Estrutura urbana na Amazônia paraense a partir de três fontes de dados espaciais

Julia Corrêa Côrtes[1], José Diego Gobbo Alves[2], Álvaro de Oliveira D'Antona[1]

[1] Faculdade de Ciências Aplicadas
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) – Campinas, SP – Brasil

[2] Instituto de Filosofia e Ciências Humanas
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) – Campinas, SP – Brasil

jcortes@alumni.usp.br, jdgobboalves@gmail.com, alvaro.dantona@fca.unicamp.br

Abstract. *At the interface between concept and measurement of the contemporary urban phenomenon, the study presents an analysis of the spatial configurations of the urban structure in the Amazon using data from Terraclass Project, Mapbiomas Project and the IBGE Statistical Grid for the state of Pará, 2010. For the Principal Component Analysis we use seven metrics based on Landscape Ecology. Biplots graphs present how variables are correlated between them and how they vary across sources. The results indicate that urbanization tends to influence the extent and the number of urban patches, as well as modify the circular feature, the roughness of the perimeter and the perimeter/area ratio.*

Resumo. *Na interface entre conceito e mensuração do fenômeno urbano contemporâneo, o estudo analisa as configurações espaciais da estrutura urbana na Amazônia a partir de dados do Projeto Terraclass, Projeto Mapbiomas e a Grade de Estatística (IBGE) para os municípios do Pará, 2010. A análise multivariada de componentes principais foi realizada usando sete métricas elaboradas com base na ecologia de paisagem. Os gráficos biplots mostram como as variáveis se correlacionam entre elas e como variam entre as fontes. Os resultados indicam que a urbanização tende a influenciar na extensão e no número de manchas urbanas, bem como modificar a feição circular, a rugosidade do perímetro e a razão perímetro/área.*

1. Introdução

O processo de urbanização do território em escala mundial vem despertando um conjunto de pesquisas que visam explicar as dimensões espaciais, sociais, econômicas e ambientais do fenômeno urbano. Estudos qualitativos debruçam-se sobre as diferentes práticas sociais geradas e transformadas por um modelo de vida urbano, bem como têm estudado sua relação com o espaço por meio da materialização de e em objetos geográficos que, por um lado, foram transformados para se adequarem ao novo estilo de vida e, por outro, já são criados efetivamente como objetos geográficos urbanos sobretudo na contemporaneidade (Lefebvre 1999).

Na perspectiva quantitativa, observam-se três importantes frentes de análise, não excludentes, mas autônomas nas discussões entre os pares. A primeira abordagem assume uma perspectiva baseada na caracterização, produção e análise de diferentes fontes de dados sobre os diferentes usos e cobertura da terra, aos quais os espaços urbanos estão inclusos. A segunda, mensura espacialmente o fenômeno urbano por meio de técnicas e métricas espaciais de análise, a fim de identificar e comparar a expressão física/material do fenômeno em diferentes contextos (Trentin 2016). A terceira abordagem é mista, atuando na interface da relação entre a mensuração do fenômeno urbano e a tipologia dos dados utilizados na análise, perspectiva na qual este trabalho se insere (Alves e D'antona 2020).

De forma crítica-analítica, este estudo tenciona diferentes fontes de dados que representam a materialidade do urbano na Amazônia paraense e discute os desdobramentos para a aplicação de técnicas de mensuração urbana para compreender o fenômeno urbano na região. Tendo como recorte temporal o ano de 2010, foram analisadas três fontes de dados secundárias que, em alguma medida, representassem a dimensão espacial da urbanização no estado do Pará, o que nos permite destacar as potencialidades e limitações dos dados disponíveis atualmente e suas implicações para a contextualização da espacialidade urbana. Partindo da necessidade de explicar a materialização da urbanização no espaço, bem como a multidimensionalidade de seus impactos e as implicações para as políticas públicas, a comparação aqui realizada, e que será aprofundada em estudos futuros, é relevante na medida em que contribui na caracterização e análise das fontes de dados espaciais disponíveis a serem utilizadas tanto nos estudos científicos, quanto na formulação de políticas urbanas, sendo um primeiro esforço de sistematização e discussão sobre as potencialidades e limitações.

2. Método

Para o estudo foram selecionadas as áreas consideradas urbanas dos 143 municípios do estado do Pará tendo por referência o ano de 2010, segundo três fontes de dados: a Grade Estatística do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) composta por células urbanas de 200m x 200m (IBGE 2016)[1]; os dados matriciais de uso e cobertura da terra do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (Projeto MapBiomas) com uma resolução espacial de 30m (Projeto Mapbiomas 2020); e os dados vetoriais do Projeto TerraClass do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) também com uma resolução espacial de 30m (INPE 2016). Os diferentes conjuntos de dados refletem distintas percepções sobre o fenômeno do urbano no Brasil, seja por meio de dados primários populacionais ou por meio dos procedimentos de classificação de imagens de satélites. A partir dessa pluralidade de tipologias serão apresentadas as potencialidades e limitações de cada fonte de dado.

Em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), foram selecionadas as classes que representam o fenômeno urbano nas três fontes de dados: a mancha de ocupação dentro das áreas urbanas definida pelas células ocupadas com população na Grade Estatística do IBGE; a classe de "Infraestrutura Urbana" do Projeto MapBiomas; e a classe de áreas "Urbanizadas" do projeto TerraClass. As áreas selecionadas foram

[1] A Grade de Estatística do IBGE disponibiliza os resultados Censo Demográfico 2010 em uma grade regular com estabilidade esapço-temporal, oferecendo maior grau de detalhamento da distribuição espacial da população do que os setores censitários, que oscilam sua resolução entre 12,3 m à 920m, além de permitir diferentes recortes espaciais ampliando as possibilidades de análise (Alves e D'antona 2020).

submetidas à análise utilizando métricas comumente utilizadas na disciplina de Ecologia de Paisagem por meio do plug-in *Patch Analyst* disponível no software ArcMap do pacote ArcGis, versão 10.9: área total das manchas urbanas (CA); perímetro total das manchas urbanas (TE); número de manchas urbanas (NumP), média do tamanho de todas as manchas urbanas (MPS), razão perímetro/área (ED[2]); forma ponderada pela área das manchas (AWMSI[3]); dimensão fractal da mancha urbana média (MPFD[4])

As métricas de Ecologia de Paisagem são instrumentos importantes para mensuração e análise dos processos ecológicos no ambiente e em ecossistemas específicos (Metzger 1999). Comumente utilizada para a análise de paisagens em um viés bio-geo-ecológico, os procedimentos metodológicos desta disciplina ampliam os aportes analíticos para estudos sobre a dinâmica urbana do uso do solo, com importante contribuição nas discussões de planejamento urbano (Rocha, Borges, Moura, 2016). Tendo em vista o potencial de aplicação dessas métricas, esta abordagem é um campo a ser aprofundado nos estudos sobre fenômenos urbanos (Alves e D'antona 2020), visando sua aplicação no âmbito de políticas públicas, como também para melhor compreender o processo de transição urbana em curso.

A matriz de dados foi gerada com 143 municípios paraenses, embora especificamente no Projeto Terraclass foram trabalhados 141 em decorrência da ausência de classificação urbana em dois municípios (classe "área não observado"). A partir da matriz com os atributos originais e as sete métricas urbanas, foi aplicado o método estatístico multivariado de componentes principais (Principal Component Analysis - PCA), através do uso do pacote *factoextra* (Kassambara e Mundt 2020). No gráfico biplot foram adicionadas elipses de confiança em torno de duas categorias que identificam os dez municípios com maior e os dez com menor população urbana em 2010.

3. Resultados

Os resultados obtidos na análise multivariada e apresentados nos gráficos biplots (Figura 1) mostram três agrupamentos de variáveis. Um primeiro conjunto é composto pela área total (CA), o perímetro total (TE), o número de manchas urbanas (NumP) e a forma ponderada das manchas (AWMSI), o segundo formado pela razão perímetro/área (ED) e dimensão fractal (MPFD), e por último, a variável tamanho médio (MPS). O primeiro grupo corresponde às variáveis principais no PCA1, o componente que explica em torno de 50% da variância. São variáveis com correlação positiva e que orientam a elipse dos dez municípios com maior população urbana. O segundo e terceiro grupo, determinantes no PCA2, são conjuntos com correlação inversa e com grande peso na definição da elipse dos dez municípios com menor população urbana em 2010. No total, os dois componentes acumulam capacidade de explicar, em média, 75% da variância observada, sendo a razão perímetro/área e tamanho médio das manchas os fatores com maior contribuição no total.

Os resultados sugerem que o processo urbano tende a aumentar a área de ocupação e estimular o aparecimento de fragmentos urbanos orientados e próximos ao núcleo de

[2] Razão entre perímetro total e área total de todas as manchas urbanas. Maiores valores indicam maior área de exposição das fronteiras urbanas.

[3] Os valores de AWMSI se aproximam de 1 para manchas urbanas circulares e aumentam à medida que ficam mais irregulares

[4] Os valores de MPFD se aproximam de 1 para formas de perímetros simples e 2 para formas mais complexas

referência, em menor proporção, manchas dispersas. Ao longo dessa trajetória os fragmentos urbanos perdem sua feição circular e tendem ao formato irregular. As áreas menos urbanizadas possuem o tamanho médio da mancha menor, mas com maior razão perímetro/área, trazendo em evidência o impacto dessas áreas em seu entorno. O aumento da zona de exposição nessas manchas urbanas menores decorre, possivelmente, pela característica fractal complexa que intensifica a rugosidade do perímetro. Esta abordagem exploratória e geral sobre a transformação da estrutura urbana na Amazônia evidencia a relevância de seus atributos espaciais e mostra o potencial do uso de métricas provindas da ecologia da paisagem para estudos urbanos, ao mesmo tempo que reforça como os resultados podem variar em função dos dados usados no procedimento investigativo.

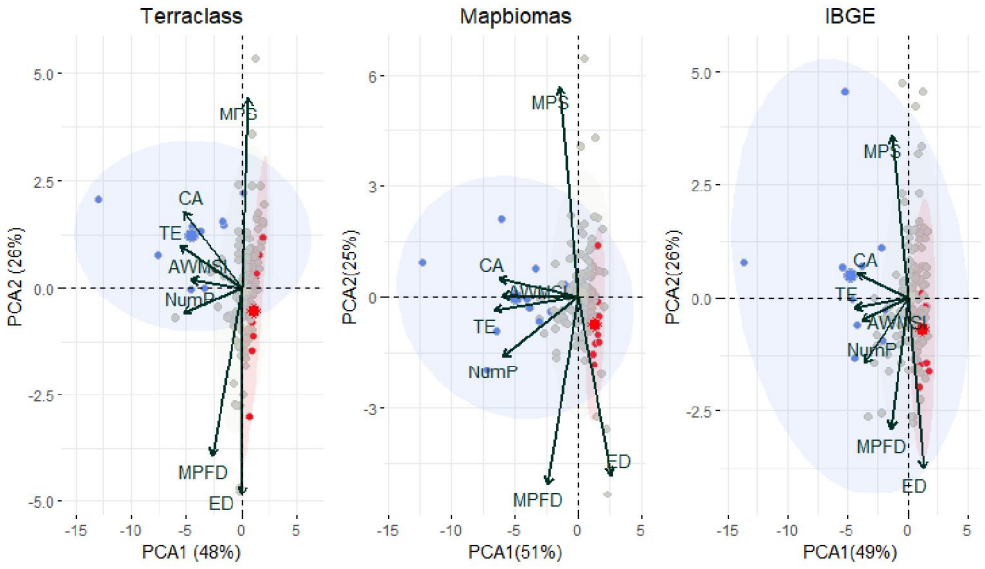

Figura 1. Análise de Componentes Principais (PCA) contendo as variáveis explanatórias (n = 7) e os indivíduos da amostra (n=143). Pontos em azul representam os dez municípios no estado do Pará com maiores populações urbanas e em vermelho as dez menores (2010). O tamanho da seta indica a contribuição da variável. Fonte: IBGE, 2016; INPE, 2016; Projeto MapBiomas, 2020.

A análise aplicada com os dados do Terraclass adere melhor a distribuição dos dez municípios mais populosos, com praticamente toda a amostra no mesmo quadrante. No entanto, teve a pior performance na definição da elipse dos dez municípios com menor população urbana. Os dados do Mapbiomas propiciaram a melhor definição nos municípios menos urbanizados, com somente um objeto da amostra fora do quadrante principal. Os dados do IBGE resultaram no agrupamento mais fraco para definição dos municípios mais urbanizados, com uma área de agrupamento que englobou todos os objetos da amostra. Do ponto de vista dos vetores, o padrão é muito similar entre as fontes, mas existem pequenas variações na intensidade de contribuição das variáveis (tamanho relativo das setas) e também nos ângulos de inclinações, sobretudo no primeiro conjunto de variáveis. Nota-se que essas variáveis tendem a se aproximar do segundo conjunto na análise do Mapbiomas e, mais fortemente, na análise do IBGE, o que significa mudanças nas correlações entre as variáveis.

As diferenças observadas entre os pacotes de dados decorrem das metodologias de classificação usadas por cada fonte, que resultam em diferentes distribuições dos dados. A Figura 2 exemplifica como ocorrem algumas variações no processo de classificação do uso urbano a partir de um mapa temático do entorno da sede municipal de Altamira. Nota-se que o Terraclass tende a ampliar os limites da classe urbana, incorporando inclusive áreas sem população presente. O Mapbiomas, por sua vez, é mais conservador nos procedimentos classificatórios e tende a ter um recuo do seu perímetro, que parece ser orientado pelos níveis de densidade populacional. O IBGE, que define os limites urbanos por critérios político-administrativos, não representa o processo de transformação geográfica dos objetos, mas define com alta precisão a presença ou não da população naquele determinado espaço, subsidiando a aplicação de uma estrutura analítica que dispensa validação e que ainda possibilita a inclusão de outros atributos qualitativos à análise, por exemplo, acerca do volume e composição populacional.

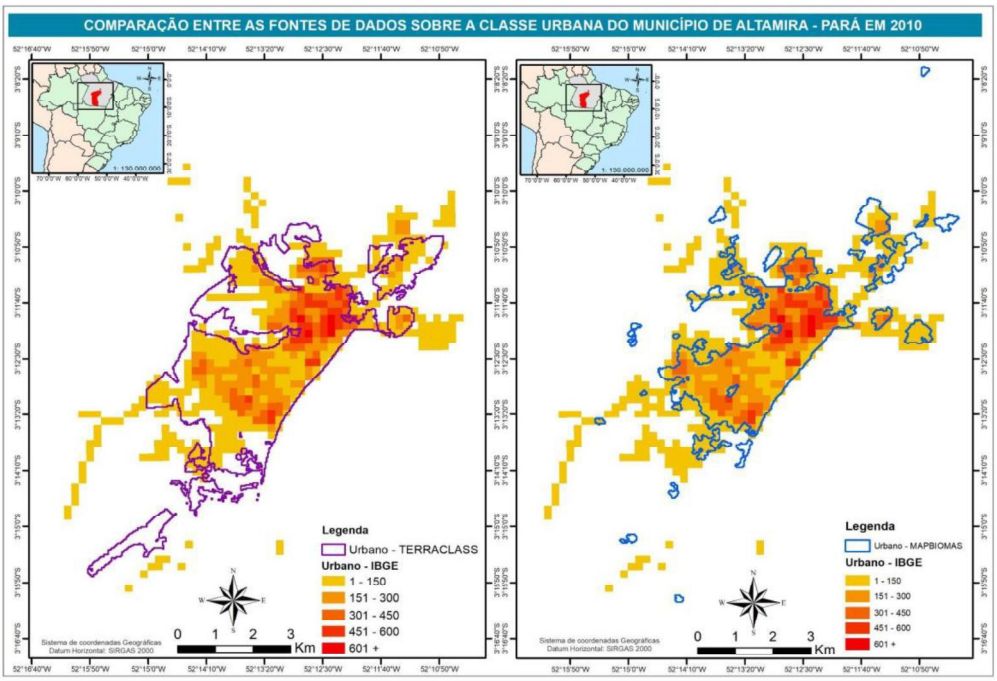

Figura 2. Classificação do uso da terra urbano pelo Terraclass e Mapbiomas sobrepostas a área de ocupação da população urbana no município de Altamira. Fonte: IBGE, 2016; INPE, 2016; Projeto MapBiomas, 2020.

O Terraclass mostrou-se mais abrangente e capaz de captar diferentes contextos urbanos, desde aglomerados em unidades de conservação, concentrações rurais ao longo de estradas e áreas de expansão no entorno do núcleo urbano. Portanto, mostra-se uma fonte promissora para estudar e discutir a urbanização extensiva e os mecanismos de propagação do modo vida urbana - e por isso foi eficiente em agrupar os municípios mais urbanizados, mensurando de maneira mais plural a área total da classe e sua estrutura espacial. O Mapbiomas, uma fonte que reproduz a classe urbana à sua máxima transformação material do espaço, oferece um conjunto de dados com baixo ruído de informações, o que favoreceu o processo de agrupamento das áreas menos urbanizadas. E os dados do IBGE, que embora tenham uma condição estrutural com certa limitação

teórica no seu emprego, expressa com segurança a ocupação populacional no plano espacial urbano, escusos de subjetividade, com boa aderência na identificação das áreas menos urbanizadas.

4. Considerações finais

Ao analisar a estrutura espacial das áreas urbanas na Amazônia, os resultados encontrados indicam que há uma diferença qualitativa (elaboração) e quantitativa (análise por meio de métricas) dos dados que implica em diferentes resultados sobre a análise da materialidade espacial do fenômeno urbano. O trabalho contribui ao apresentar as especificidades das fontes de dados disponíveis e as oportunidades analíticas provindas do arcabouço metodológico consolidado nos estudos de Ecologia de Paisagem. Pelo caráter exploratório, entende-se que há uma vasta possibilidade de aperfeiçoamento da abordagem proposta, como a incorporação das áreas de ocupação rural classificados como setor censitário "rural-extensão urbana" na grade do IBGE e a inclusão de outras classes, como "mosaico de ocupações" do Terraclass, por exemplo. Com uma construção sólida do objeto de estudo e tendo o controle das limitações e potencialidades de cada fonte de dados, há possibilidades de novas abordagem investigativas que busquem a triangulação das informações disponíveis.

Referências

Kassambara A. and Mundt F. (2020). "Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses". R package version 1.0.7. https://CRAN.R-project.org/package=factoextra.

Alves, J. D. G. and D'antona, A. (2020) O. "Dispersão e fragmentação urbana: uma análise espacial com base na distribuição da população". Revista Brasileira de Cartografia, v. 72, n. 1, p. 126-141.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016). "Base cartográfica: Grade estatística". Disponível em: <geoftp.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/grade_estatistica/censo_2010>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2016). "Projeto TerraClass". Acessado em: 19/09/2021. Disponível em: <https://www.terraclass.gov.br>

Lefebvre, H (1999). "A revolução urbana". Belo Horizonte: Ed. UFMG.

Metzger, J. P (2001). "O que é ecologia de paisagens?". Biota Neotropica, Vol. 1, N° 1

Projeto MapBiomas (2020). "Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil". Acessado em 19/09/2021. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR.

Rocha, N. A., de Castro Borges, J. L., & Moura, A. C. M. (2016). Conflitos das dinâmicas de transformação urbana e ambiental à luz da ecologia da paisagem. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, 7(1), 23-34.

Trentin, G (2012). "Dimensão fractal, dinâmica espacial e padrões de fragmentação urbana de cidades médias do estado de São Paulo". Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Campinas, 238p.