A DEGRADAÇÃO VEGETAL NA SUB-BACIA DO SÍTIO BRUM NO SEMIÁRIDO CEARENSE

Guitte Lima de Sousa [1]
Flavio Rodrigues do Nascimento [2]

RESUMO

O presente artigo investiga os processos de supressão de vegetação nativa, a incidência de focos de calor e a dinâmica da vegetação secundária na referida sub-bacia hidrográfica, localizada na Região Hidrográfica do Médio Jaguaribe, Ceará. O referencial teórico fundamenta-se na importância da cobertura vegetal como bioindicador da qualidade ecossistêmica e na vulnerabilidade do bioma Caatinga frente às atividades antrópicas, que, somadas a fatores climáticos como a alta evapotranspiração, catalisam processos de desertificação. O estudo adotou uma abordagem multitemporal, utilizando o processamento e análise de dados da plataforma *Big Data* do MapBiomas (série histórica de 1985 a 2025) e a convergência com técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG (QGIS). Os resultados indicam que 16,8 km² da área total sofreram queimadas, com pontos críticos de fogo no setor noroeste, onde reside a comunidade, e na escarpa do Maciço do Pereiro. Quanto à dinâmica vegetal, 77,64 km² sofreram supressão nativa, enquanto a regeneração da vegetação secundária (47,51 km²) abrange apenas 61,19% da área, concentrando-se em altitudes elevadas, enquanto a Depressão Sertaneja apresenta maior fragilidade devido à limitação hídrica. O estudo conclui que a fragilidade natural da região demanda estratégias de planejamento e monitoramento baseadas em evidências técnicas de monitoramento ambiental, focadas em suas especificidades.

INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal é um dos principais determinantes da estruturação dos ambientes naturais, funcionando como um reflexo direto das condições climáticas e geomorfológicas da paisagem. Uma cobertura vegetal densa e diversificada é essencial para a redução dos processos erosivos superficiais, a estabilização de taludes contra movimentos de massa e o aprimoramento das propriedades físico-químicas do solo, exercendo funções ecossistêmicas essenciais para a resiliência do meio ambiente.

A mesma demonstra elevada sensibilidade a perturbações decorrentes de atividades antrópicas. A degradação ambiental, conforme o arcabouço normativo estabelecido pela Lei nº 6.938/1981, é conceituada como a alteração adversa das características do meio ambiente, estando frequentemente associada à supressão (integral

[1] Graduande do Curso de Geografia da Universidade Federal do Ceará- UFC, guittesousa12@gmail.com;
[2] Professor Titular (Geografia - UFC), professor do PPGGeo e Coordenador Geral de Ações Transversais do Departamento à Desertificação e Mitigação das Secas do MMA – *e-mail*: flaviogeo@ufc.br.

ou parcial) da vegetação nativa, o que compromete a integridade e a resiliência dos ecossistemas.

A vegetação apresenta-se como um dos principais bioindicadores da qualidade ecossistêmica, sendo assim, particularmente relevante em estudos sobre a desertificação, fenômeno definido como o processo de degradação ambiental em zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, potencializado, em grande medida, pelo manejo inadequado do solo (Brasil, 1998). Esse cenário resulta, invariavelmente, no empobrecimento dos recursos naturais, culminando em prejuízos socioeconômicos significativos para as populações residentes nessas áreas afetadas.

Existem diversas técnicas para a avaliação do nível de degradação e da integridade, sendo a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto uma das abordagens mais robustas na atualidade. Esta prática possibilita o diagnóstico das condições ambientais mediante o processamento de índices espectrais, notadamente o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), além de alimentar plataformas de *Big Data* geoespacial, como Google Earth Engine e a rede MapBiomas, que facilitam a análise temporal e multiescalar dos ambientes.

O MapBiomas é uma plataforma brasileira, que possui uma extensa coleção de informações ambientais com uma longa série histórica e maneira de interpretá-las, utilizando algoritmos de aprendizagem de máquina em imagens Landsat, classificando pixel por pixel, processando em nuvem as informações.

A convergência entre as técnicas de sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é uma prática de alta eficácia para a análise espacial, viabilizando o monitoramento sistemático e o planejamento dos recursos naturais. A literatura científica ratifica essa aplicabilidade em diversos contextos, a exemplo dos estudos conduzidos por Pezzopane et al. (2001) e Mbow et al. (2004), que utilizaram essas ferramentas para a compreensão da dinâmica espacial de focos de calor e queimadas em ecossistemas semiáridos, fenômenos frequentemente correlacionados a processos de desmatamento e supressão vegetal.

O desmatamento e o fogo, seja incêndio e queimadas diferenciados pelo seu controle e intencionalidade, sendo o incêndio um fogo descontrolado causando danos

negativas ao ecossistema “podendo ser iniciado pelo homem (intencional ou acidental) ou por fonte natural (raio)” e a queimada é “é o uso do fogo, seja para manejo de áreas de agricultura e pecuária ou com objetivos de conservação ambiental, como redução do combustível florestal (prevenção de incêndios)”, sensu MMA (2023).

No contexto do bioma Caatinga, inserido sob regime climático semiárido, as práticas de desmatamento e uso do fogo são recorrentemente adotadas como técnicas de manejo agropecuário. Contudo, a condução inadequada de tais intervenções tem acarretado processos severos de degradação ambiental, conforme diagnosticado por Silva e Rios (2013).

Corroborando essa perspectiva, Melo e Melo (2011) enfatizam que essas práticas, associadas a outros fatores de pressão antrópica, comprometem a integridade física e química do solo, resultando em sua fragilização estrutural e gerando impactos em cascata sobre os demais recursos naturais. Nesse sentido, Giongo (2011) complementa que:

> “As práticas da agricultura familiar no Nordeste brasileiro, associadas à pecuária,estão sendo apontadas como aceleradoras dos processos de degradação ambiental, em virtude do caráter extrativista e predatório dos recursos naturais” (GIONGO, 2011)

Essas atividades inadequadas somadas à suscetibilidade natural de ambientes semiarídeos catalisam o processo de desertificação, como aponta Vasconcelos Sobrinho (1983) apud Lima (2004), a desertificação no semiárido nordestino apresenta-se como manchas de solo raso sem cobertura vegetal, de afloramento rochoso evidente e baixa capacidade de retenção hídrica, de pouca matéria orgânica.

Ressalta-se a constelação de fatores potencializadores do processo de desertificação, o manejo inadequado da terra, a fragilidade dos solos e as condições climáticas, que no semiárido cearense, , segundo Zanella (2005), Lima et al. (2011), Zanella (2014), possui precipitação concentrada de janeiro a maio de alta variabilidade espaço-temporal, não ultrapassando muito os 800, e com altas taxas de insolação o que ocasiona alta evapotranspiração e altas temperaturas com baixa amplitude térmica.

Diante desse cenário, tornam-se imperativos o monitoramento contínuo, o planejamento estratégico e a implementação de ações mitigadoras voltadas às áreas

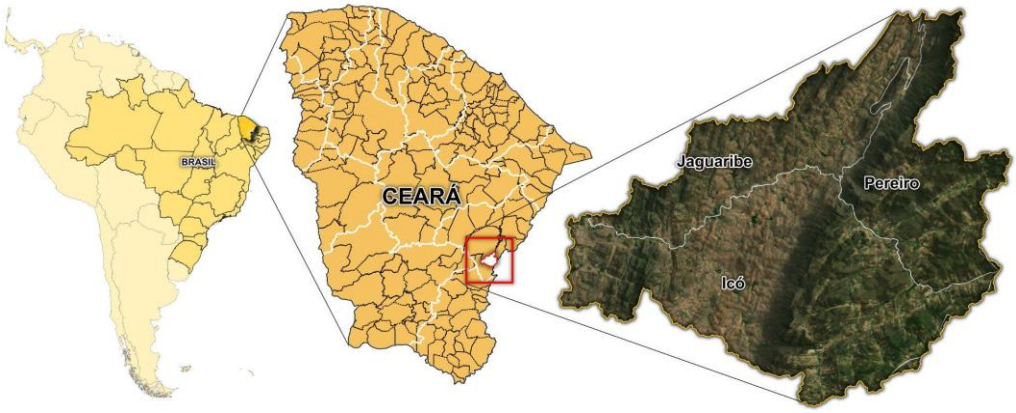
suscetíveis ou em processo de desertificação. No estado do Ceará, essa problemática é evidenciada pela existência de três núcleos de desertificação identificados pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2009): Sertões de Inhamuns, Sertões de Irauçuba e Sertões do Médio Jaguaribe, que abrangem, cumulativamente, 15 municípios cearenses que apresentam quadros de vulnerabilidade socioeconômica severa, conforme salientam Pontes e Farias (2025).

Compreendendo a problemática socioambiental da desertificação, o presente estudo propõe a análise multitemporal dos processos de supressão da vegetação nativa, da incidência de focos de calor e da regeneração de vegetação secundária, fundamentando-se no processamento e análise dos dados disponibilizados pela plataforma MapBiomas, aplicando-se à sub-bacia hidrográfica do riacho do Sítio Brum.

METODOLOGIA

A área de estudo, a sub-bacia do riacho do Brum, conhecida como Sub-bacia do Sítio Brum, localizada na Região Hidrográfica do Médio Jaguaribe e no Núcleo de Desertificação Sertão do Médio Jaguaribe, contempla os municípios de Jaguaribe, Icó e Pereiro, possuindo sua drenagem principal, o Riacho do Brum, e reside na comunidade do Sítio Brum. Pela Figura 1 é possível ver sua localização.

Figura 1: Mapa de localização da Sub-bacia do Sítio Brum



Fonte: Elaboração dos autores

A comunidade do Sítio Brum é composta predominantemente por agricultores familiares de subsistências, possuindo por volta de 34 famílias, e em 2014 até 2016 recebeu um projeto piloto de recuperação de área degrada em parceria com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos e o Fundo Clima, onde foram aplicadas técnicas de recuperação e proteção do solo como cobertura por serra-pilheira e barragens sucessivas (FUNCEME, 2014).

A sub-bacia de estudo possui um cenário ambiental interessante, a parte oriental da bacia está sobre o a parte sudoeste do Maciço do Pereiro, possuindo vegetação típica da mata seca, conta com maior aporte de umidade devido a altitude (700m em média), e dois canais de drenagens que descem a vertente por vales intermontanos em direção ao oeste, encontrando-se com o Riacho do Brum, a parte ocidental está sobre a depressão sertaneja, área com vegetação de caatinga arbustiva e que sofre o efeito de barlavento por causa do maciço, é onde encontra-se a comunidade e o riacho.

Os dados levantados foram os de desmatamento (Frequência e Último ano), focos de fogo (Acumulado, Frequência e Último ano) e vegetação secundária (Idade), adquiridos pelo MapBiomas, compreendendo toda a série histórica disponível, sendo geralmente os anos de 1985 a 2025. Os dados foram processados, classificados e cartografados em ambiente SIG no software QGis, na versão 3.34.10, na Projeção Universal Transversa de Mercator em SIRGAS 2000, zona 24.

Para os produtos do desmatamento e vegetação secundária utilizou-se dos mapas anuais de uso e cobertura da terra da Coleção 10.1, onde foram filtrados para distinguir vegetação natural e antrópica, utilizando os anos de 1985 a 1986 como ponto de partida para trajetória de cada pixel, utilizando formulas para classificar como supressão (VN t-2, VN t-1, A t e A t+1) e vegetação secundária (A t-2, A t-1, VN t e VN t+1 e VN t+2), onde “VN” corresponde a qualquer classe de vegetação, “A” corresponde a qualquer classe de Uso Antrópico e “t” é o ano correspondente (ex: 1987,…, 2024). Baseando-se na trajetória de cada pixel ao longo da série temporal, é atribuída uma das classes apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação do desmatamento e da vegetação secundária.

Classe	Descrição	Nº
Antrópico	Indica permanência em alguma classe de Uso Antrópico desde o ano-base ou trajetórias com evento de Supressão de Veg. Primária ou evento de Veg. Secundária em anos anteriores.	1
Veg. Primária	Indica ausência de evento de Desmatamento: permanência desde o ano-base em uma ou mais classes de Vegetação Nativa ou transição para classe de Uso Antrópico com permanência nesta classe por período inferior ao estabelecido.	2
Veg. Secundária	Indica trajetória com presença de evento de Recuperação para Vegetação Secundária em anos anteriores.	3
Supressão de Veg. Primária	Indica evento de Desmatamento, em um dado ano t, em pixel alocado anteriormente na classe Vegetação Primária, após o qual o pixel é alocado na classe Antrópica (em t+1).	4
Recuperação para Veg. Secundária	Indica evento de Vegetação Secundária em um dado ano t, após o qual o pixel é alocado na classe Vegetação Secundária (em t+1).	5
Supressão de Veg. Secundária	Indica evento de Desmatamento, em um dado ano t, em pixel alocado anteriormente na classe Veg. Secundária, após a qual o pixel é alocado na classe Antrópico (em t+1).	6
Ruído	Classes não consideradas na dinâmica de vegetação (ex.: água)	7

Fonte: MapBiomas (2026).

Os produtos do MapBiomas Fogo estão na Coleção 5 e são produtos do mapeamento das cicatrizes de fogo de resolução de 30 m, com dados mensais e anuais, e usaram de referência os produtos do MODIS Burned Area (MCD64A1) com resolução de 500 m, Global Annual Burned Area Map (GABAM), de resolução de 30 m, fires hotspots e cicatrizes de queimas do INPE utilizando Rede Neural Profunda.

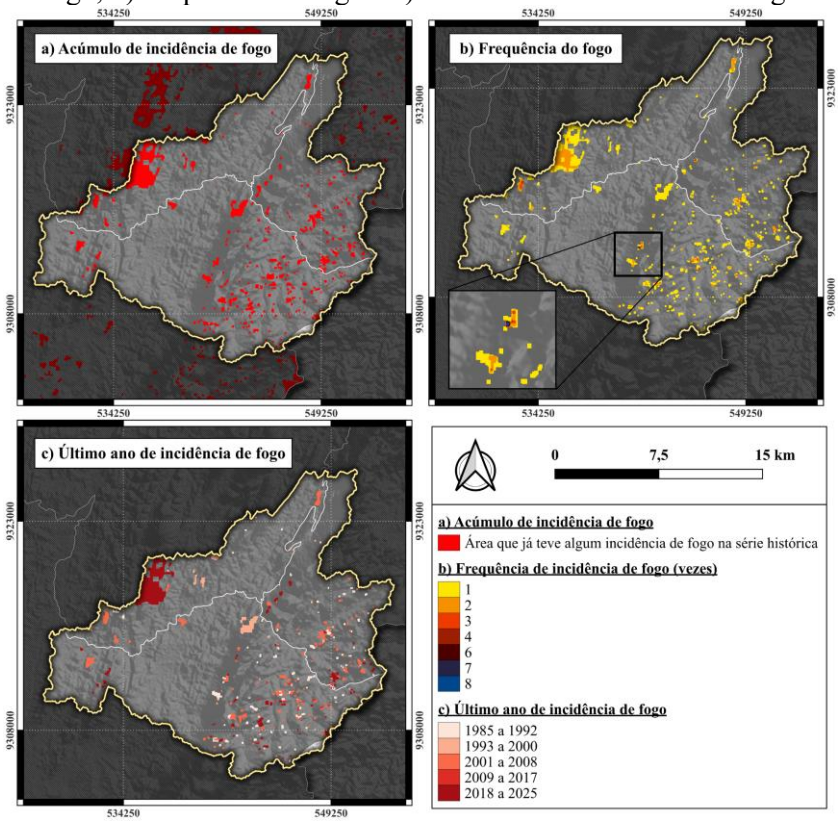
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise espacial da incidência de fogo (Figura 2) revela que 16,8 km² da área total da bacia hidrográfica (302 km²) foram submetidos a eventos de queimadas ao longo da série histórica analisada. O mapeamento identifica pontos críticos, com destaque para o setor noroeste, área de ocupação da comunidade em estudo.

Conforme ilustrado na Figura 2c e 2b, observa-se uma correlação entre as ocorrências de fogo recente e as áreas com frequência de incidência de uma a duas vezes, as quais abrangem uma superfície de 4,5 km². Também, verificam-se registros de queimadas ao longo da escarpa do Maciço do Pereiro, embora predominem eventos

antigos, destaca-se pontualmente uma área com alta recorrência, onde a incidência acumulada atinge até oito registros.

Figura 2: Mosaico de mapa da incidência de fogo na sub-bacia; a) acúmulo de incidência de fogo; b) frequência do fogo e c)último ano de incidência de fogo

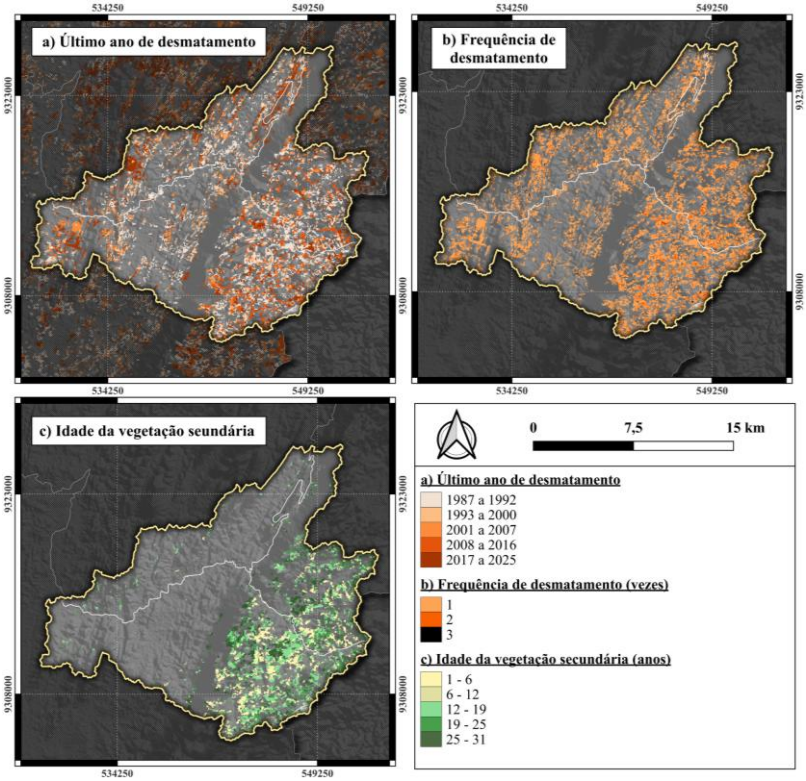


Fonte: Elaborado pelos autores.

Referente à dinâmica de supressão e sucessão vegetal na sub-bacia hidrográfica (Figura 3), há um panorama significativo: 77,64 km² da área total sofreram processos de supressão da vegetação nativa ao longo da série histórica. Observa-se que o desmatamento, na maior parte do território, apresenta caráter episódico, tendo ocorrido predominantemente de uma vez, com exceção de manchas pontuais dispersas no Maciço do Pereiro. Em contrapartida, a análise aponta que, dos 47,51 km² de vegetação secundária identificados, apenas 61,19% da área suprimida apresentou sinais de regeneração. Este processo de sucessão ecológica concentra-se majoritariamente nas áreas de maior altitude do Maciço do Pereiro, com estágios sucessionais variando de 12

a 25 anos, favorecidos pela maior disponibilidade hídrica. Por outro lado, as áreas localizadas na Depressão Sertaneja demonstram maior fragilidade, em parte devido à limitação hídrica severa que restringe a dinâmica de recuperação vegetal.

Figura 3: Mosaico de mapa do desmatamento e vegetação secundária na sub-bacia; a) último ano de desmatamento; b) frequência de desmatamento e c)idade da vegetação secundária



Fonte: Elaborado pelos autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, os resultados obtidos evidenciam que a implementação de ferramentas de SIG integradas a dados de sensoriamento remoto constitui um mecanismo indispensável na análise da dinâmica espaço-temporal na sub-bacia hidrográfica do riacho do Sítio Brum e demonstram que a fragilidade dos recursos naturais, agravada por eventos de supressão vegetal e processos de desertificação, demanda estratégias de planejamento baseadas em evidências. Como transpor o conhecimento técnico para a realidade local.

Palavras-chave: Cobertura vegetal, Sistema de Informação Geográfica, Desertificação.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos do presente trabalho dedicam-se ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pela bolsa de iniciação científica (PIBIC) associada ao projeto intitulado *"Recuperação Ambiental de Áreas Degradadas e Fortalecimento da Resiliência Climática em Comunidades Rurais em Terras Secas"*, bem como ao financiamento do projeto *"Estratégias para Recuperação de Áreas Degradadas/Desertificadas e Adaptação às Mudanças Climáticas"*, no âmbito da Chamada CNPq nº 18/2024 – Bolsas de Produtividade em Pesquisa (PQ).

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: Planalto – Lei 6.938/1981. Acesso em: 25 maio 2026.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. *Convenção das Nações Unidas de combate à desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África*. 2. ed. Brasília: MMA/PNUD/FGEB, 1998.

MBOW, C.; GOÏTA, K.; BÉNIÉ, G. B. Spectral indices and fire behavior simulation for fire risk assessment in savanna ecosystems. Remote Sensing of Environment, v. 91, n. 1, p. 1–13, 15 maio 2004

PEZZOPANE, J. E. M.; OLIVEIRA NETO, S. N.; VILELA, M. F. Risco De Incêndios Em Função Da Característica Do Clima, Relevo E Cobertura Do Solo. Floresta e Ambiente, v. 8, n. 1, p. 161–166, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). *Incêndios florestais*. Brasília, DF: Ibama, [s.d.]. Disponível em: Gov.br - Incêndios florestais.

MELO, A. C. de; MELO, A. C. de. *Limitações do Sistema Agropastoril no Assentamento Patativa do Assaré, Patos* - PB. I CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E IV ENCONTRO NORDESTINO DE BIOGEOGRAFIA, 2011, João Pessoa - PB. Caminhos Para a Conservação da Biodiversidade, 2011. p. 789 -811.

GIONGO, V. *Balanço de carbono no semiárido brasileiro: Perspectivas e desafios.* In: Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro. Campina Grande: INSA-PB, 2011. 209p. : il.

SILVA, D. D. E. da; RIOS, F. R. de A. *Degradação ambiental: Uma análise sobre a agricultura no Semiárido Nordestino*. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 01–06, 2013. Disponível em: https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/2205. Acesso em: 26 maio. 2026.

ZANELLA, M. E. *Caracterização climática e os recursos hídricos do Estado do Ceará*. In: SILVA, Z. B. da; DANTAS, E. W.; CAVALCANTE, T. (Org.). Geografia do Ceará: um novo olhar geográfico. 1. ed. Fortaleza - CE: Ed. Demócrito Rocha, 2005. v. 01, p. 169-188.

ZANELLA, M. E. *Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino*. Caderno Prudentino de Geografia, [S. l.], v. 1, n. 36, p. 126–142, 2014.

LIMA, R. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ-MARIN, A. M. C. *Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro*. Campina Grande, Paraíba: INSA, 2011.

LIMA, J. R. (Coord.)...[et al]. Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca -PAN Brasília -DF: Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Recursos Hídricos, 2004.

PONTES, R. e FARIAS, T. (2025). Desertificação no estado do Ceará: riscos às populações mais vulneráveis. Territorium. 157-167. 10.14195/1647-7723_32-2_11.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Projeto da FUNCEME recupera área degradada em Jaguaribe, 2014. Disponível em:<http:// www.funceme.br/?p=1250>.