

ESPACIALIZAÇÃO DAS AUTORIZAÇÕES PARA SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA NO ESTADO DE SÃO PAULO E SUA RELAÇÃO COM A PAISAGEM DE ENTORNO

Felipe Rosafa Gavioli ^{1,2}, Angélica Faria de Resende ³, Paulo Guilherme Molin ^{4,5,6}

¹Engenheiro, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Jundiaí/SP, fgavioli@sp.gov.br; ²Doutorando, PPG Planejamento e Uso de Recursos Renováveis - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba/SP, ³Pós-doutoranda, Departamento de Recursos Florestais, Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba/SP, angelica.resende@usp.br, ⁴Docente, Universidade Federal de São Carlos – CCN, Buri/SP, ⁵Docente, PPG Planejamento e Uso de Recursos Renováveis, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba/SP; ⁶Docente, PPG Recursos Florestais, Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba/SP - pgmolin@ufscar.br

RESUMO

A vegetação nativa em propriedades privadas é protegida por legislação, porém a supressão regular de áreas pode ser autorizada em determinadas situações. Efetuou-se uma análise espacial das autorizações para supressão de vegetação (ASVs) emitidas pela CETESB entre 2009 e 2019 no estado de São Paulo, com análise da paisagem de entorno ao ponto da ASV e cálculo do índice de transformação antrópica das paisagens. A supressão regular de vegetação nativa ocorre predominantemente em paisagens antropizadas. Existe uma correlação entre estágio da mancha de vegetação nativa e antropização da paisagem, onde paisagens menos antropizadas abrigam manchas em estágios superiores de regeneração. Há diferenças entre as finalidades das ASVs e antropização das paisagens, com supressões para agropecuária e obras públicas ocorrendo em áreas menos antropizadas. O estudo ilumina as dinâmicas de supressão regular de vegetação nativa no estado de São Paulo.

Palavras-chave — SIG, supressão regular, paisagem.

ABSTRACT

Native vegetation on private properties is protected by legislation, which allows the regular suppression of patches. A spatial analysis was carried out of the authorizations for vegetation suppression (ASVs) issued by CETESB between 2009 and 2019 in the state of São Paulo, with an analysis of the landscape surrounding the ASV point, and with the calculation of the anthropic transformation index of landscapes. The regular suppression of native vegetation occurs predominantly in anthropized landscapes. There is a correlation between the stage of the patch of authorized native vegetation and anthropization of the landscape, where less anthropized landscapes harbor patches in higher stages of regeneration. There are differences between the purposes of ASVs and anthropization of landscapes, with suppressions for agriculture and infrastructure occurring in less anthropized areas. The study highlights the dynamics of

regular suppression of native vegetation in the state of São Paulo.

Key words — GIS, regular suppression, landscape

1. INTRODUÇÃO

A manutenção de florestas nativas em paisagens antropizadas é importante para a provisão de serviços ecossistêmicos, como produção de água, regulação climática, dentre outros [1]. No Brasil, cerca de 53% da vegetação nativa se encontra em propriedades privadas [2].

No Cerrado, as propriedades privadas concentram 50% da vegetação nativa, e na Mata Atlântica concentram 20%, ou um total de 110 milhões de hectares de formações naturais [3]. Tanto a Mata Atlântica quanto o Cerrado são biomas ameaçados pela fragmentação da vegetação nativa, e sua substituição por outros usos como agropecuária e urbanização [4, 5].

A vegetação nativa localizada em propriedades privadas é protegida pela Lei 12.651/2012, e no caso da Mata Atlântica existe a Lei 11.428/2006, que dispõe acerca das possibilidades de supressão regular das florestas [6, 7]. No Cerrado do estado de São Paulo há uma legislação específica para a proteção das fitofisionomias, dada pela Lei 13.550/2009 [8], que trata das possibilidades de supressão regular das manchas.

Este arcabouço legal permite a supressão de parte da vegetação nativa incidente em área comum não protegida, em acordo com o estágio de regeneração do fragmento (pioneiro, inicial, médio, avançado ou primário), em função da sua localização, em perímetro urbano ou rural, e em função da finalidade da supressão. A intenção dos proprietários de manter ou suprimir a vegetação nativa envolve, além do regramento legal, fatores biofísicos que determinam a aptidão do local para usos como agropecuária ou urbanização, e fatores socioeconômicos, como acesso a infraestrutura [9].

Em regiões urbanizadas e de economia dinâmica, como o estado de São Paulo, nas quais a vegetação nativa adquire ainda mais relevância, conhecer a dinâmica da supressão regular permite entender os indutores destas conversões, auxiliando na formulação das políticas destinadas a

conservação do território. O presente trabalho se insere neste contexto, e o objetivo foi efetuar uma análise espacial da supressão regular de vegetação nativa ocorrida no estado de São Paulo entre 2009 e 2019, correlacionando as informações das supressões autorizadas com a paisagem de entorno. Buscou-se compreender qual a matriz na qual os fragmentos autorizados para supressão estão inseridos; e se existem diferenças na paisagem associada aos fragmentos em diferentes estágios de regeneração e finalidades das autorizações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no estado de São Paulo. Com área total de 24,6 milhões de hectares, tem-se que 67% do território está em bioma Mata Atlântica, dos quais 32% com vegetação nativa, e os outros 33% da área territorial está em bioma Cerrado, onde somente 3% desta área está com vegetação nativa [10].

Desde 2009, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) é a agência ambiental pública responsável pela emissão de autorizações para supressão de vegetação nativa (ASVs). As ASVs trazem, além da área de vegetação nativa autorizada para corte, informações como par de coordenadas geográficas, tipologia e estágio de regeneração da vegetação e finalidade da supressão. Para o trabalho, utilizamos a base de dados de ASVs emitidas pela CETESB entre 2009 e 2019 para supressão de vegetação nativa, composta por 9.600 registros, já excluídos os registros sem coordenadas ou duplicados. As ASVs estão representadas na Figura 1.

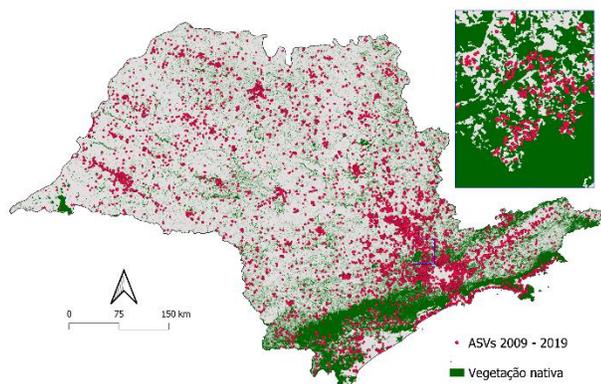


Figura 1. ASVs de 2009 a 2019 consideradas no estudo.

Estas ASVs foram espacializadas a partir da coordenada em ambiente SIG, e foi criado um *buffer* de 1km de raio no entorno do ponto, gerando 9.600 paisagens. Depois, cada paisagem foi intersectada com o mapeamento de uso e cobertura da terra disponibilizado pela iniciativa Mapbiomas, coleção 6.0, do ano correspondente a ASV. O Mapbiomas vem mapeando anualmente as mudanças de uso e cobertura do solo em todo o Brasil, de 1985 até os dias atuais. O mapeamento é realizado a partir de imagens

Landsat [11]. Para o trabalho, utilizamos os arquivos matriciais dos mapeamentos de 2009 a 2019.

A partir do uso e ocupação da terra, calculamos o Índice de Transformação Antrópica (ITA) relativo a paisagem, que é dado pela equação: $ITA = \sum(r \times q) \div 100$, onde r é o peso atribuído a determinada classe de uso e cobertura da terra, que é tanto maior quanto maior o impacto daquela classe na antropização da paisagem, e q é a porcentagem da paisagem ocupada pela classe em questão. O ITA varia de 1 a 10, sendo que quanto maior a nota, mais antropizada é a paisagem de estudo [12].

Também calculamos a declividade média, em graus, de cada uma das paisagens a partir do Modelo Digital de Elevação do projeto Topodata, com resolução espacial de 30 metros. Ademais, foram calculadas a densidade de drenagem das paisagens, em metros de corpos hídricos/hectare, a partir da malha hidrográfica gerada e disponibilizada pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), em escala 1:25.000; e densidade de malha viária, também em metros/hectare, a partir do arquivo vetorial dos acessos viários do Open Street Map. Todo o processamento foi realizado com uso do software QGIS versão 3.16.10 Hannover.

3. RESULTADOS

Das 9.600 paisagens associadas às ASVs estudadas, 90,5% (8.696 paisagens) estão em bioma Mata Atlântica, indicando um predomínio da supressão regular neste bioma entre 2009 e 2019. O ITA médio das paisagens foi de 5,9, o que indica que as ASVs foram emitidas para supressão de vegetação em paisagens já medianamente antropizadas do estado. Na média, os usos predominantes foram agropecuários (42,52%), seguidos dos usos urbanos (26,56%) e de vegetação nativa (25,75%). A área total autorizada para supressão regular no período foi de 9.862 hectares. A Figura 2 traz um exemplo de quatro paisagens objeto do estudo.

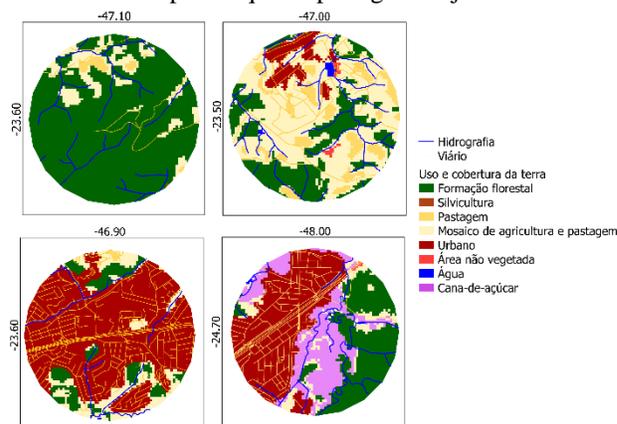


Figura 1. Paisagens objeto do estudo

As paisagens associadas a supressão de vegetação nativa em estágio pioneiro e inicial de regeneração compreenderam 66% das ASVs e 66,4% da área suprimida. A Tabela 1 traz

as informações das paisagens, considerando os estágios de regeneração da vegetação nativa objeto da supressão.

Estágio de regeneração	Nº ASVs	Área ASV(ha)	ITA	Densidade viário (m/ha)	Declive médio (graus)	Densidade hidrografia (m/ha)	% VN
Pioneiro	2646	1.477	6,8	73,69	9,05	17,81	13,1
Inicial	3690	5.070	5,9	67,86	10,07	18,82	24,6
Médio	2971	2.951	5,1	66,23	12,40	20,30	36,1
Avançado	270	350	3,7	56,68	12,40	17,85	52,4
Primário	23	12	7,1	91,75	6,42	14,41	10,6

Tabela 1. Parâmetros das paisagens associadas a estágio de regeneração da ASV emitida.

A finalidade edificação aparece com o maior número de ASVs emitidas no período, ao passo que a finalidade outros é a com maior área suprimida. Em termos de área suprimida/ASV, a finalidade agropecuária aparece em destaque, com 9,7 hectares/ASV. As paisagens associadas as finalidades torres de telefonia, obras lineares e agropecuária apresentam as menores notas de ITA (4,00 a 4,40), indicando que tais obras ocorrem em geral em paisagens menos antropizadas. De outro lado, as finalidades saneamento, habitação e áreas verdes estão associadas a paisagens com as maiores notas de ITA (7,24 a 7,29) e portanto mais antropizadas. As finalidades de urbanização (edificação, habitação, industrial) correspondem a 37,14% da área autorizada para supressão. Na sequência, as atividades agrícolas (agropecuária, aquicultura, silvicultura, manejo florestal) perfazem 19,04% da área autorizada e as obras públicas (obras lineares, viárias, saneamento) correspondem a 12,70% da área autorizada para supressão (Tabela 2).

Finalidade	Nº ASVs	Área ASV(ha)	ITA	Densidade viário (m/ha)	Declive médio (graus)	Densidade hidrografia (m/ha)	% VN
Obra viária	1362	757	6,4	54,97	8,92	18,30	15,3
Industrial	422	1.497	6,0	62,97	11,4	20,83	25,6
Aquicultura	35	8	5,5	14,41	9,32	19,94	18,3
Mineração	110	262	5,2	21,79	10,75	21,00	25,0
Agropecuária	145	1.409	4,4	16,30	13,12	24,04	40,6
Silvicultura	24	107	4,8	23,03	11,53	20,60	31,2
Manejo florestal	55	353	5,4	32,82	11,29	23,60	24,8
Obra hidráulica	673	361	6,3	58,36	9,42	18,21	15,9
Obra linear	438	249	4,25	26,61	17,68	30,32	46,7
Saneamento	1206	246	7,29	88,22	8,03	16,02	12,6
Edificação	2506	1.580	4,85	78,10	11,71	18,69	39,5
Habitação	851	586	7,27	87,48	7,42	15,10	10,1
Áreas verdes	62	29	7,24	90,97	9,91	19,70	11,5

Torres telefonia	4	0,08	4,00	50,44	16,60	25,64	35,7
Movimentação de terra	28	28	5,48	71,84	17,09	25,79	34,3
Outros	1640	2.317	5,74	68,74	11,65	19,93	28,7
Pesquisa	39	68	5,71	62,89	11,56	19,62	28,9

Tabela 2. Parâmetros das paisagens associadas a finalidade da ASV emitida.

A Tabela 3 traz as informações das paisagens associadas ao intervalo de ITA, onde 1-2,5 equivale a paisagens não antropizadas, 2,5-5 paisagens pouco antropizadas, 5-7,5 paisagens medianamente antropizadas e 7,5-10 paisagens altamente antropizadas. As paisagens medianamente antropizadas apresentaram o maior número de ASVs e maior área total autorizada, sendo que o principal uso da terra nestas paisagens é a agropecuária (Tabela 3).

ITA	Nº ASVs	Área ASV(ha)	Densidade viário (m/ha)	Declive médio (graus)	Densidade hidrografia (m/ha)	% VN	% Urb	% Agro
1-2,5	970	909	25,04	18,74	25,42	66,2	1,3	12,3
2,5-5	2091	3.026	42,14	15,59	25,74	49,0	8,6	35,6
5-7,5	4221	4.590	57,01	7,77	16,86	15,4	19,2	60,7
7,5-10	2318	1.337	132,65	7,67	13,92	6,4	66,8	28,1

Tabela 3. Parâmetros das paisagens associadas aos intervalos de ITA.

Na medida em que a nota de ITA aumenta, observa-se um aumento da densidade de viário, e uma diminuição da densidade de hidrografia, de declive médio e do percentual de vegetação nativa na paisagem. O maior número de ASVs ocorreu em paisagens medianamente antropizadas, onde o principal fator de antropização é a agropecuária, que ocupa em média 60,7% das paisagens. As paisagens altamente antropizadas abrigam o segundo maior número de ASVs, sendo aqui o uso do solo predominante foram os usos urbanos (66,8%). As paisagens medianamente antropizadas abrigaram a maior área autorizada para supressão, no entanto, a área autorizada média/ASV foi maior no universo das paisagens pouco antropizadas.

4. DISCUSSÃO

Paisagens onde a vegetação autorizada para corte está em estágio pioneiro/inicial de regeneração apresentaram menor cobertura de vegetação nativa, menor declive, maior ITA e maior densidade de viário; ao passo que paisagens associadas aos estágios médio e avançado de regeneração apresentam maior cobertura de vegetação nativa, maior declive, menor ITA e menor densidade de viário. Deste modo, os dados sugerem uma relação entre estágio de

regeneração do fragmento e condição da paisagem de entorno, independente do bioma ou tipologia florestal.

As supressões para urbanização ocorrem em paisagens mais antropizadas e correspondem a quase 40% da área autorizada para supressão no estado, sendo o principal vetor de desmatamento regular, que ocorre em geral em paisagens já degradadas. A agropecuária e as obras públicas correspondem juntas a cerca de 30% da área autorizada para supressão regular, que ocorre em paisagens menos antropizadas e apresenta, no caso da agropecuária, a maior área média autorizada/ASV. Assim, os dados sugerem uma dinâmica de supressão regular de vegetação nativa distinta em áreas já antropizadas, com predomínio de supressões para urbanização; e em áreas menos antropizadas e com maior cobertura de vegetação nativa, onde a agropecuária e as obras públicas consistem no principal vetor de conversão regular de áreas. A urbanização parece ser, em São Paulo, o vetor mais importante de supressão regular de fragmentos florestais, resultado que vai na direção contrária de estudos que apontam a expansão das atividades agropecuárias como o principal vetor de desmatamento das florestas tropicais ao redor do mundo

As notas de ITA observadas estão relacionadas com densidade de hidrografia, declive médio e cobertura de vegetação nativa, sendo que quanto menor estes valores, maior a nota de ITA, que também é tanto maior quanto maior a densidade de viário.

5. CONCLUSÕES

A supressão regular de vegetação nativa no estado de São Paulo ocorre em grande medida em paisagens já antropizadas, predominando a supressão de manchas em estágio pioneiro e inicial de regeneração. Existe uma correlação entre estágio da mancha de vegetação nativa autorizada e antropização da paisagem de entorno, sendo que paisagens menos antropizadas abrigam manchas em estágios superiores de regeneração. Também é possível identificar diferenças entre as finalidades das ASVs e grau de antropização das paisagens, com supressões para fins agropecuários e de obras públicas ocorrendo em paisagens menos antropizadas.

6. AGRADECIMENTOS

À CETESB; à FAPESP, projeto temático 2018/18416-2 - Compreendendo florestas restauradas para o benefício das pessoas e da natureza – NewFor; à FAPESP projeto temático 2021/11940-0 - Restauração de vegetação nativa na Mata Atlântica pela combinação estratégica de medidas obrigatórias e compromissos voluntários - CCD-EMA. AFR agradece à FAPESP pela bolsa (#2019/24049-5).

7. REFERÊNCIAS

- [1] Alexander, S.; Arndon, J.; Whaley, O.; Lamb, D. The relationship between ecological restoration and the ecosystem services concept. *Ecology and Society* v. 21, (1):34n.34. 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08288-210134>
- [2] Soares-Filho, B.; Rajão, RR.; Macedo, M.; Carneiro, A.; Costa, W.; Coe, M.; Rodrigues, H.; Alencar, A. Cracking Brazil's Forest Code. *Science*. vol. 344, p.363-364. 2014. Doi: 10.1126/science.1246663
- [3] Silva, JMC, Pinto, LP, Scarano, FR. Toward integrating private conservation lands into national protected area systems: Lessons from a megadiversity country. *Conservation Science and Practice*. 2021. <https://doi.org/10.1111/csp2.433>
- [4] Strassburg, B., Brooks, T., Feltran-Barbieri, R. et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nat Ecol Evol* 1, 0099. 2017. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>.
- [5] Lira P.K., Portela R.C.Q., Tambosi L.R. Land-Cover Changes and an Uncertain Future: Will the Brazilian Atlantic Forest Lose the Chance to Become a Hopespot?. In: Marques M.C.M., Grelle C.E.V. (eds) *The Atlantic Forest*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7_11
- [6] Brasil. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da União, Brasília*: 28 maio 2012.
- [7] Brasil. Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica e dá outras providências. *Diário Oficial da União, Brasília*: 26 de dezembro 2006.
- [8] São Paulo (Estado). Lei Estadual nº 13.550 de 02 de junho de 2009. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Cerrado no Estado, e dá providências correlatas. *Diário Oficial do Estado, São Paulo*: 02 de junho de 2009.
- [9] Mitsuda, Y., Ito, S. A review of spatial-explicit factors determining spatial distribution of land use/land-use change. *Landscape Ecol Eng* 7, 117–125. 2011. <https://doi.org/10.1007/s11355-010-0113-4>
- [10] IF. 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
- [11] Souza, C.M. et al, Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, v.12 n 2735. 2020.
- [12] Cocco, J; Ribeiro, G. V; Galvanin, E. A. S. Intensity of anthropic action in the Diamantino river sub-basin, Mato Grosso State/Brazil. *GEOGRAFIA*, Rio Claro, v. 40, Número Especial, p. 71-84, ago. 2015. eISSN 1983-8700. <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/11154>