

DIMENSIONAMENTO DE UMA BOMBA PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA USO DE UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

L. S. GARCIA¹, A. C. O. MAFRA¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharia de Várzea Grande
E-mail para contato: leticia-s.garcia@hotmail.com

RESUMO – A maioria das indústrias possui um consumo demasiado de água, o que propicia muitos gastos. Por isso, cresce a busca por fontes alternativas desse recurso como a captação de águas pluviais, uma forma de reutilização de água que pode fornecer vantagens econômicas sobre os métodos usuais de obtenção, além de contribuir para soluções mais sustentáveis, que auxiliam na economia. O presente estudo teve como objetivo a simulação e dimensionamento de uma bomba para o aproveitamento pluvial de uma indústria alimentícia. Palavras chave: Água de chuva. Indústria alimentícia. Bomba.

1. INTRODUÇÃO

As bombas podem ser classificadas como bombas dinâmicas ou turbobombas e como bombas volumétricas ou de deslocamento positivo. Bombas volumétricas se caracterizam por fornecer ao fluido energia sob forma de pressão sem necessidade em transformar para energia cinética. Dentro desta bomba existem espaços que são preenchidos pelo fluido que logo depois são expulsos fazendo com que a movimentação que o líquido possui seja o mesmo movimento fornecido pelo motor da bomba. Já as bombas dinâmicas são aquelas que possuem pás giratórias (rotor) que exercem forças no fluido gerando energia cinética. O deslocamento desse fluido não é na mesma direção e sentido do rotor (Ramos & Silva, 2009).

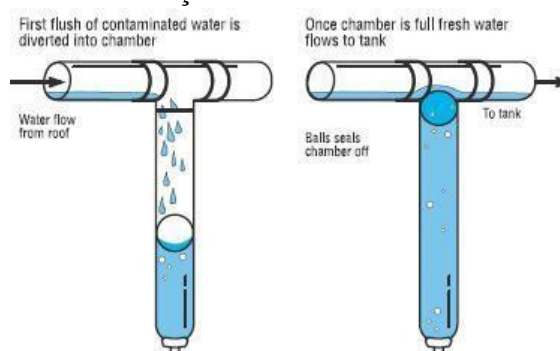
A água é um dos recursos mais utilizados nas indústrias, isso porque pode ser empregado em diversos segmentos como; consumo humano, matéria prima, fornecimento de energia, troca de calor (resfriamento ou aquecimento), fluido auxiliar de lavagem e de soluções, entre outros. Tendo em vista a viabilidade econômica, existe um enorme gasto com a cobrança de água, isso faz com que haja interesse das indústrias em reduzir o consumo de água proveniente da concessionária e a buscar outras formas de reaproveitar e captar água para complementar a disponibilidade hídrica de cada indústria (Weierbacher, 2008).

Um recurso que vem sendo muito cogitado é a captação de água de chuva, que é considerada uma forma de reutilização da água e que pode ser utilizada em qualquer indústria. Essa água não é 100 % pura mas pode ser utilizada para fins não potáveis como por exemplo na lavagem de calçadas, torneira de jardins, descarga de vasos sanitários, na caldeira (devido ao seu baixo teor de sais e minerais que garantem um bom funcionamento sem incrustações), na limpeza de pisos e inúmeras outras finalidades que não dependem de um alto nível de qualidade. Por isso, em uma mesma indústria, dependendo das atividades desenvolvidas e da

sua capacidade de produção, o consumo de água pode ser o maior recurso utilizado, mesmo que possua diferentes qualidades para cada setor ou etapa do processo (Weierbacher, 2008; Galvão, 2017).

Para uma indústria alimentícia é facilmente percebido que esta água não deve entrar em contato com o alimento, mas sim, utilizada nas diversas outras funções que possuam fim não potável. Entretanto, para que não haja risco de contaminação por meio de pelos de animais, poeiras e folhas e por bactérias (devido às fezes de pássaros), se faz necessária a retirada da água dos primeiros minutos de chuva que variam de acordo com o tipo de telhado e da quantidade de contaminação inserida neste. Essa retirada se dá por meio de um equipamento chamado *first flush*, um separador de fluxo que se baseia na entrada de água contaminada proveniente do telhado em uma câmara que ao encher, bloqueia a passagem fazendo com que água limpa flua para o tanque de armazenamento, como pode ser exemplificado pela Figura 1.

Figura 1: Demonstração do funcionamento do First Flush



Fonte: <<http://www.reuk.co.uk/wordpress/water/collect-rainwater/>>. Acesso em: 20/10/2018.

Por isso, tendo em vista a grande utilização deste recurso e seu custo para a indústria, objetiva-se neste trabalho realizar um estudo do dimensionamento de uma bomba para o reaproveitamento de água de chuva para uma indústria de alimentos localizada em Cáceres no estado de Mato Grosso, que possui o mecanismo *first flush* com o telhado como ponto de captação de água.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

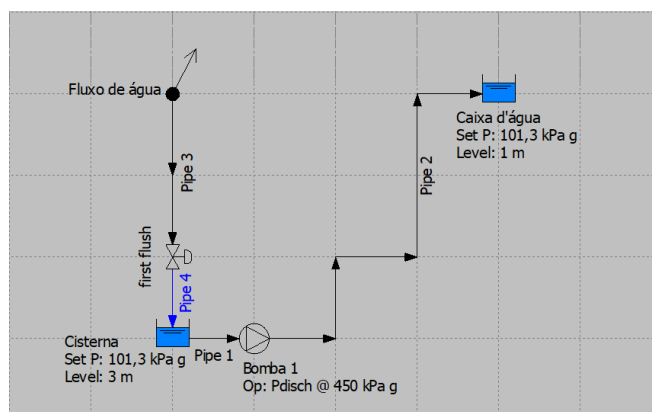
2.1. Descrição do estudo de caso

Para este referido caso de estudo, foi considerado que a cidade possuía um fluxo pluviométrico de 26,23 m³/dia. Essa cidade foi escolhida pois não há necessidade que no local chova o ano inteiro, isso porque a água captada será armazenada fazendo com que poucos meses de chuva sejam capazes de proporcionar o volume ideal deste recurso. Além disso, será considerado um armazenamento feito com a utilização de uma cisterna exclusiva para a água de chuva, para que não haja conexão dessas tubulações com as de água potável (Weierbacher, 2008).

Para este caso, será considerado o telhado como ponto de coleta, com 7965 m² feito de aço galvanizado, material que possui um coeficiente de escoamento de 80% de acordo com a NBR 15227. Para implementação do sistema, foi realizado um levantamento de dados da demanda de água não potável requerida dentre as etapas do processo e o consumo médio das mesmas. Através de estimativas, será considerado um uso diário de 35650 litros de água para esses setores (Galvão, 2017).

Segundo os estudos de Souza (2013), para o município de Cáceres, o índice pluviométrico considerado foi de 1202 mm/ano e o que registrou a possibilidade de construir um reservatório de 92,05 m³, que neste presente artigo se caracteriza como a cisterna de armazenamento da água de reuso. O sistema considerado era constituído de um tubo de 8 metros que levava a água do telhado para o *first flush*, um tubo de 5 metros que proporcionava a passagem da água sem contaminação para a cisterna, um tubo de 5 metros que transportava a água da cisterna para a bomba e um tubo de 60,6 metros que possibilitava a elevação da água até a caixa d'água.

Figura 4: Fluxograma do sistema de reaproveitamento de água para este caso de estudo.



2.2. Estudo de balanço de energia e cálculo de potência de bomba

Para o cálculo da carga de bomba (H_p), pôde-se utilizar a equação (1) conhecida como Equação de Bernoulli, em que:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha V_1^2}{2g} + Z_1 + H_p + H_T - H_L = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (1)$$

E através da equação (2), pôde-se calcular o valor da potência da bomba necessária para este caso.

$$P = \gamma \cdot Q \cdot H \quad (2)$$

Para a resolução deste caso de estudo foi considerado que a cisterna e a caixa d'água estavam à pressão atmosférica e também foram considerados os seguintes dados: densidade (ρ) = 999 kg/m³, diâmetro (D) = 0,1 m, rugosidade do PVC (e) = 0,05, vazão (Q) = 26,23 m³/dia, comprimento do tubo de sucção (L_s) = 5m, comprimento do tubo de recalque (L_R) = 60,6 m, área



(A) = 0,0079 m², viscosidade (μ) = 0,001 kg/m.s, velocidade (v) = 2,3204 m/s, Reynolds (Re) = $2,32 \cdot 10^{-5}$, fator de atrito (f) = 0,0175, aceleração da gravidade (g) = 9,81 m/s², altura geométrica de sucção (Z₁) = 5 m, altura geométrica de recalque (Z₂) = 30 m, coeficiente de perda de carga (k- cotovelo 90°) = 0,9, coeficiente de perda de carga (k- entrada no tanque) = 1, coeficiente de perda de carga (k entrada no tubo) = 0,5.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos através do software Microsoft Excel® considerando todas as equações e métodos listados acima. Os valores de perda de carga e de potência da bomba podem ser observados na Figura 4 que segue abaixo.

Tabela 1 - Perda de carga de recalque

| | |
|---|--------|
| <i>H_d (m) =</i> | 2,9133 |
| <i>H_{loc} - 4 cotovelos de 90° (m) =</i> | 0,9890 |
| <i>H_{loc} - entrada no tanque (m) =</i> | 0,2747 |
| <i>Perda de carga total =</i> | 4,1770 |

Tabela 2 - Perda de carga de sucção

| | |
|--|--------|
| <i>H_d (m) =</i> | 0,2404 |
| <i>H_{loc} - entrada no tubo (m) =</i> | 0,1374 |
| <i>Perda de carga total =</i> | 0,0377 |

Através da equação de Bernoulli, descrita pela Equação (1), foi possível obter uma perda de carga de 29,5547 m, com este valor possibilitou-se o cálculo da potência da bomba obtido através da Equação (2) encontrando 5270,527 W de potência.

Tendo em vista os cálculos expostos acima, percebeu-se a necessidade da utilização de uma bomba com uma potência de 5 kW. As turbobombas foram escolhidas para esta simulação devido à algumas características importantes como a utilização para fluidos de baixa densidade, menor manutenção e operação em regime permanente. Uma turbobomba que pode ser citada como modelo de uso é a KSB Megabloc 32-125 (Maia, 2016). Essa bomba é uma bomba centrífuga horizontal indicada para fluidos limpos em que para sua manutenção não há necessidade de desconectar as tubulações.

Figura 5 – Bomba Megabloc KSB



Fonte: KSB

Figura 6: Dados de operação da bomba KSB Megabloc 32-125

| | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| <i>Tamanhos</i> | DN 25 até 150 |
| <i>Vazões</i> | Até 500 m ³ /h |
| <i>Elevações</i> | Até 130 m |
| <i>Temperaturas</i> | Até 90°C |
| <i>Pressão de sucção máxima</i> | 3 bar |
| <i>Pressão de descarga máxima</i> | 10 bar |
| <i>Rotações</i> | Até 3500 rpm |

Fonte: KSB

4. NOMENCLATURA

| |
|--|
| D – Diâmetro interno do tubo |
| e – rugosidade |
| f – fator de atrito |
| g – gravidade |
| H _L – perda de carga |
| H _P – carga da bomba |
| H _t – perda de carga por turbinas |
| k – coeficiente de perda de carga |
| L – Comprimento da tubulação |
| ρ – Densidade |
| Q – vazão |
| Re- coeficiente de Reynolds |
| μ – viscosidade |
| Z ₁ – altura geométrica de sucção |
| Z ₂ – altura geométrica de recalque |



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que para a indústria alimentícia a utilização desse sistema consegue suprir as necessidades, além de proporcionar a economia em relação à utilização de água potável, pois diminui o uso proveniente da concessionária. Além disso, a bomba a ser utilizada deve ser especificada e deve conter as características encontradas através dos cálculos para garantir um bom funcionamento do sistema. Ainda, cabe ressaltar que esse projeto pode ser instalado e adaptado a vários lugares e indústrias desde que no lugar, exista um telhado com uma área disponível para utilização e seja realizado um bom dimensionamento dos reservatórios e das bombas a serem utilizadas.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faculdade de Engenharia de Várzea Grande - UFMT.

7. REFERÊNCIAS

- GALVÃO, Douglas Felipe. In: VII Congresso brasileiro de engenharia de produção, 7., 2017, Ponta Grossa. Aproveitamento de água da chuva na indústria: estudo e dimensionamento para uma indústria de laticínios. Ponta Grossa: Aprepro, 2017. p. 1 - 9.
- KSB, BOMBAS CENTRÍFUGAS MEGABLOC. Disponível em: <<http://www.ksb.com.br/ksb-br-pt/pesquisa.php?q=megabloc>>. Acesso em: 10 fev. 2018.
- LIUZZO, Lorena; NOTARO, Vincenza; FRENI, Gabriele. A Reliability Analysis of a Rainfall Harvesting System in Southern Italy. Water. Enna, p. 1-20. 18 jan. 2016.
- MAIA, João Marcello M da Rosa. Seleção de bomba e equipamentos hidráulicos para reaproveitamento de água de chuva. 2016. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- RAMOS, Ricardo Alan Verdú; SILVA, João Batista Campos. MÁQUINAS HIDRÁULICAS E TÉRMICAS. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, 2009.
- SOUZA, Adilson Pacheco de et al. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA E BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO ESTADO DE MATO GROSSO. Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais, Sinop, p.34-43, dez. 2013.
- WEIERBACHER, Leonardo. Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria moveleira bento moveis de alvorada - RS. 2008. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2008