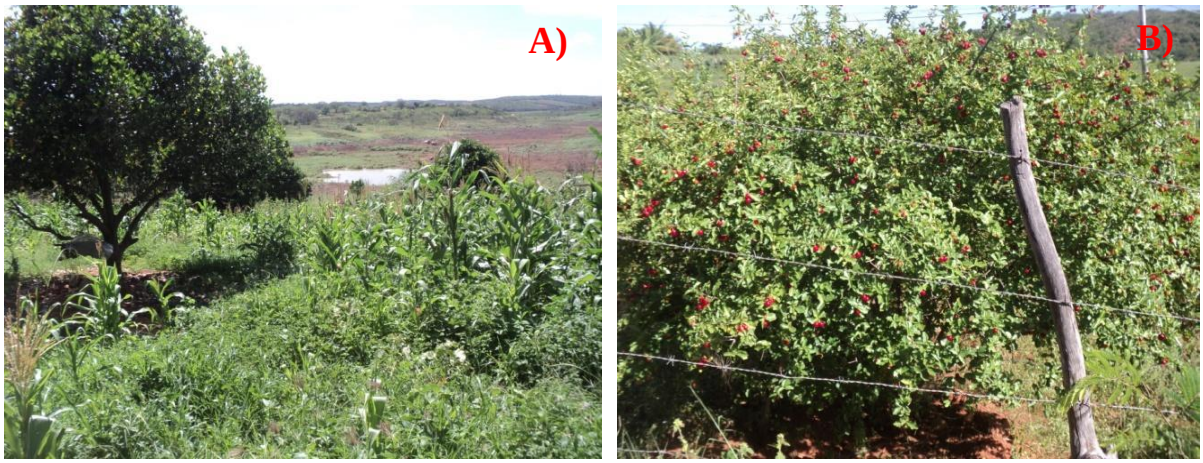


Figura 6: A) Culturas consorciadas e B) Culturas permanentes no entorno do açude Jatobá II no município de Princesa Isabel-PB. Fonte: A autora (2016).

No ano de 1985, a degradação moderada grave correspondia a 23,8 km^2 (47,6), no ano de 2015 essa degradação apresentou uma diminuição na área que passou para 9,5 km^2 (19%). Essa redução ocorreu devido ao aumento das áreas com degradação grave. No entorno da bacia hidrográfica do açude Jatobá II, verificou-se a existência de áreas declivosas, desmatadas e com solo exposto e pastagens (Figura 7).



Figura 7: A) Desmatamento em área serrana na bacia hidrográfica do açude Jatobá II no município de Princesa Isabel-PB e B) Áreas íngremes com degradação, desmatadas para pastagens. Fonte: A autora (2016).

No ano de 1985 os níveis de degradação grave no entorno da bacia hidrográfica corresponderam a 13,3 km^2 (26,6%), esse tipo de degradação cresceu no ano de 2015, passando para 25,5 km^2 (51%). No entorno do açude Jatobá II, verificou-se a existência de terrenos declivosos sem vegetação, apresentando solo exposto com erosão laminar ocasionada pelas chuvas (Figura 8).



Figura 8: A) Área desmatada com solo exposto e B) Erosão laminar em área declivosa ocasionada pela ausência de vegetação e pela ação das chuvas. Fonte: A autora (2016).

As áreas declivosas são desmatadas para expansão da agropecuária, ficando expostas a ação do clima como chuva e ventos que contribuem para o carreamento de sedimentos dessas áreas para locais mais baixos do terreno assoreando os cursos de riachos. Dessa forma, “a exploração das terras pelo homem de forma exaustiva e inadequada compromete suas características e condições atuais e intensifica a preocupação com relação à existência e disponibilidade de seus recursos no futuro” (GOMES et al., 2012, p. 95).

Os corpos d'água no ano de 1985 correspondiam a 1,3 km^2 (2,6%) na área da bacia hidrográfica, havendo redução no ano de 2015, passando para 0,3 km^2 (0,6%). A redução dos corpos d'água ocorreu devido à seca que atingiu a região nesse período, deixando os reservatórios e/ou mananciais sem água. O açude Jatobá II entrou em colapso em maio de 2015, deixando a população urbana, sítios e comunidades circunvizinhas sem água. Com o colapso a zona urbana e as comunidades rurais passaram a ser abastecidas por carros pipa. Essa é uma situação preocupante visto que, o açude é a única fonte de água utilizada para abastecimento público da zona urbana e de muitas comunidades que ficam no seu entorno (Figura 9).

Essa situação crítica está evidenciada nas imagens referentes aos anos de 1985 e 2015, em que é possível perceber na imagem de 1985 (A) que o espelho d'água do açude apresentava alta reflectância. A tonalidade cinza clara representa a vegetação presente na bacia hidrográfica do açude. Na imagem de 2015 (B) observa-se que o espelho d'água diminuiu significativamente, resultante principalmente da seca que atingiu a região. Além disso, o assoreamento nas imediações do açude é notável, colaborando para a redução da capacidade de armazenamento (Figura 10). As imagens abaixo mostram de forma clara a redução da água no açude Jatobá II, escolheu-se essas composições pela nitidez evidenciada dessa situação de escassez ou colapso.



Figura 9: A) Açude Jatobá II em dezembro de 2015 e B) Açude Jatobá II em maio de 2016. Fonte: A autora (2016).

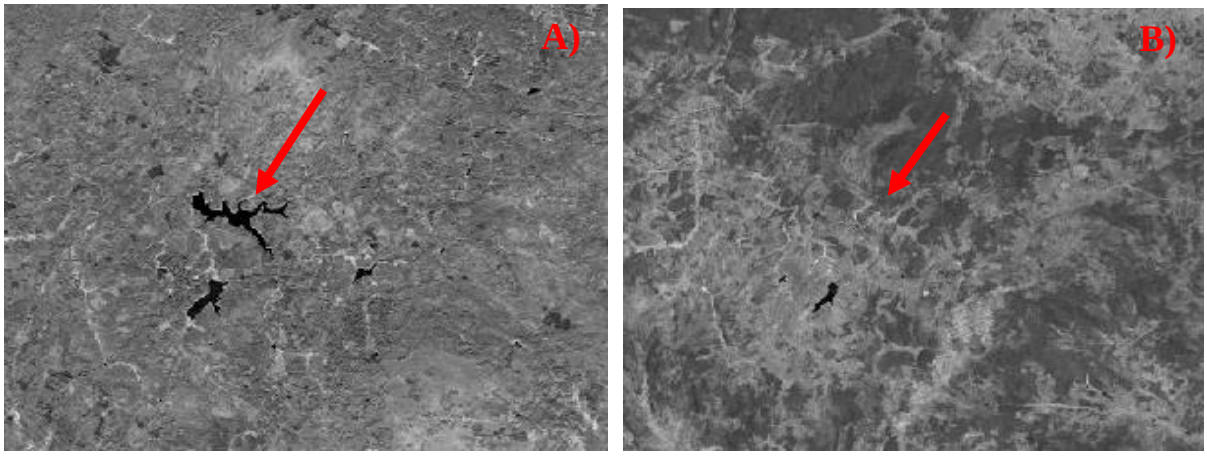


Figura 10: A) Análise comparativa da redução do espelho d'água do açude Jatobá II para o ano de 1985 (Landsat-5 banda 4) e B) 2015 (Landsat-8 banda 5). Fonte: INPE (2016).

Com o agravamento da problemática hídrica no município de Princesa Isabel-PB, a saída encontrada pelos gestores públicos foi realizar um desvio da Adutora do Pajeú que passa pelo município vizinho de Flores no Pernambuco para levar água a zona urbana que atualmente é abastecida pelas águas do Rio São Francisco e pelas águas do açude Jatobá II, quando este dispõe de quantidade suficiente de água armazenada no período chuvoso.

Os dados obtidos por meio das imagens dos anos de 1985 e 2015 mostram que houve redução das queimadas. Em 1985 foram registradas áreas com queimadas, compreendendo a 0,1 km^2, entretanto, no ano de 2015 não foram registradas queimadas nas imagens. Essa diferença ocorreu devido à data das imagens, pois geralmente a partir do mês de novembro são realizadas as queimadas na região, enquanto que a imagem de 2015 refere-se ao mês de outubro, não correspondendo ao período de queimadas na região. Durante o trabalho de campo, constatou-se queimadas recém-realizadas, sendo, portanto, uma das técnicas agrícolas mais usadas pelos agricultores (Figura 11).

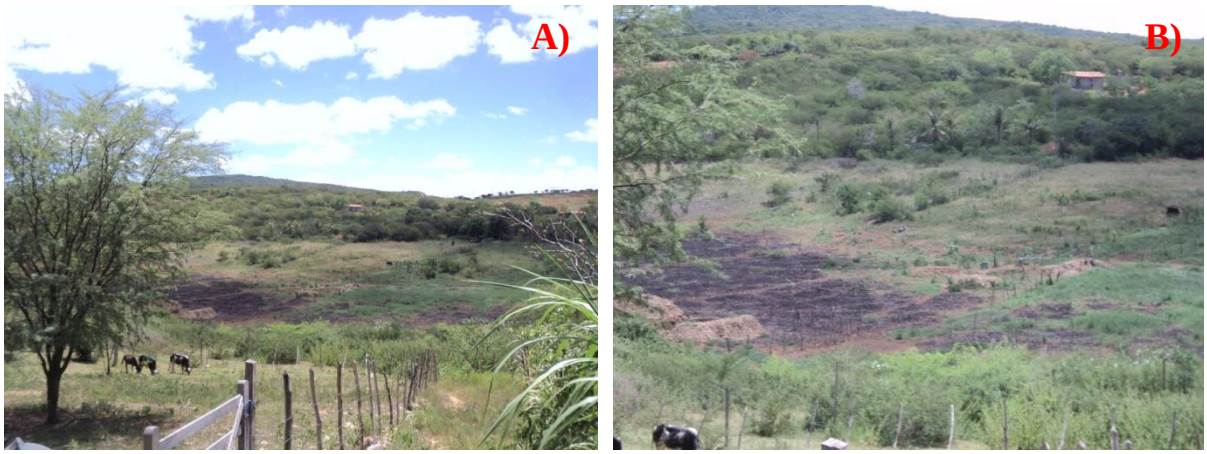


Figura 11: A) Marcas de queimadas realizadas dentro do açude Jatobá II e B) Queimadas com finalidade de limpeza da área. Fonte: A autora (2016).

As queimadas configuram-se em uma prática comum no meio rural, por ser uma técnica eficiente. Os agricultores utilizam a queima por considerá-la um meio prático para diversas finalidades, como, limpeza do terreno para eliminar restos de cultura, aumento da disponibilidade de nutrientes no solo e, consequentemente, a redução dos gastos com mão-de-obra para limpeza do terreno (MESQUITA, 2008). Essa é uma prática muito usada pelos produtores para a limpeza do terreno para posterior preparo e cultivo do solo.

4. Considerações Finais

A análise dos níveis de degradação no entorno da bacia hidrográfica do açude Jatobá II, evidencia que a degradação grave, a degradação moderada, a degradação moderada baixa e a degradação baixa aumentaram no ano de 2015 conforme as imagens de satélite. A degradação moderada grave apresentou redução de 14,3 km^2, sendo a única a apresentar diminuição. Destaca-se um aumento de 12,2 km^2 na área com degradação grave.

Os principais agravantes para o aumento da degradação grave no entorno da bacia hidrográfica foram à agricultura com práticas tradicionais e cultivo em sequeiro e a pecuária que exige grandes áreas para as pastagens, onde muitos produtores utilizam as imediações do açude para plantar capim. Além disso, as práticas agrícolas inadequadas e não conservacionistas aceleram o processo de degradação, através do desmatamento da caatinga e das queimadas que são bastante realizadas.

A urbanização e a implantação de loteamentos nas imediações da bacia hidrográfica são fatores que contribuem para o agravamento da situação, cujo destino do açude tende a ser o mesmo dos reservatórios situados no perímetro urbano com a poluição das águas e consequentemente a indisponibilidade da água para os usos múltiplos. A degradação nessa área contribui para o assoreamento dos cursos d'água, além disso, os sedimentos são carreados para o açude diminuindo a capacidade de armazenamento do reservatório.

Referências

AB' SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

BATISTA, A. N. C; ALMEIDA, N. V; MELO, J. A. B. **Utilização de imagens CBERS no diagnóstico do uso e ocupação do solo na microbacia do riacho Maracajá, Olivedos, PB**. Caminhos de Geografia (UFU), v. 10, p. 235-244, 2009.

CARVALHO, M. G. R. F. **Estado da Paraíba:** Classificação geomorfológica. João Pessoa: Editora Universitária, 1982.

FARIAS, A. A; SOUZA, J. T. A; ALVES, T. L. B; SILVA, V. M. A; MORAES NETO, J. M. Degradação ambiental no entorno da bacia hidráulica do açude Manoel Marcionilo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 04, p. 863-876, 2012.

FERNANDES, A. A; FERNANDES, A. A. A degradação ambiental no município de Condado-PB: uma discussão necessária. **REBES - Revista Brasileira de Educação e Saúde**, v. 2, p. 22-26, 2012.

FERREIRA, A. M. **Estudo espaço temporal da degradação e usos das terras da bacia hidrográfica do rio Bodocongó**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2014. 163p.

GOMES, M. V. M; COSTA, E. V. S; SOUSA, R. F; ANDRADE, T. M. Resiliência ambiental no município de Boa Vista-PB. **Principia** (João Pessoa), v. 20, p. 94-104, 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados Preliminares do Universo do Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 03 fev. 2016.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Introdução ao Geoprocessamento**. 2016. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html>. Acesso em: 20 abr. 2016.

JACOMINE, P. K. T; RIBEIRO, M. R. MONTENEGRO, J. O; MELO FILHO, H. F. R. I Levantamento exploratório: Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. II. Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. **Boletim Técnico, 15**; SUDENE-DRN. Série Pedologia, 8. Rio de Janeiro, 1972. 683 p.

MASCARENHAS. et al., (2005). **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por água subterrânea Estado da Paraíba**: Diagnóstico do município de Princesa Isabel, estado da Paraíba/Organizado por João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Franklin de Morais, Jorge Luiz Fortunato de Miranda, Luiz Carlos de Sousa Junior, Vanildo Almeida Mendes. Recife. CPRM/PRODEEM, 2005, 19p.

MESQUITA, A. G. G. Impactos das queimadas sobre o ambiente e a biodiversidade Acreana. **Revista Ramal de Ideias**, Rio Branco, v.1, n.1, 2008.

ORTIZ, J. L; FREITAS, M. I. C. Análise da transformação do uso da terra, vegetação e impactos ambientais por meio de sensoriamento e geoprocessamento. **Geociências**, v. 24, p. 77-89, 2005.

SANTOS, J. Y. G. Análise Espaço-Temporal de Processos hidrossedimentológicos da bacia do rio Tapacurá (Pernambuco-Brasil). **Tese** (Doutorado em Engenharia Civil) - UFPE, Recife. 2015, 210p.

SANTOS, J. A; MEDEIROS, L. C. S; ANDRADE, S. R. Cenário de escassez e luta pela água doce no município de Princesa Isabel (PB), Nordeste seco do Brasil. In: Congresso Brasileiro

de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - CONGESTAS. **Anais do...** João Pessoa: Ecogestão Brasil, 2016.

SILVA, M. J. **Dinâmica da degradação ambiental na bacia hidrográfica do açude Soledade-PB:** Um estudo temporal (1990-2010). **Dissertação** (Mestrado em Recursos Naturais) - UFCG, Campina Grande. 2011. 97p.

SOUSA, R. F; BARBOSA, M. P; TERCEIRO NETO, C. P. C; MORAIS NETO, J. M; SOUSA JÚNIOR, S. P. Estudo da degradação das terras do município de Boa Vista-Paraíba. **Engenharia Ambiental** (Online), v. 4, n. 2, p. 005-013, 2007.

XAVIER, A. P. C; SILVA, R. M. Modelagem temporal dinâmica do uso e ocupação do solo baseado em SIG para a bacia do Rio Tapacurá (PE). **Geociências** (São Paulo. Online), v. 37, p. 193-210, 2018.

Análise da cobertura e uso da terra através do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) no contexto da degradação ambiental do município de Lajedo - Pernambuco, Nordeste do Brasil

Deyvid Luam da Silva Panta
Licenciatura em Geografia, Universidade de Pernambuco-UPE, *Campus* de Garanhuns
luam.panta@gmail.com

Gabriel Alan de Sousa Soares
Licenciatura em Geografia, Universidade de Pernambuco-UPE, *Campus* de Garanhuns
gabriel.alan@upe.br

Juliana Stefany da Silva Vila Nova
Licenciatura em Geografia, Universidade de Pernambuco-UPE, *Campus* de Garanhuns
juliana.stefany@upe.br

Daniel Dantas Moreira Gomes
Departamento de Geografia, Universidade de Pernambuco-UPE, *Campus* de Garanhuns
daniel.gomes@upe.br

Resumo
A vegetação corresponde a um importante componente na dinâmica das paisagens, a partir disto, o presente estudo buscou reconhecer a cobertura do solo no município de Lajedo Pernambuco analisando os processos de degradação relacionado isto as condições de densidade vegetal por meio do índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI). Como resultado, obteve-se as classes de vegetação densa (18,298km²) localizadas sobre as margens fluviais, áreas agrícolas com elevada atividade fotossintética (associado ao ciclo do Cultivo), cuja maior área encontra-se no extremo norte do município na zona rural; vegetação semidensa (39,188km²) esta classe contém espaçamento entre a vegetação, identificada maiormente em alguns pontos das margens fluviais e circundando os reservatórios hídricos constituído por extrato arbustivo e gramíneo; vegetação esparsa (109,106km²) refere-se as áreas sem vegetação adensada em maiores parcelas de solo exposto, tendo seu uso vinculado principalmente a pastagem com animais de porte diversificado, como também, áreas agricultáveis; e ausência de vegetação (22,450km²) composta por áreas construídas, reservatórios hídricos e solo exposto. O índice de vegetação corroborou na análise da cobertura do solo, sendo perceptíveis em campo alguns processos de degradação acertados com as classes que apresentou menor ou ausência de atividade fotossintética.

Palavras-Chave: Sensoriamento remoto; Geoprocessamento; Índice de vegetação; Degradação ambiental.

1. Introdução

A paisagem é um termo muito usado nos estudos geográficos para analisar e entender o espaço ao seu redor. A paisagem pode ser definida como uma herança, uma evolução ao decorrer do tempo através de processos fisiográficos e biológicos ou como porção do espaço, resultante das combinações dinâmicas e instáveis dos elementos físicos, biológicos e

antrópicos, tornando-a dinâmico e fazendo com que esteja em perpétua evolução (AB'SÁBER 2003; BERTRAND 2004; MAXIMIANO 2004.)

Diante dos múltiplos quadros paisagísticos o semiárido brasileiro se particulariza por ser uma região que abrange boa parte do nordeste central, tendo características climáticas marcantes, com precipitação anual máxima de 800 mm, podendo atingir os 1000mm nas áreas dos brejos de altitudes, com temperaturas médias anuais de 23°C a 27 °C, com forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações em um curto período (SILVA *et al* , 2010).

As singularidades naturais do semiárido são essenciais para compreender suas potencialidades, contudo, deve-se atentar também para aspectos socioeconômicos, pois influem diretamente na apropriação dos recursos sem necessariamente reconhecer suas limitações. Dessa forma, a demanda por recursos é acirrada pelo crescimento populacional onde comumente ações de ordem depauperantes são exercidas no ambiente, essas alterações são anunciadas principalmente pela extração e substituição da vegetal natural (OLIVEIRA *et al*, 2020). Em relação a isso, Guerra e Cunha (2004) assinalam que a degradação deve ser compreendida como processo associado as pressões exercidas pela sociedade, vinculado aos moldes de apropriação do uso da terra.

Nessa perspectiva, as condições ambientais e suas interações podem ser visualizadas diante dos aspectos da vegetação que coaduna todas as influências do meio. Portanto, a vegetação comporta-se quase sempre como uma verdadeira síntese da paisagem (BERTRAND, 2004).

Atrelado a esse contexto, nota-se que o avanço das tecnologias de base geográfica (georreferenciada) proporcionam diagnósticos cada vez mais precisos de modo multiescalar no tempo e espaço. Dentre as diversas possibilidades do uso das geotecnologias e do geoprocessamento para estudos ambientais, os índices de vegetação vêm sendo amplamente utilizados para realçar aspectos correspondente a densidade vegetal, depreendendo a cobertura do solo para diversos fins de planejamento e monitoramento ambiental (FITZ, 2020; SANO *et al*. 2019).

Diante do exposto, o presente estudo buscou analisar a cobertura do solo considerando a densidade vegetal como parâmetro de identificação de áreas em processo de degradação no município de Lajedo-PE, utilizando as geotecnologias como suporte para interpretação da cobertura e uso da terra através da produção do índice de vegetação ajustado ao solo-SAVI.

2. Metodologia

A presente pesquisa foi desenvolvida em etapas de gabinete (levantamento teórico-metodológico e aplicação técnica do geoprocessamento) e de campo. O primeiro momento consiste no levantamento de informações bibliográficas, concernente ao sensoriamento remoto, Sistema de informação Geográfica-SIG, Bioma Caatinga, degradação da cobertura vegetal e planejamento ambiental.

Nesse sentido, as considerações da literatura permitiram o reconhecimento de estudos aplicados, tendo a cobertura vegetal analisada a partir do índice de vegetação. Dentre os diferentes métodos e técnicas o índice de vegetação ajustado ao Solo desenvolvido por Alfredo Huete em 1988, apresenta-se de suma relevância quando se trata da vegetação de Caatinga por amenizar as interferências do solo na resposta espectral (RIBEIRO, SILVA e SILVA, 2016).

Portanto, Huete (1988) indica valores de ajuste (*L*) da fórmula do índice que podem variar entre 0,25 quando a vegetação é densa à 1 quando a superfície possui uma vegetação esparsamente distribuída. O valor empregado no presente estudo é 0,5 sendo aplicada para cobertura com densidade intermediária. A equação do SAVI é calculada de acordo com a fórmula (01) descrita a seguir:

$$SAVI = \frac{(1+L)*\rho iv-\rho v}{L+\rho iv+\rho v} \quad (01)$$

Onde: piv é a banda do infravermelho, ρv a banda do vermelho e L é o fator de ajuste.

Para alcançar o resultado do SAVI foi adotado os procedimentos de *i)* aquisição, *ii)* Pré-processamento e *iii)* Processamento das imagens de satélite.

i) A princípio se obteve os dados referente a imagem de satélite e dados pluviométricos do município. O satélite utilizado foi o Sentinel-2 com dados do sensor MSI (*Multispectral Imager*) disponibilizado no site do Serviço de Geologia dos Estados Unidos (USGS), sendo empregada uma cena na data 07/03/2018 (período de chuvas).

i) A escolha das cenas foi preconizada pelo levantamento de dados pluviométricos mensais onde se distinguiu os meses chuvoso e seco sendo usado a imagem do período com maior índice de precipitação, tendo como referência as informações da Agência Pernambucana de Águas e Clima-APAC.

ii) Após obter as imagens do sentinel-2 se executou o pré-processamento com software Qgis (versão 3.10). De início, aplicou-se a correção atmosférica e conversão para Reflectância na Base da Atmosfera (*Bottom Of Atmosphere Reflectance*-BOA), por meio do modelo DOS1 (*Dark Object Subtraction*) nas bandas espectrais 4 (vermelho) e 8 (infravermelho próximo) ambas com resolução espacial de 10 metros.

iii) Em seguida, foi executado o processamento digital de imagem (PDI) através do Software QGis (versão3.10) efetuando-se o índice de vegetação (fórmula 01).

Por meio do resultado do índice foi possível classificar a cobertura com as seguintes classes: Vegetação adensada (áreas que apresentaram elevada atividade fotossintética), Vegetação semidensa (Categoria com menor densidade de dossel, podendo haver espaçamentos de solo desnudo entre o extrato vegetal, bem como áreas colonizadas por gramíneas e vegetação arbustiva), Vegetação esparsa (Nessa categoria a vegetação demonstra baixo vigor vegetativo, em áreas com manchas de solo exposto distribuídas em maior proporção) e a última classe refere-se as locais com ausência de vegetação. A mensuração das classes ocorreu pela interpretação do SAVI e composição de falsa cor 8(R)-2(G)-3(B), onde agrupou-se dos valores dos *pixels* correspondentes a diferentes respostas espectrais, por fim, recorreu-se ao campo para identificar os resultados obtidos em SIG averiguando as categorias indicadas como menor densidade de vegetação.

3. Resultados e Discussões

O município de Lajedo está localizado no nordeste brasileiro mais precisamente no estado de Pernambuco, inserido na mesorregião do agreste e na microrregião de Garanhuns (Figura 01), sendo transpassado pelas rodovias BR-423, PE-180 e PE-170; com distância de 191,1 km² do Recife capital do estado. De acordo com IBGE (2019) a população de Lajedo estima-se em 40.589 mil habitantes para 2020, contendo densidade demográfica de 193,70 hab/km².

As características fisiográficas do município é entendida pela sua inserção no compartimento regional geomorfológico do planalto da Borborema, que por sua vez, constitui uma estrutura arqueada que detém altitudes entre 500 e 1.000 metros denotando porções com padrões de relevo aplainados e degradados esculpidos em maciços com estruturas dúctil (dobrada) e blocos falhados no cristalino datado do pré-cambriano (SILVA, 2008).

A litologia é formada por rochas ígneas e metamórficas distribuídas em diferentes unidades litológicas. Em relação aos solos, três tipos estão presentes no município, classificados até o segundo nível categórico (subordem), como: Neossolo Regolítico, Argissolo Amarelo e Planossolo Háplico (EMBRAPA, 2011). Ademais, Lajedo está maiormente sobre domínio hidrográfico da bacia do Rio Una, tendo como tributários os rios da Chata, Quatis e Retiro; como também os riachos Bonito, Prata, Serrote, Carnijó e Doce com regime hídrico intermitente e efêmero com drenagem do tipo dendrítico (CPRM, 2005).

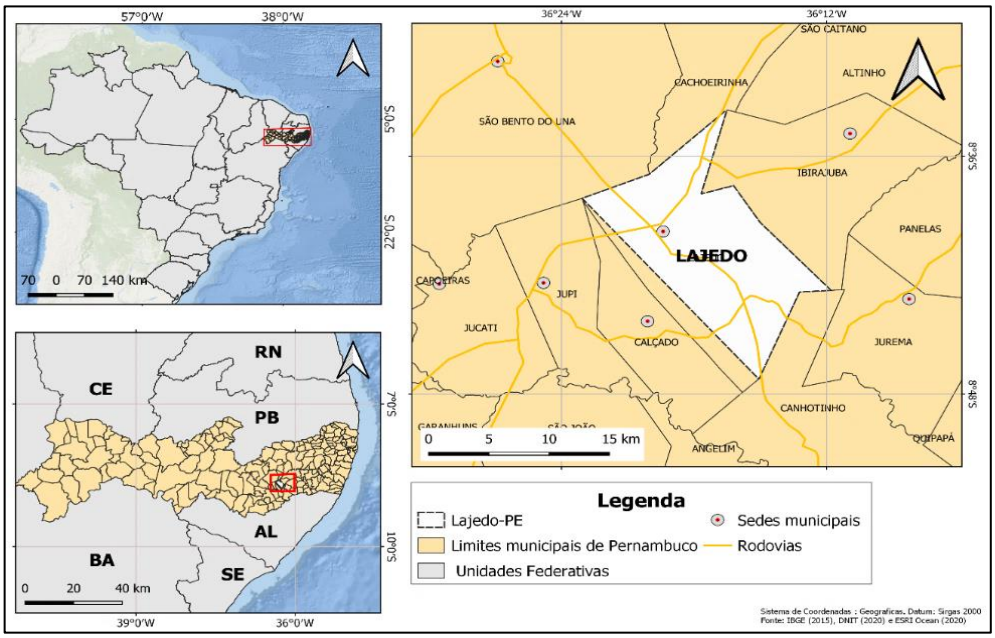


Figura 01- mapa de localização
Fonte: Autores (2020).

A partir do índice de vegetação ajustado ao solo-SAVI foi possível classificar a imagem através da densidade da cobertura vegetal, tomando as seguintes classes: vegetação densa, vegetação semidensa, vegetação esparsa e ausência de vegetação, aplicado o índice no período chuvoso, como demonstra a figura 02.

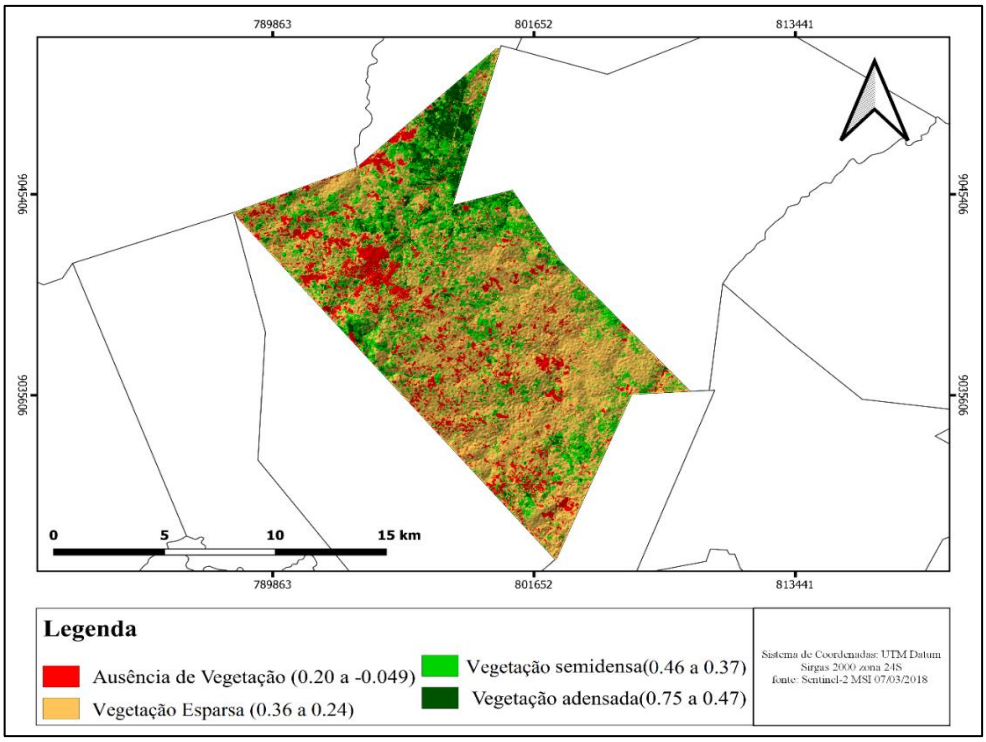


Figura 02- índice de vegetação ajustado ao solo-SAVI
Fonte: Autores (2020).

Diante das categorias reconhecidas é possível inferir quantitativamente a dimensão e a cobertura do solo, portanto, área com ausência de vegetação se dispõe por cerca de 22,450 km² que inclui diferentes usos, seja, área construída (uso antrópico), reservatórios hídricos (barragens), solo desnudo com áreas de mineração e de cultivo temporário.

A classe vegetação esparsa compõe 109,160 km² corresponde a áreas sem adensamento vegetal que contém parcelas abertas com solo exposto entre a vegetação em menor extensão e, áreas com atividade de pastoril extensiva com animais de médio e grande porte criados de modo dispersos entre o extrato arbustivo e gramíneo, como também áreas cultivadas onde o gênero recém plantado está em período de crescimento (zonalidade fenológica).

A vegetação semi-densa detém 39,188 km² e apresenta um adensamento maior que a classe anterior, contudo, contém espaços abertos de menores dimensões entre a vegetação. Além disso, localiza-se principalmente às margens e sobre os canais fluviais e reservatórios hídricos colonizados com vegetação arbustiva e gramínea dispostas espacialmente de modo heterogêneo, não seguindo um padrão na paisagem, constituindo, também, porções referentes a espaços agrícolas. Por fim, a vegetação adensada domina 18,298 km² distribuídas em alguns pontos sobre as margens fluviais, áreas agrícolas com elevada atividade fotossintética e localizada em áreas com solo completamente revestido por vegetação arbustiva.

Perante as categorias agrupadas e anteriormente mencionadas, vale ressalvar, que o SAVI apresenta resultados que varia entre -1 e 1 sendo os valores negativos indicativos de pouca ou inexistência de atividade vegetal, já os valores próximos a zero indicam vegetação aberta a solo com vegetação de baixo porte, e estimações próximas a 1 corresponde a vegetação menos esparsa com cobertura mais homogênea e adensada.

Analisando os dados pluviométricos para obtenção dos resultados evidenciou-se a importância de compreender o período de aquisição dos dados, tal como, acena Perez *et al* (2004) indicando as condições de alta atividade fotossintética da caatinga após eventos de precipitação. Assim, a precipitação condiciona a distribuição da cobertura vegetal e biomassa em terras secas, tendo o parâmetro pluviométrico como insumo fundamental no entendimento das mudanças em áreas recobertas por caatinga (CUNHA *et al* 2012; LIMA e ALMEIDA, 2017).

Para pesquisa considerou-se o período de maior concentração de chuvas que se iniciou no mês de janeiro a maio de 2018 com média de 75,54 mm para os meses mais chuvosos, portanto, a produção do SAVI tomou a imagem no mês de março (75,3mm), que ultrapassa a média anual (40mm), como apresenta a figura 03.

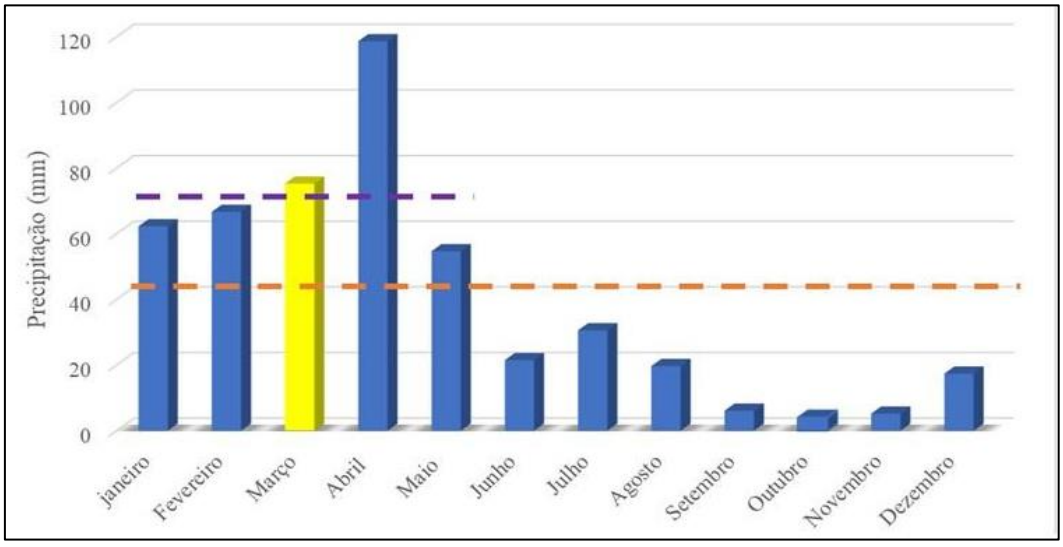


Figura 03. Dados pluviométricos mensais de 2018, linha tracejada roxa média dos meses mais chuvosos do ano analisado, tracejado laranja média anual. Coluna amarela representa o mês da imagem adquirida (março).
Fonte: APAC (2018) adaptado pelos autores (2020).

Perfazendo, as considerações da importância dos dados pluviométricos nos diagnósticos do comportamento vegetal da caatinga, o período de maior índice de precipitação repercute em maior disponibilidade de água no sistema pedológico caracterizando o momento de maturação

das folhas no ciclo fenológico. Nesse contexto, Lajedo apresenta fisionomia vegetal com características de caducifólia e subcaducifódia, havendo a perda das folhas parcialmente ou completamente durante a escassez hídrica, porém, retomando a composição foliar após eventos pluviométricos (CPRM, 2005).

Mediante esse aspecto é possível afirmar que o período de aquisição da cena representa o momento favorável pela disponibilidade hídrica no solo, onde pode-se compreender que as áreas que detém baixa atividade fotossintética (com exceção da área urbana) consistem em espaços potenciais ou já degradados, porém, outros aspectos devem ser considerados como tipo do cultivo e o momento de aquisição da imagem, pois no município predomina as atividades de agricultura temporária.

Além do mais, compete indicar a supressão da vegetação decorrente das atividades produtivas desenvolvidas no município, sendo as práticas agrícolas uma das principais atividade produtivas. Coadunado a isto, às áreas plantada e colhida destinadas à agricultura temporária no ano de 2018 representa 1730 hectares, no que tange o cultivo permanente este se dispõe de acordo com censo agropecuário por 315 hectares com produção. Já a pecuária detém no ano de 2018 um total de 1.000.456 animais de pequeno, médio e grande porte (IBGE, 2017; 2018).

Coalizar informações estatísticas do uso da terra permite esclarecer questões indiscriminadas no sensoriamento remoto. Destarte, a vegetação nativa como cultivada possui características espectrais temporalmente distinguíveis considerando os estágios fenológicos sazonalmente mutável durante um ano (SANO e BORGES, 2019).

Deste modo, as atividades desenvolvidas sobre o solo demandam a retirada total ou parcial da cobertura vegetal natural, nessa perspectiva se evidenciou em alguns pontos das áreas com menor densidade vegetal (esparsa, semidensa e ausência) a ocorrência de degradações atrelados às mudanças na cobertura vegetal.

Diante disso, em alguns pontos forma visualizados processos de compactação do solo em áreas de mineração (figura 04A, coordenadas 8°40'3.02"S / 36°20'6.90"O), bem como, feições erosivas relacionadas ao escoamento superficial concentrado associado a compactação do solo e privação vegetal ou áreas de pasto natural e cultivado (figura 04B, coordenadas 8°39'50.08"S / 36°18'35.92"O), se reconheceu também atividades de extrativismo e queima da vegetação (figura 04C, coordenadas 8° 37.999'S/ 36° 18.304'O) que produz impacto negativos

responsável pela deterioração dos horizontes superficiais do solo e tornando-os mais frágeis ao escoamento superficial.

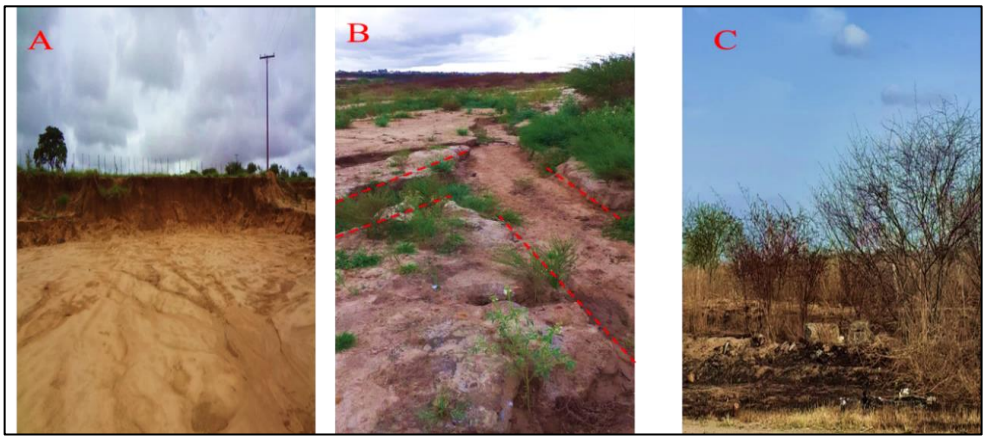


Figura 04-áreas degradadas e em processo de degradação
Fonte: Autores (2020).

4. Considerações Finais

A pesquisa executada possibilitou compreender e espacializar cobertura do solo no município de Lajedo/Pernambuco, considerando a densidade vegetal como critério, tendo como base procedimental e técnica embasada no geoprocessamento e dados de sensoriamento remoto, que viabilizaram a identificação de áreas com menor atividade fotossintética, tangendo, por conseguinte, a etapa *in loco* para validar as informações obtidas em ambiente SIG.

O índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI) atendeu a demanda do estudo, sendo compreendida toda a cobertura do solo do município. Contudo, é necessário maior detalhamento das informações produzidas, incorporando o uso da terra e o monitoramento periódico através do sensoriamento remoto, tendo em vista as diferentes utilizações do solo na escala temporal. Por fim, a pesquisa consiste em uma análise pioneira em escala municipal que pode fomentar ações voltadas ao planejamento e gestão das áreas degradadas, principalmente na área rural, logo, as atividades agrícolas são atividades importantes para a economia municipal.

Referências

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**.4º ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. Cap. 1, 9-27.

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **RA'EGA o Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I.A.A.; SILVA, B. B.; CHAVES, I, B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v,16, n.5 ,p.539-548, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **ZAPE- Mapa de reconhecimento de baixa e média intensidade de solos do estado de Pernambuco**. 2011. Disponível em: < http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Asolo_pernambuco_wgs84> . Acesso em : 01 de jan de 2021.

FITZ, Paulo Roberto. Classificação de Imagens de Satélite e Índices Espectrais de Vegetação: uma Análise Comparativa. **Geosul, Florianópolis**, v. 35, n. 76, p. 171-188. 2020.

GUERRA, Antonio josé Teixeira; CUNHA. Degradação Ambiental. In: GUERRA, Antonio josé Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 5º ed.- Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2004. Cap.7, 337-375.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environmen**t, v, 25, n. 3, p. 295– 309, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo agropecuário, Lajedo Pernambuco**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/lajedo/pesquisa/24/27745>. Acesso em 17 de mar de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo agropecuário, Lajedo Pernambuco**. **Sidra: sistema IBGE de recuperação automática**. 2018.. Disponível em:< https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1272> . Acesso em 17 de mar de 2021.

LIMA, Fabiana Silva de; ALMEIDA, Nadjacleia Vilar. Dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal na Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, Paraíba-PB, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física v.10, n.03, p.699-721, 2017.

MAXIMIANO, L. A. CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONCEITO DE PAISAGEM**.** **RA'EGA**, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004.

OLIVEIRA, José Diorgenes Alves; MOURA, Geber Barbosa de Albuquerque; NASCIMENTO, Cristina Rodrigues; LOPES, Pabrício Marcos Oliveira; NÓBREGA, Ranyere Silva. Avaliação de Degradação e Mudanças Ambientais na Bacia Hidrográfica do Alto Ipanema. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 4, p. 585-596, 2020. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/344931088_Avaliacao_de_Degradacao_e_Mudancas_Ambientais_na_Bacia_Hidrografica_do_Alto_Ipanema >. Acesso em : 12 de Dezembro de 2020.

PEREZ, L. P., SHIMABUKURO, Y. E., FERREIRA, N. J., ANDRÉ, I. R. N. Dinâmica dos principais domínios fitogeográficos do Nordeste Brasileiro e suas conexões com a pluviometria. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 29, n. 2, p. 217-22. 2004.

IBEIRO, Gabrielle de Araújo; SILVA, João Nailson de Castro; SILVA, Janaína Barbosa da. Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS): estado da arte e suas potencialidades. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.09, n.06, p. 2054-2074, 2016.

SANO, Edson Eyji; BORGES, Elane Fiúza. SÉRIES TEMPORAIS: COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE IMAGENS MULTIDATAS. In: MENESES, P. R; ALMEIDA, T.; BAPTISTA, G.M.M. **Reflectância dos materiais terrestres: análise e interpretação**. -São Paulo: Oficina de Textos, 2019. Cap. 9, p189- 219.

SANO, Edson Eyji; PONZONI, Flávio Jorge; MENESES, Paulo Roberto; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello; TONIOL, Alana Carla; GALVÃO, Lênio Soares; FRANCA, Washington de Jesus Rocha Sant'anna. REFLECTÂNCIA DA VEGETAÇÃO. In**:** MENESES, P. R; ALMEIDA, T.; BAPTISTA, G.M.M. **Reflectância dos Materiais Terrestres: Análise e Interpretação**. 1º ed-São Paulo: Oficina de Textos, 2019.Cap. 6, p.267-287.

SILVA, Cassio Roberto da. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, entender o presente e prever o futuro**. 2008. Disponível em :< http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/1210 >. Acesso em 05 de set de 2020.

SILVA, P. C. G. ; MOURA, M. S. B. de; KIILL, L. H. P; BRITO, L. T. L; PEREIRA, L. A.; SÁ, I. B; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. de C.; CUNHA, T. J. F; FILHO, C. G. CARACTERIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: FATORES NATURAIS E HUMANOS. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. da. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. Cap.1, 18-48.

Uso de sensoriamento remoto na avaliação da cobertura vegetal na zona de amortecimento do reservatório público de Tenente Ananias (Oeste Potiguar - RN/BR)

Aluízio Bezerra Júnior
Mestre em Geografia (PPGEO/UERN)
aluiziojunior@outlook.com

Yara Cadydja Nogueira Pinheiro
Mestre em Ciências Naturais (PPGCN/UERN)
yaraagro@yahoo.com.br

Resumo
Caracterizar a cobertura vegetal na zona de amortecimento em reservatórios artificiais no Semiárido Brasileiro (SEB) torna-se um desafio em razão de todo o sistema dinâmico do bioma. Assim, o objetivo desta pesquisa é avaliar o desempenho dos índices NDVI e SAVI, a fim de discriminar as áreas com cobertura vegetal. Como procedimentos metodológicos, foram utilizadas as imagens espectrais do sensor OLI (*Operational Land Imager*) do satélite LANDSAT 8, órbita 216, ponto 64, disponibilizado pela USGS (*United States Geological Survey*), sob formato *GeoTiff*; por meio das bandas espectrais, iniciaram-se as técnicas de processamento dos índices, empregando o SIG Qgis® 3.4 Madeira. Os índices mostraram, basicamente, as variações entre as refletâncias dos materiais terrestres. Essas variações, correspondem aos registros de refletância de biomassa, ou mesmo a sua inexistência. Então, verifica-se que a maior frequência de agrupamento de *pixels* ocorreu na classe de maior biomassa verde, ou seja, área florestal; em contrapartida, a classe água obteve considerável agrupamento de *pixels*, os quais representaram o reservatório em estudo. Portanto, conclui-se que a fragmentação da cobertura vegetal é controlada por ações antropogênicas. Ademais, é possível afirmar que o SAVI determinou maior capacidade de discriminar classes de cobertura vegetal.

Palavras-Chave: Reservatório; Zona de amortecimento; Índices de vegetação; Cobertura vegetal.

1. Introdução

Caracterizar a cobertura vegetal na zona de amortecimento em reservatórios artificiais no Semiárido Brasileiro (SEB) torna-se um desafio em razão de todo o sistema dinâmico do bioma Caatinga, sobretudo as áreas que estão em processo de fragmentação ambiental (MELO; SALES; OLIVEIRA, 2011). Assim, há a necessidade de encontrar ferramentas que possibilitem avaliar com precisão o sistema ambiental, dentre as principais, pode-se mencionar as técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) em imagens orbitais, apoiado em índices de vegetação comumente usados em estudos científicos.

Sob a perspectiva de Gamarra *et al*. (2016, p. 310), existem "diferentes índices de vegetação que podem ser utilizados para o estudo e avaliação da vegetação". Entre estes, é possível exemplificar os índices NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e SAVI (*Soel Adjusted Vegetation Index*), por exemplo. Esses índices são utilizados com sucesso no monitoramento dos aspectos biofísicos da cobertura vegetal; tais índices baseiam-se em simples combinações das refletâncias do visível e do infravermelho próximo (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

Existe, portanto, a necessidade de se classificar e avaliar a biomassa verde, seja de maneira usual ou, sobretudo, por meio de índices de vegetação. Logo, o objetivo do presente estudo é discriminar as áreas com biomassa verde, ou mesmo a inexistência desta na zona de amortecimento do reservatório público de Tenente Ananias (RN/BR) e, com isso, contribuir para o monitoramento deste ambiente.

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área de estudo

O reservatório público de Tenente Ananias (Figura 1), também conhecido como Jesus-Maria-José, encontra-se no Oeste do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Esse represamento foi construído em 1984, pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNCOS); atualmente, a reserva hídrica é administrada pela Secretaria Municipal de Agricultura, Recursos Hídricos e Meio Ambiente. A capacidade atual do reservatório alcança 26,00% do volume útil, o que representa 2.506.168,00m³ da capacidade de armazenamento total no período de 24 de junho de 2020 (SEMARH, 2020).

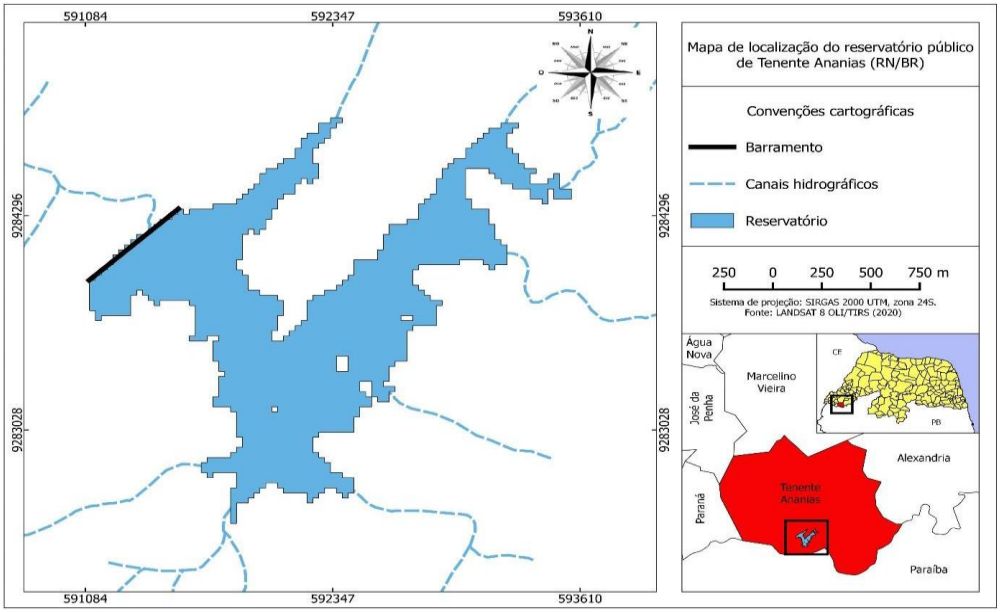


Figura 1: Localização do reservatório público de Tenente Ananias (RN/BR).
Fonte: Autores (2021).

2.2 Procedimentos metodológicos e técnicos

A fim de caracterizar a cobertura vegetal, foram utilizadas as bandas espectrais do satélite LANDSAT 8, sensor OLI (*Operational Terra Imager*), órbita 216, ponto 64, datada de 17 de outubro de 2020, disponibilizada pelo catálogo de imagens da USGS (*United States Geological Survey*), sob formato *GeoTiff*. As bandas espectrais (Tabela 2), inicialmente, foram reprojetadas para o sistema de coordenadas planas UTM, *datum* SIRGAS 2000, fuso 24S (31984), utilizando a ferramenta Transformar (Reprojetar) do SIG Qgis® 3.4 Madeira.

Tabela 2: Características das imagens usadas do satélite LANDSAT 8 OLI.

Bandas Espectrais	**Resolução**				**Área imageada**
	Espectral	**Espacial**	**Radiométrica**	**Temporal**	
(B4) Vermelho (B5) Infravermelho	0.64 – 0.67 µm 0.85 – 0.88 µm	30 m	16 bits	16 dias	170 km

Fonte: Autores (2021).

Assim, feita a reprojeção das bandas espectrais, foi possível executar as técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), considerando-se as informações técnicas para o satélite, por meio da calculadora *Raster*. Para Ponzoni e Shimabukuro (2007), faz-se necessário proceder ao processamento das imagens, para, a partir de então, ser possível realizar a calibração absoluta da luz dispersa no satélite. Esse processo de conversão utiliza a Equação 1, a fim de obter a refletância do *Top Of Atmosphere* (TOA), empregando as informações técnica do *Metadado* (MTL):

(Eq. 1)

$$p\lambda = M_p Q_p + A_p$$

Em que:
Pλ = Refletância do *Top Of Atmosphere* (TOA); *Mρ* = Fator multiplicativo a partir do *Metadado* (MTL) da banda; *Aρ* = Fator de rescisão a partir do *Metadado* (MTL) da banda; *Qcal* = Banda do *Digital Number* (ND) por *pixel*.

Após a conversão da refletância, é preciso aplicar a Equação 2 para a correção do ângulo solar do centro da banda. As informações necessárias para a correção são fornecidas pelo MTL:

(Eq. 2)

$$p\lambda = \frac{p\lambda}{cos\theta SZ} = \frac{p\lambda}{sin\theta SE}$$

Em que:
Pλ = Refletância do *Top Of Atmosphere* (TOA); *θ SZ* = Cosseno do ângulo da elevação *Zenith* local; *θ SE* = Seno do ângulo da elevação solar local.

Com a calibração já processada, por meio da calculadora Raster, foi possível classificar a lâmina d'água do reservatório, para, a partir de então, usar a classificação na ferramenta *buffer*, visando criar um *offset* de 1000 metros, também conhecido como zona de amortecimento. Na ótica de Bezerra Júnior (2021), o raio de 1000 metros, basicamente, inclui todo o território de atuação antropogênica no entorno de reservatório de médio porte, constituindo o raio ideal para poder extrair informações dos usos múltiplos da superfície terrestre.

Logo, efetuada a delimitação da zona de amortecimento, tornou-se possível aplicar as equações dos índices de vegetação. Para realizar o cálculo do NDVI, utilizou-se a Equação 3, segundo a proposta de Rouse *et al*. (1973). De acordo com esses autores, o índice permite caracterizar as informações biofísicas da cobertura vegetal, como também inferir as situações ecológicas do ambiente.

(Eq. 3)

$$NDVI = \frac{piv - pv}{piv + pv}$$

Em que:
piv = Reflectância no infravermelho próximo; *pv* = Reflectância no vermelho.

Posteriormente, aplicou-se o SAVI, segundo a Equação 4. Esse índice, conforme aponta Huete (1988), permite minimizar o brilho do solo nas bandas espectrais a serem usadas, para, a partir de então, gerar informações que descrevam o sistema de solo e a cobertura vegetal. Ainda, segundo este autor, o valor de L é indicado pelo nível de cobertura vegetal, podendo assumir valor de 0,25 (vegetação densa), 0,50 (vegetação intermediária) ou 1 (vegetação baixa).

(Eq. 4)

$$SAVI = \frac{(1 + L)(piv - pv)}{L + piv + pv}$$

Em que:
L = Constante de fator de ajuste do índice; *piv* = Reflectância no infravermelho próximo; *pv* = Reflectância no vermelho.

Assim, calculados os índices de vegetação propostos, foi realizada, com base no histograma, a classificação das classes de uso da terra, empregando, deste modo, o Sistema de Classificação da Cobertura e Uso da Terra (SCUT) do IBGE (2013), no nível II, subclasses, a saber: Corpo d'água; Área descoberta; Área florestal; e Cultura temporária.

Com todos os processamentos já realizados, foram confeccionados, no *layout* do SIG, os mapeamentos temáticos, empregando escala cartográfica 1:18.000, sob dimensões 297x420mm (folha A3). As respectivas etapas são apresentadas no fluxograma a seguir (Figura 2), como forma de nortear o caminho metodológico percorrido.

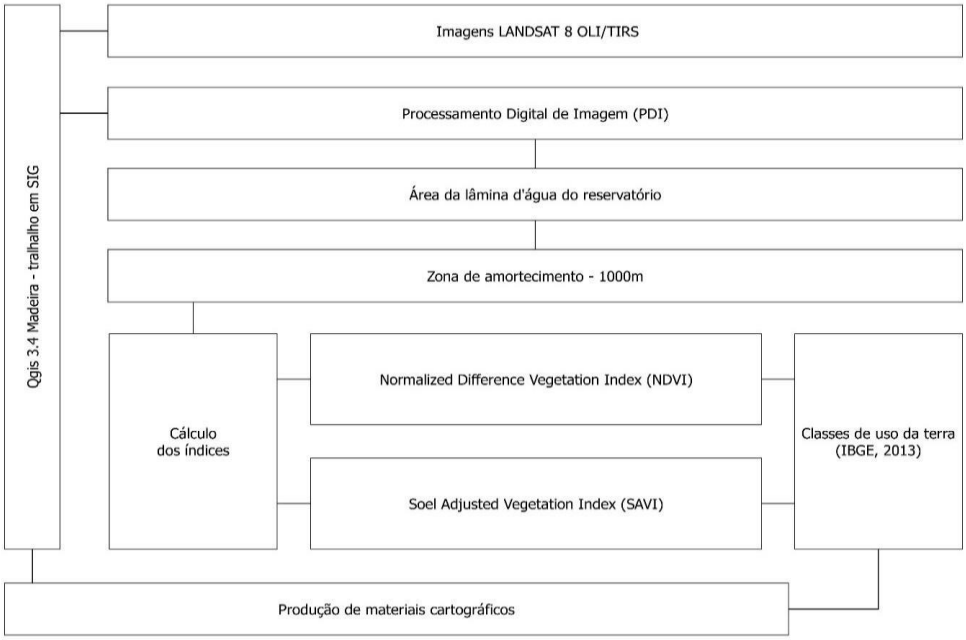


Figura 2: Esquema metodológico.
Fonte: Autores (2021).

3. Resultados e Discussões

A quantificação dos índices usados na zona de amortecimento do reservatório mostrou sua variação entre a refletância dos materiais terrestres captados pelo sensor do satélite. Essa variação corresponde, basicamente, ao registro de refletância de biomassa, ou mesmo à inexistência desta, a qual é controlada pela fragmentação do ambiente em razão da ação antropogênica. Pode-se, então, afirmar que os produtos cartográficos registraram, pelo menor, quatro variações de classes (Tabela 3), que representam propriedades espectrais diversas.

O índice NDVI (Figura 3) obteve valores de -0.19 a 0.58, representando as variações de coberturas vegetais ou, sem coberturas vegetais. Tais dados mostraram a diferença de biomassa verde, sobretudo quando se trata de áreas em que ocorreram o processo de caducifólia; para esse caso, é possível afirmar que os valores de 0.32 e 0.58 representaram significativa diferença de refletância espectral, efeito do estresse hídrico, que levou à perda de clorofila e, com isso, conduziu ao processo de caducifólia em parte das coberturas vegetais (GAMARRA *et al*., 2016). Então, a tonalidade de verde escuro é constituída por área florestal de estrutura caducifólia, representando 858,88ha (62,49%) de área; já a tonalidade de amarelo indica área de campestre, que obteve considerável biomassa verde em função de situar-se nos canais hidrográficos do reservatório, compreendendo 437,92ha (31,93%) de área total.

Tabela 3: Quantificação das classes dos índices.

Classes	Zona de amortecimento			
	NDVI		SAVI	
	ha	%	ha	%
Água	25,80	1,89	31,01	2,26
Área descoberta	50,62	3,69	71,76	5,23
Área florestal	856,88	62,49	1.046,68	76,33
Área campestre	437,92	31,93	221,77	16,18
Total	**1.371,22**	**100**	**1.371,22**	**100**

Fonte: Autores (2021).

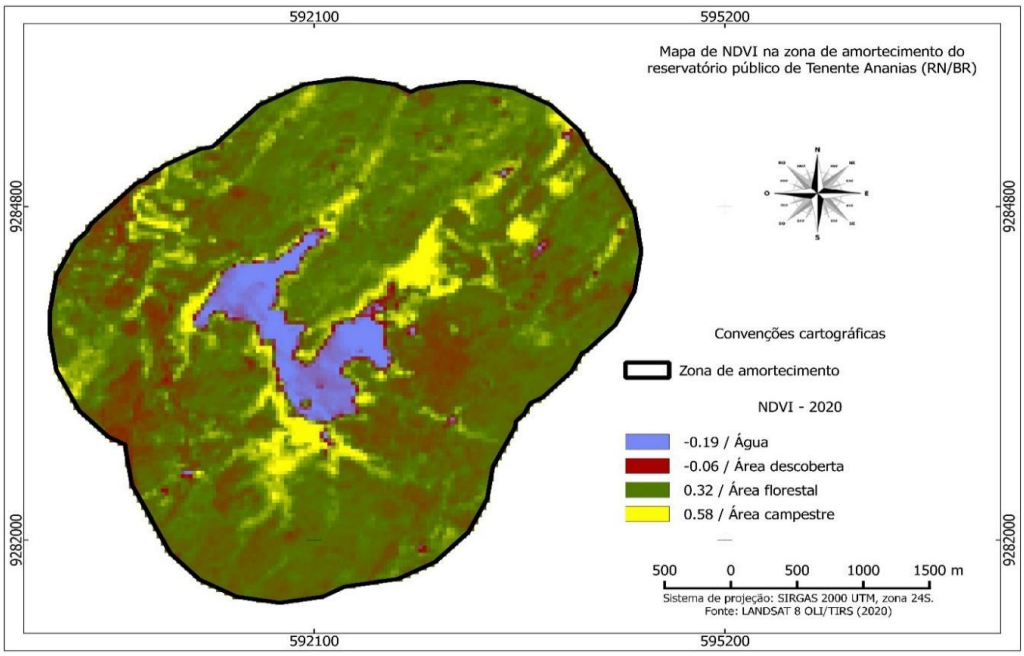


Figura 3: NDVI na zona de amortecimento do reservatório.
Fonte: Autores (2021).

Os valores de -0.19 a -0.6 apontaram áreas de usos e manejos das ações antropogênicas. Essas parcelas de áreas condizem com solos expostos ou, até mesmo, construções de múltiplos usos, que mostram comportamentos espectrais que, normalmente, relacionam-se com áreas que passaram por ações antropogênicas; sob outra perspectiva, é possível afirmar que o registro da refletância para água se deve essencialmente aos componentes dissolvidos ou em suspensão, gerando, com isso, pequenas diferenciações nas superfícies registradas (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007; SANO *et al*., 2019).

Logo, é possível afirmar que a tonalidade para áreas de ações antropogênicas, nesse caso, são áreas descobertas de representação na cor vermelha, contendo 50,62ha (3,69%), ao passo que a tonalidade em azul mostra as áreas de água, com maior ou menor presença de matéria dissolvida, abrangendo área total de 25,80ha (1,89%).

Para o índice SAVI (Figura 4), os valores em torno de -0.04 a 0.40 exibem as diferenciações dos objetos em superfície. Ao se considerar tal aspecto, é possível afirmar que os valores de 0.25 a 0.40 são controlados, sobretudo, pela diferença das propriedades espectrais do dossel das coberturas vegetais, que podem ser relacionadas à transmitância da biomassa verde ou à perda da biomassa verde e, em muitos casos, alterando suas refletâncias (MATSUSHITA *et al*., 2007). Por meio disso, é possível afirmar que a tonalidade de verde escuro equivale a 1.046,68ha (76,33%) de área total, formando a área florestal; de outro modo, a tonalidade amarela é formada por área campestre, obtendo 221,77ha (16,18%) da zona de amortecimento.

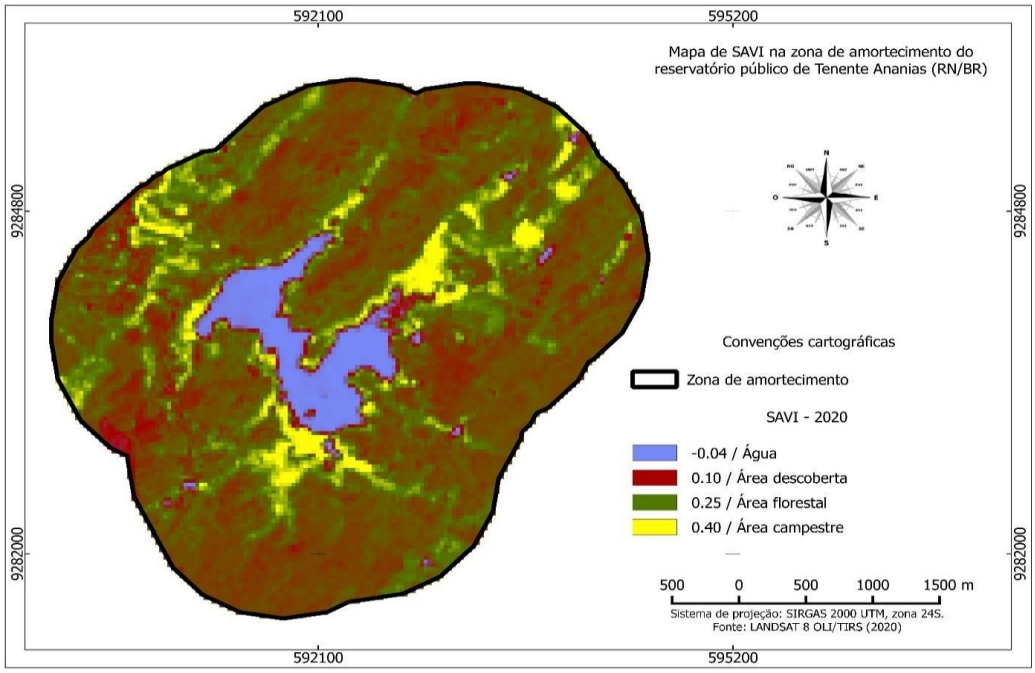


Figura 4: NDVI na zona de amortecimento do reservatório.
Fonte: Autores (2021).

Os valores mais baixos concentram-se entre -0.04 a 0.10; em parte, esses valores são considerados do *background*, efeito da reflectância do solo, como também a massa de água do reservatório que, por sua vez, traz consideráveis variações no comportamento da refletância, consequência dos diversos componentes da água (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007). Logo, é possível afirmar que a tonalidade na cor vermelha simboliza a área descoberta, correspondendo a 71,76ha (5,23%) da zona de amortecimento; por outro lado, a classe de tonalidade de cor azul indica, em seu padrão de refletância, área de água, contendo 31,01ha (2,26%) de área total.

Assim, considerando todos os valores dos índices, bem como suas respectivas classes temáticas, torna-se possível afirmar, por meio do histograma (Figura 5 e 6), a diferenciação entre as classes. Então, verifica-se que a maior frequência de agrupamento de *pixels* ocorreu na classe de maior biomassa verde, ou seja, área florestal; em contrapartida, a classe água obteve considerável agrupamento de *pixels*, que representaram o reservatório em estudo. As demais classes tiveram baixa frequência, que pode ser atribuída ao espalhamento dos *pixels*, para esse caso, a classe de área campestre e de área descoberta, respectivamente.

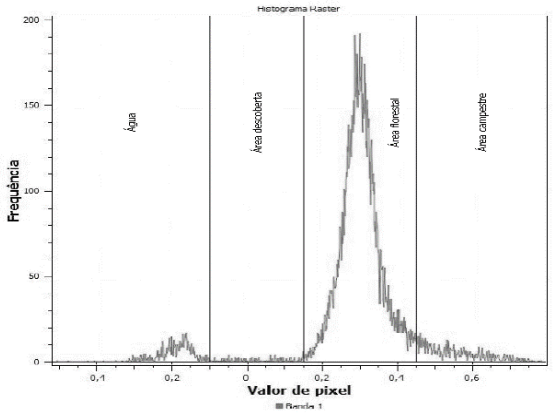


Figura 5: Histograma NDVI.
Fonte: Autores (2021).

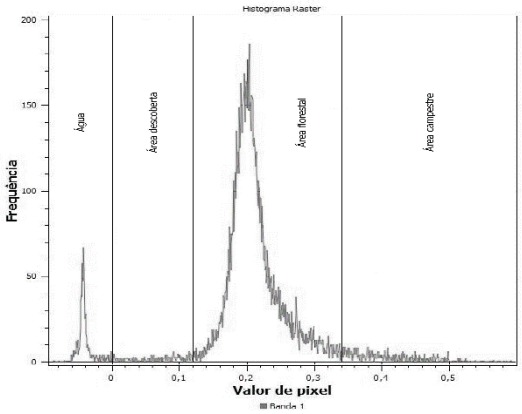


Figura 6: Histograma SAVI.
Fonte: Autores (2021).

Toda instabilidade da frequência dos *pixels* para NDVI e SAVI, basicamente, associa-se à constante de fator de ajuste, utilizada para reduzir os efeitos do solo. Em função desta constante, é possível afirmar que o SAVI determinou maior capacidade de discriminar classes de cobertura vegetal, considerando a variação de biomassa verde, ou mesmo a sua ausência. Também, faz-se necessário ressaltar que a correlação dos índices obteve $R^2 = 0{,}94901$, podendo-se considerar alta equivalência entre os índices.

4. Considerações Finais

Portanto, conclui-se que a avaliação da cobertura vegetal tem sido uma alternativa no que se refere aos estudos ambientais capazes de identificar os estágios de fragmentação em uma determinada área. A cobertura vegetal, de uma forma geral, é a que mais sofre com o processo de transformação ambiental ao longo do tempo, seja esta transformação em decorrência da própria dinâmica natural ou, principalmente, quando se trata das transformações antropogênicas.

Logo, é possível afirmar que a zona de amortecimento do reservatório, basicamente, é controlada por ações antropogênicas, as quais exibem mudanças no comportamento da cobertura vegetal e, com isso, alterando o processo dinâmico do ambiente. Por essa razão, pode-se afirmar que o comportamento da refletância mostra as variações das diferentes refletâncias de presença e de ausência de biomassa.

Por meio das imagens orbitais, e também com base na aplicação dos índices de vegetação, ao empregar as técnicas de SR, foi possível mostrar, eficazmente, a identificação da cobertura vegetal e suas respectivas classes da zona de amortecimento. Os produtos oriundos do SR apresentam aplicabilidade satisfatória na estimativa das diferentes refletâncias. Ademais, recomenda-se aplicação de outros índices de vegetação, os quais podem ser vistos na literatura de SR.

Referências

BEZERRA JÚNIOR, A. Avaliação ambiental do reservatório Caiçara (Marcelino Vieira/RN). Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró, 2021. Disponível em:<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.xhtml?popup=true&id_trabalho=10555537>. Acesso em: 12 de mar. 2021.

GAMARRA, R. M.; TEIXEIRA-GAMARRA, M. C.; CARRIJO, M. G. G.; PARANHOS FILHOS, A. C. Uso do NDVI na análise da estrutura da vegetação e efetividade da proteção de unidade de conservação no Cerrado. **Revista RA'EGA:** O espaço geográfico em análise, Curitiba, v.37, n.1, p.307-332, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/42454%3B>. Acesso em: 10 dez. 2020.

HUETE, A. R. A. Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environmente,** Amsterdã, v.24, n.3, p.295-309, 1988.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estáticas. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

MATSUSHITA, B.; YANG, W.; CHEN, J.; ONDAI, Y.; QIU, G. **Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Topographic Effects**: A Case Study in High-Density Cypress Forest. Sensors, Bethesda, v.5, n.7, p.2636-2651, 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28903251/>. Acesso em: 14 de jan. 2021.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do riacho dos cavalos, Crateús-CE. **Raega – O espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v.23, n.2, p.520-533, 2011. Disponivel em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/24919/16717>. Acesso em: 14 de jan. 2021.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.,E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos- SP: 2007.

ROUSE, J. W.; DEERING, D. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A. Monitoring Vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPSOSIUMM 3.** 1973, Washington: NASA, v.1, p.309-317, 1973.

SANO, E. E.; PONZONI, F. J.; MENEZES, P. R.; BAPTISTA, G. M. M.; TONIOL, A. C.; GALVÃO, L. S.; ROCHA, W. J. S. F. Reflectância da vegetação. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T.; BAPTISTA, G. M. M. (Org.). **Refletância dos materiais terrestres.** São Paulo: Oficina de Textos, 2019. Cap. 6, p.189-223.

SEMARH. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Sistema de informações:** Bacia Apodi-Mossoró. 2019. Disponível em: <http://servicos.searh.rn.gov.br/semarh/sistemadeinformacoes/consulta/cBaciaDetalhe.asp?CodigoEstadual=01>. Acesso em: 02 de dez. 2020.

Parte II

Recursos Hídricos no semiárido: multiplicidade de olhares

A sociedade civil organizada, os saberes locais e a governança da água no semiárido brasileiro do Século XXI

Sidclay Cordeiro Pereira
Universidade de Pernambuco - Campus Petrolina
sidclay.pereira@upe.br

Resumo
Os problemas de acesso e uso da água, bem como construção secular dos saberes locais estão constantemente associadas ao debate da convivência com o semiárido. Nesse sentido, o presente texto procura apresentar os saberes locais na construção e desenvolvimento de um modelo de governança associado às ideias de convivência com o semiárido. Para sua construção, foram utilizados autores referência sobre o tema, bem como coleta de dados na Articulação do Semiárido (ASA) e Associação Brasileira de Organizações Não-Governamentais (ABONG) a partir de uma metodologia qualitativa. Como resultados, se têm que a atuação estatal é centralizada em nível federal, comanda as ações em nível regional e normatiza as ações estaduais e locais. Isso também se realiza em conjunto com a sociedade civil organizada de maneira mais intensa a partir dos primeiros anos do presente século tendo como base os saberes locais construídos nos últimos séculos. Entretanto, esse modelo de parceria não foi vivenciado por tempo suficiente, o que permitiria maior aprofundamento nas análises. Contudo, os dados permitem afirmar que é mais eficiente para as populações beneficiadas. Por fim, espera-se que essa contribuição seja positiva no aprofundamento dos estudos sobre o semiárido e o sertão para a sua governança hídrica.

Palavras-chave: Convivência com o Semiárido; Organizações-Não-Governamentais; Gestão Hídrica.

1. Introdução

O semiárido brasileiro, a partir das ideias de sustentabilidade, estimula pesquisas que buscam entender e aprofundar a relação da sociedade com natureza, procurando modificá-lo apenas quando necessário através das tecnologias de inovações sociais e da economia solidária, que são iniciativas do associativismo e cooperativismo. A isto, somam-se os esforços em analisar, criticar e revalidar os discursos estatais e da sociedade civil organizada sobre o sertão, o semiárido e a região Nordeste (SILVA, 2006, CARVALHO, 2012; MACIEL e PONTES, 2016). A nova releitura da região semiárida procura desmistificar a ideia de que o problema central desse espaço é a falta de água, bem como que seus moradores precisam abrir mão de viver em seus lugares, outrossim, podem aprimorar sua convivência (MOREIRA NETO e LIRA, 2015). Nesse sentido, as Organizações Sociais Civis (OSC) são entidades únicas, nascidas da livre organização e participação social das pessoas em busca de um objetivo coletivo e sem visar lucro (ABONG, 2018).

As contribuições teóricas que constroem e subsidiam o discurso da convivência com o semiárido, a prática das entidades que trabalham a ideia da convivência e as falas das lideranças e dos agricultores buscam referenciar o semiárido como um espaço de aprendizagem. Assim, "é preciso aprender a conviver, adaptando-se ao meio construindo relações de interação entre o homem e o meio ambiente" (MOREIRA NETO e LIMA, 2015, p. 173). Essa ideia é defendida e protagonizada por movimentos sociais, como Organizações Não-Governamentais (ONG), Sindicatos e Cooperativas de agricultores familiares (MARQUES *et al.*, 2018, p. 52).

Nesse sentido, Estado e as OSC's constroem uma relação que se materializa em obras e ações ao longo dos últimos trinta anos. O novo engendramento que vê o semiárido duplamente como espaço de memória e fronteira econômica é basilar nas políticas de gestão hídrica e o tem como viável, seja do ponto de vista ambiental, como econômico.

Isso posto, entende-se aqui que governança se refere às formas de coordenação interorganizacional modeladas por redes, especialmente as que são auto-organizadas, ou seja, a governança refere-se ao processo de coordenação, gerenciamento e direcionamento social e econômico (GREGORY *et al.*, 2009). A governança é mais abrangente que a governabilidade, refere-se a um guia de gerenciamento e ao mesmo tempo um processo de coordenação social e econômico. Com isto, envolve os diversos atores não estatais no processo de negociação e tomada de decisão. Em um plano mais amplo, a governança engloba a sociedade como um todo (GRAVEL e LAVOIE, 2009; ROSENAU, 2002; GONÇALVES, 2006).

A governança, na gestão hídrica, propõe caminhos teóricos e práticos alternativos que façam uma real ligação entre demandas sociais e seu diálogo em nível governamental. Geralmente, a utilização do conceito inclui leis, regulação e instituições, mas também se refere às políticas e ações de governo, às iniciativas locais, e às redes de influência, incluindo mercados internacionais, o setor privado e a sociedade civil, os quais são influenciados pelos sistemas políticos nos quais se inserem (JACOBI, 2009; 2012).

O texto aqui presente é um recorte da tese de doutorado intitulada "Análise de um século de representações territoriais e da gestão hídrica no Estado de Pernambuco, Brasil (1909-2019)" que foi defendida em novembro de 2019 no Programa de Pós-Graduação em Ciências Geográfica da *Université Laval* (Quebéc, QC, Canadá). Na oportunidade, tinha-se como objetivo "propor uma reflexão que contribuísse na elaboração de um modelo de gestão sustentável da água para o semiárido brasileiro, visando uma governança hídrica exequível para os atores implicados e respeitando as características sociais, econômicas e culturais da região".

O que se traz aqui é a contextualização do entendimento dos saberes locais na construção e desenvolvimento de um modelo de governança da água que está associado às ideias de convivência com o semiárido. Para sua construção, foram utilizados autores referência sobre o tema, tais como Silva (2006), Carvalho (2011), Gomes *et al*. (2015), Moreira Neto e Lira (2015), Fortunato e Moreira Neto (2010) e Marques (2018) e como fonte de dados, teve-se a Articulação do Semiárido (ASA) e a Associação Brasileira de Organizações Não-Governamentais (ABONG).

2. Os saberes locais e a construção da memória sobre o semiárido

A valorização das práticas do que se conhece por senso comum podem ser pontos de partida para encontrar soluções apropriadas aos locais, utilizando todo o repertório das ciências atuais. O conhecimento local se refere ao experimental localmente, baseado e transmitido oralmente, em contraste com aquele que é adquirido através da educação formal ou aprendido nos livros (WILBANKS, 2006). Mas esses conhecimentos não são excludentes entre si. Pelo contrário,

> [...] Há um estoque significativo de conhecimentos desenvolvidos pelas instituições de pesquisa da Região, e aqueles acumulados pela agricultura familiar sertaneja. Uma das principais características das tecnologias não-convencionais (intermediárias, apropriadas, alternativas e sociais) é a valorização do local, dos saberes e da cultura local como base de desenvolvimento ou adequação das soluções tecnológicas (SILVA, 2018, p. 189).

O conhecimento ecológico tradicional pode ou não ser indígena, mas possui suas raízes no passado de um determinado lugar (FABRICIUS, 2006). Guimarães Duque (2004, p. 38) *apud* Silva (2006, p. 189) ressalta a importância dos saberes locais, tendo em vista que: “a premência das necessidades, os sentidos aguçados pelas induções ecológicas, os contatos mais íntimos com as dificuldades vislumbram sucessos, encontram soluções locais”.

Tem-se em mente que "uma das características das políticas contemporâneas de desenvolvimento é considerar o dinamismo local em termos de inovação, produção e transferência de conhecimento como uma das chaves do desenvolvimento regional, daí o grande esforço das regiões e das autoridades locais nesta área (TORRE e WALLET, 2012, p. 60 - tradução minha)". Com isso, percebe-se que essa ideia não chega de maneira homogênea em todo o território, mesmo aquele em que se deseja atender tais iniciativas.

A construção de uma cultura bem adaptada ao ambiente semiárido é apontada por Rebouças (1997, p. 15) ao afirmar que "historicamente, verifica-se que o nordestino, nas diversas formas de ocupação do território, fundamentou a sua economia no aproveitamento do potencial hídrico localizado, explorando de forma extensiva tanto a agricultura quanto a pecuária".

Com uma origem colonial, a ocupação do Brasil seguiu o processo de apropriação de novos lugares com suas populações autóctones, suas riquezas e seus recursos naturais. O mesmo se aplica ao semiárido que foi ocupado seguindo um padrão extensivo (do ponto de vista do espaço) e intensivo (do ponto de vista dos recursos naturais) de uso de solo. O processo de colonização, especificamente, do semiárido proporcionou uma larga e intensa produção de conhecimento a partir da vivência dos colonizadores em contato, nem sempre amistoso, com os indígenas (MORAES, 2005).

O conhecimento do colonizador sobre a região se deu por duas vias. A primeira a partir do contato e a troca de experiências com os indígenas que já estavam, há séculos, habitando a região, ressaltando que esse contato sempre foi conflituoso. A segunda via foi a sua própria vivência no ambiente. O semiárido era um lugar considerado distante do litoral e das sedes governamentais devido ao pouco desenvolvimento dos transportes e comunicações, somado às condições climáticas e de relevo, dificultando os deslocamentos. Tal configuração resultou na formação de uma sociedade com um forte elemento de conquista territorial e estabelecimento de relações de convivência com o ambiente (CAPISTRANO DE ABREU, 1976; 1988; ANDRADE, 2005; FREIXINHO, 2003). Isso gerou um repertório de conhecimentos sobre o espaço, ao mesmo tempo em que "memórias ressignificam a convivência do homem com o meio em prol da melhoria da qualidade de vida e do protagonismo da população semiárida" (FORTUNATO e MOREIRA NETO, 2010, p. 57).

As grandes distâncias entre o interior e o litoral, dificultado pelo relevo pouco propicio aos deslocamentos terrestres e as altas temperaturas, bem como as dificuldades de comunicação fizeram com que a sociedade localizada no semiárido tivesse que retirar do próprio meio tudo o que fosse fundamental às suas necessidades de existência. Salienta-se que até o início do século XX, o Brasil não dispunha de uma rede viária consolidada entre todas as grandes cidades e o interior, mesmo com o incremento das construções das estradas em substituição dos caminhos que eram percorridos em cima de animais até aquele momento. "Apenas os portos comandavam as vias de penetração para a hinterlândia" (ANDRADE, 2005, p. 26). Tem-se

início, então, estratégias geopolíticas de conhecer, ocupar, conectar e integrar o interior ao litoral, onde estava notadamente a maior parte da população e todos os centros político-administrativos (SANTOS e SILVEIRA, 2001).

Com isso, se consolidou uma alimentação com base na carne e leite, frutas nativas, feijão, fava e milho, que eram cultivados, normalmente, nas lavouras, em áreas mais úmidas, como as bases dos brejos e leito dos rios. O pouco contato com o litoral também estimulou o uso abundante do couro, oriundo do gado, em vários utensílios como porta das cabanas, camas, cordas, mocó, alforje, mala, mochila, bainhas, surrões, banguês, entre outros. O uso das espécies vegetais e animais são parte significativa da cultura, até os dias atuais, a cultura culinária oriunda desse contexto é forte e continua presente, infelizmente, a quantidade de estudos sobre o tema é escassa. Por outro lado, a maneira de utilizar o couro tornou-se um dos símbolos regionais chegando mesmo a compor a imagem do sertanejo (ANDRADE, 2005; CAPISTRANO DE ABREU, 1976; 1988).

Estratégias de armazenamento d'água, melhor momento de semear e uso das plantas nativas foram se desenvolvendo ao longo dos séculos. O conhecimento sobre solos, período mais propício de plantio, uso das espécies de plantas nativas, conhecimento dos efeitos das dinâmicas climatológicas foram se acumulando e, na maior parte, nas tradições orais transmitidas às gerações futuras (ANDRADE, 2005; CAPISTRANO DE ABRES, 1988; FREIXINHO, 2003). Esse conhecimento é reconhecido, valorizado, aprofundado, aperfeiçoado e difundido no processo de convivência com o semiárido. Por fim, "esse recurso à história ou à memória coletiva não significa que se conceda identidade à única região histórica que nasce de um longo passado, vivido em comum por uma determinada coletividade" (RICQ, 1982, p. 27 - tradução minha).

Em princípio, como atestam Fortunato e Moreira Neto (2010), o entendimento de semiárido busca formas novas de dizer uma região, pensando-a em suas especificidades, mas tentando inseri-la de forma propositiva em um contexto mais abrangente da sociedade, instituindo novas relações de saber/poder.

3. As ideias de convivência com o semiárido no Brasil

A partir de uma necessidade regional, aliado ao desenvolvimento das ideias de sustentabilidade, consolidam-se as ações das sociedades civis organizadas no semiárido. Em

vez da mudança de uma condição através de soluções hidráulicas (açudes, grandes barragens e transposição de rio) de alto impacto nos territórios, buscava-se a convivência com o ambiente e, consequentemente, com as secas. As ações propostas pelas OSC's envolvidas no desenvolvimento do semiárido demonstram um caminho, em princípio, possível para minimizar os impactos das secas periódicas, bem como o desenvolvimento do capital humano e social.

A ação de convivência com o semiárido tem uma capilaridade maior no território que as políticas de combate à seca. As obras estão pulverizadas nas propriedades particulares e coletivas. Resgataram os saberes locais ao mesmo tempo que adentraram na dinâmica econômica. Silva (2006) compilou uma miríade de ações e tecnologias que focam na convivência com o semiárido a partir das experiências institucionais, das OSC's e de pesquisadores que estão presentes no quadro 1.

Ações	**Tecnologias**
Tecnologias hídricas alternativas de captação e armazenamento de água da chuva para abastecimento familiar no semiárido brasileiro	Cisternas de placas Cisterna de placas calçadão Bomba d'água manual Gestão e tratamento de água para o consumo humano
Tecnologias hídricas alternativas de captação e armazenamento de água da chuva para produção apropriada no Semiárido brasileiro	Barragem subterrânea Barragens sucessivas Barreiro trincheira Barreiro de Salvação Uso sustentável de água de poço amazonas em pequena irrigação Tanques de pedra
Agroflorestas e manejo sustentado da caatinga	Agroflorestas ou roçados agroflorestais no bioma caatinga Combinação de sistemas produtivos Plantio em curva de nível Barramento de pedra para reduzir as perdas de terras nos períodos chuvosos Captação de água de chuva *in situ*
Agroecologia no bioma caatinga	Cobertura seca (ou cobertura morta) no plantio na Caatinga Compostagem orgânica para adubação dos roçados na Caatinga Uso de inseticidas naturais em roçados agroecológicos
Métodos alternativos de irrigação no semiárido	Irrigação de salvação Sistema irrigado de produção familiar com micro-aspersão
Produção Apropriada no semiárido: a criação de pequenos animais	Caprinovinocultura Fenação, silagem e bancos de proteínas animal Apicultura e meliponicultura Piscicultura Avicultura (galinha de capoeira ou caipira)
Produção apropriada no semiárido, as lavouras secas	Algodão agroecológico e algodão colorido Mamona para a produção de biodíesel Cajucultura e castanha orgânica Beneficiamento do umbu (*spondias tuberosa* Arruda) no semiárido Palma agroecológica

Iniciativas econômicas solidárias no semi-árido	Fundos de pasto Bancos e Casas de Sementes Comunitárias Feiras de agricultura familiar e agroecologia Redes e cooperativas de beneficiamento e comercialização
Finanças solidárias no semiárido	Fundos rotativos solidários Cooperativas de crédito
Alternativas de segurança alimentar no semiárido brasileiro	Hortas orgânicas Quintais produtivos Mandalas Programa alimento por trabalho
Educação contextualizada e pedagogia da alternância no semiárido brasileiro	
Formação para a convivência com o Semi-árido brasileiro	Capacitação para o desenvolvimento local sustentável Agricultores experimentadores Projeto UniCampo (Universidade Camponesa)

Quadro 1 - Ações e tecnologias de convivência com o semiárido
Fontes: Silva (2006).

As tecnologias, ações e iniciativas apontadas acima dão uma dimensão diferente e mais adaptada às condições naturais e sócio-econômicas do semiárido (MARQUES, 2018). Silva (2006, p. 249) assim sintetiza:

> [...] um desenvolvimento com qualidade de vida no Semi-árido brasileiro requer a combinação entre um conjunto de ações culturais e políticas, com a disseminação e a afirmação de novos valores e práticas de igualdade e respeito à dignidade de cada ser humano e dos demais seres vivos. Entre essas políticas de inclusão social, destacam-se: o acesso à água de qualidade e em quantidade suficiente para o consumo humano e para a produção apropriada; o acesso à educação contextualizada no Semi-árido, elevando a escolaridade da população local e possibilitando conhecimentos adequados à convivência com essa realidade; o combate ao trabalho infantil nas áreas urbanas e rurais, reduzindo os danos morais, físicos e intelectuais sobre as crianças que trabalham e abandonam a escola; o incentivo às atividades produtivas apropriadas, agrícolas e não-agrícolas, capazes de melhorar a renda e garantir a segurança alimentar e nutricional; e o acesso aos serviços sociais básicos, que possibilitem a satisfação das necessidades fundamentais da população sertaneja.

Nesse sentido, a sustentabilidade estaria diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e material sem agredir o meio ambiente. "Nestes termos, a sustentabilidade e a convivência passam a ser consideradas como fundamentos dos programas e ações sociais interessados na melhoria das condições socioeconômicas da região, sejam estes desenvolvidos pela sociedade civil organizada ou pelo poder público" (FORTUNATO e MOREIRA NETO, 2010, p. 56-57).

Entretanto, mesmo renovando os discursos, com a incorporação das dimensões da inclusão social e da sustentabilidade, permanece a perspectiva de solucionar os problemas regionais com a implantação das grandes obras hídricas para o abastecimento das cidades e para

a produção irrigada, geralmente orientada para o mercado externo. O discurso da sustentabilidade assume significados contraditórios, subordinada à dimensão econômica, com o incentivo às atividades produtivas rentáveis, com maior capacidade de competitividade (SILVA, 2006). Os desdobramentos disso é uma relação de parcerias das OSC's com o Estado, mas ainda a manutenção da crítica quanto às políticas de combate à seca.

4. Institucionalização da convivência com o semiárido

A institucionalização das políticas de Convivência com o Semiárido se inicia em 1982, quando a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e a Empresa Brasileira de Extensão Rural (EMBRATER) divulgaram um documento intitulado Convivência do Homem com a Seca. Para Silva (2006), essa proposta surge, ainda que de forma tímida, em órgãos federais, sugerindo uma orientação governamental inovadora de implantação de sistemas de exploração de propriedades agrícolas, para assegurar a convivência do homem com a seca ao experimentar tecnologias hídricas e produtivas, alternativas e apropriadas à realidade ambiental, cultural e socioeconômica do semiárido.

Em 1985 tem-se o Movimento Muda Nordeste, onde suas lideranças denunciavam que as intervenções estatais não diminuíam as desigualdades sociais, pelo contrário, as ampliavam. Em 1993, tem-se o movimento Fórum Nordeste, construído por sindicatos rurais, associações, cooperativas e OSC's, que gerou o documento Ações Permanentes para o Desenvolvimento do Nordeste/Semiárido Brasileiro (CARVALHO, 2011; FORTUNATO e MOREIRA NETO, 2010). Esse documento define que

> [...] a convivência do homem com a semi-aridez pode ser assegurada. O que está faltando são medidas de política agrária e agrícola, tecnologias apropriadas, gestão democrática e descentralizada dos recursos hídricos e da coisa pública para corrigir as distorções estruturais seculares, responsáveis pela perpetuação da miséria e da pobreza no meio rural (FÓRUM NORDESTE, 1993, p. 5).

Em 1999, por ocasião da 3ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (COP-3), em Recife (PE), realizou-se o Fórum Paralelo de organizações civis do Nordeste. Nele, se elabora o documento intitulado Declaração do Semiárido: Propostas da Articulação no Semiárido Brasileiro para a Convivência com o Semiárido e Combate à Desertificação. Esse documento contou com a assinatura de sessenta organizações, tido como a primeira manifestação da ASA. Essa declaração

> [...] é a Carta de Fundação da Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), uma rede que surge congregando diversas instituições da sociedade civil, que se comprometeram a mobilizar e a articular a 'Convivência'. Deflagrava-se, também, daquele contexto, o Semiárido Brasileiro, uma escala que aglutina os objetivos da sociedade civil com as ações de combate à desertificação da CCD. Essa mudança escalar trouxe uma nova base política para tratar a proposta da 'Convivência' dentro das diretrizes e políticas públicas nacionais, não mais atreladas às políticas para a região Nordeste (CARVALHO, 2011, p. 67).

Buscava-se, assim, uma maior horizontalidade na gestão das políticas públicas, em geral, e nas consequências secas, em particular.

5. A Articulação do Semiárido (ASA)

A ASA é uma rede de organizações formada em 1999, durante a realização do Fórum Paralelo da Sociedade Civil à COP-3 e, na atualidade, congrega mais de setecentas organizações com atuação no Semiárido brasileiro (GOMES *ET AL*., 2015).

O I Encontro Nacional da ASA (ECONASA) foi realizado em fevereiro de 2001, em Igarassu/PE, quando foi redigida a "Carta de Princípios da ASA", expressando suas idéias e propostas para o desenvolvimento sustentável e para a convivência com o Semiárido. A ASA assume a identidade de "um espaço de articulação política da sociedade civil no Semiárido brasileiro" (ASA, 2018, p. 1), que tem como missão "Fortalecer a sociedade civil na construção de processos participativos para o desenvolvimento sustentável e convivência com o Semiárido, referenciados em valores culturais e de justiça social" (ASA, 2018, p. 1).

A partir da ação da ASA, foram criadas várias redes de organizações de base, associações, sindicatos, grupos de mulheres, grupos de jovens e outras formas organizativas que conduzem processos a partir das necessidades e recursos disponíveis (ASA, 2018). Essa rede dá sustentação e capilaridade às ações promovidas pela ASA. As decisões tomadas seguem um processo de escuta de toda a base. As experiências locais são levadas em conta em todo o trabalho e, não obstante, as soluções para a gestão hídrica são simples, pouco custosas e de fácil implementação.

A ASA vem, ao longo das últimas décadas construindo um caminho de trabalho interestadual, integrando diversos fóruns para a proposição de políticas públicas. Possui quatro linhas de ações que são os seus principais projetos: o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), o P1+2, o Cisternas nas Escolas e Sementes do Semiárido. Os três primeiros são

experiências exitosas de gestão descentralizada dos recursos hídricos, uma vez que se encontram Estado e OSC's, em parceria.

5.1. Programa Um Milhão de Cisternas

Em abril de 2000, iniciou-se a negociação com o Governo Federal para elaborar o P1MC, resultando num primeiro convênio, que foi assinado com o Ministério do Meio Ambiente. No mesmo ano, realizou-se um encontro da ASA, em Juazeiro (BA), com cerca de 120 participantes, para discutir a elaboração do P1MC.

No ano de 2003, o P1MC ganhou novo impulso ao ser incluído no programa governamental Fome Zero. Neste ano, o P1MC institucionalizou-se, sob responsabilidade da Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SESAN), do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS). Por meio de um convênio entre governo federal e ASA, a União passou a apoiar e financiar programas de construção de cisternas e formação de multiplicadores (GOMES *ET AL*., 2015, p. 229).

A ação do P1MC procura garantir a mobilização e a formação das famílias e comunidades rurais como eixo fundamental da ação do programa, buscando também a formação comunitária e a participação social que estão previstas em todas as etapas de execução do programa. O processo de mobilização tem início com a articulação da comissão municipal, instâncias de controle social dos programas da ASA, responsáveis pelo processo de seleção das famílias, organização dos eventos e acompanhamento das construções com as equipes técnicas das organizações executoras da ação. Esta comissão é formada, no mínimo, por três organizações sociais com atuação no município.

As cisternas são construídas a partir de placas de cimento pré-moldadas, possuem formato cilíndrico, são cobertas e ficam semienterradas ao lado das residências das famílias. O seu funcionamento prevê a captação de água da chuva aproveitando o telhado da casa, que escoa a água através de calhas. A sua capacidade é, geralmente de 16 mil litros d'água, volume considerado suficiente para as famílias. De acordo com a ASA, "o P1MC possibilita inúmeros avanços não só para as famílias, mas para as comunidades rurais como um todo, como o aumento da frequência escolar, a diminuição da incidência de doenças em virtude do consumo de água contaminada e a diminuição da sobrecarga de trabalho das mulheres nas atividades domésticas".

5.2. Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2)

Criado em 2007, o P1+2 integra o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido, da ASA e congrega também o P1MC. Objetiva ampliar o estoque de água das famílias, comunidades rurais e populações tradicionais para dar conta das necessidades dos plantios e das criações animais. Baseia-se na estrutura mínima que as famílias precisam para produzirem, quais sejam, o espaço para plantio e criação animal; a terra e a água para cultivar.

As comissões municipais e comunitárias participam efetivamente do cadastramento e seleção das famílias e comunidades a partir de critérios pré-estabelecidos. Estas comissões ajudam também a identificar as necessidades hídricas e as características do terreno onde as tecnologias de captação e armazenamento d'água serão construídas. As tecnologias são: **Cisterna-calçadão, Barragem subterrânea, Tanque de pedra ou caldeirão, Bomba d'água popular, Barreiro-trincheira, Barraginha e Cisterna-enxurrada.**

O primeiro passo, antes da construção das tecnologias, é a participação das famílias em formações para a convivência com o semiárido, a saber: as capacitações em Gerenciamento da Água para Produção de Alimentos (Gapa) e em Sistema Simplificado de Manejo da Água (SSMA). Prevê-se ainda a capacitação de quem vai participar do processo de construção das tecnologias.

5.3. Programa Cisternas nas Escolas

Objetiva armazenar água da chuva para as escolas rurais, utilizando cisternas com capacidade de 52 mil litros. O projeto abrange escolas dos nove estados do semiárido, incluindo aquelas localizadas em aldeias indígenas e comunidades quilombolas, que devem ser priorizadas.

Para a seleção das escolas, são adotados três critérios: comunidades que não possuem sistemas de abastecimento regular de água potável; tenham nível alto de semiaridez e um quantitativo elevado de crianças. Uma vez definida a escola, busca-se o trabalho conjunto com as comissões municipais através do fórum constituído por um mínimo de três organizações da sociedade civil local que faz o controle social das ações da ASA. O poder público municipal também precisa estar envolvido neste momento. Em seguida, são realizadas oficinas e reuniões com diferentes públicos para o planejamento, monitoramento e avaliação do projeto, até

capacitações para debater princípios e estratégias de educação contextualizada. Entre 2009 e 2011 foram construídas 875 cisternas escolares em 143 municípios do Semiárido.

5.4. Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: Manejo da Agrobiodiversidade – Sementes do Semiárido

Lançado em 2015, esse programa busca reforçar a cultura do estoque de sementes. Além de infraestrutura para captar e armazenar a água para consumo e produção, como apontado anteriormente, as famílias possuem também o apoio para guardar as sementes conhecidas como crioulas. A depender da região do Semiárido, as sementes crioulas também são conhecidas como Sementes da Paixão, da Resistência, da Gente, da Fartura, da Vida. Variados nomes que simbolizam a relação de afeto das famílias agricultoras e populações tradicionais pelas sementes que as acompanham há gerações (ASA, 2018).). Esta iniciativa está alicerçada nas inúmeras experiências de ação comunitária em rede, que vem sendo gestadas a partir do P1MC e do P1+2. O processo de escolhas dos beneficiados segue as **capacitações: Técnicas; das Comissões Municipais;** da **Gestão Comunitária da Diversidade de Sementes;** da **Gestão de Estoques nos Bancos Comunitários de Sementes; da Capacitação Territorial sobre Seleção; da Produção e Multiplicação de Sementes e, por fim, da Formação Regional de Equipes (ASA, 2018).**

6. Descentralização e convivência com o semiárido

As ações expostas acima, sozinhas, não garantem ainda o bem-estar da população. Estar adaptado ao semiárido, não quer dizer que todos os problemas estão solucionados. Há uma complexidade mais profunda que o entendimento de que com políticas de convivência, os problemas cessam.

A configuração de um discurso político sobre a convivência pode ser evidenciada em várias ações como apontadas acima. Caminha-se, nesse sentido, a uma descentralização e democratização da gestão e dos usos dos recursos hídricos que "emergem das falas de forma dominante, como um artefato que não traz apenas água, mas também a autonomia das famílias em relação aos grupos políticos que ao longo de décadas escravizaram a população com a

utilização de carros-pipa e outras esmolas públicas" (MOREIRA NETO e LIRA, 2015, p. 174-175). E esse discurso está presente em diversas instituições que lidam diretamente ou indiretamente com a convivência.

O crescimento da atuação das OSC's é visível e mensurável. A ABONG apresenta, no gráfico 1, o crescimento sensível das OSC's a partir do início desse século.

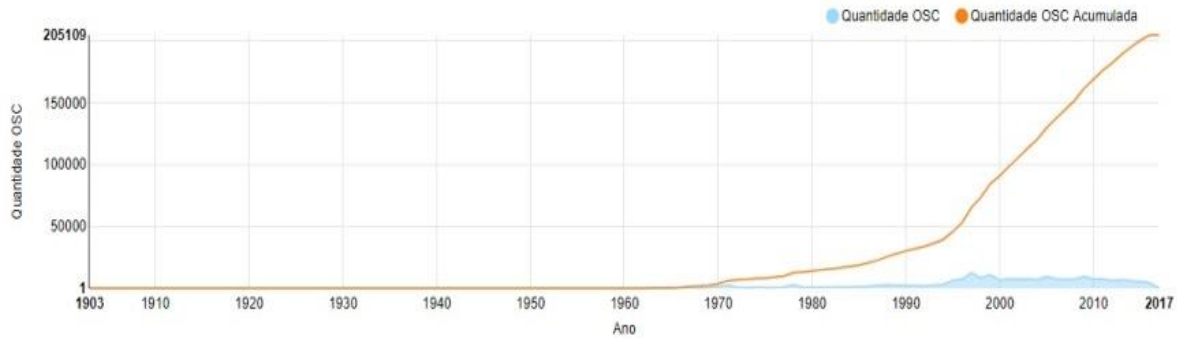


Gráfico 1 - Evolução quantidade de OSCs por ano de fundação

Fonte: ABONG (2019).

A relação entre OSC's e o Estado Federal fica evidente no gráfico 2. A relação de parcerias, sobretudo na primeira metade da década atual se evidencia nas transferências federais que, ficou, em cerca de R$ 23.708.545.669,41 (ABONG, 2019).

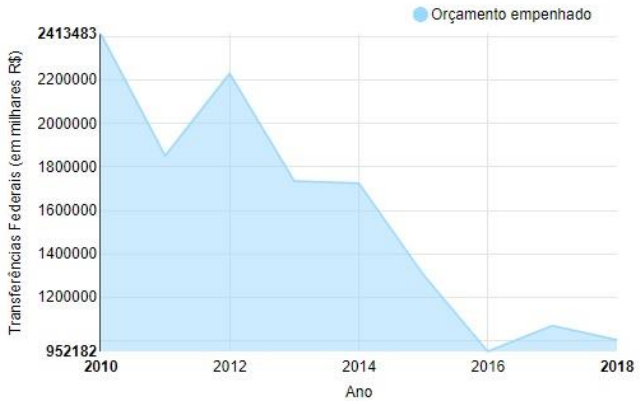


Gráfico 2 - Transferências federais

Fonte: ABONG (2019).

A ABONG (2019) informa que o Brasil possui, entre 2010 e 2018, 205.182 OSC's, com 310.512 trabalhadores (Gráfico 3). Foram desenvolvidos 6.434 projetos e um total de R$ 14.287.876.465,13 como transferências federais (2010-2018). Para o Nordeste tem-se 208.182, das quais 28.709 OSC's atuam em Pernambuco e tem-se 5.960 no semiárido dos mais diversos

perfis de atuação e objetivos. Nordeste possui 50.3% das OSCs atuando em Desenvolvimento e defesa de direitos, enquanto o percentual médio nacional de OSCs nesta categoria é de 39.91% (ABONG, 2019).



Gráfico 3 - repasse de recursos
Fonte: ABONG (2019).

O Nordeste é o terceiro em relação aos repasses de recursos para OSCs, com média de R$106.539.181,05 por ano. A média nacional de repasse de recursos é de R$ 472.982,58. Além dos repasses federais, a categoria de recursos mais declarada foi Recursos públicos com 14.19% do total" (ABONG, 2019).

Vale destacar que essa nova postura frente à gestão hídrica encontra inúmeros desafios em sua implementação, uma vez que muda de forma significativa o enfoque sobre o setor e se contrapõe a práticas historicamente estabelecidas, tais como: a cultura de “privatizar” o uso da água; as decisões governamentais tomadas de forma centralizada; as ações assistenciais que caracterizam os períodos de seca; e o desinteresse e a ausência de iniciativa dos usuários e da sociedade na busca de alternativas para gestão sustentável dos recursos hídricos (CASTRO, 2012).

Para Moreira Neto e Lira (2015, p. 181),

> Em suma, a ideia de convivência com o Semiárido, mesmo ganhando espaço no debate intelectual e no diálogo social, não se expressa, na prática, como uma ideia totalizante e unificadora. Ela sofre as tensões e contradições na sua operacionalização.

> No entanto, é fundamental perceber que esse diálogo que vem ocorrendo em inúmeras ONGs é responsável pela produção de uma compreensão político-pedagógica que busca ressaltar a convivência com o semiárido como essencial para se pensar as diferentes possibilidades de reprodução dos modos de vida ali existentes.

Dessa forma, no discurso da convivência, o pressuposto da sustentabilidade é referenciado como essencial para a reelaboração de relações de poder-saber que, deslocando-se do tradicional discurso da dependência, procuram gestar novas possibilidades para o espaço do Semiárido, ancoradas na reflexão de questões como respeito à diversidade, solidariedade, coletividade, articulação em redes, autogestão, etc. (FORTUNATO e MOREIRA NETO, 2010).

As ações das OSC's no processo de entendimento da convivência com o semiárido são mais eficientes e duradouras, uma vez que articulam soluções locais como sendo eficientes globalmente (OGUNSEITAN, 2003). Ressalta-se, ainda, que "em países continentais e muito desiguais, como o Brasil, é muito importante discutir mecanismos de articulação entre atores locais. Passar do modelo centralizado do passado para uma descentralização atomizada [...] A descentralização coordenada parece ser o modelo a ser perseguido pelos atores locais de um país como o Brasil. E esforços nessa direção ainda são muito incipientes.

7. Considerações Finais

A forte repressão aos movimentos sociais, aliado a uma democracia representativa que, com poucas exceções não valorizou o conhecimento e os anseios dos mais pobres conduziu o Brasil a possuir uma sociedade que não esteve acostumada a buscar ou compartilhar o protagonismo na tomada de decisão. De fato, a despeito de ser um país considerado violento, os brasileiros são, comumente, prostrados quando as ações governamentais com raros momentos de insurgência, sobretudo insuflados pelos interesses das elites que controlam as mídias.

A participação cidadã, embora incentivada do ponto de vista institucional através de seus contatos oficiais não se consolida, uma vez que não se preparam ao longo do tempo para se apropriar das discussões sobre a água e, principalmente, o seu papel na tomada das decisões. Em perspectivas, são vistos como importantes, mas sabendo que sua participação será mínima ou, em alguns casos, inócua. A participação da população que nem sempre domina o léxico das

discussões é abaixo do que se pode esperar de uma gestão compartilhada. As ações das OSC's vêm mudando, aos poucos, essa realidade.

Cabe ressaltar que em países continentais e muito desiguais, como o Brasil, é muito importante discutir mecanismos de articulação entre atores locais. O processo de descentralização da gestão hídrica cresce nas últimas duas décadas. As ações em conjuntos entre Estado e sociedade civil organizada são exemplos. A descentralização coordenada parece ser o modelo a ser perseguido pelos atores locais de um país como o Brasil.

Entretanto, traz-se à tona a reflexão de que as ideias de combate à seca foram um paradigma de época, ainda de início do Século XX. Ressalta-se que, à sua época de construção, não se conhecia profundamente, do ponto de vista técnico-científico, as condições físicas do ambiente, então buscavam-se fora experiências consideradas exitosas para se implantar no Brasil. A isso, somam-se a cultura de não valorização dos saberes locais e do alijamento da população nas tomadas de decisão. Aliás, em boa parte do pensamento pré-convivência com o semiárido, havia a percepção da população como vítimas e não como ativas no processo de registro e partilha do conhecimento.

Por fim, o debate que associa os saberes locais e a governança da água para a região semiárida brasileira necessita ser aprofundado. Não foi aqui o objetivo esgotar o tema, outrossim, trazê-lo à tona e pontuar caminhos para que se possa, perenemente, avançar com a discussão. As lacunas são enormes e precisam ser constantemente objetivo de pesquisas.

Agradecimentos

Agradeço a Professora PhD Nathalie Gravel, profissional competente e dedicada que foi fundamental na minha formação. Foi a partir da sua orientação que conheci as temáticas que agora desenvolvo como pesquisador. O texto aqui apresentado foi escrito a seu pedido para compor a tese e com ajustes e adaptações chegaram ao atual formato.

Referências

ABERS, Rebecca; JORGE, Karina Dino. **Descentralização da Gestão da Água: Porque os comitês de bacia estão sendo criados**. Ambiente & Sociedade – Vol. VIII nº. 2 jul./dez. 2005.

ABONG 2019. Associação Brasileira Organizações Não Governamentais. **ONG's no Brasil**. [em linha]. https://abong.org.br/ongs-no-brasil/ Consultado em 26 de fevereiro de 2019.

ANDRADE, Manuel C. de. **A terra e o homem no Nordeste: contribuição ao estudo da questão agrária no Nordeste**. São Paulo: Cortez. 2005.

ASA. 2017. **Semiárido**. [Em linha]. http://www.asabrasil.org.br/portal/Default.asp Consultado em 09 de novembro de 2018.

ASA.. **Semiárido**. 2017. [Em linha]. http://www.asabrasil.org.br/portal/Default.asp Consultado em 09 de novembro de 2018.

CAPISTRANO DE ABREU, João. ***Capítulos de História Colonial***. Belo Horizonte: Itatiaia. 1988.

CAPISTRANO DE ABREU, João. **O caráter nacional e as origens do povo brasileiro**. Rio de Janeiro Col. Ensaios e Estudos: Crítica e História. MEC/INL, 4º Série. 1976.

CARVALHO, Luzineide D. **Natureza, Território e Convivência: Novas Territórialidades no Semiárido Brasileiro - Novas Territorialidades no Semiárido Brasileiro**. São Paulo: Paco Editorial. 303 p. 2012

CARVALHO, Luzineide D. **Um sentido de pertencimento ao território semiárido brasileiro: a ressignificação da territorialidade sertaneja pela convivência**. Revista de Geografia UFPE V. 28, No. 2. 2011.

CASTRO, César N. **Gestão das águas: experiências internacional e brasileira.** Texto para discussão 1744. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada IPEA. Brasília. 2012.

FABRICIUS, C. *et al*. **Mobilizing knowledge for integrated ecosystem assessments**. Em Reid, Walter V. *et al*. Bridging Scales and Knowledge Systems - Concepts and Applications in Ecosystems Assessment. Washington, Covelo, London. Island Press: 165-182. 2006.

FORTUNATO, Maria L.; MOREIRA NETO, Mariana. **De como lembrar o semiárido e esquecer o sertão**. s*Æ*culum - REVISTA DE HISTÓRIA [23]; João Pessoa, jul./ dez. 81-60. 2010.

FÓRUM NORDESTE. **Ações permanentes para o desenvolvimento do Nordeste semi-árido brasileiro: propostas da sociedade civil**. Recife: Contag; Assocene. 1993.

FREIXINHO, Nilton. **O sertão arcaico do Nordeste do Brasil: uma releitura**. Rio de Janeiro: Imago. 2003.

GOMES, Uende A.F. *et al*. **Elementos para uma avaliação crítica do programa brasileiro de formação e mobilização social para convivência com o semiárido – um milhão de cisternas rurais P1MC.** Em: CASTRO, José E. *et al*. O direito à água como política pública na América Latina - Uma exploração teórica e empírica. Brasília: Ipea. p. 227-244. 2015.

GONÇALVES, Alcindo. **O Conceito de Governança**. Conpedi. [Em linha]. http://conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/XIVCongresso/078.pdf≥. Consultado em 14 de abril de 2014. 2006.

GRAVEL, Nathalie e LAVOIE, A. 2009. **La gouvernance rurale au Mexique en réponse à la vulnérabilité paysanne extrême**. Revue canadienne des études latino-américaines et caraïbes. Numéro spécial sur la gouvernance environnementale en Amérique latine, 34 68 : 111-145. 2009.

GREGORY, Derek *et al*. 2009. « The Dictionary of Human Geography ». Malden, Blackwell.

JACOBI, Pedro R. **Governança ambiental, participação social e educação para a sustentabilidade**. Em PHILIPPI, A. *et al*. Gestão de Natureza Pública e Sustentabilidade. São Paulo: Manole. 2012.

JACOBI, Pedro R. **Governança da água no Brasil**. Em RIBEIRO, W.C. (Org). Governança da água no Brasil: uma visão interdisciplinar. São Paulo: Annablume, 2009.

MACIEL, Caio; PONTES, Emílio. **Seca e convivência com o semiárido - adaptação ao meio e patrimonialização da Caatinga no Nordeste brasileiro**. Rio de Janeiro. Consequência. 2015.

MARQUES, Juracy *et al*. **A vida do novo Chico depois da morte do velho: gotas de esperança**. Em SANTOS, Ana Paula dos *et al*. (Org). 2018. O encolhimento das águas - o que se vê e o que se diz sobre crise hídrica e convivência com o semiárido. Campina Grande, PB: INSA. 2018.

MORAES, Antonio C.R. de. **Território e História no Brasil**. São Paulo. Annablume. 2005.

MOREIRA NETO, Mariana; Lira, MARIA T, dos R. **Convivência com o semiárido: nas fronteiras entre o novo que se legitima e o antigo que teima em ficar?** Novos Cadernos NAEA. v. 18, n. 1, p. 169-182, jan-jun. 2015.

OGUNSEITAN, O. A. **Framing environmental change in Africa:** Cross-scale institutional constraints on progressing from rhetoric to action against vulnerability. Global Environmental Change 13:101-111. 2003.

REBOUÇAS, Aldo de C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. São Paulo. Estudos avançados. 11 29. 1997.

RICQ, Charles. **La région, espace institucionnel et espace d'identité**. Espece et Societé, n°. 41: 113-130. 1982.

ROSENAU, J. N. **Governança, ordem e transformação na política mundial**. Em ROSENAU, J. N. *et al*. Eds. Governança sem governo – ordem e transformação na política mundial ». Brasília. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado: 11-46. 2002.

SANTOS, Milton e SILVEIRA, Maria Laura. **O Brasil. Território e Sociedade no início do século 21**. Rio de Janeiro: Record. 2001.

SILVA, Roberto M. A. da. **As políticas das águas no Semiárido brasileiro** Em SANTOS, Ana Paula dos *et al* (Org). 2018. O encolhimento das águas - o que se vê e o que se diz sobre crise hídrica e convivência com o semiárido. Campina Grande, PB: INSA. 2018.

SILVA, Roberto Marinho A. da. **Entre o Combate à Seca e a Convivência com o Semi-Árido: Transições Paradigmáticas e Sustentabilidade do Desenvolvimento**. Brasília-DF. Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Tese não publicada. 2006.

TORRE, André; WALLET, Frédéric. **Chapitre 7. Innovations et gouvernance des territoires ruraux**. Em COUDEL, Émilie *et al*. Apprendre à innover dans un monde incertain. Synthèses. Editions Quæ. p. 135-152. 2012.

WILBANKS, Thomas J. **How scales maters: someconcepts and findings**. Em REID, W.V. *et al*. Bridging Scales and Knowledge Systems - Concepts and Applications in Ecosystems Assessment. Washington, Covelo, London: IslandPress: 21-36. 2006.

A geodiversidade do Nordeste e o acesso aos recursos hídricos na região do semiárido

José Emanuel Tavares Araújo
Universidade Federal de Campina Grande-UFCG
Centro de Formação de Professores-CFP
emanueltavares16@gmail.com

Emanuel Sillas da Silva Andrade
Universidade Federal de Campina Grande-UFCG
Centro de Formação de Professores-CFP
emanuelsillas3@gmail.com

Marcelo Henrique de Mello Brandão
Universidade Federal de Campina Grande-UFCG
Centro de Formação de Professores-CFP
mhmb64@gmail.com

Resumo
As formações geológicas no Nordeste brasileiro são caracterizadas pela ocorrência de duas formações geológicas distintas entre si, o embasamento cristalino, que abrange 80% de todo o território nordestino. É composto por rochas metamórficas e magmáticas resistentes a erosão que dificultam a infiltração de água no solo. A outra formação são as bacias sedimentares, compostas por pelo acumulo de sedimentos erodidos e rochas sedimentares onde há grande infiltração de água das precipitações. O objetivo deste artigo é analisar a influência do embasamento cristalino e das bacias sedimentares nas ofertas de água e recursos hídricos presentes nessas formações. Para se chegar ao objetivo, foi utilizado o método de pesquisa bibliográfica onde foi consultado obras de diferentes autores e pesquisadores que tratam da temática. Os resultados mostraram que a construção de reservatórios superficiais é o principal meio para a obtenção de água e recursos hídricos nas áreas do cristalino, devido as dificuldades de infiltração que o solo apresenta. Já nas áreas sedimentares, a perfuração de poços se torna a melhor opção, pois há grande acumulo de água no subsolo. Tais características tem impacto significativo para as populações que residem nessas áreas, afetando a economia e meio ambiente.

Palavras-Chave: Diversidade, semiárido, aquíferos.

1. Introdução

As características físico-climáticas da região Nordeste em virtude das disparidades entre os tipos de climas atuantes, formações vegetais, rochas, solos de diferentes composições mineralógicas e diferentes estruturas de relevos, faz com que haja variedades de ambientes heterogêneos nessa região. Nesse contexto, a região apresenta duas formações geológicas distintas entre si, as áreas do embasamento cristalino e as bacias sedimentares. Essas formações em atuação com outros fatores naturais e também ações antrópicas, exercem grandes influências

na hidrografia superficial e subterrânea, principalmente na região semiárida do Nordeste onde a escassez de água gera grandes impactos sociais, econômicos e ambientais. Este artigo trata-se de um recorte bibliográfico que destaca as articulações teóricas e técnicas realizadas por diferentes autores e pesquisadores, visando apresentar informações e dados sobre a temática. O presente artigo tem como objetivo, analisar as influências do embasamento cristalino e das bacias sedimentares nas disponibilidades hídricas em suas formações. Assim, esta pesquisa é um convite para um olhar a partir das contribuições dos autores, pois revela argumentos importantes sobre a importância e influência da geologia no cotidiano da sociedade que vivem no Nordeste brasileiro.

2. Metodologia

A metodologia utilizada nesse trabalho foi a pesquisa bibliográfica. Para tal pesquisa, foram consultados de forma virtual livros, sítios web, artigos, periódicos, monografias, dissertações e teses de autores que tratam da temática disponíveis na internet e na Biblioteca Virtual Pearson e Google Acadêmico do portal de periódicos da CAPES. De forma presencial foram consultadas obras de diversos autores disponíveis na Biblioteca Setorial do Centro de Formação de Professores - CPF da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campus de Cajazeiras.

Ao longo da realização e posteriormente conclusão dessa pesquisa, foram necessárias seguir técnicas metodológicas sistematizadas e diante da atual crise sanitária causada pela pandemia do novo coronavírus, a pesquisa seguiu as normas sanitárias e distanciamento social impostas pela Organização Mundial de Saúde – OMS. Para a execução do trabalho foram executadas as seguintes etapas:

I - A pesquisa bibliográfica foi o primeiro passo, a qual forneceu embasamento teórico-metodológico para o estudo;

II - Levantamento cartográfico da área de estudo;

III - Em seguida foram feitas as análises e interpretação dos dados obtidos;

IV - Finalizando com a etapa de elaboração do texto final do artigo.

3. A geodiversidade do Nordeste e sua influência na disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas

A água é um elemento vital, indispensável para a manutenção da biodiversidade e sobrevivência humana na Terra. O seu uso além de ser base para a vida, foi responsável pelo desenvolvimento econômico e também cultural de diversas civilizações localizadas em regiões com grande oferta. Segundo Rebouças et al. (2002, p. 1),

> O termo "água" refere-se, em geral, ao elemento natural, desvinculado de qualquer uso ou utilização. Por sua vez, o termo "recurso hídrico" é a consideração da água como bem econômico, passível de utilização com tal fim. Entretanto, deve-se ressaltar que toda a água da Terra não é, necessariamente, um recurso hídrico, na medida em que seu uso ou utilização nem sempre tem viabilidade econômica.

A água como recurso vital renovável e finito, é indispensável para o manejo das atividades econômicas e vitais das populações, principalmente a água doce pela sua baixa disponibilidade em termos globais em relação à água salgada, amplamente encontrada nos mares e oceanos, mas impróprias para consumo devido a sua alta salinidade (figura 1). A água doce encontrada nos continentes se torna assim, um recurso hídrico de grande valor econômico para a sustentabilidade da vida e manutenção de diversas atividades econômica envolvendo seu uso. Assim,

> A distribuição de volumes estocados nos principais reservatórios de água da Terra [...], onde se pode verificar que 97,5% do volume total de água da Terra formam os oceanos e mares e somente 2,5% são de água doce (68,9%) forma as calotas polares, as geleiras e neves eternas que cobrem os cumes das montanhas mais altas da Terra. Os 29,9 restantes constituem águas subterrâneas doces. A umidade de solos (inclusive daqueles gelados – permafrost) e as águas dos pântanos representam cerca de 0,9% do total e a água doce dos rios e lagos cerca de 0,3% (REBOUÇAS, 2006, p.7).

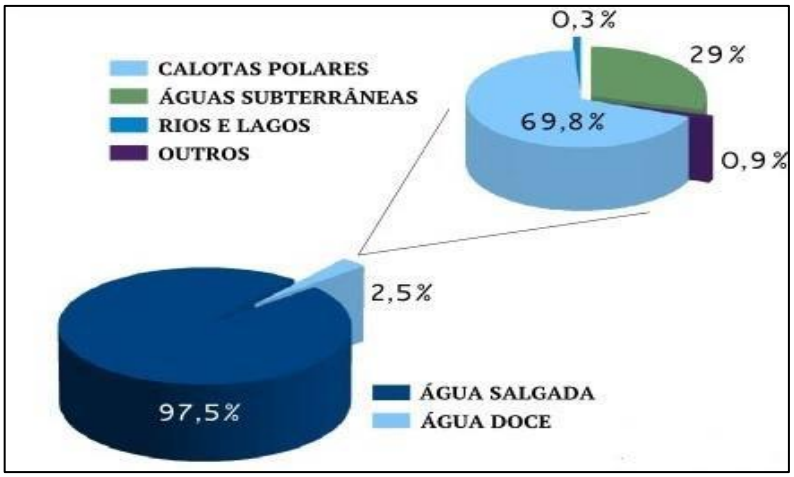


Figura 1: Distribuição da água no mundo
Fonte: PENA, 2021.

A disponibilidade e renovação natural da água no mundo em menores ou em maiores quantidades dependem principalmente de fatores climáticos e geográficos que irão afetar diretamente o seu ciclo hidrológico. Mas as ações antrópicas também podem afetar esse ciclo, principalmente com alterações prejudiciais ao meio ambiente.

A região do semiárido nordestino foi delimitada pela Portaria n°. 89 de 16/03/2005 do Ministério da Integração Nacional. Com um total de 982.563,3 km², englobando 89,5% do território nordestino e 10,5% restantes (103 589,96 km²) compreendendo a porção norte do estado de Minas gerais. Para os estudos de delimitação da nova região semiárida, foram adotados os seguintes critérios:

I - Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros;
II - Índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990;
III - Risco de seca maior que 60%, com base no período entre 1970 e 1990.

As características naturais dessa região, estudadas desde a colonização do Brasil são favoráveis para a predominância do fenômeno das secas, que por anos é caracterizado como um dos problemas que mais assola o semiárido. Nesse aspecto segundo Rebouças (1970), as temperaturas variam entre 23 e 27°, com pluviosidade entre 300 e 800 mm/ano distribuídas de forma irregulares, com a predominância de rios intermitentes. A vegetação predominante é a Caatinga, com espécies adaptadas aos longos períodos de estiagem, solos sem profundidade

que dificultam a infiltração da água e a percolação no subterrâneo para o pleno desenvolvimento da vegetação. A vegetação de Caatinga é subdividida em Hiperxerófila e Hipoxerófila, pois o desenvolvimento dessa vegetação está condicionado a fatores naturais como o clima e a geologia predominante.

A Caatinga Hiperxerófila é o tipo de vegetação predominante em solos relativamente rasos do embasamento cristalino. É formada por uma vegetação de pequeno a médio porte. São classificadas como sendo caducifólias, ou seja, perdem sua folhagem nos períodos de estiagem, e apresentam um caráter xerófilo (plantas adaptadas a regiões secas como as cactáceas).

Já a Caatinga Hipoxerófila ocorre principalmente em solos profundos de áreas sedimentares. Nessas áreas a vegetação apresenta uma folhagem densa quando comparadas àquelas que ocorrem no embasamento cristalino.

Percebe-se que tais características têm impacto significativo nas potencialidades hídricas no semiárido nordestino, fazendo com que a oferta e qualidade da água variem de acordo com a associação e atuação dos elementos climáticos, edáficos e geológicos, assim como questões antropológicas.

O semiárido é desprovido de boa capacidade de infiltração e percolação das águas provenientes das precipitações anuais, fazendo com que a maioria dos seus rios que compõem as bacias hidrográficas do escudo cristalino sejam intermitentes com vazões médias de longos períodos relativamente baixos, com exceção do rio São Francisco que consegue manter-se perene o ano todo.

> Mercê da baixa permeabilidade das rochas que compõem o embasamento geológico regional e das suas complexas feições lito-estruturais, aí se instalou uma densa rede hidrográfica, a qual propicia um sem número de locais favoráveis à construção de açudes. Esses reservatórios de água à vista constituem significativa reserva estimada em 22 bilhões de m³, e adquiriram valor simbólico, à margem de sua efetiva e concreta importância, como uma feição marcante da paisagem do Sertão nordestino (REBOUÇAS, 1997, p. 138).

Fica evidente que a disponibilidade de águas superficiais com a construção de açudes visando principalmente o abastecimento humano e animal, mediante estudos geológicos da região foi de início, a primeira opção de sanar a escassez de recursos hídricos para combater os efeitos das estiagens, adquirindo assim um valor simbólico.

O número de grandes açudes públicos e privados construídos no período de 1825 a 1965 foram cerca de 1200 a 1500 com capacidade superior a 100.000 m³, o equivalente a 450

barragens com mais de 1 milhão de m³ e uma quantidade de açudes de pequeno porte somando de 2 a 4 m3, concentrados principalmente no Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte. Em contrapartida, a açudagem pública, foram construídos cerca de 70 mil açudes particulares com 1 a 2 mil m3, o que equivale a 80% dos açudes que compõem a rede hidrográfica superficial do semiárido (MOLLE E CADIER, 1992).

O embasamento cristalino predominante dificulta a infiltração e percolação das águas dos reservatórios superficiais no solo, característica importante para garantir um maior acúmulo de água nos reservatórios durante os períodos chuvosos.

Em relação a obtenção de água com a perfuração de poços, o cristalino apresenta em suas zonas fraturadas baixas vazões de 1 m³/h, profundidade em torno dos 50 m e com águas com alta concentração de sais (CIRILO, 2008).

O consumo humano de águas dessas fontes no embasamento cristalino torna-se muitas vezes inviável devido a sua baixa oferta e também por sua concentração de sais, sendo mais utilizadas para a agricultura. Outra característica geológica do Nordeste que influencia na oferta e aproveitamento de recursos hídricos nessa região, é a ocorrência das bacias sedimentares (figura 2) datadas dos períodos Siluriano (435 Ma — 410 Ma) e Terciário. Com predominância no estado do Maranhão, cerca de 80% no estado do Piauí, além de Rio grande do Norte e Bahia. Essas formações são responsáveis pelo acumulo de água subterrânea devido a sua grande capacidade de infiltração e percolação de água no solo, gerando grandes aquíferos que favorecem a perfuração de poços com grandes vazões. Destacou-se a partir de estudos preliminares que:

> [...] os domínios sedimentares reservam cerca de 4.000 m³ de água doce subterrânea, com aproximadamente 20 bilhões explotáveis por ano, ao abrigo das secas periódicas que assolam o semi-árido. Ademais, as águas subterrâneas têm excelente qualidade para abastecimento doméstico, industrial e irrigação e os cerca de 5 mil poços tabulares já perfurados têm logrado vazões de 500 m³/h (REBOUÇAS, 1997, p. 141).

A figura 2 mostra a distribuição das bacias sedimentares e terrenos cristalinos do Nordeste. As ofertas hídricas nesses terrenos variam de acordo com a sua geologia. Nas bacias sedimentares a oferta hídrica se dá através do acumulo de água em reservatórios subterrâneos (aquíferos) onde a perfuração de poços de maneira artesanal predomina. Já nos terrenos cristalinos a oferta de água se dá principalmente pelo acumulo superficial com a construção de reservatórios.

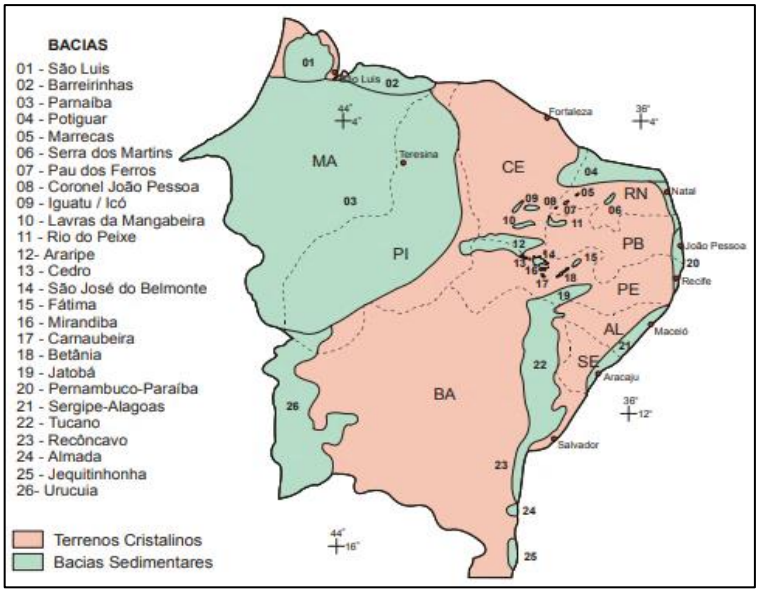


Figura 2: Bacias sedimentares e terrenos cristalinos do Nordeste brasileiro
Fonte: Serviço Geológico do Brasil, 2010.

As águas doces subterrâneas de fato são as mais recomendadas para o consumo humano no semiárido, mas o acesso à estudos e tecnologias de perfuração de poços por parte da população dificulta o aproveitamento desse recurso, causando desperdício e afetando a qualidade da água. A perfuração de poços sem conhecimento técnico nos terrenos sedimentares é caracterizada como forma alternativa para o abastecimento de água das populações que vivem no semiárido brasileiro. Os poços perfurados podem conter água contaminada com metais pesados, sais e bactérias que causam doenças na população, quando não tratada adequadamente, além de contribuir com a escassez hídrica dos aquíferos, quando utilizada incorretamente. As características geológicas dos terrenos cristalinos foram essenciais para o início das políticas de açudagem implementadas no semiárido nas fases de estudos de locais apropriados para a construção de açudes entre 1877 e 1906.

O estado do Ceará desde o litoral ao sertão está totalmente inserido no escudo cristalino, características essa que fez com que os primeiros estudos para a implementação das políticas contra as secas fossem iniciados no sertão cearense. Os primeiros estudos foram iniciados em várias regiões do interior cearense as quais eram as mais atingidas pelas estiagens. Constatou-se então que Maranguape, Acaraú, Quixeramobim e Quixadá eram locais favoráveis à construção de açudes (MONTEIRO, 2012). O resultado das pesquisas feitas, foi a construção do açude Cedro (1890 – 1906), localizado no município de Quixadá, Ceará. O açude Cedro foi

a primeira grande obra hídrica do Brasil, fruto das políticas de açudagem para o combate aos efeitos das grandes estiagens que assolavam o semiárido nordestino.

4. Resultados e Discussões

O nordeste brasileiro é caracterizado por apresentar duas formações geológicas, o embasamento cristalino e as bacias sedimentares, que influenciam diretamente na hidrografia superficial e subterrânea da região e consequentemente nas ofertas hídricas locais. Uma dessas formações é o embasamento cristalino que compreende 80% do território nordestino. No embasamento cristalino devido aos seus solos rasos e com baixa infiltração e percolação das águas provenientes das precipitações, as ofertas hídricas se dá através da construção de reservatórios amplamente construídos no início do século XX como forma de retenção superficial das águas para combater as grandes estiagens que castigavam o semiárido.

Já as bacias sedimentares possuem solos profundos com alta infiltração e percolação das águas provenientes das chuvas que se acumulam no subsolo e formam grandes aquíferos.

As ofertas hídricas nessas formações se dão através da perfuração de poços com grandes vazões. Diante dos resultados obtidos, fica evidente que as disparidades entre o embasamento cristalino e as bacias sedimentares do Nordeste brasileiro faz com que a forma de se obter água nessas formações requerem métodos e técnicas distintas. As consequências disso se refletem nos indivíduos que habitam esses locais, pois muitos não possuem recursos financeiros e conhecimentos técnicos, prejudicando suas atividades econômicas que requerem o uso dos recursos hídricos e também gerando impactos ambientais negativos com a utilização de técnicas rudimentares.

5. Considerações Finais

No decorrer deste estudo a pesquisa se mostrou importante pois, torna-se necessário para as populações do Nordeste que vivem nas áreas cristalinas e sedimentares, conhecer as disparidades desses ambientes e como isso afeta a disponibilidade de água na região. Devido a extensão geográfica da região Nordeste (1.558.000 km²), a pesquisa sofreu limitações. A distribuição das formações cristalinas e sedimentares abrangem toda a extensão territorial da região. Nesse caso, a pesquisa bibliográfica foi o melhor método para a conclusão da pesquisa. Para maiores compreensões da temática torna-se necessário estudos de campo nessas áreas onde

irá nos mostrar in loco como as disparidades entre as formações e também como são as técnicas de obtenção de água citado nas obras consultadas, além, de compreender as relações sócias, econômicas e ambientais das sociedades.

Referências

CIRILO, J.A. 2008. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido brasileiro. Universidade de São Paulo, São Paulo. Vol. 63: 61-82.

MONTEIRO, Renata Felipe. **Um monumento ao sertão:** Ciência, Política e Trabalho na construção do açude Cedro (1884 - 1906). 2012. 200f. – Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-graduação em História, Fortaleza (CE), 2012.

MOLLE, F. & CADIER, E. Manual do pequeno açude. Recife, SUDENE-ORSTOM, 521 p. 1992.

PENA, Rodolfo F. Alves. "Distribuição da água no mundo"; *Brasil Escola*. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm Acesso em 01 de Julho de 2021.

REBOUÇAS, Aldo da C.; Braga, Benedito; Tundisi, José Galizia (Org.). **Águas doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. 2ª edição. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. 703p.

REBOUÇAS, Aldo da C.; Braga, Benedito; Tundisi, José Galizia (Org.). **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3ª edição. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. 748p.

REBOUÇAS, A. C. & MARINHO, E. Hidrologia das secas. Recife, SUDENE, Ser. Hidrogeologia, 40, 1970. 130 p.

REBOUÇAS, A.C. 1997. **Água na Região Nordeste:** desperdício e escassez. Universidade de São Paulo, São Paulo. Vol. 11(29): 127-154.

Cartografia dos recursos hídricos superficiais como instrumento de planejamento e gestão no semiárido: Folha SC.24-X-A-IV (Carta Floresta)

Ilamar Antônio da Silva
Licenciando em Geografia, Universidade de Pernambuco (UPE, *Campus* Garanhuns)
ilamar.silva@upe.br

Adrielly Ferreira de França
Licenciando em Geografia, Universidade de Pernambuco (UPE, *Campus* Garanhuns)
adrielly.ferreira@upe.br

Gustavo William da Silva Azevedo
Licenciando em Geografia, Universidade de Pernambuco (UPE, *Campus* Garanhuns)
gustavo.william@upe.br

Daniela Francisca Marques de Melo
Licenciando em Geografia, Universidade de Pernambuco (UPE, *Campus* Garanhuns)
daniela.marques@upe.br

Kleber Carvalho Lima
Departamento de Geografia, Universidade de Pernambuco (UPE, *Campus* Garanhuns)
kleber.carvalho@upe.br

Resumo
Em regiões secas como o semiárido brasileiro, a escassez de recursos hídricos frente à demanda por água é um dos maiores desafios a ser enfrentado pelas autoridades e órgãos gestores. A manutenção de dados hidrográficos atualizados, por sua vez, pode ser um instrumento de subsídio às ações de gerenciamento da água, especialmente nos períodos de estiagem. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é atualizar os dados hidrográficos de um setor do semiárido Nordestino, correspondente a Folha SC.24-X-A-IV (Carta Floresta). Foram utilizados arquivos vetoriais das cartas topográfica e geológica, imagens orbitais do satélite LandSat 5, LandSat 8 e Google, cujas feições foram mapeadas no QGIS 3.10. Assim, foram reconhecidos e quantificados canais de drenagem, início e confluência de drenagens e corpos de água, subdivididos em lagos/lagoas, açudes, barreiros e tanques. A partir da atualização, verificou-se o aumento dessas feições entre 1985 e 2020, principalmente dos açudes. Acredita-se que a atualização dos dados hidrográficos é imprescindível, no sentido de se conhecer a distribuição espacial dos recursos hídricos de maneira precisa, e o que pode facilitar o planejamento e a tomada de decisões durante as secas habituais e as estiagens de longa duração.

Palavras-Chave: Mapeamento; Feições hidrográficas; SIG; Seca.

1. Introdução

No semiárido brasileiro, a crescente demanda por recursos hídricos para o abastecimento humano e para o desenvolvimento de atividades produtivas tem gerado a necessidade de se armazenar volumes cada vez maiores de água (VIEIRA, 2002), em decorrência das estiagens habituais e das excepcionais que geram situações de estresse hídrico

(MARTINS *et al*., 2017). Somada às demandas crescentes, a degradação dos recursos hídricos também é um fator agravante para esse contexto (SOUZA FILHO, 2011).

Historicamente, considerou-se que a escassez natural de água se constitui como o principal desafio a ser enfrentado pela região, em vista ao seu maior desenvolvimento econômico. Contudo, é apontado que a falta de planejamento, ou o planejamento inadequado, por parte das diferentes esferas do poder público na gestão da água, tem comprometido o acesso e o uso dos recursos pela população (SUASSUNA, 2002; PEREIRA, 2019), de forma a garantir o abastecimento regional em suas diversas necessidades e promover o seu desenvolvimento social.

Em diversos contextos no semiárido, o planejamento e gestão inadequados dos recursos hídricos, corroboram para ações ineficientes nessa perspectiva (VIEIRA, 2003; GONDIM *et al.*, 2017), pois perpassam aspectos que se iniciam com questões, tais como: [i] a identificação dos recursos hídricos existentes atualmente; [ii] a compreensão da sua distribuição espacial na unidade de planejamento; [iii] a análise da sua variabilidade escalar e temporal; [iv] a compreensão dos usos múltiplos dos recursos, bem como do seu manejo; dentre outras.

Nesse sentido, considera-se que a cartografia e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) podem ser utilizados como instrumentos capazes de dar suporte a essas questões, onde ações estratégicas voltadas para o planejamento e gestão da água podem ser desenvolvidas a partir da disponibilização de informações espaciais e mapas temáticos sobre os recursos hídricos. Nessa perspectiva, torna-se estratégico manter atualizados os dados cartográficos referentes aos aspectos hidrográficos, como forma de gerir a água de maneira adequada e eficiente (PRUSKI; PRUSKI, 2011).

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é realizar o levantamento cartográfico de dados sobre os recursos hídricos superficiais de um setor do semiárido do Nordeste, compreendido pela Carta Floresta, SC.24-X-A-IV, em escala 1:100.000. Busca-se, a partir disso, fornecer dados hidrográficos atualizados que possibilitem subsidiar pesquisas em diferentes áreas do conhecimento, bem como ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos. O setor recoberto por essa carta apresentou mudanças significativas relacionadas às feições hidrográficas nas últimas três décadas, além de apresentar níveis severos de suscetibilidade a desertificação (SEMAS, 2020) que podem comprometer a qualidade e a quantidade de recursos hídricos superficiais disponíveis, justificando a sua escolha para o desenvolvimento desse trabalho.

2. Metodologia

2.1 Características da área em estudo

A área de recobrimento da Carta Floresta está localizada entre os estados de Pernambuco e Bahia (Figura 1). Este é um setor que apresenta avançado estágio de desertificação dos solos, situados no Núcleo de Desertificação de Cabrobó - PE (BARBOSA NETO *et al*., 2020) e no Polo Regional de Jeremoabo - BA (OLIVEIRA JÚNIOR, 2019). Regionalmente, o clima semiárido apresenta pluviosidade média anual de 400 mm, temperatura média anual de 24°C e índice de aridez de 0,31, resultando em altas taxas de evapotranspiração anual. Além disso, são frequentes as estiagens que contribuem para a escassez generalizada dos recursos hídricos por longos períodos (ASFORA *et al*., 2017).

Do ponto de vista sistêmico, outras variáveis ambientais, além do clima, constituem-se em fatores limitantes para o armazenamento e permanência da água na região. O substrato geológico é composto predominantemente por rochas do Pré-Cambriano que compõem o escudo cristalino que, a partir da interação com o clima semiárido, favorece o desenvolvimento de solos pouco profundos, como os Planossolos, Luvissolos e Neossolos, altamente suscetíveis a processos erosivos (BARBOSA NETO *et al*., 2020). Estes solos recobrem a superfície de aplainamento regional, inserida na Depressão Sertaneja, cujas declividades são predominantemente entre 2 e 5%. Nessas condições, os recursos hídricos armazenados nos cursos de água e nos açudes durante os períodos chuvosos (janeiro a abril) apresentam alta salinidade, elevados níveis de turbidez e assoreamento (XAVIER, 2014), comprometendo a sua qualidade para uso humano.

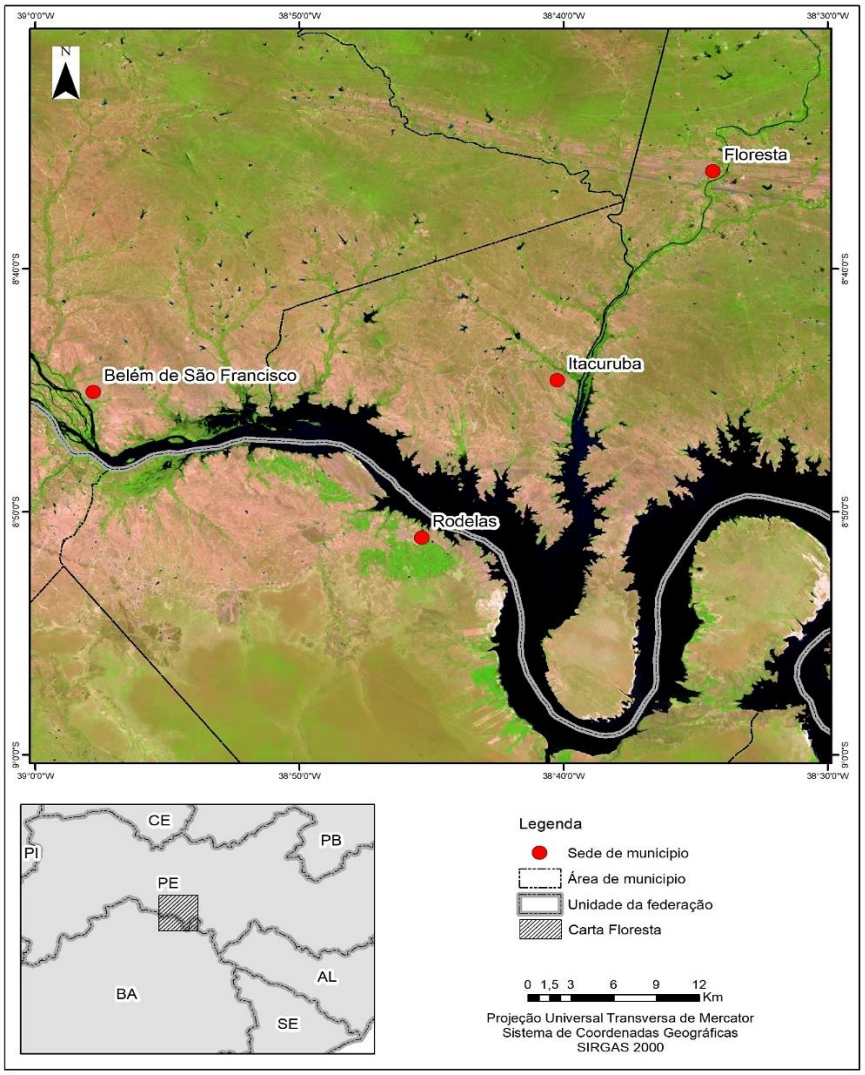


Figura 1: Localização da articulação SC.24-X-A-IV (Carta Floresta), entre os estados da Bahia e Pernambuco.
Fonte: Autoria própria.

2.2 Procedimentos técnicos e operacionais

Foram utilizados como referência, arquivos em formato *shapefile*, das cartas topográfica (SUDENE-1985) e geológica-geofísica (CPRM-2018), ambas em escala 1:100.000, correspondentes a articulação SC.24-X-A-IV (Figura 2). Os elementos hidrográficos utilizados da carta topográfica foram os canais de drenagem, o início e as confluências de drenagem e os corpos de água. Na carta geológica-geofísica, os dados hidrográficos utilizados foram as drenagens e as massas de água. Os dados foram sobrepostos e comparados, de modo a se verificar a evolução quantitativa de cada feição entre os anos de 1985 e 2018.

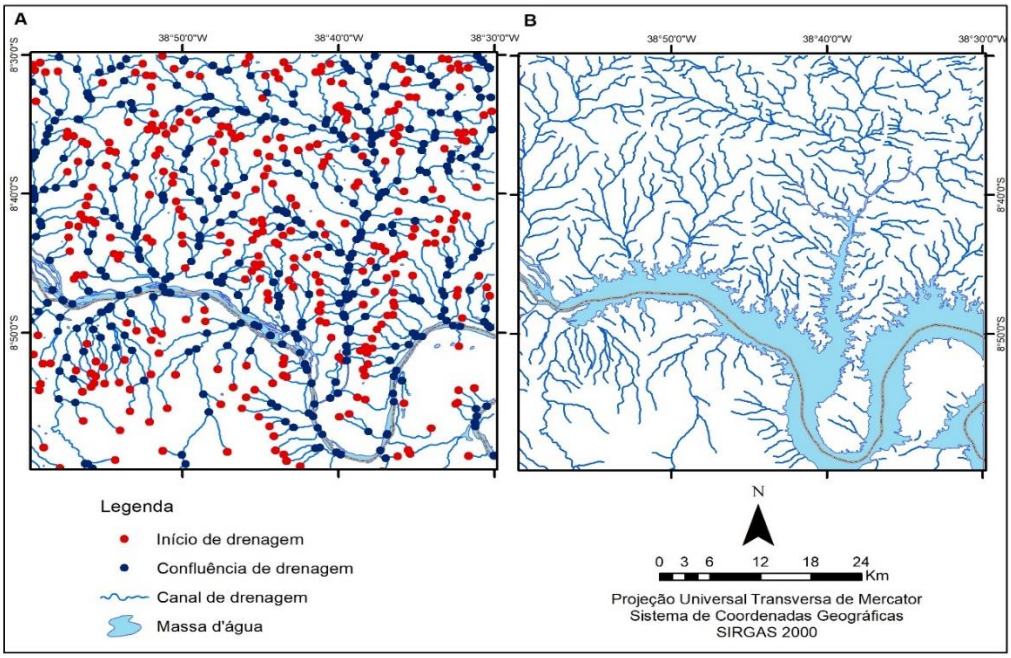


Figura 2: Dados hidrográficos da carta topográfica (A) e da carta geológica-geofísica (B).
Fonte: Autoria própria.

Como forma de atualizar os dados e verificar possíveis feições não representadas nas bases cartográficas anteriores, foram utilizadas imagens orbitais do satélite Landsat 5, de 23 de maio de 2010 (período úmido); e Landsat 8, de 08 de abril de 2020 (período úmido). De maneira complementar, foram utilizadas imagens disponíveis na *basemap* do Google (LIMA; LUPINACCI, 2019a), por meio do *plugin Quick Map Services* no *software* QGIS 3.10. Estas imagens serviram também para a confirmação de incertezas quanto aos arquivos vetoriais pré-existentes, além de permitir a identificação de feições nos trechos recobertos por nuvens e respectivas sombras. Nessas imagens, os corpos de água identificados em maior detalhe (1:50.000 e 1:25.000), foram representadas como ponto, em função da escala adotada, e por se considerar a sua representatividade e importância econômica e social no contexto regional.

De modo a uniformizar as nomenclaturas utilizadas nas bases cartográficas com as feições mapeadas, foram adotados os seguintes termos: canais de drenagem (que englobam os perenes, intermitentes e efêmeros), início de drenagem, confluência de drenagem e corpos de água (lago/lagoa, açude, barreiros e tanques). Os canais de drenagem foram representados como linha e polígono (rio São Francisco e baixo Pajeú), o início e as confluências dos canais como pontos; e os corpos de água como polígono (com área ≥1.470 m²) e como ponto (área <1.470m²).

O termo barreiro, nesse contexto, foi empregado para se denominar as cavidades abertas no terreno para acumulação de água oriunda do escoamento superficial, sem necessariamente, ter conexão com os canais de drenagem. As feições hidrográficas utilizadas para psicultura foram aquelas denominadas como tanques. As feições denominadas como início de drenagem, por sua vez, corresponderam aos pontos onde os canais se iniciam como incisão no terreno (LIMA; LUPINACCI, 2019b) ou como nascentes. Este último, como possibilidade de ocorrência mais restrita para o contexto da área em estudo.

3. Resultados e discussões

A quantificação das feições hidrográficas entre os anos de 1985 e 2018 demonstrou diferenças significativas (Tabela 1), concernentes especialmente ao número massas de água e de canais de drenagem. É possível observar que a redução das drenagens apresentou relações com o represamento do rio São Francisco e posterior formação do Lago de Itaparica, que submergiu canais de pequena extensão. Esse, atualmente, constitui-se no principal recurso hídrico da área de recobrimento da Carta Floresta, contribuindo para o desenvolvimento de atividades econômicas diversificadas às suas margens, a exemplo da psicultura e da agricultura irrigada.

Tabela 1: Feições hidrográfica extraídas das bases cartográficas correspondente à articulação SC.24-X-A-IV.

Feições hidrográficas	Carta topográfica (1985)	Carta geológica-geofísica (2018)
Canais de drenagem	437	418
Início de drenagem	318	-
Confluência	360	-
Massa d'água	63	15

Fonte: Autoria própria.

A redução no número de massas d'água nesse intervalo temporal, por sua vez, pode estar associado às tecnologias utilizadas como base para os mapeamentos. Porém, essa possibilidade é menos justificável, quando na década de 2010, se dispunha de produtos derivados de sensoriamento remoto de melhor qualidade que na década de 1980. Assim, acredita-se que a menor quantidade de massas d'água no cenário de 2018, deveu-se aos objetivos voltados para aspectos geológicos e geofísicos da carta, gerando a omissão de grande parte dessas feições.

No cenário de 2020, ocorreu o aumento expressivo no número de feições hidrográficas (Tabela 2) em relação a 2018. Os canais de drenagem e os corpos de água foram as feições que apresentaram aumento substancial. Nesse caso, acredita-se que os objetivos distintos dos mapeamentos realizados foram as responsáveis pelo aumento no número de canais de drenagem que, no cenário de 2020, foram incorporados também os canais artificiais integrados à rede de drenagem natural, situados nos perímetros irrigados.

Tabela 2: Feições hidrográfica mapeadas na área correspondente à articulação SC.24-X-A-IV.

Feições		Quantidade
Canais de drenagem		481
Início de drenagem		362
Confluência		404
Corpos de água	Lago/Lagoa	44
	Açude	359
	Barreiro	73
	Tanque	9
	Total	485

Fonte: Autoria própria.

Os corpos de água (Figura 3) se constituíram como as feições mais ocorrentes na área, majoritariamente os açudes. Os açudes estão distribuídos por toda a área da carta, exceto no trecho baiano, concentrando-se nas proximidades do rio São Francisco (áreas destinadas aos cultivos irrigados). Considera-se que a grande quantidade de açudes na área de estudo, deve-se ao aumento na demanda por água na zona rural, em função principalmente das estiagens habituais e das excepcionais, de longa duração, como a ocorrida entre 2011 e 2016 (MARTINS; MAGALHÃES; FONTENELE, 2017; ASFORA *et al*., 2017). Além disso, os açudes, em sua maior parte, não apresentam infraestrutura que permita a distribuição das águas armazenadas, permitindo o abastecimento apenas para as pessoas e/ou atividades econômicas que estão próximos às suas margens.

No contexto regional, assim como em todo o semiárido brasileiro, a prática da açudagem é comum (PEREIRA NETO, 2017), cujas águas são utilizadas para usos múltiplos, como a dessedentação animal, irrigação de pequenas plantações e fins domésticos. A construção de açudes foi posta como a solução para o enfrentamento da seca desde as primeiras décadas do século XX, fomentada por políticas públicas federais clientelistas (ANDRADE; NUNES, 2014). Atualmente, outras ações voltadas para a captação e o armazenamento de água vêm sendo desenvolvidas, principalmente àquelas voltadas ao uso de tecnologias sociais em comunidades rurais (GNADLINGER, 2011; CAETANO *et al*., 2020).

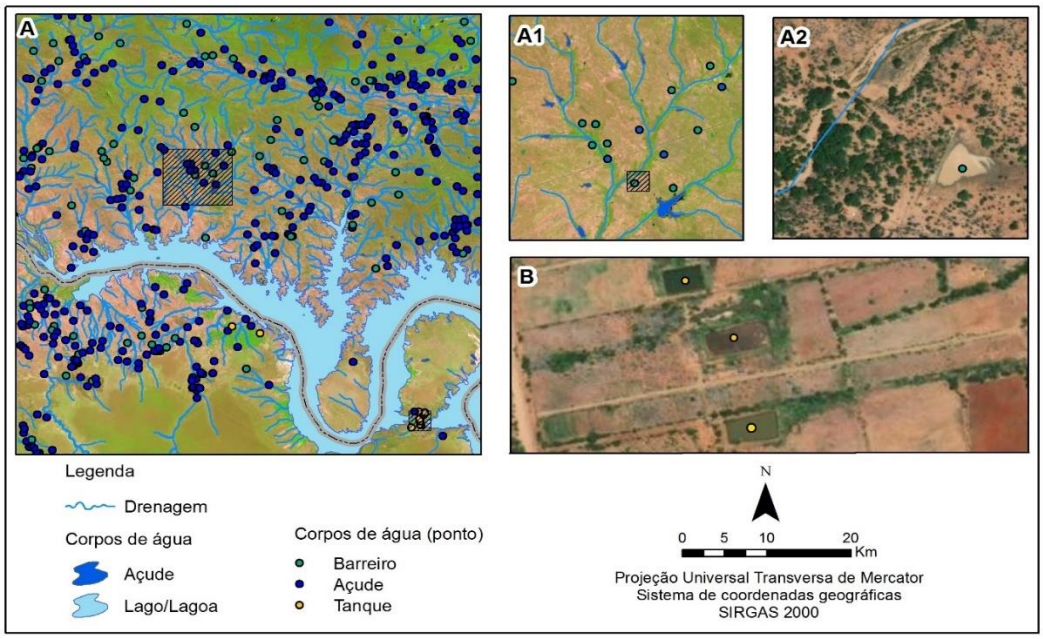


Figura 3: Dados hidrográficos correspondentes à articulação SC.24-X-A-IV sobre a imagem LandSat 8 de 2020 (A), com destaque para açudes representados como ponto e polígono (A1). Sobre as imagens do Google, barreiros (A2) e tanques em áreas de agricultura irrigada (B), representados como ponto.
Fonte: Autoria própria.

As feições denominadas como início de drenagem foram comparadas entre os anos de 1985 e 2020, já que não foram representadas na carta geológica-geofísica de 2018, assim como as confluências de drenagem. Salienta-se que o mapeamento dos locais onde se iniciam as drenagens é de suma importância para regiões secas devido ao seu significado hidrológico, geomorfológico e ecológico (BOULTON *et al*., 2017). As confluências, por sua vez, constituem-se em um dado que permite a compreensão da morfodinâmica nos canais, quando da ocorrência de fluxos hídricos significativos. Pode ainda, subsidiar projetos para a implantação de tecnologias de captação de água de chuva, como barreiros trincheira ou "barraginhas" (LIMA, 2013).

Do ponto de vista ambiental, a área de recobrimento da Carta Floresta corresponde a um dos setores com grau mais severo de desertificação dos solos (SEMAS, 2020). Nesse setor, os solos expostos disponibilizam quantidades significativas de sedimentos que causam o assoreamento dos reservatórios durante as chuvas, comprometendo a qualidade da água armazenada nesses reservatórios. Além disso, podem diminuir a vida útil dos mesmos (LOPES, 2016), uma vez que teores cada vez mais elevados de sais se concentram nas águas e restringem o seu uso.

4. Considerações Finais

Diante do objetivo e da metodologia proposta, põe-se que as cartas topográficas e geológica-geofísicas fornecem dados e informações hidrográficas importantes, contudo, devem ser atualizadas, de modo a atender finalidades voltadas para a gestão dos recursos hídricos em escala de análise regional. Desse modo, acredita-se que o mapeamento dos recursos hídricos superficiais em escalas 1:250.000 e 1:100.000, deve ser desenvolvido com procedimentos técnicos especificamente voltados para essa finalidade, de modo a fornecer dados consistentes e evitar problemas como omissão e subquantificação de feições hidrográficas.

Considerando-se as limitações regionais em termos de recursos hídricos superficiais, aponta-se para a necessidade da atualização de dados hidrográficos, de forma a se ter o conhecimento da sua distribuição espacial, o que pode facilitar a tomada de decisão por parte de gestores públicos, especialmente em períodos de seca. Tendo em vista a Lei Nacional n° 9.433 (BRASIL, 1997) e as legislações estaduais de Pernambuco – Lei n° 12.984 (PERNAMBUCO, 2005) e da Bahia – Lei n° 11.612 (BAHIA, 2009), sobre políticas públicas voltadas para os recursos hídricos, bem como os seus respectivos sistemas de informações sobre recursos hídricos, esse trabalho pode contribuir com aspectos legais relacionados a manutenção atualizada da base de dados temático, o fornecimento de subsídios ao planejamento e gerenciamento, o acesso aos dados à população como um todo, dentre outros.

Para o contexto do semiárido, a atualização desses dados deve ser realizada constantemente, embora a região, em geral, ainda apresente problemas quanto a disponibilidade de produtos de sensoriamento remoto de maior qualidade (resolução espacial, por exemplo), com ampla cobertura temporal. Especialmente em períodos de seca, cartas hidrográficas podem também, orientar na localização de futuras obras de convivência com a seca, voltadas para minimização dos seus efeitos, principalmente nas pequenas comunidades rurais. Por fim, aponta-se também para a necessidade de serem elaboradas bases de dados espaciais em Sistemas de Informações Geográficas com ênfase nos recursos hídricos, como forma de agrupar o máximo de informações possíveis sobre a quantidade e qualidade desse recurso.

Referências

ANDRADE, J.A.; NUNES, M.A. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista Espinhaço**, v. 3, n. 2, p. 28-39, 2014.

ASFORA, M.C.; LIMA, M.; LACERDA, M.R.S. Diagnóstico da seca 2011-2016 em Pernambuco: impactos e políticas de mitigação. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 247-274, 2017.

BAHIA. **Lei n° 11.612, de 08 de outubro de 2009**. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (...). Salvador, BA, 2009. Disponível em: http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/Lei_11612[1].pdf. Acesso em: 19 de julho de 2021.

BARBOSA NETO, M.V.; ARAÚJO, M.S.B.; ARAÚJO FILHO, J.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ALMEIDA, B.G. Rill and sheet soil erosion estimation in an area undergoing desertification in the Brazilian semi-arid region. **Modeling Earth Systems and Environment**, v.6, p. 1-9, 2020.

BOULTON, A.; ROLLS, R.J.; JAEGER, K.L.; DATRY, T. **Hydrological connectivity in intermittent rivers and ephemeral streams**. In: Intermittent rivers and ephemeral streams. Academic Press, 2017. p. 79-108.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (...). Brasília, DF, 1997. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 06 de maio de 2021.

CAETANO, T. O.; PAIVA, A. L. R.; SILVA, S. R.; COUTINHO, A. P.; CIRILO J. A.; CABRAL, J. J. S. P. Abastecimento rural de água: uso e demanda em comunidades do Semiárido e a disponibilidade hídrica das aluviões. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 17, e8, p. 1-16, 2020.

GNADLINGER, J. **Captação de água de chuva**: Uma ferramenta para atendimento às populações rurais inseridas em localidades áridas e semiáridas. *In*: MEDEIROS, S.S.; GHEIY, H.R.; GALVÃO, C.O.; PAZ, V.P.S. (Orgs.) Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p. 325-360.

GONDIM, J.; FIOREZE, A.P.; ALVES, R.F.F.; SOUZA, W.G. A seca atual no Semiárido nordestino – Impactos sobre os recursos hídricos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 277-300, 2017.

LIMA, A. O. **Nova abordagem metodológica para locação, modelagem 3D e monitoramento de barragens subterrâneas no semiárido brasileiro**. 2013. 242 f. Tese (Doutorado em Geodinâmica) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

LIMA, K.C.; LUPINACCI, C.M. Cartografia de alterações antrópicas em redes de drenagem semiáridas: possibilidades de avaliação por meio de imagens Google EarthTM. **Ar@cne**, nº 237, p. 1-18, 2019 a.

LIMA, K.C.; LUPINACCI, C.M. b. Morfologias fluviais em ambiente semiárido: questões teóricas aplicadas a um estudo de caso. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 3, p. 475-490, 2019 b.

LOPES, J.W.B. **Disponibilidade hídrica em reservatórios no semiárido brasileiro**: interações entre assoreamento e escassez. 2016. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

MARTINS, E.S.P.R.; MAGALHÃES, A.R.; FONTENELE, D. A seca plurianual de 2010-2017 no Nordeste e seus impactos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 17-40, 2017.

OLIVEIRA JÚNIOR, I. **Da mata branca ao estado de degradação**: a desertificação em Canudos-BA. 2019. 379 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

PEREIRA, S.C. **Analyse d'un siècle de représentations territoriales et de gestion hydrique dans l'État du Pernambuco, Brésil (1909-2019)**. 270 f. Tese (Doctorat en sciences géographiques) – Université Laval, Québec, 2019.

PEREIRA NETO, M.C. Perspectivas da açudagem no semiárido brasileiro e suas implicações na região do Seridó potiguar. **Sociedade & Natureza**, v. 29, n. 2, p. 285-294, 2017.

PERNAMBUCO. **Lei n° 12.984, de 30 de dezembro de 2005**. Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos e o sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos, e dá outras providências. Recife, PE, 2005. Disponível em:

http://200.238.101.22/docreader/docreader.aspx?bib=2005&pasta=Dezembro\Dia%2030. Acesso em: 07 mai. 2021.

PRUSKI, F.F.; PRUSKI, P.L. **Tecnologia e inovação frente a gestão de recursos hídricos**. *In*: MEDEIROS, S.S.; GHEIY, H.R.; GALVÃO, C.O.; PAZ, V.P.S. (Orgs.) Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p. 27-58.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DE PERNAMBUCO (SEMAS). **Zoneamento das áreas suscetíveis à desertificação do estado de Pernambuco**. Recife, 2020. 120p. Disponível em: https://semas.pe.gov.br/zoneamento-desertificacao/. Acesso em: 30 ago. 2021.

SOUZA FILHO, F.A. **A política nacional de recursos hídricos: Desafios para sua implantação no semiárido brasileiro**. *In*: MEDEIROS, S.S.; GHEIY, H.R.; GALVÃO, C.O.; PAZ, V.P.S. (Orgs.) Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p. 1-26.

SUASSUNA, J. **Água – um fator limitante para o desenvolvimento do Nordeste?** *In*: HOFMEISTER, W. (Ed). Água e Desenvolvimento Sustentável no Semi-Árido. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, Série Debates n° 24, 2002. p. 117-132.

VIEIRA, V.P.P.B. Sustentabilidade do semiárido brasileiro: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n.4, p. 105-112, 2002.

VIEIRA, V.P.P.B. Desafios da Gestão Integrada de Recursos Hídricos no Semi-árido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n.2, p. 7-17, 2003.

XAVIER, F.F. **Considerações a respeito dos poços parados e secos do município de Floresta, Pernambuco, Brasil**. 2014. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

Esgotamento sanitário em municípios do semiárido baiano: o caso da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu

Rodrigo Pessoa da Conceição
Graduando em Geografia pela Universidade Federal da Bahia
drigopessoa_2@hotmail.com

Tiago Ribeiro Santos
Graduando em Geografia pela Universidade Federal da Bahia
t.ribeiro@ufba.br

Nilton de Oliveira
Doutorando em Geografia pela Universidade Federal da Bahia
niltonde@uol.com.br

Bruna Palmeira Santos
Graduanda em Geografia pela Universidade Federal da Bahia
bruna.palmeira@ufba.br

Liamara Carelli
Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal da Bahia
carelli27@gmail.com

Resumo
Despertar interesse pelo envolvimento e participação das comunidades nas atividades desenvolvidas na escola é uma preocupação continuada entre gestores e professores das redes estaduais, municipais e particulares em diferentes municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Paraguaçu na Bahia. Tem-se como objetivo neste texto destacar os percentuais de esgotamento sanitário dos municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, salientando a importância em averiguar as diferentes realidades encontradas nesse espaço. A estrutura metodológica se deu através do levantamento dos dados referentes ao esgotamento sanitário nos 88 municípios componentes da BHRP ano base 2020, a partir dos quais se elaborou tabelas e quadros através do programa Excel 2010. Assim, foi possível mensurar os dez municípios que apresentaram maior e menor percentual de esgotamento sanitário, ocorrendo em alguns casos, uma relação inversamente proporcional, pois, municípios com contingente populacional maior obtiveram percentual de esgotamento menor que municípios de população menor. Por conseguinte, apesar do predomínio absoluto dos municípios da BHRP constarem no domínio do semiárido, alguns servidos pela água do rio Paraguaçu se encontram entre os menores percentuais de atendimento no que se refere ao esgotamento sanitário, ou seja, a falta de água pode não ser o problema dessa deficiência.

Palavras-Chave: Água; Comunidade; BHRP; Participação.

1. Introdução

A bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, na Bahia, é de grande importância social e econômica para a maioria absoluta da população baiana, desde os espaços de cabeceiras no município de Barra da Estiva, onde surgem as principais nascentes do rio, até a desembocadura na Baía de Todos os Santos.

Totalmente inserida no estado da Bahia, a bacia do rio Paraguaçu é parte da história do Brasil antes do 'encontro' do branco europeu com os habitantes nativos das terras férteis, apelidadas de 'terras chã' pelo escrivão da esquadra portuguesa quando chegou em terras brasileiras no ano de 1500.

É a partir da exploração das terras férteis e da mão de obra forçada da população nativa no cultivo da cana-de-açúcar em espaços da atual bacia do rio Paraguaçu, que com muitas lutas a colônia Brasil vai sendo construída. Sobre as lutas entre colonos portugueses e nativos no começo do cultivo das terras da Bahia, Júnior (2004, pág. 35) destaca: "Isto não se fez, aliás, sem lutas prolongadas. Os nativos se defenderam valentemente; eram guerreiros, e não temiam a luta".

A bacia do rio Paraguaçu como recorte espacial na construção deste texto, se justifica entre outros aspectos pela importância estratégica que o rio Paraguaçu exerceu e exerce entre as populações que dele dependeram e continuam a depender nesse início de segunda década do século XXI. De modo especial, em se tratando da realidade do esgotamento sanitário, direito fundamental da população brasileira conforme se lê na Constituição Federal, Art. 21, Inciso XX: "Compete à União instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos".

Na Lei Federal 14.026 de 15 de julho de 2020, lei que autoriza o marco legal do saneamento básico no Brasil, no Art. 3º. Inciso I se lê, "saneamento básico: conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de: a) abastecimento de água potável, [...], b) esgotamento sanitário [...], c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos [...] d) drenagem e manejo de águas pluviais urbanas [...]". Dentre esses, interessa-nos o esgotamento sanitário, devido à importância para saúde e bem-estar das mulheres e homens, meninas e meninos de todo e qualquer espaço ou lugar, dentro e fora das escolas.

A Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas – ONU, destaca a importância do esgotamento sanitário de modo especial para as mulheres e meninas de todo o mundo.

No objetivo 6, meta 6.2, da Agenda se lê: "até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecção a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e das meninas".

Água, esgotamento e higiene. Essa trilogia será basilar na construção desse texto. Nossa experiência de diálogo de mais de quatro décadas com homens e mulheres residentes na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu é a principal conexão entre aulas de campo desenvolvidas na

educação básica a qual se atuam, e constatações de deficiências no fornecimento de água, esgotamento sanitário e higiene da população que reside na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, doravante denominada – BHRP, (Figura 1).



Figura 1: Localização da área de estudo
Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2021)

A BHRP é composta por 88 municípios. Conforme Pereira (2008), ocupa uma área de 55.317 km², cerca de 10,14% da área física do estado da Bahia.

Nos espaços da BHRP, predominam as características climáticas do semiárido, como escassez de chuvas e elevadas temperaturas. Conforme Brasil (2017), dentre os (278) municípios baianos inseridos no domínio do semiárido nordestino, (74) estão totais ou parcialmente inserido na BHRP, o que equivale a 26,6%.

O espaço escolar também deve estar inserido nesses diálogos envolvendo o esgotamento sanitário. Por isso, apresentar na escola e fora dessa, temáticas relacionadas às necessidades básicas de cada um e de cada uma, a exemplo da necessidade de cuidados com a água, um direito e dever de todos e todas, o esgotamento sanitário e os cuidados de higiene, é uma estratégia exitosa praticada continuamente em muitas escolas de municípios que compõe a bacia do rio Paraguaçu, a exemplo: Castro Alves, Iaçu, Itaim e Santa Terezinha, territórios onde a

temática ambiental é obrigatória nos planejamentos escolares tanto na rede estadual quanto entre as escolas municipais e particulares.

Entre muitos municípios da bacia, a Agenda 2030 vem sedo discutida desde o início deste século, quando foi pensada a Agenda 2020. O envolvimento da comunidade externa às escolas tem acontecido sobretudo graças à integração: escolas, famílias, secretarias municipais, associações ambientais e Ministério Público Estadual.

Tem-se como objetivo neste texto destacar os percentuais de esgotamento sanitário dos municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, salientando a importância em averiguar as diferentes realidades encontradas nesse espaço.

2. Metodologia

A bacia hidrográfica tem sido considerada unidade primordial do estudo por se concordar com Botelho e Silva (2012, pág. 153), ao afirmarem que: "Entendida como célula básica de análise ambiental, a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos, e interações que nela ocorrem". Tundisi, (2009, pág.107) afirma: "A bacia hidrográfica, como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, representa um avanço conceitual muito importante e integrado de ação".

O levantamento dos dados referentes ao esgotamento sanitário nos 88 municípios componentes da BHRP foi realizado no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, ano base 2020, a partir dos quais se elaborou tabelas e quadros através do programa Excel 2010. Assim como foi elaborado o gráfico contendo a realidade do esgotamento sanitário entre os 88 municípios da BHRP na seguinte escala entre os domicílios: de 0 a 10%; mais de 10% a 20%; mais de 20% a 30%; mais de 30% a 50% e mais de 50%.

3. Resultados e Discussões

No Quadro 1, consta nominalmente os 74 municípios da BHRP, que de acordo com Brasil (2017), estão inseridos no domínio do semiárido nordestino. Conforme Bahia (2011), os três municípios da BHRP de menor precipitação anual são: Rafael Jambeiro 563,1 mm; Piritiba 566,4 mm Santa Terezinha 568,3 mm.

Considerando-se que a BHRP é composta de (88) municípios e (74) deles se encontram nos domínios do semiárido nordestino, isso significa que 84% dos municípios da bacia integram

o semiárido nordestino. Sendo que, apenas 14 municípios da bacia não se inserem no referido domínio climático, conforme Quadro 2.

Quadro 1 - Municípios da BHRP inseridos no domínio do semiárido nordestino.

Andaraí	Mulungu do Morro	Souto Soares	Ichu
Barra da Estiva	Mundo Novo	Tanquinho	Ipecaetá
Bonito	Nova Fatima Mucugê	Tapiramutá	Ipirá
Canarana Capim Grosso	Nova Itarana	Utinga Valente	Iraquara
Castro Alves	Nova Redenção	Várzea do Poço	Itaberaba
Conceição do Coité	Palmeiras	Wagner	Itaête
Feira de Santana	Pé de Serra	Antônio Cardosa	Lençóis
Iaçu	Piatã	Baixa Grande	Macajuba
Ibicoara	Pintadas	Barro alto	Mairi
Iramaia	Planaltino	Barrocas	Piritiba
Itatim	Quixabeira	Boa Vista do Tupim	Rafael Jambeiro
Lagedinho	Retirolândia	Boninal	Riachão do Jacuípe
Lamarão	Santa Barbara	Cabeceiras do Paraguaçu	Rui Barbosa
Maracás	Santa Terezinha	Candeal	Santo Estevão
Marcionílio Souza	Santaluz	Candeal,	São Domingos
Miguel Calmon	São José do Jacuípe	Capeta do Alto Alegra	Serra Preta
Milagres	Seabra	Gavião	Serrolândia
Morro do Chapéu	Serrinha	Ibiquera	-

Fonte: Brasil, 2018. Adaptado pelo autor.

Quadro 2 - Municípios da BHRP não inseridos no domínio do semiárido nordestino.

Cruz das Almas	Governador Mangabeira	Muritiba
Cachoeira	Jaguaribe	Nazaré
Conceição da Feira	Maragogipe	São Gonçalo dos Campos
Sapeaçu	Saubara	São Felix
Salinas da Margarida	Várzea da Roça	-

Fonte: Brasil, 2018. Adaptado pelo autor.

Na Tabela 1, consta nominalmente e em ordem decrescente, a relação dos dez municípios da BHRP que, de acordo com Brasil (2020), apresentam os maiores percentuais de esgotamento sanitários na BHRP. Para cada município relacionado, consta a população estimada para o ano 2020, de acordo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Vale destacar que o quantitativo populacional dos municípios não condiz plenamente com o percentual atendido pelo serviço de esgotamento sanitário, tendo em vista que as maiores populações não contam com o maior percentual de atendimento de esgotamento sanitário, dado que Feira de Santana, a segunda maior cidade em quantitativo populacional no estado da Bahia, com 619. 609 habitantes, aparece em sexto lugar entre as dez cidades de maior quantitativo de esgotamento sanitário, com 59,7% de esgotamento sanitário.

Tabela 1 - Municípios baianos com maiores porcentagens de esgotamento sanitário na BHRP - ano 2020.

Município	**População estimada/2020**	**Esgotamento sanitário (%)**
Itaberaba	64.646	68,5
Riachão do Jacuípe	33.468	64,4
São Domingos	9.072	63,7
Nova Fátima	7.821	63,6
São Félix	14.762	60,1
Feira de Santana	619.609	59,7
Castro Alves	26. 318	55,7
Lençóis	11.499	54,8
Pintadas	10.395	53,9
Mairi	18.602	52,3

Fonte: Brasil, 2020. Adaptado pelo autor.

Todavia, as cidades de pequeno quantitativo populacional, a exemplo de Nova Fátima com 7.821 habitantes e 63,6% de esgotamento, e São Domingos com 9.072 e habitantes 63,7%, apresentam percentual maior que cidades de grande quantitativo populacional, essas duas cidades aparecem em quarto e terceiro lugar.

Na Tabela 2, consta a relação nominal dos dez municípios da BHRP com menores percentuais de esgotamento sanitário. Dentre outros achados, nota-se que existe uma relativa diferença ao se comparar as cidades com maior percentual de esgotamento sanitário, dado que

as três cidades de menores percentuais de esgotamento, Mulungu do Morro (0,4%); Candeal (0,7%) e Planaltino (0,7%), ao que parece, seus gestores não se preocupam com esse direito básico entre suas populações.

Ainda no que se refere ao quantitativo populacional e a influência no atendimento de esgotamento sanitário entre as cidades que apresentam os menores percentuais, observa-se a mesma realidade. Os três menores percentuais são: Mulungu do Morro (0,4%); Candeal (0,7%) e Planaltino (0,7%), suas populações são em quantitativo próximo. Ao que parece, esgotamento sanitário não interessa aos gestores dessas cidades. Assim, será um desafio alcançar a meta 6b da Agenda 2030.

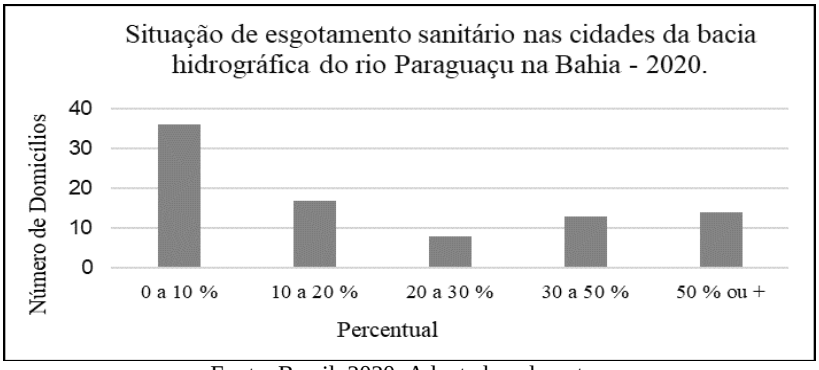
Tabela 2 - Municípios baianos com menores porcentagens de esgotamento sanitário na BHRP - ano 2020.

Município	População estimada/2020	Esgotamento sanitário (%)
Mulungu do Morro	10.673	0,4
Candeal	8.181	0,7
Planaltino	9.370	0,7
Ichu	6.620	1,2
Wagner	9.344	1,2
Canarana	26.325	1,5
Iramaia	8.197	1,5
Utinga	19.256	2,2
Tapiramutá	16.974	2,5
Itaim	14.539	2,7

Fonte: Brasil, 2020. Adaptado pelo autor.

Na Figura 2, decidiu-se por representar percentualmente a situação de esgotamento sanitário entre as 88 cidades componentes da BHRP, conforme escala percentual já apresentada. As cidades que contam com o percentual de esgotamento sanitário entre os valores 0,4%, Mulungu do Morro e 10%, Iraquara, predominam na referida bacia. São 36 domicílios, isso significa que 40,9% das cidades da bacia são atendidas em, no máximo, 10% com esgotamento sanitário adequado conforme Brasil (2020).

Figura 2 – Situação de esgotamento sanitário nas cidades da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu na Bahia – 2020.



Fonte: Brasil, 2020. Adaptado pelo autor.

O percentual que compreende 20% e 30% é o menos significativo na bacia, um quantitativo de oito domicílios está nessa faixa de atendimento. Os percentuais relativos a 30% a 50% e mais de 50% aparecem com percentuais muito parecidos, visto que nestes, constam treze domicílios com esgotamento sanitário entre 30% e 50% e quatorze domicílios entre aqueles com maior percentual de esgotamento.

É pertinente lembrar que a cidade de Itaberaba, considerada "o portal da Chapada Diamantina", com 64.646 habitantes, possui o maior percentual de domicílios atendidos por esgotamento sanitário, 68,5%, seguido da cidade de Riachão do Jacuípe com a população de 33.468, que ocupa o segundo lugar entre as cidades da BHRP com maior percentual de domicílios com esgotamento sanitário adequado conforme Brasil (2020).

Ao se comparar os domicílios com menores percentuais de esgotamento sanitário na BHRP – 36; e, somente, 14 com os de maiores percentuais, nota-se uma diferença expressiva, dado que tal diferença não significa apenas representações numéricas; isso significa menos dignidade, menos responsabilidade por parte dos gestores e por consequência, insuficiência no atendimento de direitos básicos dos homens, mulheres, meninas e meninos que habitam essas cidades.

4. Considerações finais

Apesar do predomínio absoluto dos municípios da BHRP constarem no domínio do semiárido nordestino, entende-se que muitas das cidades servidas pela água do rio Paraguaçu constam entre as que estão entre as de menores percentuais de atendimento no que se refere ao esgotamento sanitário, ou seja, a falta de água pode não ser o problema dessa deficiência tão marcante na BHRP.

Retomando-se os propósitos da Agenda 2030, mais especificamente o objetivo 6, o qual se lê: “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos” e, também a meta 6.2, [...] “alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecção ao ar livre, com especial atenção para as necessidades das mulheres e das meninas”. Diferentes questionamentos inquietam-nos: De que modo os gestores e a sociedade civil conseguirão até o ano 2030, água e saneamento para todos e todas, se sabemos que existe uma relação perversa no modo de produção capitalista, o qual predomina um pequeno quantitativo de ricos que dominam quase que totalmente os meios de produção, inclusive a água, transformando-a num mero recurso natural pronto para ser lançado a mão sem critérios e sem limites?

De que modo as populações menos favorecidas; pobres, mulheres e meninas alcançarão saneamento e higiene adequados com tantas distâncias, deficiências e desigualdades separando homens e mulheres que “dominam” os bens da natureza, água, terra e vegetação, de homens e mulheres excluídos e explorados pela minoria rica?

A expressão “ordem e progresso” estampada na bandeira do Brasil, nos convida à seguinte reflexão: ordem e progresso para quem? Ordem e progresso, onde? Ordem e progresso contemplam efetivamente os pobres de todos os espaços do território brasileiro e de modo especial, nos domínios do semiárido, onde adversidades climáticas, econômicas e sociais interferem nas tomadas de decisões.

Referências

BAHIA. **Território de Identidade Piemonte do Paraguaçu**. SEI (Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia). Estatísticas dos municípios baianos. SEI, 2011. V. 16.

BOTELHO**,** R. G. M.; S, Antônio Soares da. Bacia Hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, Antônio Carlos e Antônio José Teixeira Guerra (Orgs.). (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil.** 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

BRASIL, **Lei 14.026, de 10 de julho de 2020. Marco Legal de Saneamento Básico**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/Lei/L14020.htm. Acesso em julho de 2021.

_____ Constituição da República Federativa do Brasil, 1988.

_____ O Semiárido Brasileiro. Municípios inseridos no domínio do semiárido brasileiro, 2017. Disponível em: http//www.ibge.gov.br/geociências/organização-do-território/estrutura. Acesso em julho de 2021.

JÚNIOR, C. P. **História econômica do Brasil**. São Paulo: editora brasiliense, 2004.

OLIVEIRA; N. de et al. **TRABALHO DE CAMPO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: EXPERIÊNCIAS EM ESCOLAS NO RECÔNCAVO DA BAHIA.** 2021. XV Congresso Nacional de Educação – EDUCERE. (submetido em 09/08/2021).

ONU, Organização das Nações Unidas. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: www//naçõesunidas.org. Acesso em 20 de maio de 2020.

PERERA, M. do C. N. **Composição do Comitê da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu – Bahia:** análise da origem geográfica e do setor econômico representado por seus membros como fatores intervenientes na gestão participativa de recursos hídricos. 2008. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. – São Carlos: Rima, IIE, 2009.

Análise ambiental da Lagoa Salgada em Feira de Santana/BA: colaboração entre entidades públicas para o desenvolvimento de um projeto de recuperação e preservação

Liamara Carelli
Universidade Federal da Bahia
carelli@uefs.br

Sandra Medeiros Santo
Universidade Estadual de Feira de Santana
smsanto@uefs.br

Rosângela Leal Santos
Universidade Estadual de Feira de Santana
smsanto@uefs.br

Germano da Silva Araújo
Universidade Estadual de Feira de Santana
gsaaraujo2000@yahoo.com.br

Victor Cabral Carneiro
Universidade Estadual de Feira de Santana
cabral.victor@live.com

Resumo
A fundação de Feira de Santana está intrinsecamente relacionada ao seu manancial hídrico, composto por um grande número de nascentes e lagoas inseridas na área urbana. O crescimento intenso da cidade tem afetado drasticamente os recursos hídricos, já que a apropriação territorial está associada à ocupação das margens dos riachos e lagoas e sua subsequente degradação. Para conter este processo, a prefeitura, através de uma parceria com a Universidade Estadual de Feira de Santana, tem criado parques municipais no entorno das lagoas, a fim de demarcar as Áreas de Proteção Permanentes e combater o desrespeito sistemático às leis ambientais. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi apresentar a avaliação ambiental da Lagoa Salgada em Feira de Santana/BA, visando contribuir para a implementação futura de um parque no entorno. A metodologia inclui Levantamentos Topográficos Planialtimétricos, obtenção da altitude ortométrica e aplicação de Protocolo de Avaliação Rápida para traçar o perfil das lagoas inseridas no projeto a fim de definir o grau de prioridade das ações a serem executadas. Os resultados contribuíram para a delimitação e caracterização dos mananciais que estão sendo requalificados e serão transformados em áreas de lazer numa cidade desprovida de parques e praças. Além disso, o trabalho contribuiu para conter a ocupação de áreas ambientalmente frágeis e para a regeneração das mesmas, através da definição de ações de saneamento, tornando a lagoa mais atrativa para a população.

Palavras-Chave: Expansão Urbana; Lagoas; Recuperação; Parques.

1. Introdução

Feira de Santana é a segunda maior cidade do estado da Bahia e a mais populosa do interior, com aproximadamente 600 mil habitantes (IBGE, 2018) (Figura 1), onde se localiza o

maior entroncamento rodoviário das regiões Norte e Nordeste e cujo território é rota de passagem de três rodovias federais e quatro estaduais. A cidade evoluiu a partir da sua vocação comercial e é historicamente reconhecida pelo seu potencial hídrico vasto, composto por bacias hidrográficas importantes como a bacia do rio Pojuca e do rio Subaé e a Sub-bacia do Jacuípe, afluente do Rio Paraguaçu.

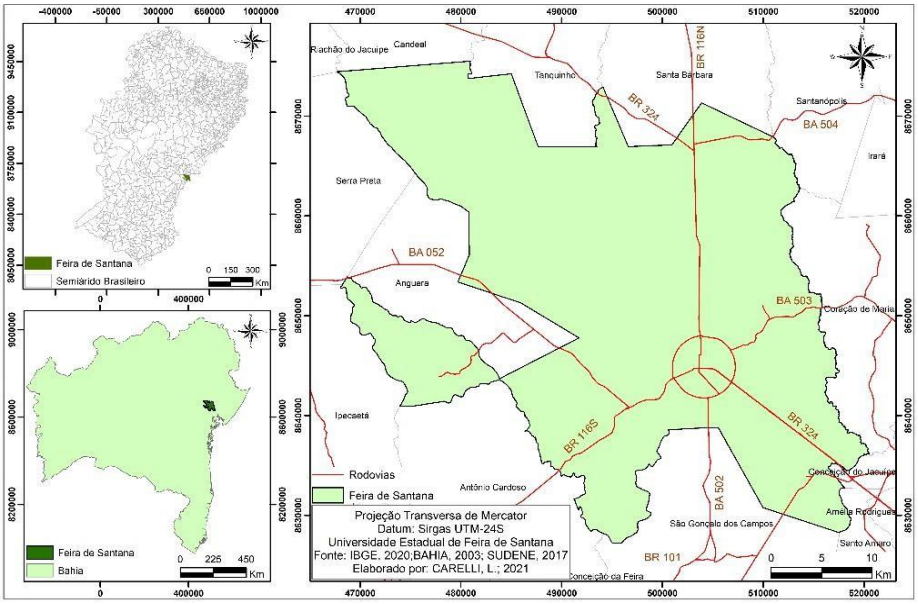


Figura 1: Localização de Feira de Santana/BA
Fonte: Elaborado por CARELLI, L., 2021.

O município possui um grande número de lagoas e o crescimento da cidade teve início com a passagem e parada de vaqueiros que se utilizavam das águas abundantes das nascentes e reservatórios em uma área localizada entre o litoral úmido e o interior semiárido. A materialização urbana se origina a partir de um processo que segue a lógica do capital e tem muitos agentes envolvidos, cada qual com seus interesses, o que interfere nesta teia de realizações. Dentre agentes, o Estado é um dos mais importantes, principalmente devido ao seu poder legislativo, decisório e executivo, o que faz com que se imponha pelo poderio econômico e político (CORRÊA, 1989; ROLNIK, 1995; SANTO, 2012). Além disso, quando necessário ou solicitado, pode exercer diversos outros papéis e essas interferências têm impacto até mesmo através da negligência ou não-ação.

É justamente a partir do processo histórico que é possível perceber como a evolução do pensamento vem transformando a forma de ocupar e administrar o espaço urbano. Um exemplo que ilustra essa dinâmica pode ser constatado através da modificação do teor da legislação,

principalmente no que concerne ao meio ambiente e, em especial, à água, cujos marcos regulatórios são cada vez mais completos e rigorosos. Essa situação também é observada nos diversos pulsos de expansão da malha urbana que, por sua vez, está ligada ainda ao crescimento econômico local e/ou nacional (SANTO et al., 2015; CERQUEIRA, 2015).

O crescimento da área urbana de Feira de Santana vem afetando de forma direta o potencial hídrico local, especialmente porque essa evolução é associada à ocupação indevida de inúmeras áreas. Essa apropriação territorial associa-se com a degradação do entorno das lagoas, que passaram a ser ocupadas sistematicamente pela população.

Como os recursos hídricos existentes vêm sendo destruídos pela ocupação desordenada nos últimos anos, diversos estudos têm sido realizados com o intuito de entender a dinâmica da expansão urbana (CERQUEIRA, 2015) e das lagoas de Feira de Santana. Dentre esses estudos, podemos citar a avaliação multitemporal das lagoas urbanas em Feira de Santana (LOBÃO; MACHADO, 2005), assim como os trabalhos de CARELLI (2011) e SANTO (2012) sobre o papel do estado e os recursos hídricos na cidade.

Buscando conter os processos de ocupação irregular, a Prefeitura Municipal de Feira de Santana (PMFS) está criando parques municipais no entorno das lagoas, visando demarcar as Áreas de Proteção Permanente (APP) e, ao mesmo tempo, criando áreas de lazer em uma cidade que carece de parques e praças públicas; áreas essas que servem como marco e contenção da expansão urbana em áreas protegidas por lei.

Assim, visando contribuir com a implementação dos parques municipais, tem-se como objetivo desta pesquisa apresentar a avaliação ambiental da Lagoa Salgada em Feira de Santana/BA, visando contribuir para a implementação futura de um parque no entorno.

2. Metodologia

Para viabilizar a execução deste trabalho, a Prefeitura Municipal de Feira de Santana (PMFS) solicitou auxílio ao corpo técnico da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Nesse contexto, foi realizada a delimitação da cota regular da lagoa através de Levantamento Topográfico Planialtimétrico que consiste em um levantamento topográfico realizado por agrimensor ou topógrafo a fim de representar com a maior precisão possível a porção de terra urbana ou rural em um Modelo Digital do Terreno (MDT).

O MDT pode ser definido como uma representação plana das 3 dimensões do terreno contendo todos os níveis encontrados na propriedade, a exemplo da altura de estradas e seus

taludes de corte ou aterro; os níveis de açudes e outros reservatórios; os desníveis de pastagens, plantações, cercas, currais, matas, brejos, e outros elementos encontrados em uma propriedade. É importante destacar que esse levantamento é base para o trabalho de arquitetos, engenheiros civis e construtoras e, no contexto deste trabalho, é fundamental para a criação de parques no entorno das Lagoas.

O trabalho de campo foi realizado pela UEFS que possuía pessoal capacitado e os instrumentos necessários para realização do trabalho, ou seja, equipamentos GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) e topográficos (estações totais) para o levantamento planimétrico e níveis eletrônicos para o levantamento altimétrico. Essa etapa também se consolidou como um momento de aprendizagem dos alunos ligados ao Laboratório de Geotecnologias (GEOTEC) e ao Escritório de Engenharia Pública (EPTEC) da UEFS.

A medição do nível médio das águas foi realizada no início do período chuvoso (maio de 2018), quando é possível visualizar com maior precisão a área ocupada pelo leito da lagoa. Durante a execução da etapa de coleta de campo, visando uma análise mais adequada do meio ambiente, foi realizada a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) elaborado especialmente para o ambiente lacustre de regiões sub-úmidas/semiáridas (FIRMINO; MALAFAIA; RODRIGUES, 2011; BIZZO; MENEZES; ANDRADE, 2014).

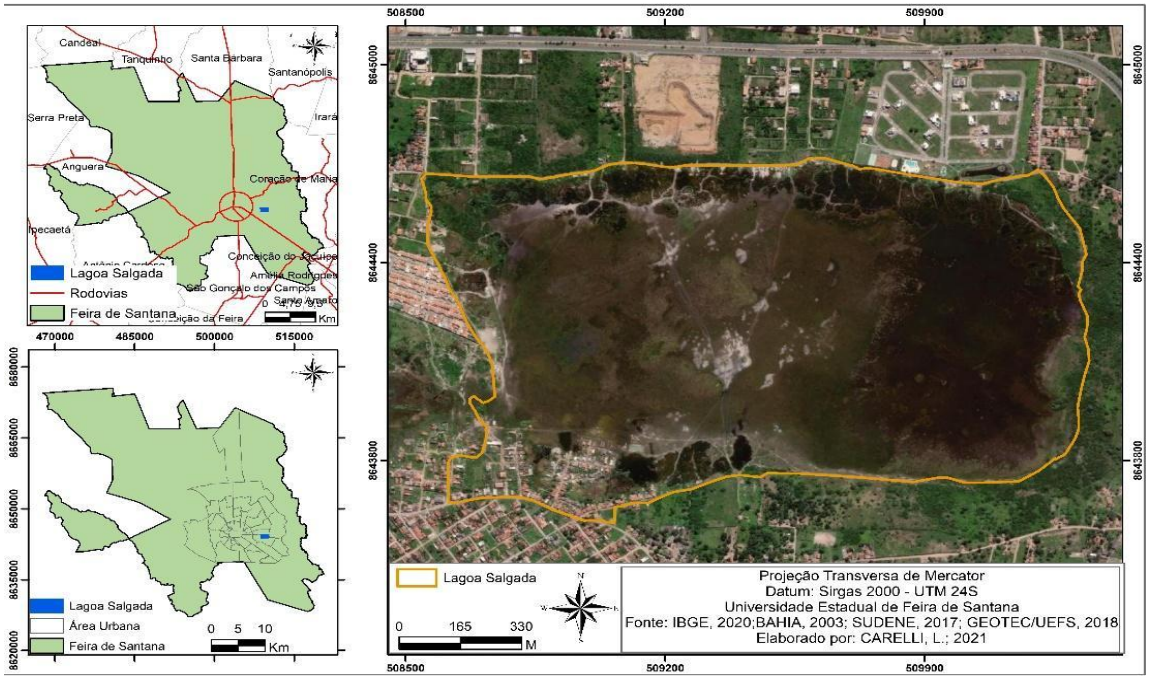


Figura 2: Lagoa Salgada em Feira de Santana
Fonte: Elaborado por CARELLI, L., 2021.

Como complemento foi aplicado o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) com vistas a avaliar a estrutura biótica local, o grau de interferência humana e os impactos ambientais. Também foram realizadas coletas de amostras de água para verificação da compatibilidade com o enquadramento do corpo hídrico com o que estabelece a legislação vigente, ou seja, a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água Classe 3, segundo a qual as águas podem ser destinadas:

> a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
> b) a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
> c) a pesca amadora;
> d) a recreação de contato secundário; e,
> e) a dessedentação de animais. (BRASIL, 2005, art.4º, § IV).

Desse modo, este trabalho é fruto de parceria entre dois entes públicos: a Prefeitura Municipal de Feira de Santana e a Universidade Estadual de Feira de Santana que buscam unir esforços para garantir o cumprimento efetivo da legislação ambiental.

Assim, enquanto um grupo realizava as leituras e marcações de pontos topográficos, outra equipe aplicou o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) apresentado no quadro 1, com vistas a avaliar a estrutura biótica local, o grau de interferência humana e os impactos ambientais. Esse procedimento resultou em uma quantificação de diversos parâmetros da Lagoa Salgada, visando subsidiar a tomada de decisões quanto ao grau de alteração das interferências antrópicas no local.

Na sequência, foram realizadas coletas de amostras de água da lagoa com o intuito de proceder à análise de parâmetros básicos que permitisse avaliar a consonância dos resultados ao que determina o enquadramento definido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água Classe 3. As coletas foram realizadas, em novembro de 2018 e os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH; Turbidez; Cor; Fósforo; Nitrato; Nitrito; Sólidos Dissolvidos; Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Grupo Coliformes (Totais e Fecais).

Quadro 1: Modelo do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) aplicado no Projeto.

Localização:	
Data:	Hora:
Tempo (situação do Dia):	
Responsável:	

Tipo de ambiente: ( ) Lagoa ( ) Rio ( ) Córrego ( ) Outro _____			
Parâmetros	**Pontuação / Classificação**		
	4 pontos (Ótimo)	**2 pontos (Bom)**	**0 pontos (Péssimo)**
Tipo de ocupação das margens (principal atividade)	Vegetação Natural	Campo de pastagem/agricultura / monocultura / reflorestamento	Residencial / comercial / industrial
Erosão próxima e/ou nas margens / processo de assoreamento	Ausente	Moderada	Acentuada
Alterações Antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/urbana (fábricas, canalização, retilinização do curso...)
Cobertura Vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
Odor na água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/Industrial
Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
Transparência da água	Transparente	Turva/cor de chá forte	Opaca ou colorida
Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre	Óleo / industrial
Tipo de fundo	Pedras/cascalho	Lama/areia	Cimento/canalizado
Presença de Mata Ciliar	Acima de 80%	De 79 a 40%	Menor que 40%
Extensão da mata Ciliar	Acima de 30 m	Entre 29-15 m.	Menor que 15 m
Estabilidade das margens	Estáveis	Moderadamente estáveis	Instáveis
Presença de Plantas Aquáticas	Pequenas Macrófitas ou musgos	Presença de macrófitas e pirifíton	Ausência vegetação no leito e grande quantidade de macrófitas
Presença de Resíduos Sólidos	Ausente	Moderado	Abundantes

Fonte: Adaptado de Firmino; Malafaia; Rodrigues, 2011; Bizzo; Menezes; Andrade, 2014.

3. Resultados e Discussões

A Lagoa Salgada integra a bacia hidrográfica do Rio Subaé (Figura 3) e possui um espelho d'água com grande variação altimétrica devido ao regime pluviométrico local. É relevante destacar que em razão do fenômeno El Niño tem sido observada uma diminuição do total pluviométrico anual ao longo da última década, conforme corroborado pela pesquisa de Lima (2019). Diniz, Santos e Santo (2008) já verificavam essa tendência de redução do total pluviométrico em períodos anteriores.

O regime Tropical na área de estudo é modificado, com cheias de inverno, iniciando a reposição de água no solo no período do outono (março-abril), sendo que essa característica do regime hídrico, associado ao fato de que as lagoas são extensas e rasas, favorece a ocupação para fins residenciais das margens no longo período de estiagem. Os resultados da coleta de águas para análises podem ser observados na Tabela 1. De acordo com os dados levantados, a Lagoa Salgada, apesar de ser avaliada como em situação de risco, apenas 30% dos parâmetros destoam do que preconiza o enquadramento constante da Resolução CONAMA nº 357/2005. Os valores fora do padrão estão destacados em cinza na tabela 1.

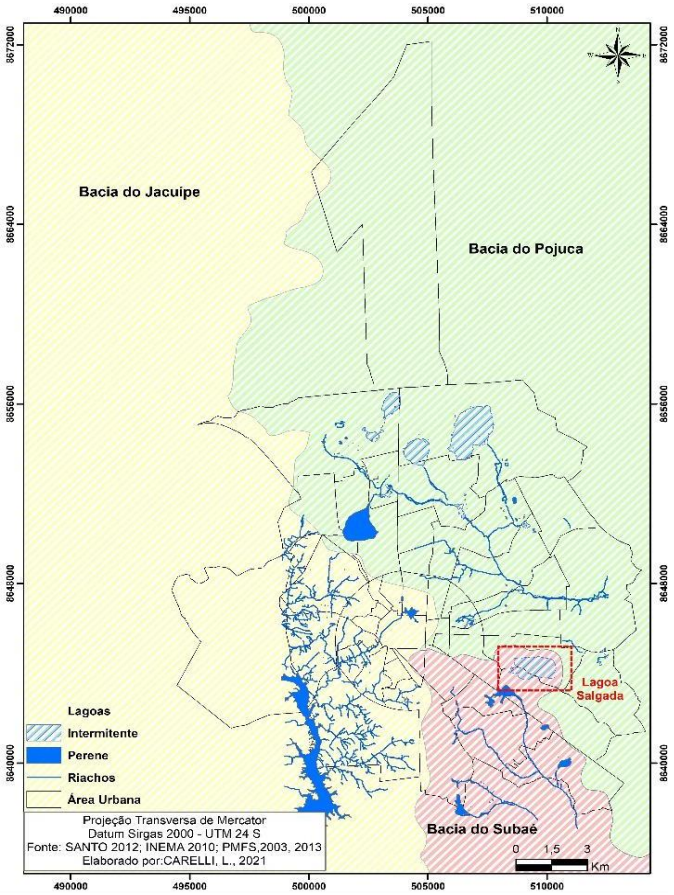


Figura 3: Lagoa Salgada em Feira de Santana
Fonte: Autoria própria.

Tabela 1: Análise de água da Lagoa Salgada em 27/11/2018

Análise	Parâmetros Legais*	Lagoa Salgada
pH	6 a 9	7,3
Turbidez	≤100 UNT	2,7
Cor	≤75 mg Pt/L	20

Fósforo	Lêntico ≤0,05 mg/L P	0,04
Nitrato	≤10 mg/L N	3,0
Nitrito	≤1,0 mg/L N	0,0
Sólidos Dissolvidos	≤500 mg/L	3.900
DBO	≤10 mg/L O2	2,0
Coliformes Totais	≤2500 contato	$1{,}1x10^5$
Coliformes Fecais	-	$4{,}0x10^3$

Os valores fora do padrão estão destacados em cinza.
Fonte: Elaboração própria.

A Lagoa Salgada possui uma cota regular de 217 metros (Figura 4), com forma e tamanho imponentes e fundo bastante regular, parecendo uma grande bacia encaixada no relevo. A referida lagoa recebe poucos dejetos, tanto sólidos quanto líquidos e, por essa razão, as análises de água apresentadas na Tabela 1 demonstram resultados considerados razoáveis em comparação a outras áreas do município, a exemplo da Lagoa da Pindoba, cuja avaliação faz parte do mesmo projeto.

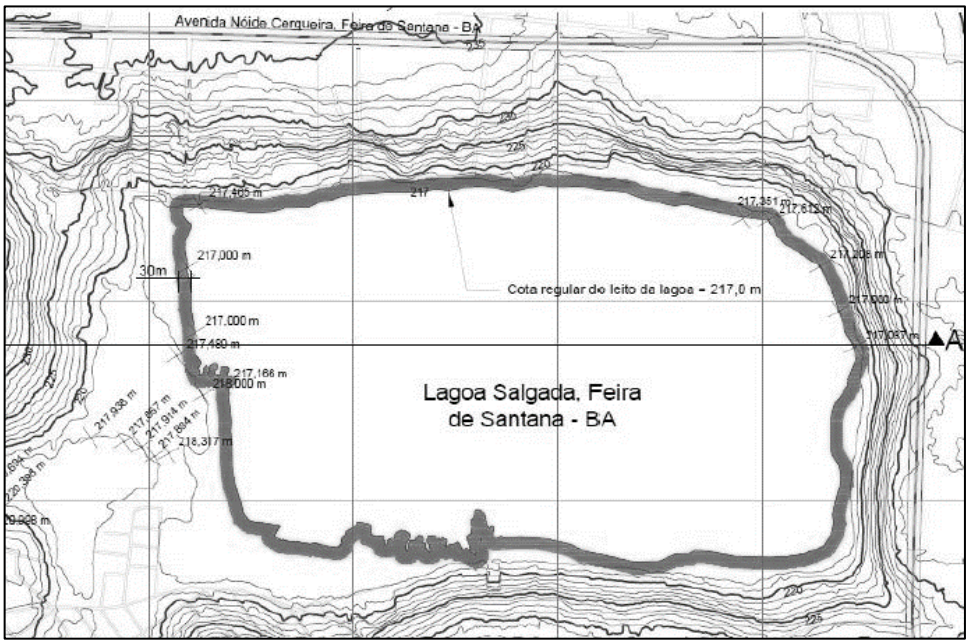


Figura 4: Planta Planialtimétrica da Lagoa Salgada
Fonte: GEOTEC/UEFS, 2018.

O material de seu leito, extremamente argiloso, é explorado há décadas, havendo registros de olarias em suas margens. A prefeitura já desocupou alguns desses estabelecimentos, mas alguns proprietários insistem em explorar o local, modificando a paisagem, criando

depressões dentro do leito da lagoa e formando irregularidades antes inexistentes (círculos vermelhos destacados na Figura 5).

O PAR demonstra a crescente ocupação da área, com destaque para a criação do eixo de desenvolvimento representado pela instalação da Avenida Noide Cerqueira (Figura 5; Tabela 2). Em face dessas especificidades, a Lagoa Salgada necessita de urgente intervenção com vistas a evitar a ocupação da sua área de proteção que em algumas partes ainda permanecem pouco alteradas.

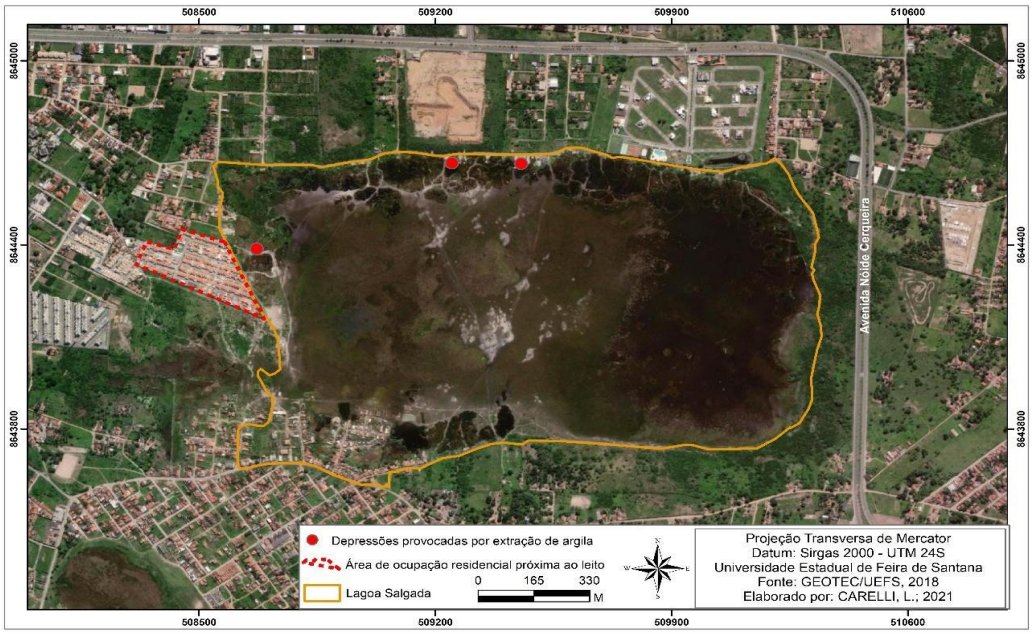


Figura 5: Impactos ambientais identificados na Lagoa Salgada
Fonte: GEOTEC/UEFS, 2018.

Tabela 2: Análise do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) da Lagoa Salgada em 18/02/2019

Parâmetro	**Lagoa Salgada**
Tipo de ocupação das margens (principal atividade)	0
Erosão próxima e/ou nas margens / processo de assoreamento	0
Alterações Antrópicas	0
Cobertura Vegetal no leito	2
Odor na água	4
Oleosidade da água	4
Transparência da água	2
Odor do sedimento (fundo)	4

Tipo de fundo	4
Presença de Mata Ciliar	2
Extensão da mata Ciliar	2
Estabilidade das margens	2
Presença de Plantas Aquáticas	4
Presença de resíduos sólidos	0
Pontuação Total*	**30**
Pontuação Percentual (%)	**53,57**
Desvio do Valor Mínimo de Referência (≥31 pontos, considerado bom)	**-1**

* Pontos - Verificar parâmetro na Tabela 01

Fonte: Elaboração própria.

É relevante destacar o quanto é significativa a parceria firmada entre a prefeitura e as universidades, especialmente no que concerne à demarcação da cota regular da lagoa para coibir a instalação de novos empreendimentos na área, embora seja necessário destacar que alguns empreendimentos já estão instalados no leito maior da lagoa, a exemplo do polígono tracejado em vermelho que aparece na Figura 5.

Esses dados apontam a necessidade evidente da criação de estratégias para garantir o cumprimento da lei, especialmente porque nas cidades capitalistas, incluindo as cidades brasileiras, o poder econômico dita as regras e o meio ambiente é um dos bens apropriados de acordo com o interesse da classe dominante. Além disso, a criação de parques, principalmente em áreas de clima semiárido, ameniza a temperatura, garante a harmonia paisagística e valoriza espaços que deveriam ser reconhecidos e protegidos pela população local.

No desenvolvimento da pesquisa foi possível constatar, ainda, que uma vez instalado o processo de ocupação e poluição do manancial, a população ribeirinha pressiona o poder público para solucionar o problema. Porém, na maioria das vezes, a solução aplicada pelo poder público tem priorizado o aterramento das lagoas e a canalização dos cursos d'água, como foi feito no caso da Lagoa do Prato Raso em Feira de Santana, o que não atende aos requisitos relacionados à preservação do ambiente, ao uso sustentável dos recursos naturais e à harmonia paisagística.

4. Considerações Finais

Os resultados demonstraram a situação de fragilidade em que se encontra a Lagoa Salgada em Feira de Santana e os dados coletados permitem o direcionamento das ações planejadas pela prefeitura municipal para garantir a recuperação e a conservação desse manancial.

Através deste trabalho, pode-se perceber que a Universidade tem o potencial de auxiliar o poder público local através de ações extensionistas e projetos de pesquisa que subsidiem as tomadas de decisões da gestão municipal. Essas informações foram relevantes para que se pudesse avaliar como o crescimento urbano tem afetado a Lagoa Salgada, gerando dados que subsidiem a Prefeitura na proposta de implantação de parques nas Áreas de Proteção Permanente (APP), com vistas a proteger esse manancial hídrico em Feira de Santana.

É importante ressaltar que a grande dificuldade enfrentada no contexto do projeto diz respeito à implantação dos parques, pois há necessidade de desocupar as áreas de proteção, o que implica em alto custo financeiro com desapropriação. Essa limitação tem travado a implementação, pois a prefeitura alega não ter disponibilidade para arcar com um custo alto no atual contexto. Por outro lado, é possível a criação de legislação municipal mais severa, garantindo que as margens das lagoas e sua zona de proteção sejam efetivamente respeitadas pelos novos empreendimentos.

Referências

ANA. Agência Nacional de Águas. **Bacias Ottocodificadas Multiescalas**. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: < http://dados.gov.br/dataset/inde_4>. Acesso em 18jul2018.

BAHIA. Secretaria Estadual de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) do Estado da Bahia.** Base Cartográfica Digital. Salvador: SERH, 2003.

BIZZO, M. R. O.; MENEZES, J.; ANDRADE, S. F. **Protocolo da Avaliação Rápida de Rios (PAR)**. 2014. Disponível em: http://www.cadegeo.uff.br/index.php/cadegeo/article/view/20. Acesso em: 15 mar. 2019.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357 de 18 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459. Acesso em: 15 mar. 2019.

CARELLI, L. **Modelagem da qualidade da água da bacia Olhos D'Água em Feira de Santana - BA:** geoprocessamento aplicado à análise de impactos ambientais. 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente). Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, Feira de Santana, 2011.

CERQUEIRA, E. A. **A Influência do Sistema Rodoviário no Processo de Urbanização de Feira de Santana - Bahia.** 2015. 306 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Urbano). Universidade Salvador - UNIFACS, Salvador/BA, 2015.

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

DINIZ, A. F.; SANTOS, R. L.; SANTO, S. M. Avaliação dos riscos de seca para o município de Feira de Santana-BA associado à influência do El Niño no semi-árido do nordeste brasileiro. +Geografia´s, Feira de Santana, n. 1, p. 18 – 24, maio / nov. 2008.

FEIRA DE SANTANA. Secretaria Municipal de Planejamento (SEPLAN). **Base Cartográfica:** Rede Hidrográfica. Feira de Santana: SEPLAN, 2003.

FEIRA DE SANTANA. Secretaria Municipal de Planejamento (SEPLAN). **Base Cartográfica Digital:** Delimitação de Bairros. Feira de Santana: SEPLAN, 2013.

FIRMINO, P. F.; MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. L. (2011). Diagnóstico da integridade ambiental de trechos de rios localizados no município de Ipameri, sudeste do estado de Goiás, através de um protocolo de avaliação rápida. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.** 15(2); 1-12. Disponível em: www6.univali.br/seer/index.php/bjast/article/download/2102/2078. Acesso em: 16 mar. 2015.

GEOTEC. Laboratório de Geotecnologias da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). (2018). **Plantas Planialtimétricas das Lagoas de Feira de Santana.** Feira de Santana/BA: UEFS, 2018.

LIMA, N. da S. Estimativa de evapotranspiração potencial no semiárido baiano a partir das imagens termais. 2019. 73 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem em Ciência da Terra e do Ambiente). Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 2019.

LOBÃO, J. S. B.; MACHADO, R. A. S. Avaliação multi-temporal, da ocupação das lagoas urbanas de Feira de Santana-BA, por meio de Sistema de Informação Geográfica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (12). **Anais...** Goiânia-GO. 2005.

ROLNIK, R. **O que é a cidade.** (Coleção primeiros passos). São Paulo: Brasilense, 1995.

SANTO, S. M. **A expansão urbana, o Estado e as águas em Feira de Santana - Bahia (1940 - 2010).** 2012. 275 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2012.

SANTO, S. M.; SILVA, B. C. N.; FALCÃO, P. M.; FERNANDES, R. B. Expansão Urbana: o papel do estado e as águas em Feira de Santana (BA). In: XV Encuentro de Geógrafos de América Latina (15). **Memórias...** Habana, 2015.

Eventos de alta magnitude e sensitividade nos ambientes fluviais do alto curso do rio Piranhas, semiárido paraibano, Brasil

Jeferson Mauricio Rodrigues
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
jefersonmrgeo@gmail.com

Jonas Otaviano Praça de Souza
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
jonas.souza@academico.ufpb.br

Resumo
Este trabalho objetivou analisar a relação entre os eventos de alta magnitude de vazão, estilos fluviais e seus respectivos níveis de sensitividade. Para chegar aos resultados, foi necessário seguir um caminho quali-quantitativo a partir de técnicas como hidrógrafa, estilos fluviais e sensitividade da paisagem. Dessa maneira, foi possível identificar que os canais com moderada e alta propensão à mudança/sensitividade ao receberem eventos de alta magnitude de vazão puderam ajustar suas morfologias de acordo com suas possibilidades.

Palavras-Chave: Fluviometria; Estilos Fluviais; Sensitividade.

1. Introdução

A dinâmica fluvial semiárida é composta por dois tipos predominantes de escoamentos superficiais canalizados, que são efêmeros e intermitentes (SUTFIN, 2014). Rios efêmeros e intermitentes apresentam descontinuidades de fluxo temporal e espacialmente, o que implica em vazões concentradas em um curto intervalo de dias ou durante um período chuvoso, respectivamente (CONESA-GARCÍA, 2020). Todavia, a maneira como rios semiáridos evoluem na paisagem ainda é objeto de investigação em terras secas.

Uma categoria que permite a compreensão de mudança é a de (BRUNSDEN, 2001), que pode ser definida como a probabilidade de uma mudança, seja nos controles do sistema, seja nas forças aplicadas sobre ele (BOAS et al., 2013). A relação entre os balanços de forças de perturbação e resistência buscam um equilíbrio na paisagem (HUGGET, 2007; FRYIRS, 2016). Perturbação pode ser entendida como a aplicação de energia nos controles do sistema, que podem ser advindos de fatores tectônicos, climáticos, bióticos e antrópicos (BRUNSDEN, 2001).

Uma maneira de identificar trechos de rios com propensão à mudança é através da classificação fluvial (KASPRAK et al., 2016), pois os parâmetros de sensitividade da paisagem podem ser indicadores do comportamento e evolução fluvial. Um tipo de classificação baseada nessa perspectiva é a de estilos fluviais de Brierley e Friyrs (2005) que analisa os canais a partir de seus confinamentos de vale.

No entanto, a distribuição espacial e temporal de energia em sistemas fluviais ocorre de maneira complexa na superfície da terra, o que remete a necessidade de compreender o comportamento desses *inputs* considerando questões como: frequência, magnitude e duração da vazão. A frequência pode ser vista como a periodicidade em que ocorre os eventos de energia no sistema; A magnitude é a intensidade de determinado evento de energia; A duração é a quantidade de tempo que um evento de energia apresenta durante sua atuação (BRUNSDEN, 2001). Dado o exposto, o objetivo deste trabalho é de analisar a relação entre vazão, estilos fluviais e sensitividade para entender as mudanças geomórficas nos dois principais canais alto curso do rio Piranhas, semiárido paraibano.

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área

Este trabalho tem como área de pesquisa os dois canais principais da bacia do alto curso do rio Piranhas localizada no Sertão paraibano, ocupando uma área de 35 Municípios que dentre os principais estão: Cajazeiras, Souza e Pombal. O canal principal possui 174,22 km de extensão e o motivo pelo qual foi escolhida esta área para estudo é que ela mantém suas condições/características naturais de vazão (intermitente) na maior parte de seu curso.

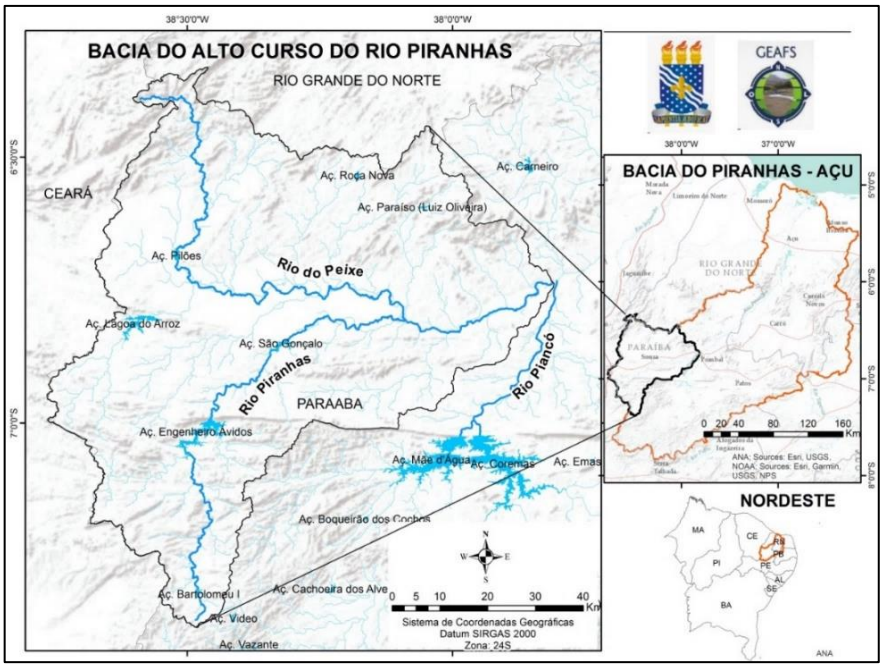


Figura 1 - Mapa de localização da bacia, evidenciando o trecho do alto curso do rio Piranhas antes da confluência com o Rio Piancó.
Fonte: Autoral: 2021.

2.2 Procedimentos metodológicos

Para analisar o regime da vazão, foram utilizados os dados de vazão e precipitação da bacia hidrográfica para gerar a hidrógrafa. Assim, foi possível correlacionar os dados de vazão como resposta aos picos e frequências de chuva em cada área de captação. Para tal, foi necessário utilizar os dados de fluviometria disponíveis no portal HIDROWEB da ANA e dados de pluviometria disponibilizados pela AESA.

Os dados foram tabulados em uma série histórica 2000 a 2012. Nessa perspectiva, foram avaliados os dados das estações fluviométricas de São Domingos de Pombal que mede uma área de 5400 km² localizada próximo à foz do rio Piranhas, Aparecida que mede uma área de 3420 km², localizada na foz do rio do Peixe e Várzea Grande que mede uma área de 1110 km² localizada após o açude Eng. Ávidos. Nessa perspectiva foi feita uma amostragem de estações pluviométrica por unidade de relevo para relacionar a vazão das estações fluviométricas com a precipitação medida pelas estações pluviométricas.

Para identificar os estilos fluviais, foi necessário definir se eles eram confinados, parcialmente confinados e não confinados. Geralmente os canais confinados apresentam menos de 10% de planícies de inundação em ambas as margens do canal. Os parcialmente confinados

apresentam entre 10% e 90% de planície de inundação em ambas as margens do canal. Os não confinados apresentam menos de 10% de confinamento de margem, com planícies de inundação contínuas ao longo das margens e podem ter canais contínuos e canais descontínuos.

Posteriormente foram identificadas as unidades geomórficas através de imagens recentes do Google Earth, como: número de canais, sinuosidade, barras e ilhas.A identificação da textura de material de leito foi feita através da base de calibre dominante encontrado no leito fluvial. Assim, são utilizadas 5 classes: Leito rochoso; Rocha (> 256 mm); Cascalho (2 – 256 mm); Areia (0,0625 – 2 mm); Silte e Argila (< 0,0625 mm).

Brierley e Fryirs (2005) disponibilizam uma estrutura de análise que relaciona o potencial de sensitividade (baixo, moderado e alto) de acordo com as características de configuração de vale por geoindicadores: características de leito, morfologia do canal e forma em planta do canal (Figura 2).



Figura 2 - A sensitividade fluvial e capacidade de ajuste de rios em diferentes tipos de vale.
Fonte: Adaptado de Brierley e Fryirs, 2005.

Para analisar os eventos de alta magnitude na bacia, foi utilizada uma adaptação da proposta de Souza (2015), que consiste em considerar os eventos de vazão de alta magnitude como aqueles que superam a média dos eventos anuais de vazão máxima. Os eventos de magnitude moderada são eventos que estão entre a média dos máximos e o valor médio menos o desvio padrão. Os eventos de baixa magnitude são àqueles que estão entre a média dos máximos menos o desvio padrão e 0,1, considerando que 0 indica ausência de fluxo no canal.

Foi feita uma análise da vazão nas 3 estações fluviométricas da bacia do alto curso do rio Piranhas, avaliando a média de dias com vazão entre 2004 e 2018; média de vazão diária anual da série histórica; maior vazão máxima da série histórica; e o ano com maior quantidade de dias com vazão. Após a definição da recorrência dos eventos de alta magnitude na bacia do

alto curso do rio Piranhas, foi definido o dia mais chuvoso do mês mais chuvoso do ano hidrológico mais chuvoso, para identificar o evento de alta magnitude mais significativo do recorte de tempo analisado. Isso possibilitou a busca pela imagem de satélite de data mais próxima antes e após este grande evento nos estilos fluviais que apresentarem maior propensão à mudança, tendo como foco comprovar a sensitividade.

3. Resultados e Discussões

A hidrógrafa foi feita através da relação dos dados de precipitação com vazão para as estações fluviométricas Aparecida, Várzea Grande e São Domingos de Pombal. O pico de vazão média mensal do período entre 2000 e 2012 das três estações fluviométricas ocorre no mês de abril, ou seja, os picos de precipitação média das estações pluviométricas ocorrem no mês de março, sendo a resposta na vazão média no mês seguinte (Figura 3).

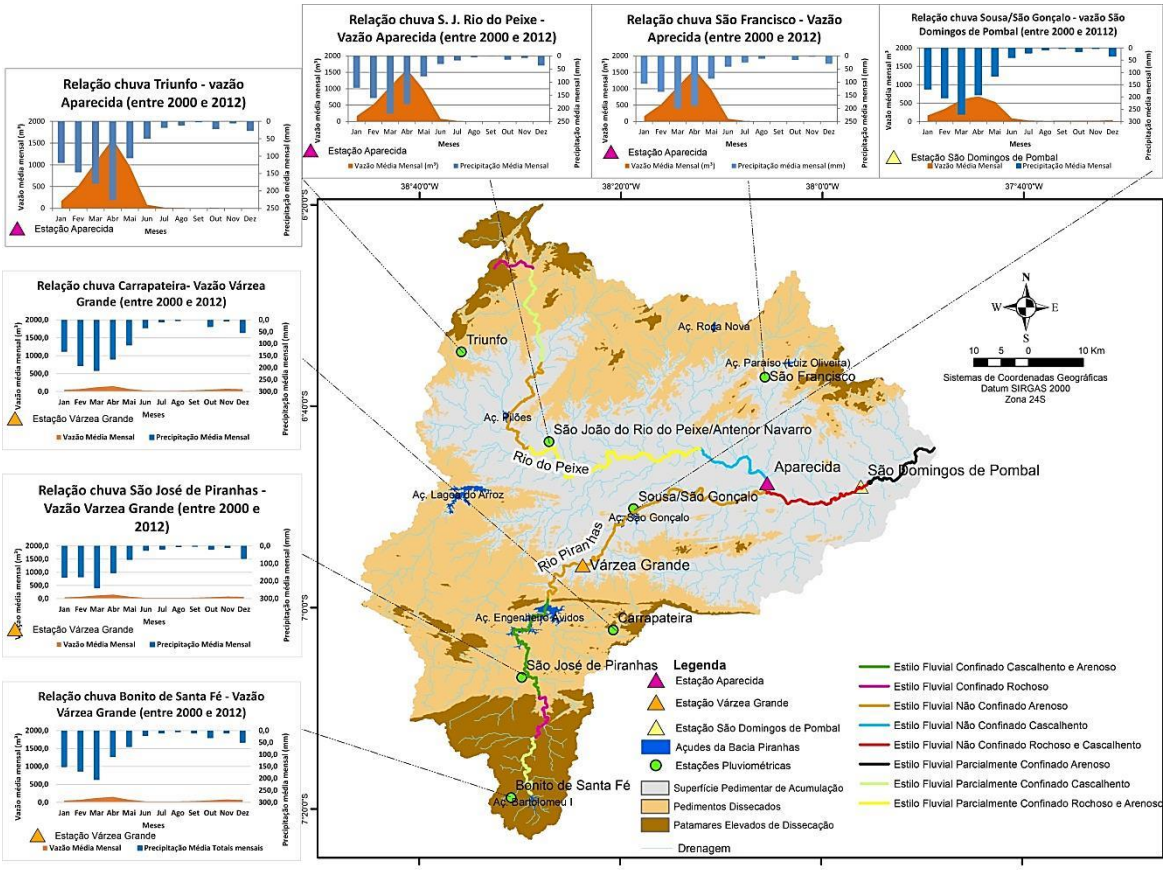


Figura 3 – Relação entre precipitação e vazão em diferentes estações fluviométricas no alto curso do Rio Piranhas. Também se pode observar os estilos fluviais existentes no rio Piranhas e no rio do Peixe (principais canais da bacia).
Fonte: Autoral: 2021.

É importante salientar que ocorre uma tendência de aumento exponencial de janeiro a abril na vazão, época da quadra chuvosa na bacia (RODRIGUES, 2020) e consequente aumento nos valores de chuva e vazão.

Na estação fluviométrica de Várzea Grande, a vazão média mínima medida entre 2000 e 2012 ocorre no mês de junho (período seco), sendo de 25 m³/s, ou seja, o canal é perenizado artificialmente poucos quilômetros após a barragem Engenheiro Ávidos, e não apresenta variação abrupta de vazão entre o período seco e o período chuvoso na bacia. A barragem Eng. Ávidos é a maior barragem da bacia hidrográfica do Alto Curso do Rio Piranhas construída no ano de 1932.

A bacia do alto curso do rio Piranhas possui apenas dois estilos fluviais confinados (Figura 3). Estes correspondem aos trechos que escoam sobre o cristalino das cabeceiras de drenagem. Nessa perspectiva são canais que não apresentam planícies de inundação nas margens fluviais e sofrem influência de altas declividades e do embasamento e margens compostas de rochas cristalinas. Os estilos fluviais parcialmente confinados estão localizados em áreas aplainadas e controlados em uma das margens (Figura 3). Os estilos não confinados escoam sobre áreas aplainadas de superfície sedimentar. Desta maneira, o fluxo tem probabilidade de extravasamento nos períodos de cheia, por não ter controles nas margens, sendo representados por e estilos não confinados (Figura 3).

A partir da análise dos geoindicadores de cada estilo fluvial foi possível gerar o resultado de sensitividade natural dos estilos fluviais. Observa-se na Figura 4 que os estilos fluviais confinados apresentam baixa sensitividade devido aos seus controles rochosos. Os estilos fluviais não confinados e estilos parcialmente confinados variam de moderada a baixa sensitividade.

Estilo Fluvial	Morfologia do canal	Forma em planta	Característica do leito	Sensitividade
CONFINADOS				
EFCR				Por apresentar controle rochoso nas margens e no leito, esse estilo apresenta baixa sensitividade fluvial por conta de seus altos níveis de resistência.
EFCCA				Apresenta resistência no leito e em uma das margens rochosas e pela encosta, inibindo modificações laterais ou verticais e sendo consequentemente pouco sensível, ou seja, de baixa sensitividade.
PARCIALMENTE CONFINADOS				
EFPCC				Apresenta uma das margens e leito pouco coesos associados a valores médios de energia, o que lhe atribui maior mobilidade fluvial localizada na margem pouco coesa. Assim, apresenta moderada sensitividade fluvial. Os ajustes são limitados às planícies de inundação.
EFPCA				Por apresentar leito arenoso e uma das margens arenosas, esse estilo apresenta mobilidade potencial nas áreas pouco coesas, sendo definido como um estilo de moderada sensitividade. Todavia, é importante destacar que o canal possui valores médios de energia e grande quantidade de carga sedimentar, sendo necessários eventos extremos para gerar modificações no ambiente fluvial
EFPCRA				Apresenta controle rochoso em alguns pontos no leito e em uma das margens, mas a alta ocupação antrópica potencializou os eventos erosivos, principalmente na margem pouco coesa. Desta maneira, apresenta alta sensitividade fluvial identificada através de seus geoindicadores propensos à modificação, especialmente as margens não controladas por rocha.
NÃO CONFINADOS				
EFNCA				Apresenta geoindicadores com alto potencial de sensitividade, como o leito e margens arenosas, ou seja, pouco coesas. Contudo, a baixa energia de fluxo controlado impede alterações na morfologia do canal.
EFNCC				Localizado na foz do rio do Peixe, possui valores de energia de fluxo médios associada a baixos níveis de resistência no leito e margens cascalhentas. Dessa maneira, apresenta alta, mas precisa de eventos de alta magnitude para gerar ajustes fluviais.
EFNCRC				Esse estilo apresenta controle rochoso no leito fluvial, o que atribui a esse geoindicador alta resistência. Todavia, suas margens são compostas por material cascalhento e arenoso e de baixa coesão, que sob valores altos de energia condiciona um comportamento erosivo nas margens, gerando mobilidade lateral em pontos isolados. Senso assim é um estilo fluvial de sensitividade moderada.

Baixa sensitividade
Sensitividade Moderada
Alta sensitividade

Figura 4- Níveis de sensitividade, possibilidades de mudança e capacidade de ajuste dos estilos fluviais do alto curso do rio Piranhas.
Fonte: Autoral (2021).

A análise da vazão a partir de uma perspectiva estatística permitiu a compreensão do comportamento hidrológico no que tange à quantidade de dias com vazão, média de vazão diária entre 2004 e 2018 e o maior evento de alta magnitude para as 3 estações fluviométricas. No sentido de montante para jusante, a análise da vazão foi iniciada a partir da estação Várzea Grande localizada no rio Piranhas (Figura 5).

A análise da vazão da estação Várzea Grande indica que a área ocupada pelo EFNCA no rio Piranhas (alta sensitividade) apresenta uma média de 278 dias com vazão, onde na maior parte do ano apresenta fluxo com cerca de 1,9 m³/s em média. O ano em que o canal apresentou maior quantidade de dias com vazão foi o de 2008, no qual ocorreu o maior evento de alta magnitude da série histórica, 111,1 m³/s em apenas um dia no ano de 2008.

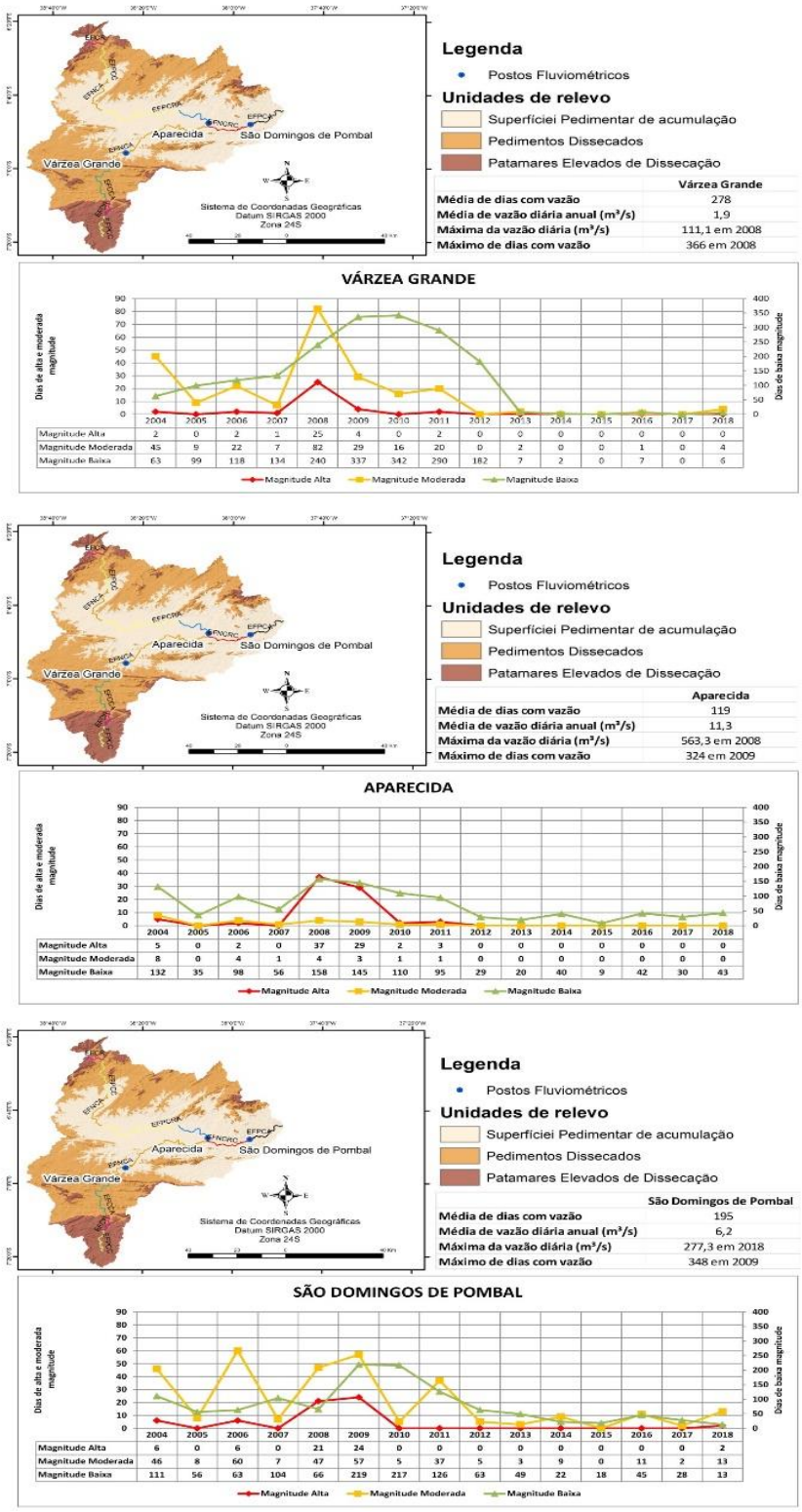


Figura 5 – Análise das magnitudes e frequências dos eventos de vazão nas estações fluviométricas Várzea Grande, Aparecida e São Domingos de Pombal.
Fonte: Autoral: 2021.

A estação fluviométrica São Domingos de Pombal localizada após o a confluência do rio Piranhas com o rio do Peixe, faz a captação de toda água dos rios Piranhas e Peixe que não fica retida nas barragens. A vazão que ocorre nesse trecho é maior que em Várzea Grande e menor que em Aparecida, como é demonstrado na Figura 5. Na foz do rio do Peixe está localizada a estação fluviométrica Aparecida que reflete a área de captação do rio do Peixe e seus tributários (Figura 5). A média de dias com vazão é de 119, indicando que mais da metade do ano o rio do Peixe não possui vazão. A média de vazão diária indica que o rio do Peixe possui 11,3 m³/s, ou seja, vazão média mais elevada que o rio Piranhas. Essa questão da vazão média e da quantidade de dias com vazão entre o rio Piranhas e Peixe pode ser relacionada à influência dos grandes barramentos que existem no rio Piranhas, que controlam e retém água. Além disso, observa-se que a máxima vazão diária ocorreu em 2008 no rio do Peixe, 563,3 m³/s, indicando o maior evento extremo de vazão da série analisada para toda a bacia. Em 2009 foi o ano em que ocorreu a maior quantidade de dias com vazão no rio do Peixe, alcançando 324 dias. O EFPCRA) é um dos estilos que apresentaram maior propensão à mudança, considerando os geoindicadores com alta sensitividade e sua má condição geomórfica que permitiram alteração na morfologia desse estilo (Figura 6).

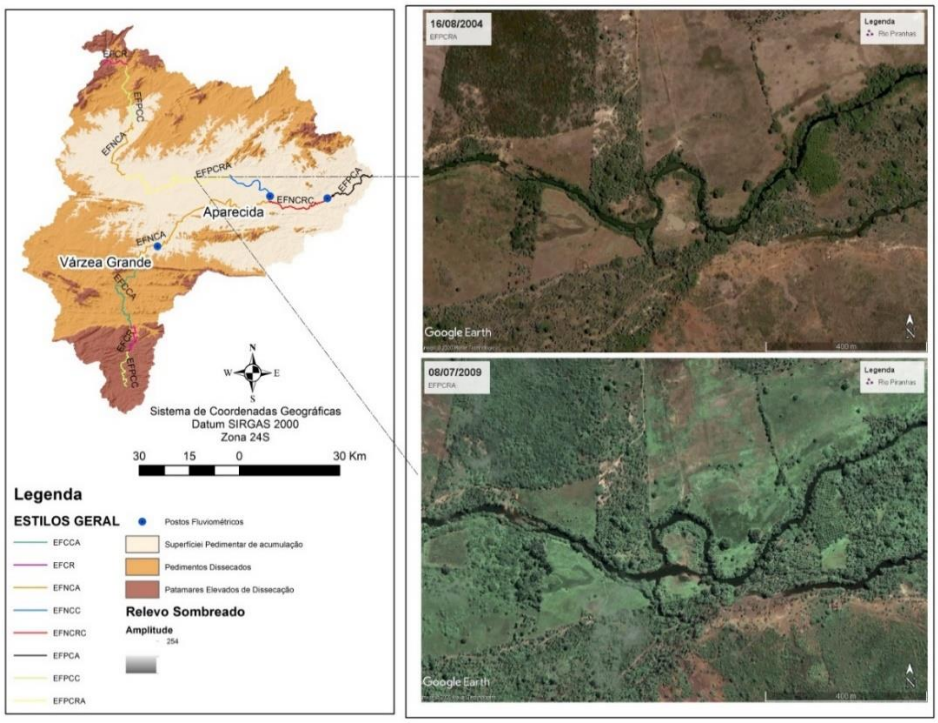


Figura 6 - Vista da modificação geomórfica da forma em planta do EFPCRA com início de processo de abandono de meandro após os eventos do ano de 2008. Fonte: Earth (2020).
Fonte: Autoral (2021).

Estilos fluviais parcialmente confinados são controlados em uma das margens, geralmente por uma margem rochosa e apresenta a outra margem com baixa resistência por se tratar de uma zona de acumulação. No EFPCRA localizado no rio do Peixe, a margem confinante localizada do lado direito na imagem de satélite de 2004 indica que o canal estava restringido a acompanhar a curvatura do meandro, todavia, após a alta incidência de dias com eventos extremos em 2008 que totalizou em 37 dias, além de ter nesse período o evento de maior magnitude da série que foi de 563,3 m^2/s também em 2008, condicionou o canal a apresentar alteração em sua morfologia, conseguindo romper a margem confinante e iniciar o processo de abandono de meandro, como é visto na imagem de satélite de 2009. Não é possível definir se apenas o maior evento de alta magnitude foi o responsável pelo rompimento da margem confinante do EFPCRA, ou se foi a grande incidência de dias com eventos de alta magnitude que correspondem aos eventos acima de 220 m^3/s.

Os estilos EFPCRA, EFNCA e EFNCC foram os que tiveram as maiores propensões à mudança, ou seja, os maiores níveis de sensitividade fluvial. Isso ocorre por conta de suas características referentes aos geoindicadores que indicam que os elementos que compõem esses estilos são pouco estáveis frente a eventos de alta magnitude. Embora o EFNCC tenha apresentado o menor nível de resistência da bacia, optou-se em representar o EFPCRA por conta do processo inicial de abandono de meandro na margem convexa direita.

4. Considerações Finais

Essa pesquisa demonstrou que o alto curso do rio Piranhas apresenta dois canais principais, rios Piranhas e Peixe. São rios de ambiente semiárido e apresentam pulsos de vazão. Foram identificados 8 estilos fluviais, e cada trecho foi analisado a partir de seus níveis de sensitividade e capacidade de ajuste e correlacionados com os eventos de alta magnitude.

A possibilidade de pesquisas a partir dessa perspectiva permite identificar potenciais áreas de alteração fluvial a partir da análise da sensitividade associada a eventos de alta magnitude. Para o semiárido isso é fundamental tendo em vista a dinâmica concentrada das chuvas vazão em pulsos nos ambientes fluviais, ou seja, esporádicas e ainda pouco estudados.

Pesquisas futuras poderão dar avanço a esse tipo de abordagem, principalmente se relacionadas a questões como a conectividade que podem influenciar nos eventos de alta magnitude e posteriormente nas mudanças de ambientes sensíveis à mudança.

Referências

BOAS, G.; MARÇAL, M. Avaliação da sensitividade do sistema fluvial no alto-médio vale do rio macaé (RJ). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 14, n. 1, p.93-102, mar. 2013.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. **Geomorphology and River Management: applications of the river styles framework.** Oxford: Blackwell Publishing, 2005. 412 p.

BRUNSDEN, D. A critical assessment of the sensitivity concept in geomorphology. **Catena**, [s. L.], v. 42, n. 4, p.99-123, jan. 2001.

CONESA-GRACIA, C. Dimensionless morphological ratios versus stream power variations at bankfull stage in na ephemeral channel. Geomorphology, S.L., v. 361, n. 1, 107199-107218, jul. 2020.

FRYIRS, K. River Sensitivity: a lost foundation concept in fluvial geomorphology. Earth Surface Processes and Landforms, v. 42, n. 1. 55 – 70. 2017.

HUGGETT, R. A history of the systems approach in geomorphology. **Géomorphologie**, [s. L.], v. 13, sn, p.145-158, 2007.

KASPRAK, A. *et al*. The Blurred Line between Form and Process: a comparison of stream channel classification frameworks. **Plos One**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 150293-150324, 16 mar. 2016.

RODRIGUES, J. Espacialização das chuvas em uma bacia hidrográfica no semiárido da Paraíba. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 28-35, 16 maio 2020.

SOUZA, J.; CORRÊA, A. Análise da sensitividade da paisagem na bacia do Riacho do Saco - PE. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 16, n. 4, p.615-630, 2015.

SUTFIN, N. et al. A geomorphic classification of ephemeral channels in a mountainous, arid region, southwestern Arizon. **Geomorphology**, [s. L.], v. 221, p.164-175, set. 2014.

Danos potenciais associados e modalidades de usos em barragens na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu - Bahia

Nilton de Oliveira
Doutorando pelo curso de Geografia da Universidade Federal da Bahia
niltonde@uol.com.br

Tiago Ribeiro Santos
Graduando pelo curso de Geografia da Universidade Federal da Bahia
t.ribeiro@ufba.br

Rodrigo Pessoa da Conceição
Graduando pelo curso de Geografia da Universidade Federal da Bahia
drigopessoa_2@hotmail.com

Antônio Puentes Torres
Doutor pelo curso de Geografia da Universidade Federal da Bahia
antoniopuentes@hotmail.com

Resumo
Os impactos socioambientais causados pela construção das barragens e seus usos para a captação de água têm se tornado cada vez mais expressivos e danosos. Além disso, existem casos em que a água se torna apenas um recurso, principalmente em locais onde o capital ameaça à integridade natural e social existente. O presente trabalho visa analisar a situação dos danos potenciais associados (DPA) na bacia do rio Paraguaçu na Bahia, comparando as mudanças nos relatórios de segurança de barragens (RSB) nos anos de 2018 a 2020 a partir da relação entre a quantidade de barragens cadastradas em cada relatório, os diferentes níveis de danos potenciais associados e a modalidade de uso das barragens nos municípios de Ibicoara e Mucugê. O que possibilitou a verificação, não apenas no aumento do número de barragens no período estudado, mas também no número de barragens com dano potencial associado alto, mostrando os riscos que essas construções podem provocar na região. Por conseguinte, a prática da construção de barragens, sobretudo, com a finalidade de irrigação como acontece na bacia do Paraguaçu carece de melhor atenção da parte do Poder Público, dos gestores e das comunidades em geral.

Palavras-Chave: Gestão das águas; Modo de produção; Riscos.

1. Introdução

A prática de barramentos em diferentes modalidades de cursos de água tem se tornado uma ameaça socioambiental cada vez mais presente no cotidiano das pessoas em diferentes espaços e lugares. Armazenar a água em depósitos de modo semelhante como armazenam produtos resultantes de trabalho tem se tornado uma realidade cada vez mais recorrente nos espaços onde os interesses do capital norteiam as tomadas de decisão e transformam os bens naturais em meros produtos ou recursos em que o valor supera a finalidade.

Conforme Mendonça (2001, pág. 127), “Os elementos da natureza não devem ser reduzidos somente a recursos, pois antes de assim transformados constituem-se em bens e elementos naturais”. Borba (2002, pág. 1342), assim define o significado de recurso, “é o ato de lançar mão”.

A água, bem natural essencial à vida animal e vegetal tem se transformado em recurso, em produto a ser lançado mão, a ser armazenado, não sendo considerado que, em sua origem, a água é um bem natural, do qual, a vida depende em todos os estágios e entre todos os coletivos, animais e vegetais.

No Brasil, a partir do ano 2010, a construção de barragens passa a ter um certo ‘controle’. Com a Lei n.º 12.334 de 20 de setembro de 2010, os ‘empreendedores’ que decidem por construir barragens em suas propriedades devem seguir critérios básicos relacionados à segurança nessas construções, as quais na maioria das vezes, podem oferecer riscos às populações do entorno, de modo especial, populações que se encontram a jusante do barramento.

Um dos critérios a ser observado no que se refere à segurança em barragens definido na Lei 12.334/2010 é o dano potencial associado - DPA. Tanto nessa Lei, quanto na Lei 14.066 de 30 de setembro de 2020, que tratam da Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB, o DPA é um critério a ser avaliado continuamente no empreendimento barragem.

Sobre o DPA, lê-se no Art. 2º, inciso VII da Lei 12.334/2010, “dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem”. Conforme a Lei 14.066/20, nota-se que acrescentam informações, também no Art. 2º, Inciso VII dessa lê-se

> “[...] dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e os impactos sociais, econômicos e ambientais” (BRASIL, 2020).

Na Resolução Federal 143, de 10 de julho de 1912 – Ministério de Meio Ambiente e Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, Art. 5º, estão definidos critérios básicos a serem utilizados para a classificação do DPA (alto, médio ou baixo) conforme a realidade das barragens no que se refere a possíveis danos, dentre outros critérios: a) existência de população a jusante com potencial de perda de vidas humanas; b) existência de unidades habitacionais ou equipamentos urbanos ou comunitários; c) natureza dos rejeitos ou resíduos armazenados.

Além do DPA, outro critério que deve ser observado quando se trata de barragens é a modalidade de uso. Nesse critério, é fácil se notar que predominam interesses norteados pelo lucro, pelas regras que norteiam o modo de produção capitalista, explorar para extrair cada vez mais.

No estado da Bahia, entre as mais de (600) seiscentas barragens cadastradas conforme o Relatório de Segurança de Barragens – RSB (BRASIL, 2020), (172) cento e setenta e duas são da modalidade irrigação, havendo um predomínio absoluto dessa modalidade de barragem nos municípios de Ibicoara e Mucugê, na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu – BHRP, Polo Agrícola da Chapada Diamantina.

Tem-se por objetivo com este trabalho identificar a situação dos danos potenciais associados às barragens existentes na bacia do rio Paraguaçu, bem como, relacionar as diferentes modalidades de usos dessas barragens conforme o RSB 2020, disponibilizado pela Agência Nacional de Água e Saneamento Básico – ANA e, comparar possíveis avanços ou retrocessos em relação aos danos potenciais associados observados no RSB ano 2018.

Tanto no que se refere às diferentes realidades de DPAs, quanto às modalidades de usos das barragens na BHRP, comunidades e gestores têm se preocupado e alertam o Poder Público nas diferentes instâncias. Vale destacar a atuação da sociedade civil organizada, a atuação de coletivos a exemplo o Movimento dos Atingidos por Barragens - MAB e a Associação SOS Águas da Chapada que têm alertado continuamente sobre adversidades e ameaças relacionadas às águas, sobretudo, os danos potenciais associados nos espaços de exploração do agronegócio nos municípios que integram o Polo Agrícola da Chapada Diamantina.

A bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, doravante denominada BHRP, é composta por (88) oitenta e oito municípios do estado da Bahia, estando localizada na porção centro Leste do estado é considerada de grande importância econômica e social visto que, além do abastecimento de água para mais de 60% da cidade de Salvador, com a população estimada em 2.886.698 habitantes, no ano 2020 e de Feira de Santana com a população estimada em 619.609 habitantes, no ano 2020 e outras dezenas de cidades.

Conforme Pereira (2008), a BHRP ocupa uma área de 55.317 km², cerca de 10,14% no estado da Bahia. Inserida entre os paralelos -11° 17′ a -13° 36′ de latitude sul e os meridianos -38° 50′ a -42° 01′ de longitude oeste. As nascentes de cabeceiras da bacia surgem no município de Barra da Estiva, nas proximidades das fazendas Brejões, Farinha Molhada e Paraguaçu (GONÇALVES, 2014, pág. 53).

A BHRP representada na Figura 1, possui os seguintes limites naturais: ao Norte, as bacias dos rios São Francisco e Itapicuru; ao Sul limita-se com a bacia do rio de Contas e bacia do Recôncavo Sul; ao Oeste faz limite com as bacias dos rios São Francisco e de Contas; no Leste, os limites são as bacias do Recôncavo Norte, rio Inhambupe e a Baía de Todos os Santos.



Figura 1 - Localização da área de estudo.
Fonte: Brasil, 2020a; Brasil, 2019a; Brasil, 2019b; e Brasil, 2017. Produção dos autores.

2. Metodologia

A produção dos gráficos e quadros dispostos neste trabalho se deu por intermédio dos Relatórios de Segurança de Barragens, utilizando dados de 2018 e 2020, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA em meio digital. Após selecionar o quantitativo de barragens cadastradas em cada um dos relatórios citados se identificou os municípios onde essas barragens se encontram, destacando-se o DPA de cada barragem bem como a finalidade.

Na Tabela 1, um breve demonstrativo no que se refere às diferentes áreas, quantitativos populacionais, e barragens conforme o RSB - 2020. Observa-se que ao se comparar a área física do estado da Bahia, 564.760,427km² onde consta 605 barragens cadastradas com a área da BHRP, 54.877 km² com um total de 128 barragens, a BHRP entre seus 88 municípios conta

com 21,15% das barragens cadastradas no estado; sendo que, o município de Mucugê, com 45 barragens cadastradas totaliza 35,15% do total de barragens cadastradas na BHRP.

Tabela 1 – Comparativo de área, população e barragens cadastradas (RSB – 2020), na Bahia, na BHRP, em Ibicoara e Mucugê.

Territórios	Área (km²)	População (total)	Barragens Cadastradas RSB/2020
Bahia	564.760,427	14.812.617	605
BHRP	54.877	1.657.254	128
Ibicoara	817.355	17.282	15
Mucugê	2.462,153	10.545	45

Fonte: Bahia, 2011 e Brasil, 2020. Elaborado pelos autores.

Com os resultados foram confeccionados gráficos no programa Excel, para consolidar e expor as informações referentes aos danos potenciais associados e às modalidades de usos das barragens entre os dois municípios localizados na BHRP que apresentaram maior quantitativo de barragens.

A partir do tratamento das informações e representações gráficas foi possível se compara a dinâmica percentual tanto em relação aos danos potenciais associados - DPAs quanto às modalidades de usos dessas barragens nos dois anos da comparação, 2018 e 2020, no referido espaço.

3. Resultados e Discussões

A partir da análise dos dados foi plausível mensurar as mudanças no quantitativo de barragens na BHRP. Assim, verificou-se que, conforme o RSB/2018, (pág. 48), o estado da Bahia possuía 328 barragens cadastradas, sendo 104 no espaço da BHRP e, 51 nos municípios de Ibicoara e Mucugê. Já no RSB 2020, o estado da Bahia consta com 605 barragens cadastradas, 128 estão no espaço da BHRP e, 60 estão nos municípios de Ibicoara e Mucugê.

Após realizar a comparação entre o dano potencial associado em barragens no município de Ibicoara nos anos de 2018 e 2020, respectivamente, nas Figuras 2 e 3 se compreende que mesmo os percentuais sendo relativamente equivalentes (alto, médio e baixo) é notório que a percentagem de barragens que apresentaram DPA alto aumentou de 35% para 43%. Mesmo sabendo-se que nesse início de século se têm vivenciado incidentes e acidentes causados por barragens em diferentes espaços do Brasil e da Bahia.

Outro aspecto preponderante é a redução dos percentuais de DPA baixo em 2020, o qual o percentual decresceu de 35% em 2018 para 21% em 2020. Isso demonstra que, se diminui o percentual de DPA baixo novos problemas estão surgindo nos barramentos o que deve ser

motivo de cuidados por parte dos gestores e do Poder Público, dado que, nem sempre a população é informada de possíveis ameaças que podem lhes custar a vida.

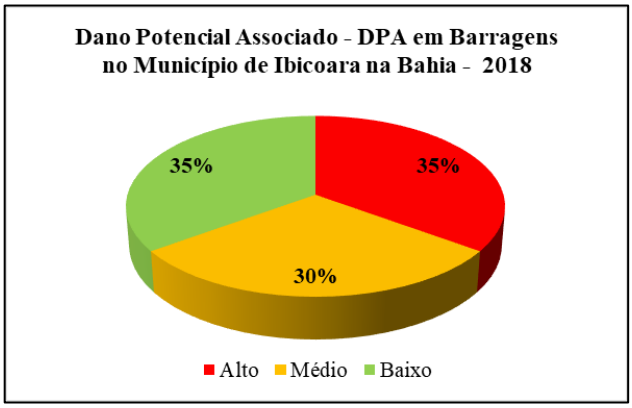


Figura 2 - Percentual de DPA em Barragens no Município de Ibicoara, na Bahia, no ano de 2018.
Fonte: Brasil, 2018. Produção dos autores.

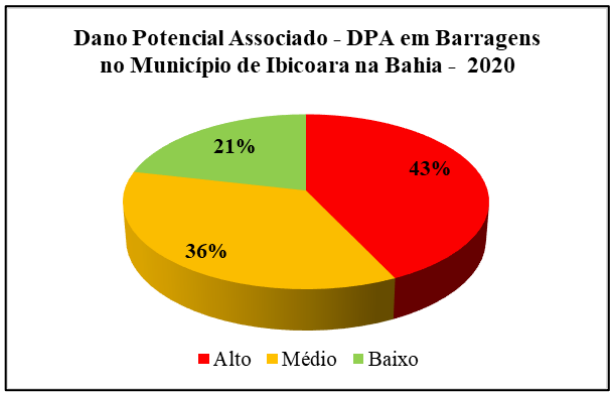


Figura 3 - Percentual de DPA em Barragens no Município de Ibocoara, na Bahia, no ano de 2020.
Fonte: Brasil, 2020b. Produção dos autores.

Os dados referentes ao município de Mucugê, chama-nos a atenção por diferentes aspectos: a) é o município que possui o maior quantitativo de barragens na modalidade irrigação, tanto no estado da Bahia quanto na BHRP; b) a realidade dos DPAs altos tanto no ano 2018, quanto no ano 2020, 76% e 69%, respectivamente nas Figuras 4 e 5, apresenta um cenário no mínimo de alerta, realidade que nem sempre é de conhecimento das pessoas que serão prejudicadas em caso de rompimento de uma dessas barragens; c) o município de Mucugê está localizado nas cabeceiras da BHRP, a montante de municípios e comunidades a exemplo: Ibicoara, Igatu; Nova Redenção; Itaetê, Boa Vista do Tupim, Brejo Novo, Marcionílio Souza, Iaçu, João Amaro, dentre outros, que dependem das águas de cabeceiras, que tipo de água essas populações recebem? E até quando esse bem natural existirá, no mínimo em quantitativo para

atender as necessidades básicas das populações como o consumo humano e a dessedentação animal, conforme se lê na Lei das Águas, 9.433/97 Art. 1º Inciso III e no Art. 2º Inciso II da Lei estadual 11.612 de 8 de outubro de 2009.

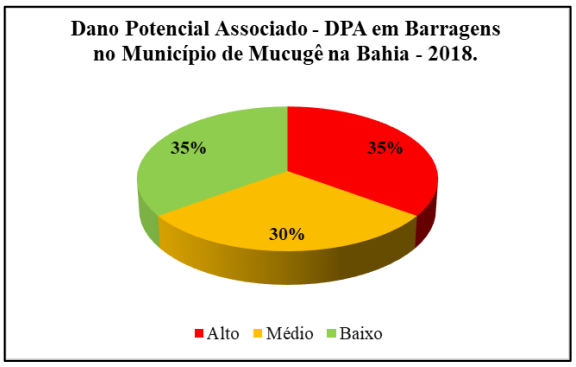


Figura 4 - Percentual de DPA em Barragens no Município de Mucugê, na Bahia, no ano de 2018.
Fonte: Brasil, 2018. Produção dos autores.

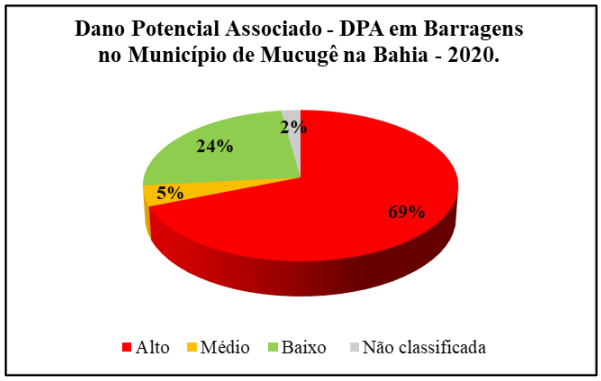


Figura 5 - Percentual de DPA em Barragens no Município de Mucugê, na Bahia, no ano de 2020.
Fonte: Brasil, 2020b. Produção dos autores.

A modalidade de uso das barragens é outra informação importante constante em cada um dos relatórios de segurança de barragem. Os modos de usos devem ser observados e interpretados sempre que proprietários, gestores e o Poder Público decidirem por alterações nos espaços onde existam tais empreendimentos.

Dente as principais modalidades, vale destacar a predominância absoluta da modalidade irrigação entre as barragens existentes em Ibicoara, pois, tanto o percentual referente ao ano de 2018, quanto o de 2020, 85% e 86%, respectivamente nas Figuras 6 e 7, demonstram que a prática de construir barragens é para atender às demandas da irrigação, para a produção do agronegócio.

Vale ressaltar que em diferentes oportunidades, movimentos organizados da sociedade civil, a exemplo o Movimento dos Atingidos por Barragens – MAB, bem como a Associação Ambiental SOS Águas da Chapada alertam a população no que se refere a esses excessos de usos das águas na modalidade irrigação. Esses movimentos, se preocupam ainda com os excessos de poços, muitos sem autorização, o que poderá afetar seriamente a disponibilidade hídrica na bacia.

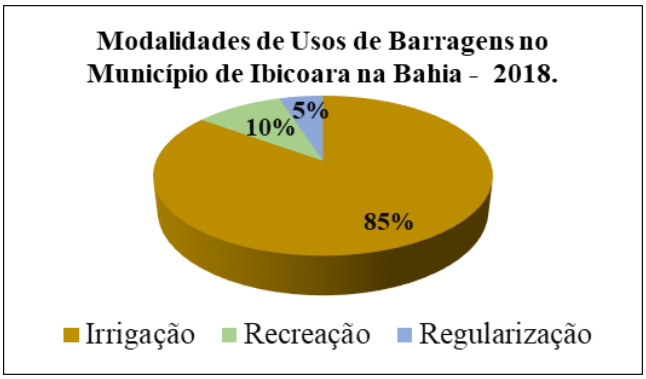


Figura 6 – Diferentes usos nas Barragens do Município de Ibicoara na Bahia, no de 2018.
Fonte: Brasil, 2018. Produção dos autores.

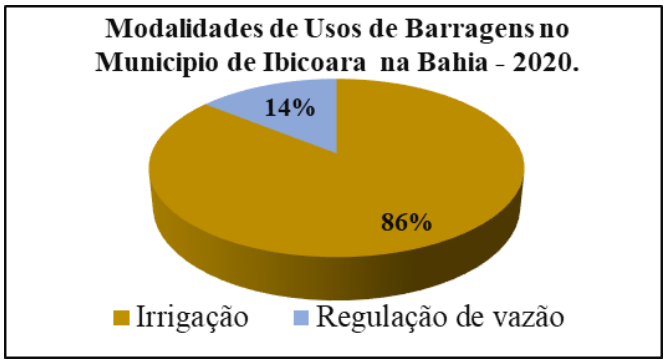


Figura 7 – Diferentes usos nas Barragens do Município de Ibicoara na Bahia, no de 2020.
Fonte: Brasil, 2020b. Produção dos autores.

Assim como no município de Ibicoara apresentado anteriormente, no município de Mucugê, os modos de usos das barragens são quase que exclusivamente para atender demandas da irrigação. Vale destacar que o percentual de 94% das barragens cadastradas no ano de 2018 que atendiam aos interesses dos irrigantes, apenas 3% na modalidade de regularização de vazão e 3% na modalidade de abastecimento, esses quantitativos denotados na Figura 8, pouco significam diante de tamanha diferença no que se refere ao modo de uso das barragens no município. Portanto, um ditado popular é pertinente para os usos das águas em Mucugê: “irrigar é o que interessa”.

Os valores expressados na Figura 9, mostram que ao realizar a comparação com a Figura 8, nota-se um aumento no modo de uso abastecimento que era de 3% no ano de 2018, aumentando para 11% no ano 2020, o que também pode ser responsável pela redução no modo de uso irrigação que era de 94% em 2018, baixando para 87% no ano 2020. Essa redução pode estar acontecendo por conta de mobilizações da sociedade civil organizada que não têm se calado diante das explorações dos bens naturais nesse município, conforme se destacou acima ações do MAB e da Associação SOS Águas da Chapada.

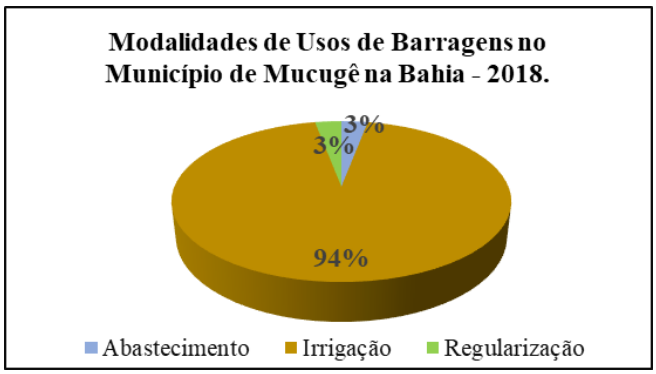


Figura 8 - Diferentes usos nas Barragens do Município de Mucugê na Bahia, no de 2018.
Fonte: Brasil, 2018. Produção dos autores.

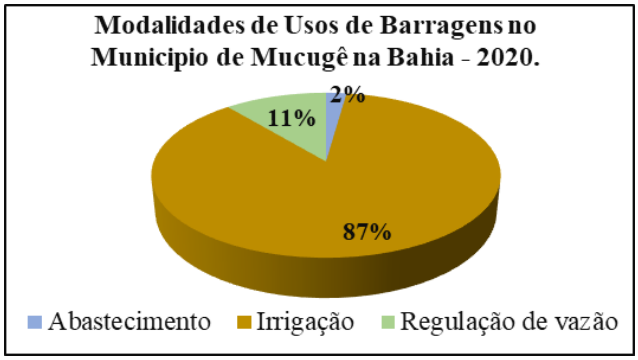


Figura 9 - Diferentes usos nas Barragens do Município de Mucugê na Bahia, no de 2020.
Fonte: Brasil, 2020b. Produção dos autores.

4. Considerações Finais

Danos potenciais associados e modalidades de usos são dois demonstrativos legais ao se falar em barragens no território brasileiro. Tanto a Lei Federal Lei 12.334/2010 quanto na lei Federal 14.066/20 que tratam da Política Nacional de Recursos Hídricos, são instrumentos bem elaborados, quiçá eficazes, mas que nem sempre são de conhecimento da população. Nisso

se concorda com Veiret, (2007, Pág. 105), ao afirmar que, “A existência de normas ou de regras não significa que elas sejam aplicadas, aplicáveis ou eficazes”.

A prática da construção de barragens, sobretudo, com a finalidade de irrigação como acontece na BHRP carece de melhor atenção da parte do Poder Público, dos gestores e das comunidades em geral. Vale destacar que a legislação que trata de barramento é uma conquista das sociedades organizadas, não se trata de uma iniciativa de proprietários de terra que usam os bens naturais apenas como recursos, algo a ser lançado a mão, como define Borba (2002, pág. 1342), no dicionário de usos do português do Brasil, “recurso é o ato de lançar mão”.

Para que a lei tenha resultados efetivo em se tratando dos bens naturais se faz necessário entender a água, o solo, a vegetação assim como entende Mendonça (2001, pág. 127), “Os elementos da natureza não devem ser reduzidos somente a recursos, pois antes de assim transformados constituem-se em bens e elementos naturais”.

Vale ressaltar que na maioria das vezes, o equipamento barragem ao ser construído em espaços já habitado se trata de uma tomada de decisão que nem sempre considera a legislação pertinente. A exemplo da possibilidade da perda de vidas humanas, dos impactos sociais, econômicos e ambientais em possíveis eventos de rompimento de uma barragem, conforme se lê no Inciso VII da Lei Federal 12.334/2010. No entanto, não são poucos os exemplos de barragens que já se romperam ou que correm o risco de romper e quando o prejuízo acontece já se sabe quem sairá perdendo. Como o dito popular, a corda só quebra do lado mais fraco.

Por fim, nenhuma lei estabelece o valor real dos impactos sociais, econômicos e ambientais, muito menos de uma vida humana, a exemplo do que ocorreu no dia 5 de novembro de 2015, quando ocorreu o rompimento da barragem do fundão no município mineiro de Mariana.

Referências

BAHIA. **Lei nº 11. 612** de 8 de outubro de 2009. Política Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: <www.seia.ba.gov.br> Acesso em: 15 de outubro de 2017.

_____ Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Estatística dos municípios baianos. Salvador: SEI, 2011. V 16.

BORBA, F. S. **Dicionário de usos do Português do Brasil**. Editora Ática, São Paulo, 20002.

BRASIL. **Base Cartográfica Contínua do Brasil. Escala 1:250.000**. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019a. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

_____ Base Hidrográfica Ottocodificada na Bacia do Rio São Francisco. Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico - ANA. 2017. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=438&currTab=distribution> Acesso em: 15 de julho de 2021.

_____Lei nº 9.433, de janeiro de 1997. Dispõe sobre a política nacional de recursos hídricos. Disponível em: <http//www.planalto.gov.br>. Acesso em 5 de outubro de 2017.

_____ Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. Disponível em: http//www.planalto.gov.br. Acesso em: 5 de julho de 2021.

_____ Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Define novos critérios para a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Disponível em: http//www.planalto.gov.br. Acesso em 5 de julho de 2021.

_____ Relatório de Segurança de Barragens 2018. Agência Nacional de Águas - ANA. 2018. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cadastros/barragens/RelatoriodeSegurancadeBarragen> Acesso em: 18 de outubro de 2018.

_____ Relatório de Segurança de Barragens 2020. Agência Nacional de Águas - ANA. 2020b. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem> Acesso em: 18 de outubro de 2018.

_____ Resolução 143, de 10 de julho de 2012, Ministério do meio Ambiente. Estabelece critérios gerais de classificação de dano potencial associado em barragens. Disponível em: <http//www.planalto.gov.br> Acesso em: 9 de julho de 2021.

_____ **Semiárido**. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – 2019b. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

_____ **Sistema nacional de Viação – SNV**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DENIT. 2020a. Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

GONÇALVES, M. J. de S**. Avaliação quantitativa das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu no estado da Bahia – Brasil**. 2014. 168 f. Tese (Doutoramento) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2014.

MENDONÇA, F. **Geografia socioambiental**. Terra Livre. São Paulo, n16, 2001.

PERERA, M. do C. N. **Composição do Comitê da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu – Bahia:** análise da origem geográfica e do setor econômico representado por seus membros como fatores intervenientes na gestão participativa de recursos hídricos. 2008. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília.

SOS Águas da Chapada Diamantina. Organização Não Governamental – ONG, com atuação em municípios da Chapada Diamantina na Bahia.

Análise das cheias e secas hidrológicas anuais no trecho semiárido da sub-bacia do rio Gongogi - Bahia

Bruna Palmeira Santos
Graduanda em Geografia pela Universidade Federal da Bahia
bruna.palmeira@ufba.br

Tiago Ribeiro Santos
Graduando em Geografia pela Universidade Federal da Bahia
t.ribeiro@ufba.br

Nilton de Oliveira
Doutorando em Geografia pela Universidade Federal da Bahia
niltonde@uol.com.br

Antônio Puentes Torres
Doutor pelo curso de Geografia da Universidade Federal da Bahia
antoniopuentes@hotmail.com

Resumo
A Política Nacional dos Recursos Hídricos define a bacia hidrográfica como a unidade de gestão do Plano Nacional de Recursos Hídricos. Sendo este, um instrumento relevante para manutenção das bacias hidrográficas. Contudo, muito dos desafios que perpassam a administração dos recursos hídricos, em alguns casos poderiam ser resolvidos com auxílio de estudos quantitativos. Partindo desse pressuposto, este trabalho visa analisar os dados de vazões no período de 1948 a 2018, na Estação fluviométrica 52790100 em Gongogi - BA, com destaque para o impacto da construção e operação de três barragens em diferentes pontos da bacia; barragem de Morrinhos (1957), barragem Queimadas (1999) e barragem de Mata do Meio (2000), ressaltando a influência no comportamento hídrico superficial da Sub-bacia Hidrográfica do rio Gongogi estabelecendo os períodos de cheias e secas hídricas. Após investigações se constatou que as amplitudes médias das cheias prevaleceram, já nas secas hídricas se observou percentual maior de amplitudes grandes, sendo constatado também anos sem tendências para cheias e secas. Por conseguinte, as barragens não obtiveram tanta influência nas amplitudes de cheias e secas hidrológicas, tendo em vista que as mudanças ocorridas no comportamento das vazões se deram por conta de outras variáveis físico-naturais.

Palavras-Chave: Barragens; Hidrologia; Semiárido; SBHRG.

1. Introdução

O Brasil é um país que abarca expressivos recursos hídricos, contudo tal potencialidade insere-se em difícil cenário de exploração. Tendo em vista o quão imprescindível se faz os recursos hídricos e, no intuito de garantir seus diferentes usos previstos por lei, torna-se necessário a criação e revisão constante de políticas assíduas para gestão dos recursos hídricos.

Conforme a Política Nacional dos Recursos Hídricos a bacia hidrográfica é a unidade de gestão do Plano Nacional de Recursos Hídricos. “A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água

escoada pelo exutório", (TUCCI, 1993, p. 41). O estudo do funcionamento desse sistema é possível através da observação do volume de água que entra e que escoa pelos rios. A análise do comportamento do escoamento superficial é possível a partir de uma série histórica de dados de vazão. "Série histórica: conjunto de dados hidrológicos hidrometerológicos de eventos que ocorreram no passado.", (GONÇALVES, 2002, p. 366). Por isso, assimilar as estimativas de vazão durante certo período, nos possibilita estudos de outras variáveis, a exemplo das amplitudes de cheias e secas hidrológicas, diagnosticada através das vazões médias máximas e mínimas.

A Sub-Bacia Hidrográfica do rio do Gongogi (SBHRG) que está situada no estado da Bahia entre os paralelos -14° 15'10,8"S e -15° 02'53,4"S e meridianos -39° 05′ 21,95"O e -40°10' 14,63"O, perpassando por duas mesorregiões baianas o Centro Sul e o Sul Baiano foi recorte espacial deste trabalho. A SBHRG possui cerca de 5.825,81 km^2 abrangendo de forma total ou parcial 14 municípios adaptado de (TEIXEIRA, 2012, p. 295), a SBHRG tem população total de 124.959 habitantes, (BAHIA, 2019).

O rio que nomeia a bacia é o Gongogi, o qual nasce no município de Gongogi – BA tendo importantes afluentes como o rio das Mulheres no município de Poções e o rio das Pombas no município de Nova Canaã e, desaguando no rio de Contas no município de Ubaitaba - BA. A SBHRG entende-se por uma área de transição climática, por isso apresenta também variações fito geológicas que vão da caatinga a oeste com trechos de Mata de Cipó (formação predominante no Planalto Sul Baiano) a Mata Atlântica na porção leste. "Com precipitações anuais variando de 900 a 1.200 mm e temperaturas médias anuais variando entre 20 a 25° C a UPGRH Gongogi é classificada com tipologia climática úmido a sub úmido e sub úmido a seco, com apenas um pequeno trecho inserida no semiárido." (BAHIA, 2019, p.10).

Tal quadro influencia o comportamento do escoamento superficial na bacia, alterando a dinâmica das vazões entre períodos de picos (cheias) e decréscimo (secas). A porção a oeste da SBHRG é compreendida pelo semiárido, o que potencializa as disputas pela água, por isso o estudo das vazões é fundamental para a identificação desses fenômenos e construção de estratégias preventivas para períodos de cheias ou de secas hídricas. A disposição de alguns desses elementos pode ser observada na Figura 1.

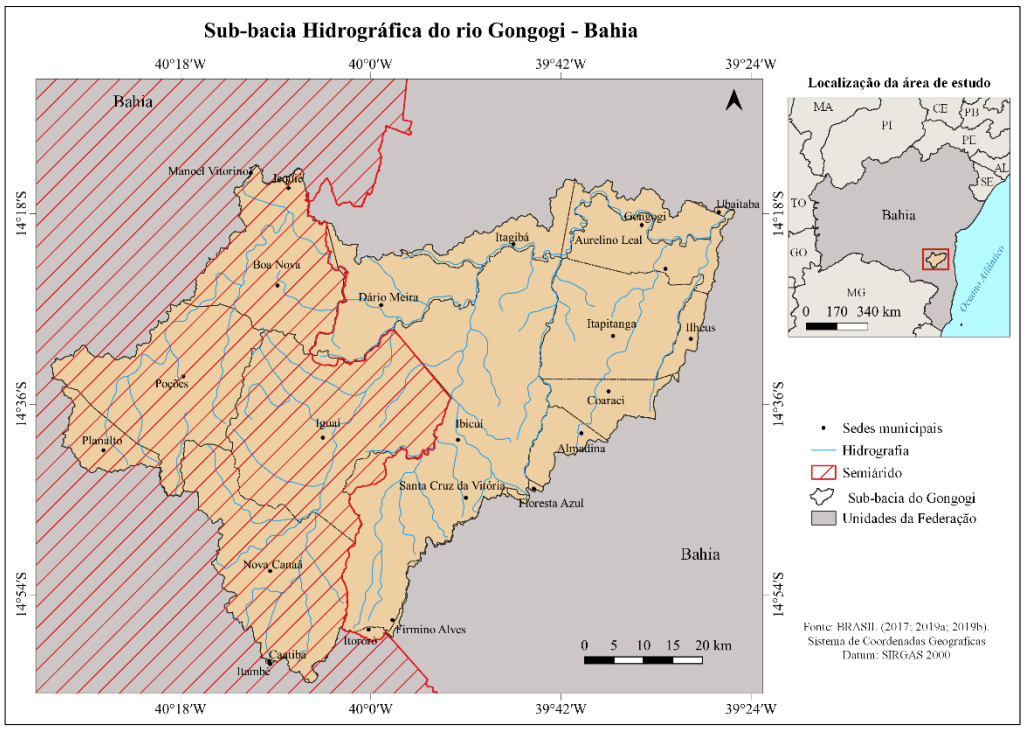


Figura 1: Localização da Sub-bacia Hidrográfica do rio Gongogi-Bahia.
Fonte: Brasil, 2020; Brasil, 2019a; Brasil, 2019b; e Brasil, 2017. Produção própria dos autores.

Tendo em vista a importância da análise estatística para a gestão de recursos hídricos este trabalho tem por objetivo a análise dos dados de vazões no período de 1948 a 2018, na Estação 52790100 em Gongogi - BA, com destaque para o impacto da construção e operação de três barragens em diferentes pontos da bacia; barragem de Morrinhos, barragem de Queimadas e barragem de Mata do Meio tendo início de operação, respectivamente, nos anos de 1957, 1999 e 2000, além de ressaltar a influência no comportamento hídrico superficial da SBHRG, estabelecendo os períodos de cheias e secas hídricas. Considerando que essas informações podem servir de subsídio para o controle e/ou planejamento contra possíveis inundações, ou secas nessa região.

2. Metodologia

A metodologia aplicada consiste em quatro etapas para a realização da pesquisa e adaptado de SANTOS et al (2021, no prelo): a primeira foi a revisão bibliográfica e obtenção de dados quantitativos; a segunda foi a revisão das informações obtidas; em seguida a sistematização e consolidação dos dados para geração dos gráficos; e por fim, a interpretação dos resultados logrados.

2.1 Revisão bibliográfica e obtenção de dados quantitativos

A primeira etapa consistiu no levantamento de informações sobre os aspectos físicos da área de estudo, principalmente na análise da hidrologia local. Logo, se valendo da metodologia de quantificação das águas superficiais criada por Gonçalves, intitulada de Hidrologia Avançada Experimental, foi possível a averiguação dos dados. Os dados foram obtidos através da plataforma digital HidroWeb que pertence a Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico - ANA, que consistiu na coleta dos dados dispostos na série histórica de vazões no período de 1948 a 2018 na Estação Gongogi – código 52790100 (fluviométrica).

2.2 Revisão das informações coletadas

Posteriormente a coleta dos dados, é necessário averiguar a possível existência de lacunas, que influenciam no resultado da pesquisa. Por isso, foi realizado o preenchimento de algumas lacunas encontradas, utilizando o método das médias aritméticas para o preenchimento dos campos faltantes através do programa Excel.

2.3 Sistematização e consolidação dos dados para geração dos gráficos

Nessa etapa ocorreu a seleção e o estabelecimento dos dados que foram utilizados para confecção dos gráficos, o qual sua manipulação ocorreu por intermédio do programa Excel. Deve-se ressaltar que os gráficos e quadros produzidos para o alcance dos resultados esperados correspondem a: classificação da amplitude das cheias e secas; cheia hidrológica e seca hidrológica.

2.3.1 Classificação da amplitude das cheias e secas

Para construção do quadro de classificação das amplitudes de cheias e secas, representado no Quadro 1, é necessário consolidar os valores de vazão máxima, vazão média máxima, vazão mínima e vazão média mínima (MACÊDO, 2020), em seguida é preciso utilizar os parâmetros definidos por Gonçalves (2019) para estabelecer as amplitudes salientadas em pequena, média e grande.

Quadro 1: Classificação das amplitudes das secas e cheias hidrológicas.

Amplitude	Limites da Seca Hidrológica	Limites da Cheia Hidrológica
Pequena	Vazão média mínima – 2/3 (vazão média mínima)	Vazão média máxima – 3/2 (vazão média máxima)
Média	2/3 (vazão média mínima) – 1/3 (vazão média mínima)	3/2 vazão média máxima – 2x (vazão média máxima)
Grande	< 1/3 (vazão média mínima)	>2x (vazão média máxima)

Fonte: Gonçalves, 2016. e 2020.

2.3.2 Cheia hidrológica

Após a classificação da amplitude é factível construir o gráfico da cheia hidrológica, usando os valores da vazão máxima e vazão média máxima, o qual é realizado o seguinte cálculo: 3/2 vezes a vazão média máxima, em sequência numa coluna oposta 2 vezes a vazão média máxima para se obter o limite das cheias hidrológicas.

2.3.3 Seca hidrológica

O gráfico de secas hidrológicas é confeccionado a partir dos valores de vazão mínima, vazão média mínima, tendo como configuração a seguinte expressão: 2/3 vezes a vazão média mínima, posteriormente numa outra coluna 1/3 vezes a vazão média mínima para se alcançar o limite das secas hidrológicas.

2.4 Interpretação dos resultados logrados

Diante dos gráficos, podemos assimilar as características das cheias e secas hidrológicas da sub bacia hidrográfica do rio Gongogi, mostrando as tendências que podem se repetir futuramente. Compreendendo que essa variável pode ser útil para os governantes e gestores que realizam o planejamento das águas da bacia, assim como para a sociedade.

A Figura 2 representa os processos realizados para obtenção dos resultados esperados.

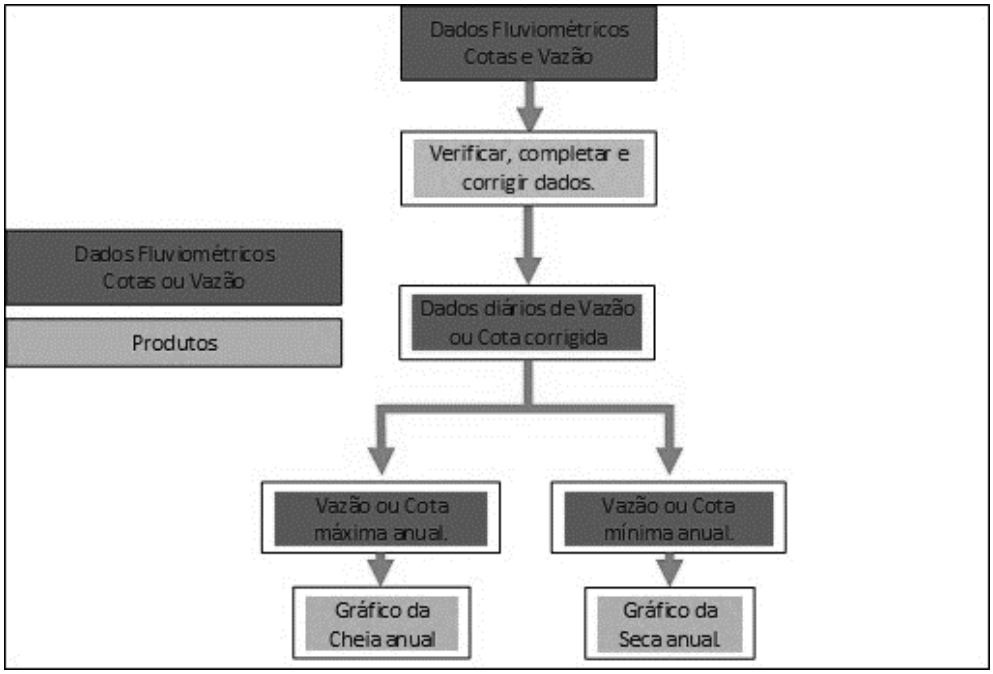


Figura 2: Fluxograma da metodologia utilizada no trabalho.
Fonte: Adaptado de Gonçalves & Andrade (2020).

3. Resultados e Discussões

Verificando o comportamento das vazões máximas observa-se que os valores de vazão máxima estiveram em boa parte abaixo da média máxima, ou seja, anos sem tendência à cheia hidrológica. Na Figura 3 é possível afirmar que o comportamento das vazões máximas mesmo após a operação de Morrinhos em 1957 se manteve estável registrando cheias que ultrapassaram os valores de 3/2 da vazão média máxima, tal situação se modifica entre os anos de 1961 e 1963 que tem leve recuperação, mas com recuperação apenas das vazões médias entre 400 m^3/s a 500 m^3/s, a recuperação das vazões segue continua e no ano de 1965 é registrado uma vazão superior a 2x vazões médias máximas com valor de 923 m^3/s; tal situação se repete mais uma vez em 1981, no entanto, com uma vazão pouco maior que 2x vazões médias máximas. Essa situação também ocorreu posteriormente ao início da operação do reservatório de Queimadas em 1999 não revelando impactos negativos nas vazões máximas, pois mesmo com a construção da barragem se tinha um período de cheia. A barragem de Mata do Meio, por outro lado, trouxe impactos negativos com a diminuição das vazões máximas até 2002.

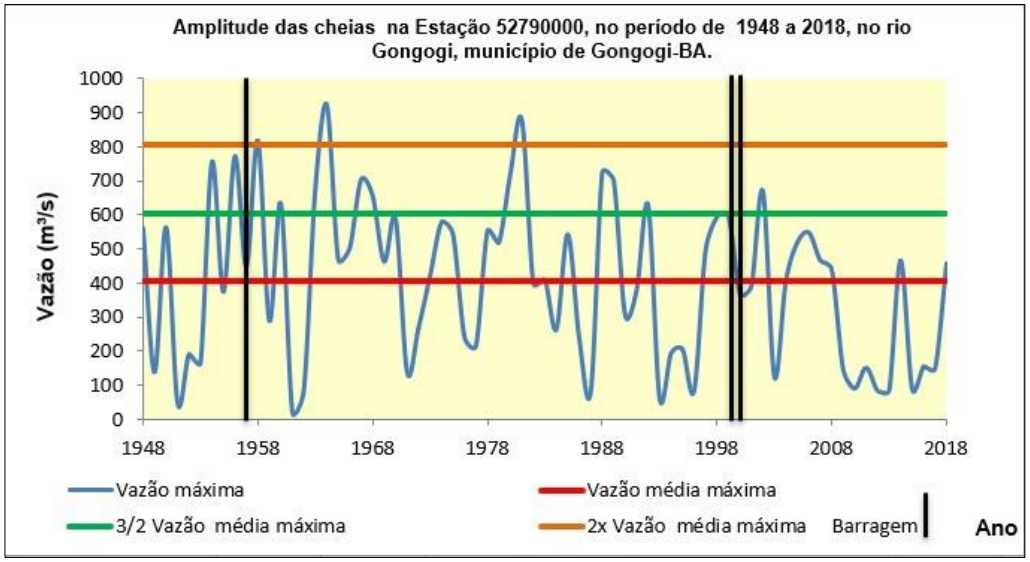


Figura 3: Amplitude das cheias na Estação 52790100 no período de 1948 a 2018, na SBHRG.
Fonte: Brasil, 2020. Produção própria dos autores.

Considerando a necessidade de transmitir de forma nítida os resultados encontrados, optou-se por efetuar o cálculo percentual da ocorrência das amplitudes de cheias e secas hidrológicas, de modo que foram verificadas amplitudes grandes no decorrer do período analisado, mas com certa estabilidade ditada pelos anos de amplitudes pequenas. Por isso, dos setenta anos analisados apenas 8% dos anos foram de amplitude de cheias grandes e a maioria (62%) foram anos de cheias de amplitude pequena. Esses valores podem ser observados na Figura 4.

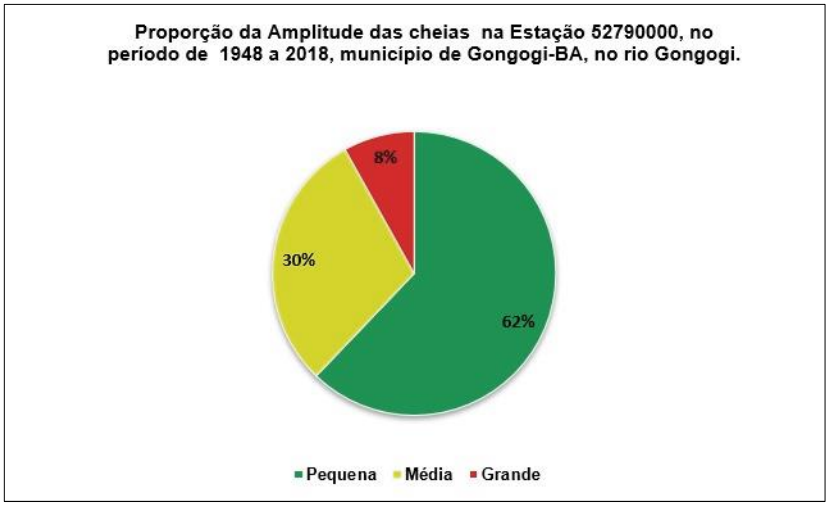


Figura 4: Proporção da Amplitude das cheias na Estação 52790100 no período de 1948 a 2018, na SBHRG.
Fonte: Brasil, 2020. Produção própria dos autores.

Diante dos valores encontrados foi imprescindível realizar a comparação entre os períodos de anos com cheia e anos sem cheia. Deste modo, nos setenta anos analisados,

podemos visualizar a divergência nas tendências, visto que em 52% dos anos tivemos cheias e em 48% foram anos sem propensão a cheia. Essa realidade pode ser visualizada na Figura 5.

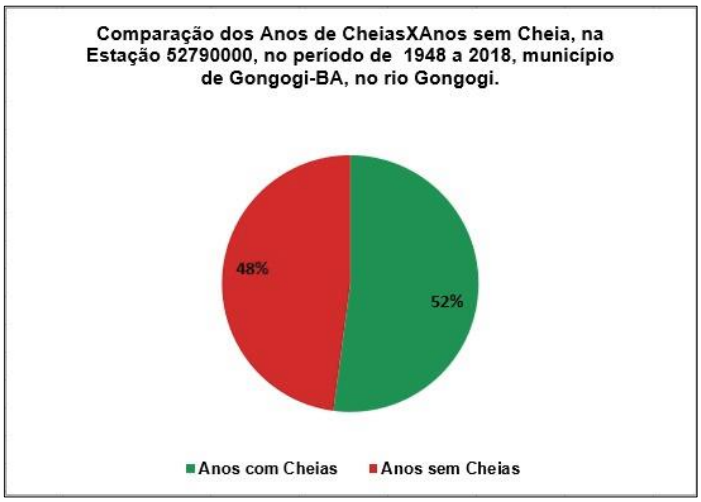


Figura 5: Comparação de anos com cheias e sem cheias, no período de 1948 a 2018, na SBHRG.
Fonte: BRASIL 2020. Produção própria dos autores.

Observando o gráfico de amplitude das secas da Figura 6 é perceptível que a SBHRG no período de estiagem tem tendência para o déficit hídrico, pois as vazões mínimas chegam a zero em grande parte dos anos, contudo é nítido que entre os anos de 1968 a 1993 as vazões mínimas registraram vazões superiores à vazão média mínima alcançando valores de 22 m³/s. A operação tanto de Morrinhos no ano de 1957 quanto de Queimadas no ano 1999 não trouxe impactos negativos as vazões, a partir dos anos 2000, ano de operação da barragem de Mata do Meio, a situação muda e um período extenso de seca se estende entre 2000 a 2007 com leve recuperação em 2008 ultrapassando a vazão média mínima, mas retomando o quadro de seca até 2018, sendo em 2015 o ano mais crítico em que as vazões chegaram a zero.

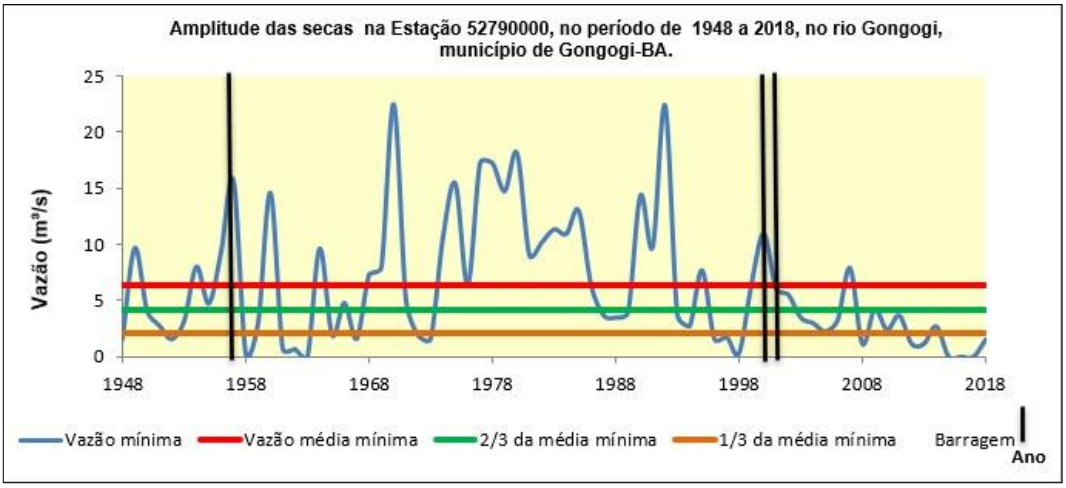


Figura 6: Amplitude das secas na Estação 52790100 no período de 1948 a 2018, na SBHRG.
Fonte: BRASIL 2020. Produção própria dos autores.

Outrossim, ao que foi realizado com as cheias hidrológicas, também buscamos compreender de forma percentual a proporção das secas hidrológicas no período analisado. Nos setenta anos examinados podemos averiguar o percentual de 50% dos anos com tendência à seca hidrológica do tipo grande, conforme a Figura 7.

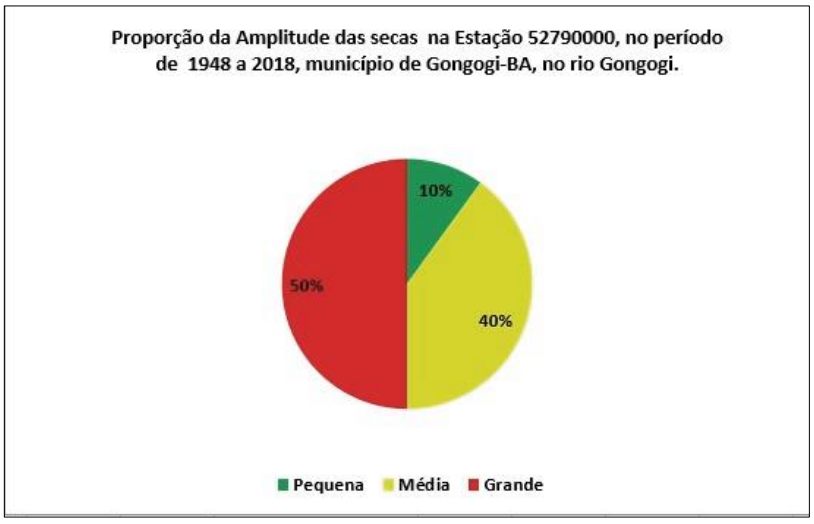


Figura 7: Proporção da Amplitude das secas na Estação 52790100 no período de 1948 a 2018, na SBHRG.
Fonte dos dados: BRASIL 2020. Produção própria dos autores.

No que se refere a comparação entre os anos com ou sem secas hidrológicas, podemos notar na Figura 8 o predomínio dos anos com seca, totalizando 56% dos setenta anos investigados, e 44% desse período apresentou tendência há anos sem seca.

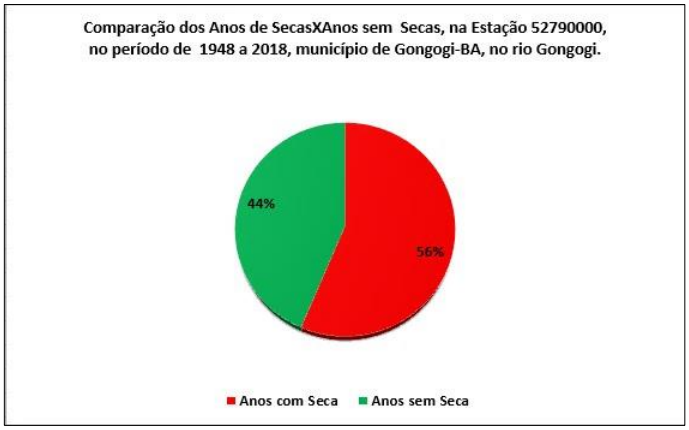


Figura 8: Comparação de anos com secas e sem secas, no período de 1948 a 2018, na SBHRG.
Fonte: BRASIL 2020. Produção própria dos autores.

4. Considerações Finais

É perceptível que a SBHRG no período de estiagem tem tendência para o déficit hídrico, pois as vazões chegam à zero, contudo é nítido que entre os anos de 1968 a 1993 as vazões mínimas registraram vazões superiores à vazão média mínima alcançando valores de 22 m³/s. O início da operação dos reservatórios de Morrinhos e Queimadas, respectivamente, nos anos de 1957 e 1999 não trouxe impactos negativos às vazões, a partir dos anos 2000, ano de operação da barragem de Mata do Meio, a situação muda e um período extenso de seca se estende entre 2000 a 2007 com leve recuperação em 2008 ultrapassando a vazão média mínima, mas retomando o quadro de seca até 2018 sendo em 2015 o ano mais crítico em que as vazões chegaram à zero.

Por conseguinte, o comportamento das cheias e secas sofreu influência das vazões em certos períodos, mas não totalmente em virtude da operação das barragens, pois fatores externos também contribuíram para períodos de déficit hídrico, como os períodos de estiagem nas áreas semiáridas, comprovando que tais estratégias (construção de reservatórios) vêm sendo parcialmente eficientes para a garantia da água.

Referências

BAHIA, Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos-INEMA, **Minuta Final Do Plano De Recursos Hídricos Da Bacia Hidrográfica Do Rio Das Contas** (PRHRC) (PP-05), 195 f. Novembro de 2019, Salvador.

BRASIL, **Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico** (ANA), 2020. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas> Acesso em:12 de janeiro de 2020.

GONÇALVES, M. J. de S.; ANDRADE, J. J. de S. **Avaliação da barragem de São José do Jacuípe, 34 anos depois de sua inauguração, seus usos, gestão e consequências da operação.** Simpósio Nacional o Rural e o Urbano no Brasil – SINARUB. Universidade Católica, 2020, Salvador. 2020. Disponível em: < https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/21527/1/Tese%20Mario%20Jorge.pdf> Acesso em:12 de janeiro de 2020.

GONÇALVES, M. J. de S. **Avaliação do impacto ambiental da redução de vazão na foz do rio São Francisco**. I Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2016, Juazeiro -BA. Disponível em: < http://cdn.agenciapeixevivo.org.br/media/2019/06/Avaliza%C3%A7%C3%A3o-do-impacto-ambiental-da-redu%C3%A7ao-de-vaz%C3%A3o-na-foz-do-Rio-SF.pdf> Acesso em: 16 de julho de 2021.

GONÇALVES, M. J. S. (2019b). **Curvas integradas das médias acumuladas de precipitação e vazão (CIMApv) e sua interação com o tempo de retardo médio (TRM).** Salvador, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/334446843_Curvas_integradas_das_medias_acumuladas_de_precipitacao_e_vazao_CIMApv_e_sua_interacao_com_o_tempo_de_retardo_medio_TRM >. Acesso em: 16 de julho de 2021.

GONÇALVES, M. J. S. **Glossário de Hidrologia**. Salvador, Bahia: [s.n.], 2002. 427 p. il.

MACÊDO, L. de L. **Análise Hidrológica da Bacia Hidrográfica do rio Jequitinhonha, Brasil** 2020. 109p. Trabalho Final de Graduação – Programa de Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2020.

SANTOS, T. R.; CONCEIÇÃO, R. P. da.; OLIVEIRA, N. de. TORRES, A. P. **Análise das Cheias e Secas Hidrológicas Anuais na Porção do Semiárido da Bacia do rio Corrente.** Simpósio Núcleo de Estudos das Paisagens Semiáridas Tropicais – NEPST, 2021, Senhor do Bonfim- BA. No prelo.

TEIXEIRA, A. C de O; ALMEIDA, T. M. de; MOREAU, M. S.; MOREAU, A. M. S. dos S.; CORREIO, M. do N. C. **Caracterização física e socioeconômica da bacia hidrográfica do rio Gongogi, Bahia.** Revista: Caminhos de Geografia. UFU. v. 13, n. 43, p. 293–306, out/2012. Uberlândia. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/16731/10534>. Acesso em: 31 de janeiro de 2021.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1993.

Análise das cheias e secas hidrológicas anuais na porção semiárida da bacia do rio Corrente (BA)

Tiago Ribeiro Santos
Graduando em Geografia pela Universidade Federal da Bahia
t.ribeiro@ufba.br

Rodrigo Pessoa da Conceição
Graduando em Geografia pela Universidade Federal da Bahia
drigopessoa_2@hotmail.com

Nilton de Oliveira
Doutorando em Geografia pela Universidade Federal da Bahia
niltonde@uol.com.br

Antônio Puentes Torres
Doutor pelo curso de Geografia da Universidade Federal da Bahia
antoniopuentes@hotmail.com

Resumo
A análise e diagnósticos das variáveis hidrológicas é fundamental para o conhecimento do comportamento de uma bacia hidrográfica. Um dos métodos para previsão do desempenho de uma bacia é através da análise das cheias e secas hidrológicas, que permitem emular possíveis inundações ou períodos de seca a partir de dados estatísticos, ponderável para o planejamento e gestão das águas. Portanto, o presente trabalho visa analisar os valores de vazão máxima, vazão média máxima, vazão mínima e vazão média mínima, observando como esses indicadores influenciaram as amplitudes de secas e cheias hidrológicas no rio Corrente-BA. Assim, não foram constatadas amplitudes grandes no decorrer do período analisado. Contudo, em vinte e dois dos quarenta e quatro anos averiguados foi notório variações de cheias, sendo 82% de amplitude de cheias pequenas, e 18% de amplitudes de cheias médias. Em relação às secas hidrológicas, foi observado no mesmo intervalo 95% de amplitudes de secas pequenas e 5% de amplitudes de secas grandes. Convém ressaltar, que não obtivemos anos de médias amplitudes. Por fim, se percebeu que a metodologia adotada permitiu analisar quantitativamente os eventos supracitados, além da obtenção de informações que podem amparar estratégias governamentais para evitar possíveis transtornos originados por eventos extremos.

Palavras-Chave: Hidrologia; Tendências; Semiárido; Identidade Fluvial.

1. Introdução

A complexidade em gerir os recursos naturais no Brasil é um dilema que permeia até os dias atuais. Dentre esses recursos, temos a água, que serve de subsídio para diversas atividades na Bahia e no semiárido brasileiro. Contudo, comumente observamos conflitos associados aos usos múltiplos das águas, além dos problemas originados por eventos naturais e/ou atípicos, a exemplo do que aconteceu em 2016 no oeste da Bahia, quando as chuvas fortes provocaram a cheia do rio Corrente, atingindo diversos municípios, principalmente Santa Maria da Vitória – BA, provocando sérios problemas à população. De modo que, a análise e diagnósticos das

variáveis hidrológicas é fundamental para o conhecimento do comportamento de uma bacia hidrográfica.

Assim, é preciso salientar a necessidade de investigar o comportamento das cheias e secas hidrológicas, pois prever a cheia de longo prazo pode servir de parâmetro para mensurar quando irá ocorrer a inundação em valores estatísticos, sem definir quando ocorrerá a cheia. Essa previsão a longo prazo é baseada na observação estatística da sucessão de níveis no passado e permite estabelecer os níveis de enchente para alguns riscos escolhidos (TUCCI 1993). Em contrapartida, a seca hidrológica ocorre quando em determinado período os valores das vazões máximas e mínimas se encontram, respectivamente, abaixo da média histórica máxima e mínima. Tendo em vista que, esse comportamento tende a ser prolongado, possibilitando um preponderante decréscimo nos níveis de reservas hídricas dos reservatórios, bem como a diminuição dos níveis de água no solo e nos aquíferos, afetando diretamente nos valores de vazões dos rios (Gonçalves 2014).

O recorte espacial deste trabalho, a bacia hidrográfica do rio Corrente (BHRC), encontra-se inserida na região Oeste da Bahia, situada entre as coordenadas 12° 36′ e 14º42 S 43° 36′ e 46° 0′ W, possuindo cerca de 34.875 km². Abrange totalmente os municípios de Canápolis, Correntina, Jaborandi, Santa Maria da Vitória, e parcialmente os municípios de Baianópolis, Bom Jesus da Lapa, Cocos, Coribe, Santana, São Desidério, São Félix do Coribe, Serra do Ramalho e Sítio do Mato. Segundo as estimativas populacionais do IBGE em 2020 a somatória da população desses municípios é de 286.939 habitantes. A distribuição desses municípios na BHRC pode ser observada na Figura 1.

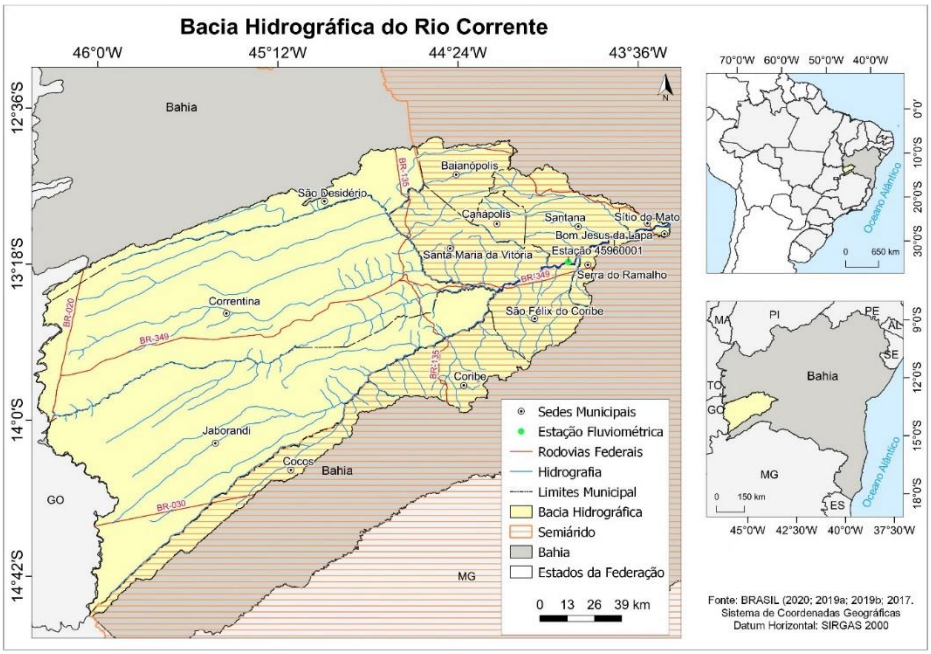


Figura 1: Localização da área de estudo.
Fonte: Brasil, 2020; Brasil, 2019a; Brasil, 2019b; e Brasil, 2017. Produção própria dos autores.

A partir da Figura 1, podemos observar que a BHRC está localizada parcialmente na porção do semiárido brasileiro. Convém ressaltar, que apesar de não estar totalmente inclusa no semiárido, os dados coletados nesse estudo estão localizados no município de Santana, o qual possui a estação fluviométrica adequada para interpretação dos dados hidrológicos.

No que ser refere aos limites naturais da BHRC, ela se localiza limitada ao sul com a bacia do rio Carinhanha, onde faz divisa com o estado de Minas Gerais, ao norte com a bacia do rio Grande, a leste com o rio São Francisco e a oeste com a bacia do rio Tocantins.

O rio Corrente que nomeia a BHRC, nasce da confluência dos rios Correntina e Formoso. Além desses rios, a bacia possui outros, que servem de suporte principalmente para produção agropecuária, a exemplo: os rios Corrente, Correntina, Formoso, do Meio, Arrojado, Guará, Mutum, dos Morrinhos, das Éguas, os córregos do Ribeirão, Barreiro, Veradãozinho, veredão ou Ponta D'Água e vereda do Bonito. A representação de alguns desses rios, riachos e veredas pode ser observada na Figura 2.

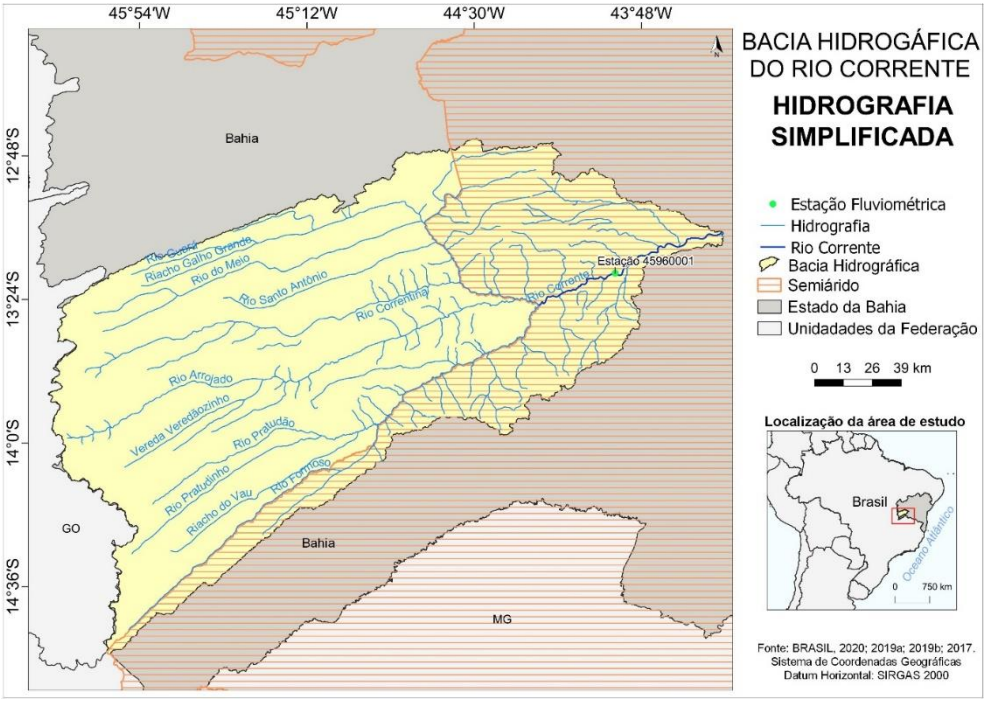


Figura 2: Hidrografia simplificada da área de estudo.
Fonte: Brasil, 2020; Brasil, 2019a; Brasil, 2019b; e Brasil, 2017. Produção própria dos autores.

Em consideração ao que foi exposto, é plausível destacar a importância da análise estatística como meio de gerenciamento e monitoramento dos recursos hídricos e de seus principais usos. Incluir ações que justifiquem a abordagem utilizada para essas análises também se faz necessário, visto que essas ações podem estar atreladas às diversas variáveis apresentadas pela bacia ou corpo hídrico estudado.

Destarte, esse trabalho visa examinar os valores de vazão máxima, vazão média máxima, vazão mínima e vazão média mínima, investigando como esses indicadores influenciaram nos períodos de cheias e secas hidrológicas, concernentes à série histórica disponível no intervalo 1977 a 2020, na Estação 45910001, em Santana – BA, bem como sua configuração temporalmente na bacia hidrográfica do rio Corrente. Considerando que esses fatores podem servir de subsídio para o controle e/ou planejamento contra possíveis inundações, ou redução dos reservatórios nessa região. Em posse dessas informações, gestores podem planejar estratégias atreladas as tendências construídas a partir desse estudo.

2. Metodologia

O arranjo metodológico deste trabalho foi dividido em quatro etapas e adaptado de MACÊDO (2020): a primeira foi a revisão bibliográfica e obtenção de dados quantitativos; a

segunda foi a revisão das informações obtidas; em seguida a sistematização e consolidação dos dados para geração dos gráficos; e por fim, a interpretação dos resultados logrados.

2.1 Revisão bibliográfica e obtenção de dados quantitativos

Nesta etapa foi realizado um levantamento sobre os aspectos físicos, principalmente no que tange a hidrologia no local examinado, averiguando o que vem sendo discutido acerca da temática utilizada. Posteriormente, ocorreu o discernimento a respeito dos estudos realizados por Gonçalves, que criou uma metodologia para quantificar águas superficiais (publicada de forma disseminada em vários trabalhos) intitulada de Hidrologia Avançada Experimental. A possibilidade de investigação dos dados se deu por intermédio da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico – ANA, recorrendo a sua plataforma digital Hidroweb para aquisição dos dados, dispostos numa série histórica entre 1977 a 2020, na Estação Porto Novo (fluviométrica).

2.2 Revisão das informações coletadas

Após a coleta dos dados, é necessário averiguar a possível existência de lacunas, que acabam influenciando no resultado do trabalho. Assim, foi realizado o preenchimento de algumas lacunas encontradas, utilizando o método das médias aritméticas para o preenchimento dos campos faltantes.

2.3 Sistematização e consolidação dos dados para geração dos gráficos

Nessa etapa ocorreu a seleção e o estabelecimento dos dados que foram utilizados para confecção dos gráficos, o qual sua manipulação ocorreu por intermédio do programa Excel. Convém ressaltar que os gráficos e quadros produzidos para o alcance dos resultados almejados no trabalho resumem-se em: Classificação da amplitude das cheias e secas; cheia hidrológica e seca hidrológica.

2.3.1 Classificação da amplitude das cheias e secas

Para construção do quadro de classificação das amplitudes de cheias e secas, representado no Quadro 1, é necessário consolidar os valores de vazão máxima, vazão média máxima, vazão mínima e vazão média mínima (MACÊDO, 2020), em seguida é preciso utilizar os parâmetros definidos por Gonçalves (2019a) para estabelecer as amplitudes salientadas em pequena, média e grande.

Quadro 1: Classificação das amplitudes das secas e cheias hidrológicas.

Amplitude	Limites da Seca Hidrológica	Limites da Cheia Hidrológica
Pequena	Vazão média mínima – 2/3 (vazão média mínima)	Vazão média máxima – 3/2 (vazão média máxima)
Média	2/3 (vazão média mínima) – 1/3 (vazão média mínima)	3/2 vazão média máxima – 2x (vazão média máxima)
Grande	< 1/3 (vazão média mínima)	>2x (vazão média máxima)

Fonte: Gonçalves 2016 e 2020.

2.3.2 Cheia hidrológica

Após a classificação da amplitude é factível construir o gráfico da cheia hidrológica, usando os valores da vazão máxima e vazão média máxima, o qual é realizado o seguinte cálculo: 3/2 vezes a vazão média máxima, em sequência numa coluna oposta 2 vezes a vazão média máxima para se obter o limite das cheias hidrológicas.

2.3.3 Seca hidrológica

O gráfico de secas hidrológicas é confeccionado a partir dos valores de vazão mínima, vazão média mínima, tendo como configuração a seguinte expressão: 2/3 vezes a vazão média mínima, posteriormente numa outra coluna 1/3 vezes a vazão média mínima para se alcançar o limite das secas hidrológicas.

2.4 Interpretação dos resultados logrados

Diante dos gráficos, podemos assimilar as características das cheias e secas hidrológicas da bacia hidrográfica do rio Corrente, mostrando o comportamento do rio e possíveis tendências. Compreendendo que essa variável pode ser útil para os governantes e gestores que realizam o planejamento das águas da bacia, assim como para a sociedade. A Figura 3 representa os processos realizados para obtenção dos resultados esperados.

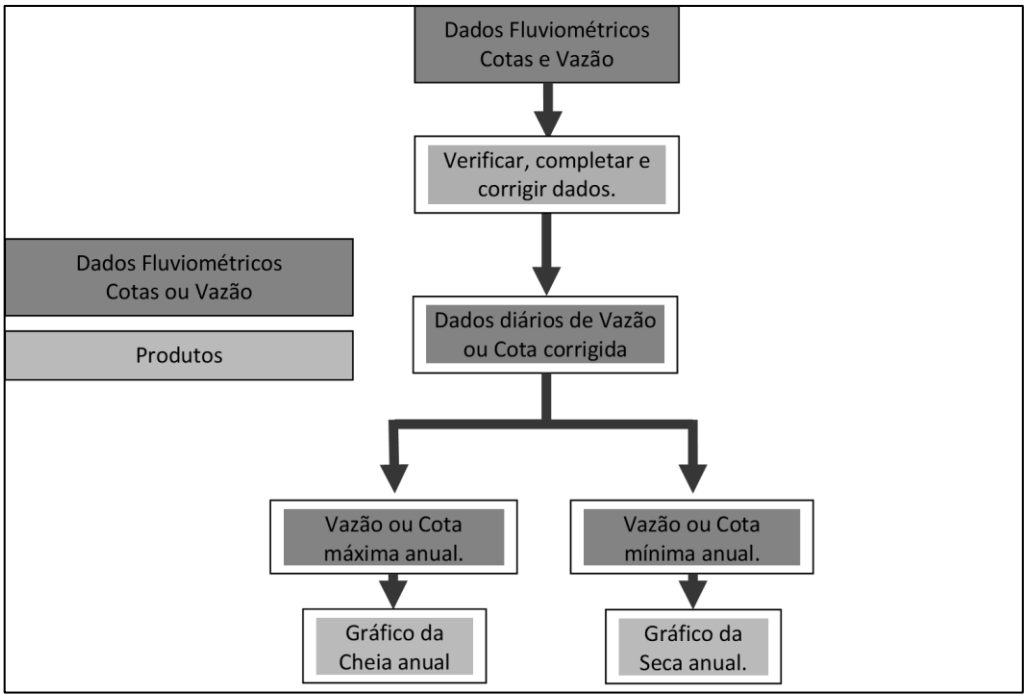


Figura 3: Fluxograma da metodologia utilizada no trabalho.
Fonte: Adaptado de Gonçalves & Andrade (2020).

3. Resultados e Discussões

Analisando o comportamento das vazões máximas, constatamos que os valores de vazão máxima estiveram em grande parte abaixo da média máxima, ou seja, anos sem tendência à cheia hidrológica. Contudo, podemos observar na Figura 4 que no ano de 2016 tivemos cheias de amplitudes médias, pois os valores de vazão máxima estavam acima de 3/2 vezes a vazão média máxima, justamente no ano em que ocorreu fortes chuvas convectivas na região oeste da Bahia, ocasionando o transbordamento do rio Corrente.

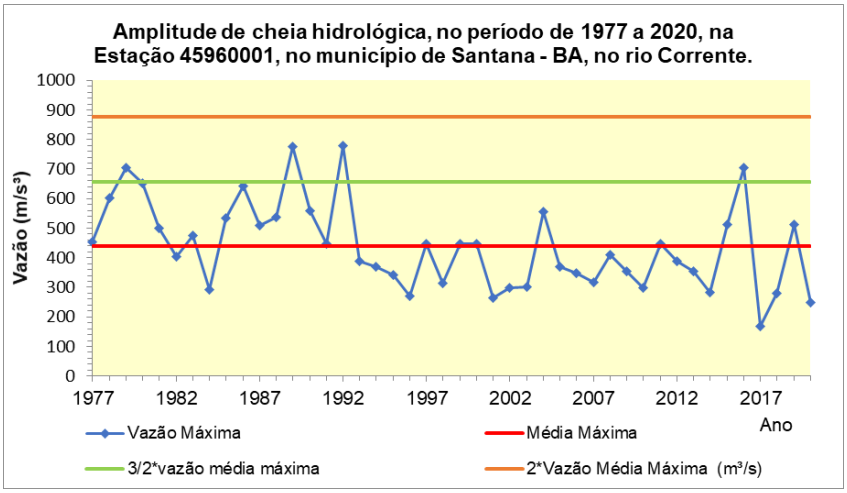


Figura 4: Amplitude de cheia hidrológica no período de 1977 a 2020, na BHRC.
Fonte: Brasil, 2021. Produção própria dos autores.

Assimilando a necessidade de aperfeiçoar os resultados encontrados, optou-se por efetuar o cálculo percentual da ocorrência das amplitudes de cheias e secas hidrológicas, de modo que não foram verificadas amplitudes grandes no decorrer do período analisado. Por isso, dos quarenta e quatro anos analisados, o percentual correspondente se refere a vinte e dois anos com variações de cheias, sendo 82% de amplitude de cheias pequenas, e 18% de amplitudes de cheias médias. Esses valores podem ser observados na Figura 5.

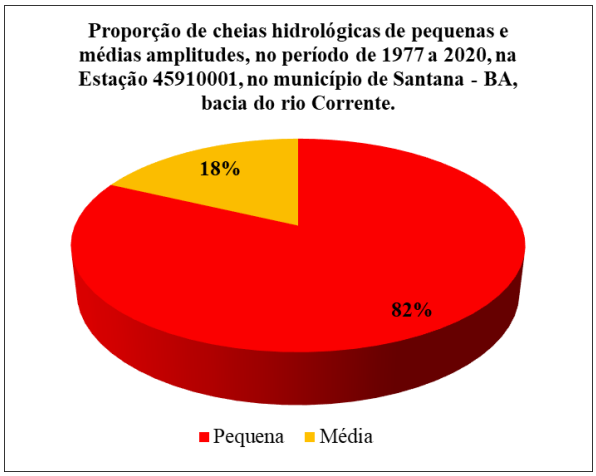


Figura 5: Cheias hidrológicas de pequenas e médias amplitudes, no período de 1977 a 2020, na BHRC.
Fonte: Brasil, 2021. Produção própria dos autores.

Diante dos valores encontrados foi factível realizar a comparação entre os períodos sem cheia com os períodos com cheia. Dessarte, nos quarenta e quatro anos analisados, podemos visualizar equidade na comparação, visto que em 50% dos anos tivemos cheias e em 50% foram anos sem propensão a cheia. Essa realidade pode ser visualizada na Figura 6.

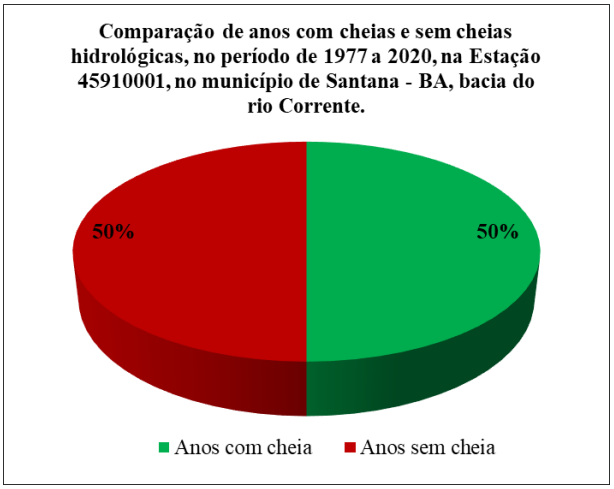


Figura 6: Comparação de anos com cheias e sem cheias, no período de 1977 a 2020, na BHRC.
Fonte: Brasil, 2021. Produção própria dos autores.

O gráfico da amplitude de secas exposto na Figura 7 nos mostra que os valores de vazão mínima em grande parte dos anos estiveram acima da vazão média mínima, indicando possíveis anos sem predisposição às secas. Em contrapartida, no ano de 2001 foi constado uma amplitude de seca hidrológica grande, possivelmente resquícios do prolongamento da seca do final da década de 90 que atingiu as proximidades da região.

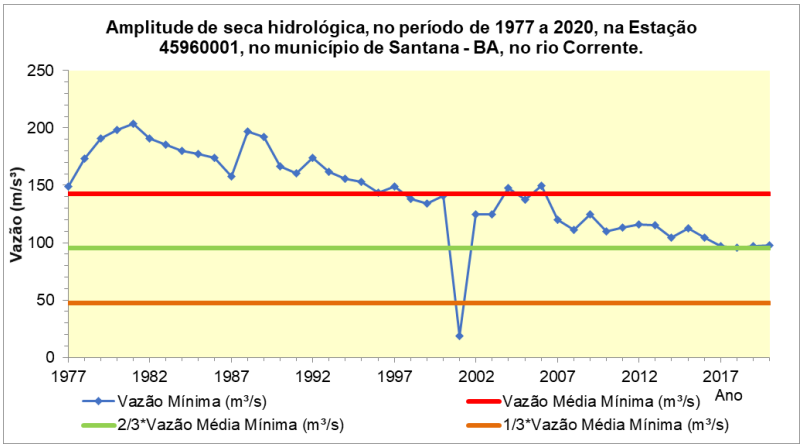


Figura 7: Amplitude de seca hidrológica no período de 1977 a 2020, na BHRC.
Fonte: Brasil, 2021. Produção própria dos autores.

De modo semelhante ao que foi realizado com as cheias hidrológicas, também buscamos compreender de forma percentual a proporção das secas hidrológicas no período analisado. Convém ressaltar que não obtivemos anos de médias amplitudes, assim, nos quarenta e quatro anos examinados podemos averiguar o percentual correspondente a vinte e um anos com seca

hidrológica. Conforme a Figura 8, em 95% desses anos tivemos pequenas amplitudes e 5% grandes amplitudes.

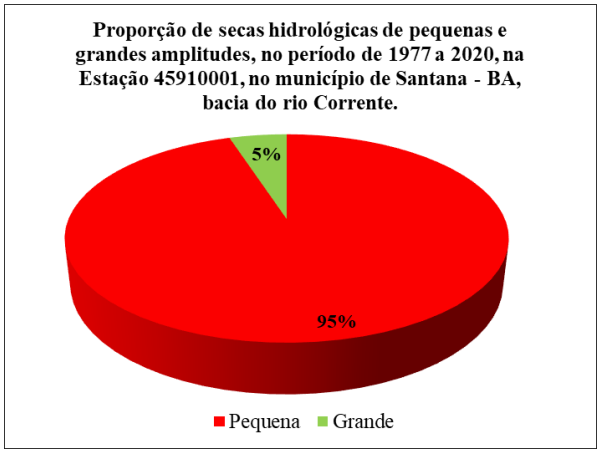


Figura 8: Secas hidrológicas de pequenas e grandes amplitudes, no período de 1977 a 2020, na BHRC.
Fonte: Brasil, 2021. Produção própria dos autores.

No que se refere a comparação entre os anos com ou sem secas hidrológicas, podemos notar na Figura 9 um leve predomínio dos anos sem seca, totalizando 52% dos quarenta e quatro anos investigados, em contrapartida, 48% desse período apresentou seca.

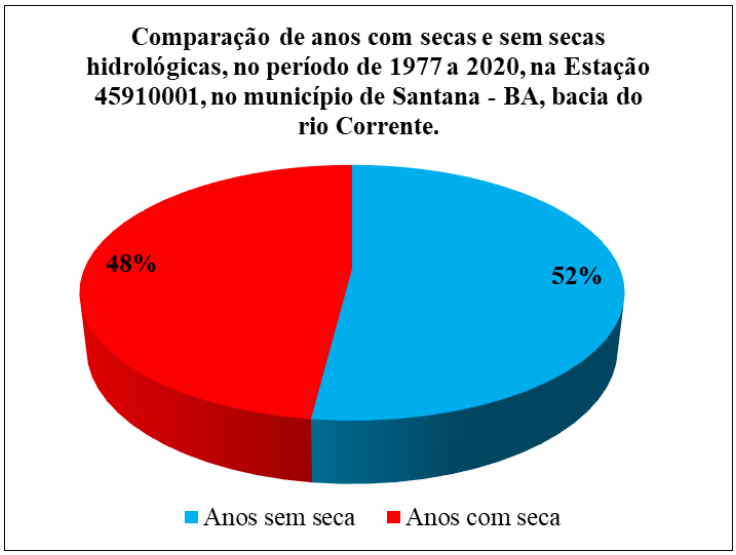


Figura 9: Comparação de anos com secas e sem secas, no período de 1977 a 2020, na BHRC.
Fonte: Brasil, 2021. Produção própria dos autores.

4. Considerações Finais

Ponderando as informações deste trabalho na bacia hidrográfica do rio Corrente, conclui-que:

Os anos com cheias hidrológicas apresentaram amplitudes que variaram de pequena a média, não ocorrendo grandes amplitudes. De modo que, apesar do rio Corrente está inserido no semiárido, foi constatado períodos com cheias, dentre outros fatores, isso pode ser explicado com auxílio da identidade fluvial dos rios (GONÇALVES, 2019b) visto que o rio Corrente possui afluentes que nascem no bioma cerrado com grande disponibilidade hídrica e mantém parte das suas características durante seu percurso até se consolidar no semiárido.

As informações dispostas no gráfico de amplitude de cheias nos mostram exatamente os períodos em que a bacia apresentou anos com cheias. Dentre eles, no ano de 2016, o qual ocorreu a partir das chuvas convectivas, que comumente se formam a partir do encontro de massas de ar mais quente com rios. De modo que, o evento ocasionou diversos transtornos para a população, segundo moradores e veículos de informações locais.

No que tange as secas hidrológicas se observou um percentual relevante de anos com seca hidrológica, principalmente nos últimos vinte anos. Convém ressaltar que não foram utilizados dados pluviométricos neste trabalho, por conta da falta de dados compatíveis com o período analisado, sendo esse um fator que auxiliaria nas conclusões acerca das secas hidrológicas. Contudo, podemos associar o período de grande amplitude de seca constatado ao fenômeno atmosférico El niño, que segundo CPTEC/INPE (2021) atingiu o a região Nordeste entre 1998 e 1999, provocando inúmeros problemas. Assim, é possível ter ocorrido o prolongamento desse período de seca no ano de 2001, coincidindo com ano de amplitude de seca grande.

Por fim, é possível perceber que a utilização dos valores de vazão máxima, vazão média máxima, vazão mínima e vazão média mínima satisfazem de maneira pertinente a análise de cheias e secas hidrológicas, demonstrando certa confiabilidade estatística que se pode obter, inclusive evidenciando eventos que já ocorreram. Essa metodologia permite fazer uma análise quantitativa de tendências e/ou constatações com a possibilidade de emular certos tipos de eventos, sejam eles naturais ou não, e obter informações a respeito do comportamento de um rio quanto a sua oferta ou carência hídrica para diversos fins. Esses dados podem amparar estratégias governamentais para evitar possíveis transtorno originados por eventos extremos, como no caso de Santa Maria da Vitória – BA.

Referências

BRASIL. **Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico – ANA.** 2021. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas> Acesso em: 10 de julho de 2021.

_____ Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico - ANA. (Brasil). **Base Hidrográfica Ottocodificada na Bacia do Rio São Francisco.** 2017. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=438&currTab=distribution> Acesso em: 15 de julho de 2021.

_____ Base Cartográfica Contínua do Brasil. Escala 1:250.000. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

_____ Semiárido. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – 2019b. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

_____ Sistema nacional de Viação – SNV. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DENIT. 2020. Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

CONDIÇÕES ATUAIS DO ENOS: NEUTRO. **CPTEC/INPE**, 2021. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

GONÇALVES, M. J. de S**. Avaliação quantitativa das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu no estado da Bahia – Brasil**. 2014. 168 f. Tese (Doutoramento) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2014.

GONÇALVES, M. J. S. (2019a). **Metodologia de avaliação quantitativa das águas superficiais em bacias hidrográficas.** Palestra ministrada no dia 16 de maio de 2019, no auditório da Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia-UFBA.

GONÇALVES, M. J. S. (2019b). **Curvas integradas das médias acumuladas de precipitação e vazão (CIMApv) e sua interação com o tempo de retardo médio (TRM).** Salvador, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/334446843_Curvas_integradas_das_medias_acumuladas_de_precipitacao_e_vazao_CIMApv_e_sua_interacao_com_o_tempo_de_retardo_medio_TRM >. Acesso em: 16 de julho de 2021.

GONÇALVES, M. J. de S. **Avaliação do impacto ambiental da redução de vazão na foz do rio São Francisco**. 1º Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. (2016). Disponível em: < http://cdn.agenciapeixevivo.org.br/media/2019/06/Avaliza%C3%A7%C3%A3o-do-impacto-ambiental-da-redu%C3%A7ao-de-vaz%C3%A3o-na-foz-do-Rio-SF.pdf> Acesso em: 16 de julho de 2021.

GONÇALVES, M. J. de S.; ANDRADE, J. J. de S. **Avaliação da barragem de São José do Jacuípe, 34 anos depois de sua inauguração, seus usos, gestão e consequências da operação.** 2020**.** Simpósio Nacional o Rural e o Urbano no Brasil – SINARUB. Universidade Católica. Salvador. 2020.

MACÊDO, L. de L. **Análise hidrológica da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, Brasil.** 2020. 109p. Trabalho Final de Graduação – Programa de Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2020.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1993.

VOLUME I

O volume I do livro **PERSPECTIVAS E DESAFIOS DO SERTÃO NORDESTINO**, tem como propósito apresentar discussões sobre aspectos geoambientais do semiárido, a partir de pesquisas apresentadas durante o Simpósio do NEPST, ocorrido no ano de 2021. Os temas contemplam o domínio das caatingas, sua diversidade, peculiaridades e representações, os solos e sua evolução pretérita e atual, na interface com variadas metodologias de análise. A obra traz importantes discussões focadas nas geotecnologias como instrumento de monitoramento e análise do uso das terras em diferentes cenários. Esse volume lança luz sobre a água enquanto recurso fundamental para o contexto regional, trazendo reflexões a respeito do acesso, disponibilidade, governança, qualidade ambiental e planejamento dos recursos hídricos. Ainda, oferece ao leitor elementos que proporcionam a compreensão sobre o comportamento hidrológico da água em ambientes fluviais e lênticos.

Geomorfo
Grupo de Trabalho em Geomorfologia
Universidade de Pernambuco, *Campus* Garanhuns

UPE
UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO

PROET
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTUDOS TERRITORIAIS

UNEB
UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA

NEPDST
Núcleo de Estudos das Paisagens Semiáridas Tropicais

CGE

UNIVASF
UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO