

USO E COBERTURA DA TERRA NO TRÓPICO SEMIÁRIDO: DA APROPRIAÇÃO AMBIENTAL ÀS FEIÇÕES DA DESERTIFICAÇÃO

Land use and cover in the semiarid tropics: from environmental appropriation to features of desertification

Israel de Oliveira Júnior

Doutor em Geografia – Professor Colaborar do Programa de Pós-Graduação em Análise Ambiental e Gestão Sustentável do Território – Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Brasil

iojjunior@gmail.com

Anderson de Jesus Pereira

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e mestrando em Agronomia pela UNESP - Botucatu, Brasil

agroandersonn@gmail.com

Barbara-Christine Marie Nentwig Silva

Doutora em Geografia – Professora Aposentada da Universidade Federal da Bahia, Brasil

barbaracnsilva@hotmail.com

Recebido: 07.10.2021

Aceito: 23.03.2022

Resumo

Por meio deste estudo, objetivou discutir sobre o processo de mapeamento de uso e cobertura da terra, para analisar a evolução da pressão ambiental e fatores da desertificação no trópico semiárido, tendo como escala de análise o município de Canudos, localizado no estado da Bahia. O município tem uma extensão territorial de 3.565,4km², está inserido na Área Susceptível à Desertificação (ASD) e possui condições climáticas de severidade, em função da quantidade de chuvas anuais, concentração pluviométrica e ocorrência periódica do fenômeno da seca. Elaboraram os mapas de uso e cobertura da terra em cinco décadas, nos anos de 1977, 1987, 1997, 2007 e 2017, pela interpretação em tela de imagens de sensores Landsat, que denotaram a ampliação contínua das atividades agropecuárias. Houve uma redução ininterrupta da Caatinga arbórea-arbustiva, formação vegetal predominante, que no ano de 1977 encontrava-se em 2.531,4 km² e, no ano de 2017, em 2.071,5km². O Solo exposto dispõe-se em 541,9km², equivalente a 15,2% de Canudos-BA. A presença da referida classe está situada de forma representativa nas proximidades de reservatórios de água para o desenvolvimento das atividades agropecuárias, que causam efeitos diretos sobre a vegetação, como é o caso do pastoreio caprino e ovino. A pressão ambiental decorre, com isso, na supressão das formações vegetais da Caatinga e ocasiona uma série de problemáticas, como exposição dos solos às intempéries climáticas, erosão acelerada e proliferação de espécies pioneiras, situações associadas ao processo de desertificação.

Palavras-chave: Análise ambiental; Degradação; Geotecnologias; Indicador ambiental; Paisagem.

Abstract

This study aimed to discuss mapping land use and cover to analyze the evolution of environmental pressure and factors of desertification in the semiarid tropics, using the district of Canudos in the state of Bahia as the scale of analysis. The district has an area of 3,565.4 km², is inserted in the Area Susceptible to Desertification (ASD) and suffers severe climate conditions due to the annual amount of rainfall, rainfall concentration and periodic drought. Maps of land use and cover were prepared over five decades, during 1977, 1987, 1997, 2007 and 2017, by the on-screen interpretation of images from LANDSAT sensors, which showed the continuous expansion of farming activities. As a result, there was an uninterrupted reduction of the woody Caatinga, the predominant plant formation, which in 1977 had an area of 2,531.4 km² and by 2017, an area of 2,071.5 km². Bare soil covers 541.9 km², equal to 15.2% of the Area of Canudos. This class is typically located in the vicinity of water reservoirs used in developing agricultural activities that directly affect the vegetation, such as goat and sheep grazing. The resulting environmental pressure leads to the suppression of plant formations in the Caatinga and causes a series of problems, such as exposing the soil to inclement weather, accelerated erosion and the proliferation of pioneer species, situations associated with desertification.

Keywords: Environmental analysis; Degradation; Geotechnology; Environmental indicator; Landscape.

1. INTRODUÇÃO

No processo de ocupação das terras, os efeitos de uma relação interativa entre sociedade-natureza dão formas e conteúdos às paisagens. A dinamicidade dos sistemas denota o envolvimento processual de diferentes elementos na configuração paisagística, sejam eles físicos, biológicos e sociais (BERTRAND; BERTAND, 2009), em que, mediante a aplicação de indicadores, há a possibilidade de apreender os estados ambientais (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2020). Em decorrência da apropriação das terras no bioma Caatinga, sem preservar e respeitar a capacidade de resiliência ambiental, sucede a degradação, verificada na qualidade do solo, da vegetação, dos recursos hídricos, nas alterações microclimáticas (VIEIRA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2019; BEZERRA *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2022).

Tudo isso conduz à queda da produtividade agropecuária e retrocessos na renda populacional, com o alastramento dos fatores de pobreza, o que demonstram as contradições da racionalidade econômica do mundo capitalista ocidental (LEFF, 2005, 2007, 2009, 2015, 2016, 2019). A ideologia é pautada numa técnica e ciência (re)afirmadora da dicotomia sociedade *versus* natureza, no sentido de uma natureza externa ao ente social. Nas terras secas, haverá a materialidade de formas e processos relacionadas à desertificação, os quais podem ser apreendidos em mapeamentos e pela análise ambiental (TOMASELLA *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2018; JIANG *et al.*, 2019; HUANG *et al.*, 2020).

O processo de desertificação decorre da exploração social diante de uma natureza frágil do ponto de vista, por exemplo, da relação clima-solo-vegetação (HARE *et al.*, 1992; MAINGUET, 1994, 1995); desenvolve-se nos ambientes dominados por climas áridos, semiáridos e subúmidos secos, oriundo dos fatores interativos no âmbito relacional sociedade-natureza (UNITED NATIONS, 1994). Se a relação é permeada por ações exploratórias, demarcada por técnicas e práticas impróprias à fragilidade natural das terras secas, por conseguinte, gera degradação, que desestrutura os elementos físicos, biológicos e sociais (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2018; BRIASSOULIS, 2019; FENG *et al.*, 2019; TAVARES *et al.*, 2019; YUSUF *et al.*, 2020). O mapeamento de uso e cobertura da terra possibilita analisar os estados ambientais das paisagens, ao identificar as principais feições encontradas, provenientes do processo de apropriação ambiental. A exploração reflete diferentes estágios de utilização da terra, a qual concorre para pressionar o meio ambiente e ocasionar estados de desequilíbrio, quando não considera a fragilidade dos sistemas ambientais (CHRISTIAN *et al.*, 2018; OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2020).

O processo de elaboração do mapa de uso e cobertura da terra está atrelado às definições conceituais de terra, uso e cobertura. A Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 1976, p. 10) define terra como

an area of the earth's surface, the characteristics of which embrace all reasonably stable, or predictably cyclic, attributes of the biosphere vertically above and below this Area including those of the atmosphere, the soil and underlying geology, the hydrology, the plant and animal populations, and the results of past and present human activity, to the extent that these attributes exert a significant influence on present and future uses of the land by man¹.

Nesse contexto, percebe-se que as expressões solo e terra não são sinônimas, pois a última refere-se a um conjunto de elementos necessários ao desencadeamento de atividades humanas, sejam eles nas dimensões físicas, biológicas e sociais (FAO, 1976). A ideia ultrapassa a limitação da terra ao universo da pedosfera e da litosfera, ao considerar, no processo de formação, elementos climáticos, hídricos, da vegetação e das atividades humanas (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2021).

O estudo das condições da terra pode ser realizado por meio do uso e da cobertura, de importância para a análise ambiental. Pela apropriação humana da terra, a sociedade exerce as atividades e organiza os sistemas socioprodutivos, cujas marcas resultantes são

¹ Uma área da superfície terrestre, cujas características englobam todos os atributos razoavelmente estáveis, ou previsivelmente cíclicos, da biosfera, verticalmente acima e abaixo da superfície. Inclui, com isso, os atributos da atmosfera, do solo, do substrato geológico, da hidrografia, da vegetação e da fauna e, ainda, os resultados das atividades humanas, do presente e do passado, na medida em que esses elementos exercem influência sobre os usos da terra nos diferentes contextos históricos – tradução nossa.

definidas pelas práticas e técnicas empreendidas. As situações de uso originam-se na lógica dos modos de produção, para contemplar os objetivos referenciados nos modelos de sociedade vigentes. No âmbito da racionalidade econômica ocidental (LEFF, 2007, 2009, 2015, 2016), destacam-se as atividades econômicas, devido à incorporação ampliada das diferentes riquezas das terras no processo produtivo, que as transformam em recurso, sejam eles os recursos florestais, minerais, hídricos e outros.

A cobertura constitui as formas que revestem a terra consequentes da interação dinâmica e dialética dos elementos físicos, biológicos e sociais. Com isso, ela é proveniente do processo de ocupação, em que a sociedade configura o território no exercício das relações de poder e apropria-se das riquezas para reproduzir-se enquanto realidade socioespacial. Pela tipologia da cobertura, é possível identificar as condições de uso, as intensidades da exploração, níveis de preservação, deterioração e degradação ambiental. A análise das terras envolve, assim, a interpretação das circunstâncias do uso e da cobertura, na perspectiva de relacionar com as potencialidades e restrições ambientais, associadas, habitualmente, com determinadas problemáticas, a exemplo da desertificação (COSTA; VIEIRA, 2018; SANTOS; SANTOS, 2019; OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2020).

Por meio da pesquisa sobre o uso e cobertura da terra, é possível responder diversos questionamentos no contexto do semiárido brasileiro. Quais são as principais atividades desempenhadas? Quais são as técnicas e práticas aplicadas no processo de ocupação da terra? O uso da terra gera estados de deterioração ambiental? Onde se encontram, que tipologias e quais os estados da vegetação? As respostas são importantes para fundamentar os estudos referentes à desertificação, no tocante de identificar a pressão, os principais estados das terras secas e de apontar caminhos para o planejamento ambiental.

No trópico semiárido, o município de Canudos encontra-se entre as áreas mais secas do estado da Bahia (SEI, 1999) e de fragilidade (LOBÃO; VALE, 2013), de relevância para constituir uma escala espacial no panorama da análise ambiental no contexto da desertificação. Posto isso, por meio deste estudo, objetiva-se analisar a evolução da pressão ambiental, da degradação e dos fatores de desertificação em paisagens semiáridas, a partir da aplicação do indicador e de mapeamentos multitemporais de uso e cobertura da terra no município de Canudos-BA.

2. ESCALA DE ANÁLISE: O MUNICÍPIO DE CANUDOS-BA

O município de Canudos localiza-se no norte do estado da Bahia (Figura 1), na Área Susceptível à Desertificação (ASD) do Brasil, possui uma extensão territorial de 3.564,4km²

e encontra-se entre aqueles com maior severidade climática no trópico semiárido (SEI, 1999). A tipologia do clima é a árida (THORNTON; MATHER, 1955), caracterizado pela temperatura média anual de 24,6°C, evapotranspiração potencial de 1.328,9mm e a precipitação pluviométrica totaliza 378,9mm, concentrada nos meses de fevereiro a abril (SEI, 1999). Há períodos em que as estiagens pluviométricas ultrapassam a escala de um ano, o que demarca a ocorrência de secas, muito comum no município.

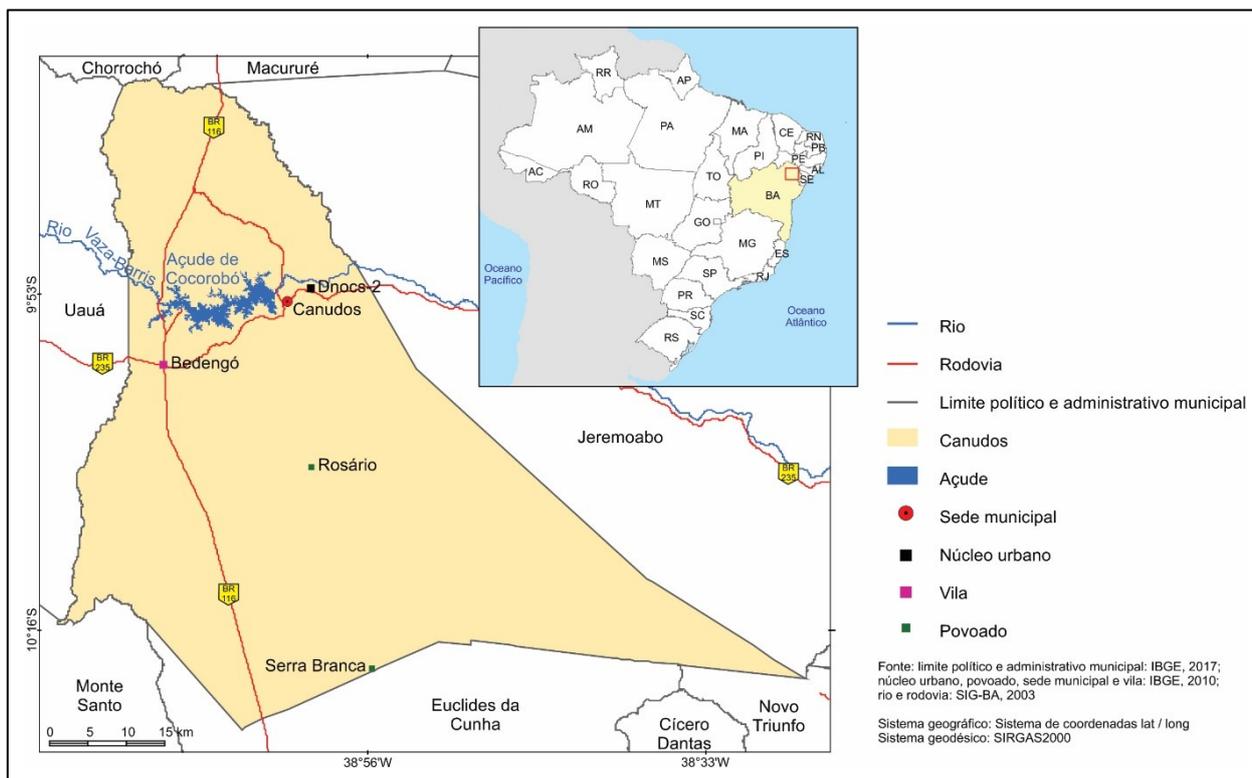


Figura 1 – Município de Canudos – estado da Bahia.

Fonte: Autores, 2022.

Em relação aos relevos, os modelados predominantes são: i) a Depressão periférica, extensamente aplainada, com altitudes inferiores a 500m; ii) os Tabuleiros dissecados do rio Vaza-Barris, constituídos por rochas areníticas, susceptíveis ao intemperismo mecânico; iii) as Formas de dissecação e aplanamentos embutidos, demarcados pela ocorrência de processos morfogenéticos, que esculpem contornos erosivos destacáveis nos arenitos; iv) o Vale do rio Vaza-Barris, de topografia ondulada, com fundo chato, onde encontram as menores altitudes, abaixo dos 350m; v) os Relevos residuais, dispersos pela depressão, constituídos pelas maiores declividades e amplitudes altimétricas (OLIVEIRA JUNIOR, 2019).

Predominam solos de características rasas, superfícies arenosas e/ou pedregosas, como os Neossolos litólicos e Neossolos quartzarênicos. Também dispersam os Argissolos,

Cambissolos, Planossolos e Vertissolos (IBGE, 2006), utilizados, expressivamente nas práticas agropecuárias. Medram sobre eles formações vegetais da Caatinga, formadas, sobretudo, por espécies caducifólias, espinhentas, de portes arbóreo e arbustivo, aspectos rústicos e adaptadas às estiagens pluviométricas prolongadas.

3. MATERIAIS E MÉTODO

Na pesquisa, inicialmente elaborou-se um banco de dados em sistema de informação geográfica (SIG), por intermédio do *software* ArcGis 10.3. Os planos de informações foram concernentes à litologia (SIG-2003), relevo (OLIVEIRA JUNIOR, 2019), solo (IBGE, 2006), uso e cobertura da terra (SIG-2003), e possuíram o propósito de auxiliar na caracterização da paisagem e subsidiar a identificação das classes de mapeamento de uso e cobertura da terra.

Para tanto, existe uma riqueza de métodos de mapeamento de uso e cobertura da terra, com diversas aplicações e resultados ambientais, por intermédio da utilização do geoprocessamento, o que denota o potencial das imagens ópticas nos estudos ambientais (RUDORFF *et al.*, 2007; FLORENZANO, 2008; JENSEN, 2009; PONZONI, 2012; MENESES *et al.*, 2019). As quatro décadas de existência do programa Landsat ilustram a importância dos dados de sensoriamento remoto na aplicação do indicador de uso e cobertura da terra, verificáveis em Aspiazú e Ribeiro (1978), Gastelois (1978), Novo (1978), Wolfenberg Jr (1978), Andrade e Oliveira (2004), Aquino *et al.* (2012), Aumond *et al.* (1991), Luchiari (2006, 2008), Güllerr *et al.* (2007), Reis (2008), Cui *et al.* (2011), Jiaa *et al.* (2014), Fernandes *et al.* (2015), Sousa *et al.* (2015), Duulatov *et al.* (2016), Hu *et al.* (2016), Ajaj *et al.* (2017), Azzouzi *et al.* (2017), Ribeiro e Albuquerque (2017), Santos e Santos (2019), Silva e Rosa (2019) e Oliveira Junior *et al.* (2020).

O indicador uso e cobertura da terra foi aplicado por meio de mapeamentos multitemporais e emprego de técnicas de geoprocessamento, definidos para os anos de 1977, 1987, 1997, 2007, 2017, cujo período alicerça apontar estados de degradação ambiental (Figura 2). Através do geoprocessamento, identificaram os padrões, as formas dos objetos geográficos em imagens de satélites e criou uma chave de interpretação concernentes às classes averiguadas em campo, às literaturas especializadas (FLORENZANO, 2008; JENSEN, 2009; PONZONI, 2012; IBGE, 2012, 2013) e às imagens de satélite de sensores Landsat.

Os procedimentos para a realização do mapeamento de uso e cobertura da terra corresponderam ao i) pré-processamento; ii) processamento digital de imagens, subsidiado

pelos levantamentos de dados e informações em campo. As imagens foram adquiridas no portal da National Aeronautics and Space Administration (NASA), através do United States of Geological Survey (USGS). As imagens recobriram a área de estudo, sem interferência de nuvens e com resolução espacial, adequada à escala geográfica e cartográfica proposta neste estudo.

Na fase de pré-processamento, corrigiram os erros geométricos das bandas das imagens baseado em cenas ortorretificadas; alteraram o sistema geográfico e o sistema geodésico para o padrão estabelecido atualmente nos mapeamentos em território nacional (Figura 2). A técnica de mapeamento correspondeu à vetorização em tela, porque possibilitou um maior controle espacial das classes e ampliou o conhecimento sobre a área, em função de manipular intensivamente a imagem na tarefa de mapear. Assim, foram analisados os processos decorrentes do uso da terra, o que denota a inseparabilidade entre o sensoriamento remoto e os dados de campo.

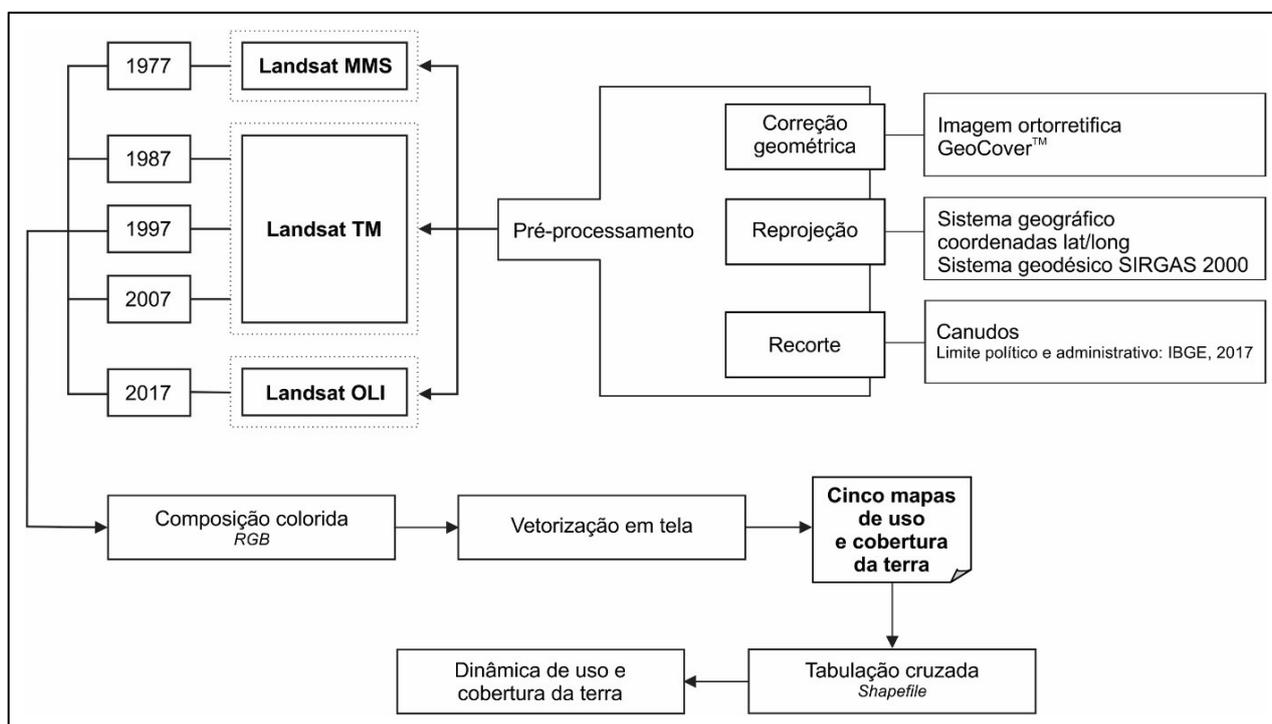


Figura 2 – Procedimentos metodológicos: processamento das imagens Landsat e a construção dos mapas
Fonte: Autores, 2022.

Diante da etapa de processamento, ocorreram testes de composição colorida das bandas das imagens Landsat, definidos para distinguir os alvos imageados, como as formações vegetais da Caatinga e os relacionados ao uso da terra. Manipularam os mapas produzidos em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG) para a geração de novas informações, como as associadas à dinâmica de mudança do uso e cobertura da

terra (Figura 2). Os arquivos *shapefiles* possuíram a mesma estrutura de dados na tabela de atributos, possibilitaram comparações e evitaram divergências. Por meio da criação de campos comparativos, localizaram as áreas onde a vegetação encontrou-se permanente, os locais em que houve alterações de classes e a constância de solo exposto ao longo do período de análise.

Sucedeu com a vetorização em tela das áreas em que existe acúmulo de água, a exemplo de represas, açudes, tanques e cacimbas, ora denominada como aguadas, por ser um termo regional. Para tanto, realizou a vetorização em tela mediante o uso da imagem de alta resolução espacial do sensor francês Pleiades-1A, que contém 50cm, disponibilizada pelo programa Google Earth Pró e *download* efetuado pelo *software* SAS.Planet em formato tiff. Adquiriram-se faixas imageadas georreferenciadas sem interferência de nuvens, concernentes a 2 de junho de 2017.

Para verificação dos produtos elaborados mediante às técnicas de geoprocessamento e para ampliação das informações, realizou a interpretação das imagens Landsat em tela para seleção de pontos de campo. Nos levantamentos, preencheram fichas com dados relativos ao relevo, uso e cobertura da terra, conservação e deterioração ambiental e obtiveram as coordenadas geográficas para integração das informações ao SIG da pesquisa.

4. NÍVEIS HIERÁRQUICOS E CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA: PROPOSIÇÃO PARA ÁREAS DO TRÓPICO SEMIÁRIDO

Para o mapeamento de uso e cobertura da terra, deve-se atender a um esquema hierarquizado de tipologias associadas à unidade espacial. A hierarquização corresponde à i) dimensão espacial, porque inicia do mais amplo e finaliza na escala de detalhe, da menor unidade espacial identificável; ii) dimensão das tipologias, pois respeita uma coerência de classificação, em que uma unidade tipológica pode ser subdividida em tantas outras. Há uma relação intrínseca entre tipologias e escala espacial, pois as classificações são estabelecidas de acordo com a realidade geográfica, dimensão da área e escala cartográfica.

As definições conceituais das classes de uso e cobertura da terra atenderam à hierarquização tipológica e espacial (Figura 3), fundamentadas em IBGE (2012, 2013) e em levantamentos de dados em campo. Tudo isso correspondeu com as características ambientais apreendidas nas imagens de satélite. Ou seja, no processo de classificação, tentou-se exprimir a realidade espacial de forma concisa, diante da análise dos elementos

dominantes na paisagem, em função da escala geográfica (espaço e tempo), da resolução espacial das imagens, da escala cartográfica e do objetivo de estudo.

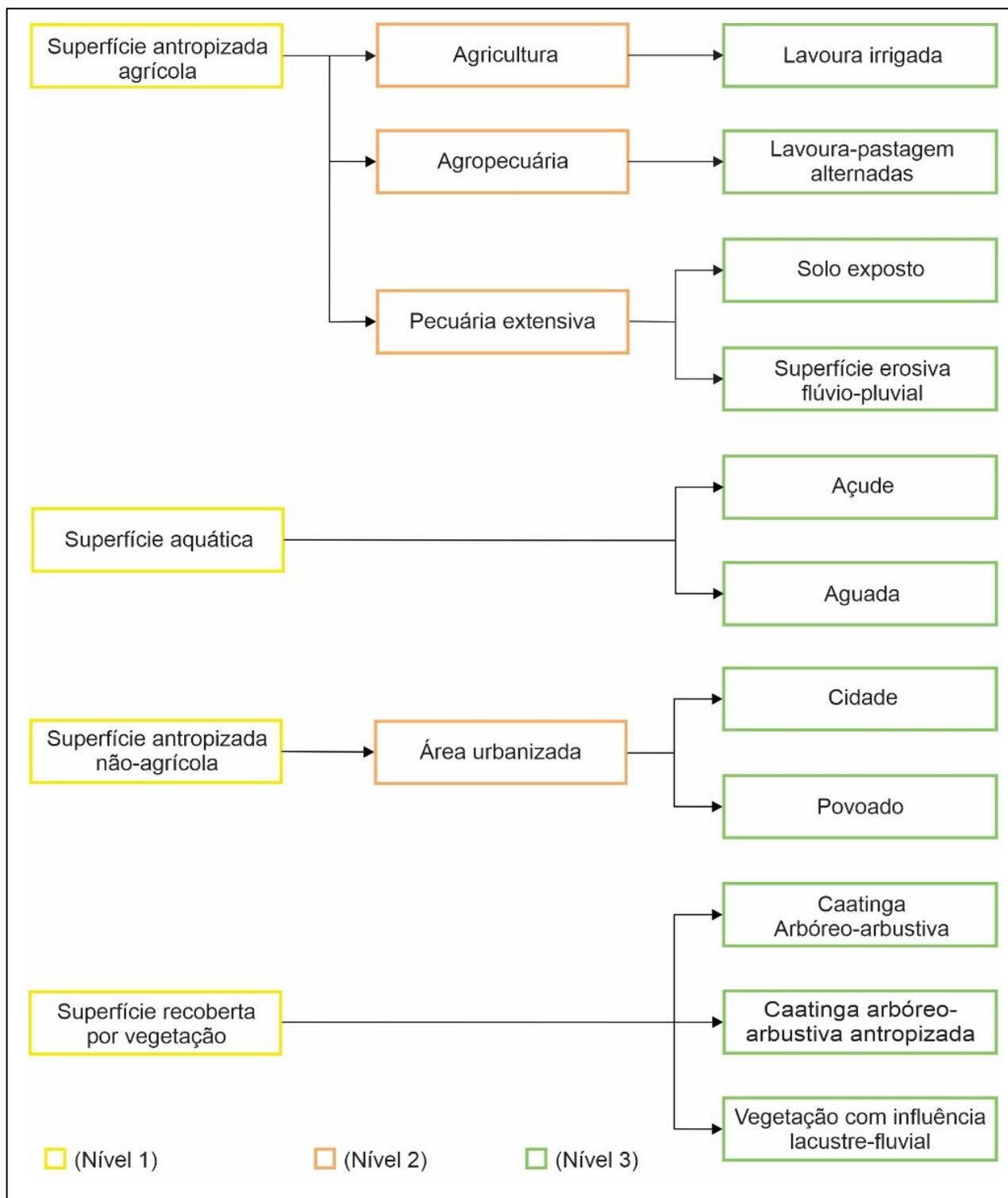


Figura 3 – Níveis hierárquicos das classes: tipologia do mapa de uso e cobertura da terra

Fonte: IBGE, 2012, 2013 – adaptado

Elaboração: Autores, 2022.

A estrutura do esquema teórico das classes de uso e cobertura da terra (Figura 3) reproduziu três níveis hierárquicos em todos os mapas, indicados como i) nível 1: considerado a unidade superior, evidencia a complexidade e dinâmica da terra, ao reunir informações conjuntas sobre o uso e cobertura da terra, reflexo da teia de relação entre os elementos físicos, biológicos e sociais; ii) nível 2: correspondente ao uso da terra, para indicar as principais atividades socioeconômicas que exploram as riquezas ambientais e delineiam as feições que revestem a superfície terrestre; iii) nível 3: especifica a cobertura da terra, oriunda da materialidade da relação sociedade-natureza, que dá formas à paisagem. O significado das classes de uso e cobertura da terra (Quadro 1 e 2) atendeu às peculiaridades ambientais do município de Canudos e ao domínio da Caatinga.

Quadro 1 – Classes do mapa de uso e cobertura da terra: definição conceitual – nível 1 e 2.

Classe		Definição
Nível 1	Superfície antropizada agrícola	Terras cultivadas e ocupadas pela agropecuária, por meio de um conjunto de atividades e técnicas de manejo, de maior ou menor agregação de tecnologias. A produção de alimentos pode ocorrer com o emprego de técnicas tradicionais comuns à agricultura de subsistência, ou modernas, com o emprego de maquinários de altas tecnologias. Na pecuária, aplica-se manejos tradicionais
	Superfície antropizada não-agrícola	Classe dissociada das atividades agrícolas, na qual se identificou áreas urbanizadas. Decorre de atividades humanas intensas, com alterações marcantes nas feições naturais
	Superfície aquática	Águas continentais, como cursos de água, canais fluviais (perenes, intermitentes e efêmeros) e lagos artificiais utilizados para diferentes fins, como abastecimento humano, irrigação, dessedentação de animais, geração de energia e controle da vazão
	Superfície recoberta por vegetação	Conjunto de plantas com estrutura vertical variada (arbórea, arbustiva, herbácea e gramínea) e densidade em estágios diferenciados de desenvolvimento. Inclui-se a vegetação primária e secundária
Nível 2	Agricultura irrigada	Produção agrícola com o emprego de irrigação, no intuito de produzir alimentos da dieta humana e/ou animal, matérias primas para as agroindústrias e silvicultura. Constituem cultivos de ciclos temporários (curta ou média duração, geralmente inferior a um ano) e permanentes, a partir de ciclos longos, com colheitas sucessivas, sem a necessidade de plantio a cada ano
	Agropecuária	Consórcio entre agricultura e pecuária. A agricultura temporária é realizada na estação chuvosa, comumente como agricultura de sequeiro. A pecuária extensiva é introduzida após colheita e perdura até o retorno das chuvas. A dinâmica temporária da produção agropecuária é comum no trópico semiárido, onde as lavouras dependem das precipitações pluviométricas
	Área urbanizada	Área de uso intenso, com a visibilidade de objetos urbanos e adensamento populacional. Incluiu-se cidade e vilas

Fonte: IBGE, 2012, 2013 – adaptado.

Elaboração: Autores, 2022.

Quadro 2 – Classes do mapa de uso e cobertura da terra: definição conceitual – nível 3.

Classe	Definição
Açude	Extensão de água cercada por terra, oriunda do represamento de rios. Há variação sazonal do volume de água devido às estiagens pluviométricas e intermitência dos rios. Os lagos são utilizados para o abastecimento humano, irrigação, lazer, dessedentação animal
Caatinga arbórea-arbustiva	Estrutura-se, fundamentalmente, em dois estratos lenhosos, de densidade contínua e semicontínua: um superior, com porte, em média, de 5m; e um estrato inferior, arbustivo, com espécies de até 3m de altura. Caracteriza-se por uma composição de espécies decíduas, espinhentas, com microfolia e heterogeneidade florística. Integra ambientes semiáridos brasileiros, demarcados por um longo período de déficit hídrico seguido por um curto período de chuvas, comumente, torrenciais. As chuvas são inconstantes e podem faltar por longo tempo, decorrendo no fenômeno das secas
Caatinga arbórea-arbustiva antropizada	Encontram-se dois estratos lenhosos: arbóreo e arbustivo, com características semelhantes da Caatinga arbórea-arbustiva. A apropriação, sobretudo, para a pecuária reduziu a densidade da vegetação e ampliou as superfícies de Solo exposto. Há locais em que a vegetação é secundária, possui acentuada homogeneidade das espécies e/ou propagação de espécies ruderais e/ou pioneiras
Cidade	Espaço onde, geralmente, localiza-se a sede e prefeitura municipais, com adensamento populacional, predomínio de objetos urbanos (vias de transporte, comunicação etc.), atividades comerciais e de serviços
Lavoura irrigada	Terra cultivada para a produção de alimentos, voltada, especialmente, para a comercialização. São cultivos temporários e perenes, reproduzidos com irrigação
Povoado	Aglomerção urbana em pequena escala, com adensamento populacional inferior à Cidade. Embora incluída na categoria urbana, a população possui vínculos com atividades rurais
Solo exposto	Superfície desnuda, onde o uso sistemático diminuiu o ritmo da recomposição florística e aponta estágios avançados de deterioração ambiental
Lavoura-pastagem alternadas	Lavoura e pastagem alternam-se. Há o estabelecimento dos cultivos no período chuvoso, interrompendo-se a partir das estiagens pluviométricas, com a formação imediata das pastagens
Superfície erosiva flúvio-pluvial	Margens de rios efêmeros e intermitentes, onde a vegetação foi suprimida; o gado, geralmente, utiliza como caminho e pode ocorrer a agropecuária, devido à umidade. Sucodem processos erosivos intensos no período das chuvas torrenciais e cheias de rios, que acarretam degradação ambiental
Vegetação com influência lacustre-fluvial	Medra sobre planícies aluviais sujeitas às cheias dos rios ou nas depressões alagáveis. A quantidade e permanência da água empoçada influenciam nas espécies, que podem apresentar-se mais vigorosas, com estratos arbóreos ou menos desenvolvidos (estrato arbustivo).

Fonte: IBGE, 2012, 2013 – adaptado.

Elaboração: Autores, 2022.

Os modelos teóricos de classificação das formações vegetais da Caatinga são denominados de Savanas estépicas na obra do IBGE (2012), o que conduziram a adaptar as terminologias às características vegetacionais, para se aproximarem da realidade ambiental do trópico semiárido, do bioma Caatinga, importantes para o planejamento e ordenamento territorial, e para respeitarem a capacidade de suporte ambiental diante da fragilidade natural dos sistemas.

Como resultado da análise da literatura científica, das especificidades ambientais de Canudos-BA, das características das imagens utilizadas, das escalas geográficas e cartográficas, empreendeu-se no levantamento de informações próprias para distinguir as

classes de cobertura vegetal nos mapeamentos. Por isso, considerou-se a relação de fatores climáticos e edáficos na vegetação, que respondem nos extratos, espécies, densidades, caducidade das formações vegetais, capturados por meio do comportamento dos alvos nas imagens de satélite, fundamentados em dados de campo.

Nas imagens Landsat selecionadas para o mapeamento (Quadro 3), identificaram os erros geométricos, corrigidos através da correlação de feições homólogas observáveis nelas e nas imagens Landsat ETM+ ortorretificadas do programa GeoCover™ (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2000). O erro médio quadrático (RMS) calculado para os pontos de controle foi inferior a meio *pixel* em cada imagem retificada, abaixo do máximo aceitável, que é de um *pixel*.

Quadro 3 – Imagens Landsat aplicadas ao mapeamento de uso e cobertura da terra: principais propriedades e características.

Imagem	Data	Composição (R, G, B)	Características
Landsat-2 MMS	29/03/1977	7, 5, 4	Inexistência de nuvens; resolução espacial de 79m; composição colorida diferenciou os alvos e destacou as feições vegetais
Landsat-5 TM	24/06/1987	4, 3, 2	Desprovidas de nuvens; as bandas selecionadas possuem resolução espacial de 30m; a composição colorida adequada para definir as classes mapeadas
	25/10/1997		
	05/04/2007		
Landsat-8 OLI	21/07/2017	5, 4, 3	Inexistem nuvens; bandas utilizadas possuem resolução de 30m; a distinção dos alvos denotou a eficácia da composição colorida

Fonte: Autores, 2022.

As imagens para a construção de chaves de interpretação das classes no nível 3 foram analisadas, baseada em Florenzano (2008) e Jensen (2009), pelas quais determinaram as principais características dos alvos (Figura 4). Após testes, por exemplo, com as imagens Landsat TM, a composição colorida adequada para a construção dos três mapas, dos anos de 1987, 1997 e 2007, agregou as bandas 4, 3 e 2, integradas, respectivamente, aos canais vermelho (R), verde (G) e azul (B), pois conseguiu identificar os alvos no terreno (Figura 4). As demais composições referentes aos mapas de 1977 e 2017 podem ser observadas no quadro 3.

A seleção dos alvos foi assentada no conjunto de informações de campo e de dados secundários, na busca de entender o padrão das imagens e as características ambientais, expressas na chave de interpretação (Figura 4). Para tanto, integraram os dados levantados em campo ao SIG da pesquisa, a partir do preenchimento de fichas e obtenção das coordenadas geográficas, com informações sobre os elementos constituintes da paisagem,

para dirimir dúvidas relativas ao uso e à cobertura da terra no procedimento de mapear e ampliar as informações ambientais.

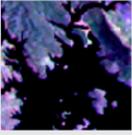
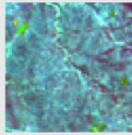
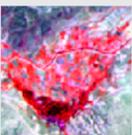
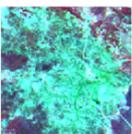
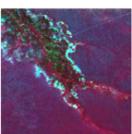
AMOSTRA/IMAGEM	CLASSE	CHAVE DE INTERPRETAÇÃO	LEGENDA
	Açude	Cor preta; forma irregular; textura lisa; áreas depressivas	
	Caatinga arbórea-arbustiva	Tons avermelhados ou esverdeados; forma irregular; textura lisa à semi rugosa;	
	Caatinga arbórea-arbustiva antropizada	Tons esverdeados (claros); forma irregular; textura ligeiramente lisa	
	Cidade	Tons magentas aos esbranquiçados; forma irregular; textura ligeiramente rugosa; próxima às rodovias	
	Lavoura irrigada	Tons vermelhos; forma regular (padrão em talhos - geométrico); textura ligeiramente lisa	
	Lavoura-pastagem alternadas	Tons esverdeados (claros) aos esbranquiçados; forma regular (geométrico); textura próxima à lisa	
	Povoado	Tons magentas aos esbranquiçados; forma irregular; textura lisa à semirrugosa; extensão inferior à cidade	
	Solo exposto	Cor esbranquiçada, forma irregular; textura lisa	
	Superfície erosiva flúvio-pluvial	Tons esbranquiçados; forma irregular; textura rugosa; margens de rios	
	Vegetação com influência lacustre-fluvial	Tons avermelhados aos esverdeados (escuro); forma irregular; textura ligeiramente lisa à rugosa; áreas de planície fluvial	

Figura 4 – Chave de interpretação: imagens Landsat TM empregadas para a construção dos mapas de uso e cobertura da terra (nível 3) – composição coloria R (4), G (3), B (2).

Fonte: Autores, 2022.

5. ANÁLISE MULTITEMPORAL DOS MAPAS DE USO E COBERTURA DA TERRA

A partir da vetorização das classes dos mapas (Quadros 1 e 2), baseada nas chaves de interpretação (Figura 4), estudos em campo e dados cartográficos secundários (BRASIL, 1982; SIG-BAHIA, 2003), elaboraram os cinco mapas de uso e cobertura da terra em escala cartográfica de 1/60.000 (Figura 5).

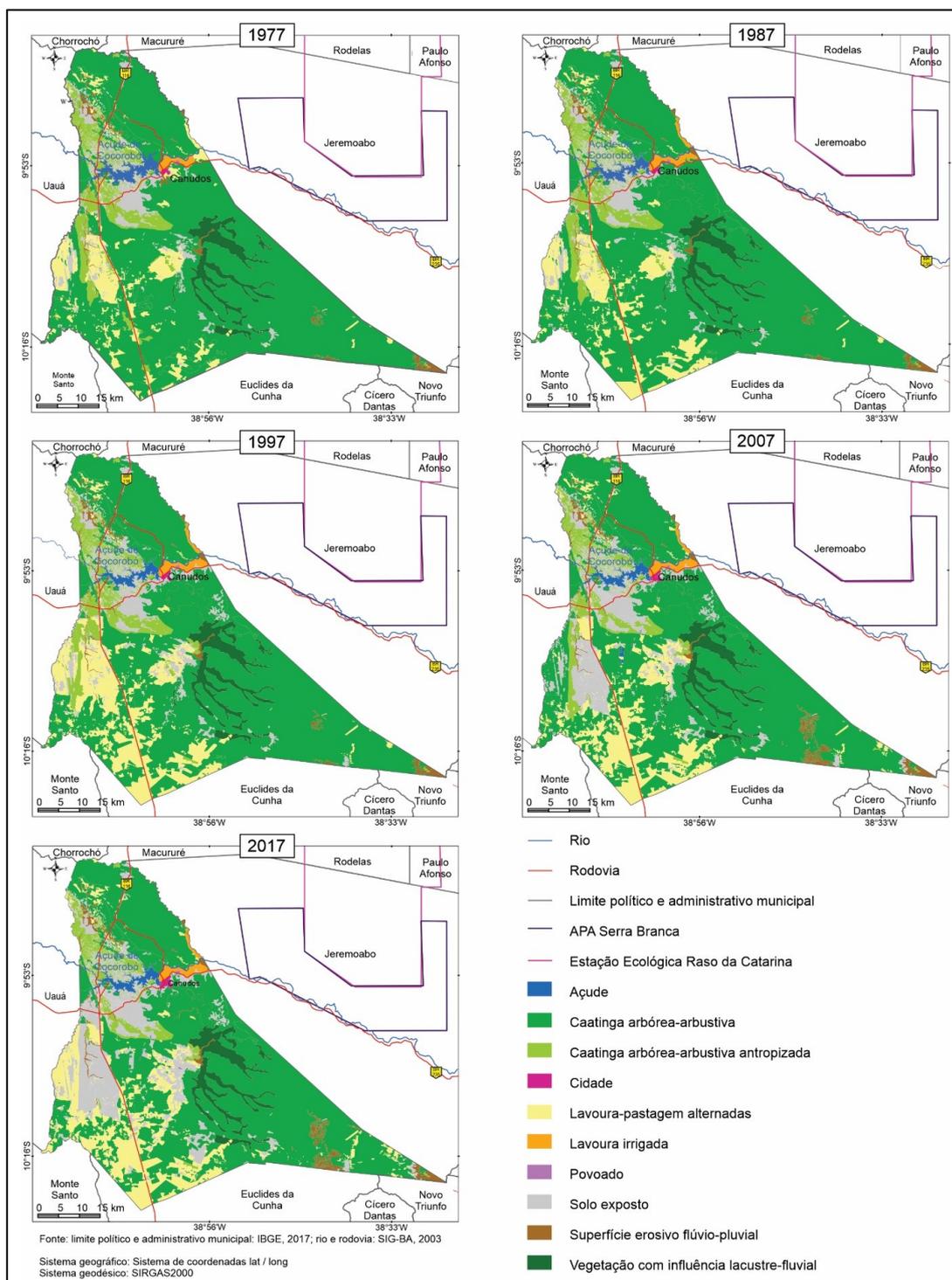


Figura 5 - Uso e cobertura da terra: Canudos-BA (1977 a 2017).

Fonte: Autores, 2022.

No mapa de 1977, a classe Caatinga arbórea-arbustiva sobressaiu, pois compreendeu 2.531,4km², equivalente a 71% das terras (Tabela 1), onde se distribuíram, com ênfase, pelos tabuleiros. No oeste, a vegetação natural encontrou-se fragmentada, em razão do uso, que resultou em Lavoura-pastagem alternadas e em Solo exposto (Figura 5). Em Canudos-BA, já havia 231,8km² de Solo exposto no ano de 1977, que configuram estágios do processo de desertificação.

Tabela 1 – Extensão das classes: mapas de uso e cobertura da terra (1977 a 2017) – em porcentagem.

Classe	1977	1987	1997	2007	2017
Açude	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0
Caatinga arbórea-arbustiva	71,0	69,5	63,6	61,3	58,1
Caatinga arbórea-arbustiva antropizada	7,3	6,9	7,3	5,9	4,5
Cidade	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Lavoura-pastagem alternadas	8,0	9,4	13,6	11,8	13,7
Lavoura irrigada	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8
Povoado	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Solo exposto	6,5	6,6	7,9	12,1	15,2
Superfície erosiva flúvio-pluvial	1,3	1,4	1,4	2,5	2,1
Vegetação com influência lacustre-fluvial	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2

Fonte: Autores, 2022.

A Caatinga arbórea e arbustiva destacou-se na paisagem em 1987, pois difundiu-se em mais de 2.478km². Ela ocupou, praticamente de modo contínuo, os tabuleiros dissecados, as formas de dissecação e aplanamentos embutidos e outros modelados (Figura 5). No oeste, identificou a fragmentação da vegetação; o Solo exposto correspondeu a 6,6% e a Lavoura-pastagem alternadas a 9,4% de Canudos-BA (Tabela 1).

Após uma década, em 1997, observou uma mudança na cobertura da terra, devido ao aumento do Solo exposto e da Lavoura-pastagem alternadas em detrimento da Caatinga arbórea-arbustiva (Figura 5). Essa realidade procedeu nos mapas de 2007 e 2017. Em 1997, a Caatinga arbórea-arbustiva ocorreu em 2.267,6km², equivalente à 63,8% das terras canudenses (Tabela 1). O mapa de 1997 revelou um aumento, em relação ao ano de 1987, da classe Caatinga arbórea-arbustiva antropizada, Lavoura-pastagem alternadas e Solo exposto.

No ano de 2007, evidenciou a Caatinga arbórea-arbustiva, seguida pelo Solo exposto e Lavoura-pastagem alternadas (Figura 5); em ordem, corresponderam a 61,3%, 12,1% e 11,8% (Tabela 1). Existe uma distribuição, praticamente, repetida das classes de Açude, Cidade, Lavoura irrigada, Povoado e Vegetação com influência lacustre-fluvial em relação às décadas antecessoras. É interessante notar a diminuição da Caatinga arbórea-arbustiva

antropizada em comparação com os mapas anteriores, em grande parte substituída pela Lavoura-pastagem alternadas e Solo exposto (Figura 5).

As consequências do uso da terra sucederam-se na fragmentação ou antropização da vegetação, sobretudo no oeste de Canudos-BA, onde há intensidade das atividades humanas. A Caatinga arbórea-arbustiva antropizada, por exemplo, se refere à formação vegetal sem primitividade, oriunda das modificações na densidade, espécies e/ou porte vegetacional. Em estudo de campo, verificaram que os impactos são relacionados às atividades de criação extensiva do gado bovino e caprino, em razão da abertura de clareiras para os animais caminharem em meio às formações vegetais, consumo de leguminosas pelos animais e, com isso, dificuldades de germinação e desenvolvimento de plantas nativas.

O desencadeamento de atividades agropastoris originou a supressão total da vegetação em alguns ambientes e um crescimento espacial do Solo exposto, continuamente, em todas as décadas (Figura 5 e Tabela 1). Vieira *et al.* (2015) expuseram sobre a contínua redução da cobertura vegetal nos últimos anos no Semiárido brasileiro em razão da expansão das atividades agropecuárias, que resultam no uso inadequado da terra e ampliação das áreas propensas à desertificação. A situação descrita foi, também, apontada por Vale e Perez-Albert (2021), quando indicaram que as práticas agropecuárias favorecem a exposição das superfícies à radiação solar e a culminância da desertificação em áreas da bacia hidrográfica dos rios Macururé e Curaçá no norte da Bahia.

A inexistência de práticas de uso sustentáveis sucede em alterações na paisagem e na configuração de formas associadas à degradação ambiental. As atividades são resultantes da pecuária e da agricultura, e têm fragmentado as manchas de vegetação, que ocasionam a remoção da vegetação nativa, a propagação de espécies vegetais pioneiras, a formação de Solo exposto e Superfície erosiva flúvio-pluvial. Em 2017, a Superfície antropizada agrícola possuiu uma extensão de 1.133,8km², correspondente à cerca de 31,9% de Canudos (Figura 5 e Tabela 1). Como uma das consequências das atividades humanas depredatórias, Costa *et al.* (2009) identificaram a predominância de árvores pioneiras e processos erosivos em áreas degradadas no núcleo de desertificação do Seridó, localizado nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba. Souza *et al.* (2015) verificaram a propagação elevada de espécies pioneiras na Caatinga em ambientes desertificados do semiárido da Paraíba.

A Lavoura-pastagem alternadas foi a classe mais evidente no mapa de 2017 dentre as inerentes à Superfície antropizada agrícola, e se distribuiu em 488,5km², próximo a

13,7% da totalidade da área de estudo (Figura 5 e Tabela 1). A ocorrência dela é maior no sudoeste do município, onde são criados o gado bovino, caprino, ovino e plantados feijão, milho, mandioca e outros cultivares, numa periodicidade climática sazonal.

A Caatinga arbórea-arbustiva compreendeu cerca de 58,1% das terras canudenses no ano de 2017, equivalente a 2.071,5km², e constituiu a classe mais destacada no mapa (Figura 5 e Tabela 1). Com mais intensidade, a contiguidade espacial decorreu nos topos dos tabuleiros dissecados, onde observaram um vazio das atividades agropecuárias e a ocorrência de uma vegetação conservada ou preservada. A Caatinga arbórea-arbustiva antropizada dimensionou 160,4km², em torno de 4,9% das terras.

Em 2017, restou muito pouco da Vegetação com influência lacustre-fluvial, em cerca de 149,7km², proporcionalmente a 4,2% das terras (Figura 5 e Tabela 1). Muitas mudanças paisagísticas estão associadas à dinâmica das atividades agropecuárias. As transformações dos sistemas ambientais em agrossistemas implicam em perdas, sejam elas relacionadas à diversidade biológica e aos volumes físicos dos solos. Pereira *et al.* (2020) assinalaram sobre as problemáticas do uso intenso da agricultura e pecuária em áreas da Caatinga, em virtude de promover a perda da biodiversidade, compactação dos solos e intensificar os fatores de erosão acelerada, que estão no cerne da desertificação.

As atividades vinculadas à Lavoura irrigada limitam-se às margens do rio Vaza-Barris, sobretudo nas proximidades do Açude de Cocorobó, onde cultivam lavouras temporárias ou perenes, principalmente de banana, em uma extensão de 28,5km², menos de 1% da área de Canudos-BA (Figura 5 e Tabela 1). Observou-se, pela pequena dimensão de terras irrigadas, a dependência das atividades agropastoris à pluviosidade, que pode falhar por meses em determinados anos, desencadear o fenômeno da seca e ampliar a pressão ambiental. Isso constitui mais um indício da precariedade das políticas de convivência com a seca, devido à limitante oferta de água no tempo e no espaço semiárido brasileiro para a evolução das atividades agropecuárias (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2018, 2020).

O Solo exposto dispõe-se em 541,9km², equivalente a 15,2% de Canudos-BA, superior à Lavoura-pastagem alternadas, a qual possuiu destaque entre as atividades econômicas (Figura 5 e Tabela 1). Esses números indicam a importância geográfica do estudo sobre a desertificação, pois estão atrelados aos estados de degradação, que são amplos, quando demonstram a ocorrência acentuada de Solo exposto no centro e oeste do município. Travassos e Souza (2011) averiguaram que, em áreas desprovidas de cobertura vegetal, as intempéries climáticas favorecem a erosão acelerada, promovem ainda mais a

aridez e aprofundam a rigurosidade da desertificação, como um efeito das práticas impróprias no uso das terras.

Embora ressaia o Açude de Cocorobó na paisagem, a classe referente à Superfície aquática compreendeu 1% da extensão territorial (Figura 5 e Tabela 1). O município é constituído pelo rio perene Vaza-Barris e algumas dezenas de rios intermitentes e efêmeros, com a sucessão do fenômeno de inundação das áreas ribeirinhas diante das precipitações pluviométricas torrenciais. Esses ambientes são propícios ao desencadeamento de atividades agropastoris extensivas, porque encontram-se herbáceas com maior abundância para a dieta animal no período chuvoso. Isso resultou no desmatamento da vegetação e em feições de deterioração ambiental, como as encontradas na Superfície erosiva flúvio-pluvial, que especifica um desequilíbrio ambiental nas margens dos rios, em função da intensidade dos processos erosivos laminares e de ravinas promovidos pelas atividades humanas.

Essa classe evidencia um estado de desequilíbrio ambiental, por causa dos processos erosivos acentuados, que demarcam as paisagens onde decorre o processo de desertificação. Comumente, os ambientes são compostos por solos com superfícies arenosas e altamente friáveis, em que os processos erosivos são comuns e progridem para a formação e alastramento de ravinas e voçorocas. Os indícios da degradação ambiental ocorreram em 74,9km², alusivos a 2% das terras municipais, sobretudo nas encostas dos tabuleiros dissecados (Figura 5 e Tabela 1). Em situação análoga, Ferreira *et al.* (2017) denotaram a propensão à ocorrência da desertificação em virtude da supressão da cobertura vegetal e ampliação dos processos erosivos na bacia hidrográfica do rio pontal, no estado de Pernambuco. Oliveira e Selva (2019) demonstraram a gravidade da erosão desencadeada pelas atividades humanas, que culminam em desertificação no Seridó Paraibano. Sarparast *et al.*, (2020) constataram a associação entre desertificação, supressão vegetação e erosão áreas do nordeste do Irã.

Identificou-se uma redução contínua das classes Caatinga arbórea-arbustiva em toda as décadas nos mapas de uso e cobertura da terra e, a partir de 1997, da Caatinga arbórea-arbustiva antropizada (Figura 5). Para efeito de comparação das mudanças no uso e cobertura da terra entre os anos de 1977 e 2017 (Figura 6), realizou uma análise multitemporal das classes do nível 3 nos mapas em formato vetorial. As tabelas de atributo dos arquivos possuíam a mesma estrutura de dados e possibilitaram visualizar e espacializar as alterações das classes ao longo das décadas.

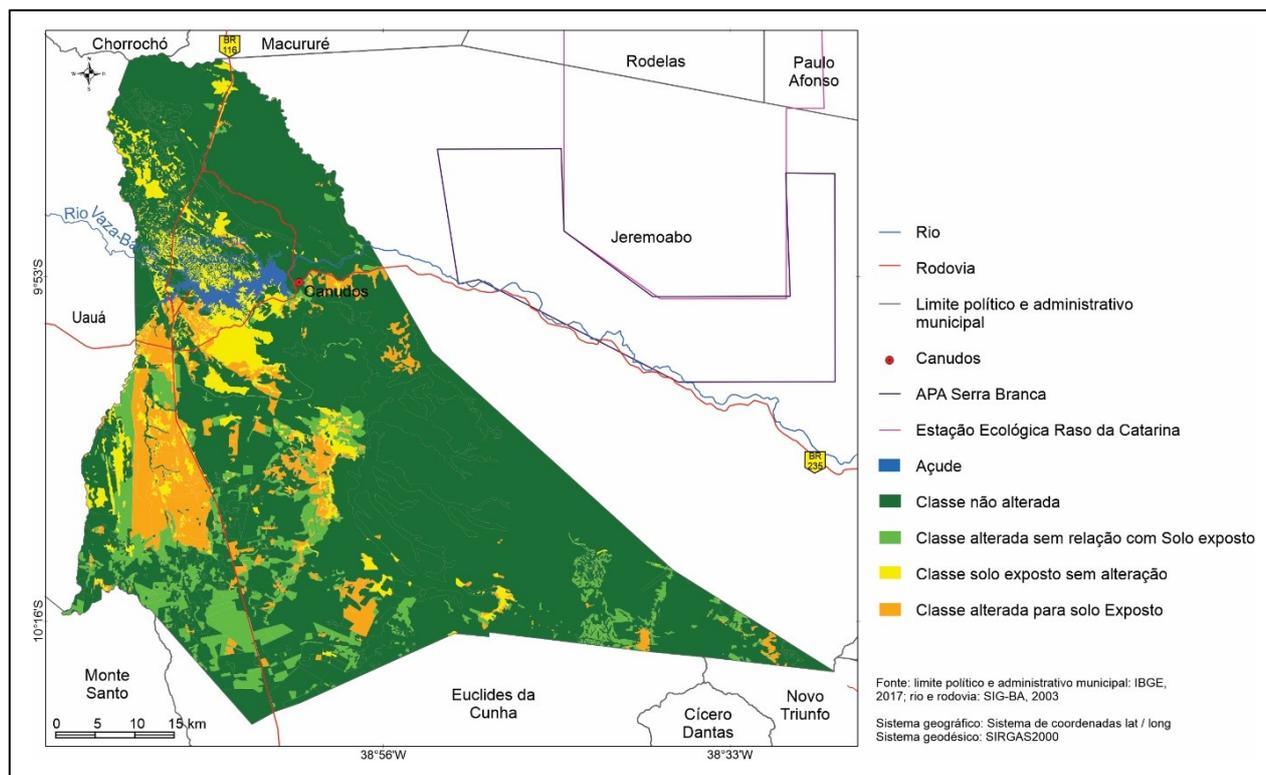


Figura 6 – Dinâmica do uso e cobertura da terra: Canudos-BA – 1977-2017.

Fonte: Autores, 2022.

Verificou a permanência da Caatinga arbórea-arbustiva sobre os tabuleiros no leste do município, onde desenvolvem, sobretudo, os Neossolos quartzarênicos. A extensão do Solo exposto aumentou cerca de 233,4% entre os anos de 1997 e 2017 (Figura 6), decorrente das atividades agropastoris, que sucederam impropriamente do ponto de vista ambiental. Assim, constatou a permanência do Solo exposto numa média de 6,4% das terras entre os anos considerados, que configuram estágios avançados da degradação ambiental.

6. ÁGUA, USO DA TERRA E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM CANUDOS-BA

Em Canudos-BA, de acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2017), são encontrados 101 poços artesianos, utilizados para diversos fins, a exemplo do uso doméstico e da agropecuária (Figura 7). A maior densidade de pontos encontra-se onde a população desenvolve atividades agropastoris, sobretudo no oeste da área de estudo (Figura 7). Cerca de 41 poços, em torno de 40% do total, localizam-se em áreas de Solo exposto, segundo o mapa de 2017, o que atesta que as práticas agropecuárias são intensas e ocasionam cenários de deterioração ambiental (Figura 7).

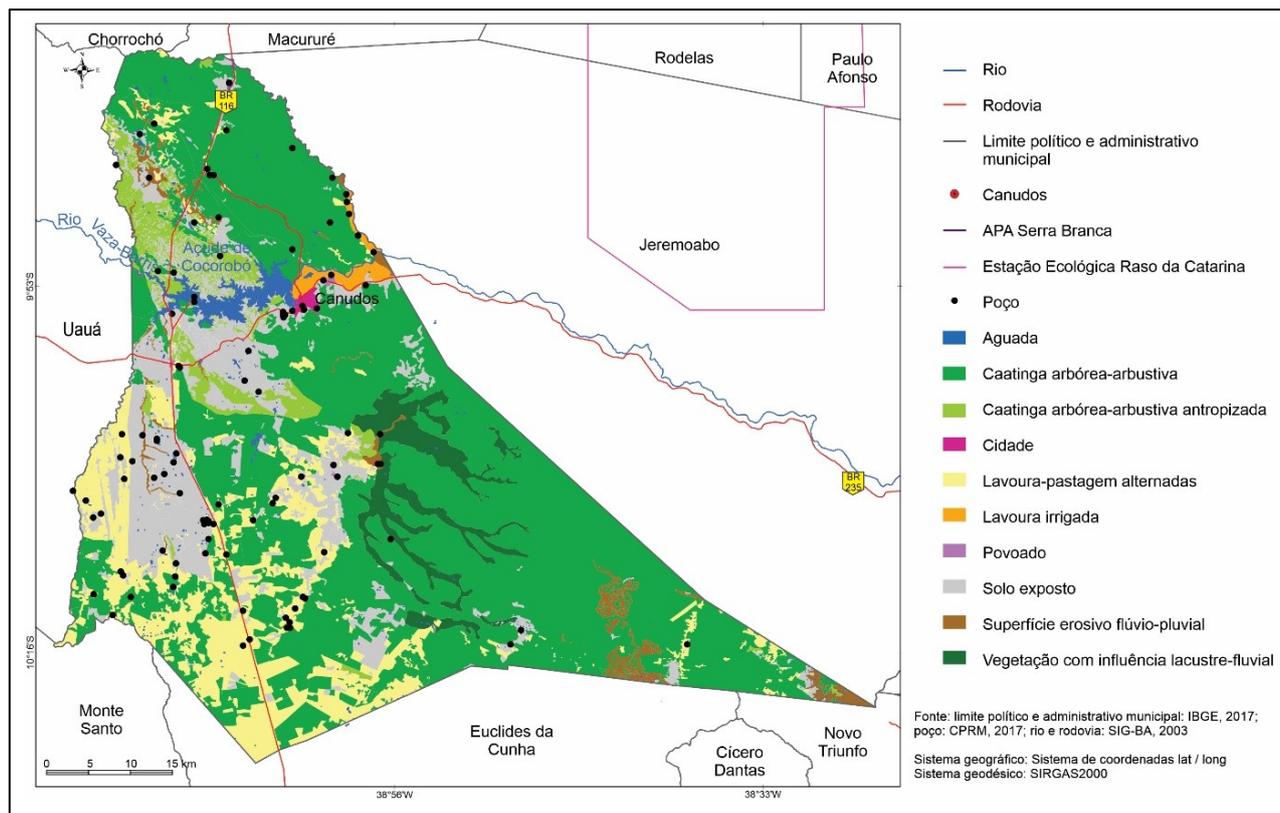


Figura 7 – Poços artesianos, aguadas e uso e cobertura da terra: Canudos-BA – 2017.
Fonte: Autores, 2022.

A análise da imagem de alta resolução resultou no mapeamento de 602 espelhos de água (Figura 7). No total, elas equivaleram a 42,8km², com o percentual representativo de 1,2% do território do município de Canudos-BA. O Açude de Cocorobó se destacou na paisagem, por distribuir-se em 37,2km²; ou seja, 87% da totalidade da Superfície aquática de Canudos concentram-se em apenas um ponto (Figura 7). Ao comparar com o oeste, no leste do município, o número de aguadas é ainda inferior, por causa dos tipos de solos, formados por materiais arenosos inconsolidados, que dificultam o acúmulo de água em superfície (Figura 7).

Todos esses fatores concorrem para limitar o desenvolvimento eficaz de atividades agrícolas, pecuaristas e outras, em consequência da carência de reservatórios de águas superficiais. Há dificuldades para a ocorrência sucessiva da agropecuária, devido à falta de água em relação à quantidade e à extensão e das técnicas de uso empreendidas. Soma-se a isso, a sazonalidade climática, que demarca fortemente a disponibilidade e escassez temporal de água nos reservatórios, bem como a ocorrência do fenômeno da seca, tão comum em Canudos-BA. Faustino *et al.* (2016) constataram as contradições entre técnicas de uso e características ambientais em áreas propensas à ocorrência da desertificação na Paraíba, o que diminui as possibilidades de enfrentar as restrições hídricas nas práticas

agropecuárias. Hare *et al.* (1992) afirmaram que a introdução de técnicas e práticas agropecuárias impróprias às terras secas decorrem em desequilíbrio ambiental e originam a desertificação.

Cabe evidenciar que 257 das aguadas mapeadas estão situadas em áreas de Solo exposto, equivalente a 42% da totalidade. Muitas vezes, as atividades desenvolvidas causam impactos diretos sobre a vegetação, como é o caso do pastoreio caprino e ovino, muito comum em Canudos-BA, como verificado na figura 8. Por exemplo, os ovinos possuem afinidade alimentícia com espécies gramíneas, herbáceas e lenhosas; já os caprinos apreciam as folhas e ramos de arbustos; ambos preferem brotos jovem e, assim, dificultam o crescimento das plantas e/ou a reprodução delas, quando trituram as sementes (SOUZA *et al.*, 2015).



Figura 8 – Rebanho de ovinos e caprinos – município de Canudos-BA.

Fonte: Autores, dezembro de 2014.

A insustentabilidade da exploração materializa, assim, feições de deterioração ambiental, e extensas áreas de Solo exposto permanecem no tempo e no espaço para ampliar a vulnerabilidade ambiental no município. Papanastasis (2010) indicou a relação entre o pastoreio e a desertificação no Mediterrâneo. Dorj *et al.* (2013) apontaram que as cabras perturbam a capacidade regenerativas das pastagens ao se alimentarem de raízes e flores e causam a desertificação na Mongólia. Alves *et al.* (2017) indicaram que os rebanhos caprinos se alimentam da vegetação nativa durante todo ano e é um fator de intensificação da desertificação no Cariri paraibano. Carbajal-Morón *et al.* (2017)

observaram a perda da biodiversidade e da cobertura vegetal associada à desertificação em ambientes semiáridos do Norte do México.

Nisso verifica-se que a pecuária extensiva caprina e ovina é um fator associado à ampliação do Solo exposto em Canudos-BA. O caprinos e ovinos são criados soltos na vegetação e estabelecem o ritmo de ocupação das pastagens e traçam impactos diretos sobre a cobertura vegetal, verificado na classe Caatinga arbórea-arbustiva antropizada (Figura 5). Também, desencadeiam situações associadas à desertificação, verificadas nas classes de Solo exposto e da Superfície erosiva flúvio-pluvial (Figura 5). Hare *et al.* (1992) demonstraram que os caprinos deslocam-se dispersamente pelas terras, comem folhas dos arbustos próximas ao solo, que favorecem a degradação da vegetação, das pastagens e dos solos, que conjugam para causar a desertificação. Imersom e Curfs (2010) expuseram que a desertificação deriva de impactos negativos do pastoreio, entre os quais a compactação, o deslocamento dos fragmentos e o consumo destrutivo da vegetação que recobrem os solos.

O transitar repetido dos animais configura uma rede densa de trilhas em relevos declivosos e os caprinos possuem maior capacidade de chegar às partes íngremes. As cabras buscam alimentos por extensas áreas, como nas encostas dos tabuleiros (Figura 9) ou dos relevos residuais. O caminhar sucessivo dos caprinos remove partículas dos solos, fratura e desloca os frágeis arenitos que formam os tabuleiros. Todos esses fatores contribuem para instalar uma ecodinâmica instável e favorecer os processos erosivos acelerados e, por conseguinte, a desertificação.



Figura 9 – Presença de cabras nas encostas íngremes dos tabuleiros formados por arenitos – município de Canudos-BA.

Fonte: Autores, dezembro de 2014.

O sobrepastoreio bovino, caprino e ovino concorre para ampliar a vulnerabilidade ambiental à desertificação, em virtude da exposição das plantas ao pastoreio excessivo por longos períodos, sem projetar caminhos para a recuperação ambiental. A atividade econômica pressiona a vegetação e decorre na morte principiante das espécies mais sensíveis da Caatinga; dificulta a germinação e crescimento de plantas. Assim, a ineficiência do uso da terra é evidenciada na paisagem canundense, vista na distribuição e permanência de Solo exposto associadas às aguadas e aos poços.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do desconhecimento das características ambientais e da falta de investimentos próprios para o bioma Caatinga, as bases exitosas para a configuração da sustentabilidade no processo de uso da terra são exauridas, pois gera políticas impróprias, como aquelas que, por muito tempo, foram rotuladas como de *combate à seca*. No processo de ignorar as potencialidades, desconsidera-se as restrições e origina-se problemáticas, sendo a desertificação uma das mais assoladoras.

Na análise do uso e cobertura da terra, evidenciou-se a evolução dos impactos sobre as formações vegetais da Caatinga e a extensão dos estados de deterioração ambiental. As áreas de Solo exposto cresceram na ordem de 233,4% entre a década de 1970 e 2010, sobretudo na depressão periférica. Os dados apontaram para identificar que 6,4% das terras permaneceram expostas às intempéries nos anos pesquisados e registraram, com propriedade, as evidências de degradação ambiental.

A situação piorou quando constatou a diminuição de 559,8km² da Superfície recoberta por vegetação. No levantamento de dados em campo, verificou a proliferação de espécies vegetais pioneiras em muitos locais, que somou aos estados de degradação ambiental, como as amplas áreas de superfícies expostas às intempéries e vulneráveis às problemáticas, a exemplo da erosão acelerada, que causa desertificação. Nessa situação, encontram-se 17,3% das terras, referentes à soma da extensão das classes de Solo exposto e Superfície erosiva flúvio-pluvial no ano de 2017.

A existência do Solo exposto está associada frequentemente à presença de água, seja em poços, rios ou aguadas, pois as atividades agropastoris são mais intensas e ocasionam degradação. Com isso, não há um aproveitamento das riquezas e potencialidades ambientais para o desenvolvimento das atividades agropecuárias, o que é verificável nos impactos decorrentes, como a degradação das terras secas.

A agropecuária foi a principal atividade econômica que consolidou a ocupação em Canudos-BA. Ela constitui, também, a principal força motriz que pressiona o ambiente para marcar a paisagem com feições de degradação. Tudo isso decorreu da inexistência de práticas e técnicas capazes de manter o equilíbrio e a capacidade de resiliência ambiental. No entanto, onde a pressão ambiental decorrente das atividades agropecuárias é menor, a vegetação encontra-se conservada. A Caatinga arbórea-arbustiva é distribuída em 58,1% do território municipal, e a presença dela é destacável nos topos dos tabuleiros dissecados do rio Vaza-Barris, no leste do município.

REFERÊNCIAS

AJAJ, Q. M.; PRADHAN, B.; NOORI, A. M.; JEBUR, M. N. Spatial monitoring of desertification extent in western Iraq using LANDSAT images and GIS. **Land Degradation & Development**, n. 28, p. 2418–2431, 2017.

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; CÂNDIDO, I. A. Indicadores socioeconômicos e a desertificação no alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, n. 2, p. 19-40, 2017.

ANDRADE, J. B.; OLIVEIRA, T. S. Análise espaço-temporal do uso da terra em parte do semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 28, p. 393-401, 2004.

AQUINO, C. M. S.; ALMEIDA, J. A. P.; OLIVEIRA, J. G. B. Estudo da cobertura vegetal/uso da terra nos anos de 1987 e 2007 no núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato - Piauí. **RA'EGA**, Curitiba, v. 25, p. 252-278, 2012.

ASPIAZÚ, C.; RIBEIRO, J. C. Possibilidade de uso das imagens Landsat na estimativa e inventário de áreas florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1. (SBSR), 1978, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1978. p. 211-222.

AUMOND, J. J.; FORTES, E.; LOCH, C. Uso do sensoriamento remoto para análise do impacto ambiental resultante da atividade cerâmica no Vale do Rio Tijucas. **GEOSUL**, Florianópolis, v. 6, n. 11, p. 74-90, 1991.

AZZOUZI, S. A.; VIDAL-PANTALEON, A.; BENTOUNES, H. A. Desertification monitoring in Biskra, Algeria, with Landsat imagery by means of supervised classification and change detection methods. **IEEE**, v. 5, p. 9065- 9072, 2017.

BERTRAND, C. BERTRAND, G. **Uma geografia transversal e de traversias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**: Maringá: Massoni, 2009. 332p.

BEZERRA, A. C.; SILVA, J. L. B.; SILVA, D. A. O.; BATISTA, P. H. D.; PINHEIRO, L. C.; LOPES, P. M. O.; MOURA, G. B. A. Monitoramento Espaço-Temporal da Detecção de

Mudanças em Vegetação de Caatinga por Sensoriamento Remoto no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 1, p. 286-301, 2020.

BRASIL, MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Projeto RADAMBRASIL**: Folha SD.23 Brasília, DF; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1982.

BRIASSOULIS, H. Combating land degradation and desertification: the land-use planning quandary. **Land**, v. 8, n. 2, p. 1-26, 2019.

CARBAJAL-MORÓN, N. A.; MANZANO, M. G.; MATA-GONZÁLEZ, R. Soil hydrology and vegetation as impacted by goat grazing in Vertisols and Regosols in semi-arid shrublands of northern Mexico. **The Rangeland Journal**, v. 39, n. 4, p. 363-373, 2017.

CHRISTIAN, B. A.; DHINWA, P. S. AJAI. Long term monitoring and assessment of desertification processes using medium & high resolution satellite data. **Applied Geography**, v. 97, p. 10-24. 2018.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. **SIAGAS**, 2017. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/>. Acesso em: 27 dez. 2017.

COSTA, G. J. A.; VIEIRA, C. I. P. Geotecnologias para análise da vulnerabilidade ambiental do núcleo de desertificação do Piauí. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 40, v. 2, p. 59-76, 2018.

COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J.; ACCIOLY, L. O.; SILVA, F. H. B. B. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 961-974, 2009.

CUI, G.; LEE, W. K.; KWAK, D. A.; CHOI, S.; PARK, T.; LEE, J. Desertification monitoring by LANDSAT TM satellite imagery. **Forest Science and Technology**, v. 7, n. 3, p. 110-116, 2011.

DORJ, O; ENKHBOLD, M.; LKHAMYANJIN, S.; MIJIDDORJ, K.; NOSMOO, A.; PUNTSAGNAMIL, M.; SAINJARGAL, U. Mongolia: Country Features, the Main Causes of Desertification and Remediation Efforts. In: Heshmati G., Squires V. (Eds.) **Combating Desertification in Asia, Africa and the Middle East**. Dordrecht: Springer, 2013.

DUULATOV, E.; XI, C.; KURBAN, C.; MONOLDOROVA, A. Detecting land use/land cover change using LANDSAT imagery: Jumgal District, Kyrgyzstan. **International Journal of Geoinformatics**, v. 12, n. 4, p. 1-7, 2016.

FENG, Q.; TIAN, Y.; YU, T.; YIN, Z.; CAO, S. Combating desertification through economic development in northwestern China. **Land Degradation & Development**, v. 30, n. 8, p. 910-917, 2019.

FERNANDES, M. R. M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q.; FERNANDES, M. M. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 472-482, 2015.

FERREIRA, P. S.; SANTOS, A. M.; FERREIRA, J. M. S.; FERREIRA, H. S.; GALVÍCIO, J. D. Análise da suscetibilidade à desertificação na bacia hidrográfica do rio pontal - Pernambuco – Brasil. **Investigações Geográficas**, v. 53, p. 37-50, 2017.

FLORENZANO, T. G (Org.). **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 320p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **A framework for land evaluation**. Rome: FAO, 1976. Disponível em: <http://www.fao.org/>. Acesso em: 5 nov. 2017.

GASTELOIS, B. Levantamento do uso da terra no Vale do Rio São Francisco, interpretação comparada de fotos aéreas e de imagens Landsat 1965/1976. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1. (SBSR), 1978, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1978. p. 257-271.

GÜLLER, M.; YAMRALIOGLU, T.; REIS, S. Using Landsat data to determine land use/land cover changes in Samsun, Turkey. **Environ Monit Assess**, n. 127, p. 155-167, 2007.

HARE, F. K.; WARREN, A.; MAIZELS, J. K.; KATES, R. W.; JOHNSON, D. L.; HARING, K. J.; GARDUÑO, M. A. (Orgs.). **Desertificação: causas e consequências**. Lisboa: Fundação Galouste Gulbenkian, 1992.

HU, T.; YANG, J.; LI, X.; GONG, P. Mapping urban land use by using Landsat images and open social data. **Remote Sensing**, v. 8, n. 151, p. 1-18, 2016.

HUANG, J.; ZHANG, G.; ZHANG, Y.; GUAN, X.; WEI, Y.; GUO, R. Global desertification vulnerability to climate change and human activities. **Land Degradation & Development**, v. 31, n. 11, p. 1380-1391, 2020.

IBGE. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

_____. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 272p.

_____. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171p.

IMESON, A.; CURFS, M. Erosão do Solo. In: LUCINDA. **Land Care in Desertification Affected Areas**. 2010.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 672p.

JIAA, K.; WEIB, X.; GUB, X.; YAOA, Y.; XIEA, X.; LIB, B. Land cover classification using Landsat 8 operational land imager data in Beijing, China. **Geocarto International**, v. 29, n. 8, p. 941-951, 2014.

JIANG, L.; JIAPAER, G.; BAO, A.; KURBAN, A.; GUO, H.; ZHENG, G.; MAEYER, P. Monitoring the long-term desertification process and assessing the relative roles of its drivers in Central Asia. **Ecological Indicators**, v. 104, p. 195-208, 2019.

LEFF, E. Complejidad, racionalidad ambiental y diálogo de saberes. In: CONGRESO INTERNACIONAL INTERDISCIPLINAR DE PARTICIPACIÓN, ANIMACIÓN E INTERVENCIÓN SOCIOEDUCATIVA, 1., 2005, Barcelona. **Anais...** Barcelona, 2005.

_____. **Epistemologia ambiental**. 4. ed. São Paulo: Contez, 2007. 240p.

_____. **Ecologia, capital e cultura: a territorialização da racionalidade ambiental**. Petrópolis: Vozes, 2009. 440p.

_____. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. 11. ed. Petrópolis: Vozes, 2015. 496p.

_____. **Aposta pela vida: imaginação sociológica e imaginários sociais nos territórios ambientais do Sul**. Petrópolis: Vozes, 2016. 634p.

_____. **Ecología política: de la deconstrucción del capital a la territorialización de la vida**. Cerro del Agua: Siglo Veintiuno, 2019. 512p.

LOBÃO, J. S. B.; VALE, R. C. M. Lógica fuzzy na modelagem da desertificação no estado da Bahia. **Geografia**, v. 38, n. 1, p. 123-140, 2013.

LUCHIARI, A. Os produtos do Sensoriamento remoto nos mapeamentos de uso e cobertura das terras. In: SILVA, J. B.; LIMA, L. C.; DANTAS, E. W. C. (org.). **Panorama da Geografia brasileira II**. São Paulo: Annablume, 2006.

_____. Algumas considerações sobre as aplicações dos produtos do sensoriamento remoto para levantamento do uso e revestimento da terra. In: LEMOS, A. I. G.; ROSS, J. L. S.; LUCHIARI, A. (Org.). **América Latina: sociedade e meio ambiente**. São Paulo: Expressão Popular, 2008.

MAINGUET, M. **Desertification natural background and Human mismanagement**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1994. 314p.

_____. **L'Homme et la sécheresse**. Paris: Masson, 1995. 246p.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T.; BAPTISTA, G. M. M. (orgs.). **Reflectância dos materiais terrestres: análise e interpretação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 336p.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION – NASA. GeoCover™. **NASA**, 2000. Disponível em: <http://www.landcover.org/>. Acesso em: 15 jan. 2014.

NOVO, E. M. L. M. Análise comparativa entre fotografias aéreas convencionais e imagens do Landsat, para fins de levantamento do uso da terra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1., 1978, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1978. p. 287-295.

OLIVEIRA, E. M.; SELVA, V. S. F. Estudo da erosão no Seridó paraibano como indicador do processo de desertificação: Juazeirinho, Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 3, p. 876-894, 2019.

OLIVEIRA JUNIOR, I. **Da mata branca ao estado de degradação: a desertificação em Canudos-BA**. Orientadora: Barbara-Christine Marie Nentwig. 2019. 189 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

OLIVEIRA JUNIOR, I.; LOBÃO, J. S. B.; SILVA, B. C. M. N.; PEREIRA, A. J. Indicadores socioeconômicos de desertificação: a análise da produção agropecuária no polo regional de Jeremoabo – Bahia. **Geonordeste**, v. 29, n. 2, p. 23-42, 2018.

OLIVEIRA JUNIOR, I.; PEREIRA, A. J.; LOBÃO, J. S. B.; SILVA, B. C. M. N. Uso e cobertura da terra e o processo de desertificação no polo regional de Jeremoabo-Bahia. **Revista de Geografia**, v. 37, n. 2, p. 130-149, 2020.

OLIVEIRA JUNIOR, I.; PEREIRA, A. J.; LOBÃO, J. S. B. Uso e cobertura da terra, legislação e conflitos: implicações para a gestão ambiental em Muritiba-BA. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 25, n. 45, 2021.

PAPANASTASIS, V. P. Paisagens desertificadas mediterrânicas: pasto natural e paisagens pastoris. In: LUCINDA. **Land Care in Desertification Affected Areas**. Fascículo C, n. 5, 2010. Disponível em: <http://www2.icnf.pt/>. Acesso em: 19 jun. 2013.

PEREIRA, A. J.; OLIVEIRA JUNIOR, I.; LOBÃO, J. S. B. Análise da susceptibilidade à desertificação em ambiente de Caatinga. **Geo UERJ**, n. 37, p. 1-19, 2020.

PEREIRA, A. J.; OLIVEIRA JUNIOR, I.; BASSOI, L. H.; COSTA, T. S. Fuzzy logic and topographic data: susceptibility to soil salinization in the municipality of Jeremoabo, Bahia. **Ciência Agrônômica**, v. 53, p. 20217823, 2022.

PONZONI, F. J. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2012. 176p.

REIS, S. Analyzing land use/land cover changes using remote sensing and GIS in Rize, North-East Turkey. **Sensors**, v. 8, p. 6188-6202, 2008.

RIBEIRO, K. V.; ALBUQUERQUE, E. L. S. Mapeamento das formas de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Mulato, estado do Piauí. **Cadernos de Geografia**, Belo Horizonte, v. 27, n. especial, p. 106-118, 2017.

RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Parênteses, 2007. 423p.

SANTOS, K. P.; SANTOS, A. M. Uso da terra, cobertura vegetal e desertificação no Projeto de Irrigação N11 - Petrolina – Pernambuco. **Terr@Plural**, v. 13, n. 2, p. 385-399, 2019.

SARPARAST, M.; OWNEGH, M.; SEPEHR, A. Evaluating the impacts of combating-action programs on desertification hazard trends: A case study of Taybad-Bakharz region, northeastern Iran. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 7, p. 100043, 2020.

FAUSTINO, J. C. S.; LIMA, P. V. S.; CASIMIRO FILHO, F.; RODRIGUES, M. I. V. Convivência com a escassez de água: a importância do capital social nas áreas susceptíveis à desertificação no Semiárido. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, edição especial, p.114-135, 2016.

SILVA, A. S.; ROSA, R. Mapa de Capacidade e Potencial do Uso da Terra do Município de Catalão (GO). **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 29, n. 59, p. 954-977, 2019.

SILVA, D. A. O.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; LOPES, P. M. O.; SILVA, J. L. B. S.; SANTOS, J. E. B.; SILVA, E. M.; CORREIO, A. F. S. C.; SANTOS, W. M.; CHINCHILLA, S. R. A.; SILVA, R. B.; CESAR, D. N. Monitoring of degradation in the Caatinga biome in the semi-arid northeastern region, Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 5, p. 2293-2303, 2020.

SILVA, J. L. B.; MOURA, G. B. A.; SILVA, M. V.; LOPES, P. M. O.; GUEDES, R. V. S.; SILVA, E. F. F.; ORTIZ, P. F. S.; RODRIGUES, J. A. M. Changes in the water resources, soil use and spatial dynamics of Caatinga vegetation cover over semiarid region of the Brazilian Northeast. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 20, p. 1-12, 2020.

SILVA, M. V.; PANDORFI, H.; LOPES, P. M. O.; SILVA, J. L. B.; ALMEIDA, G. L. P.; SILVA, D. A. O.; SANTOS, A.; RODRIGUES, J. A. M.; BATISTA, P. H. D.; JARDIM, A. M. R. F. Pilot monitoring of Caatinga spatial-temporal dynamics through the action of agriculture and livestock in the Brazilian semiarid. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 19, p. 100353, 2019.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOREFERENCIADAS – SIG-BAHIA. **Sistema de informações sobre recursos hídricos – SIRH**. Salvador: Superintendência de Recursos Hídricos, 2003.

SOUZA, D. G.; MINCATO, R. L.; KAWAKUBO, F. S. Análise multitemporal do uso da terra utilizando imagens Landsat-5 TM da região de Alfenas, Sul de Minas Gerais, visando a conservação de fragmentos florestais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 5, p. 1482-1492, 2015.

SOUZA, B. I.; MENEZES, R.; ARTIGAS, R. C. Efeitos da desertificação na composição de espécies do bioma Caatinga, Paraíba/Brasil. **Investigaciones Geográficas**, n. 88, p. 45-59, 2015.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA – SEI. **Balço hídrico do estado da Bahia**. Salvador: SEI, 1999.

TAVARES, V. C.; ARRUDA, Í. R. P.; SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34 n. 70, p. 355-405, 2019.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p.

TOMASELLA, J.; VIEIRA, R. M. S. P.; BARBOSA, A. A.; RODRIGUEZ, D. A.; SANTANA, M. 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, p. 197-206, 2018.

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. Solos e desertificação no semiárido paraibano. **Cadernos do Logepa**, v. 6, n. 2, p. 101-114, 2011.

UNITED NATIONS. **Elaboration of an international convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa**. New York: United Nations, 1994.

VALE, R. M. C.; PEREZ-ALBERTI, A. Uso das terras e processos de desertificação na RPGA dos rios Macururé-Curaçá. Bahia-Brasil. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 22, p. 5-27, 2021.

VIEIRA, A. T.; MAGAÇHÃES, M. F.; SILVA, M. V. C. Uso da terra como facilitador da degradação ambiental no município de Santa Quitéria, Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 4, p. 1329-1345, 2017.

VIEIRA, R. M. S. P.; TOMASELLA, J.; ALVALÁ, R. C. S.; SESTINI, M. F.; AFONSO, 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**, v. 6, p. 347–360, 2015.

WOLFENBERG JR., A. Utilização de imagens MSS do Landsat-2 em estudos do uso do solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1., 1978, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1978. p. 296-306.

YUSUF, T. U.; AMETA, S. K.; USMAN, A; TUKUR, A. HAMZA, Y. G.; Desertification in Western Rajasthan (India): causes, effects and mitigation measures. **Asian Journal of Geological Research**, v. 3, n. 4, p. 26-36, 2020.

ZHANG, Z.; HUISINGH, D. Combating desertification in China: Monitoring, control, management and revegetation. **Journal of Cleaner Production**, v. 182, p. 765-775, 2018.

Recebido: 07.10.2021

Aceito: 23.03.2022