

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS DADOS DE CHUVA OBSERVADOS EM PLUVIÔMETROS AUTOMÁTICOS E CONVENCIONAIS: Estudo para os eventos ocorridos na sub-bacia 45 entre novembro/2017 e março/2018

Davi Nascimento Souza¹; Roberto Fernandes de Paiva²; Gastão Guimarães Neto³; Miguel Cidreira⁴; Osvalcelio Furtunato⁵; Denize Ribeiro⁶

RESUMO – A precipitação é uma das variáveis mais importantes da meteorologia, seu monitoramento sistemático é fundamental para a análise do ciclo hidrológico. O artigo tem como objetivo analisar a variabilidade das precipitações pluviométricas, através da comparação entre medições de pluviômetros automáticos e convencionais. Foram realizadas medições em dez estações de monitoramento da sub-bacia 45 do Rio São Francisco, no período de novembro/2017 a março/2018. Os resultados obtidos mostraram que no melhor desempenho do pluviômetro automático em relação ao convencional, a distribuição residual apresenta desvios concentrados em amplitudes que variaram de 10% a -10%, indicando a necessidade da avaliação dos equipamentos utilizados na coleta de dados, bem como de uma constante capacitação do pessoal envolvido no monitoramento.

ABSTRACT – Precipitation is one of the most important variables of meteorology, its systematic monitoring is fundamental for the analysis of the hydrological cycle. The article examines the variability of rain, by comparing measurements from automatic and conventional pluviometers. Measurements were performed in ten monitoring stations of the sub-basin 45 of the São Francisco River, between November 2017 and March 2018. The results showed that in the best performance of automatic pluviometer compared to conventional pluviometer, the residual distribution presents deviations concentrated in amplitudes ranging from 10% to -10%, indicating the need to check the equipment's used in data collection, as well the training of the staff involved in monitoring.

Palavras-Chave – Chuva, Pluviômetros.

INTRODUÇÃO

A gestão e o planejamento dos recursos hídricos dependem de uma adequada quantificação da disponibilidade hídrica e, por consequência, do conhecimento detalhado das variáveis que compõem o ciclo hidrológico (Monte-Mor, 2012). A realização de estudos hidrológicos surge da necessidade de se entender quais são essas variáveis, como elas se comportam e interagem, entre outros fatores. Para que esses estudos adquiram um caráter quantitativo, é feita a aferição, em laboratório ou em campo, de algumas das grandezas envolvidas. Sendo assim, dados observados constituem-se como uma importante ferramenta de calibração de estudos hidrológicos, por lhes conferirem confiabilidade de representação de fenômenos reais (Andrade *et al.*, 2013).

1 Pesquisador em Geociências – Serviço Geológico do Brasil - CPRM. davi.souza@cprm.gov.br.

2 Pesquisador em Geociências – Serviço Geológico do Brasil - CPRM. roberto.paiva@cprm.gov.br.

3 Pesquisador em Geociências – Serviço Geológico do Brasil - CPRM. gastao.guimaraes@cprm.gov.br.

4 Pesquisador em Geociências – Serviço Geológico do Brasil - CPRM. miguel.cidreira@cprm.gov.br.

5 Pesquisador em Geociências – Serviço Geológico do Brasil - CPRM. osvalcelio.furtunato@cprm.gov.br.

⁶ Técnica em Geociências - Serviço Geológico do Brasil – CPRM. denize.silva@cprm.gov.br.

Segundo Naghettini e Pinto (2007), a humanidade, desde seus primórdios, sempre se interessou em observar o comportamento das variáveis hidrológicas. É consenso na comunidade científica e sociedade civil que as condições de tempo e clima em escala regional (precipitação, vento, temperatura, umidade, etc) exercem influências diretas em praticamente todas as atividades econômicas, como aquelas ligadas à agricultura, recursos hídricos, geração e distribuição de energia elétrica, indústria, planejamento urbano, construção civil, etc., levando à necessidade de se obter o conhecimento sobre o comportamento e variabilidade das diversas variáveis que definem a composição ou caracterização climática de uma determinada região.

A pouca quantidade de dados hidrológicos nas bacias hidrográficas no Nordeste do Brasil constituem um grave problema na realização de estudos sobre os recursos hídricos e naturais nessa região. Nos últimos anos, num esforço que parte do reconhecimento da necessidade de avanço no nível de conhecimento dos processos hídricos numa região que apresenta sérias limitações na disponibilidade da água, os processos hidrológicos na região nordestina têm sido objeto de investigação (Fontes *et al.*, 2007).

O fenômeno precipitação constitui um fator importante para os processos de escoamento superficial direto, infiltração, evaporação, transpiração, recarga de aquíferos, vazão de bacias dos rios entre outros, sendo o total precipitado um dado básico e indispensável no estudo do ciclo hidrológico. A importância do conhecimento das características da precipitação em uma bacia hidrográfica, e sua variabilidade temporal e espacial, sempre esteve associada à geração de estudos hidrológicos que subsidiem projetos de obras hidráulicas, e, após o advento da Política Nacional dos Recursos Hídricos, que ofereçam suporte técnico aos instrumentos dos sistemas de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Contudo, devido a um cenário cada vez mais frequente de tragédias relacionadas a eventos extremos, e o desenvolvimento de sistemas de alertas cada vez mais precisos, o estudo da variabilidade espaço-temporal da precipitação se torna ainda mais imprescindível (Mine, 2006).

A estimativa da precipitação numa bacia hidrográfica é um dos principais problemas que se apresentam em hidrologia. Trata-se, na prática, do problema de passagem de uma informação pontual, dada por observações em postos pluviométricos situados em pontos isolados, para valores sobre a área da bacia, obtendo-se assim o que se denomina “média espacial” da precipitação. Esta média espacial é usada como dado de entrada nos modelos hidrológicos chuva-vazão, para dimensionamento de obras hidráulicas (Amaral *et al.*, 2004).

As grandezas que caracterizam as precipitações são a *altura pluviométrica*, a *intensidade*, a *duração* e a *frequência* da precipitação. Para o estudo pluviométrico é necessária uma disponibilidade de dados em diversos pontos da região em estudo, para se determinar valores característicos que representem o seu comportamento e a utilização de metodologias apropriadas que consigam detectar e descrever a espacialização da ocorrência da precipitação (Silva *et al.*, 2003).

A altura pluviométrica é a medida da altura da lâmina de água de chuva acumulada sobre uma superfície plana, horizontal e impermeável. Esta altura é, normalmente, expressa em milímetros e determinada pelo uso de aparelhos denominados pluviômetros. Sendo que esses aparelhos podem ser do tipo convencional ou automático (Figura 1). Nos pluviômetros convencionais, as medidas realizadas são periódicas, feitas em geral em intervalos de 24 horas, às 7 horas da manhã mais comumente. Já para os aparelhos automáticos esses registros podem ser feitos na escala de minutos.

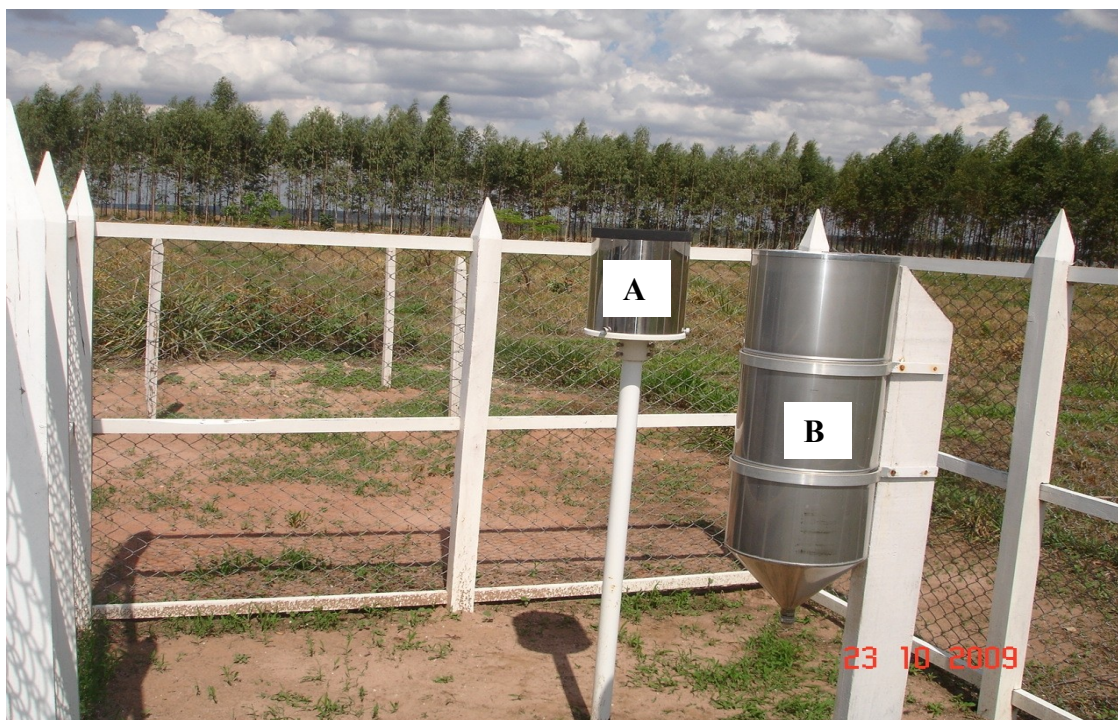


Figura 1 – Pluviômetros: Automático (A) e Convencional (B).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A sub-bacia 45 possui uma área de 35.230 km² e está localizada entre os paralelos 13°00'S e 46°00'W (Figura 2).

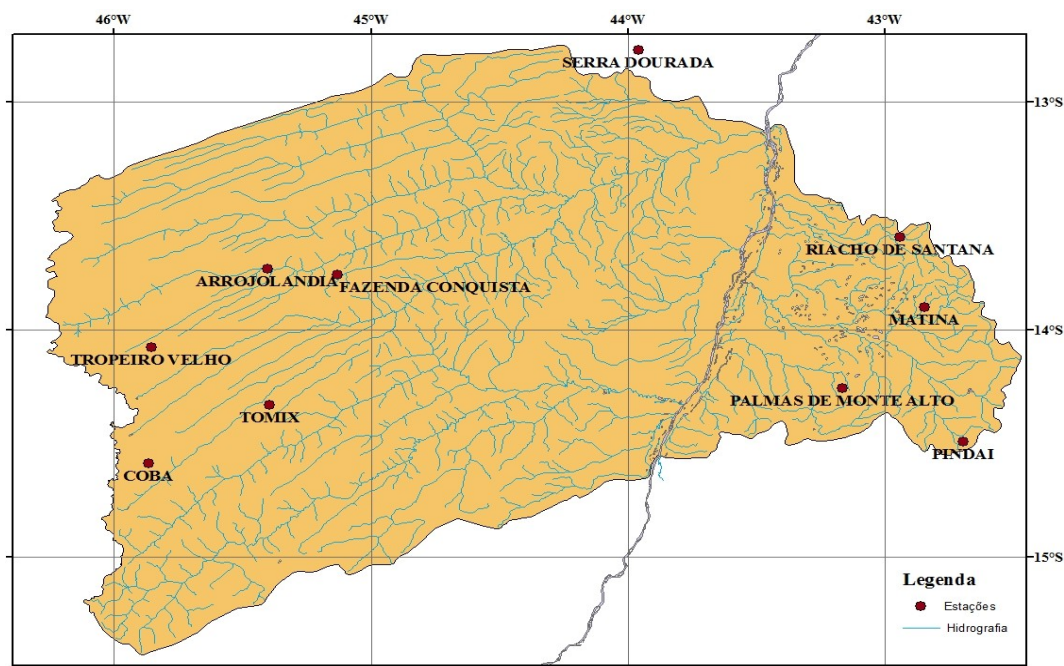


Figura 2 – Localização das estações pluviométricas na área de estudo.

Araújo e Rodrigues (2000) definiram regiões características para o estado da Bahia, de acordo com os principais períodos de ocorrência de precipitação e os sistemas meteorológicos associados, e baseados na análise feitas por Braga *et al.* (1998), que utilizaram o método de agrupamento propostos por Ward (1963). Foram definidas oito regiões características para o estado: Oeste, São Francisco, Norte, Chapada Diamantina, Sudoeste, Sul, Recôncavo e Nordeste, sendo que a sub-bacia 45 apresenta áreas na região Oeste e também áreas significativas na região do São Francisco, conforme apresentado na Figura 3.

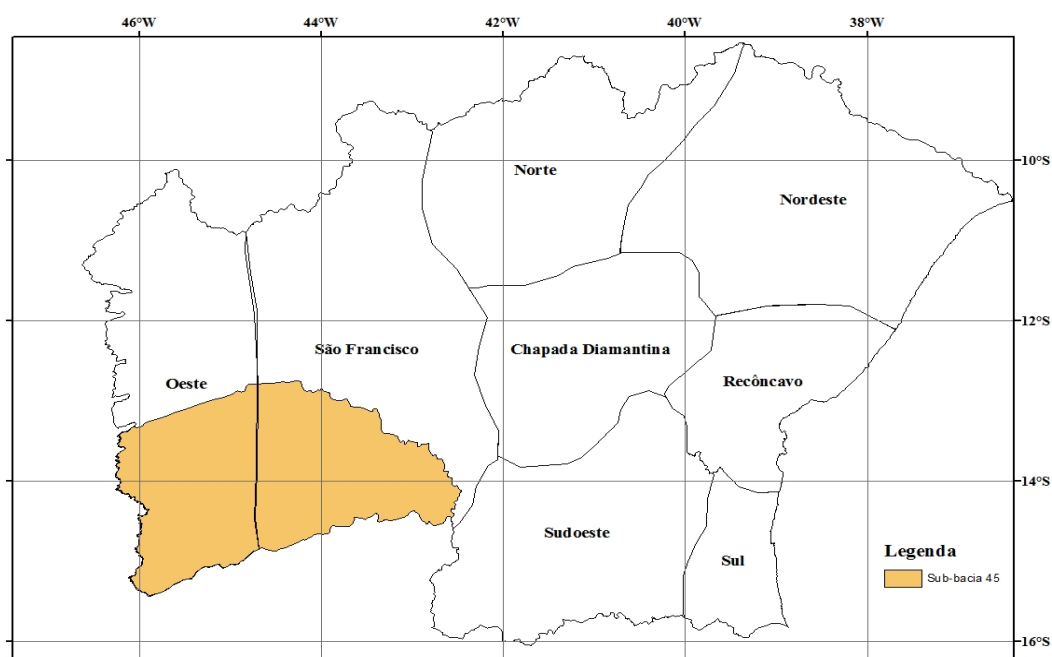


Figura 3 - Localização da sub-bacia 45 na proposta de divisão do estado da Bahia para efeito de previsão de tempo e clima realizada por Araújo e Rodrigues (2000).

Segundo Araújo e Rodrigues (2000), nas regiões São Francisco, Sudoeste e Chapada Diamantina o período de maior ocorrência de chuvas é de novembro a março, com máximo em dezembro. Sendo o principal mecanismo formador das chuvas nesse período o avanço dos sistemas frontais para a Região Nordeste do Brasil e sua interação com a convecção da Amazônia.

Dados Utilizados

Foram utilizados os dados brutos de chuva observados em 10 estações pluviométricas (Figura 2) no período compreendido entre os meses de novembro de 2017 a março de 2018.

Métodos

Foi realizada uma análise estatística dos dados coletados com o objetivo de avaliar a variação dos dados observados, calculados os parâmetros descritivos: média e desvio padrão, utilizando o programa STATISTICA® (StatSoft Inc., 2001).

Para avaliar o desempenho dos pluviômetros automáticos em relação aos convencionais utilizou-se o erro padrão da estimativa (SEE), o qual mede a dispersão dos valores observados ao redor da reta de regressão, definido pela equação:

$$SEE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \hat{e}_i^2} \quad (1)$$

Sendo: SEE erro padrão da estimativa; y_i a chuva medida no pluviômetro convencional e $\hat{y}_i$ a chuva medida no pluviômetro automático.

Outra possibilidade de avaliar o desempenho dos aparelhos é a distribuição gráfica dos resíduos, a qual possibilita a visualização da distribuição dos desvios dos valores observados pelos pluviômetros. Sendo esta expressa por:

$$DGR \% = \left[\frac{(y_i - \hat{y}_i)}{y_i} \right] \cdot 100 \quad (2)$$

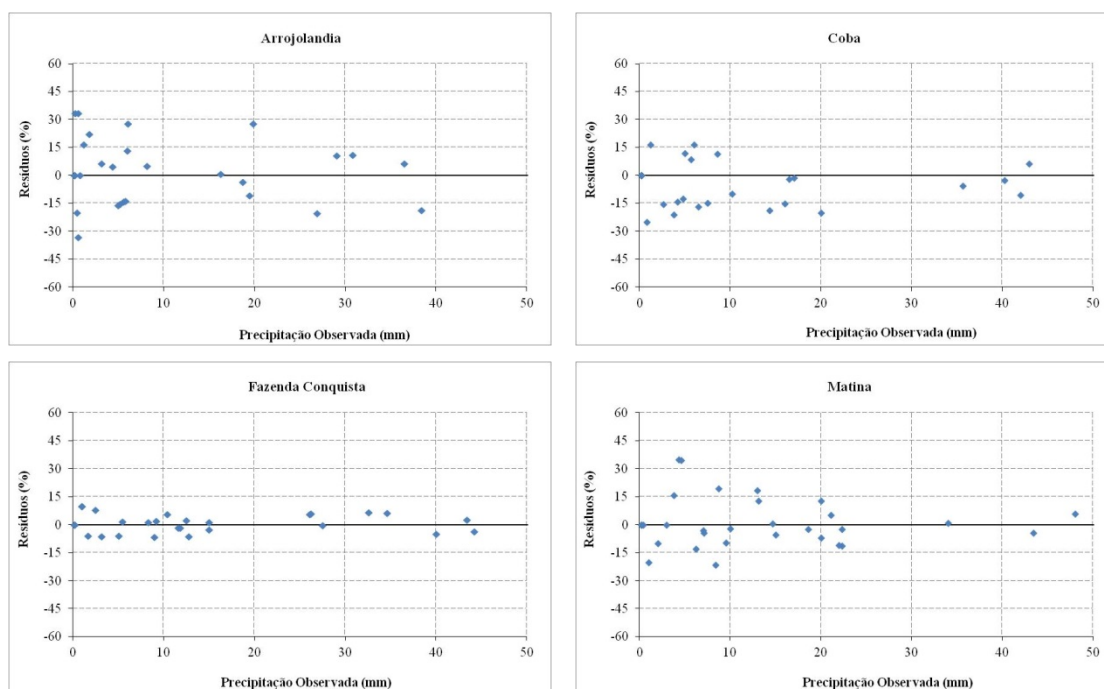
RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta o resultado das medições pluviométricas realizadas entre novembro/2017 e março/2018 e representam a média dos eventos de chuva para o período. Em cada uma das estações foram utilizados os dados dos pluviômetros automáticos e convencionais, permitindo obter os valores da média, desvio padrão e erro padrão da estimativa. Vale lembrar que os dados dos pluviômetros convencionais são sempre coletados diariamente às 7h e representam o total de chuva no intervalo das 24h anteriores à coleta. Já os dados dos pluviômetros automáticos foram totalizados a partir dos arquivos baixados das PCDs para o mesmo período dos convencionais de forma a permitir a comparação entre os mesmos.

Tabela 1 - Resumo da estatística descritiva dos dados para o período analisado

Nome da Estação	Média de Chuva (mm)		Desvio Padrão (mm)		SEE (mm)
	Convencional	Automático	Convencional	Automático	
Arrojolandia	7,6	9,1	14,6	13,6	0,73
Coba	4,6	8,7	8,9	13,0	0,93
Fazenda Conquista	11,6	11,0	19,1	16,4	0,64
Matina	12,2	10,5	27,3	24,1	0,71
Palmas de Monte Alto	7,1	7,7	11,6	9,6	0,68
Pindai	9,0	9,8	21,8	19,3	0,70
Riacho de Santana	11,1	9,2	16,3	12,8	0,67
Serra Dourada	5,7	12,1	16,0	18,3	0,99
Tomix	11,6	14,4	27,4	19,8	0,81
Tropeiro Velho	11,6	6,3	17,1	9,1	0,95

Na Figura 4 são apresentadas as distribuições gráficas dos resíduos de cada estação pluviométrica, em relação às precipitações observadas no período referenciado.



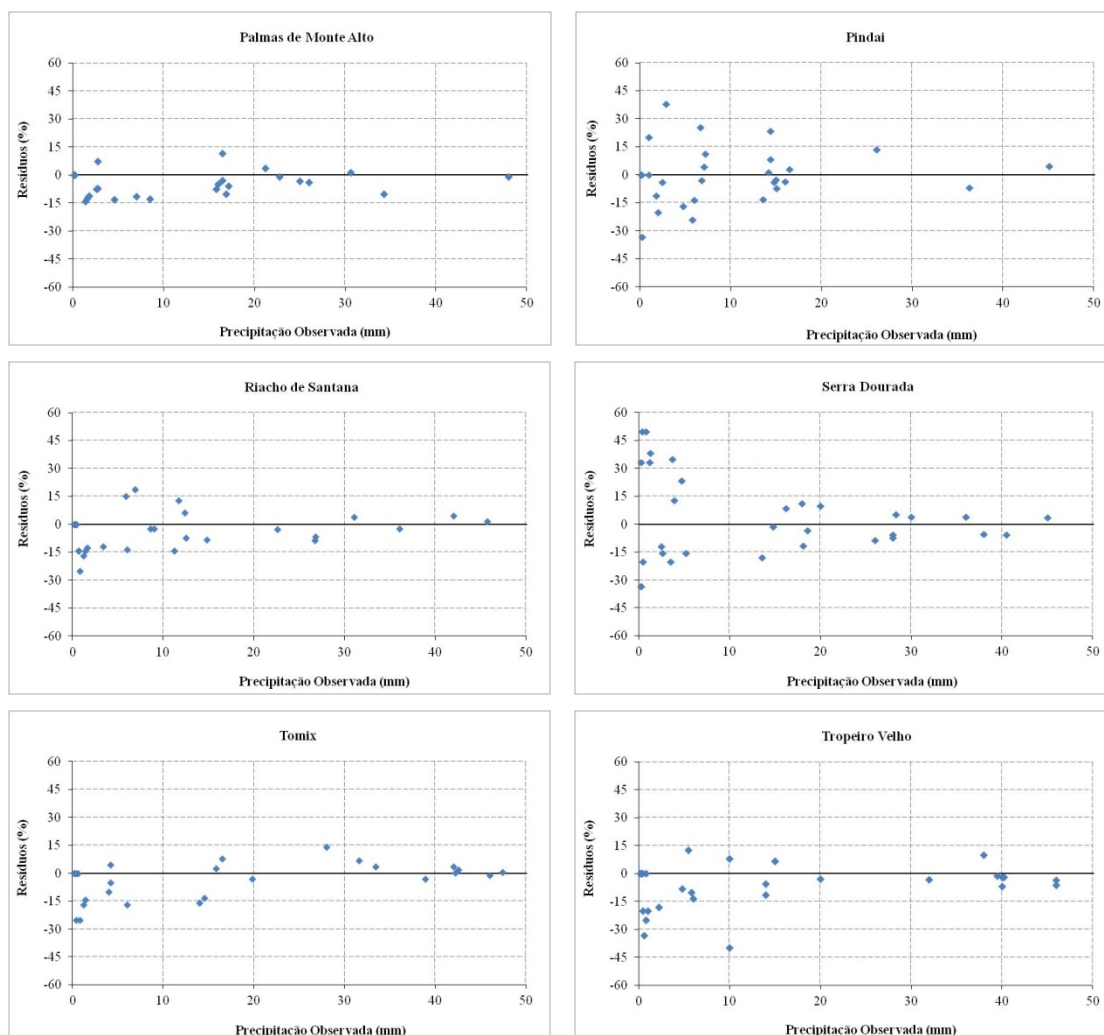


Figura 4 – Distribuição gráfica dos resíduos (%) para as estações analisadas

A partir dos resultados obtidos (Tabela 1 e Figura 4), verifica-se que a estação Fazenda Conquista foi a que teve o melhor desempenho do pluviômetro automático em relação ao convencional. Observa-se que a distribuição residual (Figura 4), da estação Serra Dourada é a que apresenta uma pior distribuição com os maiores desvios.

Verifica-se que para as estações Coba, Fazenda Conquista, Palmas de Monte Alto, Riacho de Santana e Tomix, a distribuição residual é mais uniforme e apresenta seus desvios concentrados em amplitudes que variaram de 30% a -30%. Sendo, os menores desvios observados para os dados da estação Fazenda Conquista.

Os erros de leitura nos aparelhos convencionais e a falta de manutenção periódica nos automáticos podem ser apontados como possíveis causas das discrepâncias observadas nos dados das estações avaliadas

CONCLUSÕES

Os resultados pluviométricos obtidos demonstram uma distribuição residual com desvios na faixa de 10% a -10% no melhor caso, e desvios na faixa 30% a -30% em metade das estações avaliadas, indicando um afastamento entre as medições dos pluviômetros automáticos e convencionais. Estes resultados denotam a necessidade da avaliação dos equipamentos utilizados na coleta dos dados, bem como de uma constante capacitação do pessoal envolvido no monitoramento.

A falta de mão de obra qualificada e a inadequação de alguns equipamentos disponibilizados no mercado nacional são apontados, pelos responsáveis pelo monitoramento desses dados, como problemas cruciais no desempenho das atividades dos mesmos.

Faz-se necessário, para melhor desempenho das atividades, de oportunidade de testes que investiguem experimentalmente e, sobretudo concorra com sugestões de aperfeiçoamento da tecnologia a ser usada no monitoramento.

As duas tecnologias se bem aplicadas fornecem dados confiáveis, no entanto, para garantir o melhor dado possível é preciso minimizar a possibilidade de ocorrência de erros. No caso dos pluviômetros convencionais instruindo de forma contínua os observadores para que as leituras sejam feitas garantindo todas as premissas teóricas para a validade dos dados. Já no caso dos pluviômetros automáticos é preciso investir no treinamento das equipes para uma adequada manutenção e calibração dos equipamentos para o seu funcionamento correto.

Nota-se que a tendência é consolidação da utilização dos pluviômetros automáticos, uma vez que estes discretizam as observações e permitem estudos com abordagens mais amplas (a exemplo dos estudos de chuvas intensas) do que os convencionais, no entanto ainda não é possível descartar a utilização dos pluviômetros convencionais dada as discrepâncias encontradas em algumas amostras analisadas. Sugere-se o uso em paralelo e mais estudos para a verificação eficácia dos pluviômetros automáticos em comparação com os convencionais.

Assim, defende-se vez mais a criação de áreas experimentais (Bacias Escolas), para o fortalecimento do conhecimento atual e a realização de experimentos internos buscando aprimorar as técnicas utilizadas e repassar esse conhecimento adquirido para a sociedade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) e da Agência Nacional de Águas (ANA) pela disponibilização dos dados para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AMARAL, I. R.; GRIPP, A. H.; VERSIANI, B. R. (2004). “*Análise espacial de eventos máximos de precipitação pelo método geoestatístico estudo das bacias do alto São Francisco e alto rio Doce*” in Anais do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís – MA, Nov. 2004, CD-ROM.

ANDRADE, M. A.; MELLO, C. R. de; BESKOW, S. (2013). “*Simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica representativa dos latossolos da região Alto Rio Grande, MG*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v. 17, n. 1, pp. 69-76.

- ARAÚJO, H. A.; RODRIGUES, R. S. (2000). “*Regiões características do Estado da Bahia para previsão de tempo e clima*”. SEINFRA/SRH/GEREI, Salvador-BA.
- BRAGA, C. C.; MELO, M. L. D.; MELO, E. C. S. (1998). “*Análise de agrupamento aplicada a distribuição da precipitação no estado da Bahia*” in Anais do X Congresso brasileiro de meteorologia, Brasília-DF.
- FONTES, A. S.; CIDREIRA, M. A. S.; ALMEIDA, R. B.; MIRANDA, J. G. V.; SILVA, E. D.; SANTANA, C. N.; GONZÁLES, A.; MEDEIROS, Y. D. P. (2007). “*Estudo da dependência espacial da precipitação no Semi-Árido baiano – Bacia do Rio Jacuípe*” in Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo – SP, Nov. 2007, CD-ROM.
- MINE, M. R. M. (2006). “*Aplicação da geoestatística no estudo da variabilidade da precipitação*” in Anais do VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Gravatá – PE, Nov. 2006, CD-ROM.
- MONTE-MOR, R. C. A. (2012). *Análise de processos hidrológicos em bacias de rios intermitentes no semiárido mineiro*. Tese de Doutorado. UFMG, 307 p.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. (2007). *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM.
- SILVA, J. W.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. (2003). “*Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG*”. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 27, n. 3, p.665-674.
- STATSOFT. STATISTICA: Data analysis software system. Version 6. [S. L.]. 2001.
- WARD, J. H. (1963). “*Hierarchical grouping to optimize an objective function*”. Journal American Association, 58: 236 – 244 p.1963.