

Caracterização fitogeográfica de uma Área Susceptível à Desertificação: um estudo nos sertões do Centro-Norte Cearense

Igor Bulhões Barros¹ - Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-8881-0533>
Iaponan Cardins de Souza Almeida² - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2731-8492>
Maria Lucia Brito da Cruz³ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2202-923X>

¹ Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil*

² Universidade de Pernambuco, Garanhuns, PE, Brasil**

³ Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil***

Artigo recebido em 24/07/2025 e aceito em 26/03/2026

RESUMO

O presente trabalho analisa uma Área Susceptível à Desertificação no Centro-Norte Cearense (ASD 1), a partir do entendimento das características vegetacionais, pluviométricas e pedológicas. A área de estudo apresenta, em linhas gerais, condições de clima semiárido, com pluviosidade abaixo de 800 mm e temperaturas elevadas, resultando em déficit hídrico significativo. O trabalho utiliza o Método de Regimes Ecodinâmicos (MRE), por meio de parâmetros como: balanço hídrico, intensidade bioclimática potencial (IBP) e real (IBR), além de propriedades físicas dos solos, e formações vegetais. Os resultados revelaram gradientes de regimes ecodinâmicos, desde formações xerófilas tropófilas até mesófilas subúmidas. Sob essa perspectiva, o trabalho evidencia a heterogeneidade paisagística da região, assim como também alerta para os impactos da degradação ambiental e das mudanças climáticas, que podem alterar esses regimes no futuro. Conclui-se que a ASD 1 possui diversidade paisagística, de formações vegetais e potencialidades, apesar do comprometimento ecológico provocado pela degradação.

Palavras-chave: Desertificação; Regimes Ecodinâmicos; Semiárido; Caatinga; Biogeografia.

*Doutorando do Programa de Pós-graduação em Geografia PROP GEO - UECE. E-mail: professorigorbulhoes@gmail.com

** Doutor em Geografia, Professor Adjunto do Curso de Geografia - UPE. E-mail: iaponan.cardins@upe.br

*** Doutora em Geografia, Professora Adjunta do Curso de Geografia e do Programa de Pós-graduação em Geografia - UECE. E-mail: lucia.brito@uece.br



Fitogeographic characterization of an Area Susceptible to Desertification: a Study in the Hinterlands of North-Central Ceará

ABSTRACT

This study analyzes an Area Susceptible to Desertification in the North-Central Region of Ceará (ASD 1), based on an understanding of vegetation, rainfall, and soil characteristics. The study area generally exhibits semi-arid climate conditions, with rainfall below 800 mm and high temperatures, resulting in significant water deficit. The research employs the Ecodynamic Regimes Method (ERM), using parameters such as water balance, potential (IBP) and actual (IBR) bioclimatic intensity, as well as soil physical properties and vegetation types. The results revealed gradients of ecodynamic regimes, ranging from tropical xerophilous formations to more humid subhumid mesophilous formations. From this perspective, the study highlights the landscape heterogeneity of the region, while also warning about the impacts of environmental degradation and climate change, which may alter these regimes in the future. It is concluded that ASD 1 possesses landscape diversity, varied vegetation formations, and potentialities, despite the ecological compromise caused by degradation.

Keywords: Desertification; Ecodynamic Regimes; Semi-arid; Caatinga; Biogeography

Caracterización fitogeográfica de un Área Susceptible a la Desertificación: Un estudio en el sertón del Centro-Norte de Ceará

RESUMEN

El presente trabajo analiza un Área Susceptible a la Desertificación en el Centro-Norte de Ceará (ASD 1), a partir de la comprensión de las características vegetacionales, pluviométricas y edafológicas. El área de estudio presenta, en líneas generales, condiciones de clima semiárido, con precipitaciones por debajo de los 800 mm y temperaturas elevadas, lo que resulta en un déficit hídrico significativo. El trabajo emplea el Método de Regímenes Ecodinámicos (MRE), mediante parámetros como: balance hídrico, intensidad bioclimática potencial (IBP) e real (IBR), además de propiedades físicas de los suelos y formaciones vegetales. Los resultados revelaron gradientes de regímenes ecodinámicos, desde formaciones xerófilas tropófilas hasta mesófilas subhúmedas de mayor humedad. Bajo esta perspectiva, el trabajo evidencia la heterogeneidad paisajística de la región, así como también alerta sobre los impactos de la degradación ambiental y del cambio climático, que pueden alterar estos regímenes en el futuro. Se concluye que el ASD 1 posee diversidad paisajística, de formaciones vegetales y potencialidades, a pesar del compromiso ecológico provocado por la degradación.

Palabras clave: Desertificación; Regímenes Ecodinámicos; Semiárido; Caatinga; Biogeografía.

INTRODUÇÃO

O Domínio fitogeográfico das caatingas apresenta, por toda a sua extensão, uma variada gama de formações vegetacionais (Andrade Lima 1981; Moro, 2013; Macedo *et al.*, 2024). Mesmo dentro do polígono que delimita o domínio da semiaridez, no Ceará, alguns espaços se destacam como áreas que diferem do seu entorno (Ab'Saber, 2007; Fernandes, 2006; Oliveira, 2018).

Nesses espaços, ocorrem ambientes de exceção, nos quais se estabeleceram vegetais a partir de condicionantes altimétricos e, conseqüentemente, fatores geológicos e geomorfológicos, que favoreceram maiores índices de precipitação em áreas mais elevadas, com forte influência sobre as condições ambientais e a distribuição da vegetação (Silva, Leal e Tabarelli, 2017).

Em contraste, tais particularidades não se manifestam nas depressões sertanejas semiáridas, onde predomina um padrão florístico e vegetacional tipicamente xerófilo. Nesses ambientes, a caducifolia constitui um dos principais mecanismos adaptativos das espécies frente às condições de déficit hídrico (Tabarelli *et al.*, 2018; Nepomuceno *et al.*, 2021).

No processo evolutivo das paisagens semiáridas, fatores edafoclimáticos, geomorfológicos e hidrológicos têm atuado como os principais agentes na diferenciação do recobrimento vegetal da caatinga (Aguiar, 2022). O Estado do Ceará possui cerca de 86,8% do território sob condições de semiaridez, sendo a vegetação de Caatinga a manifestar maior abrangência, no seu território (Souza 2006a; 2006b; Silva, 2020; Dos Reis, 2021).

Mapeamentos realizados em escala estadual no Ceará, identificaram os piores estados de conservação da vegetação nativa em áreas caracterizadas pelos menores índices pluviométricos, elevada evapotranspiração, ampla exposição dos solos e intensa erosão (Ceará, 2010); FUNCEME, 2015). A partir desses estudos, foram delimitadas três áreas sob tais condições, denominadas Áreas Susceptíveis à Desertificação do Centro-norte (ASD 1), Médio Jaguaribe (ASD 2) e Inhamuns (ASD 3). Diante disso, o presente trabalho defende que a ASD 1 apresenta condições ecodinâmicas diversas e estados de conservação, que revelam potencialidades para a superação da degradação ambiental, desde que fundamentadas no entendimento aprofundado dessas paisagens.

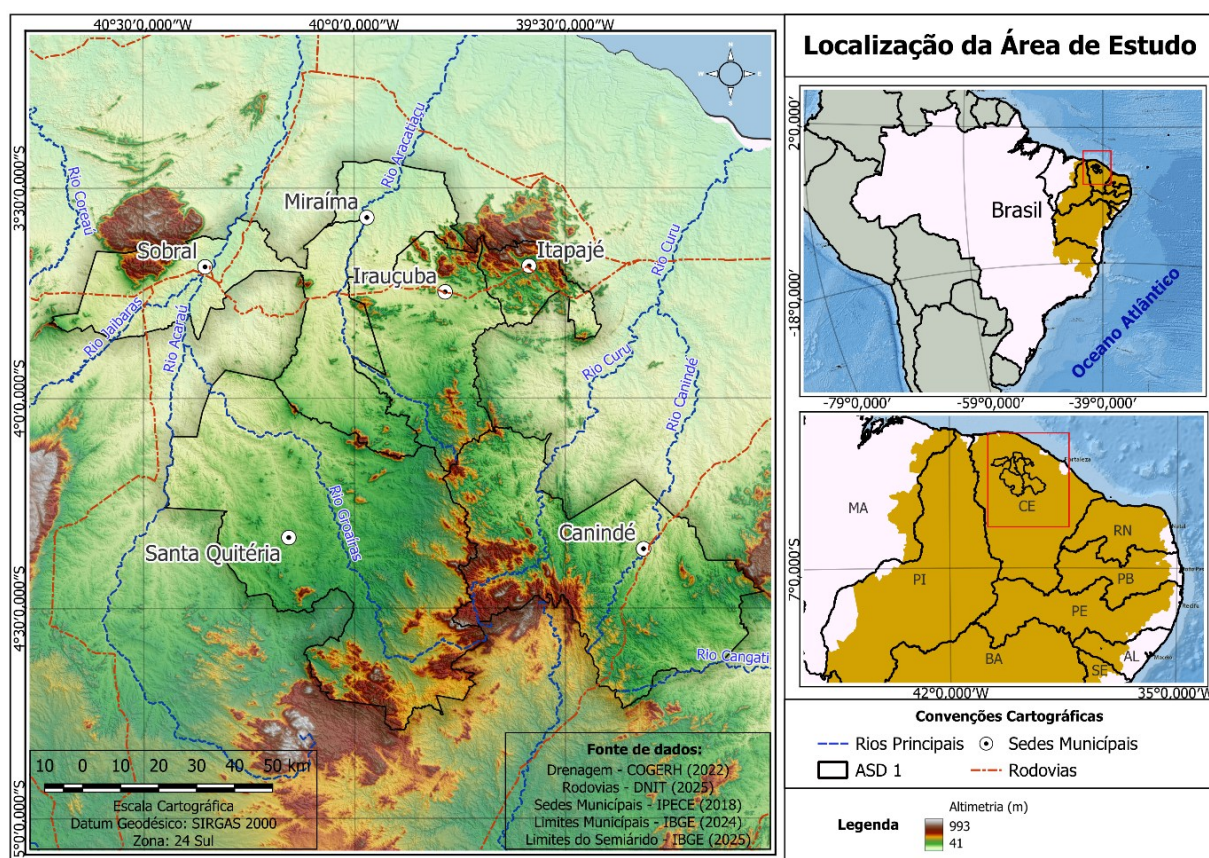
Nas mais variadas manifestações das unidades de paisagem, é possível constatar evidências de potencialidades ecológicas passíveis de uso sustentável e superação da degradação ambiental. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo identificar as variações da distribuição das formações vegetais da Caatinga, a partir do contexto bioclimático, em diferentes ambientes da ASD 1 do centro-norte cearense.

METODOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A ASD 1 compreende os municípios de Canindé, Irauçuba, Itapajé, Miraíma, Santa Quitéria e Sobral (figura 1), têm uma área total de 12.194,63 km² e é caracterizada como sendo a maior ASD do Ceará com aproximadamente 8% em relação a todo o estado (Ceará, 2010, IPECE 2010, 2022; FUNCEME, 2015; 2019).

Figura 1: Localização da ASD 1 – Centro-norte do Estado do Ceará.



Fonte: Os autores (2025)

A geologia da ASD 1, é composta por um mosaico complexo de terrenos que integram o Domínio Ceará Central, na Província Borborema (Almeida *et al.*, 1981). Predominam rochas do embasamento cristalino pré-cambriano, como gnaisses, migmatitos, xistos e granitos, agrupados em unidades como o Complexo Cruzeta, o Complexo Tamboril-Santa Quitéria e o Grupo Ceará, pertencentes à subfaixa de dobramentos Curu-Independência (Souza Filho, 2000; Souza Filho, Veríssimo e Feitosa, 2002; Lustosa, Sigolo e Nascimento, 2015; CPRM, 2018; 2020; Vasconcelos *et al.*, 2022).

A geomorfologia da área é marcada por relevos erosivos e estruturas deformacionais dúcteis e rúpteis impressas no embasamento cristalino pré-cambriano (Maia e Bezerra, 2014). A Depressão sertaneja é o compartimento de maior expressão espacial, expondo-se abaixo dos níveis altimétricos de 300 m (FUNCEME, 2015). Dispersos na depressão sertaneja, encontram-se maciços residuais e *inselbergs*, modelados por erosão diferencial em rochas magmáticas e metamórficas (Souza e Oliveira, 2006; Carvalho, Bastos e Cordeiro, 2024).

A ASD 1 está submetida às influências do clima semiárido, com médias pluviométricas inferiores a 800 mm, coeficientes térmicos superiores a 26 °C e elevadas taxas de evapotranspiração,

configurando um balanço hídrico deficitário durante quase todo o ano, com chuvas concentradas entre os meses de janeiro e junho (FUNCEME, 2015; Ferreira, 2021). Os solos são predominantemente rasos, com horizonte textural. As principais ocorrências correspondem à Luvisolos, Planossolos e Neossolos, mas há também ocorrências restritas de Cambissolos, Argissolos e Latossolos.

A vegetação da ASD 1 é, quase que absolutamente, de Caatinga do cristalino e mata seca do cristalino, cujo recobrimento florístico ocorre por espécies de porte arbustivo, em sua maior porção, e arbóreo. Destacam-se também, nas áreas com maior altimetria, fragmentos de florestas perenifólias e semidecíduas (Fernandes e Queiroz, 2018; Moro *et al.*, 2015; Dos Reis *et al.*, 2021; Santos Lima *et al.*, 2024).

PROCEDIMENTOS PARA GERAÇÃO DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

O Método de Regimes Ecodinâmicos – MRE é um meio de classificação fitogeográfica, que utiliza dados paramétricos, a partir dos Balanços Hídricos (BH) de Thornthwaite e Matter (1955) e Balanços Bioclimáticos (BB) de Burgos e Rebollar (1974). O BH é calculado a partir da Pluviometria (P), Evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR). Estas variáveis são ponderadas por valores da textura e capacidade de armazenamento dos solos; tipo de vegetação e profundidade do sistema radicular, o que resulta na estimativa da intensidade bioclimática potencial (IBP) e intensidade bioclimática real (IBR), as quais são expressas por Unidades Bioclimáticas (U.B.C) (Díaz, Cámara e Martínez, 2004; Lima, 2012; Souza, Artigas e Lima, 2015; Oliveira, 2018).

A IBP indica o desenvolvimento das plantas em condições de total aproveitamento dos recursos ambientais, sem limitações de umidade, nutrientes ou outros fatores essenciais. A IBR é a atividade vegetativa que se observa efetivamente no contexto de determinado clima, de acordo com a dinâmica do regime hídrico e indica onde há maior ou menor grau de paralisação vegetativa, e, portanto, define variações da cobertura vegetal (Rodrigues, Cámara e Souza, 2014).

O diagrama Ombrotérmico de Gaussen se fundamenta no cálculo dos períodos de seca em relação à temperatura, quando a temperatura média é duas vezes maior que o total da precipitação em um determinado período (Lima, 2012; Oliveira, 2018). Quanto mais próximo de valores positivos o índice indica que os períodos de seca são menores ou mesmo inexistentes.

A estimativa de distribuição dos Regimes Ecodinâmicos foi calculada pela planilha *Hidrobio* 3.0, desenvolvido por Cámara, Martinez e Del Omo (2004), na qual foram inseridos os dados da média mensal de temperatura e pluviometria de 160 postos de coleta de dentro e do entorno da área

de estudo. A planilha gera gráficos de P, T, ETP, ETR, BH, IBP, IBR, Índice Ombrotérmico, Índice de Termicidade Compensado (ITC), amplitude térmica anual, além dos regimes ecodinâmicos.

Os cálculos são realizados para os valores de cada coordenada dos pontos escolhidos (postos pluviométricos) e agrupados automaticamente em uma tabela-síntese, cujos resultados são interpolados para representação gráfica e cartográfica. Com isso, são avaliados: os períodos de recarga, armazenamento e déficit hídrico no solo, bem como seus efeitos na atividade vegetativa ou sua paralisação. A partir da combinação dos resultados gerados, foi interpolada a classificação das formações vegetais com base no trabalho de Câmara (1997).

Os Regimes Ecodinâmicos são definidos, portanto, a partir de intervalos determinados entre as variáveis estimadas para o índice ombrotérmico, índice de termicidade compensada, temperaturas, precipitação, meses com excedente ou déficit hídrico do solo e paralisação hídrica ou térmica da atividade vegetativa (Quadro 1).

Quadro 1- Síntese das variáveis bioclimáticas por Regime Ecodinâmico

Reg. Ecodinâmico	Índ. Ombrotérmico	Índ. Termicidade compensada	Temp. positiva	Temp. méd	Precipitação	Meses de excedentes	Paralisação hídrica	Paralisação térmica
Hiperxerófilo	-100 a -90	500 a 800	260 a 350	23 a 26	40 a 140	0	10 a 12	0
Xerófilo	-90 a -55	500 a 800	260 a 350	23 a 29	160 a 700	0	5 a 9	0
Tropófilo	-70 a -19	500 a 800	260 a 350	23 a 28	400 a 1300	1 a 2	1 a 5	0
Mesotropófilo	-30 a -30	500 a 800	260 a 350	24 a 30	1300 a 2000	0 a 5	1 a 4	0
Mesófilo seco	-50 a -5	500 a 800	260 a 350	23 a 29	650 a 1650	0 a 1	0	0
Mesófilo subúmido	-5 a 40	500 a 800	260 a 350	23 a 27,5	1100 a 1850	1 a 5	0	0
Mesófilo úmido	10 a 50	500 a 800	260 a 350	23 a 26	1450 a 1800	6 a 8	0	0
Ombrotropófilo	10 a 160	500 a 800	260 a 350	24 a 28	1900 a 4000	4 a 8	1 a 4	0
Ombrófilo	5 a 230	500 a 800	260 a 350	23 a 30	1800 a 4800	4 a 12	0	0
Termo-ombrófilo	10 a 500	130 a 600	120 a 280	10 a 23	800 a 6500	5 a 12	0	0
Termo-mesófilo subúmido	-15 a 90	130 a 600	120 a 280	10 a 23	590 a 1700	2 a 4	0	0
Termo-mesófilo seco	-50 a -5	130 a 600	120 a 280	10 a 23	400 a 1100	0 a 1	0	0
Termo-tropófilo	-70 a 11	130 a 600	120 a 280	19 a 23	300 a 950	0 a 3	1 a 5	0
Termo-xerófilo	-90 a -65	130 a 600	120 a 280	12 a 23	90 a 380	0	5 a 8	0
Termo-hiperxerófilo	-100 a -90	130 a 600	120 a 280	11 a 23	0 a 90	0	10 a 12	0
Crio-hiperxerófilo	-100 a -90	248 a 314	75 a 200	7 a 18	0 a 30	0	5 a 9	1 a 6
Crio-xerófilo	-90 a -50	-50 a 150	75 a 200	7 a 18	100 a 240	0	1 a 5	1 a 6
Crio-tropófilo	-90 a 50	-365 a 345	75 a 200	7 a 18	180 a 500	0 a 4	0	1 a 6
Crio-mesófilo	-40 a 0	-500 a 170	75 a 200	7 a 18	350 a 700	0 a 4	0	1 a 6
Crio-ombrófilo	-100 a 200	130 a 230	75 a 200	7 a 18	500 a 1500	2 a 10	0	1 a 6
Mesocrio-ombrófilo	20 a 250	-650 a 120	50 a 100	0 a 7	550 a 1500	7 a 11	0	6 a 8
Mesocrio-mesófilo	-50 a 0	-460 a -90	50 a 100	0 a 7	290 a 550	0 a 3	0	6 a 8
Megacrio-mesófilo	-70 a 10	-700 a 15	0 a 70	-18 a 5	130 a 400	0 a 3	0	8 a 12
Megacrio-ombrófilo	-10 a 350	-800 a -45	0 a 70	-18 a 5	300 a 1500	4 a 11	0	8 a 12

Fonte: Oliveira (2018) adaptado de Câmara (1997).

Os dados de precipitação, foram adquiridos no site da FUNCME e aqueles de temperatura foram estimados através de um *script* aplicado ao *Google Earth Engine*, com a utilização de dados do satélite *Modis*. Os dados de temperatura tomaram como ponto de coleta, as coordenadas dos postos pluviométricos municipais da ASD 1, além da obtenção dos mesmos dados dos municípios circunvizinhos, totalizando 160 postos para a interpolação geoespacial.

Tanto os dados de temperatura quanto os dados de precipitação foram coletados para um intervalo temporal de 20 anos (2004-2024) no cálculo das médias mensais correspondentes. Os dados pedológicos e de textura das ordens de solo foram adquiridos a partir do trabalho da FUNCEME, com a escala de 1:100.000 e foram classificados com base no trabalho da EMBRAPA (2018, 2025). Adicionalmente, foram realizados trabalhos de campo (figura 2) e consulta de literatura especializada para caracterização das propriedades físicas de cada ordem de solo encontrada na área de estudo.

Figura 2: A; Caatinga arbustiva no município de Irauçuba. B; Vegetação de Caatinga e indivíduos de *Copernicia prunifera* em Sobral, C: avaliação de textura dos horizontes superficiais no município de Irauçuba. D: acúmulo de serapilheira por caducifolia em período de paralização vegetativa;



Fonte: Acervo dos autores (2025).

Para reunir informações referentes à textura, profundidade e capacidade de armazenamento de água no solo tomou-se como base os trabalhos de: Dos Anjos (1998); Coelho *et al.* (2002); Oliveira *et al.* (2009); Cortez (2011); Fontes (2012); EMBRAPA (2018; 2019, 2025); FUNCEME (2015; 2024); Lepsch (2011); Santos *et al.* (2012); IBGE (2015); Santos *et al.* (2018); Saraiva *et al.* (2021); Thoma *et al.* (2022).

Em relação aos dados de vegetação os mesmos foram coletados com a visita em campo no ano de 2024 e 2025 e levantamento bibliográfico. A mesma foi classificada com base nos trabalhos

de Andrade-Lima (1981); Ab'Saber (1969; 2007); Souza (2000; 2006a), Fernandes (2006; 2007); Moro (2013); Moro *et al.* (2015; 2024); Queiroz *et al.* (2017); Loiola *et al.* (2020); Nepomuceno *et al.* (2021); Lima *et al.* (2022); Gomes *et al.* (2022); Santos Lima *et al.* (2024).

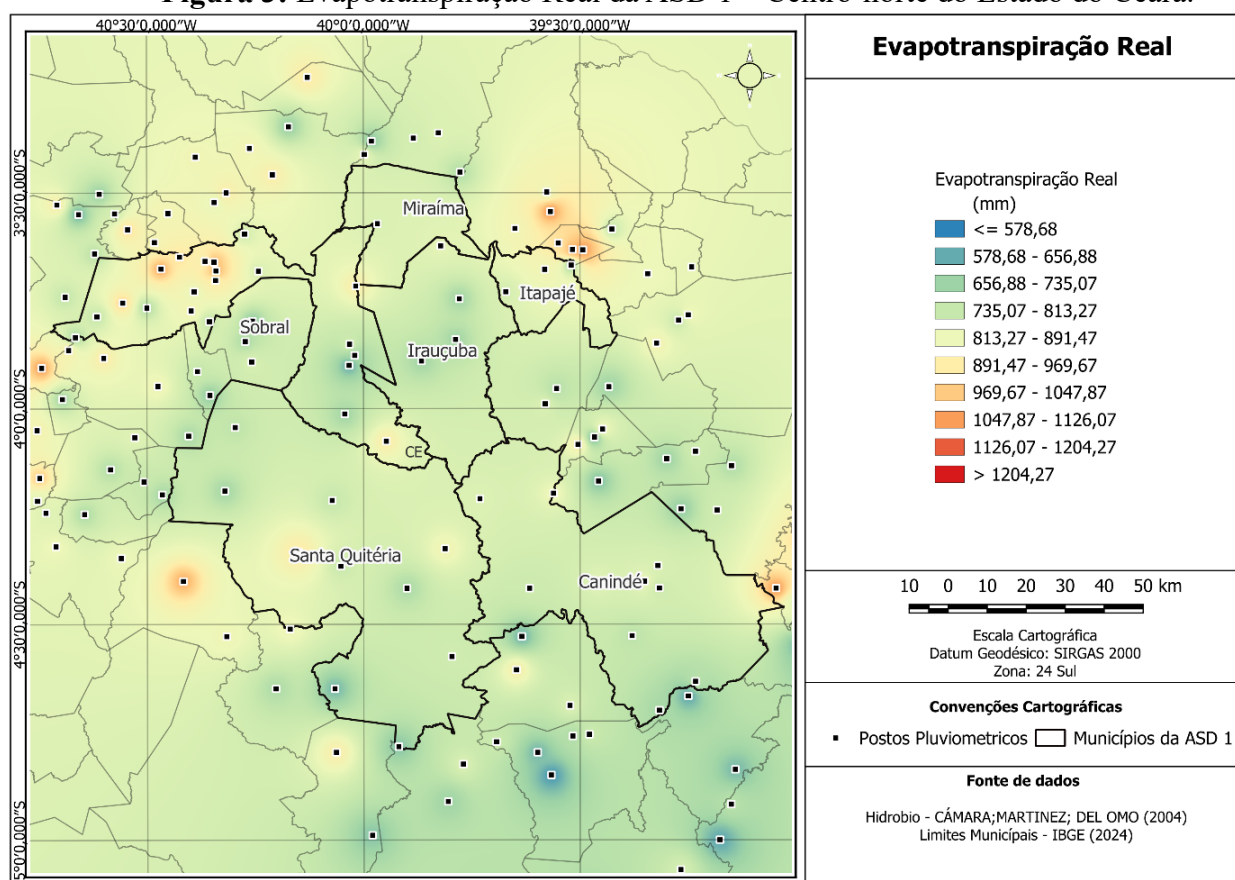
Após o processamento no *Hidrobio*, os dados foram tabulados em planilha *Excel* e exportados em formato *CSV*. No total, foram realizados 160 cálculos, tomando como base os postos pluviométricos da ASD 1 e das regiões circunvizinhas. Posteriormente, foi realizada a interpolação dos dados através da ferramenta *IDW* com base no trabalho de Marcuzzo, Andrade e Melo (2011). Para a confecção dos produtos cartográficos foi utilizado o *software* gratuito Qgis versão 3.44.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para entender as formações vegetais por meio do MRE na ASD 1, se fez necessário avaliar o seu contexto paisagístico. A área de estudo apresenta compartimentos litológicos, geomorfológicos e pedológicos diversos, o que influencia a distribuição das formações vegetais em interação fundamental com as variações climáticas. O quadro climático predominante da área de estudo apresenta temperaturas elevadas, chuvas concentradas e dispersas no tempo e espaço, conforme as características típicas do clima Tropical Semiárido. Essas influências junto às características geológicas, geomorfológicas e pedológicas denotam condições únicas a vegetação na área de estudo.

A evapotranspiração (figura 3), apresentou os valores mais altos nas porções mais elevadas pela maior disponibilidade de água. Os menores valores indicam médias de precipitação mais baixas e de temperaturas mais altas, o que é diretamente refletido nas formações superficiais e vegetais. Assim, a evapotranspiração se mostrou mais intensa durante o período chuvoso de verão e outono, bem como o do déficit hídrico se acentuou pelas taxas de evapotranspiração ao longo do inverno e primavera. Esta dinâmica organiza a distribuição das formações de Caatinga do cristalino e Mata seca do cristalino por Moro *et al.* (2015).

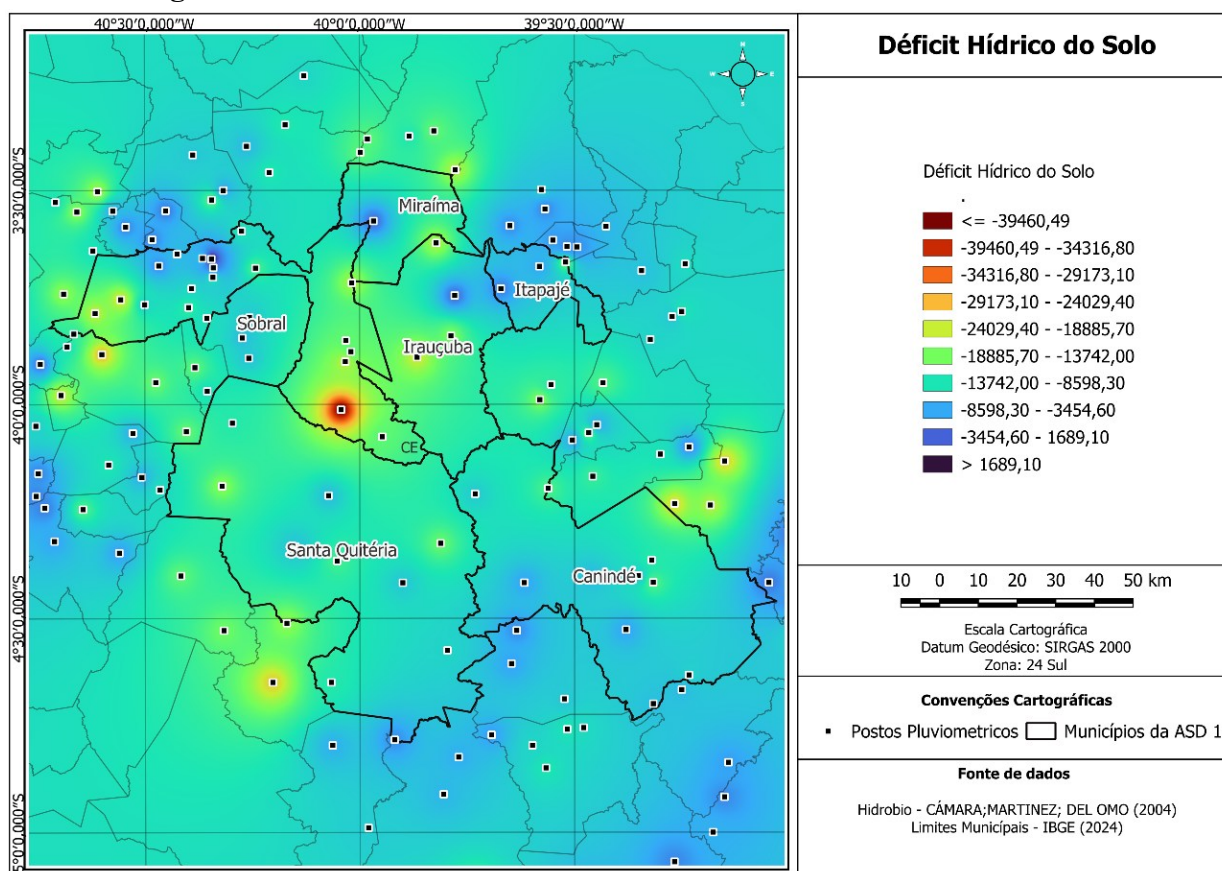
Figura 3: Evapotranspiração Real da ASD 1 – Centro-norte do Estado do Ceará.



Fonte: Os autores (2025)

O balanço hídrico (figura 4) se revelou deficitário de maneira generalizada na ASD 1, quanto mais baixas sejam as altimetrias, com destaque para a porção sul do município de Sobral, que apresentou o maior déficit hídrico em comparação com as demais áreas, seguido dos postos situados nos municípios de Irauçuba e Santa Quitéria. De maneira oposta, os postos que apresentaram menor déficit hídrico se encontram em regiões mais elevadas e ou próximas à cursos hídricos.

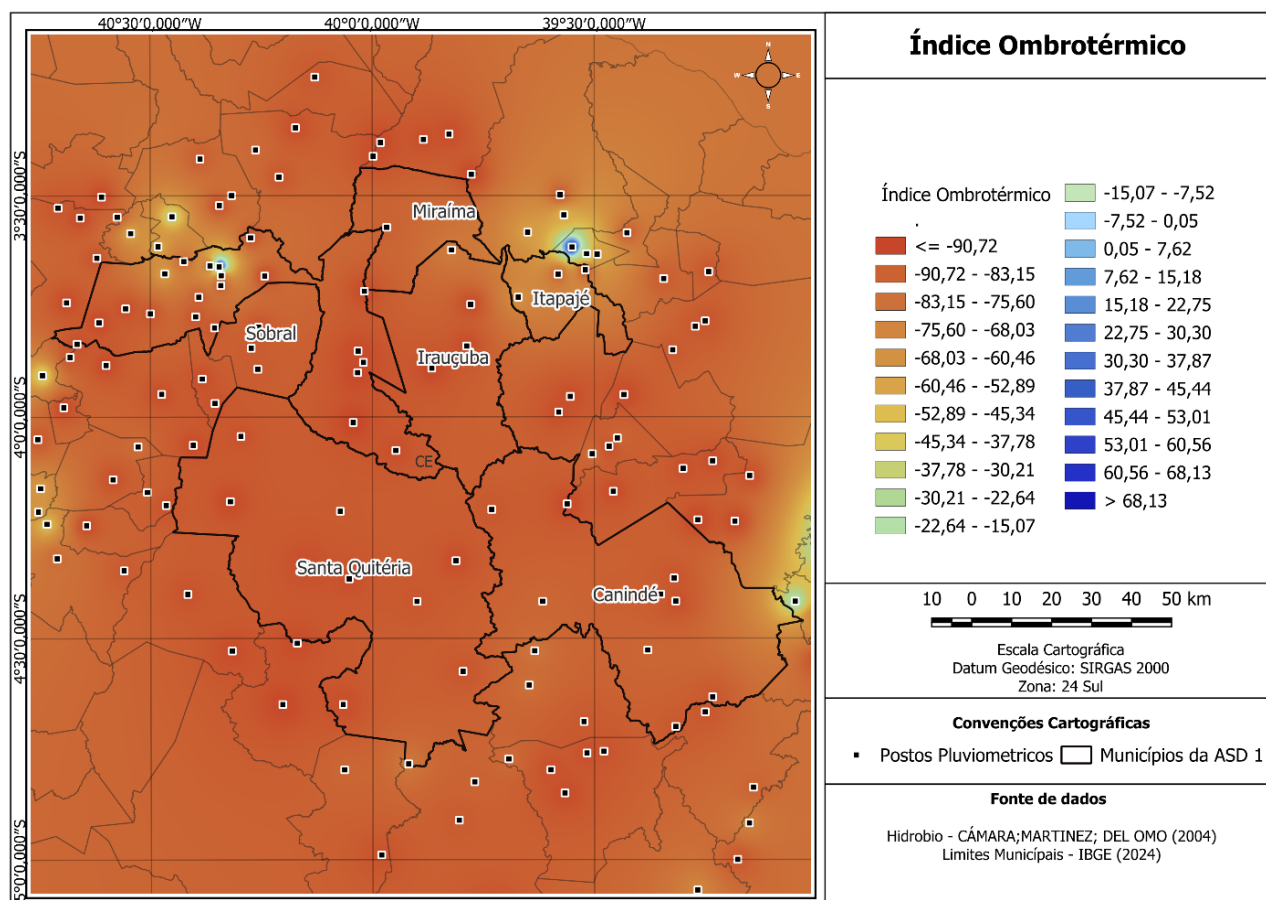
Figura 4: Déficit hídrico climático da ASD 1 – Centro-norte do Estado do Ceará.



Fonte: Os autores (2025)

Em relação ao Índice Ombrotérmico (figura 5), apenas os postos presentes em porções mais elevadas do relevo e sujeitas às perturbações de origem atlântica, como em patamares de Itapajé e Sobral ao norte, Maciços de Uruburetama e Meruoca respectivamente, apresentaram valores positivos mais relevantes. Por outro lado, a maior parte dos postos da ASD 1 apresentou os menores valores. Isso significa períodos de déficit hídrico significativamente maiores em relação ao período chuvoso, o que influencia diretamente a disponibilidade de água, associada à capacidade de armazenamento dos solos.

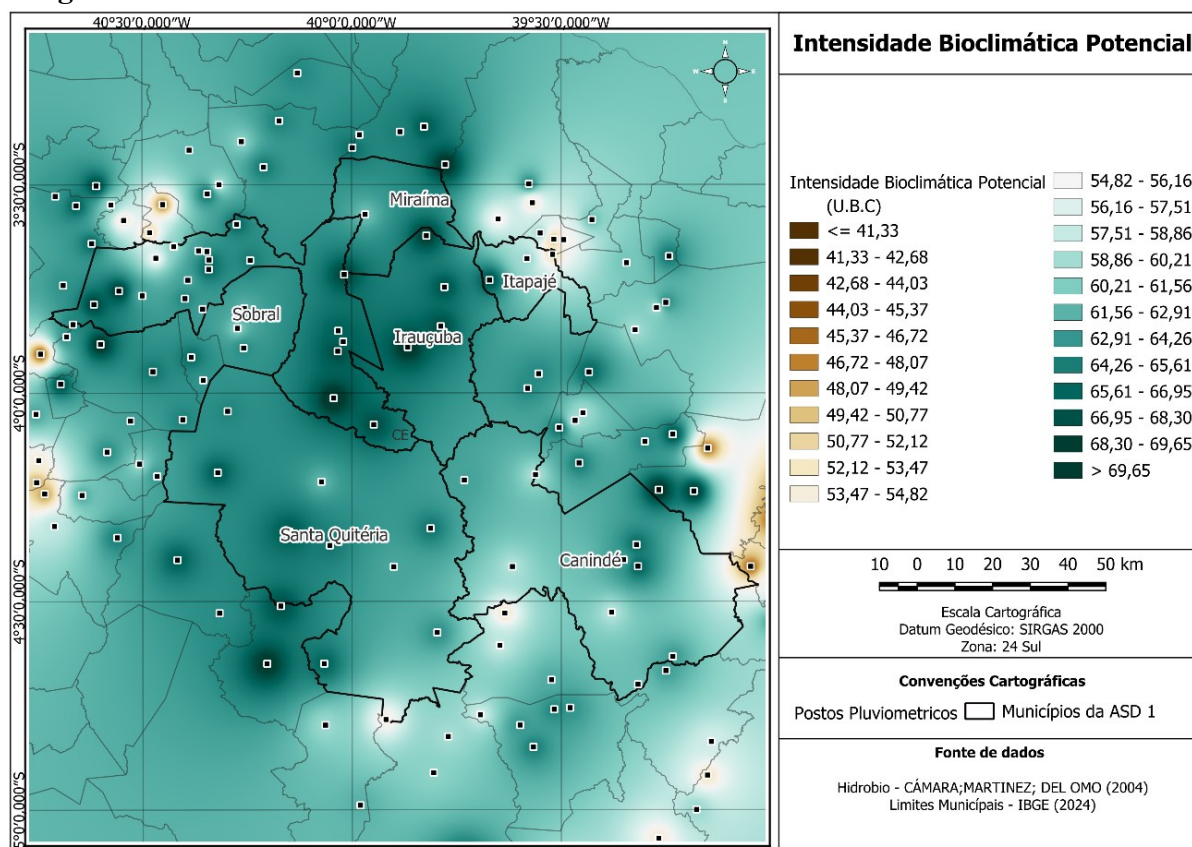
Figura 5: Índice Ombrotérmico da ASD 1 – Centro-norte do Estado do Ceará.



Fonte: Os autores (2025)

A IBP apresentou os menores valores nos trechos mais elevados e com maiores médias pluviométricas: Guaramiranga, Pacoti, Mulungu (sudeste de Canindé), Uruburetama (norte de Itapajé), Meruoca (norte de Sobral) e em municípios próximos ao Planalto da Ipiabapa (oeste de Sobral e Santa Quitéria). Dentro dos limites da ASD 1, destacam-se parte dos municípios de Sobral e Itapajé. Já os maiores valores, e, portanto, com limitações à atividade vegetativa, estão presentes em Irauçuba, na porção sul de Sobral e em regiões de Santa Quitéria e Mirafima (figura 6).

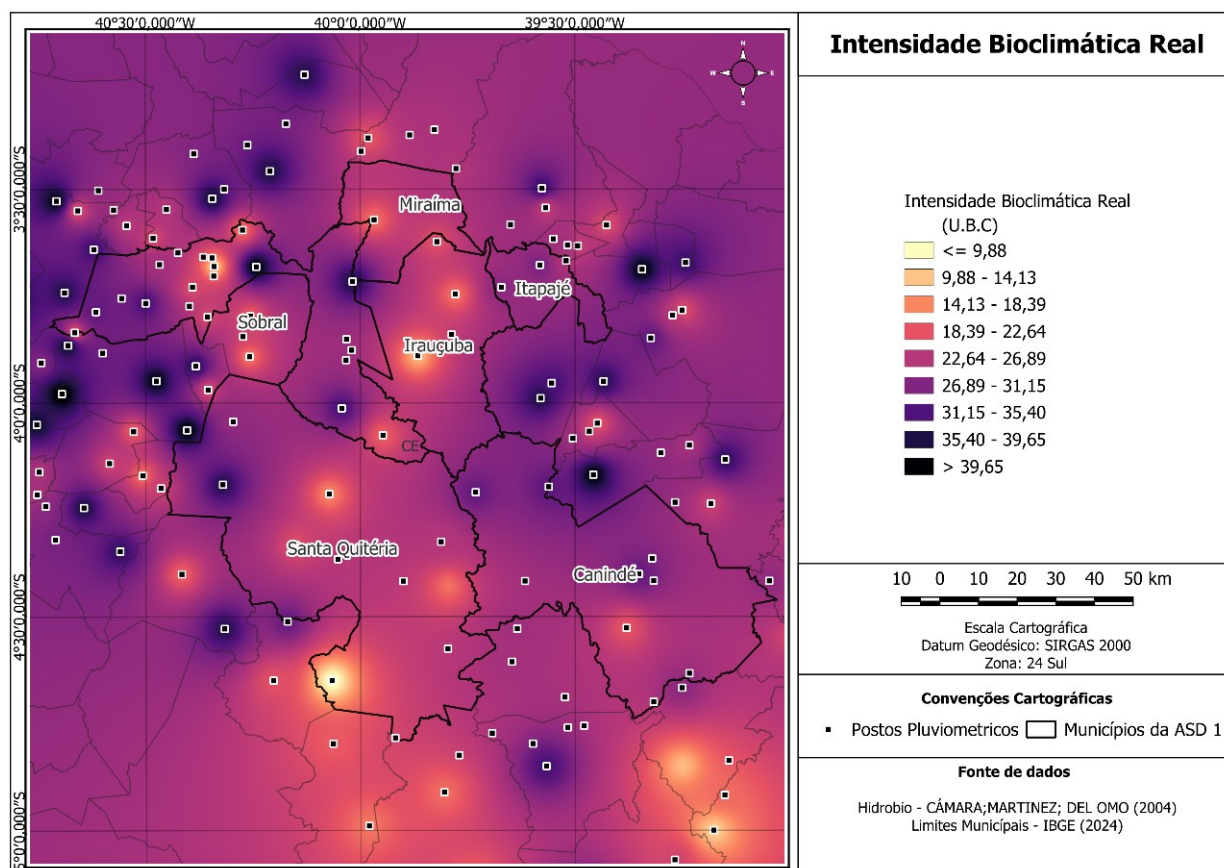
Figura 6: Intensidade Bioclimática Potencial da ASD 1 – Centro-norte do Estado do Ceará.



Fonte: Os autores (2025)

A IBR apresentou variabilidade por toda a ASD. Embora a precipitação média indique valores elevados em algumas áreas, entre 1.200 mm e 1.800 mm anuais, de maneira geral a média não ultrapassa os 800 na maior parte da ASD 1. Além disso, as médias de temperatura são elevadas, variando de 27 a 29°C, o que provoca intensa evapotranspiração, déficit hídrico sazonal e de 4 a 6 meses e paralisação vegetativa em parte significativa da área de estudo. A IBR (figura 7), apresenta um valor médio no intervalo de 22,64 UBC a 26,89 UBC com variabilidade elevada entre mínimo e máximo, se aproximando de 8 UBC e próximo de 40 UBC, respectivamente. Apresenta valores mínimos em Santa Quitéria, Sobral e Irauçuba e os máximos também em alguns postos do município de Sobral e em Santa Quitéria.

Figura 7: Intensidade Bioclimática Real da ASD 1 – Centro-norte do Estado do Ceará.

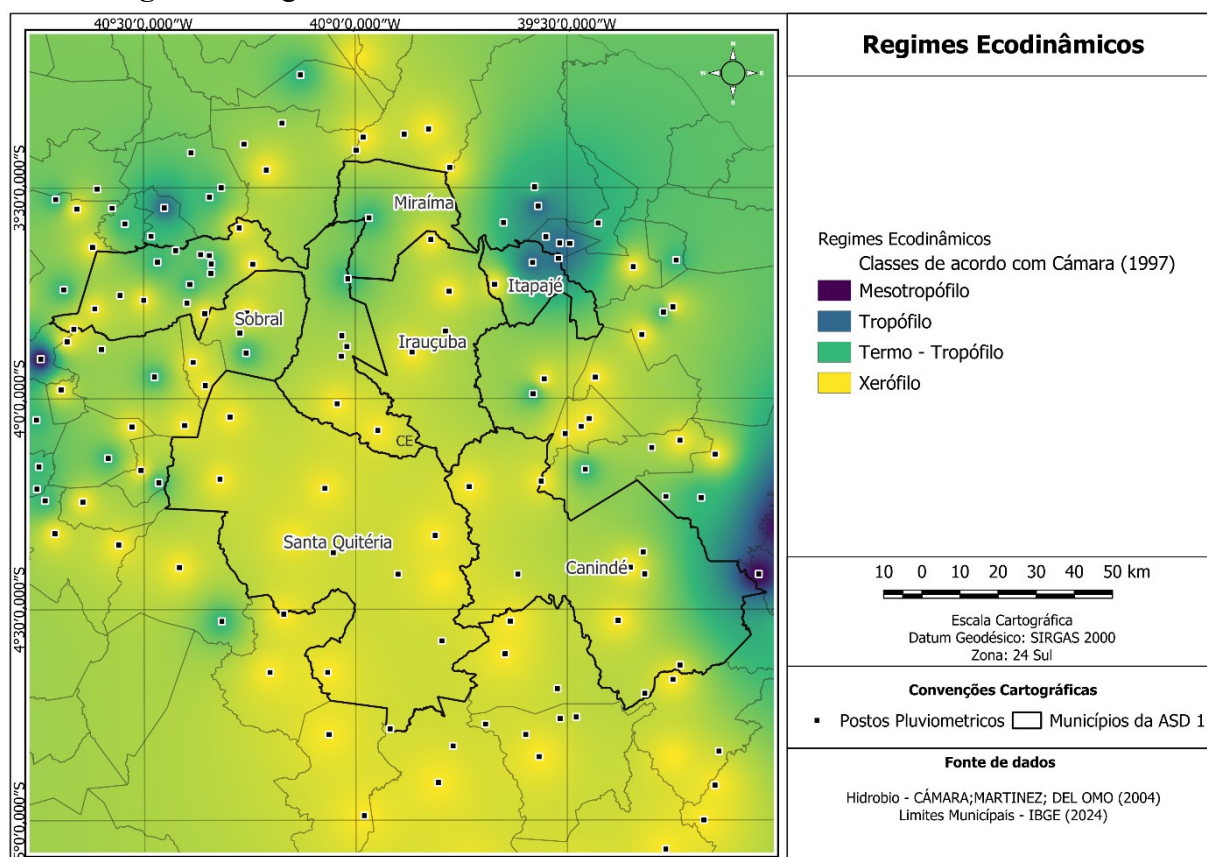


Fonte: Os autores (2025)

Para Lima (2012), a espessura, textura e o ponto de murcha definem a capacidade de armazenamento de água em um determinado tipo de solo. Nesse sentido, a combinação de maior capacidade de armazenamento de solos mais profundos e aumento da média de precipitação no gradiente altimétrico dos Maciços cristalinos, permite o desenvolvimento vertical e horizontal da vegetação (Bétard, Peulvast e Claudino-Sales, 2007; Pinheiro e Ramos, 2022; Nascimento *et al.*, 2023).

A variedade de Regimes Ecodinâmicos identificados para a área de estudo e seu entorno (figura 8), reflete a diversidade paisagística, variando desde ambientes fluviais, superfícies rebaixadas, *Inselbergs*, Serras e Maciços residuais. A distribuição das formações vegetais classificadas pelo MRE demonstrou predominância do regime Xerófilo, de vegetação arbustiva predominante, associada a formações herbáceo-arbustivas, bem como o gradiente para os regimes Termo-tropófilo, Tropófilo e Meso-tropófilo, demonstrando os trechos de transição climática condicionada pela altimetria e a respectiva topossequência de formações arbustivas, arbóreo-arbustivas e arbóreas.

Figura 8: Regimes Ecodinâmicos da ASD 1 – Centro-norte do Estado do Ceará.



Fonte: Os autores (2025)

Regime Xerófilo – A maior parte da área de estudo apresenta valores médios de precipitação anual de 430 mm, temperatura média de 26°C, até dois meses de excedente hídrico, com paralisação vegetativa de 6 a 7 meses e índice ombrotérmico médio de -72,05, e intensidade bioclimática média de 24,7 UBC.

Regime Termo-tropófilo – apresenta média de precipitação de 625 mm, temperatura média de 25°C, excedente hídrico de até 3 meses com paralisação vegetativa de 1 a 5 meses e Índice ombrotérmico médio de -82,05. Esse regime expressa a transição do regime Xerófilo para regimes mais úmidos nos setores pré-litorâneos e de pés de serra do Ceará, conforme Oliveira (2018).

Regime Tropófilo – apresenta valores médios de precipitação de 890 mm, temperatura média em torno de 26,5°C, excedente hídrico de 2 meses com paralisação vegetativa de 4 a 5 meses e Índice ombrotérmico médio de -47,55. Este regime configura condições maior disponibilidade de água por precipitação e capacidade de armazenamento de água no solo, mais próximas às condições de pés de Serra.

Regime Mesotrópico – apresenta valores médios de precipitação de 1.650mm, temperatura de 27°C excedente hídrico de 6 a 7 meses, sem registro de paralisação vegetativa e Índice ombrotérmico médio é de 15, 75. Este regime representa formações florestais condicionadas por maiores aportes de precipitação em altitudes superiores a 800m, o que influencia médias de temperatura mais baixas e maior capacidade de armazenamento de água nos solos de maior espessura.

Os resultados demonstram significativa variabilidade espacial para as formações vegetais primárias estimadas (figura 8). As diferentes formações fitogeográficas da Caatinga apresentam sinais de ampla distribuição de vegetação secundária em diferentes estágios de sucessão. Isso se deve a uma contínua e progressiva devastação do recobrimento primário pelo uso da terra, em especial nas áreas onde os problemas de degradação são mais intensos (Araújo Filho, 2013; Antongiovanni *et al.*, 2020).

Figura 8: Imagem A; Vistas do Maciço de Uruburetama no município de Itapajé 2024. Imagem B; Caatinga arbustiva da depressão sertaneja do regime Xerófilo (Miraíma- CE). Imagem C; Vegetação florestal do regime Meso-tropófilo (Pacoti-CE). Imagem D; Vegetação de mata seca do cristalino na Depressão Sertaneja aplainada no município de Santa Quitéria no ano de 2025.



Fonte: Acervo dos autores (2024/2025).

De maneira geral verifica-se que a ASD 1, está longe de ser considerada homogênea do ponto de vista climático e vegetacional, do ponto de vista dos Regimes Ecodinâmicos. Isso tem implicações relevantes quanto à investigação sobre os efeitos do uso da terra sobre os processos de degradação, que são objeto de políticas públicas nas três esferas da administração pública, mas também, das demandas de reflexão acadêmica e seu papel social. A superação dos graves efeitos da degradação ambiental da área de estudo perpassa o entendimento da distribuição das formações vegetais, sua diversidade biogeográfica, bem como as decisões sociais sobre a conservação da qualidade das unidades de Paisagem.

De modo complementar, o curso da dinâmica climática do século XXI expõe preocupações adicionais dignas de nota. Trabalhos como os do IPCC (2021) de Linhares, Sobrinho e Mutti (2024) e de Artigas (2025), indicam a plausibilidade do aumento da temperatura e, portanto, da aridez para o Nordeste e para o Estado do Ceará, o que requer um conjunto de ações no sentido da organização social, técnica e econômica para a mitigação de seus efeitos. O recorte temporal compreendido entre os anos de 2004 a 2024 deste trabalho evidencia a necessidade de monitoramentos contínuos em decorrência das mudanças climáticas no contexto das alterações da paisagem já realizadas na ASD 1 (FUNCEME, 2015, Ferreira, 2021), especialmente sobre a possibilidade de futuras alterações na distribuição dos Regimes Ecodinâmicos em um período de tempo ainda desconhecido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O contexto ambiental da ASD 1 demonstrou uma diversidade de formações vegetais em quatro regimes ecodinâmicos, correspondentes à dinâmica bioclimática, bem como a respectiva distribuição espacial dos compartimentos de paisagem. A Caatinga do cristalino é amplamente dominante, com diferentes combinações e estratos do regime Xerófilo, cujas modificações se revelam a partir do gradiente altimétrico e seus efeitos sobre os aspectos climáticos, geomorfológicos, pedológicos e vegetacionais. Neste sentido, a vegetação apresenta maior desenvolvimento vertical, quanto mais elevadas sejam as cotas altimétricas, passando então, aos regimes Termo-tropófilo, Tropófilo e Meso-tropófilo; associações arbustivas, Mata seca do cristalino e Matas úmidas, respectivamente.

Os resultados possibilitaram a estimativa das zonas de distribuição provável das formações vegetais primárias, em um cenário de descaracterização pelos processos de degradação historicamente produzidos. Os esforços de mitigação deste fenômeno passam também por aprofundamentos de estudos sobre a distribuição da cobertura vegetal, enquanto motor da produção

primária da teia trófica, do que dependem outras formas de vida. Além disso, a comparação entre o estado atual da cobertura do solo e as formações vegetais estimadas pode demonstrar perdas em cada regime, assim como aquelas zonas de maior exposição dos solos aos processos erosivos.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste Brasileiro. **Geomorfologia**, n. 19, p. 1-38, 1969.
- AB'SABER, Aziz N. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. 2. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2007.
- AGUIAR, Antonia Elisangela Ximenes. Reconstituição Paleobiogeoclimática dos Brejos de Altitude do Ceará: Um Estudo de Caso da Serra de Uruburetama (CE). 2022. 253 f. **Tese** (Doutorado em 2022) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2022.
- ANDRADE-LIMA. D. de. 1981. The caatinga dominium. *Revista Brasileira Botânica* 4: 149-53.
- ANJOS, L. H., FERNANDES, M. R., PEREIRA, M. G.; FRANZMEIER, D. P. Landscape and pedogenesis of an Oxisol-Inceptisol-Ultisolsequence in Southeastern Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, 62(6), 1651-1658.1998.
- ANTONGIOVANNI, Marina et al. Chronic anthropogenic disturbance on Caatinga dry forest fragments. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, n. 10, p. 2064-2074, 2020.
- ALMEIDA, F.F.M. de et al. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, v. 17, p. 1-21, 1981.
- ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Recife: Projeto Dom Helder Câmara, 2013.
- ARTIGAS, Rafael. C. **República Dominicana: dinámica del medio físico en la región Caribe (Geografía Física, sabanas y litoral): Aportación al conocimiento de la tropicalidad insular**. 1997. Tese de Doutorado. Universidad de Sevilla.
- ARTIGAS, Rafael Cámara. Análise das mudanças ambientais no Brasil no século XXI a partir de regimes bioclimáticos: o caso da Amazônia, do Cerrado e da Caatinga. **GEOUSP**, v. 28, p. e230743, 2025.

ARTIGAS, Rafael Cámara; DEL OLMO, Fernando Díaz. Muestreo en transecto de formaciones vegetales de fanerófitos y caméfitos (I): fundamentos metodológicos. *Transect sampling of vegetation formations of phanerophytes and chamaephytes (I): methodological fundamentals. Estudios geográficos*, v. 74, n. 274, p. 67-88, 2013.

BÉTARD, François; PEULVAST, Jean-Pierre; CLAUDINO-SALES, Vanda. Caracterização morfopedológica de uma serra úmida no semi-árido do nordeste brasileiro: o caso do Maciço de Baturité-CE (morphopedological characterization of a humid mountain in the brazilian semi-arid north-east). *Mercator*, v. 6, n. 12, p. 107 a 126-107 a 126, 2007.

CÁMARA, AR; DÍAZ OLMO, F.; MARTÍNEZ, BM del C., Gómez-Ponce, C., Tabares, E. & Vega, AJ (2004). **Diretrizes de gestão para a conservação e desenvolvimento integral de um humedal centro-americano: Golfo de Montijo (Litoral del Pacífico do Panamá).** (2004).

CARVALHO, Islane Pinto; DE HOLANDA BASTOS, Frederico; CORDEIRO, Abner Monteiro Nunes. Geomorphological Heritage and Geotourism in a Granite Terrain of the Semi-Arid Northeast of Brazil: The Case of the Uruburetama Massif. *Geoheritage*, v. 16, n. 3, p. 68, 2024.

CEARÁ. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca.** Fortaleza: MMA e SRH, 2010.

COELHO, M.R.; SANTOS, H.G.; SILVA, E.F. & AGLIO, M.L.D. **O recurso natural solo.** In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JR., E. & PERES, J.R.R. *Uso agrícola dos solos brasileiros.* Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2002. p. 1-11.

CORTEZ, Jorge Wilson et al. Atributos físicos do Argissolo Amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 1207-1216, 2011.

CPRM. **Geologia e recursos minerais da folha Irauçuba – SA.24-Y-D-V: estados do Ceará.** Escala 1:100.000. / Organizado por João Luís Carneiro Naletto --- Fortaleza: CPRM, 2018.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto mapa geológico e de recursos minerais do estado do Ceará** / Organizadores Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo [e] Edney Smith de Moraes Palheta. – Escala: 1:500.000 – Fortaleza: CPRM, 2021.

DOS REIS, Ana Paula Lima et al. Levantamento florístico das espécies nativas da caatinga do estado do Ceará. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 4, n. 3, p. 3060-3078, 2021.

DOS SANTOS LIMA, Lysiane et al. Análise florística e biogeográfica da Floresta Nacional de Sobral, Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 17, n. 05, p. 3918-3944, 2024.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Pereira, M. G., dos Anjos, L. H. C., Pinheiro Junior, C. R., Pinto, L. D. S., da Silva Neto, E. C., & Fontana, A. (2019). **Formação e caracterização de solos**.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos et al. 6. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2025.

FERNANDES, Afrânio. **Fitogeografia brasileira: províncias florísticas** / Afrânio Fernandes. 3o. ed. Fortaleza: Realce editora e indústria gráfica, 2006.

FERNANDES, Afrânio. Fitogeografia brasileira. Fundamentos Fitogeográficos: Fitopaleontologia, Fitoecologia, Fitossociologia, Fitocorologia. 1º parte. 3º ed. Revisada / Afrânio Fernandes. - Fortaleza: Edições, UFC, 2007.

FERNANDES, Moabe Ferreira; QUEIROZ, Luciano Paganucci de. Vegetação e flora da Caatinga. **Ciência e cultura**, v. 70, n. 4, p. 51-56, 2018.

FERREIRA, Yrving Brandão. Balanço hídrico climatológico como ferramenta de análise hidroclimática de núcleos de susceptibilidade a desertificação. 2021. 195 f. **Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, 2021.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME. **Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação do núcleo I Irauçuba/Centro-Norte**. / Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. / Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. - Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME. **Áreas Fortemente Degradadas em processo de Desertificação**. Estado do Ceará, 2019. Disponível em: [7-Mapa CE Desertificação 2016 A2.pdf](#) Acesso em: 20 mai. 2025.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do Estado do Ceará** [livro eletrônico]. -- Fortaleza, CE: Coletivo Duas Catitas, 2024. ePub. Disponível em: <http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2024/11/LIVRO-LEVANTAMENTO-DE-SOLOS-FUNCEME.pdf> Acesso em: 22 jul. 2025.

GOMES, Francisco Vladimir Silva et al. Representatividade ecológica e extensão total de áreas protegidas pelas unidades de conservação no estado do Ceará, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. e64481, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. **Manual técnico de pedologia** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - 3. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430 p. - : il. - (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; n. 4)

IPCC. In: MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PIRANI, A.; CONNORS, S. L.; PÉAN, C.; BERGER, S.; ZHOU, B. (Eds.). **Mudança Climática 2021: A Base das Ciências Físicas**. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

Disponível

em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Um retrato do semi-árido cearense**. Fortaleza: 2010. IPECE.

IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil básico regional**. Fortaleza: IPECE, 2022.

LEPSCH, Igor F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de textos, 2016.

LIMA, Sâmila Silva et al. Caracterização geográfica e dinâmica de uso da terra da Ibiapaba e seu entorno, Domínio Fitogeográfico da Caatinga. 2022.

LIMA, Valéria Raquel Porto. **Caracterización biogeográfica del bioma Caatinga en el sector semiárido de la cuenca del Río Paraíba-Noreste de Brasil: propuesta de ordenación y gestión de un medio semiárido tropical**. 2012. Tese de Doutorado. Universidad de Sevilla.

LINHARES, Larissa Ingrid Marques; SOBRINHO, José Falcão; MUTTI, Pedro Rodrigues. EVIDÊNCIAS DO AUMENTO DA ARIDEZ NO ESTADO DO CEARÁ. **REVISTA EQUADOR**, v. 13, n. 1, p. 93-108, 2024.

LOIOLA, Maria Iracema Bezerra et al. Diversidade de angiospermas do Ceará. **Herbário Prisco Bezerra**, v. 80, p. 1-260, 2020.

LUSTOSA, Jacqueline Pires Gonçalves; SIGOLO, Joel Barbujianni; DO NASCIMENTO, Nadia Regina. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, MICROMORFOLÓGICAS E MINERALÓGICAS DE TRÊS TOPOSSEQUÊNCIAS NO MUNICÍPIO DE IRAUÇUBA-CE E SUAS RELAÇÕES COM A DESERTIFICAÇÃO. **Presidente da República**, p. 87, 2015.

MACÊDO, Maria Soraya et al. Nem tudo está perdido: áreas de Caatinga sob perturbações crônicas ainda apresentam comunidades vegetais bem preservadas. **Journal of Arid Environments** , v. 222, p. 105-164, 2024.

MAIA, Rubson P.; BEZERRA, Francisco HR. Condicionamento estrutural da relevância no Nordeste setentrional brasileiro. **Mercator (fortaleza)**, v. 127-141, 2014.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha; ANDRADE, Lucas Reinehr; MELO, Denise Christina de Rezende. Métodos de interpolação matemática no mapeamento de chuvas do estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física** 2011.

MONTERO DE BURGOS, J. L., GONZÁLEZ J. L. Diagramas bioclimáticos. Madrid: ICONA. Ministerio de Agricultura, 1974.

MORO, Marcelo Freire. **Síntese florística e biogeográfica do domínio fitogeográfico da caatinga= Floristic and biogeographical synthesis for the caatinga phytogeographical domain**. 2013. Tese de Doutorado. [sn].

MORO, F. M.; MACEDO, M. B.; MOURA-FÉ, M. M.; CASTRO, A. S. F.; COSTA, R. C. da. Vegetação, unidade fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Revista Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 3, p. 717-743, 2015.

MORO, M. F., AMORIM, V. O., DE QUEIROZ, L. P., DA COSTA, L. R. F., MAIA, R. P., TAYLOR, N. P., & ZAPPI, D. C. (2024). Biogeographical districts of the Caatinga dominion: a proposal based on geomorphology and endemism. **The Botanical Review**, 90(4), 376-429.

NASCIMENTO, João Batista Silva do et al. Composição florística das plantas trepadeiras de um fragmento de mata úmida no Planalto da Ibiapaba, Estado do Ceará, Brasil. **Hoehnea**, v. 50, p. e312022, 2023.

NEPOMUCENO, Izaíra Vasconcelos et al. Savannas of the Brazilian semiarid region: what do we learn from floristics?. **Acta Botanica Brasilica**, v. 35, p. 361-380, 2021.

OLIVEIRA, Í. de P. Dinâmica e potencialidade em áreas de exceção à semiaridez no estado do Ceará: a depressão interplanáltica das serras de Aratanha, Baturité e Maranguape. 2018. 219 f. **Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia**, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2018.

OLIVEIRA, L. B. D., FONTES, M. P. F., RIBEIRO, M. R., & Ker, J. C. (2009). Morfologia e classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33, 1333-1345.

PINHEIRO, Lucas Farias; RAMOS, Vitória Bezerra; DE LUCENA, Eliseu Marlônio Pereira. Samambaias de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa em zona urbana, Maciço de Baturité, Ceará, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e130111637880-e130111637880, 2022.

QUEIROZ, L. P., CARDOSO, D., FERNANDES, M. F., & MORO, M. F. (2017). Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain. In *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America* (pp. 23-63). Cham: **Springer International Publishing**.

RODRIGUES, E.; CÁMARA, R.; Israel de SOUZA, B. REGIMES ECODINÂMICOS E INTENSIDADE BIOCLIMÁTICA REAL NO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA–PB, BRASIL. **Biogeografía de Sistemas Litorales. Dinámica y Conservación**, p. 119, 2014.

SARAIVA, S. M., FRAGA, V., ARAUJO FILHO, J. C., SANTOS, R. F., FELIX, E. D. S., CAMPOS, M. C., & CARNEIRO, K. A. A. (2021). Caracterização de Planossolos nátricos em um gradiente pluviométrico no Semiárido brasileiro. *Educação em solos e meio ambiente Ponta Grossa, PR: Atena Editora*.

SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (org.). Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America. Cham: **Springer**, 2017.

SILVA. C, Fátima. Caatinga em Ambiente degradado: análise da dinâmica e diversidade de comunidades vegetais no núcleo de desertificação do Médio Jaguaribe. 2020.119f. **Dissertação. Programa de pós-graduação em Geografia**. Universidade do estado do Ceará. Fortaleza. 2020.

SOUZA, Bartolomeu Israel de; ARTIGAS, Rafael Cámara; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana de. Caatinga e desertificação. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, p. 131-150, 2015.

SOUZA FILHO, O. A. **Irauçuba, Folha SA.24-Y-D-V**, escala: 1:100.000. Estado do Ceará. Brasília: Serviço Geológico do Brasil, 2000.

SOUZA FILHO, Antônio Oderson; VERÍSSIMO, Liano Silva; FEITOSA, Fernando Antônio Carneiro. DADOS LITO-ESTRUTURAIS E HIDORGEOLÓGICOS DA ÁREA DE DETALHE DE JUÁ-MUNICÍPIO DE IRAUÇUBA ESTADO DO CEARÁ; BRASIL. **Águas Subterrâneas**, 2002.

SOUZA, Marcos 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, CE: FUNECE, 2000. p. 06-103.

SOUZA, Marcos J. N. **Panorama da degradação ambiental, desertificação e entraves ao desenvolvimento sustentável do Ceará**. In: PINHEIRO, D. R. C. (Org.). Desenvolvimento sustentável: desafios e discussões. Fortaleza, CE:ABC Editora, 2006a, p.33-35.

SOUZA, Marcos J. N. **A problemática ambiental: cenários tendências para o bioma caatinga no Nordeste do Brasil**. In: SILVA, J. B.; LIMA, L. C; DANTAS, E. W. C. (Orgs). Panorama da Geografia brasileira. São Paulo: ANABLUME, 2006b. p. 119 -133.

TABARELLI, M., LEAL, I.R., SCARANO, F.R., SILVA, J., 2018. **Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade**. Ciência e Cultura, 70(4), 25-29.

THOMA, A. C., TASSINARI, D., PRAT, B. V., FERNANDES, J. S. C., & SILVA, A. C. (2022). Erodibilidade de Neossolo Litólico pelo ensaio de Inderbitzen modificado e eficiência de blocos de solo-cimento para controle da erosão hídrica. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 27(3), 511-522.