

Intercomparação de pluviômetros de báscula por meio de um sistema de verificação em laboratório⁽¹⁾

Walter Luiz⁽²⁾

Yoshiaki Sakagami⁽³⁾

Dyonad Scolaro⁽⁴⁾

Adriano Regis⁽⁵⁾

Roberto Alexandre Dias⁽⁶⁾

Reginaldo Steinbach⁽⁷⁾

Resumo Expandido

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Edital Universal 12/2012/PRPPGI, da Pró-Reitoria de de Pesquisa do IFSC

⁽²⁾ Estudante; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Santa Catarina; walterluizgpi@gmail.com; ⁽³⁾ Professor; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Santa Catarina; yoshi@ifsc.edu.br; ⁽⁴⁾ Estudante; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Santa Catarina; dyonad@gmail.com; ⁽⁵⁾ Professor; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Santa Catarina; adriano.regis@ifsc.edu.br; ⁽⁶⁾ Professor; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Santa Catarina; roberto@ifsc.edu.br; ⁽⁷⁾ Professor; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Santa Catarina; reginaldo.steinbach@gmail.com.

RESUMO: O objetivo destes trabalhos é comparar quatro modelos diferentes de pluviômetros disponíveis no mercado, a fim de verificar o desempenho de medida de intensidade de chuva por meio de um sistema que simula artificialmente a chuva em laboratório. O aparelho para teste e verificação baseia-se na geração de um fluxo constante de água a partir de um dispositivo hidráulico adequado. O fluxo é obtido por meio de medida utilizando o método gravimétrico, em conjunto com o registo de intervalo de tempo das medições entre duas basculadas. Um sistema de aquisição de dados é usado para medir e registrar todas as medições de tempo e massa. Sete pontos de intensidade de chuva são verificados para cada instrumento e para uma faixa de medição entre 8 mm/h e 255 mm/h. Cada ponto da intensidade da chuva é calculado através de uma média de cinco ensaios, sendo que cada ensaio é a média de vinte basculadas. As incertezas de medição da intensidade de chuva são calculadas com base nas recomendações ISO-GUM. Os resultados mostram que a intensidade de chuva para todos os instrumentos têm o melhor desempenho na faixa de 50 mm/h, com erros menores que 14,4%. Diferentes modelos pluviométricas, apresentam comportamentos específicos para diferentes intensidade de chuva. Este estudo mostra a importância e a demanda para calibrar os instrumentos para aplicações ambientais que raramente é prática no Brasil.

Palavra Chave: calibração da intensidade de chuva, metrologia ambiental, hidrologia, calibração.

INTRODUÇÃO

Estudos sobre mudanças climáticas associadas a eventos extremos têm aumentado significativamente nos últimos anos motivados pelas fatalidades e os enormes prejuízos financeiros causados por esses desastres naturais. No estado de Santa Catarina, chuvas intensas tem sido a principal causa de alagamentos, trasbordamento de rios e deslizamentos e, portanto, um sistema confiável de monitoramento principalmente de chuva é de fundamental importância para a pesquisa e prevenção. Esse monitoramento ambiental no estado é realizado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI) que possuem instrumentos de medição de precipitação convencional, conhecido como Ville de Paris, ou eletrnico do tipo báscula que é mais comum. O primeiro sistema faz apenas a coleta da chuva diária e, portanto não mede a intensidade de chuva dentro de um intervalo de poucas horas. O segundo utiliza um sistema de báscula, o qual consegue discretizar a intensidade de chuva acumulada em intervalos de poucos minutos. A Figura 01 descreve o funcionamento de um pluviômetro do tipo báscula.

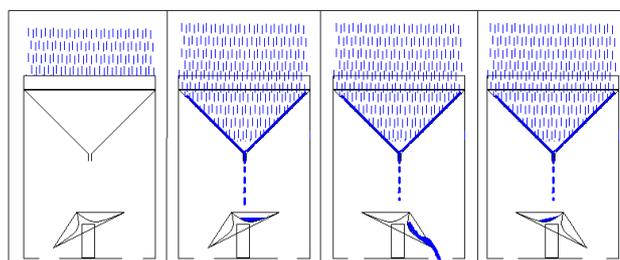


Figura 01: Descrição do funcionamento de um pluviômetro de báscula.

Segundo Humphrey (1996), o pluviômetro de báscula apresenta erros de 5% a 29% quando submetido a chuvas intensas, ou seja, no momento crítico de um evento de chuva forte, quando a confiabilidade da medida torna-se ainda mais importante, o instrumento apresenta erros mais significativos, ou a resolução temporal da medida não é adequada. A existência de uma densa rede de Pluviômetros justifica a necessidade de métodos e sistemas que permitam a calibração e determinação de incertezas desses transdutores como forma de atender as necessidades desse monitoramento

(ALBERTAZZI, 2008). A demanda por medir não apenas o total de chuva diária, mas também a intensidade de chuva em intervalos de tempo na escala de fenômenos de micro e meso escala tem ocorrido na última década. Em Santa Catarina, os primeiros estudos de calibração de pluviômetros estão sendo realizados pelo Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) através dos Cursos Técnico de Meteorologia e Superior em Tecnologia em Mecatrônica Industrial (SAKAGAMI, 2012). Esse trabalho tem o objetivo de realizar a calibração de quatro diferentes modelos de pluviômetros do tipo balsa e deste modo comparar os seus erros conforme metodologia recomendada pela Organização Meteorológica Mundial (LANZA et al., 2005). Nesse projeto há a colaboração do CPTEC/INPE no desenvolvimento desse sistema de calibração de pluviômetros, e do CIRAN/EPAGRI no empréstimo dos pluviômetros de sua rede.

METODOLOGIA

Aparato

O sistema de calibração foi baseado em outros três padrões aprovados por órgãos reconhecidos internacionalmente (LANZA et al., 2005). O aparato usa uma balança Bel Engineering, modelo MARK K32.1, um datalogger Campbell Scientific Inc., modelo CR800, e um reservatório d'água responsável por gerar um fluxo controlado e constante. O fluxo é monitorado pela balança, com resolução de 0,1g, o valor da leitura é enviado constantemente a cada 0,3s via serial (RS232) o pluviômetro é colocado em cima da balança, toda a água que passa por ele e é armazenada em um segundo reservatório posicionado também sobre a balança. Todas as leituras (balança e pluviômetro) são registrados pelo datalogger e transmitidos em tempo real para um computador. O reservatório foi projetado para gerar um fluxo d'água constante simulando chuva em laboratório, podendo assim, regular sua intensidade. O fluxo constante é garantido através de uma coluna d'água, também constante. O sistema completo está mostrado na Figura 02.

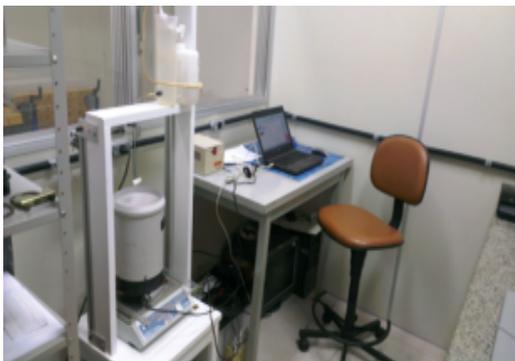


Figura 02 – Bancada do sistema de verificação de pluviômetros.

Metodologia

O aparato está configurado para registrar a

massa de água que passa nas básculas do pluviômetro e o intervalo de tempo entre suas basculadas. Assim, a referência de intensidade de chuva (RI_{ref}) pode ser calculada por meio da diferença de massa de água, dividido pelo tempo entre as basculadas, como mostrado na Eq. (1). Os resultados também são convertidos de [g/s] (gramas por segundo) em [mm/h] (milímetros por hora), que é a unidade mais utilizado em todo o mundo.

$$RI_{ref} = \frac{\sum_{t=1}^n mass(t) - mass(t-1)}{\sum_{t=1}^n \Delta t(t)} \quad (1)$$

A intensidade da chuva medida (RI_{mes}) é calculada pela resolução das basculadas dividido pelo intervalo de tempo entre cada basculada, ver Eq. (2).

$$RI_{mes} = \frac{\sum_{t=1}^n tip(t)}{\sum_{t=1}^n \Delta t(t)} \quad (2)$$

A verificação completa de cada pluviômetro é analisado em sete conjunto de pontos que variam entre 10mm/h e 250mm/h, conforme recomendado por Lanza (2005). Cada ponto definido é calculado a partir de cinco conjuntos de vinte basculadas. A porcentagem de erro do pluviômetro é calculado pela diferença entre o RI_{ref} e RI_{mes} como mostrado na Eq. (3).

$$Error = \frac{RI_{mes} - RI_{ref}}{RI_{ref}} \quad (3)$$

A avaliação da incerteza RI depende a incerteza das medições do peso (w) e o intervalo de tempo (t). Ele é calculado de acordo com a ISO GUM - Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (Lanza, 2005, Santana, 2010 e ISO, 2008).

A incerteza expandida (U) é baseada na combinação da incerteza padrão e do fator de abrangência (k) para um nível confidencial de 95,45% (ISO, 2008). O experimento foi realizado ao longo de março de 2013 e cada pluviômetro foi calibrado de acordo com a metodologia descrita acima. Os dados resultantes da calibração de cada pluviômetro foram recolhidos e os dados ruins que resultaram em fluxo instável foram filtrados.

A fim de encontrar a curva de calibração para cada pluviômetro, a curva de potência foi ajustada de acordo com Lanza (2005) e está representada a pela Eq (4).

$$I_{mes} = a.I_{Ref}^b \quad (4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desempenho dos quatro pluviômetros foi analisado pela medição de cálculos de suas incertezas para uma faixa de 8 mm/h à 250mm/h. O sistema de verificação é limitado para simular baixas intensidades de chuva e deste modo não pode ser analisadas as intensidades de chuva abaixo de 10mm/h neste experimento. A outra dificuldade neste experimento foi a repetibilidade dos ajustes dos pontos de medição, obtendo-se um desvio padrão menor que 9% para os cinco conjuntos de pontos de maior vazão, e um desvio padrão entre 11,5% e 19,0% para os pontos de menor vazão.

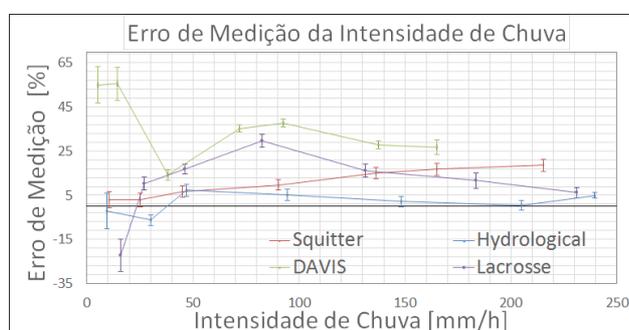


Figura 03 – Comparação dos Erros de Medição de quatro pluviômetros de balsa.

A Fig. 3 apresenta uma visão geral sobre a comparação dos quatro pluviômetros. Ela mostra que os erros e incertezas tem valores diferentes para cada instrumento e para cada ponto de medição, o que significa que cada modelo de pluviômetro têm um comportamento diferente, como descrito em outros trabalhos encontrados na literatura (SANTANA, 2010). A maioria dos erros subestimam o valor de referência por causa do problema do movimento lento da balsa sob chuva de forte intensidade. A intensidade da chuva de 50 mm/h, que é classificada como chuva moderada, representa a intensidade da chuva que todos os instrumentos têm o melhor desempenho com um erro inferior a 14,4% (Fig. 3). Por outro lado, para o ponto de medição na faixa de 10mm/h, apresentou-se os maiores erros com até 35,7% (Fig. 3), e incertezas de até $\pm 9,5$ mm/h. A principal contribuição para valores grandes de incerteza em baixas vazões, é causado pela incerteza de repetitividade no intervalo de tempo de basculada do pluviômetros que se comporta de forma aleatória e também o sistema de calibração que têm dificuldades para manter a baixa vazão constante durante o teste.

CONCLUSÕES

Esse trabalho teve como objetivo o estudo de comparação de quatro pluviômetros diferentes através de um sistema de verificação de intensidade

de chuvas desenvolvido pelo IFSC e CPTEC / INPE. O sistema ainda apresenta limitações para verificar intensidade de chuva abaixo de 2,5 mm/h, o que significa a maior frequência de eventos que são as chuvas de franca intensidade. O ponto em 10mm/h mostra grandes incertezas devido ao erro de repetitividade das medições de tempo e de massa, devido ao comportamento aleatório do movimento de básculas dos pluviômetros e das limitações do sistema de vazão para mantê-lo num fluxo constante e contínuo. A metodologia aplicada neste trabalho permitiu a analisar o desempenho de cada pluviômetro e deste modo calcular os erros e incertezas de cada instrumento. Os valores de erro de cada pluviômetros estão de acordo com a literatura pesquisada, sendo que cada pluviômetro tem sua característica única. Este sistema está em fase de desenvolvimento e os resultados presentes neste trabalho podem contribuir para o desenvolvimento de uma metodologia padrão e estabelecer a rastreabilidade para esta aplicação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFSC e CNPq (Universal Projeto 12/2012/PRPPGI) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

a. Periódicos:

- HUMPHREY, M, D.; ISTO, K J, D.. A New Method for Automated Dynamic Calibration of Tipping-Bucket Rain Gauges. *J. Atmos. Oc. Techn.*, v.14, p. 1513-1519, 1996.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARD (ISO). *Evaluation of Measurement data – Guide to the Expression for Uncertainty in Measurement*. JCGM, Geneva, 2008.
- LANZA, L. G., Leroy, M., Alexandropoulos, C., Stagi, L., and Wauben, W.: *WMO Laboratory Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges – Final Report*, IOM Report No 84, WMO/TD No 1304, 2005.
- LANZA, L. G. and Vuerich, E. *The WMO Field Intercomparison of Rain Intensity Gauges*, *Amos. Res.*, v. 4, p. 534–543, 2009.
- SAKAGAMI, Y.; REGIS, A.; DIAS, R.; MACHADO, J.; SANATA, M. A.A.; GUIMARAES, P. L.O.; HAAS, R.. *Desenvolvimento de um sistema de verificação de pluviômetros de balsa.. In: XVII CBMET, 2012, Gramado. XVII CBMET, 2012.*

b. Livro:

- ALBERTAZZI, Armando; SOUZA, André Roberto. *Fundamentos da Metrologia Científica e Industrial*. Barueri, SP: Manoel, 2008.

d. Trabalho em Anais:

- SANTANA, A, A, M; Guimarães L, O, P; Silva M, C. *Pesquisa aplicada e implementação da calibração de sensores e medidores de chuva*. IN: ENQUALAB, 10., 2010, São Paulo. WMO, 2007.

d. Manuais:

- Bel Engineering. *Manual de uso Balança MARK Serie M*, São Paulo, 2008.
- Campbell Scientific Inc., *Measurement and Control System Operator's Manual CR800*, Logan, 2007.