

ESTUDO DO COEFICIENTE “K” DE BRESSE PARA ADUTORA DE PIVÔ-CENTRAL COM ACIONAMENTO A DIESEL¹

Renato, SOLIANI², Dirceu Brasil VIEIRA³, Luis Gustavo Oran de BARROS⁴

RESUMO: Esta pesquisa descreve um estudo sobre instalações de irrigação por aspersão do tipo Pivô-Central com acionamento a diesel, onde foram calculados os custos fixos e os custos variáveis. Minimizando-se a somatória destes custos, obteve-se o diâmetro mais econômico para cada instalação. Para esse diâmetro obteve-se o coeficiente “K” de Bresse. Cada instalação estudada teve seu funcionamento simulado com energia elétrica, calculando-se os mesmos parâmetros de projeto. Obtiveram-se, assim, intervalos de variação do coeficiente “K” para acionamento a diesel e para acionamento a eletricidade

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, Pivô-Central, Hidráulica Aplicada

ABSTRACT: This work describe an study about center-pivot irrigation system aiming the determination of the economical diameter of main line utilizing the method of minimum costs. The irrigation system was powered by diesel. The Bresse's “K” coefficient was determinated for the most economical diameter.

KEYWORDS: Irrigation, Central Pivot, Hydraulics

INTRODUÇÃO: A irrigação por aspersão tipo pivô central é uma das técnicas agrícolas mais utilizadas no Brasil, principalmente devido à adaptabilidade a diferentes tipos de solo, topografia e cultura. O dimensionamento de instalações Pivô-Central envolve a determinação do diâmetro da adutora, onde devem ser considerados critérios não só hidráulicos mas também econômicos. Quanto maior o diâmetro da adutora, menor é a perda de carga na tubulação, e assim necessita-se de um equipamento de acionamento de menor potência, porém o custo fixo de implantação é elevado. Inversamente, quanto menor o diâmetro da adutora, maior a perda de carga na tubulação, o que eleva os custos devidos a energia, mas diminui os custos fixos de investimento. Analisando-se o “trade-off” entre estes custos, pode-se determinar o diâmetro que minimiza a somatória dos custos fixos de instalação e o de consumo de energia, em base anual.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram analisadas 6 (seis) instalações de irrigação tipo Pivô-Central, acionadas por motores diesel. Para cada uma delas foram calculados os custos de instalação e operação, separados em custos fixos e variáveis considerando-se acionamentos diesel e elétrico. Tais considerações foram baseadas em uma cultura de grãos, com

¹ Trabalho desenvolvido com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

² Professor Assistente Doutor do Departamento de Estruturas da Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP, Caixa Postal 6021 - CAMPINAS, SP - CEP: 13083-970. Email: soliani@fec.unicamp.br .

³ Professor Titular do Departamento de Recursos Hídricos da Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP - Email: dbv@fec.unicamp.br .

⁴ Estudante de graduação da Faculdade de Engenharia Civil- UNICAMP. Bolsista IC da FAPESP .

simulação de 3 (três) safras ao ano. Como custos fixos computaram-se tubos, acessórios da linha adutora, conjunto motor-bomba, chaves de partida e transformadores. Para custos operacionais variáveis, computou-se o consumo de energia para o conjunto motor-bomba. Baseados no método de minimização de custos CHU (1980), o projeto mais econômico é o que minimizar a soma dos custos de implantação e de energia, podendo ser obtido pela resolução do problema,

$$\text{Min}[CFI(x).FRC + CE(x)] \quad (\text{R\$ / m.ano})$$

onde FRC é o fator de recuperação de capital dado por:

$$FRC = i.(1+i)^n / [(1+i)^n - 1];$$

sendo, n = vida média útil do equipamento (anos); I = taxa de juros anual (%); CFI(x) = custo fixo unitário da tubulação de diâmetro nominal "x" (R\$/m.ano); CE(x) = custo anual de energia de bombeamento por metro de tubulação de diâmetro nominal "x" (R\$/m.ano).

O custo de energia foi determinado por:

$$CE = (9,8.Q.j.Ckwh.t) / h \quad (\text{R\$ / m.ano})$$

onde Q:= vazão requerida (m³/s); j = perda de carga unitária no tubo de diâmetro nominal "x" devida ao atrito (m/m); Ckwh = custo da energia elétrica (R\$/kwh); η = rendimento do conjunto motor bomba (0,5 para diesel e 0,8 para elétrico); t =: tempo anual de irrigação (h) obtido por:

$$t = 2,78.A.h / Q$$

onde, A = área irrigada (ha); h = lâmina bruta aplicada no ano (m).

A conversão elétrico para diesel foi obtida pela relação:

$$1 \text{ Cv} = 0,7457 \text{ Ckwh} \text{ e } 1 \text{ Cv} = 0,255 \text{ litros óleo/hora}$$

Portanto: custo do Kw diesel é (0,255l/h.0,34R\$/l)/0,7457 Kw ou Ckwh diesel = 0,1163 R\$/Kwh. A perda de carga unitária devida ao atrito foi determinada pela fórmula Universal e o fator "f" pela expressão de SWANEE & JAIN (1976)

$$j = 8.f.L.Q^2 / (\pi^2.D^5.g)$$

onde, L =: comprimento da adutora (m); D =: diâmetro da adutora (m); g = aceleração da gravidade (9,8 m²/s); f = fator de atrito, em função do número de Reynolds e da rugosidade relativa do tubo dado por:

$$f = \left(-2.\log\left(\frac{\epsilon}{3,71.D} + \frac{5,62}{\text{Rey}^{0,9}} \right) \right)^{-2}, \quad \epsilon \quad \text{Rey} = 4.Q / (\pi.D.v)$$

v = coeficiente cinemático de viscosidade da água (v= 10⁻⁶); ε = rugosidade equivalente para o material do tubo (0,15).

Para o diâmetro econômico obtido pela minimização de custos calcula-se o coeficiente "K" de Bresse, utilizando a fórmula:

$$D = K.\sqrt{Q} \text{ para instalações que operam continuamente e,}$$

$$D = K.\sqrt[4]{R}\sqrt{Q}$$

onde R = divisão entre o número de horas diárias de bombeamento por 24;

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Por meio de planilhas de cálculo determinou-se o diâmetro econômico e o coeficiente "K" de Bresse para acionamentos a diesel e elétrico para cada instalação estudada. Da análise destas planilhas observa-se que para as bombas de potências acima de 230 cv, os custos totais minimizados para projetos acionados a

energia diesel foram inferiores aos custos totais minimizados de projetos acionados a energia elétrica. Isto deve-se não diretamente ao custo de energia para acionamento, considerado como custo variável, mas ao custo fixo de implantação do projeto, pois somente para bombas com potências inferiores a 170 cv, o custo de implantação do sistema diesel foi mais elevado. Verificou-se ainda que para apenas um dos projetos com bomba de potência 82,25 cv o custo de energia elétrica foi muito pouco superior ao custo da energia a diesel, ratificando o estudo comparativo de FRIZZONE et al. (1993). Porém situação semelhante não acontece com os custos fixos de implantação dos sistemas. Ou seja, para potências da bomba inferiores a 170 cv, os custos fixos de implantação do projeto elétrico são inferiores, ao passo que em relação ao custo de energia, à medida que as potências diminuem também diminuem as diferenças, outra conclusão semelhante a que FRIZZONE et al. (1993) fazem referindo-se à lâmina de água aplicada. Sobre os custos totais, verificou-se que a utilização de projetos acionados a energia diesel mostra-se mais interessante do ponto de vista econômico quando há a solicitação de altas potências nas bombas, pois seu custo de implantação associado ao seu custo de energia é inferior aos custos de implantação e de energia para o mesmo projeto de irrigação quando considerado a energia elétrica e o dimensionamento econômico. Com base nos resultados obtidos, calculou-se o coeficiente de Bresse, que ficou na faixa de 0,94 a 1,11 para motores acionados a eletricidade e de 1,07 a 1,24 para acionamento a diesel. Tanto em um caso como em outro conseguiu-se restringir a faixa de variação do coeficiente K de Bresse, que segundo AZEVEDO NETTO E VILLELA (1969) é de 0,7 a 1,4.

CONCLUSÃO: Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que para pivôs-centrais que necessitem potências mais elevadas o uso de energia a diesel é recomendado, pois o custo financeiro somado ao de implantação desse sistema é menor do que os mesmos custos dos sistemas elétricos com as mesmas características de projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA:

AZEVEDO NETTO, J.M. E VILLELA, S.M. **Manual de hidráulica.** São Paulo, Edgard Blücher, 1969. v.1, 381p.

CHU, S.T. **Pumping energy reduction by modified cost analysis.** J. irrig. drainage div., 106(IR2): 147-54, 1980.

FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; FREITAS, H.A.C. **Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô-central em cultura de feijão utilizando energia elétrica e óleo diesel.** Piracicaba, ESALQ-USP., 1993. 17p.