

# Análise da expansão urbana de Marília, São Paulo: um olhar sobre os remanescentes florestais ciliares periurbanos

Analysis of the urban expansion of Marília, São Paulo: a look at the periurban riparian forest remnants

*Análisis de la ampliación urbana de Marília, São Paulo: una mirada a los remanentes forestales de ribera periurbanos*

Eduardo Campanhã Ribas<sup>1</sup>

Daniela Biondi<sup>2</sup>

Iran Jorge Corrêa Lopes<sup>2</sup>

Allan Rodrigo Nunho dos Reis<sup>2</sup>

Thiago Gomes de Sousa Oliveira<sup>2</sup>

Recebido em: 28/09/2021; revisado e aprovado em: 07/03/2022; aceito em: 15/03/2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v23i3.3525>

**Resumo:** Devido à sua localização, a cidade de Marília, SP, encontra-se em uma região importante para o abastecimento hídrico do oeste paulista, e sua área urbana avança sobre as nascentes, sendo necessário preservar as florestas ciliares já degradadas e fragmentadas. Assim, o objetivo foi analisar temporalmente a paisagem nas regiões de interesse hídrico, com vistas a avaliar o potencial de conservação dos fragmentos florestais responsáveis por este recurso. Foi realizada uma análise temporal nos anos 1989, 1999, 2009 e 2019, a partir de imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8, com 30 m de resolução espacial. No programa ArcMap 10.3, o uso do solo foi agrupado em seis classes: formação florestal, plantio florestal, formação natural não florestal, agricultura, áreas não vegetadas e água. Para todo o município, foram calculadas as métricas de paisagem CA (cobertura da terra) e PLAND (proporção de cobertura da terra) para as seis classes de uso do solo. Foi realizada uma análise da cobertura florestal a partir de um *buffer* de 5 km no entorno da área urbana, sendo calculadas mais cinco métricas de área, borda e forma. O *software* Patch Analyst versão 5.2.0.16 foi utilizado para o cálculo das métricas de paisagem. As classes que mais se destacaram em tamanho de área foram agricultura (93.962,07 ha; 80,27%), formação florestal (15.682,97 ha; 13,40%) e áreas não vegetadas (5.220,63 ha; 4,46%). Os maiores aumentos proporcionais foram de plantio florestal (0,11 para 1,27 ha), água (0,02 para 0,05 ha) e áreas não vegetadas (2,17 para 4,45 ha), enquanto a agricultura perdeu área (85,73 para 80,27 ha). Houve aumento das áreas florestadas nos últimos 30 anos a partir do surgimento de fragmentos pequenos e morfologicamente frágeis; além disso, com o aumento da área urbana, aumentam-se os conflitos com os remanescentes florestais mais próximos.

**Palavras-chave:** cobertura florestal; conservação hídrica; métricas de paisagem.

**Abstract:** Due to its location, the city of Marília, SP, is located in an important region for water supply in the west of São Paulo, and its urban area advances over the springs, making it necessary to preserve the already degraded and fragmented riparian forests. Thus, the objective was to temporally analyze the landscape in regions of water interest, in order to assess the potential for conservation of the forest fragments responsible for this resource. A temporal analysis was carried out in the years 1989, 1999, 2009, and 2019, using images from the Landsat 5, 7 and 8 satellites, with 30 m of spatial resolution. In the ArcMap 10.3 program, land use was grouped into six classes: forest formation, forest plantation, natural non-forest formation, agriculture, non-vegetated areas, and water. For the entire municipality, landscape metrics CA (land cover) and PLAND (proportion of land cover) were calculated for the six land use classes. An analysis of the forest cover was carried out from a 5 km buffer around the urban area, and five more metrics of area, edge, and shape were calculated. Patch Analyst software version 5.2.0.16 was used to calculate landscape metrics. The classes that most stood out in terms of area size were agriculture (93,962.07 ha; 80.27%), forest formation (15,682.97 ha; 13.40%), and non-vegetated areas (5,220.63 ha; 4.46 %). The largest proportional increases were in forest planting (0.11 to 1.27 ha), water (0.02 to 0.05 ha), and non-vegetated areas (2.17 to 4.45 ha), while

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup> Eduardo Campanhã Ribas; Daniela Biondi; Iran Jorge Corrêa Lopes; Allan Rodrigo Nunho dos Reis; Thiago Gomes de Sousa Oliveira



agriculture lost area (85.73 to 80.27 ha). There has been an increase in forested areas in the last 30 years from the appearance of small and morphologically fragile fragments; in addition, with the increase in urban area, conflicts with the nearest forest remnants increase.

**Keywords:** forest cover; water conservation; landscape metrics.

**Resumen:** Por su localización, la ciudad de Marília, SP, se ubica en una región importante para el abastecimiento de agua en el oeste de São Paulo, y su área urbana avanza sobre los manantiales, por lo que es necesario preservar los bosques de ribera ya degradados y fragmentados. Así, el objetivo fue analizar temporalmente el paisaje en regiones de interés hídrico, con el fin de evaluar el potencial de conservación de los fragmentos de bosque responsables de este recurso. El análisis temporal se realizó en los años 1989, 1999, 2009 y 2019, utilizando imágenes de los satélites Landsat 5, 7 y 8, con 30 m de resolución espacial. En el programa ArcMap 10.3, el uso de la tierra se agrupó en seis clases: formación forestal, plantación forestal, formación natural no forestal, agricultura, áreas sin vegetación y agua. Para todo el municipio, se calcularon las métricas de paisaje CA (cobertura del suelo) y PLAND (proporción de cobertura del suelo) para las seis clases de uso del suelo. Se llevó a cabo un análisis de la cobertura forestal a partir de una zona de amortiguamiento de 5 km alrededor del área urbana y se calcularon cinco métricas más de área, borde y forma. Se utilizó la versión 5.2.0.16 del *software* Patch Analyst para calcular las métricas del paisaje. Las clases que más se destacaron en términos de tamaño de área fueron agricultura (93,962.07 ha; 80.27%), formación de bosque (15,682.97 ha; 13.40%) y áreas sin vegetación (5,220.63 ha; 4.46%). Los mayores incrementos proporcionales se registraron en la plantación de bosques (0,11 a 1,27 ha), agua (0.02 a 0.05 ha) y áreas sin vegetación (2.17 a 4.45 ha), mientras la agricultura ha perdido área (85.73 a 80.27 ha). Se ha producido un aumento de las áreas boscosas en los últimos 30 años desde la aparición de fragmentos pequeños y morfológicamente frágiles; además, con el aumento de área urbana, aumentan los conflictos con los remanentes forestales más cercanos.

**Palabras clave:** cobertura forestal; conservación del agua; métricas del paisaje.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Nos moldes contemporâneos, as cidades representam a forma de ocupação territorial humana que reúne um conjunto de serviços públicos e privados, produção industrial e trocas comerciais, intenso intercâmbio cultural, aglomeração de pessoas e capital (FARIAS *et al.*, 2017). Aos municípios, compete, no que couber, o adequado ordenamento territorial e espacial no meio urbano, buscando o bem comum, segurança, bem-estar dos cidadãos e equilíbrio ambiental (BRASIL, 1988; 2001).

Com o crescimento das cidades, multiplicam-se os problemas relacionados à deterioração das condições urbano/ambientais em termos de impacto sobre a vegetação, água, solo e ar (GRISE; BIONDI; ARAKI, 2019). O compromisso de uma cidade com a qualidade ambiental reflete-se na adoção de políticas públicas de conservação da natureza, as quais devem conciliar o desenvolvimento urbano com a preservação de áreas naturais (CARCERERI, 2013).

As áreas naturais exercem influência na melhoria da qualidade de vida, ainda mais perceptíveis quando próximas ou dentro de zonas urbanas, podendo regular o microclima, amenizar sons e ruídos, filtrar partículas em suspensão no ar, proteger o solo e torná-lo mais permeável à infiltração de água, permitir a sobrevivência de espécies, além de tornar a paisagem mais agradável e convidativa (LIMA NETO, 2011; RODRIGUES *et al.*, 2015). Podem ainda exercer a função de proteção de nascentes e cursos d'água, garantindo estabilidade de solo e diminuindo o assoreamento (SILVA; AZEVEDO; MATOS, 2006).

No Brasil, embora existam leis acerca das áreas de proteção permanente (APPs), em muitos casos as áreas urbanas e periurbanas não cumprem os requisitos mínimos de estabelecimento das APPs asseguradas por lei, ainda mais quando se trata das cidades mais antigas, cuja origem tem estreita relação com nascentes e cursos d'água, tanto para o abastecimento urbano quanto

como malha hidroviária para escoamento de produção e transporte, ou ainda como via de descarte de efluentes (BORGES *et al.*, 2011).

O município de Marília, no interior do estado de São Paulo, desenvolveu-se a partir da expansão agrícola entre o final do século XIX e o início do século XX, a qual trouxe estradas de ferro, plantações de café e imigrantes asiáticos e europeus (PEREIRA, 1990). A exploração do solo ocorreu pelo desmatamento da Floresta Atlântica predominante na região, o que alterou a paisagem e as características do ambiente (MONBEIG, 1984). Houve ainda a fase de expansão urbana a partir da década de 1970, que tornou a cidade mais urbanizada e industrializada, em detrimento da vegetação nativa (MOURÃO, 1994).

Atualmente, Marília tem remanescentes florestais nos arredores do perímetro urbano, resultantes do processo de fragmentação da paisagem, dispostos nas escarpas dos vales formados pela deposição geológica de arenitos, variando de 50 m a 100 m de desníveis abruptos (DAL'BÓ, 2008). O planalto ocidental formado pelo relevo coloca a cidade no início de duas bacias hidrográficas importantes, as dos rios do Peixe e Aguapeí, resultando em diversas nascentes de importância regional localizadas nos vales (SIGRH, 2021). Além disso, encontra-se em área de recarga direta do Aquífero Guarani (OLIVEIRA; VIEIRA, 2010).

As escarpas dos vales de Marília sofrem, por muito, influência humana, como ocupação irregular de moradias, descarte de esgoto a céu aberto e desmatamento, resultando em solos expostos, nascentes e córregos assoreados e com água contaminada (MARÍLIA, 2010). Manter a floresta é um meio de mitigar os impactos da expansão urbana sobre os recursos naturais, uma vez que as águas que emergem em Marília deságuam em rios que transcorrem, ao menos, 60 municípios e uma população aproximada de 650 mil habitantes do estado (SIGRH, 2021).

Desde modo, tanto a redução quanto o aumento das áreas vegetadas próximas aos cursos d'água poderão influenciar sobre a disponibilidade dos recursos hídricos; portanto, com a maior fragmentação dos remanescentes florestais, será possível observar a variação quantitativa deste recurso, assim como uma tendência ao surgimento de novas áreas florestadas, atrelada à criação do Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe (CBH-AP).

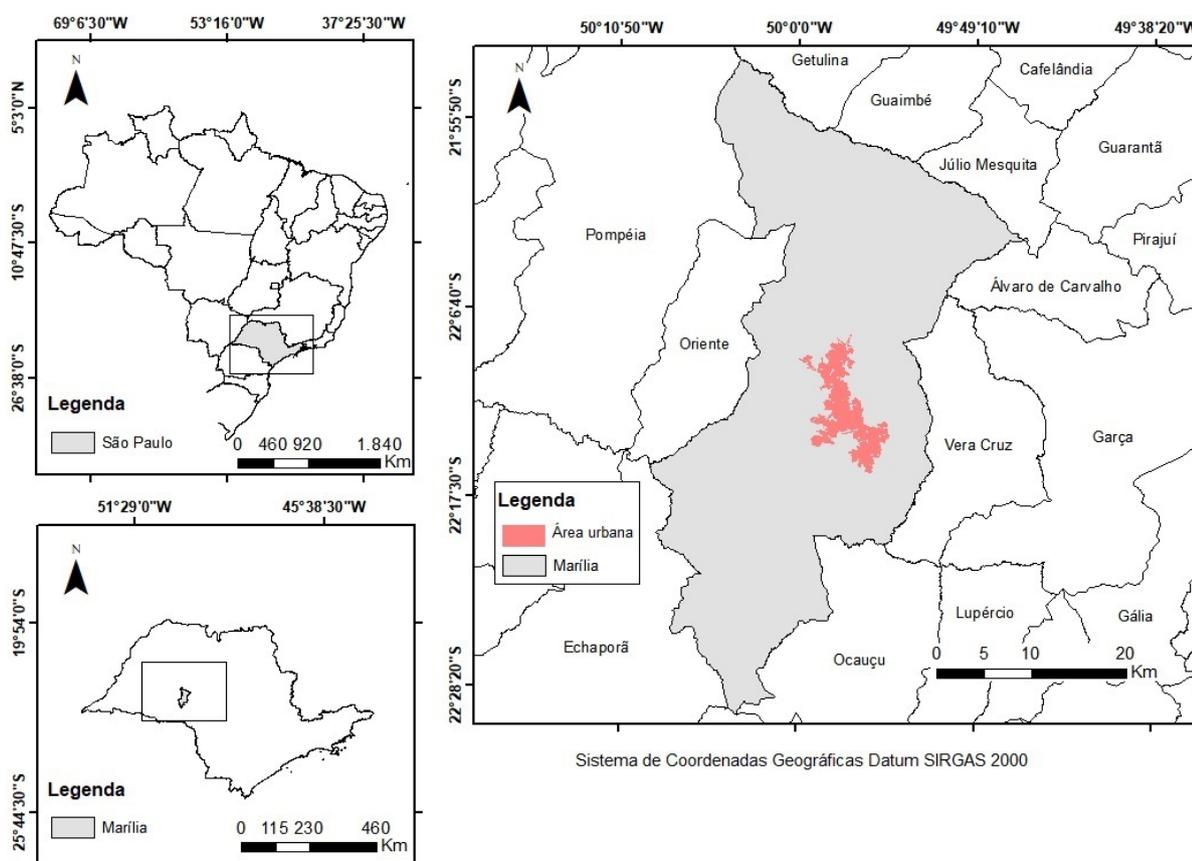
Assim, visando contribuir para o conhecimento sobre a paisagem no entorno da área urbana de Marília, São Paulo, e a sua influência sobre os fragmentos florestais, esta pesquisa teve como objetivo analisar temporalmente a paisagem nas regiões ciliares, com vistas a avaliar a sua capacidade de conservação dos recursos hídricos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

Marília está localizada nas coordenadas geográficas 22°13'15" S e 49°56'55" O, compreende uma área de 1.170,174 km<sup>2</sup> (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE], 2021). Possui uma área urbana de 104,016 km<sup>2</sup>, considerada a 14ª cidade do estado de São Paulo em superfície de ocupação construída (IBGE, 2020). O município tem 240.590 habitantes, segundo as estimativas do IBGE (2020).

Figura 1 – Localização do município de Marília, SP.



Fonte: IBGE (2021).

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é tropical de altitude, classificado como Cwb, com invernos secos e verões úmidos e quentes, com temperatura média anual de 23,5°C (MARÍLIA, 2010; 2015).

A fitofisionomia que prevalece na região é a Floresta Estacional Semidecidual (FES), sobretudo em pequenos fragmentos distribuídos nas escarpas dos vales e nas margens de rios e córregos (DATAGEO, 2021). A matriz pedológica é composta por argissolos vermelho-amarelos, com latossolos amarelos e neossolos litólicos localizados nos vales escarpados ao redor do perímetro urbano (DATAGEO, 2021).

## 2.2 Procedimentos metodológicos

Foi realizada uma análise temporal de 30 anos da paisagem do município de Marília a partir de imagens com 30 m de resolução espacial, datadas de 1989, 1999, 2009 e 2019, dos satélites Landsat 5, 7 e 8, respectivamente. As imagens estão disponíveis na Coleção 5 do MapBiomas, por meio da plataforma do *Google Earth Engine*, também em cooperação com a NASA e a USGS (MAPBIOMAS, 2020).

O processamento das imagens ocorreu por métodos de aprendizado de máquina, alimentados por amostras de treinamento coletadas por colaboradores do MapBiomas, compondo o mapeamento anual da cobertura e uso do solo, cuja acurácia aferida foi superior a 87,7% (MAPBIOMAS, 2020).

A vetorização e reprojeção das imagens foram efetuadas no programa ArcMap 10.3, com agrupamento em seis classes de uso do solo: formação florestal, plantio florestal, formação natural não florestal, agricultura, áreas não vegetadas e água. Os resultados foram então tabulados no programa Excel versão 14.0.4734.1000 (32-bit).

Para todo o município de Marília, foram calculadas as métricas de paisagem CA (cobertura da terra) e PLAND (proporção de cobertura da terra) para todas as classes de uso do solo. Para a análise dos remanescentes florestais no entorno da área urbana, foi gerado um *buffer* de 5 km no entorno da cidade, no último ano de análise (2019). Posteriormente, foram calculadas seis métricas de paisagem para os fragmentos de floresta dentro do *buffer* (Quadro 1). Para o cálculo das métricas de paisagem, foi utilizado o *software Patch Analyst* versão 5.2.0.16.

A matriz da paisagem foi definida pelo Método da Área Relativa, conforme Forman e Godron (1986), considerando o elemento que ocupa mais de 50% da extensão total da paisagem.

Quadro 1 – Métricas de paisagem calculadas para Marília, SP

Métrica	Sigla	Descrição	Tipo
Cobertura do solo	CA (ha)	Calcula o número total de células da classe multiplicado pelo tamanho do pixel da imagem	Área e densidade dos fragmentos
Proporção de cobertura do solo	PLAND (%)	Referente ao percentual da área ocupada pela classe na paisagem	
Número de polígonos	NP	Representa o número total de polígonos da classe	
Área média dos polígonos	MPS (m <sup>2</sup> )	Corresponde à área média dos polígonos da classe	
Comprimento total de borda	TE (m)	Soma do perímetro referente a todos os vértices que segmentam a classe	Referente à borda dos fragmentos
Densidade de borda	ED (m/m <sup>2</sup> )	Calculado a partir do comprimento total de borda pela área total da classe correspondente	
Índice de forma médio	MSI	Corresponde à razão entre o perímetro e a área dos perímetros da classe	Formato dos fragmentos

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3 RESULTADOS

O município tem um montante em área de 117.051,38 ha. Deste total, apenas 4,46% são de área não vegetada, a qual representa a região urbana do município, o restante (95,48%) corresponde à área com presença de alguma cobertura vegetal (Tabela 1). Para o tipo de uso e ocupação do solo nas áreas vegetadas, tem-se o componente agrícola como maior detentor de área, ocupando 80,27% da área total do município, seguido pelo componente florestal, que ocupa menos de 14% de área.

Tabela 1 – Métricas de paisagem para o período de 1989 a 2019, no município de Marília, SP

Anos	1989		1999		2009		2019	
	Classes	PLAND (%)	CA (ha)	PLAND (%)	CA (ha)	PLAND (%)	CA (ha)	PLAND (%)
Formação florestal	11,48	13.436,54	11,15	13.047,48	11,73	13.727,78	13,40	15.682,97
Plantio florestal	0,11	124,04	0,19	218,80	0,46	534,83	1,27	1.484,96
Formação natural não florestal	0,49	570,57	0,54	629,32	0,61	712,17	0,54	637,57
Agricultura	85,73	100.353,59	84,96	99.448,38	83,50	97.738,61	80,27	93.962,07
Áreas não vegetadas	2,17	2.538,85	3,13	3.658,40	3,65	4.276,14	4,46	5.220,63
Água	0,02	27,79	0,04	49,01	0,05	61,86	0,05	63,18

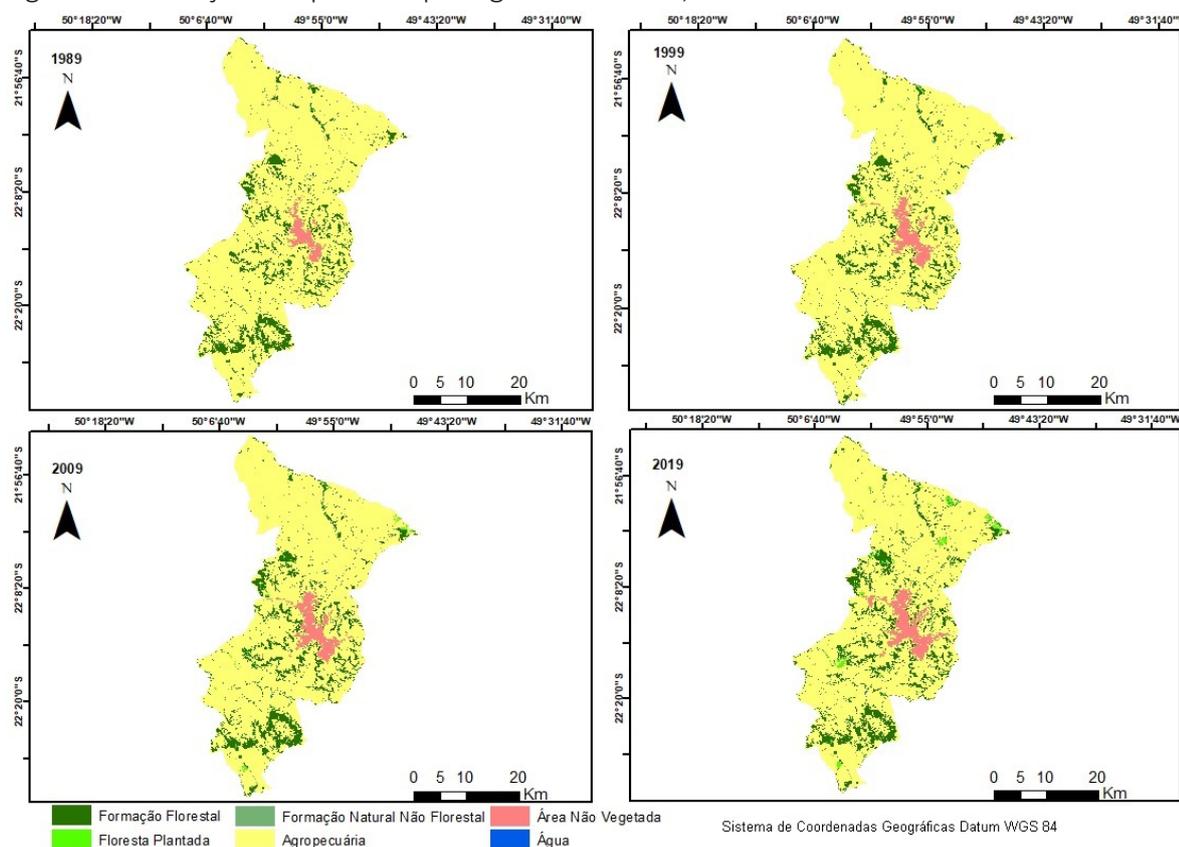
Legenda: PLAND – Proporção de cobertura da terra; CA – Área da cobertura.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No período avaliado, ocorreu aumento de área das classes de paisagem, com destaque para o plantio florestal, com área 10,9 vezes maior quando comparados o último e o primeiro ano de observação, da mesma forma ocorre com a classe de áreas não vegetadas, com ganho de 105,63% de área entre 1989 e 2019 (Figura 2).

As áreas de formação natural, tanto florestais quanto não florestais, obtiveram juntas um aumento de 28,46%, o que corresponde a um ganho de 2.313,43 ha de vegetação nativa. A maior cobertura em área também se estende à classe de água, com crescimento de 127,34% em 30 anos. Diferentemente das demais, a agricultura apresentou decréscimo de área, com redução de 6,37% de áreas destinadas ao cultivo agrícola.

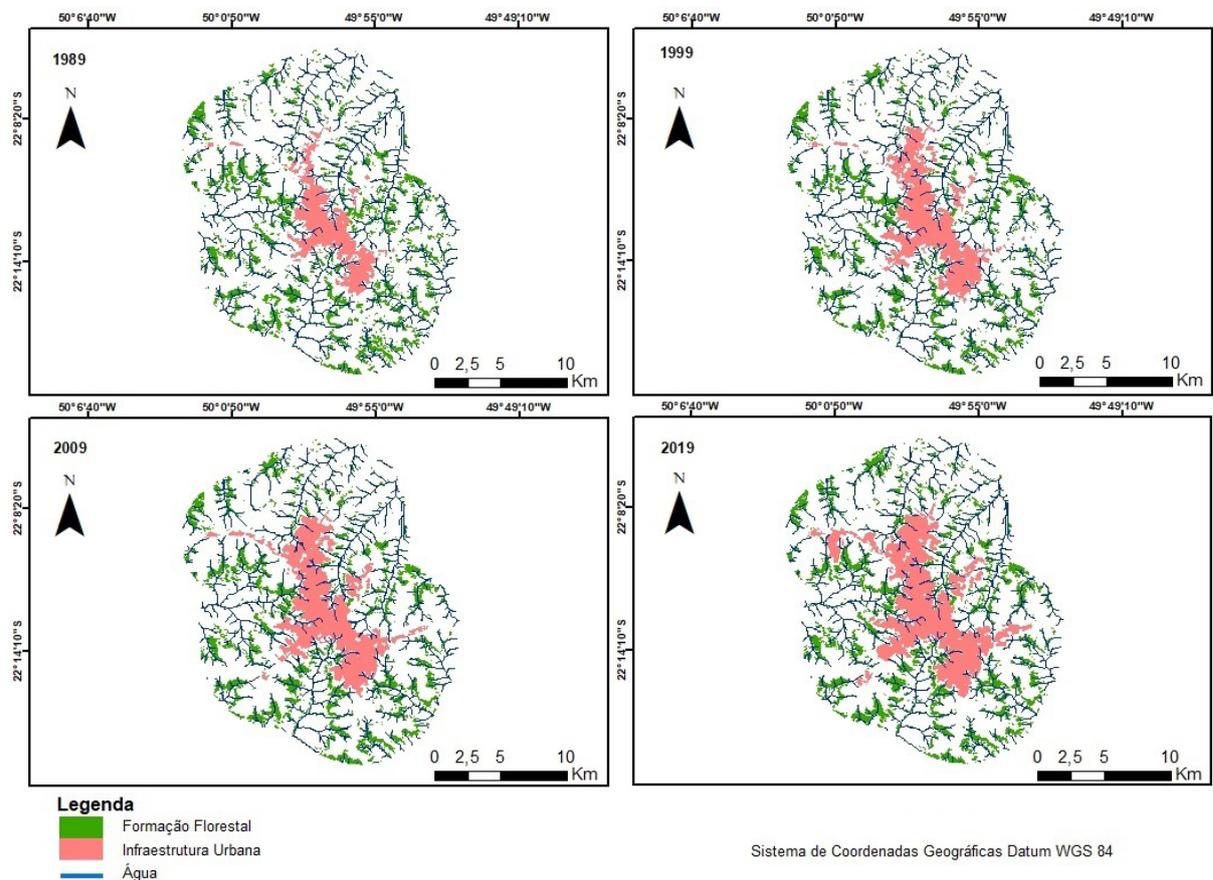
Figura 2 – Evolução temporal da paisagem de Marília, SP



Fonte: MAPBIOMAS (2020).

Quando avaliados os remanescentes de floresta no entorno da área urbana (Figura 3), nota-se que a maior concentração de fragmentos florestais está associada aos cursos d'água, principalmente nas zonas de cabeceira. Percebe-se ainda que, com o decorrer do tempo, os remanescentes tendem a se manter estáveis, sem aumentos ou reduções abruptos de área. Diferentemente dos fragmentos florestais, a área urbana se expandiu e, a cada década, foi ocupando as áreas dos cursos d'água, incluindo-as no ambiente urbano.

Figura 3 – Paisagem delimitada no entorno da área urbana de Marília, SP



Fonte: MAPBIOMAS (2020).

Por meio das métricas dos fragmentos (Tabela 2), foi possível observar uma flutuação em valores do número de fragmentos, com redução de área entre 1999-2009 e aumento até 2019, assim como ocorre para o comprimento total e a densidade de borda, que apresentaram restabelecimento do crescimento em valor a partir de 2009. Para o índice de forma médio e a área média dos polígonos, a flutuação de valores se apresenta de forma inversamente proporcional, em que os valores se dispõem em crescimento até 2009 e posterior queda.

Os valores para métricas de área e densidade foram maiores em 2019, para os fragmentos florestais dentro do *buffer*, em relação aos outros anos analisados, como em uma área de cobertura de 5.373,81 ha, a porcentagem de cobertura em relação ao restante da área foi de 15,61% e um número de fragmentos de 1.231, o que demonstra uma maior cobertura vegetal para 2019. Já métrica de área média dos polígonos indicou que este aumento ocorreu na última década com fragmentos menores, pois a área média dos fragmentos diminuiu e a densidade

de borda aumentou expressivamente entre 2009-2019, assim como ocorre também para o comprimento total de borda.

Tabela 2 – Métricas para os fragmentos florestais circunvizinhos do centro urbano no município de Marília, SP, com raio de até 5 km

<b>Formação florestal</b>	<b>1989</b>	<b>1999</b>	<b>2009</b>	<b>2019</b>
CA (ha)	5.023,89	4.589,37	4.862,16	5.373,81
PLAND (%)	14,59	13,33	14,12	15,61
NP (unidade)	1.129	927	862	1.231
MPS (m <sup>2</sup> )	4,45	4,95	5,64	4,36
TE (m)	1.146.720	994.020	1.033.320	1.210.320
ED (m/m <sup>2</sup> )	33,31	28,87	30,01	35,15
MSI	1,54	1,55	1,59	1,52

Legenda: CA – Área da cobertura; PLAND – Proporção de cobertura da terra; NP – Número de polígonos; MPS – Área média dos polígonos; TE – Comprimento total de borda; ED – Densidade de borda; MSI – Índice de forma médio.

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4 DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra que, apesar de a área utilizada para agricultura ter diminuído no período estudado, a matriz da paisagem ainda é representada por usos agrícolas, ocupando mais de 80% das áreas municipais. Historicamente, as áreas florestadas no município de Marília seguiram uma constante diminuição ao longo do século XX, devido aos conflitos com a agropecuária, bem como a expansão urbana (VALERA, 2017); além disso, o município de Marília dependeu economicamente de diversos recursos agrícolas, como café, algodão, amendoim, milho e pastagens, fato que impulsionou o crescimento urbano e industrial desde antes de sua fundação, em 1929, até meados da década de 1970 (MARÍLIA, 2010).

No período estudado, é possível observar um crescimento de 105,63% em áreas urbanizadas (Tabela 1); ou seja, em 30 anos, a área urbana do município dobrou suas dimensões, colocando os remanescentes florestais adjacentes em maior vulnerabilidade, uma vez que as áreas urbanizadas são altamente impermeáveis e emitem grandes quantidades de poluentes. A área urbana era de 1.092,4 ha, em 1970, e, desde então, sofreu grandes expansões, principalmente nas regiões periféricas, com o crescimento de condomínios verticais e horizontais, de intensa densidade, e novas ocupações irregulares de baixa renda, muitas conflitantes com os remanescentes florestais presentes no entorno da cidade (MARÍLIA, 2010; VALERA, 2017).

Por outro lado, recentemente, pode-se verificar uma tendência de aumento da cobertura florestal ao longo das décadas de 2000 e de 2010 (Tabela 1), possivelmente devido ao incentivo à regularização ambiental de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL), uma vez que as áreas vegetadas se concentram próximas aos cursos d'água, às nascentes e escarpas.

Kronka *et al.* (2005) identificaram 13.583 ha de vegetação natural remanescente no município, o que sugere um crescimento já a partir de 1999, ficando entre os valores encontrados nesta pesquisa para os anos de 1999-2009. Bezerra *et al.*, em 2009, já notavam o crescimento florestal em relação às últimas décadas, evidenciando a importância para a contenção de erosões. Conforme a Tabela 1, o crescimento manteve-se nos anos posteriores e, em 2019, ocorreu a maior percentagem de cobertura florestal dos últimos 30 anos avaliados.

Há também o crescimento na área coberta por água no município, que passou de 27,79 ha em 1989, para 63,18 ha em 2019, seguindo a mesma tendência das áreas florestadas, indicando uma relação com a expansão florestal (Tabela 1). Esta relação pode ser analisada a partir do estudo de forma e distribuição dos fragmentos florestais e suas capacidades de estabilizar e proteger os corpos d'água. Tomando a área delimitada de 5 km a partir da zona urbana de Marília, foi possível focar os fragmentos florestais mais próximos e influenciados pela expansão urbana.

Embora tenha sido observado um aumento na cobertura de corpos hídricos na superfície da região (Tabela 1), a expansão urbana avançou, com o passar dos anos, sobre a malha hidrográfica, englobando parte das nascentes e dos cursos d'água no meio urbano (Figura 3), o que pode acarretar a supressão do recurso hídrico, contaminação por lixo doméstico ou pelo assoreamento do leito. Existem ocupações irregulares dispostas nas periferias e proximidades das escarpas e florestas que crescem sobre brejos e nascentes, onde não há tratamento de esgoto, que é descartado diretamente nos mananciais e córregos (MARÍLIA, 2010). Cerca de 20% do esgoto da cidade não é coletado adequadamente, trazendo danos à qualidade da água em superfície ou em profundidade (MARÍLIA, 2015).

Outro aspecto é o aumento das áreas de plantio florestal, que tiveram um salto de 124,04 ha para 1.484,96 ha (Tabela 1). Entre os anos de 2020 e 2021, a exportação de madeira serrada proveniente do município cresceu de 8,4% para 10,4%, tornando-a o segundo produto de maior representatividade nesta modalidade (BRASIL, 2021).

A variação em decréscimo e o aumento dos números de polígonos (NP) e da área média dos polígonos (MPS), associados ao aumento contínuo da cobertura do solo (CA), evidenciam uma possível expansão e agregação dos fragmentos florestais entre 1989 e 2009, uma vez que NP e MPS apresentam comportamento inversamente proporcional (Tabela 2). Dessa forma, infere-se que, em 2019, o aumento de NP e a redução de MPS estariam ligados à maior fragmentação das remanescentes. Contudo, apesar dessa variação, a CA apresentou crescimento contínuo.

Pode-se afirmar que, no intervalo entre 2009 e 2019, surgiram novos fragmentos florestais (NP) com áreas mais reduzidas (MPS), configurando fragmentos menores e com menos capacidade de sustentabilidade em relação aos já existentes, não inferindo necessariamente em uma fragmentação dos remanescentes maiores.

Em decorrência do aumento do número de fragmentos com menores dimensões, as áreas de borda sofreram um acréscimo, conforme pode ser visualizado pelo comprimento total de borda (TE). Este cenário pode ser reflexo da regeneração da floresta secundária em áreas que anteriormente tinham usos agrícolas (Figura 3).

Porém, o estabelecimento dos fragmentos menores não é garantido, porque o efeito de borda provoca alterações no meio biótico como o microclima, incidência de ventos, umidade e radiação solar, conseqüentemente diminuindo sua capacidade de sustentar processos ecológicos complexos (ETTO *et al.*, 2013). Desse modo, uma vez que estes fragmentos demonstram fragilidade ecológica, os corpos d'água presentes nesta região encontram-se vulneráveis, mesmo com o aumento da cobertura vegetal.

A diminuição da área média dos fragmentos (MSI), diante do aumento da cobertura (CA), revela que os fragmentos florestais mais representativos se conectam com os menores regenerantes de floresta secundária ao longo do tempo, adquirindo formas mais regulares, porém, elevando o valor do comprimento total de borda (TE). Já a relação de aumento simultâneo

de cobertura (CA) e do número de fragmentos (NP) indica a ocorrência de novos pontos de regeneração da floresta secundária.

Caso os fragmentos continuem a dispor da mesma dinâmica, nos próximos anos pode-se ter novamente uma redução no número de fragmentos, devido, principalmente, à expansão e conexão entre eles, configurando fragmentos maiores e com maior grau de sustentação ecológica. Ferramentas políticas que fomentem a conservação e criação de áreas com vegetação florestal aos arredores e dentro do meio urbano, como a Lei Nacional n. 14.119, que instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), podem vir a fortalecer a formação do cinturão verde nos arredores do município, incentivando a conservação e recuperação de áreas de interesse ambiental, que forneçam bens ou produtos ambientais, dentre eles, a água.

## 5 CONCLUSÕES

As áreas florestadas do município seguem tendência de aumento nos últimos 20 anos, demonstrando um avanço principalmente sobre as áreas antes destinadas à agricultura e à pecuária. Contudo, é notória a fragilidade dessas áreas, por serem principalmente fragmentos pequenos e com menor potencial de estabelecimento, demonstrando elevado efeito de borda e baixa capacidade de manter processos ecossistêmicos.

Além disso, no entorno da zona urbana, observou-se a ampliação de áreas de conflito com os remanescentes florestais, que podem afetar diretamente a quantidade e qualidade hídrica das nascentes e córregos que nascem das escarpas formadas pelo relevo local.

Recomenda-se a implementação de áreas prioritárias para conservação das florestas e dos recursos naturais, tendo como base a implementação de unidades de conservação de uso sustentável, como as Áreas de Proteção Ambiental (APAs).

## REFERÊNCIAS

BEZERRA, M. A.; ETCHEBEHER, M. K. C.; SAAD, A. R.; CASADO, F. C. Análise geoambiental da região de Marília, SP: suscetibilidade a processos erosivos frente ao histórico de ocupação da área. *Geociências*, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 425–40, 2009.

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P. D.; PEREIRA, J. A. A.; COELHO JÚNIOR, L. M.; BARROS, D. A. D. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1202–10, 2011.

BRASIL. *Constituição (1988)*. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). *ComexVis*. Brasília, DF: SECEX, 2021. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>. Acesso em: 26 jun. 2021.

BRASIL. Planalto Federal. *Lei Federal n. 10.257*, de 10 de julho de 2001. Estatuto das Cidades. Brasília, DF, 2021.

CARCERERI, V. H. *Espécies Arbóreas das praças de Curitiba-PR*. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

DAL'BÓ, P. F. F. *Inter-relação paleossolos e sedimentos em lençóis de areia eólica da formação Marília (noroeste da bacia Bauru)*. 2008. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

DATAGEO. *Sistema Ambiental Paulista, mapa de coberturas do solo do Estado de São Paulo*. 2021. Disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO#>. Acesso em: 27 maio 2021.

ETTO, T. L.; LONGO, R. M.; ARRUDA, D. R.; INVENIONI, R. Ecologia da paisagem de remanescentes florestais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras – Campinas-SP. *Árvore*, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1063–71, 2013.

FARIAS, A. R.; MINGOTI, R.; VALLE, L. B.; SPADOTTO, C. A.; LOVISI-FILHO, E. *Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil*. EMBRAPA: Campinas, 2017.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. *Landscape ecology*. New York: Wiley, 1986. 619 p.

GRISE, M. M.; BIONDI, D.; ARAKI, H. Índices espaciais da floresta urbana de Curitiba-PR. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Curitiba, v. 13, n. 4, p. 1–14, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estimativas da População 2020. *Portal do IBGE*, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=28674&t=resultados>. Acesso em: 27 maio 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. *Portal do IBGE*, Rio de Janeiro, Cidades, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/marilia/Panorama>. Acesso em: 27 maio 2021.

KRONKA, F. J. N.; NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; KANASHIRO, M. M.; YWANE, M. S. S.; PAVÃO, M.; DURIGAN, G.; LIMA, L. M. P. R.; GUILLAUMON, J. R.; BAITELLO, J. B.; BORGIO, S. C.; MANETTI, L. A.; BARRADAS, A. M. F.; FUKUDA, J. C.; SHIDA, C. N.; MONTEIRO, C. H. B.; PONTINHA, A. A. S.; ANDRADE, G. G.; BARBOSA, O.; SOARES, A. P. *Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal / Imprensa Oficial, 2005. 200 p.

LIMA NETO, E. M. *Aplicação do sistema de informações geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba, PR*. 2011. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MARÍLIA. *Plano local de habitação de interesse social: diagnóstico (PLHIS)*. Marília: Prefeitura Municipal, 2010. 269 p.

MARÍLIA. *Plano diretor de controle de erosão rural de Marília – SP*. Marília: Prefeitura Municipal, 2015. 294 p.

MAPBIOMAS. *Projeto MapBiomias – coleção 5 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil*. 2020. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 25 maio 2021.

MONBEIG, P. *Pioneiros e fazendeiros de São Paulo*. São Paulo: HUCITEC, 1984.

MOURÃO, P. C. *A industrialização do Oeste Paulista: o caso de Marília*. 1994. 242 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1994.

OLIVEIRA, L. A.; VIEIRA, A. S. Estado da arte do sistema Aquífero Guarani – SAG. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 11, n. 34, p. 174–89, 2010.

PEREIRA, V. A. *Formação política de Marília: terra e poder na frente pioneira paulista (1924–1937)*. 1990. 264 f. Dissertação (Mestrado em História) – Universidade Estadual Paulista, Assis, 1990.

RODRIGUES, V. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; TARJUELO, J. M.; SARTORI, M. M. P.; CANELES, A. R. Avaliação do escoamento e interceptação da água das chuvas. *Irriga*, Botucatu, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p. 1-13, 2015.

SILVA, B. A. W.; AZEVEDO, M. A.; MATOS, J. S. Gestão ambiental de bacias hidrográficas urbanas. *VeraCidade*, Salvador, v. 1, n. 1, p. 1–7, 2006.

SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SIGRH). Apresentação. *Portal do SIGRH*, São Paulo, 2021. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhap/apresentacao>. Acesso em: 27 maio 2021.

VALERA, M. F. *Dinâmicas de uma política urbana: tensões na implantação de um conjunto habitacional na cidade de Marília/SP*. 2017. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Universidade Estadual Paulista, Marília, 2017.

### Sobre os autores:

**Eduardo Campanhã Ribas:** Doutorando em Recursos Florestais pela Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Engenharia Florestal na pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Gestor na Secretaria Estadual de Gestão e Recursos Humanos do Espírito Santo (SEGER), Laboratório de Gestão e Inovação (LABGES). **E-mail:** [cribas55@gmail.com](mailto:cribas55@gmail.com), **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-0059-960X>

**Daniela Biondi:** Doutora e mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Graduada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Professora titular da UFPR e líder do grupo de pesquisa Ciências da Paisagem. Editora-chefe da Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, e editora-adjunta da Revista Floresta. Bolsista de produtividade em pesquisa 1C do CNPq. **E-mail:** [dbiondi@ufpr.br](mailto:dbiondi@ufpr.br), **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-0532-7363>

**Iran Jorge Corrêa Lopes:** Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Pesquisador da Universidade Federal do Paraná (UFPR). **E-mail:** [irancorreolopes@gmail.com](mailto:irancorreolopes@gmail.com), **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-5568-6906>

**Allan Rodrigo Nunho dos Reis:** Doutorando e mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Engenheiro Florestal pela UFPR. Consultor autônomo nas áreas de Arboricultura e Silvicultura Urbana. Membro dos grupos Ecologia e Conservação de Ecossistemas Vegetais e Ciências da Paisagem. Filiado à Organização Não Governamental (ONG) Plant-for-the-Planet, atuando com Educação Ambiental e Justiça Climática. Participa do Grupo de Trabalho sobre Agricultura, Florestas e Uso do Solo (AFOLU), da Plataforma Regional da América Latina (LEDS LAC). **E-mail:** [allan.nunho@gmail.com](mailto:allan.nunho@gmail.com), **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-5878-4707>

**Thiago Gomes de Sousa Oliveira:** Mestrando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Estagiário profissional voluntário do projeto de pesquisa de Recuperação Ambiental com Sistemas Integrados de Produção. Vinculado ao Centro de Estudos em Manejo e Sistemas Florestais Integrados (CEMI). **E-mail:** [oliveira.tgso@gmail.com](mailto:oliveira.tgso@gmail.com), **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-4439-5724>