

Manejo empírico e assistido da irrigação na cultura do milho-doce (*zea mays* L.)

Marcio Furlan Maggi¹, Carlos Tezza², Adenilson dos Santos Lima³, Sidnei Osmar Jadoski³,
Cacea Furlan Maggi⁴

¹UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná

²FAG – Faculdade Assis Gurgacz

³UNICENTRO – Universidade Estadual do Centro Oeste

⁴UFFS – Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Laranjeiras do Sul

Resumo: O objetivo do trabalho foi comparar o manejo da irrigação empírica realizada pelo proprietário do equipamento de irrigação com o manejo de acordo com as estimativas de Evapotranspiração (Penman-Monteith) para as recomendações de manejo de acordo com o balanço hídrico da área irrigada. O trabalho foi desenvolvido em uma propriedade rural localizada no município de Itaipulândia, no Oeste do Paraná. Foi realizado o acompanhamento de dois ciclos de cultivo de milho-doce (*Zea mays* L.). No primeiro ciclo foi realizado acompanhamento do manejo de irrigação feito pelo agricultor, com o registro dos dados meteorológicos coletados por uma estação meteorológica automatizada instalada no local. No segundo ciclo foram feitas recomendações de manejo de acordo com o balanço hídrico, utilizando-se dos dados de clima do local, coletados pela estação. Foi medida a lâmina aplicada pelo equipamento e calculado o Coeficiente Uniformidade de Christiannsen (CUC). O manejo assistido com a utilização da estação meteorológica automática conduziu ao menor consumo de água e conseqüentemente menor consumo de energia comparando com o manejo empírico realizado pelo produtor.

Palavras-chave: manejo da irrigação, lâmina de precipitação, evapotranspiração.

Empirical and assisted irrigation management in the culture of sweet corn (*zea maiz* L.)

Abstract: The objective was to develop a comparative economic analysis of irrigation management: empirical, done by the owner of the irrigation system and technical estimates of Evapotranspiration (Penman-Monteith) of between different irrigation management empirical and in accordance with the water balance of irrigated area. The work considering the monitoring of two cycles of cultivation of sweet-corn (*Zea maiz* L.) In the first cycle was the monitoring the irrigation management done by the farmer, with the record meteorological data, collected by a meteorological station compactly installed at the local. In the second cycle, were the recommendations of management in accordance with the water balance, using data from local weather, collected by the station, and irrigation made following this procedure. Also measurements were made of uniformity of distribution with an estimated coefficient of the Uniformity of Christiannsen (CUC), and confronting with the technical data supplied by the manufacturer. The management technical with the use of automatic

Meteorological Station led to lower consumption of water and therefore less energy consumption. The management empirical done by the producer had higher wastage of water and energy due to the increased number of equipment was operated.

Key words: irrigation management, precipitation, evapotranspiration.

Introdução

A água é um recurso natural essencial como um componente bioquímico dos seres vivos, seja como um meio de vida de inúmeras espécies vegetais e animais ou como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário. Borges Junior et al. (2008) afirma que a racionalização do uso da água na agricultura irrigada está relacionada, dentre outros fatores, à adequação do manejo da irrigação e do planejamento das estratégias de produção. Práticas que propiciem um desempenho técnico-financeiro otimizado do empreendimento e mitiguem o impacto ambiental devem ser empregadas.

O uso eficiente da água com conhecimento adequado e a utilização de alternativas que otimizem o seu uso podem contribuir para aumentar a sua disponibilidade, reduzindo problemas de déficit provocados pelo aumento da demanda social em relação à oferta ambiental Faggion et al (2009). Segundo o mesmo autor existem diversas alternativas ou técnicas de uso que possibilitam a produção de alimentos com um volume adequado para que se alcance a sustentabilidade na disponibilidade de água para produção de alimentos.

Normalmente, a quantidade total de água necessária para a irrigação é calculada levando-se em consideração fatores agrometeorológicos, evapotranspiração real, capacidade de armazenamento de água do solo e profundidade efetiva do sistema radicular (Bernardo *et al*, 2009).

O déficit hídrico ocorre quando se estabelece um programa de irrigação em que a lâmina média aplicada seja menor que a lâmina média evapotranspirada. Esse manejo é mais eficiente em sistemas de irrigação, que permitem a aplicação de irrigações mais frequentes (menor turno de rega) e com menor lâmina, como é o caso da irrigação por gotejamento, microaspersão, auto-propelido e pivô central (Zanetti, *et al* 2008; Carvalho, 2006).

O planejamento e a operação de um projeto de irrigação devem basear-se no manejo racional da água, devendo considerar aspectos sociais e ecológicos da região (Bernardo, 1995). Assim, pode-se maximizar a produtividade e a eficiência no uso da água e minimizar os custos com mão-de-obra, energia e com a própria água, mantendo-se condições de umidade

do solo favoráveis ao bom desenvolvimento da cultura irrigada (Moreira, 1992; Bernardo, 1995; Matiello et al., 2002).

Em qualquer planejamento e operação de manejo, devem ser considerados parâmetros que dependem do sistema de irrigação adquirido, da cultura a ser irrigada e do solo (textura, estrutura, densidade aparente e porosidade). Do treinamento da mão-de-obra uniformidade de aplicação e da relação solo- água- clima-planta. O correto manejo deve gerar dados necessários ao acompanhamento, análise e avaliação que devem ser realizadas periodicamente.

A demanda hídrica do milho, como de qualquer outra cultura, é uma função dos fatores climáticos predominantes na região, da variedade e do estágio de desenvolvimento da cultura, do tipo de solo e do sistema de irrigação adotado (Araújo et al., 1999). Esta demanda pode ser obtida pela multiplicação da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo coeficiente de cultivo (K_c). De acordo com Allen et al. (1998), o modelo de Penman-Monteith proporciona estimativas confiáveis e consistentes de ET_o. Segundo Smith (1991), este modelo foi considerado o de melhor desempenho entre os métodos combinados, sendo recomendado pela FAO como método padrão para obtenção da ET_o, sendo universalmente aceita para estimativas horárias e diárias da ET_o (Alexandris e Kerkides, 2008).

Na cultura do milho, a disponibilidade de água passa a ser fator decisivo no potencial de produção e rendimento, no período compreendido entre o 3º e 5º estádios ou seja, com 85 a 90 % da área foliar e florescimento até o estágio de enchimento de grãos (Fancelli e Dourando Neto, 2005).

Marin et al. (2008), trabalhando com modelos de estimativa de irrigação, demonstra a importância do uso racional dos recursos hídricos e energéticos nos manejos de irrigação, ressaltando a importância do uso adequado dos equipamentos de irrigação na busca da otimização do uso da água.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi comparar o manejo da irrigação realizado pelo produtor com o manejo assistido da irrigação determinando a quantidade e os momentos da aplicação de água, considerando a evapotranspiração, conforme as exigências de cada fase da cultura, analisando as diferenças econômica entre os métodos empírico e assistido e, verificar a uniformidade de aplicação das lâminas de irrigação do equipamento avaliado, segundo norma da ABNT.

Material e métodos

O trabalho foi realizado em uma propriedade particular cujas coordenadas geográficas são 25°7'58" S e 54°20'42"W, com altitude média de 262m, situado no município de Itaipulândia - PR, próximo ao reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu. O produtor possui um sistema de irrigação pivô central de 35 ha, da marca Valley, sendo 6 torres com os seguintes espaçamentos: 55 m nos 2 primeiros vãos e 48 m nos demais, com a última torre tendo balanço de 25 m. O equipamento na ocasião da realização do trabalho estava com 3 anos de uso.

A área possui declividade baixa (plana), com solo argiloso com teores acima de 60% de argila e vem sendo trabalhada há quatro anos com o sistema de irrigação, cultivando milho doce e soja no verão e brócolis, aveia e trigo no inverno. A cultura analisada foi o milho doce, sendo coletadas informações em dois ciclos: Janeiro a Abril em um dos setores do Pivô (17,5 ha) e Fevereiro a Maio, outro setor (17,5 ha).

Os principais resultado da análise química do solo são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo.

Profundidade (m)	M.O. (%)	P (mg dm ⁻³)	pH --	CTC (cmol dm ⁻³)	V (%)	Al ⁺ --
0-0,20	3,23	25	5,3	13,19	67,55	0,00

Baseados na análise química do solo efetuou-se a adubação de plantio com o formulado 12-15-15, na dose de 310 kg ha⁻¹, e uma aplicação em cobertura com nitrogenado na dose de 140 kg ha⁻¹, aos 25 dias após a emergência. As sementes foram tratadas com inseticida a base de Thiametoxam, e Fipronil nas doses recomendadas pelo fabricante. O controle de plantas invasoras foi realizado com aplicações de Atrazina, Nicosulfuron e Mesotriona 35 dias após a emergência. Para o controle de pragas como Spodóptera (Lagarta do cartucho) foram efetuados duas aplicações de Metomil e uma de Lufenuron, para o controle da lagarta da espiga *Helicoverpa zea*, utilizou-se aplicação via pivô com inseticida Clorpirifós.

Foi utilizada uma estação meteorológica automatizada da marca "uMETOS SMR300®", na coleta dos dados climáticos do local, (temperatura, umidade relativa, precipitação, velocidade do vento, umidade do solo, radiação solar) para posterior cálculo da lâmina de irrigação aplicada, por meio do balanço hídrico da cultura. Foram simuladas

irrigações baseadas nos dados coletados e estes aplicados em uma planilha eletrônica para realização do balanço hídrico através da equação de Penman Monteith.

Foi acompanhado o manejo de irrigação que o produtor realizou de forma empírica e, juntamente com essas informações, foi feito a quantificação e o balanço hídrico da área.

O trabalho foi realizado em três fases: *1ª Fase* – acompanhamento e registro das ações do produtor na área, período e quantificação da lâmina de água, adubação, época de plantio, pulverização, colheita, quantificação dos resultados após o término do ciclo em avaliação; *2ª Fase* – indicação dos momentos de irrigação de acordo com a metodologia de cálculo analisada na primeira fase do trabalho; *3ª Fase* – analisar as diferenças relacionadas aos gastos com energia em virtude das técnicas de aplicação de água de maneira empírica feita pelo produtor, e pela indicação segundo o balanço hídrico realizado utilizando-se das variáveis meteorológicas.

O cálculo do consumo de energia foi realizado utilizando-se da potencia dos equipamentos multiplicando pelo tempo de funcionamento em horas e depois multiplicado pela tarifa hora sazonal.

A avaliação do sistema de irrigação baseou-se nas normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas PN 04: 015.08-008). As coletas foram efetuadas a partir das 21 h, com o percentímetro ajustado nas velocidades de 100%, 75%, 50% e 25%, aplicando-se uma média ponderada de 1,98 mm, 2,37 mm, 3,77 mm e 7,82 mm respectivamente.

A lâmina média foi calculada utilizando-se das equações (1) e (2). A lâmina coletada (L_i , mm) no i -ésimo coletor é calculada utilizando a seguinte expressão:

$$L_i = \frac{40 V_{ci}}{\pi \cdot \phi_1^2} \quad (1)$$

Em que: V_{c1} refere-se ao volume (cm^3) coletado, e, ao diâmetro (cm) do i -ésimo coletor.

Convencionalmente a lâmina média (λ , mm) é determinada utilizando a seguinte expressão:

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n (i-0,5) \cdot L_i}{\sum_{i=1}^n (i-0,5)} \quad (2)$$

Em que: i refere-se ao número de ordem do i -ésimo coletor, e n ao número de coletores considerados no teste do pivô.

Os dados foram analisados por meio de uma análise estatística descritiva e econômica comparando os resultados levando-se em consideração variações e custos locais para comparações e cálculo dos índices apresentados.

Resultados e discussão

O primeiro ciclo teve início com o plantio realizado no dia 10 de janeiro de 2008. Os critérios utilizados para a irrigação foram adotados pelo produtor que se baseou nas condições climáticas e recomendações do fabricante do sistema.

Observa-se na Figura 1 os dados de evapotranspiração real da cultura para o primeiro ciclo de cultivo e na Figura 2 para o segundo ciclo. Os valores médios de temperatura média foram de aproximadamente 24,5°C, e 21,6°C para o primeiro e segundo ciclo respectivamente. A evapotranspiração média real calculada pelo método de Penman Monteith, foi de 3,1 e 2,3 mm respectivamente. Foram utilizados os seguintes coeficientes de cultivo (Kc) para o milho doce: fase inicial 0,30 a 0,50; desenvolvimento da cultura 0,70 a 0,90; período intermediário 1,05 a 1,20 e final de ciclo 1,0 a 1,15.

Durante o ciclo da cultura (94 dias) ocorreu 387 mm de precipitação total (Figura 3), bem distribuídas, com intervalos inferiores a 10 dias. As lâminas de irrigação desta fase somaram 248 mm, sendo distribuídas em 35 irrigações, variando de 2 mm (aplicação de inseticida) a 11 mm, sendo 7 mm a mais freqüente. Ao mesmo tempo foram simuladas irrigações pelo balanço hídrico através da equação de Penman Monteith, indicando a lâmina a ser aplicada, sendo de 176 mm distribuídas em 24 irrigações (Figura 4). O produtor nesse período aplicou 41% a mais de lâmina do que o necessário para o ciclo.

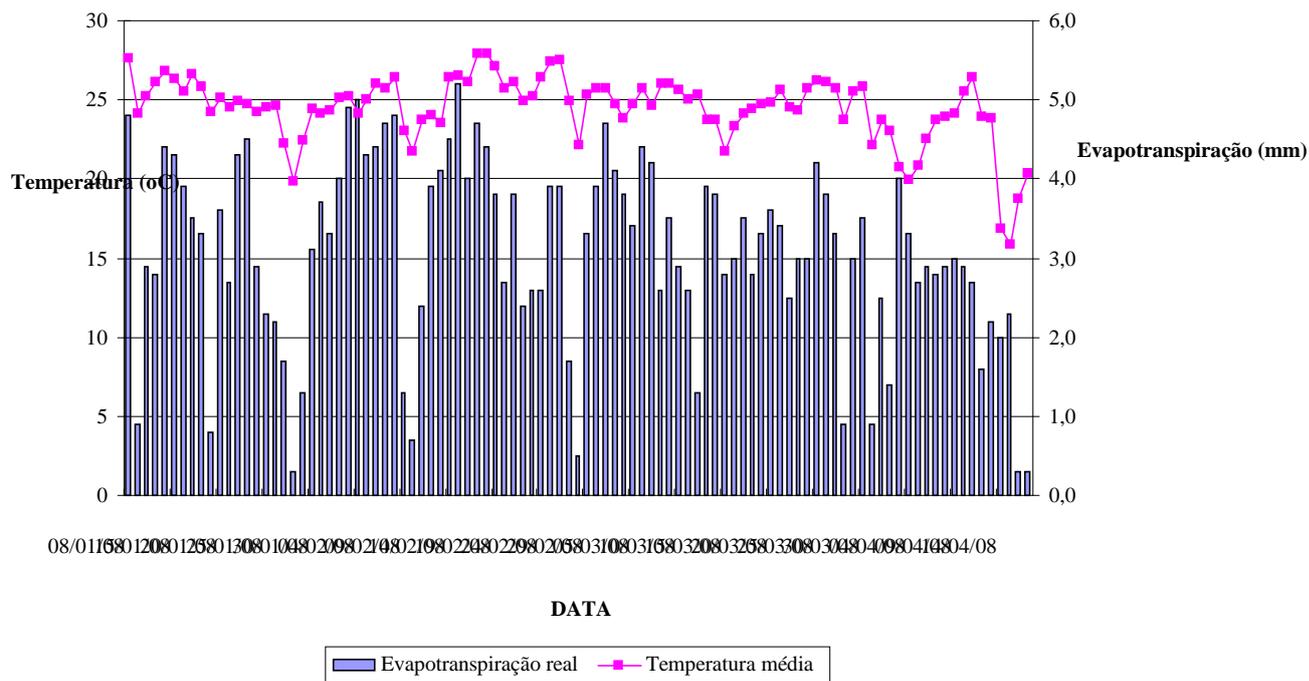


Figura 1. Temperatura e evapotranspiração média para o primeiro ciclo de cultivo do milho doce em Itaipulândia, PR.

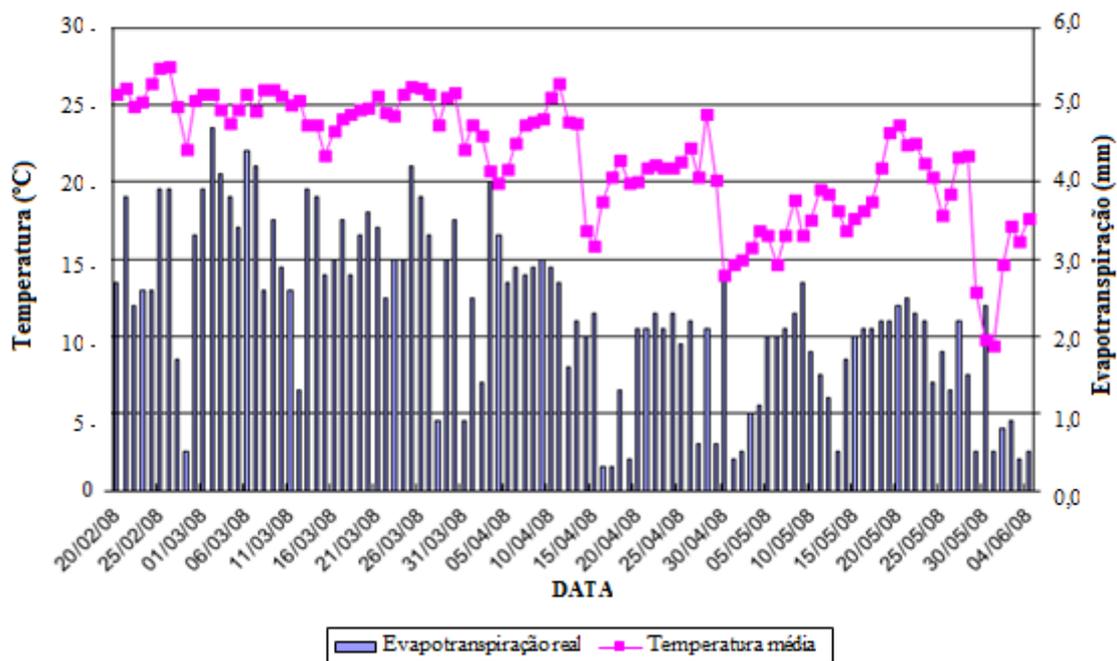


Figura 2. Temperatura e evapotranspiração média para o segundo ciclo de cultivo do milho doce em Itaipulândia, PR.

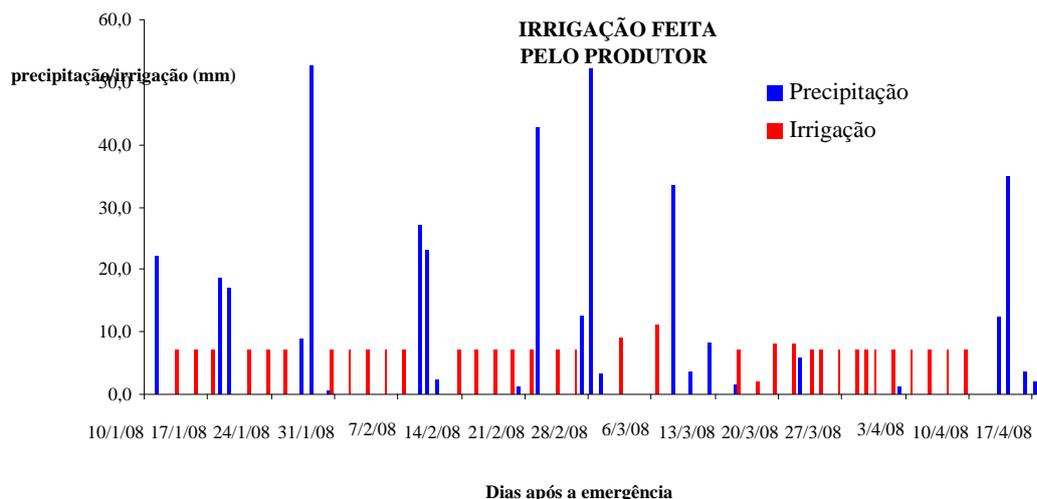


Figura 3. Precipitações ocorridas no local com o complemento da irrigação realizada pelo produtor, 1º ciclo de cultivo.

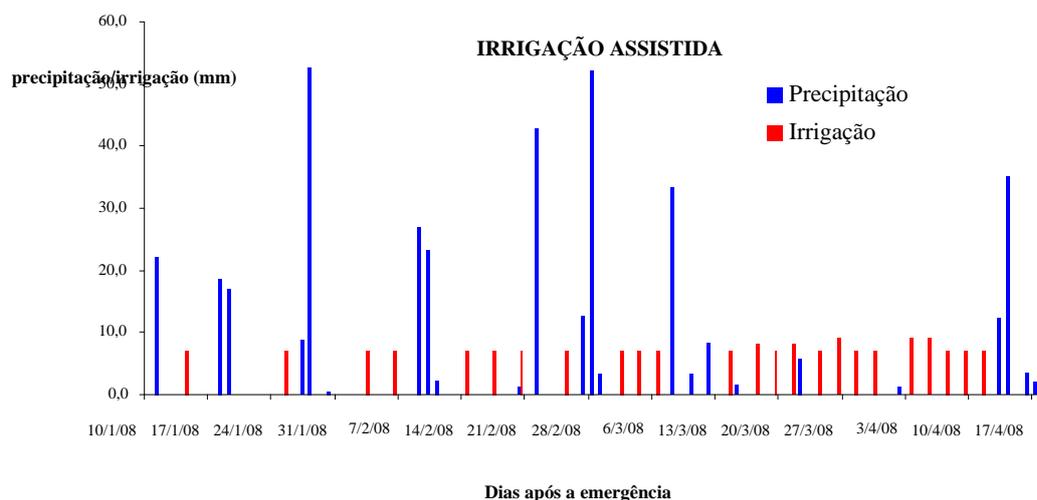


Figura 4. Precipitações ocorridas no local com o complemento da irrigação realizada pela simulação e manejo assistido, 1º ciclo de cultivo.

Para o segundo ciclo, o plantio foi realizado no dia 20 de fevereiro de 2008. A cultura fechou seu ciclo com 100 dias e neste período ocorreu precipitação total de 337 mm, mal distribuídas, com períodos de até 30 dias sem precipitação (Figura 5 e 6). As lâminas de irrigação complementares necessárias baseadas nos dados da estação totalizaram de 119 mm as quais foram distribuídas em 17 aplicações, sendo utilizadas lâminas variáveis de 2 mm (aplicação de inseticida) a 7 mm (Figura 6). Porém, nesta fase do trabalho, com a interferência do produtor, o equipamento foi acionado 9 vezes a mais, adicionando 72 mm de água, sem

necessidade, fazendo com que as lâminas variassem de 2 mm a 11 mm (Figura 5). O produtor nesse ciclo aplicou 60% a mais de lâmina do que o necessário para o período.

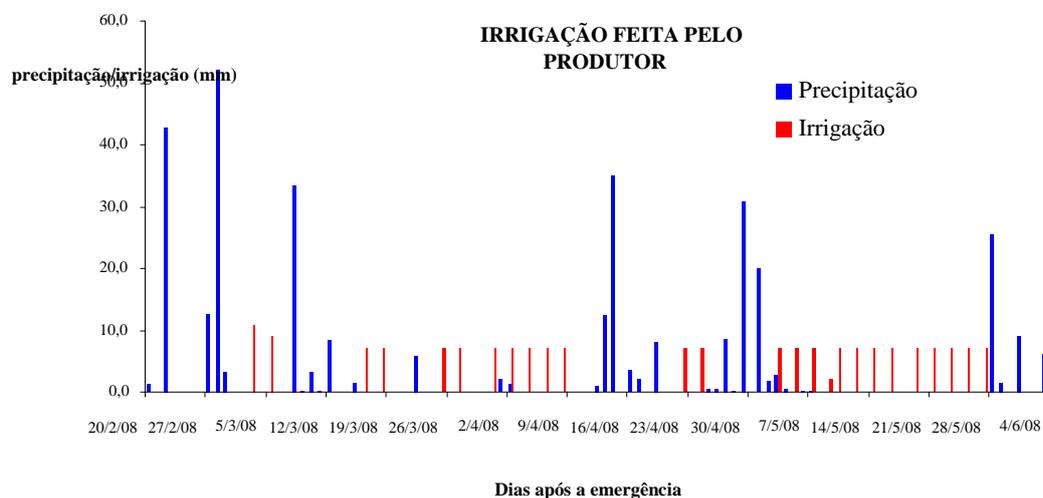


Figura 5. Precipitações ocorridas no local com o complemento da irrigação realizada pelo produtor, 2º ciclo de cultivo.

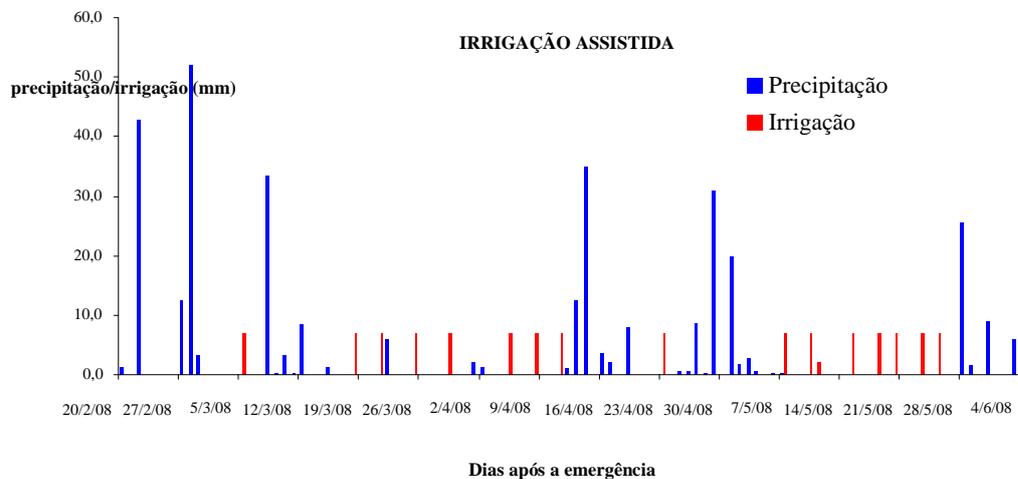


Figura 6. Precipitações ocorridas no local com o complemento da irrigação realizada pela simulação e manejo assistido, 2º ciclo de cultivo.

Comparando a irrigação empírica executada pelo produtor, com a indicada segundo o balanço hídrico com base nas variáveis meteorológicas, evidencia-se no primeiro ciclo, o desperdício dos recursos naturais (água) e energia. Acionando-se o sistema 11 vezes a mais

do que com a irrigação monitorada, e aplicando-se 72 mm sem necessidade, o produtor praticamente utilizou lâminas fixas de 7 mm no decorrer de todo o ciclo da cultura não considerando as exigências hídricas de cada fase superestimando na fase inicial e subestimando nas fases mais exigentes (floração e enchimento de grãos).

Levando-se em consideração as características do projeto com a potência instalada, foi feito o cálculo do consumo médio de energia elétrica para o acionamento do equipamento com todos os acionamentos que o produtor realizou e a simulação levando-se em consideração o balanço hídrico assistido e a quantidade necessária de irrigações em função dos dados climatológicos locais. O gasto médio do produtor para o primeiro ciclo foi de aproximadamente R\$ 857,83 e para o segundo ciclo de R\$ 637,24. O manejo assistido em função do menor número de acionamentos, 11 no primeiro e 7 no segundo, apresentou resultados menores, com R\$ 637,24 para o primeiro ciclo e R\$ 367,64 para o segundo (Figura 7). Observa-se que no primeiro ciclo de cultivo tem-se uma diferença nos valores gastos com energia elétrica da ordem de 35% superiores aos indicados pelo balanço, para um período de precipitações relativamente bem distribuídas. No segundo ciclo essa diferença ficou mais acentuada ainda, aproximadamente 73%, quando ocorreu má distribuição das chuvas. Vale ressaltar que o produtor trabalha com o sistema de irrigação noturna, com adoção da tarifa hora sazonal, realizando sempre as irrigações a partir das 21 horas. O preço pago por kW/h no período considerado foi de R\$ 0,0648 (Dólar dia 20 abril 2008 = R\$ 1,67), para o acionamento dentro do horário contratado.

TURCO et al (2009) avaliando o custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, sob diferentes manejos da irrigação e sistemas de cultivo fazendo com o uso da tarifa hora sazonal, encontraram nos sistemas de plantio direto (recém-implantado, 12 meses) e convencional (dentro dos manejos de irrigação), praticamente os mesmos valores de consumo e de custos com energia elétrica. No presente trabalho não foram diferenciados os sistemas de plantio, pois o agricultor setoriza a área irrigada e não faz distinção no momento da irrigação.

Logo evidencia-se que além dos gastos com energia para o acionamento do sistema, deve-se considerar o desperdício de água e ao longo do tempo, o desgaste do equipamento de irrigação. LIMA et al (2009), encontraram maior eficiência energética em sistemas com manejo de irrigação simulados de até 11%, demonstrando a importância do manejo das áreas irrigadas. SANDRI e CORTEZ (2009) afirmam que o tempo de uso de sistemas de irrigação por pivô central pode resultar em alteração de suas características hidráulicas, necessitando de

avaliações periódicas para manter a uniformidade de distribuição de água em níveis aceitáveis.

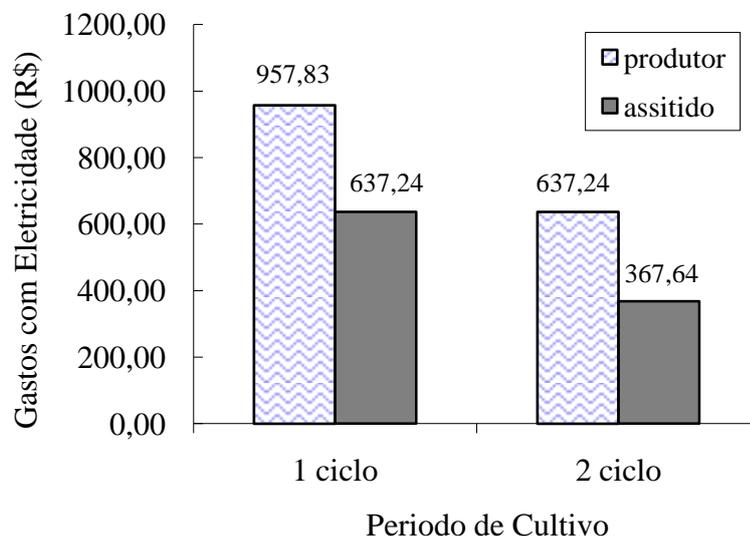


Figura 7. Gastos com energia para o acionamento do equipamento de irrigação, realizado pelo produtor e pela simulação e acompanhamento assistido com o balanço hídrico para 35 ha.

QUEIROZ *et al.* (2008) desenvolveu software e hardware para aplicação no monitoramento e controle automático para a irrigação de precisão com sistemas do tipo pivô central e concluiu que o sistema computacional desenvolvido tem grande potencial de uso, facilitando o manejo das áreas onde o agricultor irrigante não dispõe de informações que o auxiliem no manejo do seu equipamento.

A lâmina média ponderada de aplicação obtidas nos testes de campo com percentímetro ajustado a 25, 50, 75 e 100% (Tabela 2), apresentou-se, de forma geral, abaixo da lâmina indicada pelo fabricante. Para os dados do ensaio no percentímetro 50 a lâmina média encontrada foi de 3,77 mm, enquanto a indicada pelo fabricante 5,22 mm. EVANGELISTA *et al* (2010) avaliando as lâminas de irrigação com deslocamento do pivô com percentímetro 100%, encontrou valores próximos de 5,56 mm, próximo aos 5,7 mm projetado pelo fabricante. Para a velocidade de deslocamento de 50%, as lâminas médias foram 12,6 mm no período da manhã e 11,4 mm no período da tarde.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o coeficiente uniformidade estatístico (CUE), o coeficiente de uniformidade de Hart (CUH) e a uniformidade de

distribuição (UD) apresentaram índices satisfatórios, acima dos valores estipulados pela norma da ABNT (PN 04: 015.08-008): CUC maior ou igual a 85%, CUE maior ou igual a 75%, CUH maior ou igual a 85% e UD maior ou igual a 75%. Quanto ao CUC os resultados são concordantes com os encontrados por PINTO et al (2006) na avaliação de variáveis climáticas e hidráulicas no Oeste Baiano, com percentímetro em 50% resultando, em média, 77% de eficiência de distribuição, e com percentímetro em 100%, resultado em 78% de eficiência de distribuição e uma eficiência de aplicação média de 85%.

Tabela 2. Características de desempenho do Pivô Central em função do percentímetro segundo 100, 75, 50, 25 e valores idealizados na norma.

Dados estatísticos do ensaio do equipamento	Percentímetro %				Valores ideais*
	100	75	50	25	
Lâmina indicada pelo fabricante	2,76	3,68	5,52	11,04	**
Lâmina média ponderada	1,98	2,37	3,77	7,82	**
Lâm. Méd. dos coletores <25%	1,51	2,03	3,09	6,86	**
Desvio Padrão	0,36	0,36	0,56	0,83	**
Coeficiente Uniformidade de Christiansen – CUC	86,83	87,65	87,35	90,84	≥ 85%
Coeficiente Uniformidade Estatístico – CUE	81,69	84,79	85,27	89,44	≥ 75%
Coeficiente de Uniformidade de Hart – CUH	85,39	87,86	88,24	91,57	≥ 85%
Uniformidade de distribuição – UD	76,25	85,45	81,96	87,71	≥ 80%

* Valores de acordo com as normas da ABNT (PN 04: 015.08-008).

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) obtidos situou-se dentro do intervalo que BERNARDO *et al.* (2009) consideram bom, ou seja, de 80 a 90%. EVANGELISTA *et al* (2010), trabalhando com o desempenho de variáveis climáticas em Cristalina–GO, encontraram resultados semelhantes, com variação média das áreas com manejo de irrigação em pivô central de 85 a 93%.

Na Figura 8 é indicada a média ponderada para o percentímetro 50 com média de 3,77 mm. Observa-se que no primeiro terço a lâmina aplicada fica abaixo da média. Na parte

central a uniformidade varia em torno da média e no final do pivô (ponto mais afastado do ponto pivô) tem-se uma maior oscilação dos valores médios de lâmina.

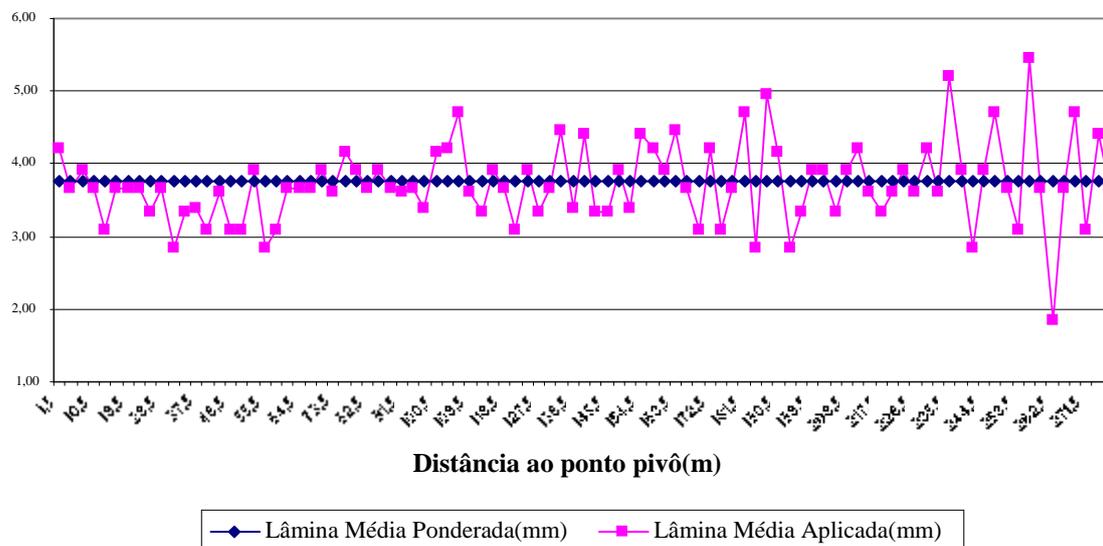


Figura 8. Lâmina média ponderada de irrigação efetuada pelo pivô, para o percentímetro em 50.

Na Figura 9 observa-se o desempenho individual de cada torre, com uma lâmina média de aproximadamente 3,77mm e os valores medidos durante o ensaio com as variações nas lâminas coletadas. Os coletores mais afastados do ponto pivô apresentaram em média variações e amplitudes maiores. Os valores acima se referem ao percentímetro 50, valor este escolhido por ser o mais próximo do aplicado pelo produtor no seu manejo de irrigação. Os demais dados para os respectivos percentímetro (25, 75 e 100) são mostrados na Tabela 1

SANDRI e CORTEZ (2009), avaliando 16 pivôs em Goiás e Distrito Federal, observaram comportamento semelhante principalmente com relação às últimas torres dos equipamentos testados, as quais apresentaram sempre maiores oscilações nas distribuições de lâminas. Este fato deve-se aos principais fatores apontados: o manejo inadequado do equipamento, o desgaste e as dificuldades de manutenção da pressão no final da linha.

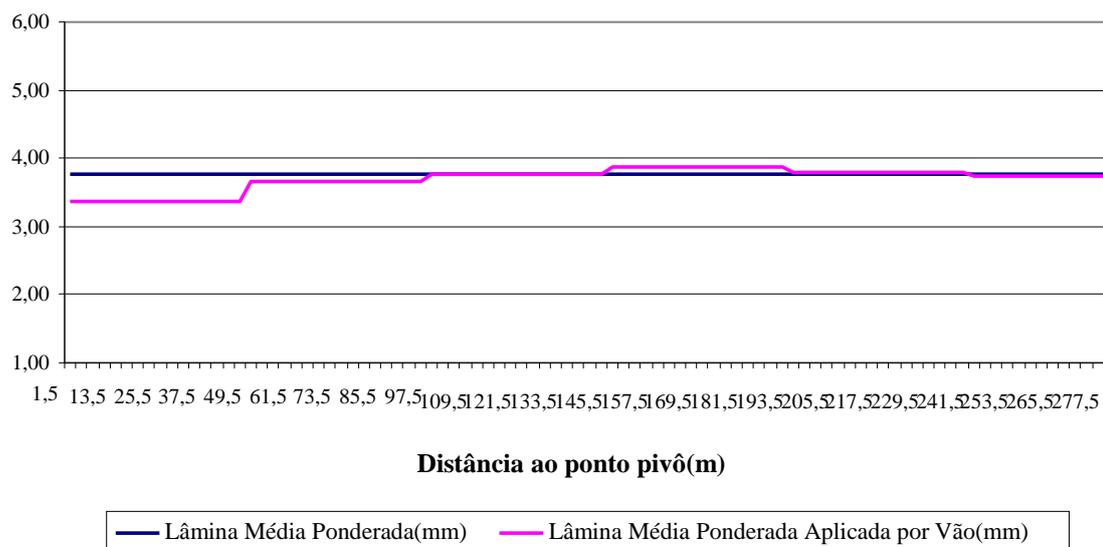


Figura 9. Comparação da lâmina média aplicada em cada torre em relação a lâmina média, para o percentímetro 50.

Conclusões

O manejo assistido com a utilização da estação meteorológica automática proporcionou menor lâmina aplicada de água e conseqüentemente menor consumo de energia.

A uniformidade de aplicação do equipamento apresentou resultados acima (melhores) das especificações da norma de avaliação do equipamento.

Referências

ALEXANDRIS, S.; KERKIDES, P. New empirical formula for hourly estimations of reference evapotranspiration. **Agricultural Water Management**. Amsterdam. v.78. p.187-192, 2008.

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

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. Irrigação e adubação nitrogenada em milho. **Scientia Agrícola**, Piracicaba. v.56, n.4. p.909-914. 1999.

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JÚNIOR, J.; ÁVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1057-1064, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de irrigação por aspersão pivô central: caracterização de desempenho método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1985. 22p (PN 12: 02.08-005).

BERNARDO, S.; **Manual de irrigação**. UFV, Imprensa Universitária. 6ª edição. 657p. 1995.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2009. 355p.

BORGES JUNIOR, João C. F.; FERREIRA, Paulo A.; HEDDEN-DUNKHORST, Bettina e ANDRADE, Camilo de L. T. de. Modelo computacional para suporte à decisão em áreas irrigadas. Parte I: Desenvolvimento e análise de sensibilidade. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, fev. 2008

CAMARGO, A.P; PEREIRA, A.R. *Prescrição de rega por modelo climatológico*. Campinas: Fundação Cargill, 1990. 27p.

CARVALHO, Daniel F. de et al . Demanda hídrica do milho de cultivo de inverno no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, Mar. 2006.

CHALLINOR, A.J.; WHEELER, T.R.; SLINGO, J.M.; HEMMING,D. Quantification of physical and biological uncertainty in the simulation of the yield of a tropical crop using present day and doubled CO₂ climates. **Philosophical Transactions of the Royal Society, B**, v.360, p.2085-2094, 2005.

EVANGELISTA, William; OLIVEIRA, Carlos A. S.; SILVA, Cícero L.. Variáveis climáticas e o desempenho de um pivô central, em Cristalina Goiás. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.3, Mar. 2010.

FAGGION, F., OLIVEIRA, C. A. S., CHRISTOFIDIS, D. Uso Eficiente da água uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. Jan-abril 2009. v.2, n.1, p. 187-190.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2^a ed. Guaíba: Agropecuária, 2005.

LIMA, Aureo C. de; GUIMARAES JR., Sebastião C.; FIETZ, Carlos R. e CAMACHO, José R.. Avaliação e análise da eficiência energética na irrigação em sistemas pivô central. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, Aug. 2009.

MARIN, F.R.; LOPES-ASSAD, M.L.; ASSAD, E.D.; VIAN, C.E.; SANTOS, M.C. Sugarcane crop efficiency in two growing seasons in São Paulo State, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1449-1455, 2008.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W. R.; ALMEIDA S.R.; FERNANDES, D.R. **Cultura do café no Brasil. Novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha, 387, p.2002.

MOREIRA, H.J. **Sistema agroclimático para o acompanhamento das culturas irrigadas**. Manual prático para o manejo da irrigação. Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação. 90p, 1992.

PINTO, Jacques M.; SILVA, Cícero L. da; OLIVEIRA, Carlos A. da S.. Influência de variáveis climáticas e hidráulicas no desempenho da irrigação de um pivô central no oeste baiano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, Apr. 2006.

QUEIROZ, Tadeu M. de; BOTREL, Tarlei A.; FRIZZONE, José A.. Desenvolvimento de software e hardware para irrigação de precisão usando pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, Mar. 2008.

SANDRI, Delvio; CORTEZ, Diego de Andrade. Parâmetros de desempenho de dezesseis equipamentos de irrigação por pivô central. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 33, n. 1, Feb. 2009.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Rome: FAO, 1991. 45p.

TURCO, José E. P.; RIZZATTI, Gilcileia dos S.; PAVANI, Luiz 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, June 2009.

ZANETTI, S. S. ; SOUSA, Elias Fernandes de ; CARVALHO, D. F. ; BERNARDO, S. Estimação da evapotranspiração de referência no Estado do Rio de Janeiro usando redes neurais artificiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 174-180, 2008.

Recebido para publicação em: 09/06/2014

Aceito para publicação em: 08/08/2014