

METODOLOGIA PARA ADEQUAÇÃO DE PARÂMETROS DO MÉTODO DE IRRIGAÇÃO POR SULCOS PARA USO PELA ASSISTÊNCIA TÉCNICA¹

AGUSTÍN A. MILLAR², HAMILTON M. DE AZEVEDO³ e EDSON L. DE POSSÍDIO⁴

RESUMO.- Descreve-se uma metodologia de análise e representação de dados de pesquisa sobre parâmetros do método de irrigação por sulcos. Na coleta de dados usou-se um oxissolo (latossolo 37 AB) do Projeto de Irrigação de Bebedouro. Fizeram-se determinações de densidade aparente, curvas de retenção de umidade, infiltração ao nível de 50 % de água disponível, e testes de avanço de água em sulcos com diferentes declividades e vazões: 0,15 % (2,5 - 3,1 - 4 - 5 litros/seg.), 0,24 % (2 - 2,5 - 3 litros/seg.) e 0,37 % (1 - 1,5 - 2 - 2,5 litros/seg.). A profundidade efetiva do sistema radicular das culturas é definida em função do ciclo fenológico. A vazão máxima não-erosiva e mais eficiente foi definida a partir dos dados dos testes de avanço de água nos sulcos, sendo que as combinações mais eficientes de vazão-declividade foram: 2,5 litros/seg.-0,15% , 2 litros/seg.- 0,24% e 1,5 litros/seg.-0,37% . Os dados foram analisados para responder à pergunta "quanto irrigar", construindo-se nomogramas para manejo da irrigação, visando seu uso rápido pela assistência técnica. Os nomogramas, usados em forma sequencial, permitem definir: profundidade efetiva das raízes em função do tempo após o plantio, lâmina de reposição em função do nível de água disponível e profundidade do sistema radicular, vazão mais eficiente em função da declividade dos sulcos, eficiência de aplicação em função do comprimento de sulcos e combinação vazão-declividade, e tempo de irrigação em função da lâmina bruta e comprimento de sulcos. A metodologia pode ser extrapolada e deve ser aplicada em cada solo.

Termos para indexação: eficiência de aplicação, infiltração, irrigação superficial, manejo da irrigação, métodos de irrigação, sulcos.

INTRODUÇÃO

Para manejo eficiente da irrigação a nível de parcela, é preciso conhecer adequadamente uma série de dados básicos que caracterizam o método de irrigação nas condições de operação. Normalmente, a pesquisa entrega, como subproduto, uma série de informações sobre parâmetros de irrigação em forma científica, de maneira que a assistência técnica necessita adequar esses dados para usá-los

junto aos produtores. Esse procedimento, contudo, apresenta dificuldades na transferência da tecnologia de irrigação, e, por conseguinte ineficiência no uso da informação a nível do produtor.

A irrigação por sulcos é a mais utilizada nos projetos de irrigação do Nordeste (GEIDA 1971) e os parâmetros mais importantes que caracterizam o método são: vazão, taxa de infiltração, déficit de água no solo, comprimento de sulcos, declividade do terreno e o tempo de recessão. Para se obter a máxima eficiência na aplicação de água através da irrigação por sulcos, essas características devem ser adequadamente definidas para as condições da parcela de cada produtor. Devido ao grande número de variáveis e de cálculos, a assistência técnica não dispõe de um método prático para definir rapidamente no campo, a lâmina, vazão e tempo de irrigação para uso pelo produtor. Visando resolver esse problema, QUEIROZ & MILLAR (1975) apresentaram a parametrização do método de irrigação por sulcos para vertissolo, contudo, essa parametrização se constituiu num caso especial, além de não incluir uma seqüência operacional com todas as variáveis do método de irrigação.

¹ Aceito para publicação em 6 de Julho de 1978
Contribuição conjunta da FAO/CODEVASF, UFPB e CPATSA/EMBRAPA.

² Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Projeto PNUD/FAO-BRA/74/008. CPATSA/EMBRAPA, 56.300 - Petrolina, PE.

³ Eng^o Agrônomo, M.S., Professor-Assistente, CCT, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), 58.100 - Campina Grande, PB.

⁴ Eng^o Agrônomo Pesquisador da EMBRAPA, CPATSA-56.300 - Petrolina, PE.

Neste trabalho, descreve-se uma metodologia de análise e representação de dados de pesquisa sobre parâmetros do método de irrigação por sulcos, a qual permite definir de maneira rápida, no campo, os dados básicos para o manejo da irrigação a nível de parcela.

MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de parâmetros de irrigação foi realizada num oxissolo (latossolo 37 AB), no Centro de Treinamento de Irrigantes do Projeto de Irrigação de Bebedouro, Petrolina, PE. As características da região, clima e solos são dadas pela FAO/PNUD (1971) e por HARGREAVES (1973).

Os testes de infiltração foram feitos com cilindros infiltrômetros de acordo com o procedimento de HAISE et al. (1956), descrito por QUEIROZ et al. (1976), para níveis de 50 % de água disponível no solo, com a finalidade de que os parâmetros representem as condições normais de manejo da irrigação. Os testes de avanço de água, foram feitos em sulcos com diferentes declividades e vazões, após uma irrigação de assentamento, como segue: 0,15 (2,5 - 3,1 - 4 - 5 litros/seg.), 0,24 % (2 - 2,5 - 3 litros/seg.) e 0,37% (1 - 1,5 - 2 - 2,5 litros/seg.), segundo o procedimento descrito por CRIDDLE et al. (1956). As determinações de densidade aparente foram feitas mediante cilindros de volume conhecido (BLAMKE 1965) e a curva de retenção de água mediante o uso de prato e panela-depressão (RICHARDS 1948). A profundidade do sistema radicular do tomate industrial, usado como exemplo, foi obtida mediante observações do sistema radicular, em estudos realizados no CPATSA/EMBRAPA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados no campo foram analisados para responder a pergunta referente à quantidade de água a aplicar numa irrigação. Para a obtenção dessa informação, normalmente, é necessário dispor de uma série de dados físico-hídricos do solo e parâmetros de irrigação, para que se faça uma análise e cálculos detalhados para as condições da parcela do produtor (solo, declividade, infiltração, comprimentos de sulcos, vazões apropriadas, etc) o

que, sem dúvida, não pode ser executado diretamente no campo.

Visando o uso expedito dos parâmetros de irrigação por sulcos diretamente no campo, pela assistência técnica, desenvolveu-se uma metodologia de análises, cálculos e apresentação da informação através de Nomogramas, para manejo da irrigação. A metodologia inclui a seguinte informação: a. Profundidade efetiva do sistema radicular em função do ciclo fenológico; b. Lâmina líquida de irrigação em função do nível de restituição da água disponível e profundidade efetiva; c. Vazão não erosiva mais eficiente em função da declividade dos sulcos; d. Eficiência de aplicação para a combinação vazão-declividade em função do comprimento dos sulcos; e. Tempo de irrigação em função da lâmina bruta, do comprimento dos sulcos e combinação de vazão-declividade.

Profundidade de Irrigação

Para definir a profundidade do solo onde deve ser restituída a irrigação, é preciso conhecer a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura. A profundidade efetiva é função da cultura, do estágio fenológico da planta e das características físico-hídricas do solo (ICRISAT 1974). Na Fig. 1 se mostra, como exemplo, a profundidade efetiva do sistema radicular do tomate industrial em um oxissolo, em função do tempo, após o transplante. Desta figura se pode inferir rapidamente a profundidade de solo a irrigar, conhecendo-se apenas a idade da cultura após o transplante.

Lâmina líquida de irrigação

Normalmente, a informação hídrica dos solos é apresentada considerando-se a relação entre conteúdo de umidade e potencial matricial, conhecida como curva de retenção de umidade do solo (ARIAS & MILLAR 1973, WINKER & GOEDERT 1972), a qual não pode ser facilmente usada a nível operacional no manejo da irrigação. Na Fig. 2, se apresenta a informação de retenção de água, parametrizada para uso imediato em condições de campo. A Fig. 2 permite definir a lâmina líquida em função do nível de água disponível de reposição e da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura, definida através da Fig. 1. O uso do conceito de água disponível, do ponto de vista da terminologia termodinâmica, tem sido criticado

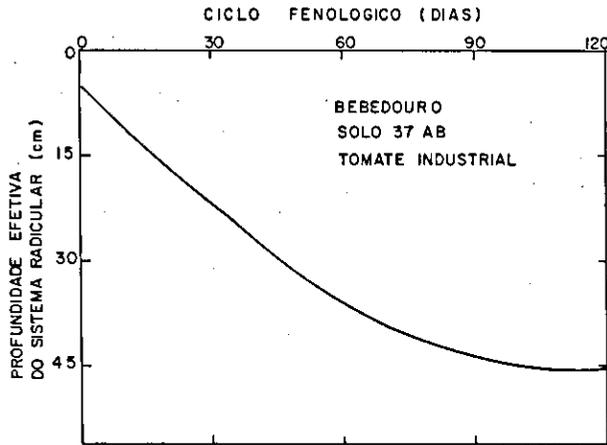


FIG. 1. Profundidade efetiva do sistema radicular de tomate industrial num oxissolo, em função do ciclo fenológico.

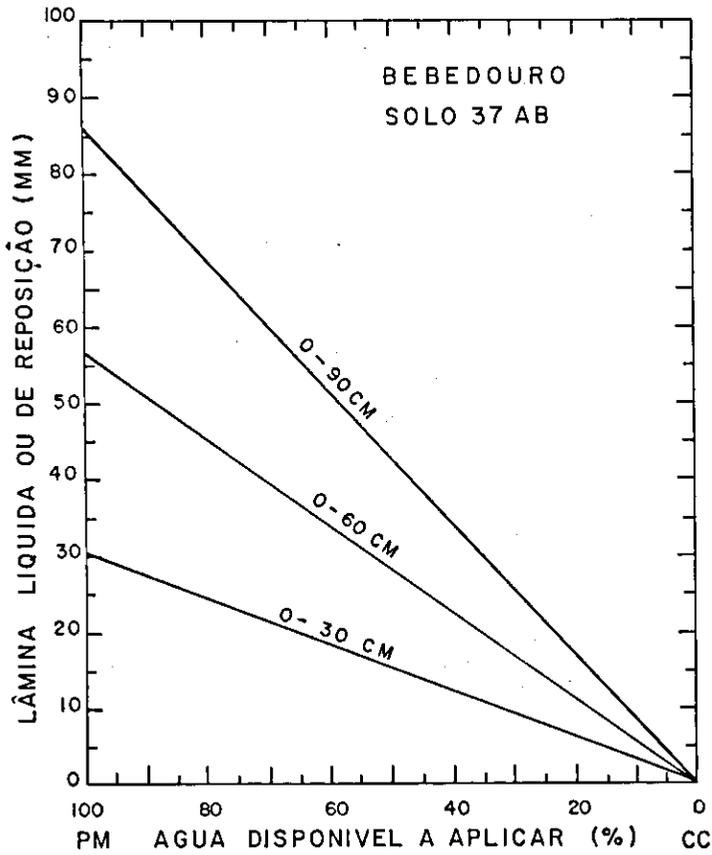


FIG. 2. Lâmina líquida de irrigação em função do nível de restituição da água disponível e profundidade efetiva.

(REICHARDT 1976); contudo, pela simplicidade do termo, pelo conhecimento e facilidade de compreensão e pela assistência técnica, justifica-se seu uso na parametrização para manejo da irrigação. O nível de água disponível de reposição, em termos de produção, depende da resposta da cultura ao déficit de água (MILLAR 1976). Normalmente o nível de uso de água pelas plantas, que define a reposição, está entre 30 e 60% da água disponível (HAGAN et al. 1959), o que corresponde, aproximadamente, a valores de potencial matricial entre -0,10 e -0,4 bar para solos arenosos, e entre -0,33 e -2 bares para solos argilosos.

Vazões e eficiência de aplicação

Na Fig. 3, se mostra a relação entre vazão e declividade dos sulcos. Como referência, indica-se a relação empírica que se usa para determinar a vazão máxima não erosiva (CRIDDLE et al. 1956), e a relação para as vazões máximas não erosivas observadas nos testes de avanço. Uma análise dos dados permitiu definir que as vazões máximas observadas não foram as mais eficientes na aplicação da irrigação, sendo necessário diminuir as vazões nas

diferentes declividades para níveis de maior eficiência de aplicação. A relação de maior eficiência também é incluída na Fig. 3, sendo que essa deve ser usada no manejo da irrigação. Nesse caso, é bastante determinar a declividade da parcela do produtor, mediante um procedimento simples, com o uso de inclinômetro, por exemplo, para definir a vazão com que se deve operar.

Eficiência de aplicação e lâmina bruta de irrigação

Com os dados de campo se testaram várias formas de apresentação da informação, com vistas a elaborar um procedimento operativo para definir a eficiência de aplicação. Em geral, os projetos de irrigação têm parcelas com comprimento de sulcos que variam de 60 a 120 m, devido a variações das características de solos e topografia. Para levar todas essas variáveis em consideração, optou-se por colocar a eficiência de aplicação em função do comprimento dos sulcos para diferentes combinações de vazão-declividade (Fig. 4). Desse modo, a informação inferida da Fig. 3 deve ser assimilada à combinação vazão-declividade mais próxima, com o que se escolhe a relação a usar. Com os da-

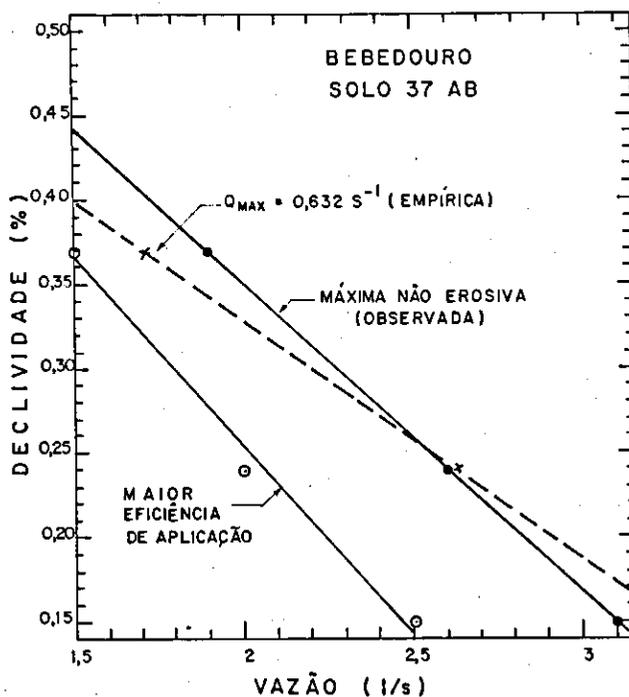


FIG. 3. Vazões máximas não-erosivas e vazão não-erosiva mais eficiente em função da declividade dos sulcos.

dos de comprimento de sulcos se determina a eficiência de aplicação.

A lâmina bruta de irrigação (L_b), fica definida pela razão entre lâmina líquida (L_l), determinada na Fig. 2, e a eficiência de aplicação (E_a) determinada na Fig. 4, ou seja $L_b = L_l/E_a$. Este é o único cálculo numérico que a assistência técnica deverá fazer no campo.

Tempo de irrigação

O tempo de irrigação (T_i), quando se irriga por sulcos, é igual à somatória do tempo de infiltração (T_{in}) que é o tempo que leva a água para atingir o final do sulco (CRIDDLE et al. 1956, BISHOP 1961, GRASSI et al. 1965).

Calculou-se o tempo de irrigação para diferentes lâminas brutas de irrigação e os comprimentos dos sulcos para as mesmas combinações de vazão-declividade definidas na Fig. 4. Estes dados são apresentados nas Fig. 5, 6 e 7, para as combinações vazão-declividade 1,5 litros/seg.-0,37%, 2 litros/seg.-0,24% e 2,5 litros/seg.-0,15%, respectivamente. O gráfico a ser usado fica definido pela combinação vazão-declividade, e o tempo de irrigação é obtido usando-se a lâmina bruta calculada e a formação de comprimento de sulco. Desta forma, se definem rapidamente os parâmetros de irrigação aplicáveis à situação da parcela do produtor.

Exemplo de uso da informação

A seqüência de uso dos nomogramas e dados

obtidos, estão definidos na Fig. 8.

Como exemplo, suponhamos que um produtor tenha um plantio de tomates, com 45 dias após o transplântio, irrigado por sulcos com declividade 0,28% e 80 m de comprimento: da Fig. 1, se obtém que a profundidade efetiva do sistema radicular é de 30 cm. Na Fig. 2, usando a reta 0-30 cm obtém-se uma lâmina líquida de 19 mm para um nível de reposição de 60% de água disponível. O tomate é uma cultura relativamente resistente ao déficit de água (SILVA & SIMÃO 1973, GRASSI et al. 1967, MILLAR 1976). Da Fig. 3 obtém-se que para uma declividade de sulcos de 0,28% pode usar-se uma vazão de 1,9 litros/seg. A combinação vazão-declividade, mais próxima, 2 litros/seg.-0,24% dá uma eficiência de aplicação de 62,5% em sulcos de 80 m de comprimento (Fig. 4). A lâmina bruta é $19/0,625 = 30,4$ mm. Para aplicar esta lâmina deve-se irrigar durante 21 minutos com uma vazão de 2 litros/seg., o que é obtido da Fig. 6. Desta forma, usando-se esta metodologia, pode-se responder rapidamente à pergunta "quanto irrigar".

A outra pergunta importante a responder em manejo da irrigação é "quando irrigar", o que envolve os aspectos da relação solo-água-planta e clima. Esse estudo está sendo conduzido no CPATSA/EMBRAPA, visando definir a metodologia que possa ser usada para orientar a aplicação da irrigação das diferentes culturas.

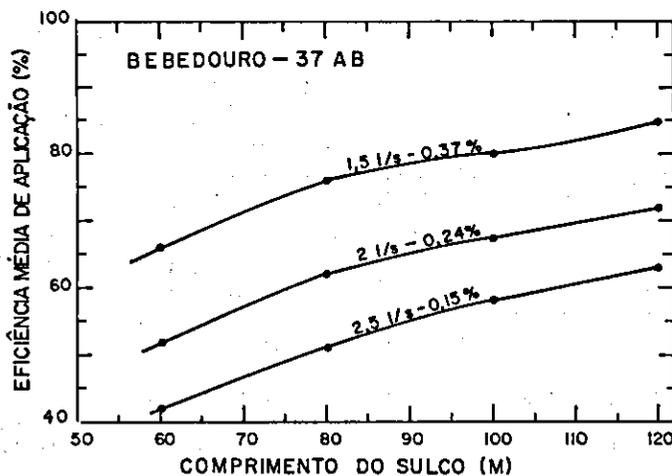


FIG. 4. Eficiência de aplicação para diferentes combinações de vazão-declividade em função do comprimento de sulcos.

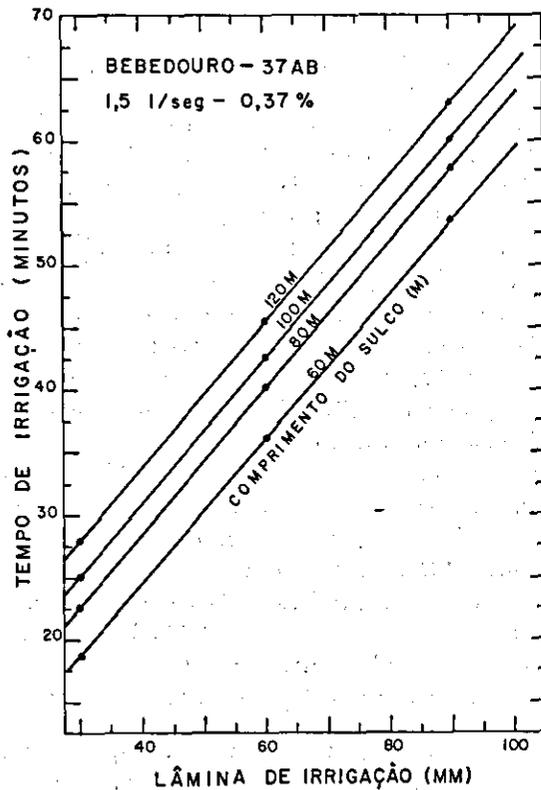


FIG. 5. Tempo de irrigação em função da lâmina bruta e comprimento de sulcos para a combinação vazão-declividade 1,5 litros/seg. -0,37%.

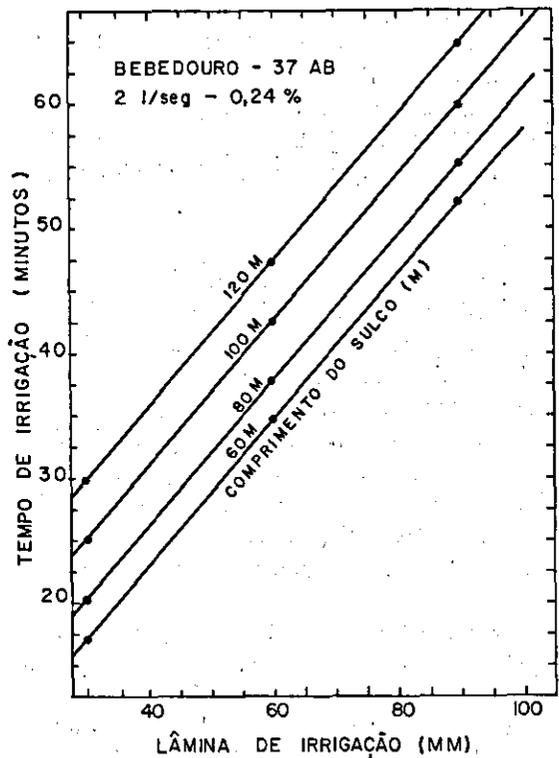


FIG. 6. Tempo de irrigação em função da lâmina bruta e comprimento de sulcos para a combinação vazão-declividade 2 litros/seg. -0,24%

REFERÊNCIAS

- ARIAS, E. & MILLAR, A.A. Relaciones hídricas de tres suelos regados de la zona central de Chile. *Turrialba*, 23(3):275-83, 1973.
- BISHOP, A. Relation of intake rate to length of run surface irrigation. *J. Irrig. Drainage.*, 127(3) 282-93, 1961.
- BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E.; CLARK, F.E. *Methods of soil analysis. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling.* Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.1. p.374-90. (Agronomy, 9)
- CRIDDLE, W.; DAVIS, S.; PAIR, C.H. & SOCKLEY, D.G. *Methods for evaluating irrigation systems.* USDA. Soil Conservation Service, 82:1-13, 1956.
- FAO, Roma. *Estudios de Irrigación e ingeniería; estudios de la cuenca del Río São Francisco.* Roma, FAO/PNUD, 1971. 301p. (Informe Técnico, 4).
- GEIDA. Características básicas dos projetos avaliados. Programa Plurianual de Irrigação (PPI). Rio de Janeiro, 1971. v.13. 234p.
- GRASSI, C.J.; FERNANDEZ, P.C. & PONCE, I. Velocidad de avance del frente de agua en los surcos de riego. *Revista de Investigaciones Agropecuarias. Serie Clima y Suelos*, 11(2):11-34, 1965.
- MIHAJLOVICH, D.L.E. & NIJENSOHN, L. Respuesta del tomate (cv. Roma) a diferentes regímenes de riego. *Revista de Investigaciones Agropecuarias. Serie Biología y Producción Vegetal*, 4(15):269-303, 1967.
- HAGAN, R.M.; VAADIA, Y. & RUSSELL, M.B. Interpretation of plant response to soil moisture regimes. *Advances in Agronomy*, (11):77-98, 1959.
- HAISE, H.; DONNAN, W.W.; PHELAN, J.T.; LAWTON, L.F. & SHOCKLEY, D.G. The use of cylinder infiltrometers to determine the intake characteristics of

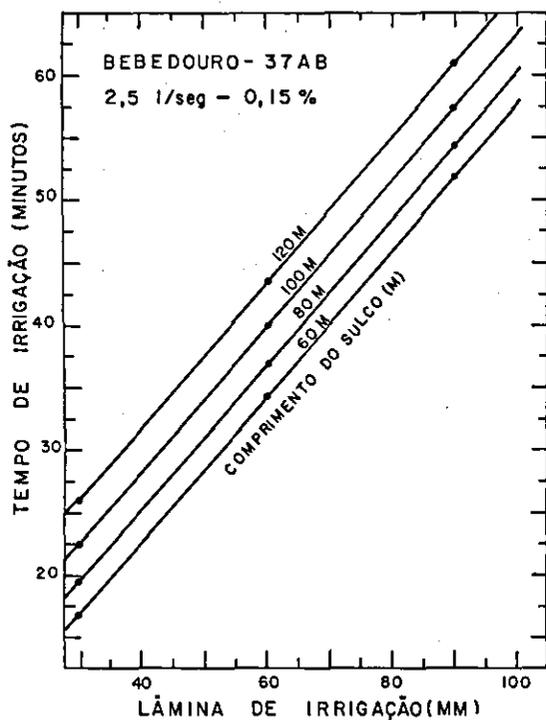


FIG. 7. Tempo de irrigação em função da lâmina bruta e comprimento de sulcos para a combinação vazão-declividade 2,5 litros/seg. -0,15%.

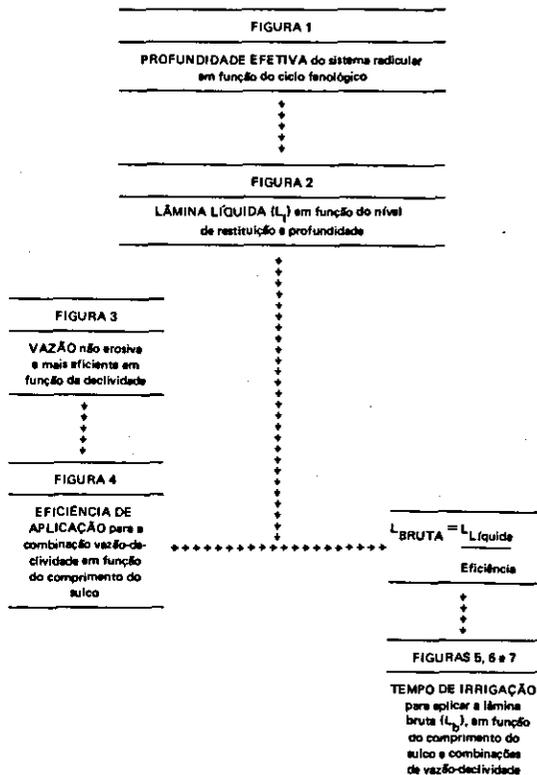


FIG. 8. Seqüência de uso dos nomogramas em irrigação por sulcos.

Irrigated soils. Washington, D.C., USDA. 1956. 10p. (ARS 41-7)

HARGREAVES, G.H. Climatic zoning for agricultural production in Northeast Brazil. Utah, Utah State University, 1974. 6p.

INTERNATIONAL CROPS RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID TROPICS. Annual Report 1973-74. Hyderabad, 1974. 87 p.

MILLAR, A.A. Respuesta de los cultivos al déficit de agua como información básica para el manejo del riego. Brasília, CODEVASF/FAO/USAID/ABID, 1976. Trabalho apresentado no Seminário sobre Manejo de Água, Brasília, Maio. 1976.

QUEIROZ FILHO, S.C. de & MILLAR, A.A. Parâmetros para irrigação por sulcos dos vertissolos do Sub-Médio São Francisco. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, s.l., 1975. v.4. p.18-29.

_____, & BOERS, M. Características da infiltração dos vertissolos do Sub-Médio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. Anais. s.l., 1976. p.64-74.

REICHARDT, K. Sugestões para pesquisas sobre deficiência hídrica em solos de Cerrado. In: FERRI, M.G., ed. IV Simpósio sobre o Cerrado; bases para utilização agropecuária. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1976. p.247-53.

RICHARDS, L.A. Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. Soil Science, 66:105-10, 1948.

SILVA, J.F. da & SIMÃO, S. Influência da umidade do solo na produção do tomateiro. Boletim Técnico (DNOCS), 31(2):159-93, 1973.

WINKLER, E.I.G. & GOEDERT, W.J. Características hídricas dos solos de Pelotas, Rio Grande do Sul. Pesq. agropec. bras., Sér. Agron., 7:1-4, 1972.

ABSTRACT.- METHODOLOGY FOR ADEQUATING PARAMETERS OF THE FURROW IRRIGATION METHOD TO BE USED BY TECHNICAL ASSISTANCE WORKERS

A methodology for analyzing and adequating results of furrow irrigation research is described. Field data on bulk density, water retention curve, infiltration at 50% level of available water, and water advance in furrow with different slopes and flow rates: 0.15% (2.5 - 3.1 - 4 - 5 liters/sec), 0.24% (2 - 2.5 - 3 liters/sec) and 0.37% (1 - 1.5 - 2 - 2.5 liters/sec) were collected in an oxisol of the Bebedouro irrigation Project, Petrolina, PE. Effective rooting depth of crops was defined as a function of the phenological cycle. The maximum non erosive and most efficient flow rates were defined for different slope conditions. The most efficient combinations of flow rate-slope for this soil were 2.5 liters/sec-0.15%, 2 liters/sec-0.24% and 1.5 liters/sec-0.37%. Field data were analyzed to answer the question How much to apply? Nomographs were prepared to be used by irrigation extensionists, for advising water application at farmer level. These nomographs, by sequential use define effective rooting depth as a function of time after planting, net water depth as a function of available water level and effective rooting depth, efficient flow rate as a function of furrow slope, application efficiency as a function of furrow length and combination of flow rate-slope, and irrigation time as a function of gross water depth and furrow length. The methodology can be extrapolated, and has to be applied in every soil.

Index terms: application efficiency, furrow irrigation, infiltration, irrigation management, irrigation methods, surface irrigation.