

POSICIONAMENTO DE SISTEMAS PIVÔ CENTRAL EM ÁREAS IRRIGADAS UTILIZANDO-SE PROGRAMAÇÃO BINÁRIA

Eber de MORAES¹, Maristélio da Cruz COSTA²,
Sérgio MARQUES JÚNIOR³ e João Carlos Cury SAAD⁴

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é estudar a maximização de áreas irrigadas, partindo-se do melhor posicionamento de sistemas pivô central. Visto a complexidade espacial que pode ser encontrada em cada situação, recomenda-se a utilização de técnicas de programação linear para a solução e otimização da área a ser irrigada.

ABSTRACT

This paper's objective is to study the optimization of irrigated land using better-positioned center pivot systems. Due to spacial complexity of individual situations, linear programming techniques are recommended to solve for optimal irrigated area.

INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, diversas técnicas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de aumentar a eficiência do uso de água em propriedades agrícolas irrigadas. Com relação à pesquisa operacional HOWELL et al. (1975) apresentam um modelo de otimização do uso da água definido em termos de maximização do rendimento de uma cultura com uma dada quantidade de água. TRAVA et al. (1977) relatam a descrição de um modelo de decisão determinando a data e volume de água a ser aplicada à cultura. No que se refere à engenharia de irrigação, uma das estratégias de estudo a ser adotada refere-se à determinação do melhor posicionamento das estruturas hidráulicas, cujo intuito é o de minimizar os custos de aquisição. Para essa metodologia de análise, as técnicas oriundas da programação linear são hoje consideradas uma das ferramentas mais poderosas de otimização, quando utiliza-se de recursos escasso para a produção. O objetivo desse texto é apresentar um estudo sobre a maximização de áreas irrigadas utilizando-se sistemas pivô central, onde a finalidade é determinar, dentro de uma área hipotética adaptada à uma matriz de pontos discretos, qual a melhor posição do sistema que aumentaria a área irrigada.

¹ Engenheiro Agrônomo, pós-graduação em Irrigação e Drenagem. Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. Fazenda Experimental Lageado. Botucatu, SP. 18610-180.

² Engenheiro Agrônomo, M. Sc., pós-graduação em Irrigação e Drenagem. Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. Fazenda Experimental Lageado. Botucatu, SP. 18610-180.

³ Engenheiro Agrônomo. Prof. Assistente. M. Sc. Depto. Engenharia Rural. CCA/UFSC. C.P.476. Itacorubi. CEP 88040-900. Florianópolis. SC. e-mail: smarques@mbox1.ufsc.br

⁴ Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Depto. Engenharia Rural. Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. Fazenda Experimental Lageado. Botucatu, SP. 18610-180.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse estudo, foi utilizada uma técnica baseada em ROCHESTER (1983) relacionada à programação binária, cujo objetivo é maximizar o número de pivôs a serem utilizados, de forma que cada ponto da área só possa ser irrigado uma única vez. A área total possível de ser irrigada pode ser descrita em uma função:

$$Z = \sum_{i=1}^N P_{i,j}$$

O termo $P_{i,j}$ corresponde à posição do pivô nas coordenadas possíveis de instalação i,j . Para impedir que ocorra sobreposição de pontos irrigados, a técnica utilizada consiste em descrever para cada ponto da matriz discreta que representa a área, uma equação que demonstre a quantidade de água a ser aplicada naquele ponto, que no caso proposto corresponde à 1 (o ponto só pode ser irrigado uma única vez). A forma geral dessa equação para um gride de pontos i,j proposto é dada por:

$$\sum_{i=1}^N P_{i,j} \cdot X_{a,b} \leq 1$$

onde $X_{a,b}$ assume o valor de 0 (zero) para o pivô que não irriga o ponto analisado e 1 (um) quando o pivô respectivo irriga o ponto analisado. Os modelos descritos foram utilizados em dois momentos. No primeiro, foi utilizada uma área de dimensões retangulares, cujo comprimento no sentido transversal corresponde à 10 u.r.p.⁵ e comprimento longitudinal de 7 u.r.p. No segundo momento foi utilizada uma área de dimensões quadradas com comprimentos transversal e longitudinal equivalentes à 10 u.r.p. Em ambos os casos o estudo será dirigido para o utilização de dois modelos de pivô central, cujo raio irrigado corresponde à 1 u.r.p. (pivô "a") e 2 u.r.p. (pivô "b"), respectivamente.

Visto a complexidade do problema (número de equações envolvidas), para a realização desse estudo foi utilizado o *software* LINGO, desenvolvido pela *Lindo Systems, Inc.*

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao posicionamento ideal do pivô "a" para a área retangular de 70 u.r.p.², verifica-se que maximização de área irrigada ocorreu quando da utilização de 9 (nove) unidades do equipamento gerando uma área irrigada total de 28,27 u.r.p.². No caso da situação que envolve o pivô "b", o valor encontrado para a otimização da área irrigada foi de 25,133 u.r.p.², já que a otimização ocorreu com o emprego de 2 unidades do equipamento. Verifica-se que a área apresenta uma maior maximização de pontos irrigados quando utiliza-se o pivô de menor área irrigada. No caso da área irrigada de 100 u.r.p.², verifica-se que a utilização de 4 unidades do pivô "b" proporcionando uma área irrigada total de 50,265 u.r.p.², corresponde à um nível de otimização maior do que aquele encontrado quando da utilização do pivô "a", cuja área irrigada total foi de à 40,841 u.r.p.². É passível de compreensão então que a escolha de qual pivô será utilizado, onde o critério seja a maximização da área irrigada, é função, principalmente do formato da área analisada.

⁵ Entenda-se por u.r.p. como sendo unidade do raio do pivo. Dimensão | L |.

Entretanto, percebe-se espacialmente que a maximização da área irrigada se dará, na maioria das vezes, quando da combinação de pivôs grandes e pequenos. Nessa situação, a função a ser maximizada deve ser alterada onde agora não procura-se mais otimizar a quantidade de pivôs, mas sim a área irrigada.

$$Z = \sum_{i=1}^N Sa_{i,j} + \sum_{i=1}^N Sb_{m,n}$$

onde $Sa_{i,j}$ corresponde à área irrigada do pivô "a" ocupante da posição possível de instalação i,j e $Sb_{m,n}$ corresponde à área irrigada do pivô "b" ocupante da posição possível m,n . Com relação às restrições funcionais, a única alteração é a inclusão de equações onde sejam, ao mesmo tempo, correlacionados os pivôs "a" e "b", caso procure-se utilizar a mesma metodologia proposta. Contudo, a utilização de uma matriz discreta de pontos nos quais a distância entre pontos adjacentes corresponde ao raio do pivô menor, não garante, nesse caso, a não ocorrência de sobreposição de pontos irrigados. Na verdade, baseando-se na metodologia proposta, nem mesmo a redução da distância entre pontos adjacentes a um número próximo a zero é um procedimento que soluciona o problema encontrado, já que mesmo que a um nível baixo de probabilidade de ocorrência, não está garantida a não sobreposição (!). Nessa situação, abre-se um campo de pesquisa à programação seja ela linear ou não linear cujo objetivo específico seja encontrar uma metodologia capaz de garantir a não sobreposição dos equipamentos, proposta esta que, por enquanto não é o objeto principal desse estudo.

CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados apresentados, verificou-se que a maximização de área irrigada a ser encontrada quando da utilização de sistemas pivô central é função principalmente do formato da área em estudo, além do tamanho (raio irrigado) dos pivôs envolvidos. Haja visto a complexidade espacial e matemática, passível de ser encontrada nessa situação, recomenda-se a utilização de técnicas de pesquisa operacional para solução do problema, assim como o desenvolvimento de metodologias específicas de análise para situações e condições restritas.

PALAVRAS-CHAVE: pivô central, pesquisa operacional, programação binária.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- HOWEEL, T. A.; HILER, E. A.; REDDELL, D. L.; Optimization of water use efficiency under high frequency irrigation- II. System simulation and Dynamic Programming. **Transaction of the ASAE**. 18(5):879-887. 1975.
- ROCHESTER, E. W. Irrigation application analysis of irregularly shaped fields. **ASAE paper no. 83-2163**. St. Joseph. MI 49085.
- TRAVA, J.; HEERMANN, D. F.; LABADIE, J. W. Optimal on-farm allocation of irrigation water. **Transaction of the ASAE**. 20(1):85-88, 1977.