

**ANÁLISE COMPARATIVA DE UM PROJETO DE IRRIGAÇÃO SEMI-PORTÁTIL, COM DIFERENTES CONFIGURAÇÕES, PARA A CULTURA DE FEIJÃO**

**Luís Fernando de Souza Magno Campeche**  
**Maurício Antonio Coelho Filho**  
**Sérgio Antônio Veronez de Sousa**  
**Rubens Duarte Coelho**  
*ESALQ-USP- Depto de Engenharia Rural*  
*Fone: (019) 429-4217*  
*CEP: 13418-900 - Piracicaba-SP*

**1 RESUMO**

O objetivo do presente trabalho foi analisar o custo de implantação e a receita líquida de um projeto de irrigação para cultura do feijão em duas regiões, com demandas evapotranspirométricas diárias de 7 e 4 mm. Analisou-se o efeito de diferentes espaçamentos de aspersores, motores (Elétrico e Diesel) e condição da adução. Os resultados mostraram que para as duas regiões, as maiores receitas líquidas foram obtidas com o uso de motor elétrico, jornada diária de 16 horas e condição de adução favorável. Em todas as situações as maiores receitas líquidas foram obtidas para o espaçamento de 18x18 metros. A condição de adução foi determinante, podendo inviabilizar o projeto em determinadas situações.

**UNITERMOS:** Aspersão, custo de implantação, irrigação.

**CAMPECHE, L.F.S.M., COELHO FILHO, M.A., SOUSA, S.A.V., COELHO, R.D. COMPARATIVE ANALYSIS OF HAND MOVE IRRIGATION PROJECT WITH DIFFERENT CONFIGURATIONS FOR BEAN CROPS.**

**2 ABSTRACT**

The cost of implantation and the net income of an irrigation project for bean crop were analyzed in two regions with 7 and 4 mm of evapotranspirometric daily demand. The sprinkles spacings, motors (Electric and Diesel) and adduction conditions were evaluated. In both regions, the best results with regard to net income were obtained with the electromotor, 16 hours daily work and suitable adduction condition. The spacing of 18x18 m in all the treatments showed the best results regarding the net income. The project can be infeasible depending on the adduction condition.

**KEYWORDS:** Sprinkling, implantation cost, irrigation.

### 3 INTRODUÇÃO

A irrigação é um instrumento utilizado na agricultura para proporcionar ao produtor obter maiores rendimentos e melhor qualidade do produto final. Para tanto, não basta apenas adquirir sistemas de irrigação e instalá-los na propriedade. O manejo e o dimensionamento adequado, juntamente com outros fatores irão proporcionar uma melhor relação entre o custo e o benefício, promovendo o aumento da produtividade e redução do custo de unidade por área produzida. Ao se projetar um sistema de irrigação por aspersão convencional pode-se encontrar diversas opções de configuração para o mesmo. Na seleção da configuração mais adequada, dois aspectos devem ser enfatizados: uniformidade de aplicação de água e custo total anual do sistema. O estudo da uniformidade de distribuição de água é uma das maneiras de avaliar se o sistema de irrigação está trabalhando corretamente. Através deste estudo, juntamente com as funções de produção das culturas, pode-se obter a estimativa da produtividade por unidade de área e se chegar a relação que melhor representa o espaçamento entre aspersores e a produtividade.

Em qualquer método de irrigação utilizado, desejamos sempre obter o máximo de eficiência, para obtenção de sensíveis aumentos na produtividade das culturas, que contribui substancialmente para a estabilidade e garantia da produção. Por isso, a escolha do melhor método para uma determinada localidade é de suma importância, assim como, a configuração do sistema que será instalado no campo. A configuração diz respeito à energia utilizada para o bombeamento, aspersores que venham proporcionar maior rendimento à cultura, assim como o seu espaçamento, pressão de serviço, jornada diária, que podem ser responsáveis para um incremento maior ou menor dos custos fixos e variáveis do sistema. A análise desses parâmetros pode indicar uma melhor configuração de um sistema para o irrigante, deixando-o mais confiante na irrigação que está realizando, evitando o abandono da irrigação ou prejuízos ao implementar um sistema mal dimensionado para a sua situação.

Segundo Azevedo (1983), Frizzone et al. (1994) e Scaloppi (1986) a altura de captação, energia no bombeamento, transporte, controle e distribuição de água, além de gastos com mão-de-obra, representam importantes custos adicionais na produção. Melo (1993), analisando os custos da irrigação por aspersão em Minas Gerais, concluiu que os custos variáveis são maiores para sistemas de autopropelido, seguido pelo pivô central e por último aspersão convencional. Analisando participação da energia nos custos totais variáveis, chegou-se a conclusão que o componente energia foi o que mais participação teve nesses custos, principalmente quando o sistema foi acionado por motor Diesel. Assim, os custos totais com o motor Diesel foram sempre maiores que os motores elétricos. Esses resultados estão de acordo com Scaloppi (1985), que afirma que um dos aspectos de grande importância a ser considerado, diz respeito ao tipo de energia disponível para irrigação. Os combustíveis líquidos utilizados em motores de combustão interna, são muito mais caros que a energia elétrica, em nossas condições. O custo do óleo supera em cerca de seis vezes o custo da

eletricidade. Segundo Hoffmann<sup>1</sup>, citado por Zocoler (1994), os custos fixos são aqueles que não variam com a quantidade produzida (juros sobre capital empatado, impostos fixos, seguro, arrendamentos etc.). A somatória entre os custos variáveis e o custo fixo anual corresponderá aos custos totais do sistema durante o ano, devendo ser abatido da receita bruta conseguida através da produção, resultando na receita líquida do empreendimento.

O emprego das funções de produção na análise e discussão dos resultados dos experimentos agrícolas, está bastante difundido. Sua utilização para determinar os níveis economicamente ótimos dos fatores é o principal ponto crítico da aplicação em experimentos agrícolas. A produção das culturas em resposta à água aplicada depende de muitos fatores, tais como quantidade e frequência de irrigação, método de aplicação de água, estágio de desenvolvimento da cultura, variabilidade do solo, condições climáticas etc. A irrigação é tão menos eficiente quanto mais a quantidade de água aplicada se aproxima da irrigação sem déficit. Este declínio na eficiência está associado com a variabilidade na quantidade de água aplicada, com as características da cultura e características do solo, Frizzone (1993).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do trabalho, foram criadas algumas situações que foram estudadas em etapas diferentes de forma separada. As etapas de realização do trabalho foram as seguintes, na ordem em que foram realizadas:

- a) determinação da uniformidade de distribuição de água, representadas pelos espaçamentos entre os aspersores.
- b) realização de cálculos de produtividade da cultura em função da lâmina aplicada e espaçamento dos aspersores, pela função de produção do feijão.
- c) dimensionamento do projeto, custos e receita líquida do produtor.

### 4.1 Determinação da uniformidade de distribuição de água pelo aspersor nas diferentes situações estudadas.

Os testes foram realizados no laboratório de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “*Luiz de Queiroz*”.

O aspersor utilizado no teste foi da marca Fabrimar, modelo A232 ECO, bocais de 5,6 e 3,2 mm, com pressão de 245,2 kPa, monitoradas por um manômetro digital. Os coletores apresentavam espaçamento equidistante de 1m. Foi usado o programa de software Catch 3d para realizar simulações do perfil de distribuição do aspersor e sobreposições para os espaçamentos estudados (12x12, 12x18, 18x18, 18x24 e 24x24 m), fornecendo os valores de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC). De posse desses dados de sobreposição de lâmina e lâmina média para cada espaçamento, foi possível a realização dos cálculos para obtenção da produtividade através função de produção da cultura estudada, obtendo as produtividades para cada espaçamento.

---

<sup>1</sup>Hoffmann, R.; Engler, J. J. C.; Serrano, O.; Thame, A. C. M.; Neves, E. M. *Administração da empresa agrícola*. 5 ed. São Paulo, Pioneira, 1987. 325p.

#### 4.2 Sequência utilizada para o dimensionamento do projeto e custo anual total para cada situação estudada.

Para estudar o sistema nas suas diversas configurações, criou-se uma situação hipotética para viabilizar o projeto, pois teríamos que partir de um ponto inicial onde algumas situações foram pré fixadas. A seguir são apresentadas algumas situações estudadas e análise dos resultados:

Para todas as situações estudadas, foram feitos os cálculos referentes à irrigação de uma área cultivada com feijão (*Phaseolus vulgaris*, L), cultivar carioca. O espaçamento entre plantas foi de 0,40 m, totalizando aproximadamente 365.000 plantas por hectare.

A lâmina total necessária utilizada para os projetos foram de 345 e 534 mm, com demanda evapotranspirométrica de 4 e 7 mm, respectivamente.

O sistema opera com duas situações diferentes: 8 e 16 horas de funcionamento.

Os diâmetros utilizados para cada situação, foram pré-fixados em 4" de diâmetro da linha lateral, 5" de diâmetro da linha principal e 5" de diâmetro da adutora e sucção.

A altura de elevação dos aspersores foi de um metro.

Com o objetivo de comparar custos em diferentes situações, foram consideradas três situações para o dimensionamento da adutora: (i) situação mais favorável, com 100 metros de comprimento e 15 metros de desnível geométrico; (ii) situação mediana, com 500 metros de comprimento e 30 metros de desnível geométrico e (iii), situação desfavorável, com 2.000 metros de comprimento e 65 metros de desnível geométrico.

Para o acionamento da bomba, foram comparados projetos com acionamento de motores elétricos e motores Diesel. No caso da energia elétrica, foi considerada que a energia elétrica está disponível na propriedade, não entrando nos custos gastos com postes, transformadores etc.

Para cada configuração do sistema foi selecionada uma bomba e um motor Diesel ou elétrico correspondente ao projeto, com seus respectivos preços.

Não foram considerados descontos com tarifação de energia elétrica.

Quanto à seleção das bombas, estas foram da KSB, a partir do catálogo do fabricante.

Motores elétricos aqueles correspondente à faixa de potência requerida pela bomba e motores Diesel também aqueles correspondente à faixa de potência, com o seu consumo específico (CE), fornecido pelo catálogo do fabricante.

Foi considerado como 10 anos a vida útil dos equipamentos utilizados no projeto, sendo ainda considerados após esse período como material sem qualquer valor comercial. Considerou-se como gastos de manutenção dos equipamentos como sendo igual a 3% sobre o valor investido em equipamentos.

A metodologia usada para o dimensionamento teórico do sistema de irrigação em suas diferentes configurações foi uma adaptação da metodologia proposta por Zocoler (1994), auxiliada pela utilização de planilha eletrônica.

#### 4.3 Aplicação da superfície de resposta na cultura do feijoeiro.

No presente estudo, variou-se diversas configurações do sistema de irrigação e para cada configuração estudada, esperou-se uma produtividade diferente da cultura. Para estimar a produtividade, utilizou-se a função de produção da cultura do feijão, tendo como fator de variação a lâmina aplicada. As Equações 1 e 2, representam as funções de produção que

foram obtidas por Saad (1991) e Dantas Neto (1994), para as regiões de 4 e 7 mm de demanda evapotranspirométrica, respectivamente.

$$Y = -23577,14 + 139,61.W - 0,1825.W^2 \quad (1)$$

$$Y = -8064,46 + 33,95.W - 0,026.W^2 \quad (2)$$

em que,

Y = Produtividade (kg/ha)

W = Lâmina de água aplicada (mm)

Após o cálculo da produtividade em função das situações estudadas, foi possível o cálculo da receita líquida para cada situação estudada. Para o cálculo foi utilizada a Equação 3:

$$RL = Py.Y - (GAMO + GAMR + CFAE + GABO) \quad (3)$$

Em que,

RL = Receita líquida, em R\$

Py\* = Preço do produto na propriedade, R\$0,56/Kg\*.

Y = Produção de grãos, em Kg/ha.

GAMO = Gasto anual de mão-de-obra (R\$.ha<sup>-1</sup>).

GAMR = Gasto anual com manutenção e reparos (R\$.ha<sup>-1</sup>).

CFAE = Custo fixo anual do equipamento (R\$.ha<sup>-1</sup>).

GABO = Gasto anual com bombeamento (R\$.ha<sup>-1</sup>).

\*Preço do produto, representando a média de preço do feijão dos últimos 10 anos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos resultados obtidos no ensaio do aspersor nos espaçamentos estudados (12x12, 12x18, 18x18, 18x24 e 24x24 m), observou-se que ao tempo em que se aumentava o espaçamento, o CUC diminuía, com exceção para o espaçamento de 18x18 metros, que também apresentou o maior valor de CUC, visto no Quadro 1.

Como os testes foram realizados em laboratório, o efeito do vento não interferiu nos resultados de sobreposição e conseqüentemente nos valores de CUC. O que pode ser dito é que, quando em funcionamento no campo, esses valores podem diminuir e o efeito poderá ser maior nos espaçamentos maiores, promovendo maior redução nos valores de CUC, comparado aos efeitos no espaçamento menor.

Com relação à produtividade determinada através da função de produção da cultura do feijão, verificou-se que os resultados são coerentes com o esperado. As produtividades obtidas para todos os espaçamentos foram iguais para todas as situações estudadas dentro de um mesmo espaçamento, visto que, a lâmina aplicada foi igual para todas as situações. As maiores produtividades foram obtidas para o espaçamento de 18x18 m, que foram de 2.670 e 2.805 Kg.ha<sup>-1</sup> nas regiões de 4 e 7 mm de evapotranspiração, respectivamente.

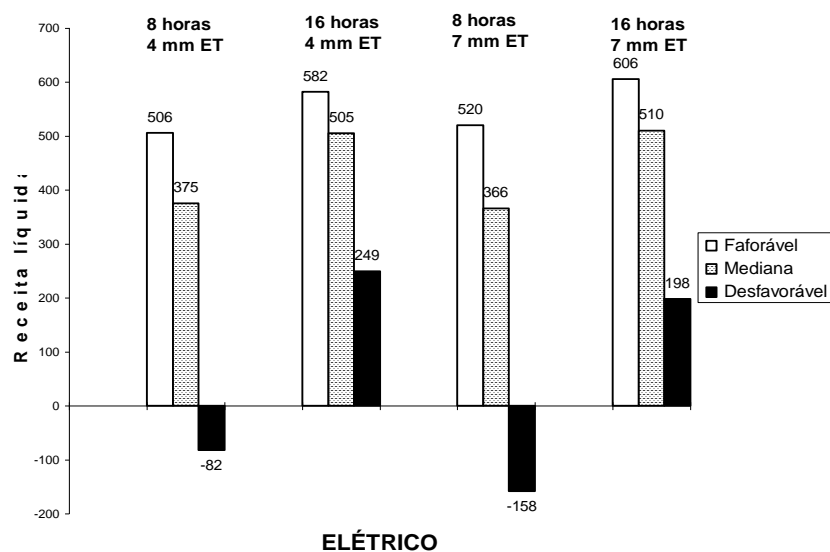
Quadro 1 - Valores de CUC e produtividade, em função do espaçamento.

Espaçamento (metros)	CUC (%)	Produtividade (Kg.ha <sup>-1</sup> )	
		4 mm ET	7 mm ET
12x12	83,4	2.424	2.670
12x18	80,7	2.367	2.486

18x18	85,5	2.670	2.805
18x24	74,1	2.236	2.382
24x24	65,1	1.941	2.200

A seguir, na Figura 1 são apresentados os resultados das médias das rendas líquidas para todas as situações estudadas. Como era esperado, as maiores rendas ocorreram na situação da adutora mais favorável, pois, nessa situação o incremento dos gastos tanto fixo como variável é menor quando comparado às outras situações, visto que um maior comprimento e desnível traduz-se em maior perda de carga ao longo da tubulação necessitando de maior potência do conjunto. Quando comparamos motores elétricos e motores Diesel, estes apresentaram rendimentos inferiores àqueles, pois o motor a Diesel além do custo de aquisição ser bem maior que o motor elétrico, aumentando os custos fixos, o gasto com energia de bombeamento é bem mais acentuado, aumentando também os custos variáveis e consequentemente nos custos totais. Portanto, em situações muito desfavoráveis de desnível geométrico e comprimento da adutora, o incremento causado pelos elevados custos fixos e custos variáveis em sistemas com acionamento à Diesel poderá inviabilizar economicamente projetos de irrigação, pois a receita líquida acaba tornando-se menor ou bem próxima dos custos do projeto, tornando-se em alguns casos a obter valores negativos de receitas.

Com relação à jornada de trabalho, verifica-se que, para todos os casos, ocorreu um incremento na receita líquida por hectare quando trabalha-se 16 horas por dia. Isto ocorreu, pois com o aumento da jornada diária a área irrigada aumentou, com um pequeno aumento no custo fixo, o que vai refletir no aumento da receita líquida por hectare para o sistema operando 16 horas por dia.



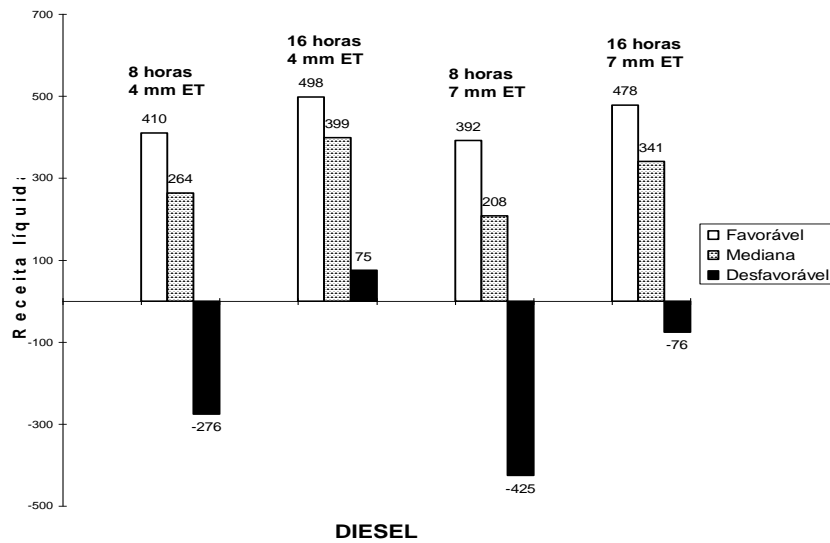


Figura 1 - Média das Receitas Líquidas para motores elétricos e Diesel, com diferentes condições de adução de água, evapotranspiração e jornada de trabalho.

Pelo Quadro 2 observa-se que os custos fixos para jornada diária de 8 horas e evapotranspiração de 4 mm suplantaram em maior magnitude os custos variáveis à medida que a adução tornava-se desfavorável. Quando o sistema operava com 16 horas de jornada diária na situação mais favorável, os custos variáveis suplantaram os custos fixos, porém, quando a situação da adutora passou a desfavorável os custos fixos foram maiores, pois há um maior incremento dos custos fixos em relação aos custos variáveis. Quando se compara na mesma situação, com acionamento à Diesel, observa-se o mesmo comportamento, só que os custos variáveis foram proporcionalmente maiores, visto que sistemas com acionamento à Diesel há um maior gasto com a energia de bombeamento.

Com relação aos custos fixos para jornada diária de 8 horas e evapotranspiração de 7 mm, ocorreu o inverso da primeira situação, onde os custos fixos foram menores em relação aos custos variáveis, visto que haverá maior gasto com energia de bombeamento, pois a quantidade de água bombeada é maior, exceto para a condição de adutora desfavorável, na qual o custo fixo superou o custo variável. Quando se opera o sistema com jornada diária de 16 horas, o incremento dos custos variáveis torna-se mais acentuado, pois o sistema vai ficar mais tempo trabalhando, traduzindo em maiores gastos para operacionalização do sistema. Com relação ao acionamento à Diesel, observa-se que em todos os casos houve uma maior contribuição dos custos variáveis nos custos totais, independente das condições de adução.

Em síntese, as simulações que apresentaram menores custos variáveis e conseqüentemente maiores custos fixos foi as que operaram com motores elétricos, 8 horas de jornada diária e com demanda evapotranspirométrica de 4 mm. Por outro lado, as simulações que apresentara maiores custos variáveis e menores custos fixos foram as que operaram com 16 horas de jornada diária, motores Diesel e demanda evapotranspirométrica de 7 mm.

Quadro 2 - Percentagem média dos custos variáveis e fixos nos custos totais

	4 mm								7 mm							
	Elétrico				Diesel				Elétrico				Diesel			
	8 hrs		16 hrs		8 hrs		16 hrs		8 hrs		16 hrs		8 hrs		16 hrs	
	cv	cf	cv	cf	cv	cf	cv	cf	cv	cf	cv	cf	cv	cf	cv	cf
F.	45	55	52	48	47	53	58	42	55	45	62	38	60	40	70	30
M.	43	57	50	50	47	53	58	42	53	47	61	39	59	41	70	30
D.	38	62	46	54	41	59	53	47	46	54	56	44	52	48	65	35

F=Favorável, M=Mediana, D=Desfavorável, cv=Custo variável e cf=Custo fixo.

Nas Figuras 2, 3 e 4 são apresentadas as curvas que representam a variação da receita líquida com os espaçamentos para as diferentes situações estudadas, para as condições de adução favorável, mediana e desfavorável, respectivamente. Observando-se as Figuras, verifica-se que para as três condições de adutora, as maiores receitas foram obtidas com o uso de motor elétrico (ME) e jornada diária de 16 horas, tanto para a região de 4 como para 7 mm de demanda evapotranspirométrica. Percebe-se também que o comportamento da receita com o espaçamento foi semelhante em todas as situações, sendo que a receita líquida atingiu um valor máximo, em todos os casos, no espaçamento de 18x18 metros. Isto se deve ao fato de que os maiores valores de CUC foram obtidos para este espaçamento e conseqüentemente as maiores produtividades.

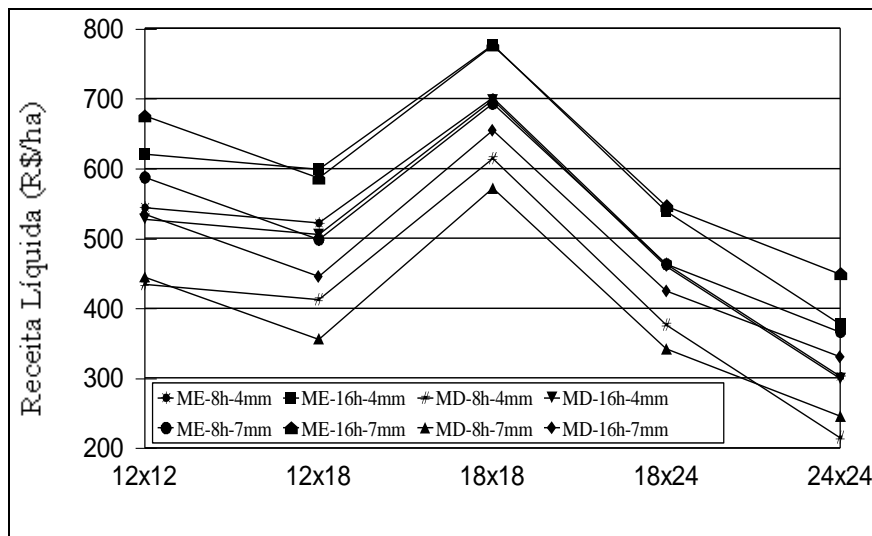


Figura 2 - Receita líquida para os diferentes espaçamentos e condição de adutora favorável, para motor elétrico (ME) e motor Diesel (MD).

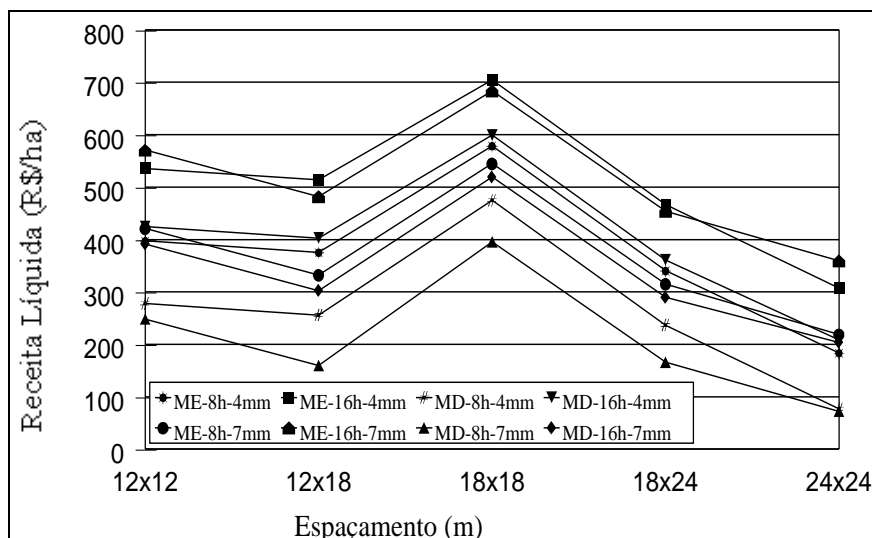


Figura 3 - Receita líquida para os diferentes espaçamentos e condição de adutora mediana, para motor elétrico (ME) e motor Diesel (MD).



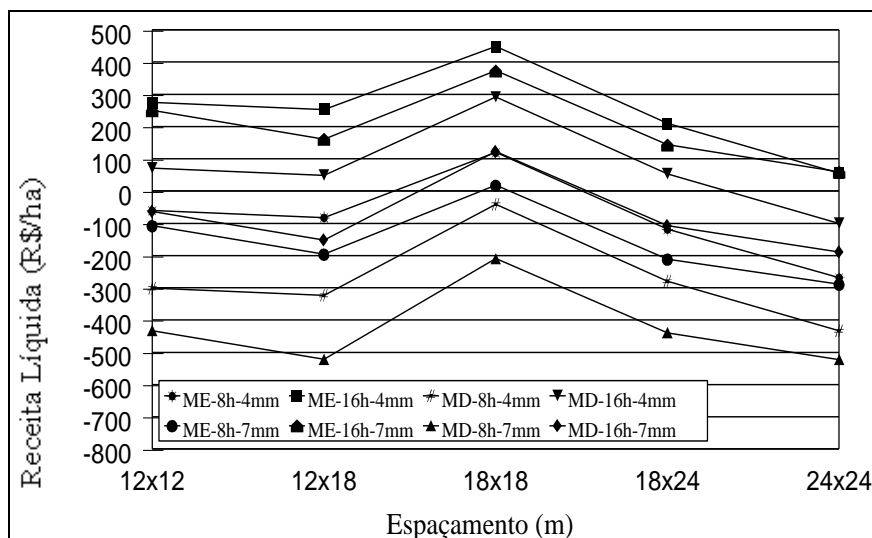


Figura 4 - Receita líquida para os diferentes espaçamentos e condição de adutora desfavorável, para motor elétrico (ME) e motor Diesel (MD).

Pode-se observar também que as menores receitas líquidas foram obtidas com a utilização de motores Diesel (MD) e jornada diária de 8 horas, sendo que a região de demanda de 7 mm foi a que proporcionou as menores receitas na maioria dos casos.

## 6 CONCLUSÃO

Com base nas simulações para as condições preestabelecidas e análises realizadas, pode-se concluir que:

- Os maiores valores de CUC e consequentemente de produtividade foram obtidos para o espaçamento de 18x18 m.
- As menores percentagens do custos variáveis, nos custos totais, foram obtidas para acionamento por motor elétrico, jornada de 8 horas e demanda evapotranspirométrica de 4 mm. As maiores percentagens ocorreram com a utilização de motor Diesel, jornada de 16 horas e demanda de 7 mm.
- As maiores receitas foram obtidas com o uso de motor elétrico e jornada diária de 16 horas, tanto para a região de 4 como para 7 mm de demanda evapotranspirométrica.
- As menores receitas líquidas foram obtidas com a utilização de motores Diesel e jornada diária de 8 horas.
- As maiores receitas líquidas foram obtidas para o espaçamento de 18x18 m, para todos os casos estudados.
- A condição de adução foi determinante, inviabilizando o projeto em determinadas situações, pois apresentou receita líquida negativa.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, J. A. Aspectos sobre o manejo de irrigação por aspersão para o cerrado. *Circ. Téc. Centro de Pesquisa de Agricultura dos Cerrados/EMBRAPA*, n.16, p.1-53, 1983.
- DANTAS NETO, J. *Modelos de decisão para otimização do padrão de cultivo, em áreas irrigadas, baseadas nas funções de resposta das culturas à água*. Botucatu, 1994. 125p. (Doutorado em Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- FRIZZONE, J. A. *Funções de resposta das culturas à irrigação*. Piracicaba: Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade Estadual de São Paulo, 1993. 42p. (Didática, 6).
- 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. *Eng. Rur.*, v.5 p.34-63, 1994.
- MELLO, J. F. *Custos da irrigação por aspersão em Minas Gerais*. Viçosa, 1993. 147p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)-Universidade Federal de Viçosa.
- SAAD, A. M. *Uso do tensiômetro no controle de irrigação de pivô central no cultivo do feijoeiro*. Piracicaba, 1991. 143p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SCALOPPI, E. J. Exigências de energia para irrigação. *ITEM: Irrig. e Tecnol. Mod.*,v.12, n.2, p.13-7, 1985.
- SCALOPPI, E. J. Critérios básicos para seleção de sistemas de irrigação. *Inf. Agropecu.* v. 139, n.12, p.54-63, 1986.
- ZOCOLER, J. L. *Custos da irrigação por aspersão semiportátil nas diversas configurações*. Piracicaba, 1994. 120p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.