

## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### É SEMPRE ADEQUADO O USO DOS DADOS DE REANÁLISE (CFSR)?

#### ESTUDO DE CASO NA BACIA DO RIO MAQUINÉ/RS

*Danrlei de Menezes<sup>1</sup>; Luana Lavagnoli Moreira<sup>2</sup> & Masato Kobiyama<sup>3</sup>*

**RESUMO** – Há uma série de desafios para a condução de estudos com dados de precipitações devido à baixa densidade de postos pluviométricos no Brasil. Desse modo, muitos estudos têm buscado outras fontes de dados, como uso de dados de reanálise e de sensoriamento remoto para caracterização do regime de chuvas. Porém é necessário verificar a eficácia desses dados, uma vez que a distribuição espacial das chuvas tem grande variabilidade. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo comparar os dados de precipitação oriundos de Reanálise do Sistema de Previsão Climática (CFSR) com dados observados de um pluviômetro localizado na bacia do rio Maquiné/RS. Para isso foram utilizadas as métricas estatísticas do coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE), do parâmetro BIAS e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Os resultados mostraram baixas correlações entre essas duas fontes de dados, tanto em comparações mensais quanto anuais, com NSE e  $R^2$  iguais a -2,01 e 0,211 para análise anual, respectivamente, que representam uma correlação insatisfatória. Assim, deve-se estar atento ao uso de dados de reanálise em substituição aos dados de precipitação.

**Palavras-Chave** – monitoramento, precipitação, sensoriamento remoto.

**ABSTRACT** – There are challenges for conducting studies with rainfall data due to the low density of rain gauges. Thus, many studies have used other sources of data, such as remote sensing data to characterize the rainfall. However, their efficacy of these data must be verified, since the spatial rainfall distribution has great variability. Thus, the present work aim to compare the rainfall data from Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) and observed data of a rain gauge located in the Maquine river basin, for which statistical metrics were used as Nash-Sutcliffe efficiency (NSE), coefficient of determination and BIAS parameter. The results showed an inadequate correlation between these two sources of data, both in monthly and annual comparisons, with NSE and  $R^2$  equal to -2,01, and 0,211 for annual analysis, respectively, which represent an unsatisfactory correlation. Thus, one should be aware of the use of reanalysis data instead of precipitation data.

**Key words** – monitoring, precipitation, remote sensing.

1) Mestrando -PPG Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, [d.menezes18@gmail.com](mailto:d.menezes18@gmail.com), 51 3308-7518

2) Doutoranda – PPG Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, [lavagnoliuana@gmail.com](mailto:lavagnoliuana@gmail.com), 51 3308-7518

3) Professor – PPG Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, [masato.kobiyama@ufrgs.br](mailto:masato.kobiyama@ufrgs.br), 51 3308-7518

## 1 - INTRODUÇÃO

A quantificação da precipitação é importante para inúmeros estudos voltados para gestão de recursos hídricos, como projetos de drenagem urbana, agricultura, saneamento básico, prevenção de desastres naturais, etc. Nesse sentido, a Resolução nº 03/2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Agência Nacional de Águas (ANA) estabelece ao menos um pluviômetro para uma área de drenagem de 0-500 km<sup>2</sup>. Entretanto, há carência de dados de precipitação medidos em campo (MELATI e MARCUZZO, 2015), especialmente em áreas montanhosas, pois isso envolve custos elevados de instalação de equipamentos e equipe de campo capacitada, o que dificulta o desenvolvimento de estudos que necessitam desses dados.

Nessa perspectiva, diversas alternativas de estimativa de precipitação podem ser empregadas para obter uma melhor distribuição espacial e temporal desses dados (LI *et al.*, 2012). Os dados de precipitação provenientes de fontes alternativas têm apresentado melhor resolução espacial e representação física do clima e do tempo, embora haja limitações e incertezas que devem ser averiguadas, pois não são dados observados (BOSILOVICH, 2013). Embora os dados observados de fontes alternativas compartilhem características comuns e possam representar a dinâmica de grande escala, esses conjuntos de dados também apresentam diferenças significativas de dados observados (ARKIN *et al.*, 2007; SMITH *et al.*, 2008).

Atualmente, existem diversos bancos de dados com séries históricas de diversas variáveis geradas por meio de métodos baseados na interpolação de dados obtidos em estações de superfície, técnicas de reanálise e combinação de dados de estações meteorológicas com dados de sensoriamento remoto. Exemplo disso são os dados de Reanálise do Sistema de Previsão Climática (CFSR) disponibilizados pelo Centro Nacional para Previsão Ambiental (NCEP) (SASHA *et al.*, 2010). Esses dados são de livre acesso e têm demonstrado ótimos desempenhos com dados observados de precipitação (SALDANHA *et al.*, 2015), vento (STÜKER *et al.*, 2016) e demais utilizações (MIERES, 2012). Os dados podem ser adotados em suprimento de dados meteorológicos, em regiões carentes de monitoramento. Entretanto, é importante destacar que anteriormente a sua utilização, seja realizada a avaliação de seu desempenho, pois dependendo da área da bacia os dados podem não representar a situação observada (VANELLI *et al.*, 2018).

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi comparar o desempenho dos dados de precipitação oriundos de reanálise (CFSR) utilizando dados observados do pluviômetro localizado dentro da bacia hidrográfica do rio Maquiné, localizada no estado do Rio Grande do Sul. Desse modo, isso auxilia a verificação da possível utilização dos dados da CFSR na ausência de dados de

precipitação provenientes de estações meteorológicas na bacia, bem como, na utilização de modelos matemáticos que necessitam de dados espacializados.

## 2 - METODOLOGIA

### Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Maquiné possui uma área de drenagem de 510 km<sup>2</sup> e está localizada no município de Maquiné/RS e em menor parte no município de São Francisco de Paula/RS (Figura 1). A região está inserida no bioma Mata Atlântica e possui destaque por apresentar uma unidade de conservação (Reserva Biológica – REBIO) considerada Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988.

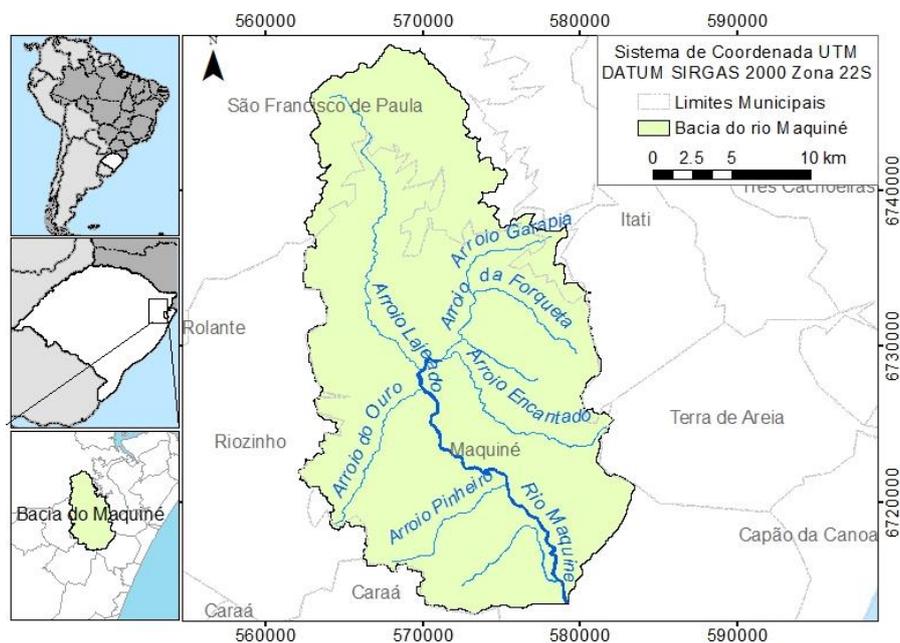


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Maquiné /RS.

As cabeceiras e encosta da bacia são formadas por rochas da formação Serra Geral e, na margem esquerda do rio Maquiné, ocorre a formação Botucatu. Essas áreas são caracterizadas por Floresta Ombrófila Densa e Mista, além de os Campos de Cima da Serra (PEROTTO, 2007). Já em relação a população (6905 habitantes), cerca de 70% vivem na área rural (CASTRO *et al.*, 2013).

Das nascentes ocorre a junção das águas, em que surgem pequenos arroios de águas até então rasas e calmas. Estas, por sua vez, despencam 900 m pelas encostas da Serra Geral trazendo muita energia e pedras, que geram erosão do fundo do vale, motivo que justifica o relevo escarpado criado há mais de 100 milhões de anos (Figura 2). À medida que essas águas escoam pela planície, a velocidade de escoamento diminui até atingir a sua foz na Lagoa dos Quadros (CASTRO *et al.*, 2013).

A característica condicionada pelo relevo é o principal agente responsável pela distribuição das chuvas na bacia, apresentando efeito orográfico (GODOY *et al.*, 2017).



Figura 2 – Detalhe do relevo na porção superior da bacia.

#### *Obtenção dos dados de precipitação*

Os dados observados foram obtidos por meio da estação operada pelo Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação – SEAPI/RS (antiga FEPAGRO), localizada próximo ao exutório da bacia. Foram utilizadas séries temporais com resolução temporal diária dessa estação e organizadas mensalmente e anualmente.

A comparação dos dados observados foi realizada utilizando os dados climáticos disponibilizados pelo Centro Nacional para Previsão Ambiental (NCEP), oriundos da Reanálise do Sistema de Previsão Climática (CFSR). De acordo Quadro *et al.* (2010), a CFSR consiste da combinação de um modelo de previsão e um sistema de assimilação de dados. A CFSR foi desenvolvida para simular a condição do domínio acoplado do sistema oceano-atmosférico-terra e gelo da superfície do mar com alta resolução. Segundo Sasha *et al.* (2010), os dados utilizados na obtenção da CFSR, provem de diversas fontes, como: radiossonda, observação de superfície através de equipamentos e sensores, micro-ondas, imagens de satélite, entre outros.

Esses dados estão disponibilizados por meio da plataforma *online* <<https://globalweather.tamu.edu/#pubs>> e apresentam resolução espacial de 38 km. A CFSR disponibiliza dados diários de precipitação, velocidade do vento, umidade relativa, temperatura máxima e mínima do ar e radiação solar para um determinado local e período de tempo. Assim, considerando a localização da bacia do rio Maquiné, foi selecionado uma área (*pixel*) correspondente à localização

da estação meteorológica dentro da bacia (Figura 3) para a análise comparativa e a aquisição dos dados.

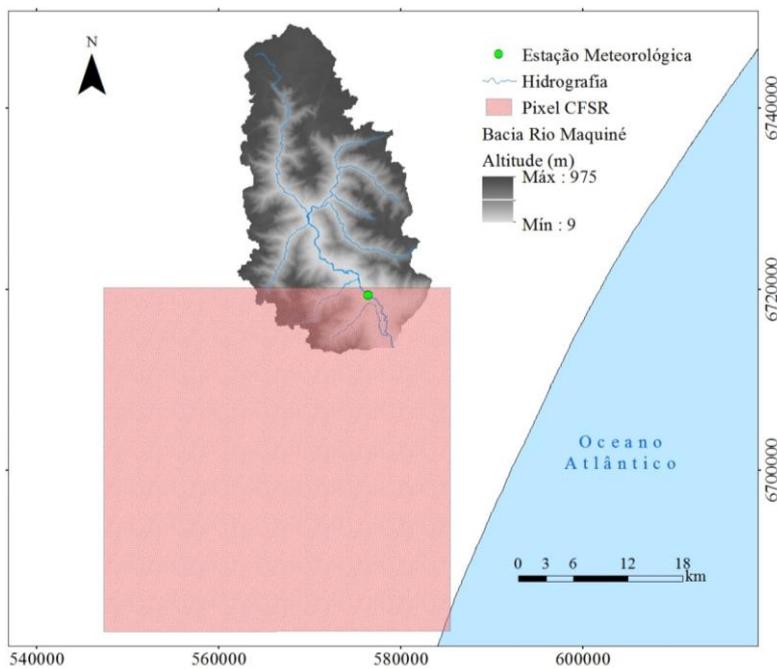


Figura 3 – Detalhe do pixel utilizado sob a estação meteorológica.

### Análise dos dados

Os dados obtidos durante o período de 1980 à 2013 (disponíveis pela plataforma) foram organizados mensalmente. A análise considerou os dois conjuntos de dados: dados obtidos pela CFSR e os dados observados na estação meteorológica. Esses conjuntos foram comparados mensalmente e anualmente.

Além disso, para demonstrar a validade dos valores de precipitação obtidos através dos dados da CFSR, foram utilizadas duas métricas estatísticas, uma é o Coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE):

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_m - E_s)^2}{\sum_{i=1}^n (E_m - \bar{E}_m)^2} \quad (1)$$

A outra função é o parâmetro BIAS:

$$BIAS = \frac{(\sum_{i=1}^n E_s)}{(\sum_{i=1}^n E_m)} \quad (2)$$

onde  $E_m$  é o evento monitorado pelo pluviômetro;  $E_s$  é o evento estimado por reanálise; e  $\bar{E}_m$  é a média de eventos monitorados pelo pluviômetro.

Os valores de NSE variam de 1 até  $-\infty$ , sendo que  $NSE = 1$  implica uma simulação perfeita do modelo, enquanto  $NSE=0$  que os valores simulados são iguais as médias dos valores medidos, e NSE negativo demonstra uma simulação inadequada. Os valores de  $BIAS > 1$  indicam que os dados

estimados estão superestimados em relação aos monitorados; quando  $BIAS < 1$ , ocorreu uma subestimação.

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 é apresentada a variação mensal de precipitação para ambos os dados obtidos na estação meteorológica e pela CFSR no período de 1980 até 2013. Já nesta primeira análise observa-se que os dados fornecidos pela CFSR são superiores aos registrados pela estação meteorológica. Os maiores valores de precipitação ocorreram nos meses de agosto (470 mm) na estação e abril (565 mm) para a CFSR. Ou seja, não há coerência entre a ocorrência dos valores máximos de precipitação.

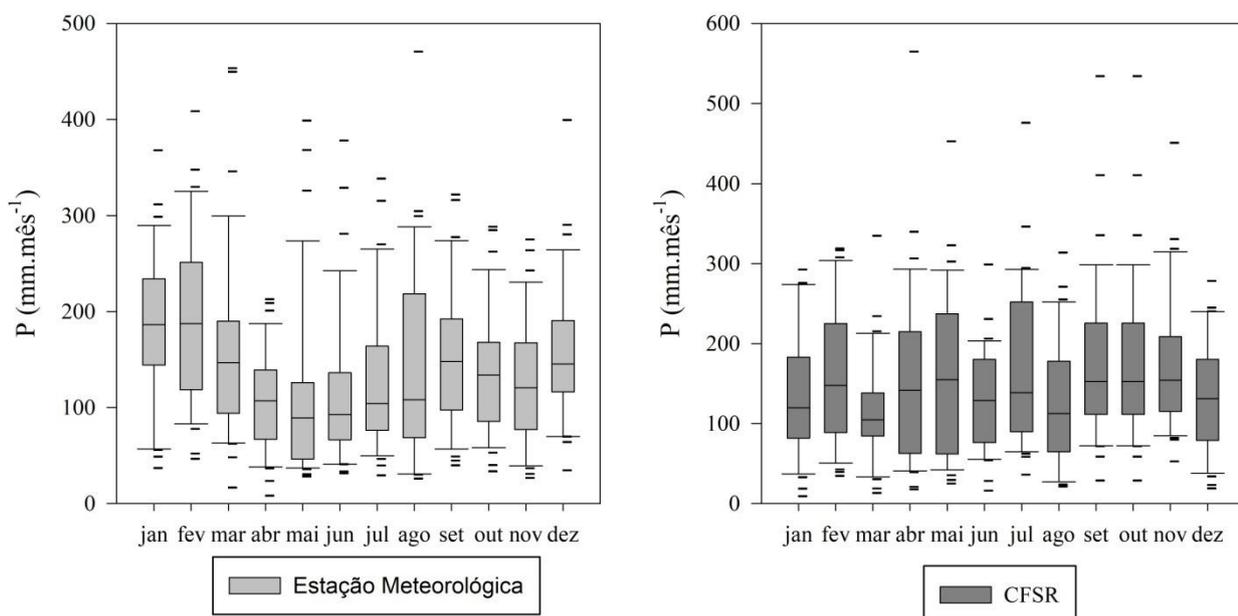


Figura 4 – Variação mensal dos dados de precipitação no período de 1980 até 2013.

O comportamento anual dos dados é observado na Figura 5. Os maiores valores registrados de precipitação pela CFSR foram nos anos de 1983 e 1998 (2915 e 2764 mm, respectivamente), já os menores valores foram em 1988 e 2012 (975 e 1064 mm, respectivamente). A estação meteorológica registrou os maiores valores nos anos de 2001 e 2008 (coincidentemente 2219 mm). O menor valor ocorrido foi no ano de 1991 (1221 mm). Novamente, não ocorreu nenhuma similaridade entre os dados.

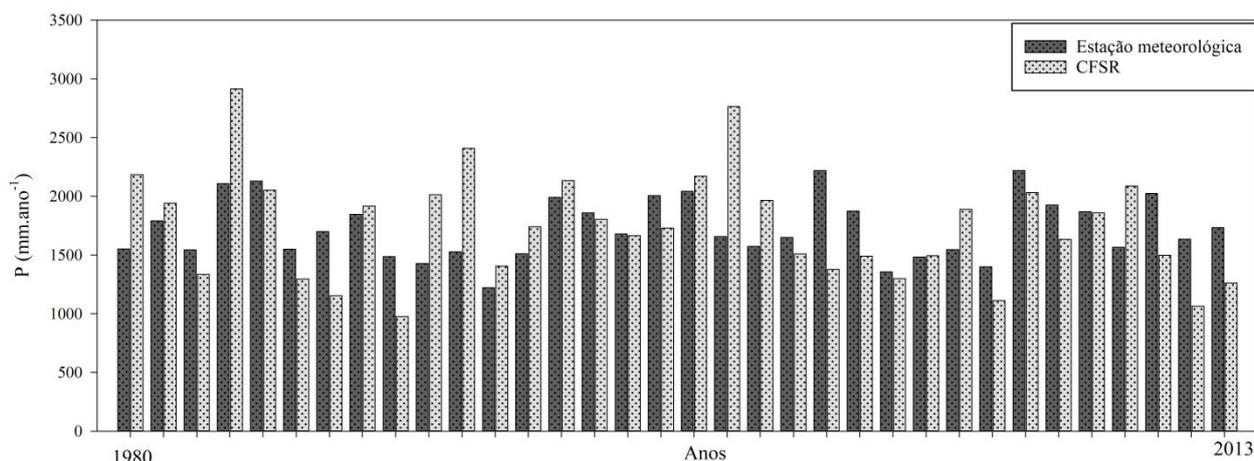


Figura 5 – Dados anuais de precipitação para o período de 1980 até 2013.

É importante destacar que mais da metade dos dados obtidos pela CFSR superestimam os dados observados pela estação meteorológica (Tabela 1). Com relação à análise estatística, verifica-se que os dados de chuva obtidos pela CFSR apresentam valores insatisfatórios (na maioria dos meses, os dados de NSE apresentaram valores negativos). O mês de agosto foi o que apresentou o melhor coeficiente de NSE e BIAS, 0,5 e 0,92, respectivamente. Os valores positivos de BIAS indicam que os dados da CFSR tendem a superestimar os valores observados na superfície (AIRES *et al.*, 2017). De modo oposto, Aires *et al.* (2017) encontraram ótimos valores de NSE (variando entre 0,87 a 0,91) em que compararam dados observados e dados dos sensores e satélites para a precipitação mensal na bacia hidrográfica do rio Paraopeba em Minas Gerais.

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
<b>NSE</b>	-0,35	-0,01	-0,28	-2,84	-0,49	0,33	0,32	0,50	-0,84	-0,73	0,06	-0,43	-2,02
<b>BIAS</b>	0,72	0,81	0,71	1,42	1,45	1,12	1,28	0,92	1,13	1,25	1,05	0,71	1,01

Tabela 1 – Coeficientes estatísticos utilizados para validação dos dados obtidos pelo CFSR.

Na Figura 6 é apresentada correlação linear obtida com os valores de precipitação mensal entre os dados medidos na estação meteorológica e obtidos pela CFSR. O valor do  $R^2$  foi de 0,211, o que significa que há baixa correlação entre os dados. Silva *et al.* (2012) também realizaram uma análise similar, entretanto obtiveram resultados positivos, mostrando uma alta correlação entre os dados observados e de satélites. Além disso, os autores relataram sobre análises de eventos mais isolados, em que não foi possível obter correlação entre os dados.

Aqui, essa diferença pode ser atribuída a espacialização dos dados da CFSR ser realizada para nível global de avaliação. O presente trabalho comparou um único ponto (registrado pelo pluviômetro) com esses dados. Além disso, a região de estudo apresenta muitas diferenças de relevo e altitudes, o que poderia influenciar nesta análise.

Para uma área consideravelmente maior, Saldanha *et al.* (2015) compararam os dados mensais observados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e pela FEPAGRO com dados do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP) para todo o estado do Rio Grande do Sul. Os autores concluíram que os dados disponibilizados pelo GPCP podem ser utilizados como fonte alternativa de dados de precipitação em locais com ausência de estações ou séries longas de dados meteorológicos.

Desse modo, constatam-se grande diferença entre o presente trabalho e outros que utilizaram dados de precipitação direta ou indiretamente (reanálises, sensores, etc.), tais como Silva *et al.* (2012), Saldanha *et al.* (2015), e Aires *et al.* (2017).

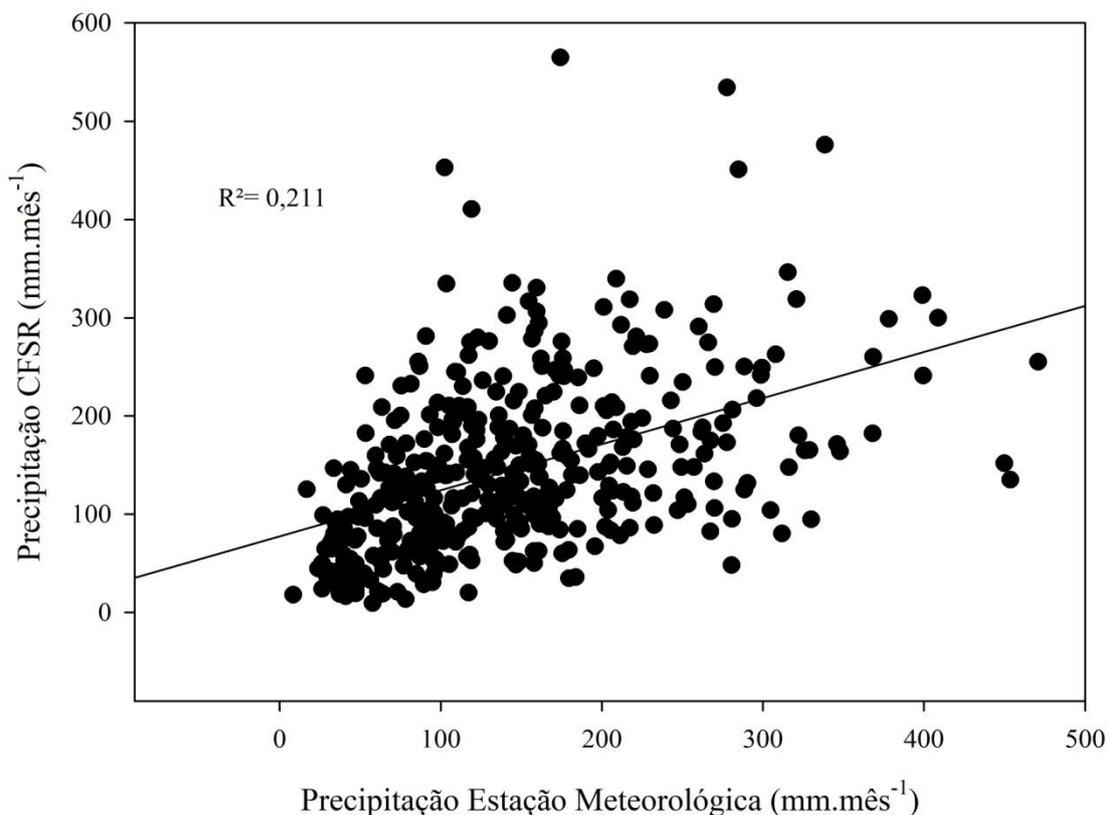


Figura 6 – Relação entre os dados mensais de precipitação observados pela estação meteorológica e obtidos pela CFSR.

#### 4 – CONCLUSÃO

Os dados de precipitação da CFSR não apresentaram boa correlação com os dados observados da estação meteorológica localizada na bacia hidrográfica do rio Maquiné/RS, a qual possui uma característica montanhosa. Não há um comportamento padrão entre ambos os dados. Portanto, para esta bacia não sugere-se utilizar os dados disponibilizados pela CFSR.

Assim, destaca-se a importância do monitoramento dessa variável na bacia utilizando pluviômetros/pluviógrafos em outros pontos para auxiliar na espacialização da precipitação, principalmente na utilização de modelos matemáticos e na gestão dos recursos hídricos.

**AGRADECIMENTOS** – Os autores agradecem ao apoio financeiro fornecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e ao Programa de apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Regulação e Gestão de Recursos Hídricos – Pró-Recursos Hídricos - Chamada N° 16/2017, CAPES - ANA.

## REFERÊNCIAS

- AIRES, U. R. V.; NETO, J. D. O. M.; DE MELLO, C. R. (2017). “*Estimativas de precipitação pluvial derivadas do sensor TRMM para a bacia hidrográfica do rio Paraopeba*”. *Scientia Agraria* 17(2), pp.57-66.
- ANEEL – ANA. Resolução Conjunta nº 003: “*Estabelecer as condições e os procedimentos a serem observados pelos concessionários e autorizados de geração de energia hidrelétrica para a instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas visando ao monitoramento pluviométrico, linimétrico, fluviométrico, sedimentométrico e de qualidade da água associado a aproveitamentos hidrelétricos, e dar outras providências*”. Brasília, 10 de Agosto de 2010.
- ARKIN, P.A.; CULLEN, H.; XIE, P. (2007). “*Oceanic precipitation variability and the North Atlantic Oscillation. Measuring Precipitation from Space: EURAINSAT and the Future*”. Springer. p.37–48.
- BOSILOVICH, M.G. (2013). *Regional Climate and Variability of NASA MERRA and Recent Reanalyses: U.S. Summertime Precipitation and Temperature*. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 52, pp.1939-1951.
- CASTRO, D. D.; MELLO, R. S. (2013). “*Atlas ambiental da bacia hidrográfica do Rio Tramandaí*”. Via Sapiens Porto Alegre/RS.
- GODOY, J. V. Z., BAUMBACH, M. F., MELO, C. M., & KOBAYAMA, M. (2017). “*Análise estatística da distribuição de chuva na região da Bacia Hidrográfica do Rio Maquiné, RS*”. Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - Florianópolis. ABRH.
- LI, X.H.; ZHANG, Q.; XU, C.Y. (2012). “*Suitability of the TRMM satellite rainfalls in driving a distributed hydrological model for water balance computations in Xinjiang catchment, Poyang lake basin*”. *Journal of Hydrology* 426-427, pp.28-38.
- MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. (2015). “*Espacialização da recomendação de novas estações pluviométricas na sub-bacia 87 segundo os critérios de densidade da Organização Mundial de Meteorologia*”. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, INPE.
- MIERES, L.S. (2012). “*Reanálise CFSR-NCEP aplicada ao modelo SiB2 na simulação de fluxos de CO2 sobre o cultivo de soja em Cruz Alta*”. Dissertação (PPG em Sensoriamento remoto). UFRGS.
- PEROTTO, M. A. (2007). “*A influência da legislação ambiental no uso e conservação da bacia hidrográfica do rio Maquine (RS), no período de 1964 a 2004*”. Dissertação (PPG em Geografia). UFSC.

- QUADRO, M.F.L.; SILVA DIAS, M.A.F.; HERDIES, D.L.; GONCALVES, L.G.G. (2012). “*Análise Climatológica da Precipitação e do Transporte de Umidade na Região da ZCAS Através da Nova Geração de Reanálises*”. Revista Brasileira de Meteorologia 27, pp.152-162.
- SALDANHA, C.B.; RADIN, B.; CARDOSO, M.A.G.; RIPPEL, M.L.; FONSECA, L.L.D.; RODRIGUEZ, F. (2015). “*Comparação dos dados de precipitação gerados pelo GPCP vs observados para o estado do Rio Grande do Sul*”. Revista Brasileira de Meteorologia 30(4), pp.415-422.
- SASHA, S. e co-autores. (2010). “*The NCEP Climate Forecast System Reanalysis*”. Bull. Amer. Meteor. Soc. 91, pp.1015–1057.
- SILVA, C.M.S.; LÚCIO, P.S.; SPYRIDES, M.H.C. (2012). “*Distribuição espacial da precipitação sobre o Rio Grande do Norte: estimativas via satélite e medidas por pluviômetros*”. Revista Brasileira de Meteorologia 27(3), pp.337 – 346.
- SMITH, T.M.; SAPIANO, M.R.P.; ARKIN, P.A. (2008). “*Historical reconstruction of monthly oceanic precipitation (1900–2006)*”. Journal of Geophysical Research. Vol. 113.
- STÜKER, E.; SCHUSTER, C.H.; SCHUSTER, J.J.; CAETANO, D.S.; MEDEIROS, L.E.; DENARDIN, F.; SCREMIN, F. (2016). “*Comparação entre os dados de vento das reanálises meteorológicas ERA-Interim e CFSR com os dados das estações automáticas do INMET no Rio Grande do Sul*”. Ciência e Natura 38, pp. 284-290.
- VANELLI, F. M.; CORREA, S. W.; GOLDENFUM, J. A.; FAN, F. M. (2018). “*Avaliação do uso de precipitações provenientes de reanálise para reconstrução hidrológica e hidrodinâmica de evento em bacia hidrográfica no sul catarinense (Brasil)*”. Anais do I Encontro Nacional de Desastres, Porto Alegre. ABRHidro.