

# ANÁLISE DAS MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NO BIOMA CAATINGA ATRAVÉS DO SENSORIAMENTO REMOTO BASEADO EM NUVEM

Jennifer Marinho do Nascimento Fernandes<sup>1</sup>

Jose Charriere Gomes Pereira<sup>2</sup>

Richarde Marques da Silva<sup>3</sup>

Elen Mayara de Sousa Batista<sup>4</sup>

Alaine de Sousa Pereira<sup>5</sup>

Lucas Almeida Monte<sup>6</sup>

Jorge Flávio Cazé Braga da Costa Silva<sup>7</sup>

## INTRODUÇÃO

Em grande parte das zonas semiáridas do mundo, verificam-se inúmeros cenários de degradação das paisagens, decorrentes de fenômenos naturais e também decorrentes de usos e ocupações desordenadas. Essas questões trazem prejuízos não só ao meio físico natural, mas também elevam os impactos negativos e afetam diretamente a sociedade (THOMPSON e FIDALGO, 2013). O nível de degradação de algumas áreas gera riscos de desertificação em determinados pontos (EMBRAPA, 2020). A identificação e avaliação das alterações geradas na vegetação do bioma Caatinga são fundamentais para que haja maior aprofundamento nos estudos de cunho ambiental. Tendo em vista o alto valor financeiro necessário para a realização de estudos ambientais *in locu*, uma solução viável e acessível é a utilização do sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto baseado em nuvem, vem se mostrando uma alternativa relevante no que se refere à obtenção e automatização de grandes volumes de dados (SANTOS et al., 2020; CARDILLE et al., 2022), sendo o Google Earth Engine (GEE) um exemplo de plataforma de aquisição e processamento de produtos de sensoriamento remoto em nuvem.

---

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Geografia (Mestrado) da Universidade Federal da Paraíba, [jennifer.marinho@hotmail.com](mailto:jennifer.marinho@hotmail.com).

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Geografia (Mestrado), da Universidade Federal da Paraíba, [charrieregomes2018@gmail.com](mailto:charrieregomes2018@gmail.com).

<sup>3</sup> Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba, [richarde.marques@academico.ufpb.br](mailto:richarde.marques@academico.ufpb.br).

<sup>4</sup> Programa de Pós-graduação em Geografia (Mestrado) da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, [elenmayaaraa@gmail.com](mailto:elenmayaaraa@gmail.com);

<sup>5</sup> Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. Graduanda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, [alainejosefa.45@gmail.com](mailto:alainejosefa.45@gmail.com).

<sup>6</sup> Programa de Pós-graduação em Geografia (Doutorado) da Universidade Federal da Paraíba, [lucasmonte@ufpi.edu.br](mailto:lucasmonte@ufpi.edu.br).

<sup>7</sup> Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual da Paraíba, [jorgekzbra@gmail.com](mailto:jorgekzbra@gmail.com).

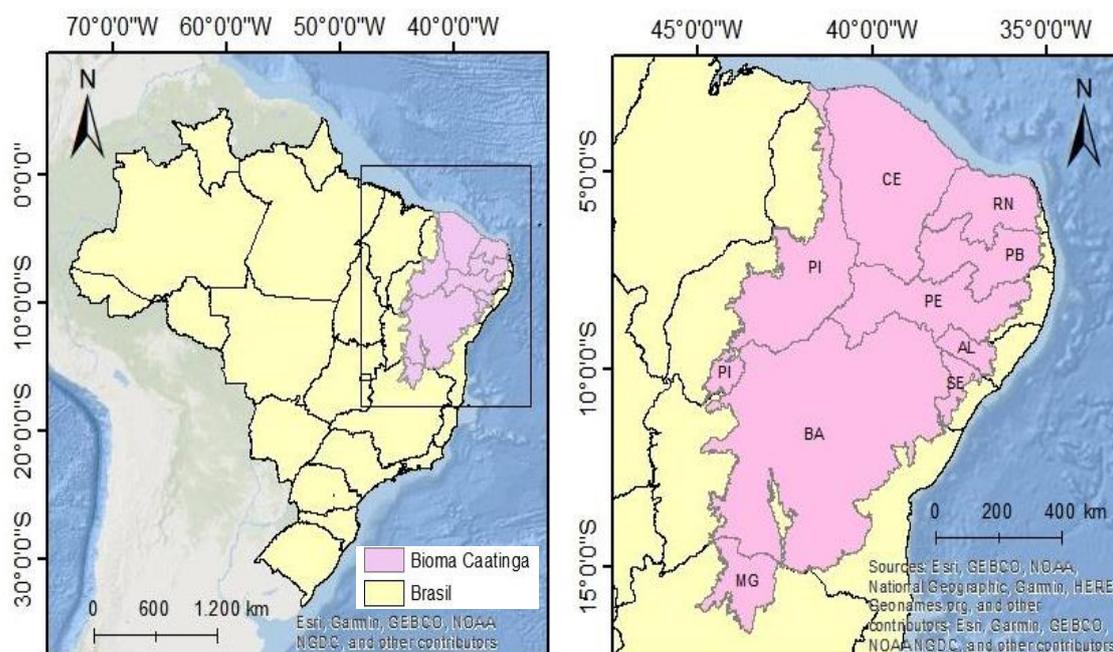
Estima-se que 80% da vegetação do bioma encontra-se modificada, ocasionados pelo extrativismo e a agropecuária extensiva (ARAÚJO FILHO, 1996). Portanto, estudá-lo é imprescindível para contribuir com a sua conservação e preservação. Dessa forma, analisar a variabilidade espacial do uso e ocupação da terra no Bioma Caatinga é fundamental para elaboração de estudos que possam contribuir no planejamento de políticas e medidas de preservação desse ecossistema. Nesse sentido, o presente trabalho analisa as mudanças ocorridas no uso e ocupação da terra do Bioma Caatinga para os anos de 2001, 2010 e 2020.

## METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

### A Área de Estudo

O Bioma Caatinga está localizado predominantemente na Região Nordeste (Figura 1), ocorrendo também em uma área da Região Sudeste (norte do Estado de Minas Gerais). Possui o clima semiárido, com índices de precipitação inferiores a 800 mm anuais e totaliza uma área de 862 mil km<sup>2</sup>, equivalente a cerca de 10% do território nacional, abrangendo os Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Minas Gerais.

**Figura 1** - Localização geográfica da área de estudo



O Bioma Caatinga possui irregularidade pluviométrica, elevadas médias de temperatura e altas taxas de evaporação, além de possuir solos frágeis, férteis e sensíveis aos processos erosivos, que geram elevados índices de degradação ambiental (MYERS et al., 2000). No semiárido brasileiro, as principais características do regime hidrológico são a irregularidade na distribuição espacial e temporal das chuvas e a ocorrência de chuvas de alta intensidade, que influenciam o escoamento superficial.

### **Bases de dados**

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) que está a bordo dos satélites Terra e Aqua, fornecidos pela National Aeronautics and Space Administration (NASA). As imagens MODIS, do produto anual MCD12Q1, que mapeia o tipo de cobertura do solo, com resolução espacial de 500 m, possibilita realizar uma comparação espacial e temporal coerente do uso e cobertura da terra (TESTA et al., 2018). Além disso também foram usados dados do produto MOD13A2, versão 6.1, do sensor MODIS, para adquirir o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), que auxilia a partir do realce da vegetação a análise de suas alterações (SENA, 2017; ARAÚJO, 2018) e o Enhanced Vegetation Index (EVI) que significa Índice de Vegetação Melhorado. Os índices são calculados a partir da escolha dos pixels com melhores valores disponíveis a cada 16 dias, utilizando como critérios a menor quantidade de nuvens, o menor ângulo de visão e os maiores valores de NDVI/EVI.

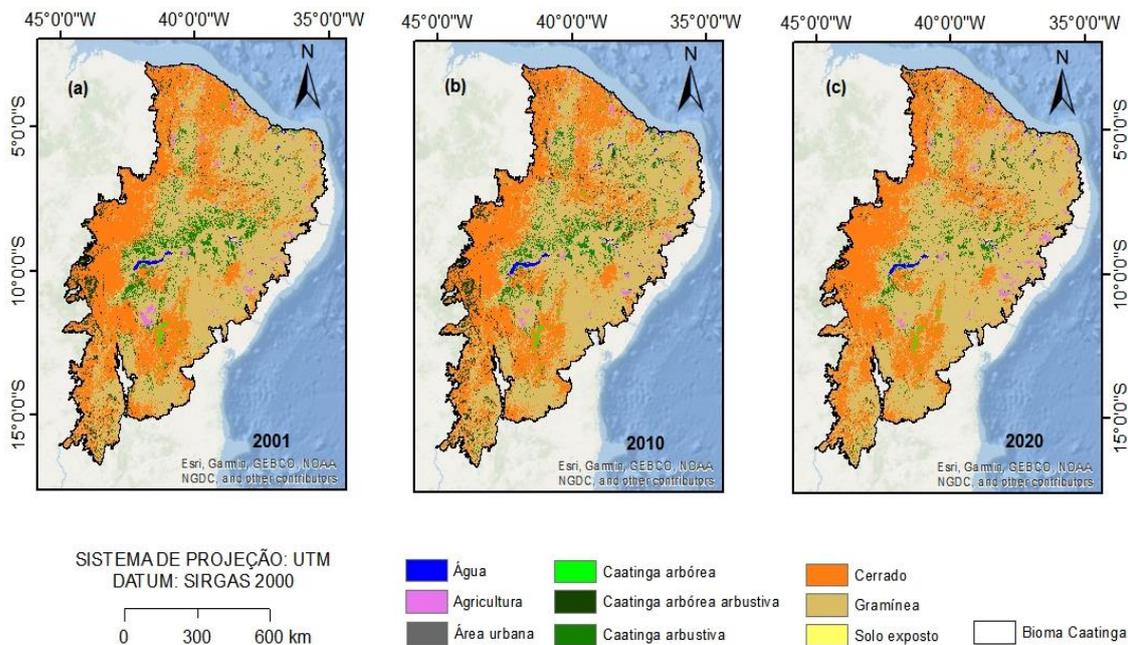
### **Monitoramento das mudanças no uso e ocupação da terra**

O monitoramento das mudanças no uso e ocupação da terra foram realizados usando a plataforma GEE (GORELICK et al. 2017). O GEE é uma plataforma para processamento de imagens de satélite em escala global (ZURQANI et al. 2018). Essa plataforma se consolidou devido à sua aplicabilidade no desenvolvimento de estudos de cunho ambiental. É amplamente utilizado para identificação das modificações geradas na vegetação, principalmente em relação aos níveis de degradação. Diversos estudos que utilizam técnicas do sensoriamento remoto vêm sendo amplamente empregados em pesquisas que visam identificar as transformações na vegetação de Caatinga. Uma dessas técnicas é a aplicação de Índices de Vegetação (IV), modelos matemáticos vinculados à reflectância da cobertura vegetal (NOVO, 2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de uso e ocupação do solo no ano de 2001 (Figura 2a), mostra a presença de caatinga arbórea, arbórea arbustiva, e arbustiva, principalmente no centro do Bioma junto com algumas áreas pontuais de agricultura, sendo a maior parte do Bioma composto por gramíneas e Cerrado. No ano de 2010 (Figura 2b), pode-se observar que houve uma diminuição da caatinga arbórea e manteve-se a predominância de gramíneas e Cerrado no Bioma Caatinga. E em 2020 (Figura 2c), as gramíneas e o Cerrado continuaram prevalecendo sobre os outros usos. Além de mostrar a diminuição das vegetações Caatinga arbustiva e arbórea arbustiva.

**Figura 2** - Mapa de Uso e ocupação do Bioma Caatinga do período de 2001-2020



A Tabela 1 apresenta dados do uso e ocupação do solo na área de estudo para os anos 2001, 2010 e 2020. Nota-se uma tendência de expansão das atividades agrícolas e de pastagem em detrimento de áreas de vegetação natural, como a Caatinga e o Cerrado. A análise dos dados revela uma expansão da área agrícola, onde ocupava em 2001 uma área de 10.727 km<sup>2</sup>, passando para 8.126 km<sup>2</sup> em 2010 e para 13.058 km<sup>2</sup> em 2020. Esse crescimento pode ser reflexo de uma intensificação das atividades agrícolas, possivelmente impulsionada por uma demanda crescente por alimentos e produtos agrícolas.

**Tabela 1** – Uso e ocupação da terra em km<sup>2</sup> entre 2001 e 2020

Uso e Ocupação do Solo	2001 área (km <sup>2</sup> )	2010 área (km <sup>2</sup> )	2020 área (km <sup>2</sup> )
Água	4.179	5.031	4.138
Gramínea	461.187	469.519	505.910
Solo exposto	872	840	647
Área urbana	1.958	1.959	1.961
Caatinga arborea	3.178	2.448	2.560
Caatinga arbustiva	48.458	41.258	25.154
Caatinga arborea- arbustiva	22.767	33.231	14.523
Cerrado	310.845	301.759	296.220
Agricultura	10.727	8.126	13.058
<b>Área Total</b>			<b>864.170</b>

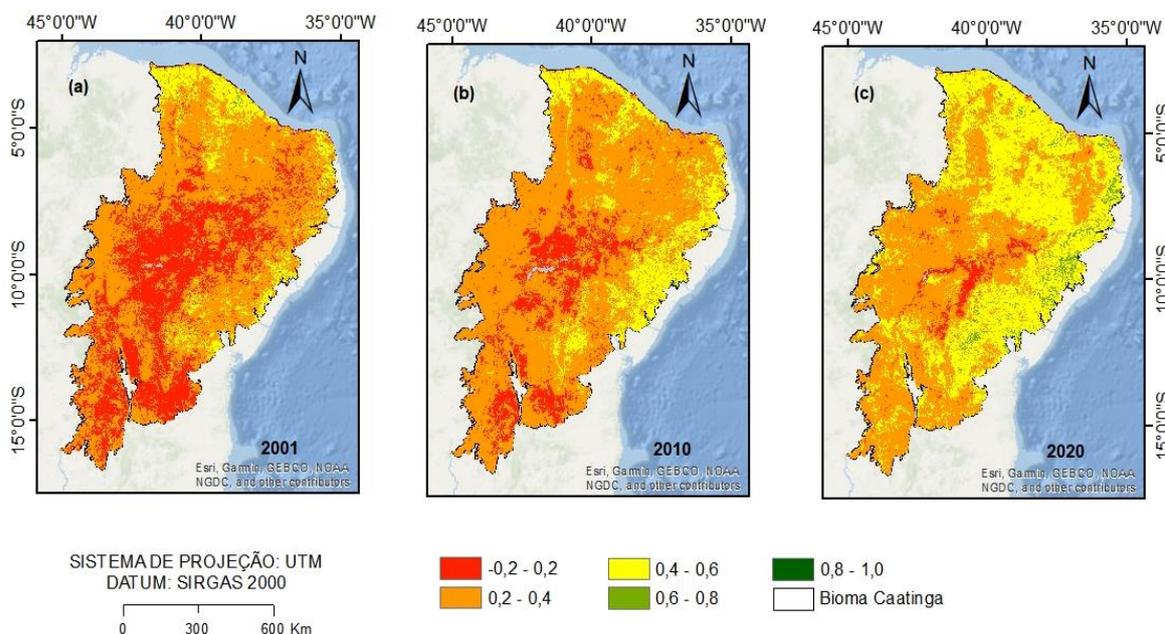
Com relação as mudanças na vegetação de "Caatinga arbustiva", nota-se uma redução de 48.458 km<sup>2</sup> em 2001 para 25.154 km<sup>2</sup> em 2020. A "Caatinga arbórea-arbustiva" também sofreu uma redução (22.767 km<sup>2</sup> em 2001 para 13.456 km<sup>2</sup> em 2020). Essa diminuição indica uma possível degradação ou conversão dessas áreas para outros usos, como agricultura ou pastagem, o que pode ter implicações importantes para a biodiversidade e para a sustentabilidade dos ecossistemas locais. A expansão da área ocupada por gramíneas aumentou ao longo do período, passando de 461.187 km<sup>2</sup> em 2001 para 505.910 km<sup>2</sup> em 2020. Esse aumento pode estar associado à expansão de áreas de pastagem, o que, por sua vez, pode estar relacionado ao crescimento da pecuária na região. Os resultados mostram ainda uma estabilidade na classe áreas urbanas e de solo exposto, que apresentam pequena variação ao longo do tempo, sugerindo uma relativa estabilidade nessas categorias. As áreas urbanas mantêm-se praticamente inalteradas, com uma pequena variação de 1.958 km<sup>2</sup> em 2001 para 1.961 km<sup>2</sup> em 2020. O solo exposto diminuiu ligeiramente, de 872 km<sup>2</sup> em 2001 para 647 km<sup>2</sup> em 2020.

Pode-se destacar ainda que houve uma redução na área de água e Cerrado, na qual a classe corpos d'água apresentou uma leve diminuição, de 4.179 km<sup>2</sup> em 2001 para 4.138 km<sup>2</sup> em 2020. Já o Cerrado sofreu uma redução mais significativa, de 310.845 km<sup>2</sup> em 2001 para 296.220 km<sup>2</sup> em 2020. Essas reduções podem estar associadas a processos de degradação ambiental, como desmatamento, mudanças climáticas e uso intensivo dos recursos naturais.

A Figura 3 mostra os valores do EVI do mês de Junho do período de 2001-2020. Os resultados mostram uma recuperação gradual da vegetação na Caatinga entre 2001 e 2020, com a expansão de áreas de maior densidade vegetal (tons amarelos e verdes) e a redução

de áreas degradadas (vermelho). Essa tendência sugere impactos positivos de políticas de conservação e mudanças ambientais favoráveis.

**Figura 3 - Distribuição do EVI do mês de Junho do período de 2001-2020**

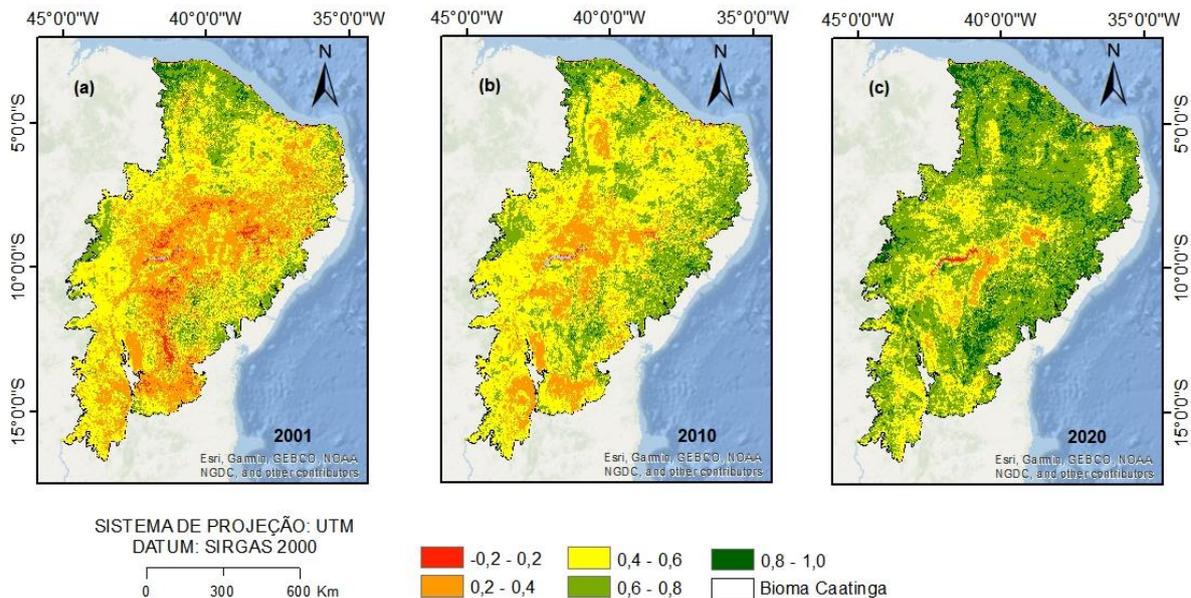


A Figura 4 apresenta os valores de NDVI do mês de Junho do período de 2001-2020. Diante dos resultados obtidos pela espacialização dos mapas de EVI e NDVI, pode-se constatar que esses índices de vegetação se complementam. Isso fica claro, por exemplo, no ano de 2001 no mapa de EVI que traz a predominância de valores mais próximos de -1. Em contrapartida, no mapa de NDVI, no mesmo ano, os valores estão mais próximos de 1. O mesmo ocorre nos mapas de ambos os índices em 2020. Os resultados da variação espacial desses índices podem ser mais bem visualizados na Tabela 2.

**Tabela 2. Área do EVI e NDVI estimados para o Bioma Caatinga**

CLASSES	EVI (km <sup>2</sup> )			NDVI (km <sup>2</sup> )		
	2001	2010	2020	2001	2010	2020
-0,2 - 0,2	267.586,90	115.150,70	51.694,13	23.496,15	19.920,25	23.285,55
0,2 - 0,4	509.854,40	613.824,10	446.018,50	478.884,50	452.923,80	473.383,78
0,4 - 0,6	83.015,91	130.718,00	361.711,40	355.293,50	344.193,90	330.488,10
0,6 - 0,8	1.262,84	2.082,45	2.500,84	1240,55	43.301,30	33.737,40
0,8 - 1,0	279,95	224,75	75,13	3.085,30	1.660,75	1.105,17

**Figura 4.** Distribuição do NDVI do mês de Junho do período de 2001-2020



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou a distribuição espacial e temporal das mudanças e transformações no uso e ocupação da Terra ocorridas no Bioma Caatinga no período de 2001 a 2020 através dos índices EVI e NDVI. Identificou-se com os resultados que significativas mudanças ocorreram na vegetação de Caatinga, no intervalo de vinte anos, principalmente a redução da vegetação por áreas não vegetadas. No mapa de 2001, as gramíneas ocupam a maior parte da área, superando em extensão o cerrado. As áreas de agricultura estão presentes, mas são pontuais. Já em 2010, as áreas de agricultura expandiram-se avançando sobre as áreas de gramíneas e cerrado. Essa expansão indica um aumento das atividades agrícolas na região. Além disso, houve um aumento nas áreas de solo exposto e áreas urbanas, sugerindo uma maior urbanização e desmatamento. E em 2020, esse padrão permaneceu. Houve a predominância de gramíneas e cerrado em toda a área do bioma.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto; Bioma Caatinga; EVI; NDVI; GEE.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal da Paraíba - UFPB, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG, à Fundação de apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba -

FAPESQ e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo incentivo financeiro à pesquisa e à ciência.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. D. S. Classificação por unidade de paisagem e estudo da variação da biomassa da vegetação em um complexo de Serras no interior da Paraíba utilizando Sensoriamento Remoto. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, p.146. 2018.
- CARDILLE, J. A.; CROWLEY, M. A.; SAAH, D.; CLINTON, N. E. (eds.). Cloud-Based Remote Sensing with Google Earth Engine: Fundamentals and Applications. Berlin: Springer, 2022.
- CHAVES, L.B.; FRANCISCO, P.R.M.; LIMA, E.R.V. de; SILVA, B.B.da; BRANDÃO, Z.N. CHAVES, L.H.G. Índices espectrais, diagnóstico da vegetação e da degradação da Caatinga da Bacia do Rio Taperoá-PB. 2013.
- NOVO, E. L. M. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. Editora Blucher, 2010.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. Sensoriamento remoto da vegetação. Oficina de textos, 2015.
- SANTOS, C. V.; CARVALHO, H. F.; SILVA, M. J.; MOURA, M. S.; GALVÍNCIO, J. D. Uso de sensoriamento remoto na análise da temperatura da superfície em áreas de floresta tropical sazonalmente seca. Embrapa Semiárido-Artigo, 2020.
- SANTOS, M. A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo. Razão e Emoção. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.
- SENA, J. P. O. Análise da Precipitação Pluviométrica em Anos Extremos no Cariri Paraibano e suas Consequências na Agricultura e Cobertura Vegetal. Dissertação de Mestrado, Campina Grande, 97p. 2017.
- SILVA, N. L. da; FILHO, J. A. de A.; PONTE, A. E. da; CAVALCANTE, Ana Clara Rodrigues. Diferentes técnicas de manejo no controle do capim-panasco verdadeiro (*Aristida adscensionis* Linn.). Embrapa Caprinos. Sobral, n. 35, p. 1-3, dez. 1999.
- THOMPSON, D., Fidalgo E. C. C. Estimativa da perda de solos por meio da Equação Universal de Perdas de Solos (USLE) com uso do INVEST para a bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu – RJ. Dayse Thompson e Elaine Cristina Cardoso Fidalgo. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - SBRH. Bento Gonçalves, RS. 2013.
- ZURQANI HA, POST CJ, MIKHAILOVA EA, SCHLAUTMAN MA, SHARP JL (2018). Geospatial analysis of land use change in the Savannah River Basin using Google Earth Engine. Int J Appl Earth Obs Geoinf 69:175–185.