

# PADRÕES E ARRANJOS ESPACIAIS DAS ÁREAS VERDES NA ÁREA DE EXPANSÃO DE BELÉM

Thales Barroso Miranda<sup>1</sup>, Maria Isabel Sobral Escada<sup>2</sup>, Ana Cláudia Duarte Cardoso<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará – UFPA  
Caixa Postal 479 - 66075-110 - Belém – PA, Brasil  
thalesbmiranda@gmail.com;

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
isabel@dpi.inpe.br;

<sup>3</sup> Universidade Federal do Pará – UFPA  
Caixa Postal 479 - 66075-110 - Belém – PA, Brasil  
aclaudiacardoso@gmail.com;

## RESUMO

A área de expansão de Belém vem consolidando-se a partir da fragmentação da paisagem e da segregação socioespacial. E isto reflete no arranjo espacial das áreas verdes e no papel ambiental e social que elas podem desempenhar. Desta forma, o objetivo deste trabalho é detectar as áreas verdes da área de expansão de Belém, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e avaliar seus padrões e arranjos espaciais por métricas de paisagem. Os resultados mostram que os padrões de áreas verdes na área de expansão podem ser diferenciadas por atributos de forma, tamanho e arranjo espacial. As maiores áreas verdes identificadas não apresentam equipamentos urbanos e estão localizadas em áreas afastadas e sem infraestrutura básica. Esse resultado é importante para subsidiar políticas que visem o desenvolvimento de um planejamento mais adequado das áreas verdes urbanas de Belém.

**Palavras-chave** — Área de expansão de Belém, Áreas Verdes, Métricas de Paisagem.

## ABSTRACT

*The area of expansion of Belém city has been consolidating from the fragmentation of the landscape and the socio-spatial segregation. And this reflects on the spatial arrangement of green areas and the environmental and social role they can play. In this sense, the aim is to detect the green areas of the area of expansion of Belém, using remote sensing techniques and to evaluate their patterns and spatial arrangements by landscape metrics. The results show that the green area patterns in the expansion area can be differentiated by attributes of shape, size and spatial arrangement. The largest green areas identified do not have urban facilities and are located in distant areas and without infrastructure. This result is important in order to support policies aimed at*

*developing a more adequate planning of the urban green areas of Belém.*

**Key words** —Expansion Area of Belém, Green Areas, Landscape Metrics.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo de 400 anos, a cidade de Belém foi estruturada por diversos ciclos econômicos que modificaram o seu território e introduziram novos arranjos espaciais e sociais. Até a década de 1960, o crescimento da cidade era limitado pelos cinturões institucionais - universidades, aeroportos e bases militares – dentro da Primeira Léngua Patrimonial, porção de uma léngua de terras doada pela Coroa Portuguesa em 1627 e que hoje corresponde ao centro metropolitano [1][2].

Após a década de 1960, iniciou-se uma nova ocupação além dos limites da cidade, em zonas de fazendas, sítios e comunidades rurais, que hoje constituem-se na área de expansão de Belém. Esta área da cidade foi utilizada pela iniciativa pública para a implantação dos grandes conjuntos habitacionais, para atender a população assalariada de baixa renda. A área recebeu infraestrutura nas proximidades dos conjuntos e sofreu ocupações pelos grupos sociais excluídos e sem renda. A partir da década de 1990, a área se tornou atraente para produção imobiliária de habitação de alta e média renda, com grandes investimentos à produção de novas centralidades (shopping centers, hipermercados, estabelecimentos comerciais de grande porte) para valorização da região [3][4][5].

A área de expansão de Belém se diferencia do centro metropolitano (Primeira Léngua Patrimonial) por sua composição morfológica (viário, lote e quadra), distribuição socioeconômica e espacial. Sua configuração consolida-se pela fragmentação espacial, desarticulação de assentamentos e segregação socioespacial [6]. E as áreas verdes são reflexos da insuficiência e inadequação do planejamento e desenhos urbanos, e problemas de dimensionamento, circulação, tratamento, preservação e uso adequado.

As áreas verdes podem desempenhar papel significativo na obtenção dos benefícios ambientais, e fornecer serviços ecossistêmicos e soluções eficazes à adaptação e mitigação das mudanças climáticas nas cidades [7]. Além disso, há inúmeros trabalhos que relacionam áreas verdes às estratégias de conservação da biodiversidade urbana para melhorar a qualidade de vida [8] [9]. Ao relacionar áreas verdes com métricas de paisagens, é possível observar as trajetórias de padrões e mudanças a partir de propriedades estatísticas e de análises do comportamento da paisagem.

Deste modo, o objetivo deste trabalho é detectar as áreas verdes da área de expansão de Belém, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e avaliar seus padrões e arranjos espaciais por métricas de paisagem. O conceito de área verde utilizado neste trabalho, remete a qualquer espaço livre na qual a resposta para vegetação é obtida através de dados de imagem de sensores ópticos. A partir disso, pergunta-se: Quais são os padrões e as tipologias de áreas verdes presentes na área de expansão de Belém? Como são os arranjos espaciais dessas áreas verdes?

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

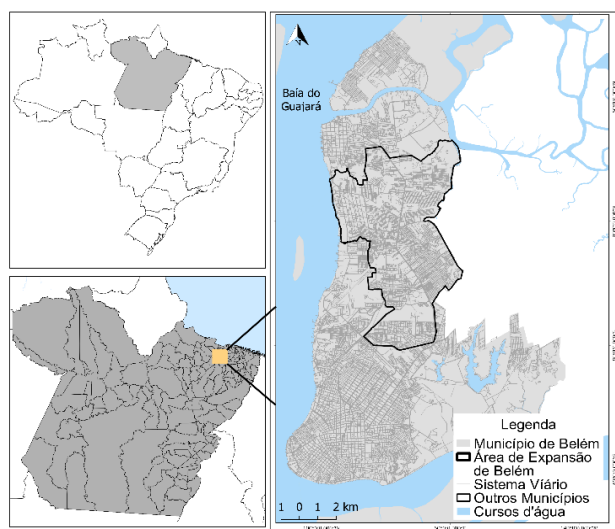


Figura 01: Área de estudo: Área de expansão de Belém (PA).

O recorte deste trabalho é a área de expansão de Belém (Figura 01), composta por uma população de 325 mil habitantes, cerca de 25 % da população total de Belém. A área tem cerca de 5033 ha, aproximadamente 29 % da área continental e 2,53 % de todo município [10].

### 2.2. Metodologia

Para detecção de áreas verdes foi utilizada uma cena para Belém da imagem de satélite RapidEye nível 3A (sensor REIS) já ortoretificada com data de aquisição para 01 de agosto de 2013 (imagem sem nuvens). O RapidEye foi

adquirido através do site do Ministério do Meio Ambiente (<http://geocatalogo.mma.gov.br/>) e mostra-se mais adequado para análises urbanas, pela sua resolução espacial de 5 metros e por ser disponibilizado gratuitamente.

Foram utilizadas três bandas espectrais do RapidEye (*Red, Blue, Near IR*) e aplicado um modelo linear de mistura espectral (MLME). O objetivo é decompor as bandas originais em três imagens frações solo, vegetação e água/sombra, para estimar a proporção dos componentes presentes em cada pixel baseado nas assinaturas espectrais de pixels puros [11]. As três imagens frações resultante do MLME foram utilizadas para o processo de segmentação com o algoritmo de crescimento de regiões, com limiar de similaridade 15 e área 20, conforme teste empíricos. Após a segmentação da imagem, foi utilizado o algoritmo Bhattacharyya com 99,9% de aceitação que requer treinamento para classificação supervisionada de áreas verdes e área construída. Posteriormente, realizou-se edição manual e foi gerada uma matriz de confusão. Ressalta-se que classificação utilizada não permite separar fisionomia e tipos de vegetação.

O resultado da classificação foi utilizada na análise baseada no plano celular. Foram identificados padrões de áreas verdes dentro de células de 200 x 200 metros, conforme testes empíricos. Utilizou-se mineração de dados por meio do plugin GeoDMA (*Geographic Data Mining Analyst*), no TerraView 5.3.3, que utiliza métricas de paisagem em um algoritmo supervisionado de árvore de decisão C5.0 para classificar objetos ou células de acordo com a tipologia predefinida [12]. As métricas de paisagem utilizadas são apresentadas na Tabela 1.

Métrica	Descrição	Unidade
CA	Soma de áreas de uma determinada classe dentro de uma célula.	ha
PLAND	Soma das áreas dividida pela área total da paisagem	%
MPS	Soma das áreas de todos os patches do tipo dividido pelo número de patches do mesmo tipo	ha
LSI	Soma dos limites da paisagem e de todos os segmentos de borda dentro dos limites que envolvem a classe, dividida pela raiz quadrada da área total da paisagem.	-
AWMPFD	Dimensão fractal média da mancha ponderada pela área	-

Tabela 1: Métricas de paisagem

Os padrões e as tipologias estão associados à forma e ao arranjo espacial de área verde dentro de cada célula. São eles: Urbanizado (pouca ou nenhuma área verde), Fragmentado (áreas verdes dispersas em fragmentos), Geométrico (áreas verdes em formas geométricas), Diversificado (áreas verdes com manchas irregulares), Contínuo (célula ocupada totalmente por áreas verdes).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado da classificação do algoritmo Bhattacharyya é apresentado na Figura 2 e a sua validação na Tabela 1.

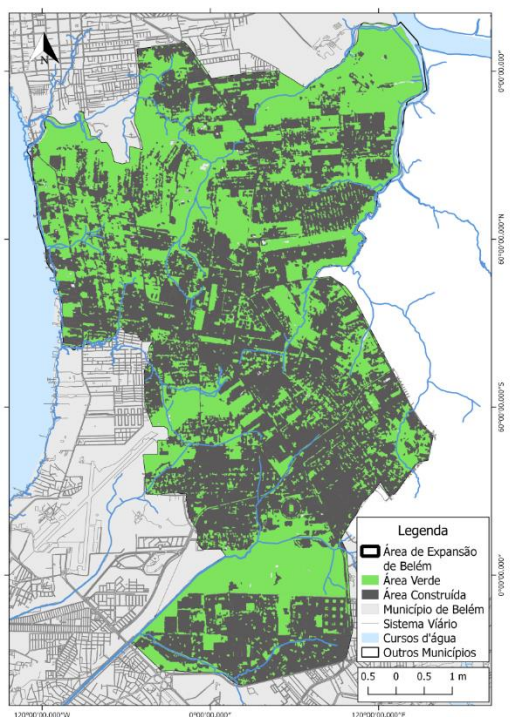


Figura 2: Resultado da classificação do algoritmo Bhattacharrya

Amostra	Água	Vegetação	Solo	Construído	Nuvem	Sombra de Nuvem	Outros
Água	40	0	0	0	0		
Vegetação	0	40	1	0	1		
Solo	0	0	19	4	0		
Construído	0	0	20	36	6		
Nuvem	0	0	0	0	33		
Sombra de Nuvem						40	
Outros							40

Índice kappa	0.8667	Exatidão total	0.8857
--------------	--------	----------------	--------

Tabela 1: Matriz de confusão, índice kappa e exatidão global do algoritmo Bhattacharrya

Padrão espacial	Tipologia	Descrição	Semântica
	Urbanizado	Ausência de manchas ou Manchas pequenas e isoladas.	Pouco área verde ou nenhuma (menos de 5%); Área totalmente construída; Onde houve as maiores transformações no meio físico.
	Fragmentado	Manchas pequenas, dispersas e não contínuas; Formas variadas; Baixa densidade.	Áreas com vegetações dispersas em fragmentos, que pouco se articulam entre si; podem ser quintais, árvores isoladas, jardins/prças isoladas ou área gramada ao longo de avenidas.
	Geométrico	Manchas regulares com forma geométrica definida; Média densidade.	Padrão ortogonal, com forma definida; Pode ter uso de espaço público, como praças ou reserva de terra, como grandes lotes que serão destinados a outros usos.
	Diversificado	Manchas irregulares e formas variadas; Alta densidade; Manchas grandes.	Área mista, com áreas não ocupadas ou com poucas áreas com construções, geralmente estão próximas ao padrão contínuo.
	Contínuo	Alta densidade; Célula totalmente ocupada pela vegetação.	Área com maiores remanescentes de área verde. 95% - 100% de ocupação. Correspondem às áreas militares, de APP e reservas para os grandes parques metropolitanos.

Figura 3: Tipologias dos padrões de áreas verdes

Observa-se que os índices são altos, com índice kappa de 0.86 e exatidão global de 0.88. Com isso, a área de expansão de Belém apresenta 46,01% de áreas verdes, 52,93% de área construída e 1,06% para as demais classes.

As figuras 3 e 4 apresentam os padrões de áreas verdes. São 16 células do padrão urbanizado, 409 do fragmentado, 47 do geométrico, 390 do diversificado e 375 do contínuo. A figura 5 apresenta os índices de validação, com alguns erros entre o padrão diversificado e geométrico, porém com índices altos, e a figura 6 apresenta a árvore de decisão.

A partir das figuras 2 e 4, observa-se que na porção sul há manchas de área urbanizada e logo acima há uma extensa faixa verde, que corresponde a Mata da Marinha, uma grande extensão de área militar e sem uso social lindeira à principal avenida da área de expansão. É a faixa no qual o padrão contínuo é mais evidente. Na região central a urbanização está mais consolidada, os índices de infraestrutura urbana são mais altos [6][10] e há uma concentração do padrão fragmentado e urbanizado.

Na porção norte há várias manchas verdes de vários tamanhos e a área construída é dispersa, por isso o padrão contínuo e diversificado é predominante. É nesta porção do território no qual estão as populações mais vulneráveis e a maior parte das áreas ambientalmente frágeis que ainda possuem áreas verdes. O padrão geométrico mostra-se disperso pela área de expansão.

Ao relacionar os padrões de áreas verdes com as métricas de paisagem, observa-se que, a média para complexidade da forma (AWMPFD) pouco varia, o valor mais baixo é 1,33 (padrão contínuo) e o mais alto 1,54 (padrão fragmentado). Há semelhanças de forma entre os padrões de áreas verdes. Para as médias das métricas CA e PLAND os valores são, respectivamente: Contínuo 3,97 ha e 83%; Diversificado 1,80 ha e 45%; Geométrico 0.84 e 20%; Fragmentado 0.59 e 14% e Urbanizado 0.01 ha e 0.39%. Com base nos dados, as áreas mais vegetadas correspondem a áreas de baixa ocupação e mais afastadas, e o seu oposto é verdadeiro. É possível afirmar que os padrões de áreas verdes formam gradientes de área. A figura 7 apresente um gradiente de áreas verdes para a área de expansão de Belém.

A forma e os arranjos espaciais que formaram-se com o tempo foram induzidos pelos atores sociais que compõem a área de expansão. Estudos fundiários [4][5] mostram que antigas fazendas foram convertidas no mercado de terra, sem que houvesse a integração dos assentamentos já existentes. Daí a carência de espaços verdes em áreas urbanizadas e a falta de atenção ao tratamento, preservação e uso adequado das áreas verdes existentes. A tendência é a fragmentação e ausência de articulação entre as áreas verdes.

### 5. CONCLUSÕES

Os padrões de áreas verdes da área de expansão de Belém estão relacionadas com atributos de forma e arranjos espaciais. As maiores áreas verdes não apresentam equipamentos urbanos e estão localizadas em áreas afastadas.

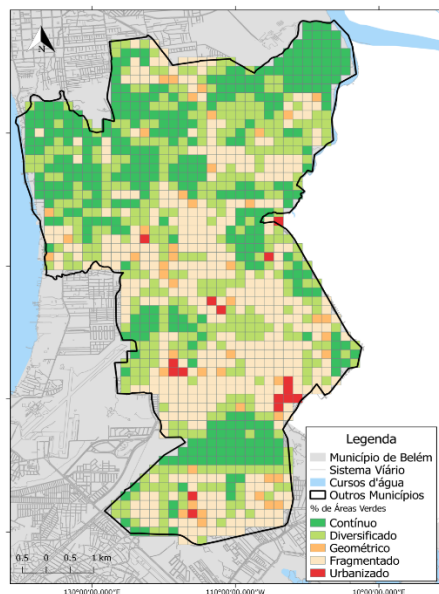


Figura 4: Classificação dos padrões de áreas verdes

Tipologia	Contínuo	Diversificado	Geométrico	Fragmentado	Urbanizado
Contínuo	10	1	1	0	0
Diversificado	0	8	2	0	0
Geométrico	0	1	7	0	0
Fragmentado	0	0	1	10	0
Urbanizado	0	0	0	0	10

Índice kappa: 0.8531    Exatidão total: 0.8824

Figura 5: Matriz de confusão, índice Kappa e exatidão Global da classificação dos padrões de áreas verdes

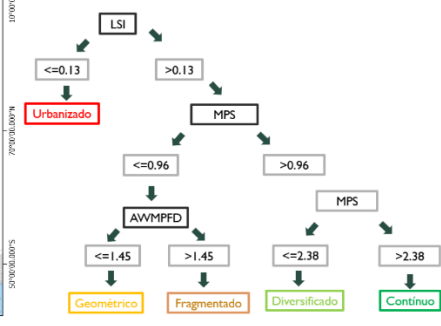


Figura 6: Árvore de decisão para a classificação dos padrões de áreas verdes

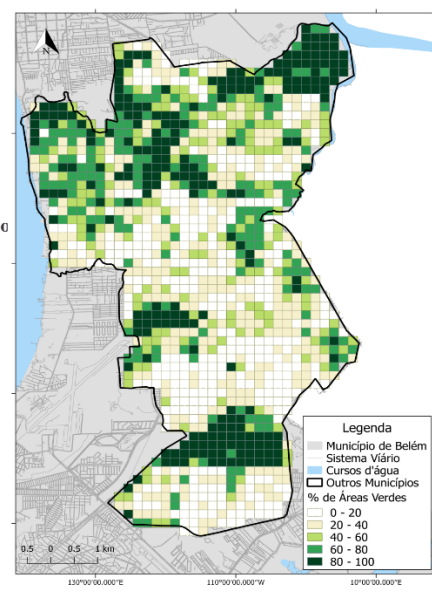


Figura 7: Gradiente de áreas verdes

Por outro lado, há vários fragmentos em áreas urbanizadas, o que evidencia um mosaico de padrões e um gradiente de áreas verdes. Esse resultado é importante para subsidiar políticas que visem o desenvolvimento de um planejamento mais adequado das áreas verdes urbanas de Belém, que visem a articulação, o uso adequado (espaço público/lazer/produção de alimentos) que gere benefícios sociais e ambientais à população e à cidade.

## 6. AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo. E agradece à Universidade Federal do Pará pelo apoio à pesquisa, processo nº 23073.015149/2018-72. A terceira autora agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela bolsa de Produtividade em Pesquisa, processo nº 309560/2015-2

## 7. REFERÊNCIAS

[1] Trindade Jr., S.C.C., “A Cidade Dispersa: os novos espaços de Assentamentos em Belém e a Reestruturação Metropolitana”, Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo, 395 (pp.), 1998.

[2] Cardoso, A.C.D.; Lima, J.J.F, “METRÓPOLES: Território, Coesão Social e governança Democrática. Belém: Transformações na ordem urbana”, Rio de Janeiro: Letra Capital, 17-33 (pp.), 2015.

[3] Lima, J.J.F., “Conjuntos Habitacionais e condomínios de luxo em Belém: duas tipologias em confronto”. *Arquitextos*, 3 (v.), 027.07 (n.), 2002.

[4] Souza, R. D. P., “Área de Expansão de Belém: Um espaço de múltiplas vivências”, Dissertação (Mestrado em Arquitetura e

Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, Belém. 155 (pp.), 2016.

[5] Ventura Neto, R.S., “Belém e o imobiliário: uma cidade entre contratempos e contradições”, Belém: Imprensa Oficial do Estado, 2016.

[6] Cardoso, A.C.D.; Miranda, T.B.; Rocha, P. C., “Da Degradação à Elitização: Processos de Exclusão Social e Ambiental em Belém”, *Revista Terceira Margem Amazônia*. Belém, 2 (v.), 7 (n.), 2016.

[7] Grafius, D.R.; Corstanje, R.; Harris, J.A., “Linking ecosystem services, urban form and green space configuration using multivariate landscape metric analysis”, *Landscape Ecology*, 33 (v.), 557-573 (pp.), 2018.

[8] Garcia, D. A., “Green areas management and bioengineering techniques for improving urban ecological sustainability”, *Sustainable Cities and Society*, 30 (v.), 1 (n.), 108-117 (pp.), 2017.

[9] Tsilini, V.; Papantoniou, S.; Kolokotsa, D.; Maria, E., “Urban gardens as a solution to energy poverty and urban heat island”, *Sustainable Cities and Society*, 14 (v.), 1 (n.), 323-333 (pp.), 2015.

[10] IBGE., “Censo Demográfico 2010”. Resultados do Universo, 2010.

[11] Shimabukuro, Y.E.; Smith, J.A., “The least-square mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data”. *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, New York, v.29, p.16-20, 1991.

[12] Korting, T. S.; Fonseca, L. M.; Escada, M. I. S.; Silva, F. C.; Silva, M. P. S. “GeoDMA: a novel system for spatial data Mining”. *IEEE International Conference on Data Mining Workshops*, Pisa, Italia, 2008. *Anais... Pisa, Italia*, 2008.