

## MUDANÇAS NA PAISAGEM DA REGIÃO NOROESTE DA CIDADE DE SÃO PAULO NOS ÚLTIMOS 30 ANOS: URBANIZAÇÃO, FRAGMENTAÇÃO E EFEITO DE BORDA

JOÃO PEDRO O. KRIZEK<sup>1</sup>, LUCIANA C. M. SANTOS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Ciências Biológicas, Membro do Grupo de Pesquisa Interdisciplinar em Meio Ambiente, Ensino, Tecnologia e Cidade (AMBIENTEC), Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus São Paulo, jpokrizek@gmail.com

<sup>2</sup> Doutora em Ecologia, Líder do AMBIENTEC, Professora Efetiva e Coordenadora de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação do IFSP, Câmpus Pirituba.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 2.05.02.00-1 Ecologia de Ecossistemas

**RESUMO:** Os fatores de alteração da paisagem que se desenvolvem na cidade de São Paulo são muito diversos e têm fortes implicações sociais e ambientais. A compreensão de tais fatores pode ser alcançada através de estudos que utilizem geotecnologias, as quais podem produzir resultados que venham a colaborar com um planejamento urbano responsável e sustentável. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou caracterizar as alterações espaço-temporais ocorridas na paisagem da região noroeste da cidade de São Paulo entre os anos de 1989 e 2018, utilizando geotecnologias. Esta área foi escolhida para estudo por concentrar grande porcentagem das áreas verdes da cidade em meio a uma mancha urbana em expansão. Através dos resultados obtidos, foi possível evidenciar grandes alterações paisagísticas, como uma redução de 21% na área total de vegetação arbórea, ocasionada pelo processo de expansão da área urbana, que aumentou 10% ao longo do período considerado. Também foi detectada a ocorrência do processo de fragmentação nos ecossistemas arbóreos, com o consequente efeito de borda impulsionando o aumento e distribuição de áreas de vegetação rasteira. Diante da pesquisa realizada, tornou-se evidente que a região noroeste do município de São Paulo sofreu um acelerado e desordenado processo de urbanização, ocasionando em uma drástica redução na vegetação natural arbórea e na fragmentação das áreas remanescentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** São Paulo; região noroeste; urbanização; fragmentação; efeito de borda.

## LANDSCAPE CHANGES IN THE NORTHWEST REGION OF SÃO PAULO CITY IN THE LAST 40 YEARS: URBANIZATION, FRAGMENTATION AND EDGE EFFECT

**ABSTRACT:** The factors affecting the landscape dynamics in the city of São Paulo are very diverse and have strong social and environmental implications. Understanding such factors can be achieved by studies that use geotechnologies, which produce results that can aid in responsible and sustainable urban planning. In this context, the present study aimed to characterize the spatial changes that occurred in the northwest region of the city of São Paulo between the years 1989 and 2018, using geotechnologies. This area was chosen for study because it concentrates a large percentage of the city's green areas in the middle of an expanding urban area. Through the results obtained, it was possible to evidence major landscape changes, such as a 21% reduction in the total area of tree vegetation, caused by the expansion process of the urban area, which increased 10% over the period considered. The occurrence of the fragmentation process in the vegetation ecosystems was also detected, with the consequent edge effect driving the increase and distribution of undergrowth areas. Based on this research, we concluded that the northwest region of the municipality of São Paulo suffered an accelerated and disordered urbanization process, causing a drastic reduction in the natural tree vegetation and the fragmentation of the remaining areas.

**KEYWORDS:** Sao Paulo; northwest region; urbanization; fragmentation; edge effect.

## INTRODUÇÃO

Os fatores de alteração da paisagem que se desenvolvem na cidade de São Paulo são muito diversos, envolvendo, por exemplo, os processos de expansão urbana, periferação e periurbanização (ALVES et al., 2010). Essa dinâmica de alteração paisagística tem fortes implicações sociais e ambientais e tem sido estudada por diversos autores. Até o começo do milênio, a maioria das pesquisas em sensoriamento remoto e geoprocessamento focava exclusivamente em áreas naturais e poucos estudos davam atenção para o desenvolvimento e expansão dos centros urbanos. O uso de geotecnologias no estudo das paisagens urbanas, entretanto, intensificou-se com o surgimento de imagens de satélites de alta resolução (ALVES et al., 2010). Consequentemente, apareceram novas possibilidades de uso de imagens orbitais em pesquisas que objetivam compreender os processos de alteração paisagística das grandes cidades e que apresentam a potencialidade de produzir resultados que venham a colaborar com um planejamento urbano responsável e sustentável (BLASCHKE; KUX, 2005). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar as alterações espaço-temporais ocorridas na região noroeste da cidade de São Paulo entre os anos de 1989 e 2018, sobretudo as mudanças de uso e cobertura da terra.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo do presente trabalho compreende a região noroeste da cidade de São Paulo. Esta área foi selecionada por concentrar grande porcentagem das áreas verdes do município em meio a uma mancha urbana em expansão, na qual estão inseridos os bairros de Pirituba, Jaraguá, São Domingos, Freguesia do Ó, Vila Brasilândia, Anhanguera e Perus (SÃO PAULO, 2018).

Para o mapeamento e a caracterização da paisagem da área de estudo, foram utilizadas geotecnologias, tais como imagens do satélite CBERS-4/PAN para o ano de 2018 e do LANDSAT-5/TM para o ano de 1989, adquiridas no site do DGI/INPE, e o SIG SPRING. Neste *software*, as imagens foram processadas, interpretadas e, em ambas, foi aplicada a técnica de classificação supervisionada MAXVER. Por fim, foi produzido um mapa do uso e cobertura da terra para a área de estudo nos dois anos considerados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 1 e 2 correspondem a mapas temáticos, gerados a partir da técnica de classificação supervisionada por máxima verossimilhança, para os anos de 1989 e 2018, respectivamente. Neles, pode-se identificar a localização e distribuição de cinco classes de objetos pela paisagem em ambos os anos analisados: área urbanizada, solo exposto, corpos hídricos, vegetação rasteira e vegetação arbórea. A classificação realizada para o ano de 1989 obteve exatidão global de 92,16% e valor de coeficiente *Kappa* de 84,23%; já a classificação realizada para o ano de 2018 obteve exatidão global de 92,19% e valor de coeficiente *Kappa* de 84,54%, sendo ambas as classificações consideradas como excelentes em seus parâmetros de acurácia (LANDIS; KOCH, 1977).

A partir da classificação realizada foi possível quantificar a área dos diferentes alvos da paisagem nos dois anos considerados (Tab. 1). De acordo com os dados obtidos, as áreas urbanizadas e as regiões de vegetação arbórea foram os dois alvos predominantes na área de estudo em ambas as datas. Além disso, pode-se observar nas figuras 1 e 2 que regiões de vegetação rasteira são encontradas mais frequentemente em locais adjacentes às áreas urbanizadas, ocorrendo com menor frequência e tamanho no interior dos fragmentos vegetados.

Uma possível explicação acerca do padrão espacial encontrado para a distribuição das áreas de vegetação rasteira é a de que ela é ocasionada, pelo menos em parte, pelo efeito de borda. Em uma área fragmentada, a borda de um fragmento recentemente criado sofre maior iluminação do Sol, temperaturas mais quentes no verão, exposição a ventos mais fortes e taxas mais altas de evaporação. Outros efeitos de borda incluem diferenças na magnitude das mudanças de temperatura diurnas, diferenças na umidade entre borda e interior e, em alguns casos, diferenças de concentração de CO<sub>2</sub>. Essas mudanças podem tornar a borda do fragmento menos adequada para muitas espécies de floresta e mais adequada para espécies rasteiras (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009). Além disso, tal efeito seria mais intenso em fragmentos pequenos e isolados, como evidenciado nas figuras.

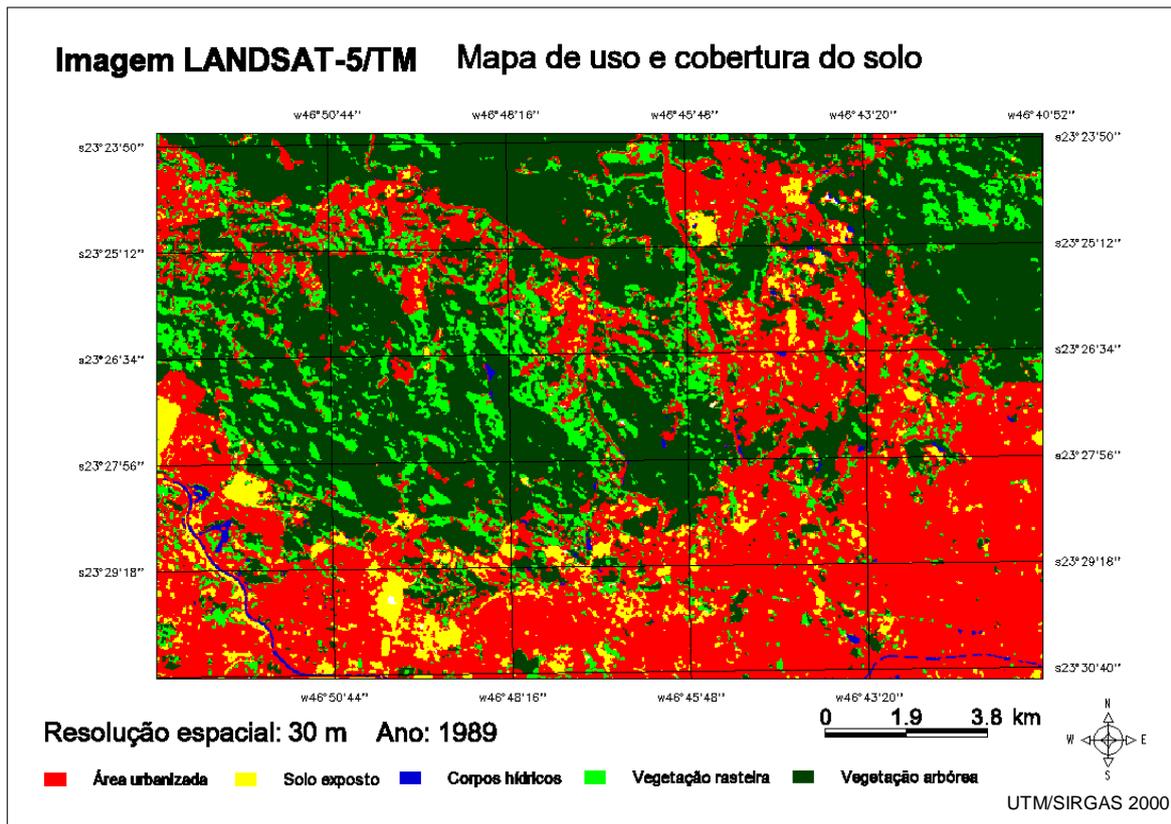


FIGURA 1. Mapa de uso e cobertura do solo obtido a partir da técnica de classificação supervisionada por máxima verossimilhança para a área de estudo no ano de 1989.

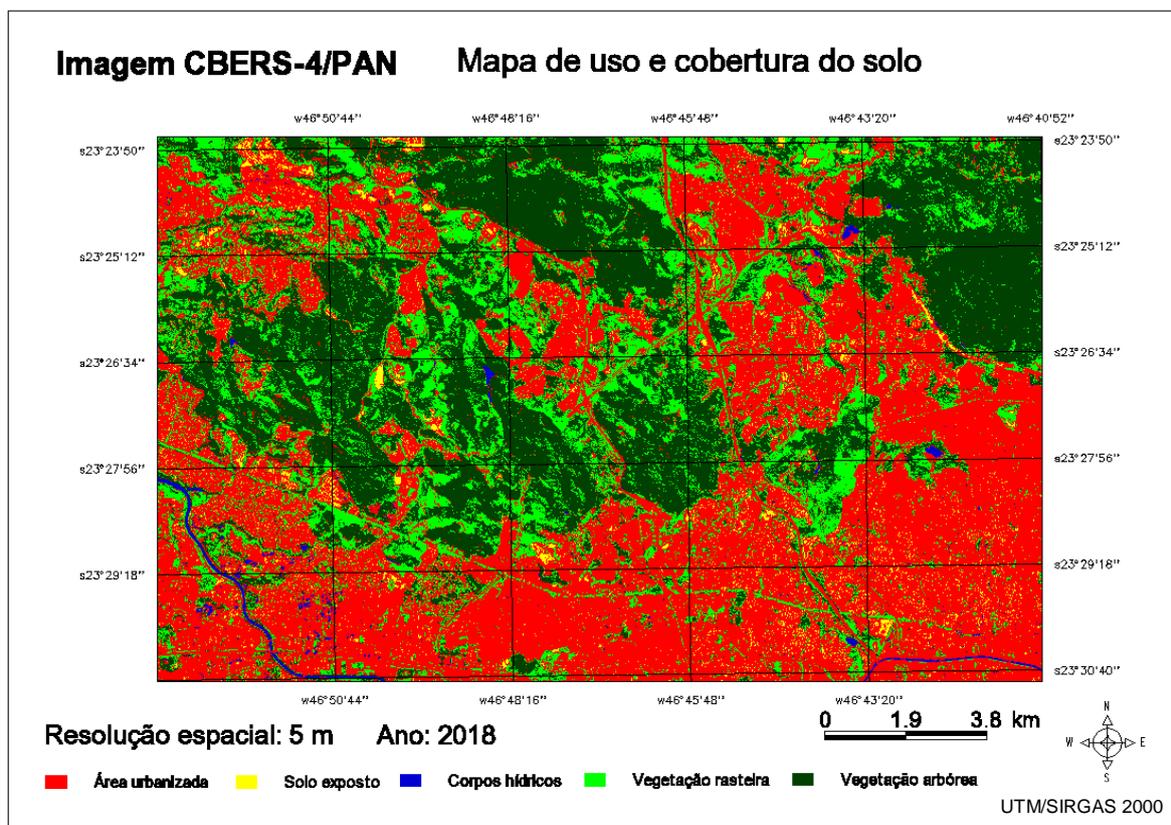


FIGURA 2. Mapa de uso e cobertura do solo obtido a partir da técnica de classificação supervisionada por máxima verossimilhança para a área de estudo no ano de 2018.

TABELA 1. Área aproximada (ha) dos diferentes alvos da paisagem nos anos de 1989 e 2018, com base nos resultados da classificação supervisionada por máxima verossimilhança.

Alvo da paisagem	Área aproximada (ha)	
	1989	2018
Área urbanizada	11 467,2	12 668,3
Solo exposto	1 385,5	566,9
Corpos hídricos	152,8	183,6
Vegetação rasteira	3 464,3	5 291,9
Vegetação arbórea	10 554,4	8 318,1
Área total das classes	27 024,2	27 028,8
Área total não classificada	36,3	17,3
Área total do mapa	27 060,5	27 046,1

A figura 3 é um gráfico comparativo das áreas aproximadas (em %) dos diferentes alvos da paisagem nos anos de 1989 e 2018. Conforme evidenciado, a área total de vegetação arbórea sofreu uma redução de 21% ao longo do intervalo de tempo considerado, ocupando, em 1989, 39% da área total da paisagem e somente 30,8% em 2018 (Fig. 3). Essa diminuição pode ser explicada, pelo menos em parte, pela expansão da área urbana, que sofreu um aumento de 10% em relação a sua área total em 1989, correspondendo, no ano mencionado, a 42,4% da paisagem e, no ano de 2018, a 46,8% (Fig. 3). A despeito de a fragmentação ocorrer naturalmente nos ecossistemas, este processo vem sendo fortemente intensificado por ações antrópicas, principalmente em decorrência do processo de urbanização. Neste aspecto, similarmente ao que vem ocorrendo em grande parte do país, a região noroeste do município de São Paulo sofreu um acelerado e desordenado processo de urbanização, ocasionando em uma drástica redução na vegetação natural arbórea e na fragmentação das áreas remanescentes, como exemplificado pelos resultados obtidos para a área estudada.

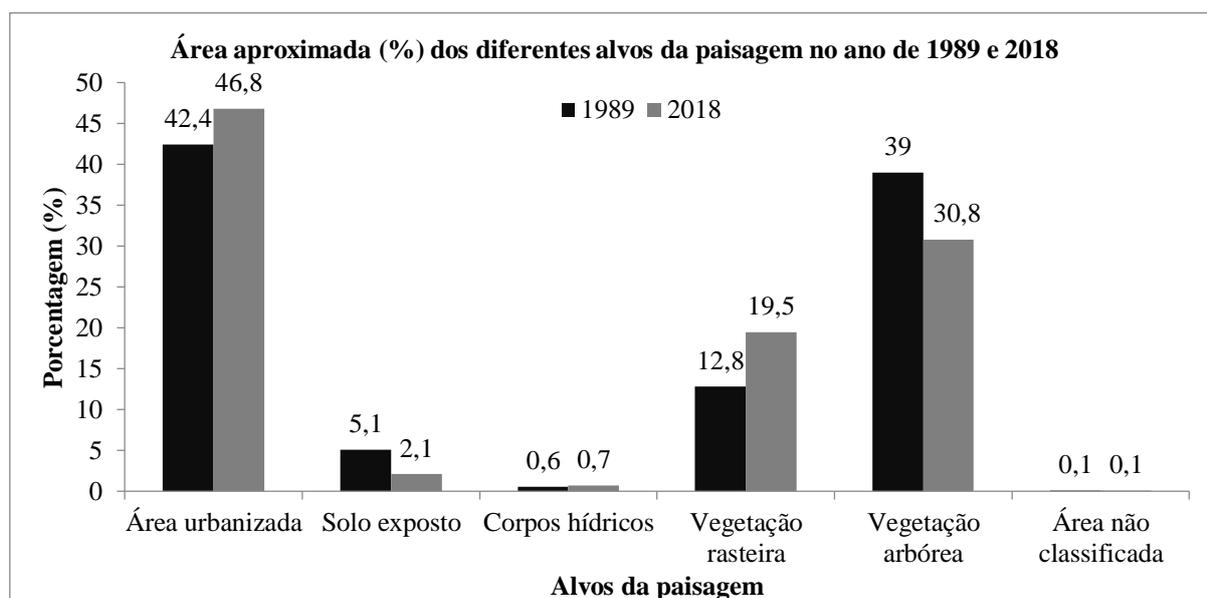


FIGURA 3. Gráfico da área aproximada (%) dos diferentes alvos da paisagem nos anos de 1989 e 2018, com base nos resultados da classificação supervisionada por máxima verossimilhança.

Simultaneamente, com a expansão da área urbanizada, houve um aumento na área total de vegetação rasteira, sobretudo nas bordas dos fragmentos, o que respalda a hipótese do efeito de borda discutida anteriormente. A área total de vegetação rasteira, em 2018, sofreu uma expansão de 52% em relação à área apresentada em 1989, quando correspondia a 12,8% da paisagem; em 2018, esse número subiu para 19,5% (Fig. 3). A transformação da estrutura florística na borda dos fragmentos vegetais (na paisagem analisada, de vegetação arbórea para rasteira) é uma das principais consequências do processo de urbanização (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009). A literatura ecológica evidencia que há um nítido desequilíbrio entre as áreas de borda e as regiões mais interiores dos fragmentos, como, a título de exemplo, uma maior riqueza e diversidade de espécies nas regiões

mais distantes da borda em comparação às áreas marginais, as quais, por sua vez, apresentam menor diversidade e maior abundância de espécies pioneiras e regenerantes (OLIVEIRA et al., 2015). Além disso, o tamanho e a forma de um fragmento estão intrinsicamente ligados ao efeito de borda. Quanto menor ou mais alongado o fragmento for, mais fortemente os efeitos de borda podem estar presentes, devido à diminuição da razão interior/margem. Esta razão impõe restrições à manutenção de populações de determinadas espécies, na medida em que altera fatores espaciais com forte impacto ecológico (PERICO et al., 2005). Milhares de estudos sobre a fragmentação de *habitats* florestais apontam o efeito de borda como a principal ameaça para vários grupos biológicos em decorrência das alterações físicas e biológicas associadas (BIERREGAARD et al., 2001).

## CONCLUSÕES

Atualmente, a perda e a fragmentação de *habitats* constituem uma das maiores ameaças para a biodiversidade do planeta. Os resultados deste trabalho tornaram evidente que a região noroeste do município de São Paulo vem apresentando uma rápida expansão urbana nos últimos 40 anos, afetando a qualidade dos ecossistemas naturais a partir da fragmentação de *habitats* de vegetação arbórea e do aumento do efeito de borda – o qual, por sua vez, contribui para a perda da riqueza e diversidade de espécies florestais. Na ausência de um planejamento ambiental da paisagem focado na conservação e sustentabilidade, e pautado em pesquisas de monitoramento do espaço geográfico, ecossistemas naturais sofrerão drásticas alterações que comprometem sua integridade e seus serviços ecológicos. Por essa razão, também ressalta-se que a utilização das geotecnologias facilita o processo de planejamento e gerenciamento urbano, sobretudo de tarefas que envolvam a análise de dados e informações ambientais de caráter espacial e temporal, firmando-se como importantes ferramentas para a construção e manutenção de cidades resilientes e sustentáveis.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela disponibilização das imagens e do SPRING; ao IFSP – Câmpus São Paulo; ao IFSP – Câmpus Pirituba e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de Bolsa de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI) ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, H. P. F. et al. Dinâmicas de urbanização na hiperperiferia da metrópole de São Paulo: análise dos processos de expansão urbana e das situações de vulnerabilidade socioambiental em escala intraurbana. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 27, n. 1, p. 141-159, 2010.
- BIERREGAARD, R. O. et al. **Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest**. New Haven: Yale University Press, 2001.
- BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados**. São Paulo: Oficina de textos, 2005.
- GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia vegetal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- LANDIS, J.; G. KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159-174, 1977.
- OLIVEIRA, L. S. C. et al. Edge effect in Atlantic Forest Remnants in the watershed of the river Tapacurá, Pernambuco. **Cerne**, v. 21, n. 2, p. 169-174, 2015.
- PERICO, E. et al. Efeitos da fragmentação de habitats sobre comunidades animais: utilização de sistemas de informação geográfica e de métricas de paisagem para seleção de áreas adequadas a testes. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, p. 2339-2346, 2005.
- SÃO PAULO, Prefeitura da Cidade. **Plano municipal de habitação de São Paulo**. Disponível em: <[http://ww2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/planejamento/plano\\_diretor/Plano\\_Municipal\\_Habitacao.pdf](http://ww2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/planejamento/plano_diretor/Plano_Municipal_Habitacao.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2018.