

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO NO
MUNICÍPIO DE COCAL (PIAÚÍ)**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO EN EL
MUNICIPIO DE COCAL (PIAÚÍ)**

**MULTITEMPORAL ANALYSIS OF LAND USE AND LAND COVER IN THE
MUNICIPALITY OF COCAL (PIAÚÍ)**

Apresentação: Comunicação Oral

Luiz Felipe de Sousa Alves¹; Francisco Nataniel da Silva Santos²; Joseph Jonathan Dantas de Oliveira³ Ernando de Oliveira Macêdo⁴; Hernandes de Oliveira Feitosa⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IXCOINTERPDVAgro.0174>

RESUMO

Este estudo explora o impacto das práticas de uso e ocupação do solo na degradação ambiental, impulsionando o emprego de geotecnologias para análise. O objetivo é realizar uma avaliação multitemporal do uso e ocupação do solo em Cocal - PI, utilizando o Normalized Difference Vegetation Index e mapas da plataforma MAPBIOMAS. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat TM de 2010 e 2020, processadas no QGIS 3.22.3 para gerar cartas georreferenciadas do Normalized Difference Vegetation Index. O MAPBIOMAS foi empregado para comparar os resultados do Normalized Difference Vegetation Index e obter informações sobre o uso do solo. Os resultados evidenciam um aumento nas áreas urbanas, expansão da agricultura, diminuição das áreas florestais e hídricas. Esses resultados corroboram as cartas georreferenciadas e indicam que a maior parte do território em Cocal possui cobertura nativa, especialmente em zonas de preservação permanente. A conclusão destaca a necessidade de intervenções como fiscalização, sensibilização pública e políticas ambientais para mitigar a degradação e promover a utilização sustentável dos recursos naturais.

Palavras-Chave: Degradação do solo, Geotecnologias, Landsat, MapBiomass.

RESUMEN

Este estudio explora el impacto de las prácticas de uso y ocupación del suelo en la degradación ambiental, impulsando el uso de geotecnologías para su análisis. El objetivo es realizar una evaluación multitemporal del uso y ocupación del suelo en Cocal - PI, utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada y mapas de la plataforma MAPBIOMAS. Se utilizaron imágenes satelitales Landsat TM de 2010 y 2020, procesadas en QGIS 3.22.3 para generar mapas de Índice de Vegetación

1 Estudante do curso de Tecnologia em Agroecologia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI campus Cocal, luizfelipesousa356@gmail.com

2 Graduado em Agroecologia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI campus Cocal, ns3085268@gmail.com

3 Doutor em Agronomia, Docente dos curso de Tecnologia em Agroecologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN joseph.dantas@ifrn.edu.br

4 Mestre em Ciência Animal, Docente dos curso de Tecnologia em Agroecologia e do Técnico em Agropecuária. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI campus Cocal, ernando.macedo@ifpi.edu.br

5 Doutor em Engenharia Agrícola, Orientador, Docente dos cursos de Tecnologia em Agroecologia e do Técnico em Agropecuária. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI campus Cocal, hernandes.feitosa@ifpi.edu.br

de Diferencia Normalizada georreferenciados. MAPBIOMAS se utilizó para comparar los resultados del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada y obtener información sobre el uso del suelo. Los resultados muestran un aumento de las zonas urbanas, una expansión de la agricultura y una disminución de las zonas forestales y acuáticas. Estos resultados corroboran los mapas georreferenciados e indican que la mayor parte del territorio de Cocal tiene cobertura nativa, especialmente en las áreas de preservación permanente. La conclusión destaca la necesidad de intervenciones como la aplicación de la ley, la concienciación pública y las políticas medioambientales para mitigar la degradación y promover el uso sostenible de los recursos naturales.

Palabras Clave: Degradación del suelo, Geotecnologías, Landsat, MapBiomias.

ABSTRACT

This study explores the impact of land use and occupation practices on environmental degradation, driving the use of geotechnologies for analysis. The aim is to carry out a multi-temporal assessment of land use and occupation in Cocal - PI, using the Normalized Difference Vegetation Index and maps from the MAPBIOMAS platform. Landsat TM satellite images from 2010 and 2020 were used, processed in QGIS 3.22.3 to generate georeferenced Normalized Difference Vegetation Index maps. MAPBIOMAS was used to compare the results of the Normalized Difference Vegetation Index and obtain information on land use. The results show an increase in urban areas, expansion of agriculture and a decrease in forest and water areas. These results corroborate the georeferenced maps and indicate that most of the territory in Cocal has native cover, especially in permanent preservation areas. The conclusion highlights the need for interventions such as monitoring, public awareness and environmental policies to mitigate degradation and promote the sustainable use of natural resources.

Keywords: Land degradation, Geotechnologies, Landsat, MapBiomias.

INTRODUÇÃO

As questões ambientais são problemas decorrentes de gerações, pois o meio ambiente cada vez mais degradado e em déficit. Espécies entram em extinção, algumas florestas não existem mais e as águas estão cada vez mais insalubres. Agir juntamente com as políticas públicas e às leis, conservar o ambiente cada vez mais, prevendo sempre uma melhoria para as gerações futuras. Os processos de uso e ocupação do solo caracterizam-se, antes de tudo, como o uso que está sendo destinado a aquele solo, que atividade é produzida, que métodos de recuperação estão utilizados.

Nesse sentido isso indica alterações quantitativas nas dimensões de área por um dado tipo de uso do solo. Podem envolver a conversão de um uso para outro, ou a modificação do padrão de desenvolvimento do mesmo uso (ARSANJANI et al., 2011). Existe uma preocupação em termos de sustentabilidade ambiental para o bioma Pampa, já que conversões de uso contribuem para a supressão e degradação das áreas naturais. Há, portanto, necessidade de analisar as mudanças do uso do solo neste bioma.

Sabe-se que o uso indevido da terra pode ocasionar problemas irreversíveis ao meio ambiente em que vivemos, a partir deste identificamos os usos neste município. Nesse sentido, a presente pesquisa baseia-se na hipótese de que ocorreu uma escassez crescente dos recursos naturais no município de Cocal ao longo dos últimos anos, fruto das ações antrópicas.

“A conservação e a preservação de áreas com significativa relevância ecológica têm

ganhado destaque no Brasil e no mundo nas últimas décadas” (MACEDO, 2019). Sabendo disso a meios que Contribui para avaliar as mudanças dessa área e relacionar com causas e consequências, uma vez que é evidente a degradação ambiental nesse município e, portanto, auxiliar na adoção de medidas de conservação e no planejamento do uso do solo.

De maneira mais ampla, podemos afirmar que o uso indevido da terra pode e trás, na maioria das vezes, problemas irreversíveis ao meio ambiente. Dentre os problemas que vem afetando a fauna, a flora, a água, o solo, o ar e etc., podemos citar alguns como: desmatamento, poluição de rios e mares, queimadas, o uso de agrotóxicos, entre diversos outros.

O monitoramento da cobertura vegetal tem sido o principal enfoque no âmbito da conservação ambiental. Estudos neste seguimento têm apresentado a importância desse monitoramento, considerando o elevado impacto da vegetação nos processos físico-químicos, na conservação dos corpos hídricos, nas mudanças no comportamento do ciclo do carbono e nas mudanças climáticas, reforçando os estudos que investigam cenários para a conservação e mudança no padrão de ocupação dessas áreas (KENNEL et al., 2015).

Para além dos trabalhos realizados com imagens orbitais, o geoprocessamento tem se tornado central nos estudos e monitoramento dos atributos físicos e químicos dos solos. As técnicas de espacialização de dados de solos, com os métodos de interpolação que permite estimar valores para locais não amostrados, tem se tornado útil à compreensão da variabilidade espacial e temporal das propriedades dos solos e contribuído na implementação adequada de sistemas de manejo, bem como na recuperação de solos degradados (BOTTEGA et al., 2013).

O projeto Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil - MapBiomas, vem sendo desenvolvido por uma rede colaborativa de especialistas em sensoriamento remoto, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e biomas brasileiros, de vários órgãos, governamentais e não-governamentais, no âmbito da classificação da cobertura do solo em escala nacional (MAPBIOMAS. 2019). O MapBiomas utiliza, entre outros, dados de sensoriamento remoto processados em metodologias conhecidas (classificação de imagens, modelo de mistura espectral) para a geração de mapas anuais de cobertura e uso do solo dos biomas brasileiros desde 2000 (SOUZA et al., 2020).

Por meio da utilização primaria de dados digitais do Landsat MSS, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) espectral que separa vegetação verde do brilho do solo ao fundo. As imagens NDVI também são capazes de possibilitar, o monitoramento das dinâmicas climáticas de uma respectiva região de acordo com as condições cíclicas anual de precipitação e respectivamente as respostas das plantas aos regimes de chuva ou seca (RODRIGUES e ARAÚJO, 2018).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A expressão uso do solo pode ser compreendida como a maneira pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. O levantamento do uso do solo é de grande importância, na medida em que os efeitos do mau uso causam deterioração no ambiente. Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados de reservatórios e cursos d'água são consequências do mau uso deste solo (FERREIRA et al., 2005).

O uso do solo se relaciona com o modo em que o espaço geográfico é dominado pelo ser humano para desenvolver atividades socioeconômicas e funcionais, como construção de residências, comércios, indústrias, áreas recreativas, práticas agrícolas e outras. Por sua vez, a ocupação do solo refere-se às descrições físicas e biológicas da superfície terrestre, incluindo zonas agrícolas, florestas, massas de água, zonas seminaturais ou naturais e outras (TAKEDA, 2013).

Considerada como uma das ferramentas mais importantes para a execução de análises ambientais, as geotecnologias (Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas, GPS, etc.) consistem em um conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica (JUNIOR, et al., 2017), que auxiliam na produção de mapas, sendo este uma ferramenta crucial ao planejamento técnico-científico, norteando a tomada de decisão referente a utilização consciente da biodiversidade e da cobertura vegetal para unidades territoriais distintas (FERREIRA, et al., 2016; PEREIRA, et al.; 2020).

Além disso, as geotecnologias proporcionam maior agilidade e versatilidade, propagação das informações de maneira mais econômica e com maior agilidade (JUNIOR, et al., 2017). Conforme Eastman (2020), ferramentas de geoprocessamento foram desenvolvidas recentemente com uso de imagens de satélite para auxiliar na avaliação da cobertura do solo. Esses instrumentos possibilitam que pesquisadores observem, modelem, prevejam, qualifiquem e previnam, de forma mais eficaz, frequentes alterações no solo provenientes da expansão e apropriação humana, como danos nos ecossistemas, na biodiversidade, poluição hídrica e mudanças no clima.

Em conformidade com o IBGE (2020) e a EMBRAPA (2023), atualmente as terras brasileiras são usadas para diversos fins e seus usos podem ser classificados como: 21 área artificial, definida por áreas com edificações voltadas à habitação, indústrias, comercialização, recreação, circulação, aldeias indígenas e entre outros fins; pastagem, identificada como uma vegetação rasteira utilizada para o pastoreio de gado; lavoura, definida como áreas para cultivar,

ou seja, praticar a agricultura; silvicultura, característica de áreas com plantio florestal de espécies exóticas ou nativas; floresta, caracterizada como uma área coberta por mata, vegetação nativa ou não, podendo também ser áreas de conservação ou preservação; corpos de água, caracterizados pela inclusão de todas as águas interiores, como canais, riachos, rios e outros; área úmida, característica pela vegetação natural inundada por água salgada ou doce; área descoberta, caracterizado com locais sem vegetação, como rochas, penhascos e outros.

Segundo Aguiar e Gomes (2004), cerca de 95% da área do município estão distribuídas com litologias pertencentes às coberturas sedimentares relacionadas a seguir. Os Depósitos Colúvio Eluviais reúnem areia, argila, cascalho e laterito. O Grupo Barreiras está representado por arenito, conglomerado e argilito. A Formação Cabeças engloba arenito, conglomerado e siltito. A Formação Pimenteiras é constituída de arenito, siltito e folhelho. Repousando no final da sequência encontra-se o denominado Grupo Serra Grande, constando de conglomerado, arenito, intercalações de siltito e folhelho.

METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

A área de estudo da presente pesquisa é município de Cocal do Piauí, localizado na microrregião do Litoral Piauiense (Figura 01), compreendendo uma área de 914,51 km² e tendo como limites ao norte os municípios de Luís Correia e Bom Princípio do Piauí, ao sul Piracuruca e Cocal dos Alves, a leste Cocal dos Alves e a Região em litígio Piauí-Ceará, e a oeste Bom Princípio do Piauí, Buriti dos Lopes e Caraúbas do Piauí. A sede municipal tem as coordenadas geográficas de 03º 28'15" de latitude sul e 41º 33'18" de longitude oeste de Greenwich e distante 268 km de Teresina.

Figura 01: Localização da área do município de Cocal.



Fonte: Própria (2022).

Os recursos hídricos superficiais gerados no estado do Piauí estão representados pela bacia hidrográfica do rio Parnaíba. Trata-se da mais extensa dentre as 25 bacias da Vertente Nordeste e abrange o estado do Piauí e parte do Maranhão e do Ceará, ocupando uma área de 330.285 km², o equivalente a 3,9% do território nacional, e drena a quase totalidade do estado do Piauí e parte do Maranhão e do Ceará. O rio Parnaíba possui 1.400 quilômetros de extensão e a maioria dos afluentes localizados a jusante de Teresina são perenes e supridos por águas pluviais e subterrâneas. Depois do rio São Francisco, é o mais importante rio do Nordeste. No município de Cocal distinguem-se três domínios hidrogeológicos: rochas cristalinas, rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba e as do Grupo Barreiras e os depósitos colúvio-eluviais.(AGUIAR, 2004)

A partir desse viés esta pesquisa analisa e caracteriza o uso do solo no município de Cocal, quantificando assim as atividades ali presentes e a produção dessas atividades em áreas de preservação permanente. Assim, a problemática da presente pesquisa parte da necessidade de utilizar a geotecnologia para compreender a dinâmica e uso solo no município de Cocal.

2.2 Aquisição de imagem de satélite para determinação do NDVI

Foi utilizada imagens do satélite Landsat 7 e 8 TM (Mapeador Temático), através do catálogo de imagens do United States Geological Survey (USGS). A imagem do satélite utilizada para o projeto foi referente aos anos de 2010 e 2020, correspondendo a área do município de Cocal. Para a realização das etapas para geração das cartas georreferenciadas do NDVI foi utilizada o software gratuito QGIS versão 3.22.3. A primeira etapa realizada no QGIS foi processamento da calibração radiométrica.

Em que: “a” e “b” são radiâncias espectrais mínimas e máximas ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) obtidos em CHANDLER E MARKHAM (2009); ND é a intensidade do pixel (número inteiro entre 0 e 255) e; “i” cada banda do satélite Landsat 8. Com a radiância de cada banda calculada, efetivou-se a determinação das reflectâncias citadas acima.

Em que: $L\lambda_i$ é a radiância espectral de cada banda; $k\lambda_i$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($Wm^{-2} \mu m^{-1}$) obtidos em Allen et al. (2007); Z é o ângulo zenital solar e dr é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_o) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA). O quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_o) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

Em que o argumento em função do cosseno está em radianos. O valor médio anual de dr é igual a 1 e o mesmo varia entre 0,97 e 1,03, aproximadamente. Quando a área de estudo

tem declividade pequena ou nula, o cosseno do ângulo de incidência da radiação solar é obtido a partir do Ângulo de elevação do Sol (E).

A obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) proposto por Rouse et al. (1973), apresenta uma variação entre -1 e 1. Os valores positivos e mais próximos de 1 constituem superfícies verdes com maior vigor, enquanto que os valores negativos equivalem a água ou nuvens. Solos descobertos e rochas refletem na faixa do vermelho e infravermelho próximo quase na mesma proporção, e o NDVI se aproxima de 0.

O NDVI é o indicador que foi avaliado pixel a pixel através da razão entre a diferença das reflectâncias das faixas do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e vermelho (ρ_V) com a soma das mesmas, bandas 4 e 5 do TM Landsat 7 e 8, respectivamente.

Assim essa etapa para o processamento das imagens a fim de calcular o NDVI se resume a figura 2.

Figura 02: Esquema das etapas para calcular o NDVI



Fonte: Própria (2022).

2.3 Operacionalização na plataforma MAPBIOMAS versão 6.0

No ambiente da plataforma MAPBIOMAS, conforme a Figura 3, por meio da ferramenta de pesquisa, foi selecionado o município de Cocal do Piauí.

Figura 03: Menu Principal da Plataforma



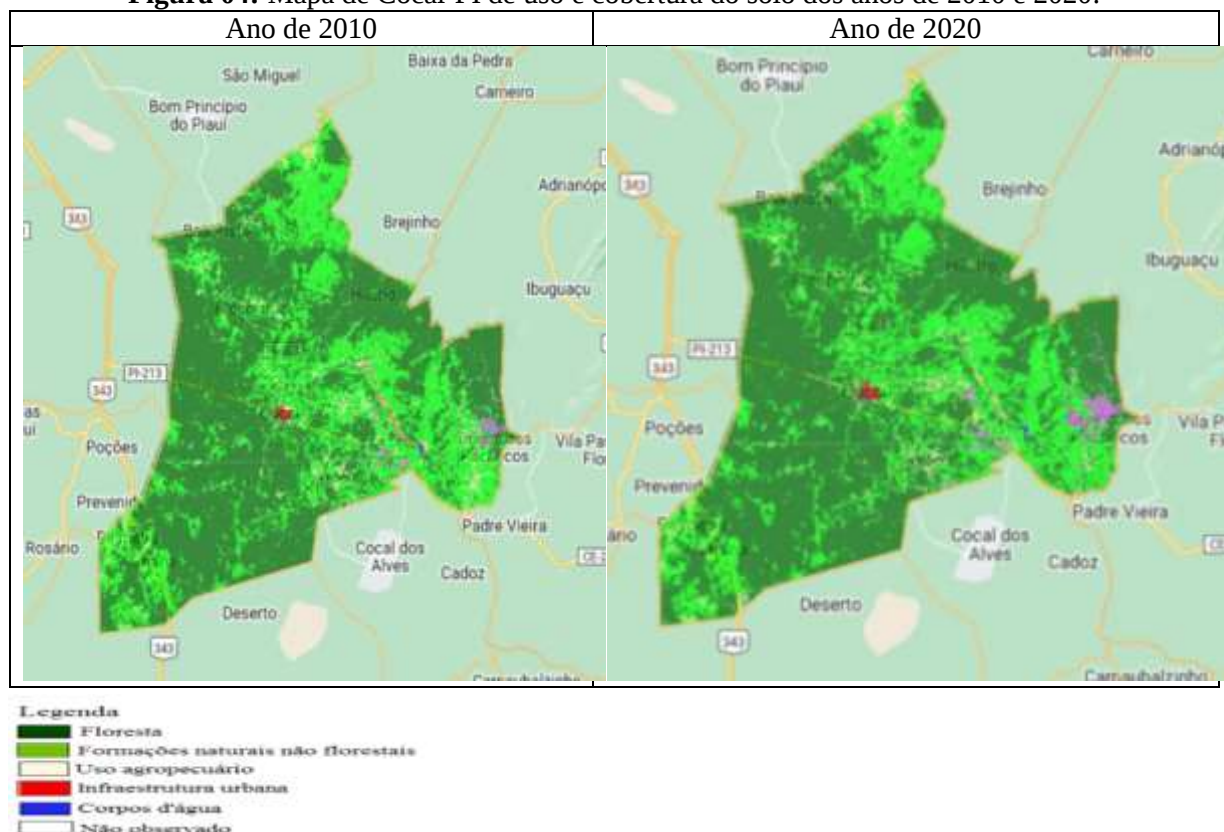
Fonte: Própria (2022)

Posteriormente foi realizada a exportação dos dados de cobertura do solo referente aos anos 2010 e 2020, mesmos anos das imagens de satélite para o NDVI, a fim de analisar o comportamento da classificação automatizada pelo MAPBIOMAS e comparar com os resultados do mapa de NDVI processado no QGIS. Depois do mapeamento realizado para a região escolhida, foi obtido os dados estatísticos em forma de tabela valores das áreas para cada classe existente na área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da plataforma do MAPBIOMAS foi possível verificar os múltiplos tipos de classes da cobertura do solo tais como: floresta, formações não vegetadas, uso agropecuário, corpos hídricos e infraestrutura urbana como caracteriza a Figura 04. Na citada figura pode comparar os mapas de uso e ocupação do solo no município de Cocal para os anos de 2010 e 2020 e, podemos observar que após 10 anos houve aumento expressivo do perímetro urbano, da área de pastagem na região do Brejinho e de áreas de cultivo agrícola na região do campestre, consequente redução de floresta. Vale salientar que a área denominada como infraestrutura urbana coincide com a área urbana detectada na carta georreferenciada do NDVI de Cocal.

Figura 04: Mapa de Cocal-PI de uso e cobertura do solo dos anos de 2010 e 2020.



Fonte: Própria (2022).

Percebeu-se ainda que a concentração da urbanização é fator que contribui bastante para o desmatamento da vegetação e em Cocal houve um crescimento populacional de 0,70% ao ano durante a última década. Esses resultados corroboram os achados de Oliveira e Aquino (2015) que em 2010, averiguou que o bairro Vale do Gavião havia mudanças nas categorias de Uso e Cobertura do solo estabelecidas, ocorreu redução das classes vegetação Arbustiva e Arbórea – estas que, em 1985, aviam 99,27% da área de estudo (bairro Vale do Gavião), em 2010, sua área é diminuída a 55,18%.

Na Tabela 1 estão descritas as quantidades de áreas de uso e ocupação de solo do município de Cocal nos anos de 2010 e 2020, em hectares, conforme as classes automatizadas geradas no MAPBIOMAS. Observa-se uma redução de 0,36% na quantidade de área de floresta ao longo dos anos e, a área de formação natural não florestal mais que dobrou (110,78%), refletindo num aumento de áreas para uso agropecuário, redução de áreas não vegetadas, como também diminuição dos corpos d'água em 21,45% e, consequente aumento do perímetro urbano em aproximadamente 40%.

Tabela 01: Área do solo do município de Cocal-PI conforme as classes automatizadas no MAPBIOMAS nos anos de 2010 e 2020.

Classes	2010	2020	Diferença (%)
Floresta	124284 ha	123836 ha	- 0,36
Formações naturais não florestais	167 ha	352 ha	110,78
Uso agropecuário	4307 ha	4829 ha	12,11
Corpos d'água	65 ha	51 ha	- 21,54
Infraestrutura urbana	224 ha	312 ha	39,23

Fonte: Própria (2022)

Estudos conduzidos por Francisco et al. (2012), afirmam que esse comportamento temporal dá uma ideia da capacidade de recuperação da vegetação, que aumenta a biomassa, onde também este comportamento pode estar relacionado com a ocorrência de maior umidade nestas áreas. Já Santos e Negri (1997) afirmam que variáveis climáticas, tais como a precipitação e a temperatura da superfície terrestre, e que as oscilações entre as estações seca e úmida durante o ano e entre os diferentes anos, com condições de maior ou menor secura, influenciam de forma direta o comportamento fenológico das plantas.

Situação similar observada por Esquerdo et al. (2018) avaliando a dinâmica de uso e cobertura da terra em Santo Afonso-MT. No entanto, não é possível afirmar que tais transições tenham ocorrido de forma direta entre uma classe temática para outra ao longo do tempo

(ANTUNES et al., 2019).

Esses resultados corroboram com Sousa et al. (2008) e Barbosa et al. (2009), avaliando a vegetação a evolução da cobertura vegetal e o uso agrícola do solo dos municípios de Boa Vista e Lagoa Seca, Estado da Paraíba, observaram que a cobertura florestal sofreu redução também ao longo dos anos estudados, sendo relacionados com o elevado uso das terras para pecuária extensiva e a ocorrência significativa do aumento de áreas exploradas com a pecuária na região, respectivamente.

Para Ramalho Filho (1995), a palavra “terra” não denomina apenas o solo em si como a base de sustentação do meio, mas sim todos os elementos e fatores ambientais que tem a capacidade de influenciar na manutenção do ecossistema. Diante tal premissa, com o intuito de preservar e conservar os recursos naturais existentes no planeta, proceder ao levantamento de uso e ocupação do solo, torna-se uma ferramenta expressiva, já que auxilia no conhecimento dos vários tipos de uso do solo que existem (RODRÍGUEZ, 2005).

A expressão “uso dos solos” ou “uso da terra” conforme Rosa (2003), dentre suas interpretações, pode ser compreendida como a maneira pela qual a ocupação se dá no espaço físico, no entanto, o estudo do uso dos solos consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização antrópica, ou quando não é feito uso pelo homem, da caracterização dos tipos de vegetação natural que recobrem o solo.

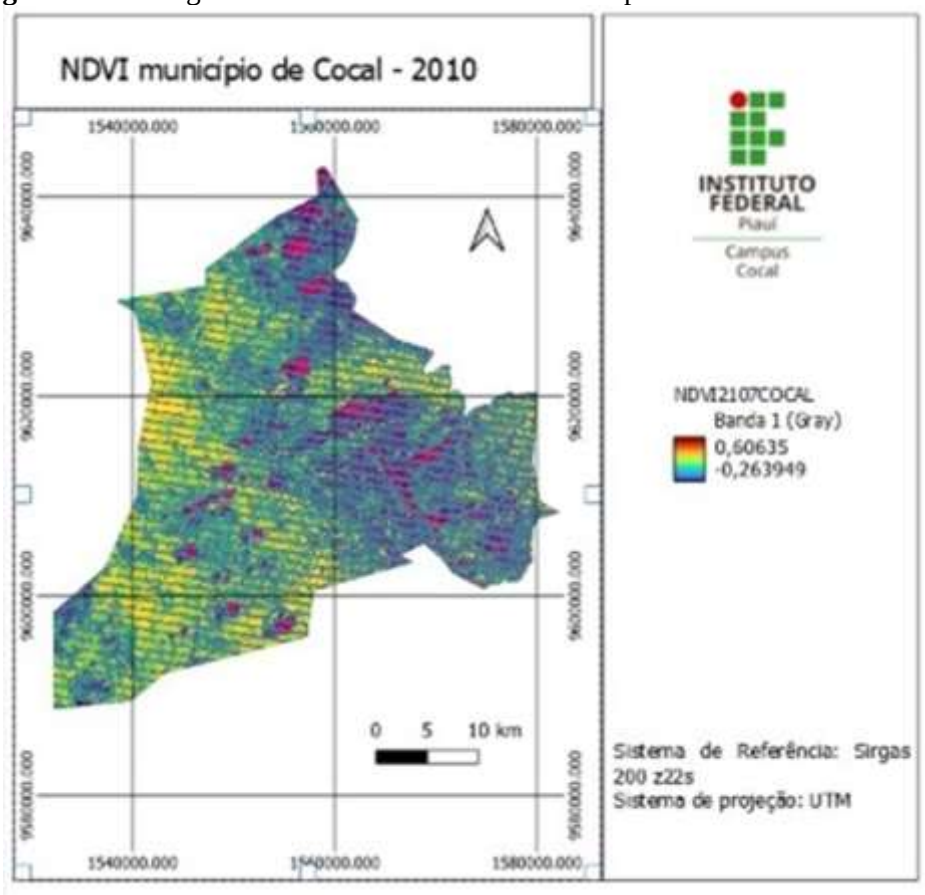
A utilização de forma inadequada dos recursos naturais desencadeia a degradação ambiental, uma vez que pode resultar no assoreamento dos cursos d’água; menor disponibilidade de água para irrigação; redução da produtividade agrícola; dentre outras problemáticas (CANDIDO, 2008). Diante tal fato, Silva et al. (2013), cita que a gestão dos recursos naturais é fundamental para entender a realidade dos impactos do homem e o ecossistema de forma integrada, possibilitando a elaboração de formas de mitigar os impactos causados e assegurar o uso sustentável de recursos naturais.

No decorrer das últimas décadas, as intervenções que o homem realiza no meio físico é motivo de preocupação, de modo que se elevam cada vez mais em relação ao sistema ambiental. Diante disso, as alterações no relevo, solo e cobertura vegetal, elementos que compõem o ambiente, resultam no comprometimento da funcionalidade do sistema, modificando seu equilíbrio dinâmico, sendo a interferência em maior ou menor grau, em relação às características ligadas ao meio (FRANCO, 2010; FRANCO et al., 2012).

Conforme a Figura 05 detalhou-se a variabilidade espacial do município de Cocal para o ano 2010, onde os valores de NDVI variaram de valor mínimo (-0,2639), valor máximo (0,60635), valor médio (0,1712) e desvio padrão (0,433). Sendo que perímetros com ausência

de folhas verdes em vigor, notou-se valores próximos de 0, valores negativos foram analisados para áreas com presença de água e valores próximos a 1 indicaram áreas com maior densidade de vegetação. Observou-se que no município de Cocal no ano de 2010, a região na cor tendendo ao vermelho representa os menores valores de NDVI que constata o centro urbano do município e algumas comunidades rurais, como exemplo as comunidades de Lagoa de Dentro, Mundo Novo, Campus de Umarizeira mais ao norte e ao sul do município como a comunidade do Campestre.

Figura 05: Carta georreferenciada de NDVI no município de Cocal no ano de 2010.



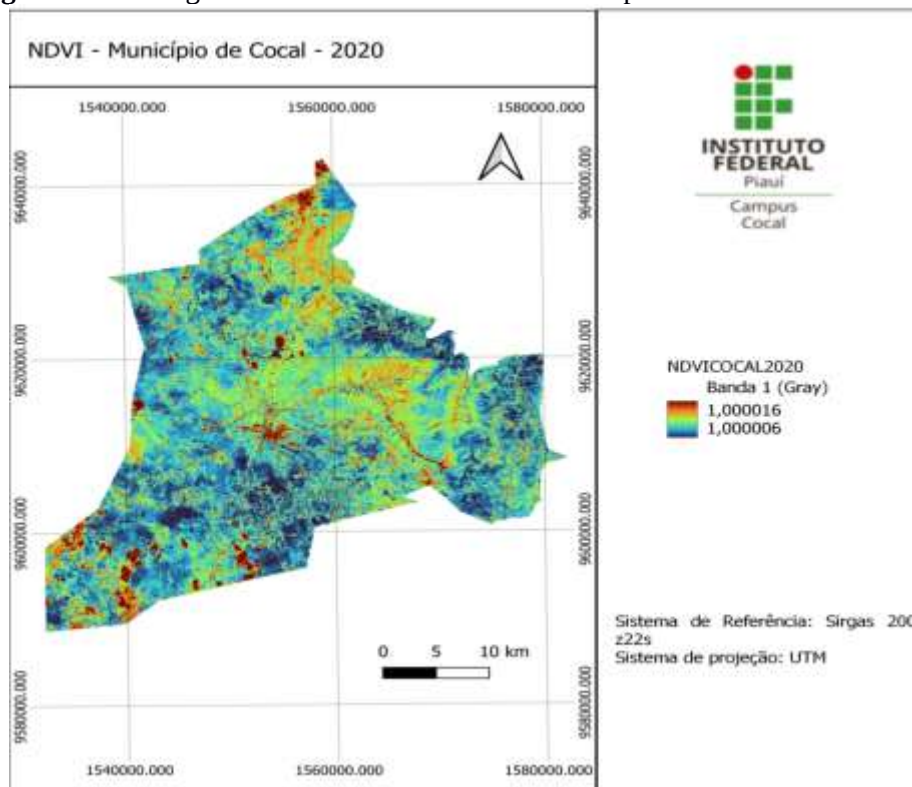
Fonte: Própria (2022)

Segundo Rosendo e Rosa (2007), afirma que o NDVI possui a propriedade de variar entre -1 a +1 e quanto mais próximo de 1 maior a densidade da cobertura vegetal. De acordo com Huete e Tucker (1991), os valores de NDVI para os solos expostos são, geralmente, na faixa de 0,05 a 0,30, apesar de que as propriedades óticas do solo não permitem definir um intervalo rigoroso de valores de NDVI para solos com pouca ou nenhuma vegetação. Como observado na Figura 6, a área que compreende parte norte do município de Cocal no ano de 2020 revela esta característica atribuída ao solo, onde áreas tendendo ao vermelho intenso com valores próximo de -1 caracterizada por corpos d'água, perímetro urbano, áreas do setor

agropecuário, e valores tendo a 1, como cores azul e verde caracterizando áreas vegetadas e de floresta mais densa.

O espaço geográfico representado com valores de NDVI próximo de 1 representam regiões com vegetação estressada ou área degradada pela ação antrópica, enquanto as áreas com NDVI maior que 0,44, são regiões de vegetação em vigor.(ALMEIDA et al., 2018). Na Figura 06, podemos ver que as regiões tendendo ao vermelho são locais como perímetro urbano, corpos hídricos e áreas cultivadas sejam para produção de alimentos e/ou pastagens. Áreas tende do verde ao azul são vegetações em formação ou áreas com florestas mais intensas, assim, o comportamento espectral dessas estruturas está em função dos valores obtidos no dossel da vegetação.

Figura 06: Carta georreferenciada de NDVI no município de Cocal no ano de 2020.



Fonte: Própria (2022).

Sensível as variações ocorridas sob o substrato do dossel o NDVI, consegue separar os alvos que são visíveis sob os dosséis como solo exposto, atribuindo índices com baixos valores para esses alvos e valores altos para substratos mais escuros (JENSEN, 2009). Segundo Lira et al (2008) o NDVI é um dos índices mas comumente aplicado em razão de compensar a interferência do solo, as variações da atmosfera e as variações do zênite solar. Rêgo et al (2012), afirmam que vários índices podem ser alterados em função de diferentes fatores como posição

das folhas, arquitetura do dossel, substrato, características químicas das folhas e presença da água.

Com aumento da retirada da cobertura vegetal há o favorecimento no aumento da área de solo exposto e as interferências do meio externo penetram de modo mais eficaz na área preservada. Segundo Gu et al (2008), Valores de NDVI mais altos refletem maior vigor e capacidade fotossintética de cobertura vegetal, enquanto os valores de NDVI mais baixos são reflexo de estresse vegetativo, resultando em reduções de clorofila e as mudanças na estrutura interna das folhas provocando o murchamento da planta.

A diminuição da vegetação no município se dá em decorrência do aumento das atividades agrícolas, de forma que, as atividades realizadas nas áreas vegetadas principalmente em áreas de preservação merecem total atenção porque as ações que ocorrem nessas áreas influenciam diretamente na dinâmica e equilíbrio da biota da área de preservação. PACIENCIA, et al. (2004), afirmam que as bordas são áreas mais propensas as perturbações externas onde as intensidades de fluxo biológico se modificam de forma brusca devido a mudanças do ambiente preservado identificado como matriz, para outro ambiente com condições bióticas diferentes da matriz denominada como fragmento.

Ainda de acordo com os referidos autores, condições adversas podem decorrer deste efeito de maneira negativa para a matriz preservada como: aumento da penetração da luz solar e maior incidência de ventos, como consequência destas alterações tem-se o aumento da temperatura no ambiente, diminuição da umidade relativa do ar e do solo favorecendo estresse hídrico no local.

A retirada da cobertura vegetal está diretamente associada ao aumento das construções nas áreas mais próximas aos centros urbanos, ao tratar-se de uma área de interesse turístico e em pleno desenvolvimento o aumento de edificações de casas de veraneio, hotéis e pousadas, tem favorecido a diminuição da cobertura vegetal. Segundo Carvalho (2009), os municípios de Tamandaré e Rio Formoso estão incluídos junto com outros municípios do litoral de Pernambuco em um plano de desenvolvimento econômico turístico, que visa estimular a atividade turística no Nordeste, incentivando a permanência do turista na Região, induzindo novos investimentos na infra-estrutura turística e a partir destas iniciativas gerar emprego e renda, com a exploração direta e indireta da atividade turística.

A produção agrícola é pequena e de subsistência a produção de alimentos, culturas temporárias, algumas culturas perenes, com sistemas agrossilvipastoril. A criação de animais também é pequena e difícil nos períodos de seca, no entanto, é uma importante atividade na complementação da renda, pois uma pequena parte dos produtos é vendida em feiras, porém,

apesar de toda a importância dessa região, a exploração dos recursos naturais é contínua.

CONCLUSÕES

Os impactos causados pelas atividades humanas têm uma grande influência negativa no município de Cocal. Dentre elas por meio da análise espaço-temporal das imagens de 2010 e 2020, evidencia o aumento das áreas degradadas, o menor índice de vegetação por diferença normalizada.

As informações obtidas pela plataforma MABBIOMAS demonstram aumento de áreas agrícolas principalmente nas comunidades do Campestre (Produção agrícola) e Brejinho (pastagens), criação de animais, assim, como aumento do perímetro urbano ao longo de 10 anos.

Quanto aos mapas de NDVI conclui-se que ocorreu redução de grande parte da cobertura vegetal nativa do município de Cocal, principalmente no que diz respeito a áreas de preservação permanente, havendo a necessidade de desenvolver ações de fiscalização, conscientização da população, políticas pública voltadas para o meio ambiente, no sentido de diminuir as atividades de degradação, concomitantemente com ações de incentivo ao uso dos recursos naturais existentes de maneira sustentável.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, ROBÉRIO BÔTO. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Cocal** / Organização do texto [por] Robério Bôto de Aguiar [e] José Roberto de Carvalho Gomes - Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004.

ALMEIDA, D.N.O.; OLIVEIRA, L.M.M.;CANDEIAS, A.L.B.; BEZERRA, U.A.; LEITE, A.C.S. Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.4, n.1. 058-068.2018.

ANTUNES, J. F. G.; ESQUERDO, J. C. D. M.; COUTINHO, A. C.; SANTOS, J. L. DOS; PARIZZI, T. N. T.; BERTOLO, L. S. Análise das mudanças do uso e cobertura da terra no Estado de Mato Grosso por meio do geoportal TerraClass. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19, 2019, Santos. **Anais...**Santos, 2019.

ARSANJANI J.J.; KAINZ W.; MOUSIVAND A.J. Tracking dynamic land-use change using spatially explicit Markov Chain based on cellular automata: the case of Tehran. **International Journal of Image & Data Fusion**. Dec; v.2 (4). p. 329–45. 2011.

BARBOSA JUNIOR, E. V.; GALVÍNCIO, J. D. Análise climatológica da quadra chuvosa do município de Belém de São Francisco – PE, para o período de 1962 a 2009. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 2, nº 2, Recife. 2009.

BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F.A.C.; SOUZA, C. M. A.; Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 1-9, jan-mar, 2013.

CANDIDO, H. G. **Degradação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Uberaba/ MG**. 2008. 96 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2008.

CARVALHO, A. G. **Turismo e produção no espaço litoral de Pernambuco**. Dissertação de mestrado em Geografia - Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, São Paulo, p.98. 2009.

CHANDER. G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D.L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**. v.113, p. 893-903, 2009.

ESQUERDO, J. C. D. M.; ANTUNES, J. F. G.; COUTINHO, A. C.; SANTOS., J. L.; PARIZZI, T. N. T.; BERTOLO. L. S. Avaliação da dinâmica de uso e cobertura da terra em municípios da BAP a partir da plataforma Web dos dados TerraClass Amazônia In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 7., 2018, Jardim. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2016.

EASTMAN, D. **O A a Z dos usos da terra: entendendo as especificidades do uso da terra**. 10 agos. 2020.

EMBRAPA. **Agricultura e preservação ambiental**. 2023.

FRANCISCO, P.R.M.; CHAVES, I.B.; LIMA, E.R.V.L.; BANDEIRA, M.M.; SILVA, B.B. Mapeamento da Caatinga com Uso de Geotecnologia e Análise da Umidade Antecedente em Bacia Hidrográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.03. p.676-693. 2012.

FRANCO, G. B. **Fragilidade ambiental e qualidade da água na Bacia do Rio Almada – Bahia**. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010. 345 p.

FRANCO, G. B.; BETIM, L. S.; MARQUES, E. A. G.; GOMES, R. L. CHAGAS, C. S. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, , v. 42, (Suppl 1). 2012.

FeRREIRA, A. B.; SANTOS, C. R.; BRITO, J. L. S.; ROSA, R. Análise comparativa do uso e ocupação do solo na área de influência da Usina Hidrelétrica Capim Branco I a partir de técnicas de geoprocessamento. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Goiânia. 2005.

GU, Y.; HUNT, E.; WARDLOW, B.; BASARA, J.B.; BROWN, J.F.; VERDIN, J.P.; Evaluation of MODIS NDVI and NDWI four vegetation drought monitoring using Oklahoma mesonete soil moisture data. **Geophysical Research Letterers**, vol.35 L22401, doi:10.1029/2008 GL035772, 2008.

HUETE, A. R.; TUCKER, C. J. Investigation of soil influence in AVHRR red and near infrared

vegetation index imagery. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v.12, p.1223-1242. 1991.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil 2016 - 2018**. Rio de Janeiro. 2020. (v.1, n.6).

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto da Vegetação. In: _____. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, p. 357-410. 2009.

MENGATTO JUNIOR, E. A. M.; SILVA, J. S.V.; OLIVEIRA, R.C. **Geotecnologias no planejamento e ordenamento territorial**. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto –SBSR, INPE –Santos (SP), 4835-4842. 2017. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162042/1/MengatoJr-XVIIIISBSR-2017.pdf>.

KENNEL, E.; HUBBART, J. A.; IKEM, A. A comparison of forest and agricultural shallow groundwater chemical status a century after land use change. **Science of the Total Environment**, v. 529, p. 82–90, 2015.

LIRA,V.M; SILVA, B.B.; NETO, J.D.; FARIAS, M.S.S.; BEZERRA, V.C.; FRANCO, E.S.; ANDRADE, A.R.S. Análise espectral de índice de vegetação em área irrigada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**. v.1 n.1 Set.- Dez. 2008 ISSN 1983-6325.

MACEDO, C. E.S. **Estimativa dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI na Unidade de Conservação do Parque Estadual das Carnaúbas – CE com utilização de técnicas do sensoriamento remoto**. 2019. 84 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MAPBIOMAS. **MapBiomas General “Handbook” Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)**, Collection 4, Version 6.0. 2019. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em julho de 2020.

OLIVEIRA, C.E; AQUINO, C.M.S. **crescimento urbano e impactos sobre a cobertura vegetal no bairro Vale do Gavião - Teresina – PI**. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, v. 17, n. 2, p. 68-84, Jul. 2015. Disponível em: <http://uvanet.br/rcgs>.

PACIENCIA, M. L. B.; PRADO, J.; Efeitos de borda sobre a comunidade de pteridófitas na Mata Atlântica da região de Una, sul da Bahia, Brasil, **Revista Brasil Botânica.**, v.27, n.4, p.641-653, out. - dez. 2004. Acesso em: 21/05/22.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K, J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro (Município): EMBRAPA-CNPS, 1995, 65p.

RÊGO, S. C. A.; LIMA, P. P. S.; LIMA, M. N. S.; MONTEIRO, T. R. R., Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos Cariri - PB, **Revista Geonorte**, Edição especial, V.2, N.4 p.1217-1229, 2012.

RODRIGUES, R. B.; ARAUJO, S. M. S. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento no Contexto Brasileiro e Internacional: Ferramentas para a Análise da Vegetação. **Rev. Científica Semana Acadêmica**. v. 1, n. 154, p. 1-21, 2018.

RODRÍGUEZ, A. C. M. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados na análise da legislação ambiental no município de São Sebastião (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, SP. 2005.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia, MG: Edufu, 5ª ed. 2003.

ROSENDO, S. J.; ROSA, R. **Análise da detecção de mudanças no uso da terra e cobertura vegetal utilizando a diferença de índices de vegetação**. In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4209-4216.

SANTOS, P.; NEGRI, A. J. A comparasion of the normalized difference vegetation index and rainfall for the Amazon and northeastern Brazil. **Journal of Applied Meteorology**, Washington, v.36, n.7, p. 958-965. 1997.

SILVA, F. B. da; OLIVEIRA, C.W.; NESS, R. L. L.; ARAÚJO, R. S.; ARAÚJO, G. P. de; SILVA, V. **Determinação do índice de área foliar (IAF) e do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) na chapada do Araripe através de imagens de satélite (LandSAT 5 TM), diferentes anos, na estação seca**. VI Encontro Nacional da Anapas, 18-21 de setembro de 2013, Belém –PA –Brasil.

SOUZA JR., C. M., SHIMBO, J. Z., ROSA, M. R., PARENTE, L. L., ALENCAR, A. A., RUDORFF, B. F. T., HASENACK, H., MATSUMOTO, M., FERREIRA, L. G., SOUZA-FILHO, P. W., OLIVEIRA, S. W. de, ROCHA, W. F., FONSECA, A. V. MARQUES, C. B., DINIZ, C. G., COSTA, D., MONTEIRO, D., ROSA, E. R., VÉLEZ-MARTIN, E., WEBER, E. J., LENTI, F. E. B., PATERNOST, F. F., PAREYN, F. G. C., SIQUEIRA, J. V., VIERA, J. L., FERREIRA-NETO, L. C., SARAIVA, M. M., SALES, M. H., SALGADO, M. P. G., VASCONCELOS, R., GALANO, S., MESQUITA, V. V. & AZEVEDO, T. (2020). **Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine**. *Remote Sensing*, 12(17), 2735. <https://doi:10.3390/rs12172735>.

SOUSA, R. F. de; BARBOSA, M. P.; SOUSA JÚNIOR, S. P. de; Nery, A. R.; LIMA, A. N. de.. Estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Boa Vista-PB, utilizando geoprocessamento. **Caatinga**, v.21, n.3, p.22-30. 2008.

