

PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA APLICADA A OTIMIZAÇÃO DE PADRÕES DE CULTURAS IRRIGADAS¹

Alexandre Pereira Mendes², Hugo O. Carvalho³ y José Dantas Neto³

RESUMO: Um trabalho foi conduzido para avaliar e comparar três modelos de programação matemáticos de otimização. A função objetivo dos modelos foi utilizar racionalmente os recursos disponíveis em tal forma de obter padrões irrigados, que forneçam os melhores retornos econômicos. As restrições dos modelos foram os recursos terra, água e mercado. O modelo de programação não linear proporcionou os maiores retornos financeiros e sendo assim é o modelo mais recomendado para este tipo de otimização. Embora o modelo de programação linear separável tenha proporcionado retornos financeiros semelhantes ao da programação não linear, sua formulação e interpretação é muito complexa. O modelo de programação linear padrão estipulou requerimentos de água de irrigação maiores que os outros dois modelos, induzindo desta forma a diminuição da área irrigada e conseqüentemente a menores retornos. Um análises de sensibilidade é conduzido para o modelo de programação matemática no linear.

PALAVRAS-CHAVE: otimização, programação matemática, culturas irrigadas

ABSTRACT: A work was conducted to evaluate and compare three optimization mathematical models: The objective function for all the models was to optimize the allocation of irrigated areas with different crops under several areas, water and market conditions, locking for the maximization of the profit. The non linear programming furnished the highest profit and therefore it is recommended for the optimization work. Although the separable linear programming offered an utility similar to the non-linear model its formulation and interpretation is complex. The standard linear program presented the highest crop-water requirements, the smallest cultivated area and therefore the lowest utility. A sensitivity analysis was also conducted for the non-linear model.

INTRODUÇÃO: Um dos principais problemas encontrados na agricultura irrigada das zonas semi-áridas é a baixa eficiência com que são utilizados os recursos disponíveis e principalmente a água de irrigação. Para evitar isto, é indispensável o conhecimento das

relações funcionais entre a água e o rendimento das culturas e a necessidade de selecionar padrões de culturas economicamente viáveis para uma determinada região e relações

funcionais entre a água e o rendimento das culturas e a necessidade de selecionar padrões

¹ Dissertação de Mestrado em Engenharia de Irrigação e Drenagem do primeiro autor. Departamento de Engenharia Agrícola, CCT/UFPA. Campina Grande - Pb.

² Engenheiro Civil, M.Sc. Rua Francisco de Assis de Oliveira, 60. Palmeira. Campina Grande-Pb.

³ Engenheiro Agrônomo, Ph.D. Professor Adjunto. Departamento de Engenharia Agrícola. CCT/UFPA. Campus II. Campina Grande- Pb.

de culturas economicamente viáveis para uma determinada região e disponibilidade de recursos. Para resolver este tipo de problema, os modelos de programação matemática linear e não-linear são atualmente os mais indicados, capazes de quantificar de maneira ótima o uso de recursos limitados maximizando algum índice de desempenho ou minimizando alguma medida. Segundo Yaron & Bresler (1983), estudos empíricos de programação linear no planejamento de áreas irrigadas tem mostrado que a incorporação de função de resposta da cultura à água, tende a aumentar os ganhos e o valor do produto marginal da água, quando comparado a situações onde não existe flexibilidade na aplicação da lâmina de água. O objetivo do presente trabalho foi utilizar e resolver modelos matemáticos de programação que utilizem racionalmente os recursos disponíveis e proporcionem padrões irrigados ótimos que forneçam os melhores retornos econômicos, compará-los e recomendar o mais adequado para diferentes cenários hidroagrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS: Para a utilização dos modelos considerou-se uma área de 1000 ha e uma disponibilidade de água de 6.966.000 m³. A área apresenta as características do Projeto Senador Nilo Coelho que está localizado no sub médio São Francisco, circundando o perímetro urbano da Cidade de Petrolina-Pe. A área do projeto encontra-se dentro do polígono das secas, com um clima estépico de inverno seco, muito quente. A precipitação média anual é de 400 mm, sendo que a estação chuvosa ocorre geralmente de Janeiro a Abril, mas a distribuição é bastante irregular, podendo qualquer mês do ano ser completamente seco, o que restringe o desenvolvimento das culturas sem o uso da irrigação. A temperatura média anual é de 28°C, sendo que as médias mensais variam pouco através do ano. As culturas utilizadas foram : melancia, cebola, pimentão, tomate, banana e aspargo. As suas funções de resposta à água de irrigação foram obtidas dos trabalhos de Dantas Neto (1994) e Carvallo (1994) Os modelos de programação linear estudados (linear padrão e linear separável) foram resolvidos com o software desenvolvido pela Easten Software Product, Inc., de nome Linear Programming-88 (LP-88). Para solucionar o modelo de programação não-linear utilizou-se o módulo MINOS do “software” GAMS (General Albebric Modeling System). Na construção dos custos foi assumido que o produtor é dono da terra, assim o custo do mesmo não é incluído. Os custos indiretos (administração, impostos, taxas, etc...) também não são incluídos devido a que não são de relevância no processo de escolha das alternativas de produção. Os custos de produção foram obtidos utilizando preços de compra e/ou contratação de serviços. O preço dos produtos correspondem ao preço no momento da colheita. Custos e preços foram expressos em dólares americanos a cotação de US\$ 1,00 = R\$ 1,00. Como os coeficientes técnicos dos modelos de programação matemática variam, analisou-se o comportamento dos modelos para diferentes cenários hidroagrícolas. Isto foi feito através da análise de sensibilidade do modelo mais adequado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Determinados os padrões ótimos e os retornos financeiros para cada um dos modelos de programação observou-se que as áreas cultivadas foram alocadas com culturas de acordo com as disponibilidades de água de irrigação. Da mesma forma, observou-se que nem toda a área disponível para produção (1000 ha) foi utilizada o qual desde já pareceria indicar que a água disponível não foi

suficiente. O modelo de programação não-linear resultou ser o modelo mais adequado principalmente considerando que o retorno financeiro, função objetivo, (US\$ 3.471.603) é superior aos retornos obtidos com os modelos linear padrão (US\$ 2.984.401) e separável (US\$ 3.457.345). Este resultado é consequência da forma matemática como os modelos simulam a função de resposta da cultura à água. Conduzida a análise de sensibilidade do modelo de programação não-linear para diferentes cenários hidroagrícolas encontro-se que o modelo é extremadamente sensível a disponibilidade de água de irrigação. Quando disponibilidade de água diminui o modelo reduz a área cultivada, quando aumenta, a área cultivada é também aumentada. A escolha das culturas é de acordo com as necessidades de água destas e seu valor comercial. Para o aumento do custo da água o efeito não foi muito importante. A variação dos custos de produção afetam de forma relevante a renda líquida do projeto. Quando os custos aumentam, o modelo simplesmente reduz a renda líquida. A redução dos preços dos produtos afeta enormemente a viabilidade econômica do projeto. Quando os preços dos produtos diminuem, o modelo elimina do projeto imediatamente as culturas que tem os maiores custos de produção.

CONCLUSÕES: O modelo de programação não-linear forneceu o padrão de culturas que apresentou o maior retorno financeiro; Para os três modelos estudados, a água disponível foi o fator mais limitante da produção; O modelo de programação linear padrão utilizou lâminas de irrigação maiores do que os outros dois modelos; A análise de sensibilidade do modelo de programação não-linear confirma que o modelo é muito sensível a disponibilidade de água; O modelo de programação linear separável embora apresentou rendas líquidas similares as obtidas com o não linear sua formulação e interpretação é complexa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CARVALLO, H. O. **Optimización del manejo del riego a nivel predial. Uso de funciones de producción y programación no lineal.** Concepción - Chile. Universidad de Concepción. 1994. 82p.(monografia de Pós-Doutorado).
- DANTAS N, J. **Modelos de decisão para otimização do padrão de cultivo, em áreas irrigadas, baseados nas funções de resposta das culturas à água,** Botucatu,-SP. Universidade Estadual de São Paulo. 1994. 125 p. (Monografia de Doutorado)
- YARON, D. , BRESLER, E.1983. Economic analysis -for irrigation using response functions of crops . **Adv. Irrig..** . 2,; p. 223 - 255..