



Periódico da Universidade Vale do Rio Verde  
ISSN: 2526-690X  
v. 2 | n. 1 | Ano 2018

**Rubens JUNQUEIRA**

Mestrando em Recursos Hídricos em Sistemas  
Agrícolas, UFLA  
rubensjunqueira@live.com

**Jhones da Silva AMORIM**

Doutorando em Recursos Hídricos em Sistemas  
Agrícolas, UFLA  
jhonesamorim@gmail.com

**Alisson Souza de OLIVEIRA**

Doutor em Recursos Hídricos em Sistemas  
Agrícolas, Professor em tempo integral  
Universidade Vale do Rio Verde - UninCor  
alissonso@hotmail.com

## COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES METODOLOGIAS PARA PREENCHIMENTO DE FALHAS EM DADOS PLUVIOMÉTRICOS

**Resumo:** O entendimento do comportamento hidrológico de uma região é importante para o desenvolvimento de atividades e empreendimentos socioeconômicas e gestão ambiental regional. Apesar disso, a rede de monitoramento hidrológica de um país por vezes não representa toda a área ou as séries históricas possuem falhas que devem ser preenchidas. Estes problemas são mais graves em bacias hidrográficas com maiores relevâncias, como no caso do Rio das Mortes, que faz parte da bacia do rio Grande que possui grande potencial hidrelétrico. Visto isso, objetivou-se com este trabalho comparar diferentes metodologias para preenchimento de falhas em dados pluviométricos na bacia hidrográfica do Rio das Mortes para subsidiar projetos hidráulicos. Os métodos testados foram Média Aritmética, Ponderação Regional, Regressão Linear Simples, Regressão Múltipla, Inverso do Quadrado da Distância (IDW) e Ponderação Regional com base na regressão linear. A série histórica utilizada correspondeu ao período de 1968 a 1995 de dados consistidos para seis estações pluviométricas. O período de falha foi simulado na estação Usina Barbacena no ano hidrológico de 1990-1991. Para avaliar o método de preenchimento, utilizou-se testes estatísticos Raiz Quadrada do Erro Médio (RQEM), Coeficiente de Nash-Stucliff (NSE), Percentual de Viés (Pbias) e o Erro Padrão Normalizado (RSR). De maneira geral, todos os métodos apresentaram bom desempenho para o preenchimento das falhas, entretanto, a regressão simples foi o pior desempenho em função da simplicidade associada a esse método. A partir dos resultados estatísticos, a regressão múltipla apresentou resultados mais satisfatórios para preenchimento das falhas na região de estudo.

**Palavras-chave:** Pluviometria. Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes. Regressão múltipla.

## COMPARISON BETWEEN DIFFERENT METHODOLOGIES FOR FILLING FAILURES IN PLUVIOMETRIC DATA

**Abstract:** The understanding of the hydrological behavior of a region is important for the development of activities and socioeconomic enterprises and regional environmental management. Nevertheless, the hydrological monitoring network of a country sometimes does not represent the whole area or the historical series have flaws that must be filled. These problems are more serious in watersheds with greater relevance, as in the case of Rio das Mortes, which is part of the Rio Grande basin that has great hydroelectric potential. Thus,

the objective of this work was to compare different methodologies to fill gaps in rainfall data in the Rio das Mortes hydrographic basin to support hydraulic projects. The methods tested were Arithmetic Mean, Regional Weighting, Simple Linear Regression, Multiple Regression, Inverse Distance Square (IDW) and Regional Weighting based on linear regression. The historical series used corresponded to the period from 1968 to 1995 of data consisted of six rainfall stations. The failure period was simulated at the Usina Barbacena station in the hydrological year 1990-1991. To evaluate the filling method, we used the Mean Square Root Mean Error (RQEM), Nash-Stucliff (NSE), Percent Bias (Pbias) and Standardized Standard Error (RSR) statistical tests. In general, all methods presented good performance to fill in the flaws, however, simple regression was the worst performance due to the simplicity associated to this method. From the statistical results, the multiple regression presented more satisfactory results to fill the flaws in the study region.

**Keywords:** Gauge. Rio das Mortes Basin. Multiple regression.

---

Recebido em: 01/07/2018 - Aprovado em: 20/07/2018 - Disponibilizado em: 30/07/2018

---

## INTRODUÇÃO

O comportamento do ciclo da água em uma bacia hidrográfica possui grande relevância em estudos hidrológicos e em projetos de irrigação, além de auxiliar em uma melhor gestão dos recursos hídricos. Segundo Woldeesenbet et al. (2017) a disponibilidade de conjuntos confiáveis, com séries históricas robustas e em diferentes escalas espacial e temporal são vitais para estudos climatológicos, modelagem e análise hidrológica e projeto de sistemas de recursos hídricos.

Apesar disso, na maioria dos países em desenvolvimento, a situação de disponibilidade de dados é bastante incomum, com inúmeras falhas nas séries

históricas incorporadas a outliers (NANDA; SAHOO; CHATTERJEE, 2017). Além do mais, nesses locais a quantidade de estações pluviométricas é mais escassa, o que torna ainda mais importante estimar os dados perdidos.

Para Woldeesenbet et al. (2017) a ausência de dados em uma série histórica pode estar relacionada a um mau funcionamento dos instrumentos, erros de registro de organização, ausência de observação, entre outros fatores. As falhas podem comprometer a utilização de séries históricas em diversos estudos. Portanto, é aconselhável adotar métodos estatísticos para fazer seu preenchimento. Segundo Kim e Ryu (2015) um método de preenchimento de falhas geralmente é

utilizado para construir uma base de dados completos, sem valores ausentes de precipitação ou vazão.

De acordo com Slater e Villarini (2017) vários métodos foram sugeridos para lidar com dados hidrológicos ausentes, dependendo do tamanho do intervalo, sendo em alguns casos aconselhável a combinação de metodologias diferentes. Alguns estudos buscam aplicar diferentes métodos e analisar qual o mais adequado para sua situação (KIM; RYU, 2016; MELLO; KHOLS; OLIVEIRA, 2017; OLIVEIRA et al., 2012), para isso, são extraídos dados observados da série e, em seguida, é feita a comparação com os valores estimados.

Dentre os métodos disponíveis, pode-se destacar: média aritmética de estações vizinhas, regressão linear, vetor de ponderação regional, inverso ponderado da distância, krigagem e regionalização de vazões, bem como outros métodos mais complexos, como redes neurais artificiais e modelos climáticos. De forma geral, esses métodos são mais confiáveis para preencher falhas mais curtas quando comparado às falhas mais longas (SLATER; VILLARINI, 2017).

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é comparar diferentes

metodologias para o preenchimento de falhas de dados pluviométricos na bacia hidrográfica do rio das Mortes, Minas Gerais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi realizado na bacia hidrográfica do Rio das Mortes localizada na Vertentes do Rio Grande (GD2). Foram obtidas seis estações pluviométricas com dados mensais junto ao banco de dados HydroWeb, da Agência Nacional de Águas. De forma a trabalhar com dados consistidos e com períodos coincidentes, foi utilizado o período de 1968 a 1995, totalizando 28 anos de dados contínuos. As informações referentes às estações se encontram na Tabela 1 e a distribuição espacial das mesmas pode ser vista na Figura 1.

As estações selecionadas para preenchimento das falhas foram escolhidas com base no coeficiente de determinação entre as séries. Esse coeficiente refere-se à proporção da variabilidade em uma série que pode ser explicada pela outra. Para utilização de uma série para preenchimento de falhas em outra, foi necessário a obtenção de um coeficiente de determinação  $R^2$  maior que 0,7. Esse critério foi o mesmo adotado por

Pruski et al. (2004) e Barbosa et al. (2005).

**Tabela 1** - Informações de localização das estações pluviométricas utilizadas

ID	Latitude*	Longitude*	Código	Nome	d (m)	1/d <sup>2</sup> **
1	616297.6	7646984.3	2143009	Usina Barbacena	-	-
2	582144.8	7671444.5	2144020	Usina São Joao del Rei	42008.5	5.67E-10
3	579655.8	7664055.5	2144002	Porto Tiradentes	40423.3	6.12E-10
4	605829.4	7656751.3	2143006	Barroso	14317.0	4.88E-09
5	622366.1	7646482.7	2143005	Campolide	6089.3	2.70E-08
6	607797.9	7630164.7	2143008	Ibertioga	18845.2	2.82E-09

\* - Coordenadas UTM com unidades em metro;

\*\* - Inverso do quadrado da distância da respectiva estação em relação à estação Usina Barbacena.

**Figura 1** - Localização das estações pluviométricas



Fonte: Do autor (2018).

Para avaliar a eficiência dos métodos de preenchimento, foram simuladas falhas na estação pluviométrica Usina Barbacena e, utilizando as demais estações como postos de apoio, estimou-se os dados para o período pré-estabelecido com os métodos descritos a

seguir. O período para simular as falhas foi o ano hidrológico de 1990/1991 escolhido de forma aleatória ao longo da série histórica.

O único critério adotado para escolha do período de simulação das falhas foi que as mesmas deveriam

abranger um ano hidrológico contínuo. Tal restrição foi importante para avaliar a eficiência dos métodos em estimar os dados para períodos secos e chuvosos, uma vez que as condições locais de relevo podem interferir no tipo de precipitação que ocorre na área onde foram instaladas as estações.

A verificação da homogeneidade dos dados de precipitação para as estações em estudo foi realizada por meio do método de Dupla Massa. Esse método foi desenvolvido pelo Geological Survey (USA) e a partir de então tem sido bastante utilizado no Brasil (TUCCI, 2001). Segundo Mello e Silva (2013) esse método consiste na elaboração de um gráfico com coordenadas cartesianas ortogonais onde em um dos eixos são colocados os totais anuais acumulados precipitados da estação e no outro a média acumulada dos totais anuais precipitados nos demais postos da região homogênea. Tucci (2001) afirma que o método da Curva Acumulada ou Dupla Massa pode ser utilizado para dados anuais ou mensais. A consistência dos dados é observada se os dados plotados apresentarem um comportamento linear, sendo isso observado por meio do coeficiente de determinação da reta ajustada.

O preenchimento das falhas foi realizado utilizando os métodos apresentados em Mello e Silva (2013). O Primeiro é teoricamente o mais simples, denominado Média Aritmética de Estações Vizinhas (Equação 1). Para utilização deste método as médias das precipitações mensais para um período de 30 anos, dita precipitação normal, da estação a ser preenchida e estações de apoio não podem diferirem em 10 %.

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad \text{Eq. 1}$$

em que:  $P_x$  é a precipitação da estação a ser preenchida;  $P_i$  é a precipitação da estação  $i$  na região homogênea e  $n$  é o número de estações.

O método da Ponderação Regional é simplificado e segundo Tucci (2001) pode ser utilizado para preenchimento de falhas em séries mensais ou anuais. Ele consiste na escolha de pelo menos 3 estações com no mínimo 10 anos de dados para serem utilizadas para preenchimento de falhas de uma estação utilizando a Equação 2.

$$P_x = \frac{N_x}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i}{N_i} \right) \quad \text{Eq. 2}$$

em que:  $P_x$  é a precipitação da estação a ser preenchida;  $P_i$  é a precipitação da

estação  $i$  na região homogênea;  $N_i$  e  $N_x$  são as precipitações médias nas estações de apoio e com falha, respectivamente e  $n$  é o número de estações vizinhas.

A Regressão Linear Simples (Equação 3) e Regressão Múltipla (Equação 4), consistem no ajuste da regressão simples ou múltipla, respectivamente, entre uma estação de apoio e àquela (s) que possui a falha, sendo a última variável dependente da primeira.

$$Y = a + bx \quad \text{Eq. 3}$$

em que:  $Y$  são os dados da estação que se deseja preencher a falha;  $X$  são os dados da estação vizinha e  $a$  e  $b$  são coeficientes de ajuste da regressão.

$$Y = a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + \dots + a_n.X_n \quad \text{Eq. 4}$$

em que:  $n$  é o número de postos considerados;  $a_1, a_2, \dots, a_n$  são os coeficientes a serem estimados pela regressão e  $X_1, X_2, \dots, X_n$  são as observações registradas nos postos vizinhos.

A outra metodologia empregada foi o Inverso Ponderado da Distância (IDW). Para esse método, é realizada a média ponderada pelo inverso da distância entre a localização da estação na qual se

deseja estimar e as estações vizinhas (MELLO e SILVA, 2013), conforme pode ser observado na Equação 5.

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^m \left[ \left( \frac{1}{d_i^n} \right) P_i \right]}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{1}{d_i^n} \right)} \quad \text{Eq. 5}$$

em que:  $P_i$  é a precipitação nos postos vizinhos, conhecida;  $d_i$  é a distância euclidiana da respectiva estação ao ponto a ser estimado;  $n$  é o expoente da distância, comumente se utiliza 2 e  $m$  é o número de estações utilizadas.

A ponderação regional com base na regressão é calculada a partir da equação abaixo.

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot r_i}{\sum_{i=1}^n r_i} \quad \text{Eq. 6}$$

em que:  $P_i$  é a precipitação nos postos vizinhos, conhecida;  $r_i$  é o coeficiente de regressão linear entre a estação  $i$  e  $a$  com falha e  $P$  é a precipitação estimada para o período com falha.

Para avaliar o desempenho dos métodos de preenchimento de falhas foram adotados quatro testes estatísticos de erro, sendo eles: a Raiz Quadrada do Erro Médio (RQEM) (Eq. 7), quanto mais próximo de zero melhor o ajuste; o

Coeficiente de Eficiência de Nash-Stucliff (NSE) (Eq. 8), que pode variar de  $-\infty$  a 1, sendo que 1 representa ajuste ideal dos dados estimados; o percentual de viés (Pbias) (Eq. 9), o qual mede o desvio entre os dados observados e estimados, apresentando como valor nulo como ótimo; e o erro padrão médio normalizado (RSR) (Eq. 10), sendo resultado da padronização da raiz quadrada do erro médio, RQEM, utilizando o desvio padrão dos dados observados, quando não existe erro, seu valor é igual a 0 (AMORIM, 2016).

$$RQEM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{o,i} - P_{s,i})^2}{n}} \quad \text{Eq. 7}$$

em que: RQEM é a raiz quadrada do erro médio, adimensional;  $P_o$  e  $P_s$  são os valores da precipitação observada e estimada, respectivamente, em mm;  $i$  é a sequência temporal de pares observados e simulados e  $n$  é o número de pares observados e simulados.

$$NSE = 1 - \frac{\left[ \sum_{i=1}^n (Q_{o,i} - Q_{s,i})^2 \right]}{\left[ \sum_{i=1}^n (Q_{o,i} - Q_m)^2 \right]} \quad \text{Eq. 8}$$

em que: NSE é o coeficiente de Nash-Sutcliffe, adimensional,  $i$  é a sequência temporal de pares observados e simulados,  $n$  é o número de pares observados e simulados,  $P_o$  é a

precipitação observada, mm;  $P_s$  é a precipitação estimada, mm e  $P_m$  é a precipitação média observada, mm.

$$P_{bias} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (P_{o,i} - P_{s,i})}{\sum_{i=1}^n P_{o,i}} \right] \cdot 100 \quad \text{Eq. 9}$$

em que: Pbias é a porcentagem de viés;  $i$  é a sequência temporal de pares observados e simulados;  $n$  é o número de pares observados e simulados;  $P_o$  é a precipitação observada, mm e  $P_s$  é a precipitação estimada, em mm.

$$RSR = \frac{RMSE}{DV_o} = \frac{\left[ \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{o,i} - P_{s,i})^2} \right]}{\left[ \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{o,i} - P_{m,i})^2} \right]} \quad \text{Eq. 10}$$

em que: RSR é o erro padrão médio normalizado, adimensional;  $i$  é a sequência temporal de pares observados e simulados;  $n$  é o número de pares observados e simulados;  $P_o$  é a precipitação observada, em mm;  $P_s$  é a precipitação simulada, em mm e  $P_m$  é a precipitação média observada, em mm.

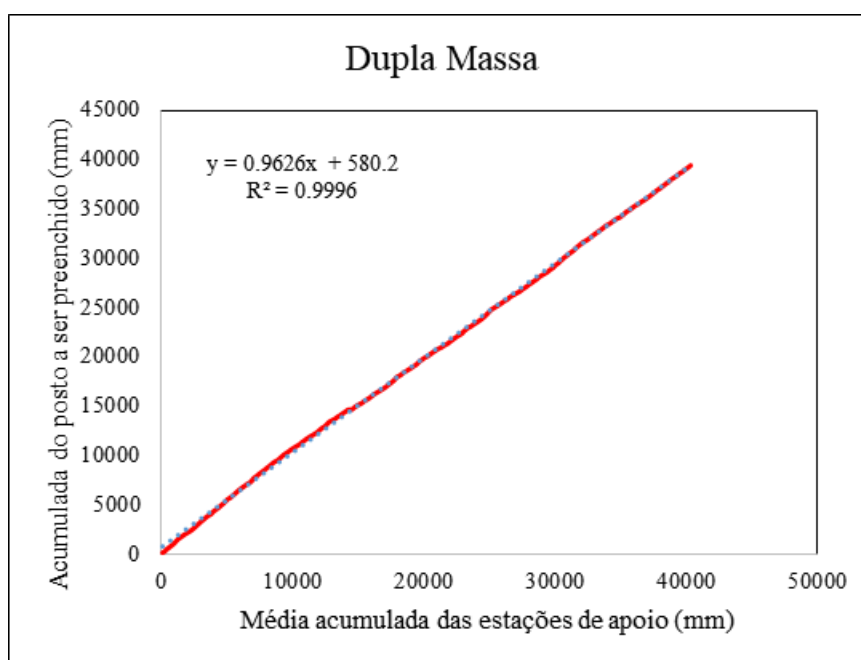
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 está apresentada a Curva Dupla Massa para as estações. Observa-se pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) próximo a 1 (99.96%) que os dados apresentaram bom ajuste

para uma regressão linear, demonstrando uma homogeneidade entre os dados utilizados. Sanches, Verdum e Fisch (2013) afirmam que uma linha reta

descarta a provável existência de alterações nas condições de observação, erros sistemáticos ou mudanças nas condições climáticas da região.

**Figura 2** - Curva Dupla Massa entre a estação a ser preenchida e os postos de apoio



Fonte: Do autor (2018)

As precipitações mensais e média anual para o período escolhido para simulação das falhas estão apresentadas na Tabela 2. Nota-se que o comportamento na região é bastante semelhante, onde o regime hidrológico e os totais precipitados são bastantes semelhantes. Tal análise corrobora com o resultado apresentado pela Curva Dupla Massa.

Os resultados satisfatórios provenientes da avaliação da Dupla Massa possibilitaram a utilização das estações

para avaliar os métodos de preenchimento de falhas. A partir de então foram encontrados os coeficientes de determinação entre a estação Usina Barbacena com as demais (Tabela 3).

Todas as estações apresentaram coeficiente de determinação superior ao valor sugerido por Barbosa et al. (2005) e Pruski (2004), o que possibilita a utilização dessas estações com os métodos propostos, não ficando apenas limitado à regressão linear.



**Tabela 2** - Precipitações nas estações para o ano hidrológico 1990/1991

Data	Usina Barbacena	Porto Tiradentes	Usina São			
			João Del Rei	Ibertioga	Barroso	Campolide
10/1/1990	61,2	66,8	112,7	65,8	58,6	76,1
11/1/1990	112,6	213,8	205,8	96,3	185,9	89,5
12/1/1990	114,3	106,7	151,1	153,4	103,8	110,7
1/1/1991	504,0	536,8	538,5	450,6	512,4	507,1
2/1/1991	191,8	190,2	218,9	169,9	188,2	187,4
3/1/1991	238,6	299,7	236,1	210,5	246,5	170,3
4/1/1991	84,6	131,7	117,2	64,1	100,1	93,6
5/1/1991	5,3	13,2	8,0	20,5	7,2	10,6
6/1/1991	3,0	0,0	0,6	0,0	6,1	2,1
7/1/1991	18,5	21,5	21,1	8,1	20,6	13,3
8/1/1991	0,4	1,0	2,2	0,0	0,0	4,0
9/1/1991	64,2	42,9	64,6	40,5	49,1	78,4
Média	116,5	135,4	139,7	106,6	123,2	111,9

**Tabela 3** - Ajustes lineares e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) entre as estações

Estação para simulação	Estações de apoio	$R^2$	Coeficiente ângular	Coeficiente linear
Usina Barbacena	Usina São Joao Del Rei	0,80	0,83	16,65
	Porto Tiradentes	0,82	0,85	14,25
	Ibertioga	0,85	0,89	10,37
	Barroso	0,87	0,96	10,80
	Campolide	0,92	0,92	4,30

A estação Campolide foi a que apresentou o maior coeficiente de determinação, indicando que essa seria a estação que melhor explica a variabilidade na Usina Barbacena por meio de uma regressão linear. As precipitações

observadas no ano hidrológico 1990/1991 e as estimadas, bem como o erro associado a cada método podem ser visualizados na Tabela 4.

**Tabela 4** - Dados observados na estação e estimados pelos diferentes métodos de preenchimento de falhas

Data	P obs (mm)	P estimada (mm)					IDW
		Regressão linear	Média Aritmética	Regressão Múltipla	Ponderação Regressão	Ponderação Regional	
Out/90	61,2	76,1	76,0	69,1	75,7	77,2	73,3
Nov/90	112,6	86,9	158,3	116,7	157,2	149,9	107,1
Dez/90	114,3	106,4	125,1	113,9	124,9	119,3	113,7
Jan/91	504,0	472,1	509,1	488,5	508,8	522,3	504,4
Fev/91	191,8	177,2	190,9	181,4	190,7	186,8	186,7
Mar/91	238,6	161,4	232,6	195,3	231,9	223,1	187,1
Abr/91	84,6	90,6	101,3	90,2	101,1	97,9	93,2
Mai/91	5,3	14,1	11,9	12,2	11,9	12,7	10,9
Jun/91	3,0	6,2	1,8	4,0	1,8	1,9	2,4
Jul/91	18,5	16,6	16,9	15,4	16,9	16,6	14,1
Ago/91	0,4	8,0	1,4	3,4	1,5	1,6	3,1
Set/91	64,2	76,6	55,1	63,6	55,3	56,1	70,6
Estatísticas	RQEM	26,58	15,53	14,14	15,24	14,66	15,89
	NSE	0,9625	0,9872	0,9894	0,9877	0,9886	0,9866
	PBias (%)	7,60	-5,86	3,20	-5,65	-4,79	2,28
	RSR	0,194	0,113	0,103	0,111	0,107	0,116

Sem um teste de média não há capacidade de afirmar se os métodos diferem uns dos outros estatisticamente. A ressalva fica por parte da regressão linear, onde o RQEM foi quase o dobro dos obtidos pelos demais testes.

Para o NSE, exceto para a regressão linear, os valores variaram a partir do terceiro número significativo, o que demonstra que a utilização de

qualquer um desses métodos de preenchimento não acarretaria em erros significativos em comparação com os demais. Novamente a Regressão linear foi a que mais errou na estimativa da precipitação.

O percentual de viés (PBias) representa a média dos desvios simulados quando relacionados com a precipitação média observada (PEREIRA et al., 2014).

Dessa forma, os valores encontrados (Tabela 4) quando negativos indica que os totais estimados foram maiores que a média, ou seja, superestimou a precipitação total anual para o ano hidrológico de 1990/1991. Casos como esse foram observados pelos métodos da média aritmética, ponderação regional com base na regressão e a ponderação regional. Para os métodos da regressão linear, regressão múltipla e IDW houve subestimativa da precipitação.

Em termos absolutos do Pbias, a regressão linear foi a que apresentou maior variação da média observada, com valores estimados cerca de 7,6% menores que observado. Se esse método for utilizado para dimensionamento de um reservatório para irrigação ou abastecimento público, haveria um subdimensionamento da obra e equívocos na disponibilidade hídrica na região. O contrário é observado utilizando a média aritmética, superestimou a precipitação em mais de 5%.

O mesmo entendimento do PBias se estende para o RSR. A diferença é que não fornece os valores em termos percentuais, mas sim em relação ao desvio padrão dos observados. Valores menores indicam que os valores simulados foram próximos à média.

## CONCLUSÕES

De maneira geral, os métodos para preenchimento de dados de precipitação na bacia hidrográfica do rio das Mortes apresentaram comportamento parecido para a estimativa da precipitação na estação Usina Barbacena. Como há disponibilidade de dados para implementação de outras técnicas de preenchimento, não seria recomendado a regressão simples, pois foi a que mais destoou dos demais teste e apresentou maiores erros na estimativa da precipitação.

A regressão múltipla foi a que melhor apresentou resultados. Sem testes de médias, seria esse método o que mais se aproximou dos valores observados.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, J. S. **Produção de Água na Bacia Hidrográfica do Rio Catolé Grande Utilizando o Modelo Hidrológico SWAT**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia. 82p. 2016.

BARBOSA, S. E. da S. et al. Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a bacia do rio do Carmo, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 64-71, Mar. 2005.

KIM, J.; RYU, J. H. A heuristic gap

filling method for daily precipitation series. **Water resources management**, v. 30, n. 7, p. 2275-2294, 2016.

KIM, J.; RYU, J. H. Quantifying a threshold of missing values for gap filling processes in daily precipitation series. **Water resources management**, v. 29, n. 11, p. 4173-4184, 2015.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas. **Lavras: UFLA**, 2013.

MELLO, R. Y.; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T. M. N. Uso de diferentes métodos para o preenchimento de falhas em estações pluviométricas. **Boletim de Geografia**, v. 35, n. 1, 2017.

MELO NETO, J. O.. **Análise de sensibilidade escalar do modelo hidrológico SWAT**. 2013. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Sistemas Agrícolas, UFLA, Lavras, 2013.

NANDA, T.; SAHOO, B.; CHATTERJEE, C. Enhancing the applicability of Kohonen Self-Organizing Map (KSOM) estimator for gap-filling in hydrometeorological timeseries data. **Journal of Hydrology**, v. 549, p. 133-147, 2017.

OLIVEIRA, L. F. C. et al. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 14, n. 11, 2010.

PEREIRA, D. dos R. et al. Hydrological simulation using SWAT model in headwater basin in Southeast Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 789-799, Ago. 2014.

PRUSKI, F. F. et al. Precipitação média

anual e vazão específica média de longa duração, na Bacia do São Francisco. **Rev. bras. Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 2-3, p. 247-253, Dec. 2004.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Estudo de tendência de chuvas de longo prazo. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 8, n. 3, 2013.

SLATER, L.; VILLARINI, G. On the impact of gaps on trend detection in extreme streamflow time series. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 10, p. 3976-3983, 2017.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: Ciência aplicação. **3 ed. Porto Alegre, RS: FAURGS** - Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 942p.

VAN LIEW, M.W.; VEITH, T.L.; BOSCH, D.D.; ARNOLD, J.G. Suitability of SWAT for the Conservation effects assessment project: A comparison on USDA - ARS watersheds. **Journal of Hydrologic Engineering**, v.12, n.2, p.173 - 189, mar./abr. 2007.

WOLDESENBET, T. A. et al. Gap filling and homogenization of climatological datasets in the headwater region of the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 4, p. 2122-2140, 2017.

---

### **Rubens Junqueira**

---

Mestrando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, UFLA.

---

---

### **Jhones da Silva Amorim**

---

Doutorando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, UFLA.

---

---

**Alisson Souza de Oliveira**

Doutor em Recursos Hídricos em  
Sistemas

Agrícolas, Professor em tempo integral  
Universidade Vale do Rio Verde –  
UninCor.

---