

CARNEIRO HIDRÁULICO ARTESANAL: AVALIAÇÃO DE DIFERENTES VOLUMES DE CAMARAS DE AR

**DIAN LOURENÇONI^{1*}, VINÍCIUS PEREIRA MELLO RIBEIRO²; OTÁVIO AUGUSTO CARVALHO NASSUR³;
MARCOS VENICIO PEREIRA VILHENA⁴; MARCELO DOS SANTOS KAWAKAME⁵**

¹Ms. Docente e Pesquisador, UNIFEG, Guaxupé-MG, dlourenconi@hotmail.com

²Graduando em Engenharia Civil, UNIFEG, Guaxupé-MG

³Ms. Docente e Pesquisador, UNIFEG, Guaxupé-MG

⁴Ms. Docente e Pesquisador, UNIFEG, Guaxupé-MG

⁵Ms. Docente e Pesquisador, UNIFEG, Guaxupé-MG

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: O carneiro hidráulico é uma bomba hidráulica amplamente empregada em locais onde é necessário o bombeamento de água, porém a energia é inexistente ou escassa. Este trabalho foi realizado no Laboratório de Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé (UNIFEG), setor de Hidráulica, Guaxupé, MG, com o objetivo de avaliar a eficiência do carneiro hidráulico artesanal substituindo as garrafas PET por tubos de PVC opacos, com diferentes volumes da câmara de ar e comparar aos resultados relacionados aos carneiros hidráulicos que utilizam a garrafa PET. Para a confecção do carneiro foram utilizadas tubulações de PVC e depois de confeccionado, o carneiro foi instalado com altura de alimentação de 3,5 metros e altura de recalque de 8 metros. Foram testados três volumes de câmara de ar: 0,124 litros, 0,249 litros e 1,09 litros; com 3 repetições cada. A vazão de recalque do carneiro variou de 1,620 a 1,954 L/min e o rendimento de 34,64 a 39,61%. Os resultados mostraram que as câmaras de 0,124 litros e 1,09 litros foram numericamente mais eficientes. O melhor rendimento, de 39,61%, foi obtido com a maior câmara, com 1,09 litros de volume. Os rendimentos médios encontrados para cada volume testado estão dentro da média estipulada pelo Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos – CERPCH. O tubo opaco de PVC pode ser utilizado em substituição da garrafa PET sem perdas de eficiência.

PALAVRAS-CHAVE: Carneiro hidráulico, golpe de aríete, rendimento.

EARTH BLOCK COMPRESSION RESISTANCE STUDY OF TABLET WITH COFFEE WASTE ADDITION

ABSTRACT: The handmade hydraulic ram is a hydraulic pump widely used in locals where water pumping is necessary, but the energy doesn't exist or it is scarce. This research was carried out in the Civil Engineering laboratory of the Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé (UNIFEG), in the Hydraulic laboratory, in Guaxupé, MG, in order to evaluate how efficient is the handmade hydraulic ram, replacing the PET bottles for opaque PVC pipes, with different volumes of the air chamber and comparing the results related to hydraulic rams using the PET bottle. To make the ram, were used PVC pipes and after made it was installed with a feeding height of 3,5 meters and elevation height of 8 meters. There were tested three volumes of the air chamber: 0,124 liter, 0,249 liter and 1,09 liters with 3 repetitions each. The elevation flow rate varied from 1,620 to 1,954 L.min⁻¹ and the efficiency varied from 34,64 a 39,61%. The results showed that the chambers with 0,124 liter and 1,09 liters were numerically more efficient. The best efficiency, 39,61%, has been reached in the biggest chamber with volume of 1,09 liters. The efficiency reached in this experiment for each tested volume are within the average set by the Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos – CERPCH. The opaque PVC pipe can be used in order to replace the PET bottles without lose efficiency.

KEYWORDS: Hydraulic ram, water hammer, efficiency.

INTRODUÇÃO

As fontes alternativas de energia estão ganhando mais importância devido à crise de energia, principalmente em países subdesenvolvidos (ABATE & BOTREL, 2002, p.197). Outro problema que vem se acentuando, em países subdesenvolvidos, é o abastecimento de água no setor rural, pois o custo da energia está aumentando e, na maioria dos casos, para as maneiras de recalque de água utilizadas faz-se necessário o uso de energia elétrica ou de algum combustível (ZÁRATE ROJAS, 2002, p.1).

Uma alternativa viável para a solução deste problema é o uso do carneiro hidráulico, ao passo que é um tipo de bomba hidráulica que não utiliza energia elétrica ou combustível para funcionar.

O carneiro hidráulico é uma bomba hidráulica amplamente empregada em locais onde é necessário o bombeamento de água, porém a energia é inexistente ou escassa (ABATE & BOTREL, 2002, p.197). Segundo o CERPCH (2002), o carneiro hidráulico utiliza apenas o efeito que o golpe de aríete proporciona para bombear a água.

O golpe de aríete é, segundo Azevedo Netto (1998), a sobrepressão que as paredes de um conduto fechado recebem quando o escoamento é interrompido abruptamente.

A vantagem desse tipo de bombeamento é que ele funciona 24 horas por dia, não necessita de mão de obra qualificada, possui uma manutenção simples e tem baixo custo de investimento para aquisição. Como desvantagens o carneiro hidráulico necessita de uma queda d'água para funcionar e a quantidade de água recalçada é apenas uma parte da vazão disponível. Segundo Abate & Botrel (2002), as desvantagens também podem ser o ruído resultante do golpe de aríete e as condições locais são fatores determinantes para a eficiência do carneiro hidráulico.

Uma das maiores preocupações do homem, desde tempos mais remotos, tem sido o recalque, elevação e transporte de fluídos.

A partir do momento que os homens começaram a se organizar em aldeias, a disponibilidade de água nesses locais era de suma importância para a sobrevivência.

De acordo com Carvalho, (1977), com o crescimento da população desses agrupamentos percebeu-se que o homem não era suficientemente capaz de atender o consumo com suas próprias forças. Foi aí que surgiu a utilização de força animal aliada a outros equipamentos que podem ser considerados os precursores das instalações de bombeamento.

Em 1772 John Whitehurst inventou a bomba carneiro, mas ela necessitava de um operador para funcionar. Na França 1796, final do século XVIII, o carneiro hidráulico foi desenvolvido pelos irmãos Montgolfier para se tornar um processo automático.

O carneiro hidráulico é um tipo de bomba hidráulica amplamente empregada em locais onde é necessário o bombeamento de água, porém a energia é inexistente ou escassa (ABATE & BOTREL, 2002, p.197). Ele dispensa a utilização de energia elétrica e outros tipos de combustíveis para funcionar. O carneiro utiliza a energia gerada pela interrupção brusca do fluxo de água em movimento na tubulação. A sobrepressão causada por essa interrupção é denominada golpe de aríete.

Nas palavras de Azevedo Netto (1998), o golpe de aríete é a sobrepressão que as paredes de um conduto fechado recebem quando o escoamento é interrompido abruptamente.

O carneiro hidráulico tem como principal vantagem a não utilização de fontes externas de energia, se beneficiando apenas da energia potencial gravitacional gerada pela diferença de altura da queda d'água.

Dentre suas outras vantagens podemos citar a pouca manutenção, sua fácil instalação, funciona 24 horas por dia, não utiliza combustíveis fósseis e nem energia elétrica e pode ser instalada ao ar livre e possui um baixo valor de investimento inicial. Segundo Dardot (2012), outra vantagem é que não há necessidade de uso de lubrificantes evitando riscos de contaminação de água e solo.

As desvantagens do carneiro hidráulico são o ruído resultante do golpe de aríete, corpos sólidos presentes na água podem prejudicar seu funcionamento, ele necessita de uma queda d'água para funcionar, e a quantidade de água recalçada é apenas uma parte da vazão disponível. Segundo Abate & Botrel (2002), as condições locais também são fatores determinantes para a eficiência do carneiro hidráulico.

O carneiro hidráulico não é utilizado em larga escala devido a sua eficiência não ser muito alta. O rendimento obtido para o carneiro hidráulico com uma queda d'água de 2m e altura de recalque de 6m, com vazão de recalque de 1,15 l.min⁻¹, foi de 35,6% (ROLDI JUNIOR, et al., 2014). O resultado obtido por Roldi Junior et al (2014) está coerente com os valores estipulados pelo Centro Nacional de

Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos – CERPCH (2002) para o rendimento de um carneiro hidráulico artesanal que vão de 30 a 60%.

Segundo Cararo et al (2007), o carneiro hidráulico não apresenta um rendimento muito alto, pois o uso de peças plásticas amortece o efeito do golpe de aríete e também porque grande parte da água que alimenta o equipamento não é recalçada. Em seu experimento foram testados 3 tamanhos de diâmetros de furo na tampa da garrafa: 5, 15 e 20mm; 3 tipos de garrafa PET: descartável do tipo de refrigerante de cola e guaraná e retornável do tipo de refrigerante de cola; dois tamanhos de garrafa: 0,6 e 2,5 L; duas posições de válvula: horizontal e vertical e foi verificado que o rendimento do carneiro hidráulico variou de 11,04% a 59,28% e o desperdício ficou entre 64,72% a 98,16%. Segundo estes autores, a melhor combinação foi da garrafa PET descartável ou retornável de refrigerante de cola, com 0,6 L, válvula de escape na horizontal e furo de 25 mm na tampa da garrafa.

Oliveira et al (2011) testaram diferentes volumes de garrafas PET: 0,6 e 2,0 L e mediram o volume de recalque, altura da água recalçada e o volume desperdiçado. Os resultados de seus testes mostraram que o volume de 0,6 L foi o mais eficiente, com vazão de recalque de 0,416 L.s-1 e pressão de recalque de 1,7 mca.

Nogueira et al (2014), utilizaram em seu estudo alturas distintas de: 2,93; 2,77; 2,61 e 2,45 m e dois volumes de câmara de ar: 0,115 e 0,534 L. Foram verificados o rendimento, vazão de alimentação, vazão de recalque e o número de batidas da válvula de pé. Foi constatado que a câmara de ar com 0,115 L obteve um rendimento maior quando comparado com a câmara de ar com 0,534 L. O rendimento também estava dentro da margem de 30 a 60% estipulada pelo CERPCH (2002).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a eficiência do carneiro hidráulico artesanal substituindo as garrafas PET por tubos de PVC opacos, com diferentes volumes da câmara de ar e comparar aos resultados relacionados aos carneiros hidráulicos que utilizam a garrafa PET.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé (UNIFEG), setor de Hidráulica, Guaxupé, MG.

Como reservatório de alimentação foi utilizado uma caixa d'água com capacidade para 500L, cujo nível de água foi mantido constante a um desnível de 3,50 m em relação ao nível do carneiro hidráulico.

A partir do reservatório, a água foi conduzida por uma tubulação PVC de 1 polegada, correspondente e reduzida a 3/4" na tubulação de alimentação do equipamento, enquanto a água recalçada foi derivada para uma tubulação de PVC de 3/4 de polegada e sua vazão foi medida pelo processo volumétrico usando um balde calibrado com capacidade para 11 litros e cronômetro; o registro de gaveta foi instalado próximo a um manômetro com a finalidade de medir as diferentes pressões de recalque.

A água não recalçada foi coletada com um balde com capacidade de 60 litros no qual fora instalado o carneiro hidráulico. A vazão de alimentação foi definida pelo processo volumétrico, utilizando-se balde calibrado com capacidade para 11 litros, pela relação da soma do volume não recalçado e volume recalçado pelo tempo de coleta; para isto ser possível, a tubulação de recalque foi colocada dentro da caixa de 250L e, com auxílio de cronômetro, foi determinado o número de batidas da válvula de escape no intervalo de um minuto. O rendimento foi calculado pela Eq. 1 e a vazão de desperdício pela diferença entre alimentação e recalque.

$$\eta = \frac{q H}{Q h} . 100 \quad (1)$$

Onde:

η – rendimento do carneiro hidráulico, %

q – vazão de recalque, m³ s-1

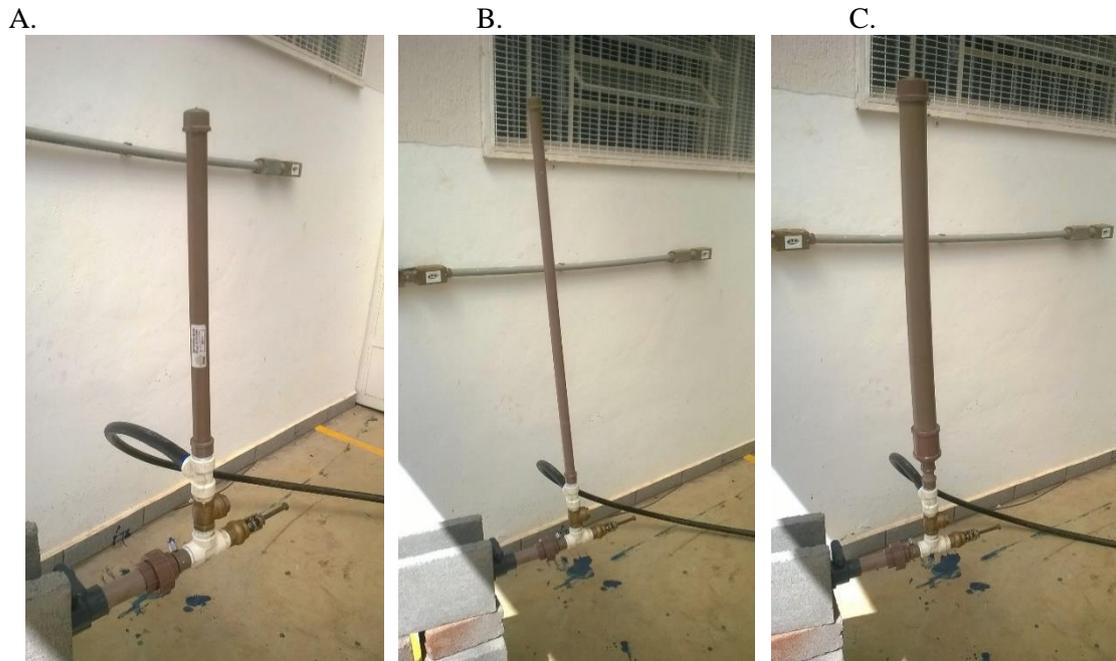
H – altura de recalque em relação ao carneiro hidráulico, m

Q – vazão de alimentação, m³ s-1

h – desnível da fonte de alimentação ao carneiro hidráulico, m

Foram testados três volumes diferentes da câmara de ar, sendo eles 0,124 litros, 0,249 litros e 1,09 litros, câmaras estas feitas de PVC de 3/4” e 50mm como mostram as imagens abaixo. Para cada tratamento foram realizadas três repetições.

Figura 1 – Câmaras testadas: A. Câmara de 0,124 litros; B. Câmara de 0,249 litros; C. Câmara de 1,09 litros



Também foi realizada a análise estatística dos dados de vazão de recalque, rendimento e vazão de desperdício, utilizando-se a análise de variância e o teste de comparação de médias por Tukey a um nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram processadas pelo software SISVAR (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nota-se que a variação de vazão de recalque do carneiro foi de 1,620 a 1,954 L/min e de rendimento foi de 34,64 a 39,61%.

Os resultados da análise estatística (Tabela 3) mostraram rendimentos médios de 37,36% para o volume de 0,124 litros; 35,61% para o volume de 0,249 litros e 37,52% para o volume de 1,09 litros. Comparando-se essas médias entre os três testes, apesar do teste Tukey não mostrar diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade, observou-se diferença numérica para as duas maiores câmaras de ar, ou seja, numericamente, as câmaras com volume de 1,09 litros e 0,124 litros obtiveram maior eficiência. O melhor rendimento, de 39,61%, foi obtido com a maior câmara, com 1,09 litros de volume. Esses resultados estão dentro da média estabelecida pelo Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos – CERPCH.

Tabela 3 - Valores médios do rendimento (%) nos diferentes volumes de câmara de ar.

Tratamento (volume da câmara)	Rendimento
0,249	35.61 a
0,124	37.36 a
1,09	37.52 a

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = 4,96%.

Se comparados a outros autores como, por exemplo, Roldi Junior et al (2014), que encontraram um rendimento de 35,6%, pode-se perceber que o rendimento é próximo apesar das diferenças

construtivas do carneiro. Já Cararo et al (2007) obtiveram uma variação maior de rendimento do carneiro hidráulico de 11,04% a 59,28%, pois testaram mais combinações de estruturas para carneiro utilizando a garrafa PET. Nogueira et al (2014), utilizaram em seu estudo quatro alturas distintas e dois volumes de câmara de ar e verificaram o rendimento, vazão de alimentação, vazão de recalque, o número de batidas da válvula de pé e o rendimento também estava dentro da margem de 30 a 60% estipulada pelo CERPCH (2002).

CONCLUSÃO

Os rendimentos médios encontrados para cada volume testado estão dentro da média estipulada pelo Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos – CERPCH.

O tubo opaco de PVC pode ser utilizado em substituição da garrafa PET sem perdas de eficiência.

Recomenda-se o estudo com diferentes alturas de recalque, variação na frequência de batidas da válvula e outros volumes de câmaras de ar.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam os seus agradecimentos à CAPES, FAPEMIG, CNPq e GPAE/UNIFEG pelo apoio a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Abate, C.; Botrel, T. A. Carneiro hidráulico com tubulação de alimentação em aço galvanizado e em PVC. *Scientia Agricola*, Piracicaba. v. 59. n. 1. p. 197-203, janeiro/março, 2002.
- Azevedo Netto, J.M. Manual de Hidráulica. Edgard Blucher 8ª edição. São Paulo. p. 325. 1998.
- 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*. Campina grande. v. 11. n. 4. p. 349-354. 2007.
- Carvalho, Djalma Francisco. Instalações Elevatórias – Bombas. FUMARC, 6ª edição. Belo Horizonte. 355 p. 1977.
- CERPCH – Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/arquivos/carneiro-hidraulico/carneiro-hidraulico.pdf>>. Acessado em 05 de Outubro de 2014.
- Dardot, Jean-Paul. Comportamento hidráulico de gotejadores pressurizados por carneiro Hidráulico. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Formas Alternativas de Energia). Curso de Pós Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2012.
- Ferreira, D. F. Sisvar: versão 4.2. Lavras: UFLA, 2003.
- Nogueira, D. B.; Souza, A. M. De.; Pinheiro, J. I.; Neto, O. C. Da R.; Teixeira, A. dos S. Avaliação de carneiro hidráulico de custo acessível. II INOVAGRI International Meeting. Fortaleza, Brasil. 2014.
- Oliveira, J. R. De; Koetz, M.; Silva, T. J. A. Da; Anicésio, E. C. A. de. Construção e avaliação de equipamento para bombeamento água tipo "carneiro hidráulico alternativo". *Enciclopédia Biosfera*. Centro Científico Conhecer. Goiânia. v. 7. n. 13. p. 1728-1734. 2011.
- Roldi Junior, G.; Lo Monaco, P. A. V.; Nascimento, D. P.; Madalon, F. Z.; Freire, F. da P. C. Construção de carneiro hidráulico utilizando garrafa PET e acessórios. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014. Campo Grande. 2014.
- Zárate Rojas, R. N. Modelagem, otimização e avaliação de um carneiro hidráulico. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ. Piracicaba. 70f. 2002.