

MANAUS SOB DIFERENTES REGIMES ATMOSFÉRICOS: O POTENCIAL DE DISTINTOS IMPACTOS NA REGIÃO CAPITAL MANAUARA.

Matheus Oliveira de Freitas¹
Ana Paula Barroso da Silva²
Thalita Nogueira Alves de Almeida³

INTRODUÇÃO

A partir de uma análise *in loco* com base numa avaliação empírica proporcionada através de um trabalho de campo durante o evento Simpósio Nacional de Geografia da Saúde (SNGS) do ano de 2023 sediado em Manaus Amazonas, o presente trabalho promove uma análise técnica entre os períodos de diferentes regências de sistemas atmosféricos no cenário hídrico fluvial do município de Manaus, no estado do Amazonas. Além disso expor imagens correlatas adquiridas ao longo do trabalho de campo supracitado.

Sabendo que as alterações do regime de chuvas da região possuem uma relação íntima com os fenômenos climáticos como o *El Niño e La Niña* - que impactam diretamente no cotidiano das populações ribeirinhas, urbanas e indígenas -, o presente trabalho possui como justificativa compreender visualmente os impactos sofridos na região alvo da pesquisa. Para isso foi realizada uma análise comparativa entre um período de regência do sistema atmosférico La Niña (2016) com o sistema El Niño (2023). Metodologicamente o trabalho propõe uma análise temporal comparativa fazendo o uso de imageamento por satélite (LandSat8), utilizando a plataforma de análise geoespacial *Google Earth Engine* (GEE) e o *software* Quantum Gis (QGis) para compreender as mudanças visuais do volume hídrico fluvial ocorridas nos períodos anteriormente citados.

A partir do desenvolvimento da análise *in loco*, bem como as experiências vividas *in situ*, foi possível obter um entendimento sobre a proporção da disparidade do volume fluvial da área analisada e dos impactos que derivam desta diferença entre fenômenos. Casas flutuantes encalhadas por meses e famílias isoladas sem meios de transporte foram alguns dos

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, matheus18.1@yahoo.com;

² Graduanda do Curso de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, anapaulabarrosogeo@gmail.com;

³ Graduanda do Curso de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, thalit-alm@hotmail.com.

impactos visualizados e noticiados durante a estadia *in situ* derivados das alterações dos sistemas atmosféricos.

A fim de visualizar um padrão entre os diferentes domínios de sistemas atmosféricos, o trabalho tem como objetivo promover uma compreensão e expor os impactos desses diferentes sistemas, para que, num futuro, haja um planejamento público adaptado e eficaz na capital manauara a fim de atender as diferentes populações afetadas pelos regimes atmosféricos e suas distintas características.

METODOLOGIA

Para realizar a comparação das condições de inundação durante os períodos de *El Niño* em 2023 e do período de *La Niña* em 2016 na região da cidade de Manaus, adotamos uma abordagem detalhada que integrou ferramentas avançadas de sensoriamento remoto e técnicas específicas de processamento de imagens. O primeiro passo antes de iniciar a modelagem dos dados *raster*, foi aferir junto a organizações confiáveis a periodicidade dos eventos climáticos que seriam analisados. Foram utilizados os dados atmosféricos abertos da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) para consultar a tabela histórica (Figura 1) de aquecimento ou arrefecimento do oceano Pacífico Sul de acordo com medida do El Niño-Oscilação Sul ou *El Niño Southern Oscillation* (ENSO).

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2015 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 1.9 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.6 |
| 2016 | 2.5 | 2.1 | 1.6 | 0.9 | 0.4 | -0.1 | -0.4 | -0.5 | -0.6 | -0.7 | -0.7 | -0.6 |
| 2017 | -0.3 | -0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | -0.1 | -0.4 | -0.7 | -0.8 | -1.0 |
| 2018 | -0.9 | -0.9 | -0.7 | -0.5 | -0.2 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 0.8 |
| 2019 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.5 |
| Year | DJF | JFM | FMA | MAM | AMJ | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDJ |
| 2020 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | -0.1 | -0.3 | -0.4 | -0.6 | -0.9 | -1.2 | -1.3 | -1.2 |
| 2021 | -1.0 | -0.9 | -0.8 | -0.7 | -0.5 | -0.4 | -0.4 | -0.5 | -0.7 | -0.8 | -1.0 | -1.0 |
| 2022 | -1.0 | -0.9 | -1.0 | -1.1 | -1.0 | -0.9 | -0.8 | -0.9 | -1.0 | -1.0 | -0.9 | -0.8 |
| 2023 | -0.7 | -0.4 | -0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.8 | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 2.0 |
| 2024 | 1.8 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 0.4 | 0.2 | | | | | | |

Figura 1 - Tabela classificação termal do Pacífico Sul. Fonte: portal de dados abertos do NOAA.

As imagens do *Landsat 8* foram filtradas com base na disponibilidade de dados durante os períodos de *El Niño* em 2023 e de *La Niña* 2016, garantindo uma correspondência temporal adequada com os dados extraídos do NOAA. Posteriormente foi criado um código em linguagem *Javascript* para ser implementado na plataforma de análise geoespacial *Google Earth Engine* (GEE) e conforme Gorelick (2017), essa plataforma engloba dados geoespaciais com cobertura global, a alta capacidade de armazenamento e processamento em nuvem, possibilitando a implementação de algoritmos de análise e processamento de dados

geoespaciais nas linguagens *Java Script* e *Python*. Posteriormente, foi executado uma seleção de imagens da missão *LandSat8* com filtros para as seguintes triagens: data dos fenômenos analisados, alvo de amostragem (região), pré-processamento e retirada de ruídos.

As imagens foram geradas no GEE por meio de uma função que calcula a mediana de cada pixel em um intervalo de tempo definido. Isso garante maior consistência, pois combina várias imagens de um período específico, em vez de uma data única. Por exemplo, as imagens de 2023 foram geradas entre 01/09 e 30/11 de 2023, e as de 2016, entre 01/09 e 30/11 de 2016.

Para processar as imagens foi optado a utilização do Índice de Água Normalizada (NDWI). O NDWI gera uma nova imagem, cujo valor dos pixels varia de -1 a 1, sendo 0 o limiar entre os alvos que são água e o que não são água. Ou seja: todos os pixels com valor igual ou menor que zero não são água ($NDWI \leq 0$), e todos os pixels que possuem valor maior que 0 são água ($NDWI > 0$). Assim, na imagem gerada pelo NDWI, os corpos d'água são evidenciados conferindo maior valor de brilho, enquanto as feições de solo e vegetação são minimizadas. Além do NDWI foi utilizado uma Máscara de Nuvens com a finalidade de destacar áreas sem nenhuma informação. A análise comparativa envolveu uma avaliação qualitativa e quantitativa das imagens recortadas, explorando diferenças nas condições de inundação e na exposição de solos fluviais entre os anos de *El Niño* e *La Niña*. A interpretação dos resultados considerou o contexto climático durante cada período, examinando os possíveis impactos dessas variações.

REFERENCIAL TEÓRICO

São amplamente divulgados trabalhos acadêmicos voltados para a busca da compreensão sobre os impactos gerados pelos eventos atmosféricos aqui abordados. Os impactos correlatos ao *El Niño* ou *La Niña*, estão estreitamente ligados a questões hídricas e os impactos gerados pelo excesso ou escassez de precipitação regular.

Logo, pensando nessa abrangência de impacto recorte do território brasileiro e numa escala regional, é possível encontrar algumas elaborações voltadas para compreender a sazonalidade deste evento para fins de elaborar uma melhor administração dos recursos hídricos - focado em abastecimento doméstico - da região nordeste e no semiárido mineiro (Alves et. Al, 2012). Na região sudeste também são amplamente encontrados trabalhos que buscam compreender diferentes efeitos, como impactos financeiros ligados a déficits hídricos no solo por conta do regime de chuvas, pesquisado por STAPE, Luiz (2008). A região sul do

Brasil não está a par, também são encontrados impactos relacionados a déficit hídrico, com PIRES e DALLA (2019).

Sendo um dos recursos mais valiosos do mundo, é recorrente os questionamentos sobre quando programar a plantação de uma lavoura ou em que momento deverá ser administrado de forma mais rígida os recursos hídricos de um açude para uso doméstico de uma cidade. A compreensão do evento e de sua sazonalidade, diminui a chance de sofrer com os impactos causados e mira em uma melhor adaptação e administração de responsabilidade pública e privada. Portanto, apesar de comparativa esta pesquisa irá focar principalmente nos impactos sofridos durante a estiagem proporcionada pela regência do evento *El Niño*, refletindo sob essa perspectiva e a partir da estadia em um desses momentos de crise no cenário da cidade de Manaus, Amazonas e região.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a confecção dos produtos através da plataforma GEE, seguimos para a análise dos resultados visuais obtidos. Foram estritamente utilizadas as possibilidades de análise hídrica proporcionadas pelo NDWI e a Máscara derivada, para gerar uma melhor observação dos alvos, ou seja, serão destacados na simbologia azul os corpos hídricos da área analisada. Além das imagens processadas, também serão utilizadas fotografias capturadas durante estadia em Manaus Amazonas, com a intenção de ilustrar os impactos do então fenômeno *El Niño*.

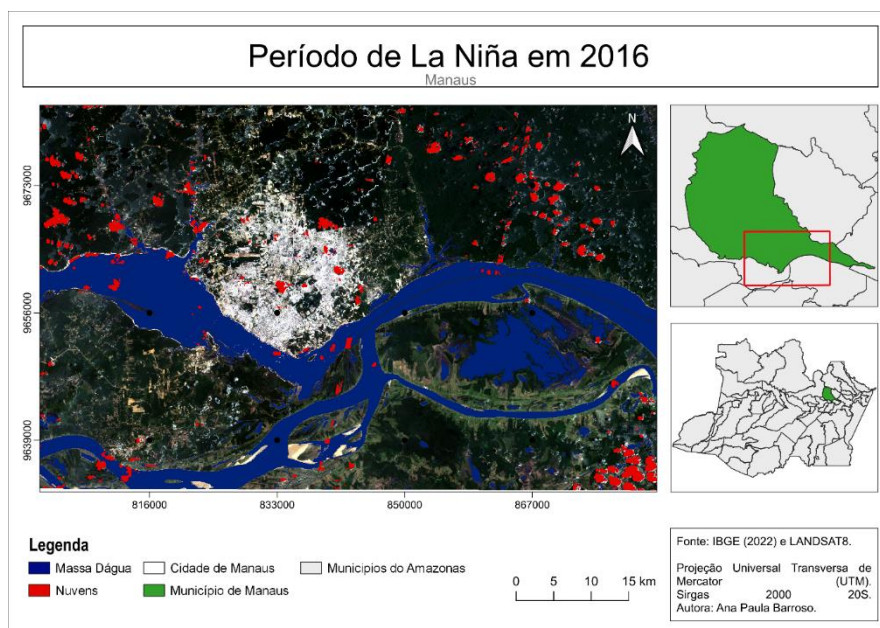


Figura 2 - Imagem no período de atuação do evento *La Niña* no ano de 2016. – Elaboração: Ana Paula Barroso.

É interessante visualizar na Figura 2 que quase não é possível observar as margens do rio Negro – fluxo paralelo ao núcleo urbano da cidade de Manaus, encontrada no centro da Figura 2 -, assim como, áreas com margens de faixas largas.

A presença de bancos de areia é rara e apenas é possível visualizar alguns bancos no rio Solimões – fluxo a sul, paralelo ao rio Negro -. Já na Figura 3, é possível notar as margens dos rios mais demarcadas, destacando-se da coloração azul que representa os rios Negro e Solimões.

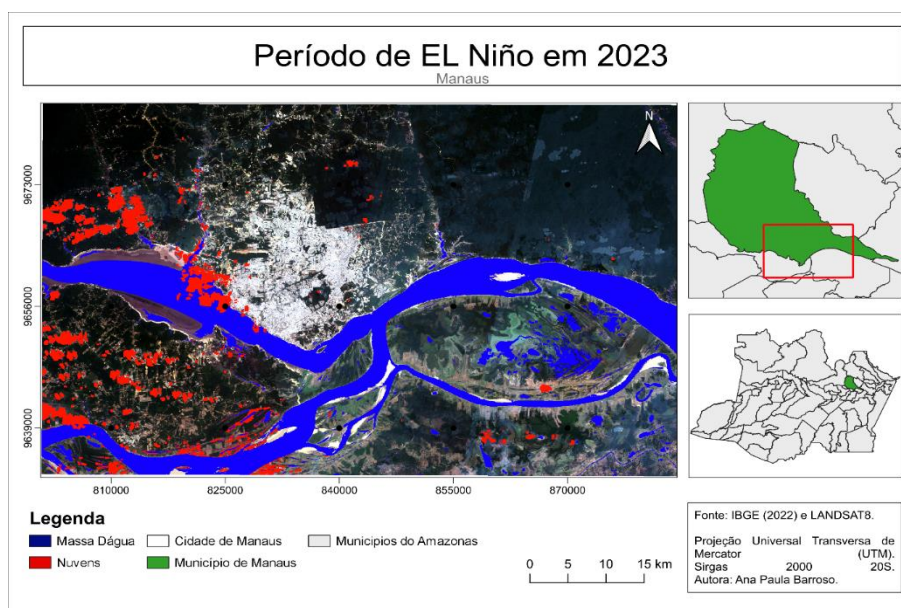


Figura 3: Imagem obtida no período de atuação do *El Niño* no ano de 2023. – Elaboração: Ana Paula Barroso.

Além dos rios, grandes bancos de areia ao longo dos cursos de ambos os rios supracitados são perceptíveis. Algumas feições que lembram lagos e lagoas, tomaram proporções menores em comparação com a imagem correspondente à Figura 2.

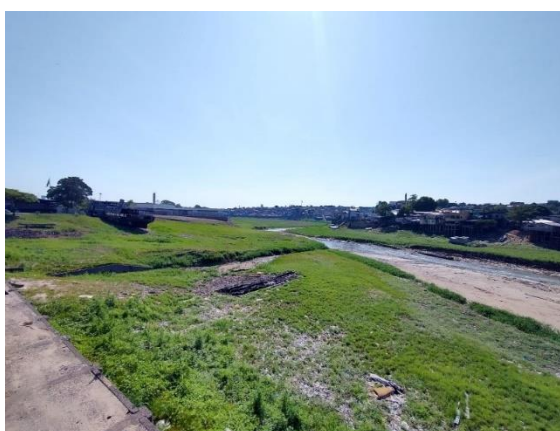


Figura 4 - Terraço de inundação e leito do rio Tatumã, afluente do rio Negro. Fonte: Thalita Nogueira.

A Figura 4 representa um pouco dos impactos gerados para a região urbana de Manaus, impactos esses relacionados a vazão dos rios, dispersão de espécies maiores de peixes a jusante de afluentes e locomoção de casas flutuantes. Saindo um pouco da região urbana de Manaus, foram feitas análises a montante do rio Negro.

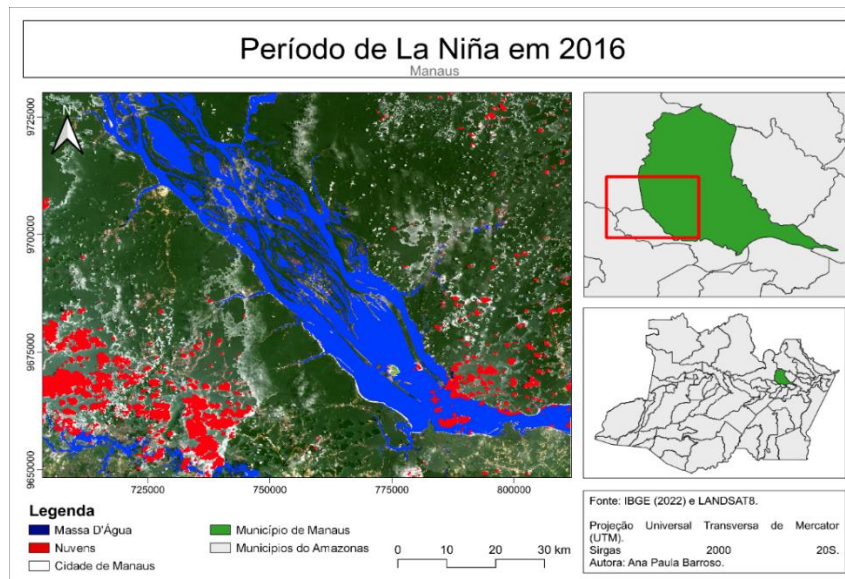


Figura 5 - Imagem obtida no período de atuação da *La Niña* no ano de 2016. Elaboração: Ana Paula Barroso.

A Figura 5 e 6 representam um ponto do rio Negro de fluxo com energia inferior em relação ao ponto que é situado paralelo à cidade de Manaus. Por conta da baixa energia derivada da morfologia mais plana, a área tende a formação de lagos e lagoas, meandros e uma alta deposições de sedimentos transportados de montante e, portanto, a formação de algumas ilhas de deposição e grandes bancos de areia.

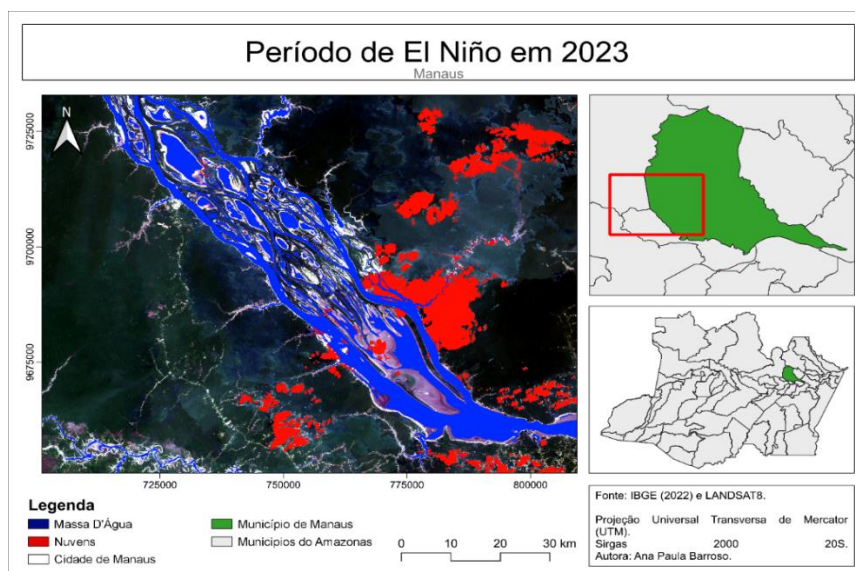


Figura 6 - Imagem obtida no período de atuação do *El Niño* em 2023. Elaboração: Ana Paula Barroso.

A partir da comparação entre os últimos dois mapas, é possível notar o acréscimo nos bancos de areia e alargamento das margens (Fig. 7) ao longo do curso do rio, além da diminuição do volume hídrico das lagoas e lagos formados ao longo do rio Negro.



Figura 7 – Afluentes do rio Negro com grandes parcelas de leito expostas. Fonte: Thalita Nogueira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo destacou as distintas vazões dos rios presentes na região manauara, de acordo com a regência de diferentes regimes atmosféricos com o intuito de compreender visualmente os níveis de impactos causados para as populações que dependem diretamente dos cursos fluviais para a manutenção de sua locomoção, garantia alimentar e acesso a outros serviços que apenas são encontrados em esparsos núcleos urbanos ao longo dos rios. Há uma relação íntima entre os cursos fluviais e a garantia de bem-estar entre as populações indígenas que dependem da pesca ou do turismo, populações que residem em casas flutuantes, populações ribeirinhas e até mesmo populações urbanas.

O presente trabalho almeja caber como um alerta para o poder público responsável, fornecendo uma base para futuras pesquisas e ações governamentais, para que assim, haja um planejamento eficiente de atenção as populações impactadas diante dos períodos de *El Niño*. Para que haja uma estratégia de atenção as populações supracitadas vítimas de isolamento.

Doravante, iremos propor uma análise temporal focada nos impactos do fenômeno atmosférico *El Niño*, a fim de compreender alguns padrões e áreas de impacto, otimizando assim a análise e as estratégias de auxílio pelo território manauara.

A partir das análises realizadas ao longo do trabalho, conclui-se que a partir do auxílio da ferramenta GEE e métodos disponíveis na plataforma em questão para a seleção e extração de imagens, proporciona um grande auxílio para a análise de corpos d'água. Tendo em perspectiva o uso da ferramenta supracitada e a análise em questão realizada neste resumo, foi

possível notar a grande variação da massa d'água entre as datas correspondentes ao *El Niño* em 2023 e a *La Niña* no ano de 2016 na cidade de Manaus. Com os resultados podemos identificar padrões, impactos e áreas afetadas, auxiliando em futuras estratégias de auxílio para as diferentes populações do território analisado.

Palavras-chave: Lã Niña e El Niño; Rede Fluvial, NDWI, Amazonas, Análise Comparativa.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA. Comparação entre NDWI e MNDWI para o mapeamento de áreas inundadas no Pantanal do Taquari. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1110126/comparacao-entre-ndwi-e-mndwi-para-o-mapeamento-de-areas-inundadas-no-pantanal-do-taquari>. Acesso em: 10 mar. 2024.

UFV. Análise de áreas inundadas utilizando NDWI e MNDWI. *Revista de Ciências Exatas e da Terra*, v. 1, n. 1, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/12037/6491>. Acesso em: 13 jul. 2024.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. *Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone*. *Remote Sensing of Environment*, v. 202, p. 18-27, 2017.

PIRES, Ricardo Martins; DALLA ROSA, Anderson. Impacto do El Niño e La Niña na produção agrícola no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Agricultura*, v. 94, n. 1, p. 45-60, 2019.

ALVES, Luiz; SILVA, Maria; PEREIRA, João. Panorama da oferta de água para abastecimento humano na Região Nordeste do Brasil e norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 5, n. 2, p. 123-145, 2012.

STAPE, Luiz Felipe. Estudo sobre a produtividade de Eucalyptus. *Revista Brasileira de Silvicultura*, v. 10, n. 2, p. 123-135, 2008.