



## REVISTA CIENTÍFICA DA UMC



### COMPARAÇÃO DA CONECTIVIDADE DE ÁREAS VERDES EM CIDADES BRASILEIRAS

Vitória Bertholdi Corrêa Gonçalves<sup>1</sup>, Ricardo Sartorello<sup>2</sup> Christopher Small<sup>3</sup>

1. Estudante do curso de Ciências Biológicas. e-mail: vbertholdi29@gmail.com;
2. Professor da Universidade de Mogi das Cruzes. e-mail: ricardosartorello@umc.com.br;
3. Professor na Universidade de Columbia (NYC). e-mail: csmall@gmail.com.

**Área de Conhecimento:** Fitogeografia.

**Palavras-chave:** Áreas verdes urbanas; Conectividade; Análise de Mistura Espectral.

#### INTRODUÇÃO

A atual configuração da paisagem e expansão das grandes metrópoles sobrepõem-se aos atributos que constituem as paisagens naturais; os elementos construídos provocam impactos negativos como a diminuição da cobertura vegetal e a impermeabilização do solo, comprometendo os serviços ecossistêmicos (FERREIRA *et al.*, 2010; XU *et al.*, 2016). As intervenções antrópicas causam modificações da estrutura da paisagem, resultando no aumento da temperatura e da poluição atmosférica e hídrica, entre outros problemas recorrentes em grandes centros urbanos. A vegetação no meio urbano fornece serviços ecossistêmicos fundamentais para o microclima urbano, reduzindo a temperatura (LONG *et al.*, 2014), atuando no regime de chuvas, na qualidade do ar e da água, contribuindo para o equilíbrio ambiental. Além disso, as áreas verdes urbanas são importantes para manter a biodiversidade local e proporcionar qualidade de vida (OMS, 2016). É notória a necessidade de restaurar a conectividade estrutural e funcional em paisagens naturais modificadas pelo homem. Grandes mudanças no meio ambiente como a substituição de áreas naturais por áreas urbanas alteram de forma radical a estrutura e funcionalidade dos ecossistemas.

#### OBJETIVOS

O objetivo do estudo foi avaliar a conectividade de áreas verdes em cidades brasileiras.

#### METODOLOGIA

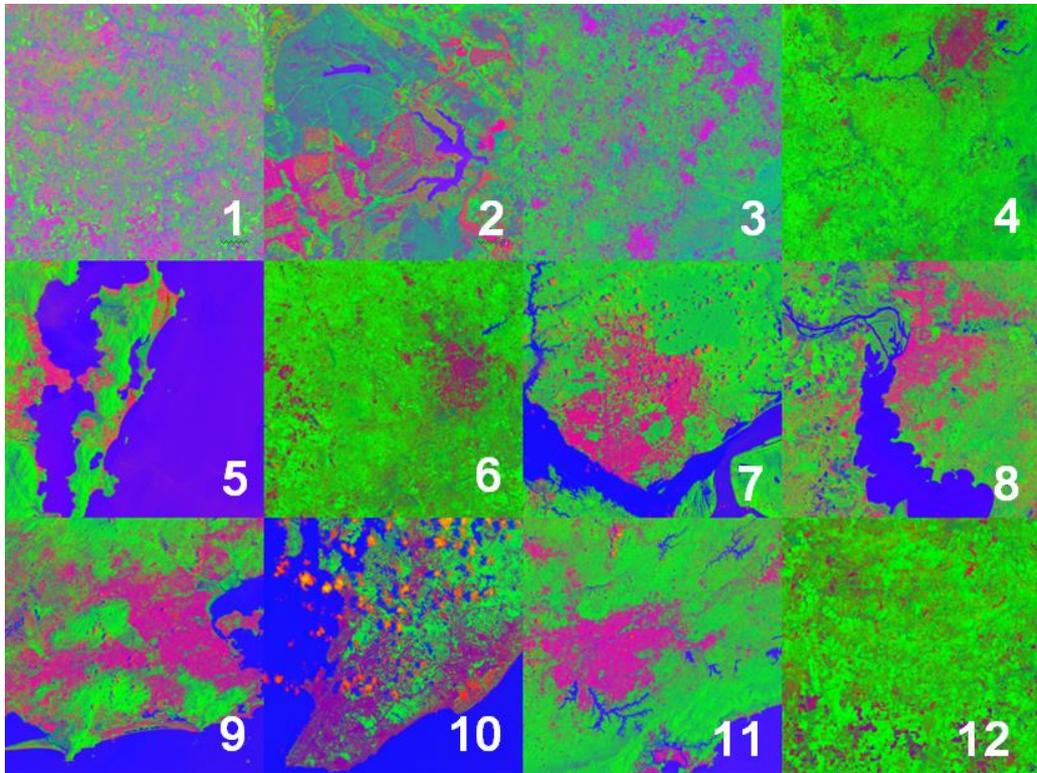
Para a realização do estudo foram selecionadas 12 cidades brasileiras do Sudeste, Centro-Oeste, Sul, Norte e Nordeste com alta densidade populacional. Foram obtidas imagens multiespectrais do satélite Sentinel-2. Ocorreu um pré-processamento das imagens no software SNAP para a composição da imagem completa do território de algumas cidades as quais foram necessárias mais que uma cena, com sobreposição de cerca de 60% em suas

margens. Todas as imagens foram processadas para gerar uma composição infravermelha de ondas curtas usando as bandas B4 (vermelho), B8 (infravermelho) e B2 (azul) nessa ordem. A Análise de Mistura Espectral foi utilizada para identificar os *endmembers* presentes em um pixel através da reflectância desses elementos, seja com alta reflectância como substrato (S), áreas urbanas, rochas e solos; a vegetação (V); baixa reflectância (D), como água (SMALL e SOUZA, 2016) O programa utilizado para o processamento e interpretação das imagens de satélite foi o ENVI, versão 5.2 classic. Após a Análise de Mistura Espectral (SVD), foi preciso segmentar as imagens resultantes para a obtenção de apenas as áreas verdes de interesse. O processo consistiu na seleção da banda vegetação da composição SVD e segmentação das frações espectrais que representam áreas verdes, especialmente áreas arbóreas. Foi utilizado o recurso *segmentation image*, colocando os parâmetros de acordo com o bioma da cidade. A partir das identificações das manchas verdes nas imagens Sentinel foram calculados quatro índices de conectividade: 1) Densidade de Mancha (*Patch Density*); 2) Distância Euclidiana do Vizinho mais Próximo (*Euclidean Nearest-Neighbor Distance*); 3) Índice de Conectividade (*Connectance Index*); e 4) Índice de Divisão (*Splitting Index*). As análises foram realizadas nos programas Fragstats 4.2 e V-Late 2.0. Posteriormente os resultados serão analisados em imagens vetoriais quanto à distribuição espacial no programa Arcgis 10.7.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

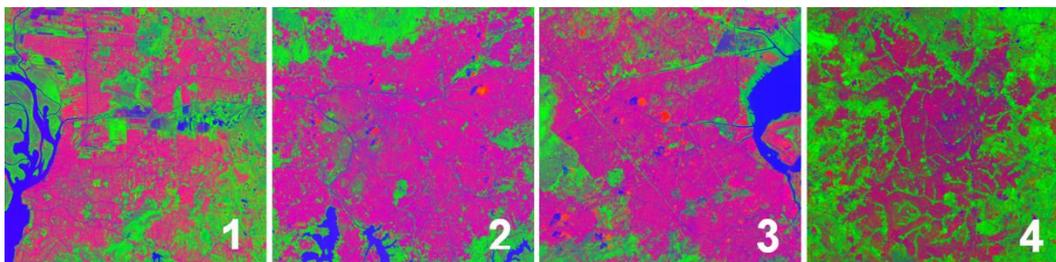
Observa-se no mosaico com o resultado das 12 cidades selecionadas (Figura 1), que as maiores manchas urbanas estão concentradas na paisagem de São Paulo, Rio de Janeiro, Manaus e Salvador, em outras cidades as manchas urbanas estão mais distribuídas na paisagem como em Belo Horizonte, Uberaba e Florianópolis. As maiores manchas verdes estão no entorno das cidades, as menores manchas estão espalhadas de forma fragmentada.

**Figura 1-** Imagens das 12 cidades brasileiras: 1- Belo Horizonte, 2- Brasília, 3- Campinas, 4- Curitiba, 5- Florianópolis, 6- Goiânia, 7- Manaus, 8- Porto Alegre, 9- Rio de Janeiro, 10- Salvador, 11- São Paulo, 12- Uberaba após a Mistura Linear Espectral. Destaque para as frações espectrais Substrato (S) em tonalidades laranja e magenta, Vegetação (V) em tonalidades de verde e Matéria Escura (D) em tonalidades de azul.



As maiores manchas urbanas estão concentradas na paisagem de São Paulo, Rio de Janeiro, Manaus e Salvador, em outras cidades as manchas estão mais distribuídas na paisagem como em Belo Horizonte, Uberaba e Florianópolis. A mancha urbana pode estar concentrada na paisagem com as áreas verdes em seu entorno como podemos observar nas cidades de Curitiba, Goiânia, Porto Alegre, na qual as maiores manchas são encontradas no Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo. As manchas podem estar distribuídas na paisagem como em Belo Horizonte, Brasília, Campinas, Florianópolis e Uberaba indicando uma maior fragmentação e menor conectividade dessas áreas. Na figura 2 pode-se observar em mais detalhes as manchas de cidades com diferentes configurações entre as frações de alta reflectância (substrato), configurando as áreas urbanas e as áreas verdes (vegetação). A primeira e a quarta imagem representam as cidades com mais de 1 milhão de habitantes mais arborizadas do país segundo o IBGE (2020), sendo Goiânia em primeiro lugar e Porto Alegre em quarto lugar. Em contrapartida temos as imagens de São Paulo e Rio de Janeiro, Regiões Metropolitanas com milhões de habitantes, alta densidade populacional, mas com menos manchas verdes urbanas.

**Figura 2** – Imagens aproximadas das manchas urbanas de 1- Porto Alegre, 2- São Paulo, 3- Rio de Janeiro e 4- Goiânia.



Observa-se na tabela 1 os resultados dos índices de conectividade para as doze cidades selecionadas para o estudo. O índice de Densidade de Mancha (PD) mostra o número de manchas a cada 100 ha da paisagem da cidade analisada. Nota-se que as cidades de Salvador, Goiânia e Brasília são as que possuem maior número de manchas de vegetação por área de 100 há entre 30 e 28. Já cidades como São Paulo, Porto Alegre, Florianópolis e Campinas apresentam os menores valores de manchas por 100 há, entre 2.7 e 3.2. A métrica PD é de difícil interpretação de forma isolada, já que o número de manchas pode significar tanto a baixa fragmentação e integridade das áreas verdes, quando a falta de vegetação. Por esse motivo, o Índice será analisado considerando os demais resultados obtidos com outras métricas.

**Tabela1**—Resultados das métricas de conectividade das áreas verdes nas cidades analisadas: 1) Densidade de Mancha (PD); 2) Distância Euclidiana do Vizinho mais próximo (ENN); 3) Índice de Conectividade (CONNECT); e 4) Índice de Divisão (SPLIT).

Cidade	PD	ENN	CONNECT	SPLIT
Belo Horizonte	19.4	85.9	0.0154	283.4
Brasília	28.2	89.5	0.0634	34.3
Campinas	3.2	79.8	0.0225	2.5
Curitiba	6.3	81.6	0.0869	1.0
Florianópolis	2.8	90.9	0.3142	3.2
Goiânia	30.3	88.5	0.0171	159.6
Manaus	3.4	87.5	0.2805	1.9
Porto Alegre	2.7	82.7	0.1181	2.8
Rio de Janeiro	8.9	88.6	0.0538	2.9
Salvador	30.6	98.3	0.1581	20.4
São Paulo	2.7	95.9	0.0243	1.2
Uberaba	20.3	86.4	0.0224	168.0

A Distância Euclidiana do Vizinho mais Próximo (ENN) mostra que todas as paisagens possuem valores médios de distância muito próximos, com destaque para São Paulo, com 95 metros de média, o que pode ser explicado pela falta de áreas verdes arborizadas nas áreas internas da mancha urbana da RMSP. Apesar de Salvador possuir um valor maior, 98 metros, provavelmente a área de oceano influencia no maior isolamento das manchas de

vegetação. O Índice de Conectividade (CONNECT) indica que as cidades com áreas verdes mais conectadas são Florianópolis, Manaus, Salvador, Porto Alegre e Curitiba, apresentando os maiores índices. As cidades menos conectadas em suas áreas verdes são Belo Horizonte, Goiânia, Campinas, São Paulo e Uberaba, com os menores índices. Cidades como Goiânia, apesar do planejamento urbano, possuem um entorno muito fragmentado devido ao uso do solo agropecuário, o que acaba influenciando o índice negativamente, considerando que a cena da imagem recobre não só as manchas urbanas, mas também o contexto da paisagem no qual estão inseridas. O Índice de Divisão (SPLIT) corrobora a análise anterior.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe grande complexidade na análise da conectividade das cidades brasileiras selecionadas para o estudo. Características como histórico de ocupação e planejamento urbano são fundamentais, mas o contexto da paisagem, no entorno dessas áreas também se tornou um fator decisivo para a análise, demonstrando contrastes muito grandes entre grandes manchas urbanas como São Paulo, Rio de Janeiro e Salvador, com poucas áreas verdes internas, mas com um contexto de entorno com mais vegetação florestal. Em contrapartida cidades planejadas como Curitiba, Goiânia e Uberaba possuem entornos com paisagem muito fragmentada, o que acabou exercendo grande influência na análise. A presença de áreas verdes urbanas favorece um ecossistema saudável o qual desempenha funções como reduzir efeitos da poluição e dos ruídos, agindo diretamente na redução da temperatura e na velocidade dos ventos, além de influenciarem no balanço hídrico e na saúde e bem-estar público.

### REFERÊNCIAS

FERREIRA, M. J.; OLIVEIRA, A. P.; SOARES, J. Anthropogenic heat in the city of São Paulo, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 101, p. 9-19, 2010.

LONG, H. L. *et al.* Effects of land use transitions due to rapid urbanization on ecosystem services: implications for urban planning in the new developing area of China. **Ecology Indictor**. China. 2014

OMS, **Intervenções e Saúde no Espaço Verde Urbano - uma Revisão de Impactos e Eficácia**. OMS Europa, Copenhaga – 2017. Disponível em: <  
[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0010/337690/FULL-REPORT-for-LLP.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/337690/FULL-REPORT-for-LLP.pdf?ua=1) >  
Acesso em: 09 fev. 2022.

SMALL, C.; SOUZA, D. Humans on Earth: Global extents of anthropogenic land cover from remote sensing. **Anthropocene**, New York, v. 14, p. 1-33, 2016.

XU, Q. *et al.* The influence of rapid urbanization and land use changes on terrestrial carbon sources/sinks in Guangzhou, China. **Ecology Indictor**. p. 304–316. 2016.