

Análise multitemporal das alterações ambientais do bioma caatinga no município de Camalaú (PB)

Assim como diversos outros municípios que compõem a Região Semiárida do Brasil, Camalaú-PB, encontra-se susceptível ao processo de desertificação, que, além das condições naturais que possibilitam tal processo, a dinâmica na transformação do seu espaço geográfico pela inserção de um modelo não sustentável de produção agropecuária intensificou ainda mais o ritmo de degradação ambiental, provocando significativas mudanças na sua paisagem. Para analisar essas mudanças por meio da observação de três variáveis (Formação Savânica, Mosaico de Agricultura e Pastagem e Outras Áreas não Vegetadas), o geoprocessamento de imagens de satélite e a análise de séries temporais são apresentados como uma ferramenta fundamental para apoiar esses estudos. O presente artigo teve como objetivo analisar o comportamento temporal do Bioma Caatinga no município de Camalaú-PB entre os anos de 1985-2019, com base no geoprocessamento de imagens Landsat processadas pelo MapBiomas e análise estatística de Mann-Kendall e Pettit para análise de tendências e quebras, possibilitando assim, uma possível compreensão dos agentes causadores da alteração do Bioma Caatinga, por meio de discussões sobre mudanças nas paisagens do município em estudo. Através dos estudos, percebeu-se uma diminuição considerável da Formação Savânica, um aumento sutil de áreas com Mosaico de Agricultura e Pastagem, além do aumento de Outras Áreas não Vegetadas.

Palavras-chave: Degradação ambiental; Geoprocessamento; Séries temporais; Desertificação.

Multitemporal analysis of environmental changes in the caatinga biome in the municipality of Camalaú (PB)

As well as several other municipalities that make up the Semi-arid region, Camalaú-PB, is susceptible to the process of desertification, which, in addition to the natural conditions that make this process possible, the dynamics in the transformation of its geographic space by the insertion of a non-sustainable model agricultural production has further intensified the pace of environmental degradation, causing significant changes in its landscape. To analyze these changes through the observation of three variables (Savanna Formation, Mosaic of Agriculture and Pasture and Other Non-Vegetated Areas), the geoprocessing of satellite images and the analysis of time series are presented as a fundamental tool to support these studies. This article aimed to analyze the temporal behavior of the Caatinga Biome in the municipality of Camalaú-PB between the years 1985-2019, based on the geoprocessing of Landsat images processed by MapBiomas and statistical analysis of Mann-Kendall and Pettit for trend analysis and breaking, thus enabling a possible understanding of the agents causing the alteration of the Caatinga Biome, through discussions on changes in the landscapes of the municipality under study. Through the studies, it was noticed a considerable decrease in the Savanic Formation, a subtle increase in areas with Mosaic of Agriculture and Pasture, in addition to an increase in Other Non-Vegetated Areas.

Keywords: Environmental degradation; Geoprocessing; Time series; Desertification.

Topic: **Planejamento, Gestão e Políticas Públicas Ambientais**

Received: **10/04/2022**

Approved: **29/04/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Ezequiel Sóstenes Bezerra Farias 
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6569557243555779>
<https://orcid.org/0000-0002-5023-760X>
ezequielsostenes@gmail.com

Madson Tavares Silva 
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8829792848536805>
<https://orcid.org/0000-0003-1823-2742>
madson.tavares@professor.ufcg.edu.br

Lais da Silva Barros 
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-6504-1474>
lais.sbarros21@gmail.com

José Diogenes Alves Pereira 
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0794148901792036>
<https://orcid.org/0000-0002-8160-4126>
diogenes_753@hotmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.004.0025

Referencing this:

FARIAS, E. S. B.; SILVA, M. T.; BARROS, L. S.; PEREIRA, J. D. A.. Análise multitemporal das alterações ambientais do bioma caatinga no município de Camalaú (PB). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.4, p.314-324, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.004.0025>

INTRODUÇÃO

A Caatinga é o único bioma exclusivamente do Brasil, ou seja, grande parte do seu patrimônio biológico só pode ser encontrado neste país. O nome Caatinga originou-se do Tupi-Guarani e significa “floresta branca”, em razão da paisagem esbranquiçada da vegetação durante o período de escassez, onde as plantas caducifólias perdem as folhas e os troncos tornam-se esbranquiçados e secos (ALBUQUERQUE et al., 1995).

Existem duas definições distintas para a palavra caatinga. A primeira (Caatinga), iniciada com a letra maiúscula, se refere ao bioma. Já a segunda (caatinga), escrita com letra minúscula, é um tipo de vegetação, que é antes de tudo florestal, possuindo mesmo assim formações mais abertas, campestres, adaptadas aos acentuados períodos de estiagem ocorrentes na região Semiárida brasileira (MACHADO, 2013)

Quanto aos aspectos climatológicos, segundo Alvares et al. (2013), na Caatinga predomina-se o clima semiárido. Ainda, de acordo com Alves et al. (2009), os índices pluviométricos são baixos e possuem uma variabilidade muito grande no tempo e no espaço, ocasionando longos períodos de escassez.

No entanto, estima-se que 80% da vegetação encontra-se completamente modificada, devido ao extrativismo e a agropecuária, apresentando-se a maioria dessas áreas em estágios iniciais ou intermediários de sucessão ecológica (ARAÚJO, 1996). Quanto às alterações provocadas pelo desmatamento, a Caatinga é o terceiro Bioma mais degradado do Brasil, perdendo apenas para a Floresta Atlântica e o Cerrado (MYERS et al., 2000).

Para além de condições naturais adversas, há um histórico de práticas que agravaram a degradação desse bioma. Foram anos de exploração de madeira (para produção de gesso, olarias, carvoarias etc.), desmatamentos, queimadas, pastoreio excessivo de gado, práticas agrícolas inadequadas, como monoculturas e uso de agrotóxicos e adubos químicos, e outras tantas ações que contribuíram para a deterioração da Caatinga e que tem ocasionado sua desertificação (ALBUQUERQUE et al., 2018), empobrecimento do solo, redução da biodiversidade e, conseqüentemente, piora na qualidade de vida da população.

De acordo com Tomasella et al. (2018), a desertificação da Caatinga é uma das principais ameaças impostas pelas mudanças de uso e cobertura da terra. Ainda, para Oliveira (2014), o mapeamento dessas áreas com finalidade de estudo ambiental é um importante instrumento de pesquisa, possibilitando identificar e interpretar dados sobre as ações antrópicas que acarretam mudanças na paisagem e conseqüentemente a desertificação.

Para os autores Facco et al. (2016), analisar a cobertura vegetal de um determinado município é uma prática essencial para oferecer suporte ao seu monitoramento ambiental, preservação do meio ambiente e conservação dos seus recursos, além de proporcionar a ocupação sustentável do espaço físico. Ainda, segundo Brito et al. (2005), o geoprocessamento de imagens de satélite apresenta-se como uma ferramenta para auxiliar o estudo da cobertura da terra em escala temporal, acompanhando as constantes transformações da paisagem em decorrência das influências antrópicas.

Esse artigo foi desenvolvido com o objetivo de analisar o comportamento espaço-temporal do Bioma Caatinga no município de Camalaú-PB entre os anos de 1985-2019, com base no geoprocessamento de imagens Landsat processadas pelo MapBiomias¹ e análise estatística de tendência e quebra para assim compreender os possíveis agentes causadores da alteração deste bioma.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Camalaú segundo estimativas do IBGE (2021) possui aproximadamente 6.048 habitantes, detendo uma unidade territorial de 541,84 Km², localizado na parte ocidental do Estado da Paraíba, estando situado no Alto do Paraíba, a localidade sob influência do clima semiárido e do Bioma Caatinga.

De acordo com o mapa de localização utilizando dados cedidos pelo IBGE 2019, o qual ele foi processado no software livre Qgis 3.10, destaca-se a localização geográfica de Camalaú em meio ao estado da Paraíba (Figura 1).

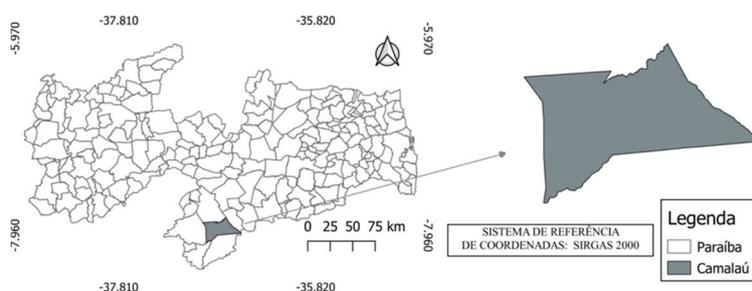


Figura 1: Mapa de Localização do Município de Camalaú-PB. **Fonte:** Adaptado de IBGE (2019).

Como metodologia estatística foi realizada a análise de tendência pelo teste não paramétrico de Mann-Kendall ao nível de 5% de significância estatística nas variáveis Formação Savânica, Mosaico de Agricultura e Pastagem e Outras Áreas não Vegetadas, entre os anos (1985-2019), este, realizado pela equação 1 proposta por Mann (1945) e Kendall (1975).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1)$$

Onde sgn é a somatória dos sinais da diferença entre pares de todos os valores presentes na série de dados (x_i) relacionados aos valores remanescentes na ordem sequencial (x_j) enquanto (j) representa os valores dos dados em sequência e (n) o tamanho da série temporal. Estes resultados da somatória variam de acordo com o exposto na equação 2.

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{se } x_j - x_i > 0 \\ 0, & \text{se } x_j - x_i = 0 \\ -1, & \text{se } x_j - x_i < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Foi realizado o Teste de Pettitt (1979) a 5% e significância estatística, com os anos (1985-2019) em relação as variáveis formação savânica, mosaico agricultura e pastagem e outras áreas não vegetadas, para assim determinar possíveis quebras de homogeneidade baseadas no teste não paramétrico, processo este

¹ <https://mapbiomas.org/en>

alcançado pela equação 3 e 4.

$$U(t, T) = U_{t-1, T} + \sum_{j=1}^T \text{sgn}(Y_i - Y_j); \quad \text{Para } t = 2, \dots, T \quad (3)$$

$$\text{sgn}(x) = 1, \quad \begin{cases} 1 & x > 0 \\ x & = 0 \\ x & < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Foram gerados três mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1985, 2001 e 2019, visando acompanhar as transformações ambientais do município e assim analisar como a vegetação caatinga sofreu alterações, observadas na dinâmica do espaço temporal ao longo de trinta e cinco anos. Os mapas de uso e ocupação possuem trinta e três classes segundo a normatização do MapBiomas, porém para o presente estudo os mapas detiveram apenas nove classes: Formação Florestal; Formação Savânica; Formação Campestre; Pastagem; Mosaico de Agricultura e Pastagem; Infraestrutura Urbana; Outras Áreas não vegetadas; Afloramento Rochoso e; Rio, Lago e Oceano.

Também foi estimado as áreas em porcentagem de cada uma destas classes presentes nos três mapas de uso e ocupação do solo (1985, 2001 e 2019), com a finalidade de analisar como as áreas se comportaram ao longo dos anos, com foco em Formação Savânica, Mosaico de Agricultura e Pastagem e Outras Áreas não Vegetadas.

Foi gerado um gráfico que aponta as precipitações médias anuais, com dados cedidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas (AES/A), em 2021, referente aos anos de 1994 a 2020, na intenção de visualizar como as precipitações ocorridas nestes anos possivelmente implicaram nas rupturas dos dados perante o Teste de Pettitt.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 é perceptível como no ano de 1985 a vegetação caatinga se encontrava nas maiores parcelas de área e espalhada no município de Camalaú, vista essa informação pelo tom verde claro que aponta no mapa de uso e ocupação do solo a presença de Formações Savânicas vegetais. Existem também Outras Áreas não Vegetadas, porém no referido ano não tiveram uma visada significativa.

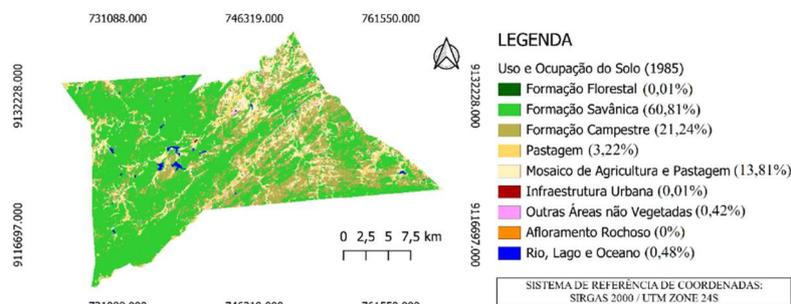


Figura 2: Mapa de Uso e Ocupação do Solo de Camalaú no ano de 1985. **Fonte:** Adaptado de MapBiomas (1985) e IBGE (2019).

Em seguida, tem-se que as formações campestres, mosaicos de agricultura e pastagem e corpos hídricos com ocupações de território inferiores a Formação Savânica, porém com contrastes relevantes, pois a presença de pastagens, mosaicos agricultáveis, pode possivelmente implicar em alterações no meio

ambiente do município onde à medida que estas áreas aumentam ou diminuem poderão interferir diretamente na Formação Savânica ou seja na vegetação do Bioma Caatinga presente no município. A Formação Savânica ocupava 60,81% do território municipal, enquanto o Mosaico de Agricultura e Pastagem detinha 13,81% de ocupação do solo e Outras Áreas não Vegetadas possuíam cerca de 0,42%.

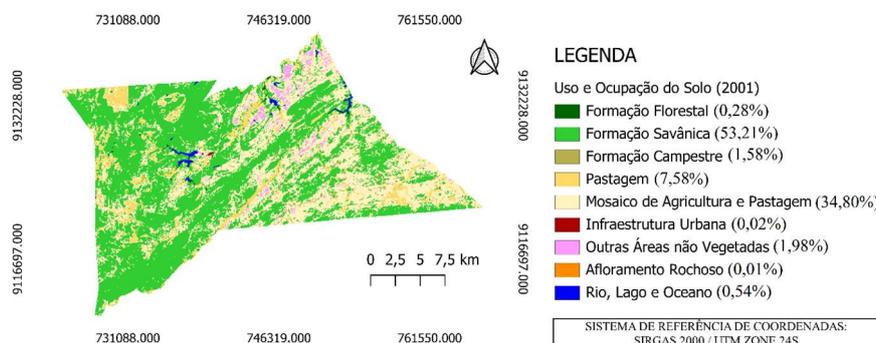


Figura 3: Mapa de Uso e Ocupação do Solo de Camalaú no ano de 2001. **Fonte:** Adaptado de MapBiomas (2001) e IBGE (2019)

De acordo com a Figura 3, no ano de 2001 é perceptível mudanças na paisagem ao se comparar com as informações expostas pela Figura 2 no ano de 1985, notando-se a redução de áreas de Formação Savânica, bem como o surgimento de áreas de Mosaico de Agricultura e Pastagens, onde possivelmente neste período, ela aumentou sua ocupação em áreas dentro do município por fatores climáticos ou socioeconômicos.

Ocorreu também o fato referenciado quanto ao aumento de Outras Áreas não Vegetadas em Camalaú, evidenciando que de 1985 a 2001, muitas áreas que eram anteriormente de outras classes de uso acabaram por se tornar locais sem uso e pior que isto, com ausência de vegetação, contrastando diretamente e indiretamente com a diminuição da vegetação caatinga, pelo aumento de parcelas sem uso e sem ocupação de vegetações, bem como a diminuição de Formações Savânicas.

Já em 2001, a Formação Savânica se encontrava ocupando cerca de 53,21% (valor este inferior a 1985), mosaico de Agricultura e Pastagem deteve 34,80% (valor superior em duas vezes ao ano de 1985) e Outras Áreas não Vegetadas com o valor de 1,98% que aponta um aumento destas áreas ao longo dos anos.

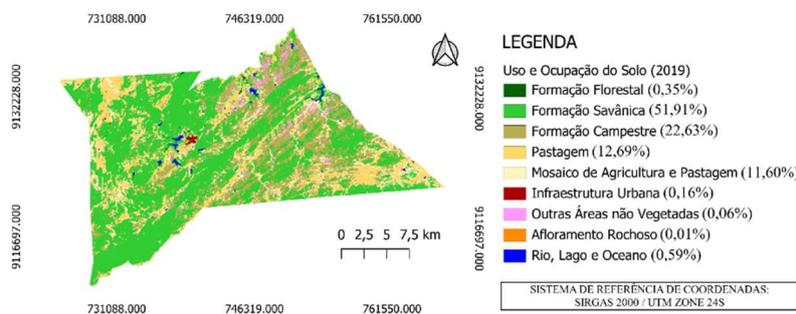


Figura 4: Mapa de Uso e Ocupação do Solo de Camalaú no ano de 2019. **Fonte:** Adaptado de MapBiomas (2019) e IBGE (2019).

Em 2019, é observado que a paisagem, principalmente quanto a Formação Savânica, vem diminuindo ao longo de 1985 e 2001, em contrapartida, outros usos e ocupações estão tomando seu lugar, como as áreas não vegetadas, pastagens e formações campestres que agora estão tomando possivelmente as áreas

agricultáveis que se limitaram de 2012 a 2017 pela seca ocorrida. (Figura 4)

De modo geral, a vegetação caatinga presente no município foi reduzida em ocupação de área devido a ações tanto climáticas, quanto antrópicas, que impactaram e alteraram a paisagem ao longo do tempo. A seca ocorrida durante os anos de 2012 a 2017, pode ser um evento significativo que proporcionou uma diminuição da resiliência natural da vegetação caatinga, bem como limitou a agricultura devido ao déficit hídrico que ela impõe.

Em 2019, a Formação Savânica no município se encontrou com o menor valor de presença em área, detendo 51,91% de ocupação, já a agricultura deteve 11,60%, valor três vezes inferior ao ano de 2001. Possivelmente, tal situação decorreu pelas limitações que a seca de 2012 a 2017 impôs, enquanto as Outras Áreas não Vegetadas diminuíram, ocupando cerca de 0,06% do território, acontecimento, este, ocasionado possivelmente pela resiliência natural que ao longo dos anos recupera, mesmo que lentamente áreas passivas de estarem degradadas.

No estudo de Ganem et al. (2020), foi visto o comportamento macro que se assemelhou ao comportamento da realidade de Camalaú, na forma que, analisando todo o Bioma Caatinga, foi vista uma redução das suas áreas, quando ao analisar dados de 2018, mensurou-se as áreas de vegetação remanescentes.

Essa mesma realidade também foi constatada na pesquisa de Silva et al. (2019), quando ao analisar dados do MapBiomias referentes aos anos entre 1985 e 2018 do município Delmiro Gouveia-AL. Perante os dados trabalhados, mesmo com o aumento na área vegetada em decorrência dos níveis de precipitação, se percebeu a limitação da recomposição de vegetação nativa, reafirmando o perfil de áreas remanescentes.

Segundo Aquino et al. (2021), com base em um estudo no município de Quixadá-CE, a seca e antropização do meio ambiente incidem diretamente na realidade local, mudando a conformação da vegetação bem como sua presença em áreas em que ela é endêmica. Neste estudo, foram avaliadas as limitações hídricas e ações humanas como agentes contribuintes que limitam e impõe degradações, respectivamente no Bioma Caatinga. Portanto, os anos de precipitação abaixo da média foram acompanhados de uma redução da vegetação nativa e do aumento de áreas antropizadas.

As realidades apresentadas acima validam os dados produzidos no presente estudo a partir da realidade de Camalaú, uma vez que, perante a redução das áreas de vegetação nativa, as oscilações na média pluviométrica possuem forte influência no comportamento da vegetação, variações estas, que tendência também no aumento das áreas antropizadas.

Tabela 1: Teste de Tendência de Mann-Kendall nas Variáveis Analisadas.

	Formação Savânica (Ha)	Mosaico de Agricultura e Pastagem (Ha)	Outras Áreas não vegetadas (Ha)
S	-319	13	4957
Sen's Slope	-140	10	12

Fonte: Adaptado de MapBiomias (1985-2019).

É possível observar pelo valor de S que a variável Formação Savânica possui valor negativo (-140 ha), ou seja, com o passar dos anos se tem a tendência referente a diminuição das áreas de Bioma Caatinga no

município, em contrapartida, Mosaico de Agricultura e Pastagem e Outras Áreas não Vegetadas se encontram com valores positivos, que apontam uma tendência do aumento destas áreas, respectivamente (10 e 12 ha), ou seja, possivelmente essas tendências de aumento na ocupação destes dois tipos de uso do solo, possivelmente estão incidindo no Bioma Caatinga proporcionando a tendência de diminuição de áreas em Camalaú.

Baseado na Figura 5, no que diz respeito a Formação Savânica, observa-se uma quebra dos dados em hectares de vegetação do Bioma Caatinga, validada pelo teste de Pettitt, no qual o ponto de descontinuidade da série temporal ocorreu no ano de 1999, em que tivemos uma diminuição brusca na área. Neste caso, admitiram-se os níveis de significância em 5%. Vale ainda destacar, que em 35 anos perdemos uma média de 4.815 hectares de Formação Savânica, o equivalente a mais de seis mil campos de futebol com medidas oficializadas pela FIFA, totalizando 8,9% de toda a área do município.

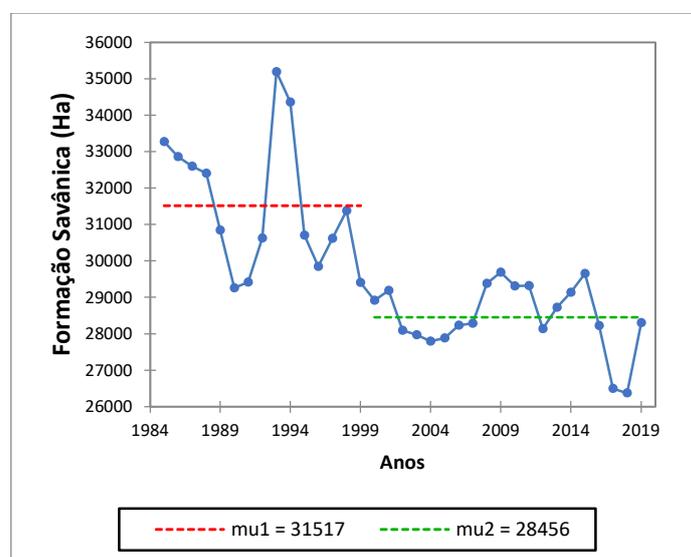


Figura 5: Gráfico do teste de Pettitt da Formação Savânica. **Fonte:** Adaptado de MapBiomias (1985 a 2019).

No que diz respeito ao Mosaico de Agricultura e Pastagem, destacado na Figura 6, também apresentado em hectares, o gráfico apresenta uma quebra dos dados no ano de 2010, assim como observado pelo Teste de Pettitt. Os maiores crescimentos significativos dessas áreas ocorreram nos intervalos entre: 1993-1995, 2005-2006 e 2012-2014. Torna-se perceptível o crescimento das Áreas de Agricultura e de Pastagem, principalmente na década de 90, sugerindo a hipótese de que decorreu das políticas públicas de recursos específicos destinados ao financiamento da agricultura familiar e os pacotes tecnológicos oferecidos.

Ao analisar a série de dados anuais na Figura 7, referente as Outras Áreas não Vegetadas, percebemos de imediato que no período de 1985 a 2019, o município aumentou em 631 hectares, em que, no ano de 1999, houve a quebra validada pelo Teste de Pettitt, assim decorrendo em um aumento das Áreas não vegetadas a partir da quebra.

Por situar-se em uma região de clima semiárido, em que, uma das suas principais características é o déficit hídrico, não podemos desconsiderar neste estudo os dados pluviométricos. Baseados nos dados obtidos pela AESA durante o período de 1985 a 2019, percebemos uma seca prolongada entre os anos de

1996 e 1999, com destaque para o ano de 1999, que não chegou a chover no município sequer 100 mm, sendo o menor valor médio de precipitação em 35 anos (Figura 8).

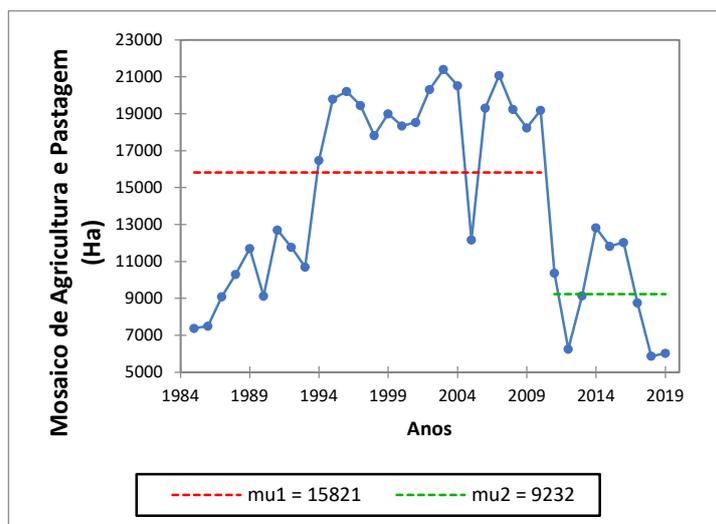


Figura 6: Gráfico do teste de Pettitt do Mosaico de Agricultura e Pastagem. **Fonte:** Adaptado de MapBiomias (1985 a 2019)

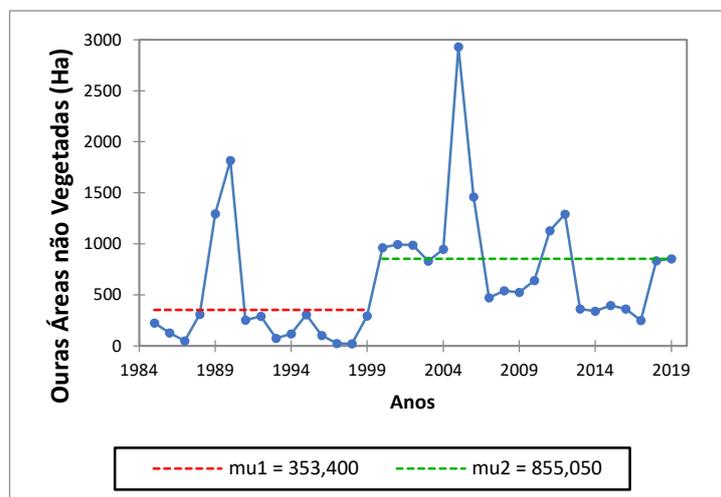


Figura 7: Gráfico do Teste de Pettitt de Outras Áreas não Vegetadas. **Fonte:** Adaptado de MapBiomias (1985 a 2019).

Levando em consideração que no período de secas prolongadas e totais, boa parte da vegetação, ainda que nativa, resiste nos primeiros anos, mas com o passar dos anos de escassez vai morrendo, percebemos, pois, que nos últimos anos dessa seca prolongada da década de 90, perdemos cerca de 2.465 hectares de Formação Savânica, de acordo com o gráfico anteriormente apresentado.

Essa análise do efeito da precipitação é comprovada quando analisamos o avanço das Outras Áreas não Vegetadas durante os anos de 1998 e 2000, ou seja, onde se acentua as consequências do longo período de escassez sobre as três variáveis em estudo. Ainda, o avanço das Outras Áreas não Vegetadas denuncia o comprometimento da resiliência de algumas espécies da Caatinga perante longos períodos de escassez.

Para Albuquerque (1999) e Albuquerque et al. (2012), perante o processo de degradação na Caatinga, o clima tem que ser levado em consideração, pois nem sempre todos os problemas estão relacionados diretamente com a questão antrópica, em que a Caatinga possui espécies vegetais que podem ser altamente vulneráveis a rápidas mudanças climáticas. Ainda, segundo Maldonado et al. (2002), o clima semiárido exerce

um papel fundamental nas dinâmicas de uso da terra e na evolução da paisagem do bioma Caatinga.

No ano de 2009, tivemos o período de maior precipitação anual da série em estudo, com cerca de 1.016,5 mm, 52,7% acima da média dos últimos 30 anos. Em 2010, a precipitação caiu pela metade e já se percebe uma diminuição drástica no mosaico de Agricultura e Pastagem, tendo neste ano, inclusive, o ponto de descontinuidade da série temporal. Eis, que, em 2009 o maior reservatório hídrico do município abastecido pelo rio Paraíba do Norte transbordou pela primeira vez desde a sua construção no início da década de 90, fazendo com que aumentasse de forma relevante a umidade das áreas próximas ao rio, pois o mesmo ficou com correnteza a jusante do reservatório hídrico, oferecendo para aquele ano uma segurança hídrica para os agricultores ribeirinhos, estes, que, residem na área rural mais populosa do município e que durante o ano de 2009 intensificaram a sua área de agricultura e de pastagem.

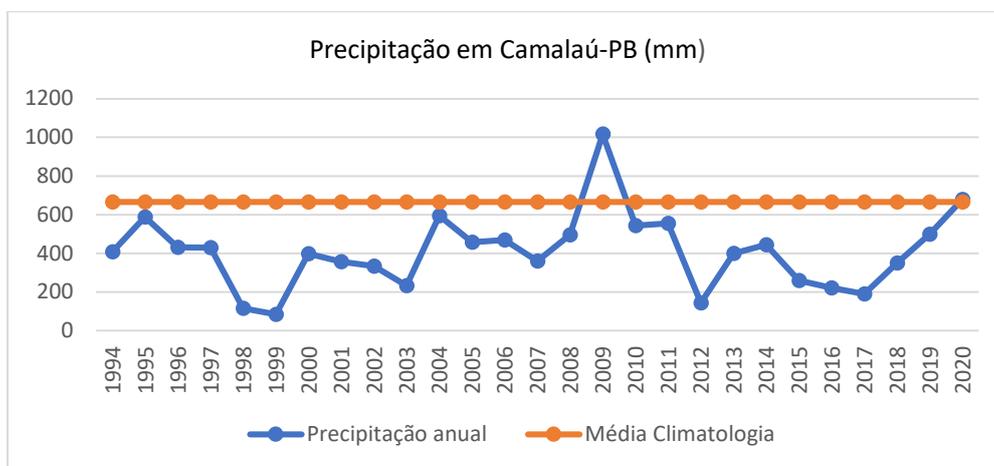


Figura 8: Gráfico da Precipitação Média Anual de Camalaú-PB. **Fonte:** Adaptado de AESA (1994 a 2020).

Interessante que logo após 2009, com elevados índices pluviométricos e alta produtividade de agricultura e de pastagem, começam a acentuar-se o recuo na área de Formação Savânica e o avanço nas Outras Áreas não Vegetadas.

Segundo Pereira et al. (2009), em um estudo sobre a análise do comportamento espectral da cobertura vegetal de uma área de Caatinga, após sucessivas estiagens, eles concluíram que o uso da vegetação como fonte de renda e meio de sobrevivência para homens e rebanhos tem imposto ao ambiente uma exploração insustentável.

Por fim, mesmo percebendo a importância do êxodo rural e regional que ocorreu durante a série analisada e a mudança no perfil populacional que ainda é rural, mas que, aos poucos deixa de ser agrícola, consideramos preliminarmente que entre 1985 e 2019 intensificamos o processo natural de desertificação na região por meio de ações antrópicas.

CONCLUSÕES

Através dos estudos, percebeu-se uma diminuição considerável da Formação Savânica, um aumento sutil de áreas com Mosaico de Agricultura e Pastagem, além do aumento de Outras Áreas não Vegetadas. Considerando a Formação Savânica, é perceptível que ao longo de 35 anos a área em hectares de vegetação

caatinga foi reduzido no município de Camalaú. Quanto ao Mosaico de Agricultura e Pastagem ao longo do tempo, ele variou quando a área em hectares. Contudo, observa-se um crescimento gradual dele. Já em relação as Outras Áreas não Vegetadas, ela também deteve sua ocupação oscilando dentro da área em estudo devido, inclusive, a agentes morfoclimáticos e antrópicos.

O levantamento estatístico evidenciou a tendência que o Bioma Caatinga possui no município, a qual pelo teste de Mann-Kendall foi constatada a tendência da diminuição de áreas ocupadas por Formação Savânica, bem como tendências de aumento de Mosaico de Agricultura e Pastagem e de Outras Áreas não Vegetadas. Cenário, este, que evidencia características antagônicas que podem diminuir a vegetação de caatinga, impondo condições favoráveis para o processo de desertificação através da degradação dos solos.

Vale ressaltar que os agentes que causam efeito sobre estas condições expostas vão além das ações antrópicas, onde elementos e eventos climáticos impõem limites no ambiente e assim afetam de forma direta e/ou indireta o comportamento espaço/temporal da vegetação presente no município.

O presente artigo abre uma discussão científica sobre a importância e as possibilidades da utilização do geoprocessamento, dos dados do MapBiomas e levantamentos estatísticos como ferramentas para auxiliar no monitoramento e na conservação do Bioma Caatinga, possibilitando planejar melhor o desenvolvimento das atividades produtivas, amenizando o processo de desertificação e as explorações indevidas de áreas que necessitam ser manejadas de forma sustentável. Ainda, a partir da análise mais apurada sobre o uso e a ocupação dos solos, além da cobertura vegetal nesta região, se possibilita uma melhor compreensão das dinâmicas de alteração do Bioma Caatinga para posterior subsídio de políticas públicas de gestão dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, U. P.; MELO, F. P. L.. Socioecologia da Caatinga. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v.70, n.4, p.40-44, 2018.

ALBUQUERQUE, S. G.; BANDEIRA, G. R. L.. Effect of thinning and slashing on forage phytomass from a caatinga of Petrolina, Pernambuco, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.6 p.885-885, 1995.

ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; ELDEIR, A. C. A.; LIMA, A. L. A.; SOUTO, A.; BEZERRA, B. M.; FERRAZ, E. M. N.; FREIRE, E. M. X., SAMPAIO, E. V. DE S. B.; CASAS, F. M. G.; MOURA, G. J. B.; PEREIRA, G. A.; MELO, J. G.; RAMOS, M. A.; RODAL, M. J. N.; SCHIEL, N.; LYRA, R. M. N.; ALVES, R. R. N.; AZEVEDO, S. M. J.; TELINO, W. R. J.; SEVER, W.. Caatinga revisited: Ecology and conservation of an important seasonal dry forest. **The Scientific World Journal**, v.2012, 2012.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S.. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v.22, n.3, p.126-135, 2009.

AQUINO, N. D.; ANDRADE, E. M.; SOUZA, E. T. F.; CAMPOS, D. A.. Impacto de Secas e Antropização na Dinâmica da Cobertura Florestal em Fragmento do Domínio Fitogeográfico da Caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.3, p.1675-1689, 2021.

ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; MARTINS, F. R.. Repartição da flora lenhosa no domínio da Caatinga. In: ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.. **Análise das variações da biodiversidade do Bioma Caatinga**: Suporte a estratégias regionais de conservação. Brasília: Ministério do meio Ambiente, 2005. p.15-33.

BRASIL. **Monitoramento do desmatamento dos biomas brasileiros por satélite**: monitoramento do bioma Caatinga 2008-2009. Brasília: MMA, 2011.

FACCO, D. S.; BENEDETTI, A. C.. A evolução temporal do uso e ocupação da terra em municípios da Quarta Colônia de Imigração Italiana (RS). **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.38, n.3, p.1254-1264, 2016.

GANEM, K. A.; DUTRA, A. C.; OLIVEIRA, M. T.; FREITAS, R. M.; GRECCHI, R. C.; VIEIRA, R. M. 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, p.829-854, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Panorama informacional de Camalaú (PB)**. Camalaú: 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Malha municipal de Camalaú (PB)**. Camalaú: 2021.

KENDALL, M. G.. **Rank correlation methods**. London: Charles Griffin, 1975.

MACHADO, C. G.. A Caatinga e suas aves. **Com Ciência**, Campinas, n.149, 2013.

MANN, H. B.. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, v.13, n.3, p.245-259. 1945.

OLIVEIRA, J, I.. **O processo de desertificação: a vulnerabilidade e a degradação ambiental no polo regional de Jeremoabo, Bahia**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

PEREIRA, R. A.; MELO, J. A. B.; SILVA, M. T.; ALMEIDA, N. V.. Análise do comportamento espectral da cobertura vegetal de uma área de caatinga após sucessivas estiagens. **Caminhos de Geografia**, v.10, n.29, 2009.

PETTITT, A. N.. A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem. **Applied Statistics**, v.28, n.2, p.126-135, 1979.

SILVA, S. A.; SILVA, F. H. S.; SANTOS, G.; LEITE, M. J. H.. Desmatamento multitemporal no bioma Caatinga no município de Delmiro Gouveia, Alagoas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.14, n.5, p.654-657, 2019.

TOMASELLA, J.; VIEIRA, R. M. S. P.; BARBOSA, A. A.; RODRIGUEZ, D. A.; SANTANA, M. O.; SESTINI, M. F.. Desertification trends in the Northeast of Brazil over the period 2000-2016. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.73, p.197-206, 2018.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



OpenSea

Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).

<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157845085243572225/>