DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA PARA AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO PRESSURIZADOS[1]

João Carlos Ferreira **BORGES JÚNIOR**[2] – UFV – jcborges@alunos.ufv.br;
Everardo Chartuni **MANTOVANI**[3] – UFV – everardo@mail.ufv.br

RESUMO: Antes que se estabeleça a estratégia de manejo a ser utilizada no cafeeiro, faz-se necessário a avaliação do desempenho do sistema de irrigação. Os resultados desta avaliação indicam a eficiência e a uniformidade de aplicação de água do sistema e, conseqüentemente, permitem ajustar a utilização do equipamento em relação aos requerimentos hídricos do cafeeiro e de outras culturas. Devido à dificuldade de técnicos e produtores na execução da avaliação da irrigação, faz-se necessário o desenvolvimento de ferramentas, tais como programas computacionais, que contribuam para que esta avaliação seja realizada de forma adequada e rápida. O desenvolvimento de um programa com estas características foi o objetivo deste trabalho. Foi desenvolvido um programa que efetua o cálculo de parâmetros que permitem avaliar a uniformidade de aplicação de água por sistemas de irrigação por aspersão dos tipos aspersão convencional, autopropelido e pivô central, e sistemas de irrigação localizada dos tipos, microaspersão, gotejamento e tubo de polietileno flexível perfurado, comumente utilizados na irrigação do cafeeiro. O sistema apresenta os resultados através de formulários, relatórios e gráficos. A aplicação do programa pode ser feita logo após o teste de campo, permitindo aos usuários um rápido estabelecimento de recomendações que visem a melhoria da irrigação. A impressão de relatórios e gráficos agiliza o encaminhamento da resposta ao produtor agrícola. O programa deve ser validado através de testes de operacionalidade, que também contribuirão para o aperfeiçoamento da interface.

PALAVRAS-CHAVE: irrigação, avaliação da irrigação, manejo, programa.

ABSTRACT: Before it settles down the handling strategy to be used, it makes himself necessary the evaluation of the acting of the irrigation system. The results of this evaluation indicate the efficiency and the uniformity of application of water of the system and, consequently, they allow to adjust the use of the equipment in relation to the crop water requirements. Due to the technicians' difficulty and producers in the execution of the evaluation of the irrigation, he/she makes himself necessary the development of tools, such as computer programs, that contribute so that this evaluation is accomplished in an appropriate and fast way. The development of a program with these characteristics was the objective of this work. It was developed a program that makes the calculation of parameters that you/they allow to evaluate the uniformity of application of water for irrigation systems for aspersion of the types conventional sprinkle, traveling and central pivot, and systems of trickle irrigation of the types, microaspersão, leak and tube of perforated flexible polythene. The system presents the results through forms, reports and graphs. The application of the program can be made soon after the field test, allowing to the users a fast establishment of recommendations that you/they seek the improvement of the irrigation. The impression of reports and graphs activate the direction of the answer to the agricultural producer. The program should be validated through operationally tests, that will also contribute to the improvement of the interface.

KEYWORDS: irrigation, evaluation of the irrigation, management, software.

INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada geralmente utiliza maiores volumes de água comparativamente aos consumidos pelos municípios e pela indústria. As práticas adequadas de manejo da agricultura irrigada proporcionam, além da otimização do desempenho do sistema de irrigação, benefícios ao meio ambiente e substanciais ganhos em relação à disponibilidade de água, tanto para expansão da atividade agrícola como para outros usos (PRAJAMWONG et al., 1997). O manejo inadequado de um sistema de irrigação pode levar à aplicação de uma quantidade menor de água do que a necessária ao desenvolvimento otimizado da cultura, e, conseqüentemente, acarretar redução da produtividade e da receita líquida resultante da comercialização da produção. Por outro lado, caso o sistema aplique mais água ao cultivo do que o recomendável, além do desperdício de energia, ocorrerá perda excessiva de água por percolação e, portanto, maior lixiviação de

[1] Trabalho financiado pelo **CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ**
[2] Eng. Agrícola, M.S. bolsista de Doutorado, Departamento de Engenharia Agrícola – UFV, Viçosa, MG, Brasil; 0 xx 31 892 – 3025.
[3] Eng. Agrícola, D.S., Prof. Titular do DEA/UFV, Bolsista do CNPq, everardo@mail.ufv.br;

insumos agrícolas. Isto pode provocar danos ambientais devido à contaminação do lençol freático, além de indisponibilizar esses insumos ao cultivo. Em áreas declivosas, a aplicação de água pelo sistema de irrigação, com taxas maiores que as condizentes com a capacidade de infiltração no solo, pode gerar escoamento superficial e, desta forma, perdas de solo. Já em áreas planas, em solos onde verifica-se a presença de camada impermeável pouco profunda ou em solos pesados com baixa capacidade de infiltração e, ou de redistribuição de água no perfil, lâminas excessivas de irrigação podem proporcionar a saturação total ou parcial da zona radicular e, assim, gerar perdas de produção devido à suscetibilidade da cultura ao excesso de água no solo. Enfim, a irrigação em excesso também pode acarretar queda de produtividade e de receita líquida. Em regiões de cerrado de Minas Gerais verifica-se que vários sistemas de irrigação são utilizados em cafezais, podendo-se destacar a irrigação localizada por gotejamento e tubos de polietileno flexível perfurado, irrigação por aspersão por autopropelido e pivô central. Porém, nem sempre estes sistemas são dimensionados e manejados adequadamente (BONOMO, 1999). Antes que se estabeleça a estratégia de manejo a ser utilizada, faz-se necessário a avaliação do desempenho do sistema de irrigação. Os resultados desta avaliação indicam a eficiência e a uniformidade de aplicação de água pelo sistema e, conseqüentemente, permitem ajustar a utilização do equipamento em relação aos requerimentos hídricos do cultivo. Conforme MERRIAM et al. (1983), os objetivos principais da avaliação de um sistema de irrigação são: (a) determinar com qual eficiência de irrigação o sistema vem sendo utilizado; (b) determinar como efetivamente o sistema pode ser operado e se ele pode ser aperfeiçoado; (c) obter informações que vão auxiliar na assistência e elaboração de outros projetos; e (d) obter informações que possibilitem a comparação entre vários métodos, sistemas e procedimentos de manejo, como base para decisões de ordem econômica. Verifica-se, no entanto, a dificuldade de técnicos e produtores na execução da avaliação da irrigação, tanto em relação aos procedimentos de campo quanto aos cálculos dos parâmetros de uniformidade e de desempenho da irrigação. Outro fato que comumente ocorre é a demora entre a avaliação da irrigação e a obtenção de resultados, os quais permitirão estabelecer as recomendações necessárias à otimização da utilização do sistema de irrigação. Do que foi exposto acima, pode-se concluir que faz-se necessário o desenvolvimento de ferramentas, tais como programas computacionais, que auxiliem técnicos e produtores na realização de uma adequada e rápida avaliação da irrigação, visando otimização econômica da atividade agrícola, economia de água e energia e conservação do meio ambiente. O desenvolvimento de um programa com estas características foi o objetivo deste trabalho.

MATERIAL E MÉTODO

Utilizou-se o pacote de programação Delphi 5 para o desenvolvimento de um programa que tem por objetivo auxiliar na avaliação de sistemas de irrigação pressurizados. Os usuários em potencial são técnicos e produtores agrícolas. O programa permite ao usuário avaliar sistemas de irrigação por aspersão dos tipos aspersão convencional, autopropelido ou pivô central, e sistemas de irrigação localizada dos tipos, microaspersão, gotejamento ou tubo de polietileno flexível perfurado. Com base em dados de testes de campo, tais como lâmina aplicada, lâminas coletadas em malhas de coletores, vazão de emissores, vazão de sistema, pressão de serviço do sistema, umidade de capacidade de campo, umidade do solo antes da irrigação, disposição do sistema de irrigação no campo, entre outros, é feita a avaliação da uniformidade de aplicação de água pelos sistemas e a avaliação de desempenho da irrigação. A avaliação da uniformidade de aplicação de água pelo sistema de irrigação resulta em parâmetros que podem variar para os diferentes tipos de sistemas. Para sistemas de irrigação por aspersão os parâmetros calculados são o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, devendo serem consideradas as peculiaridades de cada sistema (BONOMO, 1999; TARJUELO et al. 1999). Existe, no entanto, uma diferença fundamental em avaliar sistemas de irrigação localizada, quando comparado com sistemas de irrigação por aspersão. O conceito de aplicação de uma lâmina de água uniforme sobre toda a área entra em conflito com as vantagens da irrigação localizada. Uma das mais distintas vantagens da irrigação localizada é a de diminuir a área de superfície umedecida, possibilitando minimizar a evaporação da superfície do solo. A água é aplicada junto à fração da área que concentra o sistema radicular da cultura, e isto ajuda a minimizar o crescimento de plantas daninhas na área livre entre as plantas, por manter esta área não produtividade seca. Desse modo, a uniformidade para sistemas de irrigação localizada está geralmente limitada à uniformidade de descarga dos emissores para suprir a água requerida pelas plantas individualmente (HEERMANN et al., 1992). Para sistemas de irrigação localizada são calculados os seguintes parâmetros de uniformidade de aplicação de água: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, Coeficiente de Uniformidade de Emissão, Coeficiente de Uniformidade de Emissão Absoluta (KELLER e KARMELI, 1975) e Coeficiente de

Uniformidade Estatística (BONOMO, 1997). O Coeficiente de Uniformidade Estatística é calculado utilizando a seguinte expressão:

$$Us = 100(1 - CVq) = 100\left(1 - \frac{Sq}{q_m}\right) \quad (1)$$

em que Us é o coeficiente de uniformidade estatística; CVq é o coeficiente de variação da vazão do emissor; e Sq é o desvio padrão da vazão do emissor. A avaliação de desempenho do sistema de irrigação é feita calculando-se os seguintes parâmetros: lâmina real de irrigação, lâmina armazenada na zona radicular, lâmina deficitária, lâmina percolada, porcentagem de área adequadamente irrigada, eficiência potencial de aplicação, coeficiente de déficit, perdas por percolação, eficiência de condução, eficiência de distribuição de projeto, eficiência para área adequadamente irrigada de projeto e eficiência de aplicação. Alguns desses parâmetros são descritos a seguir:

a) Eficiência de aplicação de água (Ea):

Este termo é definido como a razão entre a lâmina de água armazenada na zona radicular e a lâmina média de água aplicada (MERRIAM et al., 1983). Tem a seguinte forma

$$Ea = 100\ Larm\ Lapl^{-1} \quad (2)$$

em que Larm é a lâmina armazenada na zona radicular (mm) e Lapl é a lâmina aplicada pelo sistema (mm).

b) Eficiência em potencial de aplicação de água (EPa):

É um parâmetro a ser calculado quando são considerados sistemas de irrigação por aspersão. Pode ser calculada para as condições no momento do teste, conforme BERNARDO (1995):

$$EPa_{Bernardo} = 100\ Lcol\ Lapl^{-1} \quad (3)$$

em que Lcol é a lâmina média coletada (mm).

Já a metodologia apresentada por KELLER e BLIESNER (1990) permite a estimativa da EPa para as condições médias do dia da avaliação:

$$EPa_{Keller} = 0,976 + 0,005ETo - 0,00017ETo^2 + 0,0012Vv - \\ - Cl(0,00043ETo + 0,00018Vv + 0,000016EToVv \quad (4)$$

$$Cl = 0,032\ P^{1/3}Db^{-1} \quad (5)$$

em que Eto é a evapotranspiração de referência, mm/dia; Vv é a velocidade do vento, km/h; Cl é o coeficiente adimensional que caracteriza o potencial de evaporação e arraste; Db é o diâmetro do orifício do aspersor, mm (verificar); e P é a pressão de serviço, kPa.

c) Eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada de projeto (EDad)

É estimada, para uma condição projetada de manejo adequado do sistema, com a aplicação de uma lâmina de irrigação que possibilite atingir uma porcentagem de área adequadamente irrigada preestabelecida, por exemplo 80 % para o cafeeiro que é um cultivo de médio valor econômico e sistema radicular bem desenvolvido. Segundo a metodologia apresentada por KELLER e BLIESNER (1990)

$$EDad = 100 + (606 - 24,9Pad + 0,349Pad^2 - 0,00186Pad^3) \\ (1 - CUC\,100^{-1}) \quad (6)$$

em que Pad é a porcentagem de área adequadamente irrigada, %.

d) Eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada de projeto (Eipad)

É o valor a ser utilizado na estimativa da lâmina a ser aplicada em uma condição de manejo adequado do sistema com a aplicação de uma lâmina que possibilite atingir uma porcentagem de área adequadamente irrigada preestabelecida. É estimada a partir dos valores da EDad, decimal, e EPa, obtidos pelas metodologias propostas por KELLER e BLIESNER (1990), pela seguinte expressão:

$$Eipad = EDad\ EPa_{Keller}\ Ec \quad (7)$$

em que Ec é a eficiência de condução, decimal.

e) Coeficiente de déficit (Cd)

Conforme HART et al. (1979), Cd pode ser expresso como a razão entre a lâmina de água deficitária (Ldef, mm) e a lâmina de irrigação real necessária (IRN, mm).

$$Cd = 100\ Ldef\ IRN^{-1} \quad (8)$$

f) Perdas por percolação (Pp)

Razão entre a lâmina percolada (Lper, mm) e a lâmina coletada (Lcol, mm):

$$Pp = 100\ Lper\ Lcol^{-1} \quad (9)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa desenvolvido efetua o cálculo de parâmetros que permitem avaliar a uniformidade de aplicação de água por sistemas de irrigação por aspersão dos tipos aspersão convencional, autopropelido ou pivô central, e sistemas de irrigação localizada dos tipos, microaspersão, gotejamento ou tubo de polietileno flexível perfurado. O sistema apresenta os resultados através de formulários, relatórios e gráficos. A aplicação do programa pode ser feita logo após o teste de campo, permitindo aos usuários um rápido estabelecimento de recomendações que visem a melhoria da irrigação. A impressão de relatórios e gráficos agiliza o encaminhamento da resposta ao produtor agrícola. Os gráficos com os resultados apresentam a lâmina média coletada e a irrigação real necessária em função da porcentagem de área irrigada para os diferentes sistemas de irrigação. Os relatórios de saída contém informações sobre a uniformidade de aplicação de água pelo sistema e sobre o desempenho da irrigação. Com base em classificações dos parâmetros de uniformidade e de desempenho, é indicado qual o nível de adequabilidade do manejo do sistema de irrigação. Um recurso que também pode ser implementado no sistema é a inclusão de fotos que auxiliem na análise e interpretação de resultados. Estas fotos podem ser apresentadas em relatórios de saída, juntamente com legendas fornecidas ao programa pelo usuário, no momento da inclusão da foto. A implementação no programa de modelos que relacionam produtividade da cultura à disponibilidade de água no solo, considerando também a uniformidade de aplicação de água pelo sistema de irrigação, permitirá a estimativa da produtividade considerando as condições de irrigação observadas nos testes de campo. Com base na estimativa da produtividade pode ser feita a análise financeira da atividade agrícola relativa à irrigação avaliada.

CONCLUSÕES

O programa computacional desenvolvido é uma ferramenta que auxilia técnicos e produtores na avaliação da irrigação quanto à uniformidade de aplicação de água e desempenho, agilizando a geração de resultados e o estabelecimento de recomendações quanto ao manejo do sistema de irrigação. No entanto, para validação do programa, é necessário que sejam feitos testes de operacionalidade, considerando diversas situações de irrigação. Estes testes também contribuirão para o aperfeiçoamento da interface do programa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**.Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 596 p.

BONOMO, R.. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1999. 224p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

HART, W.E., PERI, G., SKOGERBOE, G.V. Irrigation performance: an evaluation. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v. 105, n. IR3, p. 275-288, 1979.

HEERMANN, D.F., WALLENDER, W.W., BOS, M.G., Irrigation efficiency and uniformity. In: HOFFMAN, G.J., HOWELL, T.A., SOLOMON, K.H. **Management of farm irrigations systems**. St. Joseph: ASAE, 1992. 1040 p. (Monograph, 9).

KELLER, J., BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990, 649 p.

KELLER, J., KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133 p.

MERRIAM, J.L., SHEARER, M.N., BURT, C.M. Evaluating irrigation systems and practices. In: JENSEN, M.E. (Ed.). **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1983. p.721-762 (Monograph, 3).

PRAJAMWONG, S., MERKLEY, G.P., ALLEN, R.G. Decision support model for irrigation water management. **Journal of irrigation and drainage engineering**. v. 123, n. 2, p. 106-113, 1997.

TARJUELO, J.M., MONTERO, J., VALIENTE, M., HONRUBIA, F.T., ORTIZ, J. Irrigation uniformity with medium size sprinklers part II: influence of wind and other factors on water distribution. **Transactions of the ASAE**, v.42, n.3, p.677-689, 1999.