



Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola EAS: Engenharia de Água e Solo

199 - METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DA PRECIPITAÇÃO EFETIVA EM ÁREAS AGRÍCOLAS

LINEU N. RODRIGUES¹, FERNANDO F. PRUSKI², EUZEBIO M. SILVA³

¹ Pesquisador, Bolsista PROFIX - CNPq, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF – Caixa Postal 08223 – Cep: 73301-970, e-mail: lineu@cpac.embrapa.br.

² Prof. Titular, Bolsista do CNPq, Dep. De Eng. Agrícola, Univ. Fed. De Viçosa, UFV.

³ Pesquisador, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF – Caixa Postal 08223 – Cep: 73301-970

Escrito para apresentação no
XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2003
28 de julho a 01 de agosto de 2003 - Goiânia - GO

RESUMO: A irrigação desempenha um papel fundamental na produção de alimentos e fibras para uma população mundial que, em outubro de 1999, atingiu a marca de seis bilhões de pessoas e que aumenta, atualmente, cerca de 80 a 85 milhões de pessoas a cada ano. Infelizmente, a irrigação é, por natureza, um processo ineficiente. Com o aumento dos conflitos pelo uso da água está havendo uma pressão de setores da sociedade para que a irrigação reduza a sua demanda. Sem dúvida, a melhor forma de se alcançar tal meta, sem que haja o comprometimento da produção, é melhorando-se a eficiência de irrigação. Outra maneira é considerar a precipitação natural como fonte suplementar de água para atender a demanda hídrica das culturas. Para isso, é necessário determinar o quanto da precipitação fica efetivamente disponível a planta. Neste trabalho, é apresentada uma metodologia para estimativa da precipitação efetiva em áreas agrícolas. A metodologia desenvolvida baseia-se na análise dos principais componentes envolvidos no processo, ou seja, intensidade de precipitação, interceptação e retenção da chuva pela cobertura vegetal, infiltração e percolação profunda. Para testar a metodologia foram realizadas várias simulações teóricas. Embora a metodologia necessite ainda ser testada em condições de campo, pôde-se, com base nos resultados das simulações, verificar que essa metodologia tem potencial para ser utilizada na estimativa da precipitação efetiva em áreas agrícolas.

PALAVRAS CHAVES: Irrigação, balanço de água no solo, infiltração.

METHODOLOGY TO ESTIMATE THE EFFECTIVE PRECIPITATION FOR AGRICULTURAL LANDS

ABSTRACT: Irrigation plays an important role for meeting the food and fiber needs for a world population that has already reached six billion and it is increasing about 80 to 85 million people each year. Unfortunately, irrigation is by nature an inefficient process. Thus, as the water usage conflicts grow, there has been an increasing pressure by the society on these users, for reducing the water demand. Improving the irrigation efficiency is the best way to reach this aim and still keep the actual crop production. Another alternative is to account for the natural rainfall as a supplemental aid to reduce the demand from the water sources by the irrigation systems. For this, it is necessary to know how much of the applied water effectively reaches the soil. In this work, a methodology is presented to estimate the effective precipitation in agricultural lands. The methodology is based on the analysis of the main components involved in the process, in other words, it takes into account the rainfall intensity, interception, infiltration and deep percolation. In order to test the methodology, they were performed several theoretical simulations. Even though the methodology has yet been tested under field conditions,

the results have shown that it has the potential to represent adequately the actual effective precipitation and its components.

KEYWORDS: Irrigation, soil water balance, infiltration.

INTRODUÇÃO: Sempre que possível os sistemas de irrigação devem ser dimensionados e manejados considerando-se que parte da demanda hídrica da cultura será suprida via precipitação natural, ou seja, o planejamento e a operação dos sistemas de irrigação devem ser conduzidos considerando-se que a irrigação será suplementar. Infelizmente, nem toda chuva pode ser efetivamente utilizada pela cultura, a parcela da precipitação que infiltra no solo e permanece disponível para ela é denominada precipitação efetiva. Nos últimos anos, várias metodologias foram desenvolvidas com a finalidade específica de estimar a precipitação efetiva em áreas agrícolas, dentre elas destaca-se, por ser a mais utilizada, a desenvolvida pelo Serviço de Conservação de solos dos Estados Unidos (USADA-SCS). Este método foi desenvolvido com base no balanço de água do solo realizado em 22 estações meteorológicas dos Estados Unidos. Foi utilizado para isto 50 anos de dados. Este método leva em consideração a percolação profunda e o déficit de água no solo, entretanto, no cômputo da precipitação efetiva, não se considera, pelo menos de forma explícita, a localização geográfica e o tipo de solo da área de interesse. A precipitação efetiva é um parâmetro difícil de ser quantificado, principalmente, em virtude da grande variabilidade espacial e temporal da infiltração e da precipitação. Segundo PATWARDHAN (1990), melhores estimativas da precipitação efetiva podem ser feitas por meio do balanço de água no solo. Este trabalho teve como objetivo principal apresentar uma metodologia para estimativa da precipitação efetiva em áreas agrícolas com base no balanço de água no solo.

METODOLOGIA: As seguintes suposições foram feitas no desenvolvimento da metodologia: a) a precipitação obtida em um determinado local da área de interesse é representativa de toda área; b) não se considera a variação espacial da precipitação dentro da área de interesse; c) a chuva somente atinge a superfície do solo após a interceptação pela cobertura vegetal ter sido completada; d) o solo, dentro da camada que está sendo analisada, é homogêneo, e que, dentro desta camada, a sua umidade é constante; f) as propriedades hidrológicas do solo principalmente a condutividade hidráulica do solo saturado e o potencial matricial médio da frente de umedecimento são constantes durante todo o período considerado; g) a capacidade de armazenamento superficial do solo é invariável com o tempo. Com o início da precipitação começa, simultaneamente, a interceptação da chuva pela cobertura vegetal (ICV). A lâmina interceptada e retida pela cultura não atingirá o solo, sendo, posteriormente, perdida por evaporação. Considera-se que toda a precipitação é interceptada pela cobertura vegetal até o momento em que o total precipitado se iguala à lâmina de interceptação potencial, neste momento tem-se o tempo final da interceptação da chuva pela cobertura vegetal, $t_{(ICV)}$, o qual é calculado pela equação

$$\int_0^{t_{(ICV)}} i_i \, dt = ICV \quad (1)$$

em que i_i = intensidade de precipitação, mm h⁻¹. A intensidade de precipitação é obtida com base em pluviogramas e, para sua correta determinação, recomenda-se a instalação de um pluviógrafo na área de interesse. Dentro de um determinado intervalo de tempo, especificado a priori, a intensidade de precipitação é considerada constante (Figura 1). Após o $t_{(ICV)}$ inicia-se o processo de infiltração de água no solo, o qual é calculada pela equação proposta por Green-Ampt (GA). Embora na natureza a infiltração seja um processo único e contínuo, para fins de uso da equação de GA ela deve ser dividida em duas fases. A primeira fase (fase I), denominada neste trabalho de fase de não-empocamento, acontece quando a velocidade de infiltração (VI) é maior que a i_i . A segunda fase (Fase II), denominada de fase de empocamento, ocorre quando $VI = i_i$. A clara distinção entre estas duas fases é de fundamental importância para uso da equação de GA, uma vez que a lâmina infiltrada no solo durante

um determinado intervalo de tempo é calculada de forma diferente em cada uma delas. Se durante o evento chuvoso ocorrer a fase II tem-se o cálculo do armazenamento superficial. O escoamento superficial começará quando a capacidade de armazenamento superficial for preenchida e terminará ou com o término da precipitação ou quando $i_i \leq VI$. Antes que ocorra a percolação profunda, a lâmina infiltrada deve elevar a umidade do solo até a capacidade de campo. Assim, faz-se necessário conhecer o valor do déficit de água no solo em relação à capacidade de campo, a qual é calculada fazendo-se o balanço hídrico diário da água no solo. Com o término da precipitação, a fim de contabilizar o balanço hídrico, faz-se necessário o cálculo da evapotranspiração, principal responsável pela retirada de água do sistema. Uma dificuldade que surge na solução do problema, quando se utilizam pluviogramas para representar o perfil da intensidade de precipitação, é quando o tempo final de interceptação pela cobertura vegetal, o tempo inicial e final do empoçamento ou o tempo final de preenchimento do armazenamento superficial ocorre na transição de um valor de intensidade de precipitação para outro, uma vez que esta transição é descontínua (Figura 1). Para solucionar este problema é proposta a utilização da função Weibull adequadamente parametrizada, de modo a tornar contínua as referidas transições, permitindo, assim, a determinação exata dos pontos de interesse. Ressalta-se que a função é aplicada apenas quando o ponto de interesse ocorrer na transição de valores de intensidade (Figura 1). A precipitação efetiva (P_{efe}) é calculada pela equação

$$P_{efe} = \int_0^t i_i dt - \left[\int_0^{t_{(ICV)}} i_i dt + \left(\int_{t_i}^{t_f} i_i - \int_{t_i}^{t_f} VI \right) + P_p \right] \quad (2)$$

em que t = tempo de duração da precipitação; t_i = tempo a partir do qual o armazenamento superficial foi totalmente preenchido; t_f = tempo a partir do qual $i_i \leq VI$. Para exemplificar a utilização da metodologia desenvolvida, foi elaborada uma série sintética de dados de intensidade de precipitação de tal forma que o problema anteriormente levantado pudesse aparecer (Figura 1). No exemplo que será apresentado foram desconsiderados os efeitos da interceptação pela cobertura vegetal e do armazenamento superficial. Os seguintes dados de solo foram utilizados na simulação: condutividade hidráulica do solo saturado = 20 mm h⁻¹; potencial matricial médio na frente de umedecimento = 70 mm; déficit de umidade no solo = 0,07; capacidade de campo = 33%; e umidade inicial = 28%.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Na Figura 1 apresenta-se o esquema representativo da intensidade de precipitação, destacando-se o tempo inicial (TIE) e final (TFE) de empoçamento. Com base nesses dados, foram obtidos os seguintes resultados: TIE = 5 min; TFE = 25 min e $P_{efe} = 6,58$ mm. Este valor corresponde a apenas 18,8% da precipitação total, representando o caso típico de uma chuva de grande intensidade e curta duração. Os valores de intensidade de precipitação apresentados foram gerados sinteticamente a partir de dados de precipitações reais. A situação exemplificada é bastante interessante uma vez que permite mostrar que a solução do problema ocorre exatamente na transição entre um valor de intensidade de precipitação e outro. Neste caso existem apenas duas soluções possíveis: uma delas é assumir que o ponto de interesse ocorre logo no início do próximo intervalo de i_i , fazendo com que o valor da infiltração seja superestimado, uma vez o tempo de início de empoçamento estaria sendo retardado; a outra solução seria utilizar uma função de interpolação de tal forma que dados discretos sejam transformados em uma função contínua, permitindo, assim, a determinação exata da taxa de infiltração. Sabe-se que na realidade a variação da precipitação no tempo é contínua e que os intervalos de precipitação, como os apresentados na Figura 1, surgem devido a uma limitação do aparelho de medida. Por este motivo optou-se por utilizar duas funções Weibull parametrizadas, sendo uma para representar a intensidade de precipitação quando esta passa de um valor menor para um maior e a outra para representar a situação contrária, ou seja, de um valor maior para um menor. É importante ressaltar que a função Weibull é utilizada apenas para se obter os pontos de interesse. Outro aspecto que deve ser ressaltado é que durante um evento chuvoso podem ocorrer vários TIP e TFP, ao contrário do que é observado quando se utiliza uma única função para representar toda a intensidade de precipitação.

Observa-se na Figura 1 que os pontos de interesse ocorrem na passagem de um valor de intensidade para outro e por este motivo foi aplicada a função Weibull parametrizada crescente e decrescente para obter o TIE e TFE, respectivamente.

CONCLUSÕES: Embora a metodologia apresentada necessite ainda ser testada em condições de campo, pôde-se verificar, com base nos resultados das simulações, que ela se presta para representar adequadamente os diversos processos que intervêm no cálculo da precipitação efetiva, tanto quanto da própria precipitação efetiva.

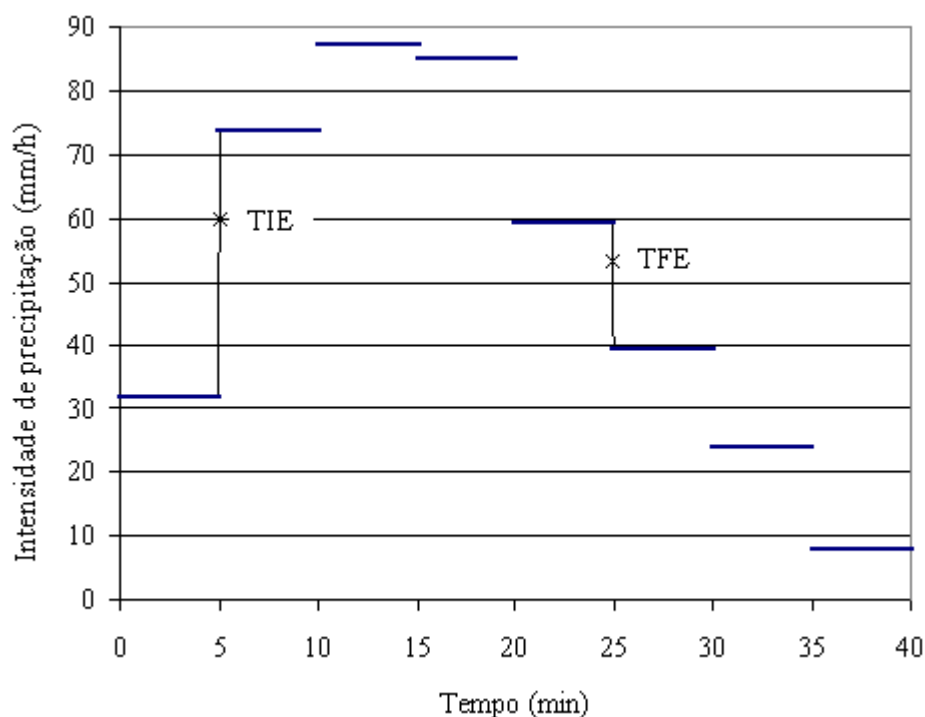


FIGURA 1 - Esquema representativo da intensidade de precipitação, destacando-se os tempos iniciais (TIE) e finais (TFE) de empoçamento

REFERÊNCIA:

PATWARDHAN, A.S., NIEBER, J.L., JOHNS, E.L. Effective rainfall estimation methods. Journal of Irrigation and Drainage engineering, v.116, n.2,p.182-193, 1990.