



ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO USO DA TERRA EM MUNICÍPIOS DO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DE CABROBÓ, PERNAMBUCO

Deivid Damião Roque de Souza
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
deivid.roque@ufpe.br

José Coelho de Araújo Filho
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Solos, Brasil.
coelhoembrapa@gmail.com

Maria do Socorro Bezerra de Araújo
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
maria.baraujo@ufpe.br

Deyse Ferreira da Silva
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
deyse.fsilva@ufpe.br

RESUMO – A pressão antrópica no sentido das mudanças de uso e cobertura da terra têm sido responsáveis pelo aumento de áreas degradadas em diversos ecossistemas. Objetivou-se a realização de uma análise espaço-temporal do uso da terra nos municípios de Belém do São Francisco, Cabrobó e Itacuruba, no contexto do Núcleo de Desertificação de Cabrobó, Pernambuco. A metodologia empregada envolveu técnicas de Geoprocessamento e uso de imagens de Sensoriamento Remoto da série Landsat 5 e 8 para os anos de 1989, 2005 e 2019. Verificou-se o aumento de áreas de pastagem natural em detrimento da vegetação natural, além do crescimento das áreas de solo exposto e das áreas de agricultura. Nesse sentido, conclui-se que a redução da cobertura vegetal e o aumento das áreas de solo exposto podem aumentar a suscetibilidade a processos erosivos na área de estudo, o que pode levar a perda da capacidade produtiva do solo e sua degradação.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Semiárido; Desertificação.

SPACE-TIME ANALYSIS OF LAND USE IN THE MUNICIPALITIES IN THE MUNICIPALITIES IN THE DESERTIFICATION NUCLEUS OF CABROBÓM PERNAMBUCO

ABSTRACT – The anthropogenic pressure towards changes in land use and land cover have been responsible for the increase of degraded areas in several ecosystems. The objective was to carry out a spatial-temporal analysis of land use in the municipalities of Belém do São Francisco, Cabrobó and Itacuruba, in the context of the Desertification Center of Cabrobó, Pernambuco. The methodology employed involved Geoprocessing techniques and the use of Remote Sensing images from the Landsat 5 and 8 series for the years 1989, 2005 and 2019. It was found that there was an increase in natural pasture areas to the detriment of natural vegetation, in addition to the growth of exposed soil and agricultural areas. In this sense, it is concluded that the reduction of vegetation cover and the increase in exposed soil areas may increase the susceptibility to erosive processes in the study area, which can lead to loss of soil productive capacity and its degradation.

Keywords: Remote Sensing; Semiarid; Desertification.

INTRODUÇÃO

As formas de uso, ocupação e apropriação dos recursos naturais ao longo da história têm produzido diversos impactos ambientais, e sociais, negativos. A impermeabilização do solo, a erosão, a poluição dos recursos hídricos, o desmatamento, a perda de biodiversidade, etc. são exemplos de impacto decorrente do manejo inadequado dos recursos do solo (ASSIS et al., 2014).

Diversos fatores relacionados ao uso da terra podem estar conectados à degradação do solo, sobretudo em regiões com condições ambientais agravadas pelo clima semiárido. Nesse sentido, Coelho et al. (2014) afirmam que uma das causas da degradação ambiental no semiárido nordestino é a substituição da caatinga por atividades ligadas a prática da agricultura e da pecuária.

Conhecer a distribuição espacial das atividades de uso e ocupação da terra é fundamental para que o planejamento do ordenamento territorial seja eficiente e coerente com as limitações e potencialidades do meio físico natural. Nesse sentido, o monitoramento do uso e cobertura da terra, por meio de séries temporais é de vital importância para levantar informações acerca da evolução da paisagem e fomentar políticas de desenvolvimento sustentável (COELHO et al., 2014; HAN, YANG e SONG, 2015; OLIVEIRA JÚNIOR, PEREIRA e SILVA, 2022).

O mapeamento do uso e ocupação do solo em séries históricas pode permitir que se analise os estados ambientais das paisagens, e identifique as principais formas de apropriação da natureza (OLIVEIRA JÚNIOR, PEREIRA e SILVA, 2022). Esses mapeamentos encontram nas geotecnologias um aliado para diagnósticos rápidos e confiáveis. Dentre as ferramentas geotecnológicas que são úteis para zoneamentos de uso e cobertura das terras destaca-se o Sensoriamento Remoto (SR) (PAULA, CABRAL e MARTINS, 2012).

Pode-se definir o SR como a técnica de obtenção de informações de um objeto ou alvo, sem o contato físico com o mesmo, onde, as informações são coletadas através da radiação eletromagnética gerada por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por artificiais como o Radar (MENESES e ALMEIDA, 2012; ROSA, 2013; WEISS, JACOB e DUVEILLER, 2020). A aquisição de dados por meio do SR envolve um instrumento ou sensor, geralmente um satélite ou uma aeronave, que capta a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelo alvo. Os objetos refletem ou absorvem a energia eletromagnética em comprimentos de ondas distintos, a depender das propriedades físico-química dos alvos (MENESES e ALMEIDA, 2012).

Uma vantagem dos dados do sensoriamento remoto é a disponibilidade de uma variedade de escalas espaciais e temporais, onde séries de satélite como os da LANDSAT fornecem imagens desde a década de 1970 com atualizações constantes (LECHNER, FOODY e BOYD, 2020). O SR é uma ferramenta de alto potencial para o monitoramento e gestão dos recursos terrestres, pois possibilita a obtenção de dados, em pequena e grande escala espacial, com baixo custo e séries temporais (LU et al., 2019).

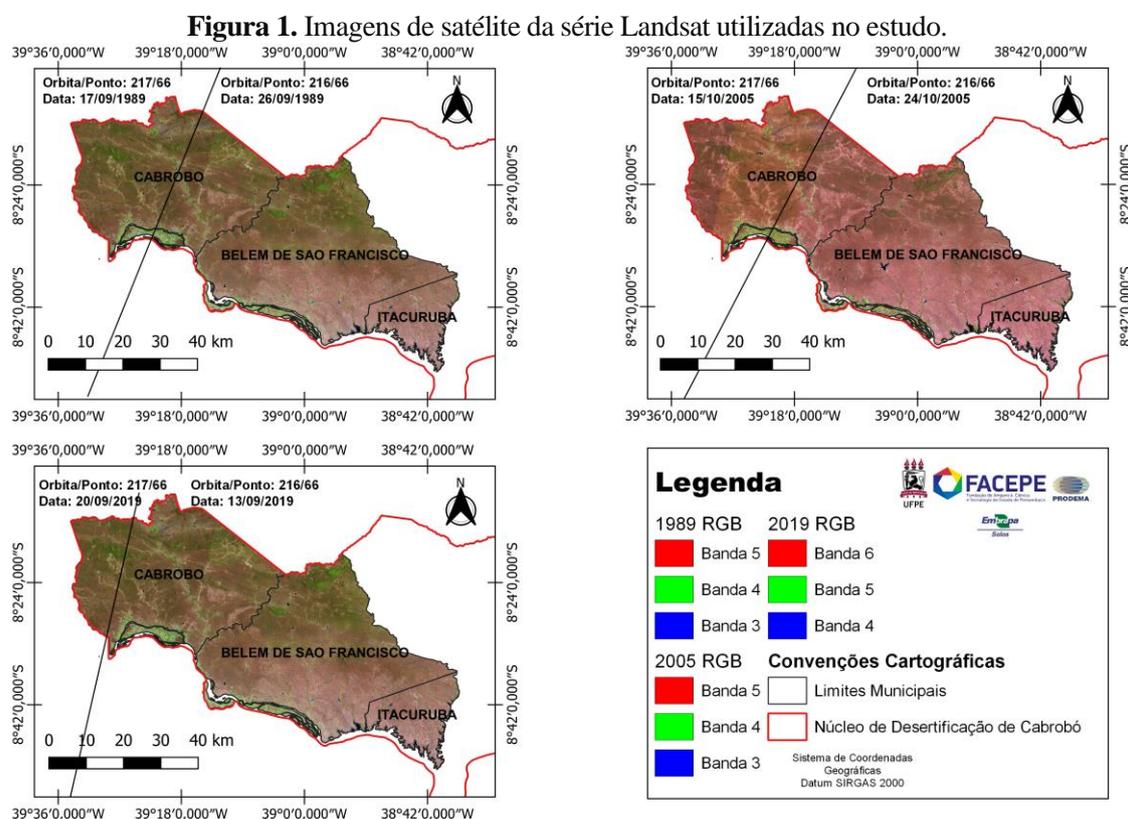
A desertificação é um fenômeno que sua definição evoluiu de acordo com os estudos, literatura, convenções e documentos legais produzidos sobre a temática. Segundo a United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) é a degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, entre eles as variações climáticas e atividades humanas que causam degradação ambiental, e perda do potencial produtivo dos recursos naturais (ONU, 1997).

No Brasil quatro áreas foram classificadas como de grande risco a desertificação por Vasconcelos Sobrinho (1982): Núcleo de Desertificação Gilbués (PI), de Irauçuba (CE), do Seridó (RN) e de Cabrobó (PE). O núcleo de desertificação de Cabrobó (NDC) fica localizado no estado de Pernambuco, abarcando os municípios de Belém do São Francisco, Cabrobó, Carnaubeira da Penha, Floresta e Itacuruba, abrangendo uma área de 8573 km² (BRASIL, 2007). Segundo Soares, Mota Filho e Nóbrega (2011) foi constatado que o fator antropogênico é determinante para intensos processos de degradação ambiental na área do NDC, sobretudo pela substituição da caatinga por práticas de agricultura, pecuária e retirada de madeira para a produção de carvão e lenha.

Os municípios de Belém do São Francisco, Cabrobó e Itacuruba se encontram localizados dentro do NDC, em que suas condições ambientais, delicadas, podem ser agravadas, sobretudo, em função do uso incorreto dos recursos do solo (BRASIL, 2007). Dessa forma, é importante o conhecimento do histórico de ocupação do uso da terra e projeções de cenários futuros, para que as políticas públicas de combate à desertificação possam se antecipar ante as tendências de uso do solo. Portanto, o presente estudo tem como objetivo descrever o processo de uso e ocupação da terra dentro dos municípios de Belém do São Francisco, Cabrobó e Itacuruba em um período de 30 anos analisando informações dos anos de 1989, 2005 e 2019.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização da análise espaço-temporal do uso das terras dos municípios de Belém do São Francisco, Cabrobó e Itacuruba-PE foi utilizada a metodologia adotada por Silva et al. (2016), e Duarte, Silva e Costa (2022), com as adaptações que se fizeram necessárias. Foram selecionadas imagens de satélites para o intervalo de 30 anos, referentes aos anos de 1989, 2005 e 2019. A área dos municípios é coberta por duas orbitas/ponto da série Landsat (Figura 1) e foi necessária a aquisição de duas imagens para cada período analisado.



Org. Elaboração dos autores (2022)

As imagens foram obtidas junto ao Serviço Geológico do Estados Unidos da América (2022), e o critério de seleção de imagens buscou levar em consideração as condições da vegetação local que apresenta queda das folhas no período seco (RODAL, COSTA e SILVA, 2008). Dessa forma, o período ideal para a aquisição das imagens de satélite é o final do período chuvoso que é quando a vegetação nativa possui melhores condições de serem capturadas pelos sensores. Contudo, a área de estudo está inserida nas cenas 216/66 e 217/66 da série LANDSAT sendo

uma área de alta evapotranspiração, e conseqüentemente limitação na aquisição das imagens de satélite, pois de uma cena para a outra pode haver uma maior concentração de nuvens, o que poderia impossibilitar o reconhecimento das classes de uso do solo e da vegetação. As imagens selecionadas se encontram no Quadro 1.

Quadro 1. Característica das imagens de satélite adquiridas para o estudo.

Satélite/Sensor	Orbita ponto	Data	Bandas
Landsat 5 / TM	217/66	17/09/1989	1, 2, 3, 4, 5 e 7
Landsat 5 / TM	216/66	26/09/1989	1, 2, 3, 4, 5 e 7
Landsat 5 / TM	217/66	15/10/2005	1, 2, 3, 4, 5 e 7
Landsat 5 / TM	216/66	24/10/2005	1, 2, 3, 4, 5 e 7
Landsat 8 / Oli Tirs	216/66	13/09/2019	1, 2, 3, 4, 5, 6, e 7
Landsat 8 / Oli Tirs	217/66	20/09/2019	1, 2, 3, 4, 5, 6, e 7

Org. Elaboração dos autores (2022)

O processamento das imagens de satélite foi realizado nos softwares Qgis 3.22.4 e 2.18. Onde, respectivamente, foram realizados os procedimentos de radiância espectral, refletância, mosaico, classificação supervisionada e acurácia do mapeamento.

A calibração radiométrica (CR) ou o cálculo da radiância espectral foi realizado no Qgis 3.22.4 por meio da ferramenta “calculadora raster”, onde foi empregada a equação proposta por Markhan e Baker (1987) (equação 1). Nesse sentido, a CR pode ser definida como a conversão do nível de cinza de cada pixel e banda em radiância monocromática, que representa a energia solar refletida por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 (OLIVEIRA, 2012).

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: $L_{\lambda i}$ = Radiância espectral; a = radiância espectral mínima; b = radiância espectral máxima; ND = intensidade do pixel (valor inteiro entre 0 e 255); i = bandas 1,2... e 7 dos satélites LANDSAT 5 e 7.

O cálculo da refletância foi realizado por meio da calculadora raster do software Qgis 3.22.4 por meio da equação de Allen et al. (2002) (equação 2). Esse procedimento é definido como a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente (OLIVEIRA, 2012).

$$p_{\lambda i} = \frac{\pi * L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} * \cos Z * d_r} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: $L_{\lambda i}$ = Radiância espectral de cada banda; $K_{\lambda i}$ = irradiância solar espectral de cada banda; Z = ângulo zenital solar; d_r = quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DAS) (OLIVEIRA, 2012).

Para o mapeamento do uso das terras dos anos 1989, 2005 e 2019 foi realizada a classificação supervisionada das imagens de satélite por meio do método da Máxima Verossimilhança (MaxVer), no software Qgis 3.22.4, das bandas 5-4-3 e Landsat 5 e 6-5-4 Landsat 8, por meio da ferramenta “Semi-Automatic Classification Plugin”. Esse método de classificação trabalha com a análise das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes utilizando critérios estatísticos. Onde, parte da compreensão de que todas as bandas possuem distribuição normal e calcula a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe específica (MENESES e ALMEIDA, 2012). A classificação supervisionada contou com o auxílio dos dados de uso e cobertura da terra do Mapbiomas (2023), e das imagens do Google Earth (2023), para o treinamento das classes temáticas.

A validação estatística para a classificação supervisionada foi realizada a partir do índice Kappa, que pode ser obtido a partir de uma matriz de confusão. Esse índice varia de 0 (concordância nula) a 1 (concordância perfeita) (MENESES e ALMEIDA, 2012). O cálculo do índice Kappa foi realizado em dois passos, em que, no primeiro foi construída uma nuvem de pontos aleatórios sob os mapas de uso da terra a partir da ferramenta “Accuracy Assessment os Thematic Maps” (AcATaMa) no software Qgis 3.22.4. Depois os pontos foram classificados de acordo com as classes de uso da terra obtidas com o auxílio do Mapbiomas (2023), e das imagens do Google Earth Pro (2023), e em seguida foi obtida a acurácia global dos mapeamentos, no AcATaMa, conjugada com os dados referentes ao erro da matriz de confusão. O segundo passo foi o cálculo do índice Kappa em uma planilha a partir da fórmula obtida na equação 3 (FIGUEIREDO e VIEIRA, 2007). No quadro 2 se encontra a qualificação do mapeamento do uso da terra a partir da interpretação do índice Kappa em razão do grau de concordância.

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^c X_{ii} - \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

K = Estimativa do coeficiente Kappa;

x_{ii} = Valor da linha i e coluna i ;

x_{i+} = Soma da linha i da matriz de confusão;

x_{+i} = Soma da coluna i da matriz de confusão;

n = Número total de amostras;

c = Número total de classes;

Quadro 2. Qualificação do mapeamento de acordo com o índice Kappa.

Índice Kappa	Concordância
0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Bom
0,61 a 0,80	Muito Bom
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

A validação estatística do mapeamento do uso da terra foi realizada pela obtenção do índice Kappa, onde os resultados podem ser encontrados na tabela 1.

Tabela 1. Validação estatística pelo Índice Kappa e por acurácia global

Ano	Índice Kappa	Qualidade	Acurácia Global
1989	0,73	Muito Bom	85%
2005	0,86	Excelente	91%
2019	0,83	Excelente	89%

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

O mapeamento para o ano de 1989 apresentou índice Kappa de 0,73, onde sua qualidade foi considerada como muito boa. Os mapas de uso da terra realizados para os anos de 2005 e 2016 possuem respectivamente coeficiente Kappa equivalente a 0,86 e 0,83, onde se pode afirmar que a qualidade do mapeamento foi excelente. Nesse sentido, Silva e Bacani (2018) obtiveram índice de concordância Kappa de qualidade excelente para os mapeamentos de uso da terra no Pantanal de

Aquidauana para os mapas dos anos 1994, 1993, 2000 e 2015. Em mapeamento do uso da terra para a região de Hefei, China, Lu et al. (2019) obtiveram coeficiente Kappa excelente para os anos de 1987, 1992, 19997, 2002, 2007, 2011, 2012, 2014, 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da classificação supervisionada se pôde obter as classes de uso e ocupação da terra para os municípios de Belém do São Francisco, Cabrobó e Itacuruba-PE, para os anos de 1989, 2005 e 2019. Os resultados da classificação do uso da terra para os anos de 1989, 2005 e 2019, nos municípios de Belém do São Francisco, Cabrobó e Itacuruba – PE podem ser encontrados dentro da Tabela 2.

Tabela 2. Distribuição das classes de uso da terra nos anos de 1989, 2005 e 2019, nos municípios de Belém do São Francisco, Cabrobó e Itacuruba - PE

Classe de Uso da Terra	1989 (%)	2005 (%)	2019 (%)
Área urbanizada	0,09	0,19	0,19
Solo exposto	2,71	5,02	5,96
Agricultura	7,05	7,79	8,04
Pastagem Natural	37,24	41,90	42,64
Área florestal	52,14	44,28	42,68
Corpos hídricos continentais	0,77	0,82	0,49

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Nota-se que dentro do período analisado a classe área urbanizada não possuiu grande representatividade, seja em termos de crescimento (0,10%), seja em termos de área, uma vez que nesses municípios não há grande dinamismo dentro da vida urbana.

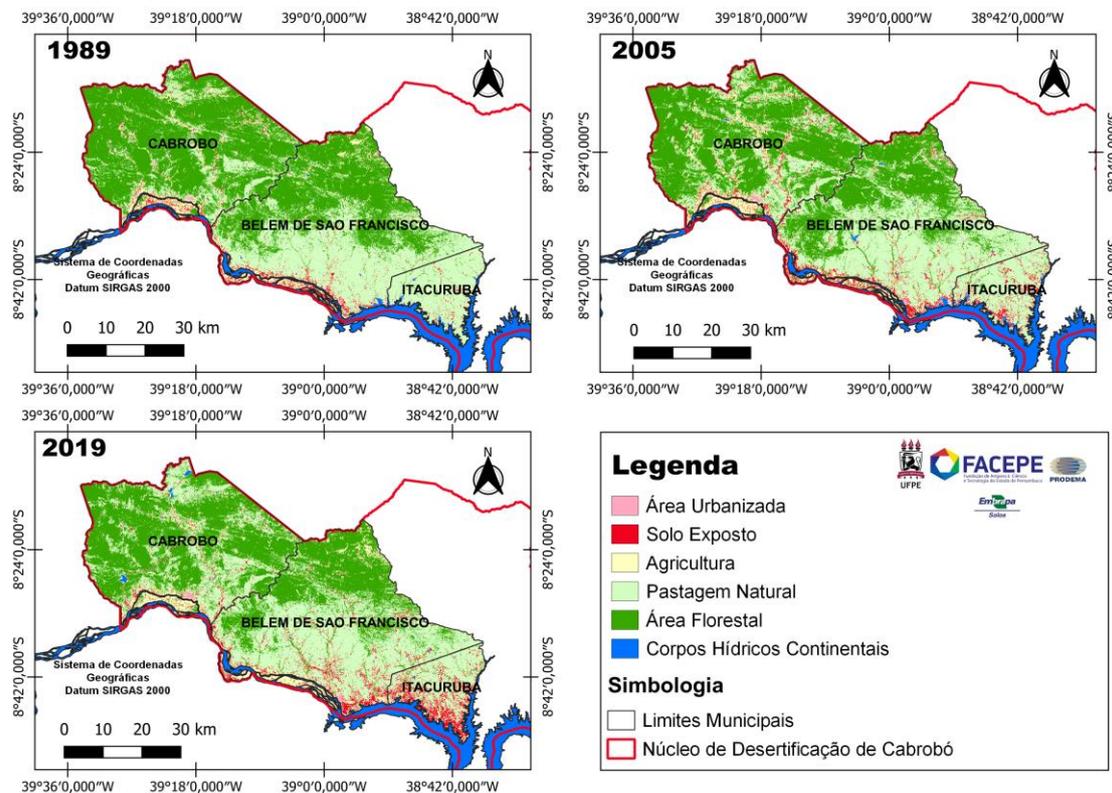
A classe que representa a agricultura em 1989 representava 7,05% da área de estudo, em 2005 chegou a ocupar cerca de 7,79%, para em 2019 compor 8,04% dos municípios estudados. Essas mudanças representam um aumento de 0,99% dessa classe no período estudado. A substituição da caatinga por áreas de agricultura pode resultar em degradação ambiental, sobretudo quando não respeitados os limites e as potencialidades do meio físico. O aumento das áreas agrícolas na região conta, sobretudo com a técnica da irrigação para sua implementação, e nesse sentido, Ide e Andrade (2017) constataram que em Cabrobó o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) impactou na ampliação de áreas irrigadas no Vale do Riacho Terra, que foi perenizado com a liberação de água do PISF, onde antes da perenização havia 68,8 hectares irrigados, passou a ter cerca de 194,5 hectares após a perenização.

A prática de agricultura irrigada na área de estudo acontece, sobretudo, próximo a açudes e reservatórios de água, porém tem grande representatividade nas ilhas do leito principal do rio São Francisco. como o caso da ilha de Assunção que tem seus solos intensamente cultivados por práticas da agricultura familiar (SANTANA, 2015). Outra região onde há a prática de agricultura irrigada é o perímetro irrigado de Manga de Baixo, localizado no sul de Belém do São Francisco, que foi instalado pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) em 1987 e conta com cerca de 93 hectares de área total (COSTA e ALBUQUERQUE, 2020).

Percebe-se mudanças na classe de uso da terra de área florestal, que no ano de 1989 representava 52,14% da região estudada, já em 2005 recobria 44,28% dos municípios, e em 2019, 42,68% estava incorporada as áreas florestadas com pecuária. O que indica uma redução

de 9,46% dessa classe de uso no período entre 1989 e 2019. Na Figura 2 é possível observar o mapa da evolução do uso da terra na área de estudo durante o período de estudado.

Figura 2. Evolução espaço-temporal do uso da terra dos municípios de Belém do São Francisco, Cabrobó e Itacuruba-PE para os anos de 1989, 2005 e 2019



Org. Elaboração dos Autores (2022)

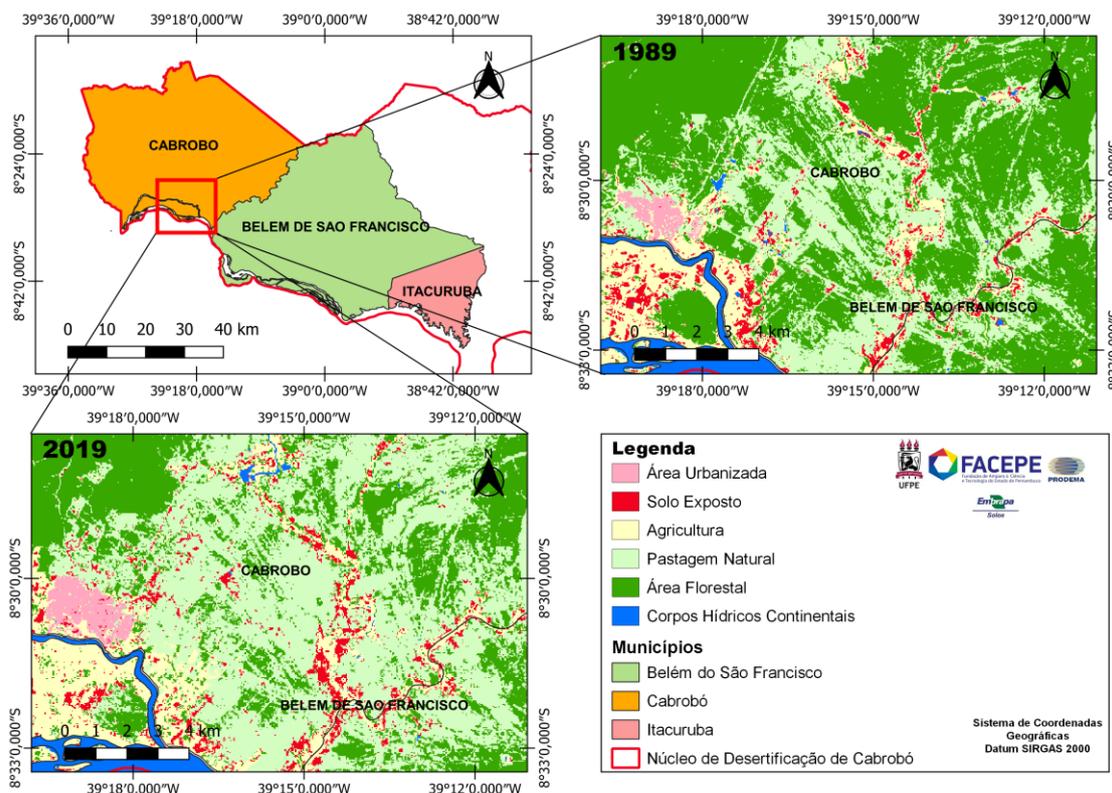
Na área de estudo há áreas em que predominam a vegetação natural associadas ao pastoreio extensivo, e foram classificadas como pastagem natural. As áreas de pastagem natural ocupavam cerca de 37,24% da área de estudo em 1989, e foram ampliadas para 41,90% em 2005, e atingiram índices de 42,64% da área de estudo em 2019, resultando em um acréscimo de 5,4% no período analisado. Em estudo realizado em Canudos-BA, Oliveira Júnior, Pereira e Silva (2022) encontraram tendência de aumento das áreas relacionadas a pastagem, onde, pode-se manifestar num crescimento de 5,7% no período entre 1977 – 2017. A figura 3 demonstra a expansão das áreas de pastoreio sob áreas de vegetação natural dentro de um recorte no município de Cabrobó-PE.

A classe que representa o solo exposto em 1989 representava 2,71% da cobertura da área de estudo, possuindo um aumento 3,25% nos 30 anos analisados, onde em 2019 estava recobrando cerca de 5,96% dos municípios de Belém do São Francisco, Cabrobó e Itacuruba-PE. Em estudo realizado no semiárido do estado de Sergipe, Fernandes et al. (2020), encontraram um aumento de 3,77% de áreas com solo exposto no período entre 1992 e 2017.

Com isso, nota-se que na área de estudo pode haver degradação ambiental relacionada ao uso do solo, uma vez que o aumento de áreas de solo exposto indica que a pressão antrópica pode estar causando impactos negativos na área de estudo. Pois, o solo exposto representa alguns dos piores impactos ambientais na caatinga, pois podem estar associados a processos erosivos, já que áreas de solo exposto, e com pouca cobertura vegetal apresentam altos potenciais erosivos; além de

representarem perda da diversidade biológica em relação da flora, microrganismos do solo e a fauna (SANTOS e SANTOS, 2019).

Figura 3. Recorte espaço-temporal de trinta anos dentro do município de Cabrobó-PE demonstrando a evolução do uso e cobertura da terra.



Org. Elaboração dos Autores (2022)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No mapeamento de uso e cobertura da terra se pôde observar o aumento das áreas de solo exposto, na ordem de 3,25%, e redução das áreas florestais por volta de 9,46%. Isso indica que o uso da terra pode estar gerando impactos negativos ao meio físico natural na área de estudo. Associado a redução das áreas florestais, ocorreu o aumento das áreas de pastagem natural, na ordem de 5,4% no período analisado.

A redução da cobertura vegetal e o aumento do solo exposto podem aumentar a suscetibilidade a processos erosivos, o que pode representar ao longo do tempo em perda da capacidade produtiva do solo e também contribuir com os processos de desertificação, uma vez que a área de estudo se encontra numa região propensa a esse fenômeno.

Espera-se que os resultados obtidos possam ser utilizados no planejamento espacial dos municípios de Belém do São Francisco, Cabrobó e Itacuruba-PE, uma vez que quando se conhece a distribuição do uso da terra, pode-se antecipar ações de mitigação aos processos que podem vir a degradar o meio físico natural da região.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco pela concessão da bolsa de mestrado por meio do edital 14/2020 (Deivid Souza), que tornou viável a pesquisa, e também pela concessão de bolsa de mestrado por meio do edital 24/2021 (Deyse Ferreira). A EMBRAPA Solos UEP-Recife pelo apoio e orientação na pessoa do Professor José Coelho de Araújo Filho.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 97p., 2002.
- ASSIS, J. M. O.; CALADO, L. O.; SOUZA, W. M.; SOBRAL, M. C. Mapeamento do uso e ocupação do solo no município de Belém de São Francisco – PE nos anos de 1985 e 2010. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 7, n. 5, p. 859-870, 2014.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Atlas das áreas suscetíveis à desertificação do Brasil. Brasília, DF, 2007. 134 p.
- COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, p. 64-72, 2014.
- COSTA, F. R. da; ALBUQUERQUE, B. C. D. de. Perímetros irrigados, comunidade e sustentabilidade: uma revisão de literatura. *Cadernos Cajuína*, v. 5, n. 3, p. 498-513, 2020.
- DUARTE, Miqueias Lima; SILVA, Tatiana Acácio; COSTA, Heron Salazar. MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA, E PREVISÃO DE CENÁRIOS FUTUROS EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA NA REGIÃO SUL DO ESTADO DO AMAZONAS. *Caderno de Geografia*, v. 32, n. 71, p. 1097-1097, 2022.
- FERNANDES, Milton Marques et al. Assessment of land use and land cover changes and valuation of carbon stocks in the Sergipe semiarid region, Brazil: 1992–2030. *Land use policy*, v. 99, p. 104795, 2020.
- FIGUEIREDO, Geíza Coutinho; VIEIRA, Carlos Antonio Oliveira. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, v. 13, p. 5755-5762, 2007.
- GOOGLE EARTH. Google Earth Website, 2023. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-8.83249753,-38.78081382,721.34055412a,597582.46831879d,35y,0h,0t,0r>. Acesso em 04/01/2023
- HAN, Huiran; YANG, Chengfeng; SONG, Jinping. Scenario simulation and the prediction of land use and land cover change in Beijing, China. *Sustainability*, v. 7, n. 4, p. 4260-4279, 2015.
- IDE, Andre Keiiti; ANDRADE, Marcia Cristiane Kravetz. Impactos da perenização do Riacho Terra Nova na agricultura irrigada do município de Cabrobó/PE. *Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 10, n. 6, 2017.
- LANDIS, J. Richard; KOCH, Gary G. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics*, p. 363-374, 1977.
- LECHNER, Alex M.; FOODY, Giles M.; BOYD, Doreen S. Applications in remote sensing to forest ecology and management. *One Earth*, v. 2, n. 5, p. 405-412, 2020.
- LU, Y.; WU, P.; MA, X.; LI, X.. Detection and prediction of land use/land cover change using spatiotemporal data fusion and the Cellular Automata–Markov model. *Environmental monitoring and assessment*, v. 191, n. 2, p. 1-19, 2019.
- MAPBIOMAS. O projeto. Mapbiomas Brasil, 2023. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Acesso em: 04/01/2023.
- MAPBIOMAS. Plataforma – MapBiomas Brasil. Mapbiomas Brasil, 2023. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 04/01/2023

MARKHAM, B. L.; BARKER, L. L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. *International Journal of Remote Sensing*, v.8, n.3, p.517-523, 1987.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. *Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto*. 1. ed. Brasília: CNPq, 2012.

OLIVEIRA, T. H. Mudança espaço temporal do uso e cobertura do solo e estimativa do balanço de energia e evapotranspiração diária no município do Recife-PE. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Pós-graduação em geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, I.; PEREIRA, A. J.; SILVA, B. C. M. N.. USO E COBERTURA DA TERRA NO TRÓPICO SEMIÁRIDO. *Caderno de Geografia*, v. 32, n. 69, p. 619-619, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Convenção das Nações Unidas de combate à desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 1997.

PAULA, M. R.; CABRAL, J. B. P.; MARTINS, A. P. Uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na caracterização do uso da terra da bacia hidrográfica da UHE Caçu-GO. *Revista Geonorte, Edição Especial*, v. 4, n. 4, p. 1482-1490, 2012.

RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C. C.; SILVA, A. C. B. L. Estrutura da vegetação caducifólia espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. *Hoehnea*, v. 35, n. 2, p. 209-217, 2008.

ROSA, Roberto. *Introdução ao Geoprocessamento*. 1º edição. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2013.

SANTANA, Mayame de Brito. Caracterização e classificação de solos na ilha de Assunção, Cabrobó – Pernambuco. 2015. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

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

SILVA, D. G. et al. Análise Espaço-Temporal do Uso e Cobertura da Terra no Município de Exu, PE. *Clio Arqueológica*, v.31, n.3, p. 193-210, 2016.

SILVA, L. F.; BACANI, V. M. Detecção de mudanças e modelagem preditiva do uso da terra e da cobertura vegetal do Pantanal de Aquidauana-MS. *Geosp – Espaço e Tempo*, v. 22, n. 2, p. 437-456, 2018.

SOARES, D. B.; MOTA FILHO, F. O.; NÓBREGA, R. S. Sobre o processo de desertificação. *Revista Brasileira de Geografia Física*. Recife, v. 1, p. 174-178, 2011.

United States Geological Survey (USGS). *Landsat Satellite Missions*. U. S. Geological Survey, 2023. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-satellite-missions>. Acesso em: 03/01/2023

United States Geological Survey (USGS). *EarthExplorer*, 2022. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 22/07/2022

VASCONCELOS SOBRINHO, J. *Processos de desertificação ocorrentes no Nordeste do Brasil: sua gênese e sua contenção*. Recife: Convênio SEMA/SUDENE, 1982.

WEISS, Marie; JACOB, Frédéric; DUVEILLER, Grgory. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. *Remote sensing of environment*, v. 236, p. 111402, 2020.