

## MEDIÇÕES DE VAZÃO PARA AGRICULTURA IRRIGADA BASEADO EM TESTES REALIZADOS EM LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA

Marcelo Ferreira de Souza<sup>1</sup>, José Ivo Soares<sup>2</sup>, Rickson Tavares Bezerra<sup>3</sup>, Ana Cristina Macedo de Oliveira<sup>4</sup>, Geysse Layse Bezerra da Silva<sup>5</sup>, Nilson da Silva Nascimento<sup>6</sup>

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo realizar testes de vazão em laboratório de irrigação para, em fim, recomendar melhor aplicabilidade para a agricultura irrigada. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Ensaio em Equipamento de Irrigação (LEEI), no IFCE, campus Sobral-CE. Foi realizados três testes: o método do flutuador, com fórmula confeccionada  $Q_f = v \cdot \sum A$ , método direto, utilizando a fórmula  $Q_d = v \cdot t^{-1}$  e; o método da calha Parshall, observando na graduação da calha sob o canal do LEEI. Os resultados da vazão obtida foram: método do flutuador de  $Q_f = 9,72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , método direto de  $Q_d = 9,73 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  e método da Calha Parshall de  $Q_c = 8,00 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , assim considerada bom para atender áreas irrigadas com emissores de alta vazão, como é o caso dos aspersores que podem chegar a demandar até  $2.500 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ , principalmente quando considera-se que esta é uma vazão corrente onde a água também se perde por infiltração e evaporação ao se deslocar pelo leito do riacho. Essas análises podem ser utilizadas na prática para ajudar na tomada de decisão dos técnicos, agricultores, engenheiro ou acadêmico de rios, canais ou tubulações em irrigação ou afins.

**PALAVRAS-CHAVE:** teste de vazão, hidrometria, métodos de vazão.

## FLOUR MEASUREMENTS FOR IRRIGATED AGRICULTURE BASED ON TESTS CARRIED OUT IN HYDRAULIC LABORATORY

**ABSTRACT:** The present work had the objective of carrying out flow tests in an irrigation laboratory, in order to recommend better applicability for irrigated agriculture. The tests were

<sup>1</sup> Graduando, Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Fatec Cariri, CEP 63041230, Juazeiro do Norte, CE, e-mail: marcelofs.irrigacao@gmail.com.

<sup>2</sup> Dr. em Irrigação e Drenagem, Unesp, Botucatu, SP.

<sup>3</sup> Prof. Msc. em Eng. Agrícola, Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Fatec Cariri, Juazeiro do Norte, CE.

<sup>4</sup> Profª Dra. em Eng. Agrícola, Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Fatec Cariri, Juazeiro do Norte, CE.

<sup>5</sup> Bolsista de BICT da Funcap, Tecnologia em Saneamento Ambiental, Fatec Cariri, Juazeiro do Norte, CE.

<sup>6</sup> Graduando, Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Fatec Cariri, Juazeiro do Norte, CE.

performed at the Irrigation Equipment Testing Laboratory (IETL), at the IFCE, campus Sobral-CE. Three tests were carried out: the float method, with a fitted formula  $Q_f = v \cdot \Sigma A$ , direct method, using the formula  $Q_d = v \cdot t^{-1}$  e; the Parshall gutter method, observing at graduation of the gutter under the IETL channel. The results of the flow obtained were: float method of  $Q_f = 9.72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , direct method of  $Q_d = 9.73 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  and method of the Parshall Trough of  $Q_c = 8.00 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , thus considered good for irrigated areas with high flow emitters, as is the case of sprinklers that may reach up to  $2,500.00 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ , especially when it is considered that this is a current flow where water is also lost by infiltration and evaporation as it moves through the stream bed. These analyzes can be used in practice to aid in the decision-making of technicians, farmers, engineer or academics of rivers, irrigation canals or pipes or the like.

**KEYWORDS:** flow methods, flow test, hydrometry.

## INTRODUÇÃO

É necessário conhecer e manejar corretamente os recursos hídricos, descobrir o potencial hídrico dessas áreas e avaliar entre outros parâmetros o que importa para a agricultura irrigada, tal que devem ser levado em conta, antes de elaborar um projeto de irrigação, o conhecimento de medições de vazão e seu volume que são utilizadas nas mais diversas aplicações da água, como: instalações hidrelétricas, perímetros irrigados, consumo humano etc (Alves et al., 2013; Frizzone, 2004). Entre os vários métodos utilizados para aferição de vazões destacam-se a medição direta, o método do flutuador, Moliete, Vertedouro, o da Calha Parschall e o Moliete, dos quais costumam ser de baixo custo, exceto os últimos, porém são, a princípio, fáceis de se mensurar os valores de vazão e podem ser adotados tanto por técnicos e produtores rurais sem maiores complicações (Daker, 1987; Hankó, 1983).

Segundo a ANA (2017), a agricultura irrigada se desenvolve nas mais diferentes condições de meio físico, hidrológicos, geológicos, atendendo uma grande variedade de culturas e de interesses sociais e econômicos, de forma que é possível existir um sistema ideal, capaz de atender da melhor maneira todas as condições e objetivos envolvidos. Em consequência disto, deve-se, para selecionar melhor o sistema de irrigação e planejar algum projeto para este, levantar algumas considerações, tais como: fonte de água, volume de água disponível, a vazão para ser possível captar e manter constante essa água nas áreas irrigadas (Frizzone, 2004; Vieira, 2019; Hornbuckle et al., 2010).

As pesquisas voltadas para o aproveitamento das águas decorrentes do escoamento superficial para irrigação suplementar ou de salvação, iniciaram-se no ano de 1975 (Porto et al., 1999). Como mecanismo para captação desta água foram sendo desenvolvidas diversas tecnologias para o barramento de água, as quais formam pequenos reservatórios que na sua grande maioria fazem parte das estratégias de salvação de áreas cultivadas ao longo dos períodos secos, que no caso das regiões áridas e semiáridas, tornam-se uma necessidade (Gnadlinger, 2001).

O presente trabalho teve como objetivo realizar testes de vazão em laboratório de irrigação para recomendar melhor aplicabilidade na agricultura irrigada.

## MATERIAL E MÉTODOS

A realização dos testes para determinação da vazão de rios e canais foram no Laboratório de Ensaio em Equipamentos de Irrigação (LEEI), no IFCE de Sobral - CE, em parceria com os professores do curso de Tecnologia em Irrigação e Drenagem da Faculdade de Tecnologia Centec Cariri (Fatec Cariri).

O primeiro teste foi pelo método do flutuador que consiste em colocar um objeto que flutue sobre a água, pelo qual se consiga seguir o seu curso, sem interferência interna e descobrir o volume de água por determinado tempo. Porém neste método há interferências externas, como exemplo, o vento, quando utilizado em campo.

Esse método é geralmente dado pela fórmula, sugerida por Miranda (2004):

$$Q_f = v \cdot \sum A \quad (1)$$

Em que:

$Q_f$  = vazão, em  $m^3 \cdot s^{-1}$ , que pode ser convertido para litros por hora ( $L \cdot h^{-1}$ ),

$\sum A$  = somatório da área que igual a seção de escoamento (área útil do canal), em  $m^2$  e,

$v$  = velocidade média do flutuador entre dois pontos do canal ou rio, em  $m \cdot s^{-1}$ .

Como o perímetro que delimita a área da seção era trapezoidal, convencionou-se dividir essa seção em áreas menores que facilitam os cálculos. A área do canal foi medida em  $cm^2$ , com auxílio de régua graduada e depois transformado para  $m^2$ . Os dados do canal foram aplicados pela fórmula (2), utilizando os dados coletados de altura do nível da água ( $h$ )

formando no canal: 10,00 cm, base menor (b) do canal: 17,00 cm e; base maior (B) do canal: 28,00 cm.

A área do trapézio foi dada pela equação:

$$A_s = (B + b) \cdot h \cdot 2^{-1} \quad (2)$$

Em que,

$A_s$  - área da seção do trapézio, medido em  $\text{cm}^2$ ,

B – Base maior do trapézio,

b – base menor do trapézio e

h – altura do trapézio

Esse ensaio foi repetido três vezes, como pode ser visto na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados coletados para cálculo da vazão pelo método do flutuador.

Vazão pelo método do flutuador			
Distância (d)		Tempo (s)	
Comprimento percorrido pelo flutuador no canal	3 metros	Tempo 1	26,09 (s)
		Tempo 2	24,00 (s)
		Tempo 3	24,43 (s)

O segundo teste foi pelo método direto em recipiente de volume conhecido, no caso foi utilizado um balde de  $V = 15 \text{ L}$ . As coletas foram repetidas três vezes seguindo as anotações do volume e do tempo de preenchimento para verificar a média da vazão do canal do laboratório calculadas de acordo com a fórmula (3), sugerido por Miranda (2004) e a Tabela 2.

A equação utilizada foi:

$$Q_d = V \cdot T^{-1} \quad (3)$$

Em que,

$Q_d$  = vazão direta, em  $\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

V = volume médio da água medido na saída do vertedor, em litros (L) e

T = tempo que é dado em segundos (s).

**Tabela 2.** Dados coletados para cálculo da vazão pelo método direto.

Vazão pelo método direto			
Volume (L)		Tempo (s)	
Volume 1	13,00 (L)	Tempo 1	5,40 (s)
Volume 2	13,50 (L)	Tempo 2	4,94 (s)
Volume 3	14,00 (L)	Tempo 3	4,63 (s)

Além desses dois métodos existe o terceiro teste que foi pelo método da Calha Parshall (CP), visto na Figura 1. A medição foi realizada baseada em três estágios: a) seção

convergente: equalizando a velocidade do fluido em sua entrada, diminuindo a possibilidade de turbulência, aumentando a precisão do equipamento; b) seção de afunilamento, onde a água foi submetida a uma concentração produzida pelo estreitamento das laterais da calha e; c) seção divergente, que se refere a parte final do equipamento onde normatizou o fluxo do canal.



**Figura 1.** Calha Parshall do LEEI.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Tanto para o método do flutuador, quanto para o método direto, as medições foram repetidas 3 vezes, porque, em prática de laboratório de hidráulica, costuma-se ter condições desejáveis para realizações de testes, diferentemente do que se vê na prática de campo, tais como: redução ou ausência do efeito do vento, rios ou canais turbulentos ou sinuosos, sólidos, pedras, galhos ou outros objetos na água da qual se deseja utilizar para irrigação, animais, plantas aquáticas etc. Então, possivelmente em campo, recomenda-se repetir no mínimo 10 vezes, levar os equipamentos adequados para a situação e para ajudar nas medições, além disso buscar saber sobre o recurso hídrico, sua natureza (rios, lagos, represas etc) ou de origem subterrânea (aquíferos freáticos ou confinados) e avaliar seu potencial hídrico em função da vazão e do volume total disponível (Frizzone; 2017; Rocha et al., 2017; Vieira, 2019).

O flutuador utilizado atingiu uma média de velocidade nas três repetições de  $v_m = 0,12 \text{ m.s}^{-1}$ , para a mesma seção do canal do LEEI que foi calculado em área para  $A_s = 0,00255 \text{ m}^2$ ,

após converter de centímetro quadrado para metro quadrado. Obtendo uma vazão pelo método do flutuador de  $Q_f = 9720 \text{ L.h}^{-1}$ .

Após a realização dos cálculos, os resultados das medições pelo método do flutuador apontaram uma vazão de  $9,72 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ , o método direto foi  $9,73 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$  e o valor obtido através da CP foi  $8,0 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ . Esses valores são considerados bons para atender áreas irrigadas com emissores de alta vazão, pois essa vazão foi considerada boa também em comparação ao do valor encontrado por Rocha et al., (2017) de  $1,93 \text{ L.s}^{-1}$  ou, convertendo,  $6950 \text{ L.h}^{-1}$ , ou até melhor  $6,95 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$  para comparar com os valores obtidos nesses ensaios feitos no LEEI.

No método da Calha Parshall obteve uma diferença maior que os outros dois, porém só foram realizados três repetições de aferições dentro de um laboratório entre os três métodos. Talvez, se realizassem mais aferições seria possível reduzir essas diferenças.

A medição do volume de água disponível deve atender à necessidade sazonal de água da agricultura irrigada e das culturas (no caso de lago ou reservatório), e à vazão da fonte deve suprir a demanda durante todo o ciclo, principalmente durante o período de pico de consumo (ANA, 2017; Vieira, 2019).

Fontes com vazões pequenas, mas contínuas e confiáveis, são adequadas a sistemas de irrigação por aspersão e localizada, ao passo que suprimentos de água em grandes quantidade, mas com pouca frequência, são apropriados ao uso de métodos de superfície, contudo tem casos de aspersores que podem chegar a demandar até  $2.500 \text{ L.h}^{-1}$ , principalmente quando considera-se que esta é uma vazão corrente onde a água também se perde por infiltração e evaporação ao se deslocar pelo leito do riacho (Tucci e Gens, 1995 citados por Rocha et al., 2017).

Entretanto, considerando-se a demanda das pequenas áreas irrigadas, em média de 0,2 ha, existem nas margens do riacho formas de se manejar essa água para pequenas famílias com finalidade de produzir hortaliças ou outra cultura que demande pouca área e que utilizam fita gotejadoras de baixa vazão ( $2,0 \text{ L.h}$ ), esta ainda é uma vazão que poderemos considerar relevante para manter essas pequenas áreas produtivas (Rocha et al., 2017).

Em geral, fontes de água com frequência e vazões de distribuição rígidas limitam o uso de métodos de irrigação mais eficientes. Da mesma forma, perímetros com distribuição de água pouco confiável restringem a seleção das culturas e afetam a rentabilidade da atividade agrícola.

## CONCLUSÕES

Necessita comparar o Método Direto e Método Flutuador, principalmente do poder financeiro do interessado e realizar sucessivas amostras no local desejado pelo agricultor ou técnico para reduzir a possibilidade de dispersão de valores e chegar a níveis mais aproximados entre si, pois o da Calha Parshall já se mostra distante, porém é um método fixo. Essas análises podem ser utilizadas para atualizar dados técnicos na prática por qualquer tecnólogo, engenheiro ou acadêmico de pequenos rios, canais ou tubulações em irrigação ou afins.

## AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Ensaios de Equipamentos de Irrigação do Instituto Federal de Educação do Ceará (IFCE), *campus* Sobral, ao Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC) e, em especial, à Faculdade de Tecnologia CENTEC Cariri (Fatec Cariri).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, G. M.; REIS, J. F.; SOUZA, W. L. C.; JORGE FILHO, S. L. O. MEDIÇÃO DA VAZÃO DA USINA HIDRELÉTRICA DE RONCADOR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013? Disponível em: <[https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2010\\_2\\_24/2010\\_2\\_24\\_artigo.pdf](https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2010_2_24/2010_2_24_artigo.pdf)>. Acesso em 01 jul 2019.

ANA - AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (BRASIL). Atlas Irrigação - Uso da água na Agricultura Irrigada. Agência Nacional de Águas - Brasília - DF 2017. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrigacaoUsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>>. Acessado em: 5 jul 2019.

DAKER, A. Hidráulica aplicada à agricultura: a água na agricultura. 7ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1987. 316p. v.1.

FRIZZONE, J. A. Hidráulica de Equipamentos de Irrigação. Curso de pós-graduação – *Lato sensu*. CENTEC – Instituto Centro de Ensino Tecnológico. 2004.

Os métodos de irrigação. ESALQ/USP. Piracicaba/SP. 2017. Disponível em: <[http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Frizzzone/LEB\\_1571/TEXTO\\_COMPLEMENTA\\_R\\_1 - METODOS DE IRRIGACAO.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Frizzzone/LEB_1571/TEXTO_COMPLEMENTA_R_1_-_METODOS_DE_IRRIGACAO.pdf)>. Acessado em 5 ago 2019.

GNALDLINGER, J. A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro: uma abordagem focalizando o povo. In: III Simpósio Brasileiro de Captação de Água da Chuva no semiárido, 3., 2001. Campina Grande - PB. *Anais...* Petrolina - PE, 2001. Disponível em: <[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/3simp\\_johann\\_acontribuicaodacaptacaodeaguadec\\_huva.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/3simp_johann_acontribuicaodacaptacaodeaguadec_huva.pdf)>. Acessado em: 12 dez 2018.

HANKÓ, Z. Hydraulic aspects in designing aquaculture systems - Chapter 3. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Aquaculture development and coordination programme. 1983. Budapeste/Hungry. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/x5744e/x5744e04.htm#chapter%203.%20hydraulic%20aspects%20in%20designing%20aquaculture%20systems>>. Acessado em: jul 2019.

HORNBUCKLE, J. W.; CHRISTEN, E. W.; PODGER, G.; WHITE, R.; SEATON, S.; PERRAUD, J. M.; RAHMAN, J. M. Predicting irrigation return flows to river systems: conceptualization and model development of an irrigation area return flow model. 2010?. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/16c1/5bfd1f3957f7392d09675ac9c10c1468d4e0.pdf>>. Acessado em: mar 2019.

MIRANDA, E. P. de. Hidráulica aplicada a irrigação. Curso de pós-graduação – *Lato sensu*. CENTEC – Instituto Centro de Ensino Tecnológico. 2004.

PORTO, E. R.; SILVA, A. S.; ANJOS, J. B.; BRITO, L. T. L.; LOPES, P. R. C. Captação e aproveitamento de água de chuva na produção agrícola dos pequenos produtores do semiárido brasileiro: o que tem sido feito e como aplicar sua aplicação no campo. In: Conferência Internacional sobre sistemas de captação de água de chuva, 9., 1999.

ROCHA, A. K. P.; FREIRE, A. S.; LEAL, L. S. G.; SILVA, J. N.; BARROS JUNIOR, G. Determinação da vazão de águas correntes para uso em áreas da agricultura familiar no semiárido brasileiro. In: II Congresso Internacional das Ciências Agrárias (II COINTER), Recife/PE 2017. Disponível em:

<<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjMrpDm-d3kAhU-HbkGHW2WAHYQFjAAegQIABAB&url=http%3A%2F%2Fcointer-pdvagro.com.br%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F02%2FDETERMINA%25C3%2587%25C3%2583O-DA-VAZ%25C3%2583O-DE-%25C3%2581GUAS-CORRENTES-PARA-USO-EM-%25C3%2581REAS-DE-AGRICULTURA-FAMILIAR-NO-SEMI%25C3%2581RIDO-BRASILEIRO.pdf&usg=AOvVaw127vvHxVQosE8FNobv2tdy>>. Acessado em: 12 dez 2018.

TUCCI, E. M.; GENZ, F. Comportamento hidrológico do pantanal. In: XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 12. 1995. Recife/PE. Anais... Recife/PE. 1995.

VIEIRA, R. F. Irrigação pressurizada e eficiência da irrigação: “sugestões de novos modelos de concepção, operação, modernização e gestão dos recursos hídricos na irrigação”. In: Seminário Brasil-Espanha da Agricultura Irrigada. Fortaleza/CE. 2019. Disponível em: <[https://www.dropbox.com/sh/r13uktmidi0jr6v/AADD2IVtVKqkFZK\\_B5eP9BSLa?dl=0&preview=Rodrigo+-+BRASIL+-+ESPANHA+-+PALESTRA+FINAL+II\\_Rodrigo.pdf](https://www.dropbox.com/sh/r13uktmidi0jr6v/AADD2IVtVKqkFZK_B5eP9BSLa?dl=0&preview=Rodrigo+-+BRASIL+-+ESPANHA+-+PALESTRA+FINAL+II_Rodrigo.pdf)>. Acessado em: ago 2019.