

# MODELAGEM ESTOCÁSTICA NÃO ESTACIONÁRIA DE NÍVEIS MÁXIMOS ANUAIS DO GUAÍBA RIO GRANDE DO SUL

Grasielle da Silva Fraga <sup>1</sup> ; Olavo Correa Pedrollo <sup>2</sup> & Guilherme Fernandes Marques <sup>3</sup>

**Palavras-Chave** – Não estacionariedade; modelagem estocástica.

## INTRODUÇÃO

A análise da frequência de inundações busca estimar a magnitude e determinar o período de retorno das inundações de projeto, com o objetivo de prever com que frequência eventos extremos podem ocorrer em uma determinada área. (Chen et al., 2024). Normalmente, as análises de frequência de inundação assumem que os dados hidrológicos seguem uma condição de estacionariedade. (Wang et al., 2023). No entanto, as ações antropogênicas, a urbanização e as mudanças climáticas, estão alterando os padrões observados em dados hidrológicos, o que faz com que essa suposição de estacionariedade seja questionada (Chen et al., 2024). Portanto, este trabalho propõe uma abordagem integrada para a geração de séries sintéticas de níveis máximos anuais considerando a não estacionariedade, combinando uma componente tendencial, componente autorregressivo (AR), componentes aleatórias e simulação de Monte Carlo.

## METODOLOGIA

A presente pesquisa propõe uma metodologia integrada para geração de séries sintéticas de níveis máximos anuais, ela foi estruturada em três etapas: análise da estacionariedade e remoção da tendência, modelagem autorregressiva (AR) e simulações validando o modelo. Foi analisada a série dos níveis máximos anuais do Guaíba entre os anos de 1899 e 2024, extraídos do site HIDROWEB referente ao posto fluviométrico do Cais Mauá em Porto Alegre. A análise foi realizada utilizando o software MATLAB. Inicialmente, foi identificada e removida a tendência por meio de um modelo de regressão linear. Em seguida, foi aplicado o modelo autorregressivo à série estacionária, com escolha da melhor distribuição de probabilidade baseada nos critérios AIC, BIC, LVS e em testes de aderência. A ordem do modelo foi definida via autocorrelação parcial. Por fim, a série foi convertida à distribuição original, com simulação de Monte Carlo para incorporar incertezas e gerar uma nova série não estacionária.

## RESULTADOS

Os resultados apontaram uma tendência positiva estatisticamente significativa nos níveis máximos anuais do Guaíba, com bom ajuste do modelo linear e baixa incerteza nos parâmetros estimados. A série residual apresentou estacionariedade e foi melhor ajustada pela distribuição loglogística. O modelo AR(1) foi o mais adequado entre os modelos testados (Tabela 1), com base nos critérios AIC, BIC, LVS.

Tabela 1 - Modelagem AR(p)

|                    | AR(0)  | AR(1)  | AR(2)  |
|--------------------|--------|--------|--------|
| Logverossimilhança | -114,0 | -112,3 | -112,1 |
| AIC                | 228,0  | 226,7  | 228,1  |
| BIC                | 228,0  | 229,5  | 233,8  |

<sup>1</sup>) UFRGS: Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS; Avenida Bento Gonçalves, Porto Alegre, RS 91501-970, Brasil; grasiellefraga@gmail.com

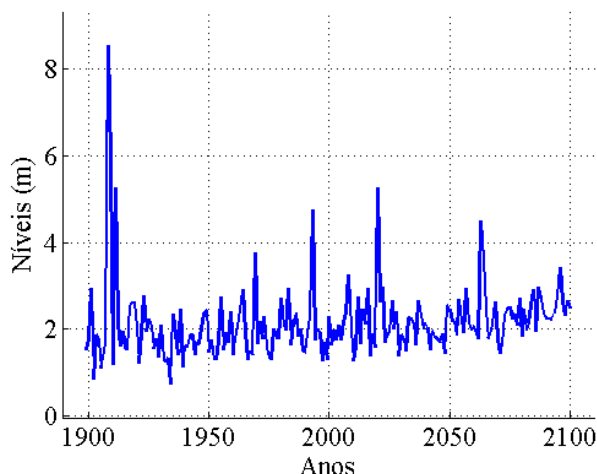
<sup>2</sup>) UFRGS: Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS; Avenida Bento Gonçalves, Porto Alegre, RS 91501-970, Brasil; ;

guilherme.marques@ufrgs.br

<sup>3</sup>) UFRGS: Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS; Avenida Bento Gonçalves, Porto Alegre, RS 91501-970, Brasil; olavo.pedrollo@ufrgs.br

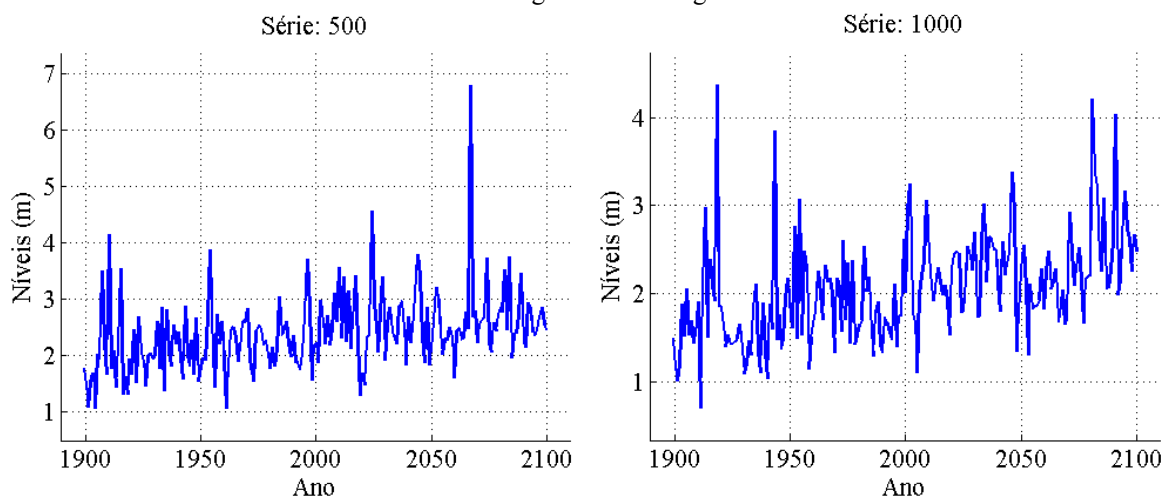
A série AR(1) transformada para a distribuição original permitiu gerar uma série não estacionária com adição de tendência perturbada (Figura 1).

Figura 1 - Série gerada não estacionária  
Níveis gerados não estacionários



A simulação de Monte Carlo gerou 10.000 séries sintéticas. A Figura 2 apresenta duas séries sintéticas que foram sorteadas aleatoriamente.

Figura 2 - Séries geradas



## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados, concluiu-se que o modelo desenvolvido foi capaz de reproduzir séries sintéticas de níveis, criando um catálogo sintético robusto que poderá auxiliar na avaliação de risco hidrológico em cenários futuros, análise da incerteza climática e planejamento e dimensionamento de infraestruturas.

## REFERÊNCIAS

CHEN, F. et al. Coupling higher-order probability weighted moments with norming constants method for non-stationary annual maximum flood frequency analysis. **Journal of Hydrology**, v. 641, 2024.

WANG, Z. et al. Consistency between the subjective and objective flood risk and willingness to purchase natural disaster insurance among farmers: Evidence from rural areas in Southwest China. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 102, 2023.