

Avaliação da relação entre dos dados de precipitação estimados pelo CHIRPS e os observados em estações meteorológicas da sub-bacia hidrográfica do rio Sergipe - SE

José Carlos Benício do Nascimento Filho¹

Eduardo Basseggio Rivas²

Lara Bastos Pereira³

Maria Isabel Arcanjo⁴

Cristiano das Neves Almeida⁵

André Quintão de Almeida⁶

Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Resumo

Estudos sobre a dinâmica da precipitação possibilitam a elaboração de ações de gestão hídrica mais adequadas, que são de grande relevância para regiões como o nordeste brasileiro que apresenta altas variações espaço-temporais de chuvas. Na elaboração dos estudos sobre precipitações, redes de monitoramento são entendidas como fontes confiáveis de dados, mas sua análise torna-se prejudicada pela baixa cobertura espacial ou ainda a presença de hiatos e/ou curta duração dos registros. Atualmente, o conjunto de dados de precipitação *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations* (CHIRPS) vem se destacando pela disponibilização de um produto com alta resolução espacial (0,05°) e série temporal longa, com mais de 30 anos. A sub-bacia hidrográfica do rio Sergipe, se enquadra no cenário descrito, dessa forma esse estudo objetivou avaliar os dados de precipitação estimados pelo CHIRPS em relação aos dados de postos pluviométricos de responsabilidade de Agência Nacional de Águas, no período de 1981 a 2020. Para isso, os dados CHIRPS foram levantados, processados e validados a partir da plataforma do geoprocessamento em nuvem, o *Google Earth Engine*. Para validação foram utilizados os coeficientes de correlação de Pearson (ρ), o coeficiente de determinação (R^2), o erro médio absoluto (EMA) e a raiz do erro quadrático médio (REQM). O menor ρ foi estimado na região de transição entre o Litoral Úmido e o Semiárido. O maior coeficiente de correlação e menores erros foram encontrados para a área com maiores médias pluviométricas anuais, demonstrando que os dados CHIRPS representam melhor a precipitação em áreas úmidas.

Palavras-chave: Rede pluviométrica; Estimativa de precipitação; Validação de precipitação; *Google Earth Engine*; Nordeste do Brasil.

¹Aluno do Curso de mestrado em Recursos Hídricos, UFS, departamento, carlos-benicio-filho@hotmail.com

²Aluno do Curso mestrado Geoprocessamento e Melhoramento Florestal, UNICENTRO, departamento, eduardobasseggiorivas@gmail.com

³Aluno do Curso de mestrado em Recursos Hídricos, UFC, departamento, larabastos@outlook.com

⁴Aluno do Curso de mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental, UFTM, departamento, mabelarcanjo@gmail.com

⁵Prof. do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, UFPB, almeida74br@yahoo.com.br

⁶Prof. do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, UFS, andreqa@gmail.com.br



INTRODUÇÃO

A precipitação é uma componente chave do ciclo hidrológico, que está intimamente ligada ao desenvolvimento humano (Gaddam et al., 2018). Estudos sobre sua dinâmica possibilitam a gestão de recursos hídricos, prevenção de desastres naturais e um melhor desenvolvimento das atividades humanas (SALIO et al., 2015).

O Nordeste do Brasil é uma região suscetível a falta de chuvas, ocasionando um alto risco de insegurança alimentar, principalmente quando a estiagem ocorre na curta estação chuvosa da região (Barbosa e Kumar, 2016). Drente os quatro climas existentes no Brasil, o Nordeste está em sua maior parte na região chamada polígono da seca, definido por um clima semiárido com alta variabilidade de precipitação e secas frequentes que podem se estender por mais de um ano (PAREDES et al., 2016).

Dados de estações pluviométricas, muitas vezes, apresentam problemas relacionados a baixa cobertura espacial de postos de monitoramento e grande número de falhas (SCOFIELD; KULIGOWSKI, 2007). Com a necessidade de suprir demandas de estudos hídricos, uma grande diversidade de produtos de precipitação tem sido desenvolvida. Dentre estes, o produto disponibilizado pelo *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations* (CHIRPS) se destaca pela sua alta resolução espacial de 0,05°, series temporais desde 1981 e resolução diária (FUNK et al., 2014).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os dados de precipitação estimados pelo CHIRPS em relação aos dados observados em postos de monitoramento pluviométrico de responsabilidade da Agência Nacional de Águas - ANA, distribuídas pela sub-bacia hidrográfica do rio Sergipe - BHSE, para os anos de 1981 a 2020.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado na BHSE, na área de drenagem correspondente ao posto fluviométrico Santa Rosa de Lima (50080000) administrado pela Agência Nacional de

Realização

Apoio Institucional

Águas (ANA), localizado no município de Santa Rosa de Lima/SE (Figura 01A). A área de estudo apresenta uma extensão territorial com cerca de 1.992,00 km², 181,63 km de comprimento de drenagem principal e ocupa 9,09% da extensão territorial do estado de Sergipe, como descrito em Sergipe (2015).

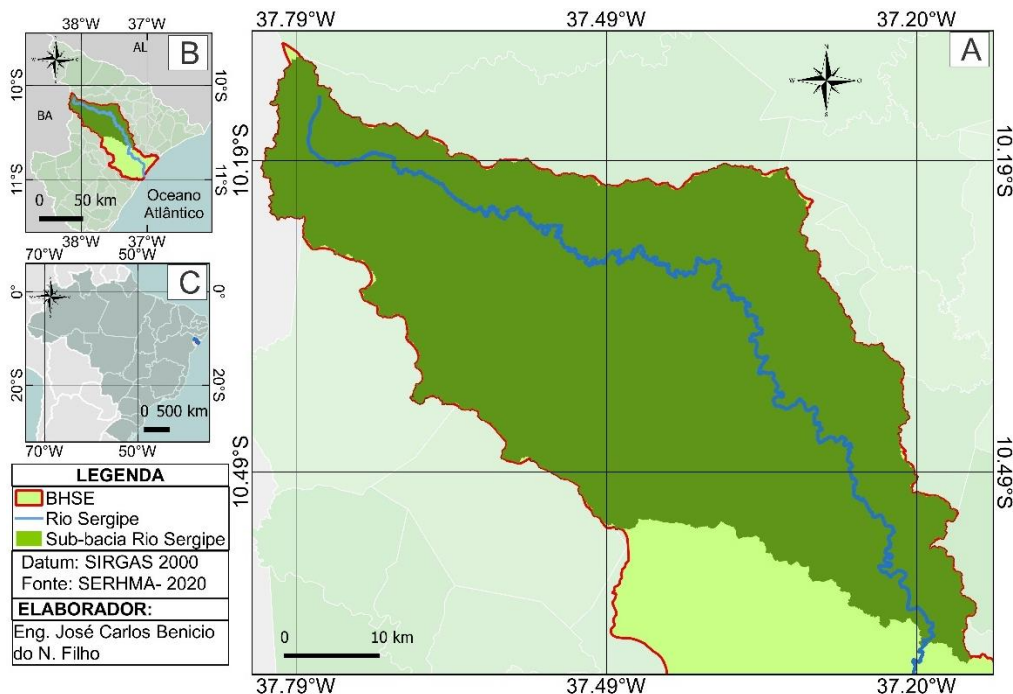


Figura 01: Mapa com o A) localização da sub-bacia do rio Sergipe, B) localização da bacia do rio Sergipe e C) localização do estado de Sergipe no Brasil.

A área de influência do posto fluviométrico Santa Rosa de Lima apresenta sua maior extensão territorial no estado de Sergipe (cerca de 96% de seu território). De acordo com Sergipe (2015), as Unidades de Planejamento do Baixo Rio Sergipe e Alto Rio Sergipe são as maiores em extensão territorial (1.544,20 e 1.056,11 km², respectivamente). Segundo a divisão climática de Sergipe (2015), na sub-bacia do rio Sergipe são encontradas as três divisões climáticas do estado, em que o semiárido ocupa quase 60% do seu território, seguido do agreste (29%) e litoral úmido (11%).

DADOS PLUVIOMÉTRICOS

LEVANTAMENTO E PRÉ-PROCESSAMENTO DOS DADOS DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

Para avaliar a quantidade e qualidade dos dados disponíveis na área de interesse,



foram coletados os dados de todas as estações pluviométricas do estado de Sergipe cadastradas no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), disponíveis no Portal HidroWeb (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb>).

Ao todo, o Estado de Sergipe possui 53 estações pluviométricas na Rede Hidrometeorológica Nacional. Destas, apenas 3 estações estão no território da sub-bacia em estudo.

Para auxiliar na caracterização da precipitação da região de interesse, foram selecionadas mais quatro estações que se encontravam próximas e possuíam um bom período de dados.

As informações das sete estações pluviométricas selecionadas estão descritas na Tabela 01.

Tabela 1: Informações das estações pluviométricas selecionadas para o estudo.

| | Código | Estado | Estação | Lat | Long | Início do Registro de Dados | Final do Registro de Dados | Quantidade de Falhas (Meses) |
|----------------------------|---------|--------|-------------------------------|----------|----------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Estações na Sub-Bacia | 1037052 | BA | Cipó de Leite | -10,2 | -37,78 | Nov/1941 | Fev/1994 | 26 |
| | 1037036 | SE | Nossa Senhora das Dores | -10,5 | -37,22 | Jul/1913 | Nov/2000 | 95 |
| | 1037052 | SE | Nossa Senhora da Glória | -10,22 | -37,42 | Jun/1912 | Jun/1999 | 93 |
| | 1037049 | SE | Santa Rosa de Lima (Camboata) | -10,6528 | -37,1928 | Mai/1952 | Dec/2020 | 37 |
| Estações Fora da Sub-Bacia | 1037014 | SE | Frei Paulo | -10,55 | -37,53 | Mar/1912 | Fev/1985 | 59 |
| | 1037028 | SE | Laranjeiras | -10,8 | -37,1667 | Jun/1920 | Dec/1987 | 4 |
| | 1037054 | BA | Pedro Alexandre (Voturuna) | -10,01 | -37,89 | Mai/1937 | Set/1991 | 11 |

Para a realização da caracterização do regime de precipitação na sub-bacia do Rio Sergipe, foi selecionado o período em comum com menos falhas entre todas as estações, buscando contemplar o maior período de dados possível. Dessa forma, foi selecionado o período de 1938 até 1978.

Como a estação Santa Rosa de Lima só tem dados registrados a partir de 1952, seu uso nos estudos foi substituído pelo uso da estação Laranjeiras, que possui maior registro de dados e está localizada bem próxima a ela.

Para realização do preenchimento de falhas das estações, foram utilizadas, além das

estações presentes no território da sub-bacia, as estações pluviométricas Frei Paulo e Laranjeiras. O preenchimento das falhas mensais foi realizado utilizando o método da regressão linear.

Feito o preenchimento das falhas, foi possível calcular a precipitação acumulada média anual para cada estação principal. Esses dados foram importados para o *software* livre QGis, com o arquivo vetorial da sub-bacia do Rio Sergipe. Utilizando o método Voronoi disponível no *software*, foram calculadas as áreas de influência de cada estação.

A partir da obtenção desse resultado, foi possível, aplicar o método de Thiessen, onde uma média ponderada é realizada utilizando a precipitação de cada estação (P_i) e o peso atribuído (A_i), que é a sua área de influência, conforme descrito por Villela e Mattos (1975).

$$P_{sub-bacia} = \frac{\sum P_i A_i}{\sum A_i} \quad (1)$$

Ainda utilizando as precipitações médias anuais de cada estação, foi desenvolvido um mapa de isoietas para observação da variabilidade espacial das chuvas, que, como explicado por Collischon e Dornelles (2013), nada mais são do que linhas de mesma precipitação, calculadas por interpolação dos dados disponíveis e traçadas em cima do mapa da área de interesse. Observa-se, entretanto, que esse produto não pode ser considerado na validação ou comparação com os dados obtidos do produto CHIRPS por serem considerados períodos distintos de dados.

Organizando os dados de cada uma das cinco estações principais, as mesmas utilizadas para aplicação do método de Thiessen, foram calculados a média, desvio padrão, coeficiente de variação e valores máximo e mínimo para cada mês.

LEVANTAMENTO E PRÉ-PROCESSAMENTO DOS DADOS CHIRPS

Os dados de precipitação pluvial (P , em mm) de 1981 a 2020 foram obtidos pelo produto CHIRPS, através da plataforma de geoprocessamento em nuvem *Google Earth Engine* (<https://earthengine.google.com/>) (Gorelick et al., 2017). Para isso, foi utilizada a coleção de imagens CHIRPS de dados diários “UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY”. Essa coleção apresenta apenas uma banda, denominada “Precipitation”, que fornece dados em



mm/dia.

A sub-bacia do rio Sergipe foi importada para a plataforma do GEE e utilizada para delimitação da área de estudo e exportação dos dados de precipitação. Os dados CHIRPS de precipitação acumulada mensal e anual foram exportados no formato .csv e organizados em gráficos e mapas de precipitação anual.

VALIDAÇÃO DOS DADOS

Assim como proposto por Costa et al. (2019), realizou-se a validação dos dados CHIRPS para demonstrar a viabilidade de utilização dessa estimativa em região do nordeste Brasileiro. A validação do CHIRPS ocorreu a partir de dados dos postos pluviométricos Santa Rosa de Lima (1037049), Nossa Senhora da Glória (1037052) e Nossa Senhora das Dores (1037036).

Através da plataforma do GEE, os dados CHIRPS diários para as coordenadas dos postos de monitoramento da ANA foram exportados no formato .csv e organizados em acumulados mensais. Os dois conjuntos de dados foram importados para o *software* R (versão 3.6.3), onde a série pluviométrica da ANA foi considerada uma variável dependente a ser explicada pelos dados da grade de precipitação. O coeficiente de Pearson (ρ) foi estimado a partir da função “cor()” para análise da força de correção desses dados.

Em seguida, um modelo de regressão linear foi proposto para relacionar esses dois conjuntos de precipitações. Assim como apresentado por Silva et al. (2020), os valores do coeficiente de determinação (R^2), o erro médio absoluto (EMA) e a raiz do erro quadrático médio (REQM) foram aplicados na avaliação da relação das séries de precipitações pluviométricas:

$$R^2 = 1 - \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (P1_i - \hat{P}2_i)^2}{\sum_{i=1}^n (P2_i - \hat{P}2_i)^2} \right\} \quad (2)$$

$$EMA = \sum_{i=1}^n |P1_i - P2_i| / n \quad (3)$$

$$REQM = \sqrt{\sum_{i=1}^n (P1_i - P2_i)^2 / n} \quad (4)$$

Em que: $P1_i$ = precipitação estimada (mm) por CHIRPS; $P2_i$ = precipitação da ANA; n = número de precipitações avaliadas; $\hat{P}2$ = valor médio observado de precipitação

(mm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO SUB-BACIA DO RIO SERGIPE

A parti do método de interpolação de Thiessen, foi possível compor a distribuição espacial das precipitações obtida por postos pluviométricos da ANA para os anos de 1938 a 1978. Após esse período, o número de falhas intensificou-se, tornando-se interessante a aplicação e validação dos dados CHIRPS.

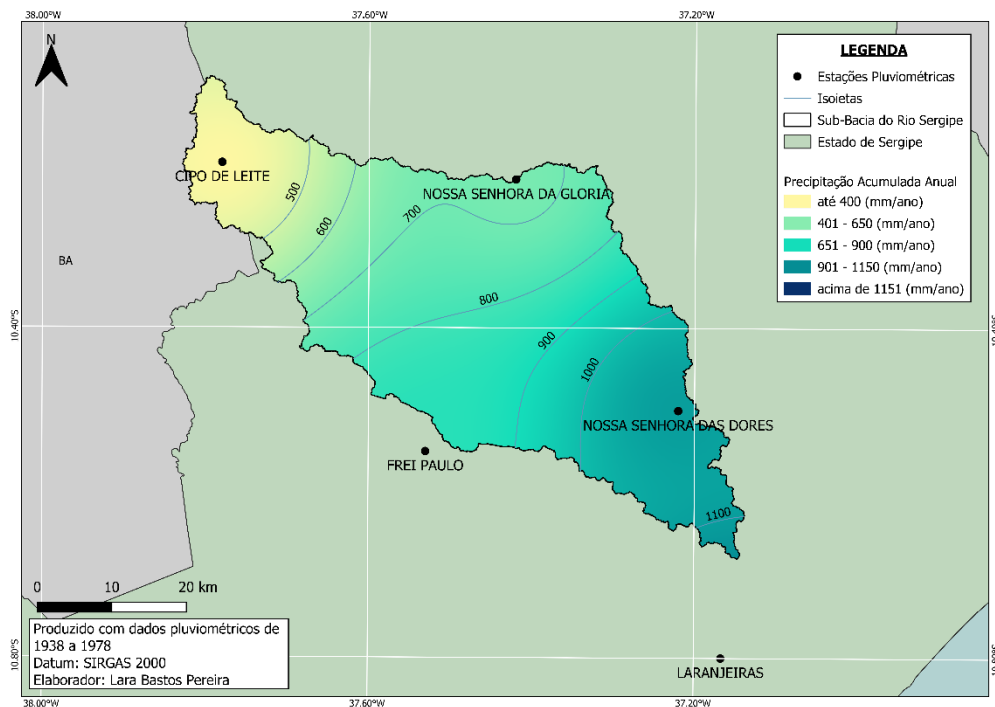


Figura 02: Distribuição das precipitações acumulada anual média no período de 1938 a 1978.

Observando a Figura 05 percebe-se a presença de grande variação em relação à precipitação anual em função da localização dos postos, visto que a bacia transpassa diferentes regiões climáticas. Considerando meses chuvosos, como maio, por exemplo, observa-se um valor médio de 148,04 mm, no entanto, têm-se registros variando de 55,78 a 218,51 mm, a depender da posição espacial do posto. Para as precipitações anuais, as alturas pluviométricas variaram de 412,34 a 1.235,42 mm, com um valor médio de 858,19



mm e desvio padrão de 376,45 mm. Esta simples análise reforça a necessidade da consideração da localização espacial das fontes dos dados na interpretação e aplicação das informações produzidas.

AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS CHIRPS

A Figura 06 mostra o gráfico de dispersão das precipitações mensais acumuladas dos dados CHIRPS para as estações pluviométricas da ANA usadas na validação, para o período de 1981 a 2020. A linha tracejada indica correspondência 1: 1.

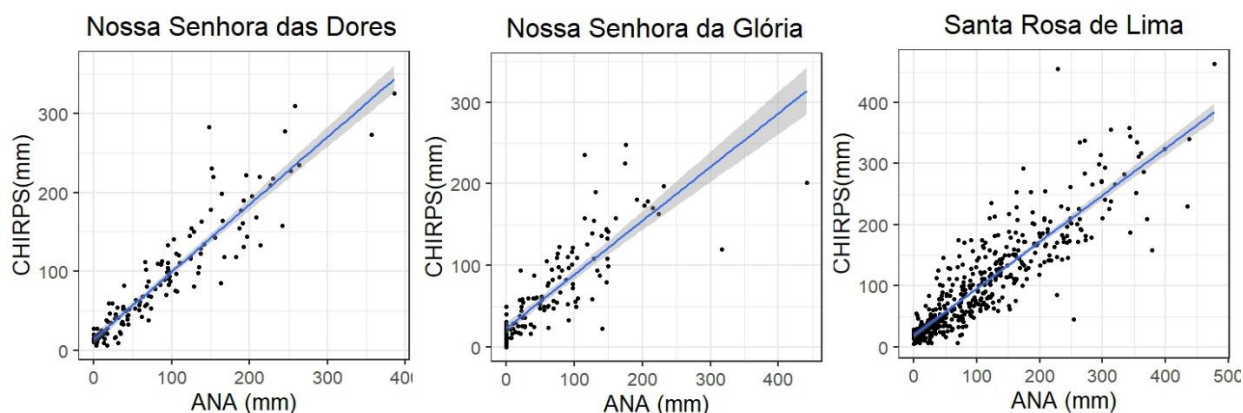


Figura 03: Gráfico de dispersão das precipitações acumuladas mensais CHIRPS e dos postos pluviométricos da ANA para o período 1981 a 2020.

Observa-se que, os produtos CHIRPS apresentam uma superestimativa dos baixos valores de chuva e uma subestimativa dos altos valores. Os resultados dessa análise sugerem que as estimativas de baixa precipitação podem mascarar as condições de seca, que é uma característica altamente desfavorável para regiões propensas à seca. No entanto, é importante destacar que essas medidas de desempenho geral não fornecem informações espaciais para essas características.

A Tabela 02 resume as métricas utilizadas para avaliar os dados considerando todas as estações.

Tabela 02 - Métricas referentes ao coeficiente correlação de Pearson, coeficiente de determinação (R^2), erro médio absoluto (EMA) e raiz do erro quadrático médio (REMQ).

| PLUVIÔMETROS | COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO | COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2) | EMA | REMQ |
|--------------|------------------------------|------------------------------------------|-----|------|
|--------------|------------------------------|------------------------------------------|-----|------|

| | | | | |
|--------------------|------|------|-------|-------|
| NOSSA S. DA GLÓRIA | 0,88 | 0,78 | 30,97 | 44,34 |
| NOSSA S. DAS DORES | 0,83 | 0,68 | 24,96 | 39,88 |
| SANTA ROSA DE LIMA | 0,93 | 0,86 | 20,00 | 28,48 |

Em geral, os valores do coeficiente de determinação (R^2) apresentaram-se de forma moderada, por outro lado, os valores do coeficiente de correlação de Pearson sugerem uma boa correspondência entre os valores de precipitação observados e estimados. Em relação às métricas para avaliação do erro, obteve-se bom desempenho, com o EMA variando de 20 a 30,97 mm e um REMQ variando de 28,48 a 44,34 mm. Os resultados foram satisfatórios, mas podemos destacar que as piores métricas foram obtidas em regiões climáticas com menores índices pluviométricos anuais, demonstrando a dificuldade com que os CHIRPS têm de estimar eventos de precipitação em áreas mais propensas a seca.

No entanto, o menor coeficiente de correlação de Person foi o obtido pelo pluviômetro de Nossa Senhora das Dores, esse valor pode ser explicado pelo equipamento estar localizado no Agreste, por se tratar de uma divisão climática de transição entre Litoral Úmido e o Semiárido onde a variação de precipitação é mais acentuada.

Estes resultados corroboram com o estudo de Paredes-Terjo et al. (2017) onde são apresentados os maiores valores de coeficiente de correlação para biomas com maior precipitação. Conseqüentemente, no que diz respeito ao desempenho do produto, podemos dizer que os dados CHIRPS apresentam maior precisão em áreas de maior precipitação.

APLICAÇÃO DOS PRODUTOS CHIRPS

Na Figura 08 é possível visualizar a distribuição espacial da precipitação acumulada anual média para os anos de 1981 a 1990, 1991 a 2000, 2001 a 2010 e 2011 a 2020, onde é possível verificar a distribuição espacial e variações de precipitação, obtendo dessa forma uma caracterização do comportamento pluviométrico da área de estudo.

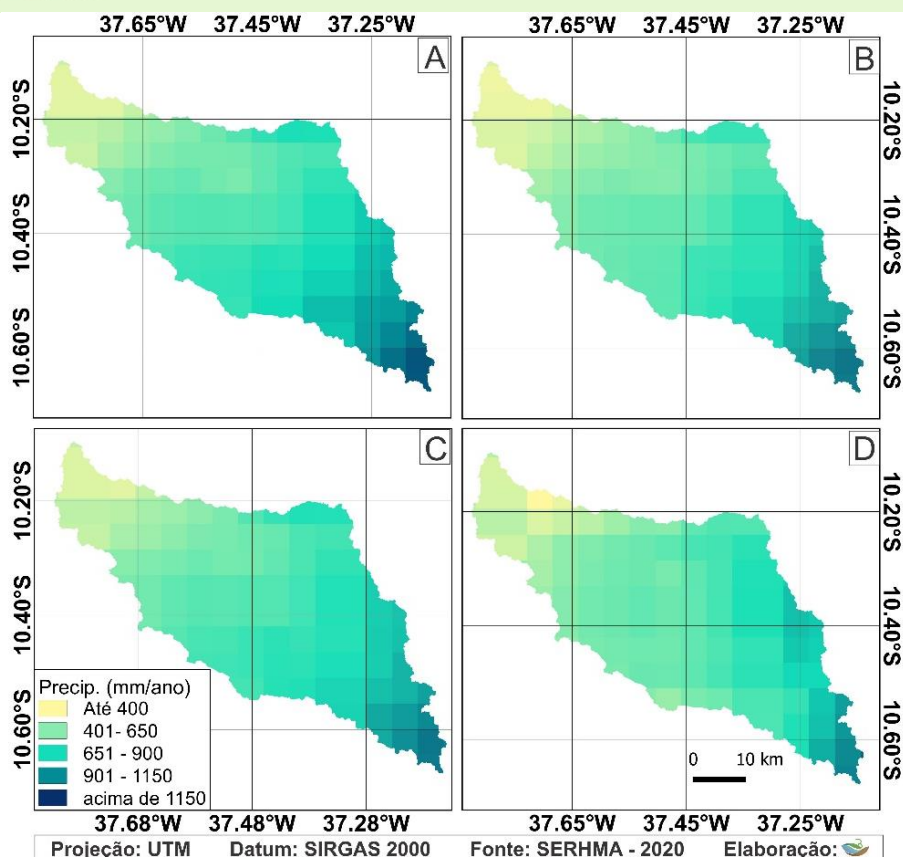


Figura 04: Mapas temáticos da precipitação acumulada anual média para os anos de 1981 a 1990, 1991 a 2000, 2001 a 2010 e 2011 a 2020 na sub-bacia do Rio Sergipe.

A Figura 08 mostra que os dados de precipitação do CHIRPS são condizentes com o clima da região. A partir da análise das precipitações acumuladas mensais percebe-se um claro padrão temporal de aumento da precipitação entre os meses de março e julho. Isso é respaldado por Silva *et al.* (2020), que caracteriza o período chuvoso de Sergipe entre os meses de junho e agosto. Também foi possível identificar anos de estiagem de 2010 a 2012.

CONCLUSÕES

A análise da distribuição espacial das precipitações mostrou-se de grande relevância, visto que a sub-bacia hidrográfica transpassa diferentes regiões climáticas, o que interfere diretamente na dinâmica pluviométrica.

A análise estatística demonstrou a dificuldade do CHIRPS em estimar eventos de precipitação em áreas mais propensas a seca, apresentando melhor resultado em regiões

climáticas com maiores índices pluviométricos. No entanto, os dados CHIRPS mostraram-se satisfatórios na verificação de comportamento e variações de precipitação, além de se mostrarem condizentes com o clima da região, podendo ser utilizados para a caracterização do comportamento pluviométrico da sub-bacia do rio Sergipe. Dessa forma, esses dados podem ser utilizados para suprir a falta de informações das estações de monitoramento na região.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, H. A.; KUMAR, T. L. Influence of rainfall variability on the vegetation dynamics over Northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.124, p. 377-387, 2016.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. **Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 1, p. 336, 2013.

COSTA, J. C.; PEREIRA, G.; SIQUEIRA, M. E.; CARDOZO, F.S.; SILVA, V. V. Validação dos dados de precipitação estimados pelo CHIRPS para o Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, 2019.

DONG, J.; XIAO, X.; MENARGUEZ, M. A.; ZHANG, G.; QIN, Y.; THAU, D.; MOORE III, B. Mapping paddy rice planting area in northeastern Asia with Landsat 8 images, phenology-based algorithm and Google Earth Engine. **Remote sensing of environment**, v.185, 142-154, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, **Serviço de Produção de Informação**, p. 412, 1999.

FUNK, C. C., PETERSON, P. J., LANDSFELD, M. F., PEDREROS, D. H., VERDIN, J. P., ROWLAND, J. D.; VERDIN, A. P. A quasi-global precipitation time series for drought monitoring. **US Geological Survey data series**, v. 832, n. 4, p. 1-12, 2014.

GADDAM, V. K.; KULKARNI, A. V.; GUPTA, A. K. Assessment of snow-glacier melt and rainfall contribution to stream runoff in Baspa Basin, Indian Himalaya. **Environmental monitoring and assessment**, v. 190, n. 3, p. 1-11, 2018.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sens. Environ.** 2017, 202, 18–27.

LIU, X.; ZHANG, D.; LUO, Y.; LIU, C. Spatial and temporal changes in aridity index in northwest China: 1960 to 2010. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 112, n. 1, p. 307-316, 2013.

MIRANDA, E. E. (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite,

2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 11 Mar. 2021.

PAREDES, F. J.; BARBOSA A, H.; GUEVARA, E. Spatial and temporal analysis of droughts in northeastern Brazil. **Agriscientia**, v. 32, n. 1, p. 1-14, 2015.

PAREDES-TREJO, F. J.; BARBOSA, H. A.; KUMAR, T. L. Validating CHIRPS-based satellite precipitation estimates in Northeast Brazil. **Journal of arid environments**, v. 139, p. 26-40, 2017.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

ROSA, M. R. et al. Hidden destruction of older forests threatens Brazil's Atlantic Forest and challenges restoration programs. **Science advances**, v. 7, n. 4, p. 4547, 2021.

SALIO, P.; HOBOUCHIAN, M. P.; SKABAR, Y. G.; VILA, D. Evaluation of high-resolution satellite precipitation estimates over southern South America using a dense rain gauge network. **Atmospheric Research**, v. 163, p. 146-161, 2015.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>. Acesso em: 3 de jan. 2019.

SCOFIELD, R. A.; KULIGOWSKI, R. J. Satellite precipitation algorithms for extreme precipitation events. In **Measuring precipitation from space** Springer, Dordrecht. p. 485-495, 2007.

SILVA, D. T. et al. Precipitação estimada por sensoriamento remoto no estado de Sergipe. **Nativa**, v. 8, n. 2, p. 198-204, 2020.

SERGIPE. Relatório de Resumo Executivo: **Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe**. SEMARH, p. 12, 2015.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Atlas digital sobre recursos hídricos**. Aracaju: SEMARH, 2020. Disponível em: https://www.sedurbs.se.gov.br/portalrecursos_hidricos/. Acesso em: 02 fev. 2021.

SU, F.; HONG, Y.; LETTENMAIER, D. P. Evaluation of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) and its utility in hydrologic prediction in the La Plata Basin. **Journal of Hydrometeorology**, v. 9, n. 4, p. 622-640, 2008.

TIAN, Y.; PETERS-LIDARD, C. D. A global map of uncertainties in satellite-based precipitation measurements. **Geophysical Research Letters**, v. 37, n. 24, 2010.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.