

PADRÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DA RELAÇÃO ENTRE URBANIZAÇÃO E DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA PARAENSE

Renata Maciel Ribeiro ¹, Ana Paula Dal'Asta ¹, Antônio Miguel Vieira Monteiro ¹, Silvana Amaral ¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Av. dos Astronautas, 1.758 - Jardim da Granja, São José dos Campos - SP, 12227-010; renata@dpi.inpe.br; anapdalasta@dpi.inpe.br; miguel@dpi.inpe.br; silvana.amaral@inpe.br.

RESUMO

Na Amazônia Brasileira, as dinâmicas de urbanização e desmatamento possuem lógicas complexas, dependentes de processos e agentes operando em diferentes escalas e associados a diferentes contextos históricos de ocupação do território. Adotando o estado do Pará como área de estudo, este trabalho explora os diferentes padrões municipais de evolução da urbanização e do desmatamento por meio do mapeamento de regiões homogêneas, estabelecidas a partir de técnica de agrupamento de dados (*k-means*). Os resultados mostram quatro diferentes padrões identificados que descrevem minimamente os processos históricos de ocupação, assim como as diferentes dinâmicas econômicas e populacionais recentes, e destacam a importância de considerar os recortes espaço-temporais para interpretação da realidade amazônica.

Palavras-chave — Urbanização, Amazônia, desmatamento, padrões espaço-temporais, *k-means*.

ABSTRACT

In the Brazilian Amazon, the dynamics of urbanization and deforestation have complexities rationales, they are dependent on processes and actions at different scales and associated with historical contexts of land occupation. Establishing the state of Pará as a study area, this work explores different municipal patterns of urbanization and deforestation evolutions, mapping homogeneous regions, established from k-means cluster analyses. The results show four different patterns identified that minimally describe the historical processes of occupation, as well as the different recent economic and population dynamics, and emphasize the importance of considering space-time limits for the interpretation of the Amazonian reality.

Key words — Urbanization, Amazon, deforestation, space-time patterns, *k-means*.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização é uma tendência mundial, resultado do processo de transformação do território e da sociedade [1]. Esta tendência ocorre também no Brasil e na Amazônia – na chamada “floresta urbanizada” [2]. Diante de cenários de

urbanização da população mundial e desmatamento em florestas tropicais, aumenta-se o interesse em investigar as possíveis relações entre estes fenômenos. Os distintos históricos de ocupação, a vasta extensão territorial e as características geográficas locais imprimem significativas diferenças intrarregionais na dinâmica de evolução desses processos. Ao procurar compreender como a urbanização e o desmatamento se relacionam, diferentes autores [3] [4] [5] [6] ressaltam esta complexidade.

A conversão de floresta em áreas de uso urbano tem, ao longo do tempo, produzido reflexões sobre o papel da urbanização nos processos de desmatamento, por vezes indicada como causa e por vezes indicada como efeito. Como causa, o crescimento da população urbana e a conversão direta para uso urbano são apontados como importantes fatores condicionantes do desmatamento [7] [8] [9] [10]. Como efeito, a urbanização é discutida como um processo resultante de fatores socioeconômicos subjacentes [3] [4] [5] [6] [11] [12].

Deste debate, é claro e consensual que as dinâmicas de urbanização e desmatamento possuem lógicas próprias e complexas que envolvem processos e agentes, intrínsecos aos territórios amazônicos, operando em diferentes níveis e escalas [13]. Além disso, a heterogeneidade espaço-temporal associada ao desmatamento [14] [15] e à urbanização [16] [17] deve ser considerada na análise da relação entre os processos.

Este trabalho explora as estruturas naturais de similaridade da variação no tempo e no espaço dos processos de urbanização e de desmatamento, nos municípios do estado do Pará, no período entre 2000 e 2014. Contribui assim, para a discussão da diversidade de relações entre os processos, associada a diferentes fatores e agentes subjacentes ao histórico de ocupação do território amazônico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende o estado do Pará, que possui características particulares em suas dinâmicas de crescimento populacional, urbano e de desmatamento. As elevadas taxas de crescimento populacional (134 mil hab/ano de 1970 a 2010) [18] resultaram no estado mais populoso da Região Norte [19]. Entre 2000 e 2010, a população do Pará cresceu a uma taxa média anual de 2,04%, ao passo que no Brasil cresceu 1,17% no mesmo período [20] [21]. Além do crescimento populacional, o estado se distingue por apresentar as maiores taxas de desmatamento desde 2006.

Estima-se mais de 142 mil km² de área desmatada de 1988 a 2017, o que equivale em média a 34% do desmatamento de toda a Amazônia Legal, segundo o Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite - PRODES [22].

Nesse estudo, estabeleceu-se como medidas do processo de urbanização o mapeamento de áreas urbanas do programa TerraClass [23], para 2004 e 2014, e os quantitativos de população urbana obtidos do levantamento censitário para o ano 2000 [20] e das estimativas para o ano de 2014 [24]. Para 2014, a população urbana foi estimada a partir das estimativas de população total [25]. Como medida do processo de desmatamento, considerou-se o valor de desmatamento acumulado dos levantamentos anuais do PRODES [26], ou seja, a área de perda florestal primária acumulada por município do estado do Pará até os anos de 2000 e 2014.

Para incluir a dimensão temporal, utilizou-se a diferença dos valores das variáveis no período. A variação do processo de urbanização foi representada pela diferença de população urbana entre 2014 e 2000 (DPU) e diferença de área urbana entre 2014 e 2004 (DAU). Para a variação do processo de desmatamento, calculou-se a diferença de desmatamento acumulado entre 2014 e 2000 (DDA).

Os padrões espaço-temporais da relação entre a urbanização e o desmatamento foram observados a partir de análise bivariada de classificação de *clusters*. A análise de *clusters* pressupõe a separação dos dados em grupos de modo a obter homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre eles [27] [28]. Para a identificação de padrões no conjunto de dados, aplicou-se método não-hierárquico de agrupamento em *clusters* a partir do algoritmo *k-means* [29]. O particionamento *k-means* foi aplicado após a identificação do valor ótimo de (k) agrupamentos por meio da análise do diagrama bidimensional. Os grupos foram classificados de acordo com a similaridade identificada pela distância euclidiana. Para definir o valor ótimo, diversos testes empíricos foram realizados, procurando manter o compromisso entre o número de grupos e a confusão entre eles passíveis de interpretação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Da análise de agrupamentos obteve-se o valor ótimo de quatro grupos para separar os municípios de acordo com os valores dos atributos associados aos processos de urbanização (DAU e DPU) e desmatamento (DDA). Os resultados espacializados da análise bidimensional das variáveis pelo algoritmo *k-means* identificou regiões homogêneas que refletem as similaridades no processo de ocupação do território.

Dos agrupamentos de similaridade da variação de área urbana e desmatamento (DAU e DDA) (Figura 1), o grupo I representa os municípios (114) com menor variação nas áreas urbanas e baixo desmatamento (Figura 2-a). Três principais regiões se destacam espacialmente: noroeste, nordeste, sudeste - no entorno de Marabá, e sudoeste - no eixo da BR-

163 e BR-230. Dos grupos destacados, os municípios do nordeste paraense, incluindo a região metropolitana de Belém, são caracterizados pela escassez de recursos florestais [30] e intenso crescimento populacional urbano no período [20][21][24]. A região noroeste apresenta crescimento populacional urbano menos expressivo no período [20][21][24], e, a baixa intensidade do desmatamento na região [26] se relaciona aos seus processos socioeconômicos endógenos e concentração de áreas protegidas. Por sua vez, os municípios próximos a Marabá também apresentaram desmatamento e crescimento de área urbana pouco expressivos no período analisado [20][21] [24][26].

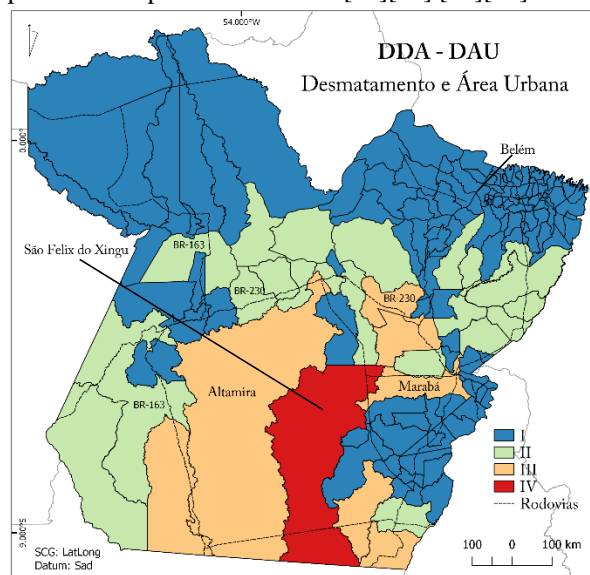


Figura 1. Agrupamento *k-means* para a diferença de desmatamento acumulado (DDA) e diferença de área urbana (DAU).

O grupo II é composto por municípios (21) que apresentaram valores intermediários de desmatamento e crescimento de áreas urbanas no período (Figura 2-b). Destaca-se o grupo de municípios ao longo da Transamazônica (BR-230), que possuem suas origens associadas à rodovia e evolução do processo de ocupação baseado no desenvolvimento das atividades econômicas, como cacau e pecuária, pela evolução dos projetos de assentamentos, e pela própria dinâmica da rodovia [12] [31].

O grupo III representa municípios (7) que apresentaram alto incremento de desmatamento e crescimento de áreas urbanas no período (Figura 2-c). Neste grupo, destaca-se os municípios de Marabá e Altamira. Estes municípios, apesar de geograficamente afastados e com características de ocupação do território distintas, apresentaram semelhantes dinâmicas de evolução de área urbana e desmatamento. Marabá, por exemplo, possui importante participação na economia do estado [32] e, apesar de apresentar remanescentes florestais restritos, prioritariamente, às áreas protegidas, apresentou expressiva atividade de desmatamento no período [26]. Em Altamira, assim como nos municípios do grupo II, a atividade de desmatamento se relaciona,

predominantemente, à dinâmica da BR-230 e BR-163 e, em período mais recente, o município vem sendo afetado, assim como Marabá, pelo avanço da fronteira agrícola na região. Em relação à dinâmica populacional, Altamira sofre impacto da implantação da hidrelétrica de Belo Monte, que é responsável pela dinâmica mais recente de expansão da área urbana e adensamento populacional.

O grupo IV abrange apenas o município de São Felix do Xingu (SFX), explicado por i) apresentar os maiores valores de desmatamento do estado, no período analisado [26], e ii) o método utilizado ser sensível à presença de *outliers* no conjunto de dados. Os elevados valores de desmatamento de SFX ocorrem pelo avanço da fronteira agropecuária, madeireira e mineral na região [33].

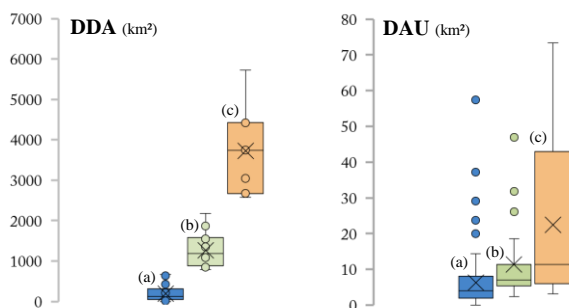


Figura 2. Box-plot dos grupos DDA-DAU.

Os agrupamentos de similaridade na variação da população urbana e desmatamento (DPU e DDA) (Figura 3), destaca no grupo I os municípios (3) que apresentaram baixa variação do desmatamento no período e alta variação da população urbana (Figura 4-a). Neste grupo, os três municípios que o compõe são *outliers* de crescimento populacional urbano no período analisado [20] [21] [24] e possuem poucos remanescentes florestais, restritos às áreas protegidas [26].

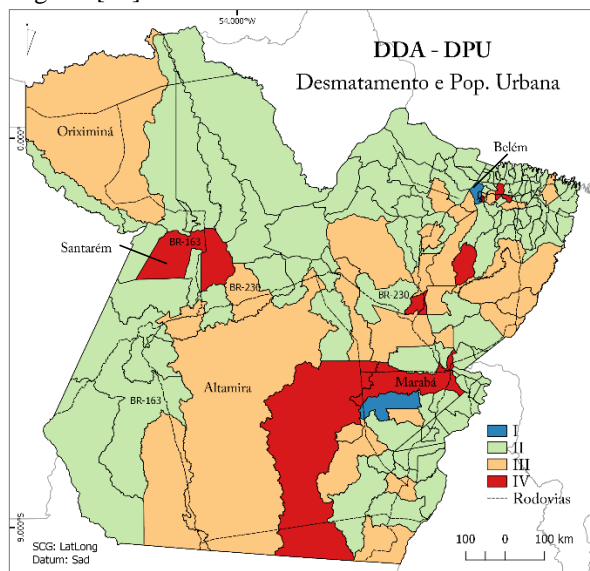


Figura 3. Agrupamento *k-means* para a diferença de desmatamento acumulado (DDA) e diferença de população urbana (DPU).

O grupo II é predominante na área de estudo e abrange os municípios (104) que respondem por baixos valores de desmatamento e crescimento populacional urbano no período (Figura 4-b). A predominância destas características mostra que o aumento da população urbana e desmatamento ocorrem de forma mais concentrada, priorizando regiões específicas, como por exemplo, nos municípios que compõem os grupos I e IV.

O grupo III abrange municípios (29) que apresentaram médio desmatamento e crescimento de população urbana no período (Figura 4-c). Para este grupo, Oriximiná e Altamira destacam-se por apresentar diferentes dinâmicas de ocupação do território. Altamira sofre influência da expansão da fronteira agrícola e da hidrelétrica de Belo Monte, com altos valores de desmatamento no período e intenso crescimento populacional. Por sua vez, Oriximiná está submetida à uma dinâmica econômica voltada à exploração mineral, com frente de desmatamento se expandindo, prioritariamente, pelo eixo da BR-163 [26].

O grupo IV abrange os municípios (7) com intensa dinâmica de desmatamento e crescimento populacional urbano no período: valores intermediários a alto (Figura 4-d). Destacam-se os municípios de Santarém e Marabá, que, apesar de geograficamente distantes e históricos de ocupação distintos, possuem características semelhantes em período recente. Em ambos observa-se a intensificação da agropecuária e intensa circulação de mercadorias, pela proximidade às rodovias (BR-163 e BR-230), assumindo o papel de centros urbanos regionais [34] e estabelecendo-se como importantes nós de suas redes urbanas.

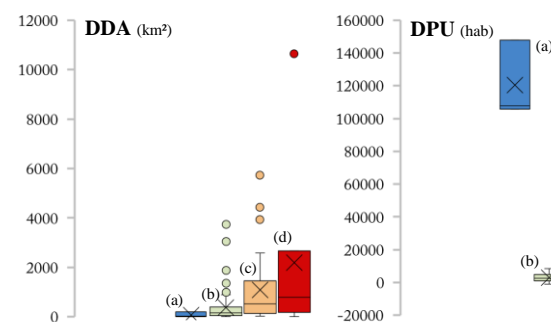


Figura 4. Box-plot dos grupos DDA-DPU.

4. CONCLUSÕES

O algoritmo *k-means* possibilitou ilustrar os diferentes padrões espaço-temporais de evolução recente dos processos de urbanização e desmatamento na Amazônia paraense. Deve-se porém atentar às limitações de sensibilidade quanto à presença de *outliers* e tendência a priorizar a homogeneidade dentro dos grupos para separação dos *clusters*.

Os regimes espaciais, identificados pelas regiões homogêneas, evidenciaram as particularidades regionais e ressaltaram a importância do recorte espaço-temporal para interpretação da realidade amazônica. Estas diferenças destacam a variedade de formas de coocorrência dos processos de urbanização e desmatamento. Mesmo quando inseridos em contextos histórico-geográfico semelhantes, há fatores e agentes atuando localmente, resultando em respostas heterogêneas na evolução das variáveis.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao INPE, o suporte financeiro do Projeto 1022114003005 - MSA-BNDES (Sub-Projeto 5) para a realização de trabalho de campo e a bolsa da CAPES para o mestrado da primeira autora.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. 3. ed. São Paulo: HUCITEC, 1996.
- [2] BECKER, B. K. Undoing myths: the Amazon - an urbanized forest. In: CLÜSENER, G. M.; SACHS, I. (Eds.). **Brazilian perspectives on sustainable development of the Amazon region: man and biosphere series**. Paris: UNESCO, 1995. p.53-89.
- [3] CARDOSO, A. C. D.; NEGRÃO, M. R. G. Das máquinas autoritárias de planejamento do Século XX, às máquinas de crescimento urbano do Século XXI: o caso do Sudoeste do Pará. In: ENCONTRO NACIONAIS DA ANPUR, 15., 2013, Recife. **Anais...** 2013.
- [4] RICHARDS, P.; VANWEY, L. Where deforestation leads to urbanization: how resource extraction is leading to urban growth in the Brazilian Amazon. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 105, n. 4, p. 806–823, 2015.
- [5] TRITSCH, I.; TORNEAU, F.-M. **Dinâmica da população e do desmatamento na Amazônia brasileira entre 2000 e 2010**: uma visão baseada nos dados espaciais e estatísticas. Paris: Environnement et Géomatique, 2014.
- [6] TRITSCH, I.; LE TOURNEAU, F. M. Population densities and deforestation in the Brazilian Amazon: new insights on the current human settlement patterns. **Applied Geography**, v. 76, p. 163–172, 2016.
- [7] CROPPER, M.; GRIFFITHS, C. The interaction of population growth and environmental quality. **The American Economic Review**, v. 84, n. 2, p. 250–254, 1994.
- [8] CARR, D. L. Proximate population factors and deforestation in tropical agricultural frontiers. **Population and Environment**, v. 25, n. 6, p.585-612, 2004.
- [9] KIRBY, K. R. et al. The future of deforestation in the Brazilian Amazon. **Futures**, v. 38, n. 4, p. 432–453, 2006.
- [10] WRIGHT, S. J.; MULLER-LANDAU, H. C. The future of tropical forest species. **Biotropica**, v. 38, n. 3, p. 287–301, 2006.
- [11] MOLOTH, H. The city as a growth machine: toward a political economy of place. **The American Journal of Sociology**, v. 82, n. 2, p. 309–332, 1976.
- [12] BECKER, B. **Urbe amazônica**. Rio de Janeiro: Garamond, 2013.
- [13] GIBSON, C.; OSTROM, E.; AHN, T. K. The concept of scale and the human dimensions of global change. **Ecological Economics**, v. 32, n. 2, p. 217–239, 2000.
- [14] AGUIAR, A.P. et al. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: exploring intra-regional heterogeneity. **Ecological Modelling**, v. 209, p.169-188, 2007.
- [15] BRONDIZIO, E. S.; MORAN, E. F. Level-dependent deforestation trajectories in the Brazilian Amazon from 1970 to 2001. **Population and Environment**, v. 34, n. 1, p. 69–85, 2012.
- [16] MONTE-MÓR, R. L. M. **O que é o urbano, no mundo contemporâneo**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2006. 14p.
- [17] CARDOSO, A. C. D. (Org.). **O rural e o urbano na Amazônia**: diferentes olhares e perspectivas. Belém: EDUFPA, 2006.
- [18] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sinopse do censo demográfico 2010**. 2010c. Disponível em < <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em: 12 jul. 2018.
- [19] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Dados populacionais do Estado do Pará 2000 e 2010**. 2010b. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pa>>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- [20] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico 2000**. 2000. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/>>. Acesso em 02 mar. 2017.
- [21] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico 2010**. 2010. Disponível em < <http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 02 mar. 2017.
- [22] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Taxa de desmatamento Amazônia Legal**. 2017. Disponível em < <http://www.obt.inpe.br/prodes/dashboard/prodes-rates.html>>. Acesso em: 10 jun. 2018.
- [23] ALMEIDA, C. A. et al. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 3, p. 291–302, 2016.
- [24] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estimativa populacional 2014**. 2014. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2014/default.t.htm>>. Acesso em: 06 mar. 2017.
- [25] MADEIRA, J. L.; SIMÕES, C. C. Estimativas preliminares da população urbana e rural segundo as unidades da federação de 1960/1980 por uma nova metodologia. **Revista Brasileira de Estatística**, v. 33, n. 129, p. 3–11, 1972.
- [26] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Dados por município PRODES**. 2015. Disponível em < <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>>. Acesso em: 16 jun. 2017.
- [27] HAIR, Joseph et al. **Multivariate Data Analysis**. Prentice Hall: New Jersey, 1998.
- [28] ROSES, C. F.; LEIS, R. P. Um estudo das condições socioeconômicas de municípios gaúchos através da análise de cluster. FECAP. **Revista Administração On Line**, v. 3, n. 3, jul./ago./set. 2002. Disponível em: <www.fecap.br/adm_online/art33/rose1.htm>. Acesso em: 30 de outubro de 2018.
- [29] MACQUEEN, J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In: **Proceedings of the 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability** - Vol. 1. [S.l.]: University of California Press, Berkeley, CA, USA, 1967. p. 281–297.
- [30] FERREIRA, L. V.; PAROLIN, P.; MUÑOZ, S. H.; CHAVES, P. P. O efeito da fragmentação e isolamento florestal das áreas verdes da região metropolitana de Belém. **Pesquisas Botânica**, n. 63, p. 357-367, 2012.
- [31] NÚCLEO DE ALTOS ESTUDOS AMAZÔNICOS - NAEA. **Plano de desenvolvimento regional sustentável da região de integração Xingu**. Belém: UFPA, 2009.
- [32] CARDOSO, A. C. D.; LIMA, J. J. F. A influência do governo federal sobre cidades na Amazônia: os casos de Marabá e Medicilândia. **Novos Cadernos NAEA**, v. 12, n. 1, p. 161–192, 2009.
- [33] BECKER, B. **Amazônia**: geopolítica na virada do III milênio. 4. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.
- [34] TRINDADE JR, S.-C. C. DA. Cidades Médias na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 13, n. 2, 2011.