

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

**CONSUMO E CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM FEIJÃO
(*Phaseolus vulgaris* L.) IRRIGADO, AFETADO POR
QUATRO MÉTODOS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO**

Gilcileia dos Santos Rizzatti
Engenheira Agrônoma

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2011**

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

**CONSUMO E CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM FEIJÃO
(*Phaseolus vulgaris* L.) IRRIGADO, AFETADO POR
QUATRO MÉTODOS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO**

Gilcileia dos Santos Rizzatti

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
Maio de 2011**

Rizzatti, Gilcileia dos Santos
R627c Consumo e custo de energia elétrica em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado, afetado por quatro métodos de manejo de irrigação / Gilcileia dos Santos Rizzatti. – – Jaboticabal, 2011
xiii, 53 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011

Orientador: José Eduardo Pitelli Turco

Banca examinadora: José Carlos Sartori, Antônio Evaldo Klar, João Antonio Galbiatti, José Renato Zanini

Bibliografia

1. Energia elétrica. 2. Sistemas tarifários. 3. Feijão. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.674.5:635.652

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CONSUMO E CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)
IRRIGADO, AFETADO POR QUATRO MÉTODOS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO

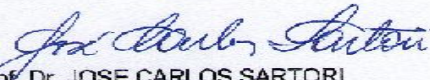
AUTORA: GILCILEIA DOS SANTOS RIZZATTI

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSE EDUARDO PITELLI TURCO

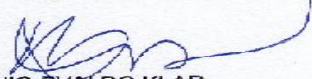
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA
(CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOSE EDUARDO PITELLI TURCO

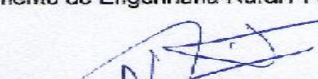
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. JOSE CARLOS SARTORI

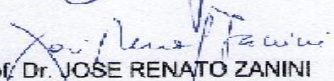
Departamento de Engenharia Elétrica / Universidade de São Paulo


Prof. Dr. ANTONIO EVALDO KLAR

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrícolas de Botucatu


Prof. Dr. JOAO ANTONIO GALBIATTI

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. JOSE RENATO ZANINI

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 26 de maio de 2011.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

GILCILEIA DOS SANTOS RIZZATTI – Nascida em 05 de junho de 1982, na cidade de Ribeirão Preto – SP. Iniciou o curso de graduação em Agronomia, em março de 2000, na Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Câmpus de Jaboticabal, concluindo-o em 26 de janeiro de 2005. Em março de 2005, na mesma Universidade, iniciou o curso de mestrado junto ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), vindo a concluí-lo em fevereiro de 2007. Em março de 2007, iniciou o curso de doutorado no mesmo programa, vindo a concluí-lo em maio de 2011. Foi bolsista da Capes, no período de março de 2007 a fevereiro de 2009.

DEDICO

A minha amada família, pai Celso Frederico Rizzatti, mãe Gilsse dos Santos Rizzatti, irmão William dos Santos Rizzatti e marido Fabiano Favaretto, por todo apoio, carinho, amor, incentivo e confiança a mim depositada, para que eu pudesse cumprir mais uma etapa da minha vida.

Obrigada!!!

OFEREÇO

A minha avó Aparecida Lima dos Santos (*in memoriam*), por ter sido um exemplo de vida e luta. Que Deus a tenha consigo.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar saúde, força e iluminar meus caminhos;

A meus pais Celso e Gilsse, pelo amor, apoio, incentivo, encorajamento e confiança;

A meu marido Fabiano Favaretto, pelo amor, cumplicidade, apoio, compreensão e companheirismo;

A meu irmão William, pelo apoio e amizade;

Aos meus avós,

Vitório Rizzatti (*in memorian*) e Lúcia Rizzatti,

Alcides dos Santos e Aparecida dos Santos (*in memorian*),

e meus parentes,

pela torcida;

Ao Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco, pela orientação valiosa nesses anos de convivência;

Aos professores, Dr. Afonso Lopes, Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani, Dr. Adhemar Pitelli Milani e Dr. João Antonio Galbiatti, pelas sugestões apresentadas no exame geral de qualificação;

Aos professores, Dr. José Carlos Sartori, Dr. Antônio Evaldo Klar, Dr. José Renato Zanini e Dr. João Antonio Galbiatti, pelas sugestões apresentadas na defesa da tese;

Ao doutorando Manoel Faria, pela grande colaboração, amizade e apoio, em toda execução da tese;

Ao meu amigo Adolfo Valente Marcelo, pela amizade e ajuda na estatística;

As amigas Thaís Frigeri, Pamela Alves, Fabiana Reis pela amizade e agradável convivência;

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Rural, pela amizade;

Aos funcionários da seção de Pós-Graduação, pelo atendimento e auxílio;

Aos funcionários da Área Demonstrativa e Experimental de Irrigação (ADEI), pela ajuda no experimento;

A Capes, pela concessão da bolsa de doutorado;

Enfim, a todos que de uma maneira direta ou indireta contribuíram para a realização do meu trabalho;

MUITO OBRIGADA!!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
III. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
Análise do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos.....	23
Custo de energia elétrica.....	27
Sistema Tarifário Grupo B.....	27
Sistema Tarifário Grupo A – Estrutura Binômica Convencional.....	29
Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul.....	31
Sistema Tarifário Grupo B, com desconto especial para irrigantes no período noturno.....	34
Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno.....	36
Análise econômica.....	39
V. CONCLUSÕES.....	43
VI. REFERÊNCIAS.....	44
ANEXO.....	49

CONSUMO E CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) IRRIGADO, AFETADO POR QUATRO MÉTODOS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO

RESUMO: A irrigação é responsável por grande parte do consumo de energia elétrica no meio rural. O correto manejo da irrigação evita o desperdício de energia elétrica e de água. O objetivo deste trabalho foi analisar o consumo e custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) IAC-Carioca, irrigado por aspersão convencional, submetido a quatro manejos de irrigação: T1 – irrigação em função do método do tanque “Classe A”; T2 – irrigação em função da umidade do solo, medida com tensiômetros; T3 – irrigação em função do método de Penman-Monteith; T4 – irrigação em função da razão de Bowen; comparados com o tratamento T5 – sem irrigação, após o estabelecimento da cultura, em dois anos 2009 e 2010. A pesquisa foi desenvolvida na Área Demonstrativa e Experimental de Irrigação - ADEI, da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal – SP, Brasil. O consumo de energia elétrica do sistema de irrigação foi monitorado e o custo analisado para dois grupos tarifários: A e B. Os preços do kWh dos sistemas tarifários de energia elétrica foram obtidos na CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz). O sistema tarifário Grupo B, com desconto especial para irrigantes no período noturno foi a opção mais adequada para a cultura do feijoeiro, nos dois anos estudados. Em 2009, o consumo e o custo de energia elétrica foram maiores no manejo da irrigação pelo método do tanque “Classe A”; em 2010 o consumo e o custo de energia elétrica foram maiores no manejo da irrigação por tensiometria. Observou-se uma tendência de maior retorno econômico, adotando-se o manejo de irrigação pelo método do tanque “Classe A”.

Palavras-chave: energia elétrica, sistemas tarifários, feijão, aspersão convencional, manejo de irrigação.

CONSUMPTION AND COST OF ELECTRIC ENERGY IN BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) IRRIGATED AFFECTED BY FOUR METHODS OF IRRIGATION MANAGEMENT

SUMMARY: Irrigation is responsible for much of the energy consumption in rural areas. The correct management of irrigation avoids the waste of electric energy and water. The objective of this work was analyze the consumption and cost of electric energy in culture of bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.), IAC-Carioca, irrigated by conventional sprinkler, submitted by four irrigation management: T1- irrigation in function of the method Class A pan, T2- irrigation depending on soil moisture, measured with tensiometers; T3- irrigation according to the Penman-Monteith; T4- irrigation according to the Bowen ratio; compared with the treatment T5- without irrigation, after culture establishment in two years 2009 and 2010. The research was developed at the Demonstrative and Experimental Area of Irrigation - ADEI, of FCAV/UNESP, Campus of Jaboticabal - SP, Brazil. The irrigation electric energy consumption was monitored and the cost analyzed for two tariff groups: A and B. The prices of kWh of the tariff systems of electric energy had been gotten in the CPFL (São Paulo Company of Force and Light). The tariff system Group B, with special discount for irrigation during the night was the most appropriate option for the bean crop in the two years studied. In 2009, the consumption and cost of electric energy was higher in irrigation management by Class A pan; in 2010 the consumption and cost of electric energy was higher in irrigation management by tensiometers. A trend of bigger economic return was observed adopting the management of irrigation by the method of the Class A pan.

KEYWORDS: electric energy, tariff systems, bean, conventional sprinkler, irrigation management.

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1. Poço artesiano.....	15
FIGURA 2. Reservatórios d'água.....	16
FIGURA 3. Bomba d'água com motor de indução trifásico de 25 CV acoplado.....	16
FIGURA 4. Medidor de energia.....	17
FIGURA 5. Medição do consumo de energia elétrica do poço artesiano.....	18
FIGURA 6. Medição do consumo de energia elétrica do motor de indução trifásico de 25 CV do sistema de irrigação.....	18
FIGURA 7. Consumo de energia elétrica ativa, e produtividade de grãos, para o ano de 2009.....	24
FIGURA 8. Consumo de energia elétrica ativa, e produtividade de grãos, para o ano de 2010.....	25
FIGURA 9. Relação entre o consumo de energia elétrica ativa (kWh.ha ⁻¹), e a produtividade de grãos (kg.ha ⁻¹), para o ano de 2009.....	26
FIGURA 10. Relação entre o consumo de energia elétrica ativa (kWh.ha ⁻¹), e a produtividade de grãos (kg.ha ⁻¹), para o ano de 2010.....	26
FIGURA 11. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, no ano de 2009. (preço do kWh = R\$ 0,16622).....	27
FIGURA 12. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, no ano de 2010. (preço do kWh = R\$ 0,16622).....	28

FIGURA 13. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Binômica Convencional, para o ano de 2009. (preço do kWh = R\$ 0,16135).....	30
FIGURA 14. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Binômica Convencional, para o ano de 2010. (preço do kWh = R\$ 0,16135).....	30
FIGURA 15. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, para o ano de 2009. (preço do kWh = R\$ 0,15916).....	32
FIGURA 16. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, para o ano de 2010. (preço do kWh = R\$ 0,15916).....	33
FIGURA 17. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, com desconto, para o ano de 2009. (preço do kWh = R\$ 0,16622).....	35
FIGURA 18. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, com desconto, para o ano de 2010. (preço do kWh = R\$ 0,16622).....	35
FIGURA 19. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto, para o ano de 2009. (preço do kWh = R\$ 0,15916).....	37
FIGURA 20. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto, para o ano de 2010. (preço do kWh = R\$ 0,15916).....	38

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1.	Produtividade média de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), no ano de 2009.....	23
TABELA 2.	Produtividade média de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), no ano de 2010.....	23
TABELA 3.	Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo B, os resultados são expressos em $\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$	29
TABELA 4.	Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo A - Estrutura Binômica Convencional, os resultados são expressos em $\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$	31
TABELA 5.	Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo A - Tarifa Horó-Sazonal Verde e/ou Azul, os resultados são expressos em $\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$	34
TABELA 6.	Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo B, com desconto, os resultados são expressos em $\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$	36
TABELA 7.	Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo A - Tarifa Horó-Sazonal Verde e/ou Azul com desconto, os resultados são expressos em $\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$	39

TABELA 8. Valor do sistema de irrigação, depreciação anual, juros sobre o capital investido (JSC), custos fixos anuais por hectare, para uma taxa de juros de 12% ao ano, vida útil do sistema estimada em 10 anos e valor residual do sistema igual a zero.....	40
TABELA 9. Custos variáveis de produção (CCEE), em R\$.ha ⁻¹	40
TABELA 10. Custo total de produção, em R\$.ha ⁻¹	41
TABELA 11. Produtividades do feijão, em sacas.ha ⁻¹ , para os anos estudados...	41
TABELA 12. Receita da produtividade de feijão para os anos estudados. (R\$.ha ⁻¹).....	42
TABELA 13. Resultado econômico, para os anos estudados. (R\$.ha ⁻¹).....	42

I. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão *Phaseolus vulgaris* L. (BORÉN & CARNEIRO, 2006) e segundo a CONAB (2010) os principais Estados produtores dessa leguminosa são o Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Goiás. A produtividade média da cultura na safra 2009/2010 foi de 913 kg.ha⁻¹ e neste mesmo período a área cultivada foi de aproximadamente de 3.576.900 ha e produção de 3.265.100 t, incluindo o feijoeiro irrigado e de sequeiro, nos sistemas não consorciado e consorciado com outras culturas.

O feijoeiro é cultivado em todas as regiões do Brasil, principalmente em lavouras de pequeno e médio porte, onde, de modo geral, é a cultura responsável pela maior fonte de renda das propriedades. Apesar de sua grande importância, a produção nacional dessa leguminosa é desuniforme, pois na maioria dos casos, é cultivado em áreas com baixo nível de tecnologia.

O feijoeiro é, normalmente, a cultura anual de maior valor econômico e nas áreas irrigadas, tem condições de ser cultivado com alto nível tecnológico, pois a irrigação permite que o plantio seja feito em épocas adequadas e garante o fornecimento de água para que as plantas demonstrem seu potencial produtivo (GUERRA et al., 2000).

A irrigação é responsável por grande parte do consumo de energia elétrica no meio rural. Normalmente, o produtor rural não adota um método de controle de irrigação, aplicando água em excesso, temendo que a cultura sofra estresse hídrico, o que pode comprometer a produção. Esse excesso tem como consequência o desperdício de energia elétrica e de água e outros aspectos negativos, como lixiviação de nutrientes e erosão. Considerando a crise de energia elétrica no Brasil em 2001, estudos dessa natureza, procurando o uso econômico e racional da energia elétrica, vêm ganhando grande importância no contexto sócio-econômico do país.

A tarifa de energia é a mais importante das variáveis no custo final da irrigação.

Nos Estados Unidos, a energia responde por mais de 50% do custo final da irrigação quando se bombeia água de poços artesianos (CAST, 1988).

Diante da possibilidade de escassez de energia, aliada à rápida elevação dos custos, procura-se racionalizar o seu uso, utilizando a água de forma mais eficiente na irrigação.

O presente trabalho teve por objetivo estudar o consumo e o custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por aspersão convencional, submetida a quatro métodos de manejo de irrigação (tanque “Classe A”; umidade do solo, medida com tensiômetro; método de Penman-Monteith e razão de Bowen); comparados com cultura sem irrigação, após o estabelecimento no campo, por dois anos consecutivos.

II. REVISÃO DE LITERATURA

Nas regiões onde a insuficiência ou má distribuição das chuvas em alguns períodos do ano inviabiliza a exploração agrícola, a irrigação justifica-se como recurso indispensável ao aumento da produtividade das culturas, além de contribuir para a utilização mais intensa de recursos produtivos na propriedade rural (FRIZZONE et al., 1994). O feijoeiro é uma cultura que assume grande importância sócio-econômica, além de seu produto ser considerado o principal alimento protéico consumido no Brasil, uma vez que é alimento básico, principalmente da classe populacional de renda mais baixa, tornando-se assim um alimento indispensável nas refeições da maioria dos brasileiros (ARF et al., 1996).

As exigências do feijoeiro quanto à disponibilidade hídrica e clima são responsáveis pela grande oscilação da oferta do produto no decorrer dos anos, assim como as baixas produtividades alcançadas, sendo que a média nacional brasileira se manteve estagnada em torno de 600 kg.ha^{-1} ao longo de 30 anos (IBGE, 1964; IBGE, 1996). No entanto, resultados de pesquisas demonstram que com a utilização de manejo correto da irrigação podem ser alcançadas produtividades acima de 2.000 kg.ha^{-1} (MASSIGNAM, 1998).

De acordo com SILVEIRA & STONE (2005), a condição hídrica do solo afeta o rendimento do feijoeiro de forma que tanto a deficiência como o excesso de água nos estádios de desenvolvimento da cultura, causam redução na produtividade em proporções variadas. Quando a taxa de evapotranspiração supera a taxa de absorção de água pelas raízes e sua transmissão para as partes aéreas, começa a ocorrência do déficit hídrico. Dessa forma, quanto maior a redução da água no solo, mais severo será o déficit. Sendo assim, para obter altas produtividades a quantidade de água deve ser adequada, evitando tanto o déficit quanto o excesso de água no solo em qualquer fase do ciclo da cultura. O manejo correto da irrigação do feijoeiro consiste em aplicar água ao solo no momento adequado (quando irrigar) e na quantidade necessária (quanto

irrigar) para atender a necessidade hídrica da cultura, a qual varia com o cultivar, sistema de manejo e as condições climáticas do local.

O manejo eficiente da irrigação vem sobressaindo como técnica de importância mundial na maximização da produtividade e vem sendo praticado em larga escala nas zonas áridas, semi-áridas, e em menor escala, em regiões semi-úmidas onde, às vezes, a irrigação é suplementar (VILLA, 1998).

A finalidade básica da irrigação, principalmente quando se deseja produção máxima e produto de boa qualidade, é proporcionar água à cultura de maneira a atender toda a exigência hídrica durante o seu ciclo (AZEVEDO & CAIXETA, 1986).

A cultura do feijão concentra elevada porcentagem do sistema radicular na camada superficial do solo, refletindo-se em alta sensibilidade ao déficit hídrico. Em função disso, um adequado desenvolvimento das plantas está associado à distribuição regular das chuvas ou ao eficiente uso da água de irrigação (CARLESSO et al., 2007).

O período mais crítico do feijoeiro à deficiência hídrica coincide com a fase de maior consumo de água pela planta. CALVACHE et al. (1997) observaram maior demanda de água pelo feijoeiro do início do florescimento ao início de enchimento de grãos, época de maior índice de área foliar e atividade fotossintética das plantas.

Segundo FERNANDES & TURCO (2003), o conhecimento do consumo de água nos diversos estádios ou etapas de desenvolvimento das plantas permite irrigação mais racional, de acordo com a exigência da cultura. Para a irrigação dar bons resultados, deve ser bem quantificada, pois aplicação de lâminas de água insuficiente repõe água somente nas camadas superficiais do solo, não umedecendo toda a zona das raízes. Por outro lado, irrigações excessivas proporcionam perda de água e nutrientes, além de favorecer o aparecimento de microorganismos patogênicos, podendo prejudicar as raízes por falta de arejamento em casos de solos mal drenados.

De acordo com TURCO et al. (2005), a evapotranspiração pode ser definida como um processo combinado de transferência de água do solo para atmosfera, incluindo evaporação da água do solo diretamente e o processo de transpiração através dos tecidos vegetais. Devido à necessidade de conhecer a perda d'água de superfícies

vegetadas, vários pesquisadores desenvolveram métodos de estimativa da evapotranspiração. Informações sobre a evapotranspiração de referência são fundamentais tanto para o planejamento, quanto para o manejo da irrigação.

A determinação da evapotranspiração é um problema compartilhado por várias ciências que estudam o sistema solo-planta-atmosfera. Devido a necessidade de se conhecer a perda de água pelas superfícies vegetadas, vários pesquisadores desenvolveram métodos de estimativa da evapotranspiração. Uma maneira muito utilizada de obter a evapotranspiração de referência (ET_o) é por meio de métodos de estimativa, sendo que muitos têm aceitação quase unânime, enquanto outros são bastante criticados e muitas vezes desprezados. Nenhum dos que usam dados meteorológicos é universalmente adequado para todas as condições climáticas, sem um ajuste local ou regional (TURCO et al., 2008).

Um dos fatores mais importantes na agricultura irrigada é a quantificação das lâminas de irrigação para reposição das perdas de água em função da evapotranspiração. O objetivo da irrigação é fazer com que o solo tenha umidade suficiente na zona de ação radicular, para manter a cultura em conforto hídrico, de forma que minimize o gasto de energia na absorção de água para as suas atividades fisiológicas. Para isso, existem vários métodos para estimar a quantidade de água evapotranspirada pela cultura, como o do tanque “Classe A” e o da tensiometria, que se caracterizam por simplicidade de utilização, custo relativamente baixo e, principalmente, fácil compreensão e aplicação pelos irrigantes (FERNANDES, 2008).

Para SILVEIRA & STONE (2005), o momento correto de irrigar pode ser determinado pelo método do tensiômetro ou do tanque “Classe A”. Para FERNANDES (2007) o aperfeiçoamento de sensores utilizados para medir variáveis climáticas diretamente acima da superfície vegetal, torna possível avaliar a resposta da cultura ao seu ambiente, pela utilização de vários métodos aerodinâmicos e de balanço de energia; esses métodos permitem determinar, com certa precisão, os fluxos entre a cultura e seu ambiente.

Segundo avaliações feitas pela FAO, citadas por SEDIYAMA (1993), o melhor método de estimativa da evapotranspiração é o de Penman Modificado, o qual apresenta erro reduzido no verão, sob condições de alta demanda evaporativa. O método do tanque “Classe A” pode ser classificado em segundo lugar, com erro dependendo do local de instalação do tanque. A seguir, decrescendo em eficiência, classificam-se os métodos que envolvem a radiação solar. Os métodos que envolvem apenas temperatura devem ser evitados.

A viabilidade dos empreendimentos de irrigação pode ser adequadamente avaliada através da análise econômica do projeto. Conforme GITTINGER (1978), a análise econômica tem por objetivo determinar o retorno econômico de um projeto para o grupo social cujo ponto de vista é adotado. Este ponto de vista pode ser o privado ou da sociedade como um todo. Esta análise verifica se os custos do projeto são superados por seus benefícios, configurando a viabilidade econômica, como também considera se correspondem à forma mais eficiente de investimento, retratando a sua eficiência econômica.

Estimativas mundiais de produção indicam que nos 260 milhões de hectares irrigados, que correspondem a 17% da área plantada, produzem cerca de 40% da safra. No Brasil estimativas indicam valores de quase 3,2 milhões de hectares, correspondendo a 5% da área cultivada, 16% da produção total e 35% do valor econômico da produção (CHRISTOFODIS, 2002).

Segundo estudo realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG, 1993), se a irrigação fosse utilizada de forma racional, aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumidas seriam economizadas; sendo 20% da energia economizada devido à aplicação desnecessária da água e 10% devido ao redimensionamento e otimização dos equipamentos utilizados para a irrigação.

SOUZA et al. (2001) relatam por meio de dados obtidos de relatórios e documentos de acompanhamento e avaliação da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) e do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho

(DISNC), que o consumo de energia, por volume fornecido, apresentou um decréscimo durante os anos de 1989 a 1998, variando de 0,50 a aproximadamente 0,30 kWh.m⁻³. Os autores destacam que alguns fatores contribuíram, para tal economia de energia elétrica, de maneira decisiva, tais como: a) instalação gradual de bombas automáticas, com conseqüente operação contínua e custo energético mais baixo entre 21:00 h e 5:00 h; b) melhoria no manejo de irrigação; c) mudança no tipo de sistema de irrigação nos lotes, de aspersão para sistemas localizados; e d) melhor operacionalização através do treinamento de canaleiros e inspetores de irrigação, evitando perdas por transbordamento em reservatórios e canais.

CHIEPPE et al. (2003) estudando o efeito do manejo da irrigação sob a combinação de três métodos de controle da irrigação (tensiômetro – curva de retenção da água do solo, tanque USWB “classe A” – curva de retenção da água do solo e tensiômetro – tanque USWB “classe A”) e três tensões de água do solo (1-30 kPa todo ciclo, 2-60 kPa todo ciclo e 3-60 kPa fase vegetativa – 30 kPa fase reprodutiva) na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), concluíram que o manejo da irrigação não influenciou no desenvolvimento do feijoeiro para todos os métodos de controle da irrigação e tensões de água do solo.

ALVES et al. (2003) desenvolveram um trabalho de custo da energia elétrica na irrigação para diferentes regiões brasileiras levando em consideração, tarifas, época do ano e tempo de bombeamento. Recomendaram nesse trabalho que a tarifa verde e azul com desconto são as melhores opções para o usuário desde que o tempo diário de bombeamento seja de até 21h, evitando o horário de ponta, caso contrário recomendaram somente a tarifa azul com desconto.

TURCO et al. (2009) analisando o consumo e o custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, submetida a dois manejos de irrigação: tensiometria e tanque “Classe A”; e dois sistemas de cultivo: plantio direto e plantio convencional; concluíram que os tratamentos em que o manejo da irrigação foi realizado pelo método do tanque “Classe A”, ocasionaram os maiores consumos e

custos de energia elétrica, em relação aos tratamentos em que o manejo foi realizado por tensiometria; entre os sistemas de plantio, não foram observadas diferenças. A tarifa Horo-Sazonal (verde e/ou azul), com desconto, foi a melhor opção para os tratamentos.

É escassa a literatura que trata do estudo do consumo e custo de energia elétrica associado ao manejo de água em cultura do feijoeiro. Portanto, devem-se realizar estudos dessa natureza, pois possibilitarão selecionar condições mais adequadas para exploração da cultura do feijoeiro.

III. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na Área Demonstrativa e Experimental de Irrigação - ADEI, da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal - SP, situada a 21°14' de latitude sul, 48°17' de longitude oeste e altitude de 613,68 m. O clima, segundo a classificação de KÖPPEN, é do tipo Aw, com precipitação pluvial média anual de 1.425 mm, concentrada no período de outubro a março, com temperatura média anual de 22°C e umidade relativa do ar média de 70%. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (EMBRAPA, 1999).

Os experimentos dos dois anos estudados (2009 e 2010) foram conduzidos por meio de irrigação por aspersão convencional, com espaçamento dos aspersores de 12x18 m, raio de alcance de 16 m e pressão de serviço de 3 kgf.cm⁻², sendo utilizado seis aspersores por parcela. Foi semeado feijão do grupo carioca cultivar alvorada em 18 de maio de 2009 e cultivar pérola em 18 de maio de 2010. A regulagem da semeadora para a cultura do feijoeiro foi para espaçamento 0,45 m e 12 sementes.m⁻¹.

Cada parcela experimental correspondeu a 26 linhas de plantas com 12 m de comprimento, sendo considerada como área útil da parcela, as 10 linhas centrais, com 10 m de comprimento.

A colheita foi realizada no mês de setembro de cada ano. O peso médio de 1000 grãos foi obtido tomando-se da produção de grãos obtida na área útil de cada parcela, 4 amostras aleatórias de 1000 grãos que foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g e depois determinadas as suas umidades para correção do resultado para 12% de umidade em base úmida e a produtividade de grãos.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo a produtividade analisada pela comparação das médias através do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O preparo do solo foi realizado mediante uma escarificação, uma gradagem pesada e uma gradagem leve. Realizou-se uma adubação de plantio com 300 kg.ha⁻¹ da fórmula 4 - 20 - 20, baseada na análise do solo e adubação de cobertura de 100 kg.ha⁻¹ utilizando uréia dividida em duas vezes. A disponibilidade total de água no solo (DTA) foi determinada pela seguinte equação:

$$DTA = (\Theta_{cc} - \Theta_{pmp}) \cdot Z \quad (1)$$

em que,

Θ_{cc} - umidade do solo na capacidade de campo (cm³.cm⁻³);

Θ_{pmp} - umidade do solo no ponto de murcha permanente (cm³.cm⁻³);

Z - profundidade efetiva das raízes (mm).

Até a fixação da cultura no campo (10 dias após a semeadura) toda a área foi irrigada igualmente, aos 29 dias após a emergência das plântulas (DAE) houve uma irrigação inicial para todos os tratamentos com intuito de iniciar o experimento com todas as parcelas dos tratamentos contendo a mesma umidade do solo, após esse período, os tratamentos forneceram lâminas de irrigação, conforme os seguintes tratamentos:

T1 - Lâmina de irrigação calculada em função da evapotranspiração de referência, conforme equação:

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

em que,

ET_c - evapotranspiração da cultura (mm.dia⁻¹);

K_c - coeficiente da cultura (adimensional);

ET_o - evapotranspiração de referência determinada com base na evaporação ocorrida no tanque "Classe A" (mm.dia⁻¹), de acordo com a seguinte equação:

$$ET_o = ECA.K_t \quad (3)$$

em que,

ECA - evaporação ocorrida no tanque “Classe A” (mm.dia⁻¹);

K_t - coeficiente do tanque “Classe A” (adimensional).

T2 - lâmina de irrigação em função da umidade do solo medida com tensiômetros de coluna de mercúrio, conforme as equações:

$$\Psi_m = -12,6h + h_1 + h_2 \quad (4)$$

em que,

Ψ_m - potencial matricial da água no solo (cm.c.a.);

h - altura da coluna de mercúrio (cm);

h₁ - altura da cuba de mercúrio em relação a superfície do solo (cm);

h₂ - profundidade de instalação do tensiômetro (cm).

O potencial matricial da água no solo foi convertido em umidade pela equação de VAN GENUCHTEN (1980), descrita por DOURADO NETO et al. (1995).

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left(1 + (\alpha + \Psi_m)^n\right)^m} \quad (5)$$

em que,

θ - umidade do solo (cm³.cm⁻³);

θ_s - umidade de saturação do solo (cm³.cm⁻³);

θ_r - umidade residual do solo (cm³.cm⁻³);

Ψ_m - potencial matricial da água no solo (cm.c.a.);

α , m e n - fatores dependentes do solo obtidos através da curva de retenção de água do solo.

T3 - lâmina de irrigação em função da evapotranspiração obtida pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006), conforme equação:

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 287} \right) U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (6)$$

em que,

ET_0 - evapotranspiração de referência (mm.dia⁻¹);

R_n - saldo de radiação na superfície da cultura (MJ.m⁻².dia⁻¹);

G - densidade de fluxo de calor do solo (MJ.m⁻².dia⁻¹);

T - média diária da temperatura do ar a 2 m de altura (°C);

U_2 - velocidade do vento a 2 m de altura (m.s⁻¹);

e_s - pressão de saturação de vapor à temperatura do ar (kPa);

e_a - pressão de vapor real (kPa);

$e_s - e_a$ - déficit de pressão de vapor a saturação (kPa);

γ - constante psicrométrica (kPa .°C⁻¹);

Δ - declive da curva de pressão de vapor (kPa.°C⁻¹), obtido pela equação:

$$\Delta = P_0 \left(\frac{T_{Z-\alpha(Z-Z_0)}}{T_Z} \right)^{\left(\frac{g}{rR} \right)} \quad (7)$$

em que,

P_0 - pressão atmosférica ao nível do mar;

T_z - temperatura do ar à elevação Z (K);

Z - altitude local (m);

Z_0 - elevação no nível de referência (m);

g - aceleração da gravidade (m.s⁻²);

R - constante específica dos gases ($\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$);

r - razão de lapso do ar úmido (K.m^{-2}).

A constante psicrométrica foi obtida por:

$$\gamma = \frac{C_p P}{\varepsilon \lambda} \quad (8)$$

em que,

C_p - calor específico a pressão constante, $1,013 \cdot 10^{-3} \text{ (MJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}\text{)}$;

P - pressão atmosférica (kPa);

ε - relação entre peso molecular de vapor de água / ar seco = 0,622;

λ - calor latente de vaporização, $2,45 \text{ (MJ.kg}^{-1}\text{)}$.

T4 - lâmina de irrigação em função da evapotranspiração real obtida em estação automática, utilizando-se da técnica da razão de Bowen, descrita a seguir:

A separação de energia entre fluxo de calor sensível (H) e de calor latente (LE) foi obtida pelo método da razão de Bowen descrita por PEREIRA et al. (1997) e FERNANDES (2001):

$$\beta = \frac{H}{LE} \quad (9)$$

A razão de Bowen foi usada com o balanço de energia, o qual para superfícies uniformes (PERES et al., 1999) pode ser simplificada por:

$$R_n = G + H + LE \quad (10)$$

e substituindo uma equação na outra originam-se as seguintes expressões para LE e H:

$$LE = \frac{(R_n - G)}{(1 + \beta)} \quad (11)$$

$$H = (R_n - G) \frac{\beta}{(1 + \beta)} \quad (12)$$

em que,

R_n - radiação líquida ($W.m^{-2}$);

G - fluxo de calor no solo ($W.m^{-2}$);

H - fluxo de calor sensível ($W.m^{-2}$);

LE - fluxo de calor latente ($W.m^{-2}$);

β - razão de Bowen.

Após calculados os valores dos componentes do balanço de energia, estimou-se evapotranspiração (ET):

$$ET = \frac{(LE)}{\lambda 72 t} \quad (13)$$

em que,

t - intervalo de tempo considerado, 20 (min);

72 - constante utilizada para ajustar a escala de tempo;

λ - calor latente de vaporização, 2,45 ($MJ.kg^{-1}$);

ET – evapotranspiração (mm).

T5 - testemunha sem irrigação após o estabelecimento da lavoura no campo.

A irrigação em T1 foi efetuada com base nos dados obtidos no posto meteorológico da UNESP Jaboticabal, para T3 e T4 foi instalada uma estação meteorológica automática na área experimental para coleta de dados, para T2 os dados foram obtidos em três baterias de tensiômetros nas profundidades de 0,20 m e 0,40 m de profundidade, sendo o de 0,20 m o de decisão do momento de irrigar, enquanto o de 0,40 m o de controle da profundidade da lâmina aplicada. O dia definido como o de irrigação, para T1, T2, T3 e T4, foi aquele em que se atingia 50% da capacidade de

armazenamento de água no solo, que foi obtida usando 0,1 atm para capacidade de campo e 15 atm para o ponto de murcha permanente.

O sistema de irrigação possui um poço artesiano (Figura 1), com uma bomba de recalque, que está acoplada a um motor de indução trifásico de 25 CV, que alimenta dois reservatórios d'água (Figura 2). A água dos reservatórios é recalçada para os aspersores por uma bomba d'água, que está acoplada a um motor de indução trifásico de 25 CV (Figura 3).



FIGURA 1. Poço artesiano.



FIGURA 2. Reservatórios d'água.



FIGURA 3. Bomba d'água com motor de indução trifásico de 25 CV acoplado.

O consumo de energia elétrica dos dois motores do sistema de irrigação foi medido por meio da utilização de um Medidor de Energia (mod. Microvip3 - Elcontrol, Itália), (Figuras 4, 5 e 6) Este 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.



FIGURA 4. Medidor de energia.

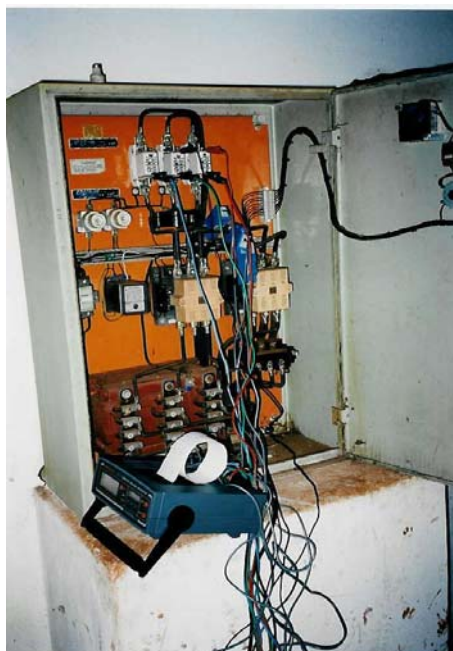


FIGURA 5. Medição do consumo de energia elétrica do poço artesiano.



FIGURA 6. Medição do consumo de energia elétrica do motor indução trifásico de 25 CV do sistema de irrigação.

Foi estudado o custo da 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 Binômia Convencional e Horo-Sazonal (verde e azul). Além, da tarifa especial 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 Binômia 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 de 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), e referem-se ao ano de 2010, para melhor comparação dos anos estudados (2009 e 2010).

O custo do consumo de energia elétrica foi calculado pela equação:

$$CCEE = CEE \cdot P + ICMS \quad (14)$$

em que,

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

CEE - consumo de energia elétrica durante qualquer período de tempo, em kWh;

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

ICMS - imposto sobre circulação de mercadorias e serviços;

em que,

$$ICMS = \frac{I \cdot A}{100 - A} \quad (15)$$

em que:

$$I = CEE \cdot P \quad (16)$$

A - alíquota, (18%).

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

A análise econômica foi realizada segundo MARTINS (2004), em que 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.

No cálculo da depreciação do sistema, utilizou-se o método do fundo de amortização (COELHO, 1979). A depreciação, calculada por tal critério garante que o empresário se servirá dela para substituir o capital, sem utilizar seus recursos particulares ou crédito. Sua expressão é a seguinte:

$$d = \frac{(Ci - Cf)r}{(1 + r)^n - 1} \quad (17)$$

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 aspersão convencional por ha foi pesquisado no mercado, sendo de R\$ 4.000,00, para o ano de 2010.

O valor dos juros sobre o capital investido (JSC) significa que o empresário renunciou à remuneração que poderia ter obtido pela aplicação de seus capitais em alternativas. Essa renúncia representa, para o empresário, 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:

$$JSC = \frac{(Ci.r)}{2} \quad (18)$$

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 iguais. Assim, os custos variáveis considerados neste trabalho, referem-se apenas aos dispêndios com a energia.

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

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos

A produtividade média de grãos é analisada na Tabela 1 para o ano de 2009 e na Tabela 2 para o ano de 2010.

TABELA 1. Produtividade média de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), no ano de 2009.

TRATAMENTOS	PRODUTIVIDADE MÉDIA
T1	1687 a
T2	1236 b
T3	1587 ab
T4	1448 ab
T5	790 c

* Médias seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).
C.V.=14,17%.

TABELA 2. Produtividade média de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), no ano de 2010.

TRATAMENTOS	PRODUTIVIDADE MÉDIA
T1	2687 a
T2	2935 a
T3	1808 b
T4	2660 a
T5	383 c

* Médias seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).
C.V.=8,19%.

Na Tabela 1, pode-se observar, por meio do teste de Tukey, que no ano de 2009, os tratamentos 1, 3 e 4, não tiveram diferença significativa entre as produtividades.

Observa-se também que todos os tratamentos irrigados corresponderam em aumento de produtividade em relação ao tratamento 5 não irrigado.

Na Tabela 2, observa-se, por meio do teste de Tukey, que no ano de 2010, os tratamentos 1, 2 e 4, não tiveram diferença significativa entre as produtividades, porém tiveram médias de produtividade maiores que o tratamento 3. Observa-se também que todos os tratamentos irrigados corresponderam em aumento de produtividade em relação ao tratamento 5 não irrigado.

O consumo dos dois motores do sistema de irrigação correspondeu a área irrigada por doze aspersores (2.592 m^2). O consumo de energia ativa e produtividade em kg.ha^{-1} , para os tratamentos são ilustrados respectivamente na Figura 7 para o ano de 2009 e na Figura 8 para o ano de 2010.

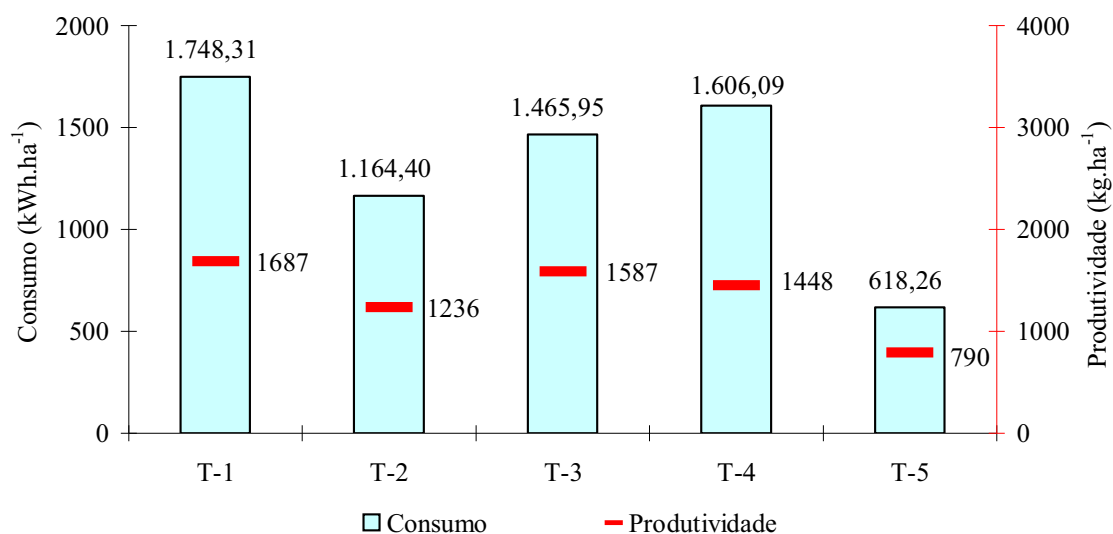


FIGURA 7. Consumo de energia elétrica ativa, e produtividade de grãos, para o ano de 2009.

O consumo de energia elétrica foi maior no tratamento 1, no qual o manejo da irrigação foi baseado no tanque “Classe A”, seguido pelos tratamentos 4 (manejo da

irrigação pela “Razão de Bowen”), 3 (manejo da irrigação pelo método de “Penman-Monteith”) e 2 (manejo da irrigação por tensiometria). O valor de consumo de energia elétrica no tratamento 5 refere-se ao consumo devido a irrigação inicial, efetuada até o estabelecimento do feijoeiro no campo.

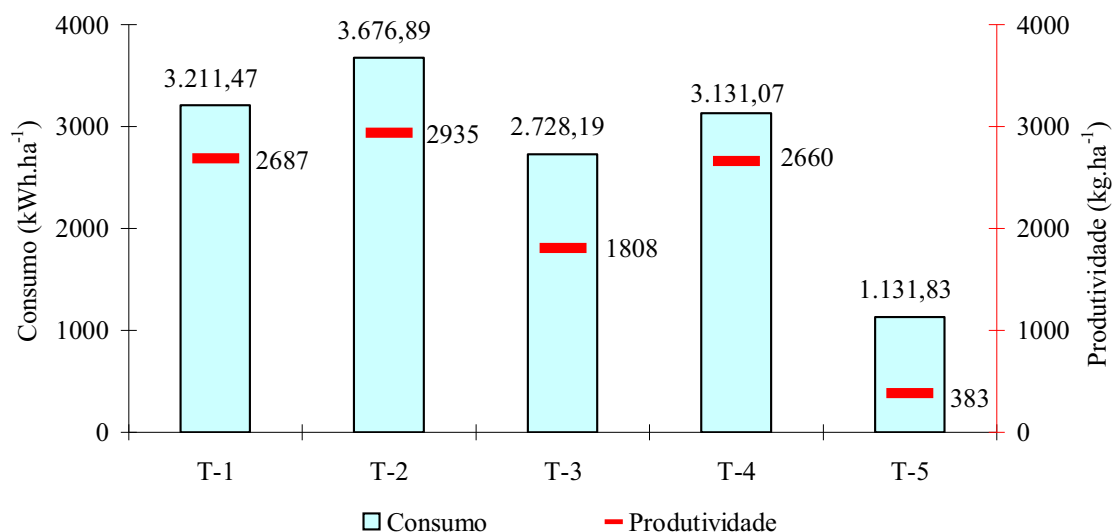


FIGURA 8. Consumo de energia elétrica ativa, e produtividade de grãos, para o ano de 2010.

O consumo de energia elétrica foi maior no tratamento 2, no qual o manejo da irrigação foi realizado por tensiometria, seguido pelos tratamentos 1 (baseado no tanque “Classe A”), 4 (manejo da irrigação pela “Razão de Bowen”) e 3 (manejo da irrigação pelo método de “Penman-Monteith”). O valor de consumo de energia elétrica no tratamento 5 refere-se ao consumo devido a irrigação inicial, efetuada até o estabelecimento do feijoeiro no campo.

As figuras 9 e 10 apresentam a razão do consumo de energia elétrica ativa, pela produtividade de feijão, nos tratamentos, respectivamente para os anos de 2009 e 2010.

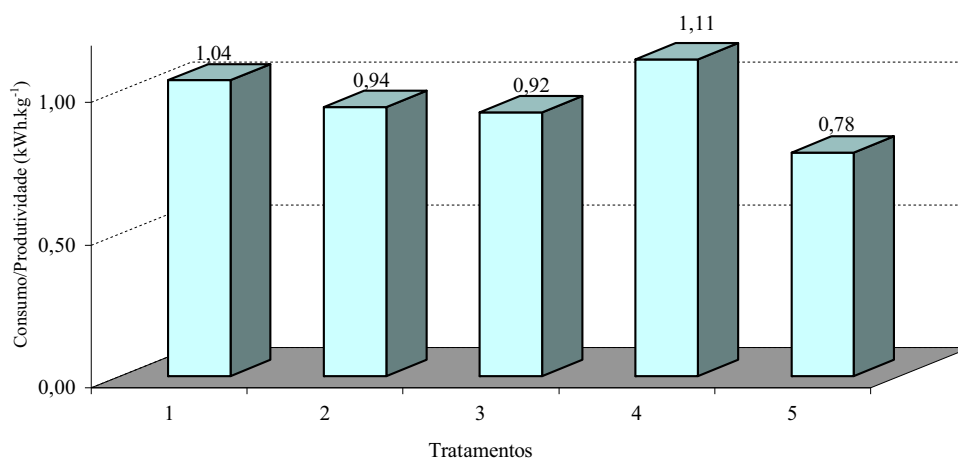


FIGURA 9. Relação entre o consumo de energia elétrica ativa (kWh.ha⁻¹), e a produtividade de grãos (kg.ha⁻¹), para o ano de 2009.

Observa-se na Figura 9, excetuando-se a testemunha, que os tratamentos 3 e 2 apresentaram melhor relação consumo de energia/produtividade de grãos, seguidos pelos tratamentos 1 e 4.

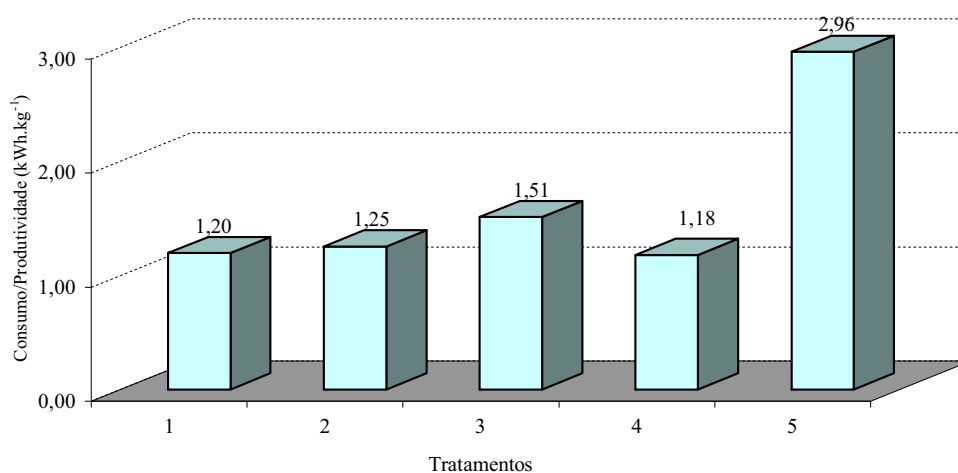


FIGURA 10. Relação entre o consumo de energia elétrica ativa (kWh.ha⁻¹), e a produtividade de grãos (kg.ha⁻¹), para o ano de 2010.

Observa-se na Figura 10, excetuando-se a testemunha, que o tratamento 3 em que o manejo foi realizado método de “Penman-Monteith” apresentou a pior relação consumo de energia/produtividade de grãos, seguido pelo tratamento 2. As melhores relações foram obtidas com os tratamentos 4 e 1.

Custo de energia elétrica

Sistema Tarifário Grupo B

Os valores do custo de energia elétrica para o sistema tarifário Grupo B, para os tratamentos estudados são apresentados nas Figuras 11 e 12, para os anos de 2009 e 2010, respectivamente.

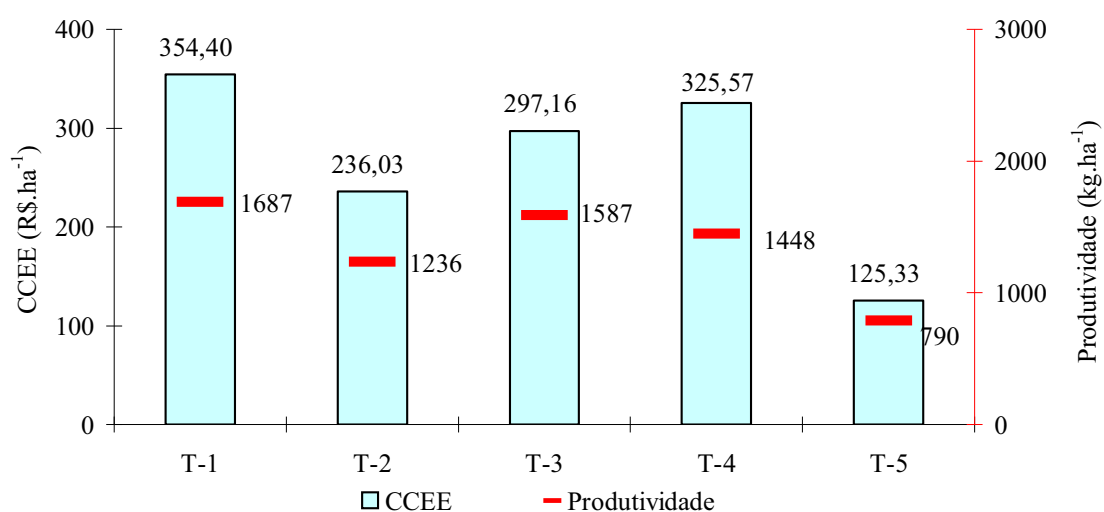


FIGURA 11. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, no ano de 2009. (preço do kWh = R\$ 0,16622).

Nota-se pela Figura 11, que o tratamento 1, em que o manejo foi realizado pelo método do tanque “Classe A” obteve o maior custo do consumo de energia elétrica, seguido pelos tratamentos 4 (manejo pela “Razão de Bowen”), 3 (manejo por “Penman-Monteith”) e 2 (manejo por tensiometria).

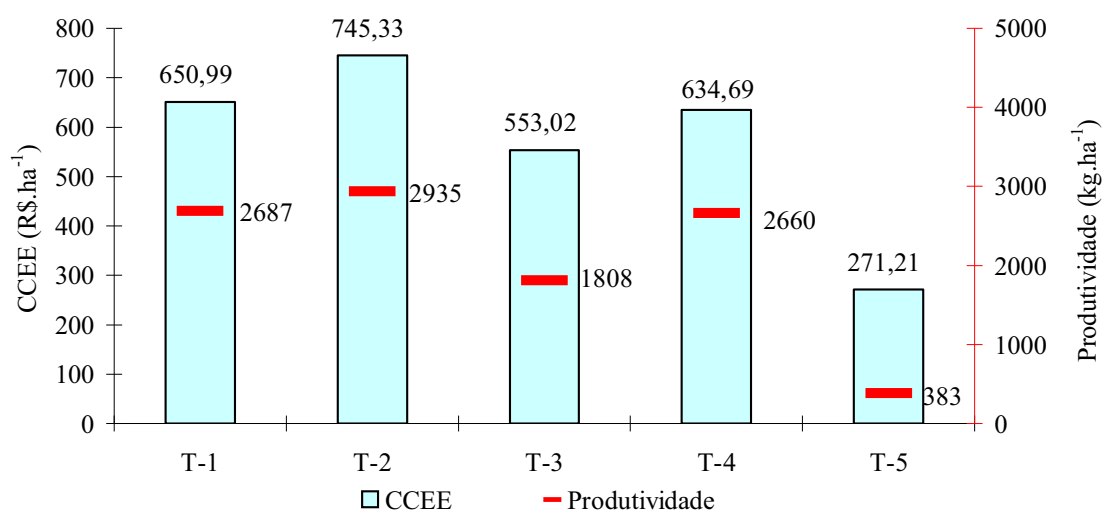


FIGURA 12. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, no ano de 2010. (preço do kWh = R\$ 0,16622).

Nota-se pela Figura 12, que o tratamento 2 (manejo por tensiometria), obteve o maior custo de energia elétrica, seguido pelos tratamentos 1 (tanque “Classe A”), e 4 (“Razão de Bowen”). O menor custo foi observado no tratamento 3 (“Penman-Monteith”).

TABELA 3. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo B, os resultados são expressos em R\$.kg⁻¹.

TRATAMENTOS	2009	2010
T1	0,2101	0,2423
T2	0,1910	0,2539
T3	0,1872	0,3058
T4	0,2248	0,2386
T5	0,1586	0,7086

Pode-se verificar que, no ano de 2009, excetuando-se a testemunha, que a melhor relação foi obtida no tratamento 3 (manejo por “Penman-Monteith”). Já em 2010 a melhor relação foi obtida com o tratamento 4 (manejo pela “Razão de Bowen”).

Sistema Tarifário Grupo A – Estrutura Binômia Convencional

Para determinar a melhor modalidade tarifária foi considerado o contrato com a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), para o Sistema Tarifário Grupo A – Estrutura Binômia Convencional, com valor estabelecido por hipótese, de 21,60 kW para a demanda fora de ponta (preço da demanda 26,35 R\$.kW⁻¹). Nas figuras 13 e 14 são mostrados estes valores, respectivamente para o ano 2009 e 2010.

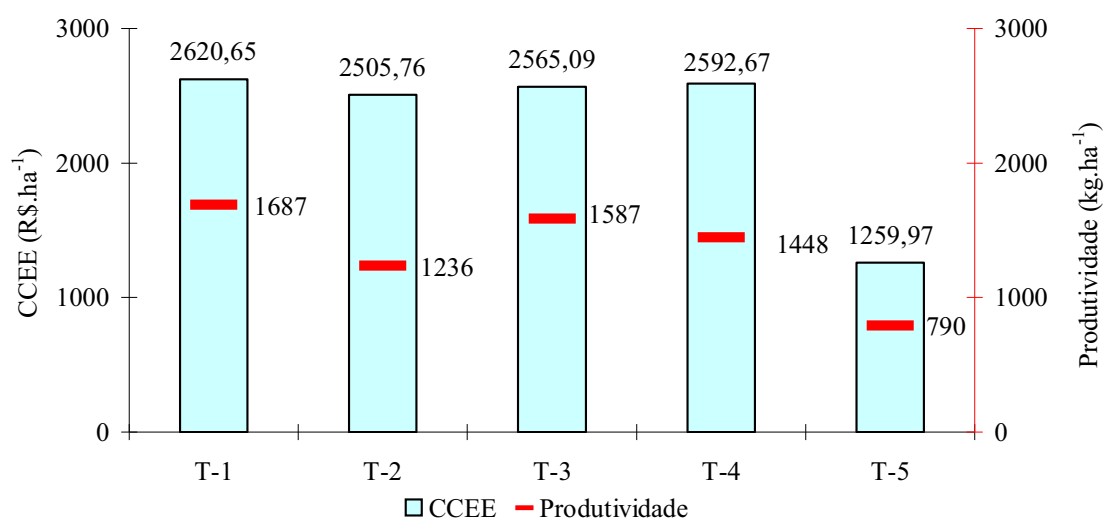


FIGURA 13. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE) , para o Grupo A – Estrutura Binômia Convencional, para o ano de 2009. (preço do kWh = R\$ 0,16135).

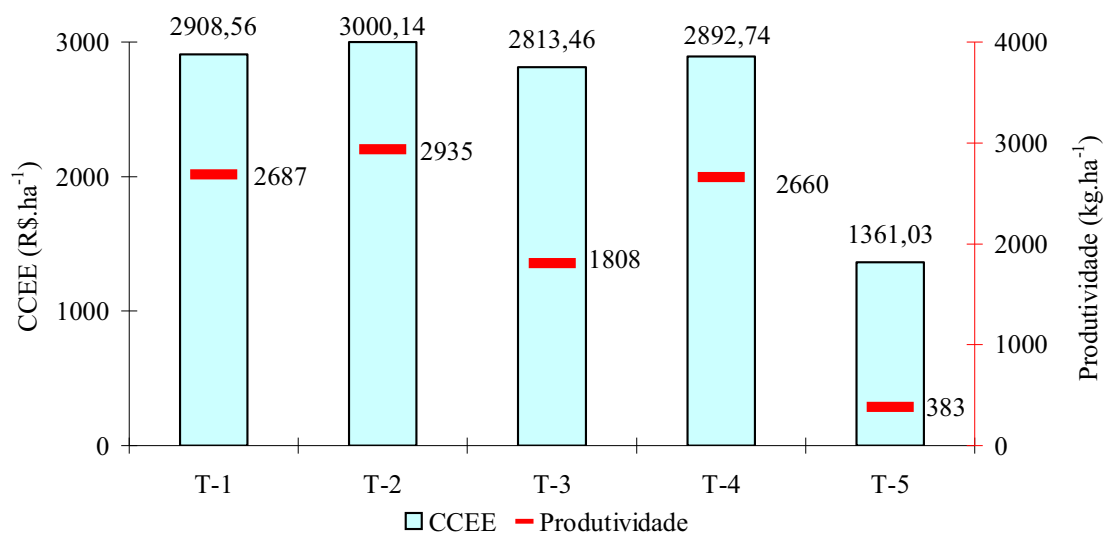


FIGURA 14. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE) , para o Grupo A – Estrutura Binômia Convencional, para o ano de 2010. (preço do kWh = R\$ 0,16135).

Com base nas Figuras 13 e 14, percebe-se que o valor contratado é inadequado, pois aumentou o gasto com energia elétrica, em relação ao sistema tarifário Grupo B, para todos os tratamentos, nos dois anos estudados.

Na Tabela 4 é analisada a estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), em R\$.ha⁻¹, para o Grupo A – Estrutura Binômica Convencional, em relação a produtividade de grãos dos tratamentos em kg.ha⁻¹, nos anos de 2009 e 2010.

TABELA 4. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo A – Estrutura Binômica Convencional, os resultados são expressos em R\$.kg⁻¹.

TRATAMENTOS	2009	2010
T1	1,5534	1,0825
T2	2,0273	1,0220
T3	1,6163	1,5558
T4	1,7905	1,0876
T5	1,5949	3,5560

Pelo exposto na Tabela 4, verifica-se que as relações foram piores, em relação ao sistema tarifário Grupo B, para todos os tratamentos, nos dois anos estudados.

Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul

As tarifas Horo-Sazonais permitem ao consumidor reduzir suas despesas com energia elétrica, desde que ele consiga programar o seu uso. Essa redução poderá ser obtida evitando-se o horário de ponta e/ou deslocando-se o consumo para determinados meses do ano.

Nos períodos estudados, foi estabelecido por hipótese que a tarifa vigente era Horo-Sazonal Verde e/ou Azul com o valor de 21,60 kW para a demanda fora de ponta

(preço da demanda 6,36 R\$.kW⁻¹). Nas Figuras 15 e 16 são apresentados os resultados para o sistema tarifário citado, respectivamente para os anos de 2009 e 2010.

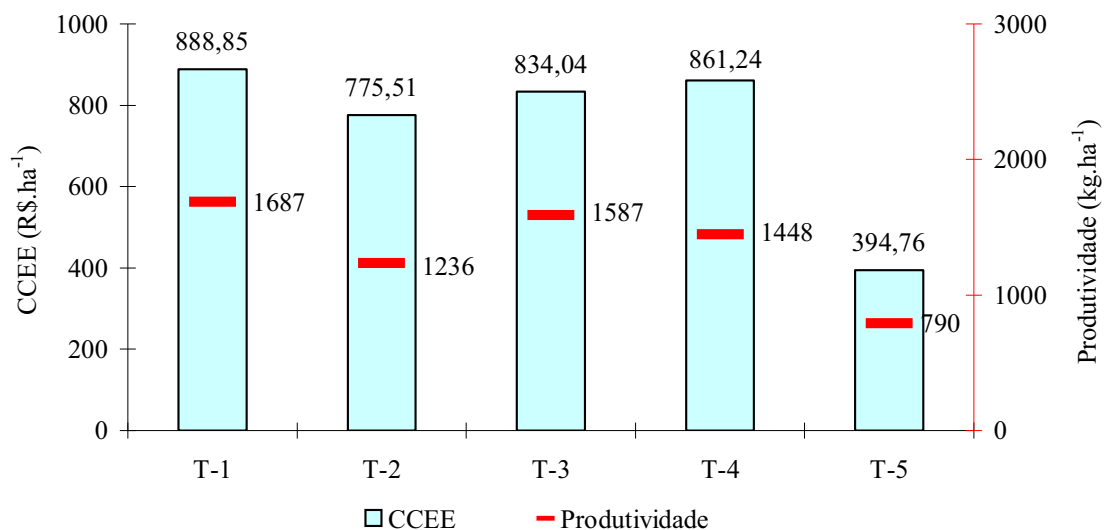


FIGURA 15. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A – Estrutura Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, para o ano de 2009. (preço do kWh = R\$ 0,15916).

Com base na Figura 15, vê-se que o valor contratado é inadequado, pois no sistema tarifário Grupo B seria possível economizar, em relação à tarifa Horo-Sazonal Verde e/ou Azul 534,45; 539,48; 536,88; 535,68 e 269,43 R\$.ha⁻¹, nos tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente, para o ano de 2009.

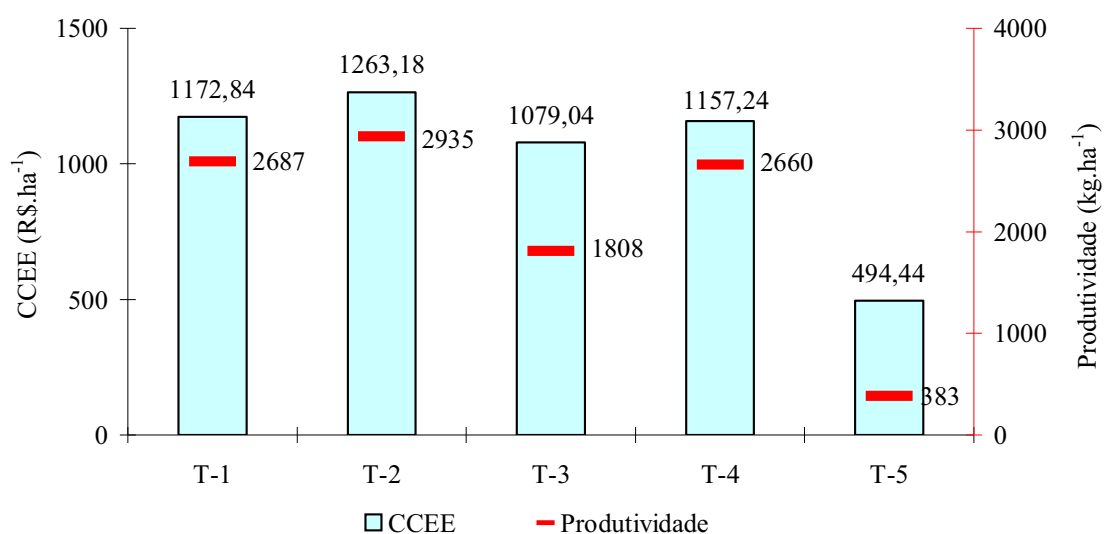


FIGURA 16. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A – Estrutura Horó-Sazonal Verde e/ou Azul, para o ano de 2010. (preço do kWh = R\$ 0,15916).

Com base na Figura 16, vê-se que o valor contratado é inadequado, pois no sistema tarifário Grupo B seria possível economizar, em relação à tarifa Horó-Sazonal Verde e/ou Azul 521,85; 517,85; 526,01; 522,55 e 223,23 R\$.ha⁻¹, nos tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente, para o ano de 2010.

Na Tabela 5 é analisada a estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), em R\$.ha⁻¹, para o Grupo – A Tarifa Horó-Sazonal Verde e/ou Azul, em relação a produtividade de grãos dos tratamentos, em kg.ha⁻¹, nos anos de 2009 e 2010.

TABELA 5. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo A – Tarifa Horosazonal Verde e/ou Azul, os resultados são expressos em R\$.kg⁻¹.

TRATAMENTOS	2009	2010
T1	0,5269	0,4365
T2	0,6274	0,4303
T3	0,5255	0,5967
T4	0,5948	0,4351
T5	0,4997	1,2918

Comparando-se essa relação com o sistema tarifário Grupo B, houve aumento de 0,3168; 0,4364; 0,3383; 0,3700 e 0,3411 R\$.kg⁻¹ para os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5 respectivamente, para o ano de 2009.

Comparando-se essa relação com o sistema tarifário Grupo B, houve aumento de 0,1942; 0,1764; 0,2909; 0,1965 e 0,5832 R\$.kg⁻¹ para os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5 respectivamente, para o ano de 2010.

Sistema Tarifário Grupo B, com desconto especial para irrigantes no período noturno.

Nas Figuras 17 e 18 são apresentados os resultados para o Sistema Tarifário Grupo B, com desconto especial para irrigantes no período noturno, para os anos de 2009 e 2010, respectivamente. Este desconto é de 60% para este grupo tarifário, no horário de 21h30 às 6h do dia seguinte (Portaria DNAEE 105 de 03/04/92, Resolução ANEEL 277 de 19/07/00, e Resolução ANEEL 540 de 01/10/02).

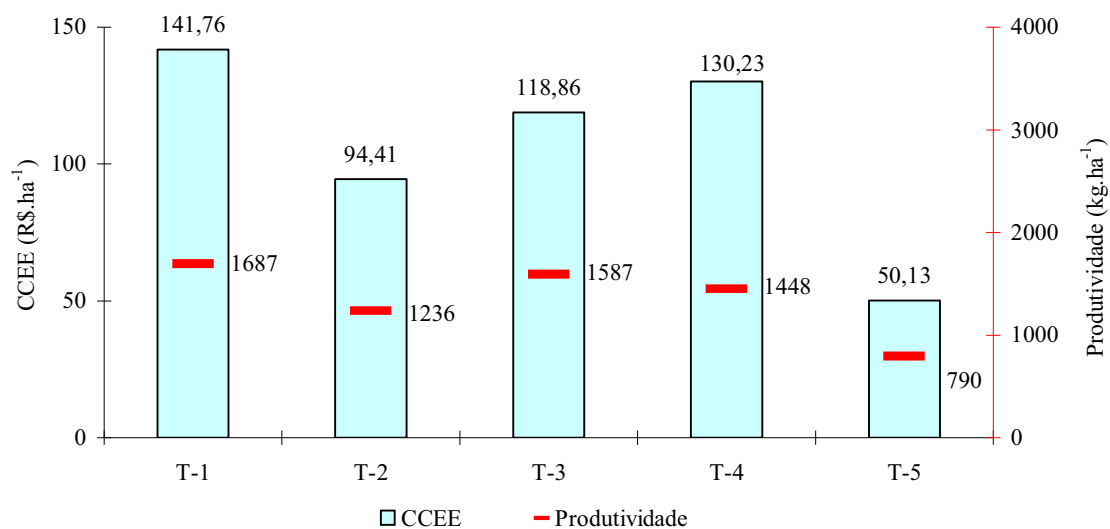


FIGURA 17. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, com desconto, para o ano de 2009. (preço do kWh = R\$ 0,16622).

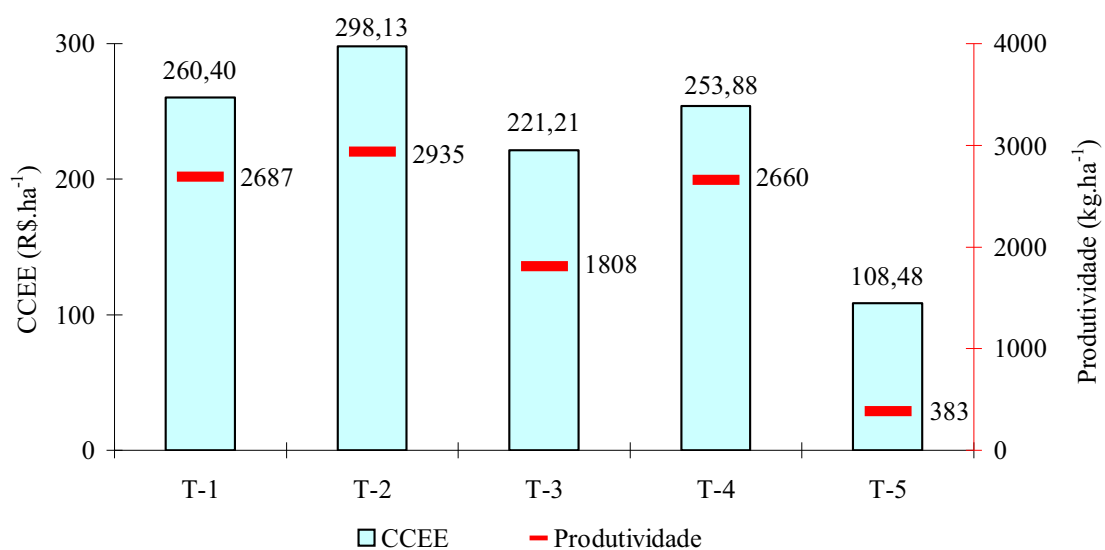


FIGURA 18. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, com desconto, para o ano de 2010. (preço do kWh = R\$ 0,16622).

Com base nas Figuras 17 e 18, pode-se observar que para ambos os anos (2009 e 2010), o sistema tarifário Grupo B, com desconto especial para irrigantes no período noturno, foi a opção mais adequada, pois diminuiu o gasto com energia elétrica, para todos os tratamentos, nos dois anos estudados, resultando, portanto maior retorno econômico ao irrigante.

Na Tabela 6 é analisada a estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), em R\$.ha⁻¹, para o Grupo B, com desconto especial para irrigantes no período noturno, em relação a produtividade de grãos dos tratamentos, em kg.ha⁻¹, nos anos 2009 e 2010.

TABELA 6. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo B, com desconto, os resultados são expressos em R\$.kg⁻¹.

TRATAMENTOS	2009	2010
T1	0,0840	0,0969
T2	0,0764	0,1016
T3	0,0749	0,1223
T4	0,0899	0,0954
T5	0,0635	0,2834

Comparando-se a Tabela 6, com as Tabelas 3, 4 e 5, verifica-se que o sistema tarifário Grupo B com desconto especial para irrigantes no período noturno apresentou melhores relações, em relação a todos os outros sistemas tarifários estudados.

Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno.

Nas Figuras 19 e 20 são apresentados os resultados para o Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno, respectivamente para os anos de 2009 e 2010. Este

desconto é de 70% para este grupo tarifário, no horário de 21h30 às 6h do dia seguinte (Portaria DNAEE 105 de 03/04/92, Resolução ANEEL 277 de 19/07/00, e Resolução ANEEL 540 de 01/10/02).

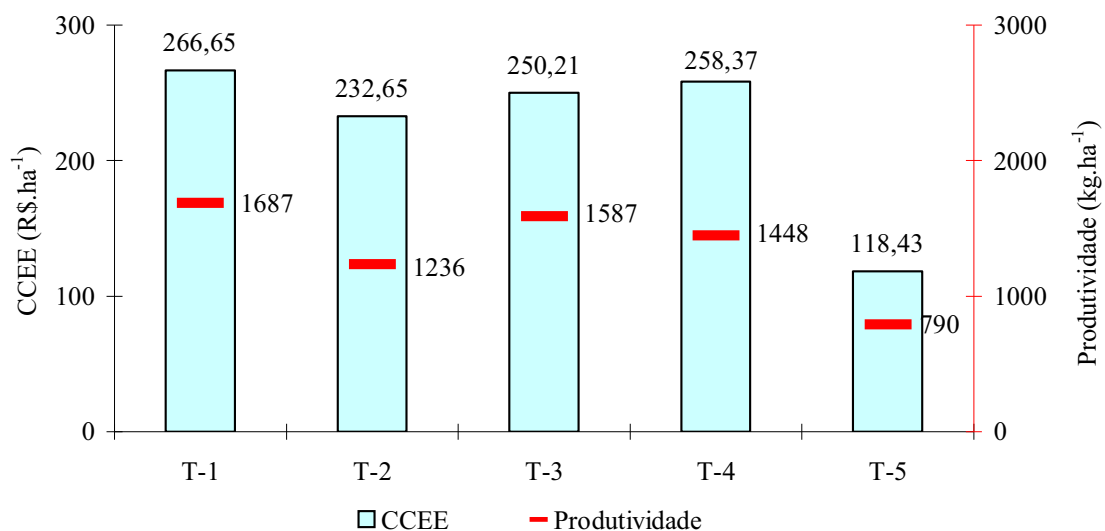


FIGURA 19. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A – Estrutura Horo-Sazonal Verde e /ou Azul, com desconto, para o ano de 2009. (preço do kWh =R\$ 0,15916).

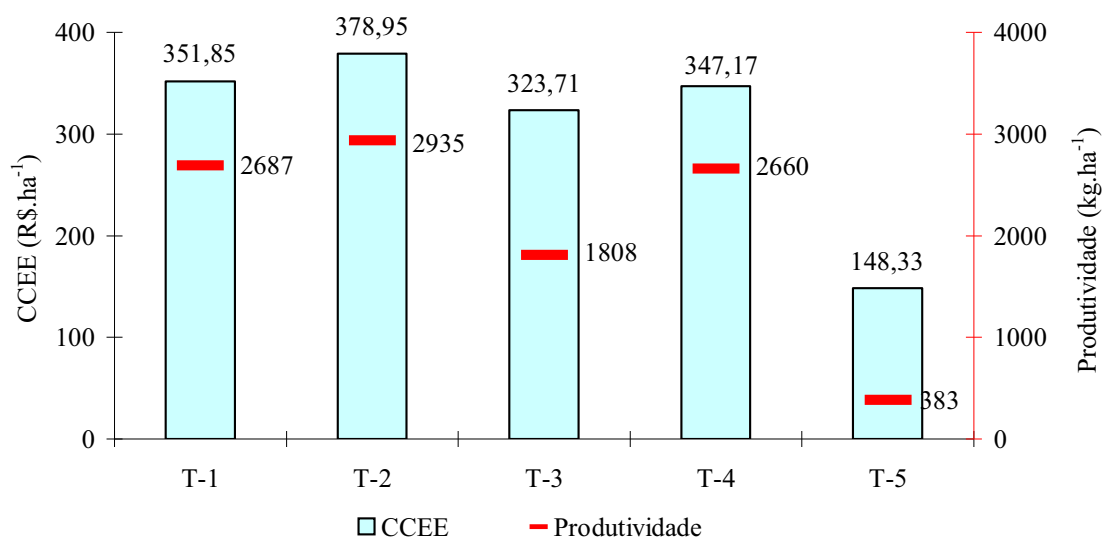


FIGURA 20. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A – Estrutura Horo-Sazonal Verde e /ou Azul, com desconto, para o ano de 2010. (preço do kWh =R\$ 0,15916).

Nota-se pelas Figuras 19 e 20, que a tarifa Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno não é a opção mais adequada, pois no sistema tarifário Grupo B, com desconto para irrigação noturna, seria possível economizar 124,90; 138,24; 131,35; 128,15 e 68,30 R\$.ha⁻¹, respectivamente para os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5 para o ano de 2009. Já para o ano de 2010, seria possível economizar 91,46; 80,82; 102,50; 93,29 e 39,85 R\$.ha⁻¹, respectivamente para os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5.

Na Tabela 7 é analisada a estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), em R\$.ha⁻¹, para o Grupo A - Estrutura Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno, em relação à produtividade de grãos dos tratamentos, em kg.ha⁻¹, nos anos 2009 e 2010.

TABELA 7. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo A – Tarifa Horosazonal Verde e/ou Azul, com desconto, os resultados são expressos em R\$.kg⁻¹.

TRATAMENTOS	2009	2010
T1	0,1581	0,1309
T2	0,1882	0,1291
T3	0,1577	0,1790
T4	0,1784	0,1305
T5	0,1499	0,3876

Comparando-se essa relação com o sistema Tarifário Grupo B, com desconto para irrigação noturna, houve um aumento de 0,0740; 0,1118; 0,0828; 0,0885 e 0,0865 R\$.kg⁻¹ para os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5 respectivamente para o ano de 2009. No ano de 2010 houve um aumento de 0,0340; 0,0275; 0,0567; 0,0351 e 0,1041 R\$.kg⁻¹ para os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5 respectivamente.

Análise econômica

Na Tabela 8 são apresentados os valores de depreciação anual, juros sobre o capital investido, custos fixos anuais por hectare do sistema de irrigação.

TABELA 8. Valor do sistema de irrigação, depreciação anual, juros sobre o capital investido (JSC), custos fixos anuais por hectare, para uma taxa de juros de 12% ao ano, vida útil do sistema estimada em 10 anos e valor residual do sistema igual a zero.

Valor do sistema de irrigação	Depreciação	JSC	Custos fixos
R\$.ha ⁻¹	R\$.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	R\$.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	R\$.ha ⁻¹ .ano ⁻¹
4.000,00	227,94	240,00	467,94

Sendo que neste trabalho verificou-se que o sistema tarifário Grupo B, com desconto especial para irrigantes no período noturno, foi a opção mais adequada para a cultura do feijoeiro, nos anos de 2009 e 2010, os custos variáveis considerados são os custos dos consumos de energia elétrica, para cada tratamento, em cada ano, neste sistema tarifário (Tabela 9).

TABELA 9. Custos variáveis de produção (CCEE), em R\$.ha⁻¹.

TRATAMENTOS	2009	2010
T1	141,76	260,40
T2	94,41	298,13
T3	118,86	221,21
T4	130,23	253,88
T5	50,13	108,48

A soma dos custos fixos de produção com os custos variáveis de produção (CCEE) resulta no custo total de produção. (Tabela 10).

TABELA 10. Custo total de produção, em R\$.ha⁻¹.

TRATAMENTOS	2009	2010
T1	609,70	728,34
T2	562,35	766,07
T3	586,80	689,15
T4	598,17	721,82
T5	518,07	576,42

Pode-se observar pela Tabela 10, que no ano de 2009, o custo total de produção foi maior no tratamento em que se adotou o manejo da irrigação pelo tanque “Classe A”, já em 2010, o maior custo total de produção foi observado no manejo da irrigação por tensiometria. Esse maior custo observado se deve a um maior gasto com energia elétrica.

As produtividades em sacas.ha⁻¹ são apresentadas na Tabela 11.

TABELA 11. Produtividades do feijão em sacas.ha⁻¹, para os anos estudados.

TRATAMENTOS	2009	2010
T1	28,12	44,78
T2	20,60	48,92
T3	26,45	30,13
T4	24,13	44,33
T5	13,17	6,38

Considerando-se a saca de feijão de 60 kg, com valor igual a R\$ 105,00, em 2010, obtém-se a receita, em R\$.ha⁻¹. (Tabela 12).

TABELA 12. Receita da produtividade de feijão, para os anos estudados. (R\$.ha⁻¹)

TRATAMENTOS	2009	2010
T1	2.952,25	4.702,25
T2	2.163,00	5.136,25
T3	2.777,25	3.164,00
T4	2.534,00	4.655,00
T5	1.382,50	670,25

Na Tabela 13 são apresentados os resultados econômicos (receita – custo total de produção), para os tratamentos, nos anos estudados.

TABELA 13. Resultado econômico, para os anos estudados. (R\$.ha⁻¹)

TRATAMENTOS	2009	2010	Média dos anos
T1	2.342,55	3.973,91	3.158,23
T2	1.600,65	4.370,18	2.985,41
T3	2.190,45	2.474,85	2.332,65
T4	1.935,83	3.933,18	2.934,51
T5	864,43	93,83	479,13

Pela análise da Tabela 13, percebe-se que no ano de 2009, o tratamento 1, em que o manejo de irrigação foi efetuado pelo método do tanque “Classe A”, obteve o maior resultado econômico, seguido pelo tratamento 3, em que o manejo de irrigação foi efetuado por “Penman-Monteith”, tratamento 4, manejo pela razão de Bowen e tratamento 2, manejo por tensiometria. Já em 2010, o tratamento 2, em que o manejo de irrigação foi realizado por tensiometria, obteve o maior resultado econômico, seguido pelo tratamento 1, manejo de irrigação pelo método do tanque “Classe A”, tratamento 4, manejo pela razão de Bowen e tratamento 3, manejo por “Penman-Monteith”. Em ambos os anos, a testemunha sem irrigação teve o menor retorno econômico. Observou-se, na média dos anos, uma tendência de maior retorno econômico, adotando-se o manejo de irrigação pelo método do tanque “Classe A”.

V. CONCLUSÕES

O sistema tarifário Grupo B, com desconto especial para irrigantes no período noturno foi a opção mais adequada para a cultura do feijoeiro, nos dois anos estudados.

Em 2009, o consumo e custo de energia elétrica foi maior no manejo da irrigação pelo método do tanque “Classe A”; em 2010 o consumo e custo de energia elétrica foi maior no manejo da irrigação por tensiometria.

Houve uma tendência de maior retorno econômico, adotando-se o manejo da irrigação pelo método do tanque “Classe A”.

VI. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. PEREIRA, L. S. RAES, D. SMITH M. *Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, 2006.

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.

ARF, O.; SÁ, M.E.; OKITA, C.S.; TIBA, M.A.; GUERREIRO NETO, G.; OGASSAWARA, F.Y. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.31, n.8, p.533-597, 1996.

AZEVEDO, J. A.; CAIXETA, T. J. *Irrigação do feijoeiro*. Brasília: EMBRAPA, 1986. 60p. (Circular Técnica, 23).

BORÉN, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉN, A. (Eds.). *Feijão*. 2a edição atualizada e ampliada. Viçosa: UFV, 2006. p. 13 - 18.

CALVACHE, M.; REICHARDT, K.; BACHI, O. S. Deficit irrigation at different growth stages of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Imbabello), *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.54, n. especial, p.1-16, 1997.

CARLESSO, R.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F. PETRY, M.; WOLSHK, D. Efeito da lâmina de Irrigação na Senescência Foliar do Feijoeiro. *Irriga*, Botucatu, v.12, n. 4, p. 545-546, outubro-dezembro, 2007.

CAST. *Council for Agricultural Science and Techonology*. Effective use of water in irrigated agriculture. Task Force Report, n. 113, p.1-64, June 1988.

CHIEPPE J. B.; KLAR, A.; STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. *Efeito do manejo da irrigação sob diferentes métodos de controle e tensões de água do solo na cultura do feijoeiro*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32, Goiânia. SBEA, 2003.

CHRISTOFIDIS, D. "Irrigação: A Fronteira Hídrica na Produção de Alimentos", *Revista Item* Nº 54, 2º Trim. 2002, Brasília, ISSN 0101-115X.

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

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. *Estudo da otimização energética*. Belo Horizonte, 1993, 22p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2009/2010 – Décimo Segundo Levantamento – Setembro/2010*. Brasília: Conab, 2010.

DOURADO NETO, D. *Programa SWRC* (Version 1.00): Soil-Water Retention Curve (software). Piracicaba: Esalq; Davis: University of Califórnia, 1995.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999. 412 p.

FERNANDES, E. J. Comparação entre três métodos para estimar lâminas de irrigação, *Irriga*, Botucatu, v.13, n.1, p. 36-46, janeiro-março, 2008.

FERNANDES, E. J. Estudo do calor sensível e latente obtidos por intermédio da razão de Bowen em uma cultura de soja irrigada, *Irriga*, Botucatu, v.12, n.3, p. 281-296, julho-setembro, 2007.

FERNANDES, E. J.; TURCO, J. E. P. Evapotranspiração de referência para manejo da irrigação em cultura de soja, *Irriga*, Botucatu, v.8, n.2, p. 132-141, maio-agosto, 2003.

FERNANDES, E. J. *Determinação da evapotranspiração real pelos métodos da razão de Bowen e aerodinâmico simplificado*. Tese de Livre-Docência, 108 p. Jaboticabal, 2001.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; FREITAS, H. A. C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô central, em cultura de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel, *Engenharia Rural*, Piracicaba, v.5, n. 1, p. 34-53, 1994.

GITTINGER, J. P. *Análisis económico de proyectos agrícolas*. 4. reimp. Madrid: Editorial Tecnos, 1978. 241 p.

GUERRA, A.F.; SILVA, D.B.; RODRIGUES, G.C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.35, n.6, p.1229-1236, 2000.

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

MASSIGNAM, A. Ecofisiologia do feijoeiro. V. relação entre o rendimento de grãos e a deficiência do solo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*., v.6, n.1, p. 63-68, 1998.

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

PEREIRA, A. R.; VILA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. *Evapotranspiração*. Piracicaba: ESALQ. 1997.

PERES, P. J; CASTELVI, F; IBÁÑES, M; ROSSEL, J. I. Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 97, p. 141-150, 1999.

SEDIYAMA, G. C. *Necessidade de água para os cultivos*. Curso de engenharia de irrigação. Brasília: ABEAS, 1993 . 143p.

SILVEIRA, P. M; STONE, L. F. *Cultivo do feijão irrigado na região noroeste de Minas Gerais*, Embrapa Arroz e Feijão, Sistemas de Produção nº 05, ISSN 1679-8869 Versão eletrônica dezembro/2005.

SOUZA, G. H. F., BRITO, R. A. L., DANTAS NETO, 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.

TURCO, J. E. P.; RIZZATTI, G. S.; PAVANI, L. C. Custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, afetado pelo manejo da irrigação e sistemas de cultivo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.2, p.311-320, abril-junho 2009.

TURCO, J. E. P.; PERECIN, D.; PINTO JUNIOR, D. L. Influência da acurácia de instrumentos de medidas na comparação de métodos de estimativa da

evapotranspiração de referência, *Irriga*, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 63-80, janeiro-março 2008.

TURCO, J. E. P.; FARIA, M. T.; FERNANDES, E. J. Influência da forma de obtenção do saldo de radiação na comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência. *Irriga*, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 215-228, agosto-outubro, 2005.

VILLA, S. T. *Efeito da irrigação da água salina e da lâmina de lixiviação na salinização do solo e na produção do feijão (Phaseolus vulgaris L.)*. 1998. 94f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

ANEXO

Taxas e Tarifas

TARIFAS PARA O FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Resolução 961/ANEEL de 06/04/2010 DOU de 08/04/2010.

PREÇOS DE TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA PRATICADAS NA CPFL - PAULISTA

Grupo B	Consumo	Desconto
	R\$/MWh	R\$/kW
Residencial - Normal	307,70	
Baixa Renda		
0 a 30 kWh	99,90	65,00
31 a 80 kWh	171,30	40,00
81 a 100 kWh	171,30	40,00
101 a 200 kWh	256,93	10,00
201 a 220 kWh	256,93	10,00
> 220 kWh	285,47	0,00
Rural	166,22	
Coop Eletrificação Rural	107,47	
Serviço Público de Irrigação	152,86	
Demais Classes	265,16	
Iluminação Pública	-	
B4a - Rede de Distribuição	136,64	
B4b - Bulbo da Lâmpada	149,97	

Estrutura Horo- Sazonal	Demanda R\$/ kW		Consumo - R\$/ MWh				Ultrapassagem R\$/ kW	
			Período Seco		Período Úmido			
AZUL	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta
A2 (88 a 138 kV)	16,84	1,88	248,66	159,16	225,93	145,97	50,52	5,64
A3 (69 kV)	20,76	3,30	248,66	159,16	225,93	145,97	62,28	9,90
A3a (30 a 44 kV)	20,79	4,02	248,66	159,16	225,93	145,97	62,37	12,06
A3a (30 a 44 kV) - CEMIRIM	16,27	5,42	106,74	50,78	98,81	44,87	48,81	16,26
A4 (2,3 a 25 kV)	27,79	6,36	248,66	159,16	225,93	145,97	83,37	19,08
VERDE								
A3a (30 a 44 kV)	4,02		731,92	159,16	709,19	145,97	12,06	
A4 (2,3 a 25 kV)	6,36		894,18	159,16	871,45	145,97	19,08	
A4 (2,3 a 25 kV) - Coop Eletrificação Rural	5,87		522,84	54,95	514,26	48,55	17,61	

Grupo A Convencional	Demanda	Energia	Ultrapassagem
	R\$ / kW	R\$ / MWh	R\$ / kW
A3a (30 kV a 44 kV)	19,02	161,35	57,06
A4 (2,3 kV a 25 kV)	26,35	161,35	79,05
A4 (2,3 kV a 25 kV) - Coop Eletrificação Rural	6,67	97,62	20,01

Descontos Tarifários		
GRUPO A		
Rural	10%	kW/MWh
Serv. Água / Esgoto	15%	kW/MWh
GRUPO B		
Serv. Água / Esgoto	15%	MWh

Serviços Executados	Grupo B - R\$			Grupo A R\$
	MONO	BI	TRI	
Vistoria Unidade Consumidora	4,15	5,94	11,88	35,68
Aferição de Medidor	5,35	8,91	11,88	59,48
Verificação Nível Tensão	5,35	8,91	10,70	59,48
Religação Normal	4,74	6,53	19,61	59,48
Religação Urgência	23,78	35,68	59,48	118,96
Emissão 2ª via conta	1,77	1,77	1,77	3,56

Resolução 961/ANEEL de 06/04/2010 DOU de 08/04/2010.

Tarifas SEM os tributos Federais PIS/PASEP e COFINS, inclusos no preço.

ANEXO VI - Sem RTE.

Vigência: A partir de 08/04/2010.

A CPFL Paulista adicionará, mensalmente, os valores de PIS/CONFINS sobre as tarifas.