Reanálise numérica comparativa do El Niño utilizando os dados do NOAA/OISST, comparando o modelo climático Earth2Studio/NVIDIA FourCastNet e com Gêmeo Digital Climático Destination Earth/VIZLAB

Msc.Rafael Augusto Santos de Souza [1]; Dr.Marcelo Franco Porto [2]& Dr.Cleide Maria Martins[3]

Palavras-Chave – Reanálise meteorológica; Gêmeo digital climático; El Niño.

INTRODUÇÃO

O El Niño é uma das principais expressões da variabilidade climática interanual e está associado ao aquecimento irregular das águas na superficiais do oceano Pacífico Equatorial. Com as crescentes mudanças climáticas, se tornou fundamenta, entender eventos climática pelo mundo. Neste sentido ele representa um dos principais fatores externo na influência irregular climática, podendo acrescentar diversas variações associado ao aquecimento na região ao qual ele influencia (Wang *et al.*, 2012).

Neste sentido foi feito uma reanálise numérica e comparativa de eventos históricos do El Niño em diversos períodos, como 1982-1983, 1997-1998, 2015-2016 e 2023-2024, como forma de poder compreender sua oscilação meteorológica, e sua extensão de atuação nas regiões oceânicas. Nesse contexto, o período foi acrescentado 2025-2026 é considerado como uma janela recente de monitoramento, possibilitando avaliar sua relação com padrões climáticos observados sem pressupor previamente sua classificação como evento consolidado de El Niño futuros (Yang; Giese, 2013).

Diante disso, este artigo tem como objetivo realizar uma reanálise numérica comparativa dos principais eventos de El Niño já acontecidos juntamento com o período mais recente de 2025-2026, utilizando dados NOAA/OISST, apoio do modelo Earth2Studio/NVIDIA FourCastNet e comparando com gêmeo digital climática Destination Earth/VIZLAB (Kurth et al., 2023). Para poder entender futuras hipótese meteorológicas de sua região de ação. Bem como a integração entre as bases de dados oceânicas, aplicando os modelos atmosféricos orientados com a inteligência artificial no ambiente de visualização do gêmeo digital climático para amplia melhor a interpretação e tomada de decisão para futuras analise de eventos extremos e contribui para estudos aplicados ao planejamento climáticos (Hoffmann et al., 2023).

METODOLOGIA

A metodologia proposta tem como objetivo fazer a reanalisar numérica meteorológica dos principais períodos os eventos do El Niño entre 1982-1983, 1997-1998, 2015-2016 e 2023-2024 analisando a região de atuação no oceano e no continente onde tiveram maior influência na oscilação da temperatura. O período 2025-2026 foi incluído como janela recente de monitoramento, permitindo avaliar a continuidade ou alteração das anomalias oceânicas e atmosféricas em relação aos eventos históricos.

A seleção das datas de análise foi orientada por meses próximos aos picos de aquecimento na região Niño 3.4, com datas representativas como janeiro de 1983, janeiro de 1998, dezembro de 2015 e

1) UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, elrafajeser@gmail.com.
2) UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, marcelo@etg.ufmg.br.
3) UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, cmmengenheiracivil@yahoo.com.

janeiro de 2024. Para 2025-2026, as datas devem ser ajustadas conforme a tabela 1 a disponibilidade dos arquivos NOAA/OISST e o avanço da atualização dos dados diários.

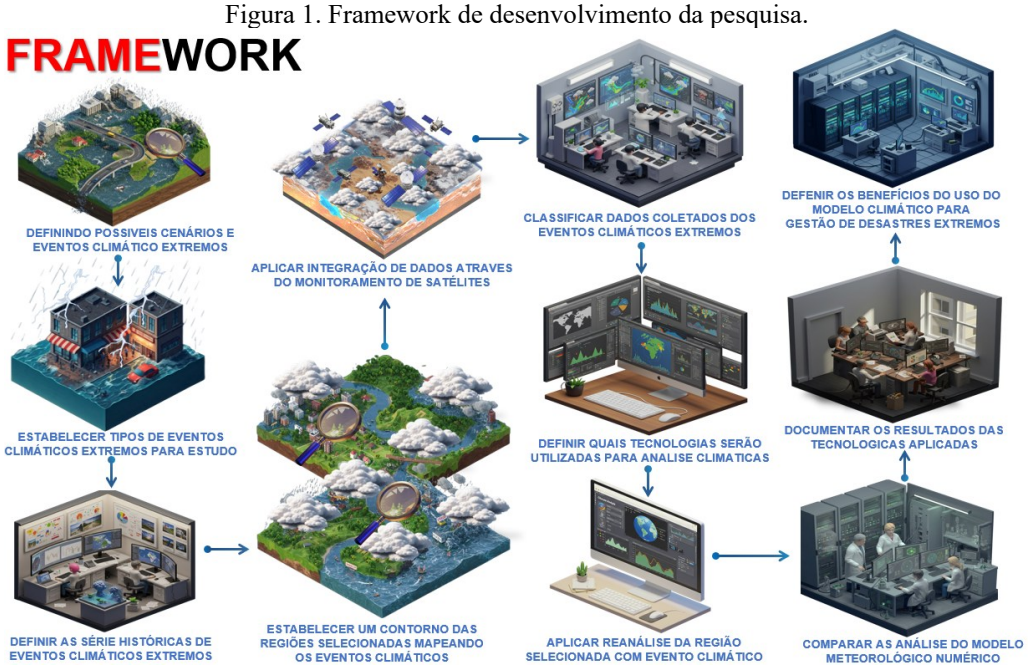
Tabela 1 – Top 8 eventos de El Niño registrados pelo NOOA nas estações trimestrais

Mês de inicio	Mês de fim	Duração do evento no trimestres	Media de oscilação intensidade Temp.	Maior pico registrado	Ano central pico	Data central registrado	Ano em de pico do evento.
14	MJJ 1991	MJJ 1992	13	1.71	DJF 1992	15/01/1992	1992
3	MAM 1957	JJA 1958	16	1.81	DJF 1958	15/01/1958	1958
6	MJJ 1965	MAM 1966	11	1.98	SON 1965	15/10/1965	1965
24	AMJ 2023	MAM 2024	12	2.06	NDJ 2023	15/12/2023	2023
9	AMJ 1972	FMA 1973	11	2.12	NDJ 1972	15/12/1972	1972
12	AMJ 1982	MJJ 1983	14	2.23	NDJ 1982	15/12/1982	1982
16	AMJ 1997	MAM 1998	12	2.40	OND 1997	15/11/1997	1997
21	SON 2014	MAM 2016	19	2.75	NDJ 2015	15/12/2015	2015

Fonte: NOOA, Trimestres móveis na estação SON, MAM, AMJ, NDJ

Após o mapeamento da área de estudo, o presente estudo foi dividido em etapas, definição e preparação do ambiente de análise climática, integração dos dados, seleção tecnológica e validação dos dados obtidos. Para uma melhor compreensão dos métodos empregados, foi desenvolvido um framework visual que descreve todas as fases do processo de análise, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 1. Framework de desenvolvimento da pesquisa.

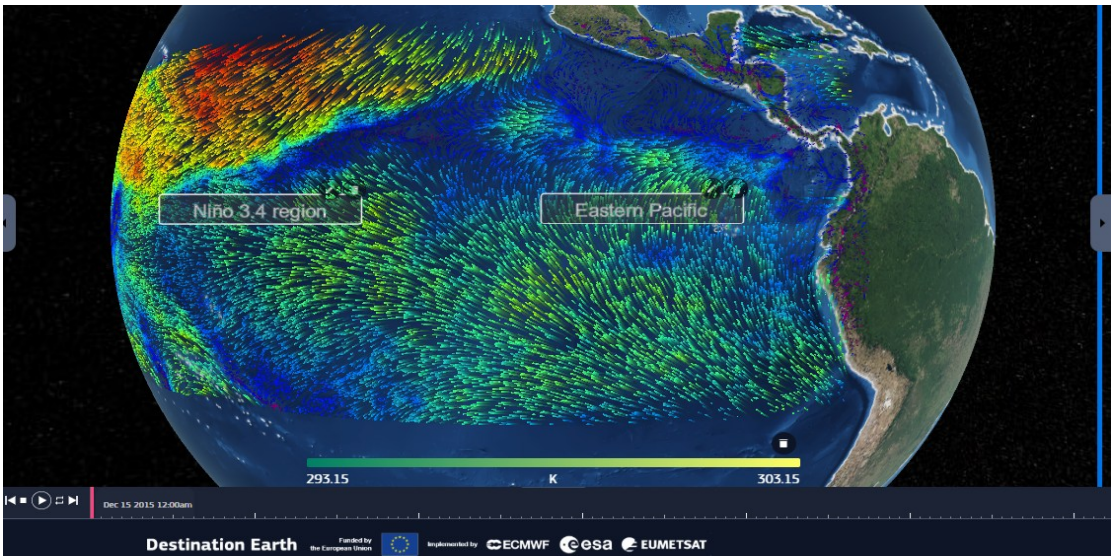


Fonte: Desenvolvido pelos autores, 2026.

Após a realização da reanalise atraves do Earth2Studio/NVIDIA FourCastNet foi possiviel gerar mapas climatológicos baseados em inteligência artificial forma preditiva. Cada mapa utilizou os dados climatológicos do NOAA/OISST do El Niño. A principal vantagem do FourCastNet está na capacidade de gerar campos atmosféricos de forma rápida, em ambiente computacional reprodutível, com o Google Colab ou plataformas compatíveis conforme mostra a figura 03.

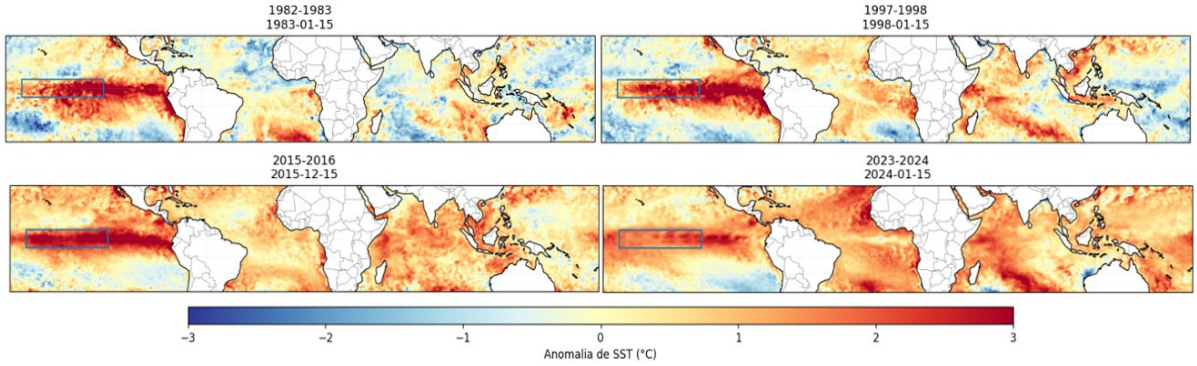
Neste sentido foi feito analise meteorológica numérica com Destination Earth/VIZLAB, conforme mostra a figura 02, que cria um gêmeo digital climático que interpretação os dados atmosféricos e oceânicos em ambiente imersivo. Como correntes de vento, temperatura onde circulam pelo oceano o sobre globo, possibilitando observar direções de fluxo, áreas de maior intensidade sobre oceano. A principal ideia foi ver como seria analise climatológica com ambos e explora quais são as qualidades das duas ferramentas.

Figura 02 – El Niño 2015 gêmeo digital climático através do Destination EARTH/VIZLAB



Fonte: Desenvolvido pelos autores, 2026.

Figura 03 - El Nino em mapa aberto - recorte do Pacifico Equatorial

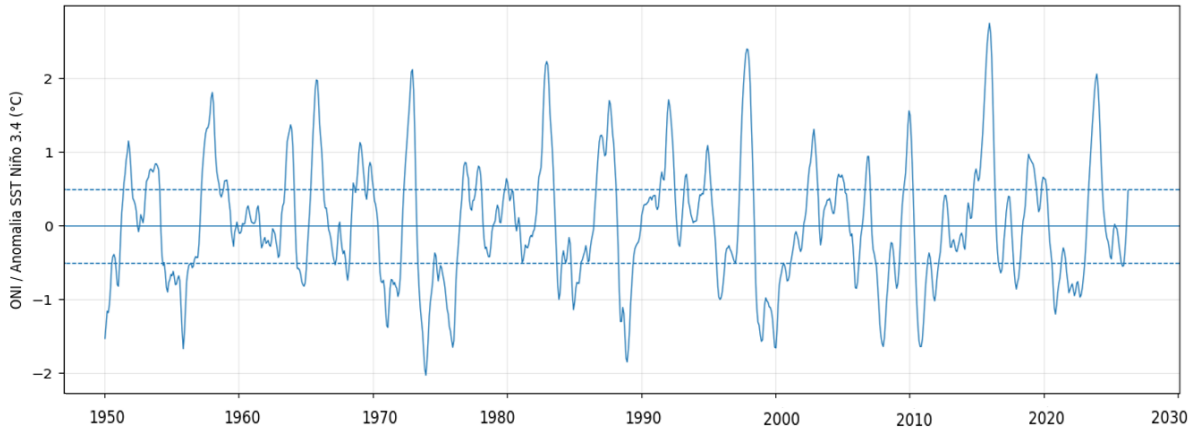


Fonte: Desenvolvido pelos autores, 2026.

RESULTADOS

Através da tecnologia da Earth2Studio/NVIDIA FourCastNet foi possível ter um deslumbre da simulação aplicando a inteligência artificial uma possível média global futuras. Auxiliada com gêmeo digital climáticos vemos como a aplicação visual destaca as principais correntes atuantes no oceano. Conforme mostra a figura 04.

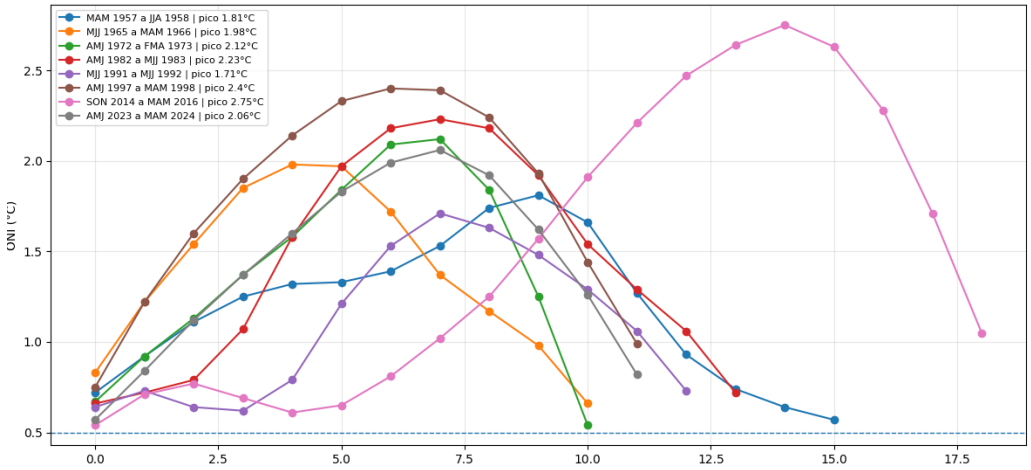
Figura 04: Evolução e previsão das oscilações El Ninõ futuramente de 1950 a 2026



Fonte: Desenvolvido pelos autores, 2026.

Abaixo a figura 06, mostrando a dos evolução dos eventos do El Niño nos períodos mais intensos mostrando o poder computacional da análise numérica de dados meteorológicos.

Evolução dos eventos do El Niño nos períodos mais intensos



Fonte: Desenvolvido pelos autores usando dados meteorológicos das estações moveis do NOOA, 2026.

CONCLUSÕES

A análise numérica comparativa dos principais eventos de El Niño demonstra enorme potencial da integração entre dados oceânicos, e modelos gêmeo digital climáticos baseados em inteligência artificial e permitindo acompanhar a evolução das anomalias oceânicas e visualização previamente sua classificação através da reanalise do El Niño. Mostrando que essas ferramentas tem um potencial enorme para classificação e para serem replicadas em estudos futuros.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Código de Financiamento 001).

REFERÊNCIAS

HOFFMANN, J. et al. **Destination Earth – A digital twin in support of climate services.** Climate Services, v. 30, p. 100394, 1 abr. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405880723000559>. Acesso em: 5 jul. 2026.

KURTH, T. et al. **FourCastNet: Accelerating Global High-Resolution Weather Forecasting Using Adaptive Fourier Neural Operators.** PASC '23, 26 jun. 2023, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 26 jun. 2023. p. 1–11. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3592979.3593412>. Acesso em: 5 jul. 2026.

WANG, D. et al. **El Niño and El Niño Modoki variability based on a new ocean reanalysis.** Ocean Dynamics, v. 62, n. 9, p. 1311–1322, set. 2012. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10236-012-0566-0>. Acesso em: 5 jul. 2026.

YANG, C.; GIESE, B. S. **El Niño Southern Oscillation in an ensemble ocean reanalysis and coupled climate models.** Journal of Geophysical Research: Oceans, v. 118, n. 9, p. 4052–4071, set. 2013. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jgrc.20284>. Acesso em: 5 jul. 2026.