

Uso Eficiente da Água de Irrigação e da Energia Elétrica em Cultura de Milho sob Pivô Central num Plantio Comercial em Várzea da Palma, MG¹

Paulo E. P. de Albuquerque², Antônio C. Coutinho³, Pedro P. Gonçalves⁴ e Erasmo M. Agostinho⁵

¹ Projeto financiado pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), em convênio com a Embrapa Milho e Sorgo

² Eng. Agríc., D.Sc., Pesquisador A, Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, Sete Lagoas, MG. E-mail: emilio@cnpms.embrapa.br

³ Eng. Agrônomo, Fazenda Energética Cemig, Uberaba, MG. E-mail: acco@cemig.com.br

⁴ Geógrafo, estagiário Faped/Embrapa. E-mail: pedroonaf@hotmail.com

⁵ Téc. em Agropec., Fazenda Guaicuí - Mantiqueira Agronegócios Ltda., Várzea da Palma, MG. E-mail: erasmoagostinho@gmail.com

Palavras-chave: manejo de irrigação, pivô central, milho, uniformidade de irrigação, eficiência de energia.

Introdução

A energia elétrica e a água estão cada vez mais sendo utilizadas na agricultura como insumos necessários ao aumento da produtividade das culturas, principalmente em irrigação por pivôs. A irrigação é a atividade da agricultura que mais consome energia elétrica em relação às demais atividades agrícolas. Apenas 0,3% dos consumidores utilizam pivôs e consomem 17,3% da energia elétrica no meio rural.

Sabe-se que na maioria das vezes o uso de pivôs não é feito de forma eficiente. Após a instalação do sistema, normalmente nenhum critério é adotado para avaliar, controlar e determinar os momentos corretos de irrigar a cultura durante o seu ciclo. Estudo realizado em parceria da Cemig com a UFV constatou que os consumidores gastam em média 28% a mais de energia elétrica na irrigação das suas lavouras, devido a falta de manejo adequado e por utilizarem equipamentos de irrigação mal dimensionados (ESTUDO..., 1993).

Há dois focos que devem ser tratados quando se trabalha com a agricultura irrigada: a uniformidade de distribuição da água pelo sistema e a programação da irrigação ao longo do ciclo da cultura. A uniformidade de distribuição está intimamente ligada às características hidráulicas do sistema e a alguns fatores climáticos de interferência (como vento, umidade relativa do ar etc.). A programação da irrigação baseada no empirismo do agricultor acarreta, de modo geral, a aplicação de água em excesso ou em falta, normalmente prevalecendo o primeiro caso.

A falta de um critério sistematizado de irrigação por parte do agricultor é, na maior parte dos casos, consequência de seu desconhecimento sobre o assunto e da inexistência de cobrança pela água utilizada. As técnicas atualmente disponíveis apresentam alto grau de dificuldade e complexidade, o que as torna não facilmente assimiláveis pelos agricultores. O uso de ferramentas de informática no controle de irrigação possibilita uma forma simples de utilização, eliminando os trabalhos difíceis e complexos no processamento de dados.

Objetiva-se com este trabalho implantar e validar uma planilha eletrônica de manejo de irrigação (ALBUQUERQUE, 2007), procurando-se reduzir em 25% o consumo de energia



elétrica e água em cultura de milho sob pivôs centrais, no cerrado da região de Várzea da Palma, norte de Minas Gerais.

Material e métodos

Os dados obtidos fazem parte de um projeto financiado pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) em convênio com a Embrapa Milho e Sorgo. Portanto, apresenta-se aqui um estudo de caso dentre nove locais selecionados que utilizam o sistema de irrigação por pivô central, os quais foram acompanhados com relação às culturas de feijão, trigo e capim Tifton-85, além do milho.

Foram usados para coleta de dados os pivôs 3 e 4, com áreas irrigadas de 105 e 106 ha, respectivamente, da Fazenda Guaicuí, pertencente à Mantiqueira Agronegócios Ltda., que fica localizada no município de Várzea da Palma, Minas Gerais, próximo ao distrito de Guaicuí. As coordenadas locais são: 17°18'17,8"S; 44°46'11,3"W e 510 m de altitude (torre central do pivô 3) e 17°18'57,1"S; 44°46'02,9"W e 503 m de altitude (torre central do pivô 4).

Segundo informações do gerente da fazenda, o pivô 3 foi selecionado para utilizar o manejo de irrigação com a planilha eletrônica, de acordo com Albuquerque (2007), e no pivô 4 usou-se o critério adotado pela fazenda. Os dois plantios foram feitos no sistema de plantio direto sobre a palhada de soja.

Foram realizados testes para a determinação da uniformidade de distribuição da água em ambos pivôs, segundo o método de Christiansen (CUC) (BERNARDO et al., 2005; BRITO, 2008), da lâmina média de água aplicada e do tempo de deslocamento a 100% de velocidade.

Também foram retiradas amostras de solo nos locais dos pivôs para determinação de: granulometria, densidade, capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm) (REICHARDT, 1996).

Foi instalada uma estação climatológica automática para monitorar variáveis do clima necessárias à estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith/FAO (ALLEN et al., 1998).

Também incentivou-se a otimização do uso dos pivôs com as seguintes medidas: utilização fora do horário de ponta; incentivo ao uso da tarifa para irrigante noturno (entre 23:00 e 6:00 horas) e acompanhamento periódico do manejo da irrigação.

Os seguintes parâmetros foram avaliados:

- a. eficiência de distribuição da água (CUC - %);
- b. consumo de água no ciclo da cultura (mm);
- c. consumo de energia no ciclo (kWh);
- d. produção da cultura (kg);
- e. produtividade (kg ha⁻¹);
- f. consumo específico de água (L de água kg⁻¹ de produto);
- g. consumo específico de energia elétrica (Wh consumido kg⁻¹ de produto).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 encontram-se a análise textural e as características físico-hídricas dos solos do local.



Na Tabela 2 estão os dados referentes às lâminas médias de irrigação e coeficientes de uniformidade de distribuição de Christiansen (CUC) da água aplicada pelos pivôs avaliados.

Na Tabela 3 estão os dados relativos à cultura, à demanda evaporativa predominante no local durante o ciclo da cultura e também alguns dados de entrada para a planilha eletrônica de manejo de irrigação. Além disso, mostram-se alguns resultados sobre a irrigação dos pivôs avaliados.

Vale ressaltar que em ambos os pivôs, durante o ciclo das culturas, ocorreu precipitação pluviométrica total de 103,4 mm, dos quais 55,9 mm foram efetivos para o pivô 3 e 43,7 mm para o pivô 4 (Tabela 4).

Tabela 1 – Análise textural e características físico-hídricas do solo sob pivôs centrais na Fazenda Guaicuí, Várzea da Palma, MG (2009)

Análise textural do solo					
Profundidade (cm)	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação textural
0-20	54	27	3	26	Franco-argilo-arenoso
20-40	47	27	2	24	Franco-argilo-arenoso

Características físico-hídricas				
Profundidade (cm)	Capacidade de campo (CC - %peso)	Ponto de murcha permanente (PMP- %peso)	Densidade do solo (kg m⁻³)	Capacidade total de água disponível (CTAD - %volume)
0-20	19,176	9,248	1350	13,4
20-40	17,544	9,112	1320	11,1

Tabela 2 – Dados referentes às lâminas médias, tempo de giro completo (a 100% da velocidade do pivô) e coeficientes de uniformidade de distribuição de Christiansen (CUC) da água aplicada pelos pivôs avaliados (Várzea da Palma, 2009)

Pivô nº	Lâmina média de água aplicada (mm)	Tempo de giro completo (h)	CUC (%)	Classificação do CUC*
3	5,34	7,44	90,74	Muito Bom
4	3,68	7,44	88,24	Bom

*Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998).

Tabela 3 – Datas de plantio, duração do ciclo do milho, evapotranspiração de referência (ET_o) média, demanda evaporativa predominante e alguns resultados obtidos sobre a irrigação dos pivôs avaliados (Várzea da Palma, 2009)

Pivô nº	Data de plantio	Duração do ciclo (dias)	ET_o média (mm dia⁻¹)	Demanda evaporativa predominante*	NTI**	HI*** (h)
3	06/05/2009	125	3,71	Moderada	76	582,93
4	15/05/2009	120	3,77	Moderada	70	778,61

*Moderada (2,5 < ET_o < 5,0 mm dia⁻¹); **NTI = número total de irrigações efetuadas durante o ciclo da cultura; ***HI = horas totais de irrigação durante o ciclo da cultura.



Na Tabela 4 estão mostrados os dados de evapotranspiração da cultura (ETc) e os resultados obtidos da planilha eletrônica de manejo de irrigação para os pivôs avaliados.

Tabela 4 – Dados de evapotranspiração da cultura (ETc) e resultados obtidos da planilha eletrônica de manejo de irrigação para os pivôs avaliados na Fazenda Guaicuí (Várzea da Palma, 2009)

Pivô nº	ETc ¹ média (mm dia ⁻¹)	Varição da ETc (mm dia ⁻¹)	Chuva efetiva (mm)	LRT ² (mm)	LBTA ³ (mm)	LIM ⁴ (mm)	Déficit ⁵ (%)
3	3,42	0,65-6,50	55,9	425,7	418,0	5,50	4,8
4	3,50	0,65-6,50	43,7	417,5	385,6	5,51	12,2

¹ETc = evapotranspiração da cultura; ²LRT = lâmina requerida total; ³LBTA = lâmina bruta total aplicada; ⁴LIM = lâmina de irrigação média por evento; ⁵Déficit da irrigação aplicada em relação à irrigação requerida.

A potência de cada bomba para acionamento de cada pivô é de 150 cv ou 110,4 kW. Observando-se a Tabela 3, o pivô 3 gastou 582,93 horas com irrigação e o pivô 4 consumiu 778,61 horas. Com isso, obtém-se um consumo de energia elétrica de 64.355,472 kW.h no pivô 3 e de 85.958,544 kW.h no pivô 4 em todo o ciclo da cultura do milho.

O pivô 3 produziu 1.020,6 toneladas de grãos de milho e no pivô 4 colheram-se 1.011,24 toneladas, portanto as produtividades obtidas foram de 9.720 e 9.540 kg ha⁻¹, respectivamente.

Verifica-se na Tabela 4 que a lâmina bruta total de água aplicada (LBTA) no pivô 3 foi de 418,0 mm e no pivô 4 foi de 385,6 mm e as lâminas efetivamente consumidas, já incorporando as chuvas efetivas, foram de 400,0 e 367,8 mm, respectivamente.

Com esses dados obtiveram-se os gráficos apresentados na Figura 1, os quais são os volumes brutos específicos de água aplicada e os consumos específicos de água em ambos pivôs. A Figura 2 mostra o consumo específico de energia elétrica de cada pivô.

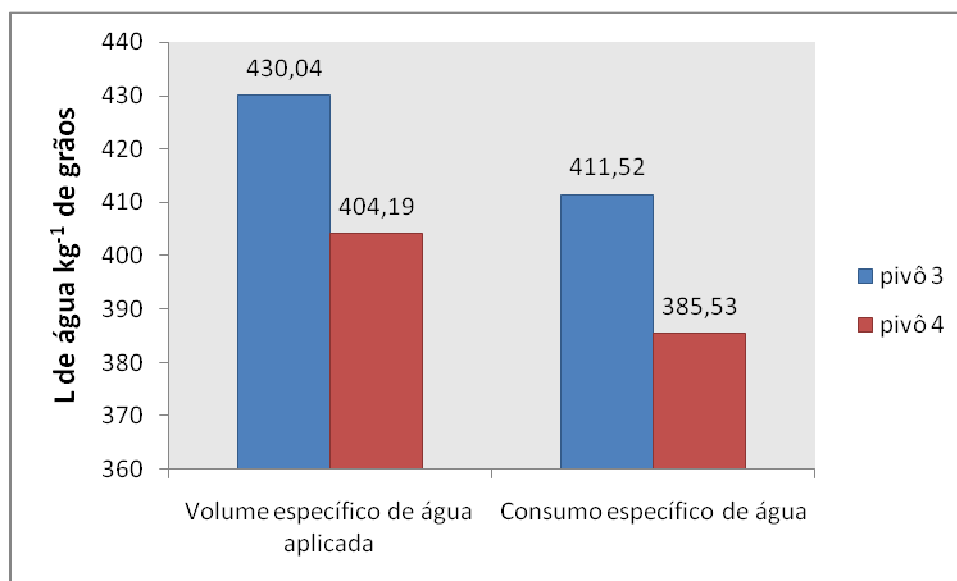


Figura 1 – Volume bruto específico de água aplicada e consumo específico de água (em litros de água kg⁻¹ de grãos produzidos) nos pivôs 3 e 4 da Fazenda Guaicuí (Várzea da Palma, 2009).



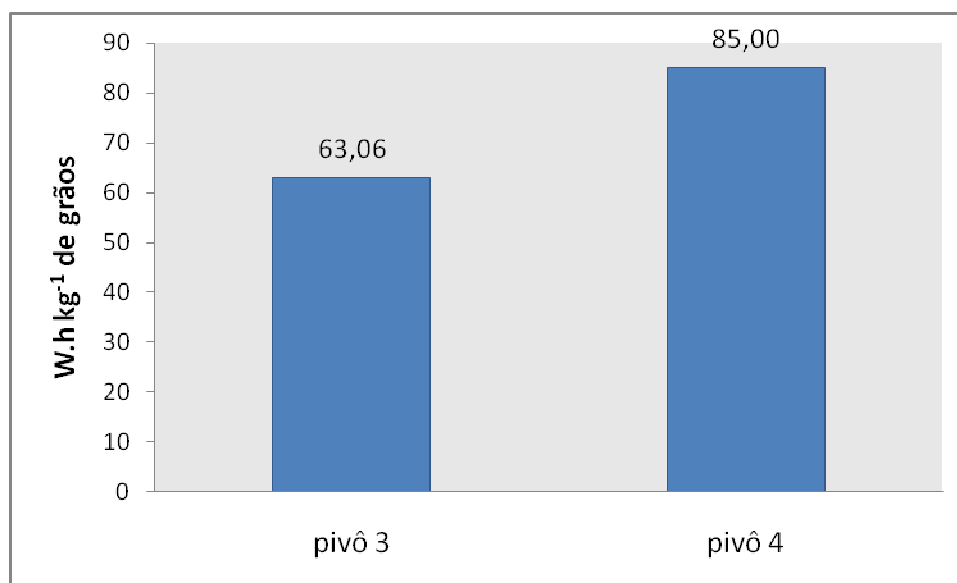


Figura 2 – Consumo específico de energia elétrica (em W.h kg⁻¹ de grãos produzidos) para bombeamento de água nos pivôs 3 e 4 da Fazenda Guaicuí (Várzea da Palma, 2009).

Observa-se na Figura 1 que tanto o volume específico bruto da água de irrigação aplicado no pivô 3 (430,04 L kg⁻¹ de grãos) quanto o consumo específico de água pela cultura nesse pivô (411,52 L kg⁻¹ de grãos) foram maiores em relação aos mesmos parâmetros do pivô 4 (404,19 e 385,53 L kg⁻¹ de grãos, respectivamente). Isso indica que o pivô 3, embora tenha apresentado menor déficit hídrico calculado (4,8%) ao final do ciclo (Tabela 4), consumiu mais água para produzir 1 kg de grãos de milho e também aplicou-se mais água (lâmina bruta de irrigação) para essa mesma produção. Esse resultado tem várias explicações: uso de cultivar de milho mais tolerante ao déficit hídrico, que torna a cultura mais eficiente no uso da água; uso de parâmetros inapropriados, principalmente valores não muito corretos do coeficiente de cultura (Kc) do milho para fazer o manejo de irrigação, dados de solo, de clima, dentre outros. O milho no pivô 3, apesar de resultar numa produtividade ligeiramente mais alta (9.720,0 kg ha⁻¹) em relação à do pivô 4 (9.540,0 kg ha⁻¹), foi menos eficiente em termos de “produtividade” da água, ou seja, produziu menos fitomassa para cada unidade de volume de água consumida ou aplicada.

Brito et al. (2008) trabalharam com cultura de milho em condições de estresse hídrico e chegaram a essa idêntica conclusão, isto é, a cultura sob estresse (57% da evapotranspiração total – ET - no ciclo) é mais eficiente quanto ao volume bruto específico de água aplicada (526,32 L kg⁻¹ de grãos) em relação à cultura sem estresse (94% da ET), cujo volume específico foi de 900,90 L kg⁻¹. As produtividades obtidas na cultura sem e com estresse foram, respectivamente, 4.819 e 3.303 kg ha⁻¹; por isso os valores encontrados para o volume específico de água aplicada foram mais elevados aos do presente trabalho. Quanto maior a produtividade da cultura e menor o volume de água aplicado na irrigação mais eficiente é a conversão de volume de água em massa de grãos produzidos.

O raciocínio torna-se contrário ao se observar a Figura 2, ou seja, a energia elétrica consumida no pivô 3 foi mais eficiente em sua conversão para massa de grãos produzidos. Enquanto se consumiram 63,06 Wh kg⁻¹ de grãos no pivô 3, já no pivô 4 se consumiram 85,00



Wh kg⁻¹ de grãos. Embora as potências de ambos os conjuntos motobombas fossem as mesmas (150 cv ou 110,4 kW), o pivô 4 aplica uma lâmina média de água de 3,68 mm e o pivô 3, uma lâmina de 5,34 mm, no mesmo tempo de giro completo a 100% de velocidade, que é de 7,44 horas (Tabela 2). Para aplicar lâminas próximas de irrigação em ambos os pivôs, haverá necessidade de gastar mais tempo no pivô 4. E foi o que ocorreu: no pivô 3 gastou-se um total de 582,93 horas e no pivô 4 foram 778,61 horas (Tabela 3). Desde que as bombas estejam funcionando com alturas manométricas próximas, os resultados levam a concluir que a bomba no pivô 4 está com alguma deficiência e medidas deverão ser adotadas para melhorar a sua eficiência ou trocá-la por outra mais eficiente, pois a vazão bombeada está aquém em relação à vazão do pivô 3. Há informação que as duas bombas já possuem cerca de 20 anos de funcionamento.

Em que pese algum problema detectado na bomba do pivô 4, o manejo da irrigação foi adotado em ambos os pivôs avaliados. Mesmo o pivô 4, que foi escolhido para adotar o manejo de irrigação segundo o critério da fazenda, resultou em boa produtividade do milho e melhor volume específico bruto de água aplicada. Os dados desse pivô lançados na planilha de manejo de irrigação geraram resultados satisfatórios de consumo de água pela cultura, com um certo grau de déficit hídrico (12,2% - Tabela 4), mas que não comprometeu de forma acentuada a produtividade. Um determinado grau de déficit pode ser até benéfico, além de originar economia de água e energia elétrica, aumentando as respectivas eficiências de uso. Uma análise econômica pode ser útil para verificar até que grau de déficit não causaria perda de lucratividade.

Deve-se ressaltar que, pelos relatos do gerente da fazenda, além da implantação do manejo da irrigação, outras ações foram implantadas na fazenda: adoção de manutenção preventiva nos pivôs; treinamento de equipes com mecânicos e eletricitas; instalação de equipamentos para monitoramento do consumo e demanda de energia elétrica, dentre outras. Com isso, já obtiveram uma economia de 35% no custo da irrigação, já inclusos os gastos com manutenção.

Conclusões

Com os resultados obtidos, observou-se claramente que é importante implementar a cultura do manejo da irrigação entre os irrigantes.

As análises dos consumos específicos da água de irrigação e da energia elétrica necessária ao bombeamento da água nos pivôs mostram os possíveis pontos de estrangulamentos que devem ser levados em conta para as tomadas de decisões mais acertadas para a sua eliminação.

No presente caso, observou-se que o pivô 4 (da Fazenda Guaicuí), embora tenha gerado um menor consumo específico de água, o que é o desejável, em relação ao pivô 3, foi o que apresentou o maior consumo específico de energia elétrica, possivelmente devido a alguma deficiência do seu conjunto motobomba.

Agradecimentos



À Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) que financiou este trabalho e à Fazenda Guaicuí, da Mantiqueira Agronegócios Ltda. que possibilitou a coleta de dados para a sua realização.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14244**: equipamentos de irrigação mecanizada: pivô central e lateral móvel providos de emissores fixos ou rotativos: determinação da uniformidade de distribuição de água. Rio de Janeiro, 1998. 11 p.

ALBUQUERQUE, P. E. P. **Planilha eletrônica para programação da irrigação em sistemas de aspersão convencional, pivô central e sulcos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 97).

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

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 611 p.

BRITO, R. A. L. Avaliação do desempenho de sistemas e projetos de irrigação. In: ALBUQUERQUE, P. E. P. de; DURÃES, F. O. M. (Ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. cap. 8, p. 401-419.

BRITO, R. A. L.; GOMIDE, R. L.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de. Produtividade da água na cultura do milho no centro-oeste de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 3.; WORKSHOP SOBRE MANEJO E ETIOLOGIA DA MANCHA BRANCA DO MILHO, 2008, Londrina. **Agroenergia, produção de alimentos e mudanças climáticas: desafios para milho e sorgo: trabalhos e palestras**. [Londrina]: IAPAR; [Sete Lagoas]: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 1 CD-ROM.

ESTUDO de otimização energética setor irrigação: pivô central. Belo Horizonte: Cemig, 1993. 22 f. Relatório do trabalho desenvolvido pela Cemig em parceria com a Universidade Federal de Viçosa e financiado parcialmente pela Eletrobrás (Procecon).

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. 2. ed. Piracicaba: USP: ESALQ, 1996. 505 p.

Apoio: FAPEMIG

