

# DINÂMICA DA PAISAGEM E CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA DAS ZONAS DE AMORTECIMENTO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Alexandre Bomfim Gurgel do Carmo<sup>1</sup>, Felipe Rosafa Gavioli<sup>2,3</sup>, Paulo Guilherme Molin<sup>4,5,6</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências da Natureza – Campus Lagoa do Sino, Rod. Lauri Simões de Barros, km 12 – SP-189, Bairro Aracaçu – Buri/SP - [alle\\_bomfim@hotmail.com](mailto:alle_bomfim@hotmail.com); <sup>2</sup> Engenheiro, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Jundiaí/SP, [fgavioli@sp.gov.br](mailto:fgavioli@sp.gov.br); <sup>3</sup> Doutorando, PPG Planejamento e Uso de Recursos Renováveis - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba/SP; <sup>4</sup> Docente, Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências da Natureza – Campus Lagoa do Sino, Rod. Lauri Simões de Barros, km 12 – SP-189, Bairro Aracaçu – Buri/SP – [pgmolin@ufscar.br](mailto:pgmolin@ufscar.br); <sup>5</sup> Docente, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis, Universidade Federal de São Carlos – Sorocaba/S; <sup>6</sup> Docente, Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Universidade de São Paulo, ESALQ – Piracicaba/SP

## RESUMO

A continuidade e perpetuidade de diversas espécies do mundo sofrem ameaças antrópicas em seu meio natural, como a substituição da vegetação nativa por pastagens, agricultura e áreas urbanas. As dinâmicas de paisagem, resultantes de processos antrópicos, direcionaram a criação da primeira unidade de conservação (UC). O planejamento e estruturação de zonas de amortecimento (ZA) é uma estratégia importante para atingir os objetivos de conservação das UCs, e também mitigar os problemas de isolamento. Este trabalho efetuou, pela primeira vez, uma avaliação quantitativa e qualitativa do estado de conservação das ZAs das UCs no estado de São Paulo, de forma temporal entre 1988 e 2018, em relação a sua cobertura de vegetação nativa. As ZAs das UCs do estado de São Paulo tiveram uma diminuição de mais de 38 mil hectares de vegetação nativa. Em 2018, 33 ZAs de UCs foram classificadas como Alta Conservação, 18 classificadas como Média Conservação e 34 como Baixa Conservação, sendo que a totalidade das ZAs categorizadas como em Alta Conservação estão no bioma Mata Atlântica. Os resultados deste trabalho podem auxiliar nas tomadas de decisões e em políticas públicas que envolvam o plano de manejo das ZAs das UCs do Estado de São Paulo.

**Palavras-chave** — Métricas da Paisagem, Ecologia da Paisagem, MapBiomias, Conservação.

## ABSTRACT

*The continuity and perpetuity of several species in the world suffer anthropic threats in their natural environment, such as the replacement of native vegetation by pastures, agriculture and urban areas. Landscape dynamics, resulting from anthropic processes, guided the creation of the first conservation unit (UC). The planning and structuring of buffer zones (ZA) is an important strategy to achieve the conservation objectives of UCs, and also to mitigate isolation problems. This work carried out, for the first time, a*

*quantitative and qualitative assessment of the conservation status of the ZAs of the UCs in the state of São Paulo, between 1988 and 2018, in relation to their native vegetation cover. The ZAs of the UCs in the state of São Paulo had a decrease of more than 38 thousand hectares of native vegetation. In 2018, 33 ZAs of UCs were classified as High Conservation, 18 classified as Medium Conservation and 34 as Low Conservation, and all ZAs categorized as High Conservation are in the Atlantic Forest biome. The results of this work can help in decision-making and in public policies that involve the management plan of the ZAs of the UCs in the State of São Paulo.*

**Key words** — Landscape Metrics, Landscape Ecology, MapBiomias, Conservation.

## 1. INTRODUÇÃO

As ameaças antrópicas à conservação da biodiversidade se colocam como uma questão fundamental no mundo contemporâneo. Os impactos da ação humana sobre os ecossistemas naturais no antropoceno são comparáveis com as grandes extinções em massa ocorridas no passado geológico [1]. Um exemplo deste processo é a substituição da vegetação nativa por pastagens, agricultura e áreas urbanas [2]. No Brasil, um dos países com maior biodiversidade do mundo [3], observa-se um processo de transição de vegetação nativa para usos antrópicos ocorrendo nos domínios do cerrado e da mata atlântica, áreas consideradas como hotspots globais para conservação da biodiversidade [4], que já perderam cerca de 50% e 78%, respectivamente, da sua área natural, principalmente para agricultura e pecuária [5, 6, 7]. As dinâmicas de paisagem, resultantes de processos antrópicos históricos, direcionaram a criação da primeira unidade de conservação (UC), o Parque Nacional de Yellowstone, estabelecido nos Estados Unidos. As UCs são o método mais eficaz de conservação in situ [8], ressaltando a importância do seu entorno para sua proteção, dado que as espécies não se restringem apenas ao interior das unidades [9, 10]. O planejamento e estruturação de zonas de

amortecimento é portanto, uma estratégia importante para atingir os objetivos de conservação das UCs, e também mitigar os problemas de isolamento de fragmentos de vegetação nativa [11].

No Brasil, as diretrizes para a implementação e gestão das UCs são estabelecidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), consolidado na Lei Federal 9.985 de 18 de julho de 2000. O SNUC define as diversas tipologias de UCs, agrupadas em UCs de Proteção Integral e de Uso Sustentável, bem como institui o instrumento do plano de manejo e das Zonas de Amortecimento (ZA) (BRASIL, 2000).

Uma ZA é definida como um local, ao redor da UC, em que o uso e ocupação do solo podem sofrer influências e restrições específicas para o desenvolvimento de atividades econômicas, objetivando aumentar a conservação [12], provendo de condições e recursos para populações em seu ambiente natural [11]. Deste modo, as Zonas de Amortecimento são territórios de entorno das UCs, definidos de forma espacialmente explícita. Esta zona estabelece a mitigação e/ou o impedimento de impactos antrópicos causados fora da unidade, tais como, fogo, invasão de espécies exóticas, erosão, poluição sonora, construção de empreendimentos e efeito de borda [13, 10].

O uso de geotecnologias como SIG e produtos de sensoriamento remoto, possibilitam uma análise espaço-temporal e individual de cada UC e respectiva ZA, possibilitando assim uma classificação qualitativa e comparativa do estado de conservação das distintas UCs. O presente trabalho se insere neste cenário, ao utilizar SIG e dados do projeto Mapbiomas para analisar, pela primeira vez, as dinâmicas de mudanças na cobertura de vegetação nativa em zonas de amortecimento das UCs do estado de São Paulo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estado de São Paulo se encontra na região Sudeste do Brasil, possuindo uma área de 248 mil km<sup>2</sup>, o décimo segundo maior estado do país, com 41 milhões habitantes, sendo o estado mais populoso do país, tendo densidade demográfica de 166 hab/km<sup>2</sup> [6].

O estado possui dois biomas, a Mata Atlântica e o Cerrado, ambos considerados como hotspots globais de biodiversidade (Figura 1). A Mata Atlântica, que ocupa 67% da área do estado, se apresenta hoje com 32,6% de vegetação nativa, ou 5,4 milhões de hectares. O Cerrado, que ocupa 33% do território paulista, está com somente 3,0% de sua área recoberta por vegetação nativa, ou 239 mil hectares [14]. Segundo dados da iniciativa Mapbiomas (2020), a cobertura de vegetação nativa do estado variou de 21,87% em 1988 para 22,48% em 2020.

Foram utilizados os arquivos de mapa de uso e ocupação do solo do estado de São Paulo, elaborados pela iniciativa Mapbiomas – coleção 4.0, para os anos de 1988, 1998, 2008, 2018; Dados vetoriais das Unidades de Conservação e

respectivas Zonas de Amortecimento disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente, Fundação Florestal e Instituto Florestal de São Paulo.

Para processar os dados acima foram utilizados os softwares de geoprocessamento ArcGIS Desktop 10.7.1. O processamento das métricas de paisagem e da dinâmica da paisagem nas zonas de amortecimento foi feito utilizando os softwares Fragstats e Dinamica EGO 4.22.11, respectivamente.

Utilizou-se o software Dinamica EGO 4.22.11, para analisar a dinâmica da paisagem nas zonas de amortecimento das unidades de conservação do estado de São Paulo entre os anos de 1988, 1998, 2008 e 2018. O uso do software permitiu observar como as classes de uso e ocupação do solo variaram temporalmente nas zonas de amortecimento, definindo assim qual é a matriz de transição para cada uma das áreas estudadas.

Com os resultados das métricas de cobertura de vegetação nativa da paisagem, produziu-se uma classificação das ZAs das UCs do estado de São Paulo, sendo classificadas como Alta Conservação (>40% de vegetação nativa em sua ZA), Média Conservação (<40% e >20% de vegetação nativa em sua ZA) e Baixa Conservação (<20% de vegetação nativa em sua ZA). O limiar de 40% de cobertura de vegetação nativa como indicador para alta conservação da paisagem foi adotado considerando o trabalho de Arroyo-Rodriguez et al (2020). Pressupõe-se que tal levantamento permite identificar quais zonas de amortecimento evoluíram melhor ao longo das décadas, tanto no quesito quantitativo e qualitativo, permitindo ainda comparativos e futuras aplicações de esforços pontuais de melhorias.

## 3. RESULTADOS

O universo da pesquisa envolveu 86 zonas de amortecimento de UCs, que juntas perfazem 5.479.916,14 hectares, o que corresponde a 22,09% do território paulista. Tais zonas de amortecimento são vinculadas a diversas tipologias de UCs e se localizam tanto nos domínios do Cerrado como da Mata Atlântica.

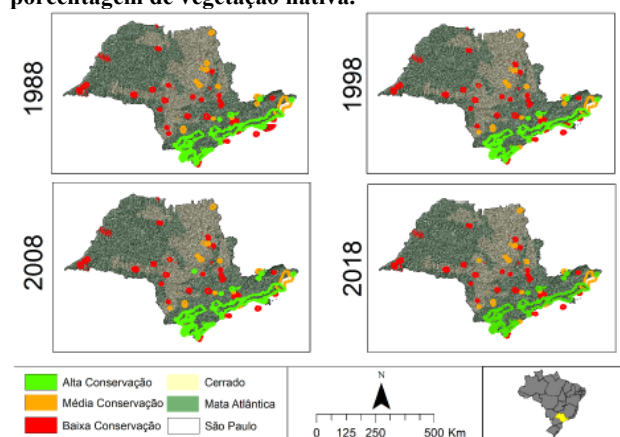
Na Tabela 1 é possível ver a quantia em hectares por classes do uso do solo e a diferença entre o ano de 1988 e 2018, evidenciando o acréscimo e decréscimo por classe total. O maior aumento em área foi a classe de agricultura e silvicultura, e o maior decréscimo é a classe de pasto. A classe de vegetação nativa teve uma diminuição de mais de 38 mil hectares, conseqüentemente uma diminuição na preservação nesses locais.

**Tabela 1: Área em hectares e diferença de 1988 e 2018 do uso e ocupação do solo das Zonas de Amortecimento das Unidades de Conservação do estado de São Paulo.**

	Área (ha)				Diferença Final
	1988	1998	2008	2018	
<b>Vegetação Nativa</b>	1773800	1751224	1758932	1734929	-38871
<b>Silvicultura</b>	98955	121045	158045	201945	102990
<b>Agricultura</b>	524289	581906	727976	823415	299126
<b>Pasto</b>	1132012	1055036	845548	708269	-423742
<b>Área Não Vegetada</b>	195361	212148	203897	255643	60282
<b>Curso Hídrico</b>	59544	62586	62536	59653	110

A partir da métrica cobertura de vegetação nativa, foi calculado o percentual da ZA com vegetação nativa, sendo que as áreas foram classificadas conforme este percentual. Observa-se que das 62 ZAs de UCs de proteção integral, 21 apresentam situação de alta conservação em 2018, o que representa 33,87% das ZAs. Das 23 ZAs de UCs de uso sustentável, 12 (52,17%) se apresentam em alta conservação em 2018. No que se refere a baixa conservação, 43,54% das ZAs de UCs de proteção integral estão nesta categoria, ao passo que 30,43% das ZAs de UCs de uso sustentável se enquadraram em baixa conservação em 2018 (Figura 1).

**Figura 1: Distribuição e classificação das unidades de conservação do estado de São Paulo de acordo com sua porcentagem de vegetação nativa.**



#### 4. DISCUSSÃO

Nota-se que a classe de vegetação nativa é a mais representativa em área em todos os anos. Em 1988 a segunda maior classe representativa é o pasto, entretanto o pasto foi a classe que sofreu maior redução, sendo que em 2018 é a terceira maior classe. A classe agricultura em 1988 era a terceira maior, e com incremento de quase 200 mil hectares, se tornou a segunda maior representação na paisagem no ano de 2018.

A classe Área Não Vegetada mostra-se com grande influência, sendo observado um aumento de aproximadamente 60 mil hectares de área. Este acréscimo evidencia o avanço de áreas de mineração, urbanização e outras áreas não vegetadas nas ZAs.

Importante indicar que este processo de perda de cobertura florestal nas ZAs das UCs paulistas vai na contramão do processo de transição florestal observado no estado nos últimos anos, onde o incremento líquido da vegetação nativa vêm ocorrendo em propriedades privadas, impulsionado em grande medida pela intensificação da agricultura, com o consequente abandono de áreas impróprias ou de maior dificuldade para a exploração agrícola [15]. Estas áreas incluem locais de elevada declividade e próximo a zonas ripárias, onde existe inclusive maior probabilidade de ocorrer regeneração natural de florestas e vegetação nativa [16].

A classificação qualitativa aponta para uma situação de mais da metade das ZAs de UCs de uso sustentável em situação de melhor conservação ambiental, entendida aqui como cobertura florestal superior a 40%, ao passo que a maior parte das ZAs de UCs de proteção integral se apresentam com média ou baixa conservação, isto é, percentuais de cobertura de vegetação nativa inferiores a 40%. Esta constatação sugere um melhor desempenho das ZAs de UCs de uso sustentável na manutenção de vegetação nativa, quando comparadas com as ZAs de UCs de proteção integral.

Um fato importante é que todas as unidades classificadas com Alta Conservação, se encontram no bioma Mata Atlântica. Assim, é evidenciado um déficit na conservação do bioma Cerrado. O Cerrado possui uma complexidade paisagística e em sua biodiversidade, contendo inúmeras espécies endêmicas, sendo considerado um hotspot brasileiro [4, 5]. A numerosa fragmentação do cerrado transformou-o em manchas rodeadas por pasto e agricultura, ameaçando a existência deste bioma [17, 18].

#### 5. CONCLUSÕES

A instituição de UCs é uma estratégia fundamental para a conservação da biodiversidade, e o estabelecimento de ZAs constitui uma das ações de manejo das UCs, já que objetiva amortecer os impactos do território de entorno da área protegida. O presente estudo buscou analisar as dinâmicas da paisagem nas ZAs das UCs do estado de São Paulo, no período de 1988 e 2018. Constatamos que de modo geral houve redução de 38 mil hectares de cobertura de vegetação nativa nas ZAs no período estudado, processo que está na contramão da transição florestal observada por estudos realizados no estado de São Paulo. As ZAs consideradas em alta conservação, isto é, com cobertura de vegetação nativa superior a 40%, representavam 52,17% das ZAs de UCs de uso sustentável em 2018; e 33,87% das ZAs de UCs de proteção integral, sugerindo que as UCs da primeira categoria possibilitam melhores condições de manutenção da cobertura de vegetação nativa em suas ZAs ao longo do período estudado. A região da Serra do Mar concentrou as ZAs com

elevada cobertura de vegetação nativa ao passo que o leste paulista concentrou as ZAs com cobertura mediana de vegetação nativa, sendo que a situação das ZAs reflete as condições desiguais de cobertura de vegetação nativa verificadas nas distintas regiões do estado de São Paulo. Todas as ZAs classificadas como em alta conservação se localizam na Mata Atlântica paulista, o que aponta para o déficit de áreas protegidas nos domínios do Cerrado. É de suma importância que o manejo das zonas de amortecimento seja feito de forma a buscar o equilíbrio entre o avanço socioeconômico, presando pela conectividade dos fragmentos de vegetação nativa de forma a promover a dispersão de biodiversidade entre fragmentos e garantindo a efetiva conservação e proteção das unidades de conservação.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem FAPESP pelos processos 2020/04603-5; 2018/18416-2 - Compreendendo florestas restauradas para benefício das pessoas e da natureza (NewFor) e 2021/11940-0 - Restauração de vegetação nativa na mata atlântica pela combinação estratégica de medidas obrigatórias e compromissos voluntários (CCD-EMA). Agradecimentos também aos colegas do Centro de Pesquisa e Extensão em Geotecnologias (CePE-Geo).

## 8. REFERÊNCIAS

[1] DIRZO, R., YOUNG, H.S., GALETTI, M., CEBALLOS, G., ISAAC, N.J.B. & COLLEN, B. Defaunation in the anthropocene. *Science*, 345 (2014), pp. 401–406

[2] SCHIPPER, J. et al. The Status of the World's Land and Marine Mammals: Diversity, Threat, and Knowledge. *Science*, [s.l.], v. 322, n. 5899, p.225-230, 10 out. 2008. American Association for the Advancement of Science (AAAS).

[3] BROCK, R. C., et al. Implementing Brazil's Forest Code: a vital contribution to securing forests and conserving biodiversity. *Biodiversity and Conservation*. [S.L.], v. 20, p. 1621-1635, apr. 2021. Springer Science and Business Media LLC.

[4] MYERS, N; MITTERMEIER, R. A.; M, C. G.; FONSECA, G. A. B. da; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, [S.L.], v. 403, n. 6772, p. 853-858, fev. 2000. Springer Science and Business Media LLC.

[5] KLINK, C.A. & MACHADO, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, v. 19, No 3, p. 707–713,

[6] IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). 2010. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Estudos e Pesquisas. Informações geográficas número sete. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em 10 de junho de 2019.

[7] RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed?

Implications for conservation. *Biological Conservation*, [s.l.], v. 142, n. 6, p.1141-1153, jun. 2009. Elsevier BV.

[8] CHAPE, S., HARRISON, J., SPALDING, M. & LYSENKO, I. 2005. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as naindicator for meeting global biodiversity targets. *Philos. Trans. R.Soc. Lond.* 360 p. 443

[9] HJERT, C-J. 2006. People vs. Wildlife: Buffer zones to integrate wildlife conservation and development? Student Thesis, Huddinge: Institutionen for livsvetenskapen, 40 p., 2006.

[10] VYNNE, C; BOOTH, R. K.; WASSER, S. K. Physiological implications of landscape use by free-ranging maned wolves (*Chrysocyonbrachyurus*) in Brazil. *Journal OfMammalogy*, [s.l.], v. 95, n. 4, p.696-706, 22 ago. 2014. Oxford University Press (OUP).

[11] MORSELLO, C. 2001. Áreas protegidas públicas e privadas: seleção e manejo. São Paulo: Annablume, FAPESP, 1 ed. 343 p.

[12] LYNAGH, Fiona M.; URICH, Peter B.. A Critical Review of Buffer Zone Theory and Practice: A Philippine Case Study. *Society & Natural Resources*, [s.l.], v. 15, n. 2, p.129-145, fev. 2002. Informa UK Limited.

[13] VITALLI, P.L.D.; ZAKIA, M. J. B.; DURIGAN, G. Considerações sobre a Legislação Correlata à Zona-Tampão de Unidades de Conservação no Brasil. In revista *Ambiente & Sociedade*, Campinas v XII, n. 1, p. 67-82, jan-jun. 2009.

[14] INSTITUTO FLORESTAL. Inventário Florestal do Estado de São Paulo 2020: mapeamento da cobertura vegetal nativa. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2020. 40p. Disponível em: [www.iflorestal.sp.gov.br](http://www.iflorestal.sp.gov.br)

[15] CALABONI, A., TAMBOSI, L.R., IGARI, A.T., FARINACI, J.S., METZGER, J.P., URIARTE, M. The forest transition in São Paulo, Brazil: historical patterns and potential drivers. *Ecology and Society*, Atlanta, v.24, n.4, np, 2018.

[16] MOLIN, P.G; CHAZDON, R.; FERRAZ, S.F.B.; BRANCALION, P. H. S. A landscape approach for cost-effective large-scale forest restoration. *Journal of Applied Ecology*, v..55 p. 2767-2778, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13263>

[17] PIVELLO, V. R.; CARVALHO, V. M. C.; LOPES, P. F.; PECCININI, A. A.; ROSSO, S.. Abundance and Distribution of Native and Alien Grasses in a. *Biotropica*, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 71-82, mar. 1999. Wiley.

[18] SIQUEIRA, M. F.; DURIGAN, G. Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica*, [S.L.], v. 30, n. 2, p. 1-2, jun. 2007. FapUNIFESP (SciELO).