

Análise de Correlação de Dados de Precipitação utilizando o Earth Nullschool e Plataforma de Coleta de Dados

Veríssimo Ribeiro Pinheiro Neto*, Igor Maciel Tibúrcio**, Sidney Henrique Campelo de Santana***, Josicléda Domiciano Galvêncio****

* Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, verissimo.pinheiro@ufpe.br,

** Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, igor.tiburcio@ufpe.br

*** Instituto Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, sidney.campelo@abreuclima.ifpe.edu.br,

**** Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, josicleda.galvencio@ufpe.br

Received 01 November; accepted 19 December

Resumo

O estudo de séries históricas de precipitação é vital para o entendimento da dinâmica hidrológica de uma região, bem como a maneira em que essa interage com as dinâmicas socioeconômicas e espaciais. A precipitação pluvial é o principal meio de recargas dos aquíferos, influenciando na irrigação, acesso à água, estrutura energética, entre outros. Entretanto, é comum encontrar falhas de precipitação em séries históricas, decorrentes de erros de digitação e codificação, pontos de coleta descalibrados e erros em geral no processo de coleta e armazenamento desses dados. Para tanto, recorreu-se a aplicação da correlação de Pearson entre valores fornecidos pela ferramenta Earth Nullschool e as informações de precipitação registradas pela Plataforma de Coleta de Dados (PCD), Alto da Brasileira situada na zona norte do município de Recife, Pernambuco, de responsabilidade da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac). Dessa forma, buscou-se averiguar a viabilidade do uso dos dados fornecidos pela plataforma para o preenchimento de falha de precipitação em séries históricas, entre outras aplicabilidades técnico-científicas. Assim, o objetivo deste trabalho consiste em averiguar a credibilidade dos dados de precipitação fornecidos pela plataforma Earth Nullschool para Recife, com a finalidade de utilizar ferramentas adicionais no campo do preenchimento de falhas.

Palavras-chave: Falha de Precipitação, Precipitação Pluvial, Estatística.

Correlation Analysis of Precipitation Data using Earth Nullschool and Data Collection Platform.

Abstract

The study of historical rainfall series is essential for understanding the hydrological dynamics of a region, and how this interacts with socio-economic and spatial dynamics. Rainfall is the main means of recharging aquifers, influencing irrigation, access to water and the energy structure, among other things. However, it is common to find precipitation gaps in historical series, due to typing and coding errors, uncalibrated data collection points and general errors in the data gathering and storage process. To this end, Pearson's correlation was applied between the values provided by the Earth Nullschool tool and the precipitation information recorded by the Data Collection Platform (PCD), Alto da Brasileira, located in the northern part of the municipality of Recife, Pernambuco, under the responsibility of the Pernambuco Water and Climate Agency (Apac). The aim was to investigate the feasibility of using the data provided by the platform to fill in precipitation gaps in historical series, among other technical and scientific applications. Thus, the aim of this work is to verify the credibility of the precipitation data provided by the Earth Nullschool platform for Recife, with the aim of using additional tools in the field of filling gaps.

Keywords: Missing Rainfall Data, Pluvial Precipitation, Statistics

1. Introdução

Precipitação é entendida como qualquer água advinda da atmosfera, independentemente do estado físico que ela se encontra (Bertoni & Tucci, 2012). Sendo assim, os termos precipitação e

precipitação pluviométrica são sinônimos em diversos estudos nos países tropicais, mesmo que não haja existência de neve em grande parte do território (Ayoade, 2006). O estudo de séries históricas de precipitação é vital para o entendimento da dinâmica hidrológica de uma

região, bem como a maneira em que essa interage com as dinâmicas socioeconômicas e espaciais, a precipitação pluvial é o principal meio de recargas dos aquíferos, influenciando na irrigação, acesso à água, estrutura energética, entre outros. (Ichiyanagi *et al*, 2007; Bertoni e Tucci, 2012).

Nessa perspectiva, a urbanização e os processos de ocupação estão diretamente relacionados com a disponibilidade hídrica de uma região. Com essa demanda, diversos problemas nas regiões metropolitanas estão escancarados (Cunha & Borges, 2015). Isso acontece, inclusive, na cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, visto que a cidade possui um histórico de problemas com recursos hídricos, por exemplo, os diversos casos de alagamento e deslizamentos de terra causados em períodos mais intensos de precipitação pluvial.

Dentro desta perspectiva, Recife está sob influência de diversos sistemas atmosféricos, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), ventos alísios, Linhas de Instabilidade e Ondas de Leste, Complexos Conectivos de Mesoescala (Reboita *et al*, 2012), além dos efeitos de anomalias nas temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico.

Diante do exposto, é fundamental monitorar o comportamento das chuvas no município. Por isso se torna necessário um aporte de dados constantes relativos aos níveis precipitação. Dessa forma, em Pernambuco a instituição responsável pelo registro e gestão destas informações é a Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac). Atualmente, a Apac possui 352 estações pluviométricas em todo o estado, sendo elas automáticas e convencionais, além de trabalhar em conjunto com demais órgãos como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A agência é responsável por emitir dados diários de pluviosidade em todos os 185 municípios do estado de Pernambuco, fornecendo dados de hora em hora nas estações automáticas e nas estações convencionais (Apac).

Entretanto, é comum encontrar falhas de precipitação em séries históricas, decorrentes de erros de digitação e codificação, pontos de coleta descalibrados e erros em geral no processo de coleta e armazenamento desses dados (Radi *et al*, 2015). Segundo Schneider (2005), existem duas classificações centrais para falhas de precipitação, sendo elas: falhas sistemáticas, que são relacionadas ao instrumento utilizando e falhas de amostragem, que estão relacionadas com o manuseio dos dados fornecidos pelos pontos de coleta. Dessa forma, surgiram diversos métodos de

preenchimento de falhas, como a média de ponderação regional, o método de regressão linear, redes neurais artificiais, entre outros (Bertoni & Tucci, 2012; Oliveira *et al*, 2010). Tendo isso em vista, apresentam-se como alternativas de complemento a essas lacunas, ferramentas online que tem como base modelos globais que estimam dados meteorológicos. Dentre essas plataformas se encontra a Earthnullschool, que fornece dados sobre as condições de tempo meteorológico através de boletins gerados por computadores. As principais fontes de dados do Earth Nullschool são o *Global Forecast System* (GFS), uma das agências da *National Oceanic and Atmospheric Administration U.S.* (NOAA).

Entretanto, se faz necessário a averiguação dos dados coletados por essas fontes alternativas e os que são fornecidos pela PCD. As informações disponibilizadas por ferramentas como o Earth Nullschool, são estimativas que não são coletadas no “ambiente real”, tendo como fonte sistemas computadorizados como o GFS (Earth Nullschool). Enquanto isso, os dados das PCD's são valores observados fornecidos por plataformas de coleta (INMET). Assim, se faz necessário a correlação estatística dessas informações estimadas com os dados observados da PCD.

Por se tratar de variáveis distintas, se faz necessário o uso de correlações estatísticas. Entende-se por correlação estatística a associação de duas variáveis medindo seu grau associativo e sua linearidade (Garson, 2009), dessa forma, existem diversos métodos para associar variáveis estatisticamente, como a correlação de Pearson, coeficiente de determinação, Método de Regressão Linear, entre outros. Nessa perspectiva, o uso de correlações estatísticas procura demonstra a relação de duas variáveis e a maneira que elas se afetam dentro de um espaço amostral, quanto maior for o quantitativo de variáveis, mais robusta será a correlação. O termo correlação é utilizado de maneira errônea em algumas ocasiões, pois existe a correlação estatística que é diferente do termo de correlação. Dessa forma, uma das correlações mais utilizadas na estatística é a correlação de Pearson por associar linearmente duas variáveis distintas. (Mukaka, 2012).

Assim, o objetivo deste trabalho consiste em averiguar a credibilidade dos dados de precipitação fornecidos pela plataforma Earth NullSchool para Recife, verificando a possibilidade de uso da mesma para o estudo de preenchimentos de falha de precipitação em séries históricas, melhorando o planejamento hídrico da região estudada.

2. Material e métodos

2.1 Área de Estudo

O município do Recife é a capital do estado de Pernambuco, localizado no Nordeste do Brasil,

na porção litorânea da região de coordenadas centrais 8° 03'14" S e 34°52'51" O. Apresenta altitude média de 72m e uma área de 218km² (IBGE). A figura 1, corresponde ao mapa localização de Recife.

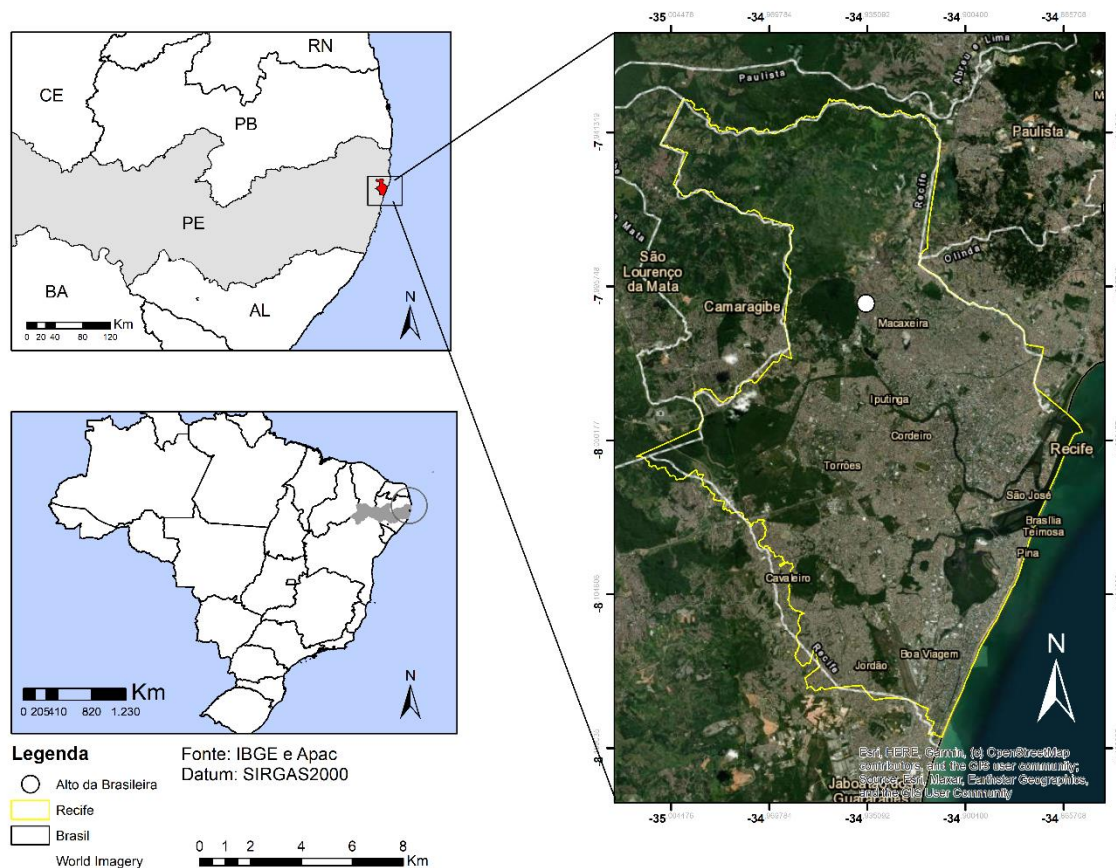


Figura 1. Mapa de localização do ponto de coleta de dados, Alto da Brasileira e do município

Devido à sua proximidade com o equador terrestre, a cidade do Recife está sob influência, principalmente, da Zona de Convergência Intertropical. Além disso, outros sistemas atmosféricos exercem influência sobre o clima da cidade, como as Linhas de Instabilidade, os ventos alísios e as Ondas de Leste. As chuvas também são influenciadas pelas anomalias de variação das temperaturas da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico. O período chuvoso do município está compreendido no que se denomina quadra

chuvosa, que corresponde aos meses de abril e julho, conhecido como quadra chuvosa (Medeiros *et al*, 2022). O clima de Recife, segundo a classificação de Koppen-Geiger, caracteriza-se como tropical úmido (Aw), ou seja, sua média de precipitação anual é maior a evapotranspiração (Ayoade, 2006; Ab'Saber, 2012).

A figura 2, corresponde ao climograma do município de Recife.

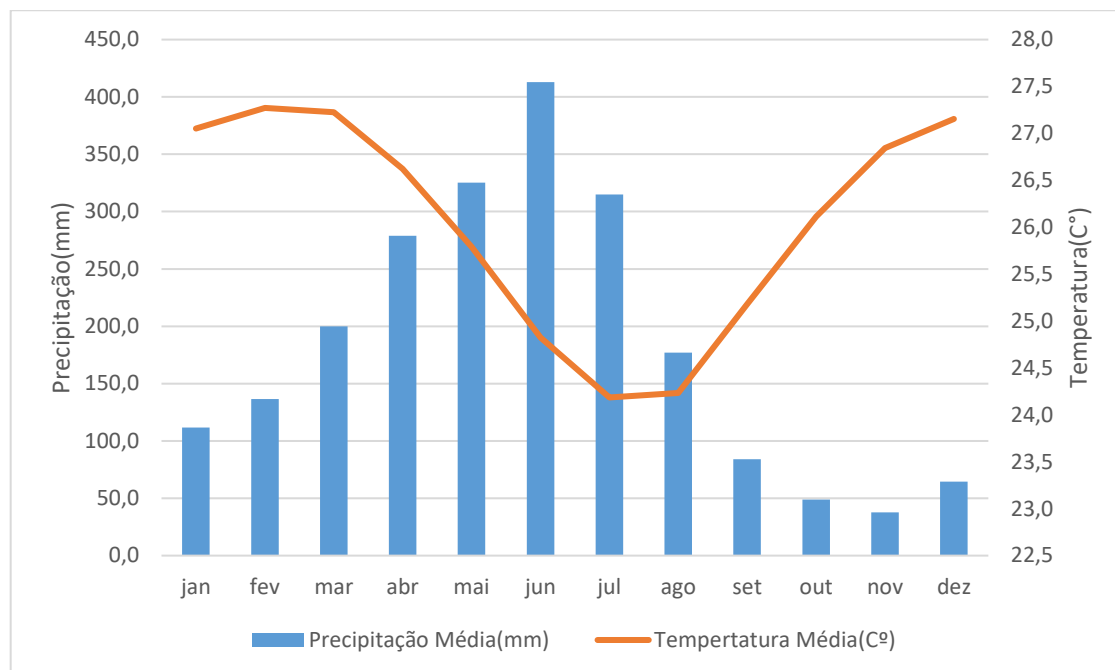


Figura 2. Climograma da cidade do Recife, entre os anos de 2002 e 2020.
Fonte: INMET

2.2 Aquisição dos dados da PCD

Plataformas de Coletas de Dados são estações de coletas de dados meteorológicos espalhados por todo o país, essas estações surgiram da necessidade de acompanhar os fenômenos da atmosfera para o planejamento de diversos setores da sociedade. As estações são interligadas com satélites, fornecendo informações diárias de hora em hora (INMET).

Inserido nesse contexto e por possuir a maior quantidade de dados no intervalo histórico escolhido, a estação pluviométrica estudada consiste na plataforma Alto da Brasileira localizada na cidade do Recife, no bairro de Nova Descoberta na zona Norte da cidade, nas coordenadas 8° 00'04" S e 34° 56'08" O. A estação automática é de responsabilidade da Apac, seu código de identificação é 265. O intervalo amostral da análise foi entre 01 de janeiro de 2021 e 31 de dezembro 2022.

Esses dados foram organizados em planilhas eletrônicas, com o auxílio do software Microsoft Excel. Após a organização, foi realizado a soma dos acúmulos diários dos 24 meses estudados, resultando assim, o acúmulo mensal de cada mês.

2.3 Aquisição dos dados da plataforma do Earthnullschool

O Earth Nullschool é uma ferramenta organizada por Cameron Beccario, que é cientista

de dados e desenvolvedor de software na área climatológica

(<https://earth.nullschool.net/about.html>).

A ferramenta que tem como objetivo fornecer dados meteorológicos e climáticos, em tempo real, da superfície terrestre. As principais fontes de dados do site são o *Global Forecast System*, da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOOA) e o Serviço de Monitoramento da Atmosfera do Copernicus, que fornecem informações a cada três horas, e posteriormente, disponibilizando dados a cada uma hora, no caso desse trabalho, dados de precipitação a cada hora.

Na plataforma, foi selecionado um ponto correlativo às coordenadas da PCD Alto da Brasileira. A partir disso, foram coletados 17.856 dados de precipitação fornecidos a cada hora, no mesmo intervalo da série da plataforma de coleta. Após isso, se obteve o valor de precipitação diário de todos os dias compreendidos entre as datas 01 de janeiro de 2021 e 31 de dezembro de 2022.

Posteriormente, os dados foram organizados em planilhas eletrônicas, tal qual os dados da PCD. Em seguida, foi realizada a soma dos acúmulos diários de cada mês, resultando no acúmulo de precipitação dos 24 meses estudados.

2.4 Correlações Estatísticas

Entende-se por correlação estatística como uma medida associativa de duas variáveis (Garson, 2009), assim, o estudo estatístico tem como objetivo medir o grau de associação e a direção de

duas variáveis (Moore, 2007). Sendo assim, a correlação de Pearson (Figura 3) é uma associação linear entre duas variáveis, ou seja, a covariância estabelece uma linearidade de medida entre as

variáveis, gerando um mesmo vetor de resposta em ambas as variáveis (Figueiredo & Silva, 2009). A correlação de Pearson se configura por meio da expressão, exibida como equação 1.

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2)(\sum(y_i - \bar{y})^2)}} \quad (1)$$

Em que r é o resultado da divisão do produto da soma dos valores do intervalo de duas variáveis (X, Y) pelo quadrado do produto da soma do intervalo dessas mesmas variáveis.

Por se tratar de uma correlação estatística, o intervalo de valor relacionado à correlação é de -

1 à +1, sendo -1 uma correlação negativa perfeita e +1 uma correlação positiva perfeita, ainda é possível que a correlação tenha como resultado 0, que indica que as duas variáveis não possuem correlação (Mukaka, 2012). A Tabela 1 mostra o grau das correlações dependendo do valor de r , entre 0 e +1.

Tabela 1. Grau de Correlação dependendo do valor de r .

Grau de Correlação	R
Negativo Perfeito	-1
Inversamente Proporcionais	$-1 < r > 0$
Não há correlação	0
Quase não há correlação	$0 < r > 0,3$
Fraca	$0,3 < r > 0,5$
Moderada	$0,5 < r > 0,8$
Forte	$0,8 < r > +1$
Positivo Perfeito	+1

Dessa forma, foram pré-definidas duas variáveis 'X' e 'Y', sendo 'X' o valor que represente os dados de precipitação fornecidos pelo Earth Nullschool e 'Y' é o valor que representa os dados da Plataforma de Coleta de Dados "Alto da Brasileira". Assim, foi calculado a Correlação de Pearson, após isso, foram analisados os resultados das correlações estatísticas, verificando a associação das variáveis estudadas. Foram feitas as correlações dos 24 meses estudados (dia a dia) dos anos de 2021 e 2022. Além disso, devido à concentração de chuvas nos meses de abril, maio, junho e julho, foi analisada a correlação dos valores apresentados nessa quadra chuvosa nos dois anos estudados, com o intuito de enriquecer a análise estatística.

3 Resultados e discussão

Nesta seção, serão analisados os resultados das correlações estatísticas entre as duas variáveis estudadas. O município de Recife possui seu período chuvoso entre abril e julho, na chamada quadra chuvosa, por esse motivo foram realizadas duas correlações, uma com os 24 meses estudados e outra com a quadra chuvosa dos dois anos. Na primeira correlação, Pearson teve como resultado 0,518, esse valor demonstra uma associação moderada entre as variáveis, entretanto há uma correlação evidenciando um caráter uniforme entre elas. Já na correlação entre as quadras chuvosas, observa-se uma diferença nos valores das correlações, Pearson teve como valor 0,546, isso mostra uma correlação minimamente maior entre as variáveis durante o período chuvoso. Diversos estudos apontam esses intervalos de Pearson como

moderado (Mukaka, 2012), de tal maneira que é possível dizer que há uma covariância entre os dados coletados por ambas as plataformas. Nas Tabelas 2 e 3 é possível verificar os valores das

correlações para o período analisado e para a quadra chuvosa da região.

Tabela 2. Valores das Correlações no Período Completo.

Pearson	0,518
Significância Estatística	0,000

Tabela 3. Valores das Correlações nas Quadras Chuvosas.

Pearson	0,546
Significância Estatística	0,000

Ainda é possível notar o valor de Significância Estatística, tal valor atesta a confiabilidade da estatística, justificando a covariância entre as variáveis. Ou seja, as variáveis possuem correlação, ainda que seja moderada, é

possível correlacionar os valores das PCD's com os valores do Earth Nullschool.

A Figura 5 apresenta o comparativo dos acumulados coletados nas Plataformas de Coleta de Dados e no Earth Nullschool no ano de 2021.

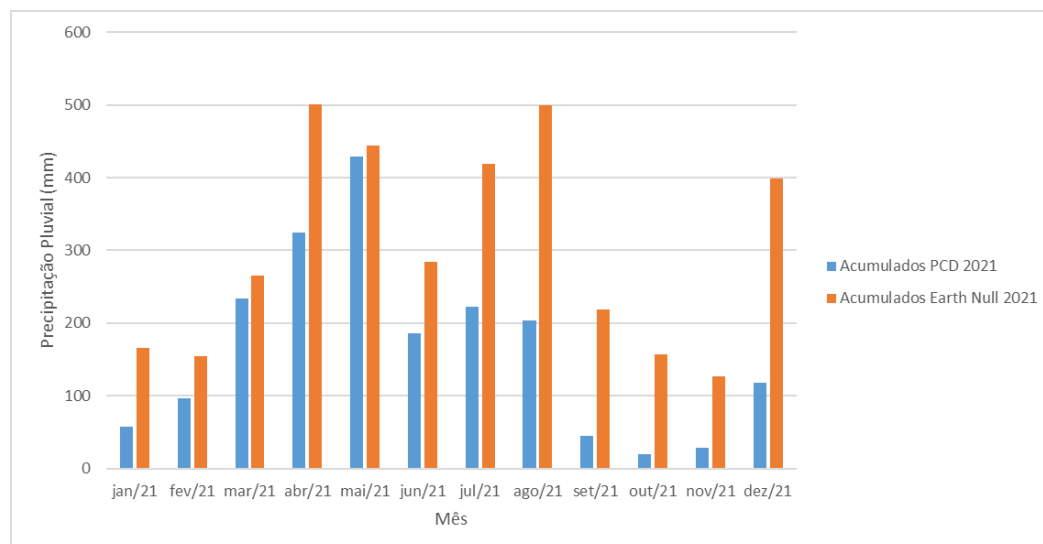


Figura 5. Acumulados Mensais das Plataformas de Coleta e do Earth Nullschool no ano de 2021.

Primeiramente, observa-se uma discrepância nos valores dos acumulados mensais coletados, principalmente na época menos chuvosa da região, que seria entre setembro e fevereiro. Entretanto, nota-se uma proximidade maior dos dados na quadra chuvosa, em especial, no mês de maio, em que os valores ficaram aproximados. Essa discrepância entre os dados pode ocorrer por diversos fatores, um deles seria a ocorrência de falhas de precipitação na série histórica das PCD's, reduzindo consideravelmente os valores dos acumulados mensais. Foram coletados 744 acumulados diários. Nesse intervalo, é possível constatar a presença de 40 dias sem informações de precipitação, ainda que seja um valor bem reduzido se for analisado o total de dias, porém torna-se significativo no somatório dos acumulados

mensais de precipitação. Outro fator possível para a discrepância dos valores, é o fato que o Earth Nullschool não coleta os dados de precipitação diretamente no ambiente real, e sim, por meio de computação de dados obtidos por sensores orbitais, gerenciados e disponibilizados pela NOAA. De tal modo, os dados fornecidos pela NOAA são dados estimados, que tem como fonte o GFS, que analisa a densidade das nuvens em uma resolução de 13 km (NOAA). Assim o satélite não possui capacidade de coletar dados de precipitação diretamente, generalizando e extrapolando os valores expostos.

A Figura 6 apresenta o comparativo entre os acumulados mensais dos dados do Earth Nullschool e das PCD's.

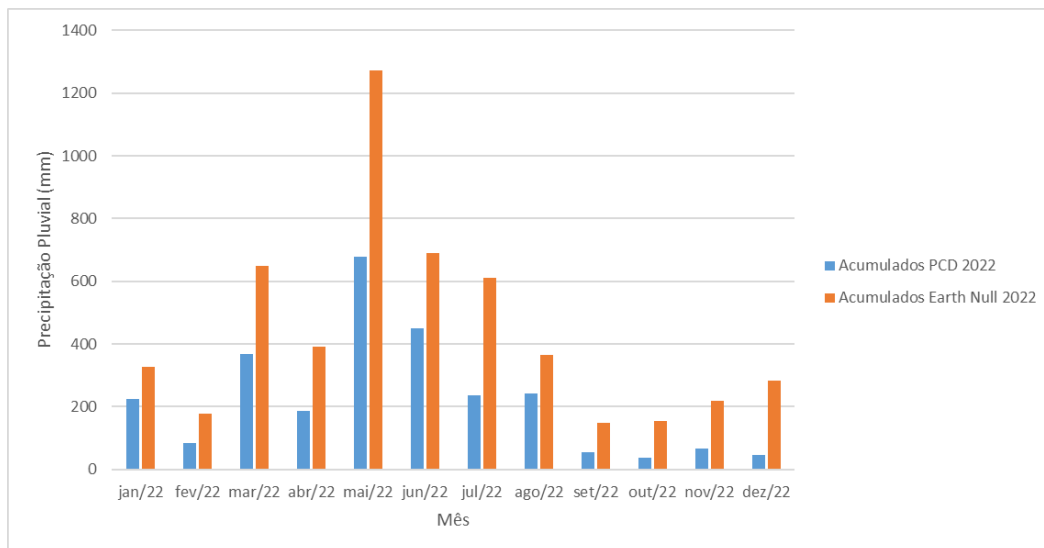


Figura 6. Acumulados Mensais das Plataformas de Coleta e do Earth Nullschool no ano de 2022.

Nesse gráfico, é possível observar a diferença abrupta entre os dados fornecidos, especialmente no mês de maio onde o valor dos dados do Earth Nullschool é praticamente o dobro do valor dos dados fornecidos pela plataforma de coleta (1271,2 e 679,1mm, respectivamente). A ocorrência dessa discrepância de informações está atrelada, provavelmente, à generalização dos dados fornecidos. Como já foi dito, o Earth Nullschool tem como fonte de dados de pluviosidade o GFS, que estima os valores de precipitação em grandes áreas. Outro fator que pode colaborar com a superestimação dos valores de precipitação são as condições climáticas da região. Neste contexto, Recife é influenciado diretamente pelas correntes de ar úmidas vindas do oceano, o que provoca chuvas frequentes na região. Ademais, o Nordeste brasileiro sofre forte influência de fenômenos como o El Niño Oscilação Sul (ENOS), quando em sua fase negativa (La Niña), contribui para o aumento dos volumes de chuva na faixa oriental do Nordeste. Esse fenômeno exerceu forte influência na região entre os anos de 2020 e 2023, o que explica as chuvas volumosas nos anos de 2021 e, principalmente, 2022 (INMET, 2023). Como o GFS capta informações em uma área de 13km, o acumulado de chuvas cobre uma região consideravelmente maior que a Plataforma de Coleta, o que pode causar a superestimação dos dados.

Entretanto, apesar da diferença entre os valores, é possível observar uma correlação entre os dados apresentados. Primeiramente, nota-se uma padronização dos comportamentos dos acumulados, com exceção dos meses de fevereiro de 2021, agosto de 2021, novembro de 2021 e dezembro 2022, todos os outros meses mantiveram uma associação entre os comportamentos, ou seja,

quando houve queda em uma das fontes de dados, a outra teve a resposta recíproca. Dessa forma, se torna mais evidente a correlação entre os dados apresentados, outros trabalhos procuraram correlacionar diferentes fontes de dados de precipitação (Silva; Carpenedo; Silva, 2022), tornando-se evidente a superestimação comparativa entre dados estimados e dados observados.

4. Conclusão

De acordo com o presente artigo, pode-se afirmar que o estudo da precipitação pluvial é importante para o desenvolvimento regional em qualquer parte do globo, tendo como objetivo o planejamento dos diversos setores da sociedade. Nessa perspectiva, esse trabalho procurou correlacionar diferentes fontes de dados de precipitação, com o objetivo de enriquecer o estudo sobre falhas de precipitação e procurar maneiras de preenche-las. Assim, foi possível calcular a correlação entre os dados, que teve como valor $r=0,518$, o que pode ser considerado dentro da literatura e dos estudos estatísticos como moderado. Dentro da perspectiva regional, foram correlacionados os valores de precipitação de ambas as fontes durante o regime de maior pluviosidade na cidade do Recife, que seria entre os meses de abril e julho. A correlação de Pearson dos dados referentes a esse período teve como valor 0,546, o que demonstra uma correlação minimamente melhor entre os dados, mantendo-se moderada.

Os poucos estudos utilizando o Earth Nullschool foram voltados para metodologias de ensino de Climatologia nas escolas. Com esse trabalho, espera-se que as pesquisas para a

utilização da ferramenta no âmbito científico aumentem, bem como o estudo de suas potencialidades de análise atmosférica, tanto por sua interface de fácil compreensão, quanto pelo acesso gratuito de seu banco de dados.

Conclusivamente, foi possível evidenciar a possibilidade do Earth Nullschool para estudos e coletas de dados, deve-se considerar que, as fontes de dados da plataforma são referentes a um modelo global, o que acaba generalizando informações. Entretanto, se faz necessário uma melhor calibração das fontes de dados, visto que não existem coberturas de radares em toda a superfície terrestre. Os resultados desse estudo podem

Referências

- AB' Saber, Aziz Nacib, 2012. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. 7ª edição. São Paulo: Ateliê Editorial.
- APAC. Sobre Acumulados de Chuvas. Disponível em < <https://www.apac.pe.gov.br/sobre-meteorologia/113-sobre-meteorologia/502-acumulado-de-precipitacao>>. Acesso em 02 de set. 2023.
- Ayoade, J. O, 2006. Introdução à Climatologia para os Trópicos. 11ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Cunha, D. F.; Borges, E. M, 2015. Urbanização Acelerada: Risco para o Abastecimento de Água na Região Metropolitana de Goiânia. Revista Geo UERJ, Rio de Janeiro, 226-244.
- EARTH NULLSCHOOL. Sobre o Earth Nullschool. Disponível em <https://earth.nullschool.net/pt/about.html> . Acesso em 29 de ago. 2023.
- Figueiredo, D. B.; Silva, J.A. 2009. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). Revista Política Hoje, Recife, v. 18.
- Garson, G. David. 2009, Statnotes: Topics in Multivariate Analysis. Disponível em: <http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/statnote.htm> Acesso em 04 de set 2023.
- IBGE. IBGE Cidades. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 02 de set. 2023.
- Ichianagi, K., et al, 2007. Precipitation in Nepal between 1987 and 1996. International Journal of Climatology, Wiley Interscience v. 27, p. 1753-1762.
- INMET. Sobre Meteorologia. Disponível em <https://portal.inmet.gov.br/sobre-meteorologia> . Acesso em 30 de ago. 2023
- Medeiros, R. M., et al. , 2022 Variabilidade Urbana Em Recife - PE, Por Meio das
- contribuir consideravelmente para com os estudos climáticos e estatísticos utilizando ferramentas adicionais como o Earth Nullschool.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Agência Pernambucana de Águas e Clima pela concessão de dados, ao laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Pernambuco, a Universidade de Pernambuco, ao CNPq, por fomentar a pesquisa.

Contribuições: Precipitação, Temperatura e Umidade Relativa do Ar. Research, Society and Development, 11.

Moore, David S. & McCabe, George, 2004.

Introduction to the practice of statistics. New York, Freeman.

MukakA, M.M, 2012 Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation Coefficient in medical Research. Malawi Medical Journal. online, 24. 69-7.

NOAA. GFS. Disponível em

https://www.emc.ncep.noaa.gov/emc/pages/numerical_forecast_systems/gfs.php. Acesso em 15 de set. 2023.

Oliveira, L. F. C., et al, 2010 Comparação de Metodologias de Preenchimento de Falhas de Séries Históricas de Precipitação Pluvial Anual. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.14, n.11, p.1186–1192, Campina Grande.

Radi, N. F. A., et al, 2015. Estimation of Missing Rainfall Data Using Spatial Interpolation and Imputation Methods. AIP Conference. p. 42-48.

Reboita, M. S.; et al, 2012. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. TERRAE Didática, online, n.8, p. 34-50.

Schneider, B. R. U. 2005. Calculation of gridded precipitation data for the global land-surface using in-situ gauge observations, 2nd Workshop of the International Precipitation Working Group, p. 231- 247.

Silva, J. F. A.; Carpenedo C. B.; Silva, C. B, 2022. Precipitação Pluvial Mensal em Uberlândia – MG Obtida por Diferentes Fontes de Dados. Revista Brasileira de Climatologia, Dourados, MS, v. 31.

Tucci, Carlos E. M, 2012. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4ª edição. Porto Alegre: Editora UFRGS.