

## **Dispositivo para o melhoramento da eficiência na distribuição de água**

### ***Device for the improvement of the efficiency in the distribution of water***

**Benigno Leyva de la Cruz <sup>1\*</sup>, Tania Felipe Reyes <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> MSc. Instituto Superior Politécnico do Huambo. [leyvadelacruz@gmail.com](mailto:leyvadelacruz@gmail.com)

<sup>2</sup> MSc. Instituto Superior Politécnico do Huambo. [felipereyestania67@gmail.com](mailto:felipereyestania67@gmail.com)

\* Autor para correspondência: [leyvadelacruz@gmail.com](mailto:leyvadelacruz@gmail.com)

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo propor a adaptação de um dispositivo para melhorar a eficiência na distribuição de água. Para dar cumprimento ao objetivo realiza-se uma revisão bibliográfica, colocação e desenvolvimento da metodologia de cálculo encontrada nas bibliografias especializadas. Determinaram-se os parâmetros de cálculo o que permitiu achar as condições para implementar o dispositivo que inclui a altura máxima de nível de água (25 m), o volume total do reservatório (12 m<sup>3</sup>), e os valores de  $NPSH_d$  e  $NPSH_r$  que permitiram concluir que não haverá cavitação na bomba. Infere-se uma melhoria na eficiência da bomba, visto verificar-se uma redução do tempo que deve operar para disponibilizar o volume de água a consumir na comunidade diariamente, por norma; a bomba com o sistema atual de tiro direto opera 19 horas (de 6 da manhã a 11 da noite), mas com o sistema proposto de tiro indireto este tempo reduz-se até aproximadamente 2 horas; além disso oferece maior controlo dos níveis de pressão na rede e economia do precioso líquido.

**Palabras clave:** Água, Bomba hidráulica, Dispositivo, Economia, Eficiência.

## **ABSTRACT**

*The present work possesses like objective proposing the adaptation of a device for the better the efficiency in the distribution of water. Bibliographic revision, placement and development of the methodology of calculation found in the specialized bibliographies are accomplished in order to give fulfillment to the objective. The parameters of calculation that it enabled were determined finding conditions stops to implement the device that includes the maximum height of water level (25 m), the total volume of the reservatorio (12 m<sup>3</sup>), and the moral values of  $NPSH_d$  and  $NPSH_r$  that to conclude permitted that cavitation in the bomb will not have. An improvement in the efficiency of the bomb, since a reduction of the time that must bring about supplying the volume of water to consume in the community daily, for standard is appreciated is inferred; The bomb with the present-day system of direct supply brings about 19 hours ( of 6 of the morning to 11 of the night ), but 2 hours are reduced even approximately with the system once this time was proposed of indirect supply, besides bigger control of the levels of pressure in the net and economy of the esteemed liquid are offered.*

**Keywords:** Water, hydraulic Bomba, Dispositivo, Economía, Eficiencia.

## INTRODUÇÃO

A água é o recurso natural mais importante por causa das necessidades fisiológicas do homem, animais e plantas, não é só responsável por suportar a vida no planeta como também governa a economia, o crescimento agrícola e industrial das nações (Michael, Khepar, & Sondhi, 2008).

Estima-se que apenas 0,6 % da água encontrada na superfície terrestre, seja a água usada para suprimir as necessidades dos 6 bilhões de pessoas e respectivas comunidades urbanas que estas formam. A água é um bem precioso que para muitas comunidades é escasso, ainda assim em muitos países, continuam ocorrendo conflitos e vários problemas relativos à preservação dos recursos hídricos (Nascimento, 2009), o seu incontável leque de uso está relacionado a economia, saúde física e mental da população mundial sendo que, requer-se não só em quantidade, como também em qualidade potável para que se viva uma vida com saúde, daí a necessidade de criação e desenvolvimento de sistemas de abastecimento de água (Michael, Khepar, & Sondhi, 2008).

Segundo Noronha (2012), um sistema de abastecimento de água é caracterizado pela retirada de água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte até aos aglomerados humanos e o seu fornecimento à população em quantidade compatível com suas necessidades. Sendo que o sistema pode variar de acordo com as necessidades existentes, ser por bombeamento e por gravidade e usar-se tanto em metrópoles como em pequenas povoações rurais (Adeosun, 2014).

De acordo a Kuritz (2017), existe uma importante relação entre o consumo de água e o consumo de energia utilizada para disponibilizar água tratada à população. O dito autor refere que, estima-se que entre 2 % e 3 % da energia do mundo são gastos nas operações dos sistemas de abastecimento de água, dentro dos quais, o maior consumo de energia se dá nos sistemas de bombeamento.

Quanto mais a população mundial vai crescendo e se desenvolvendo a procura e o consumo de água e energia vão aumentando, o que torna prioritária a utilização racional e eficiente desses recursos, sendo que análises de seu consumo e propostas que visam a melhoria dos sistemas que perfazem os mesmos são requeridas para a redução do consumo destes recursos, pois, infelizmente, ainda não se dá a devida atenção à sustentabilidade dos recursos hídricos na prática (Guanais, Cohim, & Medeiros, 2017).

A construção de bombas hidráulicas mais eficazes e com capacidade de fornecer água para comunidades e indústrias é muito importante pelo que se deve velar, também, pelo consumo energético das mesmas, as bombas hidráulicas são dispositivos mecânicos concebidos para mover os líquidos com pressão suficiente para transmitir a energia no corpo de fluido; ou ainda são máquinas de fluxo, cuja função é fornecer energia para a água, a fim de recalcar-la (elevá-la), através da conversão de energia mecânica de seu rotor proveniente de um motor a combustão ou de um motor elétrico (Aquino, 2013; Silva, 2017).

Aqui pretende-se chamar a atenção sobre a problemática que apresentam os sistemas de distribuição de água com arranque direto para os consumidores, através de bombas. Este sistema prejudica o desempenho da bomba hidráulica utilizada, já que a bomba tem que operar mais tempo de maneira contínua acentuando o desgaste; e ocasionando um maior gasto no consumo de energia, devido a que a bomba está constantemente variando de caudal e de rendimento, durante as paragens, arranque e flutuações da carga na rede. Além disso, com o sistema direto há maior número de avarias nas condutas, produtos a sobrecarga de pressão, e afeta-se a economia do precioso líquido.

**Problema científico:** Como melhorar a eficiência na distribuição de água?

**Hipótese:** A análise da proposta do dispositivo para a distribuição de água permite evidenciar direta ou indiretamente o aumento da eficiência do sistema; mediante a diminuição do tempo de operação da bomba hidráulica, do desgaste das partes móveis, do consumo de energia, das avarias na rede e do desperdício de água.

**Objetivo:** Propor a adaptação de um dispositivo de distribuição de água por gravidade para melhorar a eficiência no abastecimento de água.

## DESENVOLVIMENTO

### Características de materiais

O trabalho circunscreve-se à estação de bombeamento de água do condomínio de Benfica do Huambo, constituída por duas bombas centrifugas, uma delas Speroni, modelo CAM 202 de potencia 2HP (1,5 kW), caudal 9 m<sup>3</sup>/h, e altura de elevação 47 m. O tanque de onde a bomba aspira a água tem capacidade de 351,48 m<sup>3</sup>. O reservatório que se propõe pode ser construído em alvenaria, betão armado, chapa metálica e/ou materiais especiais como fibra de vidro, dependendo da necessidade, preferência e dos custos (Netto, 1998).

### Metodologia aplicada

Para dar início aos cálculos torna-se necessária a determinação de alguns valores primários como: peso específico e área.

#### 1. Peso específico

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (1)$$

Onde:  $\gamma$  -Peso específico (N/m<sup>3</sup>),  $\rho$  -Densidade (kg/m<sup>3</sup>),  $g$  -Gravidade (m/s<sup>2</sup>)

#### 2. Área

$$S = \frac{\pi \cdot ds^2}{4} \quad (2)$$

Onde:  $S$  -Área da secção dos tubos de descarga (m<sup>2</sup>),  $\pi$  -Pi, constante adimensional

$ds$  -Diâmetro interior da tubulação (m)

#### 3. Altura desenvolvida pela bomba

$$H_b = \frac{P_b}{\gamma} \quad (3)$$

Onde:  $H_b$  -Altura que a bomba desenvolve (m),  $P_b$  -Pressão exercida pela bomba(N/m<sup>2</sup>)

#### 4. Elaboração do esquema

O esquema foi feito com o apoio de medições físicas feitas no terreno onde pretende-se que seja construído o reservatório. Para a representação seleccionou-o esquema de isométrico e de vistas múltiplas.

#### 5. Determinação da velocidade do fluido

$$Q = V \cdot S \Rightarrow V = \frac{Q}{S} \quad (4)$$

Onde:  $Q$  -Fluxo (m<sup>3</sup>/s),  $V$  -Velocidade média na secção (m/s)

#### 6. Determinação do número de Reynolds

$$R_e = \frac{V \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (5)$$

Onde:  $R_e$  -Número Reynolds,  $\mu$  -Viscosidade absoluta (kg/s.m)

#### 7. Determinação da altura necessária (altura manométrica)

$$H_{neces} = H_g + H_f \quad (6)$$

Onde:  $H_{neces}$  -Altura necessária (m),  $H_g$  - Altura geométrica (m),  $H_f$  -Perda carga total (m)

### 8. Perda de carga total

$$H_f = H_{fd} + H_{fl} \quad (7)$$

Onde:  $H_{fd}$  -Perda de carga dinâmica (m),  $H_{fl}$  -Perda de carga local (m)

### 9. Perda de carga dinâmica

Segundo Brunetti, as perdas de carga dinâmicas acontecem ao longo de tubos retos, de secção constante, devido ao atrito das próprias partículas do fluido entre si (Brunetti, 2008).

$$H_{fd} = \left( \frac{4Q}{0,355 \cdot \pi \cdot C \cdot d^{2,63}} \right)^{1,852} \cdot L \quad (8)$$

Onde:  $C$  -Coeficiente adimensional que depende da natureza (material e estado) das paredes dos tubos, este pode ser encontrado no Netto, (1998, p150).

$L$  -Longitude total da tubulação (m)

### 10. Perda de carga local

$$H_{fl} = K \frac{V^2}{2g} \quad (9)$$

Onde:  $K$  Coeficiente adimensional de perda de carga nos acessórios, este pode ser encontrado no Felices, (2001)

### 11. $NPSH_d$

$$NPSH_d = \frac{P_a}{\gamma} - P_v - \Delta Z - h_f \quad (10)$$

Onde:  $NPSH_d$  -Altura de sucção positiva líquida disponível no sistema (m),  $P_a$  -Pressão atmosférica (N/m<sup>2</sup>),  $P_v$  -Pressão de vapor da água à uma temperatura de 0-100 °C (N/m<sup>2</sup>), se encontra no Lide, (2004),  $\Delta Z$  -Altura de sucção (m),

$h_f$  -Perda de carga total na linha de sucção (m)

### 12. Potência requerida

$$P_r = \frac{Q \cdot H_m \cdot \gamma}{\eta} \quad (11)$$

Onde:  $P_r$  -Potência requerida (W),  $H_m$  -Altura manométrica (m),  $\eta$  -Eficiência (Netto orienta usar entre 0,65 e 0,67).

### 13. Volume do reservatório proposto

$$Q_a = C_d \cdot N_p \quad (12)$$

$$V_r = Q_a \cdot N_d \quad (13)$$

Onde:  $Q_a$  -Quantidade de água consumida diariamente (l/dias),  $C_d$  -Consumo médio diário (litros), pode-se assumir de 180 litros/habitante/dias para clima frio e de 220 litros/habitante/dias para clima temperado e quente, “Norma OS.100”.

$N_p$  -Número de habitantes(adimensional),  $V_r$  -Volume do reservatório (litros),  $N_d$  -Número de dias (adimensional).

#### 14. Tempo de enchimento do reservatório

$$T = \frac{V_r}{Q_c} \quad (14)$$

Onde: T- tempo de cheio(horas),  $Q_c$  -Quantidade de água subministrada a tempo continuo(l/horas).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Determinação dos parâmetros da instalação

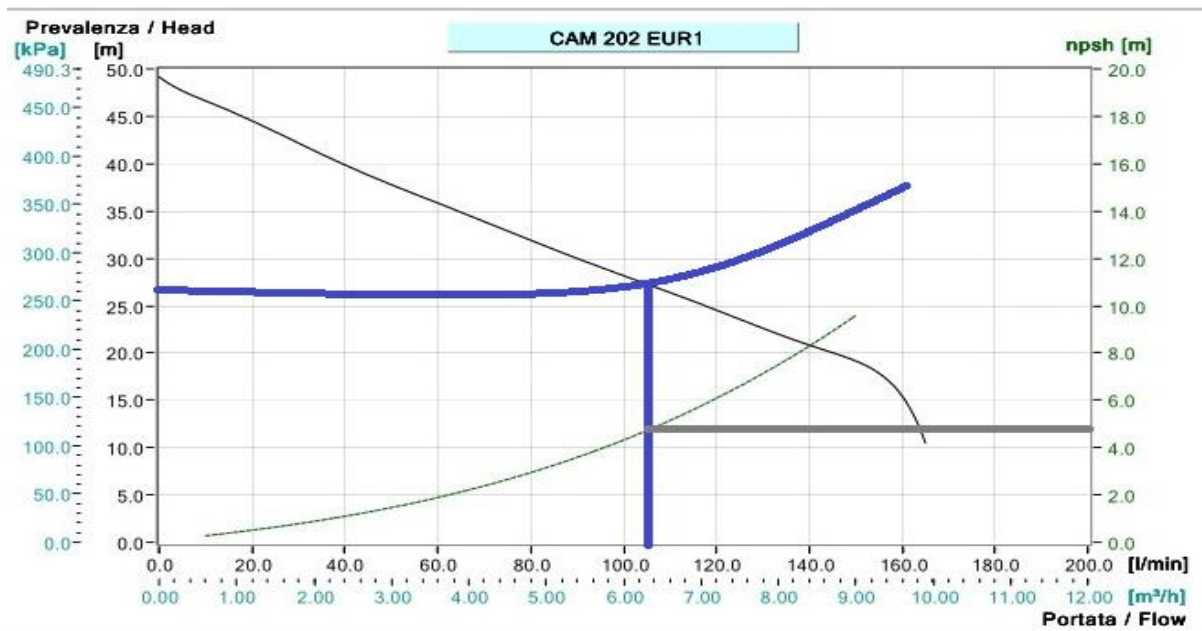
A determinação dos parâmetros que caracterizam o dispositivo para a distribuição de água por gravidade realizou-se aplicando o procedimento descrito na seção anterior do presente trabalho, os dados utilizados para avaliar cada uma das expressões envolvida na análise expõem-se a seguir. Na seguinte tabela 1 apresentam-se os resultados obtidos a partir dos cálculos realizados, a ordem em que se mostram os resultados não coincide necessariamente com a maneira como se obtiveram.

**Tabela 1. Resultados do cálculo dos parâmetros.**

Parâmetros	Resultados	UM	Equação
$\gamma$	9 806,65	N/m <sup>3</sup>	1
S	0,002	m <sup>2</sup>	2
Hb	25,50	m	3
V	0,82	m/s	4
Re	44 082,92	-	5
Hnec.	26,70	m	6
Hfd	1,182	m	8
Hfl	0,404	m	9
Hf	1,59	m	7
NPSHd	6,504	m	10
Pr	0,704	kW	11
Qa	9 680	litros/dias.	12
Vr	11,62	m <sup>3</sup>	13
T	1,85	horas	14

Os dados que se utilizaram para a determinação dos resultados apresentados na tabela anterior referem-se a seguir:  $\rho = 1\,000\text{ kg/m}^3$  e  $g = 9,806\,65\text{ m/s}^2$ ,  $\pi = 3,142$  e  $ds = 0,054\text{ m}$ ,  $P_b = 2,5\text{ bar}$ ,  $\mu = 0,001\,003\text{ kg/s}$ ,  $H_g = 25\text{ m}$ ,  $C = 140$ ,  $K = 11,9$ ,  $\eta = 0,66$ ,  $P_a$ ,  $\Delta Z$ ,  $P_v$  (10,32 mH<sub>2</sub>O, 3,5 m, 0,24 mH<sub>2</sub>O) e  $h_f$  de 0,076 m,  $C_d = 220\text{ litro/dias/habitantes}$  e  $N_p = 44$ , y  $N_d = 1$ .

Para poder determinar o consumo de água que desenvolve a bomba usou-se a curva característica que oferece o fabricante, e o valor da pressão máxima que se manipula pelo operador, durante os regimes de trabalho,  $P_{b\text{máx.}} = 2,5\text{ bar}$  equivalentes a 25,4 mH<sub>2</sub>O. Com esse valor foi-se ao gráfico da Figura 1, onde para uma altura de 25,5 m o fluxo (caudal) da bomba é de 6,774 m<sup>3</sup>/h, equivalente a 0,001 9m<sup>3</sup>/s. Com os valores da altura necessária e do fluxo, buscou-se o valor do  $NPSH_r$  da bomba, que resultou em  $NPSH_r = 4,88\text{ m}$ , encontrou-se que o  $NPSH_d > NPSH_r$ , o que significa que não haverá cavitação na bomba. Por outra lado, tendo-se em conta que a bomba em questão (CAM 202) tem um valor de potência equivalente a 1,5 kW que é maior que a potência que se requer para que a bomba consiga elevar a água, conclui-se que ela tem potência suficiente para realizar o trabalho.

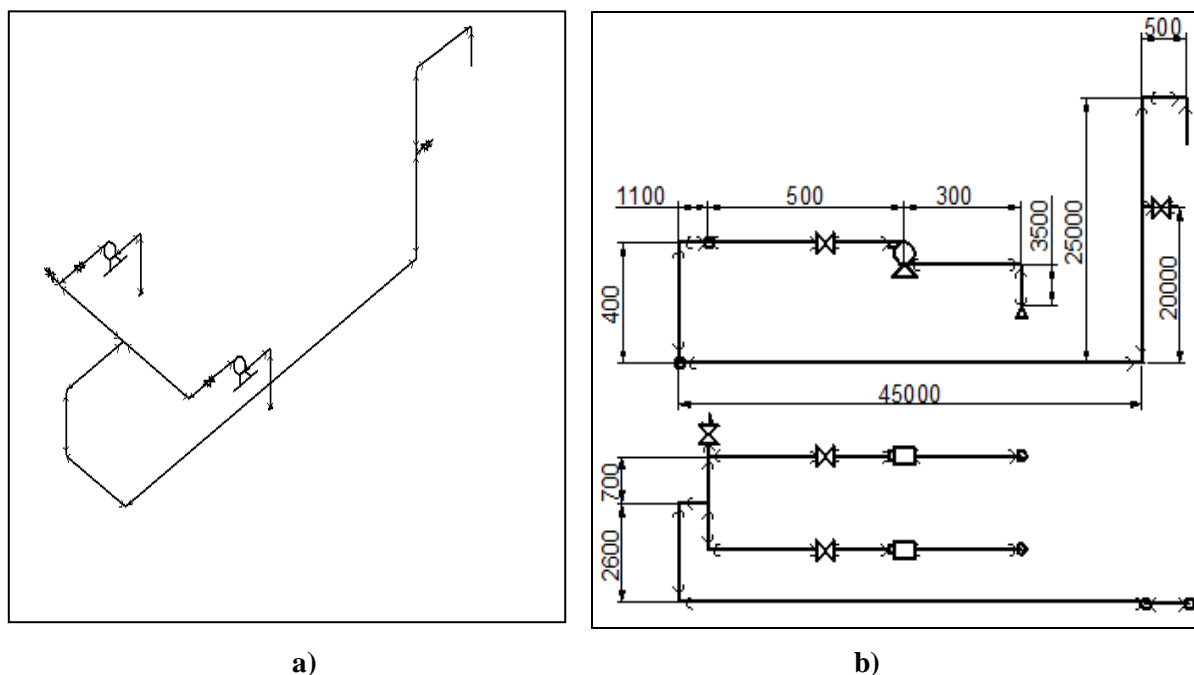


**Figura 1. Curva da bomba CAM 202, curva do sistema e valor de  $NPSH_r$ .**

Para estimar a altura a que se deve colocar o tanque utiliza-se como referência o valor da pressão mínima que se observou na instalação, em condições normais de trabalho,  $P_{b\text{mín.}} = 1,8\text{ bar}$  e a equação 3. Determina-se que a pressão de 1,8 bar é equivalente a 18 metros de coluna de água, por isso, assumindo uma perda hidráulica total da saída do tanque até a bomba de 2 m, atribui-se uma altura requerida para o tanque de 20 m.

### Elaboração do esquema dos tubos

A representação do sistema faz-se de duas formas: Esquema isométrico (Figura 2a), onde se representa a tubulação e os componentes que fazem parte do sistema proposto, em formato 3D, e esquema de vistas múltiplas (Figura 2b), que apresenta os tubos em abatimento nos planos de projeções.



**Figura 2. Esquemas. a) Isométrico, b) Vistas múltiplas.**

#### **Determinação do tempo de enchimento do reservatório**

A partir da equação 14 determina-se que se requer a operação da bomba continuamente durante 1,85 horas (1 hora e 50 minutos) para efetuar o enchimento do reservatório de capacidade  $12 \text{ m}^3$ , isto é para um fluxo de  $0,0018 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### **Quantificação dos resultados obtidos**

A partir dos resultados obtido na caracterização de dispositivo proposto, infere-se uma melhoria na eficiência da bomba centrífuga, visto que se aprecia uma redução do tempo que deve operar para disponibilizar o volume de água que se deve consumir na comunidade diariamente, por norma. A bomba com o sistema atual de arranque direto opera 19 horas (de 6 da manhã a 11 da noite), mas com o sistema proposto de arranque indireto este tempo reduz-se até aproximadamente 2 horas. A redução do tempo de operação da bomba traz como consequência uma diminuição do desgaste das partes móveis, já que se produz uma menor concentração do calor; menor consumo de energia, menos contaminação ambiental devido a que uma grande parte da energia que se consome é produto da queima de combustível fósseis que afetam a camada de ozono.

Por outro lado, a utilização do sistema de distribuição de água por gravidade permite um maior controlo dos níveis de pressão na rede, o que evita avarias em componentes, e os derrames de água produtos a tais avarias, com os consequentes incómodos para os consumidores e perdas económica. Além disso, o uso da distribuição de água por gravidade contribui para uma maior economia do prezado líquido, devido a que se faz observância das normas de consumo de água e do planeamento.

Os resultado aqui apresentado concordam com o que expõe Marchi, Simpson & Ertugrul (2012), os quais indicam que este tipo de sistema em que se faz recurso a uma bomba para mover água de um nível mais baixo para um tanque superior, pode ser especificado de maneira que a bomba trabalhe apenas uma vez por dia durante um tempo determinado e sem interrupção quando a procura estiver alta. O que se torna uma estratégia operacional economicamente viável e conveniente, se o sistema tem um volume de armazenamento suficiente que permita que a bomba só seja ligada durante esse período estipulado.

#### **CONCLUSÕES**

Determinaram-se os parâmetros de cálculo necessários que permitiram determinar as condições mais importantes para que se implemente o dispositivo que inclui a altura a que o tanque pode ficar suspenso (20 m), o volume total do reservatório ( $12 \text{ m}^3$ ), os diagramas da instalação proposta e os valores de NPSHd e NPSHr que permitiram concluir que não haverá cavitação na bomba.

Infer-se uma melhoria na eficiência da bomba centrífuga, visto que se aprecia uma redução do tempo que deve operar para disponibilizar o volume de água que se deve consumir na comunidade diariamente, por norma, a bomba com o sistema atual de arranque direto opera 19 horas (de 6 da manhã a 11 da noite), mas com o sistema proposto de arranque indireto este tempo reduz-se até aproximadamente 2 horas. Além disto, há também maior controlo dos níveis de pressão na rede e economia do prezado líquido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeosun, O. (2014). *Water Distribution System Challenges and solutions*. Recuperado 21 de Agosto de 2019, de: <https://www.wateronline.com/doc/water-distribution-system-challenges-and-solutions-0001>.
- Aquino, V. (2013). *Bomba hidráulica: dos egípcios até os equipamentos de última geração*. <http://www.meiofiltrante.com.br/internas.asp?id=15609&link=noticias>.
- Brunetti, F. (2008). *Mecânica dos Fluidos*. (2ª rev. ed.). São Paulo, Brasil: Pearson Prentice Hall.
- Felices, A. (2001). *Hidráulica de tuberias e canais*.
- Guanais, A. , Cohim, E. , & Medeiros, D. (2017). *Avaliação energética de um sistema integrado de abastecimento de água*. Engenharia Sanitária e Ambiental , 22, 1187-1196. doi:10.1590/S1413-41522017146180.
- Kuritz, J. (2017). *Metodologia para avaliação da eficiência energética de sistemas de bombeamento de água com velocidade de rotação variável*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Lide, D. (Ed.). (2004). *Handbook of Chemistry and Physics*. (84ª ed.). CRC Press LLC.
- Marchi, A., Simpson, A., & Ertugrul, N. (2012). *Assessing variable speed pump efficiency in water*. (G. Fu, Ed.) *Drinking Water Engineering and Science*. doi:10.5194/dwes-5-15-2012.
- Michael, A. , Khepar, S. , & Sondhi, S. (2008). *Water Wells and Pumps*. (2ª ed.). New Delhi: McGraw-Hill. doi:10.1036/0071591206.
- Nascimento, R. (2009). *Análise e gerenciamento de redes de distribuição de água com suporte em Sistema de Informações Geográficas (SIG)*. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco., Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife.
- Netto, A. (1998). *Manual de Hidráulica*. (8ª ed.). São Paulo: Edgard Blucher.
- Norma OS.100*. Recuperado o 8 de setembro do 2020 de: [ww3.vivienda.gob.pe](http://ww3.vivienda.gob.pe).
- Noronha, D. (2012). *Sistema de abastecimento de água potável: Dimensionamento de adutora do campus da UFERSA*. Universidade Federal Rural do Seminário, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Mossoró-RN.
- Silva, J. (2017). *Bombas hidráulicas*. Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.

## Síntese curricular dos autores

**Benigno Leyva da Cruz:** Engenheiro Mecânico da Universidade da Moa Holguín, Cuba, Mestre na Electromecânica, com 17 anos de experiência na docência, professor assistente, realizou várias investigações científicas seguindo linhas de investigações de interesse na instituição, ligadas à geração e uso eficiente da energia, desenho mecânico, manufaturas e manutenção industrial. Exerce, atualmente, como professor na Universidade José Eduardo Dos Santos, Huambo, Angola. Vão. Orcid: <https://orcid.org/0000--3144-067x>. 0002.



**Tania Felipe Reyes:** Licenciada em Enfermagem na universidade de ciências médicas do Sancti spiritus Cuba, Especialista de 1er grau em Enfermagem Comunitária, Master em atenção integral ao menino, com 30 anos de experiência profissional e 15 de experiência docente, professora assistente, realizou várias investigações científicas seguindo linhas de investigações de interesse na instituição. Exerce como professora na Universidade José Eduardo Dos Santos, Huambo, Angola. Vão. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2935-7543>.