

Viabilidade econômica da irrigação complementar na cultura de citros na região noroeste do Estado do Paraná

Roberto Rezende^{1*}, Célio Orli Cardoso², Antônio Carlos Andrade Gonçalves¹,
Fernando Curi Peres³, José Antonio Frizzone⁴ e Marcos Vinícius Folegatti⁴

¹Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil. E-mail: acagonca@wnet.com.br. ²DER-Cav-Udesc, E-mail: a2coc@ns.cav.udesc.br. ³LES-Esalq-USP, E-mail: fecperes@pacu.esalq.usp.br ⁴LER-ESALQ-USP. *Author for correspondence.

RESUMO. A irrigação de citros na região Sul do Brasil é realizada de forma complementar, sendo aplicada, geralmente, para minimizar os riscos da irregularidade e da má distribuição das chuvas. De um modo geral, a irrigação está associada à melhoria da qualidade do fruto produzido. Existem vários sistemas de irrigação que podem ser usados em citros. Cada qual, por sua eficiência, proporciona distintos acréscimos de produtividade ao se comparar com o cultivo não irrigado. Além disso, devido às suas características técnicas e hidráulicas, acarretam distintos acréscimos nos custos de produção. Existem três mercados distintos para citros, exigindo que o produtor de laranja defina os níveis de insumos que atendam as exigências do nicho que pretende atingir, em função dos custos de produção e do preço de cada produto no momento de venda. Esse estudo avalia a viabilidade da irrigação complementar na cultura de citros em Maringá, região noroeste do Estado do Paraná, através da Análise de Decisão. Concluiu-se que não é viável economicamente irrigar citros com aspersão convencional, devido ao seu alto consumo de energia. A irrigação por microaspersão é viável em algumas situações e a irrigação por gotejamento mostrou-se a de maior viabilidade econômica.

Palavras-chave: irrigação, citros, árvore de decisão, viabilidade da irrigação.

ABSTRACT. Economic viability of supplementary irrigation in citrus at northeast of the State Paraná. Citrus irrigation in Southern Brazil is supplementary. In some situations it is used to minimize the risks of irregular distribution of rain and in improving the quality of the fruits. There are several kinds of irrigation systems that can be used in citrus. Each system, due to its own efficiency, provides different yield increments when compared to unirrigated crops. Besides, due to its technical and hydraulic characteristics, different irrigation systems increase production costs in different ways. There are three different markets for citrus - fresh fruit, concentrated juice, and *in natura* export - demanding different use of inputs for its crop production. The study aims to analyze the viability of citrus supplementary irrigation in Maringá, Southern Brazil, using a Decision Analysis' framework. It was found that citrus irrigation with conventional sprinkler system was not profitable. Drip irrigation, due to its low energy consumption, showed higher expected net returns.

Key words: irrigation systems, citrus, decision analysis, economic viability.

As estatísticas estimam um crescimento da população mundial de um bilhão de pessoas a cada dez anos. Com esta escalada populacional, chegaremos ao ano 2020 com 8,5 bilhões de pessoas para serem alimentadas. Diante dessa explosão demográfica, torna-se imprescindível não só o aumento na produção de alimentos, mas também a produção com maior eficiência, buscando melhores alternativas para o processo produtivo.

Nesse sentido, e também em função da deficiência de informações em relação à fruticultura no Brasil, principalmente em relação aos citros, é altamente justificável investimentos em pesquisa nesta área. Assim sendo, é importante a utilização de modelos de decisão na definição das estratégias a serem tomadas na citricultura, objetivando maiores valores de eficiência e sustentabilidade dos sistemas de exploração da cultura.

No panorama mundial de produção de frutas, a laranja ocupa o primeiro lugar com valores oscilando entre 50,7 e 57,8 milhões de toneladas por ano, seguida pela uva, com valores semelhantes e depois pela banana e maçã com valores em torno de 40 milhões de toneladas anuais cada uma, segundo FAO (1995). Dos 57,8 milhões de toneladas de laranja produzidas no mundo no ano de 1995, 19,6 milhões de toneladas (33,9%) foram produzidas no Brasil, em uma área de 895,8 mil hectares de pomares produtivos. Estima-se a produção média dos pomares brasileiros em 21.880kg/ha (FAO, 1995). Da produção brasileira de laranja, 70% são destinadas para a indústria de extração de suco, sendo que este suco é, na sua maioria, exportado (Iannini, 1992). O restante dos frutos é destinado ao mercado de frutos frescos, tanto para consumo *in natura*, quanto para sucos frescos.

Com existência de três mercados distintos para o fruto, o produtor de laranja deve definir níveis de insumos que atenda as exigências do mercado que pretende atingir, em função do preço de cada um destes mercados no momento de venda. Apesar da demanda ser crescente, o preço da caixa de frutos (40,8kg) destinado à indústria de suco, tende a permanecer estável nos próximos anos, entre US\$ 1,5 e US\$ 2,0, passando para patamares mais altos somente se ocorrer frustração na safra americana (Garcia, 1993).

Considerando o preço da caixa e a produtividade média dos pomares brasileiros (2,0 caixas/árvore), a renda bruta desta atividade tende a se estabilizar entre US\$ 3,0 e US\$ 7,0 por árvore por ciclo de produção, quando as despesas são de US\$ 2,72 para o quinto ano de produção e de US\$ 3,04 por árvore para o sexto ano em diante em pomares de 360 árvores/ha, dados esses divulgados pela Cooperativa dos Cafeicultores de Maringá no ano de 1997 (Cocamar-Citros). Para aumentar a renda desta atividade, o produtor de laranja pode atuar na produção física, na produção de suco e nos teores de sólidos solúveis, buscando também a redução dos custos operacionais da cultura. Isto somente poderá ser feito se ele tiver consciência da importância dos efeitos dos parâmetros de produção.

As plantas cítricas são caracterizadas como espécies facilmente adaptáveis às diferentes condições climáticas, desde regiões tropicais a regiões áridas e semi-áridas. Em algumas regiões, a irrigação vem garantir a produção e muitas vezes melhor qualidade dos frutos para o mercado interno e industrialização. A irrigação é, sem dúvida, uma prática importante, normalmente aplicada em pomares com alta tecnologia, onde todos os outros

tratos culturais já são observados e aplicados com critério (Frizzone, 1993).

Em geral, plantas adultas de citros requerem de 1.000mm a 1.563mm (Koo, 1963) de água por ano para repor a quantidade consumida pela evapotranspiração, apesar de perdas por percolação e runoff também poderem ser altas (Hilgeman, 1977). A quantidade de água a ser fornecida por irrigação varia de acordo com as condições climáticas da região. Em regiões de clima árido e semi-árido, tais como as de Israel, Arizona (Estados Unidos), e África do Sul, a prática da irrigação é absolutamente essencial para obter boa produtividade, crescimento vegetativo e, em alguns casos, a sobrevivência do pomar. Naday (1990) descreve para as condições de Mogi-Guaçu (SP) uma necessidade de água ao redor de 100mm/mês. Portanto, em um plantio de citros em espaçamento de 8 X 4m, seriam necessários 3.200 litros de água por planta, em um intervalo de 30 dias. Vieira (1988) lembra que as plantas cítricas são espécies de folhas persistentes, transpirando dessa forma durante todo o ano. O autor ressalta que as fases fenológicas de maior transpiração são durante a brotação, emissão de botões florais e início de frutificação, e menor demanda hídrica nas fases de maturação e colheita.

Muitos autores afirmam que a irrigação para a cultura de citros é uma técnica capaz de aumentar sua produtividade (Espinoza *et al.*, 1986; Calheiros *et al.*, 1992). Há, no entanto, que se considerar a questão econômica, uma vez que a implantação e operação de sistemas de irrigação envolvem custos elevados e não necessariamente a máxima produtividade física correspondente à maior receita líquida. Assim, se o principal objetivo econômico de uma cultura de citros for uma produção eficiente e rentável, torna-se de relevante importância o estudo da viabilidade da técnica de irrigação.

O uso de um modelo analítico de decisão permite uma análise racional das possíveis ações e as conseqüências que poderão surgir no planejamento da atividade agrícola. Com base em critérios preestabelecidos, permite definir a possibilidade de risco ou sucesso econômico desta atividade, dependendo da decisão tomada a partir das informações disponíveis.

Esta metodologia de análise de decisão consiste nos seguintes passos:

- a) Identificar as estratégias e possíveis conseqüências (traçado da árvore de decisão);
- b) Associar probabilidades aos eventos, em função de uma série histórica de dados;
- c) Associar valores de retorno às ações possíveis;
- d) Resolver a "árvore" (minimizando custos ou

maximizando lucros), utilizando o programa ARBORIST.

As estratégias a serem adotadas dependem de decisões assumidas pelo produtor agrícola e cujo risco será determinado pela ocorrência de eventos aleatórios (principalmente climáticos e econômicos) que ocorrem de forma independente do seu controle.

O desenvolvimento agrícola de uma região está na dependência da utilização racional de seus recursos naturais e fatores do meio ambiente. O clima, entre outros fatores ambientais, é de extraordinária importância especialmente porque determina, em grande proporção, a aptidão agrícola da região, em conseqüência de sua influência sobre o crescimento das plantas.

Decisões relacionadas à necessidade de irrigação, estudos das aptidões agro-climáticas de uma região e previsões de safras são alguns dos muitos exemplos que podem ser mencionados para demonstrar a importância do conhecimento de variações no suprimento hídrico do solo e tornam-se fundamentais na etapa de planejamento e definição de prioridades agrícolas e na formulação de projetos de irrigação.

Desta forma, o conhecimento de todos os componentes do balanço hídrico permite acompanhar a evolução do armazenamento da água no solo e, assim, estabelecer um manejo agrícola adequado, associado a melhores produtividades dos cultivos (Costa *et al.*, 1986). Este conhecimento também contribui nas tomadas de decisões para um planejamento agrícola com base nas reais aptidões da região para as culturas agrícolas a serem exploradas.

A metodologia da análise de decisões pode ser de grande utilidade na avaliação da viabilidade econômica de emprego de diferentes técnicas no planejamento dos cultivos, permitindo avaliar a probabilidade de sucesso na produção agrícola. Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade econômica da irrigação na cultura de citros, utilizando modelos de análise de decisão.

Material e métodos

A região onde foi conduzido este estudo tem como ponto central o município de Maringá, localizada na região noroeste do Estado do Paraná, cujas coordenadas geográficas são 23°15' de latitude sul e 51°55' de longitude oeste aproximadamente.

Os dados relativos a rendimento da cultura, custos de produção e preços de comercialização foram obtidos junto à Cocamar-Citros. Os dados climáticos foram obtidos na estação meteorológica da Universidade Estadual de Maringá - Paraná.

Para a definição da melhor estratégia a ser recomendada ao produtor de citros no que diz respeito à viabilidade da irrigação, foi formulado um modelo analítico de decisão contemplando as ações possíveis e eventos prováveis (estrutura geral), tendo como base o método de pesquisa operacional denominado "árvore de decisão", utilizando o programa computacional ARBORIST.

A avaliação da viabilidade econômica do uso da irrigação em citros foi feita a partir de estimativas de custos e de receitas, em função da produtividade projetada para três sistemas de irrigação: aspersão convencional, microaspersão e gotejamento.

Para a constituição dos custos fixos e variáveis, foram utilizados dados reais de projetos de irrigação recentemente instalados na cultura de citros em Maringá. Através da listagem dos componentes de cada um dos sistemas, chega-se aos custos fixos médios por unidade de área (R\$/ha). Em função das características dos sistemas, obtém-se os custos de mão-de-obra, manutenção e energia elétrica por ano, considerando que se irrigará durante 4 meses do ano. Estes custos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Custos fixos médios, custos da mão-de-obra, manutenção e energia para os sistemas de irrigação (R\$/ha)

| Sistema/Custo | Custo fixo R\$/ha | Mão-de-obra R\$/ha | Manutenção R\$/ha | Energia R\$/ha |
|---------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|
| Aspersão | 1450,00 | 384,00 | 72,50 | 530,00 |
| Gotejamento | 1680,00 | 240,00 | 84,00 | 255,00 |
| Microaspersão | 1920,00 | 168,00 | 96,00 | 360,00 |

Em relação à produtividade da cultura de citros irrigada, conforme Vieira (1988), para irrigação com aspersão convencional, há um acréscimo de produtividade, em relação ao não irrigado, de 12%. Para a microaspersão, este incremento de produtividade é de 28% e para o gotejamento é de 23%. De acordo com o autor, estas diferenças nos percentuais de acréscimos de produtividade se devem à eficiência de cada sistema. A microaspersão apresenta o maior acréscimo, pelo fato de irrigar a área onde está distribuído o sistema radicular da planta, mantendo o teor de água no solo próximo ao nível ideal para a planta (capacidade de campo), pois caracteriza-se por irrigações com alta frequência e com pequenas lâminas.

Considerando-se que um pomar de 360 plantas por hectare não irrigado produz em média 2,0 caixas de frutos por planta, e também os acréscimos de produtividade com a utilização de irrigação para os sistemas de irrigação em estudo, tem-se os valores mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Rendimentos médios esperados em função do sistema de irrigação e condições climáticas para citros, na região de Maringá - PR

| Sistema / clima | Rendimento médio (Cx/pl) | | Rendimento médio (kg/ha) | |
|-----------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|
| | Tempo bom | Tempo ruim | Tempo bom | Tempo ruim |
| Não Irrigado | 2,00 | 1,50 | 29380 | 21880 |
| Aspersão | -- | 2,24 | -- | 32900 |
| Gotejamento | -- | 2,46 | -- | 36140 |
| Microaspersão | -- | 2,56 | -- | 37620 |

Fonte: Vieira, 1988

Conforme dados obtidos da citricultura brasileira, os custos de implantação de pomares de 360 plantas por hectare, até o 3º ano, chegam a R\$ 2.430,00 por hectare, sendo então de R\$ 2,25 por planta. Os custos médios de produção de citros em pomares com 360 plantas por hectare, para o quarto, quinto e sexto anos, foram obtidos junto à Cocamar-Citros e são apresentados na Tabela 3.

A partir dos custos fixos dos sistemas de irrigação e da implantação do pomar, estimou-se os valores de depreciação anual, juros sobre o capital e o custo fixo anual (soma dos itens anteriores), considerando uma vida útil média de 10 anos para os sistemas de irrigação e 25 anos para o pomar, bem como uma taxa de juros de 6% ao ano.

O valor dos juros sobre o capital investido foi calculado conforme Neves e Shirota (1986), que recomendam trabalhar com uma estimativa representada pela média do valor do equipamento novo. Foi utilizada a taxa de juros de 6% ao ano para financiamento, que foi o valor cobrado pelo Banco do Brasil em 1997. A equação consiste em:

$$JSC = \frac{C_i \cdot r}{2} \quad (1)$$

em que:

JSC - juros sobre o capital;

C_i - custo inicial;

r - taxa de juros anual igual a 6% aa.

A depreciação do sistema foi calculada pelo método do fundo de amortização proposto por Coelho (1979). A depreciação calculada por este critério permite que o capital seja substituído sem que se utilize recursos particulares ou crédito. O período de amortização do capital foi estimado em 10 anos (vida útil do equipamento). A equação utilizada foi:

$$Ds = \frac{C_i \cdot r}{(1+r)^n - 1} \quad (2)$$

em que:

Ds - depreciação;

n - vida útil do equipamento.

O custo fixo anual foi calculado a partir do somatório entre os juros sobre o capital e a depreciação do equipamento de irrigação. A mesma abordagem foi utilizada para a depreciação e juros sobre o capital investido para a implantação do pomar.

A partir destes valores, obtiveram-se os custos totais para a lavoura irrigada, com os respectivos sistemas, e para a lavoura não irrigada, para as duas condições climáticas assumidas. Considerou-se “tempo bom” a condição em que não há necessidade de irrigação complementar, ou seja, as chuvas são suficientes para suprir as necessidades hídricas da lavoura. O “tempo ruim” foi assumido como a condição em que há necessidade de irrigação, ou seja, as chuvas não são suficientes para suprir as necessidades das plantas. Sendo assim, para a lavoura não irrigada assume-se uma porcentagem de quebra de rendimento de aproximadamente 25%.

As combinações de eventos possíveis de ocorrer dentro do contexto estudado são:

- a) Opções quanto à adoção da irrigação:
 - não irrigar;
 - irrigar com o sistema de aspersão;
 - irrigar com o sistema de gotejamento;
 - irrigar com o sistema de microaspersão.
- b) Opções quanto à comercialização do produto
 - venda para o mercado de suco concentrado;
 - venda para o consumo *in natura*;
 - venda para o mercado de suco fresco.
- c) Eventos aleatórios (risco ou sucesso da atividade):
 - Tempo ruim: há necessidade de irrigação nas fases de maior demanda hídrica da cultura para obter a produtividade esperada. Isto ocorre quando a precipitação mensal é inferior a 60mm, podendo considerar-se que houve déficit hídrico.
 - Tempo bom: neste caso o regime hídrico na fase de maior demanda da cultura é suficiente e a produtividade é indiferente à irrigação, precipitação mensal superior a 60mm.

A probabilidade de ocorrência destes eventos foi obtida a partir das variáveis meteorológicas locais dos últimos 20 anos, dados esses obtidos na estação meteorológica da Universidade Estadual de Maringá. A probabilidade para tempo ruim foi igual a 77,27% e para tempo bom igual a 22,73%. Esses valores de probabilidades foram obtidos considerando-se nos 20 anos de estudos o suprimento hídrico da cultura, baseando nas suas necessidades.

Tabela 3. Custo médio de produção de citros para 4º, 5º e 6º anos em pomares de 360 plantas por hectare, (R\$/ha e R\$/pl)

| Ano | Maq. e equip. | | Mão-de-obra | | Manutenção | | Insumos | | Total | |
|--------|---------------|----------|-------------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | (R\$/ha) | (R\$/pl) | (R\$/ha) | (R\$/pl) | (R\$/ha) | (R\$/pl) | (R\$/ha) | (R\$/pl) | (R\$/ha) | (R\$/pl) |
| 4º ano | 262,80 | 0,73 | 115,20 | 0,32 | 3,94 | 0,011 | 453,60 | 1,26 | 835,54 | 2,321 |
| 5º ano | 277,20 | 0,77 | 118,80 | 0,33 | 4,16 | 0,012 | 586,80 | 1,63 | 986,96 | 2,742 |
| 6º ano | 302,40 | 0,84 | 111,60 | 0,31 | 4,54 | 0,013 | 680,40 | 1,89 | 1098,94 | 3,053 |
| média | 282,60 | 0,78 | 113,40 | 0,32 | 4,24 | 0,012 | 567,00 | 1,58 | 967,24 | 2,692 |

Fonte: Cocamar-Citros (1997)

Os valores de custo fixo, de juros, de depreciação do sistema e de custo fixo anual, obtidos considerando-se a vida útil do sistema igual a 10 anos e uma taxa de juros de 6% ao ano, foram determinados e apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Custo fixo, juros sobre o capital, depreciação e custo fixo anual (R\$/ha)

| Sistema | C.F. (R\$/ha) | Vida útil (Ano) | J.S.C. (R\$/ha) | D.S. (R\$/ha) | C.F.A. (R\$/ha) |
|---------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Aspersão | 1450,00 | 10 | 43,50 | 110,01 | 153,51 |
| Gotejamento | 1680,00 | 10 | 50,40 | 127,46 | 177,86 |
| Microaspersão | 1920,00 | 10 | 57,60 | 145,67 | 203,27 |
| Não Irrigado | 2430,00* | 25 | 72,90 | 44,29 | 117,19 |

* Custo fixo médio de implantação do pomar

Na Tabela 5, são apresentados os valores estimados para os custos variáveis, para o pomar não irrigado e para o pomar irrigado com os sistemas de aspersão, gotejamento e microaspersão.

Tabela 5. Custos variáveis (custeio e irrigação) em R\$/ha

| | Custeio (R\$/ha) | Custeio variável (R\$/ha) | | |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|----------|-------------|
| | | não irrigado* | Aspersão | Gotejamento |
| Mão-de-obra | 113,40 | 384,00 | 240,00 | 168,00 |
| Máquinas e Equipamentos | 282,60 | 00,00 | 00,00 | 00,00 |
| Manutenção | 4,24 | 72,50 | 84,00 | 96,00 |
| Insumos | 567,00 | 567,00 | 567,00 | 567,00 |
| Energia | 0,00 | 530,00 | 255,00 | 360,00 |
| Total | 967,24 | 1553,50 | 1146,00 | 1191,00 |

* Média (4-6º ano)

Na Tabela 6, são mostrados os custos totais para a cultura irrigada segundo os três sistemas, bem como para a cultura não irrigada, nas duas condições climáticas possíveis estudadas.

Tabela 6. Custos totais para a lavoura irrigada e não irrigada em função das condições climáticas (R\$/ha).

| Sistema | C.F.A. | C. Variável (R\$/ha) | | | |
|---------------|--------|----------------------|------------|-----------|------------|
| | R\$/ha | Tempo bom | Tempo ruim | Tempo bom | Tempo ruim |
| Não Irrigado | 117,19 | 967,24 | 967,24 | 1084,43 | 1084,43 |
| Aspersão | 270,70 | 1023,50 | 1553,50 | 1294,20 | 1824,20 |
| Gotejamento | 295,05 | 891,00 | 1146,00 | 1186,05 | 1441,05 |
| Microaspersão | 320,46 | 831,00 | 1191,00 | 1151,46 | 1511,46 |

Observa-se, na tabela acima, que na condição de tempo bom, como não houve a necessidade de irrigação, subtraiu-se dos custos variáveis os custos

relativos à energia, uma vez que o sistema não foi utilizado.

Resultados e discussão

Na Tabela 7, são apresentadas as receitas brutas e líquidas para citros em função do sistema de irrigação, condições climáticas e preços de comercialização para a região de Maringá - PR.

Tabela 7. Receita bruta e líquida esperadas para citros em função do sistema de irrigação, condições climáticas e preços de comercialização para a região de Maringá-PR, (R\$/ha)

| Preço | Sistema | Receita bruta (R\$/ha) | | Receita líquida (R\$/ha) | |
|-------|---------------|------------------------|------------|--------------------------|------------|
| | | Tempo bom | Tempo ruim | Tempo bom | Tempo ruim |
| 2,60 | Não Irrigado | 1872,00 | 1404,00 | 787,57 | 319,57 |
| | Aspersão | 1872,00 | 2096,64 | 577,80 | -127,44 |
| | Gotejamento | 1872,00 | 2302,56 | 685,95 | 861,51 |
| | Microaspersão | 1872,00 | 2396,16 | 720,54 | 614,70 |
| 1,95 | Não Irrigado | 1404,00 | 1053,00 | 319,57 | -38,43 |
| | Aspersão | 1404,00 | 1572,48 | 109,80 | -651,72 |
| | Gotejamento | 1404,00 | 1726,92 | 217,95 | 285,87 |
| | Microaspersão | 1404,00 | 1797,12 | 252,54 | 15,66 |
| 1,30 | Não Irrigado | 936,00 | 702,00 | -148,43 | -382,43 |
| | Aspersão | 936,00 | 1048,32 | -358,20 | -1175,88 |
| | Gotejamento | 936,00 | 1151,28 | -250,05 | -289,77 |
| | Microaspersão | 936,00 | 1198,08 | -215,46 | -583,38 |

RL = RB - C

Nota-se, através dos valores que, para a condição de tempo bom e qualquer das três opções de preços possíveis, a ordem crescente de receitas líquidas resulta da opção não irrigado, irrigado com microaspersão, irrigado com gotejamento e finalmente irrigado com aspersão, sendo que, no caso de preço baixo, verifica-se uma renda líquida negativa, ou seja, a atividade resulta em prejuízos em qualquer dos sistemas utilizados. Já para a condição de tempo ruim, a ordem crescente de receita líquida passa a ser, para os preços alto e médio, irrigado com gotejamento, irrigado com microaspersão, não irrigado e irrigado com aspersão e, para a opção de preço baixo, verifica-se uma inversão entre não irrigado e irrigado com microaspersão. Verifica-se, também, que, para a opção de preço baixo, todos os sistemas de produção considerados resultam em prejuízos, tanto para a condição de tempo bom como para tempo ruim. Na condição de tempo ruim, a opção de irrigar com aspersão apresenta renda líquida negativa (prejuízo) nas três opções de

preços. Isto é explicado devido ao alto custo e consumo de energia, o que justifica o uso da aspersão apenas quando o preço do produto esteja em alta.

Estes resultados de receita líquida são explicados em função do acréscimo de produtividade e dos custos inerentes a cada um dos sistemas analisados.

A explicação de receita tão baixa quando se irriga com aspersão convencional, menor até mesmo que não irrigado, é o alto custo de energia do sistema, sendo que o mesmo necessita de grandes pressões para seu funcionamento quando comparado com os demais sistemas em estudo.

Sendo assim, como existe uma incerteza nos preços de comercialização dos citros associada à variabilidade climática, a definição da melhor

alternativa foi determinada através da esperança matemática, com a utilização do modelo de árvore de decisão ilustrado na Figura 1, considerando-se as probabilidades das opções de comercialização do produto.

Observa-se que a solução do modelo de árvore de decisão indica um maior valor esperado de receita líquida na opção de irrigar com gotejamento (R\$ 160,20/ha), sendo que todas as outras opções resultam em valores esperados negativos (alta possibilidade de prejuízo). Observa-se que na opção de não irrigar, no caso de ocorrência de tempo bom, obteve-se o maior valor esperado, porém com uma baixa probabilidade de ocorrência. Sendo assim, a opção de irrigação pode minimizar o risco associado a variações climáticas.

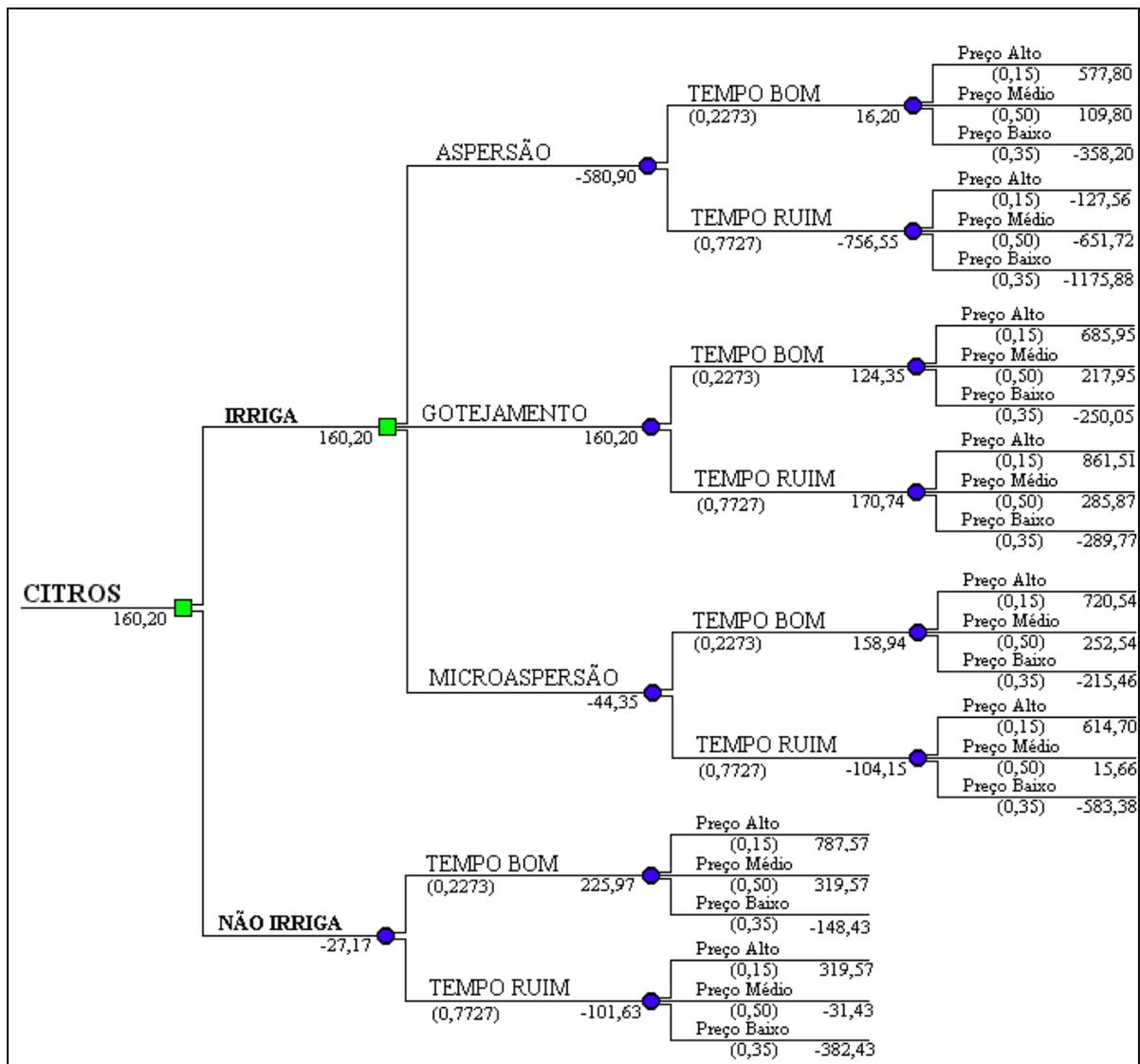


Figura 1. Árvore de decisão com solução obtida a partir do software ARBORIST

A influência das condições climáticas fica mais evidenciada mediante a análise de sensibilidade (figura 2), onde verifica-se que a opção de irrigar com gotejamento apresenta a menor sensibilidade e deixa de ser a melhor opção quando a probabilidade de tempo bom for superior a 77%.

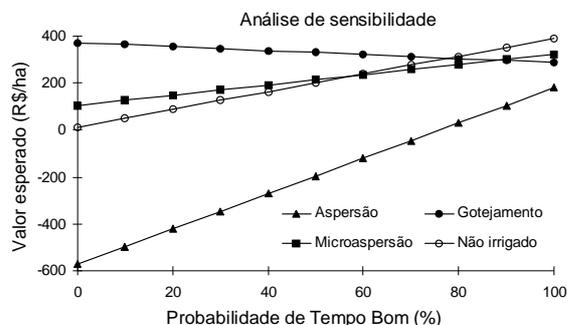


Figura 2. Análise de sensibilidade do modelo de árvore de decisão com variação da probabilidade de ocorrência de tempo bom e ruim

A opção de irrigar com microaspersão passa a ser superior à opção de irrigar com gotejamento a partir de uma probabilidade de aproximadamente 87%, porém, nesta situação, a opção de não irrigar é melhor do que ambas. A opção de irrigar com aspersão foi sempre inferior a todas as demais e apenas apresenta renda líquida a partir de 75% de probabilidade de tempo bom, devido ao alto consumo de energia, elevando seus custos.

Efetuiu-se também a análise de sensibilidade do modelo de árvore de decisão quanto à variação dos preços de comercialização (figura 3). Observa-se que a opção de irrigar com aspersão sempre foi inferior às demais, apresentando valor esperado de renda líquida apenas a partir de um preço de comercialização de aproximadamente R\$ 2,05 por caixa. A opção não irrigar é superior à opção irrigar com gotejamento até um preço de comercialização de aproximadamente R\$ 2,05 por caixa e superior à opção de irrigar com microaspersão até um preço de comercialização de aproximadamente R\$ 2,40/ha. A opção de irrigar com gotejamento foi sempre superior às opções de irrigar com microaspersão e aspersão.

Nas Figuras 4, 5 e 6, são apresentados os resultados das análises de sensibilidades com as variações das probabilidades de ocorrência dos preços de comercialização. Em todas as situações, verifica-se que a opção de irrigar com gotejamento resulta em maiores valores esperados de renda líquida, sendo sempre superiores às demais. A opção irrigar com aspersão mostrou-se sempre ser a pior alternativa.

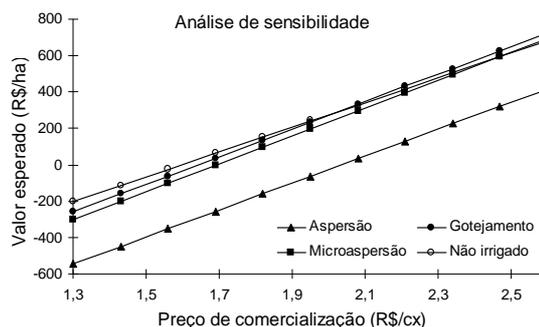


Figura 3. Análise de sensibilidade do modelo de árvore de decisão com variação dos preços de comercialização da caixa de citros

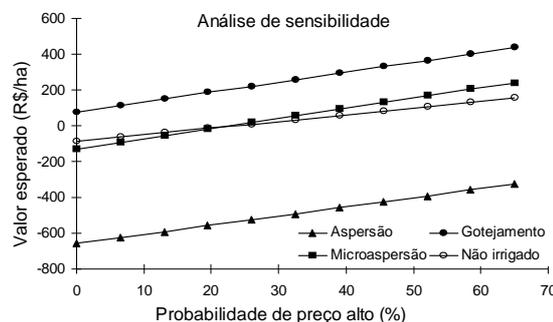


Figura 4. Análise de sensibilidade do modelo de árvore de decisão com variação da probabilidade de ocorrência de preço alto e médio, fixando probabilidade de preços baixo em 35%.

Sendo assim, devido à grande probabilidade de ocorrência de tempo ruim, ou seja, da necessidade de irrigação, a opção de irrigar com gotejamento resulta na alternativa mais viável e que deverá ser implementada na atividade citrícola na região de Maringá.

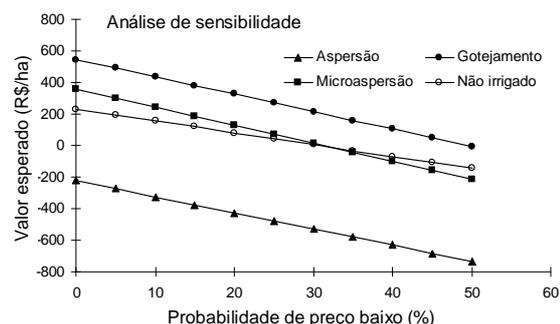


Figura 5. Análise de sensibilidade do modelo de árvore de decisão com variação da probabilidade de ocorrência do preço baixo e preço alto, com a probabilidade de preço médio fixa e igual a 50%

Conforme metodologia utilizada e também de acordo com as condições especificadas nas quais o trabalho se realizou, os resultados permitem

concluir que não é viável economicamente irrigar citros com aspersão convencional, devido a seu alto consumo de energia. A irrigação por gotejamento na cultura de citros tende a possibilitar maior lucratividade.

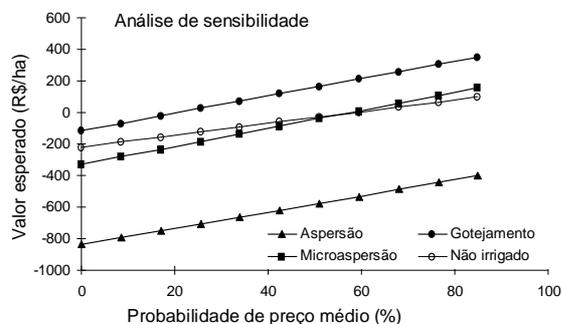


Figura 6. Análise de sensibilidade do modelo de árvore de decisão com variação da probabilidade de ocorrência de preço médio e baixo, com a probabilidade de preço alto fixa em 15%

Referências bibliográficas

- Calheiros, R.O.; Oliveira, D.; Caramri, P.H.; Grossi, M.E. Viabilidade Técnica da Irrigação em Citros no Norte e Noroeste do Paraná. *Pesq. Agropec. Brasil.*, 27(60):963-73, 1992.
- Coelho, S.T. Matemática financeira e análise de investimentos. São Paulo: Ed. Nacional, Edusp, 1979. 279p.
- Costa A.C.S. Balanço Hídrico Climático. In Bergamaschi, H (coord.) *Agrometeorologia Aplicada à Irrigação*. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1986 125p 63-84.
- Espinoza, W.G.; Lins Filho, J. A importância da água para a citricultura no estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO DE DRENAGEM, 7., 1986, Brasília. *Anais...* Brasília: (s.n.), 1986. v.2, p.493-534.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *FAO Yearbook Anuaire Production*. Roma: FAO, 1995. 233p. (FAO Statistic Série, 130).
- Frizzone, J. A Funções de respostas das culturas à irrigação. Piracicaba: Esalq. 1993. 53p. (Série didática 006).
- Garcia, A Nova análise da citricultura brasileira nos anos noventas. *Laranja*, 1(14):1-43, 1993.
- Hilgeman, R.H. Response of Citrus Trees to Water Stress in Arizona. Fertilizing through drip irrigation systems on orange trees. *Proceedings. Internat. Soc. Citricult.*, 1:70-74, 1977.
- Iannini P.L. Mercado interno de frutas cítricas, *Laranja*, 2(13):165-188, 1992.
- Koo, R.C.J. Effects of frequency of irrigation on yield of orange and grapefruit. *Proceed. Flor. State Horticult. Soc.*, 76:1-5, 1963.
- Naday, M.J. Considerações sobre irrigação dos laranjais. *Laranja*, 11(2):503-510 1990.
- Neves, E.M., Shirota, R. Considerações sobre a importância, determinação e atualização dos custos agrícolas. Programa de treinamento Banespa, Piracicaba: Fealq, 1986. 23p.
- Vieira, D.B. Produtividade e irrigação. In: Donadio, L.C. Produtividade de Citrus. SIMPÓSIO DE CITRICULTURA, 3, 1988, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas. 1988. p. 185-193.

Received on June 22, 1999.

Accepted on August 27, 1999.