

## IMPACTOS AMBIENTAIS NA COBERTURA E USO DA TERRA UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL EM UMA REGIÃO SEMIÁRIDA

Jhon Lennon Bezerra da Silva<sup>1</sup>, Pedro Henrique Dias Batista<sup>1</sup>, Marcos Vinícius da Silva<sup>1</sup>,  
Joez André de Moraes Rodrigues<sup>1</sup>, Fernanda Lamede Ferreira de Jesus<sup>2</sup>, Geber Barbosa de  
Albuquerque Moura<sup>3</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se monitorar e analisar as condições de mudanças da cobertura e uso da terra por sensoriamento remoto, em uma região semiárida, entre 2009 e 2019. Mapas temáticos anual da cobertura e uso da terra, foram desenvolvidos a partir de dados geoespaciais do satélite Landsat, adquiridos na plataforma MapBiomias. As análises apresentaram uma redução drástica dos corpos hídricos e consequente redução da vegetação de Caatinga, proveniente do aumento das áreas de pastagem ao longo do tempo. Nestes 11 anos, a área de infraestrutura urbana obteve um crescimento territorial de 29%. A seca intensa afetou significativamente a disponibilidade hídrica, que por sua vez afetou as condições de usos múltiplos e comprometeu principalmente as condições de agricultura na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** padrão de paisagem, recursos hídricos, seca

## ENVIRONMENTAL IMPACTS ON COVERAGE AND LAND USE USING ORBITAL REMOTE SENSING IN THE BRAZILIAN SEMIARID

**ABSTRACT:** The objective was to monitor and analyze the conditions of changes in land cover and use by remote sensing, in a semiarid region, between 2009 and 2019. Annual thematic maps of land cover and use, were developed from geospatial data from the Landsat satellite, acquired on the MapBiomias platform. The analyzes showed a drastic reduction in water bodies and a consequent reduction in Caatinga vegetation, from the increase in pasture areas over time. In these 11 years, the area of urban infrastructure has achieved a territorial growth of 29%. The

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife, PE. Depto. de Engenharia Agrícola. Av. D. Manoel de Medeiros, SN; Dois Irmãos, Recife, PE; CEP: 52171-900. E-mail: jhonlennoigt@hotmail.com; giga\_pedro@hotmail.com; marcolinosilva114@gmail.com; joezandre@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof.ª, Doutora, Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus Tomé-Açu, PA. E-mail: fernandalamede@ups.br

<sup>3</sup> Prof. Titular, Depto. de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife, PE. E-mail: geber.moura@ufrpe.br

\* O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e apoio do CNPq.

intense drought significantly affected water availability, which in turn affected the conditions of multiple uses and mainly compromised the agricultural conditions in the region.

**KEYWORDS:** landscape pattern, water resources, drought

## INTRODUÇÃO

Os longos períodos de seca e estiagem se intensificam nas regiões semiáridas do Brasil, causados principalmente pelas mudanças climáticas e a alta variabilidade pluviométrica do Semiárido Brasileiro, acarretando problemas de escassez hídrica, provocando condições semiáridas, afetando as condições de cobertura e uso da terra e principalmente os recursos hídricos. Destaca-se ainda que, a seca severa afeta historicamente e constantemente as condições socioeconômicas das populações locais das regiões semiáridas e, ainda, além deste fator natural adverso, incidem também as pressões das atividades antrópicas ao meio ambiente, com práticas intensificadas e manejos inadequados (D'ODORICO et al., 2013; MARENGO et al., 2018; XAVIER et al., 2019; COSTA et al., 2020).

O Semiárido Brasileiro é composto por vegetação do bioma Caatinga, cobertura vegetal natural mais suscetível às variações climáticas. Os desequilíbrios causados pela variabilidade pluviométrica e ausência de chuvas no semiárido, produzem grandes perdas aos serviços ecossistêmicos do bioma (BARBOSA et al., 2006; TOMASELLA et al., 2018; BARBOSA et al., 2019).

A região semiárida vem apresentando condições de mudanças na cobertura e uso da terra ao longo do tempo. Nos últimos anos, foram desenvolvidas pesquisas a partir do monitoramento espaço-temporal por imagens de satélites e técnicas de sensoriamento remoto. Os diversos estudos mostram alterações preocupantes no semiárido, como a elevação do albedo e temperatura da superfície, drástica redução da vegetação de Caatinga e corpos hídricos confirmada por índices de vegetação e, inclusive, a detecção da vulnerabilidade e risco de desertificação da terra (SILVA et al., 2019; SILVA et al., 2020a; SILVA et al., 2020b).

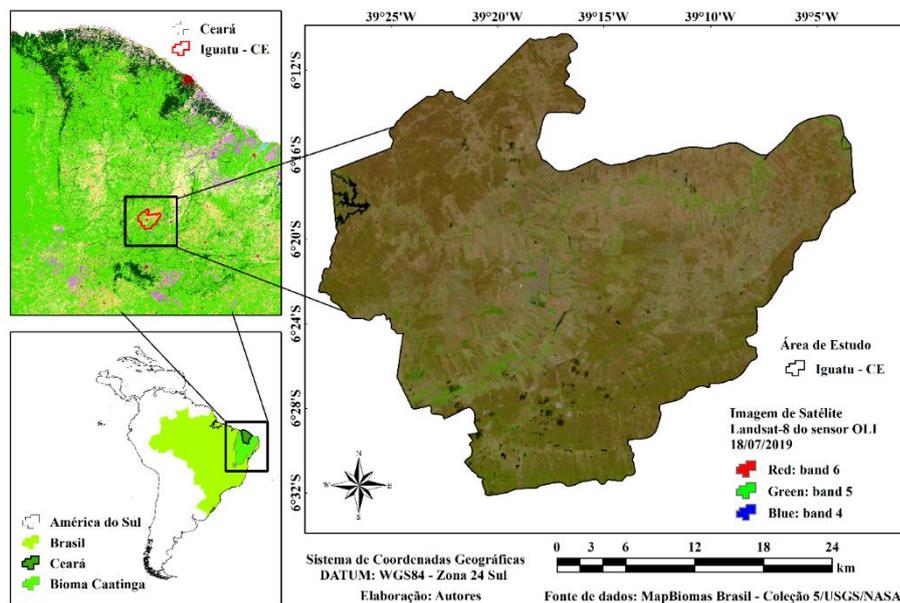
Diante da dificuldade de obter e na maioria das vezes a ausência de mapas temáticos da cobertura e uso da terra no Brasil, destaca-se a atuação e alta aplicabilidade do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas Brasil), com aplicações terrestres que visam a compreensão da dinâmica espaço-temporal das mudanças ambientais nos biomas brasileiros, no desenvolvimento constante de mapas temáticos de cobertura e uso da terra, inclusive para o bioma Caatinga.

Neste contexto, objetivou-se monitorar e avaliar os impactos ambientais na cobertura e uso da terra por conjuntos de técnicas de sensoriamento remoto orbital utilizando dados geoespaciais da plataforma MapBiomas Brasil, para uma região do Semiárido Brasileiro, entre o período de 2009 e 2019.

## MATERIAL E MÉTODOS

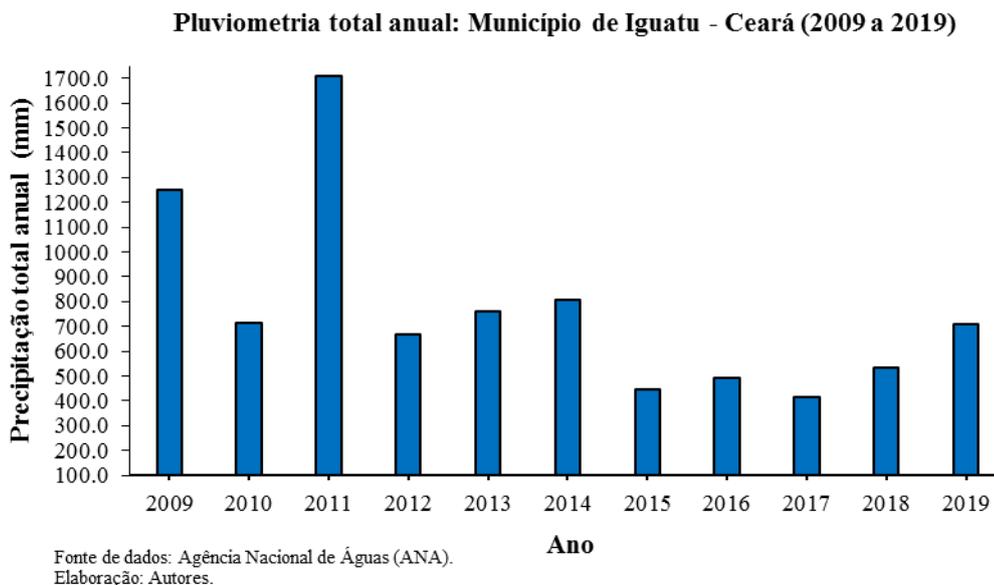
A área de estudo compreende o município de Iguatu, localizado na Mesorregião Centro-Sul do estado do Ceará, sob o domínio do Semiárido Brasileiro, localizado entre os paralelos de  $06^{\circ}13'8,25''\text{S}$  e  $06^{\circ}35'58,49''\text{S}$ , e entre os meridianos de  $39^{\circ}6'16,77''\text{W}$  e  $39^{\circ}28'45,16''\text{W}$ , altitude de 217,8 m. A classificação climática da região, conforme Köppen, é do tipo BSw'h' - clima quente e semiárido (ALVARES et al., 2013).

A região apresenta temperatura do ar média anual de 26 a 28 °C. A série histórica de dados climáticos entre 1984 e 2019 (35 anos) apresenta uma precipitação média anual de 867,58 mm, registrado pela estação pluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA), código: 00639044 ( $06^{\circ} 22' 27,4'' \text{ S}$  e  $39^{\circ} 17' 35,9'' \text{ W}$ ). Na Figura 1 está ilustrada a área de estudo.



**Figura 1.** Mapa espacial de localização do município de Iguatu, Ceará, Brasil.

A Figura 2 apresenta os dados de precipitação pluviométrica total anual, para a região de Iguatu-Ceará referente aos mesmos anos da análise espaço-temporal dos mapas de cobertura e uso da terra. No intuito de analisar a resiliência da vegetação, aporte hídrico de reservatórios e atividades agropecuária em função da maior ausência e/ou presença da chuva.



**Figura 2.** Variabilidade pluviométrica total anual do município de Iguatu-CE, entre os anos de 2009 e 2019.

O estudo foi desenvolvido a partir de análises sobre os mapas de classificações temáticas anuais da cobertura e uso da terra pertencente ao Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil – MapBiomas (<https://mapbiomas.org/o-projeto>), para o município de Iguatu. Os dados geoespaciais adquiridos, derivados de satélites, são das coleções 4 e 5 da série Landsat, com resolução espacial de 30 m. Em função da quantificação anual dos tipos de cobertura da terra, foi analisado as condições de perda e ganho, e os principais impactos ao meio ambiente na área de estudo, no período de 11 anos (2009-2019).

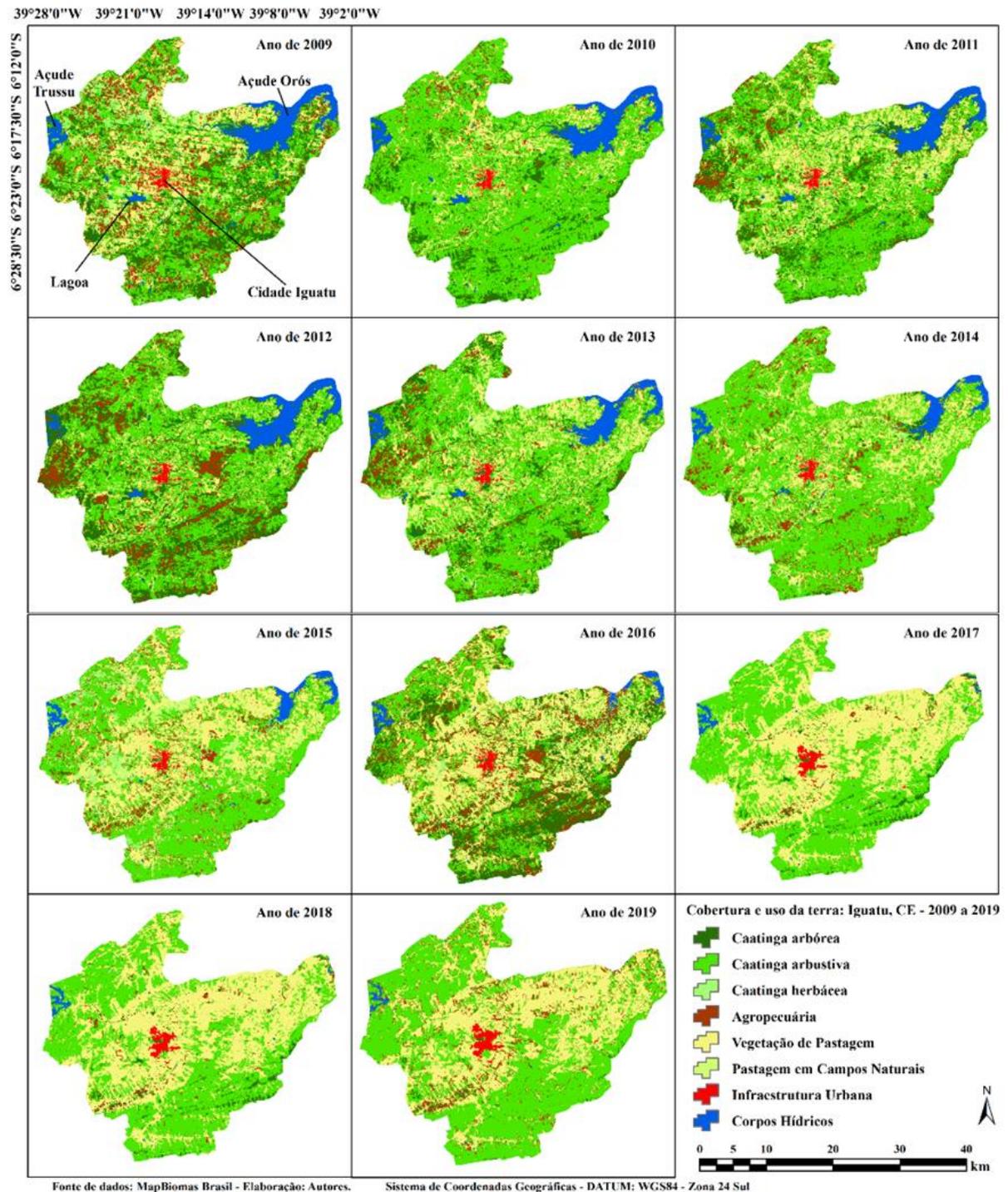
O desenvolvimento dos mapas temáticos à superfície se utiliza de recursos de modelagem computacional por meio da plataforma do Google Earth Engine (e.g., GORELICK et al., 2017), permitindo o processamento digital automatizado e em nuvem, fornecendo análises efetivas, práticas e eficientes das principais condições de mudanças e impactos ao meio ambiente e especialmente dos recursos hídricos.

Os mapas temáticos anuais do MapBiomas contêm até 105 camadas de informações geoespaciais. Destaca-se, que todo o processamento digital da cobertura e uso da terra são avaliados criteriosamente quanto a sua qualidade estatística através de análise de acurácia, taxa de acerto geral e estimativas das taxas de acerto e de erro para cada classe mapeada (PONTIUS JUNIOR & MILLONES, 2011; MAPBIOMAS BRASIL, 2020).

Os layouts deste trabalho foram produzidos a partir do software ArcGIS<sup>®</sup>, versão 10.2.2.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 ilustra o padrão das condições de mudanças anuais da cobertura e uso da terra do município de Iguatu. Os mapas destacam as áreas de vegetação natural de Caatinga, corpos hídricos, infraestrutura urbana e atividades agropecuárias.



**Figura 3.** Mapas temáticos geospaciais da cobertura e uso da terra para o município de Iguatu-CE, entre os anos de 2009 e 2019

Em geral, os mapas da cobertura da terra destacam uma redução das áreas cobertas por corpos hídricos (pixels com tons na faixa do azul), aumento da infraestrutura urbana (pixels com tons na faixa do vermelho) e da vegetação de pastagem (pixels com tons na faixa do amarelo) e conseqüentemente houve a diminuição da cobertura vegetal de Caatinga (Figura 3).

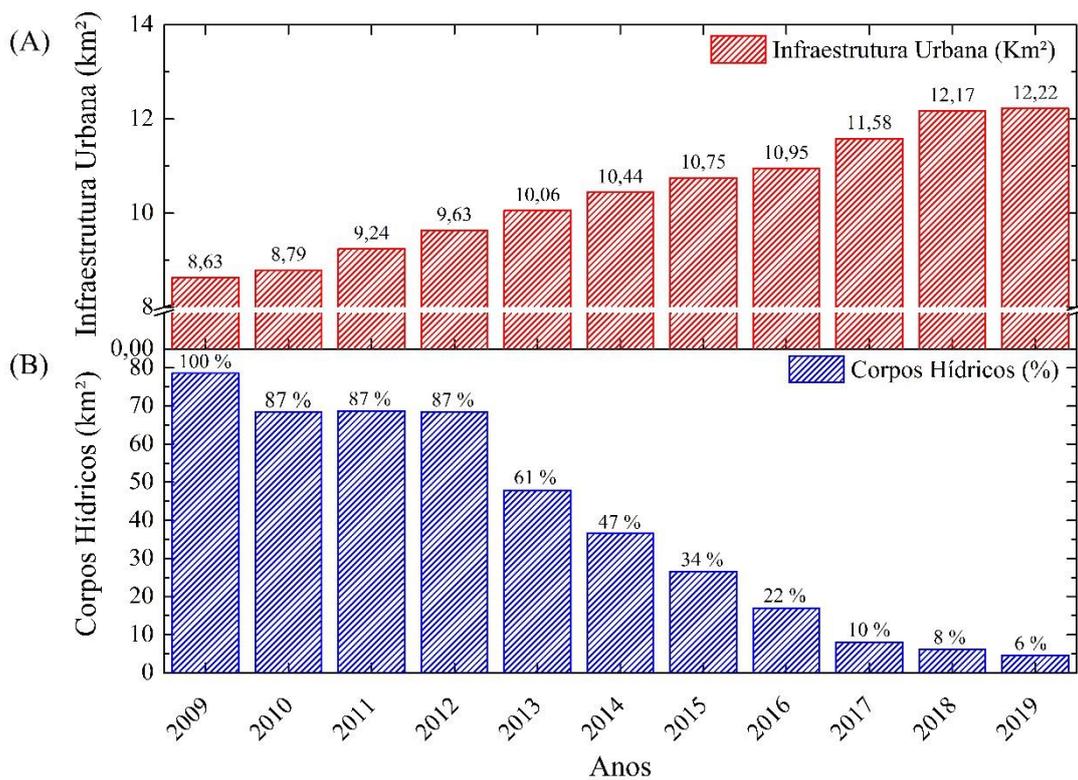
Nos mapas, o monitoramento espaço-temporal da disponibilidade hídrica confirma o impacto da seca diante da sua intensificação e duração na região semiárida, com a gradativa redução dos corpos hídricos ao longo do tempo. O suprimento do potencial hídrico do município afetou diretamente os usos múltiplos, especialmente o abastecimento humano e agricultura de subsistência, que seguramente se configurou em uma crise socioeconômica local.

A drástica redução da capacidade hídrica nos reservatórios Trussu (noroeste) e Orós (nordeste), além de lagoas suprimidas e degradadas ao longo tempo, é alarmante (Figura 3). Em função destes anos de seca e longa estiagem, destaca-se a sobrevida do Trussu diante dos eventos climáticos extremos, com espelho d'água ainda em destaque na região. Por outro lado, também é importante frisar o aumento das áreas com vegetação de pastagem no município. É um fator preocupante devido ao conseqüente desmatamento da vegetação nativa. A retirada da vegetação nativa favorece ao aumento da temperatura na região e desequilíbrios aos serviços ecossistêmicos da Caatinga (Figura 3).

Na Figura 4 apresenta a quantificação anual da área de infraestrutura urbana e avaliação das áreas cobertas por corpos hídricos, conforme apresentadas espacialmente na Figura 3, ou seja, o crescimento territorial da cidade (Figura 4A) e a dimensão dos espelhos d'água dos rios, lagoas e reservatórios (Figura 4B) de Iguatu-CE, entre 2009 e 2019.

A infraestrutura urbana do município de Iguatu-CE apresentou um crescimento territorial considerável ao longo do tempo. Para efeitos de comparação, destaca-se um crescimento territorial de 3,60 km<sup>2</sup> (3.596.189,2 m<sup>2</sup>) da área total, entre os anos de 2009 a 2019 (Figura 4A). Também para efeitos de comparação, o ano de 2009 foi qualificado em 100% (78,64 km<sup>2</sup>) por possuir as maiores áreas cobertas por corpos hídricos, da série analisada. A partir disso, nota-se a gradativa redução nos percentuais a medida que os anos se passam, até 2019 que, por exemplo, apresenta-se apenas com 6% (4,59 km<sup>2</sup>) da área total. Com redução total da condição hídrica de 94% (74,05 km<sup>2</sup>), ao longo dos 11 anos (Figura 4B).

A ausência de planejamento e gestão local do município impactam na condição de disponibilidade hídrica, infraestrutura urbana e, em geral, no meio ambiente. Quando acompanhado da potencialização dos efeitos de mudanças climáticas, variabilidade pluviométrica e efeitos da seca, acarretam em grandes perdas socioeconômicas local, regional e global, afetando a qualidade de vida das populações, especialmente nas regiões semiáridas.



**Figura 4.** Quantificação anual da infraestrutura urbana e das áreas cobertas por corpos hídricos no município de Iguatu-CE, entre os anos de 2009 e 2019.

As regiões semiáridas possuem alta incidência de radiação solar, além do mais as condições de seca provocam altas temperaturas e, com isso, quanto maior for o espelho d'água dos reservatórios maior será a perda por evaporação. Contudo, cabe ressaltar que as regiões do Semiárido Brasileiro convivem com condições adversas continuamente (MARENGO et al., 2018). E sobre condições predatórias do manejo das principais atividades na região, tais condições tendem a se agravar ainda mais. Por via, entende-se que o município carece de uma assistência técnica mais participativa e atuante nas principais áreas produtivas. A atuação do poder público municipal é essencial para a disseminação e divulgação de informações dentre as principais atividades degradantes da região.

A seca desencadeou uma condição severa de escassez hídrica ao longo do tempo, que favoreceu a um déficit hídrico acentuado. Além dos fatores provocados pela seca, às atividades antrópicas também aumentam as pressões sobre o meio ambiente como, por exemplo, as práticas de desmatamento, queimadas, manejo inadequado das atividades agropecuárias, que somados elevam a vulnerabilidade dos processos de degradação ambiental e consequente desertificação da terra.

Os baixos índices pluviométricos para o município principalmente a partir do ano de 2012 (Figura 2), quando os totais anuais de chuva não mais atingiram a média histórica (867,58 mm)

para a região, afetaram diretamente as condições de produção agrícola, estas que nos mapas temáticos foram reduzidas e/ou substituídas por áreas de pastagem. Esse fenômeno provoca o êxodo rural, causando uma redução da agricultura de subsistência e gerando uma aglomeração acentuada nos centros urbanos, prejudicando as condições de agricultura local.

À medida que a seca se intensificou obtiveram maiores pressões por parte das atividades humanas em diversos setores do município de Iguatu-CE. Estas pressões se concentram ainda mais com impactos severos ao meio ambiente, devido a vulnerabilidade da cobertura da terra aos efeitos climáticos, destacando inclusive a pressão sobre o reservatório Trussu, que também conforme o aumento da infraestrutura urbana, potencializa a demanda pelo uso consuntivo da água. O Trussu é o reservatório estratégico de abastecimento de água para praticamente toda a região, incluindo, além da cidade, os sítios que fazem parte do município. No ano de 2010 a população do censo de 2010 era de 96.495 pessoas, enquanto a população estimada para o ano de 2020 é de 103.074 pessoas (IBGE, 2020).

Como um todo, que foi apresentado nos mapas da cobertura e uso da terra, há uma indicação clara de desmatamento ambiental no município de Iguatu-CE, motivada tanto pelos efeitos severos da seca quanto pela pressão das atividades antrópicas, que favorecem na aceleração dos impactos ambientais.

## CONCLUSÕES

Os eventos de seca severa favoreceram à acentuação do déficit hídrico, aumentando a suscetibilidade aos processos de degradação ambiental e desertificação da terra. A redução das áreas de corpos hídricos e o desmatamento ambiental devido principalmente ao aumento das áreas de pastagem prejudicam o microclima local da região semiárida, Iguatu – Ceará.

O crescimento territorial da infraestrutura urbana de forma desordenada, intensifica a pressão sobre os recursos naturais, causando a degradação ambiental e de corpos hídricos.

O reservatório Orós desapareceu em função dos eventos severos da seca e ausência de chuvas para aporte hídrico, afetando ao longo do tempo, principalmente, as atividades da agricultura na região e por sua vez as condições socioeconômicas locais.

A região necessita de políticas públicas descentralizadas e participativas, pautadas em projetos voltados para a preservação do meio ambiente, do manejo adequado das atividades agropecuárias e principalmente do uso sustentável da água, com atuações e aplicações técnicas do poder público municipal de médio e longo prazo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.
- BARBOSA, H. A.; HUETE, A. R.; BAETHGEN, W. E. A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 2, p. 288-307, 2006.
- BARBOSA, H. A.; KUMAR, T. L.; PAREDES, F.; ELLIOTT, S.; AYUGA, J. G. Assessment of Caatinga response to drought using meteosat-SEVIRI normalized difference vegetation index (2008–2016). **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 148, p. 235-252, 2019.
- COSTA, R. L.; MELLO BAPTISTA, G. M.; GOMES, H. B.; SANTOS SILVA, F. D.; ROCHA JÚNIOR, R. L.; ARAÚJO SALVADOR, M.; HERDIES, D. L. Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. **Weather and Climate Extremes**, v. 28, n. 100254, p. 1-12, 2020.
- D'ODORICO, P.; BHATTACHAN, A.; DAVIS, K.F.; RAVI, S.; RUNYAN, C.W. Global desertification: drivers and feedbacks. **Advances in Water Resources**, v. 51, p. 326-344, 2013.
- GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades/Iguatu/Ceará**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/iguatu/panorama>>. Acesso em: 17/11/2020.
- MAPBIOMAS BRASIL. **Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil**. (2020). Mapa das coleções 4 e 5. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 16 de novembro de 2020.
- MARENCO, 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, p. 1973-1985, 2018.

PONTIUS JUNIOR, R. G.; MILLONES, M. Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n. 15, p. 4407-4429, 2011.

SILVA, J. L. B.; MOURA, G. B. A.; FRANÇA E SILVA, Ê. F.; LOPES, P. M. O.; SILVA, T. T. F.; LINS, F. A. C.; SILVA, D. A. O.; ORTIZ, P. F. S. Spatial-temporal dynamics of the Caatinga vegetation cover by remote sensing in municipality of the Brazilian semi-arid. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, p. 1-10, 2019.

SILVA, J. L. B.; MOURA, G. B. A.; LOPES, P. M. O.; FRANÇA E SILVA, Ê. F.; ORTIZ, P. F. S.; SILVA, D. A. O.; SILVA, M. V.; GUEDES, R. V. S. Spatial-Temporal Monitoring of the Risk of Environmental Degradation and Desertification by Remote Sensing in a Brazilian Semiarid Region. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13 n. 02, p. 544-563, 2020a.

SILVA, J. L. B.; MOURA, G. B. A.; SILVA, M. V.; LOPES, P. M. O.; GUEDES, R. V. S.; FRANÇA E SILVA, Ê. F.; ORTIZ, P. F. S.; RODRIGUES, J. A. M.; Changes in the water resources, soil use and spatial dynamics of Caatinga vegetation cover over semiarid region of the Brazilian Northeast. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 20, n. 100372, p. 1-12, 2020b.

TOMASELLA, J.; VIEIRA, R. M. S. P.; BARBOSA, A. A.; RODRIGUEZ, D. A.; OLIVEIRA SANTANA, M.; 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.

XAVIER, S. F. A.; SILVA JALE, J.; STOSIC, T.; SANTOS, C. A. C.; SINGH, V. P. An application of sample entropy to precipitation in Paraíba State, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 136, n. 1-2, p. 429-440, 2019.