

CONSUMO DE ENERGIA EM ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA EM LAVOURA DE ARROZ- ESTUDO DE CASO

JOÃO VICTOR LEMOS DA SILVA¹; RODRIGO ARNS²; MARINE TEIXEIRA PADILHA³; JUCIANO GABRIEL DA SILVA⁴ VITOR EMANUEL QUEVEDO TAVARES⁵; LUCIANA MARINI KÖPP⁶

¹UFPEL- FAEM-joaovictorlemosdasilva97@gmail.com

²UFPEL-FAEM- arnsrodrigo@hotmail.com

³UFPEL- FAEM – marineteixeirasvp@hotmail.com

⁴UFPEL-FAEM-jucianogabriel@gmail.com

⁵UFPEL-FAEM-DER- veqtavares@yahoo.com.br

⁶UFPEL- FAEM-DER – lucianakopp@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A irrigação caracteriza-se como um conjunto de técnicas que modificam as possibilidades agrícolas de uma região, visando fornecer água aos cultivos quando a distribuição natural das chuvas é inadequada ou insuficiente (LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS, 1999). Segundo a Agência Nacional de Águas a área irrigada no Brasil é de 6,95 milhões de hectares. Dentre os estados brasileiros o Rio Grande do Sul se destaca com a maior área irrigada 1,4 milhões de hectares, destinada em sua maioria à produção de arroz (ANA, 2017). O custo desta irrigação abrange 10,54% do custo total de produção (IRGA, 2017), sendo que boa parte deste valor se refere diretamente a consumo de energia.

O custo elevado de energia nas estações de bombeamento de água justifica a importância de buscar meios de diminuir os desperdícios, e mediante a isso, a concessionária de energia elétrica trabalha com programas que visam contemplar através de ações, a redução do desperdício advindo das perdas existentes nas suas instalações (CANCIO, 2016).

O desperdício energético das lavouras de arroz no RS é causado por uma combinação de: excessivo consumo de água (em média 20% acima do necessário), altura manométrica muito alta (falhas no dimensionamento), baixo rendimento da transmissão mecânica entre motor e bomba e por rendimento baixo do equipamento (má escolha da bomba e/ou motor).

O objetivo deste trabalho foi efetuar um estudo de caso, visando a determinação da possibilidade de melhoria na eficiência do uso de energia, através de um diagnóstico, de uma estação de bombeamento localizada no município de Turuçu-RS, em decorrência da insatisfação do produtor com a ineficácia da mesma.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi efetuado através do contato direto a um produtor de arroz irrigado, que nos relatou o funcionamento ineficiente e ineficaz de seu conjunto moto-bomba, responsável por irrigar 450 ha. Este mau funcionamento, segundo ele, ocorreu após a troca da tubulação antiga de cimento com 600 mm de diâmetro por uma nova, constituída de dois tubos de PEAD (polietileno de alta densidade) de 300 mm dispostos paralelamente.

Na primeira etapa foi realizado o levantamento de dados na propriedade, sendo eles: a) Levantamento planialtimétrico: Foram obtidas as alturas geométricas de elevação e comprimentos das tubulações, com uso de uma estação topográfica total. b) Tubulações e peças especiais utilizadas na sucção e no recalque. c) Conjunto motor e bomba, onde foram identificados marca e modelo

da bomba e do motor elétrico instalados.d) Vazão do sistema: A medição da vazão do sistema foi realizada de forma indireta, através do medidor de velocidade ultrassônico por tempo de trânsito. e) Corrente elétrica: a medida foi obtida através de um amperímetro instalado no quadro de comando elétrico do motor.

Depois da obtenção dos dados foram estimados: a altura manométrica total (AMT) obtida a partir da equação adaptada de Hazzen-Williams (equação 1), sendo esta escolhida em função da tubulação estudada atender a todos os pressupostos para sua utilização; a potência ativa (Pa) (equação 3); a eficiência do conjunto motor-bomba-transmissão (η_c) (equação 4); o consumo de energia (CE) (equação 5), usando-se o tempo de 1800 horas de bombeamento por safra (valor médio usual).

$$AMT = hg + \left\{ \left(\frac{Q}{0,278 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times (L + L_{virtual}) \right\} \quad (1) \quad L_{virtual} = \sum_{i=1}^{i=n} N \times D \quad (2)$$

$$P_{ativa} = \frac{(\sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi)}{1000} \quad (3) \quad \eta = \frac{\gamma \times Q \times AMT}{P_{ativa} \times 1000} \quad (4)$$

$$CE = P_{ativa} \times T \quad (5)$$

Onde: AMT é a altura manométrica total (m); hg é a altura geométrica (m); Q é a vazão medida ($m^3 s^{-1}$); C é o coeficiente de rugosidade de Hazzen-Williams (adotado valor 100); D é o diâmetro da tubulação (m); L é o comprimento da tubulação (m); $L_{virtual}$ é o comprimento virtual equivalente às peças especiais presentes na instalação (m); n é o número de peças especiais presentes na EB; N é o número de diâmetros equivalente a peça especial- valor tabelado (AZEVEDO NETO et al., 1998). P_{ativa} = potência elétrica ativa (kW); V é a Tensão (V); I é a corrente elétrica (A); $\cos \varphi$ = fator de potência da instalação elétrica; P = Potência ativa (kW); $\eta_{conjunto} = \eta_{bomba} \cdot \eta_{motor} \cdot \eta_{transmissão}$; T = tempo de bombeamento = 1800 horas; CE = consumo de energia (kWh)

Paralelamente foi desenvolvido um projeto novo com o objetivo de um menor consumo de energia. Este projeto foi concebido para atender a necessidade de irrigação de 450ha de arroz inundado, que foi a demanda apresentada pelo produtor. Para isso, propusemos o uso de uma balsa, eliminando a altura geométrica de sucção e tornando a altura geométrica de recalque igual a 8,1 m. O comprimento da tubulação de recalque continuou o mesmo da situação inicialmente levantada. Foram apenas propostas as peças especiais necessárias, sendo eliminada a válvula de pé. Foi adotada a vazão unitária de $2,0 L s^{-1}$, valor encontrado na maioria das estações de bombeamento estudadas por KOPP et al, 2016, sendo que para atender a área irrigada desejada a vazão do sistema de $900,0 L s^{-1}$. Substituindo as duas tubulações presentes no sistema atual, utilizamos apenas uma única no novo projeto, com o diâmetro interno de 0,8m o que gera uma velocidade de $1,79 ms^{-1}$. A bomba escolhida foi que apresentou o mais alto rendimento (87%) para a situação do projeto, entre as disponíveis no mercado, com o motor elétrico de 4 polos de 150cv. Foi estimado o consumo de energia para a situação de projeto. Após o término deste novo projeto foram aplicados quatro índices de desempenho relacionados ao uso de energia, classificando-os de forma qualitativa, segundo a metodologia proposta por KOPP et al, 2016.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na situação atual a Bomba instalada é antiga modelo com dupla sucção, acoplamento por polias e correias com rotação de 512 rpm. O motor possui placa de 200 CV, bastante antigo e, por relato do gerente de lavoura, já recondicionado mais de 10 vezes. A corrente elétrica lida no amperímetro era 170 A, a tensão 380 V, $\cos \phi = 0,85$ (fator de potência da instalação elétrica). A velocidade medida, em ambos os tubos de recalque foi $3,25 \text{ ms}^{-1}$ e da área referente a o somatório dos dois ($0,13855 \text{ m}^2$) gerando $451,0 \text{ L s}^{-1}$ de vazão.

No novo projeto a vazão de $900,0 \text{ L s}^{-1}$, o diâmetro de 800 mm da tubulação de recalque e as peças especiais selecionadas levaram a altura manométrica de 9,344 m.

Os dados gerados pelo diagnóstico da situação atual e pelo novo projeto podem ser visualizados na Tabela 1.

TABELA 1:Quadro comparativo das variáveis que interferem no consumo de energia entre a estação de bombeamento “situação atual” encontrada na propriedade e a do “novo projeto”, juntamente com consumo no período de 1800h de irrigação em $(\text{kWh} \cdot (\text{L} \cdot \text{s}^{-1})^{-1})$.

Estação	V (ms^{-1})	Q (L s^{-1})	ATM (m)	Área Irigada (ha)	η_c (%)	Potência instalada (kW)	Bomba (especificação)	Consumo em ($\text{kWh} \cdot (\text{L} \cdot \text{s}^{-1})^{-1}$)
Situação atual	3,25	451	14,0	224,8	65,15	147,2	Bomba atual	416,52
Novo projeto	1,79	900	9,3	450,0	78,00	110,4	Bomba projetada*	211,42

*Bomba existente no mercado

Ao analisar a tabela acima, observamos que a substituição do diâmetro das tubulações gerou uma redução na velocidade de $3,25 \text{ ms}^{-1}$ para $1,79 \text{ m s}^{-1}$, fato que, apesar da vazão, somado a troca das peças especiais, explica a redução da altura manométrica total, de 14m para 9,344 m. Em relação a eficiência do conjunto moto-bomba, houve uma melhora de 12,85%.

Neste contexto analisamos também que a vazão apresentada pelo sistema real (451 L s^{-1}), além de se comportar de maneira ineficaz para atender a área irrigada, consumindo $416,52 \text{ kWh} \cdot (\text{L s}^{-1})^{-1}$, sendo este superior ao do novo projeto, que atende a demanda do produtor (900 L s^{-1}) e consome apenas $211,42 \text{ kWh} \cdot (\text{L s}^{-1})^{-1}$.

TABELA 2:Quadro comparativo de índices de desempenho entre a estação de bombeamento “situação atual” encontrada na propriedade e a do “novo projeto”.

Estação	Id_0 ($\text{W ha}^{-1} \text{ m}^{-1}$)	Id_1 (kW ha^{-1})	Id_2 (kWh ha^{-1})	Id_4 ($\text{kW} (\text{m}^3 \text{ s}^{-1})^{-1} \text{ m}^{-1}$)
Situação atual	52,23 Muito ruim	0,574 Ruim	1034,67 Muito ruim	20,46 Muito ruim
Novo Projeto	29,00 Muito bom	0,23 Muito bom	422,85 Muito bom	12,57 Excelente

Índice de desempenho é um parâmetro que permite comparar sistemas e verificar qual apresenta melhor resultado. Os quatro índices (Id_0 , Id_1 , Id_2 e Id_4) propostos por KOPP (2015) nos indicam que a situação atual é de “Ruim” a “Muito ruim” em relação ao consumo de energia, enquanto a situação projetada é de “Muito boa” a “Excelente”. Esta análise nos permite inferir que existe necessidade

de intervenção na estação de bombeamento. Segundo OCACIA et al (2002) Id_0 deve apresentar valor menor do que 30 para que o consumo de energia esteja considerado satisfatório.

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir através da finalização deste trabalho, que um dimensionamento realizado de maneira tecnicamente eficiente, resultará em uma economia energética reduzindo o custo operacional da irrigação. Desta forma justifica-se a utilização de peças especiais e tubulações de maiores diâmetros, dentro dos padrões recomendáveis, por estas reduzirem as perdas de carga, altura manométrica total e potência ativa do motor, que posteriormente gerará a economia energética.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **ATLAS Irrigação - Uso da Água na Agricultura Irrigada**. Brasília-DF, p. 86, 2017.

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. **Manual de Hidráulica**, Ed. Edgard Blucher Ltda., 8. Ed., São Paulo, 1998.

CANCIO, L. D. **Avaliação da eficiência energética em sistemas de irrigação mecanizados nas lavouras de arroz da fronteira oeste. 2016**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação engenharia elétrica) – Universidade Federal do Pampa.

IRGA (Instituto Rio Grandense do Arroz). **Custo de produção médio ponderado do arroz irrigado do rio grande do sul. Governo do Estado do Rio Grande do Sul**, Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação, Safra 2017/2018. Acessado em 18 ago. 2018. Online. Disponível em: <http://stirga2018-admin.hml.rs.gov.br/upload/arquivos/201805/18160831-custo-1-20180115091236custo-2017-18.pdf>

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D.. O uso da irrigação no Brasil. **O estado das águas no Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica**, 1999.

OCACIA, G. C.; DUARTE, H. A.; MARTINS, F. M. **Uso racional de energia em estações de bombeamento de água para irrigação de arroz**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., Anais... 2002, Campinas. Documento disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000200063&lng=en&nrm=abn. Acesso em: 23 Fev. 2014.

KOPP, L. M. **Índices de desempenho para estações de bombeamento em lavouras de arroz irrigado**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Área de Concentração Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal de Santa Maria.

KOPP, L.M.; PEITER, M.; ROBAINA, A.D.; TOESCHER, C.F. Caracterização de estações de bombeamento em lavouras de arroz do Rio Grande do Sul. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.36, n.2, p.342-351, mar./abr. 2016