



**EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO  
 CÓRREGO DO GREGÓRIO EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL**

**EFFECTS OF URBANIZATION AND AGRICULTURAL ACTIVITIES ON FLOODING IN CÓRREGO  
 DO GREGÓRIO IN SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRAZIL**

Danielly de Oliveira Fornaziero<sup>1</sup>, Jhony Vendruscolo<sup>2</sup>, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos<sup>3</sup>, João  
 Ânderson Fulan<sup>4</sup>

e331281

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i3.1281>

PUBLICADO: 03/2022

**RESUMO**

O presente estudo teve como objetivo realizar a caracterização hidrogeomorfológica e a análise da dinâmica da cobertura da terra na microbacia do Córrego do Gregório, na cidade de São Carlos-SP e, a partir dessas informações, entender como ocorreu o processo de urbanização e a dinâmica das atividades agropecuárias no período de 1984 a 2021. Os efeitos antrópicos sobre a microbacia estão provocando, nos últimos anos, impactos intensos, como inundações que se tornaram mais frequentes. Os resultados foram obtidos a partir de imagens de satélite e programas específicos de interpretação das imagens. A microbacia tem uma área de 18,86 km<sup>2</sup> e um total de 21 nascentes. No período de 1984 a 2021 a área urbana aumentou de 11,12 km<sup>2</sup> para 13,02 km<sup>2</sup>, isto é, houve um aumento de aproximadamente 17,1%. Já a área não urbana (regeneração, reflorestamento e agropecuária) e a de vegetação ripária reduziram em 32% e 2%, respectivamente. Concluímos que, apesar do fator forma e coeficiente de compacidade sugerirem que naturalmente a microbacia não se caracterizaria como suscetível a inundações, o aumento da urbanização e atividades agropecuárias podem ter sido fatores determinantes no processo de impermeabilização da terra e consequente aumento das inundações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Características da paisagem. Hidrogeomorfologia. Planejamento e gestão ambiental. Sistema de Informação Geográfica

**ABSTRACT**

*The goal of the present study was to carry out the hydrogeomorphometric and dynamic characterization of the land cover in the Córrego do Gregório microbasin in the São Carlos, São Paulo, Brazil. In addition, from this information, to understand how the urbanization process and agricultural activities took place in the period from 1984 to 2021. The human effects on the microbasin have been causing in recent years strong disturbances such as floods that have become frequent. The results were obtained from satellite images and specific image interpretation programs. The microbasin had an area of 18.86 km<sup>2</sup> and a total of 21 springs. In the period from 1984 to 2021, the urban area increased from 11.12 km<sup>2</sup> to 13.02 km<sup>2</sup>, that is, there was an increase of approximately 17.1%. The non-urban area (regeneration, reforestation and agriculture) and riparian vegetation reduced by 32% and 2%, respectively. We conclude that despite the form factor and compactness coefficient showing that the microbasin is not susceptible to flooding, the increase in urbanization and agricultural activities may have been determining in the process of soil sealing and consequent increase factors in floods.*

**KEYWORDS:** Environmental planning and management. Geographic Information System. Hydrogeomorphology. Landscape features

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos

<sup>2</sup> Universidade Federal do Amazonas

<sup>3</sup> Universidade Federal de São Carlos/Departamento de Hidrobiologia/Laboratório de Estudos sobre Sistemas Complexos Ambientais

<sup>4</sup> Universidade Federal de São Carlos/Departamento de Hidrobiologia/Laboratório de Estudos sobre Sistemas Complexos Ambientais



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

### INTRODUÇÃO

O município de São Carlos, localizado no interior do estado de São Paulo, possui aproximadamente 256.915 habitantes, área total de 1.136,9 km<sup>2</sup> e uma densidade demográfica de 195,15 habitantes km<sup>-2</sup> (IBGE, 2010). Associado ao crescimento demográfico e à ocupação urbana, problemas como o aumento das enchentes se elevaram na mesma proporção, causando grandes prejuízos para a população, como ocorrido, por exemplo, em evento de precipitação de 138 mm em novembro de 2020, que afetou mais de 100 lojas no centro da cidade (G1, 2022). Uma das microbacias que mais sofreram com o aumento da urbanização foi a do Córrego do Gregório. Essa microbacia foi muito estudada nos últimos anos, especialmente na área de hidrologia urbana (BARROS *et al.*, 2007; MENDES; MENDIONDO, 2007; BERNEGOSI *et al.*, 2015). De acordo com os autores, os eventos de inundações no Gregório estão associados às precipitações convectivas, isto é, subida do ar quente e descida do ar frio. Além da própria hidrologia da microbacia, outros fatores contribuem com as enchentes, como a urbanização no centro da microbacia (ESTEVES; MENDIONDO, 2003; BARROS *et al.*, 2007). Atividades antrópicas alteram a capacidade e a eficiência dos caminhos e estoques de água, alterando o processo natural do curso de água, o que causa uma reação em cadeia que altera todo o ciclo de armazenagem e transferência da água (SOARES, 2005).

O Córrego do Gregório faz parte da sub-bacia do Monjolinho e está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 13 Tietê-Jacaré, que é uma das 22 unidades de gestão de recursos hídricos do estado de São Paulo. De acordo com Tundisi *et al.*, (2008), estudos sobre as principais características da bacia Tietê-Jacaré como cobertura vegetal, usos da terra e dados ecológicos, hidrológicos, climatológicos, econômicos dentre outros foram realizados no período de 2005 a 2007. No entanto, estudos mais específicos (ex: análises temporais da cobertura da terra) sobre a microbacia do Gregório poderiam auxiliar na compreensão de problemas extremamente complexos como as enchentes, ajudando no processo de gestão das microbacias no município de São Carlos. Além disso, estudos relacionados a análises temporais da cobertura do solo mostram uma visão mais holística e real da evolução dos processos de urbanização e possibilitam delimitar e priorizar regiões com maior vulnerabilidade a inundações.

Nesse contexto, os objetivos do trabalho foram realizar a caracterização hidrogeomorfológica e a análise da dinâmica da cobertura da terra na microbacia do Córrego do Gregório na cidade de São Carlos (SP) e compreender como ocorreu o processo de urbanização e a ocupação agropecuária no período de 1984 a 2021 e como essas atividades antrópicas podem ter contribuído para a impermeabilização da terra e, conseqüente, para o aumento na frequência e intensidade de enchentes.



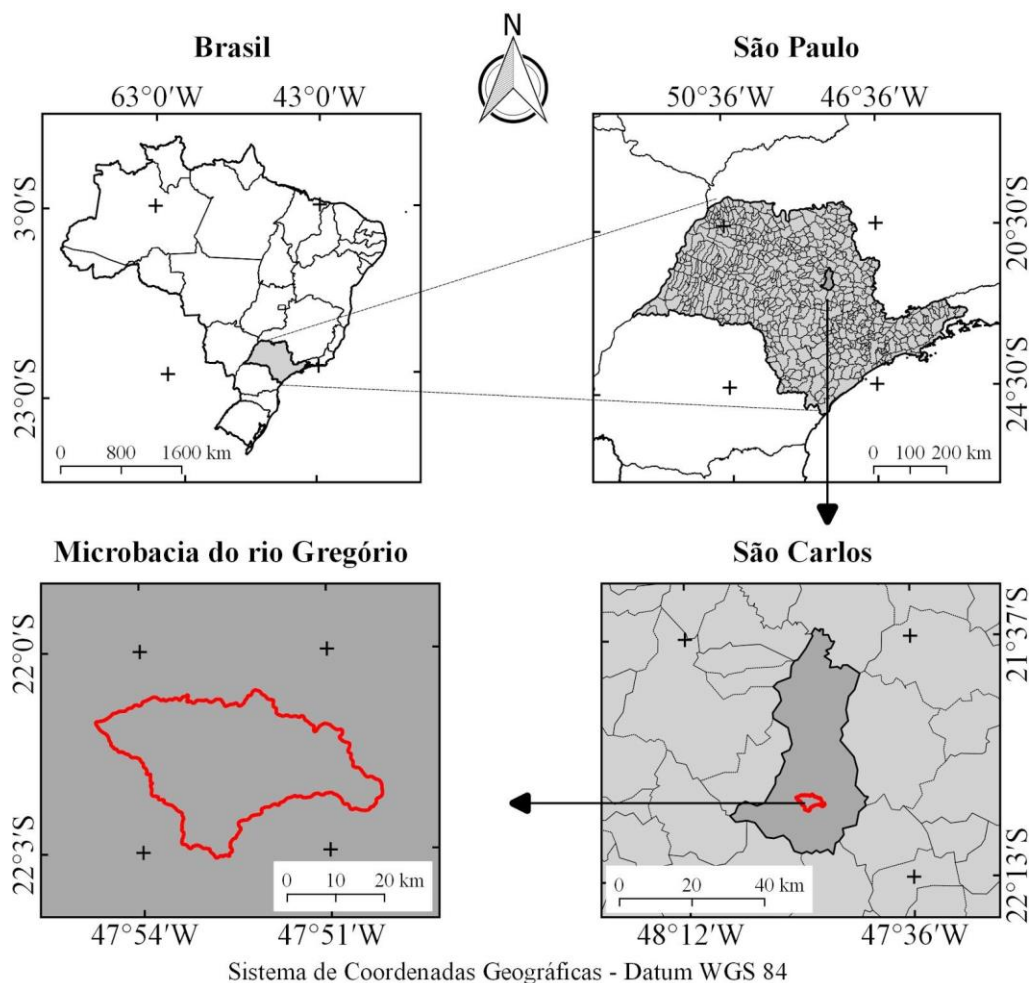
## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

### MATERIAIS E MÉTODO

#### Localização e características gerais da área de estudo

A microbacia do Córrego do Gregório está localizada no município de São Carlos/SP (Figura 1). A região tem clima subtropical úmido com inverno seco (Cwa), temperaturas médias anuais de 20 a 22°C, precipitações anuais de 1.300 a 1.600 mm (ALVARES *et al.*, 2013), e solos classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico (ROSSI, 2017).



**Figura 1.** Localização da microbacia do rio Gregório, São Paulo, Brasil.

As características do Córrego do Gregório analisadas nesta pesquisa foram: geométricas (área, perímetro, fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compactidade), topográficas (altitude e declividade), hidrográficas (padrão de drenagem, ordem dos rios, densidade de nascentes, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, índice de sinuosidade e tempo de concentração) e a dinâmica temporal e espacial de cobertura da terra na microbacia e em sua zona ripária. Para a



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

aquisição destas informações e elaboração dos mapas, foram utilizados os softwares QGIS 2.10.1 (versão Pisa), Google Earth e TrackMaker Free, equações, imagens altimétricas registradas pelo satélite ALOS (sensor Palsar) (ASF, 2021) e imagens de cobertura da terra registradas pelos satélites Landsat 5 e Landsat 8 (INPE, 2021). O processamento foi executado em cinco etapas, sendo estas:

### 1ª Etapa - Características geométricas

**Área e perímetro da microbacia:** inicialmente, foi delimitado o perímetro da microbacia utilizando a ferramenta TauDEM para QGIS (passos: Pit Remove < D8 Flow Directions < D8 Contributing Area - 1ª versão) < Stream Definition By Threshold < Edição do ponto de exutório < D8 Contributing Area - 2ª versão) e a imagem altimétrica. O arquivo matricial gerado no TauDEM foi transformado para o formato vetorial (ferramenta “poligonizar”), em seguida, dissolvido (ferramenta “dissolver”), suavizado (ferramenta “simplificar geometria”) e ajustado no software Google Earth, considerando as características da rede de drenagem e relevo. Após isso, foram calculados a área e o perímetro com a ferramenta “calculadora de campo”.

**Fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade:** estes parâmetros foram calculados com as equações 1 (VILLELA; MATTOS, 1975), 2 (CHRISTOFOLETTI, 1980) e 3 (VILLELA; MATTOS, 1975), e comparados com dados da literatura (Tabela 1).

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:  $F$  = fator de forma;  $A$  = área da microbacia ( $\text{km}^2$ );  $L$  = comprimento do eixo da microbacia (km).

$$Ic = \frac{12,57xA}{P^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:  $Ic$  = índice de circularidade;  $A$  = área da microbacia ( $\text{km}^2$ );  $P$  = perímetro da microbacia (km).

$$Kc = 0,28x \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:  $Kc$  = coeficiente de compacidade;  $A$  = área da microbacia ( $\text{km}^2$ );  $P$  = perímetro da microbacia (km).



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

**Tabela 1.** Classificação dos parâmetros fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade.

Parâmetro	Limite	Classe
Fator de forma <sup>1</sup>	< 0,50	Não sujeito a enchentes
	0,50 – 0,75	Tendência média a enchentes
	0,76 – 1,00	Sujeito a enchentes
Índice de circularidade <sup>2</sup>	< 0,51	Forma alongada
	0,51 – 0,75	Forma intermediária
	0,76 – 1,00	Forma circular
Coeficiente de compacidade <sup>1</sup>	1,00 – 1,25	Alta propensão a enchentes
	1,26 – 1,50	Tendência média a enchentes
	> 1,50	Não sujeito a enchentes

Fonte: <sup>1</sup>LIMA JÚNIOR *et al.*, (2012); <sup>2</sup>SILVA (2012).

### 2ª Etapa - Características topográficas

**Altitude:** as altitudes mínima e máxima foram obtidas diretamente das imagens altimétricas e a altitude média foi mensurada com a ferramenta “estatística por zona”.

**Declividade:** mensurada com a ferramenta “modelo digital de elevação” e, em seguida, foi classificada para a aquisição de informações relacionadas ao relevo (Tabela 2).

**Tabela 2.** Classificação do relevo em função da declividade (%).

Parâmetro	Classe	Declividade (%)
Relevo <sup>1</sup>	Plano	0-3
	Suave ondulado	3-8
	Ondulado	8-20
	Forte ondulado	20-45
	Montanhoso	45-75
	Escarpado	> 75

Fonte: <sup>1</sup>SANTOS *et al.*, (2013).

### 3ª Etapa - Características hidrográficas

**Padrão de drenagem, ordem dos rios e nascentes:** inicialmente foram gerados os cursos d'água por meio de trilhas, utilizando a ferramenta “adicionar caminho” do software Google Earth. As trilhas foram salvas em formato KML (*Keyhole Markup Language*), unidas com a ferramenta “Lápis” no software TrackMaker Free e convertidas para o formato *Shapefile* (SHP) no software QGIS. Em seguida, foi identificado o padrão de drenagem, comparando a distribuição espacial da rede de



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

drenagem da área em estudo com os dados de Parvis (1950), e classificada a ordem dos rios com a ferramenta “strahler”. As nascentes foram extraídas com a ferramenta “*Stream feature extractor*”.

**Densidade de nascentes, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, índice de sinuosidade e tempo de concentração:** estes parâmetros foram calculados com as equações 4 (SANTOS et al., 2012), 5 (HORTON, 1932), 6 (CHRISTOFOLETTI, 1980), 7 (VILLELA; MATTOS, 1975) e 8 (KIRPICH, 1940, *apud* TARGA et al., 2012).

$$Dn = \frac{N}{A} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:  $Dn$  = densidade de nascentes (nascentes  $\text{km}^{-2}$ );  $N$  = número de nascentes;  $A$  = área da microbacia ( $\text{km}^2$ ).

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:  $Dd$  = densidade de drenagem ( $\text{km km}^{-2}$ );  $L$  = comprimento da rede de drenagem (km);  $A$  = área da microbacia ( $\text{km}^2$ ).

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000 \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:  $Cm$  = coeficiente e manutenção ( $\text{m}^2 \text{m}^{-1}$ );  $Dd$  = densidade de drenagem ( $\text{km km}^{-2}$ ).

$$Is = \frac{L - Dv}{L} \times 100 \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:  $Is$  = índice de sinuosidade (%);  $L$  = comprimento do canal principal (km);  $Dv$  = distância vetorial do canal principal (km).

$$Tc = 57x \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:  $Tc$  = tempo de concentração (minutos);  $L$  = comprimento do talvegue principal (km);  $H$  = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (m).

Os parâmetros como ordem dos rios, densidade de nascentes, densidade de drenagem e índice de sinuosidade foram classificados de acordo com a literatura (Tabela 3).



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

**Tabela 3.** Classificação das características hidrográficas.

Parâmetro	Unidade	Classe	Límite
Ordem dos rios <sup>1</sup>	-	Rio pequeno	1-3
		Rio médio	3-6
		Rio Grande	7-10
Ordem dos rios <sup>2</sup>	Unidades	Elevada probabilidade de secar no período de estiagem	1
		Moderada probabilidade de secar durante o período de estiagem	2
		Baixa probabilidade de secar durante o período de estiagem	3
		Improvável probabilidade de secar durante a estação de estiagem	≥ 4
Densidade de nascentes <sup>3</sup>	Nascentes km <sup>-2</sup>	Baixa	< 3
		Média	3-7
		Alta	7-15
		Muito alta	> 15
Densidade de drenagem <sup>4</sup>	km km <sup>-2</sup>		< 0,50
		Baixa	0,50-
		Média	2,00
		Alta	2,00-
		Muito alta	3,50 > 3,50
Índice de sinuosidade <sup>5</sup>	%	Muito reto	< 20
		Reto	20-29
		Divagante	30-39
		Sinuoso	40-50
		Muito sinuoso	> 50

**Fonte:** <sup>1</sup>VANNOTE *et al.*, (1980); <sup>2</sup>Adaptado de FAIRFULL; WITHERIDGE (2003); <sup>3</sup>LOLLO (1995); <sup>4</sup>BELTRAME (1994); <sup>5</sup>ROMERO *et al.*, (2017).

#### 4ª Etapa - Dinâmica da cobertura da terra

Para a análise da dinâmica de cobertura da terra foram utilizadas as imagens dos satélites Landsat 5 (1985) e Landsat 8 (2021), registradas no período de julho a agosto, em função da melhor qualidade das imagens. Informações sobre as características das imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 encontram-se na Tabela 4.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

**Tabela 4.** Características das imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, utilizadas para elaboração do índice de desmatamento na microbacia do rio Gregório.

Ano	Satélite	Sensor	B	Resolução				Órbita/ Ponto
				Espectral ( $\mu\text{m}$ )	Espacial (m)	Radiométrica (bits)	Temporal (dias)	
1985	Landsat 5	TM	3	0,63-0,69	30	8	16	220/75
			4	0,76-0,90				
			5	1,55-1,75				
2021	Landsat 8	OLI	4	0,64-0,67	30	16	16	220/75
			5	0,85-0,88				
			6	1,57-1,65				

B = Banda; TM = Thematic Mapper; OLI = Operational Land Imager.

A cobertura da terra foi classificada de acordo com as principais classes da cobertura da região (agropecuária, área urbana, reflorestamento e regeneração), nos seguintes passos:

**1° Passo:** mensuração do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), com a equação 9.

$$\text{IVDN} = (\text{IP} - \text{V}) / (\text{IP} + \text{V}) \quad (\text{Equação 9})$$

Onde: IP = Infravermelho Próximo (B4 = Landsat 5; B5 = Landsat 8); V = vermelho (B3 = Landsat 5; B4 = Landsat 8).

**2° Passo:** coleta de 40 amostras de pixels em cada imagem IVDN, 10 para cada classe de cobertura da terra.

**3° Passo:** divisão da imagem IVDN em classes com a ferramenta “slicer”, e conversão da imagem matricial gerada para formato vetorial, com a ferramenta “poligonizar”.

**4° Passo:** comparação da imagem classificada com a imagem falsa cor (R5G4B3 para o Landsat 5, e R6G5B4 para o Landsat 8).

A zona ripária foi delimitada com a ferramenta “Buffer”, considerando 50 m de raio nas nascentes localizadas na zona rural e 30 m de raio na zona urbana, e uma faixa de 30 m de cada lado dos rios, conforme o estabelecido pela Lei nº 12.651 de 2012 (BRASIL, 2012).



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

### 5º Passo: Elaboração dos mapas

Para auxiliar a interpretação dos resultados, foram elaborados os mapas de altitude, relevo, rede e ordem de drenagem, distribuição espacial das nascentes, dinâmica espacial e temporal da cobertura da terra na microbacia e na zona ripária, utilizando a ferramenta “novo compositor de impressão”, e o Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84. Já para a geração dos mapas de complexidade da microbacia, foi aplicado o *script* CompPlex Janus (MATTOS *et al.*, 2021; MATTOS *et al.*, 2022) para as mesmas imagens utilizadas para avaliar a dinâmica de cobertura da terra. Para tanto, foi usada uma janela móvel de 5 x 5 pixels, a qual permitiu calcular a entropia do sistema (He), medida de variabilidade (He/Hmax) e as medidas baseadas em funções convexas da entropia informacional LMC (LÓPEZ-RUIZ *et al.*, 1995) e SDL (SHINER *et al.*, 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Características geométricas

A microbacia do Córrego do Gregório tem área de 18,86 km<sup>2</sup>, perímetro de 29,07 km e comprimento do eixo da microbacia de 8,81 km. Já o coeficiente de compacidade, fator forma e índice de circularidade foram, respectivamente: 1,55, 0,24 e 0,41. O fator de forma e o coeficiente de compacidade indicaram que a microbacia não seria, em condições naturais, sujeita a enchentes (Tabela 1). No entanto, o processo de urbanização e impermeabilização da terra modificaram as características naturais da microbacia aumentando as enchentes no entorno da calha do córrego do Gregório. O problema foi agravado pelas mudanças climáticas que modificam a intensidade e a localização das chuvas, isto é, atualmente há uma alta quantidade de chuvas em locais específicos. Soluções a curto prazo como a construção de piscinões, aumento da calha do córrego, melhoria no sistema de drenagem e redução na quantidade de lixo jogado no córrego podem auxiliar na redução da inundação a curto prazo. Todavia, associados aos métodos tradicionais de combate às enchentes descritos anteriormente devem ser associados a soluções de longo prazo como a gestão sustentável das bacias hidrográficas. A gestão sustentável tem como objetivo a recuperação de áreas naturais de retenção da água e mata ciliar, reflorestamento e políticas públicas com ações de educação ambiental e monitoramento ambiental permanente das áreas susceptíveis a processos de inundação (TUCCI, 2005).

### Características Topográficas

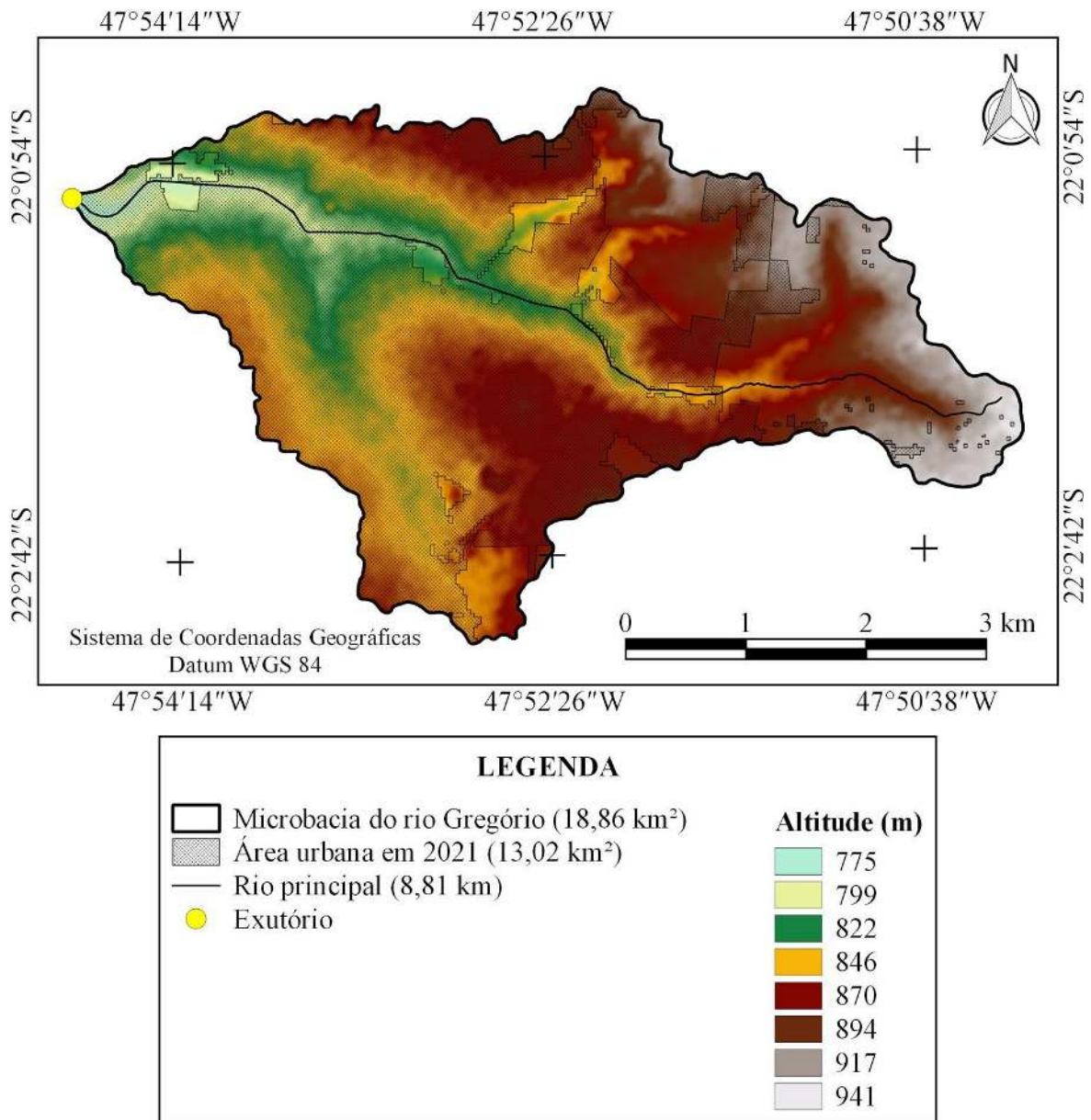
Os valores de altitude variaram de 775 a 941 m (Figura 2), com média de 861 m e amplitude altimétrica de 166 m. Este fator topográfico influencia a temperatura e a precipitação pluviométrica (VILLELA; MATTOS, 1975), e, conseqüentemente, a adaptabilidade ambiental de plantas com potencial agropecuário. Nesta faixa de altitude, por exemplo, podem ser encontradas espécies como soja (*Glycine max* L.), milho (*Zea mays* L.) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) (BOURKE,



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

2010), espécies estas que já são cultivadas no município de São Carlos/SP, desde o ano de 1994 (IBGE, 2020).



**Figura 2.** Altitude da microbacia do rio Gregório, São Paulo, Brasil.

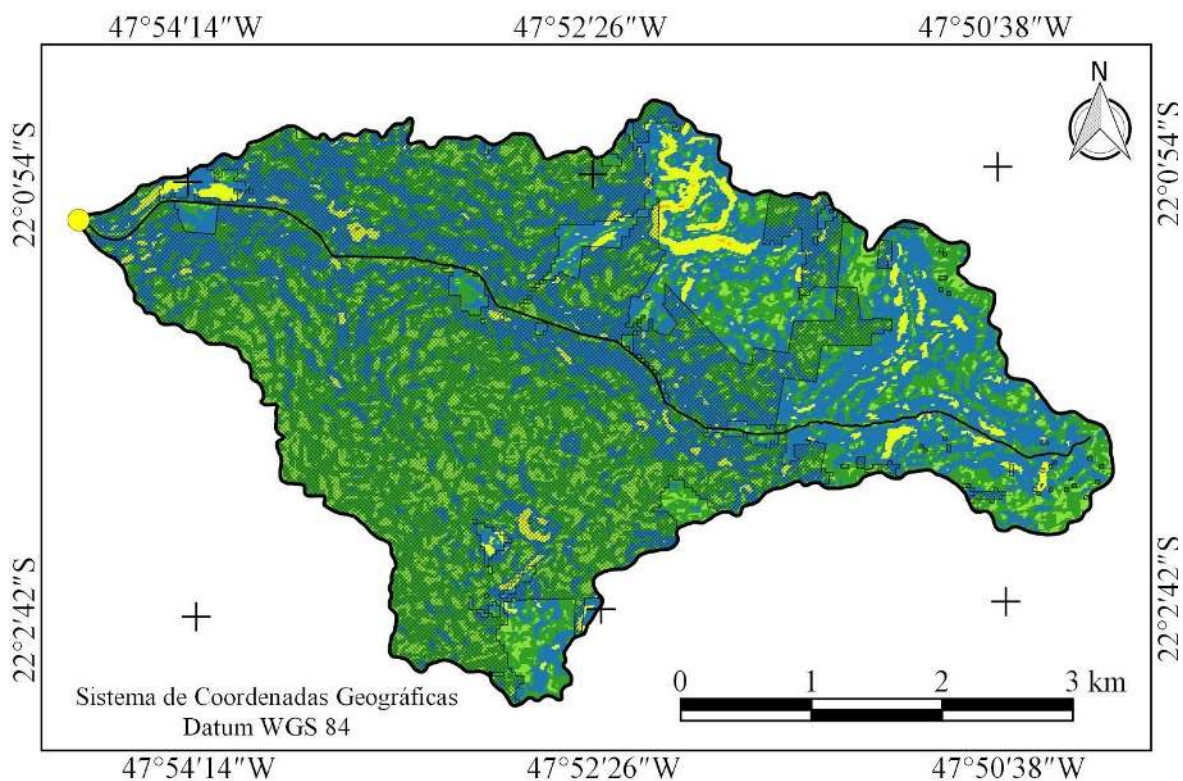
A declividade variou de 0 a 55%, formando desde relevos planos a montanhosos, com predominância das classes suave ondulado (43,80%) e ondulado (38,23%) (Figura 3). O aumento da inclinação do terreno eleva a velocidade de escoamento superficial, sendo observado que a velocidade passa de lento ou médio nas classes de relevo plano e suave ondulado (declividade de 0 a 8%), para rápido a muito rápido nas classes de montanhoso a escarpado (declividade >45%) (LEPSCH et al.,



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

2015). Logo, o aumento da declividade favorece o escoamento superficial e a formação de enchentes nas cotas mais baixas do relevo, sendo recomendado a adoção de práticas conservacionistas nos sistemas agropecuários que estão localizados na microbacia, principalmente nas regiões mais íngremes. As práticas conservacionistas como construção de terraços, plantios em contorno e cultivos em faixa, aumentam a capacidade de infiltração de água no solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014), reduzindo, conseqüentemente, a suscetibilidade de enchentes. Essas práticas também permitem a regularização da vazão dos cursos d'água ao longo do ano, principalmente na estação seca, sendo benéfica, portanto, para a manutenção da qualidade do ecossistema aquático.



LEGENDA			
	Declividade	Relevo	Área
	-- % --		km <sup>2</sup> e %
Microbacia do rio Gregório (18,86 km <sup>2</sup> )	0-3	Plano	2,60 e 13,79
Área urbana em 2021 (13,02 km <sup>2</sup> )	3-8	Suave ondulado	8,26 e 43,80
Rio principal (8,81 km)	8-20	Ondulado	7,21 e 38,23
Exutório	20-45	Forte ondulado	0,78 e 4,14
	45-55	Montanhoso	0,01 e 0,05

Figura 3. Relevo da microbacia do rio Gregório, São Paulo, Brasil.

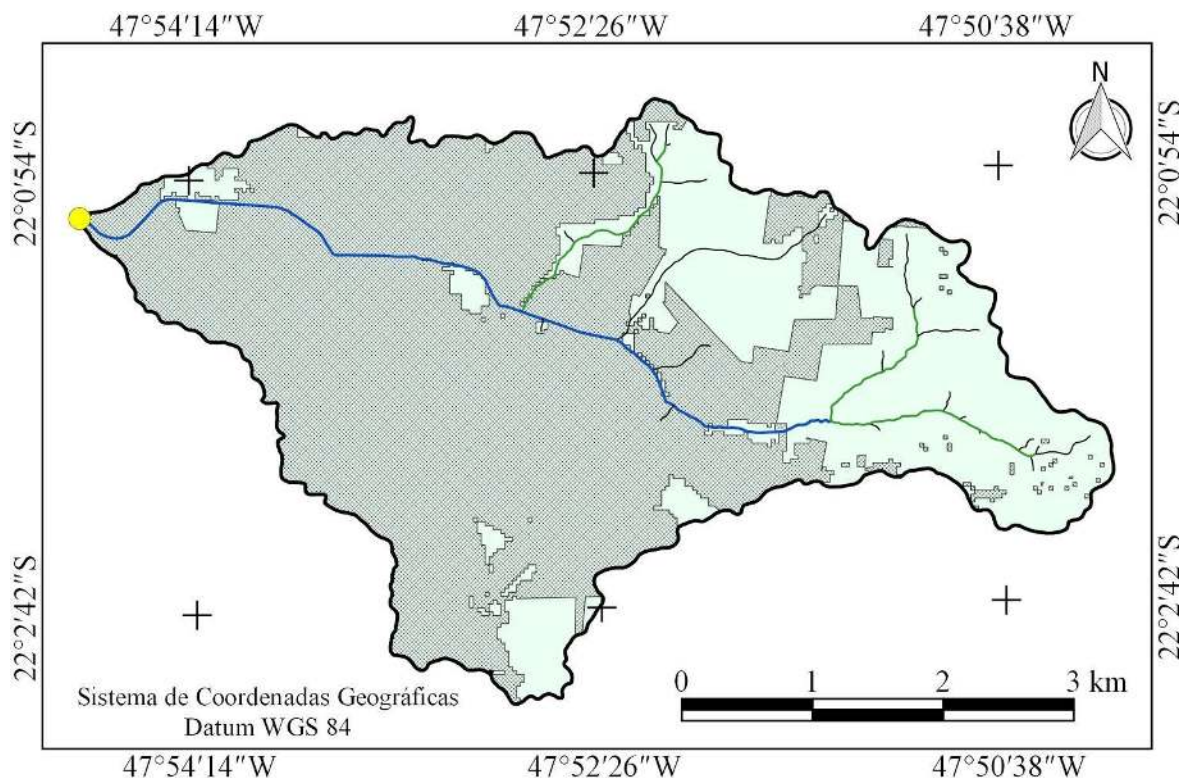


## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

### Características hidrográficas

A microbacia tem rede de drenagem de 17,86 km, padrão de drenagem dendrítico de 3ª ordem (Figura 4), 21 nascentes (Figura 5), 1,11 nascentes km<sup>2</sup>, densidade de drenagem de 0,95 km km<sup>-2</sup>, coeficiente de manutenção de 1.056 m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>, índice de sinuosidade de 10,22% e tempo de concentração de 1,66 h. Esses resultados denotam que a microbacia tem boa distribuição espacial dos recursos hídricos, um rio principal de porte pequeno, moderadas condições para habitação de peixes, baixa densidade de nascentes, média densidade de drenagem, canal principal muito reto, alto coeficiente de manutenção e baixo tempo de concentração.



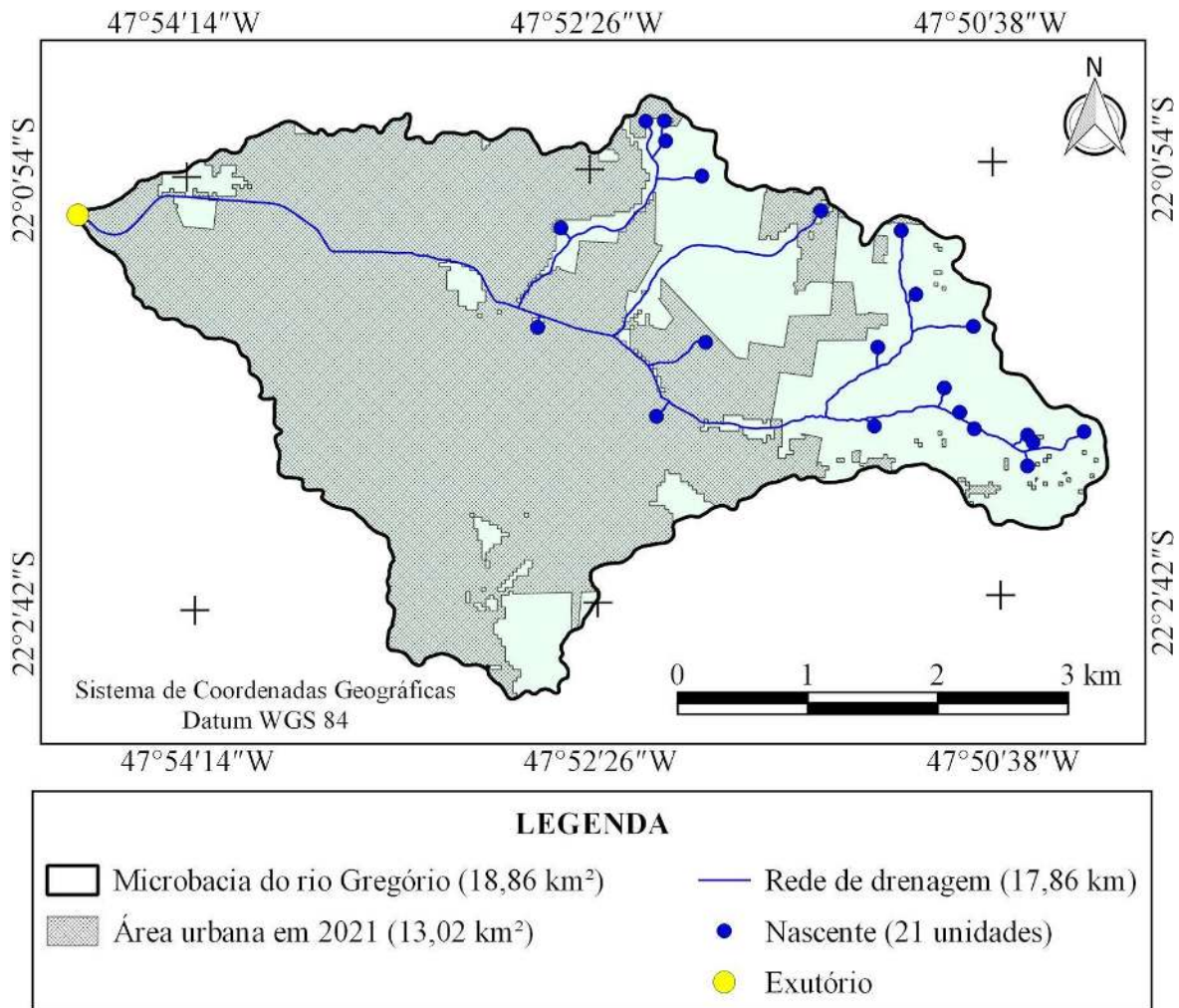
LEGENDA		
	Microbacia do rio Gregório (18,86 km <sup>2</sup> )	
	Área urbana em 2021 (13,02 km <sup>2</sup> )	
	Exutório	
		<b>Rede de drenagem</b>
	<b>Ordem</b>	<b>Comprimento (km e %)</b>
	— 1	6,36 e 35,61
	— 2	4,89 e 27,38
	— 3	6,61 e 37,01

**Figura 4.** Rede e ordem de drenagem da microbacia do rio Gregório, São Paulo, Brasil.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Ânderson Fulan



**Figura 5.** Distribuição espacial das nascentes da microbacia do rio Gregório, São Paulo, Brasil.

O padrão de drenagem dendrítico permite uma drenagem homogênea na microbacia, contudo, a alteração da rede de drenagem decorrente da urbanização e construção de canais pode modificar essa dinâmica. Geralmente, o controle das cheias urbanas é realizado por meio da canalização dos trechos críticos, mas no ato da construção é comum levar em consideração apenas o trecho da bacia onde está ocorrendo o problema, transferindo a inundação de um lugar para outro na bacia (TUCCI *et al.*, 2001). Esse problema pode ser observado na microbacia em estudo, mais precisamente na região onde está localizado o shopping Iguatemi São Carlos.

As densidades de nascentes e drenagem indicam baixa capacidade de manutenção dos recursos hídricos e média capacidade de drenagem das águas provenientes das chuvas. Destaca-se que na microbacia pode ser observada a ausência de rios e nascentes na região sul (Figura 5), indicando a possível ocupação de zonas ripárias, consideradas como Áreas de Preservação Permanente pelo Código Florestal Brasileiro, antigo (BRASIL, 1969) e novo (BRASIL, 2012). Portanto, nessa região tende a haver acúmulo de água em períodos de precipitações intensas e prolongadas,



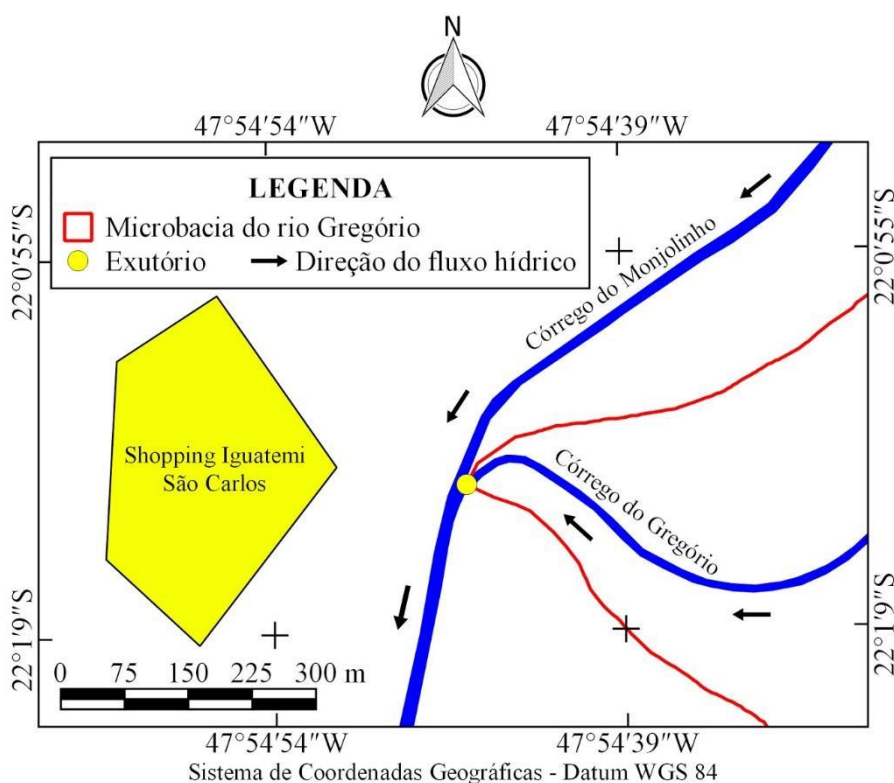
## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

devido a dois fatores: 1) impermeabilização da terra, incluindo nas cotas mais baixas; e 2), formação de barreiras físicas que retardam o fluxo hídrico.

O coeficiente de manutenção comprova a necessidade de 1.056,0 m<sup>2</sup> de área para a manutenção de cada metro de curso d'água. O alto valor para este coeficiente comprova a importância da adoção de práticas de manejo da terra e uso de infraestrutura verde que favoreçam a infiltração de água no solo, auxiliando na conservação do ecossistema aquático.

A formação de um canal muito reto associado ao baixo tempo de concentração também favorece a formação de enchentes na região do Shopping Iguatemi São Carlos. O canal principal do córrego Gregório se encontra com o canal principal do córrego Monjolinho (exutório), em frente ao Shopping (Figura 6), ocasionando o acúmulo de água nessa região e o extravasamento do canal em direção ao Shopping. As precipitações do município de São Carlos geralmente ultrapassam o tempo de 1,66 h (PFAFSTETTER, 1957 *apud* CAVALCANTI *et al.*, 2015), sendo maiores que o tempo de concentração da microbacia, logo, é comum toda a área da microbacia contribuir simultaneamente com o escoamento superficial e a formação de enchentes.



**Figura 6.** Direção do fluxo hídrico dos córregos Gregório e Monjolinho, e localização do Shopping Iguatemi São Carlos.

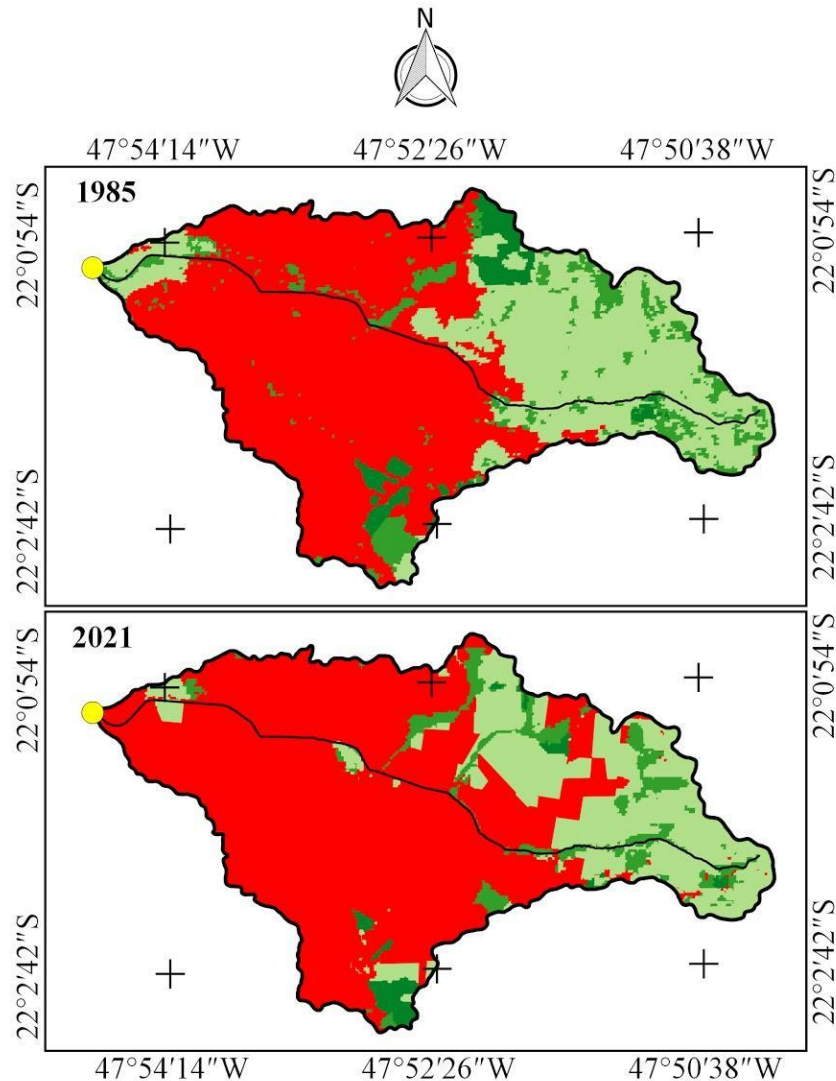


## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

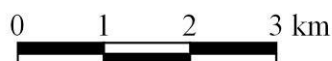
EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

### Dinâmica espacial e temporal da cobertura do solo

No período de 1985 a 2021, ocorreu o aumento da área urbana e a redução das áreas de agropecuária, regeneração e reflorestamento na microbacia (Figura 7).



LEGENDA			
	Microbacia do rio Gregório (18,86 km <sup>2</sup> )	<b>Cobertura do solo</b>	<b>1985 2021</b>
	Rio principal (8,81 km)		<b>- Área (km<sup>2</sup>) -</b>
	Exutório		Agropecuária 5,43 4,15
			Regeneração 1,61 1,31
			Reflorestamento 0,70 0,39
			Área urbana 11,12 13,02



Sistema de Coordenadas Geográficas  
Datum WGS 84

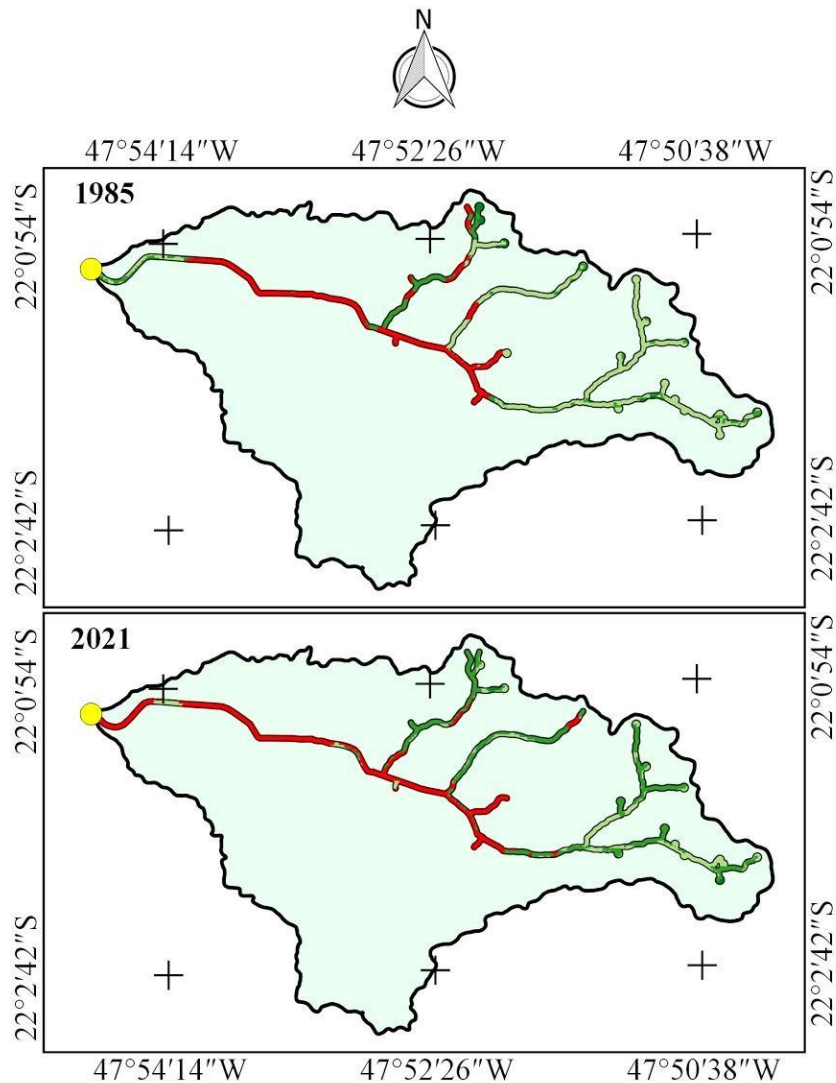
**Figura 7.** Dinâmica da cobertura da terra na microbacia do rio Gregório, São Paulo, Brasil.










## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Ânderson Fulan

Na zona ripária ocorreu o aumento da área urbana e da área de regeneração, e a redução das áreas de agropecuária e reflorestamento, no período de 1985 a 2021 (Figura 8).



LEGENDA			
	Microbacia do rio Gregório (18,86 km <sup>2</sup> )	<b>Cobertura do solo</b>	<b>1985 2021</b>
	Rio principal (8,81 km)		<b>- Área (km<sup>2</sup>) -</b>
	Exutório		Agropecuária 0,55 0,22
			Regeneração 0,21 0,48
			Reflorestamento 0,03 0,01
			Área urbana 0,33 0,39

0 1 2 3 km

Sistema de Coordenadas Geográficas  
Datum WGS 84

**Figura 8.** Dinâmica da cobertura da terra na zona ripária da microbacia do rio Gregório, São Paulo, Brasil.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

A vegetação nativa desempenha papéis eco hidrológicos distintos, de acordo com sua posição no relevo: abastecimento do lençol freático (topo dos morros), contenção do escoamento superficial e erosão da terra (encostas), manutenção da qualidade da água (zonas ripárias) e elementos auxiliares a todas as funções citadas (intervalos) (TAMBOSI *et al.*, 2015). Portanto, o atual cenário (2021) da cobertura da terra na microbacia e zona ripária do córrego Gregório denota a formação de problemas relacionados a disponibilidade e a qualidade hídrica.

Com relação à disponibilidade hídrica, tende a ocorrer picos de cheias após períodos de precipitações intensas e maiores que o tempo de concentração da microbacia, devido à elevação do escoamento superficial, ocasionado, principalmente, pela impermeabilização da terra na área urbana e a redução da capacidade de infiltração de água no solo nos sistemas agropecuários. Em trabalho realizado por Mancuso *et al.*, (2014), foram constatadas taxas médias de infiltração de 34,90, 79,98 e 370,33 mm h<sup>-1</sup> para solo exposto, gramado e floresta nativa, respectivamente, confirmando a redução da capacidade de infiltração de água e o aumento da taxa de escoamento superficial após a conversão de uso da terra, de vegetação nativa para outros usos. Por outro lado, no período de estiagem, tendem a ocorrer problemas associados ao déficit hídrico, uma vez que parte da água que deveria ter se infiltrado no solo para manter a perenidade dos cursos d'água no período seco foi perdida por escoamento superficial no período das chuvas.

Do ponto de vista da qualidade da água, a vegetação nativa atua como um filtro natural, retendo sedimentos, contaminantes e poluentes provenientes das cotas mais elevadas do terreno (TAMBOSI *et al.*, 2015). Logo, a ausência de vegetação nativa em mais de 90% da zona ripária (Figura 8), confirma a falta desse filtro na maior parte dos recursos hídricos da região, e levanta questionamentos sobre a possível contaminação e poluição da água.

### Mapas de complexidade

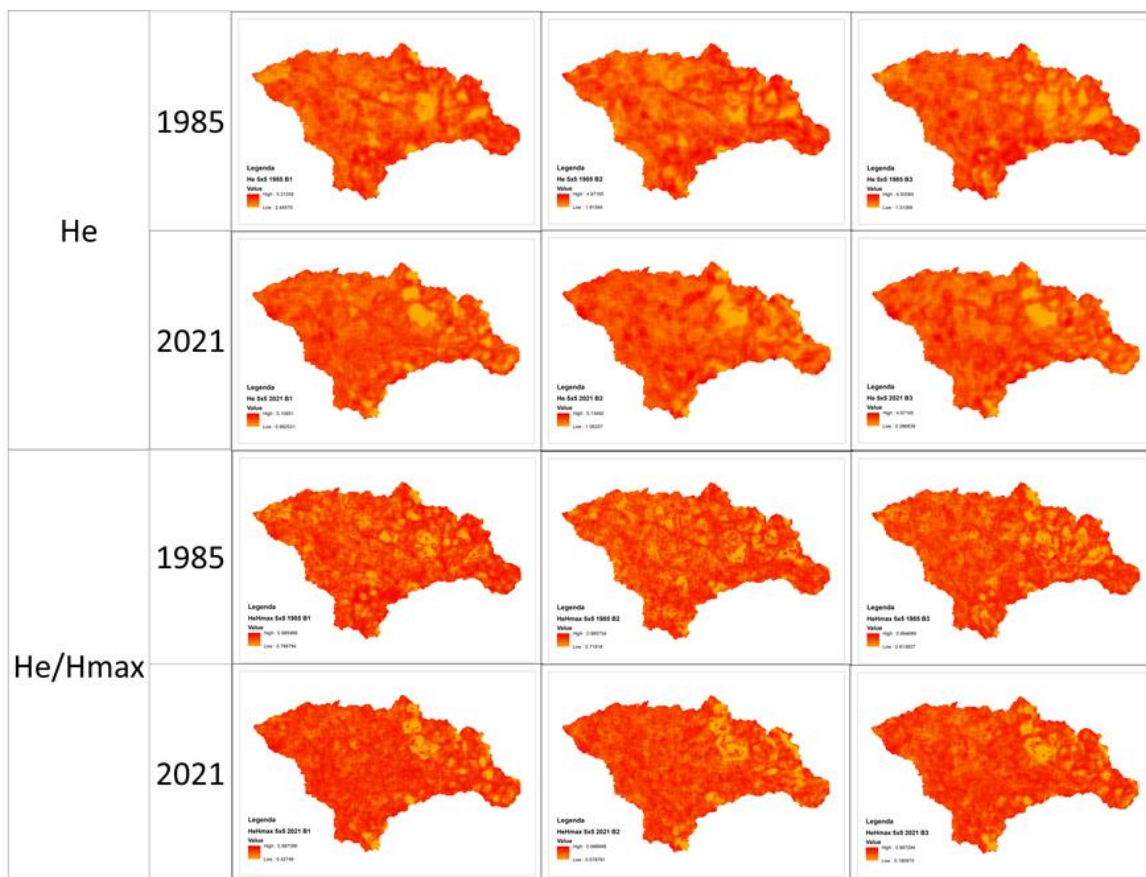
As medidas He e He/Hmax associam valores mais altos a padrões mais desordenados presentes na paisagem. Sendo assim, pode-se observar na comparação entre mapas gerados para as imagens de diferentes anos, mas para a mesma medida e mesma banda, que há uma tendência de aumento na frequência de valores mais altos para as medidas (representados por tons mais escuros de vermelho) entre 1985 e 2021 (Figura 9). Especialmente para a medida de variabilidade He/Hmax, percebe-se que a presença de padrões ordenados (representados pelos tons mais claros de laranja) são encontrados em grandes agrupamentos ('clusters') ao longo de toda a microbacia nos mapas de 1985, enquanto para os mapas de 2021 a concentração desses agrupamentos de padrões mais ordenados restringem-se mais ao alto curso da microbacia, na qual, conforme mostrado no mapa de cobertura da terra (Figura 9), representa uma região onde predominam atualmente áreas de regeneração da vegetação, reflorestamento e uso agropecuário. Assim, para o médio e baixo curso da microbacia, a intensificação e a expansão da área urbana entre os anos analisados, os quais são



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Ânderson Fulan

processos geradores de padrões mais desordenados, ficam evidenciadas pela presença preponderante de grandes agrupamentos de valores altos para as medidas He e He/Hmax.



**Figura 9.** Mapas de complexidade das medidas He e He/Hmax gerados pelo *script* CompPlex Janus a partir de imagens Landsat de 1985 e 2021 da microbacia hidrográfica do Córrego do Gregório (São Carlos - SP). OBS: Da esquerda para a direita, são apresentados os mapas gerados para as bandas 1, 2 e 3, respectivamente. Tons mais escuros de vermelho no mapa representam valores mais altos para a respectiva medida, enquanto os valores mais baixos são representados pelos tons mais claros de laranja.

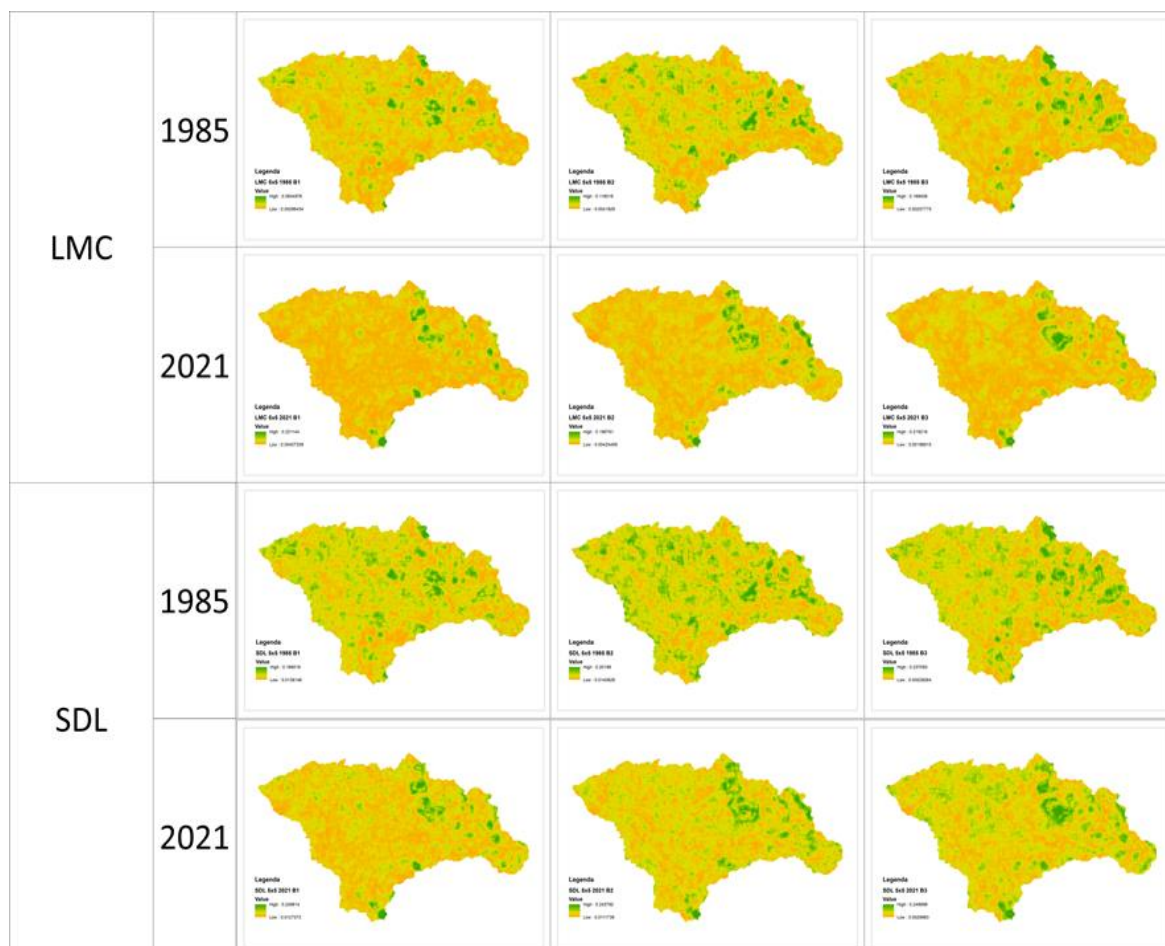
Tal comportamento é ainda mais evidente nos mapas de complexidade gerados a partir das medidas LMC e SDL (Figura 10), nos quais se pode observar uma diminuição significativa no médio e baixo curso da microbacia de áreas com valores elevados para ambas medidas (tons mais escuros de verde), os quais representam padrões com heterogeneidade espacial intermediária. Conforme aponta Parrott (2010), são justamente nessas áreas situadas entre padrões ordenados e desordenados é que são encontrados os padrões de maior complexidade em uma paisagem. Mattos et al., (2022) sugerem que o nível de complexidade de uma unidade da paisagem pode ser indicativo do seu grau de integridade ecológica e resiliência. Os resultados obtidos para os mapas de complexidade evidenciaram, assim, como essa possível perda de integridade ecológica e resiliência reflete os efeitos



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Ânderson Fulan

da urbanização e da expansão agrícola na dinâmica da bacia, especialmente nos eventos de enchentes que têm sido cada vez mais frequentes e intensos nas últimas décadas.



**Figura 10.** Mapas de complexidade das medidas LMC e SDL gerados pelo *script* CompPlex Janus a partir de imagens Landsat de 1985 e 2021 da microbacia hidrográfica do Córrego do Gregório (São Carlos - SP). OBS: Da esquerda para a direita, são apresentados os mapas gerados para as bandas 1, 2 e 3, respectivamente. Tons mais escuros de verde no mapa representam valores mais altos para a respectiva medida, enquanto os valores mais baixos são representados pelos tons mais claros de laranja.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o aumento da urbanização na cidade de São Carlos (SP), o Córrego do Gregório passou a ser canalizado e, conseqüentemente, por falta de infraestrutura e gestão, surgiram diversos problemas de drenagem ao longo dos anos, que faz com que o rio não tenha espaço adequado para escoar, e acabe acumulando nas regiões centrais da cidade.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sergio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

A microbacia do Córrego do Gregório não estaria sujeita a enchentes do ponto de vista geométrico, ou seja, a tendência da microbacia em seu estado natural, sem ações antrópicas, era para ser totalmente diferente do que ocorre no cenário atual na cidade, visto que com pouco tempo de pluviosidade e um volume razoável, o Córrego transborda.

Ademais, com os mapas de complexidade, é possível avaliar que a urbanização e a expansão agrícola levaram à diminuição na complexidade espacial da bacia com o passar dos anos, ocasionando na possível perda de sua integridade ecológica.

Diante do cenário atual (2021), recomenda-se a adoção de estratégias integradas para favorecer a infiltração de água no solo, reduzir o escoamento superficial e evitar a ocupação de novas áreas suscetíveis a enchentes. Dentre as estratégias, destacam-se a execução de projetos na área urbana, como a arborização, substituição de áreas com calçadas por grama, criação de parques municipais nas zonas ripárias, restauração florestal na zona ripária, atualização e execução do plano diretor, e na zona rural, como adoção de práticas conservacionistas nos sistemas agropecuários (ex: construção de terraços, plantio em contorno e faixas de vegetação permanentes) e Pagamento por Serviços Ambientais por áreas de florestas nativas.

### AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Cláudio Bielenki Júnior pela elaboração dos mapas de complexidade.

### REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 11-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ASF - Alaska Satellite Facility. **Imagem altimétrica**. Fairbanks, AK: ASF, 2021. Disponível em: <https://www.asf.alaska.edu/>. Acesso em: 15 dez. 2021.

BARROS, R. M.; MENDIONDO, E. M.; WENDLAND, E. Cálculo de Áreas Inundáveis Devido a Enchentes para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de São Carlos (PDDUSC) na Bacia Escola do Córrego do Gregório. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, p. 5-17, 2007.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis-SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.

BERNEGOSSI, A. C.; OGURA, A. P.; GUEDES, D. F.; MARQUES, J. P.; KANASHIRO, M. M. Rios urbanos - Estudo de caso do córrego do Gregório, São Carlos, São Paulo: Diagnóstico e Prognóstico. **SemEAR**, v. 3, n. 1, p. 126-133, 2015.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Editora Ícone, 2014.

BOURKE, R. M. Altitudinal limits of 230 economic crop species in Papua New Guinea. In: HABERLE, S. G.; STEVENSON, J.; PREBBLE, M. (eds). **Altered Ecologies: Fire, Climate and Human Influence on Terrestrial Landscapes**. Terra Australia 32. ANU E-Press. Canberra, Australian: The Australian National University, 2010. p. 473-512.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Ânderson Fulan

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Revogada pela Lei nº 12.651, de 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4771.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm). Acesso em: 21 fev. 2022.

CAVALCANTI, D. L. O.; SILVA, D. F.; REIS, L. F. R. Análises preliminares de dados de monitoramento das bacias urbanas do município de São Carlos-SP. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 1-8, 2015. **Anais [...]** Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Brasília, Brasil.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo - SP: Edgard Blucher, 1980.

ESTEVES, R. L.; MENDIONDO, E. M. Análise comparativa entre equações e observações do tempo de concentração em uma bacia urbana de São Carlos, SP. **Anais [...]** Curitiba: ABRH, 2003.

FAIRFULL, S.; WITHERIDGE, G. **Why do Fish Need to Cross the Road? Fish Passage Requirements for Waterway Crossings**. Sydney: NSW Fisheries, 2003.

G1. **Chuva forte em São Carlos causa alagamentos e interdita rotatória do Cristo e Praça Itália** Nome do jornal, cidade de publicação, dia, mês e ano. São Paulo: G1, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2021/10/27/video-chuva-forte-em-sao-carlos-causa-alagamentos-e-interdita-rotatoria-do-cristo-e-praca-italia.ghtml>. Acesso em: 20 fev. 2022.

HORTON, R. E. Drainage basin characteristics. **Transactions, American Geophysical Union**, v. 13, n. 1, p. 350-361, 1932. DOI: <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2010**. Área territorial brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-carlos.html>. Acesso em: 13 mar. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2010**. Brasília: IBGE, 2010. Disponível em: Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-carlos.html>. Acesso em: 01 dez. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Estimativas da população residente com data de referência 10 de julho de 2020**. Brasília: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-carlos.html>. Acesso em: 13 mar. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal (1974 a 2020)**. Brasília: IBGE, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 12 mar. 2022.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de Imagens**. São José dos Campos: INPE, 2021. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 01 nov. 2021.

LEPSCH, I. F.; ESPINDOLA, C. R.; VISCHI FILHO, O. J.; HERNANI, L. C.; SIQUIERA, D. S. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

LIMA JÚNIOR, J. C.; VIEIRA, W. L.; MACÊDO, K. G.; SOUZA, S. A.; NASCIMENTO, F. A. L. Determinação das características morfométricas da sub-bacia do Riacho Madeira Cortada, Quixelô, CE. VII Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação - CONNEPI. **Anais [...]** 1-7, 2012. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Palmas, Brasil.

LIMA JÚNIOR, J. C.; VIEIRA, W. L.; MACÊDO, K. G.; SOUZA, S. A.; NASCIMENTO, F. A. L. Determinação das características morfométricas da sub-bacia do Riacho Madeira Cortada, Quixelô, CE. VII Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação - CONNEPI. **Anais [...]**, 1-7, 2012. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Palmas, Brasil.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico:** sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. 1995. Tese (Doutorado em Engenharia Geotécnica) - Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 1995.

MANCUSO, M. A.; FLORES, B. A.; ROSA, G. M. SCHROEDER, J. K.; PRETTO, P. R. P. Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana. **Revista Monografias Ambientais, Santa Maria**, v. 14, n.1, Edição Especial p. 2890–2998, 2014.

MATTOS, S. H. V. L.; VICENTE, L. E.; VICENTE, A. K.; BIELENKI JR., C.; MORAES, M. C.; CORDEIRO, G. L.; PIQUEIRA, J. R. C. Metrics based on information entropy to evaluate landscape complexities. In: LÓPEZ-RUIZ, R. **Theory of Complexity: definitions, models, and applications.** London: IntechOpen, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.96976>.

MATTOS, S. H. V. L.; VICENTE, L. E.; VICENTE, A. K.; BIELENKI JUNIOR, C.; PIQUEIRA, J. R. C. Metrics based on information entropy applied to evaluate complexity of landscape patterns. **PLoS One**, v. 17, p. e0262680, 2022.

MENDES, H. C.; MENDIONDO, E. M. Histórico da Expansão Urbana e Incidência de Inundações: O Caso da Bacia do Gregório, São Carlos - SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 1, p. 17-27, 2007.

PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. **Photogrammetric Engineering**, v. 16, p. 387-408, 1950.

ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 2, p. 320-340, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X26411>

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: Instituto Florestal, 2017. 118 p. Disponível também em: <http://www.iflorestal.sp.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2022.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4136/1980-993X>

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

SHINER, J.; DAVISON, M.; LANDSBERG, P. Simple measure for complexity. **Physical Review E**, v. 59, n. 2, p.1459-64, 1999.

SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão.** 2012. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, SP, 2012.

SOARES, P. V. **As interrelações de elementos do meio físico natural e modificado na definição de áreas potenciais de infiltração na porção paulista da bacia do rio Paraíba do Sul.** 2005. 192 p. 2005. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP, 2005. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/287601>. Acesso em: 13 mar. 2022.

TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. B.; METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, 151-162, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200010>.



**RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR**  
**ISSN 2675-6218**

EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO  
EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL  
Danielly de Oliveira Fornaziero, Jhony Vendruscolo, Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos, João Anderson Fulan

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. D.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 2, p. 120-142, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4136/1980-993X>.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Brasília-DF: Ministério das Cidades, Global Water Partnership, World Bank, Unesco, 2005.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília-DF: UNESCO, 2001. 156 p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; PARESCHI, D. C.; LUZIA, A. P.; VON HAELING, P. H.; FROLLINI, E. H. A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 159-172, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200010>.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, p. 130-137, 1980. DOI: <https://doi.org/10.1139/f80-017>

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo-SP: McGraw-Hill, 1975.