

## DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EM FUNÇÃO DE MODELOS DE PLUVIÔMETROS\*

João Campanhã Galuppo Silveira<sup>1</sup>, Márcio José de Santana<sup>2</sup>, Izabella Chrystina Contarin da Cruz<sup>3</sup>

**RESUMO:** A pluviometria é indispensável para o gerenciamento dos recursos hídricos; agricultores e empresas agrícolas vêm empregando pluviômetros para proteger as colheitas de condições ambientais adversas, como granizo, excesso ou pouca chuva e determinar se uma área específica é apropriada para um determinado cultivo. A acurácia de sua quantificação implica no desempenho da estimativa dos seus efeitos. Diferentes modelos de pluviômetros estão disponíveis para medição de altura de precipitação como os tradicionais com leituras manuais, que possuem um custo inicial reduzido e menor necessidade de manutenção em relação aos automáticos. O ensaio foi conduzido na estação meteorológica do Grupo de Pesquisa em Agrometeorologia (GPAgro), localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) campus Uberaba-MG, no período de dezembro de 2017 a junho de 2024, com o objetivo de avaliar acurácia da altura de precipitação efetuada em cinco equipamentos pluviométricos instalados em campo. Os pluviômetros utilizados foram: Ville de Paris (Universal - padrão), São Izidro, TFA 47.1001, Analógico e do tipo Cunha. Os pluviômetros que se mostraram eficientes, foram São Izidro e TFA 47.1001 apresentando altura de precipitação acumulada próxima do padrão, coeficiente de correlação e regressão linear mais próximo de 1 (um) e baixa variação nas leituras quando comparadas com o pluviômetro referência Ville de Paris.

**PALAVRAS-CHAVE:** precipitação, chuva, meteorologia

## DETERMINATION OF PRECIPITATION BASED ON RAIN GAUGE MODELS

**ABSTRACT:** Rainfall is indispensable for managing water resources, farmers and agricultural businesses have been employing rain gauges to protect crops from adverse environmental

<sup>1</sup> Est. de Agronomia, IFTM Campus Uberaba, bolsista PET Agronomia, joao.campanha@estudante.iftm.edu.br

<sup>2</sup> Prof. Dr. Irrigação e Drenagem, IFTM Campus Uberaba, marcosantana@iftm.edu.br

<sup>3</sup> Eng. Agrônoma, IFTM Campus Uberaba, MG, Mestranda em Produção Vegetal IFTM

conditions such as hail, too much or too little rain, and to determine whether a specific area is suitable for a particular crop. The accuracy of its quantification implies the performance of the estimation of its effects. Different models of rain gauges are available for rainfall height measurement, such as the traditional ones with manual readings, which have a low initial cost and less need for maintenance compared to the automatic ones. The trial was conducted at the weather station of the Research Group in Agrometeorology (GPAgro), located in the Federal Institute of Education, Science and Technology of the Triângulo Mineiro (IFTM) campus Uberaba-MG, in the period from December 2017 to June 2022, with the objective of evaluating the accuracy of the height of precipitation made in five rain gauges installed in the field. The rain gauges used were: Ville de Paris (Universal - standard), São Izidro, TFA 47.1001, Analog and Wedge type. The rain gauges that proved to be efficient and accessible to producers were São Izidro and TFA 47.1001, with accumulated precipitation height close to the standard, correlation coefficient and linear regression closer to 1(one) and low variation in readings when compared to the Ville de Paris reference gauge.

**KEYWORDS:** precipitation, rain, meteorology.

## INTRODUÇÃO

As condições meteorológicas consistem nos principais causadores da dinâmica ambiental, causando impactos diretos nos processos físicos e biológicos (DIAS; PENNER, 2021). Dentre os elementos meteorológicos, o regime de chuvas é o que emprega maior influência sobre as condições ambientais. Além do efeito direto sobre o balanço hídrico, esse processo tem influência indireta em outras variáveis como temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar e radiação solar, que somadas atuam como fatores básicos para o crescimento e desenvolvimento das plantas (SANTOS, 2005). A análise pluviométrica se baseia no estudo do clima e por isso é necessário o seu monitoramento. O principal monitoramento é realizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que contribui para fornecer informações meteorológicas à sociedade, e diante disso é possível construir a tomada de decisões com as coletas de dados, que são essenciais para apoiar campos e processos de pesquisa (BERGAMASCHI et al., 2013). Desse modo, o conhecimento da distribuição espacial das chuvas em uma região específica torna-se um fator de grande importância econômica, visto que, sua frequência pode servir de orientação para que os agricultores possam minimizar as possíveis reduções na produtividade das culturas, por meio de revisão de safras e gestão de

recursos (SOUSA, 2017). Tanto o excesso de chuva quanto a escassez, podem afetar práticas agrícolas como o preparo do solo, sementeira, irrigação, colheita e a relação entre a planta e os microorganismos (GHINI; HAMADA; BETTIOL, 2011).

Os pluviômetros são catalogados como convencionais e automáticos. Os pluviômetros convencionais que são os mais utilizados, possibilitam a quantificação da altura ocorrida no intervalo de duas leituras, possuindo custo inicial reduzido e baixa manutenção; já os automáticos embora tenham dados em tempo real, apresentam custo inicial maior e necessita de mais manutenção em relação aos convencionais. No atual cenário o pluviômetro utilizado como padrão em coletas de dados meteorológicos de estações meteorológicas é o “Ville de Paris”, sendo um pluviômetro convencional, que contém um erro abaixo de 0,05% na sua medição (SILVA, 2018).

O volume de chuva coletado por um pluviômetro depende de outros fatores externos, tais como a altura do pluviômetro acima do solo, a taxa de evaporação e a velocidade do vento. Além disso, umedecimento do funil, evaporação, retenção e ‘splash’ da gota também são fatores que afetam diretamente na obtenção de dados confiáveis (DEVINE; MEKIS, 2008).

Existem diversos modelos de pluviômetros no mercado, desta forma é de extrema importância conhecer a precisão de cada aparelho com o intuito de diminuir os erros. Além do mais, se faz necessário à utilização de métodos alternativos e de baixo custo para medir ou estimar parâmetros climáticos, por meio de pluviômetros acessíveis e que seja de fácil utilização, possibilitando assim a superação de falta ou imprecisão de dados. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a acurácia da altura de precipitação efetuada em cinco equipamentos pluviométricos instalados em campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na estação meteorológica do Núcleo de Estudos em Agrometeorologia (GPAgro), localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) campus Uberaba, no município de Uberaba, MG. Este que está localizado a 800m de altitude, com latitude de 19° 39' 19”S e longitude de 47° 57' 27”W. O clima do local, segundo a classificação internacional de Köppen é do tipo Aw, isto é, tropical quente úmido, com inverno frio e seco, precipitação anual de 1584,2 mm ano<sup>-1</sup> segundo Silva et al., (2003) e temperatura média 23,2°C e umidade relativa do ar 68% (VALLE JUNIOR et al., 2010).

A coleta dos dados foi realizada diariamente durante o período do dia 06 de dezembro de 2017 a 30 de junho de 2024. Foram avaliados cinco modelos de pluviômetros, os mais utilizados em campo, na região. Os pluviômetros utilizados no experimento são de fácil acesso no mercado, tendo variações de preços devido a seus tamanhos e preferência.



**Figura 1.** Pluviômetros: Ville de Paris, Pluviômetro TFA 47.1001, Pluviômetro Analógico, Pluviômetro tipo Cunha e São Izidro.

A instalação dos instrumentos pluviométricos foi realizada no dia 5 de dezembro de 2017, seguindo um padrão recomendado pelo WMO (2008). Na Tabela 1 estão informações comparativas entre os modelos utilizados no ensaio.

**Tabela 1.** Descrição dos Pluviômetros, área de captação (cm<sup>2</sup>), material de fabricação, leitura direta nos instrumentos e altura indicada para instalação.

Pluviômetro	Área de Captação (cm <sup>2</sup> )	Material Fabricado	Leitura direta	Altura de instalação (m)
Ville de Paris	400	Aço	Não	
São Izidro	104	Plástico	Sim	
TFA 47.1001	44	Plástico	Sim	1,5 a 2
Analógico	16	Plástico	Sim	
Tipo cunha	15	Plástico	Sim	

O primeiro pluviômetro, utilizado como padrão referência, é do tipo Ville de Paris, comumente utilizado na rede de monitoramento convencional da Agência Nacional de Águas (ANA), com área de captação de 400 cm<sup>2</sup>. A recomendação da Organização Meteorológica Mundial é que sua instalação seja feita a uma altura de 1,5 a 2 m do solo; ele é confeccionado em aço inox. Para a realização da leitura o observador deve abrir a torneira do receptor e medir o volume de água coletada com uma proveta graduada que dará o valor em milímetros de precipitação (CEZÁRIO, 2005).

O São Izidro possui borda de precisão, é amplamente utilizado por empresas de manejo de irrigação para o monitoramento de pequenas glebas e sua superfície de captação é de 104 cm<sup>2</sup>. Tem a borda afiada para aumentar a precisão do modelo. Além disso, a leitura é feita diretamente no copo do pluviômetro e possui um aro registrador para precipitação acumulada; são confeccionados em plástico transparente.

O TFA 47.1001 tem capacidade máxima de captação de 44 cm<sup>2</sup> e também possui um aro registrador para precipitação acumulada.

O pluviômetro analógico é muito utilizado por ser facilmente encontrado no mercado, possui área de captação de 16 cm<sup>2</sup>. A leitura de precipitação é feita diretamente no pluviômetro e são confeccionados em plástico transparente.

O tipo cunha é amplamente utilizado pelos produtores, pois muitas das vezes as empresas de assistência técnica fornecem tal produto como brinde sendo assim o mais comum entre os pequenos agricultores. Possui área de captação de 15 cm<sup>2</sup>; a leitura de precipitação é realizada diretamente no pluviômetro e são confeccionados em plástico transparente.

Os dados foram agrupados e comparados tendo como padrão o modelo Universal. Efetuou-se a comparação dos métodos segundo estudo de análise de correlação entre os modelos e o modelo padrão (Universal). Analisaram-se os coeficientes de correlação (r) e de determinação (r<sup>2</sup>) obtidos em cada caso. Os valores dos coeficientes de correlação encontrados foram classificados seguindo a classificação proposta por Hopkins (2000). Com o intuito de dar suporte à análise, determinou-se o índice de desempenho (c) (CAMARGO; SENTELHAS, 1997), que é o resultado do produto entre o coeficiente de correlação de Pearson (r) e o índice de exatidão de Willmott (d). O índice de exatidão de Willmott foi calculado conforme a equação 1.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (1)$$

Em que:

$O_i$  é o valor estimado pelos métodos não padrão;

$E_i$  é o valor estimado pelo método padrão; e

$\bar{O}$  é a média dos valores observados.

**Tabela 2.** Classificação dos valores do coeficiente de correlação de Pearson (r).

<b>Coeficiente de correlação (r)</b>	<b>Classificação</b>
0,0 a 0,1	Muito Baixa
0,1 a 0,3	Baixa
0,3 a 0,5	Moderada
0,5 a 0,7	Alta
0,7 a 0,9	Muito Alta
0,9 a 1,0	Quase perfeita

Fonte: Hopkins (2000).

**Tabela 3.** Critérios de interpretação do índice de desempenho “c”.

<b>Coeficiente de correlação (r)</b>	<b>Classificação</b>	<b>Coeficiente de correlação (r)</b>	<b>Classificação</b>
>0,85	Ótimo	0,0 a 0,1	Muito Baixa
0,76 - 0,85	Muito bom	0,1 a 0,3	Baixa
0,66 - 0,75	Bom	0,3 a 0,5	Moderada
0,61 - 0,65	Mediano	0,5 a 0,7	Alta
0,51 - 0,60	Sofrível	0,7 a 0,9	Muito Alta
0,41 - 0,50	Mal	0,9 a 1,0	Quase perfeita
≤ 0,40	Péssimo		

Fonte: Camargo e Sentelhas (1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura de precipitação acumulada em milímetros, durante as avaliações, encontra-se na Tabela 4. Os valores médios anuais para o período foram para Ville de Paris, São Izidro, TFA 47.1001, Analógico e Cunha, respectivamente de aproximadamente 1271,99 mm ano<sup>-1</sup>, 1256,90 mm ano<sup>-1</sup>, 1232,20 mm ano<sup>-1</sup>, 1333,95 mm ano<sup>-1</sup> e 1412,61 mm ano<sup>-1</sup>.

**Tabela 4.** Altura de precipitação acumulada (mm).

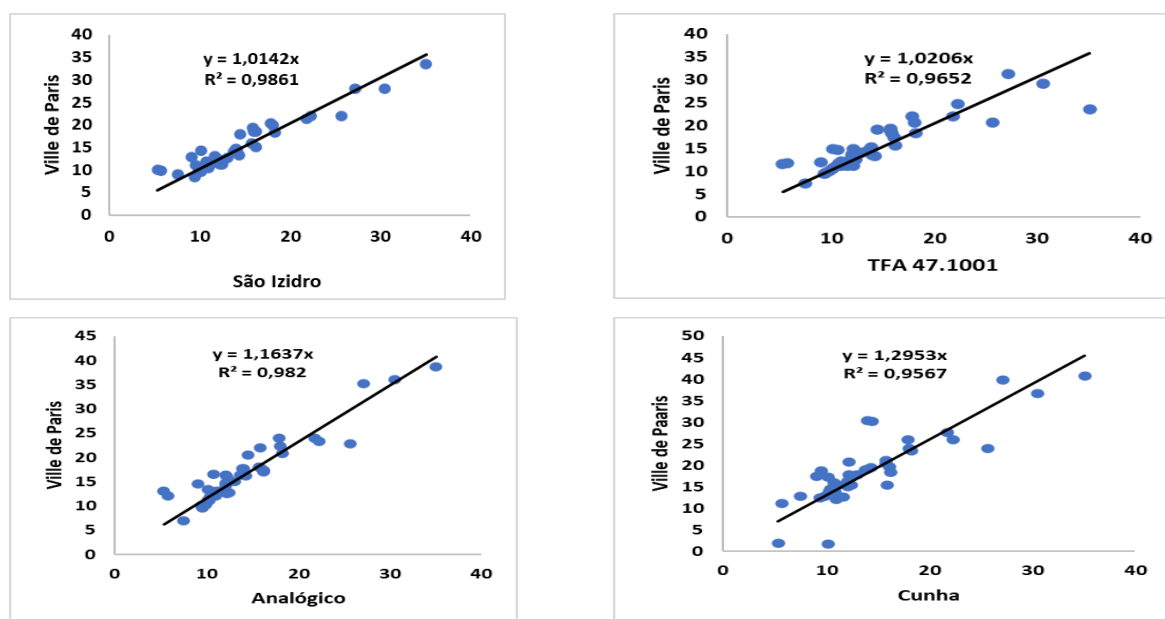
<b>Coeficiente de correlação (r)</b>	<b>Classificação</b>	<b>Coeficiente de correlação (r)</b>	<b>Classificação</b>
>0,85	Ótimo	0,0 a 0,1	Muito Baixa
0,76 - 0,85	Muito bom	0,1 a 0,3	Baixa
0,66 - 0,75	Bom	0,3 a 0,5	Moderada
0,61 - 0,65	Mediano	0,5 a 0,7	Alta
0,51 - 0,60	Sofrível	0,7 a 0,9	Muito Alta
0,41 - 0,50	Mal	0,9 a 1,0	Quase perfeita
≤ 0,40	Péssimo		

Na Tabela 5 se encontram os coeficientes de correlação obtidos pela relação dos valores diários de precipitação observados nos instrumentos pluviométricos e o pluviômetro padrão.

**Tabela 5.** Coeficiente de correlação para os comparativos entre os instrumentos pluviométricos com pluviômetro padrão.

Pluviômetros	Correlação
Ville de Paris x São Izidro	0,9830
Ville de Paris x TFA 47.1001	0,9208
Ville de Paris x Analógico	0,9305
Ville de Paris x Tipo Cunha	0,8815

Conforme apresentado na Tabela 2, o coeficiente de correlação entre o pluviômetro Ville de Paris e São Izidro foi de 0,983, maior deles e o menor foi verificado para o modelo tipo cunha (0,8815). Kempen et al., (2018) em seu estudo constaram o coeficiente de correlação de 0,9923. Veiga e Sáfadi (1999) sugerem um coeficiente de correlação mínimo de 0,84 para ajustes de curvas, sendo assim, de acordo com os dados na Tabela 5, todos os pluviômetros podem ter suas curvas ajustadas, pois todos os valores obtidos foram acima do sugerido pelos autores. Na Figura 2 estão as médias decendiais das precipitações verificadas em uma plotagem linear. O maior coeficiente de determinação foi verificado com o método São Izidro.

**Figura 2.** Lâminas decendiais (mm) e correlação entre o método padrão (Ville de Paris) e Cunha.

Analisando a regressão linear dos gráficos de cada pluviômetro comparado com o pluviômetro padrão, os valores próximos a 1 são os mais desejados por mostrar uma baixa variação da altura da precipitação observada nos dois tipos de pluviômetros. Sendo assim, observa-se que os pluviômetros que apresentaram menores variações de leitura são os pluviômetros São Izidro e Analógico.

Kempen et al., (2018) verificaram a mesma tendência e isso está relacionado com a maior área de coleta dos pluviômetros. O pluviômetro São Izidro possui uma área de coleta de 104 cm<sup>2</sup>, área bem representativa quando comparadas aos demais. Na Tabela 3 estão os dados dos coeficientes de determinação, correlação, o índice de exatidão de Willmott e o índice de desempenho. A classificação utilizando os valores de correlação demonstra que todos os pluviômetros foram classificados acima de Muito Alta; já quando utiliza-se a classificação de Camargo e Sentelhas (1997) nota-se que o tipo cunha é considerado sofrível e o São Izidro ótimo, sendo este com os maiores valores de correlações e desempenho.

**Tabela 6.** Coeficiente de determinação ( $r^2$ ), de correlação ( $r$ ), índice de exatidão de Willmott ( $d$ ) e índice de desempenho ( $c$ ) para os pluviômetros estudados

<b>Modelos</b>	<b><math>r^2</math></b>	<b><math>r</math></b>	<b>Classificação*</b>	<b><math>d</math></b>	<b><math>c</math></b>	<b>Classificação**</b>
São Izidro	0,886	0,983	Quase perfeita	0,93	0,91	Ótimo
TFA 47.1001	0,670	0,920	Quase perfeita	0,91	0,83	Muito bom
Analógico	0,868	0,930	Quase perfeita	0,78	0,72	Bom
Tipo Cunha	0,711	0,881	Muito Alta	0,62	0,54	Sofrível

## CONCLUSÕES

O modelo de São Izidro foi o que demonstrou maiores valores de correlações e classificações quando comparado com o padrão; e o modelo Cunha foi o que apresentou menores correlações e desempenho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, **Sistema de informações hidrológicas**. Disponível em <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA>>. Acesso em: 15 jan de 2023.

BERGAMASCHI, H., MELO, R. W., GUADAGNIN, M. R., CARDOSO, L. S., SILVA, M. I. G., COMIRAN, F., DAL SIN, F., TESSARI, M. L., Brauner, P. C., **Boletins Agrometeorológicos da Estação Experimental Agronômica da UFRGS: Série Histórica**

1970 – 2012. Porto Alegre: Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS. 2013.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, 1997. v. 5, n. 1, p. 89-97.

DEVINE, K. A.; MEKIS, É. Field accuracy of Canadian rain measurements. **Atmosphere Ocean**, 2008. v. 46, n. 2, p. 213-227.

DIAS, E. C., PENNER, G. C., Equação de chuvas intensas para Abaetetuba-PA: estudo comparativo. **Research, Society and Development**, 2021. p. 1-13.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (Orgs.) Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**. p. 356. 2011.

HOPKINS, W. G. **Correlation coefficient: a new view of statistics**. 2000.

KEMPEN, J. C.; ASSIS, M. P.; MELLO, I. E.; SANTANA, M. J. aferição de diferentes modelos de pluviômetros em Uberaba-MG. **Anais do Segundo Seminário de Inovação Tecnológica**, 2018, v 2. n.1.

SANTOS, J. W. M. C. Ritmo Climático e Sustentabilidade socioambiental da agricultura comercial da soja no Sudeste de Mato Grosso. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, 2005. v. 1, n. esp., p. 1-20.

SILVA, NADISON FRANCISCO. **Desenvolvimento de um pluviômetro automático de baixo custo utilizando material reutilizável para internet das coisas**. 2018.

SOUSA, R. R. Pluviômetro de baixo custo e a variação da chuva no município de Barra do Garças – MT (outubro de 2015 a abril de 2016). *Interespaço*: **Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, Grajaú/MA. 2017. v. 3, n. 8, p.107-125.

VEIGA, R.D; SÁFADI, T. **Análise de regressão e séries temporais**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. p. 57.

WMO – WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guia de to meteorological instruments and methods of observation**. 7 ed., Gênova: WMO, 2008.