



CRESCIMENTO URBANO E IMPACTOS SOBRE A COBERTURA VEGETAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA AVENIDA JOÃO PAULO II, REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM-PARÁ

URBAN GROWTH AND IMPACTS ABOUT THE VEGETAL COVERAGE IN THE AREA OF INFLUENCE OF AVENUE JOÃO PAULO II, BELÉM METROPOLITAN REGION, PARÁ

Jones Remo Barbosa Vale – ICIBE/UFRA – Belém – Pará – Brasil
jonesremo@hotmail.com

Henrique dos Santos Cruz – ICIBE/UFRA – Belém – Pará – Brasil
henrique17moura@gmail.com

Mateus Trindade Barbosa – ICIBE/UFRA – Belém – Pará – Brasil
mateustrindade3000@gmail.com

Renan Dourado Lopes – ICIBE/UFRA – Belém – Pará – Brasil
dourador57@gmail.com

Saint Clair Cardoso Campos – ICIBE/UFRA – Belém – Pará – Brasil
saintclaircardoso.12@gmail.com

RESUMO

A expansão urbana é um processo de conotação espacial com dimensão temporal de ampliação das cidades, em razão deste processo ocorre a redução da cobertura vegetal para ceder espaço e dentre as variáveis ambientais esta é a mais vulnerável às ações humanas. Assim, o trabalho tem por objetivo analisar o crescimento urbano e as alterações da distribuição da cobertura vegetal na área de influência da Avenida João Paulo II na Região Metropolitana de Belém entre os anos de 1989 e 2019. Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas imagens do satélite Landsat-5/TM do ano de 1989 e 2004, e imagem do satélite Landsat-8/OLI-TIRS do ano de 2019 disponíveis na plataforma online Google Earth Engine (GEE), os processamentos foram realizados no Code Editor da plataforma, onde aplicou-se o algoritmo de classificação Random Forest que resultou no mapeamento temporal das classes: área urbanizada, cobertura vegetal, hidrografia e outros. Os mapeamentos foram avaliados por meio de índices de concordância, a Exatidão Global e o Índice Kappa. Os resultados demonstraram que nos últimos 30 anos o crescimento urbano na área de estudo foi de 28%, cujo maior aumento foi no período de 2004-2019 com 16%, já a cobertura vegetal obteve uma perda de 29% nos últimos 30 anos, cuja maior supressão também foi no período de 2004-2019 com 23%. A utilização de geotecnologias foi fundamental para o desenvolvimento do trabalho e demonstraram ser ferramentas essenciais para subsidiar políticas ambientais urbanas.

Palavras-chave: Urbanização. Planejamento Urbano. Sensoriamento Remoto. Geoprocessamento.

ABSTRACT

Urban expansion is a process of spatial connotation with a temporal dimension of expansion of cities, as a result of this process there is a reduction of plant cover to give space and among the environmental variables this is the most vulnerable to human actions. Thus, the work aims to analyze urban growth and changes in the distribution of plant cover in the area of influence of Avenue João Paulo II in the Metropolitan Region of Belém between the years 1989 and 2019. For the development of the work, images of the Landsat-5/TM satellite from the year 1989 and 2004, and image of the Landsat-8/OLI-TIRS satellite from the year 2019 available on the Google Earth Engine (GEE) online platform, the processing was performed in the platform's Code Editor of platform, where the Random Forest classification algorithm was applied, which resulted in the temporal mapping of the classes: urbanized area, vegetation cover, hydrography and others. The mappings were evaluated using agreement indexes, the Global Accuracy and the Kappa Index. The results showed that in the last 30 years the urban growth in the study area was 28%, the biggest increase was in the period of 2004-2019 with 16%, while the vegetation cover had a loss of 29% in the last 30 years, whose the greatest suppression was also in the period 2004-2019 with 23%. The use of geotechnologies was fundamental for the development of the work and proved to be essential tools to support the policies for the urban environment.

Keywords: Urbanization. Urban Planning. Remote Sensing. Geoprocessing.

INTRODUÇÃO

As cidades são espaços extremamente dinâmicos e que nos últimos anos tem passado por uma intensificação de mudanças espaciais evidenciadas, principalmente, pelo fenômeno de expansão urbana (MARTINS, 2013). A expansão urbana é um processo de conotação espacial com dimensão temporal, ocorrendo quando as cidades requerem novos espaços para sua ampliação, essa necessidade de expansão é decorrente do crescimento populacional ou por conta da deterioração de áreas já ocupadas, possuindo funções residenciais e serviços desta forma incorpora-se novas áreas externas ao atual perímetro existente (ROSSETTI *et al.*, 2007).

O fenômeno da urbanização e os impactos ambientais no Brasil se intensificaram na segunda metade do século XX, de forma acelerada e crescente, motivado por fatores do setor secundário e terciário da economia (OLIVEIRA; AQUINO, 2015). À medida que o processo de urbanização avança, verifica-se também um considerável recuo da natureza, o que provoca diversos problemas ambientais urbanos e isto é um dos principais desafios das cidades na contemporaneidade (STREGLIO *et al.*, 2013; FERRAZ *et al.*, 2017). A cidade sofreu as consequências do rápido crescimento urbano, desordem muito grande na paisagem urbana (PEREIRA; DIAS, 2020).

Um dos indicadores de degradação do ambiente urbano é a diminuição da cobertura vegetal, que segundo Rossetti *et al.* (2007) a cobertura vegetal se constitui como um elemento importante na medida em que pode proporcionar melhorias no ambiente alterado pela ocupação antrópica, podendo ser considerada um indicador da qualidade de vida de seus habitantes, conforme estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

De modo geral, a presença da cobertura vegetal aumenta a permeabilidade dos terrenos intra-urbanos, reduzindo o escoamento superficial das águas pluviais, que causam também problemas de inundações e assoreamento de corpos d'água (CARVALHO *et al.*, 2012), além disso, interfere nos mecanismos de transporte de águas superficiais e subterrâneo, reduz a erosão e aumenta o potencial de infiltração (TARGA *et al.*, 2012).

As mudanças na superfície terrestre em decorrência da urbanização que tem como efeito a substituição de superfícies naturais por edificações e ruas, adicionalmente, a diminuição da cobertura vegetal urbana, tem causado alterações no microclima como modificações no fluxo de vento, diminuição da umidade relativa, infiltração da água das chuvas e a irradiação de calor para a atmosfera (MELO *et al.*, 2020). Assim, tem provocado o surgimento de um fenômeno denominado “ilha de calor”, onde a temperatura em áreas com adensamento de edificações e baixas taxas de áreas verdes é mais elevada que em áreas vizinhas não urbanizadas. Este fenômeno de ilhas de calor em algumas áreas urbanas vem causando grande desconforto térmico e prejudicando a saúde dos seus habitantes (SOUZA, 2004; COSTA *et al.*, 2010).

Diante das características e dos fenômenos da dinamicidade da urbanização, torna-se fundamental o monitoramento com o levantamento sistemático de dados, para o efetivo suporte ao planejamento territorial. Neste sentido, as geotecnologias que são tecnologias espaciais modernas que permitem uma avaliação integrada dos sistemas naturais e a combinação de dados ambientais através de diversas ferramentas (VALE *et al.*, 2018), dentre elas destacam-se as técnicas de Sensoriamento Remoto, que através das imagens orbitais que permitem adquirir dados de elementos do cenário urbano e

que podem ser avaliados e representados por meio das ferramentas de Geoprocessamento em ambiente computacional (ROSSETTI *et al.*, 2007).

Através do uso dessas geotecnologias foram realizadas pesquisas como de Silva *et al.* (2020), Luz *et al.* (2019), Vale *et al.* (2019) e Menezes *et al.* (2017), cujo foco eram fornecer dados para subsidiar o planejamento urbano. Além disso, a aquisição de informações da superfície terrestre através de ferramentas geotecnológicas possibilita contemplar o imageamento de extensas áreas geográficas e obtenção de dados pretéritos (FERREIRA *et al.*, 2020). Para o planejamento essas informações são essenciais, pois permite pensar estratégias ao processo de ocupação de forma ordenada e assim assegurar às pessoas um espaço que proporcione qualidade de vida e sustentabilidade (CAMPOS *et al.*, 2017; CARDOSO *et al.*, 2017).

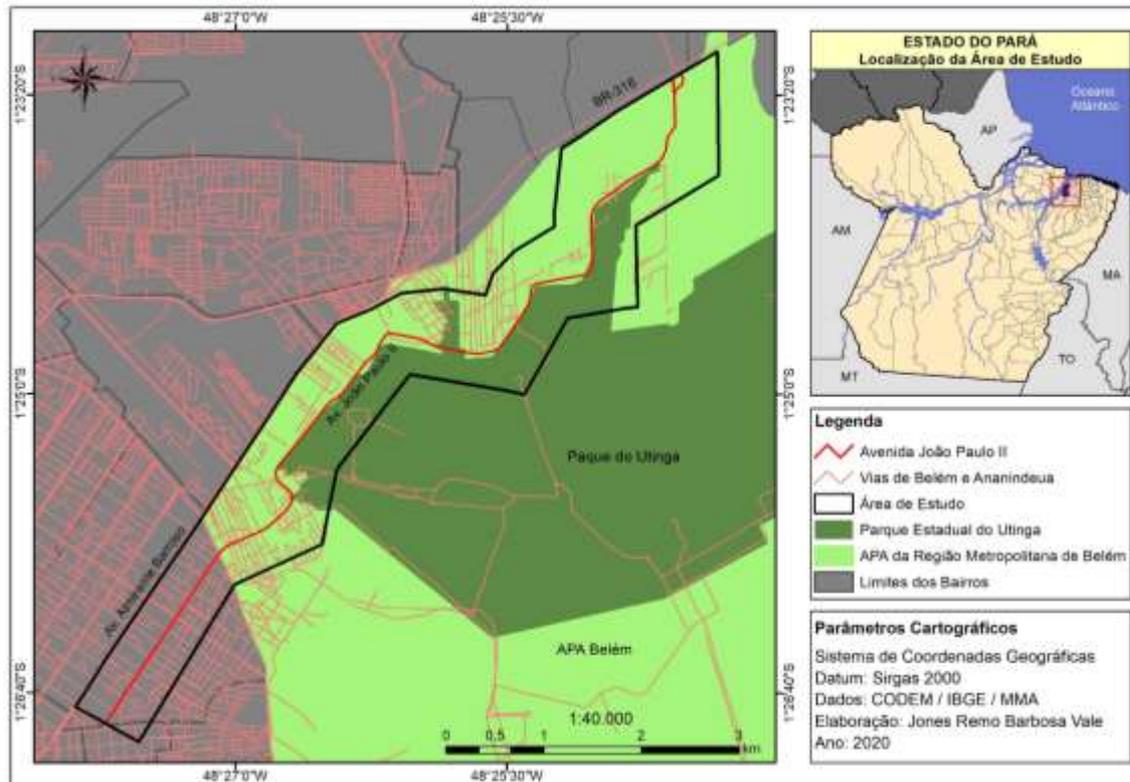
A Avenida João Paulo II é uma via importante de acesso da cidade de Belém e nos últimos anos vem sendo ocupada de forma desordenada, principalmente, com o processo de ampliação da via. Desta forma, o objetivo deste trabalho é analisar esse processo de crescimento urbano e as alterações da distribuição da cobertura vegetal na área de influência da Avenida João Paulo II, Região Metropolitana de Belém-Pará, entre os anos de 1989 e 2019, através do uso de ferramentas geotecnológicas.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A Avenida João Paulo II localiza-se na Região Metropolitana de Belém (RMB), mais precisamente nos limites territoriais dos municípios de Belém e Ananindeua, esta via arterial juntamente com as avenidas Almirante Barroso, Independência e a rodovia BR-316 são as principais vias de acesso e saída da capital paraense. A área de estudo (Figura 1), denominada neste trabalho de área de influência, abrange um buffer de aproximadamente 200 metros das margens da Avenida João Paulo II.

Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O projeto de abertura da Avenida João Paulo II foi apresentado em 15 de novembro de 1902 pelo intendente da cidade de Belém Antônio Lemos, originalmente a via foi chamada de Primeiro de Dezembro, o processo retificação, asfaltamento e iluminação durou cerca de 70 anos. Nos anos 2000 houve a mudança no nome para Avenida João Paulo II em homenagem ao papa João Paulo II que celebrou uma missa campestre na via em julho de 1980.

Iniciando na Avenida Ceará no bairro de Canudos (Belém) e findando na passagem Mariano no bairro do Castanheira (Belém), a Avenida João Paulo tinha aproximadamente 5,7 km de extensão, o aumento populacional e os constantes engarrafamentos na Avenida Almirante Barroso em direção a BR-316 levaram ao desenvolvimento de um projeto de prolongamento da Avenida João Paulo II, desde a passagem Mariano (Bairro Castanheira-Belém) até ao viaduto do Coqueiro na BR-316 (Bairro da Guanabara-Ananindeua), extensão de 4,7 km, assim a avenida torna-se uma importante via arterial da cidade. O projeto de prolongamento foi apresentado em

1999, mas as obras iniciaram somente em 2013 e finalizaram em 2018, uma obra que custou R\$ 302 milhões de recursos federais e estaduais (SANTANA JR., 2018; PEREIRA, 2019).

A Avenida João Paulo II corta duas áreas territorialmente protegidas que é a Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belém (APA Belém), criada por meio do Decreto Estadual nº 1.551, de 03/05/1993 e o Parque Estadual do Utinga (PEUT), criada por meio do Decreto Estadual nº 1.552, de 03/05/1993, ambas gerenciadas pelo Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio). As duas Unidades de Conservação (UC) tem classificações diferentes, a APA Belém é de uso sustentável e o PEUT é de proteção integral. Essas UCs têm como objetivo preservar ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e assegurar a potabilidade da água dos lagos Água Preta e Bolonha que abastecem grande parte da população da Região Metropolitana de Belém. No entanto, o crescimento urbano na área vem provocando forte pressão sobre essas UCs.

Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do trabalho, inicialmente foi realizado uma pesquisa bibliográfica com propósito de compreender acerca da temática, esta atividade teve como meta levantar trabalhos realizados com a mesma finalidade e trabalhos já realizados na área de estudo.

Posterior à etapa de levantamento bibliográfico, iniciou-se o mapeamento com imagens orbitais a fim de analisar o processo de expansão urbana e diminuição da cobertura vegetal na área de estudo. Para tal, foi considerado um intervalo de tempo de 15 anos, sendo avaliadas imagens do satélite Landsat-5/TM do ano de 1989 e 2004, e imagem do satélite Landsat-8/OLI-TIRS do ano de 2019 disponíveis na plataforma online Google Earth Engine (GEE), essa plataforma detêm um acervo de imagens de satélites das últimas décadas, atualizadas diariamente, e fornece ferramentas computacionais necessárias análises da superfície terrestre (GORELICK *et al.*, 2017; SIDHU *et al.*, 2018).

O processamento dos dados foi executado pelo Code Editor do GEE a partir de códigos desenvolvidos na linguagem de programação JavaScript. Para avaliar as

transformações espaciais ao longo do período analisado realizou-se uma classificação temporal com imagens referenciadas e corrigidas geometricamente e atmosféricamente. Assim, no código foi implementado dois índices espectrais que através do comportamento espectral dos alvos em diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético visam auxiliar no processo de classificação dos alvos na superfície terrestre, o primeiro foi um índice voltado a vegetação denominado *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e o segundo foi um índice voltado a identificação de áreas construídas denominado *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI).

O NDVI foi desenvolvido por Rouse *et al.* (1974) e é um índice indicador das alterações na cobertura vegetal, apresenta alta sensibilidade tanto para a vegetação esparsa quanto para a vegetação mais densa. O índice combina informações espectrais da banda do Vermelho (Red) e do Infravermelho Próximo (NIR), sendo expresso por:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

O NDBI foi desenvolvido por Zha *et al.* (2003) para evidenciar áreas construídas e manchas urbanas utilizando as bandas do Infravermelho Médio (SWIR) e do Infravermelho Próximo (NIR), sendo expresso por:

$$\text{NDBI} = \frac{\text{SWIR} - \text{NIR}}{\text{SWIR} + \text{NIR}}$$

Para fazer a classificação de uso e cobertura da terra aplicou-se o algoritmo Random Forest que segundo Breiman (2001) é um classificador do tipo árvores de decisão, onde por meio de um conjunto de treinamento original realiza a classificação por índices estatísticos. Sendo assim, foram mapeadas as classes área urbanizada, cobertura vegetal, hidrografia e outros, sendo que as características de cada classe estão dispostas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características das classes de uso e cobertura da terra

Classe	Características
Área Urbanizada	Áreas residenciais e comerciais, com edificações e construções (pontes, viadutos, calçadas e etc.), vias pavimentadas e não pavimentadas.
Cobertura Vegetal	Área de floresta primária, não alterada. Áreas que, após a supressão total da vegetação florestal, encontram-se em processo avançado de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea, gramíneas.
Hidrografia	Águas superficiais que formam espelhos d'água.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A avaliação da veracidade dos mapeamentos foi realizada por meio do uso da matriz de confusão para cálculo dos índices de concordância (Exatidão Global e o Índice Kappa) e visitas de campo.

A Exatidão Global é a medida mais simples de verificação e relaciona os elementos da diagonal principal da matriz de confusão, que representa o número de amostras classificadas corretamente n_{ii} , pelo número total de amostras coletadas N (HELLDEN; STERN, 1980), sendo expresso por:

$$P_0 = \frac{\sum_{i=1}^m n_{ii}}{N}$$

Em que: M é o número de categorias informacionais presentes na matriz de confusão; n_{ii} referem-se aos elementos da diagonal principal, ou seja, elementos classificados corretamente; e N o número total de amostras.

O Índice Kappa (K) é uma medida de concordância que fornece uma ideia do quanto às observações se afastam daquelas esperadas, fruto do acaso, indicando-nos assim o quão legítimo são as interpretações, é calculado com base em uma matriz de erros e, é utilizado como medida de concordância entre o mapa e a referência adotada para a estimativa da exatidão (COHEN, 1960), sendo expresso por:

$$K = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c}$$

Em que: P_0 é a exatidão global; P_c é a proporção de unidades que concordam por casualidade.

A partir dos resultados, Landis e Koch (1977) associam valores do Índice Kappa à qualidade da classificação de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 - Qualidade da classificação associada aos valores do Índice Kappa

Valores do Índice Kappa	Qualidade da Classificação
0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito Boa
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: LANDIS; KOCH (1977). Adaptado pelos autores (2021).

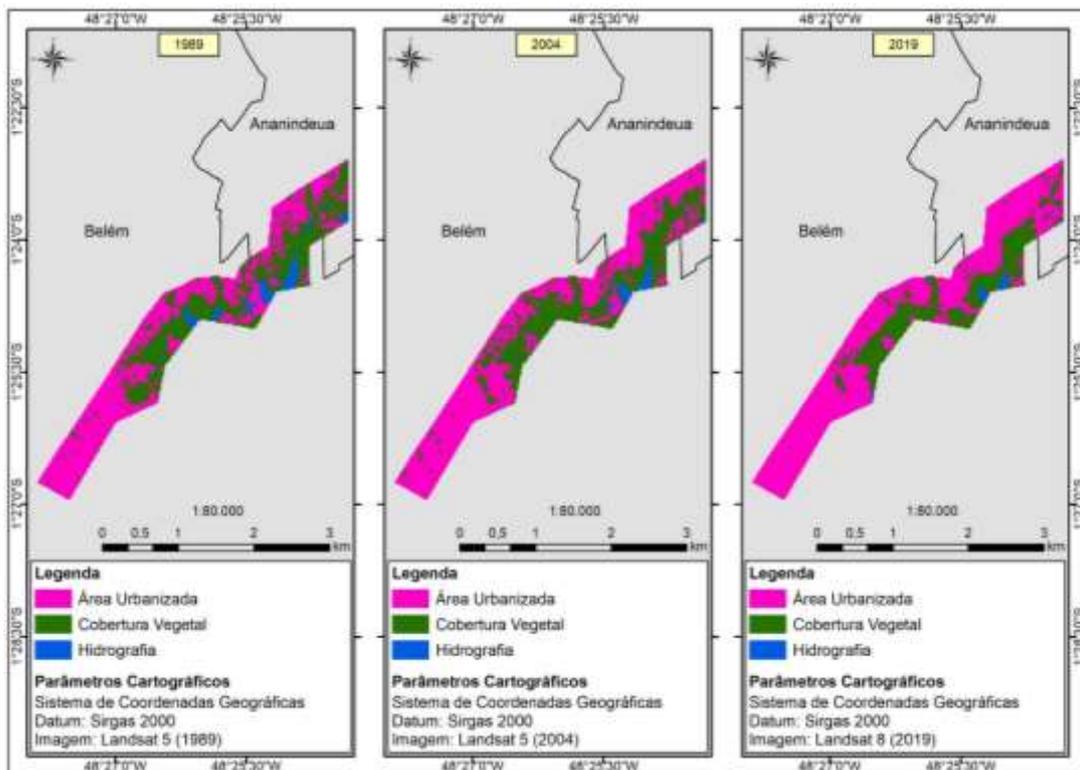
A base cartográfica utilizada na confecção de produtos cartográficos está disponível em formato digital, shapefile, pela Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Ministério do Meio Ambiente (MMA). Para quantificação e representação espacial utilizou-se um software livre de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e os resultados foram analisados em planilhas Excel e apresentados em forma de gráfico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração populacional atua tanto como modificador do espaço físico quanto das variantes sociais, econômicas e ambientais. Uma das consequências do processo de aumento populacional e expansão urbana é a diminuição das áreas

vegetais, sendo que ela se apresenta como um dos elementos da paisagem mais importantes para a atenuação dos processos de degradação ambiental. Considerando a importância deste elemento, realizou-se análise da dinâmica do crescimento urbano e diminuição da cobertura vegetal na área de influência direta da Avenida João Paulo II. A análise considerou os anos de 1989, 2004 e 2019, com a utilização de ferramentas geotecnológicas obteve-se o mapeamento multitemporal da área de estudo (Figura 2).

Figura 2 - Transformação temporal do crescimento urbano e da perda da cobertura vegetal na área de influência da Avenida João Paulo II, RMB - PA



Fonte: Elaborados pelos autores (2021).

A veracidade dos mapeamentos pode ser visualizada na Tabela 1, onde os resultados obtidos foram satisfatórios, com Exatidão Global acima de 85% e Índice Kappa apresentando mapeamentos excelente, excelente e muito bom aos anos de 1989, 2004 e 2019, respectivamente. Os valores em km² das classes estão dispostos na Tabela 2.

Constata-se, portanto, que a urbanização na área de influência da Avenida João Paulo II, ao longo do intervalo de 30 anos, teve um crescimento total de aproximadamente 28%, cujo maior aumento foi no período de 2004-2019 com cerca de 16%. A perda da cobertura vegetal no intervalo de 30 anos foi de aproximadamente 29%, cuja maior perda também foi no período de 2004-2019 com cerca de 23%, supressão que ocorreu em maior parte da vegetação tangencial da APA Belém.

Tabela 1 - Resultados dos índices de concordância para os mapeamentos

ANO	Exatidão Global (%)	Índice Kappa
1989	94%	0,91 - Excelente
2004	89%	0,85 - Excelente
2019	85%	0,80 - Excelente

Fonte: Elaborados pelos autores (2021).

Tabela 2 - Área (km²) das classes de uso e cobertura da terra da área de estudo

Classe	1989	2004	2019
Área Urbanizada	4,9	5,4	6,3
Cobertura Vegetal	3,7	3,4	2,6
Hidrografia	0,5	0,3	0,2

Fonte: Elaborados pelos autores (2021).

O crescimento urbano ocorreu, principalmente, no entorno da área em que ocorreu o prolongamento da Avenida João Paulo II, ou seja, no trecho que corta o bairro da Guanabara em Ananindeua. O Quadro 3 traz imagens que ratificam esse processo de crescimento urbano no trecho mais recente da Avenida João Paulo II, observam-se residências que ainda estão em processo de construção o que demonstra uma ocupação recente.

Esse crescimento provocou interferências ambientais diretas na APA Belém, pois a vegetação que permanece mais intacta encontra-se na área do PEUT, principalmente, porque é uma área resguardada por muros construídos em 2005 a fim de conter este avanço da ocupação urbana para seu interior. A população começou a ocupar área de forma desordenada e sem uma infraestrutura urbana adequada, que

culminaram em problemas socioambientais, como por exemplo, surgimento de macrófitas nos lagos Água Preta e Bolonha relacionados à problemática de lançamento de efluentes, sem tratamento, direto nos cursos d'água.

Quadro 3 - Ocupação no trecho do prolongamento da Avenida João Paulo II, RMB - PA



Fonte: Autores (2021).

O lançamento desses efluentes acarretam no aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo nos lagos, favorecendo o processo de eutrofização, assim, ocasiona a redução nas concentrações de oxigênio dissolvido, crescimento excessivo de macrófitas, mortandade de peixes e outros organismos aquáticos, alterações de sabor, odor e turbidez dos recursos hídricos (ROCHA *et al.*, 2009; SMITH; SCHINDLER, 2009; BARRETO *et al.*, 2013).

Além dos problemas hídricos essa ocupação desordenada provoca alteração da vegetação mais densa e proporciona o aumento da fragmentação florestal que interfere diretamente na estrutura dos ecossistemas locais, com alterações físicas, mudanças de temperatura no microclima local, umidade e velocidade dos ventos na área corroborando com os estudos apresentados por Araújo *et al.* (2019) e Raasch e Nardes (2017). O mapeamento realizado permitiu observar que houve um aumento da degradação ambiental na área através da pressão antrópica causada pelo crescimento

urbano e conseqüente retirada da cobertura vegetal e poluição dos corpos hídricos localizados no interior do PEUT.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço urbano na área de influência da Avenida João Paulo II ocorreu de forma mais intensa no trecho em que houve o prolongamento da via, sobretudo, na parte que abrange o bairro da Guanabara em Ananindeua. As transformações urbanísticas causaram alterações nesse ambiente, afetando o equilíbrio, a dinâmica e o cotidiano dos agentes envolvidos. Uma vez que no período analisado houve uma supressão vegetal de 29%, sendo que a área de maior proteção vegetal foi justamente dos limites territoriais do Parque do Utinga.

Ressalta-se a necessidade ações mais eficazes para conter o avanço da expansão urbana nessas áreas territorialmente protegidas, pois contém grande relevância ecológica e social. As mudanças na paisagem local ainda são pontuais, mas já apontam uma certa direção. Portanto, as políticas socioambientais são fundamentais para prover o reordenamento territorial desse ambiente que é necessário para o escoamento do fluxo de tráfego da cidade, mas que também tem importante relevância ambiental.

Conclui-se que o uso de geotecnologias foi de extrema importância para o desenvolvimento do trabalho, que possibilitou obter dados confiáveis e confeccionar produtos cartográficos capazes de subsidiar a implantação de políticas socioambientais que a área necessita, contribuindo na tomada de decisão dos órgãos competentes a fim de garantir o bem-estar desse meio ambiente urbano, uma vez que na área encontra-se os lagos que abastecem uma grande parte da população da capital paraense.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos colaboradores do Grupo de Estudos e Pesquisas Ambientais da Amazônia (GEPAAAM) vinculada a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) por todo apoio técnico e científico no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. G. DA S.; ARAÚJO, S. R.; SOUZA, L. S.; FREIRE, A. A. P. NDVI como ferramenta de avaliação da expansão urbana em Área de Proteção Ambiental no município de Belém-PA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 08, n. 04, p. 386-402, 2019.
- BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S. Eutrofização em rios brasileiros. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 09, n. 16, p. 2165-2179, 2013.
- BREIMAN, L. Random Forests. **Machine Learning**, v. 45, p. 05-32, 2001.
- CAMPOS, S.; TAGLIARINI, F. de S. N.; CAMPOS, M. Imagens orbitais aplicadas na evolução do uso e ocupação da terra de uma microbacia, visando sua sustentabilidade ambiental. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 06, p. 74-83, 2017.
- CARDOSO, J. P.; OLIVEIRA, N. I. S.; FERREIRA, J. F. C. Planejamento Urbano e Ambiental no Canal das Pedrinhas-AP (Brasil): entraves e desafios. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 01, p. 218-232, 2017.
- CARVALHO, M. A. R. I.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N.; CARVALHO, L. C. C. Escoamento superficial na interação: cobertura vegetal e práticas de controle de erosão. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 06, p. 1116-1125, 2012.
- COHEN, J. A. Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, n. 01, p. 37-46, 1960.
- COSTA, D. F.; SILVA, H. R.; PERES, L. F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira – SP através da utilização de geotecnologias. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 05, p. 974-985, 2010.
- FERRAZ, C. M. L.; VALDÃO, R. C.; ALMEIDA, R. A.; SCHETINI, A. C. S. Expansão urbana de Teófilo Otoni – MG: aplicação de técnicas de geoprocessamento na contribuição para ordenamento territorial. **Revista Vozes dos Vales**, n. 11, p. 01-24, 2017.
- FERREIRA, G. H. C.; SILVA, L. A. P.; ALMEIDA, R. P. Mapeamento do uso e cobertura do solo e comportamento do NDVI para diferentes usos da terra em áreas de Cerrado no Norte de Minas Gerais. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 09, n. 18, p. 143-159, maio-ago., 2020.
- 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.
- HELLDEN, U.; STERN, M. Evaluation of Landsat Imagery and Digital Data for Monitoring Desertification Indicators in Tunisia. Proc. 14th. Int. **Symposium on Remote Sensing of Environment**, p. 1601-1611, 1980.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 01, p. 159-174, 1977.
- LUZ, L. B.; RODIGHERI, G.; OLIVEIRA, M. A.; AQUINO, J. N.; MENDES, A. P. S. F.; GAMEIRO, S.; SCHAPARINI, L. P.; RODIGHERI, M. Utilização do NDVI E NDBI para avaliação da expansão urbana no município do Rio das Ostras - RJ, utilizando a

plataforma Google Earth Engine. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XIX, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2019. p. 3493-3495.

MARTINS, R. N. S. Impactos da expansão urbana em um município metropolitano: análise da retirada da cobertura vegetal de Aparecida de Goiânia, entre 1985 e 2010. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 33, n. 02, p. 335-354, 2013.

MELO, E. F. R. Q.; MELO, R. H. R. Q.; MELO, R. H. R. Q. Importância do ambiente físico e microclima na ambiência urbana. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 16, n. 01, p. 100-114, 2020.

MENEZES, L. F. S.; BONIFÁCIO, C. M.; TOLEDO, A. M. A. Uso de geotecnologia na análise de conforto térmico e áreas de APP em um perímetro urbano. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 08, p. 15-29, 2017.

OLIVEIRA, C. E.; AQUINO, C. M. S. Crescimento urbano e impactos sobre a cobertura vegetal no bairro Vale do Gavião - Teresina – PI – BR. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 17, n. 02, p. 68-84, 2015.

PEREIRA, A. R.; DIAS, J. B. Urbanização da cidade de Araguaína –TO: O Setor Santa Helena como estudo de caso. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 09, n. 17, p. 134-154, jan.-abril, 2020.

PEREIRA, C. B. **Geoprocessamento aplicado à análise da paisagem**: Transformações no prolongamento da Avenida João Paulo II, Ananindeua (PA). 2019. 44f. Monografia (TCC de Tecnologia em Geoprocessamento) – Universidade Federal do Pará, Ananindeua/PA, 2019.

RAASCH, W. G.; NARDES, A. M. M. A influência da arborização no comportamento microclimático da Unidade de Conservação Izabel Dias Goulart. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 06, n. 10, p. 151-175, mai./agost., 2017.

ROCHA, S. A.; LOUGON, M. S.; OLIVEIRA, G. G. Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 04, n. 04, p. 01-06, 2009.

ROSSETTI, L. A. F.; PINTO, S. A. F.; ALMEIDA, C. M. Geotecnologias aplicadas à caracterização das alterações da cobertura vegetal intraurbana e da expansão urbana da cidade de Rio Claro (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XIII, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5479-5486.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3, Washington, D.C., 1973. **Proceedings...** Washington, D.C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973. p. 309-317.

SANTANA JR. R. R. M. **Geotecnologias aplicadas a análise espaço temporal do prolongamento da Avenida João Paulo II, Belém-PA**. 2019. 70f. Monografia (TCC de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém/PA, 2018.

SIDHU, N.; PEBESMA, E.; CÂMARA, G. Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case. **European Journal of Remote Sensing**, v. 51, n. 01, p. 486-500, 2018.

SILVA, G. M.; ALVES, A. C.; SANTOS, M. Q. Dinâmica socioespacial e problemas urbanos na microbacia do Igarapé do Quarenta, Manaus-Amazonas. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 09, n. 19, p. 101-114, set-dez, 2020.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here?. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, n. 04, p. 201-207, 2009.

SOUZA, L. C. L. Ilhas de calor. **Jornal Unesp**, v. 18, n. 186, p. 11, 2004.

STREGLIO, C. F. C.; FERREIRA, D. T.; OLIVEIRA, I. J. O processo de expansão urbana e seus reflexos na redução da cobertura vegetal no município de Goiânia-GO. **RA'E GA**, v. 28, p. 181-197, 2013.

TARGA, M. dos S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. N.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 07, n. 02, p. 120-142, 2012.

VALE, J. R. B.; COSTA, J. A.; SANTOS, J. F.; SILVA, E. L. S.; FAVACHO, A. T. Análise comparativa de métodos de classificação supervisionada aplicada ao mapeamento da cobertura do solo no município de Medicilândia, Pará. **InterEspaço**, v. 04, n. 13, p. 26-44, 2018.

VALE, J. R. B.; PIMENTEL, M. A. S.; UACANE, M. S. Dinâmica da expansão urbana na zona costeira: estudo de caso das cidades de Salinópolis (Pará-Brasil) e Beira (Sofala-Moçambique). In: ENANPEGE, XIII, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANPEGE, 2019, p. 01-11.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 03, p. 583-594, 2003.

Jones Remo Barbosa Vale – Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós -Graduação em Geografia da Universidade Federal do Pará (PPGEO/UFPA). Professor do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Coordenador do Grupo de Estudos e Pesquisas Ambientais da Amazônia da Universidade Federal Rural da Amazônia (GEPAAAM/UFRA).

Henrique dos Santos Cruz – Discente do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Membro do Grupo de Estudos e Pesquisas Ambientais da Amazônia da Universidade Federal Rural da Amazônia (GEPAAAM/UFRA).

Mateus Trindade Barbosa – Discente do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Membro do Grupo de Estudos e Pesquisas Ambientais da Amazônia da Universidade Federal Rural da Amazônia (GEPAAAM/UFRA).

Renan Dourado Lopes – Discente do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Membro do Grupo de Estudos e Pesquisas Ambientais da Amazônia da Universidade Federal Rural da Amazônia (GEPAAAM/UFRA).

Saint Clair Cardoso Campos – Discente do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Membro do Grupo de Estudos e Pesquisas Ambientais da Amazônia da Universidade Federal Rural da Amazônia (GEPAAAM/UFRA).

Recebido para publicação em 14 de janeiro de 2021.
Aceito para publicação em 17 de novembro de 2021.
Publicado em 15 de dezembro de 2021.