

Francisco Aquiles de Oliveira Caetano¹ORCID: [0000-0002-1033-9855](https://orcid.org/0000-0002-1033-9855)**Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima²**ORCID: [0000-0002-6622-3640](https://orcid.org/0000-0002-6622-3640)**Ahmad Saeed Khan³**ORCID: [0000-0002-4079-7574](https://orcid.org/0000-0002-4079-7574)**Carlos Magno Mendes⁴**ORCID: [0000-0003-3246-5251](https://orcid.org/0000-0003-3246-5251)

1 Mestre em Economia Rural e Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará (UFC)

aquilescaetano@yahoo.com.br

2 Doutora em Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo (USP)
Professora titular da UFC

patricialima@ufc.br

3 Doutor em Economia Agrícola e Recursos Naturais pela Oregon State University
Professor Titular da UFC

saeed@ufc.br

4 Professor Titular da Faculdade de Economia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

carlos.mendes@ufmt.br

Recebido em: 30/11/2020

Aceito em: 03/02/2022

RESUMO

No estado do Ceará, encontram-se definidos três núcleos de desertificação ou Áreas Susceptíveis à Desertificação - ASDs (Sertões de Irauçuba e Centro-Norte, Sertões dos Inhamuns e Sertões do Médio Jaguaribe). Essas áreas são foco de uma série de estratégias voltadas para combater o fenômeno, sendo a mais relevante a elaboração do Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca - PAE-CE. Diante disso, o objetivo do estudo é caracterizar a desertificação na região dos Inhamuns. Para tanto, foram utilizados dados primários obtidos por aplicação de formulários, em janeiro de 2018, junto a lideranças de comunidades rurais localizadas nos Municípios de Arneiroz, Independência e Tauá, inseridos na ASD. Como procedimentos metodológicos, inicialmente, foi adotada a metodologia PER (Pressão-Estado-Resposta) para descrever a situação da desertificação na região com suporte em um conjunto de indicadores. Os principais resultados mostraram que os indicadores de estado são os que mais determinam a desertificação na região. A maior parte das comunidades encontra-se em um nível intermediários de desertificação.

Palavras-chave: Desertificação; Inhamuns; ASD

ABSTRACT

In the state of Ceará, there are three desertification Nuclei or Desertification Areas - NDA, located on the "Sertões de Irauçuba and Centro-Norte", "Sertões dos Inhamuns" and "Sertões do Médio Jaguaribe". These areas are the focus of strategies aimed to revert this phenomenon, with one of the most relevant being the elaboration of the State Action Program to Combat Desertification and Mitigation of the Effects of Drought - PAE-CE. Therefore, the objective of this study is to characterize desertification in the Inhamuns region. Primary data obtained through the application of forms, occurred in January 2018, with leaders of rural communities located in the Municipalities of Arneiroz, Independencia and Tauá, inserted in the NDA, was used. As methodological procedures, the PER (Pressure - State - Response) methodology was initially adopted to describe the situation of desertification in the region, with the support of several indicators. The main results showed that state indicators are the most determining factors in desertification in the region. It was detected that most communities are in an intermediate level of desertification.

Keywords: Desertification; Inhamuns; ASD**Código JEL:** Q32; Q56; R11; R14

INTRODUÇÃO

A degradação progressiva de ambientes áridos, semiáridos e subúmidos secos resulta em desertificação, que é um dos fenômenos ambientais mais danosos em escala global, incorrendo em uma maior vulnerabilidade social e econômica, no desaparecimento da fauna nativa e na mudança da paisagem (UNEP, 1994; REYNOLDS et al., 2011). O agravamento do quadro climático, juntamente com as intensas e indevidas intervenções antrópicas em ambientes frágeis, causa uma série de impactos ao patrimônio biológico dos ecossistemas, levando a diminuição da qualidade de vida e a redução considerável dos ativos ambientais nas Áreas Suscetíveis à Desertificação - ASDs (MOURA, 2016).

No Brasil, a região semiárida é a mais vulnerável às mudanças climáticas e aos processos de desertificação. O problema é mais intenso nas áreas rurais em decorrência de um conjunto de fatores que incluem: um baixo índice pluviométrico, além de precipitações irregulares concentradas no início do ano, altas taxas de evapotranspiração, elevado percentual de pobres e o emprego de práticas agrícolas pouco sustentáveis (realização de queimadas, desmatamentos, uso exacerbado de agrotóxicos, entre outros). Nota-se que a ação antrópica no Semiárido Brasileiro (SAB) tem levado ao uso intensivo dos recursos naturais e impactado fortemente o meio ambiente local. As áreas degradadas estão avançando de forma rápida, tornando grandes extensões de área inaptas às atividades produtivas (CGEE, 2016).

Esse cenário é especialmente preocupante porque a população pobre das áreas rurais do Nordeste tem uma grande dependência dos recursos naturais para a subsistência e, diante das vulnerabilidades e da insegurança alimentar, extrai de um ambiente que já é frágil, a sua subsistência.

Os riscos de não sucesso nas culturas agrícolas, ocasionados pelo déficit hídrico, pelo não acesso ao crédito para investir na produção e pela falta de assistência técnica, fazem com que o solo seja agredido por meio de técnicas arcaicas, como as queimadas sistemáticas, e perca sua cobertura vegetal. Conforme essas terras perdem a fertilidade e tornam-se improdutivas, a população pobre, que depende do seu rendimento para a subsistência, desloca-se para áreas próximas, replicando os mesmos padrões invasivos e aumentando a capilaridade da degradação dos solos (KUUSAANA; ELEDI, 2015; ANTWIAGYEI et al., 2017; DERBILE et al., 2021).

O combate ao problema da degradação torna-se um desafio maior porque suas causas ainda não são bem conhecidas embora haja um consenso sobre o fato de serem múltiplas. A concepção de multicausalidade da degradação das terras secas, por si só, já torna o fenômeno complexo (PACHECO et al., 2018). Como agravante, existem evidências que apontam para características de retroalimentação entre essa degradação e pobreza (DHRIFI et al., 2020; MASRON; SUBRAMANIAM, 2019).

Assim, diante das fragilidades socioeconômicas do Nordeste Semiárido brasileiro, ganha espaço no meio acadêmico o questionamento sobre de que

forma a degradação ambiental intensifica a pobreza nas regiões afetadas e vice-versa.

O acompanhamento espacial e temporal dos processos de degradação é de fundamental importância para o entendimento da desertificação e a sua evolução. Diante disso, o presente estudo objetiva estabelecer um registro dos processos de degradação da Área Suscetível à Desertificação (ASD) do Sertão dos Inhamuns, Ceará, observando critérios de pressão, estado e resposta, com a finalidade de caracterizar a Desertificação nas comunidades rurais pertencentes a essa região.

O artigo está estruturado em cinco seções. Além desta introdução, apresenta-se uma breve caracterização da ASD do Sertão dos Inhamuns, objeto da pesquisa. Na sequência são descritos os procedimentos metodológicos empregados na coleta, tratamento e análise dos dados estudados, seguidos da descrição da desertificação nas comunidades rurais visitadas. Por fim, são externadas as considerações finais.

ÁREA SUSCETÍVEL À DESERTIFICAÇÃO DO SERTÃO DOS INHAMUNS

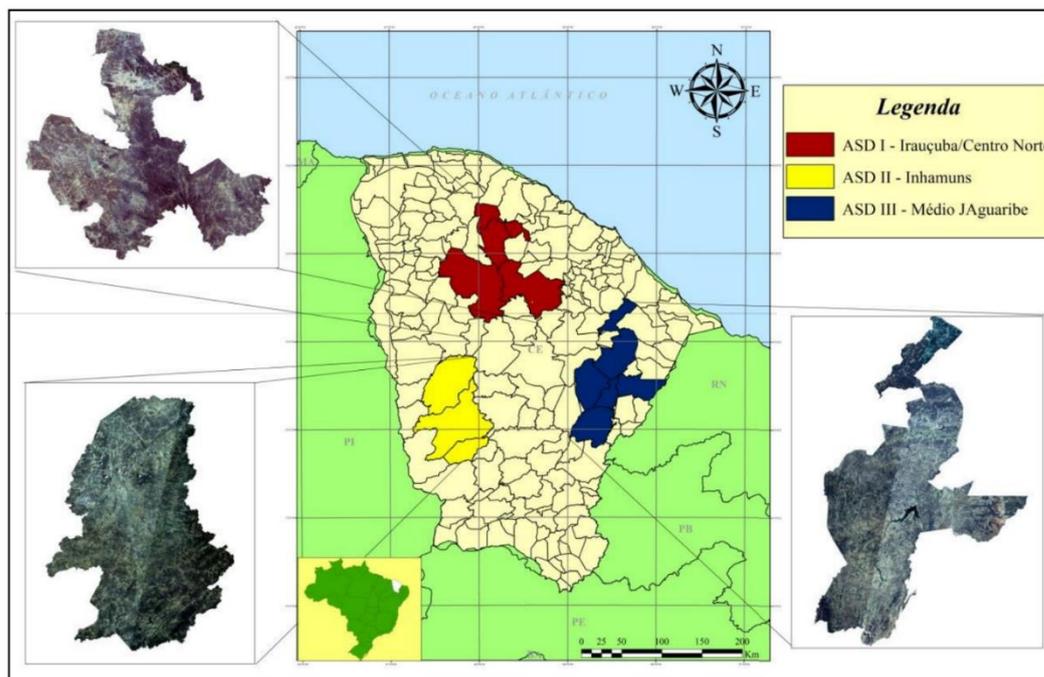
Em decorrência do agravamento do quadro ambiental e de compromissos assumidos em grandes eventos mundiais ligados ao meio ambiente, o Brasil se comprometeu a elaborar programas e políticas que promovam o desenvolvimento e o combate à pobreza nas regiões suscetíveis à desertificação, com suporte em princípios de governança e participação democrática. Assim, foi incentivada a elaboração de programas estaduais de combate à desertificação, os chamados PAEs, em todos os estados que possuem municípios no SAB. (CAETANO, 2018).

O estado do Ceará foi um dos pioneiros na elaboração do seu PAE. No PAE-CE foram definidas três Áreas Suscetíveis à Desertificação: ASD sertões dos Inhamuns, ASD sertões de Irauçuba e Centro-Norte e ASD sertões do Médio Jaguaribe (Figura 1). A ASD sertões dos Inhamuns foi descrita como uma região onde a desertificação está em expansão perceptível, já atingindo a capacidade produtiva dos recursos naturais. Os solos estão irreversivelmente degradados e as pastagens em declínio, além do aumento do escoamento superficial e da salinização do solo (CEARÁ, 2010).

Segundo Ceará (2010), os municípios pertencentes à ASD dos sertões dos Inhamuns (Arneiroz, Independência e Tauá) possuem vulnerabilidades econômicas e sociais alteadas (elevada proporção de pobres: Arneiroz - 65,4%; Tauá - 59,8%; e Independência - 54,1%) que contribuem para elevar os riscos de desertificação. O estudo enfatiza, ainda, taxas de mortalidade infantil superiores à média do estado do Ceará (Arneiroz e Independência); esgotamento sanitário deficiente e inexistente; baixos salários; PIB per capita entre os mais baixos do Brasil; elevada dependência de aposentadorias e pensões; pequenos produtores descapitalizados; lavouras temporárias; elevado desmatamento e extração de lenha. Essa realidade foi

a motivação para a escolha dessa ASD como objeto de estudo da pesquisa sob relatório.

Figura 1: Disposição dos municípios cearenses que compõem as Áreas Susceptíveis ao fenômeno da desertificação no estado do Ceará



Fonte: Oliveira, Almeida e Teixeira (2017).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Tradicionalmente, os estudos sobre desertificação focam individualmente os fatores biofísicos como solo, vegetação, cobertura vegetal, ou os fatores socioeconômicos, como pobreza, acesso à infraestrutura e atividades produtivas (VOGT et al., 2011). A desertificação, entretanto, é um fenômeno complexo resultante da interação de ambos os fatores (STAFFORD SMITH et al., 2009) e deve ser analisada por um conjunto diversificado de indicadores (REYNOLDS et al., 2011). Nesse sentido, buscou-se caracterizar as comunidades rurais da ASD sertão dos Inhamuns com apoio em um sistema de indicadores que combina características socioeconômicas e biofísicas e adota a abordagem Pressão-Estado-Resposta (PER).

A abordagem Pressão-Estado-Resposta (PER) foi desenvolvida pela OECD (1993) e, desde então, é aplicada em estudos voltados à compreensão das relações entre meio ambiente e atividades humanas (NERI et al., 2016). De acordo com Wolfslehner e Vacik (2008), o modelo assume a realidade de que há uma causalidade entre os problemas ambientais, no caso deste estudo a desertificação, e o comportamento das pessoas, tentando compreender tal relação com o amparo na análise de indicadores classificados em três grupos: i) indicadores de pressão (causas do problema), ii) indicadores de estado (refletem as condições ou “status quo” do sistema em análise) e iii) indicadores de resposta (apontam respostas da sociedade ao problema em análise, o que está sendo feito para mitigar o problema).

O uso da PER nesta investigação demandou, portanto, sistematizar um conjunto de informações capazes de levar à compreensão das condições da ASD do sertão dos Inhamuns quanto à desertificação, das pressões que concorrem para o agravamento dos problemas e das respostas ou ações que podem amenizar ou prevenir os impactos provocados pelas atividades antrópicas na região. O sistema de indicadores que permitiu o uso da PER foi elaborado com esteio na pesquisa bibliográfica sobre indicadores de desertificação e está apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Indicadores selecionados para caracterizar as comunidades rurais inseridas na ASD sertão dos Inhamuns

INDICADOR	Classificação	Relação com a Desertificação	Fundamentação Teórica
Analfabetismo	Pressão	Direta	MABBUTT (1986), RUBIO e BOCHET (1998), SHARMA (1998), KOSMAS et al. (2003), RODRIGUES (2006), ELIJAH et al. (2017), SALUNKHE et al. (2018), FEIZY et al. (2019), HIEN et al. (2019), KARAVITIS et al. (2020), AKBARI et al. (2020a), AKBARI et al. (2020b), FERRARA et al. (2020), SALIH et al. (2021), VENDRUSCOLO et al. (2021).
Comportamentos que agrirem o meio ambiente	Pressão	Direta	
Criação de caprinos	Pressão	Direta	
Criação de ovinos	Pressão	Direta	
Existência de práticas agrícolas que agrirem o meio ambiente (ex. mecanização intensiva)	Pressão	Direta	
Extração de lenha	Pressão	Direta	
Realização de queimadas	Pressão	Direta	
Existência de afloramentos rochosos	Estado	Direta	
Existência de área degradada	Estado	Direta	
Existência de área desmatada	Estado	Direta	
Existência de arenização	Estado	Direta	
Existência de compactação do solo	Estado	Direta	
Existência de processos de erosão	Estado	Direta	
Migração	Estado	Direta	
Perda de cobertura vegetal	Estado	Direta	
Perda de fertilidade	Estado	Direta	
Perda de produtividade	Estado	Direta	
Qualidade da água	Estado	Inversa	
Redução de fauna nativa	Estado	Direta	
Redução de flora nativa	Estado	Direta	
Acesso à água para consumo doméstico	Resposta	Inversa	
Acesso à coleta de lixo	Resposta	Inversa	
Acesso a serviços de esgoto	Resposta	Inversa	
Áreas destinadas à recuperação	Resposta	Inversa	
Áreas destinadas a reservas ambientais	Resposta	Inversa	

Fonte: Elaboração própria.

A coleta das informações foi realizada no mês de janeiro de 2018, por meio de aplicação de questionário aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Ceará (Parecer 870.838). Para tanto, foi adotada uma amostragem aleatória estratificada proporcional, que definiu a quantidade de 91 comunidades a serem estudadas (Tabela 1).

Tabela 1: Amostragem aleatória estratificada proporcional das comunidades rurais localizadas nos municípios pertencentes à ASD Serão dos Inhamuns

Município da ASD	Total de Comunidades*	Comunidades Pesquisadas**
Tauá	196	21
Arneiroz	132	18
Independência	387	52
Total	715	91

* Valores extraídos de Mancal (2015)

** Valores definidos com base em procedimento para definição de tamanho de amostras descrito em Pires (2006)

Fonte: Elaboração própria.

Os dados referentes a cada indicador do Quadro 1 expressam a percepção dos representantes das comunidades rurais amostradas, sendo um representante para cada comunidade. A seleção desses representantes priorizou aqueles que conhecessem a realidade e a dinâmica local, incluindo líderes, agentes comunitários e presidentes de associações comunitárias.

Os representantes selecionados avaliaram a situação da sua comunidade em relação a cada um dos indicadores com base na seguinte classificação: i) situação expressa pelo indicador é ausente na comunidade), ii) indicador apresenta níveis baixos na comunidade, iii) indicador apresenta níveis médios na comunidade e iv) o indicador apresenta níveis altos na comunidade.

Com o propósito de analisar a situação da ASD quanto à desertificação em seus diferentes aspectos (pressão, estado e resposta) foram elaboradas tabelas de distribuição de frequências relativas. Adicionalmente, os indicadores foram agregados em um índice, de modo a quantificar o nível de desertificação global em cada comunidade. A agregação foi realizada em duas etapas, adaptadas de Sousa (2003). Inicialmente, foram calculados índices de desertificação para cada dimensão, quais sejam, pressão (IDP), estado (IDE) e resposta (IDR):

$$ID_i = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n \left[\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{E_{ijp}}{E_{max_{ij}}} \right], \quad (1)$$

em que:

ID_i = Subíndice referente à *i*-ésima dimensão;

E_{ijp} = escore atribuído ao *j*-ésimo indicador da *i*-ésima dimensão, pelo representante da *p*-ésima comunidade;

$E_{max_{ii}}$ = Escore máximo do *j*-ésimo indicador da *i*-ésima dimensão

$i = 1, \dots, w$, sendo $w = 3$ dimensões (pressão, estado e resposta);

$j = 1, \dots, m$, sendo $m =$ número de indicadores por dimensão;

$p = 1, \dots, n$, sendo $n = 91$ comunidades pesquisadas.

Os escores atribuídos aos indicadores variaram de 0 a 3, conforme a classificação dada pelo representante da comunidade. Assim, os indicadores diretamente relacionados com a desertificação receberam a pontuação: 0 = situação expressa pelo indicador é ausente na comunidade, 1 = indicador apresenta níveis baixos na comunidade, 2 = indicador apresenta níveis médios na comunidade e 3 = o indicador apresenta níveis altos na comunidade, enquanto àqueles inversamente relacionados foram atribuídos: 3 = situação expressa pelo indicador é ausente na comunidade, 2 = indicador apresenta níveis baixos na comunidade, 1 = indicador apresenta níveis médios na comunidade e 0 = o indicador apresenta níveis altos na comunidade.

A agregação dos subíndices para obter o ID - Índice de Desertificação global foi feita da seguinte maneira:

$$ID = \frac{1}{w} \sum_{i=1}^w ID_i, \quad (2)$$

O ID varia de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1 (um), maior o nível de desertificação na comunidade. Após o cálculo do ID, foi realizada uma parametrização do referido índice para hierarquizar e classificar as comunidades com menores ID, com ID intermediários e com maiores ID. Os limites de ID em cada uma dessas classes, Tabela 2, foram definidos a partir de análise de agrupamento, método de K-médias.

Tabela 2: Parametrização do Índice de Desertificação

Intervalo do Índice de Desertificação	Classificação
$0,367 \leq ID \leq 0,535$	Menores ID
$0,539 \leq ID \leq 0,640$	ID intermediários
$0,647 \leq ID \leq 0,751$	Maiores ID

Fonte: Elaboração própria.

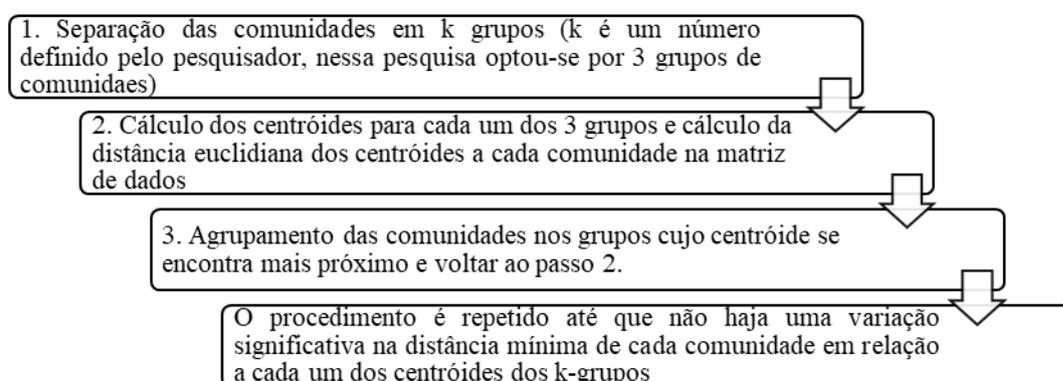
O uso mais comum da análise de agrupamento é a formação de uma taxionomia, ou seja, classificação de indivíduos em grupos a partir de uma base empírica, no caso suas semelhanças em relação a uma ou mais características (HAIR et al., 2009). A técnica de análise de agrupamento baseia-se em cálculos matemáticos que utilizam medidas de distância (**d**) para identificar indivíduos semelhantes. Quanto menor o valor de **d**, mais similares serão os indivíduos que estão sendo comparados (FAVERO et al., 2009). Dentre as medidas de distância disponíveis a mais empregada é a distância euclidiana:

$$d(X_l, X_k) = \sqrt{\sum_{p=1}^n (X_{pl} - X_{pk})^2}, \quad (3)$$

em que X_p = o valor de ID na p-ésima comunidade ($p= 1, \dots, n$); l e k representam as duas comunidades distintas

Após o cálculo das distâncias procede-se à formação dos grupos, ou seja, reunião dos indivíduos semelhantes em seu respectivo grupo. Dentre os métodos disponíveis optou-se pelo esquema de aglomeração não hierárquico, método k-médias (Figura 2). A escolha do método k-médias ocorreu pois o interesse era distribuir as comunidades em três grupos. Nessa pesquisa os indivíduos são as comunidades rurais, as quais foram classificadas em grupos formados internamente por comunidades semelhantes quanto à característica nível de desertificação. Na comparação entre os grupos formados, cada grupo obtido é diferente do outro quanto a essa característica.

Figura 2: Sequência metodológica da análise de agrupamento pelo esquema de aglomeração não hierárquico - método k-médias



Fonte: Adaptado de Maroco (2003)

Após a formação de cada grupo, a parametrização do ID, ou seja, os limites inferior e superior de ID em cada grupo, foi definida pelos valores mínimo e máximo desse índice, respectivamente.

DESCRIÇÃO DA DESERTIFICAÇÃO NAS COMUNIDADES RURAIS DA ASD DO SERTÃO DOS INHAMUNS

A convivência sustentável com a região semiárida é um desafio constante em virtude da rigidez climática e da urgência em satisfazer as necessidades básicas nas comunidades rurais da ASD do sertão dos Inhamuns. Os períodos de seca prolongada e a escassez de recursos hídricos limitam a criação de animais, em decorrência da necessidade de produção de forragem, e da produção agrícola, em virtude da restrição e da qualidade de recursos hídricos. Ante essa intempérie, o homem do campo busca opções para a subsistência e esbarra nas limitações ambientais do semiárido, agredindo e pressionando a base dos recursos naturais até a sua extenuação e levando à degradação seguida de desertificação. Nota-se, portanto, que a desertificação pode ser entendida em um contexto que envolve os agentes de pressão, os fatores que descrevem o seu estágio e as ações ocorrentes em razão da sua existência

Nesse sentido, a caracterização dos indicadores de desertificação utilizados neste estudo, subdivididos em socioeconômicos e em biofísicos, segue o método Pressão-Estado-Resposta (PER). Inicialmente, na seção 4.1, serão apontados os indicadores de Pressão, que se relacionam às pressões que as atividades humanas exercem sobre o meio ambiente, ou seja, as causas do problema. Posteriormente, na seção 4.2, serão discutidos os indicadores de Estado, que cuidam das alterações no ambiente natural, ou seja, as consequências do problema. Na seção 4.3, serão considerados os indicadores de Resposta, que, a seu turno, caracterizam os movimentos que estão sendo feitos para combater ou mitigar o problema. Por fim, na seção 4.4, as informações são agregadas para tornar mais objetiva a análise e a comparação da desertificação entre municípios.

Indicadores de pressão

Segundo Rêgo (2012), as variações climáticas denotam grande contribuição para o aumento da desertificação, mas se somadas às atividades humanas, reforçando-se reciprocamente, há uma intensificação desses processos. As ações modificadoras do homem, muitas vezes motivadas pela necessidade de satisfação das necessidades básicas, causam influências constantes aos recursos ambientais, geralmente sem o devido respeito ao tempo de recuperação natural dessas áreas, causando a perda de resiliência nesses ambientes.

No Ceará, estado que possui a maior área relativa pertencente ao semiárido, as ASDs compartilham, além de secas e solos degradados, altos índices de pobreza, deficiências na infraestrutura e alta dependência dos recursos naturais como fonte de energia e para o consumo próprio (LEMOS, 2012). A agricultura e a pecuária dessas áreas são temporárias e sazonais, caracterizadas por técnicas rudimentares e agressivas ao meio ambiente, pressionando constantemente a base de recursos naturais da caatinga.

Os indicadores que avaliam as pressões exercidas sobre o meio ambiente na ASD do sertão dos Inhamuns estão na Tabela 3. O analfabetismo, em parte considerável das comunidades (37,4% em níveis médios e 16,5% em níveis altos), e o envelhecimento da população rural possuem intensa ligação com as práticas mais agressivas ao meio ambiente (IBGE, 2010), porquanto essa parcela da população se mostra mais resistente às práticas mais sustentáveis, replicando culturalmente os costumes repassados por outras gerações. Ao encontro disso, 64,8% das comunidades confirmaram a existência de práticas agrícolas que agridem o meio ambiente (48,3% em níveis médios e 16,5% em níveis altos) e 52,8% confirmaram a existência de comportamentos que agridem o meio ambiente (36,3% em níveis médios e 16,5% em níveis altos).

Tabela 3: Proporção de comunidades rurais segundo o grau de ocorrência de indicadores de pressão - ASD do Sertão dos Inhamuns (%)

Indicador	Ausência	Níveis Baixos	Níveis Médios	Níveis Altos
Analfabetismo	0	46,1	37,4	16,5
Criação de ovinos	0	8,8	20,9	70,3
Criação de caprinos	4,4	14,3	26,4	54,9
Comportamentos que agridem o meio ambiente	18,7	28,6	36,3	16,5
Existência de práticas agrícolas que agridem o meio ambiente	4,4	30,8	48,3	16,5
Extração de lenha	4,4	61,5	26,4	7,7
Realização de queimadas	18,7	47,2	24,2	9,9

Fonte: Elaboração própria.

Observou-se, contudo, que a realização de queimadas, uma prática cultural muito utilizada nessa área e agressiva à caatinga, perde força e mostra redução (CAETANO, 2018). Observou-se melhor percepção, nas comunidades amostradas, dos impactos causados por sucessivas queimadas, o que é demonstrado por 65,93% das comunidades que confirmam a ausência (18,68%) e níveis baixos (47,25%) dessa prática. Complementarmente, observou-se a redução de retirada de lenha por meio de desmatamentos, 61,54% declararam baixos níveis de ocorrência dessa extração, estando limitada ao autoconsumo como fonte de energia. A mudança nesses indicadores é resultante de programas estaduais, como o PREVINA, para a redução de focos de calor e à fiscalização de desmatamentos, o que mostra a importância do poder público interagindo com a população no combate à desertificação.

Com base nos dados da pesquisa, observou-se que há criação de ovinos e caprinos em níveis muito altos (70,33% e 54,95%, respectivamente) na ASD do sertão dos Inhamuns. Segundo Leite e Vasconcelos (2002), a carga animal excessiva, em determinados ambientes, é apontada como um dos principais fatores responsáveis pela aceleração do processo de desertificação das regiões áridas e semiáridas do Planeta. Leite (2002, p.125) afirma que o sobrepastoreio de ovinos resultará “[...] na degradação rápida do suporte

forrageiro do estrato herbáceo, pelo desaparecimento das espécies que mais contribuem para a composição de sua dieta, principalmente as gramíneas.” e o excesso de caprinos resultará “em elevada mortalidade de ervas e arbustos pelo anelamento de seus caules, ou seja, pela remoção da casca do tronco das espécies lenhosas ao alcance dos animais”.

As atividades agrícolas e pecuárias estiveram na formação e ocupação do território rural da região Nordeste. Rêgo (2012) acentua que, durante a ocupação dos sertões semiáridos, no século XVII, com o deslocamento do gado no sentido litoral-sertão, foram intensificadas algumas práticas utilizadas pelos indígenas, até então pouco danosas, como os desmatamentos feitos, sobretudo, por queimadas. Essas práticas adquiriram um status de culturalidade e continuam produzindo choque nos recursos ambientais dos sertões nordestinos.

Indicadores de estado

A região Nordeste passou por um processo de ocupação e povoamento que se caracterizou por deslocamentos no sentido litoral-sertão, desenvolvendo a pecuária e, posteriormente, a agricultura no interior dessa região. Decorrente da alta capilaridade da ocupação da população através dos anos, o Nordeste semiárido tornou-se uma das regiões de terras secas mais habitadas do mundo (AB’SABER, 1985; RÊGO, 2012), tendo mais de 22 milhões de pessoas, o equivalente a 11% da população nacional (IBGE, 2010).

As pressões antrópicas, ocasionadas pela característica ocupação da região, propagaram a degradação e a desertificação por toda a extensão territorial do semiárido. As consequências das pressões já discutidas, ou seja, as alterações por que passaram esses ambientes, são representadas pelos indicadores de estado, demonstrados na Tabela 4. As alterações no ambiente natural da caatinga, aferidas pelos indicadores de estado, apontam para muitos indicadores biofísicos no estágio de maior gravidade, evidenciando os processos de desertificação nessa ASD. É elevado o percentual de comunidades que afirmam possuir níveis altos de afloramentos rochosos (61,5%), área desmatada (46,2%), compactação do solo (61,5%), cobertura vegetal (75,8%), perda de fertilidade (61,5%), perda da produtividade (67%) e redução da flora nativa (69,2%).

Em meio às manifestações biofísicas da degradação ambiental, a arenização é uma consequência da elevada degradação do solo, caracterizada por manchas de areia em meio a paisagem, que possuem correspondência com a ação da erosão hídrica e eólica (SUERTEGARAY, 2001). Esse fenômeno, apesar de bastante conhecido pelos representantes das comunidades, não ocorre com muita frequência na ASD do sertão dos Inhamuns. Em 7,7% das comunidades é inexistente e em 42,9% delas ocorre em níveis baixos.

Tabela 4: Proporção de comunidades rurais, segundo o grau de ocorrência de indicadores de estado - ASD do Sertão dos Inhamuns (%).

Indicador	Ausência	Níveis Baixos	Níveis Médios	Níveis Altos
Existência de afloramentos rochosos	2,2	19,8	16,5	61,5
Existência de área degradada	1,1	24,2	40,7	34,1
Existência de área desmatada	0	19,8	34,1	46,2
Existência de arenização	7,7	42,9	30,8	18,7
Existência de compactação do solo	3,3	15,4	19,8	61,5
Existência de erosão	4,4	13,2	41,8	40,7
Migração	19,8	48,4	23,1	8,8
Perda de cobertura vegetal	0	9,9	14,3	75,8
Perda de fertilidade	0	9,9	28,6	61,5
Perda de produtividade	0,0	9,9	23,1	67,0
Qualidade da água	29,7	42,9	26,4	1,1
Redução de fauna nativa	0	18,7	50,6	30,8
Redução de flora nativa	0	7,7	23,1	69,2

Fonte: Elaboração própria.

Os recursos hídricos também estão relacionados à degradação do solo, uma vez que o solo endurecido não permite o adequado reabastecimento do lençol freático e, pelo fato dessa região apresentar condições geológicas predominantemente cristalinas, com rochas pouco porosas, grande parte da água do lençol freático dessas áreas é salobra e, caso seja utilizada na irrigação, pode causar danos que levam à esterilidade do solo. Assim, uma prática comum no semiárido cearense, a construção de poços artesianos, considerada alternativa à escassez hídrica, pode agregar uma cota de degradação aos recursos naturais.

Algumas comunidades no sertão dos Inhamuns foram contempladas com a construção de poços, que necessitam ser construídos com um nível de profundidade cada vez maior, mas que apresentam, em sua maioria, água imprópria para o consumo humano. Foi observado nessas comunidades rurais que essa água salobra, apesar de não ser utilizada para o consumo humano, é usada para atividades domésticas e consumo por animais de criação (bovinos, ovinos, caprino e suínos). Grande parte dessas comunidades afirmou que a água a que tem acesso é de baixa qualidade (48,4%) e uma considerável parcela (19,8%) expressou que ela não possui qualidade alguma, sendo inadequada para o consumo humano.

Observando o iminente colapso dos recursos hídricos e a insalubre condição da água oriunda dos poços artesianos, a Administração Pública concedeu a algumas comunidades a implantação de dessalinizadores para uso comum, administrados pelas associações de moradores. Os dessalinizadores possuem uma particularidade no funcionamento que chama atenção: a cada 1000 litros de água tratada no aparelho, 200 litros (20%) são entregues próprios para o consumo humano, enquanto 800 litros (80%) ainda são entregues com salinidade. Após o tratamento da água pelo dessalinizador, algumas comunidades reutilizam os 80% de água salinizada para o consumo de animais pertencentes a diversos moradores da região, em bebedouros públicos. Observou-se, contudo, que, em algumas

comunidades, a água salinizada entregue pelo dessalinizador é depositada diretamente no solo, degradando fortemente essa parcela de terra.

Os indicadores de estado são reflexos da desertificação, estão articulados e agem em um processo de retroalimentação que só fortalece os danos por ela causados. Santra et al. (2017) corroboram essa análise, ao afirmarem, por exemplo, que a erosão é uma grande causa da degradação e afeta a produtividade agrícola em toda a terra, pois remove nutrientes, reduz a espessura do solo e restringe o enraizamento, remove a matéria orgânica e afeta a capacidade de retenção de água. Este é o cenário típico das áreas em processo de desertificação.

Indicadores de resposta

Com o advento do crescimento econômico e demográfico intensificado a partir da década de 1990, a região Nordeste passou por importantes transformações, evidenciadas por uma nova configuração territorial que favorece a expansão urbana e a dinamização da economia (BERNAL, 2005). As estruturas produtivas rural e fundiária, no entanto, sobretudo no semiárido, caracterizadas pela pequena propriedade de subsistência e pelo baixo uso tecnológico, não foram consideradas nas políticas de desenvolvimento do setor nas últimas décadas. Baptista e Campos (2013, p.59) destacam que “[...] terra e água sempre estiveram nas mãos de uma pequena elite, gerando níveis altíssimos de exclusão social e de degradação ambiental”.

Os movimentos, governamentais e não governamentais, gerados para combater esses e outros agravantes da desertificação, são essenciais para o controle interno e para a contenção de sua expansão para áreas de entorno; no entanto, os representantes de 85,7% das comunidades visitadas afirmaram que não existem instituições atuando na comunidade com o objetivo de implementar ações ou conscientizar os moradores sobre a desertificação. De igual modo, não existem ações de combate, propriamente ditas, em 83,55% das comunidades.

Segundo Van Bellen (2005, p.65), os indicadores de Resposta se referem à atividade individual e coletiva agindo para “[...] mitigar, adaptar ou prevenir os impactos negativos induzidos pelo homem sobre o meio ambiente, para interromper ou reverter danos ambientais já infligidos e para preservar e conservar a natureza e os recursos naturais”. Essas respostas, no caso de áreas desertificadas, devem se mostrar não somente como ações voltadas para o combate e recuperação das manifestações biofísicas, mas também hão de estar orientadas para ações que promovam melhor qualidade de vida da população afetada.

Isto posto, verifica-se a inexistência de muitos desses indicadores na maioria das comunidades, a saber (Tabela 5): Acesso à Coleta de Lixo (89%), Acesso a serviços de Esgoto (98,9%), Áreas Destinadas à Recuperação (57,1%).

Tabela 5: Proporção de comunidades rurais, segundo o grau de ocorrência de indicadores de resposta - ASD do Sertão dos Inhamuns (%)

Indicador	Ausência	Níveis Baixos	Níveis Médios	Níveis Altos
Acesso à água para consumo doméstico	0	31,9	45,1	23
Acesso à coleta de lixo	89	2,2	3,3	5,5
Acesso a serviços de esgoto	98,9	0	1,1	0
Áreas destinadas à recuperação	57,1	31,9	6,6	4,4
Áreas destinadas à reservas ambientais	28,6	28,6	35,2	7,6

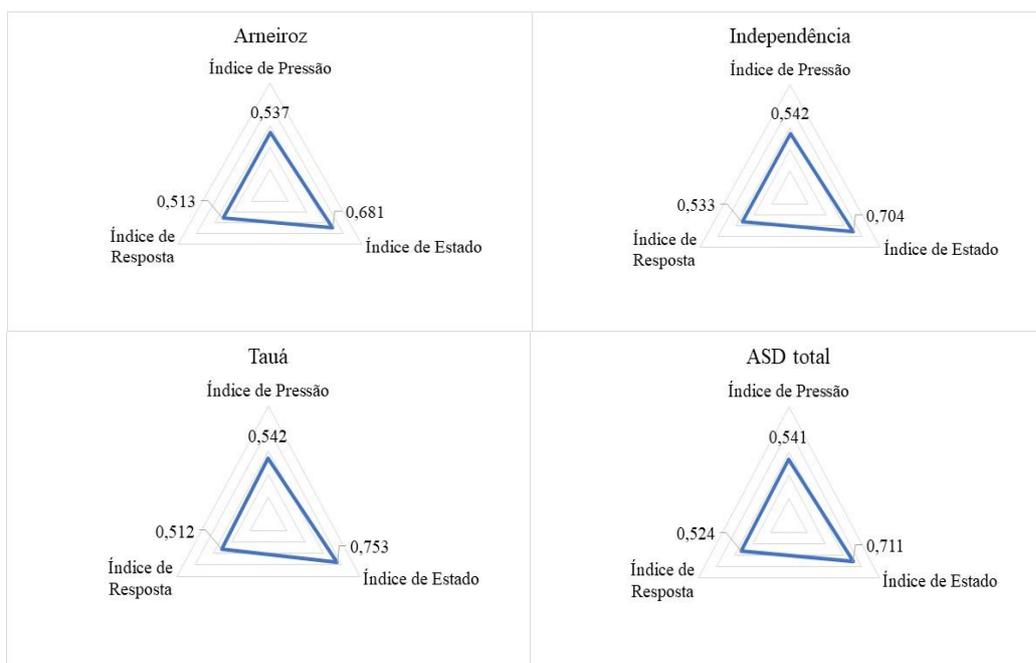
Fonte: Elaboração própria.

Dos programas e políticas para a mitigação dos efeitos da seca, o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), iniciado nos anos 2000, é o de maior sucesso, pois possibilitou maior autonomia das populações rurais no que se refere à água para o autoconsumo, garantida pela recarga das cisternas de placa durante a estação chuvosa. Isso se tornou mais evidente quando 41,5% das comunidades entrevistadas informaram possuir níveis médios de Acesso à Água e 23% confirmaram o acesso em níveis altos. As comunidades também enfatizaram que, ainda que se esgotem os níveis das cisternas particulares, esses reservatórios apresentam-se como alternativa de armazenagem para o abastecimento dos carros-pipa. Apesar de ser destacado no PAE-CE como uma experiência exitosa, não é uma intervenção voltada diretamente para o combate à desertificação, embora seja possível a sua atuação como agente de mitigação. De um modo geral, há uma carência significativa de ações no âmbito local, capazes de tornar as comunidades mais proativas.

Índice de Desertificação (ID)

Com o intuito de tornar a análise da desertificação mais objetiva, optou-se por agregar os indicadores de desertificação segundo a sua classificação (pressão, estado e resposta). Esse procedimento permitiu inferir que, na ASD como um todo, os indicadores de estado demandam maior atenção no combate à desertificação, haja vista seu maior valor relativo às demais dimensões (Figura 3).

Figura 3: Índices médios de pressão, estado e resposta das comunidades de Arneiroz, Independência, Tauá e ASD dos Inhamuns



Fonte: Elaboração própria.

Ainda sob o pretexto de melhor visão global do nível de desertificação na ASD, os três índices analisados foram agregados no Índice de Desertificação (ID), o qual foi delimitado em três níveis, conforme a Tabela 6. A análise do ID conclui que 51,6% das comunidades encontram-se em níveis intermediários de desertificação, corroborando as maiores frequências aferidas pelo mesmo índice na escala municipal (44,4% - Arneiroz, 55,8% - Independência e 47,6% - Tauá). Destaca-se, ainda, que o Município de Arneiroz indicou o maior número relativo de comunidades (38,9%) entre os menores ID's, e o Município de Tauá expressou o maior percentual de comunidades (33,3%) pertencentes à categoria de maiores ID's. Essas diferenças, no entanto, não são estatisticamente significativas. Esse resultado corrobora o que consta em Imeson (2012) sobre o fato de tipos similares de solo e paisagens denotarem respostas similares à desertificação.

Tabela 6: Distribuição de frequência relativa das comunidades, por nível de desertificação, nos Municípios de Arneiroz, Independência, Tauá e ASD dos Inhamuns (%)

Classes de ID	Intervalo	Arneiroz	Independência	Tauá	ASD total
Menores ID's	$0,367 \leq ID \leq 0,535$	38,9	21,2	19,0	24,2
ID's intermediários	$0,539 \leq ID \leq 0,640$	44,4	55,8	47,6	51,6
Maiores ID's	$0,647 \leq ID \leq 0,751$	16,7	23,1	33,3	24,2
Total		100	100	100	100

Fonte: Elaboração própria.

Apesar da existência de desertificação e do fenômeno não ser recente, nota-se que a população da ASD ainda não consegue perceber a extensão do problema na região. Em 75,8% das comunidades representadas na amostra, os moradores não têm o conhecimento de que estão inseridos em um núcleo de desertificação (Tabela 7). Esse fato agrava-se quando o questionamento direciona-se para o conhecimento do fenômeno em si, pois, em 57,2% das comunidades os moradores têm baixa (29,7%) ou nenhuma (27,5%) percepção da existência dos processos de desertificação, facilmente confundidos com os efeitos da seca.

Tabela 7: Proporção de comunidades rurais, segundo a percepção dos moradores quanto a aspectos relacionadas com a desertificação local – ASD do Sertão dos Inhamuns (%)

Indicadores	Ausência	Níveis Baixos	Níveis Médios	Níveis Altos
Conhecimento dos moradores quanto ao fato de a comunidade estar inserida em um núcleo de desertificação	75,8	15,4	5,5	3,3
Existência de processos de desertificação	27,5	29,7	33	9,9
Conhecimento da comunidade quanto ao que representa o PAE	94,5	3,3	2,2	0
Existência de momentos de discussão sobre o tema desertificação	74,7	9,9	12,1	3,3

Fonte: Elaboração própria.

O Programa Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca do Ceará (PAE-CE) foi elaborado em 2010 e implementado nas três ASD's do Estado, norteado pelo Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PAN-Brasil). O PAN-Brasil, no entanto, não se consolidou como programa, não representando uma ação organizada e não encontrando uma acolhida sólida em uma pasta de Estado, e “[...] movimenta apenas pequenos grupos em ações muito restritas” (VIANA, 2013, p.177). No Ceará, o PAE-CE também possui poucas ações nas ASD's, limitadas à destinação de recursos para a distribuição de água em carros-

pipa. Isso se reflete na percepção das comunidades sobre o que representa o PAE, indicadas como ausente de 94,5% das localidades analisadas.

A discussão em torno dessa temática, visando a conscientização da população para as características da desertificação e para atitudes mais sustentáveis, foi assumida, informalmente, pelas associações de moradores e por setores da igreja nessa ASD. Contudo, em 74,7% das comunidades, não há qualquer tipo de abordagem ou discussão sobre o tema desertificação. O elevado percentual de idosos, classe mais resistente e desinteressada em novas informações, também colabora para esse resultado, posto que essa parcela da população replica atitudes pouco sustentáveis passadas de geração para geração.

A apatia da população é preocupante, especialmente porque existe um componente histórico que favorece a continuidade de hábitos e ações predatórias que contribuem para o avanço da desertificação. Além disso, sem a participação da população em processos decisórios, há o enfraquecimento de redes sociais já ameaçadas pela existência do problema, dado que, segundo Chiba, Shaw e Prabhakar (2017), a desertificação causa a ruptura de redes sociais pela perda de patrimônio cultural ou escassez de recursos e a conseqüente alteração da reciprocidade existente entre membros de uma comunidade. Essa conjunção de fatores direciona para o problema da falta de governança e sua capacidade de liderar e regulamentar uma política de combate à desertificação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ASD dos Sertões dos Inhamuns apresenta níveis elevados e crescentes de desertificação, evidenciados no estudo por meio dos indicadores analisados. Os indicadores de pressão, associados às ações que causam a desertificação, confirmaram a existência considerável de práticas que agridem o meio ambiente, inclusive por meio de práticas agrícolas, assim como confirmaram também uma maior conscientização da população com relação às queimadas e extração de lenha. Considerando-se fatores de pressão, descritores do estado e respostas diante do problema, observa-se que a maior preocupação no combate à desertificação deve recair sobre os indicadores de estado, o que demanda ações emergenciais de controle de problemas relacionados à compactação do solo, perda de cobertura vegetal, perda de produtividade, perda de fertilidade do solo.

Diante do cenário observado na ASD do Sertão dos Inhamuns, o estudo chama a atenção dos tomadores de decisão, no âmbito de estratégias de combate à desertificação, para a necessidade de fortalecer os instrumentos de governança locais de modo a potencializar suas intervenções (indicadores de resposta). Ressalta-se, nesse sentido, a implementação de medidas que estimulem a participação popular nos processos decisórios, assim como promovam a conscientização da população sobre a gravidade da desertificação na região e a necessidade de controlá-la para se alcançar melhores condições socioeconômicas e ambientais na região.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. *Os sertões: a originalidade da terra*. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, v. 3, n.18, 1985.

AKBARI, M.; MODARRES, R.; NOUGHANI, M. A. Assessing early warning for desertification hazard based on E-SMART indicators in arid regions of northeastern Iran. *Journal of Arid Environments*, v. 174, p. 104086, 2020a.

AKBARI, Morteza et al. Prioritizing effective indicators of desertification hazard using factor-cluster analysis, in arid regions of Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, v. 13, n. 8, p. 1-17, 2020b.

ANTWI-AGYEI, P., QUINN, C. H., ADIKU, S. G. K., CODJOE, S. N. A., DOUGILL, A. J., LAMBOLL, R., & DOVIE, D. B. K. Perceived stressors of climate vulnerability across scales in the Savannah zone of Ghana: A participatory approach. *Regional Environmental Change*, 17(1), 213–227. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10113-016-0993-4> Acesso em: 24 fev. 2022.

BAPTISTA, N. de Q.; CAMPOS, C. H. Caracterização do semiárido brasileiro. In: CONTI, Irio Luiz; SCHROEDER, Oscar Edni. *Convivência com o semiárido brasileiro: autonomia e protagonismo social*. Brasília: Editora IABS, p. 45-51, 2013.

BERNAL, M. C. C. A Nova Configuração Territorial do Nordeste: desigualdade e fragmentação. *Cadernos do LOGEPA*, v. 4, n. 1, 2005.

CAETANO, F. A. de O. *Desertificação e governança nas comunidades rurais da ASD do Sertão dos Inhamuns, Ceará*. 2018. 125 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal do Ceará - UFC.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. *Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca*, PAE-CE, Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente / Secretaria dos Recursos Hídricos, 372p. 2010.

CHIBA, Y.; SHAW, R.; PRABHAKAR, S. Climate change-related non-economic loss and damage in Bangladesh and Japan. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, v. 9, n. 2, p. 166-183, 2017.

DERBILE, Emmanuel Kanchebe; CHIRAWURAH, Dennis; NAAB, Francis Xavier. Vulnerability of smallholder agriculture to environmental change in North-Western Ghana and implications for development planning. *Climate and Development*, p. 1-13, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17565529.2021.1881423> Acesso em: 24 fev. 2022.

DHRIFI, A.; JAZIRI, R.; ALNAHDI, S. Does foreign direct investment and environmental degradation matter for poverty? Evidence from developing countries. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 52, p. 13-21, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2019.09.008> Acesso em: 24 fev. 2022.

ELIJAH, E. et al. Detecting and monitoring desertification indicators in Yobe State, Nigeria. *Journal of Environmental Issues and Agriculture in Developing Countries*, v. 9, n. 1, p. 16, 2017.

FÁVERO, L. P., BELFIORE, P., SILVA, F. D.; CHAN, B. L. *Análise de dados: Modelagem multivariada para tomada de decisões*. Rio de Janeiro: Campus, 2009.

FERRARA, Ag. et al. Updating the MEDALUS-ESA Framework for Worldwide Land Degradation and Desertification Assessment. *Land Degradation & Development*, v. 31, n. 12, p. 1593-1607, 2020.

FEYZI KOUSHKI, F., AKBARI, M., MEMARIAN, H., & AZAMIRAD, M. (2019). Identifying and ranking important factors of desertification in Khorasan Razavi Province using Delphi method. *Geography and Environmental Hazards*, 8(31), 205–225. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.84127> Acesso em: 24 fev. 2022.

HAIR, J. F. et al. *Análise multivariada de dados*. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 682p.

HIEN, L. T. T.; GOBIN, A.; HUONG, P. T. T. Spatial indicators for desertification in southeast Vietnam. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 19, n. 10, p. 2325-2337, 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. *Censo demográfico 2010*. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/> Acesso em: 15 Jan 2018

IMESON, Anton. *Desertification, land degradation and sustainability*. John Wiley & Sons, 331p. 2012.

KARAVITIS, Christos A. et al. *A desertification risk assessment decision support tool (DRAST)*. *Catena*, v. 187, p. 104413, 2020.

KOSMAS, C. TSARA, M.; MOUSTAKAS, N.; KARAVITIS, C. Identification of indicators for desertification. *Annals of Arid Zone*, v. 42, p. 393-416, 2003.

KUUSAANA, E. D., ELEDI, J. A. As the city grows, where do the farmers go? Understanding peri-urbanization and food systems in Ghana - evidence from the Tamale Metropolis. *Urban Forum*, 26(4), 443–465.2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12132-015-9260-x> Acesso em: 24 fev. 2022.

LEITE, E. R. Manejo alimentar de caprinos e ovinos em pastejo no Nordeste do Brasil. *Embrapa Caprinos e Ovinos (ALICE)*, 2002.

LEITE, E. R.; VASCONCELOS, V. R. Manejo sustentável de pastagens para caprinos e ovinos. In: *I Encontro Internacional dos Negócios da Pecuária*, Cuiabá, p.1-14. 2002.

LEMONS, J. J. S. *Mapa da exclusão social no Brasil: radiografia de um país assimetricamente pobre*. Banco do Nordeste: 2. ed. Fortaleza. 2012.

- MABBUTT, J. A. Desertification indicators. *Climatic Change*, v. 9, n. 1, p. 113-122, 1986.
- MANCAL, A. *Capacidade adaptativa das comunidades nas áreas susceptíveis à desertificação no Estado do Ceará*. 2015. 160 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- MAROCO, J. *Análise estatística com utilização do SPSS*. 2ª edição. Lisboa: Edições Silabo, 2003.
- MASRON, Tajul Ariffin; SUBRAMANIAM, Yogeewari. Does poverty cause environmental degradation? Evidence from developing countries. *Journal of poverty*, v. 23, n. 1, p. 44-64, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10875549.2018.1500969> Acesso em: 24 fev. 2022.
- MOURA, A. M. *Governança ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas*. Brasília: IPEA, 2016.
- NERI, A. C.; DUPIN, P.; SÁNCHEZ, L. E. A pressure-state-response approach to cumulative impact assessment. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 126, p. 288-298, 2016.
- OECD. *Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews – a synthesis report by the Group on the State of the Environment – Environmental Monographs n. 83 - Paris OECD 1993*. 39 p.
- OLIVEIRA, M. R. R.; ALMEIDA, E. L.; TEIXEIRA, A. S. Uso do ndvi como subsídio a análise supervisionada na comparação entre paisagens nas asd's cearenses. In: *3º Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido*, Fortaleza, 2017. Disponível em: <https://sbrns2017.blogspot.com.br/p/anais-do-iii-sbrns-2017.html> Acesso em: 03 Jan. 2018.
- PACHECO, Fernando António Leal et al. Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, v. 5, p. 79-86, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.07.002> Acesso em: 24 fev. 2022.
- PANDA, A. Vulnerability to climate variability and drought among small and marginal farmers: a case study in Odisha, India. *Climate and Development*, v. 9, n. 7, p. 605-617, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17565529.2016.1184606> Acesso em: 24 fev. 2022.
- PIRES, I. J. B. *A pesquisa sob o enfoque da Estatística*. Fortaleza: BNB, 2006. 166p.
- RÊGO, A. H. *Os sertões e os desertos: o combate à desertificação*. Brasília: FUNAG, 204p., 2012.
- REYNOLDS, J. F. et al. Scientific concepts for an integrated analysis of desertification. *Land Degradation & Development*, v. 22, n. 2, p. 166-183, 2011.
- RODRIGUES, M. I. V. *A Propensão à Desertificação no Estado do Ceará: aspectos agropecuários, econômicos, sociais e naturais*. 2006. 132 f.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

RUBIO, J. L.; BOCHET, E. Desertification indicators as diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe. *Journal of Arid Environments*, v. 39, n. 2, p. 113-120, 1998.

SALIH, A.; HASSABALLA, A. A.; GANAWA, E. Mapping desertification degree and assessing its severity in Al-Ahsa Oasis, Saudi Arabia, using remote sensing-based indicators. *Arabian Journal of Geosciences*, v. 14, n. 3, p. 1-15, 2021.

SALUNKHE, S. S. et al. Evaluation of indicators for desertification risk assessment in part of Thar Desert Region of Rajasthan using geospatial techniques. *Journal of Earth System Science*, v. 127, n. 8, p. 1-24, 2018.

SANTRA, P.; MOHARANA, P. C.; KUMAR, M.; SONI, M. L.; PANDEY, C. B.; CHAUDHARI, S. K.; SIKKA, A. K. Crop production and economic loss due to wind erosion in hot arid ecosystem of India. *Aeolian Research*, v. 28, p. 71-82, 2017.

SHARMA, K. D. The hydrological indicators of desertification. *Journal of Arid Environments*, v. 39, n. 2, p. 121-132, 1998.

SOUSA, M. C. *Estudo da sustentabilidade da agricultura familiar em assentamentos de reforma agrária no município de Mossoró-RN*. 2003. 118 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

STAFFORD SMITH, D.M, ABEL N, WALKER B, CHAPIN FS III. Drylands: Coping with uncertainty, thresholds, and changes in state. In: CHAPIN F. S.; KOFINAS G. P.; FOLKE, C. (eds) *Principles of Ecosystem Stewardship. Resilience-Based Natural Resource Management in a Changing World*, Springer: New York, NY, 171-195. 2009.

SUERTEGARAY, D. M. A. et al. Projeto arenização no Rio Grande do Sul, Brasil: gênese, dinâmica e espacialização. *Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales*, n. 287, 2001.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa*. v. 33, p. 1328-1382, 1994.

VAN BELLEN, H. M. *Indicadores de sustentabilidade: Uma análise comparativa*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

VENDRUSCOLO, J. et al. Monitoring desertification in semiarid Brazil: Using the Desertification Degree Index (DDI). *Land Degradation & Development*, v. 32, n. 2, p. 684-698, 2021.

VIANA, C. F. G. *Da seca como episódio à desertificação como processo: uma questão (não)institucionalizada*. 2013. 244 f., il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília.

VOGT, J. V.; SAFRIEL, U.; VON MALTITZ, G.; SOKONA, Y.; ZOUGMORE, R.; BASTIN, G.; HILL, J. Monitoring and assessment of land degradation and desertification: towards new conceptual and integrated approaches. *Land Degradation & Development*, v. 22, n. 2, p. 150-165, 2011.

WOLFSLEHNER, B.; VACIK, H. Evaluating sustainable forest management strategies with the analytic network process in a pressure-state-response framework. *Journal of Environmental Management*, v. 88, n. 1, p. 1-10, 2008.