

AVALIAÇÃO DA DINÂMICA TEMPORAL DA COBERTURA E USO DAS TERRAS DO MUNICÍPIO DE PATOS-PB UTILIZANDO MAPBIOMAS[®]

EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA TEMPORAL DE COBERTURA Y USO DE SUELO EN EL MUNICIPIO DE PATOS-PB UTILIZANDO MAPBIOMAS[®]

EVALUATION OF TEMPORAL DYNAMICS OF COVERAGE AND USE OF LAND IN THE MUNICIPALITY OF PATOS-PB USING MAPBIOMAS[®]

RESUMO

Dada a repetitividade com que as imagens de satélite que são adquiridas, é possível reconhecer alterações ocorridas na paisagem de uma região num dado período de tempo através da análise da extensão e do tipo de mudanças no uso. Objetivou-se avaliar estatisticamente através de análise descritiva e de regressão dados temporais da cobertura e uso das terras do município de Patos-PB obtidos pelo MapBiomas[®] utilizando uma série de 36 anos entre 1985 a 2020. O tratamento estatístico foi direcionado à aplicação das análises dos dados utilizando o XLSTAT[®] Trial. A utilização da aplicação Web MapBiomas como ferramenta para analisar o uso e cobertura dos solos proporcionou resultados satisfatórios com rapidez e precisão. Observou-se que ocorreram mudanças significativas de área nas classes Formação Natural Não Florestal e Agropecuária onde ocorreram os maiores desvios. A distribuição não se apresentou simétrica, a curtose indicou uma distribuição platycúrtica, onde as maiores variações de amplitude e distribuição irregular apresentaram-se nas classes Formação Natural Não Florestal e Agropecuária. Pôde-se afirmar que existe a concordância entre os testes utilizados neste trabalho e a análise de acurácia elaborada nas imagens pelo Mapbiomas.

Palavras-chave: Estatística descritiva; multi-temporal; caatinga; semiárido.






ABSTRACT

Given the repetitiveness with which satellite images are acquired, it is possible to recognize changes in the landscape of a region in a given period of time by analyzing the extent and type of changes in use. The objective was to statistically evaluate, through descriptive analysis and regression, temporal data on the coverage and use of land in the municipality of Patos-PB obtained by MapBiomas[®] using a series of 36 years between 1985 and 2020. The statistical treatment was directed to the application of the analyzes of the data using the XLSTAT[®] Trial. The use of the MapBiomas web application as a tool to analyze the use and land cover provided satisfactory results quickly and accurately. It was observed that there were significant changes in area in the Non-Forest and Agricultural Natural Formation classes, where the greatest deviations occurred. The distribution was not symmetrical, kurtosis indicated a platykurtic distribution, where the greatest variations in amplitude and irregular distribution were in the Non-Forest and Agricultural Natural Formation classes. It could be said that there is agreement between the tests used in this work and the accuracy analysis performed on the images by Mapbiomas.

Keywords: Descriptive statistics; multi-temporal; caatinga; semiarid.

RESUMEN

Dada la repetibilidad con la que se adquieren las imágenes de satélite, es posible reconocer los cambios que se han producido en el paisaje de una región en un periodo de tiempo determinado analizando la magnitud y el tipo de cambios de

 Paulo Roberto Megna Francisco ^a
 João Miguel de Moraes Neto ^a
 Viviane Farias Silva ^a
 George do Nascimento Ribeiro ^a
 Djail Santos ^b

^a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba, Brasil

^b Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Paraíba, Brasil

DOI: 10.12957/geouerj.2023.66971

Correspondência: paulomegna@gmail.com;
j.miguel.moraes@hotmail.com;
viviane.farias@professor.ufcg.edu.br;
george@ufcg.edu.br; santosdjail@gmail.com

Recebido em: 03 mai. 2022

Revisado em: 03 mar. 2023

Aceito em: 03 mar. 2023



uso. El objetivo fue evaluar estadísticamente, mediante análisis descriptivo y de regresión, datos temporales de cobertura y uso de suelo en el municipio de Patos-PB obtenidos por MapBiomass® utilizando una serie de 36 años entre 1985 y 2020. El tratamiento estadístico estuvo dirigido a la aplicación de los datos de análisis utilizando el ensayo XLSTAT®. El uso de la aplicación web MapBiomass como herramienta para analizar el uso y la cobertura del suelo proporcionó resultados satisfactorios de forma rápida y precisa. Se observó que hubo cambios significativos en el área en las clases de Formaciones Naturales No Forestales y Agrícolas, donde ocurrieron las mayores desviaciones. La distribución no fue simétrica, la curtosis indicó una distribución platicúrtica, donde las mayores variaciones en amplitud y distribución irregular se dieron en las clases de Formaciones Naturales No Forestales y Agrícolas. Se podría decir que existe concordancia entre las pruebas utilizadas en este trabajo y el análisis de precisión realizado sobre las imágenes por Mapbiomas.

Palabras-clave: Estadísticas descriptivas; multitemporal; caatinga; semi árido.



INTRODUÇÃO

Os fenômenos terrestres vêm sendo, a cada dia, mais bem compreendidos com a adoção de uma abordagem multi e interdisciplinar, por meio da integração do estudo das diversas variáveis que controlam os sistemas naturais, mesmo que modificados em relação aos originais, como, por exemplo, os ecossistemas agrícolas (VIDAL-TORRADO et al., 2005). Embora as modificações antrópicas das paisagens em todo o mundo tenham acontecido ao longo da história, prioritariamente para obtenção de alimentos e outros itens essenciais, o ritmo e a magnitude das mudanças recentes têm ocorrido sem precedentes (ANTUNES et al., 2019).

Fernandes et al. (2015) afirmam que, os estudos da cobertura florestal ou da cobertura e do uso da terra, sua dinâmica e seus impactos aumentaram com as pesquisas quanto as mudanças ambientais nas últimas décadas, quanto a região semiárida do Brasil (SILVA et al., 2011; CUNHA et al., 2012; SILVA et al., 2013; SILVA et al., 2014). Silva et al. (2009), avaliando a dinâmica espaço-temporal da vegetação do semiárido de Pernambuco, verificaram que a Caatinga diminuiu, mostrando que as áreas analisadas se encontram em processo de perda da vegetação.

Na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenamento ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente. Como consequência natural, o uso de geoprocessamento em projetos ambientais requer o uso intensivo de técnicas de integração de dados e combine ferramentas de análise espacial, processamento de imagens e geoestatística (CÂMARA & MEDEIROS, 1998).

De acordo com Facco et al. (2017), a análise temporal de imagens de Sensoriamento Remoto de um município, quando realizada através de técnicas de processamento digital propicia o reconhecimento de mudanças nas atividades agrícolas e pecuárias, principal fonte de renda da população rural, bem como mudanças nas áreas florestais nativas amparadas pela legislação ambiental.

Dada a repetitividade com que as imagens de satélite são adquiridas, é possível reconhecer alterações ocorridas na paisagem de uma região, num dado período de tempo, através da análise da extensão e do tipo de mudanças no uso, como o desmatamento, a expansão urbana e as variações sazonais da vegetação (RIDD & LIU, 1998). Conforme Francisco et al. (2012), na atualidade, o avanço da tecnologia da informação, a disponibilização de imagens de satélite em altas resoluções e de programas computacionais para a análise ambiental houve um grande avanço nos estudos relacionados à gestão dos recursos naturais.

Com o crescente desenvolvimento das aplicações Web destinadas à obtenção e visualização dos dados geoespaciais, bem como a disseminação de bases geográficas, o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e



Cobertura da Terra no Brasil - MapBiomass[®] apresenta uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma Google Earth Engine para gerar uma série histórica de mapas anuais de uso e cobertura da terra do Brasil (MAPBIOMAS, 2021). Gomes et al. (2017) e Lima et al. (2017) e Almeida et al. (2018) apresentam aplicações dessa ferramenta para analisar o uso e cobertura dos solos de Petrolândia, Brejinho e do Agreste Pernambuco, e no Estado de Alagoas, Silva et al. (2019) no município de Delmiro Gouveia.

Neste contexto, o recurso à representação dos fluxos por intermédio de diagramas de Sankey tem sido prática comum em diversas áreas, por Schmidt (2008) na análise dos fluxos de energia por Soundararajan et al. (2014); na dinâmica de alteração da ocupação do solo por Cuba (2015) e Antunes et al. (2019); na análise de fluxos de base florestal por Lenglet et al. (2017); na caracterização dos fluxos de biomassa por Camia et al. (2018) e por Cunha e Marques (2021). Conforme Schmidt (2008), o Diagrama de Sankey foi inicialmente proposto para representar o fluxo de energia e sua distribuição ao longo de várias direções. Cada direção é representada por uma linha ou seta, cuja espessura indica a sua proporção ou quantidade de energia. Linhas mais espessas representam maior quantidade de energia sendo transmitida por aquela direção, enquanto que linhas mais finas representam menor energia sendo transmitida. O mesmo conceito pode ser aplicado a outros tipos de variáveis e magnitudes.

A estatística descritiva compreende técnicas que se usam para resumir e descrever dados. A estatística descritiva, segundo Silvestre (2007), é constituída pelo conjunto de métodos destinados à organização e descrição dos dados através de indicadores sintéticos ou sumários. Várias pesquisas em diversas áreas e com variadas ferramentas a utilizaram, como Lima et al. (2009) em variabilidade espacial da textura de solo e vegetação; Motomiya et al. (2012) em índice de vegetação de algodão; Francisco et al. (2012) mapeamento a caatinga; Zanzarini et al. (2013) na correlação espacial do índice de vegetação; Francisco et al. (2016a) na discriminação de cenários pluviométricos; Francisco et al. (2016b) no mapeamento da insolação; Macedo et al. (2015) na caracterização espaço-temporal e quantificação da cobertura vegetal; Santos et al. (2019) em correlação entre índices de vegetação; e Francisco et al. (2021) no estudo da dinâmica temporal da cobertura e uso da terra.

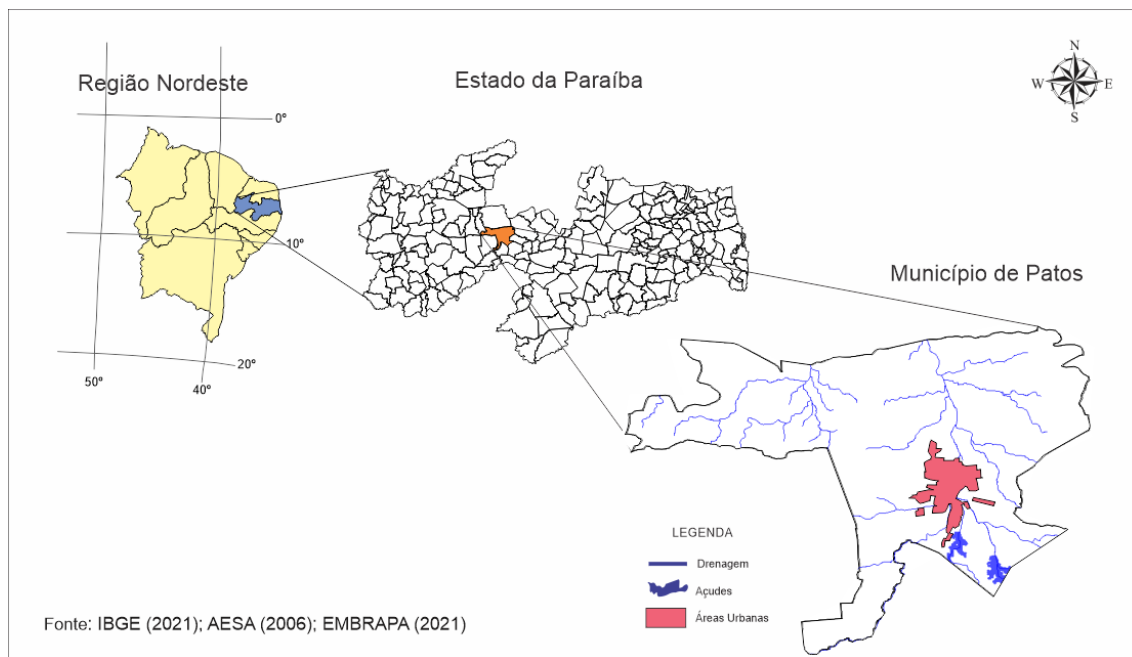
Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar estatisticamente dados temporais da cobertura e uso da terra do município de Patos-Paraíba utilizando uma série do Mapbiomas de 36 anos entre 1985 a 2020.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o município de Patos com área de 472,982 km² localizado no Estado da Paraíba, região do Sertão, com uma população de 108.766 habitantes, perfazendo divisa com os municípios

de São José de Espinharas, Malta, Catingueira, São José do Bonfim, Cacimba de Areia, Quixabá e São Mamede (Figura 1) (IBGE, 2022). O município apresenta como reservas de água o Açude Jatobá e a Barragem da Farinha e é contemplado pelos rios Farinha e Cruz que forma o Espinharas (ANA, 2014).

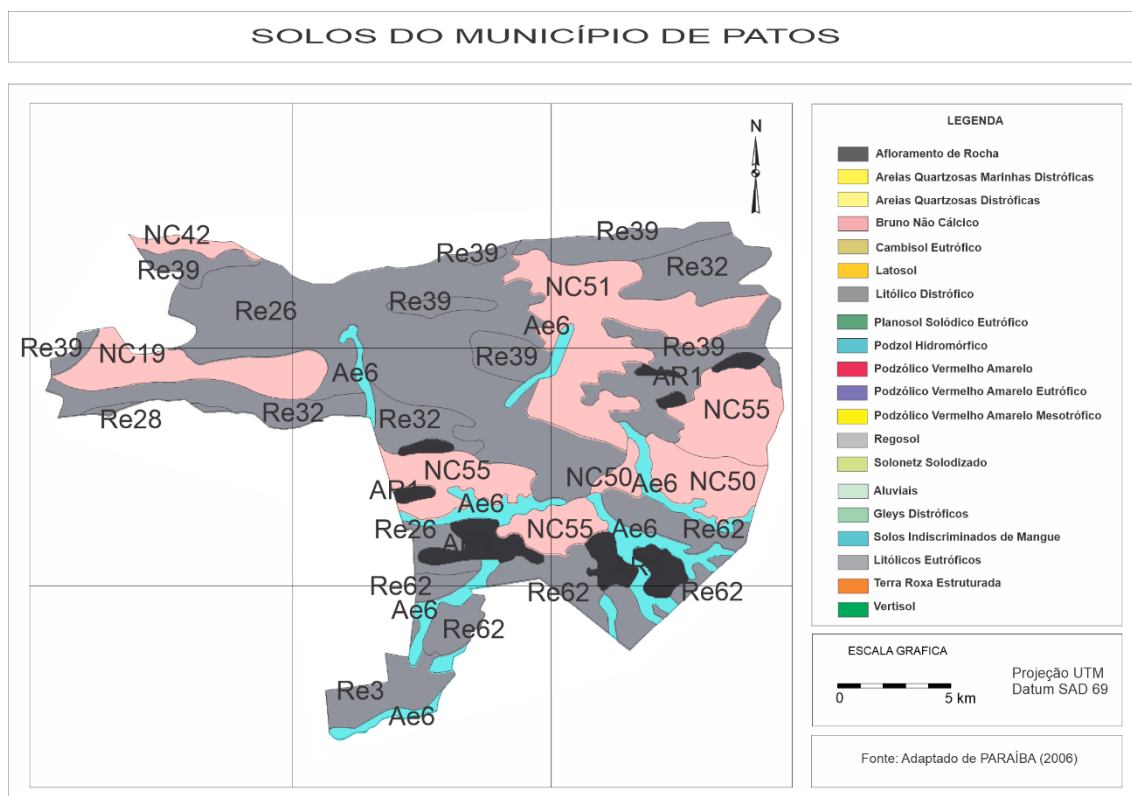
Figura 1. Localização da área de estudo.



Fonte: Adaptado de IBGE (2021); AESA (2006); EMBRAPA (2021).

Conforme Francisco (2010), o Sertão – região que ocupa o terço oeste do Estado, formada pela depressão do rio Piranhas e seus contribuintes, com clima do tipo Bsh Semiárido quente, nas áreas mais baixas (<300 m) e de acordo com Francisco et al. (2015) Aw' – Tropical Quente e Úmido com chuvas de verão-outono. A vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila. O autor afirma que a região polarizada pela cidade de Patos, a altitude é inferior a 350m, onde os solos predominantes é o Luvisolo Crômico fase pedregosa relevo suave ondulado associado ao Neossolo Litólico Eutróficos fase pedregosa e rochosa relevo ondulado; ocorrendo a presença de Neossolos flúvicos Ta eutróficos solódicos, textura indiscriminada, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano, ao longo da drenagem (Figura 2).

Figura 2. Solos do município de Patos-PB.



Fonte: adaptado de PARAÍBA (2006).

Neste trabalho foi obtido no MapBiomass[®] (2022), para uma série de 36 anos entre 1985 a 2020, um mosaico das imagens de cobertura e uso da terra da área de estudo com suas respectivas áreas classificadas como Floresta, Formação Natural Não florestal, Agropecuária, Área Não Vegetada, Corpos d'água. Também foi gerado e obtido os dados estatísticos do uso e cobertura do solo da área em hectares.

Foi obtido o diagrama de Sankey conforme a metodologia de Schmidt (2008), elaborado automaticamente pelo sistema Mapbiomas, onde este é capaz de representar o fluxo de transições de áreas entre as classes temáticas ao longo da série temporal estudada.

No tratamento estatístico foi realizada a análise descritiva dos dados e o teste de normalidade utilizando o XLSTAT[®] Trial. Para avaliação temporal das áreas de cobertura e uso do solo foi utilizado a regressão clássica, conforme o modelo de regressão (Equação 1).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon_i \text{ (Eq.1)}$$

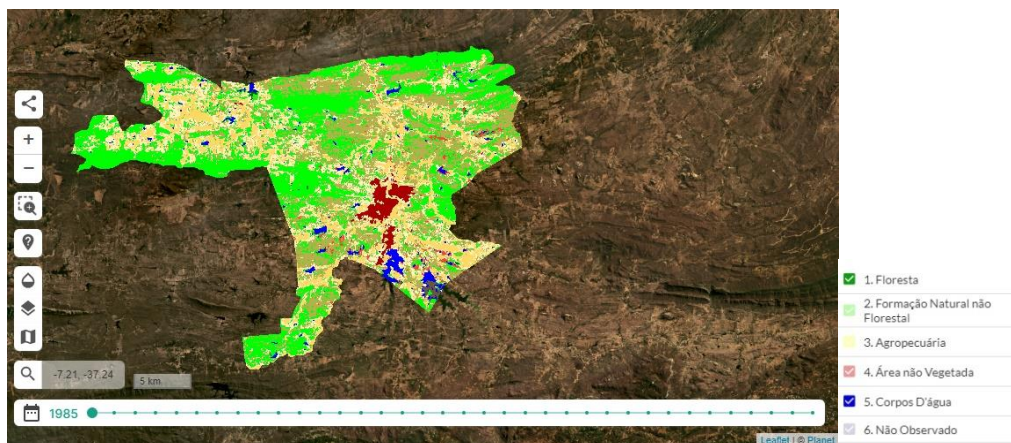
Onde: Y_i é uma observação da variável dependente; X_1, X_2, \dots, X_n são as variáveis independentes; $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ são referidos como coeficientes de regressão correspondentes, e ϵ_i é o erro associado às observações da variável dependente.

Para verificar se as amostras procediam de uma determinada distribuição de probabilidade, foram usados os testes de hipóteses não paramétricos como Shapiro-Wilk (1965), Anderson-Darling (1954), Lilliefors (1967), Jarque-Bera (1987) e Mann-Kendall (1967; 1945).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

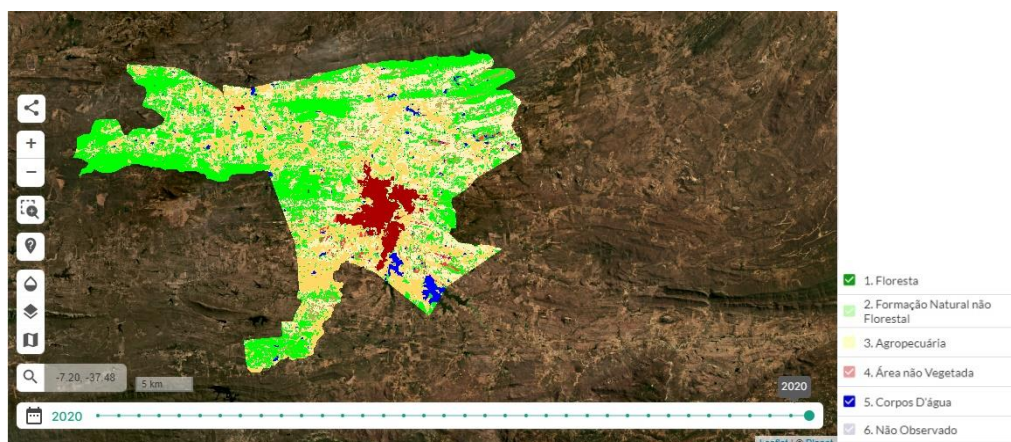
Na Figura 3 pode-se observar a distribuição da cobertura e uso do solo da área de estudo para o ano de 1985 seguido da Figura 4 para o ano de 2020.

Figura 3. Cobertura e uso do solo do ano de 1985.



Fonte: adaptado de Mapbiomas (2022).

Figura 4. Cobertura e uso do solo do ano de 2020.



Fonte: adaptado de Mapbiomas (2022).



Na Tabela 1, observam-se os dados do mapeamento, os valores em área e percentagem de ocupação das classes de cobertura e uso da terra e sua variação espaço-temporal. Para os dados de 1985 e 2020, constata-se do total de 47.298,20 ha que ocorre alterações pouco significativas na classe Floresta, com perda de área de 0,7%. Silva et al. (2021), utilizando o MapBiomass e avaliando as mudanças de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica no nordeste da Bahia, região semiárida, observaram aumento de 0,52% nesta classe, resultado similar a este estudo. Em região semiárida Pernambucana, Santos et al. (2021) observaram entre 2011 e 2018 um acréscimo de área nesta mesma classe em 5,6% aproximadamente.

Tabela 1. Variação espaço-temporal da cobertura e uso do solo

Classes	1985 (ha)	(%)	2020 (ha)	(%)
Floresta	16.698,10	35,30	16.364,16	34,60
Formação Natural Não Florestal	12.161,80	25,71	1.688,01	3,57
Agropecuária	15.952,26	33,73	25.859,59	54,67
Área Não Vegetada	1.501,54	3,17	2.591,75	5,48
Corpos D'água	984,50	2,08	794,69	1,68
Total	47.298,20	100,00	47.298,20	100,00

Fonte: Elaboração própria.

Francisco et al. (2012) afirmam que esse comportamento temporal dá uma ideia da capacidade de recuperação da vegetação de caatinga, que aumenta a biomassa, onde também este comportamento pode estar relacionado com a ocorrência de maior umidade nestas áreas. 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 seca, influenciam de forma direta o comportamento fenológico das plantas.

Observa-se que ocorrem alterações significativas de mudança de área na classe Formação Natural Não Florestal de 12.161,8 ha (25,71%) para 1.688,01 ha (3,57%) em 2020, representando em torno de 10.473,79 ha em perda de área. Esta perda está relacionada com o aumento na classe Agropecuária de 15.952,26 ha para 25.859,6 ha, representando 20,94% de aumento neste período temporal. Aumento este relacionado ao processo de expansão dessas culturas por meio da conversão de áreas tradicionais de pastagem. 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, conforme Antunes et al. (2019).



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 a classe Não Vegetada observa-se que ocorre aumento de 1.501,54 ha em 1985 para 2.591,75 ha em 2020, com acréscimo de 2,31% de área nesta classe, isto devido à urbanização da cidade ocorrida durante os 36 anos. Entre 1985 e 2010, Assis et al. (2014) observaram aumento de 3,5% na área urbana no município de Belém de São Francisco, Pernambuco, região semiárida.

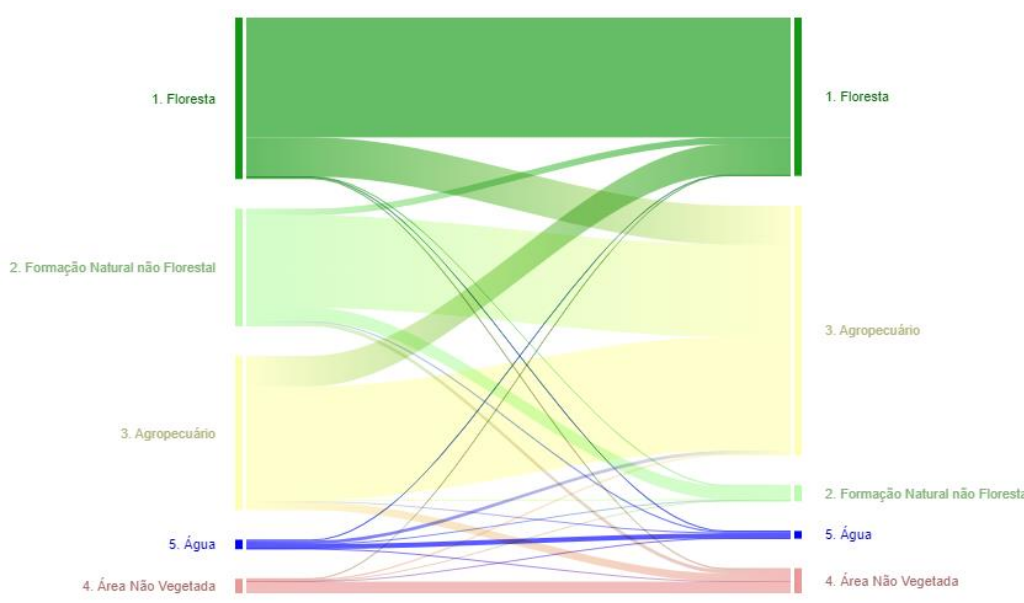
A classe Corpos d'água apresenta uma variação negativa em 0,4% durante o período de estudo, isto devido a variação pluviométrica nas últimas décadas. Silva et al. (2021) observaram uma variação de 0,127% de 1985 a 2020.

Para a classe Floresta, observa-se pequena diminuição de 0,7% nas áreas no espaço temporal, estando distribuídas em áreas de serra e próximas drenagens devido a maior umidade disponível. Resultado similar ao encontrado por Francisco et al. (2021) estudando a dinâmica da vegetação em bacia hidrográfica em região semiárida. De acordo com Francisco (2010), esse comportamento temporal representa a capacidade de recuperação da vegetação de caatinga.

Fazendo uso do mapa de solos (Figura 2), pode observar-se que existe uma estreita relação entre áreas mais altas e declivosas e os solos Neossolos Litólicos com unidades mais densas de vegetação. Paes-Silva et al. (2003), Francisco (2013), Francisco et al. (2014) e Francisco et al. (2021) estudando a região semiárida em regiões próximas a área de estudo, também observaram esta relação entre vegetação e áreas declivosas e de difícil acesso.

Na Figura 5 pode-se observar o diagrama de Sankey multitemporal gerado pela plataforma Mapbiomas, que possibilita uma análise detalhada das transições de uso e cobertura da terra considerando outros mapeamentos no período.

Figura 5. Diagrama de Sankey da transição espaço-temporal.



Fonte: MapBiomas (2022).

Pode-se observar no Diagrama de Sankey que, o maior fluxo em direção a classe Agropecuária em 2020 é originário da própria classe em 2004 e da perda de área de classe da Formação Natural Não Florestal, o que está relacionado ao processo de intensificação da agricultura. Antunes et al. (2019) afirmam que o crescimento na produção agrícola normalmente está associado à incorporação de áreas anteriormente destinadas a pecuária. Fernandes et al. (2015) afirmam que este crescimento de área está relacionado a disponibilidade de áreas potencialmente irrigáveis como um esforço sistemático para aproveitamento dos recursos hídricos. Valle et al. (2012), em um diagnóstico de mudança do uso da terra entre 1978 e 2011 no Triângulo Mineiro, mostraram que a vegetação nativa reduziu sua área em 19,2%, sendo substituída por agricultura e pastagem. Coelho et al. (2014), avaliando a dinâmica do uso do solo em Pernambuco, observaram que os resultados entre as classes de uso passaram por uma grande transição, com aumento do desmatamento pela retirada da vegetação da Caatinga e substituição rápida e progressiva por áreas com pastagem e agricultura.

Verifica-se um fluxo da classe Floresta convertida para a classe Agropecuária, revelando que essa transição é uma das dinâmicas características da Caatinga. Fernandes et al. (2015) avaliando a região semiárida do Estado de Sergipe observou o processo de conversão de Caatinga em áreas de produção agropecuária próxima a rios. De acordo com o IBGE (2021) o bioma caatinga é afetado pela supressão de vegetação nativa para o uso e ocupação de áreas com atividades da agropecuária intensiva.

Sousa et al. (2008b), comentam que os prejuízos ambientais estão quase sempre relacionados ao uso indevido do solo pelas diversas atividades degradantes. Assim, a retirada da cobertura vegetal para



implantação de agricultura de autoconsumo ou para pecuarização extensiva sem práticas de conservação ambiental compromete, a médio e longo prazo, as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, inviabilizando essas áreas a uma exploração sustentável no futuro.

A classe Corpos D'água apresenta uma pequena dinâmica entre as demais classes, isto devido a umidade que colabora na manutenção das áreas vegetadas próximas como também na expansão de áreas agrícolas próximas aos reservatórios. Resultados similares encontrado por Fernandes et al. (2015) onde afirmam que essa classe pode variar de acordo com o volume de chuvas ocorridas a cada ano e, eventualmente, com novos represamentos de rios. De acordo com Carvalho et al. (2021), o Açude Jatobá e a Barragem da Farinha entre os anos de 2009 a 2017 ocorreram uma redução no espelho d'água de 61,13 e 80,60%, respectivamente, devido às irregularidades das chuvas e aos baixos índices pluviométricos ocorridos.

Na Tabela 2, da análise estatística descritiva da dinâmica temporal da cobertura e uso das terras, observam-se os valores mínimos e máximos encontradas na variável Floresta entre 15.580 e 21.405 com uma média 17.935,3. A variável Agropecuária é a que apresenta a maior média entre as demais, seguida da variável Floresta.

O desvio padrão apresenta menores valores para a variável Água e na Área Não Vegetada e os maiores desvios apresentam-se nas variáveis Floresta e Formação Natural Não Florestal. A média apresenta valores não muito próximos para ambos as variáveis, o que levar a deduzir que não se trata de uma distribuição simétrica.

Tabela 2. Análise descritiva da dinâmica da cobertura e uso das terras

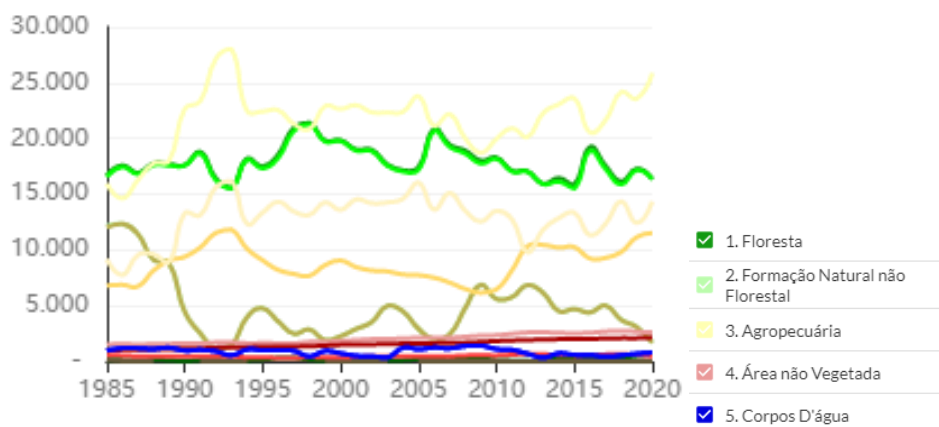
Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Floresta	15.580,00	21.405,00	17.935,30	1.466,44
Formação Natural Não Florestal	1.145,00	12.355,00	4.768,05	2.898,87
Agropecuário	14.614,00	28.010,00	21.669,72	2.826,04
Área Não Vegetada	1.502,00	2.741,00	2.037,44	419,71
Corpos d'água	330,00	1.420,00	877,88	308,51

Fonte: Elaboração própria.

No gráfico de dispersão (Figura 6) da cobertura e uso do solo entre 1985 a 2020 pode-se verificar o comportamento das classes em estudo. Pode-se observar que na classe Floresta ocorre periodicamente um crescimento de área e uma diminuição entre 1995, 2005 e 2015, talvez devido a ocorrência de maior pluviosidade na região e após a menor ocorrência entre os anos, situação também observada por Medeiros et

al. (2016) realizando comparativo temporal da vegetação na região. Observa-se também a variação na classe Agropecuária, e o inverso nas classes Floresta e Formação Natural Não Florestal. Resultado similar encontrado por Francisco et al. (2021).

Figura 6. Evolução da cobertura e uso do solo entre 1985 a 2020.



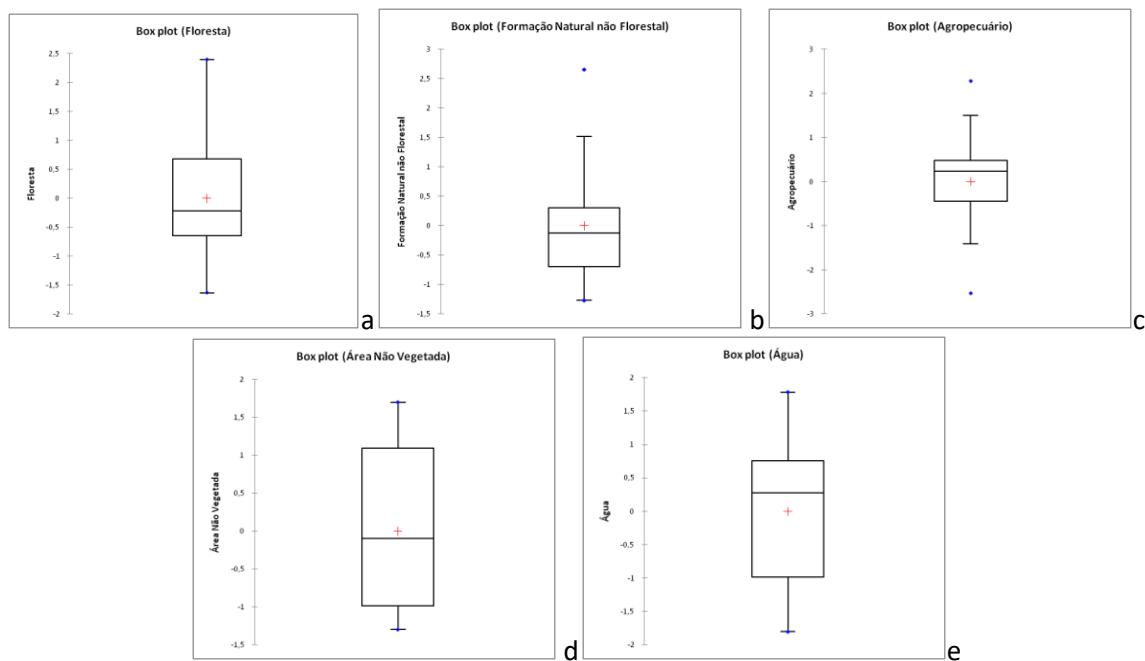
Fonte: Elaboração própria.

Medeiros et al. (2020) afirmam que, no ano de 1985 ocorreu a maior precipitação durante a ocorrência da La Niña. Silva (2017) destaca que, para o mesmo ano teve atuação do Dipolo do Atlântico Negativo aumentando a precipitação, e o ano que registrou a menor precipitação foi 2013, durante a ocorrência do El Niño. Marengo et al. (2018) enfatiza que durante o período 2012-2013, a precipitação foi entre 100 e 300 mm ano⁻¹ abaixo da média no semiárido. Observa-se na Figura 6 na classe Floresta e Formação Natural Não Florestal este comportamento da vegetação quanto a precipitação ocorrida no município de Patos.

De acordo com Medeiros et al. (2020), os anos de 1985, 1994, 1996, 2008, 2009, registraram a ocorrência da La Niña com intensidade moderada e anos neutros, sendo classificados como muito chuvoso. Ocorrências estas que se pode também verificar por este trabalho no comportamento dinâmico da vegetação neste espaço tempo ocorrido.

Pelos dados estatísticos, observa-se pela Figura 7 que as menores variações de amplitude se apresentam nas classes Área Não Vegetada e Corpos d'água. Com relação à variabilidade entre classes observadas por meio das caixas interquartílicas do gráfico boxplot para cada classe, observa-se que a classe Floresta apresenta menor variabilidade. Resultado similar encontrado por Francisco et al. (2021).

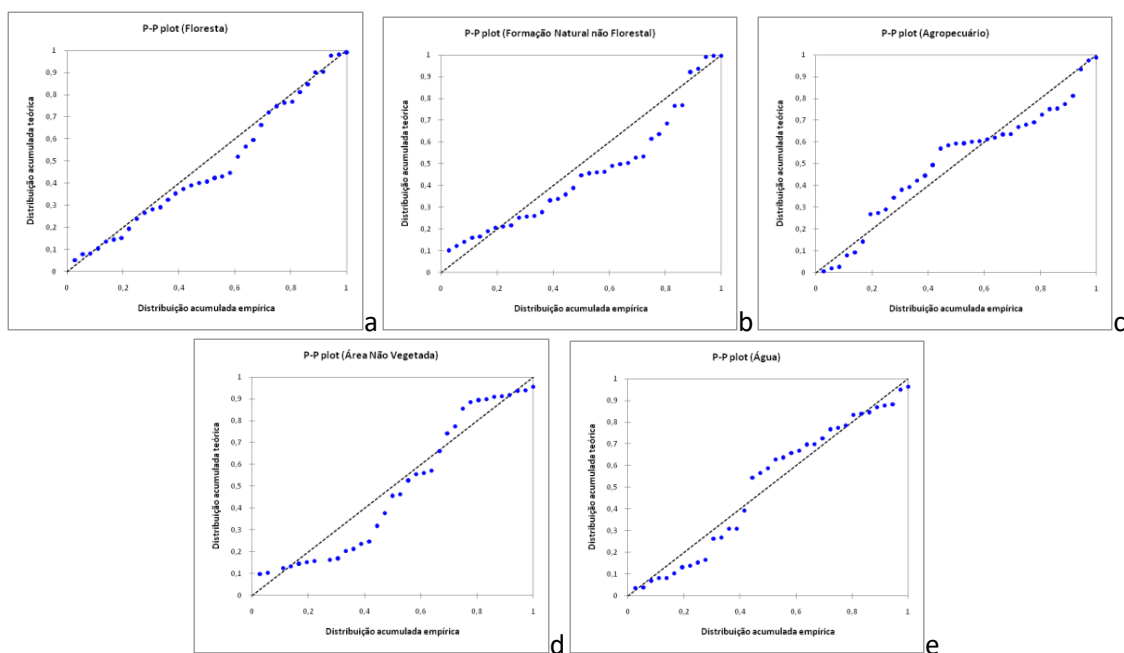
Figura 7. Boxplot das classes de cobertura e uso da terra. a) Floresta, b) Formação não natural, c) Agropecuária, d) Área não vegetada, e) corpos d'água.



Fonte: Elaboração própria.

No Teste de normalidade observa-se que a distribuição se apresenta irregularidades nas classes Formação Natural Não Florestal (Figura 8b), Agropecuária (Figura 8c), Área Não Vegetada (Figura 8d) e Água (Figura 8e). Observa-se que a maior regularidade se apresenta na classe Floresta. Resultado similar encontrado por Francisco et al. (2021) avaliando bacia hidrográfica em região semiárida.

Figura 8. Boxplot das classes de cobertura e uso da terra. a) Floresta, b) Formação não natural, c) Agropecuária, d) Área não vegetada, e) corpos d'água.



Fonte: Elaboração própria.



Na Tabela 3 pode-se observar que os resultados dos testes de normalidade de Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Lilliefors e Jarque-Bera foram semelhantes entre si para a variável Formação Natural Não Florestal o que leva a aceitar a hipótese de normalidade nos dados. Resultado similar observado por Francisco et al. (2021).

Tabela 3. Testes de normalidade

Variável\Teste	Shapiro-Wilk	Anderson-Darling	Lilliefors	Jarque-Bera
Floresta	0,1931	0,2598	0,0927	0,3321
Formação Natural Não Florestal	0,0005	0,0005	0,0024	0,0038
Agropecuário	0,0888	0,0178	0,0331	0,4786
Área Não Vegetada	0,0017	0,0011	0,0126	0,1655
Água	0,0941	0,0647	0,1472	0,3447

Fonte: Elaboração própria.

Para a variável em estudo Área Não Vegetada os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e Anderson-Darling são semelhantes entre si. O teste de Jarque-Bera apresenta diferença entre todas as variáveis e os demais testes.

A concordância entre os testes utilizados neste trabalho, conforme o MapBiomas® (2021) é devido que a mesma utiliza imagens LANDSAT (TM, ETM+ e OLI) com a técnica Random Forest, onde realiza análise de acurácia onde os pontos são comparados aos mapas na geração da matriz de confusão e cálculo da acurácia global por bioma, além de erros de omissão e comissão por classe de cobertura e uso da terra, para cada ano estudado (GANEM et al., 2020).

CONCLUSÃO

A utilização da aplicação Web MapBiomas como ferramenta para analisar o uso e cobertura dos solos proporcionou resultados satisfatórios com rapidez e precisão.

Observou-se que ocorreram mudanças significativas de área nas classes Formação Natural Não Florestal e Agropecuária onde ocorreram os maiores desvios.

A distribuição não se apresentou simétrica, a curtose indicou uma distribuição platicúrtica, onde as maiores variações de amplitude e distribuição irregular apresentaram-se nas classes Formação Natural Não Florestal e Agropecuária.



Pode-se afirmar que existe a concordância entre os testes utilizados neste trabalho e a análise de acurácia elaborada nas imagens pelo Mapbiomas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2011. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 9 de julho 2018.
- ALMEIDA, D. N. O. DE; OLIVEIRA, L. M. M. DE; CANDEIAS, A. L. B.; BEZERRA, U. A.; LEITE, A. C. DE S. Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.4, n.1, p.58-68, 2018.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu. Brasília, 2014. 312p. Disponível em: <http://piranhasacu.ana.gov.br/produtos/sinteseDiagnostico.pdf>. Acesso em: 08/04/2022.
- ANDERSON, T. W.; DARLING, D. A. A test of goodness of t. **Journal of American Statistical Association**, v.49, p.765-769, 1954.
- 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.
- ASSIS, J. M. O. DE; CALADO, L. DE O.; SOUZA, W. M. DE; SOBRAL, M. DO 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.
- BARBOSA, I. S.; ANDRADE, L. A.; ALMEIDA, J. A. P. Evolução da cobertura vegetal e uso agrícola do solo no município de Lagoa Seca, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.5, p.614-622, 2009.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. DE. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2. ed. INPE. São José dos Campos, 1998. 194p.
- CAMIA, A.; ROBERT, N.; JONSSON, R.; PILLI, R.; GARCÍA-CONDADO, S.; LÓPEZ-LOZANO, R.; VELDE, M. VAN DER; RONZON, T.; GURRÍA, P.; M'BAREK, R.; TAMOSIUNAS, S.; FIORE, G.; ARAUJO, R.; HOEPFFNER, N.; MARELLI, L.; GIUNTOLI, J. **Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment**. Publications Office, 2018. 126p.
- COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, V. E. R.; RIBEIRO, A. N.; 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**, 18, n.1, p.64-72, 2014.
- CUBA, N. Research note: Sankey diagrams for visualizing land cover dynamics. **Landscape and Urban Planning**, v.139, p.163–167, 2015.
- CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B.; CHAVES, I. B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.5, p.539-548, 2012.
- CUNHA, J.; MARQUES, A. Análise dos principais fluxos de abastecimento de biomassa florestal em Portugal. **Silva Lusitana**, v.29, n.1, p.7-37, 2021.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Geoinfo. Áreas Urbanas no Brasil em 2015**. Disponível em: http://geoinfo.cnpem.embrapa.br/layers/geonode%3Aareas_urbanas_br_15. Acesso em: 11 de novembro de 2021.
- ESQUERDO, J. C. D. M.; ANTUNES, J. F. G.; COUTINHO, A. C.; SANTOS, J. L. DOS; 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...Jardim, 2018.
- FACCO, D. S.; BENEDETTI, A. C.; KAISER, E. A.; PEREIRA FILHO, W. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Faxinal do Soturno no Estado do Rio Grande do Sul. In: **CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA**, 1, 2017, Campinas. Anais...Campinas, 2017.
- FERNANDES, M. R. DE M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q. DE; FERNANDES, M. M. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. **Floresta Ambient.**, v.22, n.4, p.472-482, 2015.



- FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M. **Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB**. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M.; AYRES, G. D. J.; SILVA, V. F.; OLIVEIRA, F. P. DE; SANTOS, D.; PEDROZA, J. P. Dinâmica temporal da cobertura e uso da terra da região do médio curso do rio Paraíba. In: (Org). FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. F.; SANTOS, D.; RIBEIRO, G. DO N. **Tecnologias aplicadas às pesquisas: GEO 21**. EPTEC, 2021.130p.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Mapeamento das terras para mecanização agrícola - Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.2, p.233–249, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE; BANDEIRA, M. M.; SILVA, B. B. DA. Mapeamento da caatinga com uso de geotecnologia e análise da umidade antecedente em bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.3, p.676-693, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D.; MATOS, R. M. DE. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015.
- FRANCISCO, P. R. M.; MELLO, V. DA S.; BANDEIRA, M. M.; MACEDO, F. L. DE; SANTOS, D. Discriminação de cenários pluviométricos do estado da Paraíba utilizando distribuição Gama Incompleta e Teste Kolmogorov-Smirnov. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.9, n.1, p.47-61, 2016a.
- FRANCISCO, P. R. M.; PEDROZA, J. P.; BANDEIRA, M. M.; SILVA, L. L. DA; SANTOS, D. Mapeamento da insolação do estado da Paraíba utilizando krigagem. **Revista de Geografia**, v.33, n.1, p.248-262, 2016b.
- FRANCISCO, P. R. M.; RIBEIRO, G. DO. N.; MORAES NETO, J. M. DE; ARAGÃO, K. P. Avaliação da degradação da caatinga do município de Sumé-PB estimado pelo Volume de Biomassa da Vegetação Lenhosa. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.7, n.1, p.117-129, 2014.
- GANEM, K. A.; DUTRA, A. C.; OLIVEIRA, M. T. DE; FREITAS, R. M. DE; GRECHI, R. C.; VIEIRA, R. M. DA S. P.; ARAI, E.; SILVA, F. B.; SAMPAIO, C. B. V.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y. E. Mapeamento da vegetação da caatinga a partir de dados ópticos de observação da terra – oportunidades e desafios. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.72, n. esp, p.829-854, 2020.
- GOMES, S. O.; LIMA, V. N.; CANDEIAS, A. L. B.; SILVA, R. R. Uso e cobertura dos solos de Petrolândia utilizando MAPBIOMAS. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA**, 27, 2017, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de abril de 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 de abril de 2022.
- IBGE. Biomas Brasileiros. 2021. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html>. Acesso em: 2 de abril de 2022.
- JARQUE, C. M.; BERA, A. K. A test for normality of observations and regression residuals. **International Statistical Review**, v.55, p.163-172, 1987.
- KENDALL, M. A.; STUART, A. **The advanced theory of statistics**. 2nd ed. Londres: Charles Griffin, 1967.
- LENGLET, J.; COURTONNE, J.; CAURLA, S. Material flow analysis of the forest-wood supply chain: A consequential approach for log export policies in France. **Journal of Cleaner Production**, v.165, p.1296–1305, 2017.
- LILLIEFORS, H. W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. **Journal of the American Statistical Association**, v.62, n.318, p.399-402, 1967.
- LIMA, J. S. DE S.; SATTler, M. A.; XAVIER, A. C.; OLIVEIRA, R. B. DE; PASSOS, R. R.; OLIVEIRA, P. C. Variabilidade espacial da textura de um Argissolo Vermelho Amarelo sob cultivo de pastagem e vegetação nativa. **Ciência Rural**, v.39, n.9, p.2634-2637, 2009.



- LIMA, V. N.; GOMES, S. O.; CANDEIAS, A. L. B.; SILVA, R. R. MAPBIOMAS e uso e cobertura dos solos do município de Brejinho, Pernambuco. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA**, 27, 2017, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, 2017.
- MACEDO, M. L. A. DE; SILVA, G. J. F. DA; SOUZA, B. I. DE; LIMA, E. R. V. DE. Caracterização espaço-temporal e quantificação da cobertura vegetal no Alto Curso do Rio Paraíba-PB. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, 16, 2015, Teresina. Anais...Teresina, 2015.
- MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. **Econometrica**, v.13, n.3, p. 245-259, 1945.
- MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias – Coleção 2022 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil 2021**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>. Acesso em: 10 de agosto de 2021.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; ALVALA, R.; CUNHA, A. P.; BRITO, S.; MORAES, O. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.90, n.2, p.1973-1985, 2018.
- MEDEIROS, B. M.; LISBOA, F. D. S.; DUARTE, I. G.; SILVINO, G. DA S. Análise temporal comparativa do comportamento da vegetação em área semiárida na região da bacia hidrográfica do rio Farinhas, Patos – PB. In: **CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO**, 1, 2016. Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2016.
- MEDEIROS, S. A. DE; NÓBREGA, R. A. DA; MORAES NETO, J. M. DE; BARRETO, A. B.; VASCONCELOS, G. N.; DINIZ, R. R. S. Investigação da influência do El Niño e da La Niña sobre a variabilidade da precipitação na cidade de Patos, Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.01, p.336-349, 2020.
- MOTOMIYA, A. V. DE A.; MOLIN, J. P.; MOTOMIYA, W. R.; BAILO, F. H. R. Mapeamento do índice de vegetação da diferença normalizada em lavoura de algodão. **Pesq. Agropec. Trop.**, v.42, n.1, p.112-118, 2012.
- PAES-SILVA, A. P., CHAVES, I. DE B., SAMPAIO, E. V. S. B. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Açude Namorado no cariri oriental paraibano. **Agropecuária Técnica**, v.24, n.1, p.47-59, 2003.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. **PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas**. Brasília, DF, 2006. 112p.
- RIDD, M. K.; LIU, J. A. Comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. **Remote Sensing of Environment**, v.63, p.95-100, 1998.
- SANTOS, A. G. B. DOS; BEZERRA, A. C.; NASCIMENTO, A. H. C. DO; SOUZA, L. S. B. DE; SILVA, J. L. B. DA; MOURA, G. B. DE A. Caracterização morfométrica e uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica do semiárido Pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.2, p.1036-1043, 2021.
- SILVA, A. R. S.; D'ESQUIVEL, K. S.; ALMEIDA, L. D. S.; LIMA, M. A. C.; FIGUEIREDO, R. M. Dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Itapicuru-Mirim, no nordeste baiano. In: **Engenharia, Agronomia e Geociência 2014-2021**. (Org) FRANCISCO P. R. M.; FURTADO, D. A.; FERREIRA, A. C. Campina Grande: EPTEC, 2021. 193p.
- SILVA, J. M. O. Utilização de Anos-Padrão no Estudo da Variabilidade Pluviométrica no Município do Crato/Ceará. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v.1, p.2060-2072, 2017.
- SANTOS, M. A. G. DOS; PEREIRA FILHO, W.; KUPLICH, T. M. Correlação entre índices de vegetação gerados a partir de dados de espectralradiômetro. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 19, 2019, Santos. Anais...Santos, 2019.
- 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**, v.36, n.7, p.958- 965, 1997.
- SCHMIDT, M. The Sankey diagram in energy and material flow management: Part I: History. **Journal of Industrial Ecology**, v.12, n.1, p.82–94, 2008.
- SHAPIRO, A. S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v.52, n.3/4, p.591–611, 1965.
- SILVA, A. DOS S.; SILVA, F. H. DOS S.; SANTOS, G. DOS; LEITE, M. J. DE. H. Desmatamento multitemporal no bioma Caatinga no município de Delmiro Gouveia, Alagoas. **Revista Verde**, v.14, n.5, ed. esp., p.654-657, 2019.
- SILVA, A. P. N.; MOURA, G. B. A.; GIONGO, P. R.; SILVA, A. Dinâmica espaço-temporal da vegetação no semiárido de Pernambuco. **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.195-205, 2009.



- SILVA, V. A.; MOREAU, M. S.; MOREAU, A. M. S. S.; REGO, N. A. C. Uso da terra e perda de solo na bacia hidrográfica do rio Colônia, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.310-315, 2011.
- SILVA, E. A.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SÁ, I. B.; DUARTE, S. M. A. Dinâmica do uso e cobertura da terra do município de Floresta-PE. **Floresta**, v.43, n.4, p.611-620, 2013.
- SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. Alteração da cobertura vegetal na sub-bacia do rio Espinharas de 2000 a 2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.2, p.202-209, 2014.
- SILVESTRE, A. L. **Análise de dados e estatística descritiva**. Escolar Editora. 2007.
- SOUNDARARAJAN, K.; HO, H. K.; SU, B. Sankey diagram framework for energy and exergy flows. **Applied Energy**, v.136, p.1035–1042, 2014.
- SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; SOUSA, S. P. JR; NERY, A. R.; LIMA, A. N. Estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Boa Vista-PB, utilizando geoprocessamento. **Revista Caatinga**, v.21, n.3, p.22-30, 2008a.
- SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; MORAIS NETO, J. M.; MENESES, L. F.; GADELHA, A. G. Vulnerabilidades e impactos sócios econômicos e ambientais. **Engenharia Ambiental**, v.5, n.3, p.063-078, 2008b.
- VALLE, R. F. JR; SIQUEIRA, H. E.; GUIDOLINI, J. F.; ABDALA, V. L.; MACHADO, M. F. Diagnóstico de mudanças e persistência de ocupação do solo entre 1978 e 2011 no IFTM-Campus Uberaba, utilizando o Land Change Modeler (LCM). **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p.672-681, 2012.
- VIDAL-TORRADO, P.; LEPCSH, I. F.; CASTRO, S. S. DE. Conceito e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.4, p.145-192, 2005.
- ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.608–614, 2013.