

# Comparação econômica das alternativas de irrigação com energia elétrica e óleo diesel

\* Álvaro César Correia Sobrinho  
\*\* Antinous de Souza Carvalho  
\*\*\* Francisco Luiz P. Neiva Santos

*Este trabalho traça uma análise comparativa dos custos operacionais e investimentos iniciais das duas alternativas energéticas mais usuais de irrigação na região: a eletricidade e o óleo diesel.*

## 1. INTRODUÇÃO

No presente estudo de comparação econômica entre a irrigação com energia elétrica e a alternativa da utilização do óleo diesel como combustível, foram admitidas diversas hipóteses simplificadoras, que facilmente poderão ser modificadas, uma vez que se procurou dar um tratamento genérico ao problema. Este trabalho pretende responder qual a alternativa mais econômica para o produtor rural, tendo em vista a potência elétrica necessária e a distância do seu ponto de consumo ao sistema elétrico da concessionária.

Omitiremos aqui a apresentação de cálculos, fórmulas e fluxos de custos. Os leitores interessados poderão procurar qualquer um dos autores para obtenção dos mesmos.

Para a análise comparativa das duas alternativas de irrigação consideradas foi pressuposto que:

1. a área a ser irrigada é a mesma, bem como a necessidade de água para a cultura a ser desenvolvida.
2. os benefícios conseguidos com as duas alternativas são os mesmos e não serão, portanto, considerados no fluxo de caixa.
3. a série uniforme de custos mensais durante um ano é refletida como gasta no final de cada ano a uma taxa de 1m% ao mês.
4. a comparação é feita através do equivalente de valor atual de fluxo de despesas de cada alternativa considerada, englobando os investimentos iniciais e os custos operacionais anuais.
5. a potência de placa do motor elétrico é 0,80 da potência do motor a diesel a substituir para funcionamentos durante igual período por dia.

6. os equipamentos têm vidas úteis diferentes, sendo a dos equipamentos elétricos um múltiplo da vida útil do equipamento a óleo diesel.
7. os equipamentos não apresentam valor residual no final de suas vidas úteis.
8. a comparação foi feita num horizonte de tempo igual à vida útil dos equipamentos elétricos (20 anos).

## 2. COMPARAÇÃO ECONÔMICA

Consultados alguns fornecedores de motores a diesel, foram levantados os custos desta opção de irrigação, que estão mostrados no Quadro 1. Neste quadro pode ser vista a preponderância do combustível nos custos operacionais. Esta alternativa se caracteriza por altos custos operacionais com investimentos iniciais relativamente menores. O inverso ocorre com a eletrificação que, em função do comprimento da linha, poderá apresentar altos investimentos e reduzidos custos operacionais. Convém ressaltar que o número de horas de funcionamento do motor a diesel é fundamental na composição dos custos operacionais, bem como na definição das potências equivalentes.

Podemos dizer que, para ocorrer equivalência das duas formas de irrigar, é preciso que:

$$(I) P_e = 0,8 P_d \frac{N_d}{N_e}$$

onde

$P_e$  = potência do motor elétrico  
 $P_d$  = potência do motor a diesel  
 $N_e$  = número de horas por dia de funcionamento do motor elétrico  
 $N_d$  = número de horas por dia de funcionamento do motor a diesel

\* Engenheiro Eletricista da COELCE

\*\* Engenheiro Eletricista da COELCE  
Professor da UNIFOR

\*\*\* Engenheiro Eletricista da COELCE  
Professor Assistente da UFC  
Presidente da Associação dos Engenheiros Eletricistas

— Todos lotados no Departamento de Desenvolvimento Energético — DDENE.

## LEVANTAMENTO DE CUSTOS DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO MOTORES A DIESEL

QUADRO 1.

POTÊNCIA (CV)	INVESTIMENTO INICIAL Cr\$ 1.000	CONSUMO MENSAL DE DIESEL (LITROS)	CUSTO MENSAL COM DIESEL Cr\$ 1.000	OUTROS CUSTOS MENSAIS Cr\$ 1.000	TOTAIS DE CUSTOS MENSAIS Cr\$ 1.000	CUSTO OPERACIONAL ANUAL EQUIVALENTE Cr\$ 1.000
50	3.030	3.593	686	51	737	9.351
15	1.248	1.078	206	37	243	3.087
9	851	647	124	34	158	2.005
7	726	503	96	34	130	1.654
4,5	617	323	62	33	95	1.203

DATA: 20/07/83

### HIPÓTESES ADMITIDAS :

1. Motor funcionando 10h/dia e 30 dias/mês
2. Os custos com instalação foram considerados como 1% do custo do motor
3. Para o cálculo do custo operacional anual, foi considerada uma taxa de 1% ao mês
4. Os preços dos motores foram considerados como a média dos fornecidos por 3 fabricantes
5. Foi considerado para todos os motores um consumo específico de 200g/CVh
6. Densidade do Diesel: 0,835 kg/l
7. Preço do Diesel: Cr\$ 191,00/l
8. Preço do óleo lubrificante: Cr\$ 760,00/l
9. A coluna de outros custos mensais engloba os gastos com manutenção, lubrificação e peças de reposição.

No Quadro 2 são apresentados os custos da alternativa elétrica, em que se admitiu uma equivalência de potência dada pela equação (I), um funcionamento durante 10 horas/dia do motor elétrico e as tarifas elétricas convencionais vigentes em 20 de julho de 1983.

Admitindo-se ainda que  $T_d = 10$ ,  $T_e = 20$  e  $i_a = 12\%$  ao ano, obtemos o Quadro 3 que nos dá o investimento máximo com linha, para se ter uma igualdade de atratividade econômica, bem como o comprimento de linha a que isto corresponde, considerando os custos da COELCE em julho de 1983.

## LEVANTAMENTO DOS CUSTOS COM IRRIGAÇÃO USANDO ENERGIA ELÉTRICA

QUADRO 2

Motor Elétrico			Linha		Subestação		Investimento		Consumo Mensal de Energia		Outros Custos Mensais	Totais de Custos Mensais	Custo Op. Anual
CV	KW	Fases	Custo Cr\$ 1.000	No. Fases	Potência KVA	Custo Cr\$ 1.000	Inicial Cr\$ 1.000	KWh	Cr\$ 1.000	Cr\$ 1.000	Cr\$ 1.000	Cr\$ 1.000	Cr\$ 1.000
10	9,2	1	290	2	10	441	731	2.760	27	9	36	457	
7,5	6,8	1	271	2	10	441	712	2.040	20	8	28	355	
5	4,6	1	230	2	5	411	641	1.380	14	7	21	266	
4	3,7	1	170	2	5	411	581	1.080	11	5	16	203	
40	36,8	3	654	3	45	1040	1.694	11.040	109	20	129	1.636	
12	11	3	233	3	15	691	924	3.300	32	7	39	495	
7,5	6,8	3	141	3	10	648	789	2.040	20	5	25	317	
6	5,5	3	120	3	10	648	768	1.650	16	4	20	254	
4	3,6	3	87	3	10	648	735	1.080	11	3	14	178	

DATA: 21/07/83

### OBSERVAÇÕES:

1. Foi considerado um rendimento de 80% para os motores
2. No custo do motor, foram incluídos os custos da chave, proteção e montagem
3. No custo da SE, foram considerados, o transformador, medição, chaves, pára-raios, ferragens, mão de obra, transporte e taxas
4. Foi considerada a tarifa B-2, rural irrigação (Cr\$ 9.836,45/MWh em julho de 83)
5. "Outros custos mensais" correspondem a 3% do custo do motor, englobando a manutenção e reposição de peças
6. Para o cálculo do custo operacional anual foi considerada uma taxa de 1% ao mês
7. Admitiu-se que os motores funcionam durante 10h/dia e 30 dias/mês.

## CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Os resultados numéricos obtidos dependem fundamentalmente das hipóteses admitidas. Poderão ser modificados caso o cenário seja outro. Se forem consideradas outras taxas de juros ou ainda um horizonte de tempo diferente de 20 anos, as distâncias críticas certamente terão seus valo-

característica. É o caso por exemplo de se fazer irrigação por gotejamento.

Sob o ponto de vista da concessionária, estudos desta natureza podem contribuir com subsídios para o estabelecimento de critérios racionais de expansão do sistema elétrico, bem como apresentar justificativas da necessidade e importância da alocação de recursos por parte dos governos estadual e federal.

## COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE IRRIGAÇÃO

QUADRO 3

Motor Elétrico	Motor Diesel Equivalente	Investimento Inicial com motor e SE	Custo Operacional Anual (Elétrica)	Valor Atual Dos Custos motor e SE	Valor Atual Dos Custos (Diesel)	Investimento Inicial Máximo c/Linhas para Igual Atratividade	Distância Crítica	
CV	Fases	CV	Cr\$ 1.000	Cr\$ 1.000	Cr\$ 1.000	Cr\$ 1.000	Km	
40	3	50	1.694	1.636	13.913	73.851	59.938	30,4
12	3	15	924	495	4.621	24.708	20.087	10,2
7,5	3	9	789	317	3.157	16.101	12.944	6,6
6	3	7	768	254	2.665	13.314	10.649	5,4
4	3	4,5	735	178	2.064	9.081	7.017	3,5
7,5	1	9	712	355	3.363	16.101	12.737	8,0
4	1	4,5	581	203	2.097	9.081	6.983	4,4

DATA: 21/07/83

## OBSERVAÇÕES:

1. Linha Trifásica cabo 4AWG (Cr\$ 1.970.000,00/Km) em julho de 83
2. Linha Bifásica cabo 4AWG (Cr\$ 1.593.000,00/Km) em julho de 83
3. Para os motores monofásicos a Linha considerada foi Bifásica.

res modificados. Em sua versão original o estudo é genérico e, facilmente poder-se-á modificar os parâmetros admitidos e obter novos resultados.

Os autores confessam que se surpreenderam com os valores de distâncias críticas obtidos, uma vez que esperavam distâncias menores. Tal fato no entanto, evidencia a importância da eletrificação para o irrigante.

O Quadro 3 apresenta um resumo das conclusões para as diversas potências consideradas. Nele podemos verificar que a instalação de um motor elétrico trifásico de 4 CV é, no horizonte de 20 anos, mais econômica para o produtor rural, do que um motor diesel de 4,5 CV, desde que a distância do ponto de consumo seja de até 3,5 Km. A mesma análise pode ser feita para os demais tipos de motores.

Os resultados do Quadro 3 podem ser resumidos no gráfico a seguir. Para o caso A, que corresponde a uma potência de 12 CV e uma linha de 6 Km, a alternativa mais viável é a elétrica. Já para o caso B, com 12 CV de potência e linha de 13 Km, a alternativa mais viável é utilizar motor a óleo diesel.

Acreditamos que o assunto é merecedor de uma análise mais detalhada e de maior abrangência, uma vez que poder-se-á futuramente contemplar outras fontes de energia, tais como a solar, o gasogênio e a eólica. Para estas no entanto, a metodologia de análise deverá ser diferente, uma vez que as técnicas de irrigação devem ser adequadas às diversas fontes de energia. O aproveitamento de energia solar direta, por exemplo, através de células fotovoltaicas, é usualmente feito em baixos níveis de potência, razão pela qual a técnica de irrigação a ser utilizada deve ser compatível com esta

