

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO DE ARROZ

RENAN PRESTES CARDOSO¹; LESSANDRO COLL FARIA²; RICARDO SCHERER POHNDORF³

¹Universidade Federal de Pelotas – renanprestescardoso@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – lessandro.faria@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – ricardoscherer.eng@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O Brasil conta com uma área de produção de arroz no modelo de cultivo irrigado em torno de 1.355,9 mil hectares na safra 18/19. Sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor nacional de arroz, com uma área de produção em torno de 73,8% da produção nacional (CONAB, 2020).

No Rio Grande do Sul este sistema vem sendo utilizado para irrigação de lavouras desde 1903, tendo na safra 2018/2019 uma área de 1.001,1 mil hectares e uma produção de 7.389,1 mil toneladas (CONAB, 2020). O volume de água utilizado depende de uma série de fatores como textura e declividade do solo, temperatura ambiente e umidade relativa do ar, há poucas décadas, eram necessários 3 a 4 m de água para produzir 1 kg de grãos de arroz. Pelo aumento de produtividade e manejo eficiente de água já é possível produzir o mesmo 1 kg de arroz com apenas 1m (CONAB, 2015).

No Rio Grande do Sul no município de Pelotas contabiliza um custo variável de R\$31,77 por saca de arroz e média produtiva de 7.850 quilogramas por hectare (CONAB, 2020). O custo de irrigação da lavoura representa em torno de 12,36% dos custos da safra, sendo 6,63% custo de água e 3,64% custo de energia elétrica (IRGA, 2019). Mas o custo de irrigação pode ser reduzido tendo-se um uso mais inteligente de água, e naturalmente uma redução no consumo de energia. Em estudo foi concluído que estações de bombeamento apresentam apenas 57% de rendimento global e índices de desempenho apresentaram as médias de 443,79 W ha⁻¹, 798,83 kWh ha⁻¹ (KÖPP, 2016). O consumo estimado de energia na irrigação das lavouras de arroz, no Rio Grande do Sul, é em torno de 800.000 MWh por safra, o equivalente a R\$ 323 milhões.

Mantendo as perdas de carga e substituindo os equipamentos por outros com rendimentos mínimos de 80%, é possível economizar até 44% de energia. Além disso, com rendimentos de 80% e redimensionando as perdas de carga, pode ocorrer uma redução de 56% da energia consumida (ARNS, 1995). Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência global de um conjunto motobomba laboratorial, utilizado para estudos de irrigação.

2. METODOLOGIA

Os ensaios para a determinação da eficiência energética foram realizados no Laboratório de Irrigação do curso de Engenharia Hídrica. A bancada do sistema de irrigação é composta por uma motobomba (KSB, modelo Hidrobloc P1000T, Brasil), tubulação de água, registros, bicos de aspersão, medidor de vazão (marca Krohne, modelo Conaut, Brasil) e medidor de pressão manométrica (marca Lamon, modelo DMP-01-DPP, Brasil). O acionamento do conjunto motobomba é realizado por uma chave de partida direta, composta por disjuntores, relé de falta de fase, contactora e relé térmico.

As variáveis elétricas foram obtidas por um medidor de qualidade de energia (marca Minipa, modelo ET-5062, Brasil). Os dados obtidos foram analisados em software próprio do equipamento (Minipa Power Analyser, versão 1.2.6811) e exportados para construção de gráficos e análise estatística no programa *SigmaPlot*, versão 11.0.

A eficiência do motor elétrico (η_m) é a relação entre potência mecânica de saída (P_{mec}) com a potência elétrica demandada (P_{ele}) (Equação 1).

$$\eta_m = \frac{P_{mec}}{P_{ele}} \quad (1)$$

A eficiência da bomba (η_b) é dada pela relação entre potência hidráulica (P_{hid}) e a potência mecânica (P_{mec}) (Equação 2).

$$\eta_b = \frac{P_{hid}}{P_{mec}} \quad (2)$$

De acordo com MACINTYRE (1980), a potência mecânica de uma bomba é dada pela equação 3,

$$P_{mec} (cv) = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{2700 \times \eta_b} \quad (3)$$

sendo ρ a densidade da água (g/cm^3); g a aceleração da gravidade (m^2/s); Q a vazão de água (m^3/h) e H a altura manométrica de água (mca). O rendimento da bomba será estimado pela curva do rendimento da bomba fornecido pelo fabricante. De acordo com UMANS (2014), multiplicando as duas eficiências encontra-se a eficiência do conjunto motobomba.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os dados de tensão e corrente, em cada fase do motor, no acionamento do conjunto motobomba, realizado pelo método de partida direta.

Foi verificado que a corrente de partida (I_p) alcançou 16,8 A e que a corrente nominal de trabalho (I_n) foi de aproximadamente 2,5 A. Assim a corrente de partida do motor foi 6,7 vezes maior do que a corrente de trabalho ($I_p / I_n = 6,7$). A relação I_p / I_n de motores trifásicos de indução, acionados por partida direta, pode chegar a valores próximos de 10 (CREDER, 2016).

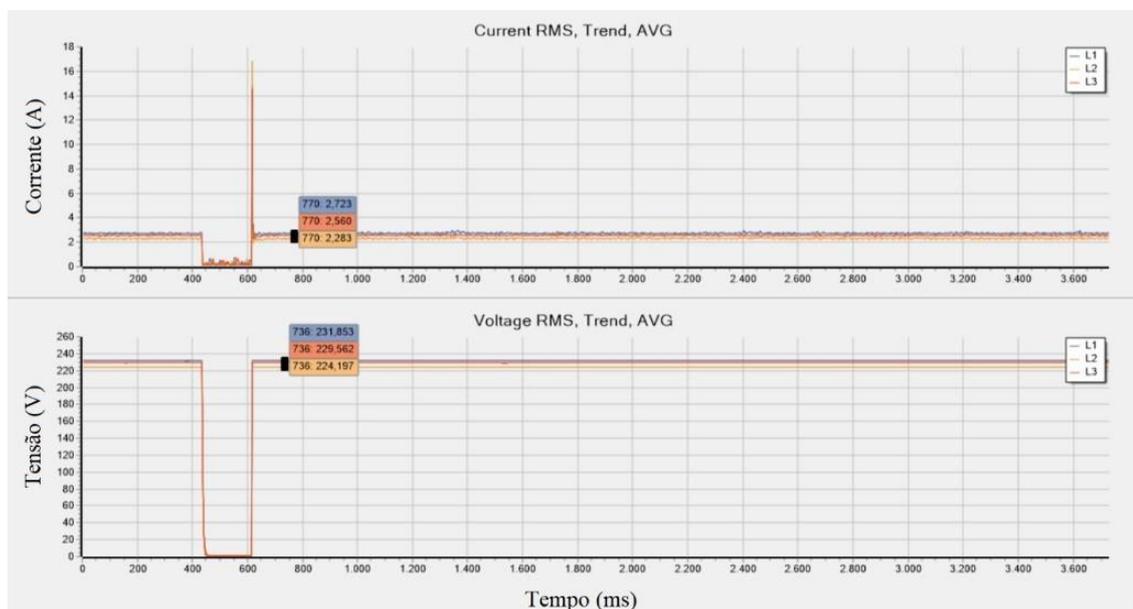


Figura 2. Dados elétricos de tensão (V) e corrente (A) em função do tempo (ms) na partida de um conjunto motobomba.

A Tabela 1 apresenta os parâmetros elétricos do conjunto motobomba.

Tabela 1. Parâmetros elétricos do conjunto motobomba.

Parâmetro	Valor \pm desvio padrão
Tensão média (V)	228,5 \pm 4,0
Corrente média (I)	2,52 \pm 0,2
Potência ativa (kW)	0,89 \pm 0,08
Potência aparente (kVA)	1,77 \pm 0,12
Potência reativa (kVAr)	1,53 \pm 0,12
Fator de potência	0,50

Podemos verificar que a tensão média nas fases L1, L2 e L3 do motor foi de 228,5 \pm 4,0 V. Devido ao baixo fator de potência, a potência aparente foi duas vezes maior do que a potência ativa. Baixos fatores de potência necessitam de uma correção na potência reativa, inserindo banco de capacitores em instalações que possuem motores de indução. No Brasil, o fator de potência das instalações deve ser de 0,92 (COTRIM, 2009; BOYLESTAD, 2012).

A eficiência de um motor elétrico de indução depende do seu valor de carregamento, ou seja, o quanto de potência está sendo solicitada a rede elétrica em relação a potência nominal do motor (Kaya et al., 2008).

A Figura 3 apresenta a curva da bomba hidráulica, com dados experimentais obtidos nos ensaios laboratoriais.

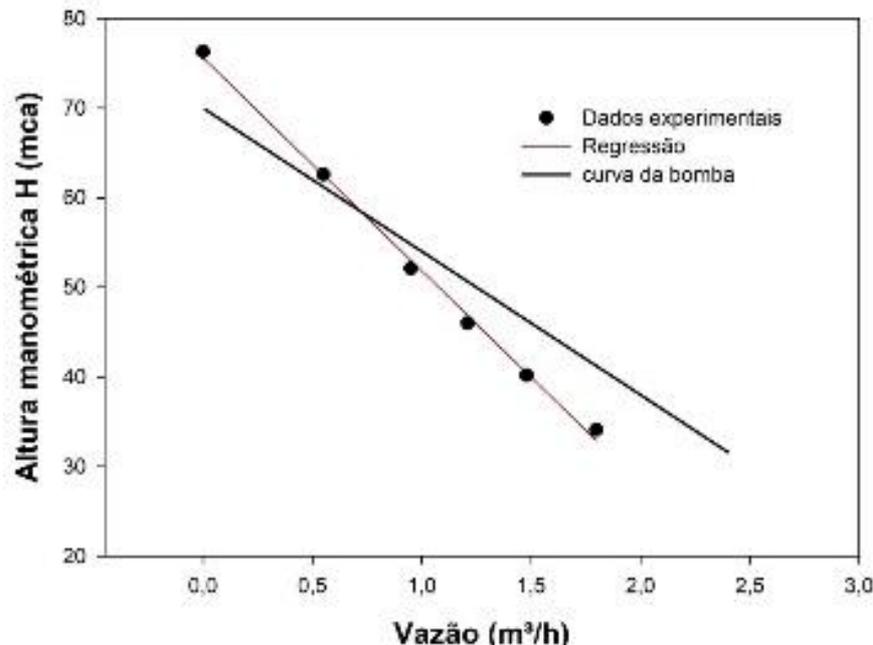


Figura 3. Curva da bomba hidráulica usada na bancada de irrigação.

Foi verificado pelos dados experimentais uma proximidade entre as curvas, que se cruzam em valores próximos a vazão de 0,7 m³/h e 60 mca. A curva experimental apresentou um coeficiente de determinação R^2 de 0,996, obtido por análise de regressão linear. Nos ensaios, a bomba operou com vazão de 1,79 m³/h e altura manométrica 34,1 mca. Por meio da investigação da curva de rendimentos, informado pelo fabricante, foi verificado que a eficiência da bomba, nas condições de trabalho, foi de 41%. Este valor é relativamente baixo, uma vez que potência da

bomba pode chegar a 70%, de acordo com a curva de rendimento do fabricante. Nestes valores, a demanda de potência mecânica foi de 0,54 cv (0,39 kW) ao eixo do motor (P_{mec}).

O rendimento do motor, obtido pela potência mecânica em relação a potência elétrica (Equação 1) foi de 44%. Sistemas operando com baixo rendimento promovem a perda de energia e aumentam o consumo de energia elétrica, além de diminuir o fator de potência. A eficiência do sistema de bombeamento, englobando os rendimentos do motor e da bomba, foi de 18,2%.

4. CONCLUSÕES

Neste estudo foi avaliado a eficiência energética de um conjunto motobomba, utilizado em uma bancada laboratorial de irrigação. A corrente de partida do motor foi 6,7 vezes maior que a corrente nominal. Verificou-se um baixo fator de potência no sistema, que é um dos fatores que diminui a eficiência do motor. A potência aparente foi duas vezes maior do que a potência nominal. Por meio da curva de rendimento da bomba, foi possível verificar o baixo rendimento do motor, indicando que a eficiência global do sistema de bombeamento, incluindo a bomba e o motor, foi próximo a 20%.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNS, R. Racionalização do uso de energia elétrica em bombeamentos de arrozais na Fronteira-Oeste do Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.48, n.418, p.14-17, jan./fev. 1995.
- BOYLESTAD, R. L. **Introdução à análise de circuitos**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012. 959 p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do arroz**. Brasília: Conab, 2015. 180 p. **Previsão de safra por produto – Set/2020**. Brasília: Conab, 2020 Disponível em: <http://www.conab.gov.br>
- COTRIM, A. **Instalações elétricas**. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2009. 496 p.
- CREDER, H. **Instalações elétricas**. 16. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- IRGA - **REVISÃO DO CUSTO DE PRODUÇÃO – SAFRA 2018/19**. Porto Alegre: Irga, 2019. 2p. Disponível em: <http://www.irga.gov.rs.br>
- KAYA, D; YAGMUR, E. A.; YIGIT, K. S.; KILIC, F. C.; EREN, A. S.; CELIK, C. Energy efficiency in pumps. **Energy Conversion and Management**, v. 49, p. 1662–1673, 2008.
- KOPP, L. M. **Caracterização de estações de bombeamento em lavouras de arroz do Rio Grande do Sul**. Engenharia Agrícola, v. 36, n. 2, p. 342-351, 2016.
- MACINTYRE, A. J. **Bombas e instalações de bombeamento**. 2 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 782p.
- UMANS, S. D. **Máquinas elétricas de Fitzgerald e Kingsley**. 7. Porto Alegre: AMGH, 2014.