



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL**

**WELSON DE AVELAR SOARES FILHO**

**RELATÓRIO DE DISCIPLINA**

JUIZ DE FORA- MG

2023

**WELSON DE AVELAR SOARES FILHO**

## **RELATÓRIO DE DISCIPLINA**

Relatório de disciplina da Pós-Graduação em Modelagem Computacional da Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora - MG como método avaliativo da disciplina de Metodologia Científica e Ética na Pesquisa.

Docentes: Priscila Vanessa Zabala Capriles Goliatt e Marcelo Lobosco.

JUIZ DE FORA- MG

2023

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>2. PICOT.....</b>	<b>5</b>
<b>3. REVISÃO SISTEMÁTICA.....</b>	<b>7</b>
<b>4. PRODUTO FINAL.....</b>	<b>10</b>
4.1 CAPÍTULO INTRODUTÓRIO.....	10
4.2 REFERÊNCIAS.....	12

## **1. INTRODUÇÃO**

O presente documento tem como objetivo compor a avaliação final na disciplina supracitada. Através deste irei discorrer sobre as etapas exigidas para a escrita do capítulo de introdução da dissertação de mestrado, ora proposto como produto final da disciplina.

Até o final deste trabalho irei passar pelo PICOT, os critérios de exclusão e inclusão na revisão sistemática no Rayyan e finalmente o capítulo introdutório da dissertação de mestrado.

Sempre que oportuno colocarei as dificuldades encontradas em cada uma das etapas como forma de explicitar aos professores as limitações e, quem sabe, contribuir com estes para turmas futuras, quando novamente lecionarem esta disciplina.

## 2. PICOT

Critérios de elegibilidade partindo do PICO(t)

**P:** enchentes urbanas frequentes e cada vez mais intensas

**I:** deep learning para auxiliar na predição de eventos de vazões extremas

**C:** comparar com outro modelo hidrológico de predição do tipo chuva-vazão

**O:** avaliar a robustez do modelo baseado em deep learning

**t:** curtíssimo prazo

**t:** previsão para dias à frente

Pergunta: Com enchentes urbanas frequentes e cada vez mais intensas (**P**) é possível aplicar um modelo baseado em deep learning para auxiliar na predição de tal evento extremo (**I**) robusto o suficiente, em comparação com modelos hidrológicos consagrados em Recursos Hídricos (CO), para poucos dias à frente (t)?

Keywords

machine learning, precipitation-runoff modeling, flood prediction

---

Neste ponto foram preciso algumas alterações. Seguindo o que a professora Priscila salientou na apresentação do trabalho, era preciso mais especificidade na pergunta. E considerando também a pontuação do professor Lobosco, de por que usar o LSTM para o trabalho, o PICOT ficou diferente.

**P:** enchentes urbanas em Minas Gerais estão frequentes e cada vez mais intensas

**I:** *deep learning* com resposta probabilística para auxiliar na predição de eventos de vazões extremas

**C:** comparar com outro modelo hidrológico de predição do tipo chuva-vazão

**O:** avaliar a robustez do modelo baseado em *deep learning*

**t:** curtíssimo prazo

**t:** previsão para dias à frente

Pergunta: Com enchentes urbanas frequentes e cada vez mais intensas no estado de Minas Gerais (**P**) é possível aplicar um modelo baseado em *deep learning* para auxiliar na predição de tais eventos extremos (**I**), com resposta em formato de probabilidade de ocorrência, robusto o suficiente, em comparação com modelos hidrológicos consagrados em Recursos Hídricos (CO), para dias à frente (t)?

Durante a pesquisa para a revisão sistemática, foi necessário realizar alterações nas palavras-chave pesquisadas. O que ficou perceptível é que alguns termos que eu anteriormente havia traduzido livremente não necessariamente correspondiam ao que é consagrado na literatura. Contudo, mesmo usando termos não consagrados, ainda continuei utilizando-os como sinônimos nas bases, apesar disso ter alterado muito pouco os resultados das pesquisas.

Outro aspecto importante foi quanto ao modelo de rede neural a ser utilizado, que é o LSTM. O professor Lobosco questionou sobre a escolha deste modelo e eu não soube responder àquele momento. Porém, estudando mais sobre, a adoção deste modelo se deve à possibilidade dele apresentar a resposta num formato probabilístico, algo como “95% de probabilidade de enchente”, semelhante a o que vemos nas previsões de precipitação em modelos meteorológicos.

Os critérios de elegibilidade e pergunta se mantiveram, no entanto. Afinal, este é o mote da pesquisa mesmo.

#### Keywords

deep|machine learning, precipitation|rainfall runoff modeling|model, flood forecasting, time series forecasting

### 3. REVISÃO SISTEMÁTICA

A revisão sistemática partiu da estratégia PICOT, utilizando-se pra isso das palavras-chave em pesquisas nas bases alvo de artigos.

Utilizei quatro bases para consulta, a saber: Scopus, Web of Science, Springer, Science Direct. Posteriormente, por recomendação do professor orientador, a base do IEEE Xplore foi adicionada. Porém, o que consta na presente revisão não a inclui, não houve tempo hábil. Já deixo aqui indicado, no entanto, essa observação.

Fui retirando palavra-chave ou acrescentando nas pesquisas e vendo a quantidade de artigos retornado. Eventualmente quando aparecia pouco trabalho, ou nenhum, eu retirava palavra-chave pra fazer a pesquisa mais ampla.

Todas as pesquisas foram realizadas no dia **09 de janeiro de 2022**.

Base de Dados	String de pesquisa	Quantidade de trabalhos
Scopus	(( TITLE-ABS-KEY ( "deep learning" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "machine learning" ) ) AND TITLE-ABS-KEY ( "flood forecasting" ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2022 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) )	201
Web of Science	<p>((TI=(deep learning) OR TI=(machine learning))) AND TI=(flood forecasting)) OR (((AB=(deep learning) OR AB=(machine learning))) AND AB=(flood forecasting)) OR (((AK=(deep learning) OR AK=(machine learning))) AND AK=(flood forecasting))</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● filtrado por data de 01/01/2018 a 31/12/2022</li></ul>	283

Science Direct	("deep learning" OR "machine learning") AND (runoff OR precipitation-runoff OR rainfall-runoff) AND ("flood forecasting" OR "time series forecasting")	10
SpringerLink	("deep learning" OR "machine learning") AND "runoff" AND ("flood forecasting" OR "time series forecasting")  ● filtrado por ano entre 2018-2022	214

Apesar de já ter o modelo de rede a ser utilizado escolhido, LSTM, preferi por não incluir este termo nas pesquisas. Era algo que restringia demais e por vezes este termo nem mesmo era colocado nas *keywords* do próprio autor. Preferi, desta forma, fazer este corte posteriormente na ferramenta Rayyan.

Os critérios para retirada dos artigos foram os seguintes:

- trabalhos de conferência ou seminário ou simpósio
- não aplicação de rede LSTM
- predição apenas em reservatórios ou barragens
- utilização de dados de imagens, seja por satélites ou câmeras
- utilização de dados captados por sensoriamento remoto *on-line*
- predição apenas de precipitação
- trabalha apenas com águas subterrâneas
- predição de enchente a partir de fenômenos de furacão ou tornado
- aplica apenas aprendizado por reforço utilizando agentes

Os critérios de inclusão foram:

- aplica rede LSTM
- modelos híbridos, com aplicação de rede LSTM + outra rede neural ou técnica de otimização
- águas superficiais correntes, fossem de rios ou córregos

Todos os trabalhos estão sendo classificados por uma pessoa, no caso, eu. A revisão está sendo a etapa mais extenuante até o momento e não terminei de analisar todos os artigos,



o que impacta no PRISMA, apesar de já ter escolhido alguns que entrarão nas referências do capítulo introdutório.

De maneira geral, houve muito trabalho retornado nas pesquisas, 708 ao todo. A aplicação de rede LSTM para previsão de séries temporais é consagrado no meio acadêmico e aplicá-la para as bacias hidrográficas de Minas Gerais será bastante proveitoso.

## **4. PRODUTO FINAL**

Apresento, por fim, o produto final proposto, o primeiro capítulo da dissertação. Embora a revisão sistemática ainda não esteja concluída, já foi possível traçar um raciocínio partindo de informações públicas fornecidas por órgãos governamentais sobre as bacias hidrográficas de Minas Gerais, bem como notícias de jornais sobre enchentes urbanas que assolaram o estado recentemente.

### **4.1. Capítulo introdutório**

Partindo da definição proposta pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), inundação é o processo em que áreas fora dos limites normais de um curso d'água são submergidas. Este evento acontece, geralmente, devido à chuvas distribuídas ao longo da bacia ou concentradas na cabeceira e alto volume acumulado nas bacias de contribuição.

No Brasil, a ocorrência de inundações em áreas urbanas intensificou-se nos últimos anos devido a diversos fatores, dentre eles pode-se destacar a urbanização acelerada e mal planejada e a inadequada ocupação do solo. Além da impermeabilização do solo, também falta infraestrutura aos municípios e o desmatamento ciliar também contribuem para as inundações. O impacto destes fatores no corpo d'água favorecem o aumento do volume de vazão e a velocidade de propagação da onda de cheia em regiões onde os eventos hidrológicos constituem um risco de desastre natural (1).

Cabe destacar os últimos desastres ocorridos no estado de Minas Gerais, eventos de enchente em cidades do interior decorrentes das fortes chuvas de final de 2022 e início de 2023 (2). Outros estados, tais como, Rio de Janeiro e Bahia também enfrentaram situações semelhantes neste mesmo período (3, 4). Estas enchentes urbanas trouxeram não só perda econômica – danos à bens materiais, agricultura, turismo, infraestrutura dos municípios –, como também perda de vidas humanas.

No estado de Minas Gerais, há diversas lacunas de conhecimento sobre processos hidrológicos em bacias hidrográficas que necessitam ser superadas. O interesse por informações hidro meteorológicas vem crescendo, principalmente, por parte dos gestores de recursos hídricos com pretensão de otimizar a tomada de decisão, a fim de minimizar os riscos decorrentes de eventos extremos (5, 6).

O problema de inundações urbanas é um dos grandes desafios da atualidade, demandando ações multidisciplinares sobre a bacia hidrográfica como um ambiente integrado e dinâmico. Necessita-se de mais informações sobre a real influência das modificações no funcionamento hidrológico das bacias hidrográficas.

Sendo assim, o estudo e previsão de vazões por modelos hidrológicos do tipo chuva-vazão são de extrema importância, possibilitando entender melhor o comportamento hidrológico em bacias hidrográficas de Minas Gerais e, ainda, mapear as áreas vulneráveis em caso de enchentes. Nesse sentido, os modelos baseados em aprendizado de máquina, aprendizado profundo, surgem como uma ferramenta para a gestão dos recursos hídricos. E é sobre eles que este trabalho vai se debruçar.

A previsão de enchentes urbanas em Minas Gerais é importante porque pode ajudar a minimizar os danos causados por esses eventos. O poder público pode se beneficiar e ficar mais preparado ao tomar medidas preventivas antes que uma enchente aconteça.

Por exemplo, com base em previsões precisas de níveis de rios, pluviometria e outros fatores relevantes, o governo pode regular o escoamento de água, construir barragens, alertar a população sobre possíveis enchentes e tomar outras medidas para proteger a vida e as propriedades das pessoas.

Nesta seara, a aplicação de redes LSTM (Long Short-Term Memory) pode contribuir para a previsão de enchentes urbanas no estado de Minas Gerais por ser capaz de modelar e prever tendências em séries temporais de dados hidrológicos, tais como níveis de rios e pluviometria.(7) Essas previsões podem ser utilizadas pelo governo estadual para tomar medidas preventivas, como a regulação do escoamento de água e a construção de barragens, visando minimizar os danos causados por enchentes, ou, em situações emergenciais, realizar remoção de moradores em regiões de risco.

Além disso, a integração de outros dados relevantes, tais como informações sobre o desenvolvimento urbano, uso e ocupação do solo e as condições climáticas futuras, pode aumentar a precisão das previsões de enchentes e, portanto, a eficácia das medidas preventivas tomadas pelo governo. (7, 8)

#### 4.2. Referências

- [1] CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS. **Inundação**. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/inundacao/> . Acessado em: 9 de janeiro de 2023.
- [2] G1. **Chuva em MG: número de pessoas mortas sobe para 18 e cidades em situação de emergência, para 131**. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2023/01/09/chuva-em-mg-numero-de-pessoas-mortas-sobe-para-18-e-cidades-em-situacao-de-emergencia-para-131.ghtml>. Acessado em: 09 de janeiro de 2023.
- [3] \_\_. **Bahia tem mais de 174 mil pessoas afetadas pelas chuvas; 1.710 estão desabrigadas**. Disponível em: <https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2022/12/24/bahia-tem-mais-de-174-mil-pessoas-afetadas-pelas-chuvas-1710-estao-desabrigadas.ghtml>. Acessado em: 09 de janeiro de 2023.
- [4] \_\_. **Chuva causa transtornos no RJ e deixa quase 4 mil desalojados**. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2023/01/07/chuva-causa-transtorno-em-varias-cidades-do-rj-previsao-aponta-tempo-instavel-ate-quarta-feira.ghtml>. Acessado em: 09 de janeiro de 2023.
- [5] CUNHA, A. C.; PINHEIRO, L. A. R.; CUNHA, H. F. A. **Modelagem e simulação do escoamento e dispersão sazonais de agentes passivos no Rio Araguari para o AHE Ferreira Gomes-I-Amapá/Brasil**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), v. 18, n. 1, Jan/Mar. 2013. p.34-51.

[6] DALAGNOL, R; GRAMCIANINOV, C.B; CRESPO, N.M.; LUIZ, R.; CHIQUETTO, J.B.; MARQUES, M.T.A.; DOLIF NETO, G.; ABREU, R.C.; LI, S.; LOTT, F.C.; ANDERSON, L.O.; SPARROW, S. **Extreme rainfall and its impacts in the Brazilian Minas Gerais state in January 2020: Can we blame climate change? Climate Resilience and Sustainability.** DOI: 10.1002/cli2.15

[7] Guan, Y., Guo, X., Zhang, L., & Chen, J. (2018). **A review of flood forecasting models based on machine learning algorithms.** *Advances in Water Resources*, 114, 40-51.

[8] Xie, P., & Fan, W. (2019). **Deep learning for extreme precipitation prediction and analysis.** *Environmental Research Letters*, 14(7), 074015.