



Influence of the volume/diameter of the pressure chamber lid on the efficiency of the hydraulic ram alternative

Influência do volume/diâmetro da tampa da câmara de pressão na eficiência do carneiro hidráulico alternativo

MILAGRES, Lucas José de Paiva⁽¹⁾; RIBEIRO, Carlos Henrique Milagres⁽²⁾; CARLOS, Roni Peterson⁽³⁾; BONIFÁCIO, Thatyelle Cristina⁽⁴⁾; TAVARES, Queila Gouveia⁽⁵⁾

⁽¹⁾ 0000-001-9518-775X; Engenheiro Agrônomo pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IFSEMG)– Campus Barbacena. BRASIL, E-mail: lucas_josee_2@hotmail.com.

⁽²⁾ 0000-0003-0850-4070; Mestrando em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). BRAZIL, E-mail: caarlos_henriquee_8@hotmail.com;

⁽³⁾ 0000-0002-8360-8665; Engenheiro Agrônomo pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IFSEMG)– Campus Barbacena. BRASIL, E-mail: ronipeterson95@outlook.com.

⁽⁴⁾ 0000-0001-9905-2967; Engenheira Agrônoma pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IFSEMG)– Campus Barbacena. BRASIL, E-mail: thaty.cris2013@yahoo.com.br.

⁽⁵⁾ 0000-0002-6928-9143; Doutoranda em Zootecnia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). BRASIL, E-mail: queila.tavares13@hotmail.com.

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

ABSTRACT

Não serão aceitos artigos fora da formatação constante do template oficial da Diversitas Journal.

Among one of the main problems affecting Brazilian agriculture, we can mention the transport of water, since in many places it is necessary to lift it and transport it to other areas. Equipment such as motor pumps is being used. However, they present a high cost to purchase the equipment, in addition to using non-renewable sources. Aiming to get around this fact, the use of hydraulic ram becomes a viable alternative, as it is a low-cost equipment whose function is to pump water without the use of fuel or electricity, and can alternatively be built with PVC parts, and PET bottles for be used as a pressure chamber, studies are needed to prove the efficiency of manufacturing this equipment with alternative parts. The objective of this work was to evaluate the functioning of the combination of different volumes (1, 2 and 3L) of the PET bottle pressure chamber in different diameters (0.5, 1.5 and 2.5 cm) of the hole in the bottle cap, and observe which of the combinations show the best performance, the highest flow rate and the ratio between the amounts of water hammer strokes per minute with repressed flow. The results show that the combination of the pressure chamber of a 2 L PET bottle with the diameter of the hole in the bottle cap of 2.5 cm presented better performance, higher flow and amounts of water hammer strokes per minute with repressed flow.

RESUMO

O transporte de água é um dos principais problemas encontrados na produção agrícola, visto que em muitas localidades é necessária sua elevação e transporte para outras áreas. Sendo utilizado equipamentos como motobombas. Entretanto, apresentam um alto custo para aquisição do equipamento, além de utilizar de fontes não renováveis. Visando contornar este fato, a utilização do carneiro hidráulico se torna uma alternativa viável, pois é um equipamento de baixo custo cuja função é bombear água sem a utilização de combustíveis ou energia elétrica, podendo ser construído alternativamente com peças de PVC, e Garrafas PET para ser utilizada como câmara de pressão, necessários estudos comprovando a eficiência a fabricação deste equipamento com peças alternativas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o funcionamento da combinação de diferentes volumes (1; 2 e 3L) da câmara de pressão de garrafa PET em diferentes diâmetros (0,5; 1,5 e 2,5 cm) do furo na tampa da garrafa, e observar qual das combinações que apresentam melhor rendimento, maior vazão e relação entre as quantidades de batidas de golpe de ariete por minuto com vazão recalçada. Os resultados apresentam que a combinação da câmara de pressão de garrafa PET de 2 L com o diâmetro do furo na tampa da garrafa de 2,5 cm apresentou melhor um rendimento, maior vazão e quantidades de batidas de golpe de ariete por minuto com vazão recalçada.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo:

Submetido: 08/01/2022

Aprovado: 07/07/2022

Publicação: 10/10/2022



Palavras-chaves representativas do trabalho, estas não devem estar contidas no título do artigo.

Keywords:

Water pump, water lifting, irrigation.

Palavras-Chave:

Bomba de ariete, elevação da água, irrigação.

Introdução

A água é um elemento fundamental para agricultura, utilizando-se em média 70% do consumo mundial, sendo ela, fator determinante para uma boa produção com alta rentabilidade, porém, muitas vezes, a mesma se encontra em locais de difícil acesso (BORGHETTI, 2017). Sendo necessária sua elevação e transporte para as áreas que carecem do recurso através de equipamentos, como, por exemplo, motobombas (COELHO *et al.*, 2014).

Entretanto, mesmo as motobombas apresentarem uma grande eficiência no seu trabalho, existem desvantagens, como o elevado custo para a aquisição do equipamento e manutenção, necessidade de consumo de energia elétrica ou combustíveis para desempenhar sua função (CARVALHO *et al.*, 2000). Sendo necessários equipamentos que apresentam um menor custo até a não utilização de fontes renováveis, como, por exemplo, o carneiro hidráulico (GOUVEA *et al.*, 2013).

O carneiro hidráulico de garrafa PET (poli tereftalato de etila), é uma alternativa econômica para a elevação e transporte de água visto que não é necessário o uso de combustíveis ou energia elétrica (BARBOSA, 2018), ser de fácil instalação e manutenção (OLIVEIRA *et al.*, 2011). Desta forma torna-se uma alternativa viável para pequenos e médios produtores devido seu funcionamento por meio do golpe de aríete, podendo funcionar o dia todo (COSTA, 2019).

Por se tratar de um equipamento simples, sua instalação deve ocorrer abaixo do nível da fonte de alimentação, em base firme e nivelada, ligado por tubulações de adução e recalque, para que trabalhe da melhor maneira possível, sem interrupções (GOUVEA *et al.*, 2013).

O equipamento é composto de uma câmara de pressão, responsável pelo amortecimento do golpe de aríete, realizado pela válvula instalada, cuja função é interromper bruscamente a água que passa pelo cano, causando uma sob repressão e possibilitando a elevação da água (NETTO, 2018; MAEDA, 2010). O golpe gera sons que se assemelham ao instinto do animal (carneiro) bater sua cabeça em diversas coisas, com isso, deu-se origem ao nome “Carneiro Hidráulico” (EPAGRI, 2013).

Apesar possuir vantagens, o equipamento necessita de condições específicas para o trabalho, como a disponibilidade de queda d’água mínima e limpa para alimentação. Como desvantagens, há ocorrência da produção de ruídos, e recalca somente parte da água utilizada na sua alimentação, necessária a instalação em locais onde haja o reaproveitamento ou o retorno da mesma de ao seu curso natural (CARARO, *et al.*, 2007).

Mesmo existindo alguns estudos referentes ao tema visando otimizar o trabalho do carneiro hidráulico, é necessário ainda aumentar a sua eficiência de forma mais simples e barata, buscando alternativas na construção para gerar economia nas propriedades rurais (GOUVEA *et al.*, 2013). Além de melhorar seu desempenho, e buscando alternativas que aumentem a vazão recalçada e diminuir a perda, otimizando o trabalho e tornando-o cada vez mais viável e acessível aos produtores.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o funcionamento da combinação de diferentes volumes (1; 2 e 3L) da câmara de pressão de material alternativo (garrafa PET) em diferentes diâmetros (0,5; 1,5 e 2,5 cm) do furo na tampa da garrafa, e observar qual das combinações que apresentam melhor rendimento, maior vazão e relação entre as quantidades de batidas de golpe de aríete por minuto com vazão recalçada.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido nas instalações do Núcleo de Agricultura do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – *Campus* Barbacena, pertencente ao município de Barbacena, Minas Gerais (21° 22' 64" S, 43° 77' 42" W, altitude 1173 m), onde conforme a classificação de Köppen do tipo Cwb, clima subtropical de altitude, com inverno seco e verão ameno, temperatura média anual de 18°C e precipitação em torno de 1400 milímetros (REBOITA *et al.*, 2015)

Para a confecção do carneiro hidráulico (Tabela 1), foi utilizada na construção peças de PVC e válvulas, utilizando luvas, joelhos, tê, niple, reduções, e partindo para o teste em campo, com a coleta de dados.

Tabela 1 – Relação de peças utilizadas na construção do carneiro hidráulico para execução do experimento.

Peças	Diâmetro de entrada	Quantidade
Garrafa PET	-	1
Tampa da Garrafa	-	1
Adaptador para mangueira	19 mm (3/4")	1
Bucha de redução (rosqueável)	25 mm (1") x 19 mm (3/4")	2
Niple (rosqueável)	19 mm (3/4")	1
Niple (rosqueável)	25 mm (1")	4
Joelho (rosqueável)	25 mm (1")	1
Luva (rosqueável)	25 mm (1")	1
Tê (rosqueável)	25 mm (1")	2
Válvula de retenção vertical (Tipo Docol)	25 mm (1")	1
Válvula de poço	19 mm (3/4")	1
Parafuso	M3	1
Porcas	-	3
Arruela	-	1
Mola de guarda-chuvas	-	1

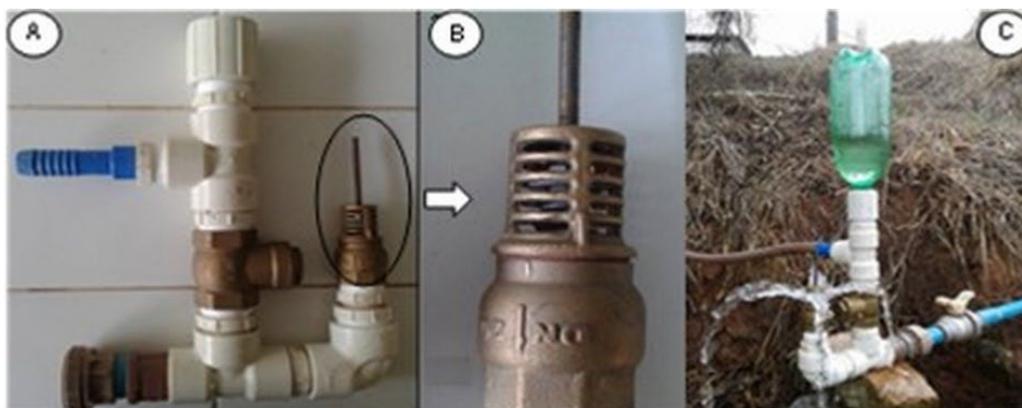
Fonte: Elaborado pelos autores.

Foi utilizada uma válvula de retenção vertical (Figura 1) adaptada a um parafuso para regulagem e uma mola (de guarda-chuvas), cuja finalidade da peça completa, é realizar o golpe de aríete, devido ser um dos fatores responsáveis para a realização do trabalho do equipamento, realizando um papel fundamental no transporte da água.

Terminada a construção, o equipamento foi levado a campo para calibração (Figura 1), e instalado em um desnível de 1,66 metros, valor obtido através do nível de mangueira

transparente, preenchida com água, sendo medida o nível da parte mais alta com relação à parte mais baixa, de onde será instalado o equipamento da fonte de alimentação até o carneiro hidráulico por uma tubulação de PVC de 50 mm (2"). Para a realização do experimento foi utilizado uma altura e distância de 6 e 40 metros respectivamente.

Figura 1- Construção do carneiro hidráulico alternativo, através de diferentes peças de PVC, e sua instalação e calibração no campo.

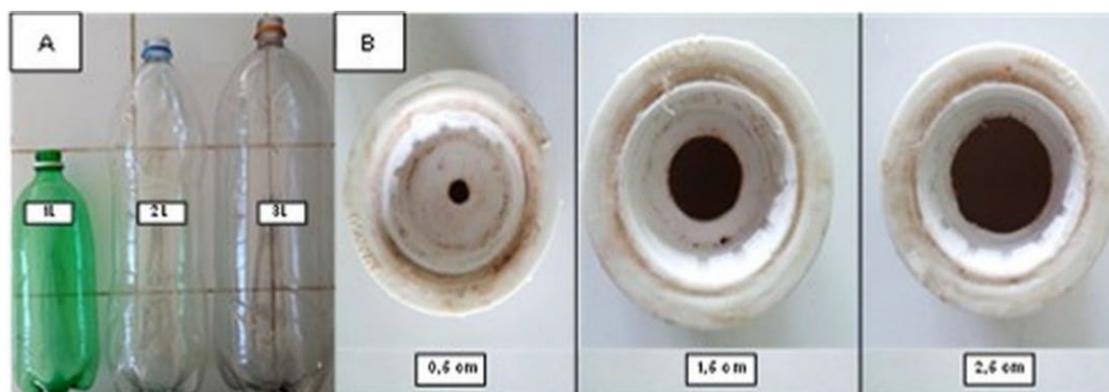


Legenda: A. Carneiro hidráulico construído; B. Válvula de retenção vertical em conjunto ao parafuso e à mola de guardas chuvas; C. Instalação e calibração do equipamento.
Fonte: acervo pessoal dos autores.

A vazão de alimentação foi quantificada pelo método direto, medindo-se o volume coletado, com ajuda de um cronômetro e um recipiente graduado, num tempo de 30 segundos, sendo o procedimento repetido 3 vezes, obtendo assim uma média de tempo de 3,6 L/min.

Os tratamentos utilizados (Figura 2) foram três diferentes tipos de tamanho de garrafa PET (1L, 2L e 3L), com três diferentes diâmetros de furo na tampa da garrafa (0,5 cm, 1,5 cm e 2,5 cm), e sua influência na velocidade de trabalho do carneiro, em relação aos valores referentes às batidas realizadas pelo golpe de aríete. Cada tratamento, foi realizado separadamente, mantendo-se as características construtivas do carneiro hidráulico.

Figura 2 - Diferentes volumes de Câmaras de pressão alternativa de garrafa (A), e diferentes diâmetros da tampa do furo da garrafa (B), utilizados para realização do experimento.



Fonte: acervo pessoal dos autores.

Foi realizada a avaliação do rendimento do carneiro hidráulico nas devidas condições de montagem e instalação, a fim de se observar se o mesmo estava trabalhando de acordo com o citado na literatura pela fórmula desenvolvida por Cacaro (2007), (equação 1):

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

As letras na equação 1 representam: q = Vazão Recalcada pelo Carneiro Hidráulico (L min⁻¹); Q = Vazão de Alimentação do Carneiro Hidráulico (L min⁻¹); η = Rendimento do Carneiro Hidráulico (adimensional); h = Altura de Sucção (m); H = Altura de Recalque (m).

Efetuuou-se a análise estatística dos dados de vazão de recalque utilizando-se a análise de variância e o teste de comparação de médias por Tukey ao nível de significância de 5% pelo programa SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância a 5% de probabilidade (Tabela 3), constatou-se que houve diferenças significativas entre os tratamentos apenas para o diâmetro do furo na tampa na garrafa, e para a câmara de pressão garrafa PET. Com isso, foi realizado o teste de Tukey a 5%, para cada variável analisada.

Tabela 3. Valores referentes à análise de variância, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Parâmetros avaliados	Pr > Fc
Diâmetro do furo na tampa da garrafa	0,0000
Câmara de pressão de garrafa PET	0,0042
Diâmetro do furo * Garrafa PET	0,1252

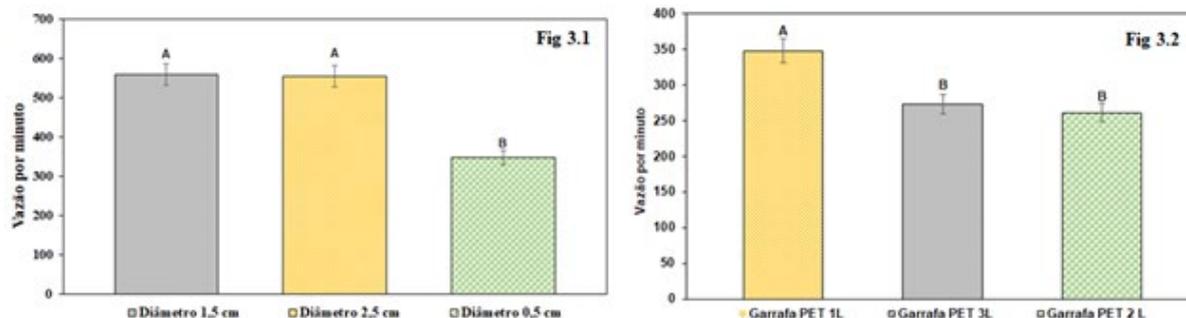
Valores de Pr > Fc maiores que 0,05 indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Pr = Probabilidade de rejeição de H₀ a 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes encontrados por Borzi e Prado (2018), em diferentes câmaras de pressão de garrafas PET de 0,5L, 1L e 2L, não apresentando influência no desempenho do equipamento.

Através da análise da variação do diâmetro do furo da garrafa (Figura 3.1) com ambas as garrafas foram uniformes para os maiores diâmetros, e somente o teste de 0,5 cm se mostrou inferior, apresentando médias diferentes em relação aos outros dois.

Já com relação a variável “Volume da garrafa PET” (Figura 3.2), pode-se concluir que ambos os testes apresentaram médias semelhantes, apresentando como única variação, a interação entre o diâmetro de 0,5 cm com o volume de 1L, porém, por ser uma média inferior quando se comparado aos outros diâmetros, se torna irrelevante.

Figura 3. Valores referente ao teste de Tukey comparando os três diâmetros para o volume de 1L (Fig 3.1) e Valores referentes ao teste de Tukey comparando os três volumes da câmara de pressão para o diâmetro de 0,5 cm (Fig 3.2)

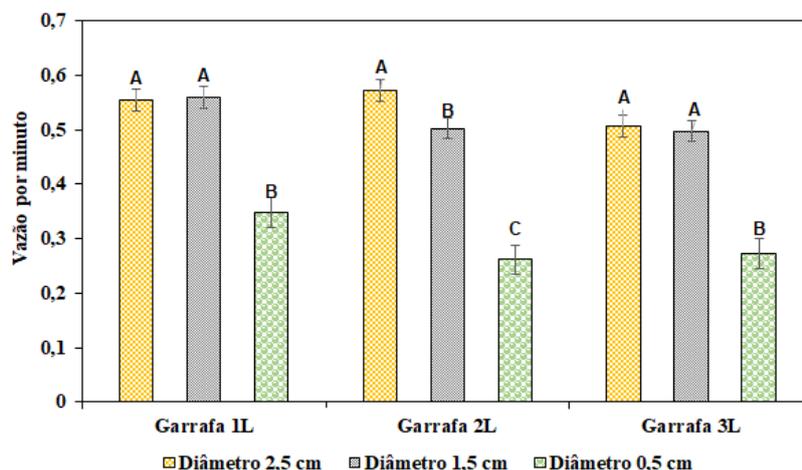


Legenda: Médias seguidas da mesma letra “situadas acima do gráfico” não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelos autores.

Com relação a avaliação da maior vazão por minuto em todas as combinações testadas, (Figura 4), observou o diâmetro 2,5 cm apresentou maior teor de vazão em todos os tratamentos em estudos, já o diâmetro 1,5 cm não se diferiu entre a garrafa 1 e 3 litros, diferindo-se apenas da garrafa de 2 litros, já para o diâmetro de 0,5 cm se diferiu em todos os tratamentos em estudos.

Figura 4. Valores referentes da média das vazões por minuto, dos diferentes volumes de câmaras de pressão alternativa de garrafa PET, com os diferentes diâmetros do furo da tampa da garrafa.



Legenda: Médias seguidas da mesma letra “situadas acima do gráfico” não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelos autores.

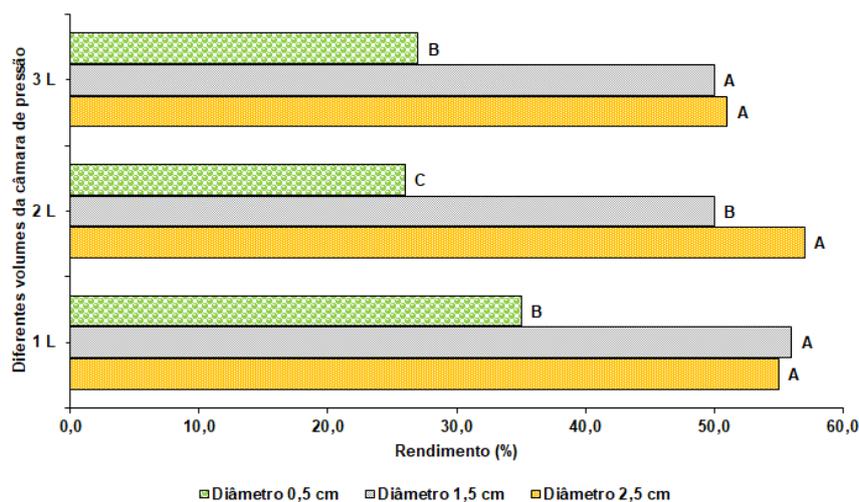
Resultado contrário encontrado por Oliveira *et al.* (2011), na utilização da câmara de pressão de 0,6 e 2 L, e por Cararo *et al.* (2007), na câmara de pressão 0,6 e 2,5 L de garrafa PET, onde a câmara de pressão de garrafa PET de 0,6 L apresentou melhor resultado de vazão

por minuto com o diâmetro de furo na tampa da garrafa de 2,5 cm. Porém no estudo realizado por Junior *et al.* (2021), estudo desempenho do carneiro hidráulico construído com diferentes volumes de câmara de ar foi observado que a câmara de ar de 0,25 L se obteve maior resultado de vazão quando comparado com os outros volumes

Dentre a variação dos resultados com as diferentes câmaras de garrafa PET, pode estar relacionado desde fatores a campo, como fluxo do local da captação de água, dado que na câmara de ar o volume reprimido pode variar conforme a repressão da diferença da altura e impulsionar o fluido para o tudo de distribuição (YONG, 1995; CARARO *et al.*, 2007).

Os dados obtidos através do cálculo de rendimento das diversas combinações de volume da câmara de pressão e diâmetro do furo da tampa da garrafa (Figura 5), demonstram que a câmara de pressão de garrafa PET e 2 L com diâmetro do furo da tampa da garrafa de 2,5 cm que apresentou melhor rendimento.

Figura 5. Valores referentes à análise de rendimento dos diferentes volumes da câmara de pressão e diâmetro de furo na tampa na garrafa.



Fonte: elaborado pelos autores.

Entretanto, com exceção do diâmetro do furo na tampa da garrafa de 0,5 cm, no volume da câmara de pressão de 2 e 3 L para altura de 6 metros, estão dentro da faixa ideal de rendimento do equipamento, estando entre 30 a 60% (CERPCH, 2002; BARBOSA, 2018).

Através da análise de variância constatou-se que não houve diferença significativa para o número de batidas de golpe de ariete por minuto, sendo observado na tabela 4.

Tabela 4. Valores referentes à análise de variância relacionado a frequência do carneiro hidráulico, com relação à quantidade de batidas de golpe de ariete por minuto sobre os diferentes volumes da câmara de pressão e diâmetro de furo na tampa da garrafa de 2,5 cm.

Volume câmara de pressão	Pr > Fc
Batidas por minuto	0,470

Porém, os valores expostos na tabela 5, indica que as médias de batidas por minuto, embora não haja diferença significativa entre os diferentes volumes da câmara de pressão, observa-se uma diferença de valores nos parâmetros avaliados.

Tabela 5. Valores médios relacionados à vazão e frequência do carneiro hidráulico, com relação à quantidade de batidas de golpe de aríete por minuto sobre os diferentes volumes da câmara de pressão e diâmetro de furo na tampa da garrafa de 2,5 cm.

Volume câmara de pressão	Batidas (/minuto)
1 litro	76
2 litros	70
3 litros	72

Fonte: elaborado pelos autores.

Resultados diferente do presente estudo, encontrados no experimento realizado por Cararo et al. (2007), com uma frequência de 60 batidas por minuto e no trabalho realizado por Ykeda et al. (2019), uma frequência de 44 batidas. Podendo ser justificado esta diferença entre os valores devido ao material utilizado como câmara de pressão, e altura de recalque (CARARO et al., 2007; YEKEDA et al., 2019).

CONCLUSÃO

Conclui-se que a câmara de ar de 2 L com diâmetro de 2,5 cm apresentou melhores resultados, como maior vazão, rendimento e batidas de golpe de aríete por minuto com vazão recalçada.

REFERÊNCIAS

- Barbosa, EHS (2018). Fabricação e Estudo de um Carneiro Hidráulico de Baixo Custo (Tese de bacharelado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).
- Borghetti, J. R., Silva, W. L. C., Nocko, H. R., Loyola, L. N., & Chianca, G. K. (2017). Agricultura irrigada sustentável no Brasil: identificação de áreas prioritárias. Brasília: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura.
- Borzi, NRG, & do Prado, G. (2018). CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE CARNEIROS HIDRÁULICOS. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, 12 (5), 2954-2963.
- Cararo, D. C., Damasceno, F. A., Griffante, G., & Alvarenga, L. A. (2007). Características construtivas de um carneiro hidráulico com materiais alternativos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 11, 349-354.
- CARVALHO, J. D. A., BRAGA JÚNIOR, R. A., & REIS, J. (2000). Análise de custos na escolha do tipo de motor para acionamento de bombas em áreas irrigadas. Ciência e Agrotecnologia, 24(2), 434-440.
- CERPCH – Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos. Carneiro hidráulico. 2002.
- Coelho, E. F., Silva, A. J. P., Parizotto, I., & Silva, T. S. M. (2014). Sistemas e manejo de

- irrigação de baixo custo para agricultura familiar. Cruz das almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura.
- Costa, N. D. A. M. (2019). Adoção do carneiro hidráulico para estudo didático (Bachelor's thesis, Brasil).
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Carneiro Hidráulico. (2013). Rural de Santa Catarina-Epagri. Dados e informações Carneiro Hidráulico: UPR, 8.
- Ferreira, DF (2011). Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. Ciência e agrotecnologia , 35 , 1039-1042.
- GOUVEA, C., SILVA, D., HURTADO, A., & MACEDO, M. (2013). Aumento de eficiência de um carneiro hidráulico para uso no meio rural. Espacios, 34(6), 12-20.
- Junior, MV, da Silva, RTL, Moreira, WKO, de Souza, JL, Sarmiento, CS, & dos Santos Rodrigues, JL (2021). Desempenho de carneiro hidráulico construído com diferentes volumes de câmara de ar. Revista Engenharia na Agricultura-REVENG, 29 , 17-27.
- Maeda, L. K. (2010). Análise de sistemas alternativos de bombeamento, condução de água e irrigação: estudo de caso a horta municipal de São Carlos (Doctoral dissertation, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO).
- NETTO, J.M.A.; FERNANDÉZ, M.F; ARAUJO, R; EIJILTO, A. Manual de hidráulica. 8.ed. São Paulo: butcher, 2018. 120p;
- Oliveira, J., Koetz, M., Silva, T. J., & Anicésio, E. C. (2011). Construção e avaliação de equipamento para bombeamento de água tipo “Carneiro Hidráulico alternativo”. Enciclopédia Biosfera, 7(13).
- Reboita, M. S., Rodrigues, M., Silva, L. F., & Alves, M. A. (2015). Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Climatologia, 17.
- Ykeda, G. E., da Silva Barbosa, F., & Del Pino, M. A. I. T. (2019). Estudo do rendimento de bombeamento para um protótipo de carneiro hidráulico de PVC. Revista Agrogeoambiental, 11(1).