

Utilização do pluviômetro PET como sistema de alerta de chuvas intensas

Leonardo Couri Pinheiro¹

Claudine Pereira Dereczynski²

Antonio Ferreira da Hora³

Resumo

Neste trabalho elabora-se uma comparação entre os dados diários de precipitação coletados em dois pluviômetros tipo Pet e um padrão tipo Campbell. O objetivo é encontrar uma equação de regressão para ser aplicada aos dados lidos nos pluviômetros Pet, a fim de tornar tais leituras compatíveis com um pluviômetro padrão. Para isso foi montado um experimento coletando-se dados nos três pluviômetros durante 3 meses em Petrópolis (RJ). Os resultados mostraram que os dados coletados nos pluviômetros tipo Pet são compatíveis com aqueles coletados no padrão. As correlações são bastante elevadas, e a raiz do erro quadrático médio é pequena. Em média, os valores são subestimados nos pluviômetros tipo Pet, principalmente para precipitações superiores a 10 mm. Uma das causas para tal subestimativa pode estar relacionada à evaporação da água da chuva e também à água utilizada para zerar o pluviômetro Pet. A preparação da comunidade, com a utilização do pluviômetro caseiro, pode ter resultados muito positivos na prevenção de desastres.

Abstract

In this study, it was made a comparison between the daily precipitation datas collected into two kinds of: a Pet one and a standart one. The objective is to get one regression equation to be applied to the data collected with the pet rain gauge. For that, a 3-months experiment setup for the collection of the three instruments data were performed in Petrópolis (RJ). The results show that the informations collected into Pet rain gauges are in

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Defesa e Segurança Civil
e-mail: Incouri@hotmail.com

² Professora Doutora do Departamento de Meteorologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro
e-mail: claudinedereczynski@gmail.com

³ Professor Doutor da Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense
e-mail: dahora@vm.uff.br



agreement with those collected in standart one.. The correlation coefficients are high, and the root mean square error is low. As a rule, the total daily precipitations are underestimated in the Pet rain gauges, mainly considering total daily precipitation greater than 10 mm. One of the causes for this underestimation can be related to the evaporation of the rain and, also, the evaporation of the water used to set up the zero level at the Pet rain gauge. The community training, considering the use of homemade rain gauges, may show very helpful results into disasters prevent.

Introdução

De acordo com o “*Emergency Events Database*” (EM-DAT) do governo da Bélgica⁴, considerando-se o período de 1900 até 2008, a maior parte dos desastres naturais no Brasil (91%) tem sido deflagrada por eventos meteorológicos. Destes, 74% estiveram associados a chuvas intensas, que ocorrem em geral, em curto espaço de tempo, provocando deslizamentos e inundações causando enormes danos a população. Desta forma o monitoramento em tempo real e as previsões acuradas da intensidade e da localização da precipitação são fundamentais para habilitar as Coordenadorias Municipais de Defesa Civil (COMDECs) a desenvolverem estratégias ativas para mitigar os impactos de tais desastres naturais. Com base nessas informações, a defesa civil desenvolve uma série de ações em caso de situações emergenciais, entre elas, a evacuação das populações em áreas de risco.

Em sua mensagem no Dia Meteorológico Mundial de 2006, com foco na Prevenção e Mitigação dos Desastres Naturais, o secretário geral da Organização Meteorológica Mundial (OMM), Jarraud, tocou em um ponto fundamental para todos os profissionais da área de defesa civil: a importância do funcionamento de um bom sistema de avisos, capaz de liberar informação precisa para a população sobre os riscos que ela está correndo, de maneira segura e no momento oportuno.

Castro (1999) cita o conceito de sistema de alerta como “Conjunto de equipamentos e de recursos tecnológicos dispostos no terreno com a finalidade de avisar a população vulnerável sobre o risco de ocorrência de um evento adverso definido e previsível a longo prazo”.

⁴ Disponível no site: <<http://emdat.be>>. Acesso em: 23/03/2009.



Das variáveis meteorológicas, a precipitação é uma das mais difíceis de prever, devido a sua elevada variabilidade temporal e espacial. Assim, por exemplo, é possível que uma tempestade isolada provoque chuvas intensas em uma dada localidade, sem afetar regiões próximas, localizadas em bairros ou cidades vizinhas. Em outras ocasiões a chuva pode ocorrer continuamente, com intensidade fraca ou moderada e rapidamente intensificar-se, ocorrendo pancadas de chuvas que, em geral, duram por curto período de tempo. Desta forma, devido ao caráter irregular da precipitação, a Organização Meteorológica Mundial (OMM), recomenda que em uma rede pluviométrica, a distância entre os postos seja em média de 25 a 30 km em terreno plano e aproximadamente metade desta distância (12,5 a 15 km) em áreas montanhosas. (Gandin, 1970) No entanto, nem sempre é possível instalar uma rede pluviométrica com tal densidade devido ao elevado custo da compra e manutenção dos equipamentos.

Em Petrópolis, cidade serrana do Estado do Rio de Janeiro, uma solução encontrada pela COMDEC foi a utilização de pluviômetros caseiros construídos com garrafas Pet, de fácil manuseio e que servem de alerta as comunidades para diminuir os impactos de deslizamentos de terra que ocorrem em períodos de chuvas intensas. A idéia é de que a população informe rapidamente aos agentes de defesa civil local a ocorrência de um evento, recebendo deles a orientação para que deixem as áreas de risco e se protejam de eventuais desastres. A utilização do pluviômetro caseiro estimula a percepção de risco da comunidade, incentivando a educação ambiental e, principalmente, atendendo às demandas da defesa civil.

Contudo, desde o início da efetiva utilização dos pluviômetros tipo Pet em Petrópolis, em 2003, nenhuma comparação de tais medidas com um instrumento padrão foi realizada até o momento. De acordo com Goodison et al. (1981) erros sistemáticos envolvendo medições de precipitação, principalmente aqueles causados por ventos e aqueles atribuídos a condensação e perda evaporativa afetam todos os tipos de pluviômetros. A necessidade de corrigir tais erros sistemáticos, especialmente aqueles afetando a medição da precipitação sólida, tem sido amplamente reconhecida (Groisman e Easterling, 1994; Groisman et al. 1991).

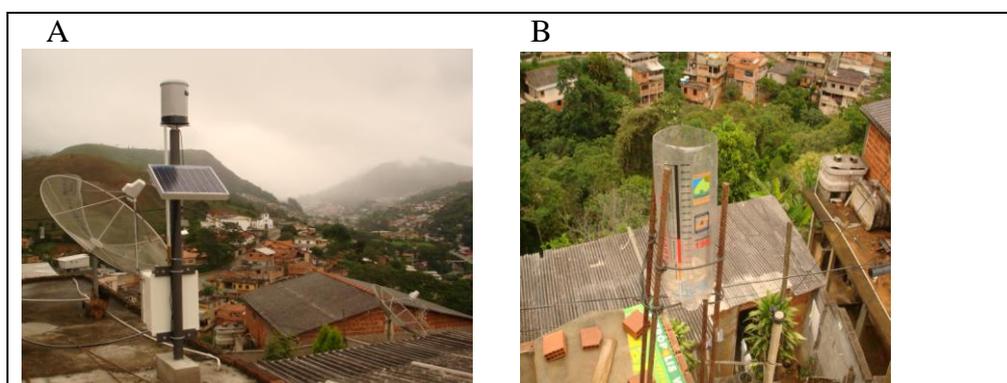
Neste trabalho são confrontados totais pluviométricos diários coletados em dois pluviômetros tipo garrafa Pet com os valores obtidos em um pluviômetro padrão, no período de 15 de dezembro de 2008 a 15 de março de 2009 em Petrópolis. O objetivo é gerar uma equação de regressão para ser aplicada aos dados lidos nos pluviômetros tipo Pet, permitindo

que tais dados possam ser usados para fins meteorológicos, podendo ser comparados com valores lidos em estações meteorológicas.

Dados e Metodologia

A coleta de dados de chuva foi realizada na Rua Gabriel Vieira, Servidão Nair Cardoso Valentim, Casa 2, no bairro Loteamento Samambaia – no município de Petrópolis (Rio de Janeiro). Esse bairro, que fica a 823 metros de altitude, com latitude de $22^{\circ} 27' 28.4''$ S e longitude de $43^{\circ} 08' 24.2''$ W, e é um ponto importante a ser pesquisado no município, pois tem um histórico marcado por chuvas fortes. Foram instalados dois pluviômetros caseiros em pontos diferentes do telhado, denominados Pet 1 e Pet 2, para compará-los com o pluviômetro automático Campbell, instalado ao lado dos pluviômetros tipo Pet. O pluviômetro automático da marca Campbell (Figura 1 a) foi utilizado como instrumento padrão para a avaliação e comparação dos pluviômetros caseiros do tipo Pet (Figura 1 b).

Figura 1 - Foto dos pluviômetros utilizados no trabalho: (a) pluviômetro automático modelo Campbell e (b) pluviômetro caseiro Pet 1



Os totais pluviométricos diários nos pluviômetros tipo Pet foram lidos diariamente as 12:00 Z (10 h local – horário de verão), como é feito nas estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Assim, por exemplo, a chuva do dia 15 de dezembro de 2008, refere-se a precipitação acumulada desde 12 Z do dia 14 de dezembro até 12 Z do dia 15 de dezembro. As observações foram realizadas pelo morador do local em que os pluviômetros foram instalados e ele foi devidamente orientado a realizar tais

leituras. Após três meses de coleta de dados (15 de dezembro de 2008 a 15 de março de 2009), as três séries de dados diários de precipitação foram analisadas. As séries de totais pluviométricos diários coletados nos pluviômetros Pet 1 e Pet 2 foram consideradas como estimativas da precipitação e os dados do pluviômetro padrão foi considerado como o valor real observado. Foram calculados o erro médio (EM), a raiz do erro quadrático médio (REQM) e a correlação (CORR) entre as séries estimadas e a série observada, utilizando-se, respectivamente as equações 1, 2 e 3 (Wilks, 2006).

$$\text{EM: } \frac{\sum_{i=1}^n (P_{estimada_i} - P_{obs_i})}{n} \quad (1)$$

$$\text{REQM: } \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{estimada_i} - P_{obs_i})^2}{n}} \quad (2)$$

$$\text{CORR} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{estimada_i} - \overline{P_{estimada}})(P_{obs_i} - \overline{P_{obs}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{estimada_i} - \overline{P_{estimada}})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{obs_i} - \overline{P_{obs}})^2}} \quad (3)$$

Onde $P_{estimada}$ representa a precipitação estimada, P_{obs} a precipitação observada e n o número de pontos na série. O desvio padrão (DP) (eq. 5.4) da série do pluviômetro padrão Campbell foi calculada para efeito de comparação com os valores de REQM dos pluviômetros Pet 1 e Pet 2.

$$\text{DP: } \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{obs_i} - \overline{P_{obs_i}})^2}{n}} \quad (4)$$

Além disso, foram utilizadas linhas de tendência lineares, definidas pela equação 5.5, a fim de ajustar os dados lidos no pluviômetro tipo Pet com o pluviômetro padrão Campbell.

$$y = ax + b \quad (5)$$

Onde “a” representa o coeficiente angular e “b” o coeficiente linear da reta. O coeficiente de determinação R^2 , que é a correlação (CORR) dada pela eq. 5.3 elevada ao quadrado, também é apresentado para cada equação de regressão elaborada. O R^2 representa a medida de adequação do ajuste, é a relação entre a variação explicada pela equação de regressão múltipla e a variação total da variável dependente. O valor de R^2 varia entre zero e um. Assim, por exemplo, se $R^2 = 0,85$, significa que 85% da variação total em y pode ser



explicada pela relação linear entre x e y (como descrita pela equação de regressão). Os demais 15% da variação total em y continuam não explicados.

Resultados

Neste item são apresentadas as comparações entre as leituras obtidas nos dois pluviômetros tipo Pet (Pet 1 e Pet 2), com o pluviômetro automático modelo Campbell, aqui denominado pluviômetro padrão. Após três meses de coleta de dados em período considerado chuvoso na região (verão), estendendo-se de 15 de dezembro de 2008 a 15 de março de 2009, os resultados indicaram que, em geral os valores obtidos em Pet 1 e Pet 2 são similares aos obtidos com o pluviômetro padrão, contudo nos eventos de chuva moderada a forte a diferença entre os valores aumenta.

A Tabela 1 apresenta os valores de EM, REQM e CORR obtidos da comparação entre as séries dos pluviômetros Pet 1 e Pet 2 com o pluviômetro padrão, considerando-se todos os valores coletados (92 pontos nas séries) e também apenas os valores quando os totais pluviométricos diários no pluviômetro padrão fossem superior a 10 mm (25 pontos nas séries).

Tabela 01 – Valores de EM (mm), REQM (mm) e CORR (%) das séries Pet 1 e Pet 2, com relação ao pluviômetro padrão Campbell considerando-se todos os valores coletados (92 pontos nas séries) e apenas os valores com precipitação observada no pluviômetro Campbell superior a 10 mm (25 pontos nas séries).

Estatística	Série completa (92 pontos)		Precipitação > 10 mm (25 pontos)	
	Pet 1	Pet 2	Pet 1	Pet 2
EM (mm)	-1,15	-0,71	-4,06	-2,42
REQM (mm)	3,75	3,60	6,66	6,15
CORR (%)	95,92	95,85	90,95	88,93

Os valores de EM são negativos para ambos os pluviômetros caseiros (Pet 1 e Pet 2). Isto significa que em média a precipitação em ambos os pluviômetros (Pet 1 e Pet 2) foi



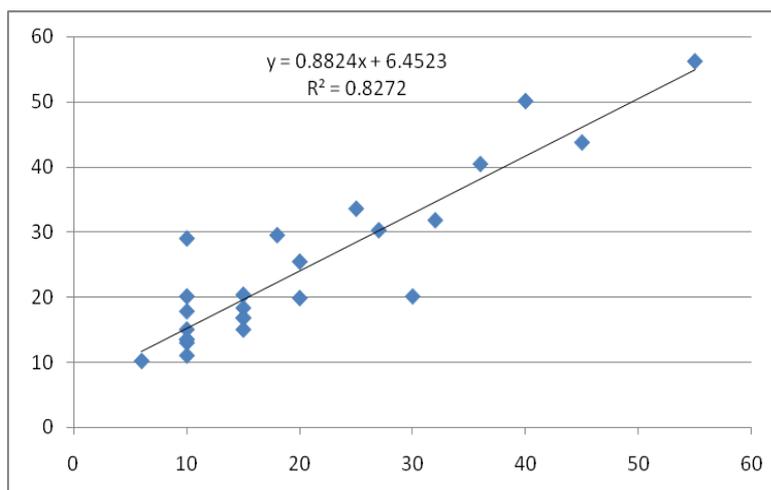
subestimada em relação ao dado coletado com o instrumento padrão. Uma análise mais detalhada dos dados mostra que esta subestimativa foi mais pronunciada para eventos de chuvas moderadas a fortes (precipitação superior a 10 mm). Selecionando-se, por exemplo, apenas os totais pluviométricos observados no Campbell superiores a 10 mm, totalizando-se 25 pontos para análise, os valores de EM em Pet 1 e Pet 2, são respectivamente -4,06 mm e -2,42 mm.

A REQM informa a magnitude do erro que é cometido ao utilizarmos os pluviômetros Pet 1 e Pet 2, ao invés de utilizar um pluviômetro padrão. Nota-se que os valores de REQM para Pet 1 e Pet 2, respectivamente 3,75 e 3,60 mm, são pequenos em relação ao desvio padrão da observação que é 12,34 mm. Mais uma vez, considerando-se apenas a precipitação observada superior a 10 mm, os valores de REQM quase dobram (6,66 mm para Pet 1 e 6,15 mm para Pet 2), enquanto o desvio padrão da observação se mantém praticamente o mesmo (12,44 mm).

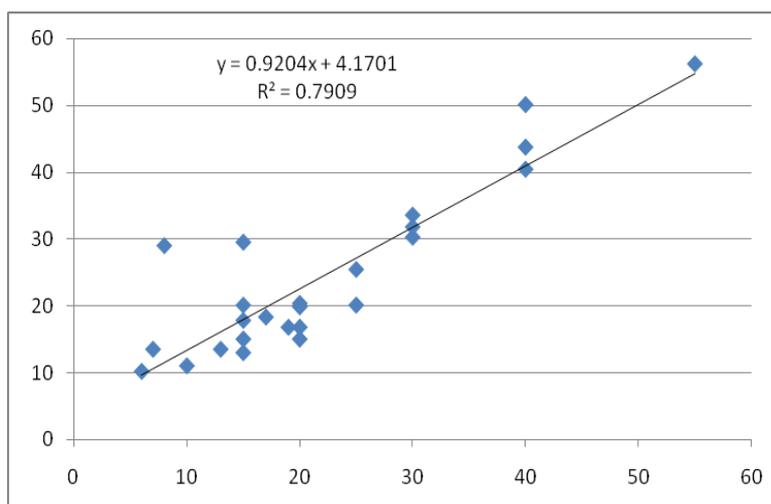
A CORR entre as séries é bastante elevada, aproximadamente 96% para ambos os pluviômetros Pet. Isto indica que os valores estimados com os pluviômetros Pet acompanham as tendências (aumentos e decréscimos da precipitação) observadas com pluviômetro padrão. Para as séries com precipitação superior a 10 mm a CORR reduz-se para aproximadamente 91% (Pet 1) e 89% (Pet 2).

Considerando-se que erros sistemáticos em medidas convencionais de precipitação são comuns devido a influência de ventos e perdas evaporativas (Goodison et al., 1981), os pluviômetros Pet fornecem uma excelente estimativa da precipitação real que estaria sendo medida com um instrumento padrão. A fim de ajustar as medidas lidas com os pluviômetros Pet, foram construídas equações de regressão entre tais dados estimados com os dados do pluviômetro padrão Campbell considerando-se apenas as situações de chuva superior a 10 mm (Gráficos (a) e (b) que representam as equações de regressão ajustadas entre o pluviômetro padrão Campbell (valores na ordenada) e (a) o pluviômetro Pet 1 e (b) pluviômetro Pet 2 (valores na abscissa) para os pontos com precipitação observada no pluviômetro Campbell superior a 10 mm. Valores de R^2 (coeficiente de determinação) são apresentados abaixo das equações. As equações foram ajustadas através de linhas de tendências lineares ($y = ax + b$).

(a) Precipitação (mm) do pluviômetro Pet 1 x Precipitação (mm) do pluviômetro Campbell



(b) Precipitação (mm) do pluviômetro Pet 2 x Precipitação (mm) do pluviômetro Campbell



A partir das equações de regressão é possível transformar os dados lidos nos pluviômetros Pet em um valor mais próximo ao dado real (observado num pluviômetro padrão). Assim, suponhamos que a primeira equação seja escolhida para fazer tal transformação dos dados: $y = 0,8824x + 6,4523 \dots (1)$. Suponhamos que em um determinado dia seja acumulado 20 mm num pluviômetro Pet. Utilizando-se a equação 1, o provável valor que teria sido observado num pluviômetro padrão seria de: $y = 0,8824 \cdot 20 + 6,4523 = 24,10 \text{ mm}$. Se, ao invés de utilizarmos a equação 1 decidíssemos utilizar a segunda equação (abaixo):



$y = 0,9204x + 4,1701...$ (2). O valor da precipitação seria de 22,58 mm. Desta forma, o erro cometido ao se utilizar um pluviômetro Pet, ao invés de um pluviômetro padrão, é muito pequeno, menor do que o desvio padrão da observação do pluviômetro padrão.

Conclusões

Neste trabalho foi elaborada uma comparação entre os dados diários de precipitação coletados em dois pluviômetros tipo Pet e um pluviômetro padrão tipo Campbell. O objetivo foi encontrar uma equação de regressão para ser aplicada aos dados lidos nos pluviômetros tipo Pet, a fim de tornar tais leituras compatíveis com um pluviômetro padrão.

Assim, foi montado um experimento em Petrópolis (RJ), coletando-se durante 3 meses (15 de dezembro de 2008 até 15 de março de 2009) totais pluviométricos diários entre 12 Z (10 h local) de um dia até 12 Z do dia seguinte em dois pluviômetros tipo Pet e em um pluviômetro padrão tipo Campbell.

Os resultados mostraram que os dados coletados nos pluviômetros tipo Pet são compatíveis com os dados coletados no pluviômetro padrão. A CORR entre as séries de dados obtidas com os pluviômetros tipo Pet e com o pluviômetro padrão são bastante elevadas, a REQM é baixa quando comparada com o desvio padrão da observação coletada no pluviômetro padrão. Contudo o EM é em geral negativo, o que significa que em média os valores são subestimados nos pluviômetros tipo Pet. A subestimativa torna-se mais importante para as precipitações superiores a 10 mm. Recomenda-se que os valores lidos com os pluviômetros tipo Pet sejam ajustados através da equação 1 a fim de gerar uma nova série de dados com valores mais próximos aos que seriam lidos com um pluviômetro padrão.

Uma das causas para a subestimação dos dados de precipitação coletados nos pluviômetros Pet pode estar relacionado à evaporação da água da chuva e também da água utilizada para zerar o pluviômetro. No Campbell, tal evaporação não ocorre uma vez que os dados são enviados automaticamente. Neste trabalho, a avaliação da precipitação obtida com os pluviômetros tipo Pet ficou restrita a um período de 3 meses durante o verão. Recomenda-se para trabalhos futuros que esta avaliação seja estendida por um período maior, englobando as demais estações do ano. A preparação da comunidade, com a utilização do pluviômetro caseiro, pode ter resultados muito positivos na prevenção de desastres.



Referências

Castro, Antonio Luiz Coimbra de (1999). *Manual de Planejamento em Defesa Civil*. Brasília: Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil, v.III, 67p.

Emergency Events Database. Disponível em <
<http://www.emdat.be/Database/Trends/trends.html> >. Acesso em: 23/03/2009.

Gandin, L. S. (1970). The planning of meteorological station networks. Technical Note, vol. 111. *World Meteorological Organization*, Geneva, WMO no. 265, 35pp.

Goodison, B. E., Ferguson, H. L. e McKay, G. A. (1981). *Comparison of point snowfall measurement techniques*. *Handbook of Snow*, D. M. Gray and M. D. Male, Eds., Pergamon Press, 200–210.

Groisman, P. YA., e Easterling, D. R (1994). Variability and trends of total precipitation and snowfall over the United States and Canada. *J. Climate*, 7, 184–205.

Koknaeva, V. V., Belokrylova, B. A. e Karl, T. R. (1991). Overcoming biases of precipitation measurement: A history of the USSR experience. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 72, 1725–1732.

Wilks, D.S. (2006). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Second Edition Academic Press, 627 p.