

# DINÂMICA DA FLORESTA NATIVA EM DUAS REGIÕES DO ESTADO DE SÃO PAULO

Carlos Cesar Ronquim<sup>1</sup>, Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues<sup>1</sup>, Marcelo Fernando Fonseca<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Territorial, Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, CEP 13070-115 – Campinas SP, carlos.ronquim@embrapa.br; cristina.rodrigues@embrapa.br; marcelo.fonseca@embrapa.br.

## RESUMO

Por meio de imagens de satélite e uso de geotecnologias avaliou-se a dinâmica florestal de duas regiões. A Região 1, composta por oito bacias com 5,2 milhões de ha no nordeste paulista e a Região 2 no leste paulista formada pela bacia do rio Paraíba do Sul com 1,4 milhões de ha. As florestas nativas da Região 1 cresceram de 870 mil ha para perto de um milhão de ha, um crescimento de 14,5 %, em uma paisagem caracterizada por relevos planos e predomínio de culturas agrícolas ligadas ao agronegócio. Na Região 2 houve aumento de 83% das florestas que passaram de 250 mil para 455 mil ha, avançando principalmente sobre terrenos declivosos antes ocupados por pastagens. O estado de São Paulo passa por um processo de recuperação de florestas nativas secundárias e essa recuperação apresenta magnitude distinta em algumas regiões.

**Palavras-chave** — Expansão florestal; mudança de uso e cobertura da terra; geoprocessamento.

## ABSTRACT

*By means of satellite images and the use of geotechnologies, the forest dynamics in 30 years of two regions was evaluated. Region 1, consisting of eight basins with 5.2 million ha in the northeast of São Paulo and Region 2 in the east of São Paulo formed by the basin of the Paraíba do Sul river with 1.4 million ha. The native forests of Region 1 grew from 870 thousand ha to close to one million ha, a timid growth of only 14.5%, in a landscape characterized by flat reliefs and predominance of agricultural crops linked to agribusiness. In Region 2 there was an increase of 83% of the forests that went from 250 thousand to 455 thousand ha, advancing mainly on sloping lands previously occupied by pastures. The state of São Paulo undergoes a process of recovery of secondary native forests and this recovery presents a distinct magnitude in some regions.*

**Keywords** — Forest expansion; land use change; geoprocessing.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o levantamento aerofotográfico de 1962, interpretado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), as florestas nativas de São Paulo já estavam estacionadas em limites bastantes críticos: 13,7% em relação ao território [1]. Avaliações já feitas no estado de São Paulo por meio de imagens de satélite mostraram que o *Direct Land Use Change* (dLUC) não ocorre mais sobre áreas florestais e, sim, principalmente, sobre pastagens plantadas e cultivos agrícolas [2, 3, 4, 5]. Um novo fenômeno passou a ocorrer a partir de 1990 com a ampliação das áreas de florestas nativas em alguns municípios paulistas [6]. Este fato se comprovou nos últimos anos por consideráveis ganhos líquidos de cobertura florestal nativa em uma base mais ampla de municípios [7, 8, 9], bem como a desaceleração do desmatamento no estado [10].

Alguns estudos apontam que está ocorrendo a chamada "Transição Florestal" em São Paulo e entre outras causas, relacionam a reversão nas tendências de desmatamento, principalmente as mudanças socioeconômicas e políticas governamentais [7, 8, 9]. Entretanto, as causas dessa ocorrência podem ser muito variadas, sem a detecção de um padrão, pois as paisagens nas diferentes regiões do estado são muito diversas. As regiões mais próximas ao litoral inseridas no bioma Mata Atlântica são ocupadas pelo uso antrópico de pastagens em pequenas e médias propriedades rurais e vegetação florestal nativa considerável [8], enquanto o interior, inserido nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, é ocupado principalmente por culturas ligadas ao agronegócio que competem entre si por espaço, influenciadas principalmente, pela expansão das áreas de cana-de-açúcar em terrenos mais planos e solos mais férteis [3, 11].

Um dos desafios no Estado é compreender melhor os processos de recuperação ou perda florestal em suas distintas regiões. Este estudo busca identificar os fatores biofísicos relacionados ao desmatamento, a expansão da agropecuária e à recuperação das florestas nativas do estado de São Paulo. O estudo abrange a evolução de duas regiões ao longo do tempo (cerca de 30 anos) sendo uma região caracterizada pela disputa por terras entre setores do agronegócio e outra inserida em área com terrenos irregulares e que apresenta a pecuária, com claros sinais de estagnação, como principal uso

da terra. Compreender os fatores associados a esses processos no estado de São Paulo permite explorar cenários futuros de mudanças no uso da terra e suas consequências para a cobertura florestal nativa.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Áreas de estudo

A Região 1 é composta pelas bacias hidrográficas ou parte das bacias dos rios: Mogi-Guaçu, Pardo, Sapucaí Grande, Baixo Pardo Grande, Turvo-Grande, Tietê/Batalha, Tietê/Jacaré e Piracicaba/Capivari/Jundiá. Essa área representa 5,2 milhões de ha ou 20,5% do território paulista e é composta por 125 municípios. Toda essa área apresentava como cobertura vegetal original, vegetação sob o domínio dos biomas Cerrado e Mata Atlântica em relevo em grande maioria pouco declivoso. Atualmente é ocupada por culturas ligadas ao agronegócio que competem entre si por espaço, influenciado especialmente pela expansão das áreas de cana-de-açúcar. A Região 2 localiza-se na porção paulista da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e contempla 34 municípios. Possui área de 1,4 milhões de ha e está situada entre duas formações montanhosas, conhecidas por Serra da Mantiqueira e Serra do mar. A bacia se insere no bioma Mata Atlântica, em uma paisagem caracterizada por “mares de morros”.

### 2.2. Mapeamento do uso e cobertura das terras e declividade do terreno

Na Região 1, para o ano de 1988, o mapeamento foi feito a partir da obtenção de imagens orbitais do satélite *Landsat 5 Thematic Mapper* (TM), bandas RGB321 no espectro do visível, com resolução espacial de 30m, a partir das seguintes órbitas-ponto: 219/75, 219/76, 220/74, 220/75, 220/76, 221/74 e 221/75. As classes de uso da terra foram mapeadas por meio do processo de digitalização em tela e seguindo procedimentos pré-estabelecidos de referência [12]. Já para o ano de 2016, no caso das áreas de cultivo da cana-de-açúcar, essas foram classificadas a partir da atualização dos mapas gerados pelo Projeto Canasat [3], com a interpretação visual em tela de imagens de alta resolução do Google Earth Pro e a inclusão dessas novas áreas ocupadas por esse cultivo por meio do software ArcGIS 10.5, comparando-os e adicionando-os à base de dados a partir do processo de digitalização e preenchimento da tabela de atributos.

Na Região 2, o mapeamento de uso e cobertura da terra de 2015 utilizou um conjunto de duas imagens Landsat-8 (Operational Land Imager - OLI), cenas 218/76 e 219/76, pré-selecionadas sem a presença de nuvens. O mapeamento de uso e cobertura da terra de 1985 utilizou um conjunto de imagens *Landsat 5 TM*, imagens constituintes de acervo (USGS). As imagens disponíveis na plataforma GloVis Geological Survey foram recuperadas usando o processamento do Nível 1T (USGS). O pré-processamento de

imagens, a segmentação, os dados de treinamento, o procedimento e refinamento de classificação utilizou a metodologia conforme [8, 13].

Para a geração do mapa de declividades em porcentagem nas duas regiões de estudo foram utilizados o Modelo Digital de Elevação (MDE) com base em dados da NASA (Shuttle Radar Topography Mission, SRTM, 30m) e a ferramenta *Slope* da extensão *Spatial Analyst* do ArcGIS 10.5. Posteriormente, fez-se o *Reclassify* (ferramenta de geoprocessamento) visando criar o arquivo raster reclassificado de acordo com as classes de declividade de 0 a 12%, de 12% a 20%, de 20% a 75% e a classe maior que 75%. A partir da obtenção do mapa de declividade, realizou-se o cruzamento dessa informação com o mapa de uso e cobertura das terras, obtendo-se a localização dessas categorias nas respectivas classes de declive, para o conjunto dos municípios estudados. A ferramenta *Tabulate Area* do ArcGIS foi executada como opção para a extração, por município, das respectivas áreas em ha desse conjunto de planos de informação. Por fim, deu-se ênfase à análise das áreas de vegetação nativa e seu comportamento espaço-temporal nas regiões estudadas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

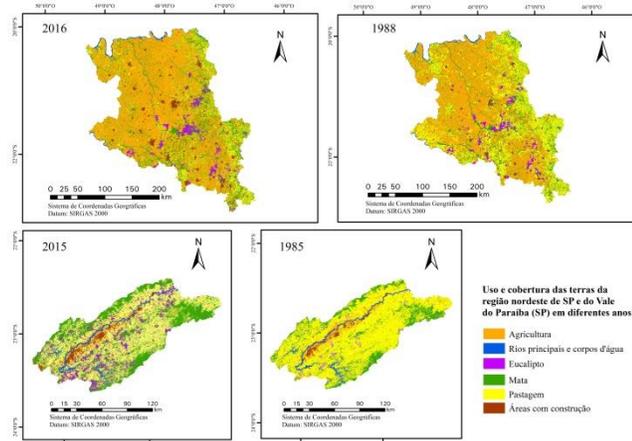
Os mapas da Região 1 identificaram seis usos da terra nos anos de 1988 e 2016 (Figura 1). O avanço das áreas agrícolas foi o principal fator da mudança de uso e ocupação da terra e ocorreu principalmente, sobre pastagens. A Região 1 é conhecida como o principal centro canavieiro do país e ao longo das últimas décadas, a dinâmica do uso e ocupação da terra vem apresentando fortes alterações provocadas pela expansão das áreas de cana-de-açúcar [2, 3, 4, 5, 11], principalmente em áreas de relevo caracterizados como planos ondulados, pois o cultivo da cana-de-açúcar é altamente dependente da mecanização, o que limita a sua expansão em terrenos íngremes [3].

As florestas nativas em 2016 representaram 19% da área ante 17% em 1988, crescendo de 870 mil ha para perto de um milhão de ha (Tabela 1). Apesar de na Região 1 a agropecuária, em linhas gerais, não mais competir com a vegetação nativa, o crescimento florestal nativo foi de 14,5%.

As áreas da Região 1 são bastante planas, com 84% da área concentrada em declividades de até 12% (Tabela 2). O maior ganho de florestas nativas foi na faixa de declividade até 12% (Tabela 2) e representada possivelmente pela recomposição e recolonização das áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal (RL). A regularização ambiental favoreceu a restauração de matas ciliares às margens de lagos, rios e nascentes por produtores rurais e praticamente ajudou no aumento da cobertura florestal nas últimas duas décadas dentro de muitas propriedades rurais, principalmente as cultivadas com cana-de-açúcar no estado de São Paulo [14]. As grandes áreas de cana-de-açúcar passam por maior fiscalização e rigor das leis ambientais tendo muitas usinas regularizado suas áreas com a

recomposição florestal ou recuado os limites das áreas cultivadas para demarcação das áreas de APP.

Em uma área de 25 km<sup>2</sup> do centro sul do estado de São Paulo com características de ocupação pelo agronegócio, similar a Região 1 deste estudo, a área total coberta por florestas aumentou quase 30% de 1995 a 2013, indicando uma transição florestal relativamente importante. No entanto, este aumento pode ser explicado principalmente pela expansão das plantações florestais comerciais de eucalipto, com um pequeno aumento nas florestas secundárias [9] semelhante ao que ocorreu na Região 1.



**Figura 1.** Mapas com a dinâmica da mudança de uso e cobertura da terra nas áreas de Floresta nativa, Pastagem, Agricultura, Eucalipto e Área construída na Região 1 nos anos de 1988 e 2016 e na Região 2 nos anos de 1985 e 2015

Os mapeamentos da Região 2 identificaram cinco usos da terra nos anos de 1985 e 2015 (Figura 1). As pastagens, voltadas para a produção de carne e leite representaram em 2015 a maior cobertura, com 651 mil hectares. Porém, em 30 anos essa área regrediu 32% (Tabela 1). Nesses 30 anos as pastagens cederam pequena área para os reflorestamentos de eucalipto que passaram a ocupar 8,1% da área da bacia (Tabela 1). A cultura de arroz ainda é a principal atividade agrícola desenvolvida na bacia, entretanto a área dedicada à cultura ocupa menos de 1,0% e localiza-se unicamente nas várzeas do rio Paraíba do Sul. Áreas ocupadas por florestas nativas aumentaram de 249.542 para 455.232 ha, ganho de 83% ou 205.690 ha em 30 anos. (Tabela 1).

O considerável aumento das áreas de florestas nos municípios da Região 2 não ocorre por meio do plantio de novas árvores em APP ou RL, mas pela regeneração da vegetação nativa, principalmente sobre terrenos declivosos. Mais de 50% da área total, calculada em 1.395.975 ha é dominada por terrenos com grau de declividade acima de 20% (Tabela 2), um relevo acidentado que dificulta a ocupação por culturas agrícolas e o uso de mecanização.

A região mostra-se apta preferencialmente para o cultivo de pastagens extensivas, responsáveis pela produção de carne e de leite. A baixa rentabilidade do setor leiteiro, o aumento das

exigências de padrão de qualidade por parte das indústrias de laticínios, a dificuldade em contratar e de encontrar mão-de-obra qualificada, entre outras características, dificulta a manutenção da atividade pelos proprietários [11]. O menor investimento dos pecuaristas contribui para a diminuição do manejo em áreas menos adequadas ao pastoreio, como os topos de morros e as encostas mais íngremes. As leis ambientais em vigor também impõem restrições que dificultam o corte ou a queima da ‘capoeira’ que se forma nessas porções sem manejo [7, 8, 13]. O abandono dessas áreas de pastagens acaba favorecendo a volta da vegetação arbórea nativa. Na bacia do rio Piracicaba com área de 12.500 km<sup>2</sup> a declividade também foi identificada como a variável mais importante para a volta da vegetação nativa, as florestas secundárias crescem quando a inclinação do terreno é superior a 15%, onde antes havia terra cultivada e 18%, onde antes havia pastagens [9].

**Tabela 1.** Quantidade (ha) e porcentagem de área (%), com classes de uso e cobertura das terras de 1988 e 2016 na Região 1 e de 1985 e 2015 na Região 2

Uso e Cobertura das terras	Região 1		Região 2		Região 1		Região 2	
	1988	2016	1985	2015	1988	2016	1985	2015
	mil ha	(%)						
Floresta nativa	872	17	999	19	250	18	455	33
Agricultura	2580	50	3080	60	102	7	84	6
Pastagem	1411	27	693	13	946	68	651	47
Eucalipto	140	3	159	3	35	3	114	8
Área construída	91	2	166	3	39	3	64	5
Corpos d'água	78	2	74	1	24	2	29	2
<b>Total</b>	<b>5171</b>	<b>100</b>	<b>5171</b>	<b>100</b>	<b>1396</b>	<b>100</b>	<b>1396</b>	<b>100</b>

A tendência de crescimento da eucaliptocultura foi semelhante ao da mata nativa de cada uma das regiões. Ganho de 70% de área na Região 2, enquanto ganho bem menor de 12% na Região 1 (Tabela 1). Quase metade da área dos reflorestamentos está implantada em declividade superior a 20% (Tabela 2). Na fase atual, as empresas do setor florestal passaram a buscar certificação ambiental e por isso preservam e recompõem APPs e RL em conformidade com a legislação do Código Florestal [8, 11]. Em áreas de propriedades rurais com plantio de *Eucalyptus* na bacia do rio Paraíba do Sul houve aumento das áreas de florestas nativas [8]. Esse fato também contribui para o maior ganho de florestas secundárias na Região 2.

**Tabela 2.** Classes de declividade com a área total de todos os usos em cada declividade e ganho de floresta nativa no período de aproximadamente 30 anos na Região 1 e Região 2

Bacias	Classes de Declividade	Área total		Ganho florestal em 30 anos	
	(%)	(mil ha)	(%)	(mil ha)	(%)
Região 1	0 - 12	4309	84	65	54
	12 a 20	550	10	25	21
	20 - 75	306	5	31	26
	> 75	0	0	1	0
	Total	5171	100	123	100
Região 2	0 - 12	336	24	31	15
	12 a 20	234	17	30	14
	20 - 75	815	58	142	70
	> 75	12	1	3	1
	Total	1396	100	206	100

Apesar de alguns estudos mostrarem a tendência de crescimento das florestas nativas ou ocorrência da chamada "Transição Florestal" em São Paulo [7, 8, 9, 15, 16], os resultados mostraram que localidades paulistas situadas em regiões diferentes podem apresentar processos de mudança de uso e cobertura da terra distintos com ganhos ou perdas de áreas de florestas nativas dependendo também das condições do relevo.

#### 4. CONCLUSÕES

Regiões paulistas podem apresentar processos de mudança de uso e cobertura da terra distintos e maior presença de terrenos declivosos inaptos a agricultura comercial é o principal fator que influencia a retração da agropecuária e favorece o crescimento de florestas nativas secundárias, principalmente quando ocupados com pastagens.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Chiarini, J. V.; Coelho, A. G. Cobertura vegetal natural do Estado de São Paulo. **Anuário Brasileiro de Ciências**, v. 41, p. 139 – 152 1969.
- [2] Sparovek, G.; Barretto, A.; Berndes, G.; Martins, S.; Maule, R. Environmental, landuse and economic implications of Brazilian sugarcane expansion 1996–2006. **Mitigation Adaptation Strategies Global Change**, v. 14, n. 3, p. 285–298. 2009.
- [3] Rudorff, B. F. T.; Aguiar, D. A.; Silva, W. F.; Sugawara, L. M.; Adami, M.; Moreira, M. A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat Data. **Remote Sensing**, v. 2, p. 1057-1076, 2010.
- [4] Egeskog, A.; Barretto, A.; Berndes, G.; Freitas, F.; Holmen, M.; Sparovek, G.; Toren, J. Actions and opinions of Brazilian farmers who shift to sugarcane an interview-based assessment with discussion of implications for land-use change. **Land Use Policy**, v. 57, p. 594-604, 2016.
- [5] Alkimim, A.; Sparovek, G.; Clarke, K. C. Converting Brazil's pastures to cropland: an alternative way to meet sugarcane demand and to spare forestlands. **Applied Geography**, v.62, p.75–84, 2015.
- [6] Ehlers, E. Empreendedorismo e conservação ambiental no interior de São Paulo. **Revista de Economia e Sociologia Rural** 45 (1):185-203. 2007.
- [7] Farinaci Js, Batistella M. Variação na cobertura vegetal nativa em São Paulo: um panorama do conhecimento atual. **Revista Árvore** 36: 695–705. 2012.
- [8] Silva, R. F. B.; Batistella, M.; Moran, E. F. Drivers of land change: Human-environment interactions and the Atlantic Forest transition in the Paraíba Valley, Brazil. **Land Use Policy**, v. 58, p. 133-44. 2016.
- [9] Molin, P.G., Gergel, E., Soares-Filho, B. S. & Ferraz, S. F. B. Spatial determinants of Atlantic forest loss and recovery in Brazil. **Landscape Ecology**, 32, 857–870. 2017.
- [10] SOS Atlantic Forest. Annual Report—2015. São Paulo. 2015. Disponível em: <[https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2016/08/RA\\_SOSMA\\_2015-Web.pdf](https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2016/08/RA_SOSMA_2015-Web.pdf)>.
- [11] Ronquim, C. C.; Fonseca, M. F. Avanço das áreas de cana-de-açúcar e alterações em áreas de agropecuária no interior paulista. Campinas: Embrapa Territorial, 48 p. 2018. (**Documentos**, 123).
- [12] Quartaroli, C. F.; Criscuolo, C.; Hott, M. C.; Guimarães, M. Alterações no uso e cobertura das terras no Nordeste do Estado de São Paulo no período de 1988 a 2003. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. 57 p., il. (**Documentos**, 55).
- [13] Ronquim, C. C.; Silva, R. F. B.; Figueiredo, E. B. Carbon sequestration to the land-use and land-cover changes in the forestry sector in Southern Brazil. **Proceedings of SPIE - International Society for Optical Engineering**, v. 9998, p. 9998, 2016.
- [14] Rother, D. C. *et al.* How legal-oriented restoration programs enhance landscape connectivity? Insights from the Brazilian Atlantic Forest. **Tropical Conservation Science**. v. 11, p. 1-9. jul. 2018.