

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CONSUMO E CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA NA CULTURA
DE CITROS IRRIGADA POR GOTEJAMENTO E
MICROASPERSÃO, COM TRÊS LÂMINAS DE ÁGUA.**

Humberto Vinicius Vescove

Engenheiro Agrônomo

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2009**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CONSUMO E CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA NA CULTURA
DE CITROS IRRIGADA POR GOTEJAMENTO E
MICROASPERSÃO, COM TRÊS LÂMINAS DE ÁGUA.**

Humberto Vinicius Vescove

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco

Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2009

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

HUMBERTO VINICIUS VESCOVE – Nascido em 20 de outubro de 1976, na cidade de Araraquara – SP. Iniciou o curso de graduação em Engenharia Agrônoma, em março de 1996, na Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Câmpus de Jaboticabal, concluindo-o em 26 de janeiro de 2000. Em março de 2004, na mesma Universidade, concluiu o curso de mestrado junto ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo). Em março de 2006, na mesma Universidade, iniciou o curso de doutorado junto ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo). Desde janeiro de 2000 presta consultoria em citricultura.

**CONSUMO E CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA NA CULTURA DE CITROS
IRRIGADA POR GOTEJAMENTO E MICROASPERSÃO, COM TRÊS LÂMINAS DE
ÁGUA.**

RESUMO- O objetivo deste trabalho foi analisar o consumo, o custo de energia elétrica e resultado econômico em citros (*Citrus sinensis*) irrigado. Os tratamentos constaram de sistemas de irrigação do tipo gotejamento, com uma e duas linhas laterais de distribuição de água, microaspersão e um tratamento sem irrigação. Para cada sistema foram utilizadas três lâminas de água; 100%, 75% e 50% da Etc (evapotranspiração da cultura). Foi estudado o custo da energia elétrica para dois grupos tarifários, Grupo A e Grupo B. No grupo A foram determinados os dispêndios com a energia para tarifas Estrutura Binômica Convencional e Horo-Sazonal (verde e azul), além, da tarifa especial para irrigante noturno. Os preços de demanda e kWh dos sistemas tarifários foram obtidos no site CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz). A menor relação entre o consumo de energia elétrica por ha ($\text{kWh}\cdot\text{ha}^{-1}$) e a produtividade (t) foi obtida nos tratamentos irrigados com 50% da Etc. O sistema tarifário horo-sazonal verde/azul Grupo A irrigante noturno teve o menor custo de energia. Os tratamentos irrigados com lâmina de 50% apresentaram maiores produtividade em relação à lâmina de 100% da Etc. O maior retorno econômico ocorreu nos tratamentos irrigados com 50% da Etc.

Palavras- chave: lâminas de irrigação, sistemas de irrigação, sistemas tarifários de energia.

**THE CONSUMPTION AND THE ELETRIC ENERGY COST IN THE CITRUS
CULTIVATION BY DRIPPING AND MICRO SPRINKLER IRRIGATION METHODS,
WITH THREE WATER DEPTHS.**

SUMMARY: The objective of this work is to analyze the consumption, the electric energy cost, and the economic results in irrigated citros (*Citrus sinensis*). The procedures used consisted of a dripping equipment, with one and two lateral lines of water distribution, a micro sprinkler as well as a treatment without irrigation. For each system of irrigation, three water depths have been used; 100%, 75% and 50% of Etc (citrus evapotranspiration). The electric energy cost was studied for two tariff groups, Group A and Group B. For the Group A it was determined the expenses with the energy for the tariffs Binômia Structure Convencional and Horo-Sazonal (green and blue), besides the special tariff for nocturnal irrigation. The prices of the kWh tariff were obtained from the CPFL site (power company of Sao Paulo, Brazil). The best relation between the consumption of electric energy ($\text{kWh}\cdot\text{ha}^{-1}$) and the productivity ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) occurred when the irrigation is done with 50% of the Etc. The tariff system Horo-Sazonal green and blue of the Group A, with nocturnal irrigation, showed the smaller energy cost. The irrigated treatments with depth of 50% have presented higher productivity than those of 100% of Etc. Higher economical returns are achieved when the treatments irrigated with 50% of the Etc are chosen..

KEYWORDS: irrigation depths, systems irrigation, tariff systems of energy.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| I INTRODUÇÃO..... | 01 |
| II REVISÃO DE LITERATURA..... | 03 |
| III MATERIAIS E MÉTODOS..... | 09 |
| Área do experimento..... | 09 |
| Determinação da Etc (Evapotranspiração da cultura)..... | 16 |
| Manejo da Água..... | 18 |
| Procedimento nas Adubações | 20 |
| Consumo e custo de energia..... | 20 |
| Análise econômica..... | 24 |
| Análise estatística..... | 26 |
| IV RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 27 |
| V CONCLUSÕES..... | 38 |
| VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 39 |
| VII APÊNDICE..... | 45 |

1. INTRODUÇÃO

A cultura de citros é cultivada em diferentes regiões do mundo, e apresenta grande importância sócio-econômica em nosso país, afirma-se que o Brasil é o maior produtor e processador de laranja do mundo (FAO, 2005), sendo o estado de São Paulo, responsável por 79% da produção brasileira (IBGE 2004).

No Estado de São Paulo, as temperaturas e a radiação solar são suficientes para obter produção em citros, mas as regiões norte, nordeste e noroeste e parte da região centro do Estado apresentam períodos de déficit hídrico que afetam diretamente a produtividade. A adoção de irrigação nessas regiões tem-se mostrado promissora ao incremento em produtividade e manutenção da atividade agrícola, possibilitando aos agricultores maiores resultados em produção por área plantada, em locais e épocas em que a falta de chuvas e a má distribuição impossibilitam tais incrementos.

A busca de tecnologia para obter o aumento da produtividade em citros tem aumentado o interesse pela prática de irrigação, possibilitando aos agricultores irrigantes maiores produtividades em locais que a distribuição de chuvas não ocorre uniforme.

A irrigação tem grande participação no consumo de energia no meio rural. De modo geral, o agricultor não adota um método de controle adequado de irrigação, usualmente irriga em excesso, temendo que a cultura sofra de estresse hídrico, o que pode comprometer a produção. Esse excesso tem como consequência o desperdício de energia elétrica e de água. Com a possibilidade de escassez de energia elétrica, aliada à rápida elevação dos custos de energia, procura-se racionalizar o seu uso, utilizando a água de forma mais eficiente na irrigação.

Existe grande preocupação em se aumentar a produtividade de alimentos associado à diminuição de custos, aumentando assim a rentabilidade do produtor; esse é o grande desafio para os produtores rurais. Isso não se baseia apenas na elevação dos custos de energia e água praticados, mas no aumento nas áreas irrigadas proporcionando elevação nos custos energéticos.

O objetivo deste trabalho é analisar o consumo e custo (sistema tarifário da CPFL) de energia elétrica na cultura de citros (*Citrus sinensis*) e resultado econômico, em três sistemas de irrigação localizada, variando as lâminas de água aplicadas à cultura da laranjeira “Valência”,

II. REVISÃO DE LITERATURA

Apesar de ser original do sudeste da Ásia a produção comercial de citros de maior escala se concentra nas zonas subtropicais entre 40° de latitude de ambos os hemisférios, e sob irrigação (ALMEIDA & GISBERT, 2003). No Brasil não existem limitações de clima para a produção de citros, exceto em algumas áreas da região nordeste onde as chuvas são de baixos volumes e inferiores a 700 mm por ano e outras no sul onde podem ocorrer geadas muito fortes. Para o cultivo do citros, a altitude pode variar de 20 a 800 metros, o regime pluviométrico de 1000 a 1800 mm anuais e a temperatura média anual de 19 a 25° C. Independente da região, as floradas ocorrem comumente de agosto a outubro, podendo haver mais de uma por ano, estendendo-se a colheita de março a fevereiro, em função das espécies e variedades plantadas (AMARO et al., 1991).

No Brasil a safra 2004-2005 chegou a uma produção em torno de 360 milhões de caixas de 40,8 Kg em 160 milhões de plantas (CITRUS REFERENCE BOOK, 2008).

Os citros como plantas perenes, apresentam uma das mais amplas áreas de dispersão do mundo. Como cultivo comercial de maior expressão econômica, esta superfície é mais reduzida, restringindo-se mais as regiões subtropicais, entre 20 e 40° de latitude nos dois hemisférios (ORTOLANI et al., 1991).

O clima como condicionante do cultivo dos citros, interfere de forma decisiva em todas as etapas da cultura. Tem influência na adaptação das variedades, no comportamento fisiológico como na abertura floral, na curva de maturação, na taxa de crescimento e qualidade do fruto e principalmente no potencial de produção (NOGUEIRA, 1979).

Um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade citrícola na região centro e norte do Estado de São Paulo se deve à má distribuição das chuvas. Segundo GUARDIOLA (1992), à abscisão de frutos em citros, pode ocorrer em três fases distintas; antes da antese, flores abertas, ou fase de frutos jovens, sendo que o pico de queda de frutinhas jovens ocorre do final de outubro até dezembro (primavera). Este

período é normalmente caracterizado por temperaturas altas quando a Etc de referência é maior que a precipitação pluvial. Sendo assim, a utilização de tecnologias como a irrigação se torna uma ferramenta fundamental para potencializar a produção do pomar.

Queda dos frutos dos citros em pomares da Califórnia (USA) tem sido estudado em vários trabalhos, e levam à conclusão que altas temperaturas e baixa umidade relativa na atmosfera durante o período de “pegamento” dos frutos são as principais razões dessa queda precoce, mas estas perdas podem ser significativas quando há déficit hídrico surgindo uma condição favorável a formação de uma camada de abscisão na base do pedúnculo das flores e conseqüentemente a sua queda (NOGUEIRA, 1979).

O florescimento de plantas cítricas é induzido por seca ou por baixas temperaturas e para que ocorra um bom “pegamento” das flores é necessário que haja, logo após a indução do florescimento, condições climáticas e umidade adequada no solo, favoráveis ao crescimento da planta. Para que ocorra o florescimento é necessário que haja antes um período de transformação das gemas vegetativas em gemas reprodutivas. Isto ocorre durante um período de repouso da planta, induzido por frio ou seca. Neste período de repouso, ocorre um acúmulo de reservas que são rapidamente metabolizadas durante o florescimento das estruturas reprodutivas (MARTINS, 2000).

Existem relatos de que as plantas de citros são capazes de suportar longos períodos secos quando adultas, porém um apropriado manejo da água é necessário para se obter produções comercialmente rentáveis e com qualidade das frutas. As folhas são adaptadas para economizar água, porém as folhas jovens não têm a mesma rigidez estrutural, além da ausência de cera cuticular como nas folhas maduras, murchando facilmente durante períodos secos. Comparando com outras plantas do mesmo grupo fisiológico (C3), a eficiência no uso de água pelos citros é baixa, e os estudos mostram que os frutos perdem água para as folhas durante períodos de deficiência hídrica (DAVIES & ALBRIGO, 2006).

A irrigação pode aumentar a produção pelo aumento no tamanho do fruto de citros e também por reduzir a queda de frutos, contribuindo para o aumento do peso da fruta e, portanto, da sua produção (KRIEDMANN & BARRS, 1981).

A área irrigada de citros no Estado de São Paulo é de aproximadamente 132.000 ha, sendo em torno de 101.000 de irrigação localizada e 31.000 de irrigação por aspersão (VESCOVE, 2008).

O avanço da irrigação na citricultura ocorreu desde o início da década de 90, com o sistema de irrigação pelo carretel enrolador; e no final da década, com a irrigação localizada, principalmente o sistema de gotejamento (MACHADO, 2000).

DEMATTÊ et al. (1996), em três safras analisadas, obtiveram produções, para áreas irrigadas com 22 e 50% da capacidade de água disponível (CAD), de 134 e 128 Kg por planta, respectivamente e 109 kg por planta para área sem irrigação. Somente houve diferença significativa entre os tratamentos com 22% da CAD e sem irrigação. SILVA (1999), após quatro safras avaliadas, não obteve diferenças significativas para o peso da fruta, que foi de 166 g para o tratamento sem irrigação e de 170 g para os tratamentos irrigados.

KOO e SMAJSTRLA (1984) observaram em seus experimentos que irrigações com 100%, 50% e 25% da evapo transpiração, utilizando o método do tanque classe A, em laranjeira irrigada por micro aspersão, verificaram que, molhando de 28% a 51% da área abaixo da copa da planta, e irrigação por gotejamento, molhando de 5 a 10% da área abaixo da copa da planta, conseguiram incrementos nos rendimentos de 65% e 44% em relação às plantas testemunha não irrigada.

ZANINI et al. (1998) trabalhando com irrigação por gotejamento e microaspersão, em experimento com três variedades de laranja e dois porta enxertos, em três anos consecutivos, observaram produtividades médias em caixas (40,8Kg) por planta superior nos tratamentos irrigados (3,21caixas/planta) em relação aos tratamentos sem irrigação (2,27caixas/planta).

MUSTAFA (1995), citado por PEITER et al. (1999), relata que existem três aspectos que devem ser considerados na programação das estratégias de irrigação: o momento apropriado da aplicação, a quantidade necessária em cada aplicação e o consumo total de água da cultura durante o seu ciclo vital. No entanto para o estudo da eficiência do manejo da irrigação, deve-se priorizar o retorno econômico ao irrigante, e

a quantidade de água e época de aplicação são de extrema importância para se obter a máxima produção econômica (PAZ et al., 1997), principalmente em regiões que têm a água como fator limitante (CALHEIROS et al., 1996).

A quantidade de energia necessária para transportar a água do local de captação à área a ser irrigada é muito variável nas propriedades rurais; o consumo total depende da energia para fornecer a quantidade de água demandada na área irrigada, da quantidade de água a ser aplicada, da energia hidráulica exigida pelo sistema de irrigação e da eficiência total do sistema de bombeamento (SCALOPPI, 1985).

Se considerarmos que de toda a água doce que existe no mundo 70% é destinada a irrigação (SENTELHAS 2001), é extremamente lógico e relevante que evitemos ao máximo seu desperdício.

A aplicação de água em excesso na irrigação além de proporcionar maiores gastos de energia elétrica, com a redução da receita líquida, promove carregamento excessivo de nutrientes por lixiviação, causando o empobrecimento dos solos e aumento de custos com a compra de fertilizantes e corretivos (PEREIRA et al., 2001).

CAST (1988) relatou que as tarifas de energia são talvez as mais importantes variáveis no custo final da irrigação, sendo que nos Estados Unidos, a energia pode responder por mais de 50% do custo final da irrigação, considerando a água sendo bombeada de poços artesianos. Estudando o consumo e despesas com energia elétrica na irrigação MELLO (1999) concluiu que o custo com energia nas irrigações constitui como o principal custo variável.

MEDEIROS et al (2003) avaliando a eficiência do uso de energia elétrica para o perímetro irrigado de Pirapora- MG, constataram que o excesso de água aplicado nas áreas irrigadas proporcionou um excessivo aumento no consumo de energia e recomendou a adoção de técnicas de controle de água aplicada para reduzir os gastos de energia elétrica e água.

A tarifa de energia elétrica e a tarifação sobre a água para a irrigação têm provocado preocupação aos agricultores irrigantes. Caso a irrigação fosse utilizada de forma racional, cerca de 20% da água e 30% da energia consumidas seriam

economizados, sendo 20% da energia economizada devido à aplicação desnecessária da água e 10% devido ao rendimento e otimização dos equipamentos (CEMIG, 1993).

A utilização de energia no meio rural possibilita ao produtor obter benefícios sociais e econômicos dificilmente conseguidos por quaisquer outras formas de investimentos. Verifica-se, que a taxa de crescimento médio rural de energia nos últimos anos foi de 6,35% e a taxa de crescimento médio do número de consumidores para este período foi de 4,65% (COPEL/SPL/CNMR, 1996).

SOUZA et al.. (2001) verificaram que a instalação gradual de bombas automáticas, com conseqüente operação contínua e custo energético mais baixo entre 21:00 h e 5:00 h, melhora no manejo de irrigação, mudança no tipo de sistema de irrigação nos lotes, de aspersão para sistemas localizados e melhor operacionalização através do treinamento de inspetores de irrigação, evitaram perdas por transbordamento em reservatórios e canais, economizando energia.

ALVES et al.. (2003) observaram em seu trabalho que o custo da energia elétrica da irrigação utilizando a tarifa do grupo A horo sazonal verde com desconto para irrigação noturna nas diferentes regiões brasileiras é a melhor opção para o agricultor desde que o tempo diário de bombeamento seja de até 21h, evitando o horário de ponta, caso contrário recomendam somente a tarifa azul com desconto para irrigação noturna.

DOS SANTOS et al.. (2006) analisando economicamente a implantação de sistemas de irrigação em citros para o Estado de São Paulo verificaram que dentre as variáveis estudadas o preço de venda da fruta, o comprimento da rede elétrica, a vida útil do projeto de irrigação e a quantidade de horas irrigadas e o preço de aquisição dos equipamentos de irrigação são as variáveis que mais influenciaram no aumento de produtividade para viabilizar a implantação da irrigação. Constataram ainda que o custo médio fixo e variável e total anual para sistemas irrigados com motores elétricos foram US\$ 292,91, US\$ 157,16 e US\$ 450,07, respectivamente.

Para a cultura da soja observaram que quanto maior a frequência de irrigação, mesmo com o aumento de energia obtiveram maiores produtividades. Concluíram que

as tarifas horo sazonal verde e azul foram as mais indicadas para os tratamentos do experimento. (TURCO et al.. 2005)

São escassos os trabalhos que estudam o consumo e custo de energia elétrica associado à cultura de citros irrigada. Portanto, deve realizar estudos dessa natureza, pois possibilitarão selecionar condições mais adequadas para exploração da cultura do citros.

III. MATERIAL E MÉTODOS

Área do experimento

O trabalho foi desenvolvido na fazenda Cambuhy, no município de Nova Europa-SP, com a cultura de citros, variedade “Valência”, enxertada sobre “citrumelo Swingle”, plantada em dezembro de 1999, com espaçamento de 7,0 x 3,5 metros, em um solo classificado como Argissolo vermelho-amarelo, Epieutrófico, B textura média (EMBRAPA, 1999). A região é de clima tropical e segundo a classificação de Kopen, tipo Cwa.

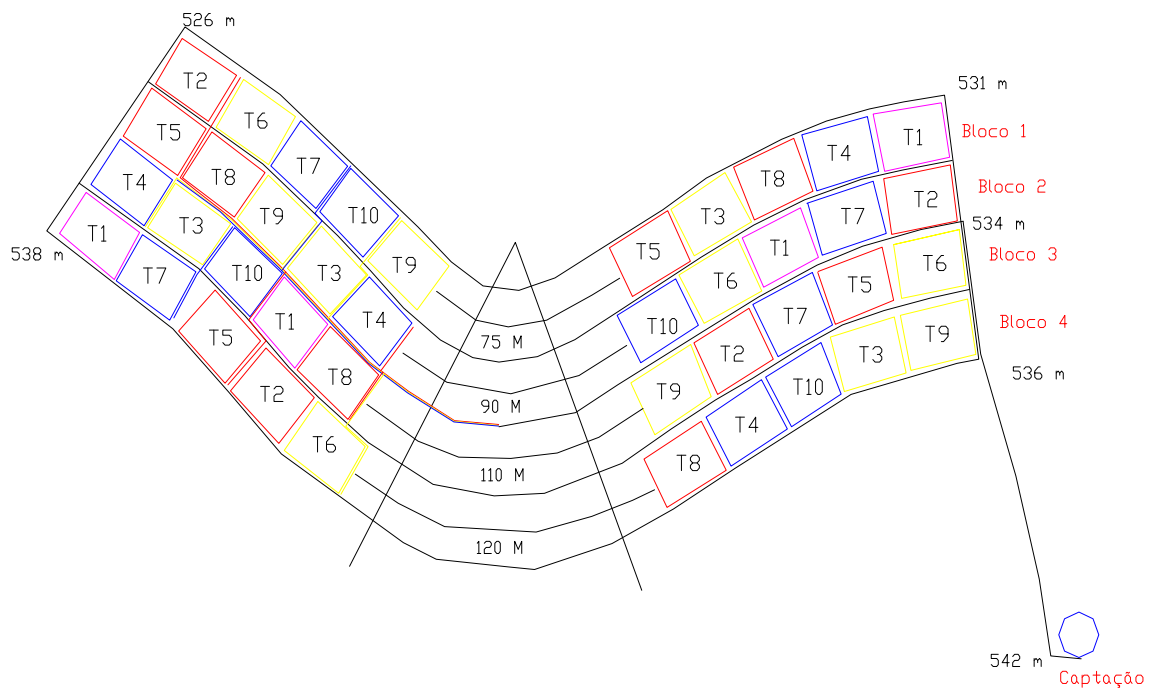


Fonte: FORBB, 2004

Figura-01. Captação e casa da filtragem de água do experimento

Os experimentos dos dois anos estudados (2004 e 2006) constaram dos seguintes tratamentos:

- T1-** (Testemunha) – sem irrigação;
- T2** - Irrigação com 50% da Etc com 1 linha de gotejadores por linha de planta;
- T3** - Irrigação com 75% da Etc com 1 linha de gotejadores por linha de planta;
- T4**- Irrigação com 100% da Etc com 1 linha de gotejadores por linha de planta;
- T5**- Irrigação com 50% da Etc com 2 linhas de gotejadores por linha de planta;
- T6**- Irrigação com 75% da Etc com 2 linhas de gotejadores por linha de planta;
- T7**- Irrigação com 100% da Etc com 2 linhas de gotejadores por linha de planta;
- T8**- Irrigação com 50% da Etc com 1 microaspersor por planta;
- T9**- Irrigação com 75% da Etc com 1 microaspersor por planta;
- T10**- Irrigação com 100% da Etc com 1 microaspersor por planta



Fonte: FORBB, 2004

Figura 2. Representação gráfica da distribuição das 40 parcelas do experimento divididas em 4 blocos.

No experimento, utilizou-se diferentes equipamentos de irrigação localizada e diferentes lâminas de água. Foram utilizados equipamentos com uma linha de gotejadores (1L), duas linhas de gotejadores (2L) e microaspersores rotativos (M). Foram utilizadas lâminas de água com 50, 75 e 100% da evapotranspiração de cultura (ETc), um tratamento sem irrigação e quatro repetições por tratamento. Os microaspersores e gotejadores utilizados são da marca “Carborundum”, com vazão nominal de 31 e 4,2 L h⁻¹, respectivamente, conforme especificações técnicas do fabricante.

O experimento com os diferentes sistemas de irrigação foi constituído pelas seguintes peças: hidrômetro para medição da vazão do sistema, válvulas de controle de pressões (uma válvula para cada sistema), conjunto moto bomba e chave de partida direta, válvulas ventosas, bomba injetora de cloro e fertilizantes, filtragem de disco, painel de controle dos sistemas, tubulações de polietileno, mangueiras de polietileno e gotejadoras, gotejadores e microaspersores.



Fonte: FORBB, 2004

Figura 3. Cavaletes, válvulas e micro tubos de automação dos setores de irrigação



Fonte: FORBB 2004

Figura 4. Tubulações de polietileno e linhas de distribuição de água

A captação foi feita em um tanque de água tipo “australiano” (Figura 1). A água foi pressurizada desse tanque por um conjunto moto bomba, passou pelo processo de filtragem e foi distribuída aos sistemas de irrigação através de tubulações de 50 mm de diâmetro até os cavaletes, passando pelas válvulas previamente reguladas e pressurizando os micro aspersores e gotejadores na faixa adequada de pressão mantendo assim a vazão constante.

Nas figuras 5 e 6, estão descritas as características dos emissores (micro aspersores e gotejadores) com as respectivas faixas de pressão de trabalho e vazão.

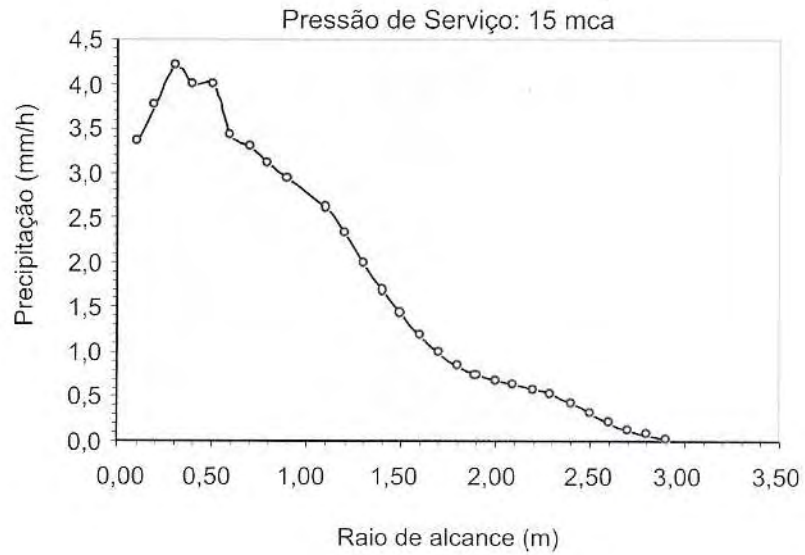


Figura 5. Distribuição de água do microaspersor

A vazão nominal dos gotejadores é de 4,2 litros por hora. O gráfico de vazão e pressão está apresentado na figura 6.

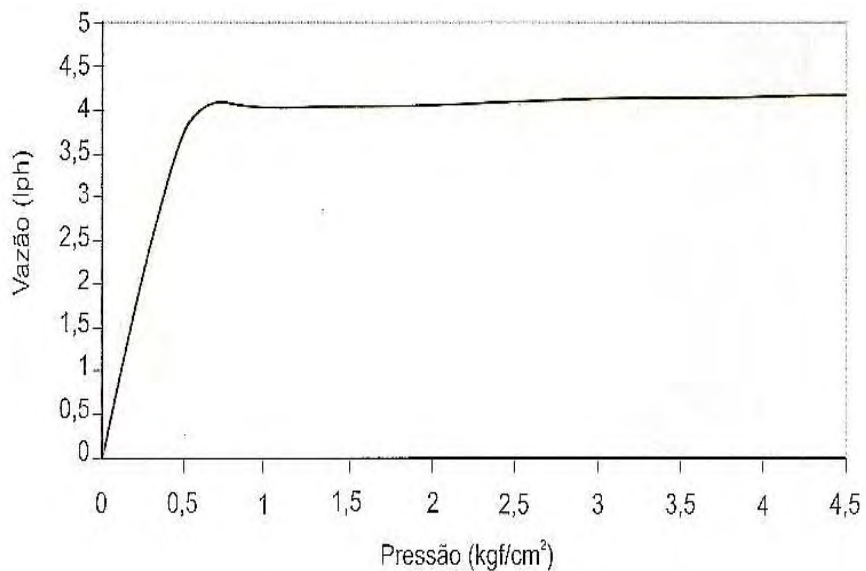


Figura 6. Vazão do gotejador a diferentes pressões (0 a 45 mca).

As parcelas do experimento foram formadas por três linhas de plantio com sete plantas cada, totalizando vinte e uma plantas por parcela, considerando para análise dos resultados apenas as cinco plantas centrais (plantas úteis).

Os espaçamentos entre emissores nos tratamentos irrigados por gotejamento com uma ou duas linhas tem 0,5 e 1,0 m, respectivamente, totalizando em ambos os casos sete gotejadores por planta. Os tratamentos irrigados por micro aspersores continham somente um emissor por planta.

A lâmina bruta de água aplicada pelo único micro aspersor foi calculada pela razão entre a vazão e a área ocupada pela planta (7 x 3,5 m). O mesmo procedimento foi feito para o gotejamento, onde cada planta tinha sete gotejadores (29,4 L h⁻¹) em uma área de 24,5 m². Para todos os sistemas de irrigação, a intensidade de aplicação foi de 1,14 mm h⁻¹, considerando uma eficiência de aplicação de 95% para o sistema de gotejamento e 90% para o sistema de micro aspersão.

Para o sistema de irrigação com uma linha de gotejadores por linha de planta o posicionamento da mangueira de gotejadores foi abaixo da copa e junto ao tronco da planta. Nos tratamentos irrigados com duas linhas de gotejadores por linha de planta as mangueiras gotejadoras foram posicionadas a 75% da distância da projeção da copa, partindo-se do tronco, tanto de um lado como de outro, como sugere MACHADO (2000) e ALMEIDA & GISBERT (2003). A posição dos emissores nos tratamentos irrigados por microaspersores foi lateralmente às plantas, com 25 cm do centro do tronco com ângulo de 360° de distribuição de água.

Através de um controlador da marca Total Control, realizava-se o acionamento do conjunto motobomba automaticamente que informava a abertura e fechamento das três válvulas hidráulicas de irrigação, por meio de um comando hidráulico (utilização de microtubos), acionado por válvulas solenóides ligadas ao controlador.

A colheita foi realizada entre os meses de outubro e novembro de cada ano, nas cinco plantas centrais da parcela (parcela útil). Os frutos foram colhidos e pesados em balança graduada em gramas com peso máximo de 15 quilos.



Fonte: FORBB, 2004

Figura 7. Colheita dos frutos do experimento

Determinação da Etc (Evapotranspiração da cultura)

Segundo REICHARDT, 1990 a evapotranspiração de referência (ETr), pode ser definida como a quantidade de água evapotranspirada no tempo e área, por uma cultura de baixo porte, verde, cobrindo totalmente o solo, de altura uniforme e sem deficiência de água. Essa ETr pode ser mensurada em mm dia^{-1} . Os dados climatológicos medidos para o cálculo da ETr foram: radiação solar, velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura do ar. A medida da radiação solar global foi realizada com um sensor industrial de radiação solar modelo 7823 da Davis Instruments. A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas com sensores

externos modelo 7860 da Davis Instruments. A velocidade do vento foi obtida por meio de um anemômetro industrial modelo 7914 da Davis Instruments.

Para cálculo da evapotranspiração de referência, ALLEN et al. (1989) propuseram a equação (1):

$$ET_o = \frac{0,409 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) v (e_s - e)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 v)} \quad (1)$$

na qual,

ET_o = evapotranspiração de referência, em gramado, mm d^{-1} ;

R_n = radiação líquida, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$;

G = fluxo de calor no solo, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$;

T = temperatura média do ar, $^{\circ}\text{C}$;

V = velocidade média do vento a 2 m de altura, m s^{-1} ;

$(e_s - e)$ = deficit de pressão de vapor, kPa ;

Δ = tangente à curva de pressão de vapor, $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$;

γ = constante psicrométrica, $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

A constante psicrométrica foi calculada por meio das equações de SMITH (1990). A determinação da ET_o foi realizada diretamente com a leitura na estação meteorológica automática, instalada na fazenda Cambuhy. A ET_r obtida na estação referente ao período de um dia, foi utilizada para o cálculo da lâmina de irrigação a ser aplicada.

O coeficiente da cultura (K_c), é determinada experimentalmente, neste trabalho essa constante foi determinada em função da porcentagem de recobrimento da copa sobre a área total, e do manejo de erva daninha adotado na área de plantio (cobertura

vegetal). O valor obtido em campo para a cobertura vegetal foi de 35% do total da área, como o controle do mato foi realizado através da utilização de roçadeira nas entrelinhas de plantas e da aplicação de herbicida (Glifosato) na linha de plantio. Seguindo o Boletim 56 da FAO, o Kc adotado para o experimento foi de **0,70**.

Com os dados de evapotranspiração de referência (ET_r) obtido pela equação descrita acima (1), e pelo coeficiente da cultura adotado, determinou-se a evapotranspiração da cultura (ET_c), por meio da equação 2.:

$$ET_c = ET_r \cdot K_c \quad (2)$$

Manejo de água

Para a reposição da água, utilizou-se os dados da Figura-08, para facilitar as operações de campo, na qual a primeira coluna apresentava a Evapotranspiração de referência (ET_r) do dia anterior obtida através da estação meteorológica, e a segunda coluna o a Evapotranspiração da cultura (equação 6), na terceira coluna está descrito o número de horas irrigadas e na quarta coluna o número de horas irrigadas em porcentual de irrigação (programação do controlador Total Control), que correspondia a lâmina de água a ser aplicada no próximo dia. Nas demais colunas a lâmina (mm dia) a ser aplicado em função das três lâminas estudadas, 100, 75 e 50%.

Isto significa que a reposição de água acontecia com uma defasagem de um dia. A irrigação sempre começava a partir das 21h e 30 min. A tabela já aplicava (considerava) o coeficiente da cultura (K_c). Suspendia-se a irrigação quando a precipitação era superior a 15 mm, considerada como chuva efetiva. A irrigação era retomada quando a média dos tensiômetros instalados na área, a profundidade de 20 cm, registrou uma tensão de -0,25 atm.

| | |
|----------------|-------------|
| Kc | 0,7 |
| mm hora | 1,14 |

Lamina aplicada (mm h)

| Estação Meteorológica Etr | ETc | Irrigação Horas | Painel % | 100% Azul | 75% Amarelo | 50% Vermelho |
|----------------------------------|------------|------------------------|-----------------|------------------|--------------------|---------------------|
| 0,2 | 0,1 | 0,12 | 0% | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 0,4 | 0,3 | 0,25 | 10% | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| 0,6 | 0,4 | 0,37 | 10% | 0,4 | 0,3 | 0,2 |
| 0,8 | 0,6 | 0,49 | 20% | 0,6 | 0,4 | 0,3 |
| 1,0 | 0,7 | 0,61 | 20% | 0,7 | 0,5 | 0,4 |
| 1,2 | 0,8 | 0,74 | 20% | 0,8 | 0,6 | 0,4 |
| 1,4 | 1,0 | 0,86 | 30% | 1,0 | 0,7 | 0,5 |
| 1,6 | 1,1 | 0,98 | 30% | 1,1 | 0,8 | 0,6 |
| 1,8 | 1,3 | 1,11 | 40% | 1,3 | 0,9 | 0,6 |
| 2,0 | 1,4 | 1,23 | 40% | 1,4 | 1,1 | 0,7 |
| 2,2 | 1,5 | 1,35 | 50% | 1,5 | 1,2 | 0,8 |
| 2,4 | 1,7 | 1,47 | 50% | 1,7 | 1,3 | 0,8 |
| 2,6 | 1,8 | 1,60 | 50% | 1,8 | 1,4 | 0,9 |
| 2,8 | 2,0 | 1,72 | 60% | 2,0 | 1,5 | 1,0 |
| 3,0 | 2,1 | 1,84 | 60% | 2,1 | 1,6 | 1,1 |
| 3,2 | 2,2 | 1,96 | 70% | 2,2 | 1,7 | 1,1 |
| 3,4 | 2,4 | 2,09 | 70% | 2,4 | 1,8 | 1,2 |
| 3,6 | 2,5 | 2,21 | 70% | 2,5 | 1,9 | 1,3 |
| 3,8 | 2,7 | 2,33 | 80% | 2,7 | 2,0 | 1,3 |
| 4,0 | 2,8 | 2,46 | 80% | 2,8 | 2,1 | 1,4 |
| 4,2 | 2,9 | 2,58 | 90% | 2,9 | 2,2 | 1,5 |
| 4,4 | 3,1 | 2,70 | 90% | 3,1 | 2,3 | 1,5 |
| 4,6 | 3,2 | 2,82 | 90% | 3,2 | 2,4 | 1,6 |
| 4,8 | 3,4 | 2,95 | 100% | 3,4 | 2,5 | 1,7 |
| 5,0 | 3,5 | 3,07 | 100% | 3,5 | 2,6 | 1,8 |
| 5,2 | 3,6 | 3,19 | 110% | 3,6 | 2,7 | 1,8 |
| 5,4 | 3,8 | 3,32 | 110% | 3,8 | 2,8 | 1,9 |
| 5,6 | 3,9 | 3,44 | 120% | 3,9 | 2,9 | 2,0 |
| 5,8 | 4,1 | 3,56 | 120% | 4,1 | 3,0 | 2,0 |
| 6,0 | 4,2 | 3,68 | 120% | 4,2 | 3,2 | 2,1 |
| 6,2 | 4,3 | 3,81 | 130% | 4,3 | 3,3 | 2,2 |
| 6,4 | 4,5 | 3,93 | 130% | 4,5 | 3,4 | 2,2 |
| 6,6 | 4,6 | 4,05 | 140% | 4,6 | 3,5 | 2,3 |
| 6,8 | 4,8 | 4,18 | 140% | 4,8 | 3,6 | 2,4 |
| 7,0 | 4,9 | 4,30 | 140% | 4,9 | 3,7 | 2,5 |

Figura 8. Manejo da Irrigação do experimento

Procedimentos nas Adubações

Nos tratamentos irrigados, as plantas foram adubadas utilizando a fertirrigação (aplicação de adubo via água de irrigação). Para a testemunha (não irrigada) usou-se adubação convencional (adubação através de uma máquina adubadora). Para as fertirrigações, foram utilizados os adubos; nitrato de amônio (32% de N), cloreto de potássio branco (58% K_2O), mono amônio fosfato (52% de P_2O_5 e 10% de N), ácido fosfórico (82% de P_2O_5) e super fosfato simples (45% de P_2O_5). Para o fornecimento de micronutrientes foram realizadas pulverizações foliares.

As doses de nutrientes aplicadas foram determinadas em função da recomendação de adubação e calagem proposta por VAN RAIJ (1997). As adubações via água de irrigação (fertirrigação) foram parceladas em 28 vezes de outubro até abril do ano seguinte. Na testemunha, foram aplicadas as mesmas doses de adubo parcelada em 3 vezes nos meses de outubro, dezembro de um ano e fevereiro do ano seguinte.

Consumo e custo de Energia

O consumo de energia elétrica do motor (5 CV, tensão de 220V) do sistema de irrigação foi medido por meio da utilização de um Medidor de Energia (mod. Microvip3 - Elcontrol, Itália). Esse equipamento apresenta no display as seguintes grandezas elétricas instantaneamente: tensão; corrente; fator de potência; potência aparente, ativa e reativa e frequência da rede. Apresenta também as seguintes grandezas que são integradas no tempo: energia ativa e reativa. As grandezas citadas podem ser transmitidas para a impressora do aparelho instantaneamente, modo manual de operação, ou através de um tempo programado, modo automático de operação.

A demanda foi calculada pela divisão do consumo de energia elétrica pelo tempo utilizado na verificação. Seguindo a legislação do Brasil para faturamento foi utilizado

um período de 15 minutos para a verificação. Calculamos uma carga de 4,84 kW esse valor multiplicado pela tarifa (ANEXO-01) forneceu o valor de demanda para cada sistema tarifário utilizado nesse experimento.



Figura 9. Medidor de Energia

Foi estudado também o custo de energia elétrica para dois grupos tarifários:

a) Grupo A: são as unidades consumidoras atendidas em tensão de fornecimento igual ou superior a 2.300 volts. Para esses consumidores são aplicadas tarifas de demanda e de consumo;

b) Grupo B: são as unidades consumidoras atendidas em tensão de fornecimento inferior a 2.300 volts. Para esses consumidores é aplicada somente tarifa

de consumo. O sistema tarifário grupo B normalmente é aplicado a propriedades rurais que possuem transformadores instalados de até 112,5 kVA.

A demanda é a média das potências instantâneas solicitadas pela unidade consumidora, integralizada em intervalo de 15 minutos.

O consumo de energia faturado é o efetivamente medido no período mensal.

As tarifas variam de acordo com os níveis de tensão de fornecimento no caso do Grupo A e com a classificação do consumidor (indústria, rural, residência, comércio, serviços, etc.) para o Grupo B.

Para o Grupo A, foram determinados os dispêndios com a energia para tarifas Estrutura Binômica Convencional e Horo Sazonal (verde e azul). Também foi considerada para irrigantes no período noturno (Portaria DNAEE 105 de 03/04/92, Resolução ANEEL 277 de 19/07/00, e Resolução ANEEL 540 de 01/10/02).

No sistema tarifário Estrutura Binômica Convencional a demanda é faturada pelo maior dos seguintes valores:

- a) maior potência demandada, verificada por medição, durante o período de faturamento;
- b) 85% da maior demanda, verificada em qualquer dos últimos 11 meses anteriores;
- c) demanda contratada, quando houver.

O sistema tarifário Horo Sazonal constitui-se na aplicação de preços diferenciados de demanda e consumo, de acordo com as horas do dia (ponta e fora de ponta) e períodos do ano (seco e úmido). O horário de ponta é composto por três horas consecutivas, entre 18:00 e 21:00 horas, exceto sábados, domingos e feriados nacionais. O horário fora de ponta é o conjunto das horas complementares às da ponta. O período úmido compreende os meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte e o período seco compreende os meses restantes.

A tarifa azul compreende dois preços para demanda (ponta e fora de ponta) e quatro preços para consumo (ponta em período úmido, ponta em período seco, fora de ponta em período úmido e fora de ponta em período seco).

A tarifa verde compreende um único preço para demanda e quatro preços para consumo, para os mesmos segmentos especificados na tarifa azul.

Os preços do kWh dos sistemas tarifários de energia elétrica foram obtidos junto a Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL (ANEXO I), e referem-se ao ano de 2008, para melhor comparação dos anos estudados (2004 e 2006).

Neste trabalho, o custo do consumo de energia elétrica do sistema foi calculado pela seguinte equação (3):

$$CCEE = CEE \times P + ICMS \quad (3)$$

em que,

CCEE - custo do consumo de energia elétrica, em R\$;

CEE - consumo de energia elétrica, em kWh;

P - preço do kWh na estrutura tarifária considerada, em R\$ kWh;

ICMS - imposto sobre circulação de mercadorias e serviços;

com,

$$ICMS = \frac{I \times A}{100 - A} \quad (4)$$

onde,

$$I = CEE \times P \quad (5)$$

A - alíquota, (18%).

Foram relacionados o consumo (kWh) e custo (R\$) da energia elétrica com a produtividade obtida nos tratamentos.

Análise econômica

Para análise econômica seguiu-se os estudos realizados segundo MARTINS (2004), onde foi estudado o custo total de produção, que consiste na soma dos custos fixos e variáveis.

Os custos fixos são aqueles que ocorrem independentemente do número de horas anuais de operação do sistema de irrigação e incluem, principalmente, a depreciação do sistema e a remuneração do capital nele investido.

Para o cálculo da depreciação do sistema, utilizou-se o método do fundo de amortização (COELHO, 1979). A depreciação calculada por tal critério garante que o citricultor se servirá dela para substituir o capital, sem utilizar seus recursos particulares ou crédito. Sua expressão é dada pela equação 6.

$$d = \frac{(C_i - C_f)r}{(1+r)^n - 1} \quad (6)$$

sendo,

d - quota anual de depreciação, em R\$;

Ci - valor inicial do sistema, em R\$;

Cf - valor final ou residual do sistema, em R\$;

r – taxa anual de juros, em decimal;

n – vida útil do sistema, em anos.

Foi utilizada uma taxa anual de juros de 12% ao ano.

O preço médio do sistema de irrigação por ha, com as dimensões consideradas no projeto foi pesquisado nas empresas de irrigação, sendo utilizados os seguintes valores: R\$ 3500,00; 4200,00 e 3800,00, respectivamente para irrigação com uma linha, duas linhas de gotejadores por linha de planta e microaspersão, para o ano de 2008.

O valor dos juros sobre o capital investido mostra que o citricultor renunciou à remuneração que poderia ter obtido pela aplicação de seus capitais em outras atividades. Essa renúncia representa, para o citricultor, o custo a ser considerado. Para seu cálculo, adota-se, a rigor, o valor do equipamento usado; quando não se conhece tal valor, NEVES & SHIROTA (1986) recomendam trabalhar com uma estimativa representada pela média do valor novo, calculado pela relação.

$$JSC = \frac{(Ci.r)}{2} \quad (7)$$

A soma dos juros sobre o capital com a depreciação resulta no custo fixo anual do sistema de irrigação.

Para o cálculo dos custos variáveis da irrigação, estão envolvidos os custos de manutenção, mão-de-obra e energia. Assumiu-se que os custos de manutenção e mão-de-obra para os diferentes tratamentos foram os relatados por SILVA et al, 2006, . Assim, os custos variáveis considerados neste trabalho, referem-se apenas aos dispêndios com a energia.

Para esse estudo utilizou-se a tarifa Horo Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno, pois foi à opção mais econômica para a cultura avaliada.

O resultado econômico foi obtido subtraindo-se a receita da produtividade do citros, pelo custo total de irrigação de citros, para cada ano estudado.

Análise Estatística

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com 10 tratamentos e 4 repetições em um esquema fatorial 3 x 3 x 1 com três sistemas de irrigação, 3 lâminas de irrigação e uma testemunha, aplicando-se o teste “F” com 1 e 5% de significância. Em cada fator (sistema de irrigação e lâmina de irrigação) aplico-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação entre as médias.

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo médio de energia por hectare (kWhha^{-1}) para cada tratamento estão ilustrado na figura 10, para os anos de 2004 e 2006. Pode-se observar que para o ano de 2006 houve um consumo maior de energia em relação ao ano de 2004. Essa variação de consumo de energia varia de ano para ano de acordo com as variações climáticas e precipitações. Observa-se que os tratamentos 02, 05 e 08 apresentaram menores consumos de energia, pois receberam apenas 50% da Etc.

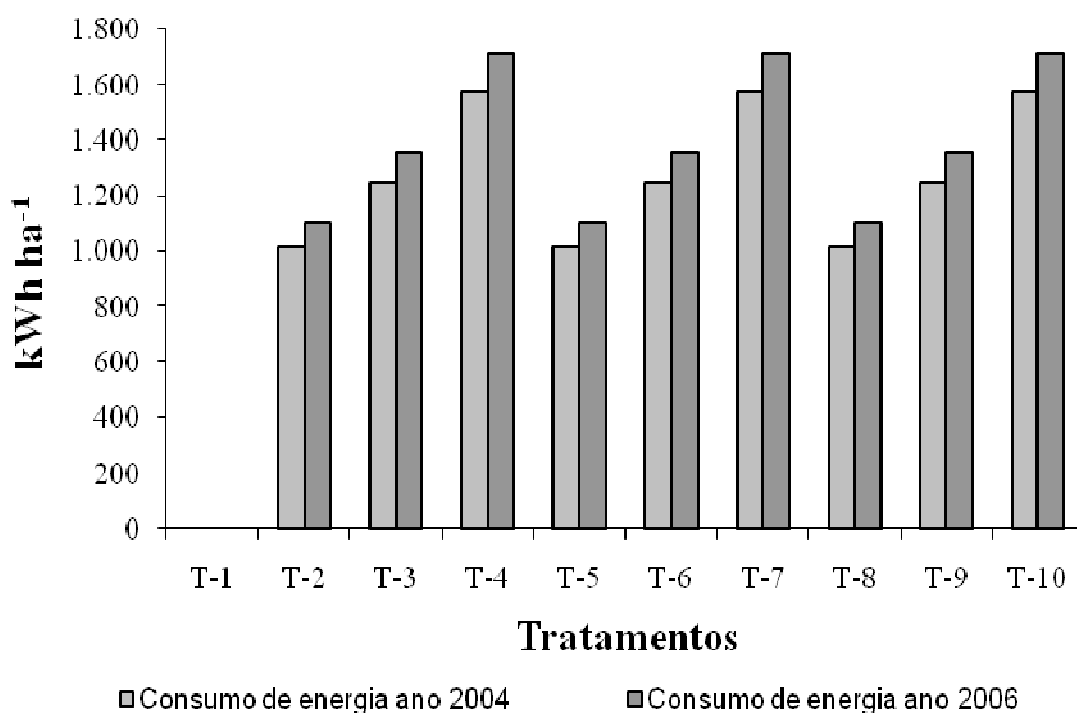


Figura 10. Consumo de energia elétrica para o ano de 2004 e 2006 em kWh ha^{-1} .

A produtividade média de citros, expressa em toneladas por hectare (t ha^{-1}), para os tratamentos, estão ilustrados na figura 11, para os anos de 2004 e 2006. Pode-se

verificar que para o ano de 2004, o tratamento T-08 (60,8), seguido pelo T-09 (56,5) e T-02 (53,1) teve as maiores produtividades. Para o ano de 2006 os tratamentos T-2 (84,9) seguido pelo T-03 (77,0) e T-06 (75,0) foram os mais produtivos. Considerando a média de produtividade entre os anos de 2004 e 2006 o T-02 (69,0) foi o mais produtivo seguido pelos tratamentos tratamento T-08 (67,2), T-03 (62,8) e T-09 (62,5).

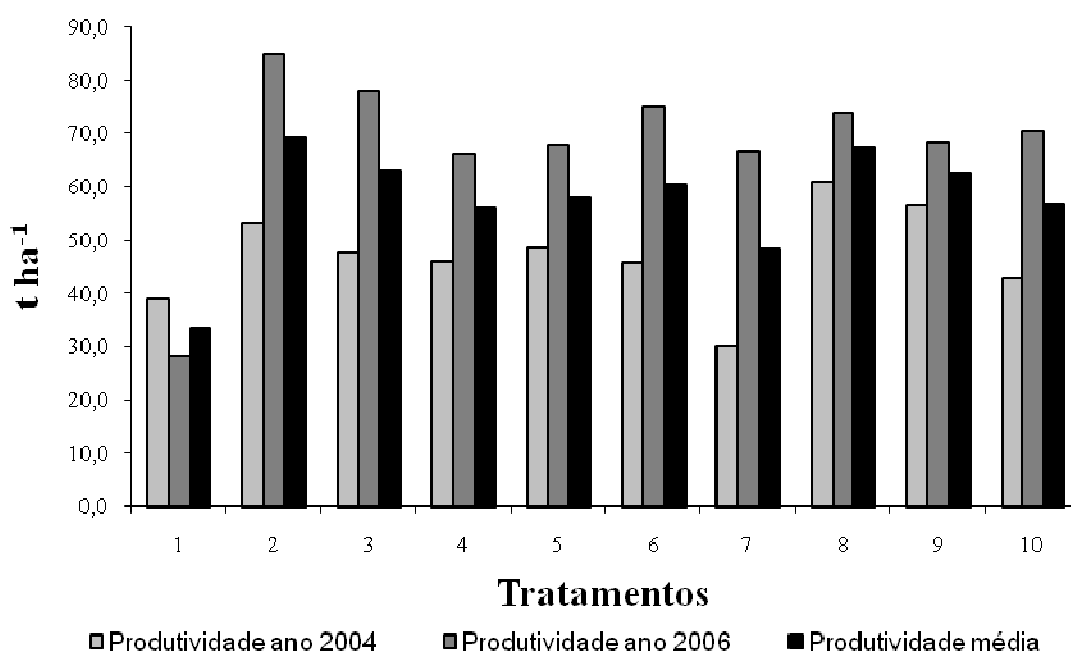


Figura 11. Produtividade de citros ($t\ ha^{-1}$), para os anos de 2004 e 2006.

Na tabela 1, são apresentados os dados de análise de variância para a produtividade ($t\ ha^{-1}$) para a safra de 2004 e 2006 e dados médios dos respectivos anos. Considerando dados médios para os dois anos pode-se observar que para sistemas de irrigação não ocorreram diferenças significativas em produtividade. Mas em relação à lâmina de irrigação pode-se verificar que a lâmina de 50% diferiu significativamente em produtividade (64,8) em relação à lâmina de 100% (53,67) que não diferiu da lâmina de 75% da Etc (61,87). Observa-se que todos os tratamentos

irrigados, avaliando médias das duas safras, corresponderam em aumento de produtividade em relação à testemunha não irrigada, dados esses semelhantes aos resultados obtidos por KRIEDMANN & BARRS (1981) e ZANINI et. al (1998).

Tabela 1. Análise de variância para a produtividade ($t \cdot ha^{-1}$), entre média dos tratamentos, para os anos de 2004, 2006 e média dos dois anos.

| | | Produtividade ($t \cdot ha^{-1}$) | | | | | |
|--------------------------|----------|-------------------------------------|----|--------------------|---|--------------------|----|
| | | 2004 | | 2006 | | Média | |
| Sistema | 1 linha | 48,94 | ab | 76,28 | a | 62,61 | a |
| De | 2 linha | 41,44 | b | 69,79 | a | 55,60 | a |
| Irrigação | Micro | 53,41 | a | 70,84 | a | 62,12 | a |
| Lâmina | 100% ETc | 39,67 | b | 67,66 | a | 53,67 | b |
| De | 75% ETc | 49,98 | a | 73,77 | a | 61,87 | ab |
| Água | 50% ETc | 54,14 | a | 75,47 | a | 64,80 | a |
| Média dos Tratamentos | | 47,93 | | 72,31 | | 60,12 | |
| Média da Testemunha | | 38,84 | | 28,06 | | 33,45 | |
| Irrigação X Testemunha | | 4,62* | | 38,11** | | 31,47** | |
| Sistema de Irrigação (A) | | 6,82** | | 0,79 ^{NS} | | 2,26 ^{NS} | |
| Lâmina de Água (B) | | 10,34** | | 1,09 ^{NS} | | 4,92* | |
| Interação A x B | | 1,01 ^{NS} | | 0,76 ^{NS} | | 0,28 ^{NS} | |
| Tratamentos | | 4,78** | | 4,99** | | 5,21** | |
| Blocos | | 3,04* | | 2,26 ^{NS} | | 2,04 ^{NS} | |
| CV% | | 17,06 | | 20,03 | | 15,7 | |

NS não significativo; ** significativo a 1%; * significativo a 5% para o teste "F".

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se na Figura 12 que os tratamentos 2,5 e 8 (médias de 16, 19 e 16 kWh t⁻¹) apresentaram menor consumo específico. Isto se deve ao fato desses tratamentos apresentaram maior eficiência da água aplicada em relação aos demais tratamentos, o pior consumo específico ocorreu nos tratamentos irrigados com 100% da Etc (médias de 30,39 e 31 kWh t⁻¹).

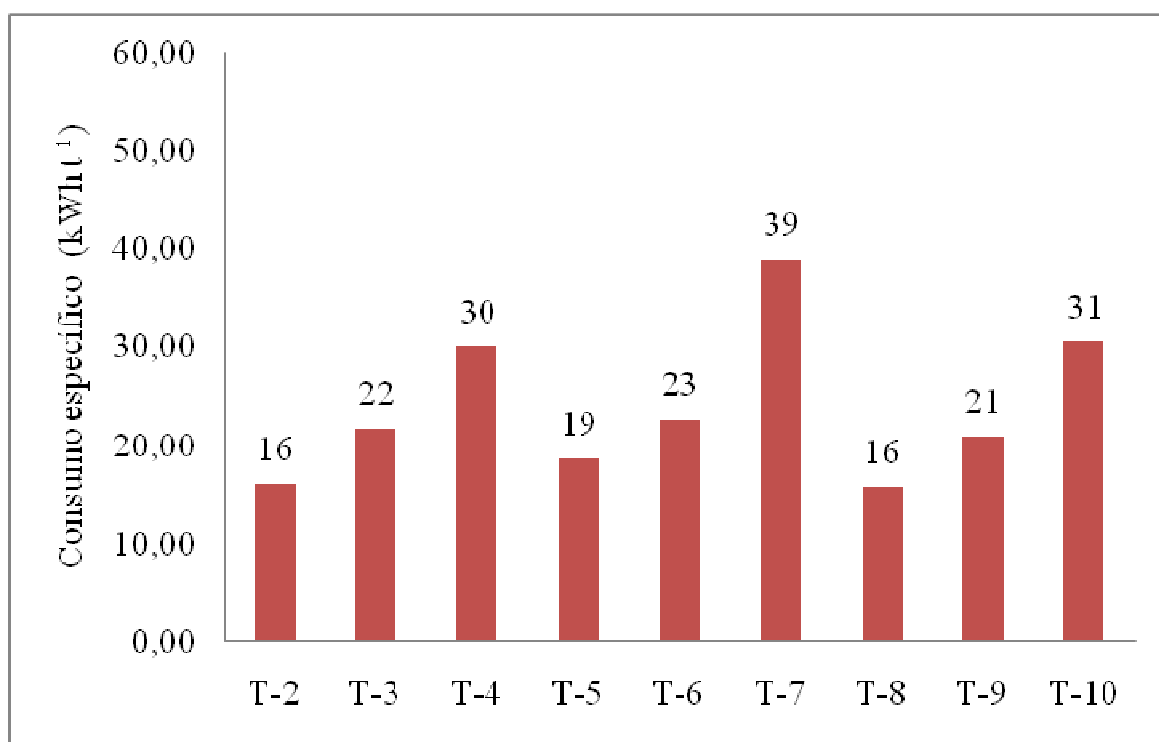


Figura 12. Consumo específico médio de energia elétrica (kWh t⁻¹) para os anos de 2004 e 2006.

Observa-se na Figura 13 que os tratamentos irrigados com 100% da lâmina da Etc, 4,7 e 10 sempre apresentaram os maiores custos com kWh t⁻¹, porém em relação aos grupos tarifários observa-se que as tarifas da estrutura binomial convencional grupo A apresentaram os maiores custos por hectare e, praticamente, não ocorreram

diferenças entre sistema tarifário horo sazonal verde azul Grupo A e sistema tarifário Grupo B quando irrigamos no período diurno.

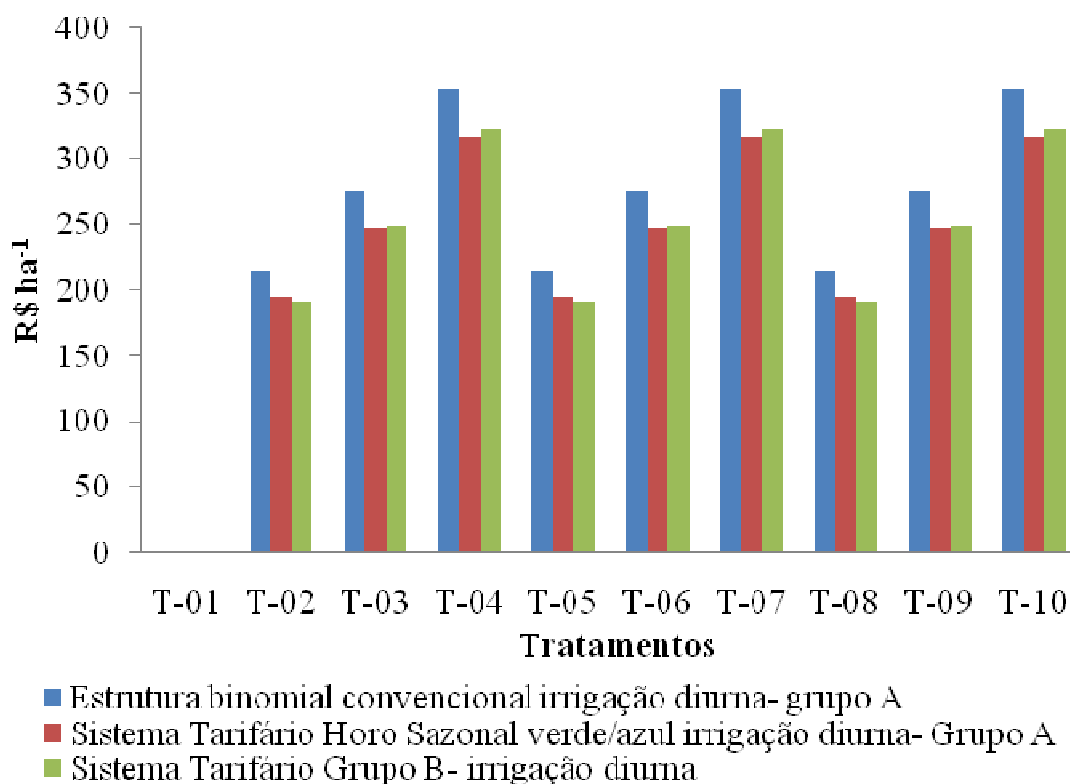


Figura 13. Consumo de energia elétrica média (CCEE), em R\$ ha⁻¹, para os diferentes grupos tarifários, irrigação diurna, para a média dos anos de 2004 e 2006.

Na Figura 14, nota-se que se utiliza-se a portaria rural 105 irrigante noturno, tem-se desconto e os custos por hectare são bem menores, sendo o sistema tarifário Horo sazonal verde/azul Grupo A o que apresentou os menores custos, em R\$ há⁻¹, por kWh para irrigantes no período noturno.

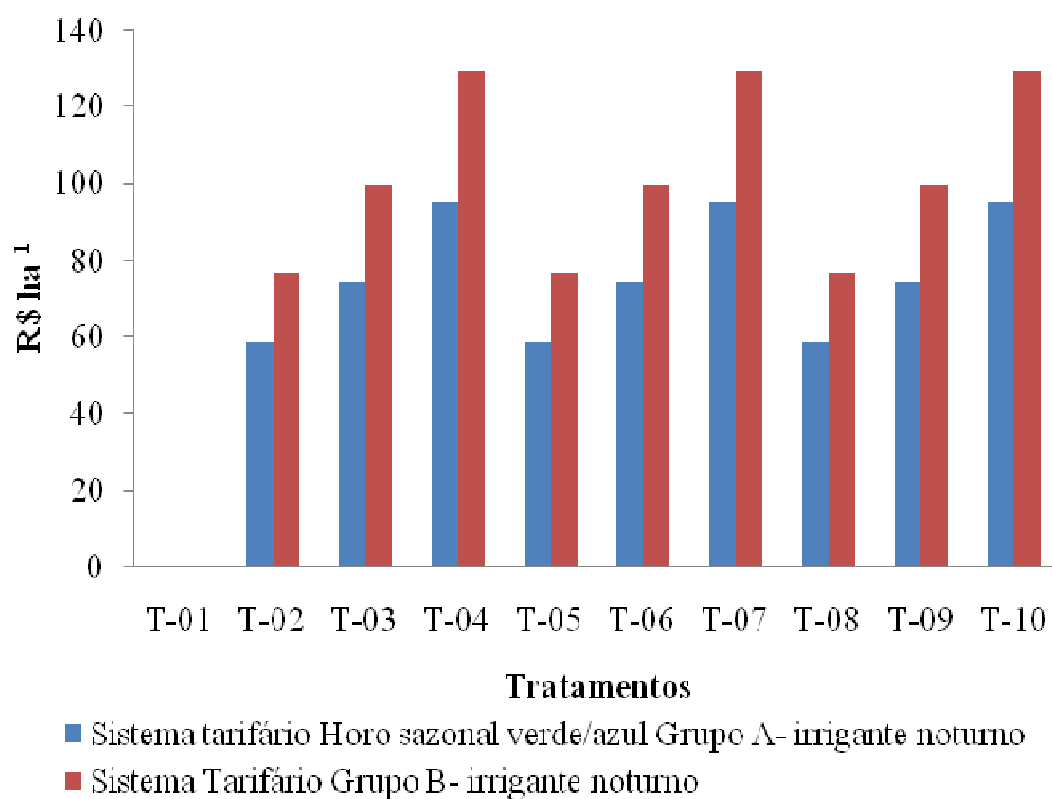


Figura 14. Consumo de energia elétrica média (CCEE) em R\$ ha⁻¹, para os diferentes grupos tarifários, irrigante noturno, para a média dos anos 2004 e 2006.

Nesse trabalho, verificou-se que a tarifa horo sazonal verde/azul com desconto especial, irrigante noturno segundo a portaria 105 rural, foi à opção mais adequada à cultura de citros, para os anos de 2004 e 2006. Para os custos variáveis, foram considerados os custos dos consumos de energia elétrica e custos de manutenção e de mão-de-obra, para esse último os valores foram iguais para todos os tratamentos seguindo os valores relatados por Silva et al (2006).

Na tabela 2, pode-se observar que os custo fixos (R\$ ano⁻¹ ha⁻¹), no sistema de irrigação por gotejamento com 2 linhas de gotejadores por linha de planta são maiores em relação a micro aspersão e 1 linha de gotejadores. Segundo GOLDSTEIN (2006),

esse incremento no valor do sistema de irrigação se deve a um aumento na estrutura hidráulica em torno de 3% no valor do projeto considerando 1 linha para duas linhas de gotejadores e também a uma maior quantidade por hectare de mangueiras gotejadoras (1450 metros).

Tabela 2. Valor do sistema de irrigação, depreciação anual, juros sob o capital investido (JSC), custos fixo anual e por hectare, para uma taxa de juros de 12% ao ano, vida útil do sistema estimada em 15 anos e valor residual do sistema igual a zero.

| Sistema de irrigação | Projeto R\$ ha ⁻¹ | Depreciação R\$ ano ⁻¹ ha ⁻¹ | JSC R\$ ano ⁻¹ ha ⁻¹ | Custos fixos R\$ ano ⁻¹ ha ⁻¹ |
|----------------------|---------------------------------|---|---|--|
| 2 linhas | R\$ 4.200 | R\$ 112,66 | R\$ 252,0 | R\$ 364,66 |
| 1 linha | R\$ 3.500 | R\$ 93,88 | R\$ 210,0 | R\$ 303,88 |
| Microaspersão | R\$ 3.800 | R\$ 101,93 | R\$ 228,0 | R\$ 329,93 |

Como pode-se verificar na Tabela 3, os custos variáveis são maiores nos tratamentos irrigados com 100% da Etc. Esse custo maior se deve a maior tempo de irrigação utilização do sistema em relação a 75% e 50% da Etc..

Tabela 3. Custos variáveis da irrigação, em R\$ ha⁻¹ ano⁻¹

| Tratamentos | 2004 | 2006 | Média |
|-------------|--------|--------|--------|
| T-01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| T-02 | 160,75 | 165,13 | 162,94 |
| T-03 | 172,21 | 177,66 | 174,94 |
| T-04 | 188,81 | 195,76 | 192,28 |
| T-05 | 160,75 | 165,13 | 162,94 |
| T-06 | 172,21 | 177,66 | 174,94 |
| T-07 | 188,81 | 195,76 | 192,28 |
| T-08 | 160,75 | 165,13 | 162,94 |
| T-09 | 172,21 | 177,66 | 174,94 |
| T-10 | 188,81 | 195,76 | 192,28 |

Considerando os custos totais da irrigação (custos fixos e custos variáveis), observa-se na Tabela 4 que os menores custos ocorreram nos tratamentos irrigados com 50% da ETc para cada sistema de irrigação, sendo que o sistema de irrigação com 1 linha de gotejadores teve o menor custo. Esse menor custo observado se deve a um menor gasto com energia elétrica e menor preço do sistema de irrigação. Segundo LAURINDO (2004), e o custo total de um sistema de irrigação é de US\$ 325,67 dados esses semelhantes ao deste trabalho e abaixo do citado por DOS SANTOS et al (2006) de US\$ 450,07 o hectare. Considerando o valor do dolar neste experimento de R\$ 1,60.

Tabela 4. Custo total da irrigação (custos fixos + custos variáveis), em R\$ ha⁻¹ ano⁻¹

| Tratamentos | 2004 | 2006 | Média |
|-------------|--------|--------|--------|
| T-01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| T-02 | 464,64 | 469,02 | 466,83 |
| T-03 | 476,09 | 481,55 | 478,82 |
| T-04 | 492,70 | 499,64 | 496,17 |
| T-05 | 525,41 | 529,80 | 527,60 |
| T-06 | 536,87 | 542,32 | 539,60 |
| T-07 | 553,48 | 560,42 | 556,95 |
| T-08 | 490,68 | 495,07 | 492,87 |
| T-09 | 502,14 | 507,59 | 504,87 |
| T-10 | 518,75 | 525,69 | 522,22 |

Considerando o preço final de venda do citros a R\$ 0,245 o Kg (R\$ 10,00 cx 40,8 Kg), em 2008, obtém-se a receita em R\$ ha⁻¹. Mostrada na Tabela 5.

Na tabela 5, observa-se que para a média dos anos de 2004 e 2006, a melhor receita da produtividade foi observada no tratamento T2 (R\$ 16 911,50), seguido pelo T8 (R\$ 16 479,02) e T3 (R\$ 15 397,36).

Tabela 5. Receita da produtividade de citros para os dois anos estudados, em R\$ ha⁻¹ ano⁻¹

| Tratamentos | Receita 2004 | Receita 2006 | Receita média |
|-------------|--------------|--------------|---------------|
| T-01 | 9516,19 | 6874,80 | 8195,50 |
| T-02 | 13004,80 | 20818,20 | 16911,50 |
| T-03 | 11700,32 | 19094,40 | 15397,36 |
| T-04 | 11267,99 | 16156,80 | 13712,40 |
| T-05 | 11880,25 | 16605,60 | 14242,92 |
| T-06 | 11173,03 | 18390,60 | 14781,81 |
| T-07 | 7397,04 | 16299,60 | 11848,32 |
| T-08 | 14904,04 | 18054,00 | 16479,02 |
| T-09 | 13856,96 | 16738,20 | 15297,58 |
| T-10 | 10495,80 | 17278,80 | 13887,30 |

Pela análise da Tabela 6, percebe-se que para o ano de 2004, que o T-08 (sistema de irrigação por microaspersão com 50% da Etc aplicada) obteve o melhor resultado econômico em relação aos demais tratamentos, seguidos pelos tratamentos 9 e 2. Para o ano 2006, o melhor resultado econômico foi observado no tratamento T-02 seguido pelo tratamento T-03, todos irrigados com uma linha de gotejadores por linha de planta. Considerando uma média para os dois anos estudados, observa-se que o melhor resultado econômico foi o apresentado pelo tratamento T-02 (R\$16 445), seguido pelo T-08 (R\$15 986) ambos irrigados com 50% da Etc, pelo sistema de irrigação com uma linha de gotejadores e microaspersão, respectivamente. Observou-se uma tendência de maior retorno econômico, para os tratamentos irrigados com 50%

da Etc, seguidos pelo irrigados com 75% da Etc e o pior retorno econômico para 100% da Etc.

Tabela 6. Resultado econômico para os anos estudados. (R\$ ha⁻¹ ano).

| Tratamentos | 2004 | 2006 | Média |
|-------------|-------|-------|-------|
| T-01 | 9516 | 6875 | 8195 |
| T-02 | 12540 | 20349 | 16445 |
| T-03 | 11224 | 18613 | 14919 |
| T-04 | 10775 | 15657 | 13216 |
| T-05 | 11355 | 16076 | 13715 |
| T-06 | 10636 | 17848 | 14242 |
| T-07 | 6844 | 15739 | 11291 |
| T-08 | 14413 | 17559 | 15986 |
| T-09 | 13355 | 16231 | 14793 |
| T-10 | 9977 | 16753 | 13365 |

V CONCLUSÕES

O sistema tarifário horo sazonal verde/azul Grupo A (com desconto especial para irrigantes noturno) teve o menor gasto com energia.

Os tratamentos irrigados com lâmina de 50% da Etc apresentaram maiores produtividade em relação à lâmina de 100% da Etc.

Um maior retorno econômico ocorreu nos tratamentos irrigados com 50% da Etc com uma linha de gotejadores por linha de planta.

VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVES, J. FIGUEREDO, L.G.M.; COELHO, R.; ZOCOLER, J.L. **Custo da energia elétrica na irrigação**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32, Goiânia. SBEA, 2003.

ALMEIDA, O.A.; GISBERT, J.M. Alejamiento de la línea porta gotejo em el riego de cítricos. **Laranja**, Cordeirópolis, v.24, n.2, p.447-58, 2003.

AMARO, A. A., ARAÚJO, M. A., PORTO, O.M., DORNELLES, C.M.M., SOBRINHO, A.P.C., PASSOS, O.S.. Panorama da Citricultura Brasileira, In: RODRIGUES, O., VIEGAS, F., POMPEU JR. J., AMARO, A. A. (Ed.). Citricultura Brasileira. 2ª. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991, v.1, p. 22-54.

CALHEIROS, C.B.M.; QUEIROZ, J.E.; FRIZZONE, J.A.; PESSOA, P.C.S. Estratégias ótimas de irrigação do citros: água como fator limitante da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.7, p.509-515, 1996.

CAST. Council for Agricultural Science and Techonology. **Effective use of water in irrigated agriculture**. Task Force Report No. 113, June 1988. 64 p.

CEMIG. **Estudo da otimização energética**. Belo Horizonte, 1993, 22p.

CITRUS REFERENCE BOOK. Flórida **departament of citrus ande market research departament**. Disponível em: <<http://www.floridajoice.com/pdfs/CRB2004.pdf>>. Acesso em: 20 nov 2008.

COPEL/SPL/CNMR. **Produto interno bruto – PIB – Perspectivas 1997/2007**. Diretoria de Engenharia e Construção, Superintendência de Planejamento, Coordenadoria de Estudos de Mercado, COPEL, Curitiba – PR, 1996.

COELHO, S. T. **Matemática financeira e análise de investimentos**. São Paulo, Ed. Nacional; EDUSP, 1979. 279p.

DEMATTÊ, J.B.I.; STUCHI, E.S.; PERECIN, D.; DONADIO, L.C. Efeitos da microaspersão na produtividade e qualidade dos frutos de laranja “Pera” em dois porta-enxertos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 15., Bauru, *Resumo...* p.224, 1996.

DOS SANTO, R. A.; NETO, H. B.; COELHO, R. D.; MONTEIRO. **Análise econômica da implantação de sistemas de irrigação na citricultura do Estado de São Paulo**. Irriga, Botucatu, v.11, n. 1, p. 66-77, janeiro- março 2006.

EMBRAPA. Serviço de produção e informação- SPI. Sistema Brasileiro de classificação do solo. Brasília, 1999. 412p.

DAVIES, F. S.; ALBRIGO, L. G. **Citrus**. 2.ed. Florida: CABI Publishing, 1994. 254p.

FAO - **Food and agriculture organization of the unite nations**. FAOSTAT: 1962-2003. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov>>. Acesso em 20 jan 2006.

GUARDIOLA, J. L. Frutificação e crescimento. In: DONADIO, L. C. **II Seminário Internacional de Citrus-fisiologia**, fundação Cargil, p.3-26, 1992.

GOLDSTEIN, U. Custos de implantação e amortização de sistemas de irrigação localizada em citrus. **IV SIMPÓSIO DE CITRICULTURA IRRIGADA**, (coord GTACC) Anais...Bebedouro, 2006. CD-ROM.

IBGE **Instituto brasileiro de geografia e estatística**. Produção agrícola municipal (PAM) estatísticas de 2003. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em ago 2005.

KOO, R. C. J., SMAJSTRLA, A. G., Effects of trickle irrigation methods and amount of water applied on citrus yields. Proceeding of Florida State Horticultural Science, v.97, p.3-7, 1984.

KRIEDEMANN, P.E.; BARRS, H.D. Citrus orchards. In: KOZLOWSKI, T.T. Water deficits and plant growth. VI. **Woody plant communities**. p.325-418, 1981.

LAURINDO, V.T. Resultados dos pomares de citros irrigados. **II SIMPÓSIO DE CITRICULTURA IRRIGADA**, (coord GTACC). Anais... Bebedouro, 2004. CD ROM

MACHADO, C.C. **Influência da irrigação localizada na absorção de água do porta-enxerto limão “Cravo”, em plantas adultas de lima ácida “Tahiti”**. Dissertação de mestrado apresentado á Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP, Piracicaba, 2000. p.82.

MARTINS, M.I.E.G.; BORBA, M.M.Z. **Custo de produção**. Jaboticabal, FCAV, 2004. 23p.

MARTINS, A. N. **Avaliação de fatores hídricos e térmicos na produção de laranjeiras (Citrus sinensis L. Osbeck) “Valência e “Hamilin”**. 115f. Tese (Doutorado em fitotecnia) Esalq, USP, Piracicaba 2000.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, J. A. A. **Avaliação da eficiência do uso da energia elétrica no perímetro irrigado de Pirapora MG**. Engenharia Agrícola e Ambiental, Jaboticabal, v.7, n. 2, 2003.

MELLO, C. R., CARVALHO, J. A., BRAGA JÚNIOR, R. A., REINATO, C. H., SANTANA, M. J. Economia de Energia e instalação de bombeamento para irrigação com uso de inversor de frequência. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 4, p. 78-88, 1999.

NEVES, E. M.; SHIROTA, R. Considerações sobre a importância, determinação e atualização dos custos agrícolas; programa de treinamento BANESPA. Piracicaba, FEALQ, 1986. 23p.

NOGUEIRA, D. J. P. O clima na citricultura. In: Citros: Tecnologia de produção. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.52, p. 3-12, 1979.

ORTOLANI, A. A., PEDRO JR., ALFONSI, R.R. Agroclimatologia e o cultivo dos citros. In: RODRIGUES, O., VIEGAS, F., POMPEU JR. J., AMARO, A. A. (Ed.). **Citricultura Brasileira**. 2^a. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991, v.1, p.153-188.

PEREIRA, F. A. C.; OLIVEIRA, A. S.; PAZ V. P. S.; SANTOS, C. A.; SAMPAIO, C. B. V. Manejo e economia de energia em sistemas de irrigação pivô central no Oeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz de Iguaçu. *Anais...* Foz de Iguaçu: SBEA, 2001. 1 CD - ROM.

PAZ, V.P.S.; FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; FOLEGATTI, M.V. Redução na receita líquida por déficit ou excesso de água na cultura do citros. **Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.9, p.869-875, 1997.

PEITER, M.X.; CHAUDHRY, F.H.; CARLESSO, R. Programação do manejo da irrigação de milho via modelo de simulação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 53-63, 1999.

SCALOPPI, E. J. Exigências de energia para irrigação. **ITEM. Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, v.12, n.2, p13-7, 1985.

SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia aplicada à irrigação. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. **Irrigação**, 1. Piracicaba: SBEA. 2001. p.63-120. (Série Engenharia Agrícola).

SILVA, G. O.; VESCOVE, H. V.; HENRIQUE, P. H. S.; LAURINDO, V. T.; Irrigação em pomares de laranjeiras. In: KOLLER, O. C. **Citricultura 1 laranja: Tecnologia de produção, pós colheita, industrialização e comercialização**. Porto Alegre: São Paulo, 2006. p, 136-154.

SMITH, M., ALLEN, R., MONTEITH, J.L., PERRIER, A., PEREIRA, L.S., SEGEREN, A. **Expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Rome: FAO, 1990. 59p.

SOUZA, G. H. F., BRITO, R. A. L., DANTAS NETC, J., SOARES, J. M., NASCIMENTO, T. Sustentabilidade da área irrigada e consumo de energia no distrito de irrigação Senador Nilo Coelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz de Iguaçu: SBEA, 2001. 1 CD ROM.

SOUZA, J. L. M. **Modelo de análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para a cultura do cafeeiro**. Piracicaba, 2001a. 253p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

TURCO, J. E. P.; SANTOS JUNIOR, J.; FERNANDES, E. J. **Estudo do consumo e custo de energia elétrica em cultura de soja irrigada**. Irriga, Botucatu, v.10, n.1, p. 64-75, janeiro-abril, 2005.

VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p.

VESCOVE, H.V.; HENRIQUE, P. H. S.; SILVA, G. O.; LAURINDO, V. T.; **Atualidades na citricultura irrigada (FORBB Serviços na área de agricultura)**. Disponível em: <[HTTP://www.agrofit.com.br/portal/index.php?view=category&id=37%3airrigação&option=com_content&Itemid=18](http://www.agrofit.com.br/portal/index.php?view=category&id=37%3airrigação&option=com_content&Itemid=18)>. Acesso em: 11 out 2008.

ZANINI, J.R.; PAVANI, L.C.; SILVA, J.A.A. **Irrigação em citros**. Jaboticabal: Funep, n.3, 1998. p.35 (Boletim Citrícola).

VII APÊNDICES

APÊNDICE 1. Taxas e tarifas

| Estrutura Horo-Sazonal | Demanda R\$/ kW | | Consumo - R\$/ MWh | | | | Ultrapassagem R\$/ kW | |
|--|-----------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------|
| | | | Período Seco | | Período Úmido | | | |
| | Ponta | Fora de Ponta | Ponta | Fora de Ponta | Ponta | Fora de Ponta | Ponta | Fora de Ponta |
| AZUL | | | | | | | | |
| A2 (88 a 138 kV) | 14,61 | 1,86 | 245,48 | 151,57 | 221,63 | 137,74 | 43,83 | 5,58 |
| A2 (88 a 138 kV) - Classe Residencial e Rural | 13,93 | 1,78 | 234,10 | 144,55 | 211,36 | 131,36 | 41,79 | 5,34 |
| A3 (69 kV) | 20,46 | 3,80 | 245,48 | 151,57 | 221,63 | 137,74 | 61,38 | 11,40 |
| A3 (69 kV) - Classe Residencial e Rural | 19,51 | 3,62 | 234,10 | 144,55 | 211,36 | 131,36 | 58,53 | 10,86 |
| A3a (30 a 44 kV) | 20,48 | 4,61 | 245,48 | 151,57 | 221,63 | 137,74 | 61,44 | 13,83 |
| A3a (30 a 44 kV) - Classe Residencial e Rural | 19,54 | 4,40 | 234,10 | 144,55 | 211,36 | 131,36 | 58,62 | 13,20 |
| A4 (2,3 a 25 kV) | 24,88 | 6,06 | 245,48 | 151,57 | 221,63 | 137,74 | 74,64 | 18,18 |
| A4 (2,3 a 25 kV) - Classe Residencial e Rural | 23,73 | 5,78 | 234,10 | 144,55 | 211,36 | 131,36 | 71,19 | 17,34 |
| A4 (2,3 a 25 kV) - Coop Eletrificação Rural | | | | | | | | |
| AS (Subterrâneo) | 26,05 | 9,29 | 256,83 | 158,58 | 231,93 | 144,10 | 78,15 | 27,87 |
| AS (Subterrâneo) - Residencial e Rural | 24,84 | 8,86 | 244,93 | 151,23 | 221,18 | 137,42 | 74,52 | 26,58 |
| VERDE | | | | | | | | |
| A3a (30 a 44 kV) | 4,61 | | 721,13 | 151,57 | 697,29 | 137,74 | | 13,83 |
| A3a (30 a 44 kV) - Classe Residencial e Rural | 4,40 | | 687,72 | 144,55 | 664,98 | 131,36 | | 13,20 |
| A4 (2,3 a 25 kV) | 6,06 | | 823,21 | 151,57 | 799,37 | 137,74 | | 18,18 |
| A4 (2,3 a 25 kV) - Classe Residencial e Rural | 5,78 | | 785,07 | 144,55 | 762,33 | 131,36 | | 17,34 |
| A4 (2,3 a 25 kV) - Coop Eletrificação Rural | 4,67 | | 416,30 | 43,75 | 409,47 | 38,66 | | 14,01 |
| AS (Subterrâneo) | 9,29 | | 861,45 | 158,58 | 836,54 | 144,10 | | 27,87 |
| AS (Subterrâneo) - Classe Residencial e Rural | 8,86 | | 821,53 | 151,23 | 797,78 | 137,42 | | 26,58 |

| Grupo A Convencional | Consumo | Demanda | Ultrapassagem |
|---|-----------|----------|---------------|
| | R\$ / MWh | R\$ / kW | R\$ / kW |
| A3a (30 kV a 44 kV) | 166,28 | 14,33 | 42,99 |
| A3a (30 kV a 44 kV) - Classes Residencial e Rural | 158,57 | 13,67 | 41,01 |
| A4 (2,3 kV a 25 kV) | 164,32 | 18,94 | 56,82 |
| A4 (2,3 kV a 25 kV) - Classes Residencial e Rural | 156,70 | 18,07 | 54,21 |
| A4 (2,3 kV a 25 kV) - Coop Eletrificação Rural | 77,73 | 5,31 | 15,93 |
| AS (Subterrâneo) | 171,92 | 28,01 | 84,03 |
| AS (Subterrâneo) - Classes Residencial e Rural | 163,96 | 26,71 | 80,13 |

| Grupo B | Consumo | Demanda |
|-------------------------------------|---------|-----------------|
| | R\$/MWh | R\$/kW |
| Residencial - Normal | 276,40 | |
| Baixa Renda | | Desconto |
| 0 a 30 kWh | 92,15 | 66,66 |
| 31 a 80 kWh | 159,64 | 42,24 |
| 81 a 100 kWh | 161,17 | 41,69 |
| 101 a 200 kWh | 241,75 | 12,54 |
| 201 a 220 kWh | 268,61 | 2,82 |
| > 220 kWh | 268,61 | 2,82 |
| Rural | 149,30 | |
| Coop Eletrificação Rural | 96,55 | |
| Serviço Público de Irrigação | 137,32 | |
| Demais Classes | 249,76 | |
| Iluminação Pública | | |
| B4a - Rede de Distribuição | 122,75 | |
| B4b - Bulbo da Lâmpada | 134,71 | |

APÊNDICE 2. Produtividade (t ha⁻¹), ano de 2004

| Tratamentos | bloco-01 | bloco-02 | bloco-03 | bloco-04 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 34,64 | 47,25 | 44,76 | 28,72 |
| 2 | 59,00 | 63,85 | 33,01 | 56,47 |
| 3 | 50,55 | 61,44 | 35,94 | 43,08 |
| 4 | 43,25 | 54,22 | 38,88 | 47,61 |
| 5 | 56,55 | 51,90 | 38,56 | 46,96 |
| 6 | 42,23 | 47,98 | 39,17 | 53,04 |
| 7 | 42,68 | 21,79 | 31,91 | 24,40 |
| 8 | 65,12 | 56,96 | 51,98 | 69,28 |
| 9 | 57,45 | 67,12 | 54,71 | 46,96 |
| 10 | 36,92 | 41,90 | 41,53 | 51,00 |

APÊNDICE 3. Produtividade (t ha⁻¹), ano de 2006

| Tratamentos | bloco-01 | bloco-02 | bloco-03 | bloco-04 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 24,15 | 36,97 | 30,81 | 20,32 |
| 2 | 65,95 | 99,75 | 94,09 | 80,10 |
| 3 | 85,10 | 97,42 | 58,78 | 70,44 |
| 4 | 55,79 | 71,77 | 70,77 | 65,45 |
| 5 | 86,93 | 67,28 | 75,60 | 41,30 |
| 6 | 68,28 | 67,78 | 74,27 | 89,93 |
| 7 | 90,59 | 66,28 | 60,62 | 48,63 |
| 8 | 79,10 | 58,45 | 86,26 | 70,94 |
| 9 | 79,93 | 66,61 | 80,60 | 46,13 |
| 10 | 89,59 | 71,44 | 71,11 | 49,96 |

APÊNDICE 4. Produtividade (t ha⁻¹), média dos anos de 2004 e 2006.

| Tratamentos | bloco-01 | bloco-02 | bloco-03 | bloco-04 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 29,39 | 42,11 | 37,78 | 24,52 |
| 2 | 62,47 | 81,80 | 63,55 | 68,28 |
| 3 | 67,82 | 79,43 | 47,36 | 56,76 |
| 4 | 49,52 | 63,00 | 54,83 | 56,53 |
| 5 | 71,74 | 59,59 | 57,08 | 44,13 |
| 6 | 55,25 | 57,88 | 56,72 | 71,48 |
| 7 | 66,63 | 44,03 | 46,26 | 36,51 |
| 8 | 72,11 | 57,70 | 69,12 | 70,11 |
| 9 | 68,69 | 66,86 | 67,66 | 46,54 |
| 10 | 63,26 | 56,67 | 56,32 | 50,48 |