

Sistema de bombeamento sustentável: aperfeiçoamento do sistema carneiro hidráulico e bomba volumétrica para o meio urbano na cidade de Boa Vista-RR

Sustainable pumping system: improvement of the hydraulic ram and volumetric pump system for the urban environment in the city of Boa Vista-RR

DOI:10.34117/bjdv8n2-387

Recebimento dos originais: 07/01/2022

Aceitação para publicação: 01/02/2022

Emerson Lopes de Amorim

Mestre em Física de Plasma

Instituição: Centro Universitário Estácio da Amazônia

E-mail: emersonufr@gmail.com

Francilene Cardoso Alves Fortes

Doutora Agronomia Irrigação e Drenagem

Instituição: Universidade Estadual Paulista SP

E-mail: lene_fortes@yahoo.com.br

Rodrigo Viana Bezerra

Graduado em Educação Física –IFRR

Instituição: Professor na rede Estadual de Ensino e Técnico em Assuntos Educacionais do IFRR

E-mail: rodrigo.bezerra@ifrr.edu.br

RESUMO

Objetivo geral desse trabalho foi aperfeiçoar um sistema de bombeamento que possa substituir uma bomba elétrica em residência unifamiliar no município de Boa Vista/RR. O equipamento é uma alternativa de bombeamento sustentável, tendo em vista que pode substituir bombas industriais que demandam o uso de energia elétrica ou combustíveis fósseis. Teve por metodologia abordagem qualitativa, exploratório de caráter bibliográfico e de campo. Os testes realizados mostraram que o tamanho do tambor não influencia na capacidade de geração de pressão. Assim foi possível observar que tambores com volume acima de 50 litros não são interessantes para o meio urbano devido aumento do gasto com água. Então foi escolhido para este sistema o tambor de 30litros. Também foi possível resolver o problema de desperdício de água do carneiro hidráulico, colocando um recipiente para coletar água e enviar por gravidade para a cisterna. A tubulação que atendeu ao sistema de escoamento foi a de 20mm e o carneiro hidráulico ficou com um diâmetro de 25mm.

Palavras chaves: Bombeamento d'água, Sistema, sustentável, carneiro.

ABSTRACT

The general objective of this work was to improve a pumping system that can replace an electric pump in a single-family residence in the municipality of Boa Vista/RR. The equipment is a sustainable pumping alternative, as it can replace industrial pumps that

require the use of electricity or fossil fuels. The methodology used was a qualitative, exploratory bibliographic and field approach. The tests carried out showed that the size of the drum does not influence the pressure generation capacity. Thus, it was possible to observe that drums with a volume above 50 liters are not interesting for the urban environment due to the increase in water expenditure. So the 30liter drum was chosen for this system. It was also possible to solve the problem of wastage of water from the hydraulic ram, placing a container to collect water and send it by gravity to the cistern. The pipe that served the drainage system was 20mm and the hydraulic ram had a diameter of 25mm.

Keywords: Water pumping, System, sustainable, sheep.

1 INTRODUÇÃO

A fim de buscar alternativas econômicas de bombeamento da água para reservatórios superiores facilitando o uso de fontes alternativas de água incentivando a economia dos recursos hídricos com o mínimo de consumo elétrico, pensou-se em desenvolver um sistema de bombeamento movido à pressão e que venha substituir uma bomba elétrica. Sendo assim, é possível reduzir o gasto com energia elétrica contribuindo com a preservação do meio ambiente.

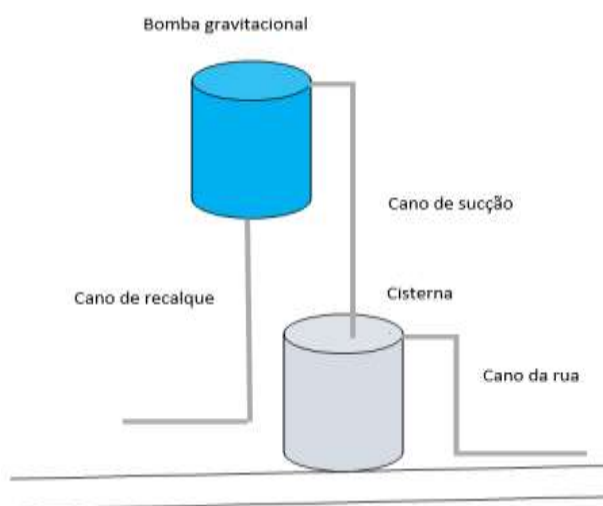
Neste sentido, as bombas são usadas nos projetos de instalações hidráulicas na construção civil para realizar sucção e recalque. Esses sistemas são de grande importância para o abastecimento de água para os moradores das cidades. Assim, um dos problemas encontrados nesses sistemas é que o gasto com energia elétrica e o elevado preço das bombas acaba dificultando o acesso dessas bombas por famílias carentes. Nesse contexto a cidade de Boa vista, capital do estado de Roraima passa por vários problemas de falta de água para os moradores dos bairros mais afastado do centro da cidade. Geralmente esses bairros são denominados como periféricos e apresentam grande maioria dos moradores sendo famílias carentes, sem condição de comprar uma bomba elétrica para realizar o processo de elevatória da água de uma cisterna para uma caixa d'água.

Assim, objetivo geral desse trabalho foi pensado com uma forma de aperfeiçoar um sistema de bombeamento que possa substituir uma bomba elétrica em residência unifamiliar no município de Boa Vista/RR. E os específicos são: montar o sistema de bombeamento sustentável; analisar altura ideal entre o tambor, cisterna e carneiro hidráulico; determinar o diâmetro da tubulação e reduzir o gasto de água na válvula do carneiro hidráulico.

2 METODOLOGIA

A pesquisa teve abordagem qualitativa, exploratório de caráter bibliográfico e de campo. Assim desenvolveu-se o estudo em uma residência unifamiliar, localizada no bairro Santa Teresa na cidade Boa Vista/ RR, aonde foi confeccionada a bomba sustentável. Ela é composta por um recipiente hermeticamente fechado suspenso em uma base sobre solo, com disposições de tubos de sucção e recalque da água, um recipiente para cisterna, um carneiro hidráulico e um recipiente para coletar água do carneiro hidráulico conforme figura 1.

Figura 1: Sistema de bombeamento sustentável



Fonte: Autor (2021)

O funcionamento do sistema de bombeamento sustentável, figura 1 ocorre da seguinte forma: a bomba sustentável é responsável por fazer a captação da água da cisterna de alimentação, e distribuir para o carneiro hidráulico que é responsável pelo recalque da água até o reservatório superior. O coletor do carneiro devolve água para a cisterna. A disposição construtiva foi realizada da seguinte forma: foi posicionado um reservatório para a cisterna com um volume de 50 litros que ficou com uma altura de entrada de água de 1 metro, altura máxima que água sobe as 12 horas no local. Conforme figura 02 (A).

Figura 02: A- Reservatório da cisterna; B - Recipiente da Bomba volumétrica.



Fonte: Autor (2021).

Após a confecção da bomba de 30 litros, a mesma foi posicionada sobre uma coluna de madeira de 1m e 20cm de altura, em relação ao recipiente da cisterna, onde na Figura 02 (B) conectou-se 1m e 20cm de cano com diâmetro de 20mm na vertical mais 20 cm na horizontal conectado a um joelho de 20mm. Já o carneiro hidráulico foi confeccionado com um tubo PVC com diâmetro de 25mm e colocado na horizontal conforme a figura 03.

Figura 03: Cano na horizontal conectado ao carneiro hidráulico.



Fonte: Autora (2021).

Na figura 03 foi mantido constante altura de recalque ou elevação em 2,35m e foi alterado altura de queda que água chega no carneiro hidráulico com objetivo de encontrar a melhor eficiência do carneiro hidráulico.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 SISTEMA DE BOMBEAMENTO ALTERNATIVO

Com a intenção de reduzir o gasto com combustível fóssil e diminuir o impacto ambiental causado pelo o uso dos mesmos, sistemas de bombeamentos vem sendo desenvolvidos por comunidades e pesquisadores com uma tentativa de atender comunidades que não tem acesso tão fácil a sistema de bombeamento sofisticado.

Diante disso, objetivou-se esta pesquisa em buscar formas alternativas sem o uso da energia elétrica, devido à crise energética que o estado de Roraima vem sofrendo, e consequentemente aumenta o custo da energia e dos produtos provenientes do petróleo se tornam onerosos aos pequenos produtores, no entanto, Guardabassi (2006) aborda muito bem que todas as fontes de energia devem ser utilizadas de maneira sustentável e econômica para que possam garantir sua utilização de forma contínua e segura.

Assim, segundo Mado (2007), a bomba gravitacional foi criada nos anos 80 e o carneiro hidráulico vem também sendo usado por comunidades rurais para o bombeamento de água. Além das bombas existe as tubulações de sucção e recalque que são conectadas nas bombas e usadas para retirar e transportar os fluidos até o seu destino final. Essas tubulações são de baixo custo e podem ser encontrada em lojas de matérias de construção (HORNE, B.; NEWMAN, 2005).

3.2 BOMBA GRAVITACIONAL

A bomba gravitacional tem seu princípio de funcionamento no deslocamento de um fluido no interior de um recipiente hermeticamente fechado, quando o liquido se desloca gera uma pressão negativa e possibilita a realização do processo de sucção.

Diante disso, quando se necessita elevar água a um local acima da sua fonte, usam-se as já bem conhecidas bombas d'água ou sistemas elevadores. Assim, este trabalho estará em consonância ao trabalho realizado por Oh (2019), o qual projetou um sistema de bombeamento sustentável utilizado os dois modelos de bomba, trabalhando em série, a bomba de nível é responsável pela captação da água para a alimentação do carneiro hidráulico, que tem a função de elevar a água ao reservatório superior.

Sendo assim a bomba gravitacional é classificada como volumétrica que segundo Azevedo Netto et al. (2003), deslocam uma quantidade de fluido que é definida pelas dimensões e geometria, contra uma pressão que é determinada pelas diferenças de alturas de recalque, altura de sucção e pelas perdas devidas ao atrito no sistema de tubulação.

3.3 CARNEIRO HIDRÁULICO

O carneiro hidráulico foi inventado em 1796 pelo cientista francês Jacques E. Montgolfier. É um equipamento muito simples e de grande utilidade para o abastecimento de água nas propriedades rurais, podendo ser definido como uma máquina de elevação de água com energia própria (FRAENKEL; THAKE, 2010).

3.4 GOLPE DE ARÍETE

O princípio de funcionamento do carneiro hidráulico é o golpe de aríete, segundo Dardot (2012), esse golpe acontece devido ao choque violento que se produz sobre as paredes de um condutor forçado quando o movimento do líquido é modificado bruscamente.

Ainda Oliveira et. al (2012), o carneiro hidráulico usa esse princípio para elevar água usando sua própria energia hidráulica, geralmente ele é aplicado em um córrego e sua instalação é feita em um nível inferior a conta do córrego para que tenha um desnível. Para um bom funcionamento o desnível não pode ser inferior a um metro.

É possível calcular de forma teórica a quantidade de água elevada em função do desnível usando a equação 1.

$$R = \frac{q}{Q\left(\frac{h}{H}\right)} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo q = vazão a elevar, l/s; Q = vazão mínima para operar o aparelho l/s; h = altura de queda, metros; H = altura de elevação, metros; R = eficiência experimental.

A eficiência teórica (n) pode ser calculado usando a relação $\frac{h}{H}$, os testes teóricos variam entre 20 a 70%. Assim, para completar a equação 1 é preciso calcular a vazão (Q), pega-se um recipiente com escala e mede-se o tempo que leva para encher esse recipiente com o fluido, depois divide-se esse volume pelo tempo.

3.5 TUBULAÇÃO DE SUÇÃO E RECALQUE

Conforme Diwan, Patel; Sahu (2016), tubulação é a organização de um sistema de tubos em série ou paralelo organizados para transportar água e em geral são compostos por cotovelos, válvulas, medidores e outros dispositivos. Assim, a tubulação de sucção fica localizada antes da bomba e retirar o fluido de um recipiente e levar para o recipiente da bomba. Já a tubulação de recalque fica após a bomba e fica responsável pelo processo de elevatório da água.

3.6 PARÂMETROS HIDRÁULICOS

3.6.1 Vazão

Segundo Brunetti (2008), existe três tipos de vazões: volumétrica, massa e peso. Nesse estudo será adotado a vazão volumétrica que é definida como a quantidade de volume de água que passa por uma seção transversal de tubo cilíndrico em um intervalo de tempo. Ela poder ser representada pela equação 2 e sua unidade no sistema internacional de unidade é adotado o metro cubico por segundo.

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}} \quad \text{Equação 2}$$

A vazão pode ser calculada de forma experimental e teórica. A experimental é calculada medindo-se por exemplo usando uma Proveta Plástica Graduada 1000ml conforme figura 04 ou usando outro recipiente graduado.

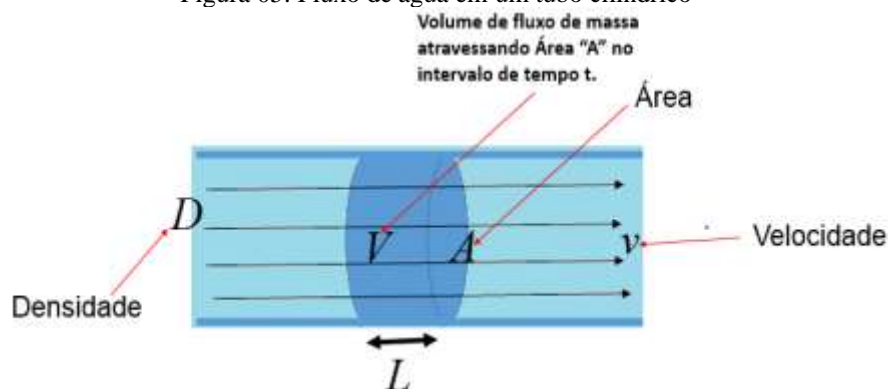
Figura 04: Proveta graduada com 1L



Fonte: Autor (2021)

Segundo Amorim et al. (2017), a vazão teórica pode ser calculada usando as equações 3 que vão fazer uma previsão do seu valor.

Figura 05: Fluxo de água em um tubo cilíndrico



Fonte: Amorim (2017).

$$Fluxo = \frac{m}{t} = \frac{DV}{t} = \frac{DAL}{t} = DA \frac{L}{t}$$

$$Fluxo = DAv$$

Equação 3

Sendo na equação 3: m = massa, t = tempo, D = densidade, V = volume, A = área da seção transversal, L = comprimento da seção cilíndrica, v = velocidade do líquido. Sendo assim, fluxo ou vazão teórica pode ser encontrado pelo produto entre as grandezas: densidade, área e velocidade.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

A fim de alcançar os objetivos propostos na tabela 1, são apresentados os dados da eficiência teórica da bomba usando a razão entre a altura de alimentação h da bomba gravitacional em relação ao carneiro hidráulico e altura de recalque H que o carneiro faz a elevatória da água para a caixa d'água, sendo: $n = h / H$.

Tabela 1: Análise da eficiência teórica x Experimental

Altura de elevação H (m)	Altura da queda h (m)	Eficiência teórica (n)	Eficiência experimental (R)
2,35	1	0,43	0,38
2,35	1,15	0,49	0,44
2,35	1,25	0,53	0,45

Fonte: Autor (2021).

Assim, mantendo a altura de recalque constante e variando a altura de alimentação do carneiro hidráulico em relação à bomba gravitacional foi possível observar que no teste 1 o rendimento foi de 43%, no teste 2 ficou com 49% e no teste 3 obteve-se o melhor resultado com 53%. A eficiência experimental foi calculada usando a equação 1, assim foi possível observar que o valor do teste 1 ficou com 38%, o teste 2 com 44% e o teste 3 com 45%.

Com estes dados pode-se dizer que quanto maior for o desnível do carneiro hidráulico em relação a lamina d'água da cisterna melhor será o seu rendimento.

Já para a tabela 2, foram encontrados os valores das vazões em l/s, no teste 1 tem-se uma vazão de 0,20 litros por segundo para a vazão de elevatória, ou seja, a que vai chegar na caixa de água a uma altura de 2,35m. Para o teste 2 tem-se uma vazão de 0,27 litros por segundo e para o teste 3 uma vazão de 0,3 litros por segundo. A vazão de entrada no carneiro hidráulico foi mantida constante com um valor de 1,25litros por segundos.

Tabela 2: Vazão de saída e entrada da bomba

Teste	Vazão q (l/s)	Vazão Q (l/s)
1	0,20	1,25
2	0,27	1,25
3	0,30	1,25

Fonte: Autor (2021).

É possível observar que o carneiro hidráulico recebe uma vazão de 1,25 e a máxima vazão recalçada foi de 0,30 litros por segundo, correspondendo 24%. Fazendo uma estimativa em 1min foi recalçado 18 litros e 1h foi recalçado aproximadamente 1000 litros. Esse valor foi obtido para uma diferença entre eficiência teórica e experimental próxima.

Sendo assim, a altura ideal para a cisterna seria 1,5m para que o carneiro tenha um desnível de 1m e trabalhe com uma eficiência máxima. A bomba gravitacional ficaria com uma altura de 65cm em relação a cisterna e com 1,65 metros em relação ao solo do terreno.

Já quanto com relação ao diâmetro dos canos o que teve a melhor vazão no cano de 20mm para a sucção e para o recalque. Essa disposição ao colocar a tubulação com o mesmo diâmetro melhora a vazão do sistema e está de acordo com as pesquisas bibliográficas realizadas por Pinheiros; Amorim; Fortes (2020).

5 CONSIDERAÇÕES

Pode-se dizer com os resultados encontrados e que os testes realizados mostraram que o tamanho do tambor não influencia na capacidade de geração de pressão. Assim foi possível observar que os tambores com volume acima de 50 litros não são interessantes para o meio urbano devido aumento do gasto com água. Então após revisão bibliográfica de outros trabalhos o que melhor se adaptou no sistema foi o de 30 litros devido a facilidade em reabastecimento do reservatório da bomba gravitacional.

É possível observar que o carneiro hidráulico recebe uma vazão de 1,25 e a máxima vazão recalçada foi de 0,30 litros por segundo, correspondendo 24%. Com isso observa-se que parte da água sofre elevação ou recalque e a outra parte é desperdiçada pela válvula de respiro do carneiro hidráulico. Para resolver esse problema foi posicionado um recipiente embaixo do carneiro hidráulico para coletar essa água e devolver para a cisterna por gravidade. Assim não ocorre desperdício de água durante o funcionamento da bomba.

Neste sentido, a altura ideal para a cisterna seria 1,5m para que o carneiro tenha um desnível de 1m e trabalhe com uma eficiência máxima.

Com relação ao diâmetro dos canos o que teve a melhor vazão foi o cano de 20mm para a sucção e para o recalque, concordando com as pesquisas bibliográficas realizadas por Pinheiros; Amorim; Fortes (2020).

A escolha do carneiro hidráulico de 25mm foi feita com base em outros trabalhos realizados e que para distâncias pequenas é melhor usar esse diâmetro de 25mm.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO. et al. **Manual de Hidráulica**. 8. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 669 p.

BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos fluidos**. 2ª Ed. rev. Pearson Prentice Hall. São Paulo, 2008.

DARDOT, J. P. Comportamento hidráulico de gotejadores pressurizados por carneiro hidráulico. TCC de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 2012. 83 p.

DIWAN, P.; PATEL, A.; SAHU, L. **Design and fabrication of hydraulic ram with methods of improving efficiency**. *International Journal of Current Engineering and Scientific Research*, v.3, n.4, p.5-13, 2016.

AMORIM, E. L.; PEREIRA, M. S.; MELO, E. A. ; FORTES, F. C. A. ; SOUZA, K. L. J. L. Equação da continuidade aplicada ao Cálculo de Vazão do igarapé São Lourenço do Município de Cantá. *Pey Këyo Científico*, v. Vol. 2, p. 1650, 2017.

FRAENKEL, P.; THAKE, J. *Dispositivos de Elevación del Agua*. 3ª Ed. México: Alfaomega, 2010. 352 p.

HORNE, B.; NEWMAN, C. *Hydraulic ram*. The centre for alternative technology. 2005. Disponível em: <<http://www.cat.org.uk/information/tipsheets/hydram.html>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

MARROQUIN, C. *Sistema de bombeamento d'água Acionado por Propulsão Humana*. University of Shafild (U.K.), 2012.

OH, D. S. *Desenvolvimento e aplicação de um sistema de bombeamento d'água sustentável para irrigação*. Boa vista, 2019. TCC (Graduação) – CURSO DE ENGENHARIA CIVIL . CENTRO UNIVERSITÁRIO ESTÁCIO DA AMAZÔNIA.

OH, D. de S; AMORIM, E. L; FORTES, F. C. A. *Desenvolvimento e aplicação de um sistema de bombeamento d'água sustentável para irrigação*. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 5, n. 12, p.32300-32315 dec 2019.

OLIVEIRA, J. R., et al. *Construção e avaliação de equipamento para bombeamento de água tipo “ Carneiro Hidráulico alternativo”*. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2011.

PINHEIRO, L. P; AMORIM, E. L; FORTES, F. C. A. *Estudo da pressão produzida por tambores de 200 litros para realizar sucção da água em função dos parâmetros de altura e diâmetro da tubulação*. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 6, n. 13, p.98504-98516 dec 2020.

MADO. R; SAPAR.F; ABANAT. J D J; KUPANG.P. N. *Design of Energy Saving Vacuum Pumps* *Jurnal Teknik Mesin*. 1–11.