

CALIBRAÇÃO DE BANCADA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE HIDRÁULICA AGRÍCOLA

Taise Cristine Buske^{1*}; *Adroaldo Dias Robaina*²; *Marcia Xavier Peiter*³; *Fátima Cibéle Soares*⁴; *Gisele Aparecida Vivan*⁵; *Fabiano de Vargas Arigony Braga*⁶; *Flávia Barzotto*⁷; *Ricardo Benetti Rosso*⁸; *Rogério Ricalde Torres*⁹; *Tonismar dos Santos Pereira*¹⁰.

Resumo – É de responsabilidade do profissional executar o projeto de irrigação de maneira eficiente, utilizando todos os conhecimentos adquiridos durante sua formação acadêmica. Nesse contexto, dentre as alternativas de demonstração prática dos fenômenos relacionados à hidráulica de condutos forçados encontra-se o uso de bancadas didáticas. O desenvolvimento da bancada didática foi realizado no Laboratório de Hidráulica Agrícola do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria, sendo o trabalho efetuado a calibração da bancada através de testes e comparações dos dados de vazão medidos no hidrômetro com os obtidos através do método volumétrico (padrão). Nesta calibração foram realizadas oito repetições. Para interpretação dos resultados os dados foram analisados através do software SigmaPlot 11.0. As vazões médias situaram-se em 0,587 e 0,574 l/s para as medidas de Q_{vol} e de Q_{hidr} , respectivamente. Observou-se que a Q_{hidr} é subestimada em relação a Q_{vol} , porém o comportamento é similar entre os métodos de tomada de vazão. Foi possível concluir que a bancada didática pode ser utilizada para determinações de medidas de vazão, além de apresentar facilidade quanto à sua operação. Tais características assumem grande importância nos dias atuais tornando viável a utilização desta bancada para fins didáticos.

Palavras-Chave – Irrigação; Bancada didática; Calibração.

CALIBRATION BENCH FOR EDUCATION TEACHING AGRICULTURAL HYDRAULICS

Abstract – It is the responsibility of the professional to run the irrigation project efficiently, using all the knowledge acquired during their academic formation. In this context, among the alternatives of practical demonstration of the phenomena related to hydraulic conduits is the use of didactic bench. The development didactic bench was performed in the Hydraulics Laboratory of the Agricultural Engineering Department of the Universidade Federal de Santa Maria. The calibration of the bench was carried out through tests and comparisons of flow data measured in meter with those obtained by the volumetric method (default). For this calibration we performed eight replications. To interpret the results, data were analyzed using Sigma Plot11.0. The average flow rate stood at 0.587 and 0.574 l/s for the measures Q_{vol} and Q_{hidr} , respectively. We observed that the Q_{hidr} is underestimated compared to Q_{vol} , but the behavior is similar in the outlet flow methods. We conclude that the didactic bench can be used for teaching determinations of flow measurements

¹ *Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM, Santa Maria – RS, taisebuske@gmail.com

² Professor Dr., Departamento de Engenharia Rural, UFSM, Santa Maria – RS, diasrobaina@gmail.com

³ Professora Dr^a, Departamento de Engenharia Rural, UFSM, Santa Maria – RS, mpeiter@gmail.com

⁴ Professora Dr^a, Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Alegrete – RS, fatimacibele1@gmail.com

⁵ Professora Msc., Instituto Federal Sul-riograndense – IFSul – Campus Bagé, Bagé – RS, giselevivan@gmail.com

⁶ Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM, Santa Maria – RS, fabianovab@gmail.com

⁷ Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM, Santa Maria – RS, flaviabarzotto@hotmail.com

⁸ Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM, Santa Maria – RS, cadorosso@gmail.com

⁹ Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM, Santa Maria – RS, rogeriocp_rtorres@hotmail.com

¹⁰ Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM, Santa Maria – RS, tonismarpereira@gmail.com

since it is easy to be used. These characteristics are very important nowadays in order to make the use of this bench possible for didactic purposes.

Keywords – Irrigation; Didactic bench; Calibration.

INTRODUÇÃO

Essencial à vida, a água é um bem precioso, dotado de valor econômico, que deve ser conservada e protegida, conforme diz a Lei Nº 9433 de 8 de janeiro de 1997. Presta-se para múltiplos usos, em que um deles é a irrigação de culturas agrícolas. Sendo este o uso de maior consumo, demandando, portanto, cuidados e técnicas especiais para o aproveitamento racional com o mínimo de desperdício. A irrigação permite a obtenção de até três safras por ano em uma mesma área, o que faz com que essa prática tenha grande importância para a produção mundial de alimentos.

A Hidráulica é a disciplina que deve oferecer os recursos técnicos necessários para os projetos, gerenciamento e manutenção de sistemas que envolvam os fluidos com destaque especial à água (Martins *et al.*, 2004). A medição de vazão é uma das mais importantes aplicações da hidrometria (Azevedo Netto *et al.*, 1977). Segundo Ribeiro (1997) medidor de vazão é um dispositivo que nos fornece a quantidade, em massa ou em volume, que passa por uma seção em um intervalo de tempo. O método mais direto de se obter a vazão é o método das pesagens, que consiste em colher uma medida de volume ou massa em certo intervalo de tempo.

Ainda, conforme Ribeiro (1997) existe dois tipos de medidores de vazão, os medidores de quantidade e os medidores volumétricos. Os medidores de quantidade são aqueles que, a qualquer instante permitem saber que quantidade de fluxo passou, mas não vazão do fluxo que está passando, por exemplo, os hidrômetros. Enquanto que, os medidores volumétricos exprimem a vazão por unidade de tempo.

A calibração é um procedimento experimental através do qual são estabelecidas, sob condições específicas, as relações entre os valores indicados por um instrumento de medição, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões ou por relações que modelam o comportamento físico do sistema que está sendo medido. A calibração se baseia no estabelecimento de vazão de regime através do instrumento sendo calibrado e a medição subsequente do volume ou massa do fluido que passa através do medidor durante um intervalo de tempo preciso (Ribeiro, 1997). A calibração do medidor de vazão consiste em verificar o desempenho do medidor, certificando que ele está medindo a vazão dentro dos limites de precisão predeterminados, sob as condições de operação definidas.

Segundo Ribeiro (1997) o método volumétrico, considerado um método direto, consiste na medição do volume de água que preencha um recipiente de medidas conhecidas e também a determinação do tempo necessário que este mesmo recipiente demora a ser preenchido e a relação entre os valores de volume e tempo permite a determinação da vazão. O método gravimétrico, que pode ser considerado uma variação do método citado anteriormente, difere daquele por determinar o volume a partir da massa de água coletada e da sua massa específica, o que exige a determinação da temperatura da água. De acordo com Azevedo Netto *et al.* (1977), quanto maior o tempo de determinação ou quanto maior o número de repetições do ensaio, maior será a precisão dos valores de vazão.

Em vista disto, o correto dimensionamento de um sistema de bombeamento representa etapa de fundamental importância na pressurização da água, especialmente para irrigação, ficando sob responsabilidade do profissional executar o projeto de maneira eficiente, utilizando todos os conhecimentos adquiridos durante sua formação acadêmica.

Os métodos tradicionais de ensino de hidráulica baseados em aulas exclusivamente expositivas, repetitivas e de memorização têm se mostrado pouco eficientes para motivar o aluno a aprender. Novos recursos didáticos podem ser utilizados pelos docentes a fim de atrair os múltiplos e distintos interesses presentes na sala de aula. Nesse contexto, dentre as alternativas de demonstração prática dos fenômenos relacionados à hidráulica de condutos forçados encontra-se o uso de bancadas didáticas. A utilização destas bancadas para estudo de hidráulica torna-se um recurso didático estratégico para atender a essa diversificação de público.

Frente à necessidade de bancadas para estudo de turbobombas e ao alto custo da compra dos equipamentos disponíveis no mercado internacional, a bancada didática em questão foi construída dentro da filosofia de se dispor para utilização, de um equipamento versátil em termos de operação, de fácil instalação e de baixo custo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Hidráulica Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, onde se objetivou a calibração da bancada didática, com a finalidade de promover maior facilidade nos estudos nas disciplinas de hidráulica agrícola.

A estrutura da bancada consiste basicamente de um sistema hidráulico fechado de condutos forçados com saída da água de um reservatório para um conjunto moto-bomba instalado afogado que irá pressurizá-la (Figura 1). Junto a saída do conjunto moto-bomba está conectado um manômetro, um hidrômetro e um registro de gaveta. Após estes instrumentos há duas tomadas de pressão ligadas a um manômetro diferencial de mercúrio que permitem identificar a perda de carga neste trecho para diferentes vazões reguladas através do registro. Completando o circuito, a água escoa por uma torneira do tipo giratória que abastece um tubo coletor de PVC, que tem como finalidade armazenar a água durante a calibração. A bancada foi construída sob um tampo de madeira apoiada sobre canos de PVC, buscando reduzir custos.



Figura 1- Vista lateral da bancada didática e em detalhe o sistema de bombeamento.

Para calibração da bancada foram realizadas comparações dos dados de vazão medidos no hidrômetro com os obtidos através do método volumétrico (padrão). Para executar este método, inicialmente, foi calculada a área do recipiente coletor e depois de encerrado o procedimento anotou-se o tempo de coleta, assim como a altura da lâmina de água. Com estes dados foi possível obter o volume de água coletado que dividido pelo tempo nos resulta a vazão. Para esta calibração foram realizadas quatro repetições.

Foi quantificado o desvio das medidas do hidrômetro em relação aos valores de vazão obtidos pelo método volumétrico. Para interpretação dos resultados os dados foram analisados através do software SigmaPlot 11.0.

$$D = (|Q_{\text{hidr}} - Q_{\text{vol}}| / Q_{\text{vol}}) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde D é o desvio da vazão do hidrômetro (Q_{hidr}) em relação à vazão obtida pelo método volumétrico (Q_{vol}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação dos valores de vazão registrados pelo hidrômetro e os valores medidos pelo método volumétrico são apresentadas na Tabela 1. As vazões médias situaram-se em 0,587 e 0,574 l/s para as medidas de Q_{vol} e de Q_{hidr} , respectivamente. O desvio padrão para Q_{vol} foi de 0,0534 e, para Q_{hidr} foi de 0,0535.

Conforme Daker (1987), o tempo é muito importante e a precisão na sua contagem deve ser considerada, pois um pequeno erro por segundo ocasiona um erro considerável na vazão e na estimativa do volume diário. Portanto, sendo uma possível fonte de erro na medição da vazão para ambos os casos.

O desvio das medidas do hidrômetro em relação aos valores de vazão obtidos pelo método volumétrico apresentou valores baixos, sendo que na média das observações encontrou-se um desvio de 2,223%, indicando boa precisão da leitura obtida no hidrômetro. Assim verificou-se o desempenho do hidrômetro através da calibração, certificando que ele está medindo a vazão dentro dos limites de precisão predeterminados, sob as condições de operação definidas.

Tabela 1- Comparação dos valores de vazão obtidos pelo hidrômetro e os valores de vazão pelo método volumétrico.

Pontos de Medição	Q_{hidr} (l/s)	Q_{vol} (l/s)	Desvio (%)
1	0,488	0,500	2,384
2	0,488	0,502	2,831
3	0,592	0,608	2,608
4	0,601	0,616	2,384
5	0,606	0,615	1,477
6	0,606	0,618	1,928
7	0,606	0,618	1,928
8	0,606	0,621	2,390
Média	0,574	0,587	2,223
Desvio Padrão	0,0535	0,0534	

Para melhor visualização dos resultados obtidos é apresentada na Figura 2 a comparação entre os valores de vazão pelo método volumétrico e os valores de vazão registrados pelo hidrômetro. A análise de regressão linear ($y = a + b x$) entre os valores de vazão obtidos com o

hidrômetro (x) e os valores de vazão obtidos pela aplicação do método volumétrico (y) possibilitou obter o modelo que permite a conversão dos valores das vazões obtidos pelo hidrômetro e estabelecer o grau de precisão do processo de obtenção das vazões pelo hidrômetro, quando comparado com o volumétrico.

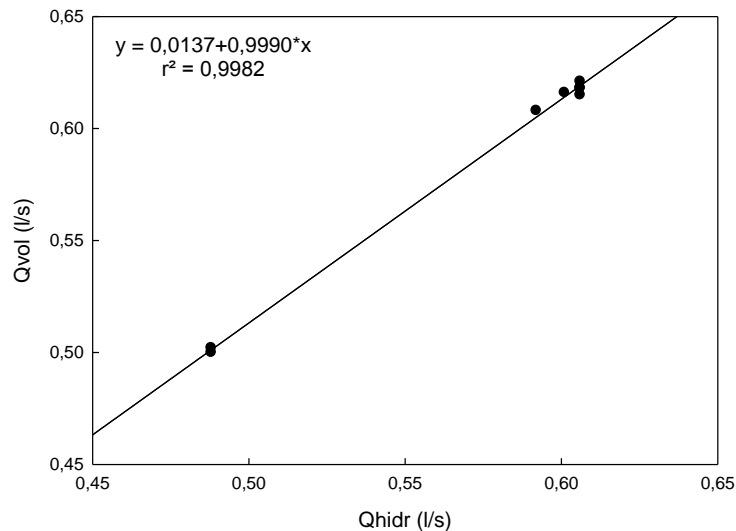


Figura 2- Comparação entre os valores de vazão pelo método volumétrico e vazão no hidrômetro.

Como pode ser visualizada na figura, a reta de regressão dos valores de vazão obtida pelo hidrômetro comparado com os valores de vazão obtidos com o método volumétrico parte próxima à origem e forneceu um valor para o coeficiente angular igual a 0,999, significando que as vazões obtidas pelo hidrômetro diferem pouco das vazões obtidas pelo método padrão. O elevado coeficiente de determinação r^2 (0,9982) permite deduzir que não existe diferença significativa entre os dois métodos e que a determinação da vazão com o hidrômetro pode substituir a determinação da vazão através do método volumétrico (padrão).

É apresentada na Figura 3 a relação entre o número de voltas no registro e a vazão pelos dois métodos. Percebe-se que a Q_{hydr} é subestimada em relação à Q_{vol} , porém o comportamento é similar entre os métodos de tomada de vazão.

Portanto, com a ajuda da bancada didática foi possível realizar este estudo de calibração de medidores de vazão. Ainda, a bancada representa um grande avanço para o desenvolvimento de diversas práticas de hidráulica, permitindo aos estudantes de engenharia demonstrações para o uso na captação, condução, distribuição e aplicação da água, simulando operações que ocorrem no meio rural. Segundo Martinez *et al.* 2001, o desenvolvimento de equipamentos didáticos compatíveis com a capacidade de investimento atual das universidades é uma alternativa viável para se minimizar a carência existente nos atuais cursos de engenharia.

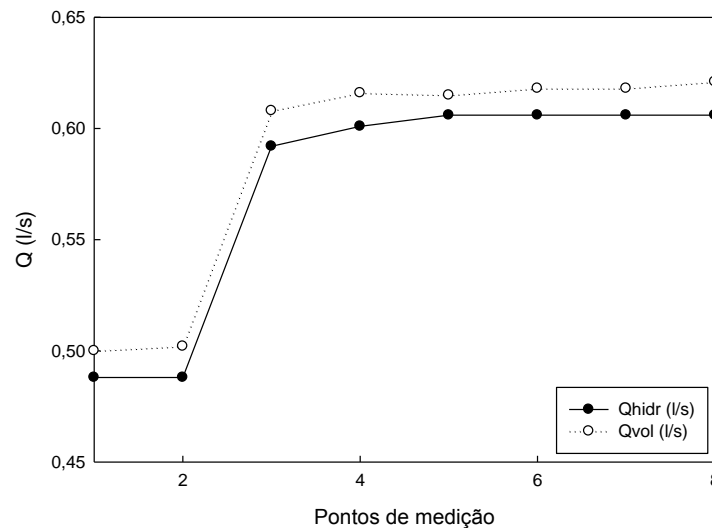


Figura 3- Relação entre os pontos de medição e a vazão obtida pelo hidrômetro e pelo método volumétrico.

CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia proposta neste estudo e os resultados obtidos foi possível concluir que a bancada didática pode ser utilizada para determinações de medidas vazão, além de apresentar facilidade quanto à sua operação. Pode-se constatar que devido as suas características e funcionalidades esta bancada assume grande importância nos dias atuais tornando viável sua utilização para fins didáticos.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J.M. de.; ALVAREZ, G.A. *Manual de Hidráulica*. 6ª edição. Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo- SP, 1977, v.I, 333p.

BRASIL. *Decreto nº 2.612/98, Lei Federal 9433/97, Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. Acesso em 31 jan. 2013.

DAKER, A. *A água na agricultura*. 3.ed, Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos. 1987, v.1, 535p.

MARTINEZ, C.B.; FILHO, J. N.; SANTOS, H. de A. e. Bancada didática de ensaio de turbobombas. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2001, Porto Alegre, RS. *Anais...* Porto Alegre, 2001.

MARTINS, J. R. S.; MARTINS, S. L.. *Hidráulica Básica: Guia de estudo- Conduitos forçados e instalações de recalque*. EPUSP-PHD. 2004.

RIBEIRO, M.A.. *Medição de Vazão: Fundamentos e Aplicações*. 5º Ed. Salvador: TeK Treinamento & Consultoria LTDA. 1997.