

## **Monitoramento e Prevenção de Inundações com Controle Estatístico de Processos**

**(CEP): Uma Abordagem Integrada com R, Python e Dados do SNIRH**

**Dr. André Luiz Teixeira, [pro21002391@cefsa.edu.br](mailto:pro21002391@cefsa.edu.br), autor**  
**João Victor Stofel Maia, [072230026@faculdade.cefsa.edu.br](mailto:072230026@faculdade.cefsa.edu.br), autor**  
**Nicolly de Lima Barbosa, [071230047@faculdade.cefsa.edu.br](mailto:071230047@faculdade.cefsa.edu.br), autor**

### **Resumo**

O Controle Estatístico de Processos (CEP) é uma metodologia amplamente utilizada para monitorar e otimizar processos produtivos, sendo recentemente aplicada na gestão de recursos hídricos. Este estudo investiga a utilização do CEP na prevenção de inundações, explorando a aplicação de ferramentas estatísticas em séries temporais hidrológicas. Utilizando dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e softwares de código aberto, como R Studio e Python, a pesquisa propõe um modelo inovador de monitoramento baseado em gráficos de controle estatístico para detectar padrões anômalos em variáveis críticas, como níveis de precipitação e vazão dos rios. O principal diferencial do estudo é a integração do CEP com técnicas avançadas de ciência de dados, permitindo um monitoramento contínuo e automatizado dos recursos hídricos. Além de contribuir para a gestão de riscos ambientais, o projeto tem potencial impacto na melhoria dos sistemas de alerta precoce, auxiliando órgãos públicos e gestores na tomada de decisões mais rápidas e precisas, espera-se que os resultados demonstrem a viabilidade do CEP como uma ferramenta complementar na previsão e controle de inundações, reforçando sua aplicabilidade no contexto da gestão sustentável dos recursos hídricos e mitigação de desastres naturais.

**Palavras-chave:** Controle Estatístico de Processos (CEP). Prevenção de Inundações. Análise de Dados Hidrológicos. Modelagem Estatística com R e Python.

### **Introdução**

As inundações representam um dos desastres naturais mais recorrentes e devastadores no Brasil, resultando em significativos prejuízos econômicos, sociais e ambientais. A previsão e gestão eficiente desses eventos demandam metodologias robustas para o monitoramento contínuo das variáveis hídricas e meteorológicas.

Nesse contexto, o Controle Estatístico de Processos (CEP) tem se mostrado uma abordagem promissora para a detecção precoce de anomalias e tendências em séries temporais de dados hídricos, contribuindo para estratégias de mitigação e resposta mais eficazes.

A integração de ferramentas computacionais como R Studio e Python permite a implementação de técnicas avançadas de análise estatística e modelagem preditiva. Essas linguagens são amplamente utilizadas para obtenção, manipulação e interpretação de dados, facilitando a compreensão de padrões e tendências em séries temporais (REIS JR. et al., 2023). Além disso, o acesso aos dados fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) assegura uma base confiável para o monitoramento de variáveis como precipitação, vazão e níveis dos rios (AGÊNCIA NACIONAL DE

ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2023). Dessa forma, a aplicação do CEP, aliada ao uso dessas ferramentas, pode representar um avanço significativo na gestão de riscos hídricos, possibilitando a tomada de decisões mais assertivas e a mitigação dos impactos das enchentes e inundações.

A importância desta pesquisa fundamenta-se na crescente necessidade de métodos eficazes para a prevenção e mitigação de enchentes e inundações, eventos que têm se tornado mais frequentes e severos devido às mudanças climáticas e à expansão urbana desordenada. A adaptação do CEP, amplamente utilizado no setor industrial para controle da qualidade, ao monitoramento hídrico permite a identificação de padrões críticos e tendências anômalas antes da ocorrência de eventos extremos.

A combinação de R Studio e Python com os dados do SNIRH possibilita a criação de modelos estatísticos e algoritmos preditivos que auxiliam na gestão proativa dos recursos hídricos. O uso dessas ferramentas proporciona uma abordagem analítica robusta, permitindo o desenvolvimento de indicadores para prever riscos de inundação e apoiar a tomada de decisão em tempo real (REIS JR. et al., 2023). Além disso, a modernização das estratégias de monitoramento hídrico beneficia não apenas órgãos públicos responsáveis pela gestão de desastres naturais, mas também comunidades vulneráveis que frequentemente sofrem os impactos das inundações.

Ao explorar a interseção entre qualidade, estatística e meio ambiente, esta pesquisa busca contribuir para a modernização da gestão de desastres hídricos no Brasil. O modelo proposto poderá ser replicado em diferentes contextos geográficos, auxiliando na mitigação de riscos hidrológicos e na formulação de políticas públicas baseadas em dados.

Este estudo tem como objetivo geral avaliar a aplicação do CEP na prevenção de inundações, utilizando dados hídricos do SNIRH e ferramentas computacionais como R Studio e Python. A pesquisa busca demonstrar como a análise estatística pode contribuir para a identificação de padrões e anomalias em séries temporais hídricas, possibilitando a antecipação de eventos críticos e a melhoria na gestão de riscos ambientais. Para alcançar esse objetivo geral, a pesquisa se propõe a:

- a. Coletar e organizar dados hidrológicos relevantes (precipitação, vazão e qualidade da água) disponíveis no SNIRH para análise estatística.
- b. Aplicar técnicas de CEP, como cartas de controle, para monitoramento de variáveis hídricas e identificação de padrões críticos.
- c. Desenvolver modelos estatísticos utilizando R Studio e Python para análise de séries temporais hídricas, empregando bibliotecas especializadas.
- d. Comparar os resultados obtidos com registros históricos de eventos de inundação, avaliando a eficácia do método proposto na previsão e mitigação desses eventos.
- e. Propor diretrizes e recomendações para a integração do CEP na gestão de recursos hídricos, visando aprimorar sistemas de alerta e monitoramento de inundações.

## Metodologia

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza quantitativa, com abordagem exploratória e descritiva. A pesquisa aplicada tem como objetivo gerar conhecimento voltado à solução de problemas específicos, enquanto a abordagem quantitativa possibilita a análise estatística dos dados coletados (CRESWELL, 2021). A vertente exploratória busca identificar padrões e relações entre variáveis, enquanto a descritiva visa detalhar a aplicação do Controle Estatístico de Processos (CEP) na prevenção de inundações, destacando sua eficácia no monitoramento hidrológico. A metodologia adotada será estruturada em quatro etapas principais:

a. Coleta de Dados: Os dados utilizados neste estudo serão extraídos do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Serão selecionadas séries temporais de variáveis hidrológicas, como dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos, priorizando dados de regiões suscetíveis a inundações.

b. Os dados coletados serão processados e analisados utilizando as linguagens de programação R (R Core Team, 2025) e Python (Van Rossum; Drake, 2009). Para isso, serão empregadas bibliotecas estatísticas especializadas, hydroTSM no R (HIPEL; MCLEOD, 1994) e Pandas (MCKINNEY, 2010), NumPy (OLIPHANT, 2015) e SciPy (JONES; OLIPHANT; PETERSON, 2001), permitindo a modelagem preditiva e a detecção de padrões anômalos (EMAD; NAIMI; ALTAIE; ABDUL HAMEED, 2023).

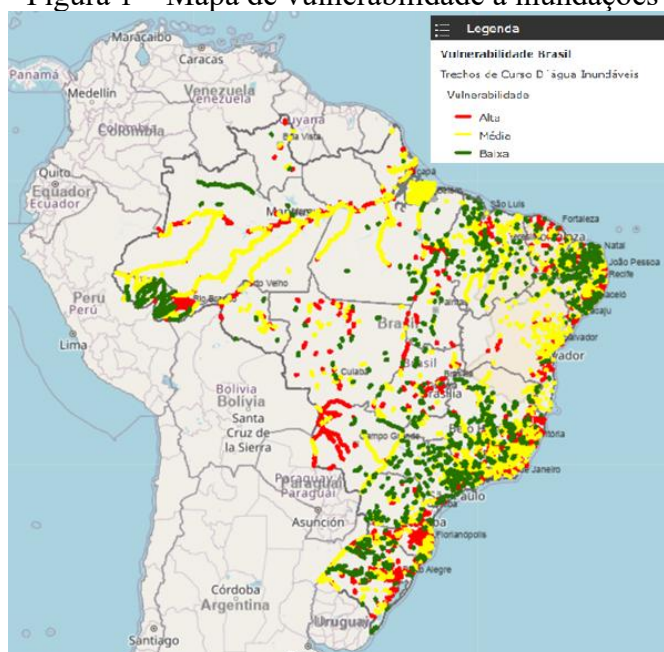
c. Aplicação do CEP: Serão utilizadas cartas de controle para monitoramento das variáveis selecionadas, facilitando a identificação de desvios que possam indicar riscos iminentes de inundações. A definição dos limites de controle será baseada em dados históricos e nos padrões estatísticos identificados na análise exploratória.

d. Validação dos Resultados: A metodologia proposta será validada por meio da comparação dos resultados obtidos com registros históricos de eventos de inundação. Esse procedimento permitirá avaliar a precisão e a aplicabilidade do CEP como ferramenta de monitoramento preventivo.

### Resultados preliminares

Como resultados preliminares este estudo identificou com base e fontes oficiais do SNIRH (2024) cerca de 13.948 trechos de rios inundáveis em 2.780 cursos d'água do País, dos quais 4.111 trechos, ou seja 30%, foram considerados de alta vulnerabilidade a inundações graduais, 6.051 (43%) de média e 3.786 (27%) de baixa propensão a essas ocorrências, conforme ilustrado na Figura 1 abaixo.

Figura 1 – Mapa de vulnerabilidade a inundações

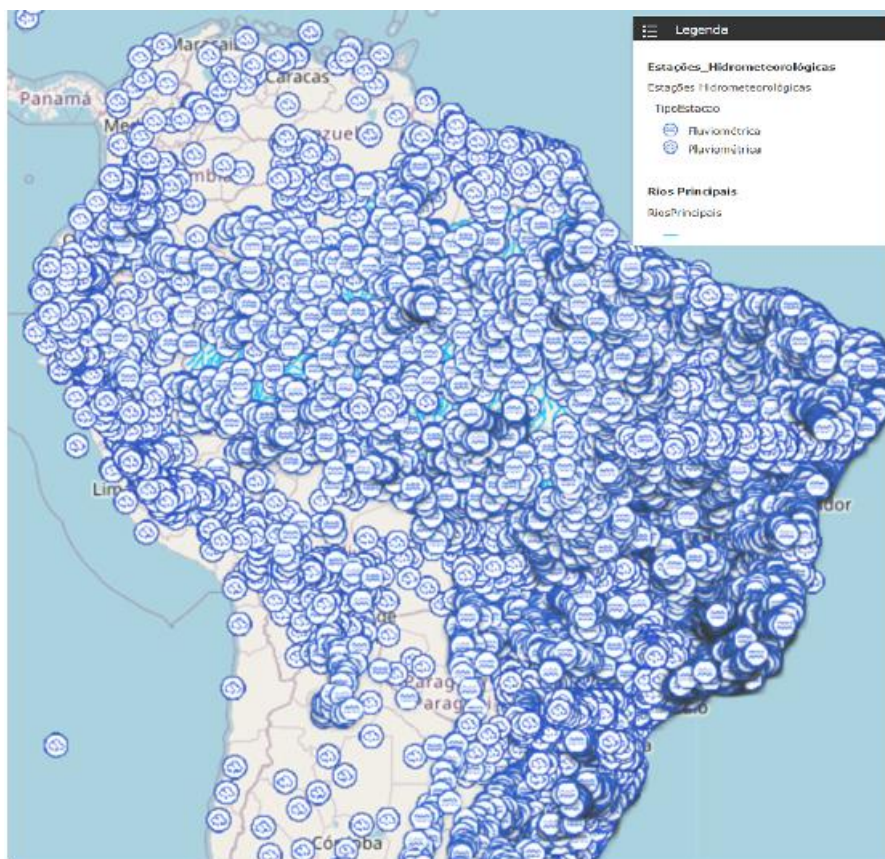


Fonte: SNIRH (2025)



Adicionalmente, este trabalho identificou, também com base em fontes do SNIRH (2025), a existência de 4.841 estações gerenciadas diretamente pela ANA, sendo, 2.717 pluviométricas, isto é, utilizadas no monitoramento das chuvas e 2.024 estações fluviométricas, empregadas no monitoramento dos rios. Estas informações serão utilizadas com base para escolha na região objeto de estudo para aplicação do método de pesquisa já explicitado.

Figura 1 – Mapa de estações pluviométricas e fluviométricas



Fonte: SNIRH (2025)

## Referências

ANA. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)**. 2025. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br>. Acesso em: 19 fev. 2025.

CRESWELL, J. W. **A concise introduction to mixed methods research**. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2021.

EMAD, A. et al. Artificial Intelligence Based Statistical Process Control for Monitoring and Quality Control of Water Resources: A Complete Digital Solution. **International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering**, v. 11, n. 5s, p. 314-324, 16 abr. 2023.

HIPEL, K. W.; MCLEOD, A. I. **Time series modelling of water resources and environmental systems**. Amsterdam: Elsevier, 1994. DOI: 10.1016/s0167-5648(08)x7026-1.

JONES, E.; OLIPHANT, T.; PETERSON, P. **SciPy**: Open source scientific tools for Python. 2001.

MCKINNEY, W. Data Structures for Statistical Computing in Python. In: **PYTHON IN SCIENCE CONFERENCE**, 9., 2010, Austin. *Proceedings* [...]. [S. l.: s. n.], 2010. p. 56-61. DOI: 10.25080/Majora-92bf1922-00a.

OLIPHANT, T. E. **Guide to NumPy**. 2. ed. USA: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015.

REIS JR., D. S. et al. **Obtenção, manipulação e análise de dados hidrológicos com R: uma introdução para iniciantes**. 2023. Disponível em: [https://dirceureis.github.io/Mini\\_Curso\\_UnB\\_SemUniv\\_AnaliseHidro\\_R/](https://dirceureis.github.io/Mini_Curso_UnB_SemUniv_AnaliseHidro_R/). Acesso em: 19 fev. 2025.