

OROGRAFIA E SUA INFLUÊNCIA PARA FORMAÇÃO DO NÚCLEO DESERTIFICADO NOS INHAMUNS

<https://doi.org/10.4215/rm2023.e22005>

Carvalho Aderaldo, P.I.^{a*} - Amorim, R.R.^b - Nery, J.T.^c

(a) Doutorando em Geomorfologia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6598-8166>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/1615760348873027>.

(b) Doutor em Geografia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7358-6696>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/5289849728704414>.

(c) Doutor em Geografia.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0577-8228>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/1144640966519835>.

Article history:

Received 17 February, 2021

Accepted 12 January, 2023

Published 30 February, 2023

(*) CORRESPONDING AUTHOR

Address: Rua João Pandiá Calógeras, Cidade Universitária, CEP: 13083870, Campinas, SP - Brasil. Tel: (+55 19) 35214653

E-mail: pedroitooloo@hotmail.com

Resumo

Ao analisar o núcleo de desertificação denominado de Inhamuns, presente no estado do Ceará - Brasil, observa-se que o relevo representado por sua orografia, comporta-se como um dos fatores influenciadores de tal processo. Nesse artigo, busca-se compreender o papel do relevo no condicionamento do processo de desertificação, apoiando-se nas análises entre relevo, clima e ação antrópica. Para isso, realizou-se um mapeamento detalhado de compartimentação do relevo, relacionou-se a orografia com a espacialização de dados centenários pluviométricos e com o índice de aridez representado por 32 anos de dados, e verificou-se os níveis de degradação, entre 1991 e 2017, nas principais porções de interesse. Com os resultados constata-se que, o clima ao interagir com o relevo configura-se diferentes características a barlavento e a sotavento, visto identificações de menores totais pluviométricos e maior aridez na porção desertificada a sotavento; a ação antrópica está presente em áreas dentro e fora do núcleo de desertificação, com crescimento em formas de linhas em toda a área de estudo, dado o prioritário uso e ocupação, em setores próximos aos corpos hídricos e planícies fluviais; os compartimentos de relevos representados pelas depressões sertanejas 01 e 02 e maciços residuais, apresentaram-se com aumento na degradação ambiental; o primordial fator em que há oscilações nos seus dados, entre áreas desertificadas e não desertificadas, visto a presença do relevo, é o climático. Diante disso, compreende-se que, a configuração do núcleo desertificado dos Inhamuns, é resultado da ação antrópica sobre efeito do clima semiárido, a sotavento de um relevo, ao longo dos anos.

Palavras-chave: Desertificação; Orografia; Clima.

Abstract / Résumé

OROGRAPHY AND ITS INFLUENCE ON THE FORMATION OF THE DESERTIFIED CORE IN INHAMUNS

Analyzing the nucleus of desertification called Inhamuns, located in the state of Ceará - Brazil, it is observed that the relief represented by its orography, behaves as one of the influencing factors of such process. In this article, we seek to understand the role of the relief conditioning the desertification process, based on the analysis between relief, climate and anthropic influence. For this, a detailed mapping of relief compartmentalization was carried out, the orography was related to the spatialization of centenary rainfall data and to the aridity index represented by 32 years of data, and the degradation levels were verified, between 1991 and 2017, in the main portions of interest. With the results it is verified that, the climate, when interacting with the relief, configures different characteristics on the windward and leeward sides, seen identifications of lower total rainfall and greater aridity in the desertified portion to leeward; anthropic action is present in areas inside and outside the desertification core, with growth in line shapes throughout the study area, given the priority use and occupation, in sectors close to water bodies and river plains; the relief compartments represented by sertaneja depressions 01 and 02 and residual massifs, showed an increase in environmental degradation; the primary factor in which there are fluctuations in your data, between desertified and non-desertified areas, given the presence of relief, it's the climatic. In view of this, it is understandable that, the configuration of the deserted core of Inhamuns, is the result of anthropic action on the effect of the semi-arid climate, downwind of a relief, over the years.

Keywords: Desertification; Orography; Climate.

L'OROGRAPHIE ET SON INFLUENCE POUR FORMER LE NUCLEUS DÉSERIFIÉ DANS LE INHAMUNS

En analysant le noyau de désertification connu sous le nom d'Inhamuns, présent dans l'état de Ceará, on a observé que le relief représenté par son orographie se comporte comme l'un des importants facteurs qui influencent un tel processus. Dans cet article, nous cherchons à comprendre le rôle des secours dans le conditionnement du processus de désertification, en se basant sur l'analyse entre le relief, le climat et l'action anthropique. Pour cela, une cartographie détaillée du compartimentage du relief a été réalisée, l'orographie était liée à la spatialisation des données pluviométriques centenaires et avec l'indice d'aridité représenté par 32 années de données, et les niveaux de dégradation ont été vérifiés, entre 1991 et 2017, dans les principales portions d'intérêt. Avec les résultats on trouve que, le climat, lorsqu'il interagit avec le relief, configure des caractéristiques différentes sur les côtés au vent et sous le vent, étant donné les identifications de précipitations totales plus faibles et d'une plus grande aridité dans la partie désertifiée sous le vent; l'action anthropique est présente dans les zones à l'intérieur et à l'extérieur du noyau de désertification, avec une croissance des formes de lignes dans toute la zone d'étude, compte tenu de l'utilisation et de l'occupation prioritaires, dans les secteurs proches des plans d'eau et des plaines fluviales; les compartiments de relief représentés par les dépressions sertaneja 01 et 02 et les massifs résiduels, a montré une augmentation de la dégradation de l'environnement; le facteur principal dans lequel il y a des fluctuations dans vos données, entre zones désertifiées et non désertifiées, compte tenu de la présence de relief, c'est le climatique. Compte tenu de cela, il est compréhensible que, la configuration du noyau désertification d'Inhamuns, est le résultat de l'action anthropique sur l'effet du climat semi-aride, sous le vent d'un relief, au cours des années.

This is an open access article under the CC BY Creative Commons license

Mots-clés: Désertification; Orographie; Climat.

INTRODUÇÃO

A desertificação é considerada uma das importantes adversidades ambientais, que a humanidade enfrenta atualmente, pois diminui a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos, aumenta a insegurança alimentar e afeta o bem estar das sociedades. Tornando-a assim, reconhecida pela comunidade internacional, como um problema econômico, social e ambiental (IRSHAD, 2007; CEARÁ, 2010; VIEIRA et al., 2020; RASTGOO e HASANFARD, 2022).

A gênese geral dessa problemática, relaciona-se com o uso irracional dos recursos naturais, em porções áridas, semiáridas e subúmidas secas, predominando na região Nordeste do Brasil, práticas como o manejo inadequado da terra, o sobrepastoreio, a agricultura com o uso do corte e da queima da vegetação, o desmatamento e a superexploração de recursos lenhosos como fonte de combustível (VIEIRA et al., 2015; CCGE, 2016; TOMASELLA et al., 2018; LINS et al., 2023).

O tema da desertificação evidencia-se como relevante, haja vista que o risco de sua ocorrência, alcança aproximadamente 4 bilhões de hectares, em mais de 100 países, afetando diretamente mais de 250 milhões de pessoas (IRSHAD, 2007). Na América Latina, sua presença atinge aproximadamente 516 milhões de hectares, com perdas de bilhões de toneladas de terras cultiváveis por ano, e no Brasil, configura-se com perdas econômicas anuais em torno de 800 milhões de dólares (BRASIL, 2004; CEARÁ, 2010).

O conceito de desertificação, ao longo do tempo e nas diversas regiões do Planeta, apresenta por vezes, heterogeneidade (ZONN, 2017). Ao se basear no conceito oficial exposto pela convenção da Organização das Nações Unidas - ONU, que preconiza a desertificação como o processo de degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas, resultantes de vários fatores, entre eles a variação climática e as atividades humanas, observa-se a indicação de imprecisão nos fatores atribuídos ao processo, tendo em vista a evidência da frase: “[...] resultantes de vários fatores [...]” (UNCDD, 2018, p. 4).

Desta maneira, acredita-se que os fatores nos quais irão proporcionar ou justificar a desertificação, são indicados a partir de uma específica análise da área estudada, dado que as particularidades naturais e antrópicas, irão variar nas distintas posições geográficas em que se encontram tal processo.

Para melhores direcionamentos na compreensão da desertificação presente na área de estudo, localizada no sertão dos Inhamuns, Ceará - Brasil, prioriza-se a discussão entre os elementos: relevo, representado pela diferenciação hipsométrica/orografia e inseridos no contexto das depressões e dos maciços residuais; clima, representado pela pluviometria e índice de aridez; e ação antrópica, representado pela quantificação de usos e níveis de degradação.

Esse artigo tem como objetivo, compreender o papel do relevo no condicionamento do processo de desertificação presente no núcleo Inhamuns, Ceará. Para isso, realizou-se um mapeamento detalhado de compartimentação do relevo, relacionou-se a espacialização pluviométrica e do índice de aridez com a orografia, e verificou-se os níveis de degradação nas principais porções de interesse.

É importante notar que, investigações sobre a desertificação, como as realizadas nesse trabalho, buscam contribuir para uma melhor compreensão da dinâmica desse processo e para a criação de estratégias que visão combater essa problemática, exposta no objetivo 15, da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, o qual demonstra a necessidade dos países “proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres; realizar manejo florestal sustentável; combater a desertificação; deter e reverter a degradação da terra; e reduzir a perda de biodiversidade” (UN, 2015).

Área de Estudo

Evidencia-se ao analisar todos os estados do Brasil, que o Ceará se apresenta com uma das mais significativas áreas desertificadas. Neste Estado, 14 municípios de um total de 184 abrangem 3 núcleos distintos de desertificação, denominados de Inhamuns, Irauçuba e Jaguaribe. Acredita-se que o relevo representado pela orografia é um fator determinante em todos os núcleos no Estado, todavia neste artigo resume-se as discussões e evidências ao dos Inhamuns.

A busca por uma ideal espacialização e interação entre dados, refletiu na formação da área de estudo, sendo composta pela junção dos municípios ao entorno e que compõe o núcleo de desertificação Inhamuns, definido por Ceará (2010, p. 82), com os municípios ao entorno e que compõe o maciço residual de Pedra Branca, ambos representados pelas seguintes denominações: Tamboril, Monsenhor

Tabosa, Boa Viagem, Madalena, Quixeramobim, Milhã, Senador Pompeu, Pedra Branca, Mombaça, Piquet Carneiro, Dep. Irapuã Pinheiro, Acopiara, Iguatu, Jucás, Saboeiro, Catarina, Arneiroz, Aiuaba, Parambu, Tauá, Quiterianópolis, Novo Oriente, Independência e Crateús (Figura 1).

Nota-se na porção central da área de estudo, que a compreensão sobre o efeito orográfico, representado por barlavento a leste e sotavento a oeste, é resultado de uma combinação entre as oscilações altimétricas e disposições norte-sul dos maciços residuais, com as predominantes direções dos ventos leste-oeste/sudeste-noroeste e os sistemas atmosféricos proporcionadores de chuvas (INMET, 2020). Quanto as principais mudanças altimétricas, detecta-se duas porções, a primeira com altos níveis, localizadas na porção central e de extremo oeste, compostas por maciços residuais e planaltos respectivamente, e a segunda com baixos níveis, localizada nas demais porções, compostas por depressões sertanejas e planícies (Figura 1). Identifica-se em síntese sobre as condições climáticas vigentes que, as chuvas são provindas principalmente por atuação da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, seus totais anuais variam de 300 mm a 1000 mm, prevalecendo três a quatro meses chuvosos e nove a oito meses com totais pluviométricos insignificantes ou de seca. Além disso, observa-se outros atuantes sistemas atmosféricos, representados por Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis - VCAN, Distúrbios Ondulatórios de Leste - DOL, Linhas de Instabilidade - LI e os Complexos Convectivos de Mesoescala - CCM (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; ZANELLA, 2007; CAVALCANTI, 2009).

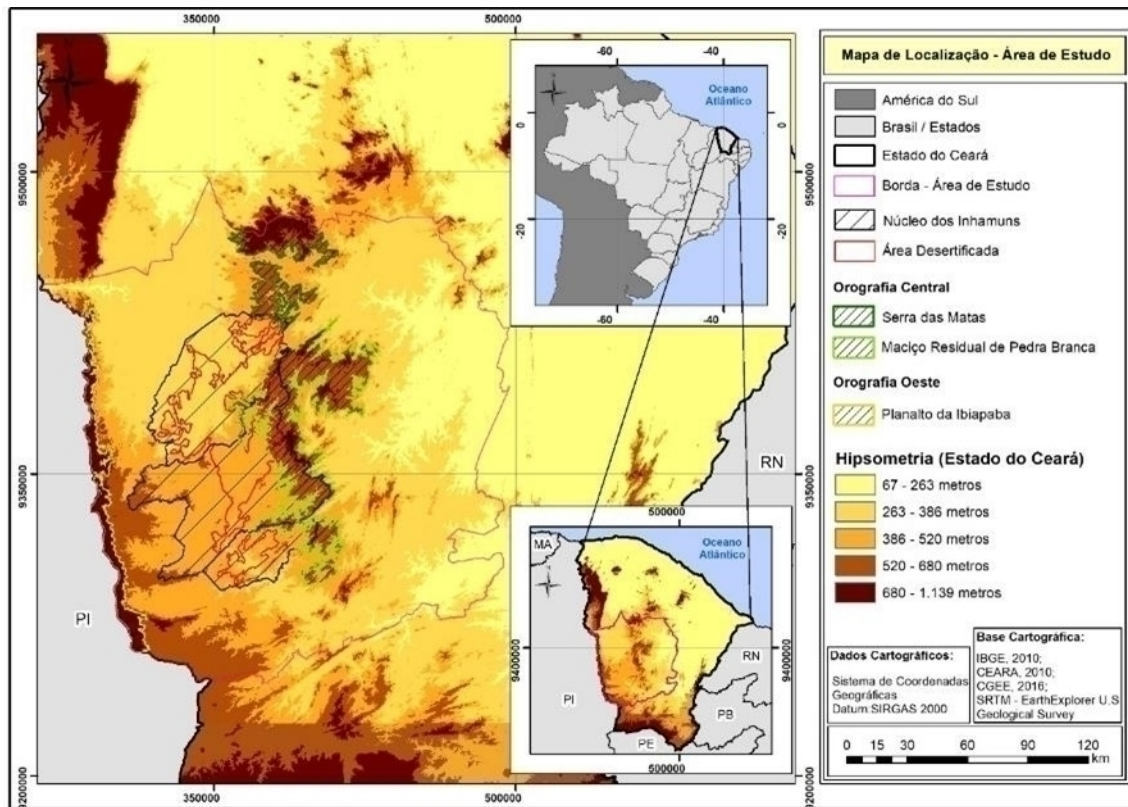


Figura 1 - Mapa apresentando os municípios que compõem a área de estudo. Fonte: Elaboração própria.

METODOLOGIA

ESPACIALIZAÇÃO DOS COMPARTIMENTOS DE RELEVOS

O conceito de paisagem, remete-se ao entendimento interacional de processos atuais e passados, em uma determinada porção do espaço, resultante de uma combinação dinâmica, entre os seus

elementos constituintes, tais como os físicos, biológicos e antrópico, formando um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 2004). Utilizar o termo paisagem, possibilita envolver as diversas relações de interdependências entre os seus elementos constituintes, os quais são mutáveis ao longo do tempo, e formadores de um conjunto complexo com características singulares.

Para setorização das paisagens presentes na área de estudo, realiza-se nestas, uma divisão ou compartimentação a partir dos critérios topográficos e das formas de relevo, nas quais, apresentam-se com traços em comuns quanto às suas características fisionômicas e genéticas (SOUZA, 2000). Denomina-se neste artigo, cada paisagem setorizada a partir desses critérios, como compartimento do relevo.

Para execução do mapa de compartimentação do relevo, no software Arcgis (ESRI), realizou-se atividades de campo para identificar feições do relevo, explorou-se mapas geológicos realizados pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais - CPRM (CPRM, 2003), e analisou-se imagens Shuttle Radar Topography Mission - SRTM, com resolução espacial de 30 metros, retiradas no site Earth Explorer – U.S Geological Survey, com cartas de seguintes nomeações: S05-W040-1ARCV3; S05-W041-1ARC-V3; S06-W040-1ARC-V3; S06-W041-1ARC-V3; S06-WP42-1ARC-V3; S07-W040-1ARC-V3; S07-W041-1ARC-V3. O mapa com a setorização dos compartimentos, teve como escala de mapeamento 1:250.000 e como escala de representação 1:500.000.

DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Todos os dados pluviométricos utilizados e espacializados, foram adquiridos no site da Agência Nacional de Águas na plataforma Hidroweb (ANA, 2020). Para composição do banco de dados, utilizou-se 12 séries pluviométricas, nas quais apresentaram possibilidades de reparos em suas falhas e factíveis séries históricas centenárias, compreendendo ao intervalo de 1917 a 2016. As falhas, eventualmente identificadas, foram sanadas pela substituição de dados de pluviômetros vizinhos (Tabela 1).

Nº	Pluviômetro Oficial Long./Lat.	Pluviômetro Utilizado – Preenchimento Long./Lat.	Período do Preenchimento	Distância entre os Pluviômetros
0	Cratéis -40 40 00/ -05 12 00	Cratéis-Aeroporto -40 42 00/ -05 12 00	1966-1975	4 km
1	Monsenhor Tabosa – DNOCS -40 04 00/ -04 47 00	Monsenhor Tabosa – FUNCEME -40 04 00/ -04 48 00	1976-2016	2 km
2	Cacoci -40 30 00/-06 25 00	Parambu -40 42 00/-06 13 00	1976-2016	30 km
3	Saboeiro -39 54 00/ -06 32 00	Malhada -39 57 34/ -06 38 47	1993-2016	15 km
4	Independência – DNOCS -40 20 00/ -05 23 00	Independência – FUNCEME -40 18 46/ -05 23 37	1976-2016	2 km
5	Mombaça - DNOCS -39 37 00/ - 05 45 00	Mombaça - FUNCEME -39 37 00/ - 05 45 00	1976-2016	Mesmo Local
6	Pedra Branca - DNOCS - 39 43 00/ -05 27 00	Pedra Branca - FUNCEME - 39 43 00/ -05 27 00	1976-2016	Mesmo Local
7	Tauá - FUNCEME -40 17 00/ -06 01 00	Dados Perfeitos	Dados Perfeitos	Dados Perfeitos
8	Ibicuã -39 25 00/ -05 55 00	Piquet Carneiro -39 25 00/ -05 49 00	1986-2016	11 km
9	Senador Pompeu - ANA -39 20 54/ -05 34 42	Dados Perfeitos	Dados Perfeitos	Dados Perfeitos
10	Quixeramobim – SUDENE -39 18 00/ -05 12 00	Quixeramobim - FUNCEME -39 17 00/ -05 12 00	1986-2016	2 km
11	Iguatu - INMET 39 18 00/ -06 22 00	Iguatu - Aeroporto 39 18 00/ -06 23 00	1966-1975	2 km

Tabela 1 - Composição do banco de dados, a partir dos pluviômetros oficiais e dos utilizados para preenchimento de falhas. Fonte: Elaboração própria.

Para se alcançar uma boa consistência no respectivo banco de dados, visto a sua extensa série histórica e a sua aquisição ser essencialmente manual, foi necessária a exclusão de 10% dos outliers (pontos extremos) nos totais pluviométricos, correspondendo aos 05 totais com menores valores e aos 05 totais com maiores valores.

Durante a espacialização nos resultados do banco de dados, foram utilizadas as médias de cada pluviômetro, correspondendo para 01 pluviômetro, 01 média para os respectivos 100 totais anuais, ou para 12 pluviômetros, 12 médias para os respectivos 1200 totais pluviométricos anuais. A espacialização das médias resultantes, foi possível por meio do software Arcgis (ESRI), utilizando o método da krigagem, o qual propicia estimar dados, preenchendo os vazios (LANDIM e STURARO, 2002).

CÁLCULO DO ÍNDICE DE ARIDEZ - IA

O IA, elaborado por Thornthwaite (1948) e ajustado posteriormente por Penman (1953), é calculado a partir de:

$$IA = Pr / ET0$$

Em que: (Pr) a precipitação total anual e (ET0) a evapotranspiração total.

Para identificar precipitação total anual, utilizou-se o mesmo banco de dados pluviométricos, do tópico anterior que correspondem aos 100 anos de dados, fazendo apenas o recorte entre os de 1974 a 2016.

Para estimar a evapotranspiração total, utilizou-se o método de Penman-Monteith, que atualmente é considerado como padrão e parametrizado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (CONCEIÇÃO, 2006). Durante o cálculo utilizou-se o software SEVAP, desenvolvido e disponibilizado gratuitamente pelo Departamento de Ciências Atmosféricas, da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (SEVAP, 2020). Nesse software foi possível estimar a evapotranspiração, imputando os dados diários de temperatura máxima e mínima, velocidade do vento, insolação, latitude - longitude e altura da estação meteorológica em questão.

As estações meteorológicas – EM utilizadas e presentes na área de estudo, foram quatro, denominadas de EM de Crateús, EM de Tauá, EM de Quixeramobim e EM de Iguatu. A partir delas foram retirados todos os dados necessários para o cálculo do IA.

A análise temporal dos IA compreendeu ao período de 1974 a 1985 e de 1994 a 2016. Essas datas foram escolhidas por apresentarem menor quantidade de falha nos dados necessários para cálculo da evapotranspiração, e em sua soma comporem dados acima de 30 anos. Quanto ao período de 1986 a 1994, verifica-se em todas as EM a inexistência de dados, sendo assim excluído das análises com propósito de minimizar os erros.

A fim de proporcionar maior consistência na espacialização dos dados, utilizou-se para estimar os dados de evapotranspiração, para oito estações pluviométricas, a técnica denominada de “média ponderada pelo inverso da distância”, no caso pela distância de duas EM mais próximas. Com sua aplicação é possível aumentar pontos de identificação do IA minimizando erros. Essa técnica é utilizada em aplicações para definição do IA no estado do Ceará, pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME. Todos os resultados foram apresentados em mapas, a partir da aplicação do método da krigagem.

CLASSIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DA DEGRADAÇÃO

Os mapas de usos foram produzidos a partir da técnica de classificação supervisionada, no software Spring 5.5.2, aplicando a segmentação pelo método de crescimento de região, a similaridade no valor de 30, e a área de pixel no valor de 30.

A classificação procedeu-se em cada imagem de satélite, sendo realizada posteriormente, para compor a área de estudo, a junção de todas as classificações. As imagens utilizadas durante execução do mapa de uso de 1991 foram as Landsat 5 TM, com bandas de 1 a 6, nas datas de 12.07.1991; 26.06.1991; 21.07.1991 e 05.07.1991, já as utilizadas para compor o mapa de uso de 2017, foram as

Landsat 8, nas datas de 04.08.2017; 13.08.2017; 30.09.2017. Os critérios para escolhas dos anos de 1991 e 2017 basearam-se em: resolução multiespectral de 30 metros; estarem com datas mensais próximas; não estarem em anos de outliers pluviométricos.

Para a quantificação da degradação, observa-se que há vários tipos de equações para se analisar a taxa de mudança na degradação (AL-AWADHI et al., 2005), contudo, utiliza-se Velazquez et al. (2003), para calcular as taxas de degradação dos usos do solo, visto que esta Equação 2, é aceita e aplicada em estudos pela FAO.

$$X = \left[1 - \frac{S_2 - S_1}{S_1} \right]^{-1/n} - 1$$

Em que: X a taxa de conversão do processo de degradação ambiental, S1 é a área degradada no tempo t1 (1991), S2 é a área degradada no tempo t2 (2017), e n é a diferença em anos entre as duas datas (i.e., 26).

Essa equação foi aplicada nos dados quantitativos das classificações identificadas, nos compartimentos do relevo, referentes as depressões sertanejas e maciços residuais. Não sendo utilizada nos demais compartimentos, visto as suas pequenas representatividades e carência na direta interação com as discussões.

RESULTADOS

COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO

Na área de estudo observa-se prevalência de morfoestruturas do Domínio dos Escudos e Maciços Cristalinos. Além desta, outras evidenciam-se em menores dimensões, como das Bacias Sedimentares Paleomesozóicas e dos Depósitos Sedimentares Cenozóicos (Figura 2) (SOUZA, 2000; BRANDÃO, 2014; COSTA et al., 2020; SALES e MAIA, 2020).

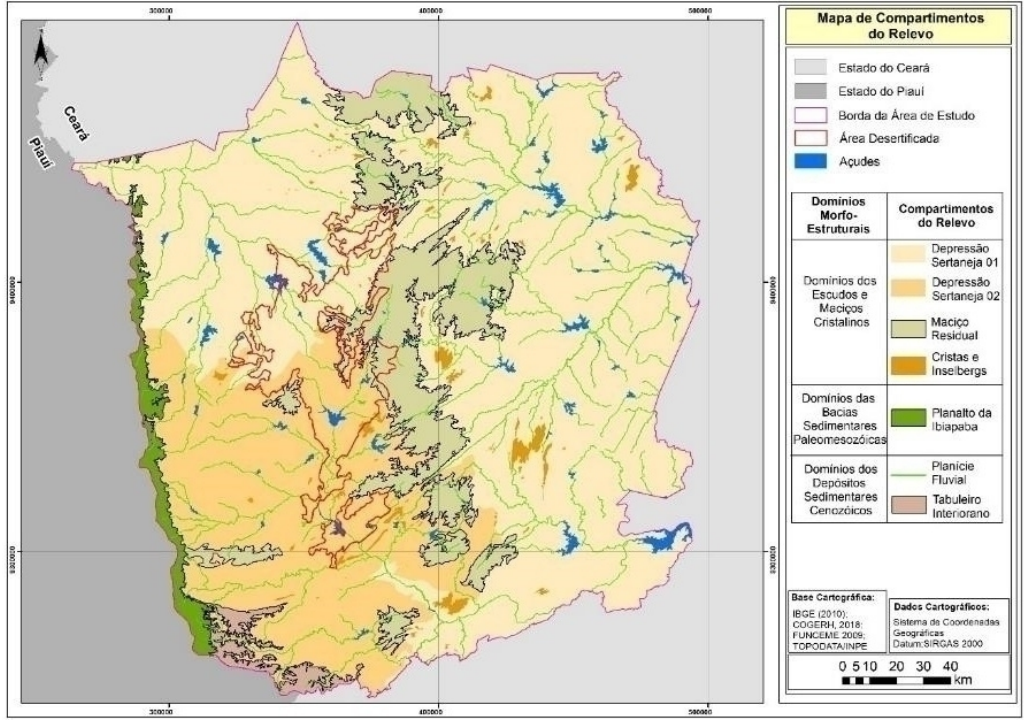


Figura 2 - Mapa de Compartimentos do Relevo. Fonte: Elaboração Própria.

Ao detalhar a análise, identificam-se nas morfoestruturas alguns compartimentos de relevos, tais como, Maciços Residuais - MR, responsáveis pelo efeito orográfico, Depressão Sertaneja - DS, Cristas e Inselbergs, Planalto da Ibiapaba, Planícies Fluviais e Tabuleiro Interiorano (Figura 2) (SOUZA, 2000; FUNCEME, 2009; BRANDÃO, 2014; COSTA et al., 2020; SALES e MAIA, 2020). Busca-se enfatizar a DP e o MR, dado a maior presença de áreas desertificadas e correlação com os debates neste artigo.

Baseando-se nas imagens SRTM expostas na metodologia, divide-se em dois níveis as superfícies pediplanadas da DS, sendo denominadas por DS - 01 com altimetria variando entre 128 a 392 metros acima do nível do mar, e DS - 02 com altimetria variando entre 393 a 495 metros acima do nível do mar. Essa divisão foi delimitada a partir do maior desnível entre patamares presentes na DS da área de estudo (Figura 3). Salienta-se que, em escala estadual há variações diferentes entre os intervalos de cotas na DS, a depender da pesquisa, como em Costa et al. (2020), que a divide em setores com hipsometrias variando de 50 a 250 metros e de 250 a 400 metros, e como em Brandão (2014) que a divide em setores com hipsometria variando de 40 a 350 metros e 250 a 550 metros.



Figura 3 - Área de contato entre as DP 01 e 02, no município de Independência e inserida no núcleo de desertificação. Fonte: Elaboração Própria.

Existem semelhanças nos fatores físicos das DS's 01 e 02, dentre estes, evidenciam-se domínio dos processos de dissecação sobre os de deposição, nos quais propiciam a exposição do embasamento cristalino, composto por rochas ígneas e metamórficas do Pré-Cambriano, e formação de vastos pediplanos dissecados e encaixados nos demais compartimentos. Observam-se topografias com suaves declividades, calcadas em processos de erosão por escoamento superficial difuso e concentrado em fluxo de enxurrada, rios intermitentes sazonais de padrões dendríticos, e solos rasos, poucos profundos (BRANDÃO, 2014). Seu clima semiárido, com altas temperaturas e reduzido período chuvoso, contribui durante o ano, na variação do aspecto florístico da vegetação caatinga.

No compartimento do MR, identificam-se duas principais representações, uma pelo MR de Pedra Branca, presente na porção central, e outra pelo MR das Matas, presente na porção norte, ambos isolados e circunscritos pela DS na área de estudo.

Os MR's, constituídos de rochas mais resistentes que as do seu entorno rebaixado, são resultados da exumação de intrusões plutônica em regiões extensionais associadas a estruturas tectônicas (COSTA et al., 2020). Verificam-se nestes, marcas de dissecação em suas íngremes vertentes formando anfiteatros, cotas altimétricas variando de 495 metros a 1138 metros, predomínio de solos rasos e em menor frequência solos profundos, bem drenados e com boa fertilidade, tais como os Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos, áreas com nascentes que formam importantes rios no estado do Ceará, tais como o Banabuiú e Poti (COGERH, 2019), clima semiárido, mostrando-se sobre o efeito da atitude, e vegetação adensada com variação em seu porte de médio a alto.

As Cristas com predomínio de formas alongadas e retilíneas, e os Inselbergs com predomínio de formas onduladas e não retilíneas, quando comparados aos MR's, assemelham-se por estarem rodeados

por DS's e por exibirem níveis altimétricos significativos, mas diferenciam-se por revelar uma maior atuação da dissecação em suas vertentes, proporcionado um acentuado recuo paralelo e consequentemente apresentando-se com menores dimensões.

As Planícies Fluviais, notadas com declividades de 0 a 3 graus, em constantes cortes nas DP's, são formas de acumulação e deposição, abrigando boas condições de solos e disponibilidade hídrica. São consideradas áreas de exceção (AB'SABER, 1999), mostrando-se maiores níveis de umidade, menores temperaturas ocasionadas pelo adensamento vegetal, e vegetação com predomínio de folhagens verdes, até mesmo no período seco.

O Planalto da Ibiapaba a leste, representado por uma pequena da bacia sedimentar do Parnaíba, mostra-se composto pela formação Serra Grande, do período Siluro-Devoniano, evidenciando-se feições cuestasiformes, cornijas bem delimitadas, front com escarpa festonada desenvolvida pela erosão regressiva, superfície de cimeira levemente dissecada ou plana, predomínio de Latossolos Vermelho-Amarelo revertidos por vegetação caatinga arbórea e resquícios de mata atlântica (SOUZA, 2000).

Os Tabuleiros Interiores a sudoeste, compostos por coberturas colúvio-eluviais, evidenciam-se com áreas planas ou levemente decaídas para o sul, rampas de acumulação interior, interflúvios tabulares, sopés entalhados, predomínio de Argissolos e Latossolo, e vegetação de tabuleiro ou caatinga (FUNCEME, 2009).

100 ANOS DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS E SUAS INTERAÇÕES COM A OROGRAFIA

Ao buscar compreender as condições climáticas, constata-se que na área de estudo, a atuação do clima semiárido não é homogênea, mas sim com diferentes particularidades, refletidas por vezes, a partir de uma interação com outros elementos naturais ou antrópicos.

Diferentes totais pluviométricos médios quando espacializados e comparados as porções leste e oeste na área de estudo, em 100 anos de dados, são identificados por uma divisão marcada pelos MR's presentes, oriundas de uma nítida atuação orográfica (Figura 4).

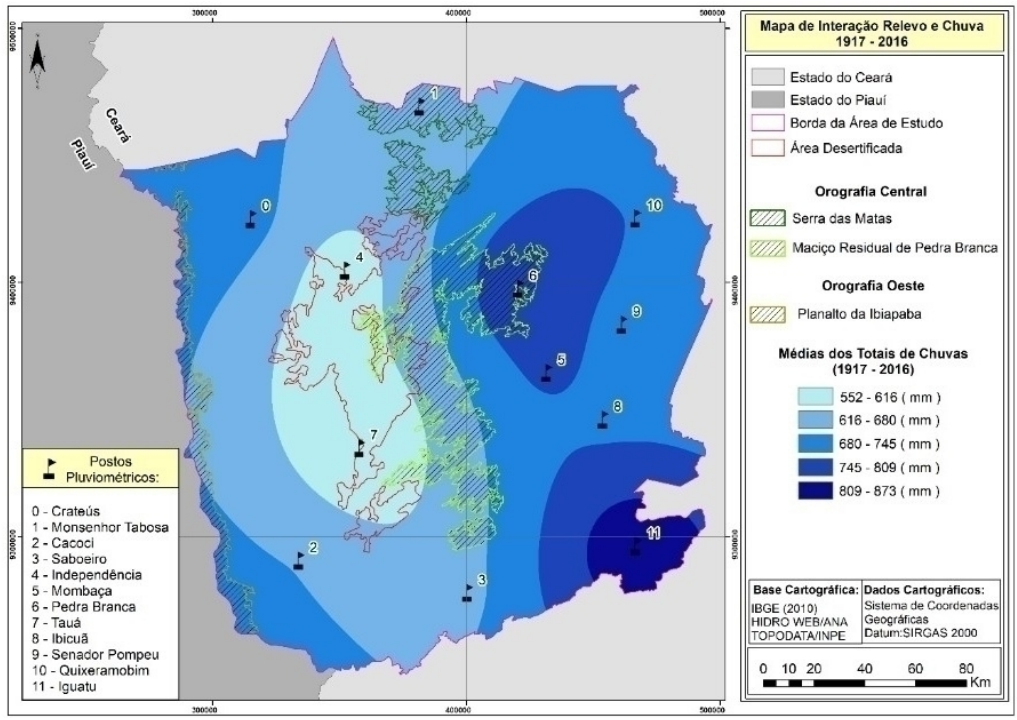


Figura 4 - Mapa de Interação Relevo e Chuva entre os anos de 1917 e 2016. Fonte: Elaboração própria.

Ciente de que o total pluviométrico é considerado um fator determinante no processo de desertificação (BRASIL, 2004) e as áreas desertificadas no núcleo Inhamuns, estão com baixos totais pluviométricos, visto influência de sua posição a sotavento dos MR's, acredita-se que só alcançar-se-ia abordar as reais causas atuantes da desertificação, introduzindo o fator relevo, em suas discussões e interações (Figura 4).

Em análise síntese dos dados pluviométricos com 100 anos, presentes na Figura 4, constatam-se:

- Totais médios pluviométricos, responsáveis pela direta relação com a desertificação, com resultados afetados negativamente ou positivamente, pelas orografias presentes na porção central;
- Significativas porções na área em processo de desertificação e a sotavento das orografias centrais, com os menores totais médios pluviométricos anuais;
- Porção a barlavento das orografias centrais e porção de extremo sudeste, representada pelo município de Iguatu, com a prevalência das melhores médias pluviométricas na área de estudo;
- Áreas a sotavento das orografias centrais e desertificadas, com aproximadamente 200 mm abaixo das médias dos totais pluviométricos presentes em muitas porções na área de estudo, incluindo a predominância de possibilidades a barlavento dos MR's.

A compreensão dos resultados pluviométricos, a partir de uma relação, clima e relevo, relaciona-se com a desertificação, dado que nas áreas a barlavento ou áreas com melhores aportes pluviométricos, mostram-se com predisposições a: maior adensamento de caatingas; maior proteção pedológica aos efeitos torrenciais; maior fixação hídrica no subsolo; maior prevalência da fauna silvestre; e maior acúmulo hídrico superficial. Já nas áreas a sotavento ou com inferiores aportes pluviométricos mostram-se com predisposições a: caatingas mais espaçadas; menor proteção dos solos aos efeitos torrenciais; afloramento rochoso; menor ou inexistência de fixação hídrica no subsolo; êxodo da fauna silvestre e um menor acúmulo hídrico (Figuras 5 e 6).



Figura 5 - Aspecto da vertente a barlavento, presente no município de Pedra Branca-CE, evidenciada na data 12 de agosto de 2018. Fonte: Acervo do Autor.



Figura 6 - Aspecto da vertente a sotavento, presente no município de Independência-CE, evidenciada na data 12 de agosto de 2018. Fonte: Acervo do Autor.

IDENTIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ARIDEZ

O cálculo do IA, composto por dados provindos de diferentes elementos climáticos, mostra-se como mais um componente que permite revelar a expressividade do relevo, representado pela orografia, no processo de desertificação na área de estudo.

O IA é configurado pela relação entre quantidade de água, que se introduz no sistema por ação da chuva e quantidade de água que sai do sistema por ação da evapotranspiração. Seu resultado expõe em níveis o grau de aridez ou ressecamento, daquela determinada área, podendo associar-se a uma classificação climática, com tais seguimentos: Hiperárido; Árido; Semiárido; Subúmido Seco; Subúmido úmido e Úmido (UNEP, 1992; MATALLO e SCHENZEL, 2003).

A identificação do IA e a sua correlação com a desertificação, remete-se para ideia de quanto maior for o ressecamento numa determinada área, maior será a sua facilidade a existência de perdas agropecuárias, inexistência de corpos hídricos, acanhado crescimento vegetal e dispersão da fauna silvestre.

De acordo com os 32 anos de dados médios do IA, revelados na área de estudo, todos os municípios enquadram-se como semiáridos. Além disso, os demais fatores climáticos que o compõe, estão se relacionando com a orografia central, visualizando-se nas porções a sotavento e desertificadas, prevalência de menores valores e em outras porções, como a barlavento e não desertificadas, prevalência de maiores valores. As variações entre valores do IA nessas áreas, podem expor diferenças superiores a 0,5 mm (Figura 7). A porção de extremo sudeste, não influenciada diretamente pelos efeitos orográficos, mostra-se com a menor aridez presente.

Os resultados percebidos a partir do cálculo do IA, relaciona-se com os resultados obtidos no tópico anterior, fortalecendo o papel interacional da orografia na desertificação (Figura 7).

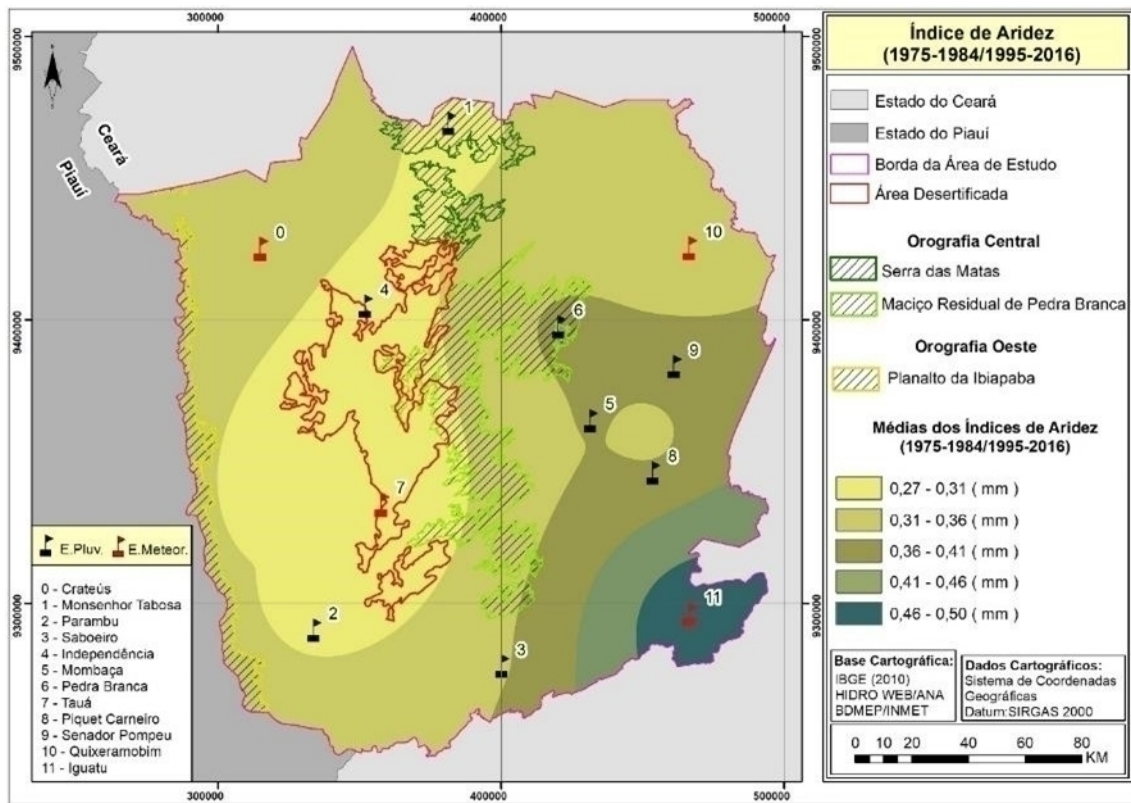


Figura 7 - Mapa com a espacialização das médias dos Índices de Aridez, entre os anos de 1974 a 1985 e de 1995 a 2016. Fonte: Elaboração própria.

ABORDAGEM ANTRÓPICA

A degradação na área de estudo é perceptível principalmente em quatro fatores, tais como: o desmatamento motivado por comercialização da madeira, ocupações residenciais, cultivos agrícolas, e pastagens; o vultoso pastoreio associados às baixas práticas de manejo no solo, resultando em áreas compactadas e com traços de erosão; as atividades agrícolas com práticas rudimentares e associadas ao uso indiscriminado do fogo; e o uso doméstico da vegetação, para produção de lenha e carvão.

Ao comparar mapas de usos, referentes aos anos 1991 e 2017, identificam-se importantes e calculáveis oscilações entre suas classes, denominadas de: Mata ciliar; Solo Exposto; Vegetação Herbáceo-Arbustiva; Vegetação Arbóreo-Arbustiva; Água, representada por lagoas, açudes, rios e barragens; e Área Antrópica, representada por cultivos, desmatamentos, aglomerados populacionais, pastos, e possíveis pastagens naturais ou áreas em pousio.

Nas Figuras 8 e 9, evidencia-se um nítido aumento entre os anos, de área antrópica sobre as vegetações, dentro ou fora da poligonal desertificada, pressupondo-se que os fatores da desertificação não se resumem apenas ao avanço de áreas antrópicas. Muitos dos crescimentos de áreas antrópicas deram-se em formas de linhas, justificando-se pelo predomínio de usos e ocupações, em áreas próximas a corpos hídricos e planícies fluviais, nas quais têm esse formato.

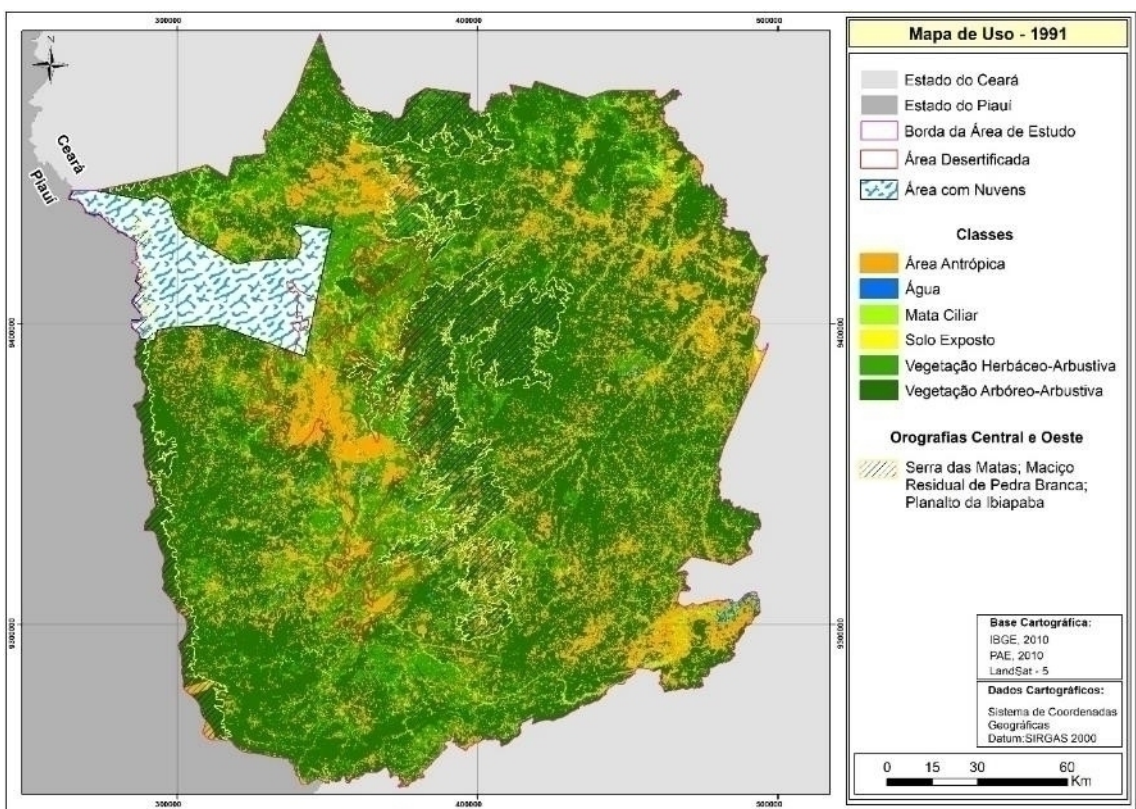


Figura 8 - Mapa de uso referente ao ano de 1991. Fonte: Elaboração própria.

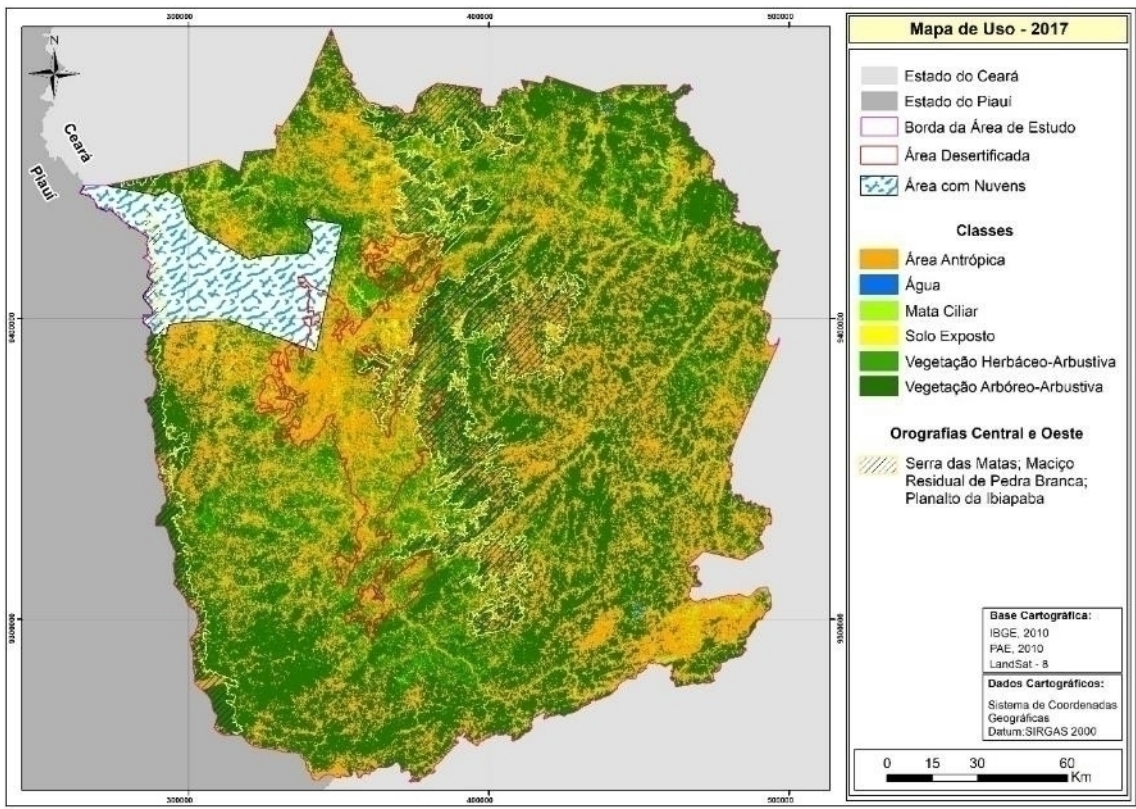


Figura 9 - Mapa de uso referente ao ano de 2017. Fonte: Elaboração própria.

Ao analisar as demais classes, observam-se entre os anos que, a vegetação herbáceo-arbustiva predomina em áreas dentro ou próximas as áreas desertificadas, diferentemente da vegetação arbóreo-arbustiva, que prevalece em vários fragmentos, como sobre as orografias. O solo exposto, alargou-se em parcelas dentro e fora da área desertificada. As matas ciliares e os corpos hídricos tiveram reduções em toda a área de estudo, justificando-se pela contínua procura humana por melhores condições naturais, existentes nessas paisagens, antropizando-as e degradando-as. Em síntese, as oscilações entre as classes presentes nos mapas de usos, evidenciam-se aumento da degradação ambiental na área de estudo, visto redução de mata ciliar, água, vegetação herbáceo-arbustiva, e vegetação arbóreo-arbustiva, assim como aumento de solo exposto e área antrópica (Tabela 2).

CLASSES	Área de Estudo				Variação (km ²)	Percentual de crescimento
	Área (km ²)					
	1991	%	2017	%		
Solo exposto	318	0,84	534	1,41	216	67,92
Área antropizada	8834	23,27	13613	35,85	4779	54,10
Mata ciliar	1166	3,07	905	2,38	-261	-22,38
Água	327	0,86	134	0,35	-193	-59,02
Vegetação Herbacea/Arbustiva	8376	22,06	5702	15,02	-2674	-31,92
Vegetação Arborea/Arbustiva	18947	49,90	17080	44,99	-1867	-9,85

Tabela 2 - Quantificação das classes presentes nos mapas de usos dos anos de 1991 e 2017. Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao focar nos compartimentos DS 01e 02 e MR, visto a sua maior interligação com a desertificação presente, quantificam-se suas classes de usos e seus níveis de degradação. Nos cenários com maiores degradações, as classes comportam-se da seguinte maneira: Água tendem a -5; Solos Expostos tendem a 5; Área Antropizada tendem a 5; Mata Ciliar tendem a -5; Vegetação Herbácea-Arbustiva tendem a -5; e Vegetação Arbórea-Arbustiva tendem a -5. Nos cenários com menores degradações, as classes se comportam de maneira inversa (FAO, 1996; VELAZQUEZ et al., 2003; AL-AWADHI et al., 2005). Nos MR, ao comparar os anos de 1991 e 2017 observa-se que, mesmo existindo avanço de áreas antrópicas e ascensão da degradação, há predomínio de muitas áreas com coberturas vegetais. O aumento nas áreas antropizadas de 823 km² e nos solos expostos de 24 km², ocorreu principalmente sobre as áreas de vegetação arbórea-arbustiva, reduzindo 614 km², e de vegetação herbáceo-arbustiva, reduzindo 222 km². O avanço da degradação, revela-se nos resultados de todas as classes, dados os valores de 3,5 para solo exposto, 4,0 para área antropizada, -0,9 para mata ciliar, -3,2 para água, -0,9 para vegetação herbáceo-arbustiva, e -0,8 para vegetação arbórea-arbustiva (Figura 10).

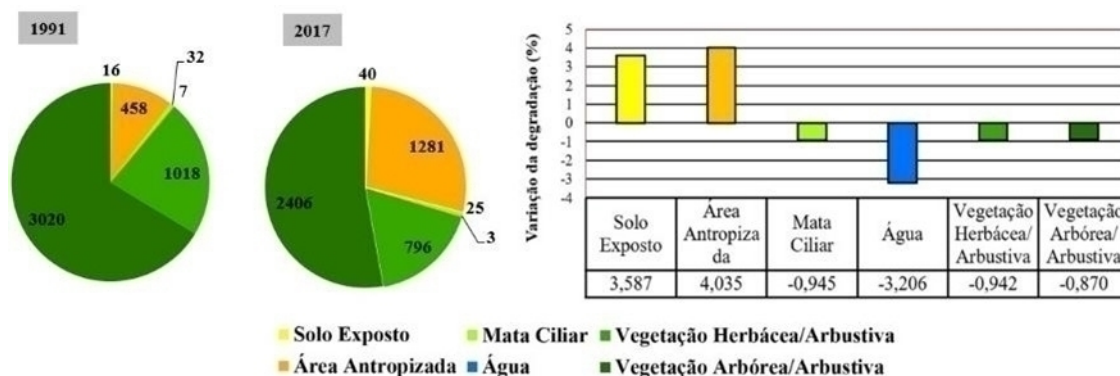


Figura 10 - Quantificação em km² e da degradação em classes presentes na MR, nos anos de 1991 e 2017. Fonte: Elaborado pelo autor.

Na DS-01, maior compartimento de relevo na área de estudo, nota-se ao comparar 1991 com 2017, o maior avanço entre os compartimentos analisados, de áreas antrópicas sobre a cobertura vegetal. Existindo crescimentos em áreas antrópicas de 3005 km², sobre as vegetações herbáceas-arbustivas e arbóreas-arbustivas, propiciando uma redução nestas de 1612 km² e 892 km², respectivamente. Além disso, observa-se como consequência dessas extensas áreas antrópicas, um aumento de solos expostos, totalizando 186 km². A vultosa variação entre as classes refletiu no aumento da degradação, resultando nos seguintes valores de 1,4 e 2,5 para área antropizada e solo exposto, respectivamente, -0,3 para vegetação arbórea-arbustiva, -1,7 para vegetação herbácea-arbustiva, -3,3 para água, e -1,1 para mata ciliar (Figura 11).



Figura 11 - Quantificação em km² e da degradação em classes presentes na DP-01, nos anos de 1991 e 2017. Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 12 - Quantificação em km² e da degradação em classes presentes na DP-02, nos anos de 1991 e 2017. Fonte: Elaborado pelo autor.

Comparando-se os anos de 1991 e 2017, identifica-se na DS-02, crescimento em áreas antrópicas de 1094 km², sobre as vegetações herbácea-arbustiva e arbórea-arbustiva, propiciando uma redução nestas de 796 km² e 256 km², respectivamente. Essa variação entre as classes refletiu na existência de um aumento na degradação, visto os seguintes resultados, -1,2 para vegetação herbácea-arbustiva, -0,2 para vegetação arbórea-arbustiva, -3,5 para água, -0,1 para mata ciliar, 0,4 para solos exposto, e 1,5 para área antrópica (Figura 12).

Constata-se nos dados explicitados, expansão dos usos e degradação nos distintos compartimentos investigados, com ênfase para as DS. Compreende-se também que nas áreas a sotavento dos maciços residuais, onde existe menor presença de água no sistema, quando há atividades antrópicas que sobressaem à capacidade de suporte, expõem maior complexidade de recuperação ou florescimento da vegetação, quando comparada a outras áreas com maiores aportes pluviométricos. Ocasionalmente nessas, ao longo do tempo, uma maior frequência de ciclos composto por: abandono da terra; procura por novas áreas não degradadas; e aumento da degradação (Figuras 13 e 14).



Figura 13 - Área degradada pelo intenso uso na porção desertificada do Inhamuns, em Independência, a sotavento do maciço residual de Pedra Branca. Fonte: Acervo do autor.



Figura 14 - Área degradada pelo intenso uso na porção desertificada do Inhamuns, em Independência, a sotavento do maciço residual de Pedra Branca. Fonte: Acervo do autor.

DISCUSSÃO

CRITÉRIOS DA DESERTIFICAÇÃO NO SERTÃO DOS INHAMUNS

A desertificação ocorre em diferentes escalas espaciais e temporais, sendo influenciada por vários fatores, tornando-a um processo de complexa avaliação (VIEIRA et al., 2020; LINS et al., 2023). O conceito de fatores na desertificação, pode ser entendido como critérios potenciais que conduziram uma área pouco degradada ou até mesmo conservada, a se enquadrar atualmente em processo de desertificação.

Nesse sentido, ao compreender que o conceito de desertificação, está atrelado aos fatores vigentes e que as paisagens no Planeta, onde se constatam essa problemática, apresentam-se com dessemelhantes dinâmicas, visualiza-se pertinência, ao afirmar que este, pode ir além de um modelo geral, abrangendo fatores específicos que prevalecem numa determinada superfície geográfica.

Na área de estudo, nota-se nas diversas literaturas, que os fatores atribuídos a presente desertificação, são representados primordialmente pela ação antrópica e pelo clima (VERDUM et al., 2002; NASCIMENTO, 2006; CEARÁ, 2010; CCGE, 2016). Nesse artigo foi-se além desses dois principais “fatores gênese”, inserindo um novo componente, representado pelo relevo, trazendo assim

considerações ainda pouco exploradas, até mesmo em escala nacional. Cabe destacar que, trabalhos sobre a desertificação considerando o fator relevo, já é percebido na literatura internacional. Como exemplo, na Espanha, tem-se o estudo intitulado: “Programa de Acción Nacional Contra La Desertificación”, publicado no ano de 2008. Neste, apesar de utilizar o conceito oficial da ONU, explica que a desertificação espanhola, pode ser atribuída como uma consequência da intrínseca relação entre os fatores naturais e humanos, no qual o relevo acidentado em várias porções do país proporciona efeitos orográficos, que afetam as condições bioclimáticas e até socioeconômicas (ESPAÑA, 2008).

No caso do núcleo dos Inhamuns o fator relevo, representado pela orografia, influencia na desertificação, por ter uma ativa interação com o clima, gerando nas respectivas porções de barlavento e sotavento, ao longo dos anos, áreas com características físico-naturais distintas e conseqüentemente com maior ou menor susceptibilidade a hegemonia dessa problemática.

Essa percepção é baseada nos resultados expostos, que permitiram constatar a seguinte sequência de afirmações: a pluviometria é um importante parâmetro para classificação de áreas susceptíveis a desertificação; o relevo apresenta-se com maciços residuais na porção central, com maiores altitudes, que proporcionam para as depressões sertanejas presentes em suas bordas leste e oeste, situações de barlavento e sotavento; o clima ao interagir com o relevo configura-se diferentes características a barlavento e a sotavento, visto identificações de menores totais pluviométricos e maior aridez na porção desertificada a sotavento; a ação antrópica está presente em grandes áreas dentro e fora do núcleo de desertificação; o crescimento de áreas antrópicas deram-se em formas de linhas em toda a área de estudo, dado o prioritário uso e ocupação, em setores próximos aos corpos hídricos e planícies fluviais, nos quais têm predominantemente esse formato; os compartimentos de relevos representados pelas depressões sertanejas 01 e 02 e maciços residuais, apresentaram-se com aumento na degradação ambiental; ao comparar os resultados do clima (pluviometria e índice de aridez) e da ação antrópica (quantificação de usos e níveis de degradação), o primordial fator em que há oscilações nos seus dados, entre áreas desertificadas e não desertificadas, visto a presença do relevo, é o climático.

Diante do exposto, reconhece-se que o relevo, em conjunto com o clima e a ação antrópica, influencia a desertificação presente no sertão dos Inhamuns, podendo ser construído um conceito ajustado a realidade in situ, envolvendo esses fatores. Posto isso, compreende-se que, a configuração do núcleo desertificado dos Inhamuns, é resultado da ação antrópica sobre efeito do clima semiárido, a sotavento de um relevo, ao longo dos anos (Figura 15).

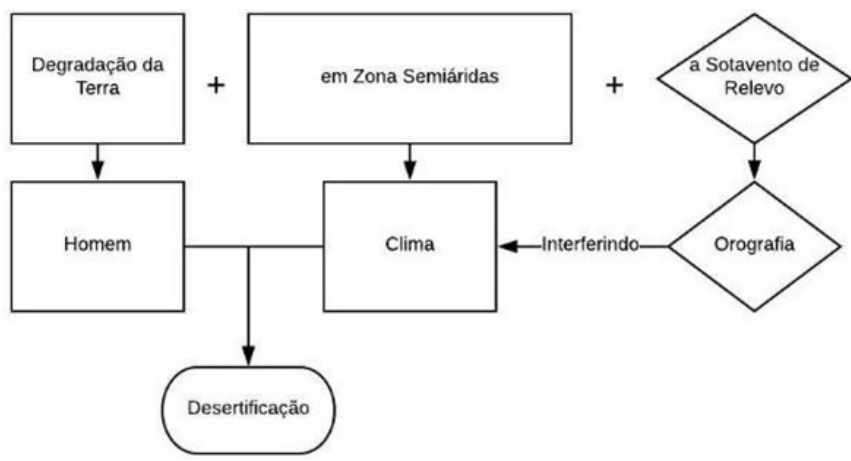


Figura 15 - Inclusão do fator relevo, como um dos critérios para a desertificação no sertão do Inhamuns, Ceará. Fonte: Elaboração própria.

CONCLUSÃO

A recuperação dessas áreas desertificadas atualmente, torna-se de suma importância, uma vez que os avanços das atuais práticas vigentes configurarão numa maior dificuldade na reversibilidade da problemática. Vieira et al. (2020), explica que um dos possíveis cenários globais da desertificação, sugeri um aumento em torno de 53% da área sob alta suscetibilidade ao processo em questão, no período de 2010 a 2040, correspondendo a 652.753 km² de área para 997.167 km².

A necessidade de preservação dos corpos hídricos, dos solos, da biodiversidade e de uma harmonia entre as práticas de uso e a natureza, reforça-se a pertinência de estudos nesse viés, que envolvem discussões sobre áreas desertificadas.

Com as percepções trazidas sobre os fatores da desertificação no sertão dos Inhamuns, abrem-se novas possibilidades de pesquisas, em outras áreas com características semelhantes, tais como evidenciados nos demais núcleos presentes no estado do Ceará.

As análises realizadas demonstraram que, os relevos presentes nas porções centrais da área de estudo, constituídos pelos maciços residuais, comportam-se como um dos fatores determinantes no processo de desertificação, na medida em que este, proporciona distintas características a barlavento e a sotavento na depressão sertaneja pediplanada. Tornando factível a sua inserção, no conceito de desertificação do núcleo Inhamuns. Salienta-se também que, ao inseri-lo complementa-se contribuições acadêmicas, que consideram apenas os fatores clima e ação antrópica.

Com essa pesquisa conseguiu-se: realizar mapas dos compartimentos de relevos; quantificar cem anos de chuvas em áreas semiáridas; identificar índices de aridez; produzir mapas de usos, entre os anos de 1991 e 2017; quantificar as classes de usos e as degradações ambientais; revelar o fator relevo como impulsionador da desertificação no sertão dos Inhamuns. Acredita-se com isso, que os objetivos foram alcançados ao longo das discussões.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes pelo apoio financeiro a esta pesquisa por meio da concessão de bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. *Estudos avançados*, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.
- AL-AWADI, J. M.; OMAR, S. A.; MISAK, R. F. Land degradation indicators in Kuwait. *Land Degradation and Development* [online]. 2005.
- Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ldr.666/epdf>. [Consulta em: 02 de março de 2017].
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. HidroWeb. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao> [Consulta: 02 de fevereiro de 2020]
- BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. Raega – O Espaço Geográfico em Análise. V.8, 2004. 12p.
- BRANDÃO, Ricardo de Lima. Geodiversidade do estado do Ceará. Fortaleza: Edições da CPRM, 2014. 214p.
- BRASIL. Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca: PAN-BRASIL. Edições Ministério do Meio Ambiente / Secretária de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 2004. 242p.
- CAVALCANTI, I. F. de A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; SILVA DIAS, M. A. F. (Ed.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463p.

CCGE. Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Brasília. Brasília 2016. 252p.

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

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - Base cartográfica (mapas) / Versão, 2019. Disponível em: <https://www.cogerh.com.br/base-cartografica.html> [Consulta: 22 de setembro de 2019].

CONCEIÇÃO, M. A. F., Roteiro de Cálculo da evapotranspiração de referência pelo Método de Penman – Monteith – FAO. Circular Técnica – Bento Gonçalves – RS. EMBRAPA, 2006.

COSTA, L. R. F. da; MAIA, R. P.; BARRETO, L. L.; SALES, V. C. Geomorfologia do nordeste setentrional brasileiro: Uma proposta de classificação. Revista Brasileira de Geomorfologia. v. 21, nº 1, 2020. 24p.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Mapa Geológico do Estado do Ceará. 2003. Disponível em : <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/2355> [Consulta: 21 de setembro de 2019].

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forest Resources Assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Number 130, Rome. 1996.

FUNCEME. Compartimentação Geoambiental do Estado do Ceará. Fortaleza: Edições da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2009. 37p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia – Normais Climatológicas. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/> [Consulta em: 24 de setembro de 2020].

IRSHAD, M.; INOUE, M.; ASHRAF, M.; DELOWER, H.K.; TSUNEKAWA, A. Land desertification - an emerging threat to environment and food security of Pakistan. Journal of Applied Sciences, 1199-1205p. 2007

LANDIM, P. M. B; STURARO, J. R. Krigagem Indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos. Geomatemática, Texto Didático 6, DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, 2002. 16p.

LINS, C.M.T.; SOUZA, E. R. de.; SOUZA, THAÍS E.M. da S.; PAULINO, M.K.S.S.; MONTEIRO, D.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S. de.; DOURADO, P.R.M.; REGO JUNIOR, F.E.D.A.; SILVA, Y.J.A. da.; SCHAFFER, B. Influence of vegetation cover and rainfall intensity on soil attributes in an area undergoing desertification in Brazil, CATENA, v. 221. 2023.

MATALLO JÚNIOR, H; SCHENKEL, C. S. Desertificação. Brasília: UNESCO, 2003. 82p.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil / São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 208p.

NASCIMENTO, F. R., Degradação Ambiental e Desertificação no Nordeste Brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú-Ceará. Tese em Geografia – Instituto de Geociência, UFF, Niterói, 2006.

RASTGOO, M.; HASANFARD, A. Desertification in Agricultural Lands: Approaches to Mitigation, Deserts and Desertification. Em: ZHU, Y.; LUO, Q.; LIU, Y. Deserts and Desertification. London. Ed. IntechOpen. 2022.

SALES, V.C.; MAIA, R.P. Morpho-structural aspects of the northern brazilian northeast/aspectos morfoestruturais do nordeste setentrional brasileiro. William Morris Davis - Revista de Geomorfologia, [S. l.], v. 1, n. 2, 36-44p, 2020.

SEVAP. Sistema de Estimativa da Evapotranspiração. Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Disponível em: <http://www.dca.ufcg.edu.br/download/sevap.htm> [Consulta em: 24 de outubro de 2020].

SOUZA, M. J. N. de. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. Em: LIMA, C.; SOUZA; M. J. N. de; MORAIS, J. O. Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará. Fortaleza: Ed. FUNECE, 6-98p, 2000.

UNCCD. United Nations Convention to Combat Desertification. Disponível em: [Consulta em: 04 de abril de 2019].

UNEP. United Nations Environment Programme. World Atlas of Desertification. Londres: UNEP/Edward Arnold, 1992.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, v.38, p.55-94, 1948.

TOMASELLA, J.; VIEIRA.; R.M.S.P.; BARBOSA, A.A.; RODRIGUEZ, D.A.; SANTANA, M. DE O.; SESTINI, M. F. Desertification trends in the Northeast of Brazil over the period 2000- 2016. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 73, 197-206p, 2018.

UN. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda> [Consulta: 02 de julho de 2022]

VELÁZQUEZ, A.; DURÁN, E.; RAMÍRES, I. MAS, J. F.; BOCCO, G.; RAMÍRES, G.; PALACIO, J. L. Land use-cover change processes in highly biodiverse areas: the case of Oaxaca, Mexico. Global Environmental Change, v. 13, n. 3, p. 175-184, 2003

VERDUM, R.; QUEVEDO, D; ZANINI, L.S.G; CÂNDIDO, L.A. Desertificação: questionando as bases conceituais, escalas de análise e consequências. GEOgraphia, Revista da Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia da Universidade Federal Fluminense. Niterói, UFF/EGG: 2002. 9p.

VIEIRA, R.M.S.P.; TOMASELLA, J.; ALVALÁ, R.C.S.; SESTINI, M.F.; AFFONSO, A.G.; RODRIGUEZ, D.A.; BARBOSA, A.A.; CUNHA, A.P.M.A.; VALLES, G.F., CREPANI, E.; OLIVEIRA, S.B.P.; SOUZA, M.S.B.; CALIL, P.M.; CARVALHO, M.A.; VALERIANO, D.M.; CAMPELLO, F.C.B.; SANTANA, M.O. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. Solid Earth. 347–360p. 2015.

VIEIRA, R.M.S.P.; TOMASELLA, J.; BARBOSA, A.A.; MARTINS, M. A.; RODRIGUEZ, D.A.; REZENDE, F.S.D.; CARRIELLO, F.; SANTANA, M.D.O. Desertification risk assessment in Northeast Brazil: Current trends and future scenarios. Land Degradation & Development. 2020.

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. Em: SILVA, J. B. da; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. CEARÁ: um novo olhar geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 169-188p, 2007.

ZONN, I.S.; KUST, G.S.; ANDREEVA, O.V. Desertification paradigm: 40 years of development and global efforts. Arid Ecosyst, v. 7, 131-141p. 2017.

Afiliação dos Autores

Carvalho Aderaldo, P.I - Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP), Brasil.
 Amorim, R.R - Professor da Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP), Brasil.
 Nery, J.T - Professor da Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP), Brasil.

Contribuição dos Autores

Carvalho Aderaldo, P.I - O autor propôs a pesquisa, coletou dados e analisou os dados.
 Amorim, R.R - O autor propôs a pesquisa, coletou dados e analisou os dados
 Nery, J.T - O autor propôs a pesquisa, coletou dados e analisou os dados

Editores Responsáveis

Jader de Oliveira Santos
Lidriana de Souza Pinheiro