

## **DESEMPENHO DE UM CARNEIRO HIDRÁULICO CONSTRUÍDO COM GARRAFA DESCARTÁVEL**

CARVALHO, J. J.<sup>1</sup>; SAAD, J. C. C.<sup>2</sup>, SANTOS, L. C.<sup>3</sup>; CRUZ, R. L.<sup>2</sup>; ZANARDI, R. B.<sup>3</sup>

**RESUMO:** O carneiro hidráulico é um equipamento que permite utilizar uma queda d'água para elevar parte da vazão captada a uma cota mais alta, aproveitando somente a energia do golpe de aríete, sendo uma solução simples para produtores que utilizem baixas vazões. Neste trabalho, objetivou-se avaliar o desempenho de um carneiro hidráulico construído com uso de garrafa PET em substituição à câmara de ar do modelo comercial, fabricada em ferro fundido. O estudo foi realizado no campus da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP em Botucatu/SP. Para avaliação do equipamento foi verificado o desempenho de diferentes volumes de câmaras de ar, nas seguintes pressões de recalque: 70; 105; 140; 175; 210 e 245 kPa. Os resultados mostraram que as garrafas com volumes de 0,6 e 1,0 L, apresentaram os maiores valores de vazão recalçada, no entanto, a eficácia do aparelho só foi verificada até a relação 1:7 (Desnível/Recalque).

**PALAVRAS-CHAVE:** aríete hidráulico, polietileno tereftálico, vazão

## **PERFORMANCE OF A HYDRAULIC RAM BUILT WITH DISPOSABLE BOTTLE**

**SUMMARY:** The hydraulic ram is a device that allows you to use a waterfall to raise part of the flow captured at a higher elevation, using only the energy of water hammer, being a simple solution for producers using low flow. This study aimed to evaluate the performance of a hydraulic ram constructed with disposable bottle, replacing the air chamber of the business model, made of cast iron. The study was conducted on the College of Agronomic Sciences, in Botucatu, São Paulo, Brazil. To evaluate the equipment has been verified the performance of different volumes of air chambers in the following pumping pressures: 70, 105, 140, 175, 210 and 245 kPa. The results showed that the bottles with capacity of 0.6 and 1.0 L, showed higher flow repressed, however, the effectiveness of the device was only checked until the 1:7 ratio (slope / repression).

**KEYWORDS:** hydraulic ram pump, tereftalic polyethylene, outflow

---

<sup>1</sup>Técnico em Irrigação e Drenagem, Doutorando em Agronomia (Irrigação e Drenagem), Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu – SP, Fone: (0xx14) 3811.7115, jjc@fca.unesp.br

<sup>2</sup>Engº Agrônomo, Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu - SP

<sup>3</sup>Engº Agrônomo, Mestrando em Irrigação e Drenagem, Depto. de Engenharia Rural Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu - SP

## INTRODUÇÃO

O carneiro hidráulico é utilizado para elevação de água a partir do efeito do golpe de aríete, sem a utilização de motobombas. É uma solução para baixas vazões e perfeitamente aplicável a pequenos produtores rurais. Possui manutenção e operação simples, não exigindo mão de obra qualificada, e ainda apresenta custo de aquisição e montagem relativamente baixo, além da possibilidade de uso durante todo dia.

Levando em consideração que nem toda propriedade possui disponibilidade de recursos, é possível fabricar carneiros hidráulicos de maneira não industrial, utilizando-se tubo de PVC, e garrafas de polietileno tereftálico (PET), como alternativa à câmara de ar em carneiro hidráulico, cujo material é usualmente de ferro fundido (CERPCH, 2002).

Segundo AZEVEDO NETTO E ALVAREZ(1988), os carneiros hidráulicos de fabricação brasileira são operados com vazões de 5 a 150 L min<sup>-1</sup>, elevando 0,17 a 1,67 L min<sup>-1</sup>. Para carneiros de PVC, a alimentação pode chegar a 8,33 L min<sup>-1</sup>, conforme a altura de recalque (BARRETO E LIMA, 1997).

O carneiro hidráulico construído com garrafa PET é um aparelho relativamente recente, com pouca informação a respeito e de grande importância em situações onde não houver outra forma de bombeamento. Os estudos sobre o equipamento buscam avaliar o seu desempenho conforme as características construtivas, o que permite quantificar a vazão de alimentação, recalque, desperdício e rendimento, sendo este último o de maior interesse ao usuário do aparelho.

CARARO et al., (2007) em seu estudo utilizando garrafas retornáveis e descartáveis, observou que as garrafas retornáveis apresentam menor atenuação ao golpe de aríete e, assim, melhor rendimento quando comparado as garrafas descartáveis. O mesmo cita que o melhor diâmetro do orifício na tampa da garrafa foi o de 25 mm, apesar de ser indicado em CERPCH (2002) o valor de 15 mm.

KITANI E WILLARDSON (1984), afirmam que o material da tubulação de alimentação também afeta o desempenho do carneiro, já que o módulo de elasticidade do material da mesma causa significativas mudanças na elevação da pressão originada pelo golpe de aríete, decorrente da mudança de velocidade da onda de pressão na tubulação.

Neste trabalho objetivou-se avaliar as características hidráulicas de um carneiro hidráulico montado com garrafa PET com diferentes volumes e pressões, e utilizando mangueira de polietileno na tubulação de alimentação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, Botucatu-SP. Os tratamentos testados foram quatro garrafas descartáveis com volumes de: 0,25; 0,6; 1,0 e 2,0 L, e cinco níveis de pressão: 105, 140, 175, 210 e 240 kPa. O orifício nas tampas das garrafas foi de 22 mm de diâmetro.

Na Figura 1, encontra-se o carneiro hidráulico desenvolvido com garrafa PET.



**Figura 1.** Carneiro hidráulico construído com garrafa PET.

Como reservatório de alimentação foi utilizado um tanque de metal com capacidade de 200 L, cujo nível de água foi mantido constante, este situava-se a uma altura de 3,5 m em relação ao carneiro hidráulico. A partir do reservatório, a água foi conduzida por uma tubulação de polietileno, com diâmetro interno de 22,5 mm, destinada ao funcionamento do equipamento em teste. Do total do volume de água que acionava o carneiro, partes desta era recalçada por uma tubulação com diâmetro interno de 10,68 mm, e o restante do volume era extravasado pela válvula de escape, aqui denominado de água excedente. Foram instalados registros para o controle das pressões, sendo estas verificadas através de manômetro digital.

Os volumes de água obtidos no recalque e na válvula de escape eram coletados utilizando-se baldes com capacidade para 10 litros, pelo tempo de um minuto, e em sequência as amostras eram pesadas e seus valores transformados em vazões.

A vazão de alimentação foi obtida a partir da soma do volume recalçado e excedente. Com auxílio de um cronômetro, determinou-se o número de batidas da válvula de escape no intervalo de um minuto. A regulação da mola foi calibrada, de modo que, o número de batidas por minuto ficasse entre 50 a 60.

Realizaram-se três repetições para cada tipo de garrafa, nas pressões simuladas de 70; 105; 140; 175; 210 e 240kPa, onde obteve-se a vazão em litros por minuto, tanto para o recalque como para o excedente.

Efetuuou-se a análise de variância para a verificação da dependência dos dados, utilizando o teste F a 5 % de probabilidade. O valor de  $R^2$  foi o parâmetro usado para verificar o ajuste das curvas de regressão aos dados observados. A equação linear foi a que melhor se adequou às vazões de recalque em função das pressões estudadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados foram analisados comparativamente considerando-se o desempenho do carneiro hidráulico de garrafa PET, para os diferentes volumes e pressões estudadas. A Tabela 1 apresenta os valores médios das vazões para os volumes de 0,25; 0,6; 1,0 e 2,0 L nas pressões de 105, 140, 175, 210 e 240 kPa.

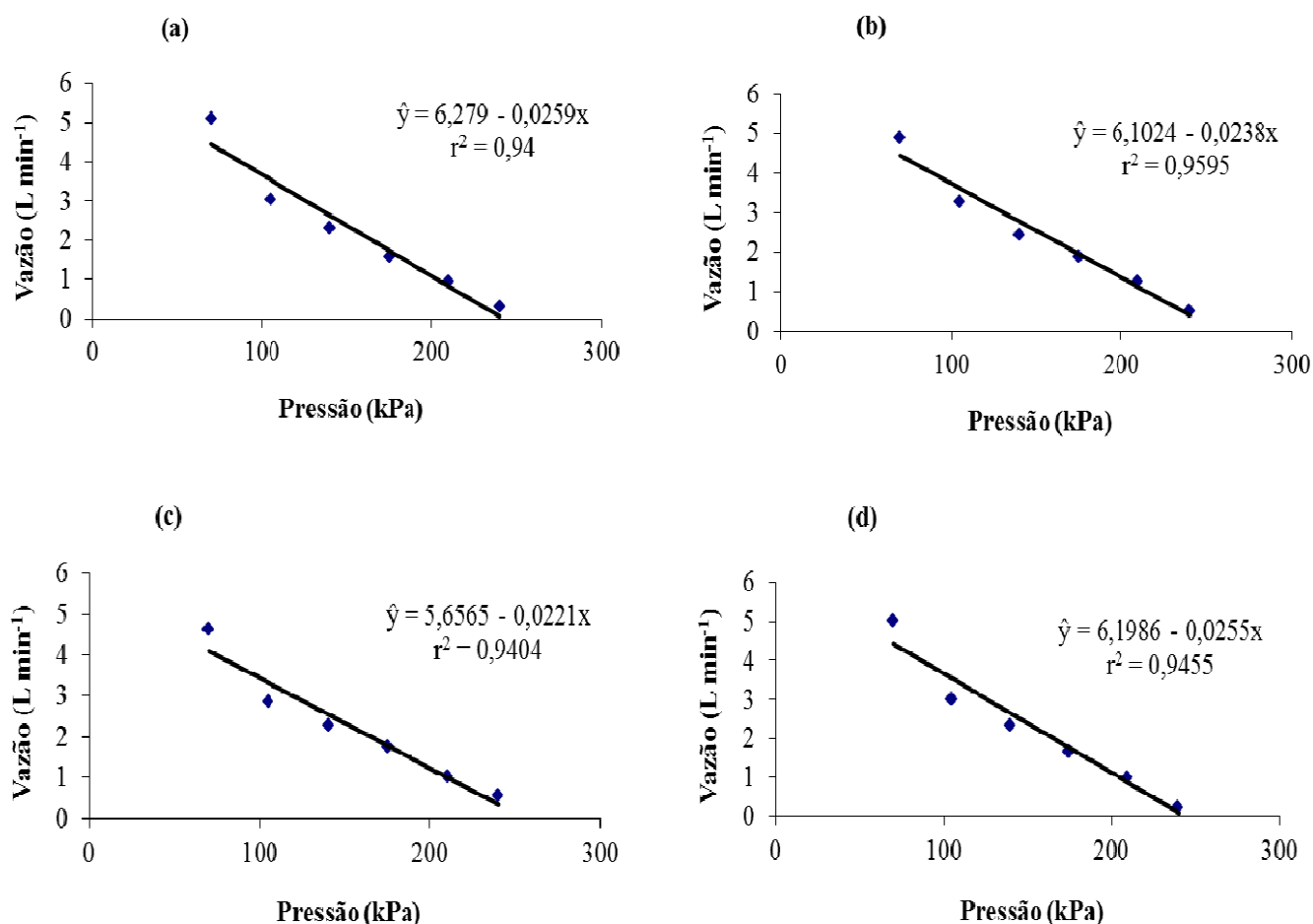
**TABELA 1.** Valores médios das vazões ( $L \cdot min^{-1}$ ) dos tratamentos com garrafas PET de diferentes volumes x pressão de recalque.

Volume(L)	Pressão no recalque (kPa)					
	70	105	140	175	210	245
0,25	5,1050 a	3,0500a	2,3050 a	1,5767 a	0,9517 a	0,2967 b
0,6	4,9033 a	2,2667 a	2,4267 a	1,8833 a	1,2533 a	0,5133 a
1,0	4,6517 a	2,8817 a	2,2720 a	1,7550 a	1,0233 a	0,5783 a
2,0	5,0100 a	3,0017 a	2,3233 a	1,6633 a	0,9683 a	0,2417 b
CV = 5, 29%						

Letras minúsculas iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pode-se observar que, para todos os volumes de garrafas avaliadas, houve uma diminuição na vazão recalcada com o aumento da pressão. Observa-se ainda que, quando as pressões são analisadas isoladamente para os diversos volumes estudados, não há diferença estatística entre as vazões, com exceção apenas dos tratamentos com volumes de 0,6 e 1,0 L submetidos à pressão de 240 kPa. É interessante notar que apesar da diferença estatística ter sido observada apenas no último tratamento de pressão analisada, já havia uma tendência nas pressões de 175 e 210 kPa. Diante disso, pode-se inferir que os tamanhos de câmaras de ar com estes volumes apresentam um maior rendimento quando submetidos a maiores relações de desnível/recalque. Esse mesmo comportamento foi observado por CARARO, et al (2007) trabalhando com carneiro hidráulico construído com materiais alternativos.

A Figura 2 apresenta a regressão linear para as pressões de 70, 105, 140, 175, 210 e 245 kPa, bem como para cada volume, mostrando o comportamento do equipamento.



**Figura 2** – Regressão linear para os volumes: (a) 0,25 L; (b) 0,6 L; (c) 1,0 L e (d) 2,0 L.

Os testes com câmaras de ar do tipo garrafas PET, nos diferentes volumes e pressões analisadas, permitiram relacionar os valores de água recalçada em função do desnível em metros, bem como a relação entre desnível e água recalçada. A Tabela 2 mostra os valores de vazão de recalque obtidos experimentalmente.

Como já comentado anteriormente, nota-se que as garrafas com volumes de 0,6 e 1,0 L apresentaram os maiores valores de vazão recalçada. Sendo a primeira, a que apresentou o melhor comportamento e se destacando frente as demais a partir da relação 1:3.

**TABELA 2** – Valores das vazões recalçadas em função das diferentes alturas de recalque verificadas neste estudo

Altura de recalque (m)	Relação Desnível/Recalque	Vazão L min <sup>-1</sup>			
		0,25	0,6	1,0	2,0
3,5	1:1	5,372	5,177	4,883	5,306
7,0	1:2	4,466	4,436	4,109	4,414
10,5	1:3	3,559	3,603	3,336	3,521
14,0	1:4	2,653	2,770	2,563	2,623
17,5	1:5	1,746	1,937	1,789	1,736
21,0	1:6	0,840	1,104	1,015	0,844
24,0	1:7	0,063	0,390	0,353	0,079

Dentre os volumes de garrafas estudados, o de 0,6 L foi o que apresentou a maior vazão para a relação 1:7 (Desnível/Recalque), sendo possível elevar aproximadamente 560 L/dia.

O carneiro hidráulico desenvolvido recalca de 0,063 a 5,37 L.min<sup>-1</sup>, de acordo com as condições construtivas e alturas de recalque, no entanto, essa vazão poderia ter sido maior caso tivesse sido adotada na tubulação de alimentação do aparelho um material mais rígido, já que a maior elasticidade do polietileno absorve parte do golpe de aríete produzido, reduzindo assim a eficiência do mesmo.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que as garrafas de volume 0,6 e 1,0 L apresentaram melhores resultados, principalmente para as maiores relações(Desnível/Recalque);

Para pressões acima de 240 kPa exercida no recalque, não era produzido o golpe de aríete, e o ar dentro da garrafa era liberado, fazendo com que o sistema deixasse de funcionar;

O carneiro hidráulico desenvolvido permite recalcar até 561,6 litros de água/dia.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J.M. Golpe de Ariete. In: ZAMBEL, A.R. **Manual de aparelhos de bombeamento de água**. São Carlos: USP/EESC, 1969. cap10, p.183-209.

AZEVEDO NETTO, J. M; ALVAREZ, G. A. **Manual de Hidráulica**. 2.ed.São Paulo: Edgar Blucher, v.1 p.1724. 1988.

BARRETO, A. C.; LIMA, L. Revista Globo Rural. 31.ed. São Paulo: Globo, 1997. Ano 13, n.144. p.29.

CARARO, D. C.; DAMASCENO, F. A.; GRIFFANTE, G.; ALVARENGA, L. A. Características construtivas de um carneiro hidráulico com materiais alternativos, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n.4, p. 349-354, 2007.

CERPCH – Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos. <http://www.cerpch.efei.br/carneiro.html>, 2002.Acesso em 10/02/2011.

KITANI, K.; WILLARDSON, L.S.Hydraulic ram use for sprinkle irrigation.**Transaction of the ASAE**, v.27, p.1788-1791, 1984.