

PAISAGENS SEMIÁRIDAS E DESERTIFICAÇÃO: INDICADORES GEOBIOFÍSICOS DE RELEVO, CLIMA E RECURSOS HÍDRICOS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIGUEIREDO, CEARÁ

SEMI-ARID LANDSCAPES AND DESERTIFICATION: GEOBIOPHYSICAL INDICATORS OF RELIEF, CLIMATE AND WATER RESOURCES IN THE HYDROGRAPHIC SUB-BASIN OF RIO FIGUEIREDO, CEARÁ

PAISAJES SEMIÁRIDOS Y DESERTIFICACIÓN: INDICADORES GEOBIOFÍSICOS DE ALIVIO, CLIMA Y RECURSOS HÍDRICOS EN LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DE RIO FIGUEIREDO, CEARÁ

<https://doi.org/10.26895/geosaberes.v13i0.1141>

ANNY CATARINA NOBRE DE SOUZA ^{1*}
SÉRGIO DOMICIANO GOMES DE SOUZA ²
MARIA LOSÂNGELA MARTINS DE SOUSA ³

¹Graduada em Geografia e Mestranda em Planejamento e Dinâmicas Territoriais do Semiárido (PLANDITES) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), *Campus* Avançado de Pau dos Ferros (CAPF). BR 405, KM 3, S/N, Arizona, CEP: 59900-000, Pau dos Ferros (RN), Brasil, Tel.: (+55 84) 98120.3533, anny-catarina13@hotmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-4943-514X>

*Autor correspondente

²Graduado em Geografia e Mestrando em Planejamento e Dinâmicas Territoriais do Semiárido (PLANDITES) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), *Campus* Avançado de Pau dos Ferros (CAPF). BR 405, KM 3, S/N, Arizona, CEP: 59900-000, Pau dos Ferros (RN), Brasil, Tel.: (+55 84) 98165.5181, sergio_gsousa@hotmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-5715-177X>

³Professora do curso de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais do Semiárido (PLANDITES), da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), *Campus* Avançado de Pau dos Ferros (CAPF). BR 405, KM 3, S/N, Arizona, CEP: 59900-000, Pau dos Ferros (RN), Brasil, Tel.: (+55 84) 99918.7527, mariasousa@uern.br, <http://orcid.org/0000-0003-3798-283X>

Histórico do Artigo:

Recebido em 07 de Dezembro de 2020.

Aceito em 28 de Janeiro de 2022.

Publicado em 6 de Fevereiro de 2022.

RESUMO

Sendo a Desertificação, por excelência, um problema ambiental grave das terras secas, este estudo objetiva analisar a susceptibilidade à Desertificação na sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo, estado do Ceará, a partir dos indicadores geobiofísicos de clima, relevo e recursos hídricos. Para tanto, adotou-se como base teórico-metodológica a análise geossistêmica em bacias hidrográficas e os indicadores geobiofísicos de Desertificação de Abraham e Beekman (2006) adaptados por Oliveira (2012). Quanto aos procedimentos adotados, realizou-se revisão de literatura, coleta e análise de dados secundários, levantamentos e elaboração de produtos cartográficos e trabalhos de campos. Averiguou-se o comportamento de cada indicador, em conjunto nos sistemas ambientais da sub-bacia, indicando variações à susceptibilidade baixo e de moderado a muito alto.

Palavras-chave: Sistemas ambientais. Indicadores de Desertificação. Rio Figueiredo. Geomorfologia. Condições hidroclimáticas.

ABSTRACT

Since Desertification, par excellence, is a serious environmental problem of drylands, this study aims to analyze the susceptibility to Desertification in the Figueiredo River sub-basin, Ceará state, from the geobiophysical indicators of climate, relief and water resources. For this purpose, the geosystemic analysis in hydrographic basins and the geobiophysical

indicators of Desertification by Abraham and Beekman (2006) adapted by Oliveira (2012) were adopted as a theoretical-methodological basis. As for the procedures adopted, a literature review, collection and analysis of secondary data, surveys and elaboration of cartographic products and fieldwork were carried out. The behavior of each indicator was investigated, together in the environmental systems of the sub-basin, indicating variations in susceptibility from low and from moderate to very high.

Keywords: Environmental systems. Desertification indicators. Figueiredo River. Geomorphology. Hydroclimatic conditions.

RESUMEN

Dado que la Desertificación, por excelencia, es un grave problema ambiental en las tierras secas, este estudio tiene como objetivo analizar la susceptibilidad a la Desertificación en la subcuenca del río Figueiredo, estado de Ceará, a partir de indicadores geobiofísicos de clima, relieve y recursos hídricos. Para ello, se adoptó como base teórico-metodológica el análisis geosistémico en cuencas hidrográficas y los indicadores geobiofísicos de Desertificación de Abraham y Beekman (2006) adaptados por Oliveira (2012). En cuanto a los procedimientos adoptados, se realizó revisión bibliográfica, recolección y análisis de datos secundarios, levantamientos y elaboración de productos cartográficos y trabajo de campo. Se investigó el comportamiento de cada indicador, en conjunto en los sistemas ambientales de la subcuenca, indicando variaciones en la susceptibilidad de baja y de moderada a muy alta.

Palabras clave: Sistemas ambientales. Indicadores de desertificación. Río Figueiredo. Geomorfología. Condiciones hidroclimáticas.

INTRODUÇÃO

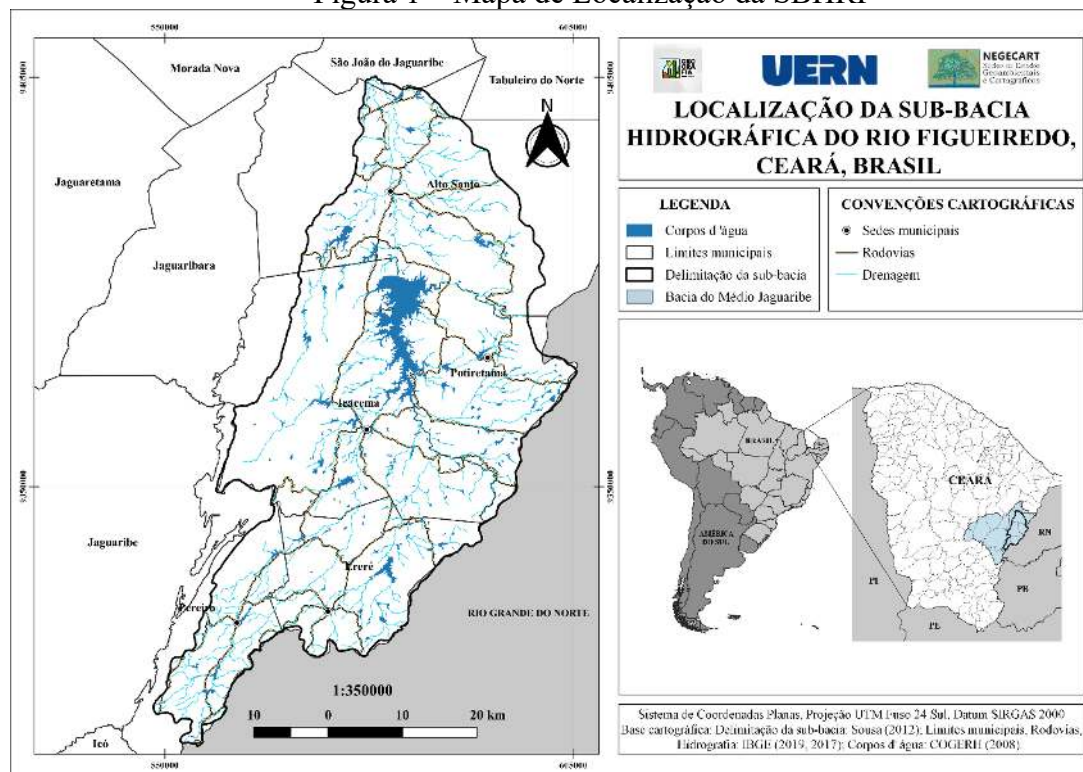
A Desertificação é um fenômeno socioambiental que acomete as zonas áridas, semiáridas e subúmidas resultante dos condicionantes ambientais e agravada pelas ações humanas. Ainda que a discussão acerca desta problemática perpassa debates e conflitos conceituais, entendemos ser um dos problemas mais preocupantes da humanidade, por se tratar da irreversibilidade, depauperamento dos recursos naturais, abranger extensas áreas do planeta e, conseqüentemente, comprometer a qualidade de vida das populações; estando seu diagnóstico atrelado à detecção das Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD), por meio dos indicadores.

No Brasil, segundo o Ministério do Meio Ambiente, o problema atinge 16% do território semiárido, correspondente ao Nordeste e porções dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, envolvendo uma população de 31.663.671 habitantes, onde está 85% da pobreza do país. Decerto, ao estarmos inseridos nessa dimensão espacial, suscetível ao problema e enquanto profissionais da Geografia, faz-se necessário a apropriação da temática a fim de contribuir com o diagnóstico.

Assim, considera-se, nesse estudo, a espacialização da Bacia Hidrográfica (BH), uma vez que agrega componentes naturais e humanos integralmente. Nesse recorte, consideramos os indicadores geobiofísicos de Desertificação revelados por meio da dinâmica do relevo, clima e recursos hídricos. Detemos a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo - doravante SBHRF - no estado do Ceará (CE) como área físico-territorial de pesquisa, dada a sua contingência e expressividade no contexto do semiárido cearense e nordestino, além de considerar trabalhos consolidados sobre a área – Guerra (2009), Sousa (2012), Pinheiro (2015) e Maia (2016) –, que apontam estados preocupantes de degradação ambiental. Logo, vale ressaltar que o presente estudo é inédito no que se refere à aplicação dos indicadores geobiofísicos nesta sub-bacia.

A SBHRF leva o nome do rio principal – Figueiredo – afluente pela margem direita da BH do Médio Jaguaribe, cravada no polígono do semiárido brasileiro e pertencente à região imediata de Russas – Limoeiro do Norte e a região intermediária de Quixadá (IBGE, 2017). Ademais, abrange o território de seis municípios, dos quais cinco têm a sede localizada na sub-bacia (Figura 1), abarcando uma pressão populacional municipal em cerca de 58.804 habitantes (IBGE, 2010).

Figura 1 – Mapa de Localização da SBHRF



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Este artigo tem como objetivo principal analisar a susceptibilidade à Desertificação na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo a partir dos indicadores geobiofísicos de clima, relevo e recursos hídricos. Para tanto, buscamos, de modo mais específico: i) contextualizar os sistemas ambientais da sub-bacia; ii) verificar como a declividade pode influenciar na susceptibilidade à desertificação da área; iii) averiguar as condições climáticas, por meio do Índice de Aridez (IA), de propensão à desertificação na sub-bacia; e iv) aferir o potencial da disponibilidade hídrica para a população como indicativo à susceptibilidade da área.

Para tanto, adotou-se como base teórico-metodológica a análise geossistêmica em BH e os indicadores de desertificação de Abraham e Beekman (2006), adaptados por Oliveira (2012), tendo como procedimentos metodológicos a revisão de literatura, coleta e análise de dados secundários, levantamentos e elaboração de produtos cartográficos e trabalhos de campos. Isto posto, o artigo está estruturado em quatro seções: inicialmente, os procedimentos metodológicos; em seguida, a fundamentação teórica sobre a análise integrada da paisagem em BH, Desertificação e indicadores; na sequência, os resultados e discussões, com a contextualização dos sistemas da sub-bacia a nível de suas potencialidades e limitações, bem como os apontamentos dos indicadores trabalhados; e, por fim, as considerações finais.

METODOLOGIA

Considerando as definições de Prodanov e Freitas (2013), a presente pesquisa é de natureza aplicada, exploratória, quanto aos objetivos, bibliográfica, documental e de campo, quanto aos procedimentos, e qualitativa, quanto à abordagem do problema.

A fundamentação teórico-metodológica perpassa os principais temas, conceitos e contribuições dos autores, respectivamente: Ciência geográfica e Geografia Física, com Suertegaray (2001) e Andrade (2006); Teoria Geossistêmica e análise ambiental integrada, com Veado (1995), Bertrand (2004) e Souza e Oliveira (2011); Bacias hidrográficas, com

Nascimento e Sampaio (2004/2005) e Botelho e Silva (2012); Degradação/Desertificação e indicadores, com Nascimento (2006; 2013), Oliveira (2006; 2012) e Sousa (2012; 2016).

Na pesquisa documental, foram coletados dados nos órgãos: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (COGERH), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Instituto de Pesquisas e Estratégias Econômicas do Ceará (IPECE) e nos documentos do Programa de Ação Nacional (PAN-BRASIL, 2004) e do Plano de Ação Estadual (PAE-CEARÁ, 2010) de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.

Sobre o levantamento geocartográfico, utilizou-se as bases do RADAM/BRASIL (1981), Folhas Jaguaribe/Natal SB.24/25, CPRM (2020) Geologia do CE, caracterização territorial do IPECE e a cartografia do diagnóstico geoambiental da SBHRF, dissertação de Sousa (2012). Na confecção dos produtos cartográficos, utilizou-se o software “QGIS 3.10.9 - A Coruña”. Os trabalhos de campo ocorreram no período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020, para reconhecimento dos sistemas ambientais, averiguação dos dados levantados e registros fotográficos.

Para a seleção dos Indicadores Geobiofísicos de Desertificação de Relevo (IGBFDR), Clima (IGBFDC) e Recursos Hídricos (IGBFDRH), considerou-se a metodologia de Abraham e Beekman (2006) e a aplicabilidade nos trabalhos de Oliveira (2012), Sousa (2016), Cezário (2019) e Souza, Souza e Sousa (2020). Logo, considerando a dimensão do trabalho, optou-se por três indicadores como oportunidade de pormenorizar cada variável, indicador e índice, entendendo o desafio de avançar com a metodologia *vis a vis* a disponibilidade de dados, custo e continuidade da aplicação em estudos posteriores.

Concernente à sistematização das variáveis trabalhadas, os indicadores foram aplicados nos sistemas ambientais da SBHRF, com valores de 1 a 5, sendo os maiores correspondentes à melhor potencialidade para a conservação e, inversamente, os menores referentes ao maior estado de degradação, conforme mostra o quadro 1.

Quadro 1 - Sistematização dos indicadores geobiofísicos de Desertificação de relevo, clima e recursos hídricos

ESTADO	INDICADORES GEOBIOFÍSICOS DE DESERTIFICAÇÃO DE RELEVO, CLIMA E ÁGUA			
	IGBFDR: Relevo	Declividade	VI	Justificativa do Indicador
	Plano	0% – 3%	5	A declividade limita certas atividades humanas e influencia nos processos de escoamento superficial e erosivos.
	Suave ondulado	3% – 8 %	4	
	Ondulado	8% – 15%	3	
	Fortemente Ondulado	15% – 45 %	2	
	Montanhoso	> 45%	1	
	IGBFDC: Clima	Índice de Aridez (IA)	VI	Justificativa do Indicador
	Úmido	≥ 100	5	Delimita a condição climática da região, nível de incidência nos processos morfodinâmicos, condições de uso da terra e na situação hídrica.
	Subúmido úmido	≤ 65 - 100	4	
	Subúmido seco	≤ 50 - 65	3	
	Semiárido	≤ 20 - 50	2	
	Árido	< 20	1	
	IGBFDRH: Recursos Hídricos	Disponibilidade Hídrica potencial social (m³/hab.)	VI	Justificativa do Indicador
	Muito rico	> 100.000	5	Permite relacionar o volume de águas para a quantidade de habitantes e condiciona as possibilidades de sobrevivência da população e desenvolvimento de atividades.
	Rico	10.000 a 100.000	4	
	Suficiente	2.000 a 10.000	3	
	Regular	1.000 a 2.000	2	
	Estresse	< 1.000	1	

Fonte: Elaboração dos autores (2020), adaptado de Abraham e Beekman (2006) e Sousa (2016).

Para o IGBFDR, obteve-se a declividade do terreno através do processamento do Modelo Digital de Elevação (MDE) das imagens ALOS PALSAR (2011), com 12,5 m de resolução espacial, seguindo as classes, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1979) e Oliveira (2012). A nível de contextualização do tema, considerou-se, ainda, o histórico de ocupação e levantamento da produção agropecuária desenvolvida nos municípios no período de 30 anos (IPECE, 1987-2016).

Em relação aos aspectos climáticos, realizou-se análise pluviométrica em uma série temporal de 30 anos (1989-2018), com os dados da FUNCEME e temperaturas mensais estimadas pelo *software* Celina dos postos pluviométricos localizados nas sedes municipais da sub-bacia. Para o IGBFDC, considerou-se o parâmetro do índice de aridez, disponibilizado pela FUNCEME, correspondente ao período de 1974 a 2016.

Decerto, o IGBFDRH levou em consideração a disponibilidade hídrica potencial social, através da capacidade de acumulação das principais reservas superficiais monitoradas pela COGERH e a vazão dos poços dos municípios da área pela Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA), segundo o anuário estatístico de 2017 do IPECE. A supervisão quantitativa das reservas pela população diz respeito à quantidade potencial que cada habitante poderá dispor. Com base na média dos valores dos três indicadores, chega-se ao índice de susceptibilidade à desertificação, considerando a variação de muito baixa a muito alta (tabela 1).

Tabela 1 - Indicadores geobiofísicos de Desertificação

Indicadores geobiofísicos de Desertificação	Intervalos
Muito Baixo	> 3,36
Baixo	3,20 – 3,36
Moderado	2,80 – 3,19
Alto	2,64 – 2,79
Muito Alto	< 2,64

Fonte: Oliveira (2012).

ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

A análise do espaço geográfico é condição base para entender as relações da sociedade com a natureza, ainda que sejam dicotômicas, pois é por meio da Geografia que são alinhadas as discussões e influências tecidas dos aspectos naturais do planeta com as dimensões sociais (ANDRADE, 2006). Isto é, o caráter investigativo da Geografia é marcado pela organização espacial de arranjos e componentes díspares, mas que, em sua essência, o espaço geográfico – uno e múltiplo – mantém interações por meio das diferentes categorias de análise, dentre elas: paisagem, território, região e lugar (CHRISTOFOLETTI, 1990; SUERTEGARAY, 2001).

Assim, a Geografia Física, voltada para o estudo dos componentes da natureza, por meio da interpretação da paisagem, durante muitos anos buscou a delimitação metódica para o seu estudo espacial. Com trabalhos de autores como Sotchava (1997) e Bertrand (2004), a Geografia Física passou a ganhar arcabouço teórico-metodológico para os estudos integrados da paisagem e análise ambiental, sobretudo com a adoção do Geossistema (VEADO, 1995).

Desse modo, hoje, a Geografia Física estuda a organização espacial dos geossistemas, ante a dialética da natureza sob a teoria sistêmica. Enquanto método de estudo, a paisagem voltada para perspectiva integrada não se resume à somatória dos componentes da natureza, é um conjunto único e indissociável da combinação dinâmica de elementos ecológicos, biológicos e humanos de uma determinada porção do espaço (BERTRAND, 2004).

Nessa perspectiva, os autores Monteiro (2001), Rodriguez e Silva (2002), Nascimento e Sampaio (2004/2005), Souza e Oliveira (2011) compreendem os geossistemas enquanto espaço

territorial complexo e dinâmico, delimitado por escala, permeando as relações holísticas entre os componentes ecológicos, biológicos e humanos, os quais agregam valor científico interdisciplinar e social aos estudos ambientais dentro da Geografia Física.

Embora essa visão seja esclarecedora, ainda existem no meio acadêmico lacunas na teoria geossistêmica. No que aponta Sales (2004, p. 132), na prática, a análise sistêmica de teor clássico resultou da percepção individualizada da dinâmica dos meios, de modo que “o geossistema não comporta o ser social organizado em torno de sistemas de poder e de interesses econômicos definidos”. Como tal, Guerra, Souza e Lustosa (2012) discutem os Geossistemas aliados aos conceitos de Território e Paisagem (GTP) na intenção de inserir a sociedade na análise associada da natureza e não somente como ser biológico.

Contudo, no estudo dos geossistemas, compete a Geografia Física investigar as interações entre os componentes da natureza, compreendendo que estas não se referem somente a compartimentação e a somatória de cada componente, mas a dinâmica singular do conjunto que também abrange as ações humanas, isto é, as metamorfoses de expressividade espacial físico-geográfica (CHRISTOFOLETTI, 1990). Em consonância, Sousa (2016, p. 29) destaca a adoção dos sistemas ambientais como fruto dessa conexão e considera a ação humana “capaz de provocar alterações no meio físico diante do contexto sociocultural e econômico inserido”.

Nesse sentido, compreendemos que os estudos geossistêmicos abordam o meio ambiente sob um olhar integrado, tendo como base a abordagem setorial (SOUZA; OLIVEIRA, 2011). Tais estudos, por sua vez, partem de uma concepção holística do meio ambiente, entendendo a compartimentação geoambiental como estratégia para identificação das potencialidades e limitações do espaço (NASCIMENTO; FARIAS, 2016).

Decerto, como adoção de *lôcus* de estudo a análise geoambiental, a unidade da BH é um sistema aberto, subsídio do planejamento ambiental e territorial no Brasil (RODRIGUES; ADAMI, 2005). Para Botelho e Silva (2012), a BH permite conhecer e avaliar os diversos componentes, processos e interações ocorridas, sendo as visões sistêmica e integrada do ambiente, princípios do reconhecimento desta como unidade fundamental.

Nesta linha, Carvalho e Nascimento (2004) apontam a BH como âncora de desenvolvimento territorial, em razão de se constituir uma unidade da realidade socioambiental que denota características geoambientais, unidade natural indissociável e interatuante, portanto, de análise integrada dos aspectos físicos, econômicos e sociais.

Consoante, é importante frisar a totalidade sistêmica da BH para a definição de sistemas ambientais, bem como a unidade físico-territorial para ações de planejamento e gestão ambiental voltadas ao desenvolvimento sustentável. Ademais, nas regiões semiáridas, as bacias hidrográficas viabilizam a implementação de ações de convivência com a seca e mitigam os processos de degradação ambiental (FARIAS; SILVA; NASCIMENTO, 2015).

Desse modo, entende-se a unidade da BH como um sistema que agrega componentes naturais e sociais aplicados à unidade de planejamentos ambiental e territorial, à medida que apresenta contribuições para os estudos geoambientais da paisagem, em especial, no que diz respeito aos estudos das problemáticas socioambientais. Logo, subsidia-se da perspectiva geossistêmica que, em sua essência conceitual, implica na relação sociedade e natureza (SALES, 2004), para a análise integrada da paisagem em bacia hidrográfica, estratégia metodológica de identificação da susceptibilidade à degradação/Desertificação.

DEGRADAÇÃO/DESERTIFICAÇÃO E OS ESTUDOS DOS INDICADORES À PROBLEMÁTICA

Desde o final do século XX, a pauta ambiental desponta entre os temas mais discutidos nas instâncias políticas e científicas. Nesse viés, fruto das preocupações, nota-se o modo civilizatório de apropriação da natureza enquanto recurso, que vem configurando problemas de ordem ambiental, socioeconômica. A preocupação é acentuada com a degradação de ambientes

frágeis, como as regiões semiáridas, por exemplo, em que, segundo Sousa (2012), a capacidade de suporte dos recursos naturais aliada às formas de uso e ocupação podem culminar em processos de degradação das paisagens, desde o desequilíbrio natural às consequências sociais.

Ao tratar de degradação ambiental, Cunha e Guerra (2006) entendem esse problema como holística, de modo que suas causas e consequências não se limitam ao ambiente físico. Isso porque correlacionam o modo de vida da sociedade moderna, como causa fundamental da degradação, ao crescimento econômico na alteração dos sistemas naturais. Com efeito, decorrendo-se do crescimento populacional e da pressão sobre o meio físico, manejo inadequado do solo, condições naturais e ocupação humana desordenada, de tal modo que esta “não é facilmente reversível, uma vez que processos de formação e regeneração do solo são muito lentos” (ARAÚJO, ALMEIDA; GUERRA, 2010, p. 20).

Nesse sentido, aliada aos processos acelerados da degradação ambiental, a Desertificação surge como problema socioambiental grave das terras secas e que compromete a segurança e a qualidade de vida da população. O entendimento dessa problemática, contudo, ainda não está consolidado no âmbito teórico-conceitual do saber científico – segundo Nascimento (2013), existem cerca de 59 conceituações que perpassaram fases de definição.

O tratamento por degradação/desertificação é para destacar o lado antropogênico desta e evitar incongruências em relação aos conceitos de desertização e deserto (NASCIMENTO, 2013; ALMEIDA, SOUZA, 2013). Para Oliveira (2006, p. 215), este problema denota um significado complexo e controverso, por vezes erroneamente interpretado, que envolve um conjunto de fatores e se manifesta em diferentes níveis de resolução espaço-temporais como “resultado da combinação de condições naturais, climáticas e socioeconômicas, e das formas de utilização dos recursos naturais, especialmente para a produção agrícola e para o desenvolvimento rural”.

Seguindo os pressupostos da Agenda 21, pela Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD), o conceito oficial do PAN-BRASIL atenta para “um processo que culmina com a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, como resultado da ação de fatores diversos, com destaque para as variações climáticas e as atividades humanas” (BRASIL, 2004, p. 4).

Com efeito, a discussão da degradação/desertificação opera na compreensão de um problema por excelência das terras secas - de climas árido, semiárido e subúmido seco -, em decorrência da degradação das terras e dos atributos físico-sociais da paisagem, ligados, em sua essência, pela ação espaço-temporal da sociedade, resultado desse processo interativo, por vezes heterogêneo e diacrônico em sua dimensão e seu ritmo (CONTI, 2002; SCHENKEL, MATALLO JUNIOR, 2003; NASCIMENTO, 2013).

Nessa perspectiva, a Desertificação é também um problema essencialmente humano e social (SOUZA; HENRIQUES; SOUSA, 2019). Logo, é mister indagar-se sobre como estudar o problema em escala local, valendo-se de alternativas metodológicas, de modo a aferir os potenciais e as limitações do ambiente, considerando os diagnósticos integrados da paisagem e visando o ordenamento territorial (NASCIMENTO, 2006).

Ponderando a respeito da contextualização histórica da literatura (MATALLO JÚNIOR, 2001; SOUSA, 2016; CEZÁRIO, 2019), a partir de 1970 inicia-se a discussão dos indicadores de Desertificação a nível internacional. A conceituação de indicador diz respeito à categoria que pode nortear e avaliar a classificação e a vulnerabilidade de áreas (NASCIMENTO, 2013), contudo, não indica apenas um estado ou comportamento negativo, está ligado à capacidade de denunciar ou não a ocorrência do processo (SANTOS, 2019). Nesse sentido, a sistematização de um conjunto de variáveis e indicadores permite a abordagem integrada para o diagnóstico com vias a prognósticos do problema, considerando que traduzem uma política de informação e monitoramento de tomada de decisão (BEEKMAN, 2006).

Dessa forma, convém assumir a Desertificação como relação de causa e efeito com as mudanças climáticas, perda da biodiversidade, luta contra a pobreza e desigualdade socioespacial (ABRAHAM; MATALLO; LIMA, 2013). Para Abraham, Montaña e Torres (2006, p. 51), o indicador é “una descripción simplificada de la realidad. Es por lo tanto un descriptor del estado y de la tendencia de un proceso”, portanto, reflete e comunica uma ideia complexa.

CONTEXTUALIZAÇÃO GEOAMBIENTAL: SISTEMAS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIGUEIREDO

Cravada no Nordeste semiárido e no polígono das secas, a SBHRF, dentro da escala estadual do CE, integra as diversidades e singularidades desses universos espaciais. O semiárido brasileiro é marcadamente conhecido pela irregularidade pluviométrica, no espaço e no tempo, aliada ao fenômeno social das secas. Entretanto, abriga expressivos quadros paisagísticos, a peculiaridade da caatinga brasileira, grande contingente populacional e fragmentação econômica concernentes ao turismo litorâneo e à agricultura irrigada (AB’SÁBER, 2003; SOUZA; OLIVEIRA, 2002; DANTAS, et al., 2006).

Nesse panorama, o CE, com 92% do seu território submetido à semiaridez, parte significativa dos solos degradados, má distribuição dos recursos hídricos e insuficiência nas estratégias de convivência com a seca (SOUZA, 2006; SOUSA; OLIVEIRA, 2011), denota de uma colonização exploratória com marcas na exaustão dos recursos naturais em sua diversidade de domínios paisagísticos. Perante esse contexto, a BH do Médio Jaguaribe comporta o núcleo da ASD Jaguaribe, estando todos os municípios da SBHRF com situação muito grave/grave à susceptibilidade à desertificação, segundo o PAE-CEARÁ (2010).

Nesse conjunto, o recorte espacial da SBHRF é compartimentado por seis sistemas ambientais, considerando a expressão do relevo, segundo o diagnóstico geoambiental na área, por Sousa (2012), a saber: Maciço Residual do Pereiro, Planície Fluvial do Rio Figueiredo e áreas de inundação sazonal, Depressão sertaneja – sertões de Alto Santo, sertões Iracema/Potiretama, sertões de Pereiro/Ereré – e Chapada do Apodi, denominada de Superfície de Exumação da formação Açú (Figura 2).

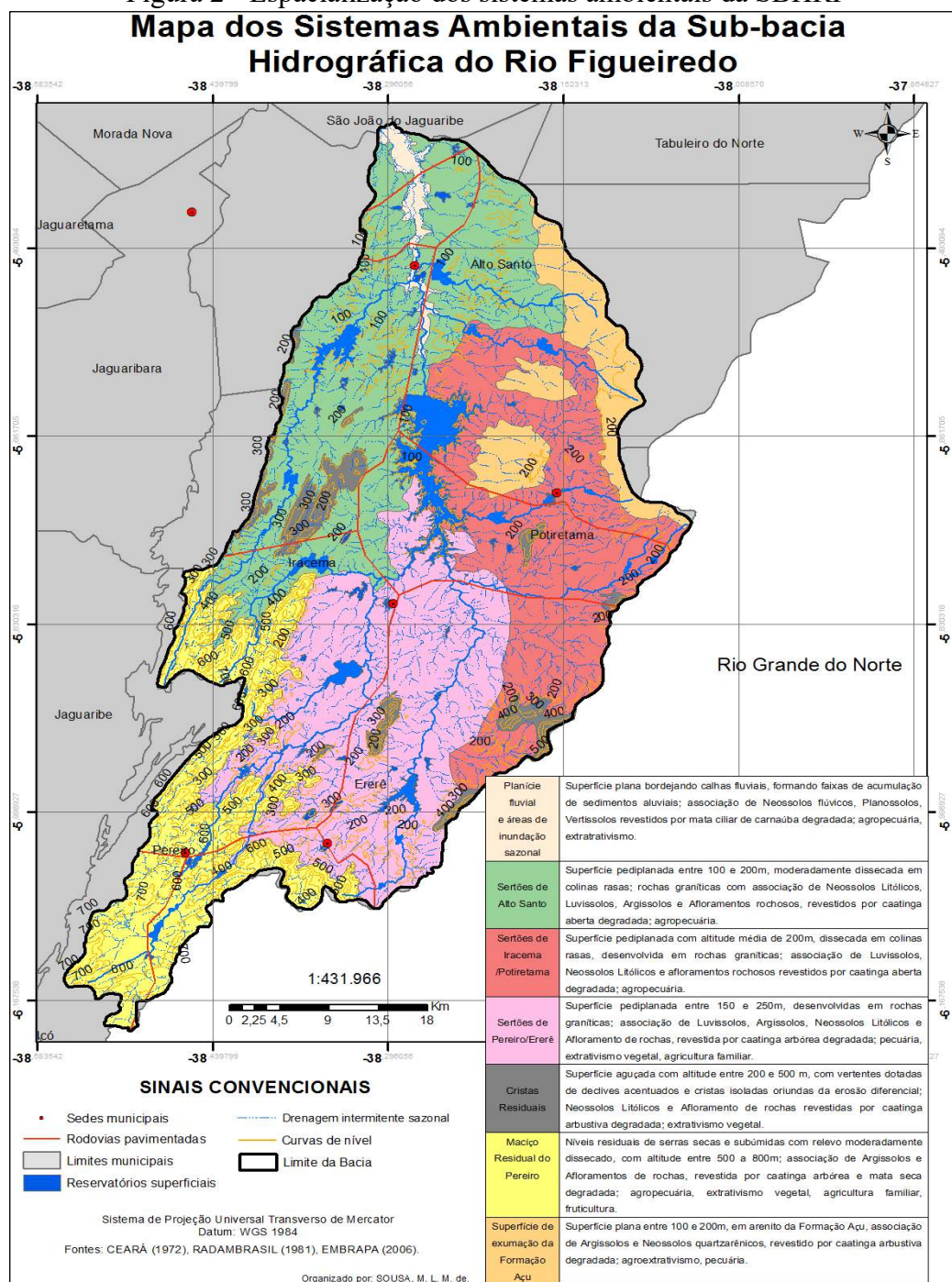
O Maciço do Pereiro representa a área de substrato cristalino das serras secas, com formas de topos aplainados e vertentes escarpadas, as quais se sobressaem entre 300 e 500 m do entorno da depressão sertaneja (BRANDÃO; FREITAS, 2014), resguardando as nascentes do Rio Figueiredo. Sua expressividade na sub-bacia é de 451 km², 9,5% da área (SOUSA, 2012), de todo território municipal de Pereiro e parte de Ereré e Iracema. Tal condicionante morfoestrutural permite melhor índice pluviométrico da sub-bacia, de 896,79 mm (FUNCEME, 1989-2018) e média da temperatura de 24,12°C. Entretanto, as litologias pré-cambrianas limitam aquíferos fissurais/cristalinos indiferenciado pouco produtivos (vazões entre 1 e 5 m³/h).

A exploração biológica é determinada pela mata seca, associada à caatinga arbórea densa, e aos principais tipos de solos: Argissolos Vermelho-amarelo associados aos Neossolos Litólicos com afloramentos de rochas; estando as principais atividades humanas atreladas ao extrativismo vegetal, desmatamento, fruticultura, agricultura de subsistência, pecuária e ocupação urbana – considerando que a sede municipal do Pereiro tem uma população urbana de 5.433 habitantes (IBGE, 2010). Dada essas características, as principais limitações e fragilidades do maciço, corroborando com Sousa (2012), estão atreladas à topografia do terreno, em virtude da maior declividade das encostas de alta vulnerabilidade à erosão dos solos.

Decerto, a Planície Fluvial representa toda a faixa do Rio Figueiredo e seus tributários, entretanto, sua expressividade é maior no baixo curso, território de São João do Jaguaribe/Alto

Santo, representando 33 km², 1,4 % da SBHRF, conforme Sousa (2012). Substrato dos depósitos sedimentares cenozóicos, pela forma de acumulação pluvial, esta apresenta relevo plano, de escoamento intermitente sazonal, comporta vários barramentos e, comumente, as matas ciliares encontram-se degradadas. O conjunto desse sistema é, na verdade, uma exceção dentro dos sertões, pelas melhores condições de solo – Neossolos Flúvicos associados aos Planossolos – e disponibilidade hídrica, potencialidades do ambiente, este marcado pela ocupação sertaneja no processo histórico de constituição das cidades (SOUZA, 2000).

Figura 2 - Espacialização dos sistemas ambientais da SBHRF



Fonte: Sousa e Oliveira (2018).

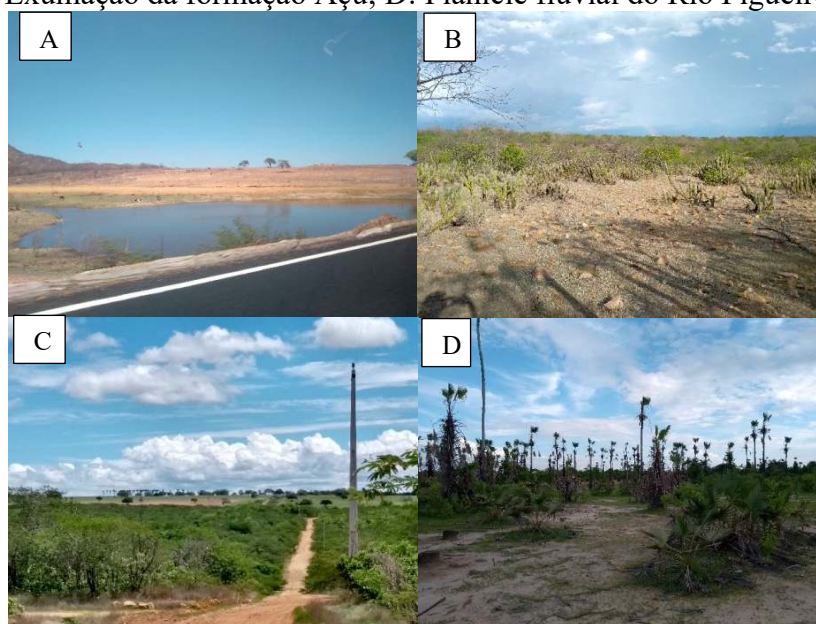
Do domínio das bacias sedimentares paleo-mesozóicas, os patamares da Chapada do Apodi detêm influências estruturais, formas tabulares com relevo aplainado a suavemente ondulado. Assim, nominada de Superfície de Exumação da formação Açu, este sistema ambiental recobre parte do território municipal de Alto Santo e Potiretama, com 156 km², correspondente a 6,7% da SBHRF (SOUSA, 2012).

As principais potencialidades estão atreladas à média fertilidade natural dos solos – Neossolos Quartzarênicos associados a Argissolos –, às topografias favoráveis ao desenvolvimento de atividades humanas e ao bom potencial de águas subterrâneas do Aquífero Açu, meio poroso moderadamente produtivo com vazão entre 10 e 50 m³/h. Entretanto, apresenta limitações quanto à ocorrência de águas superficiais e à degradação dos recursos naturais pelas práticas inadequadas das atividades humanas desenvolvidas – pecuária, cultivo do cajueiro (*Anacardium occidentale*): extrativismo e agropecuária (SOUSA, 2012).

A abrangência da depressão sertaneja, que é a maior expressão da sub-bacia, com cerca de 72%, está subdividida nos sertões de: Alto Santo (25,9%), Iracema/Potiretama (21,1%) e Pereiro/Ereré (25,4%), conforme a autora supracitada. A representação sensível dessa unidade é marcada pelas superfícies aplainadas suavemente onduladas, afloramentos rochosos, de clima semiárido e é cortada pela intermitência dos rios ao longo dos médios e pequenos açudes submetidos às deficiências hídricas na maior parte do ano.

As especificidades desses sertões estão ligadas à presença de caatinga arbustiva aberta e degradada, associações de Neossolos Litólicos Eutróficos, Luvisolos e Argissolos Vermelho Amarelo Eutrófico (RADAM BRASIL, 1981), com visível pedregosidade. A exemplo dos sertões de Alto Santo, os valores pluviométricos chegam à média de 665,37 mm (FUNCEME, 1989-2018) e à temperatura de 27,58°C, em média, o que condiciona o desenvolvimento de atividades agropecuárias, como subsídio econômico de boa parte da população, por exemplo. Ligado a isso, as principais limitações dizem respeito à erosão dos solos – rasos e pedregosos – pelo uso humano e pela causa natural das chuvas torrenciais (SOUSA, 2012). A figura 3 exhibe as feições dos sistemas ambientais da sub-bacia.

Figura 3 - Fotografias dos sistemas ambientais da SBHRF. A: Sertões de Pereiro/Ereré; B: Solos pedregosos nos Sertões de Iracema/Potiretama; C: Visão Panorâmica da Superfície de Exumação da formação Açu; D: Planície fluvial do Rio Figueiredo.



Fonte: Arquivo de campo dos autores (2019/2020).

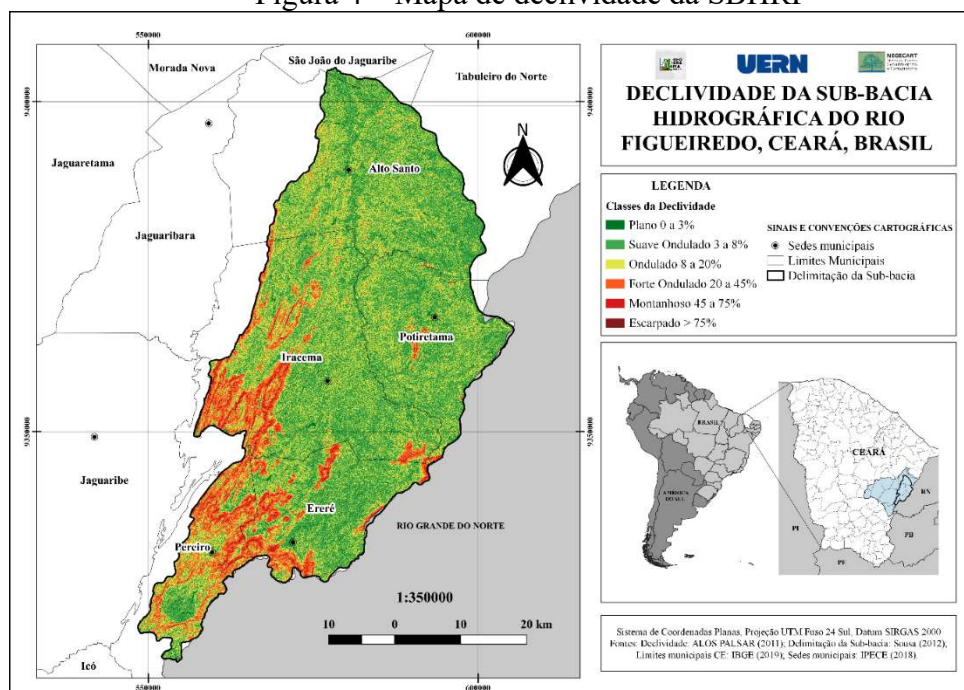
Considerando o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios que compõem a área, que não foge à variância de 0,6 – 0,7, e uma população rural-urbana de valores do PIB inferiores ao nível estadual, segundo IBGE (2010), aponta-se um cenário social aliado às potencialidades e limitações dos sistemas ambientais propícios à degradação/Desertificação e ao comprometimento da qualidade de vida cidadã.

SUSCEPTIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO NA SBHRF: INDICADORES GEOBIOFÍSICOS DE RELEVO, CLIMA E RECURSOS HÍDRICOS

A aplicação dos indicadores geobiofísicos de relevo, clima e recursos hídricos, espacializados nos sistemas ambientais da sub-bacia, levou em consideração não somente o aspecto quantitativo do índice, mas também a agregação de informações para cada parâmetro, mediante contextualização das variáveis adotadas.

Assim, o relevo heterogêneo e dinâmico, no espaço e no tempo, mantém inter-relações com os componentes do espaço geográfico e permite a ocupação humana biológica e social (ROSS, 2007). As alterações na paisagem incidem fortemente na dinâmica geomorfológica, tendo em vista o potencial técnico-científico da sociedade no desenvolvimento de atividades sob as formas do relevo. Desse modo, a variável declividade – inclinação do relevo em relação ao horizonte – condiciona os processos erosivos, as atividades e as formas de ocupação humana, variando de plano a montanhoso. Nos sistemas da SBHRF, os maiores percentuais incidem sob o maciço residual do Pereiro. Nos três sertões, a variação ocorre de plano à suave ondulado, devido às cristas residuais distribuídas nesses espaços (Figura 4).

Figura 4 – Mapa de declividade da SBHRF



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Na composição do IGBFDR, pelo parâmetro declividade, percebe-se que a SBHRF, predominantemente composta por superfícies aplainadas, não apresenta alta susceptibilidade. Entretanto, é possível apontar, pelo potencial geobiofísico desse indicador, que os terrenos planos/suave ondulado da área facilitam determinados tipos de uso e ocupação humana, os quais, em teor inadequado, podem incidir decisivamente na degradação dos solos e desencadear

perdas dos recursos naturais, como aponta a literatura geohistórica dos sertões de Jaguaribe, no Ceará.

A região de Jaguaribe e os subespaços do Rio Figueiredo – divididos em 33 sesmarias –, sobretudo a planície fluvial e os sertões, foram canais de penetração da ocupação no desenvolvimento das atividades econômicas primárias do Ceará. A pecuária e o algodão foram os condutores na ocupação do interior e na organização espacial, dada a favorabilidade ambiental para as pastagens naturais, acesso à água e topografia plana (PINHEIRO, 1999). Isso é constatado também pela produção agropecuária nos municípios da SBHRF, no período de 30 anos (1987-2016), concentrando alta produção de culturas temporárias e criação de rebanhos nos municípios de relevo aplainado, conforme as figuras 5.

Figura 5 - Produção agropecuária nos municípios da SBHRF (1987-2016). A: Produção agrícola em culturas temporárias; 2: Pecuária



Fonte: Elaboração dos autores (2020), com base nos dados do IPCEDATA.

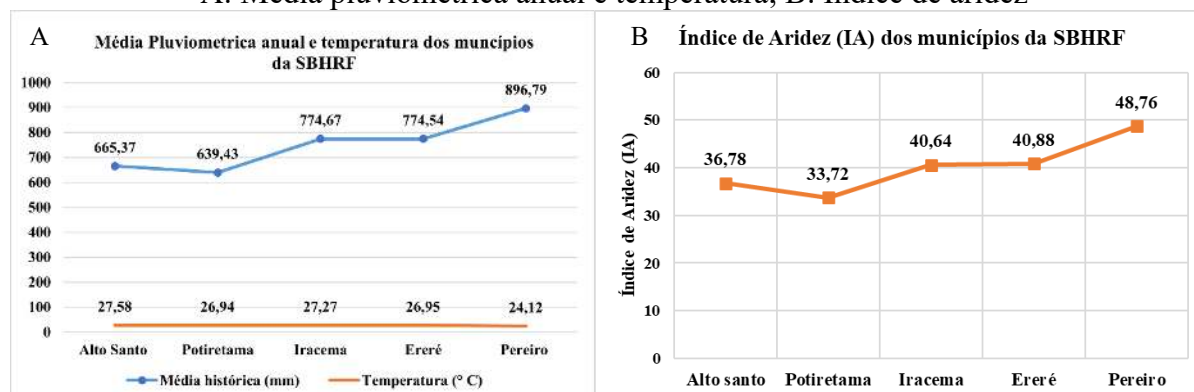
O clima, enquanto elemento formador e integrador da paisagem, é determinante da predisposição à desertificação. Corroborando com Silva e Oliveira (2018), a condição climática pela distribuição de chuvas é um dos indicadores climáticos de desertificação para o semiárido do Ceará, dada a incidência na disponibilidade hídrica nos sistemas ambientais e no planejamento das atividades agropecuárias de subsistência da população. Aliado a isso, esses espaços são determinados pelo Índice de Aridez (IA), visto que este permite aferir a relação entre a quantidade de chuva e a perda de água do sistema pela evapotranspiração potencial.

Nesse sentido, considerando os aspectos climáticos de precipitação e temperatura (Figura 6A), percebe-se o enquadramento semiárido na área. O maior índice pluviométrico coincide no município de Pereiro, situado no Maciço residual. Entretanto, assim como nos municípios da depressão sertaneja, os anos mais secos que fogem da média pluviométrica – ano de 1993, com acumulado de precipitação inferior a 300 mm – caracterizam a recorrente seca na região. Sob tais aspectos, o IA, para IGBFDC, classifica todos os sistemas ambientais como semiárido (Figura 6B), configurando indicador de valor 2. Com efeito, percebe-se que esses valores expressam a condição semiárida da sub-bacia e, portanto, a alta susceptibilidade à desertificação, condicionando não só a distribuição hídrica, mas de repercussões sociais e econômicas. Logo, é interessante apontar que essa relação existente entre a precipitação e a evapotranspiração potencial configura a deficiência hídrica e deve ser pauta no combate à problemática por meio das vias de planejamento e na elaboração de políticas públicas.

Em sintonia, a disponibilidade hídrica da sub-bacia responde a essas condições semiáridas. Há 9 açudes monitorados, de médio porte, com destaque para barragem do Figueiredo de maior expressão quantitativa e espacial (Figura 7). Entretanto, dada a escassez hídrica e a necessidade da população local, é notória a existência de outros meios para suprir as deficiências hídricas, como, por exemplo, a escavação particular de poços, cacimbas, cisternas, transporte em carros pipas e animais, de difícil mensuração. Mas, para interpretação do

IGBFDRH, considera-se essa dinâmica hídrica, aliada à irregularidade pluviométrica do espaço semiárido e às condições reais de demanda para a sobrevivência humana.

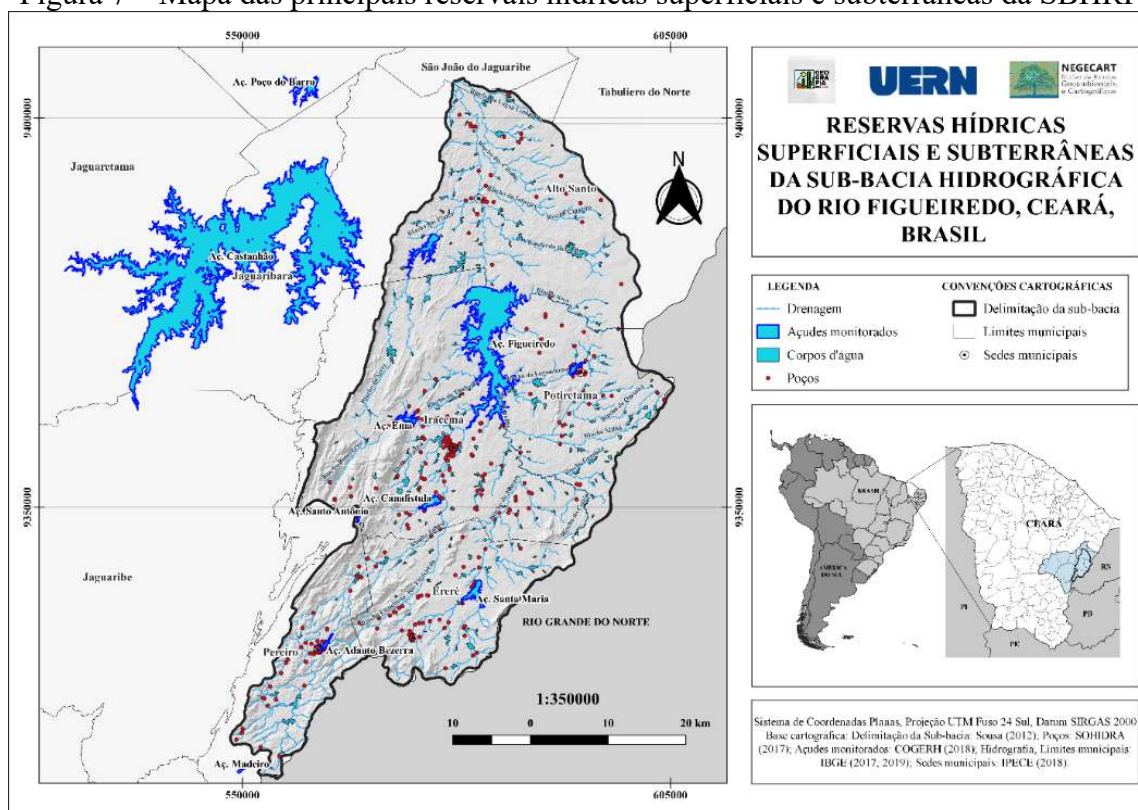
Figuras 6 – Aspectos climáticos dos municípios da SBHRF.
A: Média pluviométrica anual e temperatura; B: Índice de aridez



Fonte: Elaboração dos autores (2020), com base em FUNCEME e *Software Celina*.

Assim, advogamos como disponibilidade hídrica potencial social para o IGBFDRH o quantitativo da capacidade das reservas superficiais e subterrâneas monitoradas pelos órgãos de oferta máxima para a população, conforme a tabela 2. Observa-se, portanto, que a área possui um adensamento populacional significativo, e os poços ainda são de pouca expressão, estando a disponibilidade condicionada à presença e à recarga dos barramentos. No entanto, enquanto potencial e social, é eminente a situação regular/estresse para cinco 5 dos sistemas ambientais, exceto nos sertões de Iracema/Potiretama, em virtude da presença da barragem do Figueiredo.

Figura 7 – Mapa das principais reservas hídricas superficiais e subterrâneas da SBHRF



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

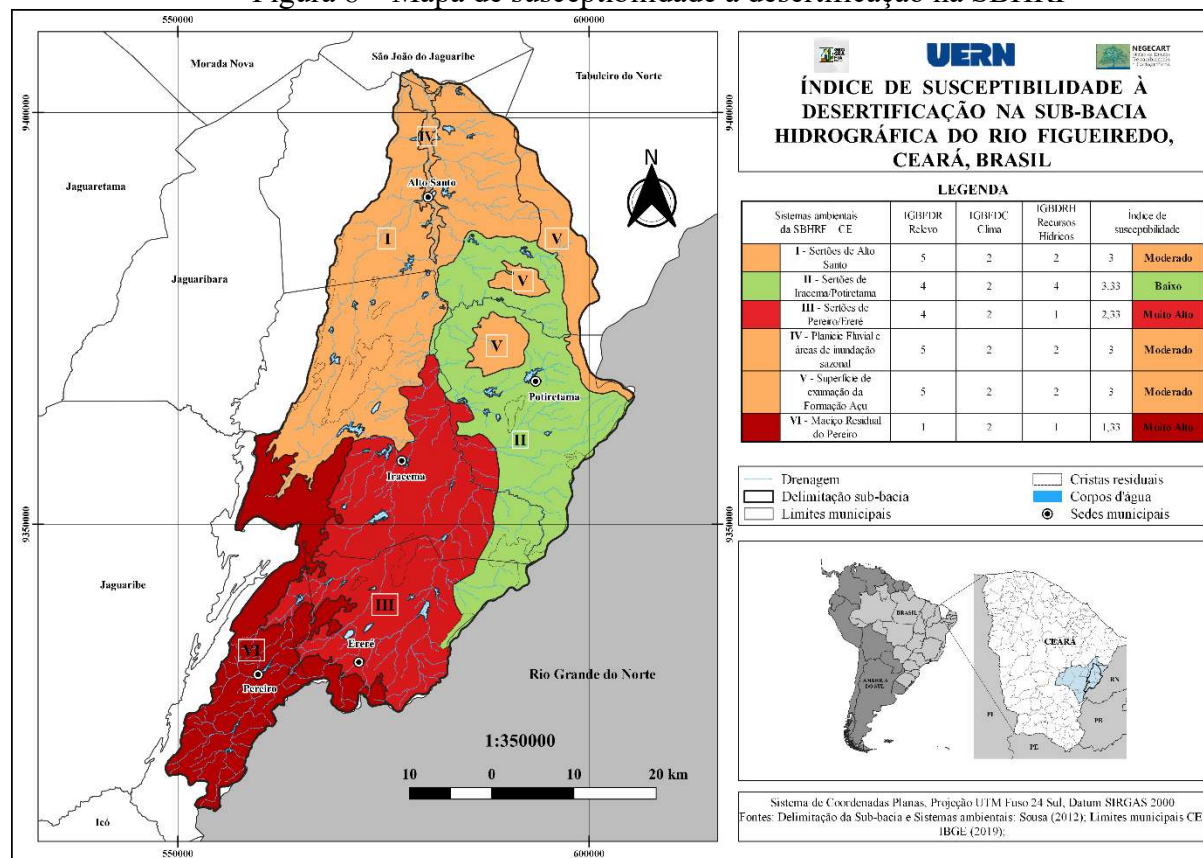
Tabela 2 – Disponibilidade hídrica potencial social da SBHRF

Municípios	População	Reservas superficiais monitoradas		Reservas subterrâneas		Disponibilidade hídrica potencial social (m³/hab.)
		Açudes	Capacidade (m³)	Nº de poços*	Vazão total (m³/h)	
Alto santo	16.359	Riacho da Serra	23.470.000	26	17,8	1.477,47
		Taborda	700.000			
Erere	6.840	Santa Maria	5.866.800	11	11	857,72
Iracema	13.722	Barragem do Figueiredo	519.600.000	62	74,721	39.639,41
		Canafistula	13.110.000			
		Ema	10.390.000			
		Santo Antônio	832.000			
Pereiro	15.757	Adauto Bezerra	5.250.000	44	67,71	333,18
Potiretama	6.126	Potiretama	6.330.000	30*	-	1.033,30
Total	58.804	9	585.548.800	173	171,231	9.957,63

Fonte: Elaboração dos autores (2020), com base em IBGE (2010); Atlas dos Recursos Hídricos do Ceará - COGERH; Anuário estatístico do IPECE (2017). *poços secos e/ou sem registro de vazão.

Nessa perspectiva, por meio da reunião e integração dos atributos dos parâmetros de cada indicador, chegou-se ao índice geobiofísico de susceptibilidade à desertificação na sub-bacia pelos sistemas ambientais, conforme mostra a figura 8.

Figura 8 – Mapa de susceptibilidade à desertificação na SBHRF



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A SBHRF apresenta feições da paisagem bem distribuídas nos seis sistemas ambientais, compatíveis com a realidade do semiárido cearense brasileiro. Embora seja uma área expressiva em suas particularidades, denota-se que não foge à regra dos ambientes típicos do sertão e encontra-se ameaçada pela incidência de degradação/Desertificação.

Trata-se de uma área que tem despertado interesse das pesquisas científicas e trabalhos acadêmicos, especialmente sobre a relação sociedade e natureza e potencialidades e fragilidades da paisagem. Entretanto, a atenção dada por este trabalho desperta para um dos problemas socioambientais mais preocupantes do semiárido: a Desertificação. A aplicação dos indicadores geobiofísicos, sob as condições do relevo, clima e recursos hídricos, averigua o potencial de diagnóstico desse problema na área, dando destaque para o substrato físico-natural sem desvincular-se do caráter social desse fenômeno.

Em termos da susceptibilidade na área, na interpretação dos indicadores, a maior susceptibilidade está no maciço residual do Pereiro e nos sertões de Pereiro/Eréré, condicionada, especialmente, pelos indicadores de relevo e recursos hídricos. Tais indicadores apresentam maiores variações para os sistemas, uma vez que o IA é semiárido para toda a área. Nos sertões, exceto o de Iracema/Potiretama, bem como na planície fluvial do Rio Figueiredo, há uma susceptibilidade moderada, visto que a disponibilidade hídrica é baixa.

Dessa forma, apontamos para a sistematização dos indicadores trabalhados, que ainda é carente na disponibilidade de dados, sobretudo para o indicador de recursos hídricos. Vale salientar, em suma, que o desafio desse, em especial, dar-se-á, também, pela dinâmica de abastecimento d'água nas regiões semiáridas atrelado ao seu potencial de associação físico (elemento água) e humano (população). Aliado à confluência de dados por municípios e sistemas ambientais, ainda assim, recorreremos à BH como facilitadora nos estudos geossistêmicos, sendo necessário o aprimoramento dessa prática em pesquisas posteriores, além de integrar outras variáveis de indicadores, entendendo o potencial holístico de diagnóstico da susceptibilidade à Desertificação.

REFERÊNCIAS

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

ABRAHAM, E. M.; MONTAÑA, E.; TORRES, L. Procedimiento y marco metodológico para la obtención de indicadores de desertificación en forma Participativa. In: ABRAHAM, E. M. e BEEKMAN, G. B. **Indicadores de la Desertificación para América del Sur**. Mendoza: Editorial Martín Fierro: 2006. p. 37-64.

ABRAHAM, E. M.; MATALLO, H.; LIMA, J. R. de. Ciencia y desertificación en América Latina. **Revista Zonas áridas**, Lima – Perú, v. 15, n. 2, p. 349-360. 2013. Disponível em: <<http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rza/article/view/124>>. Acesso em: 01 setembro 2020. <http://dx.doi.org/10.21704/za.v15i2.124>.

AB'SÁBER, A. N. Caatingas: o domínio dos sertões secos. In: **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades regionalistas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. p. 83-101.

ANDRADE, M. C. de. **Geografia: Ciência da Sociedade**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, 2006. 244 p.

ALMEIDA, I. C. de S.; SOUZA, M. J. N. de. Convergências e Controvérsias conceituais sobre degradação ambiental/Desertificação. **Revista GEOUECE**, v. 2, n. 3, p. 142-156. 2013. Disponível em: <<http://seer.uece.br/?journal=geouece&page=article&op=view&path%5B%5D=749>>. Acesso em: 01 setembro 2020.

ARAÚJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2010. p. 320

BEEKMAN, G. B. El programa de combate a la desertificación y mitigación de los efectos de la sequía en América del Sur, BID-IICA. In: ABRAHAM, E. M. e BEEKMAN, G. B. **Indicadores de la Desertificación para América del Sur**. Mendoza: Editorial Martín Fierro, 2006. p. 21-35.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço metodológico. **R. RA'E GA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3389/2718>>. Acesso em: 01 setembro 2020.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (org). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2012. p. 153-188.

BRANDÃO, R. de L; FREITAS, Luís Carlos Bastos (org.). **Geodiversidade do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014. p. 214.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 outubro 2020.

IBGE. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias**: 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

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. p. 213.

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

CARVALHO, O.; NASCIMENTO, F. Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável (escala de necessidades humanas e manejo ambiental). **GEOgraphya**, Niterói - RJ, v. 6, n. 12, 2004. p. 111-126. Disponível em: <<https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/13482>>. Acesso em: 01 setembro 2020.
<https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2004.v6i12.a13482>.

CEARÁ. **Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH)**. Disponível em: <<https://portal.cogerh.com.br/>>. Acesso em: 20 outubro 2020.

CEARÁ. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME)**. Disponível em: <<http://www.funceme.br>>. Acesso em: 15 julho 2020.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Disponível em: <<https://www.ipece.ce.gov.br/>>. Acesso em: 20 outubro 2020.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAE-CE)**. Fortaleza, 2010. 374p.

CEZÁRIO, A. R. V. **Degradação ambiental e suscetibilidade à desertificação no município de Tejuçuoca Ceará – Brasil**. 2019. 136 f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza. 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. A aplicação da abordagem em sistemas na geografia física. **Revista brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 2, p. 1- 108, abr./jun. 1990. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1990_v52_n2.pdf>. Acesso em: 01 setembro. 2020.

CONTI, J. B. As relações Sociedade/Natureza e os Impactos da Desertificação nos Trópicos. **Cadernos geográficos**, Florianópolis, n. 4, p. 1- 42, 2002. Disponível em: <<https://cadernosgeograficos.ufsc.br/edicoes-antiores/>>. Acesso em: 01 setembro 2020.

CPRM. Serviço geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2020. Escala: 1:500.000.

COSTA, G. CELINA - **Estimativa de Temperaturas Para o Estado do Ceará**. Versão 1.0. UFC, 2007.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da; (org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 337-375.

DANTAS, E. W. C.; et al. Nordeste brasileiro fragmentado: de uma região com bases naturais a uma fragmentação econômica. In: SILVA, J. B. da; DANTAS, E. W. C.; ZANELA, M. E.; MEIRELES, A. J. A. (org.). **Litoral e Sertão: Natureza e Sociedade no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica. 2006. p. 23-44.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Súmula da 10ª reunião técnica de levantamento de solos**. SNLCS: Rio de Janeiro, 1979.

FARIAS, J. F.; SILVA, E. V.; NASCIMENTO, F. R. Caracterização de sistemas ambientais como base metodológica para o planejamento ambiental em bacias hidrográficas semiáridas. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v.3, n.6, p.14-27, jul./dez. 2015. Disponível em: <<http://www.geoamazonia.net/index.php/revista/article/view/83>>. Acesso em: 01 setembro 2020.

GUERRA, M. D. F. **A problemática da desertificação nos sertões do médio Jaguaribe, Ceará: o contexto do município de Jaguaribe**. 2009. 170 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará (UECE). Fortaleza, 2009.

GUERRA, M. D. F.; SOUZA, M. J. N.; LUSTOSA, J. P. G. Revisitando a teoria geossistêmica de Bertrand no século XXI: aportes para o gtp (?). **Geografia em questão (online)**, Paraná, v. 5, n. 2, p. 28-42, 2012. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/5454>>. Acesso em: 01 setembro 2020.

MAIA, B. M. de A. **Condições ambientais e susceptibilidade a riscos de inundações na sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará, Brasil**. 2016. f.156. Dissertação (Mestrado acadêmico em Geografia) - Programa de Pós-Graduação Geografia, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará (UECE), Fortaleza, 2016.

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO, 2001. 122p.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas: a história de uma procura**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2001. 127p.

NASCIMENTO, F. R. do. **Degradação ambiental e desertificação no nordeste brasileiro: O contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú – Ceará**. 2006. 325 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2006.

NASCIMENTO, F. R. **O fenômeno da desertificação**. Goiania: Ed. UGG, 2013. p. 244.

NASCIMENTO, F. R. do. FARIAS, J. F. Compartimentação geoambiental como etapa metodológica para detecção e prospecção de áreas susceptíveis à desertificação (ASDS). **GEOgraphia**, v. 18, n. 38, p. 120-140, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/13776>>. Acesso em: 01 setembro de 2020.

NASCIMENTO, F. R. do; SAMPAIO, J. L. F. Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem. **Revista da Casa de Geografia de Sobral**. Sobral, v.6/7, nº 1, 2004/2005. Disponível em: <<https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/130>>. Acesso em: 01 setembro 2020.

OLIVEIRA, V. P. V. de. Problemática da Degradação dos Recursos Naturais dos Sertões Secos do Estado do Ceará- Brasil. In: SILVA, J. B. da; DANTAS, E. W. C.; ZANELA, M. E.; MEIRELES, A. J. A. (Orgs). **Litoral e Sertão: Natureza e Sociedade no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. p. 209 - 232.

OLIVEIRA, V. P. V. de. Sistemas Ambientais de Santiago – Cabo Verde (África): Indicadores Biofísicos de Desertificação. In: OLIVEIRA, V. V. de; GOMES, G. I. BAPTISTA, I. RABELO, L. S. (Org.). **Cabo Verde: Análise socioambiental e perspectivas para o desenvolvimento sustentável em áreas semiáridas**. Fortaleza, Ed UFC, 2012. p. 37-63.

PINHEIRO, F. S. de A. **Vulnerabilidade à erosão e morfodinâmica na sub-bacia hidrográfica do Rio figueiredo, CE**. 170 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências e Tecnologia, Fortaleza Universidade Estadual do Ceará (UFC), 2015.

PINHEIRO, F. J. O Vale do Jaguaribe: de um espaço livre dos povos indígenas para uma região da pecuária. In: **Propostas Alternativas: Vale do Jaguaribe, Natureza e Diversidade Cultural I**, 1999, p. 12-17.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. p. 276. Disponível em: <https://www.feevale.br/institucional/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico---2-edicao.>>. Acesso em: 01 setembro 2020.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: IVENTURI, L. A. B. **Praticando a geografia: técnicas de campo e laboratório em Geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p. 147-166.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator**, Fortaleza, n. 1, v. 1, p. 95-112, 2002. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/198>>. Acesso em: 01 setembro 2020.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 8 ed. São Paulo: Contexto, 2007. p. 84.

SALES, V. de C. Geografia, sistemas e análise ambiental: abordagem crítica. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 8, n. 2, p. 125-141, 30 dez. 2004. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/73959>>. Acesso em: 01 setembro 2020.

SANTOS, J. M. dos. Indicadores de desertificação: um olhar caleidoscópico desde o contexto científico internacional e nacional. In: ARAÚJO, S. M. S. de; LIMA, E. R. V. de. (Orgs.). **Desertificação no semiárido brasileiro e paraibano: abordagens conceituais, metodologias e indicadores**. Paulo Afonso/BA: SABEH, 2019, p. 18-54.

SCHENKEL, C. S.; MATALLO JUNIOR, H. **Desertificação**. 2 ed. Brasília: UNESCO, 2003. 82p.

SILVA, E. G. B. da; OLIVEIRA, V. P. V. de. Análise das precipitações pluviométricas como indicativo de áreas susceptíveis à desertificação nos sertões de santa quitéria e independência, ceará. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, Brasil, v. 12, n. 3, p. 7–17, 2018. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/502>>. Acesso em: 10 setembro 2020. <https://doi.org/10.22411/rede2018.1203.01>.

SOTCHAVA, V. B. O Estudo de Geossistemas. **Métodos em questão**, 16. IG-USP. São Paulo, 1977, 51p.

SOUSA, M. L. M. de. **Diagnóstico Geoambiental da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará: Subsídios ao Planejamento Ambiental**. 2012.144f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, 2012.

SOUSA, M. L. M. de. **Susceptibilidade à Degradação/Desertificação na Sub-Bacia Hidrográfica do Riacho Feiticeiro (Ceará/Brasil) e na Microbacia da Ribeira Grande (Santiago/Cabo Verde)**. 2016. 215 f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-

Graduação em Geografia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará (UFC),
Fortaleza, 2016.

SOUZA, M. L. M. de; OLIVEIRA, V. P. V. de. Histórico de uso e ocupação da terra e condições socioeconômicas da sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo – Ceará. In: SOUSA, M. L. M. de; OLIVEIRA, V. P. V. (Org.). **A Geografia aplicada ao semiárido brasileiro: Desafios e Perspectivas**. Fortaleza: Expressão gráfica e Editora, 2018, p. 257-277.

SOUZA, M. L. M. de; OLIVEIRA, V. P. V. de. Política de combate à seca e estratégias de convivência com o semiárido: o contexto do estado do Ceará. In: SEABRA, Giovanni; MENDONÇA, Ivo (org.). **Educação ambiental: Responsabilidade para a conservação da sociobiodiversidade**. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2011, p. 709-715.

SOUZA, A. C. N.; HENRIQUES, D. da S.; SOUSA, M. L. M. Desertificação e educação ambiental: discussão conceitual do problema na comunidade acadêmica. In: ALVES, L. da S. F.; BEZERRA, J. A.; SILVA, M. M. N. da. (org.). **Sustentabilidade, Políticas Públicas e Interdisciplinaridade no Semiárido**. 1º ed. Natal: CCHLA, 2019, v. 2, p. 189-200.

SOUZA, S. D. G.; SOUZA, A. C. N.; SOUSA, M. L. M. Clima, recursos hídricos, solos e vegetação como indicadores geobiofísicos de desertificação no alto/médio curso da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró-RN. In: RUFINO, L. D.; SOUSA, M. L. M. de; SILVA, J. B. (Org.). **Sustentabilidade, políticas públicas e interdisciplinaridade no semiárido**. 1º ed. Pau dos Ferros: Rede-TER, 2020, v. 3, p. 244-256.

SOUZA, M. J. N. Bases Geoambientais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C. (Org.) **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000, p. 06 -103.

SOUZA, M. J. N. Panorama da degradação ambiental, desertificação e entraves ao desenvolvimento sustentável do Ceará. In: PINHEIRO, D. R. de C. (org.). **Desenvolvimento sustentável: desafios e discussões**. Fortaleza: ABC Editora, 2006, p. 33-55.

SOUZA, M. J. N. de; OLIVEIRA, V. P. V. de. Análise ambiental – uma prática da interdisciplinaridade no ensino e na pesquisa. In: **REDE – Revista Eletrônica do Prodepa**, Fortaleza, v. 7, n.2, p. 42-59, nov. 2011. Disponível em: < <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/168>>. Acesso em: 01 setembro de 2020.

SOUZA, M. J. N. de; OLIVEIRA, V. P. V. de. Semiárido do Nordeste do Brasil e o Fenômeno da Seca. In: HUBP, J. L; INBAR, M. Desastres Naturales em América Latina. México, 2002 p. 207- 221.

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço geográfico uno en múltiplo. **Revista electrónica de geografía y ciencias sociales**, Universidad de Barcelona, v. 5, n. 79-104, 2001. Disponível em: < <http://www.ub.edu/geocrit/sn-93.htm>>. Acesso em: 01 setembro 2020.

VEADO, R. W. A. **O Geossistema: Embasamento Teórico e Metodológico** (Relatório de qualificação). UNESP: Rio Claro, 1995.