



## USO DE DIFERENTES MÉTODOS PARA O PREENCHIMENTO DE FALHAS PLUVIOMÉTRICAS DE ESTAÇÕES NA REGIÃO DE JOINVILLE

YARA DE MELLO<sup>1</sup>  
THEREZINHA MARIA NOVAIS DE OLIVEIRA<sup>2</sup>

---

**Resumo:** Este trabalho pretende apresentar um estudo do uso de diferentes métodos de preenchimento de falhas pluviométricas para um melhor aproveitamento dos dados climatológicos existentes, sendo eles, ponderação regional, regressão linear simples e múltipla e ponderação regional com base em regressões lineares. Para tanto, utilizou-se dados de três pluviômetros localizados em Joinville (SC) para o preenchimento de falhas dos meses de janeiro e junho de 1989 do pluviômetro Joinville (RVPSC). Os resultados mostraram que os métodos de regressão linear múltipla e simples apresentaram-se como os melhores métodos para esse preenchimento de falhas, no entanto, observa-se que é sempre importante conhecer dados pretéritos da distribuição pluviométrica regional e utilizar mais de um método para verificação da validade dos resultados.

**Palavras-chave:** Falhas pluviométricas, ponderação regional, regressão linear.

---

**Abstract:** This paper aims to present a study of the use of the different methods filling flaws in the data rainfall. This paper also aims at improving existing climatological data. The following will be used to verify the flaws regional weighting, simple and multiple linear regression and also regional weighting on the base of linear regressions. Using the data of three rain gauges, situated in Joinville (SC), for gathering the flawed data in the months of January and June 1989. From the rainfall gathering gauge Joinville (RVPSC). The results show that the multiple and simple linear regression are the best methods used in collecting this type of data. Nevertheless it ought to be observed that it is vital that prior knowledge be used from the regional rain. Other than this, other methods must be used to verify and validate the results of the data.

**Key-words:** Rainfall failures, regional weighting, linear regression.

---

### 1. Introdução

A precipitação pluviométrica é um fenômeno natural aleatório, não há uma distribuição homogênea no espaço-tempo, embora aponte os locais onde chove mais ou menos. Este conhecimento passa a ser uma ferramenta importante para estudos relacionados ao planejamento urbano, produtividade agrícola e previsão de desastres naturais, como inundações e movimentos de massa. Mas isto ocorre, desde que sejam utilizadas séries pluviométricas com qualidade e densidade, e que atendam a parâmetros estatísticos e

---

<sup>1</sup> Acadêmica do programa de pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville – Univille. E-mail de contato: yarademello@gmail.com

<sup>2</sup> Docente do programa de pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville – Univille. E-mail de contato: tnovais@univille.br



geoestatísticos satisfatórios (CARDOSO *et al.*, 2011; SALGUEIRO & MONTENEGRO, 2008).

A comunidade científica tem um grande interesse em observações meteorológicas históricas para a previsão do tempo, estudos de mudanças climáticas e estudos climatológicos em geral (Moscati *et al.* 2000). Entretanto, apesar das recentes iniciativas como a Lei nº 12.527, de 18 de Novembro de 2011 que regula o acesso à informação, ainda há uma grande dificuldade por parte dos pesquisadores na obtenção de dados meteorológicos oficiais, com séries temporais longas e confiáveis (MOSCATI *et al.* 2000).

O estudo de métodos para o preenchimento de falhas em séries temporais tem o objetivo de contribuir para a geração de dados mais confiáveis que promovam o avanço de pesquisas em relação às mudanças climáticas, previsão de desastres naturais, além dos motivos supracitados. Pois, através de dados pretéritos podem-se prever futuras ocorrências de fenômenos que venham a se repetir por influência do clima (FERNANDEZ, 2007).

No estudo de Mello *et al.* (2013) foi realizado um preenchimento de falhas para a região de Joinville no período de 1953 a 2008 para dados anuais e 1980 a 1989 para dados mensais, utilizando-se apenas o método de ponderação regional. Portanto, o objetivo deste trabalho é utilizar mais métodos de preenchimento de falhas no sentido de produzir dados mais confiáveis, afim de verificar qual melhor se adequa a região de estudo: Joinville (SC).

## **2. Metodologia**

### **2.1. Área de estudo**

Joinville, maior polo industrial de Santa Catarina e também município mais populoso do Estado possui altos índices pluviométricos, com uma média anual de 2.200 mm e mensal de 190 mm, segundo Mello *et al* (2013). Está localizado na região Nordeste do Estado de Santa Catarina, conforme Figura 1. Nesta figura também esta representado o relevo da área, marcado pela presença da Serra do Mar, por um planalto que se liga ao interior do Estado e pela planície litorânea, corredor de ligação entre a serra e o litoral.

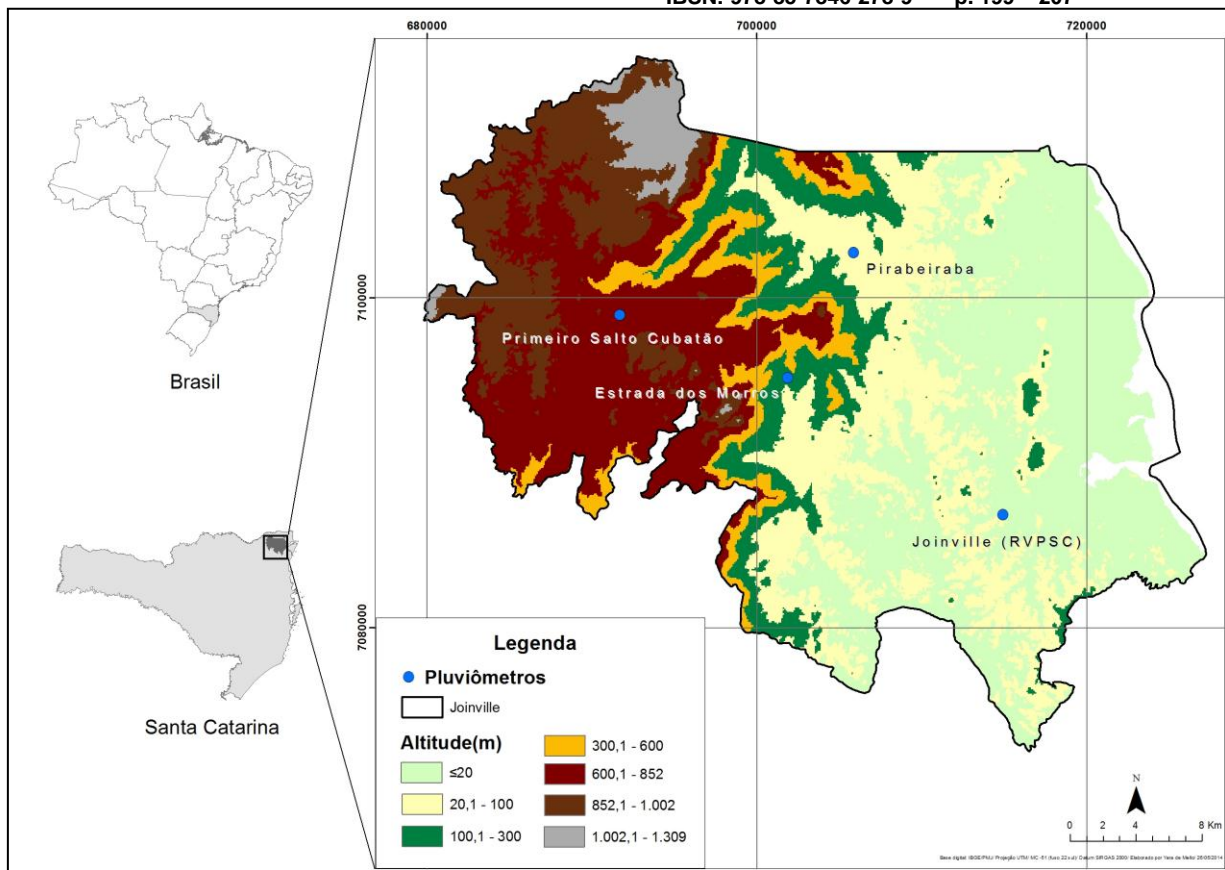


Figura 01: Localização da área de estudo e dos postos pluviométricos plotados sobre o raster do relevo da região.

Fonte: ANA, EPAGRI e PMJ. Org.: Mello, Y., 2014.

## 2.2. Pluviômetros utilizados e série temporal analisada

O pluviômetro Joinville (RVPSC) posto com falhas a serem preenchidas está localizado na planície, e os pluviômetros Estrada dos Morros, Pirabeiraba e Primeiro Salto Cubatão foram selecionados para o preenchimento das falhas e estão localizados mais próximos a serra, ou nela como é o caso do Primeiro Salto Cubatão, conforme Figura 1 e Tabela 1.

| Código  | Pluviômetro            | Longitude | Latitude | Altitude (m) |
|---------|------------------------|-----------|----------|--------------|
| 2648014 | Joinville (RVPSC)      | -48,833   | -26,317  | 6            |
| 2648034 | Estrada dos Morros     | -48,967   | -26,233  | 100          |
| 2648033 | Pirabeiraba            | -48,933   | -26,167  | 40           |
| 2649060 | Primeiro Salto Cubatão | -49,067   | -26,200  | 790          |

Tabela 01: Pluviômetros utilizados no preenchimento de falhas. Org.: Mello, Y., 2014.



Foi selecionado o pluviômetro Joinville (RVPSC) para o preenchimento de falhas, pois este é o posto com a série histórica mais representativa do município e com o maior número de informações, estando em funcionamento desde 1938.

Ainda assim, com o intuito de verificar a homogeneidade entre os pluviômetros fez-se a análise da consistência empregando-se a metodologia da dupla massa descrita por Tucci (2001) entre o pluviômetro Joinville e os demais postos. Haverá consistência quando houver uma tendência linear entre as análises, sendo avaliada pelo ajuste da equação da reta e pelo coeficiente de determinação. Oliveira (2010) utilizou esta mesmo método quando realizou uma comparação entre metodologias de preenchimento de falhas.

Como o objetivo deste estudo foi testar diferentes métodos de preenchimento de falhas, foram selecionados apenas dois meses: janeiro e junho de 1989, para comparação. A série histórica que melhor coincidiu entre os quatro pluviômetros foi de 1988 a 2005 e a média de cada posto para este período está relacionada na Tabela 2.

| Pluviômetro            | Janeiro | Junho |
|------------------------|---------|-------|
| Joinville (RVPSC)      | 293,8   | 99,1  |
| Estrada dos Morros     | 483,4   | 148,3 |
| Pirabeiraba            | 386,7   | 121,4 |
| Primeiro Salto Cubatão | 350,8   | 133,3 |

Tabela 02: Médias mensais de chuva em milímetros (mm) dos pluviômetros. Org.: Mello, Y., 2014.

### 2.3. Métodos para o preenchimento de falhas pluviométricas

Para melhor estruturar a série histórica dos dados pluviométricos para a região de Joinville foram testados quatro métodos de preenchimento de falhas, sendo que todos foram descritos por Tucci (2001). Os resultados dos métodos foram compilados no *Microsoft Excel 2010*, onde também foram geradas médias e desvio padrão.

**2.3.1. Método de ponderação regional (PR):** Neste método são selecionados pelo menos 3 postos que possuam no mínimo 10 anos de dados e que se localizem em uma região climática semelhante ao posto a ser preenchido. A equação utilizada foi:

$$y = \frac{1}{3} \left( \frac{x_1}{x_{m1}} + \frac{x_2}{x_{m2}} + \frac{x_3}{x_{m3}} \right) y_m \quad (\text{Equação 1})$$



Onde  $y$  = precipitação do posto a ser estimada;  $x_1, x_2, x_3$  = precipitações correspondentes ao ano que se deseja preencher, observadas em 3 estações vizinhas;  $y_m$  = a precipitação média do posto  $y$ ; e  $x_{m1}, x_{m2}, x_{m3}$  = precipitações médias das 3 estações circunvizinhas.

**2.3.2. Método de regressão linear simples (RLS) e múltipla (RLM):** É um método mais aprimorado de preenchimento de falhas. Na regressão simples as precipitações de um posto com falhas e de um posto vizinho são relacionadas. Foi utilizado o *software Statistica 12* para a confecção dos gráficos de regressão linear que geraram as equações de regressão e os coeficientes de correlação ( $r$ ) e os valores- $p$ .

Na regressão múltipla as informações pluviométricas do posto  $Y$  são correlacionadas com as correspondentes observações de vários postos vizinhos, através da seguinte equação:

$$y_c = a_0 + a_1 x_{1i} + a_2 x_{2i} + \dots + a_{n-1} x_{(n-1)i} + a_n x_{ni} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde  $n$  = o número de postos considerados,  $a_0, a_1, \dots, a_n$  = os coeficientes a serem estimados e  $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni}$  = as observações correspondentes registradas nos postos vizinhos. Uma outra alternativa pode ser a relação potencial do tipo

$$y_{ci} = a_0 \cdot x_{1i}^{a_1} \cdot x_{2i}^{a_2} \cdot x_{3i}^{a_3} \cdot \dots \cdot x_{ni}^{a_n} \quad (\text{Equação 3})$$

### 2.3.3. Ponderação regional com base em regressões múltiplas (PRRL):

Este método consiste em estabelecer regressões lineares entre o posto com dados a serem preenchidos,  $Y$ , e cada um dos postos vizinhos,  $X_1, X_2, \dots, X_n$ . De cada uma das regressões lineares efetuadas obtém-se o coeficiente de correlação  $r$ , e estabelecem-se fatores de peso, um para cada posto. A expressão fica

$$W_{xj} = r_{yxj} / (r_{yx1} + r_{yx2} + \dots + r_{yxn}) \quad (\text{Equação 4})$$

Sendo  $W_{xj}$  = o fator de peso entre os postos  $Y$  e  $X_j$ ,  $r_{yxj}$  = o coeficiente de correlação entre os postos citados e  $n$  = o número total de postos vizinhos considerados. A soma de todos os fatores de peso deve ser a unidade. O valor a preencher no posto  $Y$  é obtido por

$$y_c = x_1 W_{x1} + x_2 W_{x2} + \dots + x_n W_{xn} \quad (\text{Equação 5})$$



### 3. Resultados e discussões

A Figura 2 apresenta as curvas das duplas massas de cada pluviômetro em relação ao Joinville (RVPS). Os coeficientes de determinação ficaram próximos de 1, o que segundo Buriol *et al.* (2006) garante a homogeneidade das estações selecionadas.

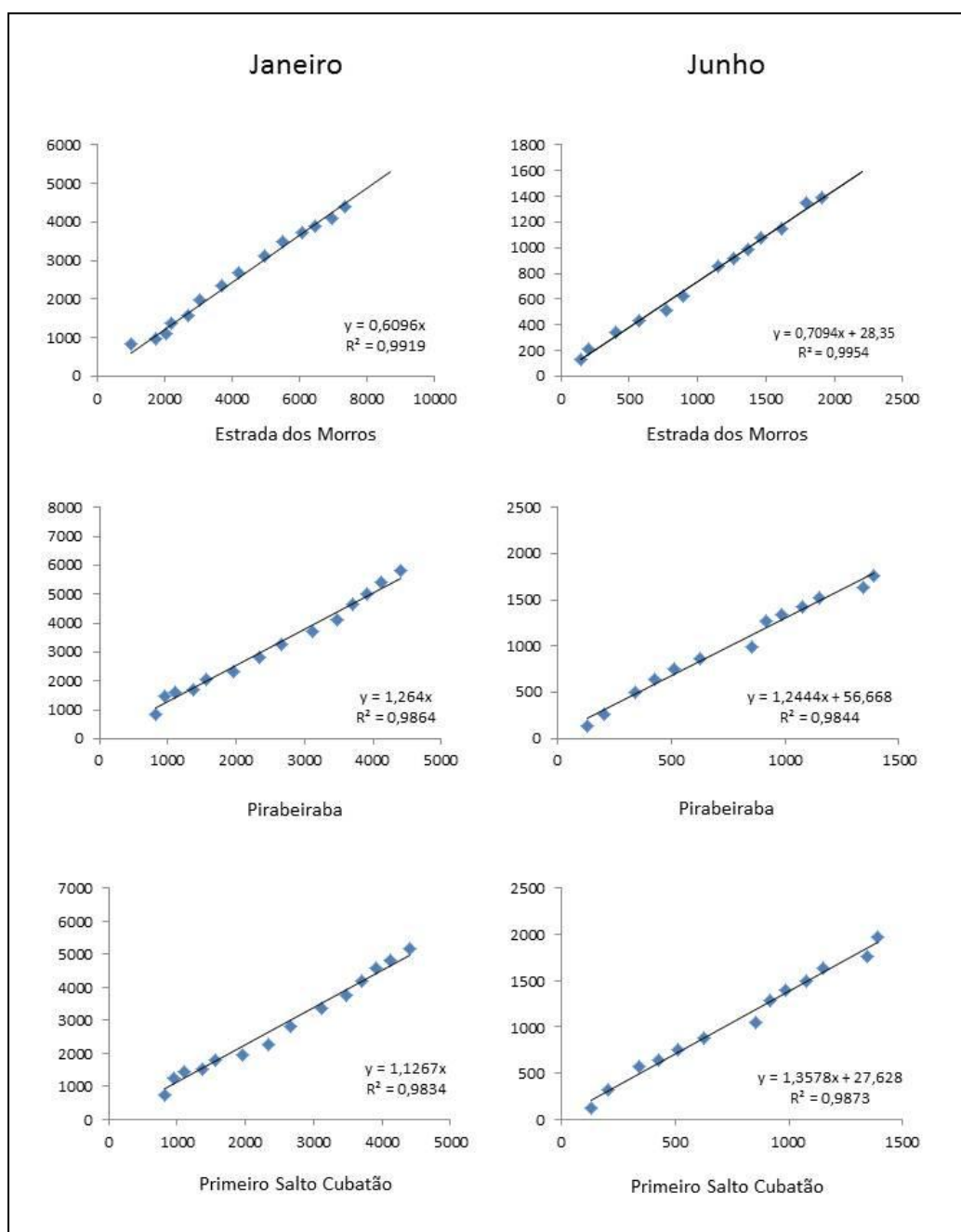


Figura 02: Curvas das duplas massas para consistência da série pluviométrica. Org.: Mello, Y., 2014.



O mês de janeiro é o período mensal que apresenta a maior média pluviométrica de Joinville, 250 mm, e a chuva convectiva têm predominância nos totais mensais, sendo mal distribuída no espaço (Mello *et al* (2013). Nos pluviômetros selecionados para pesquisa essa média é bem superior devido a localização geográfica deles, fortemente influenciada pela presença da Serra do Mar. No ano de 1989 choveu acima da média nestes pluviômetros, sendo 563,6 mm no Joinville (RVPSC), 686,3 mm no Estrada dos Morros, 576 mm no Pirabeiraba e 548,4 mm no Primeiro Salto Cubatão.

O método de preenchimento de falhas que apresentou o resultado mais aproximado ao posto Joinville (RVPSC) foi à regressão linear simples com o pluviômetro Pirabeiraba (Tabela 3). A equação resultante desta regressão foi  $y = 276,0135 + 0,4922 \cdot x$ , o valor de  $r = 0,4355$ , o valor do  $r^2$  (coeficiente de determinação) = 0,1897, e o valor-p = 0,1047. O gráfico deste modelo pode ser observado na Figura 3.

| Método | Estações  | Chuva (mm) |
|--------|---|------------|
| PR     | Est. Dos Morros, Pirabeiraba e Pri. Salto Cubatão | 438        |
| RLS    | Est. Dos Morros, Joinville                        | 732,2      |
| RLS    | Pirabeiraba, Joinville                            | 559,5      |
| RLS    | Pri. Salto Cubatão, Joinville                     | 522,5      |
| RLM    | Est. Dos Morros, Pirabeiraba e Pri. Salto Cubatão | 383,4      |
| PRRL   | Est. Dos Morros, Pirabeiraba e Pri. Salto Cubatão | 598,9      |

Tabela 03: Resultado do preenchimento de falhas para o mês de janeiro. Org.: Mello, Y., 2014.

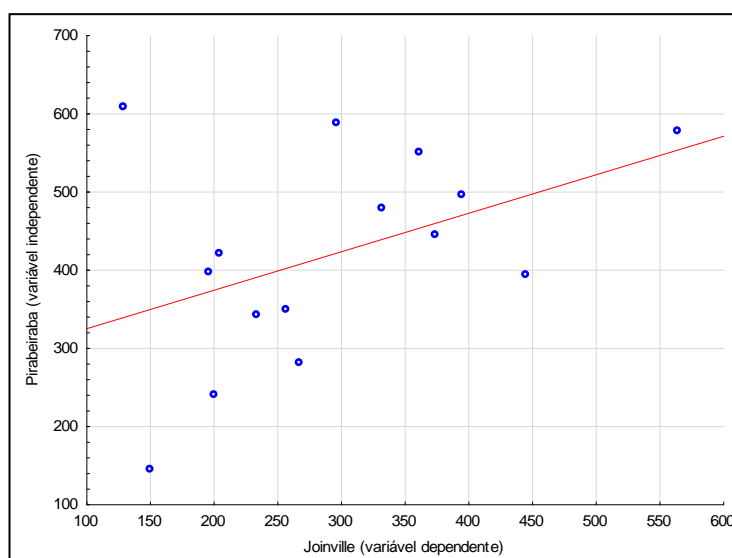


Figura 03: Gráfico de regressão simples para o mês de janeiro entre os postos Pirabeiraba e Joinville (RVPSC). Org.: Mello, Y., 2014.



O mês de junho, ao contrário de janeiro, apresenta uma das menores médias mensais do ano, 104 mm. Uma das características do clima local é a menor quantidade de chuva nos meses de inverno (Mello *et al* (2013). O resultado do preenchimento de falhas para este período se mostrou mais convincente que o anterior, devido a menor diferença nos totais pluviométricos mensais para cada posto.

O pluviômetro Joinville (RVPSC) em junho de 1989 apresentou um total pluviométrico de 31,6 mm, o Estrada dos Morros de 52,5 mm, o Pirabeiraba de 36,9 mm e o Primeiro Salto Cubatão de 62,1 mm. O método que apresentou o melhor resultado neste preenchimento de falhas foi a RLM, o método da PR também apresentou resultado satisfatório (Tabela 4).

| Método | Estações  | Chuva (mm) |
|--------|---|------------|
| PR     | Est. Dos Morros, Pirabeiraba e Pri. Salto Cubatão | 37,1       |
| RLS    | Est. Dos Morros, Joinville                        | 110,5      |
| RLS    | Pirabeiraba, Joinville                            | 62,1       |
| RLS    | Pri. Salto Cubatão, Joinville                     | 101,2      |
| RLM    | Est. Dos Morros, Pirabeiraba e Pri. Salto Cubatão | 32         |
| PRRL   | Est. Dos Morros, Pirabeiraba e Pri. Salto Cubatão | 49,2       |

Tabela 04: Resultado do preenchimento de falhas para o mês de junho. Org.: Mello, Y., 2014.

#### 4. Conclusões

Os métodos que apresentaram os melhores resultados foram à regressão linear múltipla, a regressão linear simples e a ponderação regional. Mas se fossem analisadas outras séries de dados utilizando outros pluviômetros ou mesmo outro período possivelmente outros métodos demonstrariam resultados melhores ou similares. Alternativa para aproximar os valores das falhas preenchidas aos valores reais é selecionar apenas os anos com totais mensais ou anuais similares ao do período de estudo na elaboração das médias ou das regressões lineares. O maior problema na realização do preenchimento de falhas é encontrar séries históricas massivas.





## Referências bibliográficas

BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; SWAROWSKY, A.; D'AVILA, R. F. **Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.11, p. 89-97, 2006.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R. **Mapeamento temporal e espacial da precipitação pluviométrica da região metropolitana de Goiânia.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4594.

FERNANDEZ, M. N. **Preenchimento de falhas em séries temporais.** Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica. Dissertação de Mestrado, 2007.

MELLO, Y. R. de; KOEHNTOPP, P. I.; OLIVEIRA T. M.; VAZ, C.. **Distribuição de precipitação pluviométrica na região de Joinville.** Joinville, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). Universidade da Região de Joinville – Univille.

MOSCATI, M. C. L.; Santo C. M.; Giarolla, E.; Pereira, C. S. **Estudo climatológico sobre a Costa Sul-Sudeste do Brasil:** Organização e tratamento dos dados meteorológicos. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, Rio de Janeiro, 2000.p. 745-751.

OLIVEIRA, L. F. C. de.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, M. A. S. **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, 2010.

SALGUEIRO, J. H. P.B & MONTENEGRO, S. M. G. L. **Análise da distribuição espacial da precipitação na bacia do rio Pajeú em Pernambuco segundo método geoestatístico.** In: Revista Tecnológica Fortaleza, v. 29, n. 2 , 2008; p.174-185.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2. ed.; 2. reimpr. – Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS: ABRH, 2001.