

# CPAM 2024

SÃO PAULO-SP - 19 A 23 DE AGOSTO  
CONFERÊNCIA PAN-AMERICANA DE METEOROLOGIA

## Ferramenta de suporte para a ocorrência de inundações usando dados de radar e previsões de umidade do solo.

Thaísa Giovana Lopes<sup>1</sup>, Demerval Soares Moreira<sup>2</sup>, Luiz Fernando Sapucci<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Rodovia Presidente Dutra, km 40, Cachoeira Paulista, SP. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. thaísa.lopes@inpe.br

<sup>2</sup>Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Vargem Limpa, Faculdade de Ciências de Bauru, SP. Universidade Estadual Paulista. demerval.moreira@unesp.br

<sup>3</sup>Rodovia Presidente Dutra, km 40, Cachoeira Paulista, SP. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. luiz.sapucci@inpe.br



São Paulo-SP  
**CPAM 2024**  
Conferência Pan-Americana de Meteorologia  
Simpósio em Clima, Água, Energia e Alimentos  
19 a 23 de agosto

## INTRODUÇÃO

As inundações urbanas são caracterizadas pelo transbordamento da água excedente não comportada pelo leito principal do rio que atinge áreas urbanas próximas a ele, sendo muitas vezes influenciadas por chuvas intensas. São agravadas pela impermeabilização do solo, e por alterações nos padrões de chuvas, como duração, intensidade e frequência das chuvas (Drumond et al., 2023).

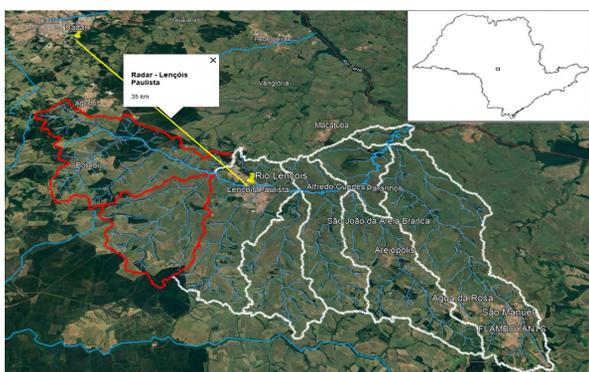
Em vez de se extrapolar volumes de precipitação, é possível estimar tais volumes com boa qualidade utilizando dados de radares meteorológicos. (Calvetti et al., 2009).

Desse modo, este trabalho propôs estabelecer um Índice de Probabilidade de Inundação (IPI) na cidade de Lençóis Paulista, logo que o radar do IPMet realize o monitoramento das sub-bacias hidrográficas que deságuam nos locais onde ocorrem inundações na referida cidade.

## DADOS E METODOLOGIA

Para a obtenção do Índice de Probabilidade de Inundação (IPI) foram selecionados cinco registros de inundação. Também foram escolhidos cinco casos em que não houve registro de inundação, mas as quantidades de chuva foram similares às registradas nos dias quando ocorreram as inundações.

Para obter a estimativa do volume médio de chuva e da umidade do solo média na região de interesse, foi criada uma máscara para representar a área das duas sub-bacias do Rio Lençóis, as quais influenciam as ocorrências de inundações no centro urbano de Lençóis Paulista (contorno em vermelho na Fig. 1).



**Figura 1** - Bacia hidrográfica do Rio Lençóis (área delimitada em vermelho e branco), com destaque para as sub-bacias (contorno em vermelho) e a distância entre o Radar de Bauru e a cidade de Lençóis Paulista - SP (linha amarela). Fonte: Autoria própria e mapa do Google Earth.

## RESULTADOS

Baseando-nos nas análises da precipitação e da umidade do solo, foi observado que essas variáveis foram as que mais contribuíram para a ocorrência das inundações. As equações (1) e (2) foram utilizadas para o cálculo do IPI.

$$x_i = a \frac{Z1_i}{Z1} + b \frac{Z2_i}{Z2} + c \frac{Z3_i}{Z3} + d \frac{US2_i}{US2} + e \frac{PA12_i}{PA12} + f \frac{PA24_i}{PA24} + g \frac{PA36_i}{PA36} + h \frac{PA48_i}{PA48} + j \frac{PP_i}{PP} \quad (1)$$

$$IPI_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (2)$$

**Tabela 1** - Coeficientes e  $x_{min}$  e  $x_{max}$

Coeficientes										
a	b	c	d	e	f	g	h	j	$x_{min}$	$x_{max}$
0,12	0,01	0,50	0,14	0,07	0,11	0,01	0,04	0,01	0,71	1,15

**Tabela 2** - IPI para os eventos com e sem inundação. <sup>1</sup> Casos utilizados para a obtenção do IPI.

	Casos	IPI
Com inundação	12/01/2016	1,581
	05/02/2017 <sup>1</sup>	0,723
	11/01/2018 <sup>1</sup>	0,345
	10/02/2020 <sup>1</sup>	1,000
	30/12/2021 <sup>1</sup>	0,346
	31/01/2022 <sup>1</sup>	1,000
Sem inundação	18/02/2023	0,924
	18/01/2017	0,304
	20/02/2019 <sup>1</sup>	0,232
	19/12/2019 <sup>1</sup>	0,268
	16/12/2020 <sup>1</sup>	0,140
	29/12/2020 <sup>1</sup>	0,343
	17/12/2021 <sup>1</sup>	0,000
	15/01/2022	0,574

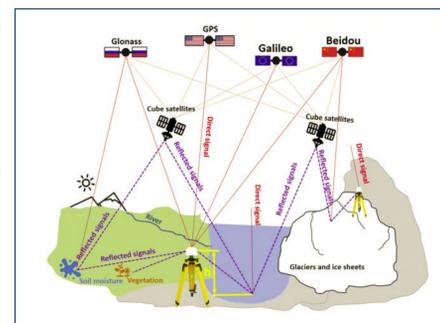
**Tabela 3** - Chance de ocorrência de inundações em Lençóis Paulista - SP em função do Índice de Probabilidade de Inundação (IPI) e ocorrência de casos contabilizados dentre os analisados.

Índice de Probabilidade de Inundação (IPI)	Chance de ocorrência de inundação	Ocorrência de casos	
		dentre os 7 com Inundação	dentre os 7 sem Inundação
IPI < 0,20	Improvável	0	2
0,20 ≤ IPI < 0,40	Baixo	2	4
0,40 ≤ IPI < 0,60	Moderado	0	1
0,60 ≤ IPI < 0,80	Alto	1	0
IPI ≥ 0,80	Muito Alto	4	0

## CONCLUSÃO

As condições de umidade do solo antecedentes a cada evento mostrou-se como um fator importante na determinação da ocorrência, ou não, de inundação na cidade, uma vez que o maior coeficiente encontrado pelo método numérico foi para essa variável. As intensidades e duração das precipitações próximas que antecederam os dias dos eventos também tiveram peso considerável no acontecimento da inundação.

Em continuação dessa pesquisa, pretende-se utilizar dados de umidade do solo obtidos por técnica de reflectometria GNSS (*Global Navigation Satellite System*) para avaliar os modelos de umidade do solo no contexto do modelo comunitário MONAN (*Model for Ocean-laNd-Atmosphere predictioN*), com objetivo de aumentar seu desempenho em ferramentas de alertas, como o IPI, bem como outros índices indicadores de eventos extremos.



<https://www.gim-international.com/content/article/assessing-environmental-changes-with-gnss-reflectometry>

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - Proc. 2023/00082-9), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processo N. 304388/2022-0) e ao IPMet, pelo apoio à essa pesquisa.

Para a versão digital do poster aponte seu celular para esse QRcode



## DESTAQUE DO TRABALHO

Desenvolvimento de um Índice de Probabilidade de Inundação (IPI) como ferramenta de previsão e alerta para possíveis ocorrências de inundação na cidade de Lençóis Paulista-SP