



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: EXPLORANDO O POTENCIAL DAS NOVAS TECNOLOGIAS NO ENFRENTAMENTO DE CRISES CLIMÁTICAS

JOANA TOMASI

RESUMO

Emergências climáticas representam um grande desafio global: a tomada de decisões rápida e eficaz e modelagem climática pode representar um avanço essencial para calcular riscos climáticos, permitindo adoção de medidas preventivas e adaptativas. Apesar da eficiência computacional alcançada com ML, os modelos climáticos enfrentam desafios significativos: limitação de dados reais e complexidade dos processos físicos simulados. Este trabalho objetiva analisar a aplicação IA na gestão de emergências climáticas, identificando desafios e oportunidades para desenvolvimento. A pesquisa foi baseada em periódicos da CAPES, publicações entre 2018 e 2023, palavras-chave “machine learn”, “climate change”, “artificial intelligence”, abordando diretamente aplicação de IA em monitoramento climático. Os estudos recentes demonstram que a utilização ML em modelagem climática oferece vantagens notáveis: flexibilidade, capacidade de processar grandes volumes de dados, reduzindo incertezas. Visto que modelos ML podem identificar padrões complexos e adaptar-se rapidamente, superando limitações das abordagens convencionais dependentes de equações físicas e computacionalmente dispendiosos, a principal limitação é a disponibilidade restrita de dados: gera-se um ano de dados climáticos anualmente, dificultando a atualização e generalização dos modelos. Para melhorar a precisão e aplicabilidade dos modelos ML, é essencial ampliar os conjuntos de dados, incluindo mais variáveis e cenários diversos para o desenvolvimento de métodos mais interpretáveis que quantifiquem incertezas e possam ser integrados com modelos tradicionais para uma maior confiabilidade. O uso de ML aprimora previsões e contribui significativamente para a responsividade frente às emergências climáticas, destacando flexibilidade, capacidade de análise de dados e identificação de padrões complexos. Embora haja estudos na área, ainda necessita de ampliação para outras situações objetivando generalizar os modelos.

Palavras-chave: *machine learn*; aprendizado de máquina; tecnologia; emergência climática; eventos climáticos extremos.

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, um dos principais desafios globais são as emergências climáticas, exigindo a tomada de decisões rápidas e eficazes baseada em modelos climáticos avançados. Conforme destacado por Reichstein et al. (2019), a relevância da modelagem climática está em sua capacidade de fornecer previsões detalhadas e precisas sobre futuros cenários climáticos, auxiliando a governos e sociedades na formulação de políticas públicas e estratégias de mitigação e/ ou adaptação. Além disso, esses modelos são essenciais para calcular riscos climáticos, permitindo que indivíduos e comunidades adotem medidas preventivas e adaptativas.

Porém, os modelos climáticos convencionais, que dependem fortemente de leis físicas e equações diferenciais, enfrentam limitações, como observado por Rolnick et al. (2019),

esses modelos, embora sejam detalhados, são computacionalmente caros e requerem grandes quantidades de dados, dos quais a Terra gera apenas um ano por vez, e infraestrutura.

Nesse contexto, a Inteligência Artificial (IA) surge como ferramenta promissora para a evolução de previsões. Estudos recentes, como os de O'Gorman e Dwyer (2018), mostram que técnicas de Machine Learning (ML) aprimoram e oferecem avanços nas metodologias de previsão e análise de dados. Apesar da eficiência computacional alcançada com ML, os modelos climáticos ainda enfrentam desafios significativos devido à limitação de dados reais e complexidade dos processos físicos que precisam ser simulados.

O objetivo deste trabalho é analisar, por meio de revisão de literatura, o papel que a aplicação Inteligência Artificial desempenha na melhoria da gestão de emergências climáticas, identificando desafios e oportunidades para desenvolvimento e aplicação dessas tecnologias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi conduzida com base em uma revisão sistemática da literatura, utilizando periódicos da Plataforma CAPES como principal fonte de consulta. A busca abrangeu publicações científicas no período de 2018 a 2023, com foco na aplicação da inteligência artificial em contextos de gestão ambiental e monitoramento climático. O processo de seleção envolveu uma triagem inicial dos títulos e resumos, seguida pela leitura completa dos artigos selecionados.

Para garantir a relevância e precisão dos resultados, foram utilizadas as palavras-chave “machine learning”, “climate change” e “artificial intelligence”, para artigos escritos em inglês e português. Os critérios de inclusão consideraram apenas artigos que abordassem diretamente a utilização de IA em práticas de gestão ambiental, monitoramento de mudanças climáticas e que estivessem disponíveis em texto completo nas línguas mencionadas. A análise dos dados foi estruturada para identificar tendências, desafios e oportunidades emergentes no uso de IA em contextos de gestão ambiental e de enfrentamento das emergências climáticas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização ML em modelagem climática oferece vantagens notáveis como flexibilidade e adaptabilidade a novos padrões, assim como, a capacidade de processar grandes volumes de dados e relevante redução de incertezas. Os modelos que utilizam ML podem identificar padrões complexos e adaptar-se rapidamente, superando limitações das abordagens convencionais dependentes de equações físicas e infraestruturas computacionalmente onerosas (Rolnick et al., 2019; O'Gorman & Dwyer, 2018).

A principal limitação atual para aplicação de IA é a disponibilidade restrita de dados visto que é gerado um ano de dados climáticos anualmente devido ao ciclo das estações do ano, o que pode acarretar em dificuldades da atualização e generalização dos modelos (Rolnick et al., 2019). Ademais, a infraestrutura necessária para treinar modelos de ML pode ser onerosa e há desafios na integração entre os modelos de ML e os modelos climáticos existentes (Singh & Rawat, 2020).

O desenvolvimento de métodos mais interpretáveis que quantifiquem incertezas e possam ser integrados com modelos tradicionais para uma maior confiabilidade (Rolnick et al., 2019). Rolnick, D., et al. (2019) puderam constatar a eficiência na previsão de inundações locais durante condições climáticas extremas, os autores realizaram a parametrização da convecção úmida utilizando técnicas de ML e constaram significativas melhoras.

Outros pesquisadores também têm trabalhado e explorado a área de previsões meteorológicas testando ML, como Mansfield et al (2020), que apontaram a necessidade de compartilhamento de dados entre instituições de pesquisa objetivando aprimoramentos no desenvolvimento de tecnologias voltadas para resposta a emergências climáticas. Apontam

também a dificuldade na previsão de respostas climáticas em áreas com grande variabilidade de condições climáticas, nesse contexto, Mansfield et al. (2020) enfatizam a importância de destinar esforços colaborativos para ampliar a quantidade de dados disponíveis e a variabilidade destes, levando a melhores previsões e a uma compreensão mais complexa da dinâmica climática.

Singh e Rawat (2020) realizaram estudo com o algoritmo Random Forest, indicando que é capaz de processar grandes volumes de dados, como., por exemplo, os 45 anos de registros diários de temperatura usados no estudo e destacam que uma das vantagens em relação aos métodos tradicionais, é a capacidade de modelar interações complexas entre variáveis, tornando-os mais robustos, principalmente em caso ruídos e outliers. Além disso, os modelos de machine learning são facilmente ajustáveis e podendo ser treinados novamente para novos dados e novas situações, isto permite a rápida adaptação às mudanças climáticas ou novas variáveis, tendência especialmente em situações de extremos climáticos.

Uma significativa vantagem é a possibilidade de se realizar uma avaliação abrangente do desempenho do modelo através de métricas diferentes, como, por exemplo, MAE, MSE e R^2 . Esta prática facilita a escolha do modelo que mais se adequa para previsões em situações específicas, trazendo avanços no campo da meteorologia e impactando diretamente em diversos aspectos das atividades econômicas e atividades humanas no geral (Singh e Rawat, 2020).

Mansfield et al (2020) Os autores recomendam expandir o conjunto de dados para incluir mais cenários, especialmente aqueles que envolvem poluentes de vida curta, o que pode reduzir o ruído nos dados de treinamento e a aumentar a precisão dos modelos de aprendizado de máquina. Outra recomendação é para se aumentar o número de amostras de treinamento melhora significativamente a precisão da previsão média e apresenta uma forte potencial para novos avanços na emulação de modelos climáticos com conjuntos de dados mais extensos.

Singh e Rawat (2023), em seu estudo, destacam que a IA, ao melhorar a precisão das previsões de temperatura, oferece avanços significativos nas metodologias de previsão e análise de dados, impulsionando inovações e contribuindo para uma melhor compreensão e resposta às mudanças climáticas.

4 CONCLUSÃO

A aplicação de ML tem sido transformada em uma ferramenta significativamente útil para aprimorar previsões meteorológicas e também aumentar a capacidade de resposta frente às emergências climáticas. Entre as principais vantagens da IA na gestão ambiental e no monitoramento climático, destacam-se sua flexibilidade, elevada capacidade de análise de grandes volumes de dados e habilidade de identificar padrões complexos frente aos métodos convencionais.

Quando se trata de mudanças climáticas, considerando a rapidez e a imprevisibilidade com que seus efeitos podem se manifestar, a capacidade de analisar grandes volumes de dados e se adaptar a novos padrões torna a IA uma escolha fundamental, permitindo que previsões em situações climáticas extremas sejam realizadas de forma dinâmica e responsiva.

No entanto, apesar dos avanços já realizados, ainda há a necessidade de expandir os estudos para abranger uma maior variedade de cenários e são necessários testes com um número mais amplo e diversificado de dados. Os testes são fundamentais para desenvolver modelos que sejam possíveis de generalização, capazes de oferecer soluções robustas para diferentes situações climáticas e ambientais.

REFERÊNCIAS

MANSFIELD, L. A., et al. **Predicting global patterns of long-term climate change from short-term simulations using machine learning.** *Climate and Atmospheric Science*, v. 3, art. 44, 2020. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41612-020-00148-5>>. Acesso em: 17 jul. 2024.

O'GORMAN, P. A.; DWYER, J. G. **Using Machine Learning to Parameterize Moist Convection:** Potential for Modeling of Climate, Climate Change, and Extreme Events. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, v. 10, n. 3, p. 2548-2565, 2018. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2018MS001351>>. Acesso em: 17 jul. 2024.

REICHSTEIN, M., et al. **Deep learning and process understanding for data-driven Earth system science.** *Nature*. v. 566, n. 7743, p. 195-204, 2019. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41586-019-0912-1>>. Acesso em: 17 jul. 2024.

ROLNICK, D., et al. **Tackling Climate Change with Machine Learning.** arXiv preprint, arXiv:1906.05433, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/366788501_Tackling_Climate_Change_with_Machine_Learning. Acesso em: 17 jul. 2024.

SINGH, D. k.; RAWAT, N. **Machine Learning for Weather Forecasting: XGBoost vs SVM vs Random Forest in Predicting Temperature for Visakhapatnam. Intelligent Systems and Applications.** v. 15, n. 5, p. 57-69, 2023. Publicado online em 8 out. 2023. Disponível em: <<http://www.mecs-press.org/ijisa/ijisa-v15-n5/IJISA-V15-N5-5.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2024.