

AVALIAÇÃO DE UM MODELO PARA A ESTIMATIVA DA LÂMINA MÁXIMA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL⁽¹⁾

N. P. GRIEBELER⁽²⁾, F. F. PRUSKI⁽³⁾, D. MARTINS JÚNIOR⁽⁴⁾ & D. D. SILVA⁽³⁾

RESUMO

A erosão hídrica é um dos principais processos associados à degradação ambiental, sendo a desagregação e o transporte das partículas do solo decorrentes, principalmente, da energia cinética proveniente do impacto das gotas da chuva sobre o solo e do escoamento superficial. Tendo em vista as perdas na produção agrícola resultantes da erosão hídrica, aliadas ao alto custo de adoção e manutenção de sistemas de conservação de solos, é fundamental que estes sejam instalados de maneira adequada. Visando otimizar o projeto e adotar sistemas de conservação de solos, Pruski e colaboradores desenvolveram um modelo com vistas em obter a lâmina máxima de escoamento superficial em condições típicas de áreas agrícolas. Neste trabalho, procedeu-se à avaliação deste modelo pela comparação dos valores calculados com os obtidos experimentalmente, tendo-se evidenciado pequenas diferenças percentuais e altos coeficientes de correlação entre os valores obtidos experimentalmente e os calculados. Esses valores indicam que o modelo avaliado mostra-se eficiente para prever a lâmina máxima de escoamento superficial.

Termos de indexação: conservação do solo e da água, modelo hidrológico, erosão hídrica.

⁽¹⁾ Trabalho recebido para publicação em outubro de 1999 e aprovado em janeiro de 2001.

⁽²⁾ Engenheiro Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa – UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG). Bolsista da CAPES. E-mail: npaulo@alunos.ufv.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. Bolsista do CNPq. E-mails: ffpruski@mail.ufv.br; david@mail.ufv.br

⁽⁴⁾ Engenheiro Agrícola.

SUMMARY: *EVALUATION OF A MODEL FOR ESTIMATING THE MAXIMUM DEPTH OF SURFACE RUNOFF*

Water erosion is one of the main processes associated to environmental degradation. The soil detachment and transport depends of the raindrop impact and surface runoff. As the agricultural production losses result from water erosion, the correct design of soil conservation systems is necessary to avoid high costs of installation and maintenance. Pruski and collaborators developed a model to estimate the maximum surface runoff depth under typical agricultural conditions. The objective of this study was to evaluate the model developed by Pruski and collaborators by comparison between the calculated values with those obtained experimentally. Low percent differences and high correlation coefficients were evidenced between the values obtained experimentally and the calculated. These results show that the evaluated model is effective to estimate the maximum surface runoff depth.

Index words: soil and water conservation, surface runoff, hydrologic model, water erosion.

INTRODUÇÃO

A desestruturação do solo, a perda de matéria orgânica, de nutrientes e do próprio solo são, segundo Bertolini & Lombardi Neto (1993), as principais causas que levam à baixa produtividade das terras agrícolas e, conseqüentemente, ao empobrecimento do meio rural. Em grande parte, essas perdas são conseqüência da erosão hídrica, a qual pode até acarretar o abandono das terras agrícolas. Conforme Amaral Filho (1992), para o controle da erosão hídrica, devem ser adotadas medidas a fim de reduzir o impacto das gotas da chuva sobre a superfície do terreno, diminuindo, assim, a desagregação do solo e favorecendo, conseqüentemente, a infiltração de água no solo e a redução do escoamento superficial.

O escoamento superficial inicia, quando a intensidade de precipitação torna-se maior do que a velocidade de infiltração da água no solo, ou quando a capacidade de retenção de água pela superfície do terreno tiver sido ultrapassada, sendo, considerado o principal responsável pelo rápido aumento da vazão após a ocorrência de uma precipitação. Associado ao escoamento, ocorre o transporte de partículas do solo, que sofrem deposição somente quando sua velocidade for reduzida. Além das partículas de solo em suspensão, são também transportados nutrientes, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas que, além de causarem prejuízos diretos à produção agropecuária, causam a poluição dos cursos d'água.

Em projetos de estruturas para o controle da erosão e de inundações, são necessárias informações sobre o escoamento superficial. Quando o objetivo é reter ou armazenar a água, o conhecimento do volume escoado é suficiente, porém se o problema é

conduzir o excesso de água de um lugar para o outro, é mais importante o conhecimento da vazão escoada.

Conforme Blackie & Eeles (1995), em sistemas complexos, como é o caso de uma bacia hidrográfica, é impossível uma representação completa de cada processo associado ao ciclo hidrológico. Assim, os modelos hidrológicos buscam a simplificação de uma realidade complexa por meio da utilização apenas dos aspectos de maior importância envolvidos nos processos hidrológicos.

A aplicação de métodos empíricos para a predição do escoamento superficial somente deve ser considerada como uma primeira aproximação, devendo ser posteriormente corrigida com base na avaliação do sistema (Beltran et al., 1988). Em bacias hidrográficas desprovidas de instrumentação, a determinação do escoamento superficial produzido é mais difícil e menos precisa do que em bacias instrumentadas. Segundo Anderson & Burt (1985), os modelos baseados em princípios físicos apresentam vantagens em relação aos modelos empíricos, dentre as quais se podem citar a possibilidade de aplicação em grande variedade de condições e a contribuição que apresentam para o entendimento dos processos associados à natureza, por meio do relacionamento da teoria com a realidade.

Neste sentido, Pruski et al. (1997) desenvolveram um método baseado em fundamentos físicos, para determinar a lâmina máxima de escoamento superficial em localidades em que a equação de intensidade, duração e freqüência da precipitação é conhecida.

A utilização de tecnologias para a redução do escoamento superficial pode diminuir consideravelmente os danos causados pela erosão hídrica. Assim sendo, a investigação de um método que produza

estimativas confiáveis do escoamento superficial mostra-se de grande importância, motivo pelo qual o presente trabalho teve como objetivo comparar os resultados de lâmina máxima de escoamento superficial calculados pelo modelo desenvolvido por Pruski et al. (1997) com aqueles obtidos experimentalmente.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção dos dados experimentais

O experimento foi realizado na cidade de Viçosa (MG), em um Latossolo Vermelho-Amarelo com 9,5% de declividade, o qual foi arado e gradeado e teve a superfície uniformizada com o uso de enxada e ancinho, visando à retirada da cobertura vegetal e à redução da rugosidade superficial, caracterizando a condição mais susceptível à erosão. Com vistas a elevar a umidade do solo até teores próximos à capacidade de campo, foi feita a aplicação de uma lâmina d'água de 200 mm antes da realização dos testes. Este procedimento objetivou aproximar a velocidade de infiltração da água no solo da velocidade de infiltração básica (VIB), condição crítica para projetos de sistemas de conservação de solos e drenagem de superfície, uma vez que é a que tende a provocar o máximo volume de escoamento superficial.

As precipitações foram aplicadas por meio de um simulador de chuvas de braços rotativos, modelo Swanson. As condições de precipitação, caracterizadas como críticas para o dimensionamento de sistemas de conservação de solo e drenagem de superfície, foram obtidas pela equação de intensidade, duração e frequência da precipitação

$$i_m = \frac{K T^a}{(t + b)^c} \quad (1)$$

em que

i_m = intensidade máxima média de precipitação, mm h⁻¹;

T = período de retorno, anos;

t = duração da precipitação, min, e

K , a , b e c = parâmetros de ajuste da equação de intensidade, duração e frequência de precipitação, relativos a localidade.

No experimento, foi considerada a equação para Viçosa que, conforme Pinto et al. (1996), apresenta os valores de K , a , b , c iguais a 1.082,798, 0,265, 23,781, e 0,775, respectivamente. O período de retorno considerado foi de 10 anos, o qual é de uso comum em projetos de sistemas de conservação de solos e drenagem de superfície.

Utilizaram-se, para a realização dos testes, duas parcelas experimentais com dimensões de 4 x 10 m, as quais foram submetidas, simultaneamente, às

mesmas condições de precipitação. A utilização de apenas duas parcelas experimentais deve-se à limitação da área molhada pelo simulador de chuvas. Na parte inferior de cada parcela, foi construído um canal para a coleta da água escoada superficialmente, sendo a este canal acoplados linígrafos para a determinação do volume de escoamento superficial produzido. Outro linígrafo foi conectado a um infiltrômetro de anel instalado na área interna ao círculo molhado pelo simulador, com a finalidade de obter a velocidade de infiltração da água no solo sob condições de precipitação.

Foram realizados 12 testes, com duas repetições, correspondentes às duas parcelas experimentais, que foram sempre submetidas às mesmas intensidades de precipitação, sendo utilizadas as seguintes combinações entre intensidade e duração da precipitação: $i_p = 120 \text{ mm h}^{-1}$ e $t = 14 \text{ min}$; $i_p = 100 \text{ mm h}^{-1}$ e $t = 24 \text{ min}$; e $i_p = 80 \text{ mm h}^{-1}$ e $t = 40 \text{ min}$. Estas combinações foram obtidas a partir da equação de intensidade, duração e frequência de precipitação correspondentes a Viçosa e período de retorno de 10 anos. Para cada intensidade e duração de precipitação, foram realizados quatro ensaios, segundo uma seqüência aleatória. A intensidade de precipitação realmente conseguida nas condições experimentais (i_{pr}), em mm h⁻¹, foi obtida dividindo-se o volume de água (mm³) coletado em pluviômetros colocados na área experimental pela área de coleta (mm²) e pelo tempo de aplicação (h).

A velocidade de infiltração da água no solo ao longo de cada teste foi determinada pela equação

$$VI = i_{pr} - \frac{\Delta h}{\Delta t} \frac{60}{Rel} \quad (2)$$

em que

VI = velocidade de infiltração da água no solo, mm h⁻¹;

i_{pr} = intensidade de precipitação que ocorreu sobre a área experimental, mm h⁻¹;

Δh = variação do nível d'água no linígrafo, mm;

Δt = intervalo de tempo considerado, min, e

Rel = relação entre a área do anel de coleta e a área útil do linígrafo igual a 25,78.

A VIB foi obtida, após observar a constância dos valores de infiltração registrados no linígrafo acoplado ao infiltrômetro de anel, pela diferença entre a intensidade de precipitação e a taxa de escoamento superficial.

O escoamento superficial obtido experimentalmente foi calculado pela equação

$$ES_E = \frac{Vol}{Ac} 1000 \quad (3)$$

em que

ES_E = escoamento superficial obtido experimentalmente, mm;

Vol = volume de água acumulado no canal, m³, e
Ae = área de contribuição, igual a 40 m².

Obtenção dos valores da lâmina de escoamento superficial pelo modelo

O modelo testado foi desenvolvido por Pruski et al. (1997) para o dimensionamento de sistemas de conservação de solos e drenagem de superfície, sendo considerada, como premissa, a precipitação uniforme em toda a área analisada e solo com umidade próxima à saturação.

O modelo utiliza, para o cálculo da lâmina máxima de escoamento superficial, uma equação baseada no balanço de água na superfície do solo, conforme figura 1, e o expressa por

$$ES_M = PT - I_a - I - ev \quad (4)$$

em que

ES_M = escoamento superficial obtido pelo modelo, mm;

PT = precipitação total, mm;

I_a = abstrações iniciais, mm;

I = Infiltração de água no solo, mm, e

ev = evaporação, mm.

Por ser a evaporação muito pequena durante a ocorrência da precipitação, sobretudo pelo fato de se tratar de chuvas intensas, considerou-se esta como sendo nula.

A precipitação total, correspondente a uma duração t (min), é determinada com a equação

$$PT = \frac{i_m t}{60} \quad (5)$$

em que

i_m = intensidade máxima média de precipitação, mm h⁻¹, e

t = duração da precipitação para a qual a lâmina de escoamento superficial é máxima, min.

Esta equação, derivada em relação ao tempo, fornece a intensidade instantânea de precipitação (i_i), em mm h⁻¹, correspondente à duração t, a qual é descrita conforme a equação

$$i_i = i_m \left(1 - \frac{ct}{t+b} \right) \quad (6)$$

Considerando que o ES é máximo no instante em que a intensidade de precipitação instantânea iguala-se à VIB, obtém-se a duração da precipitação para a qual a lâmina de escoamento superficial é máxima pela equação

$$i_m \left(1 - \frac{ct}{t+b} \right) - VIB = 0 \quad (7)$$

As raízes da equação 7 foram calculadas pelo método de convergência de Newton-Raphson.

As abstrações iniciais (I_a) foram obtidas pelo método do número da curva (CN), desenvolvido pelo Serviço de Conservação de Solos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (SCS-USDA), utilizando a equação

$$I_a = 50,8 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (8)$$

em que CN é o número da curva, que define o complexo hidrológico solo-vegetação.

Para a obtenção dos valores de CN, foram considerados: solo sem cultivo, tratamento em fileiras retas e precipitação acumulada nos cinco dias anteriores ao evento, referente a 52,5 mm, que corresponde, pelo SCS-USDA, à condição AMC III. Os valores de CN, bem como os grupos de solos definidos pelo SCS-USDA e as velocidades de infiltração a eles associados, conforme Pruski et al. (1997), encontram-se no quadro 1.

O tempo correspondente à ocorrência das abstrações iniciais é obtido por meio da equação

$$\int_0^t I_a i_i dt = I_a \quad (9)$$

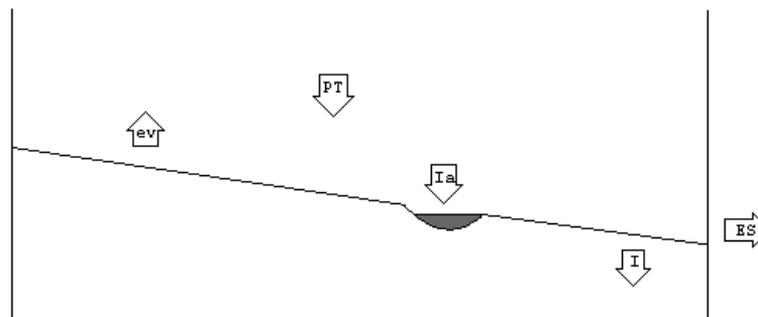


Figura 1. Componentes do balanço de água na superfície do solo considerados no método proposto por Pruski et al. (1997). ev = evaporação (mm); PT = precipitação total (mm); Ia = abstrações iniciais (mm); I = infiltração (mm); e ES = escoamento superficial (mm).

em que t_{Ia} é a duração das abstrações iniciais, correspondente ao intervalo de tempo compreendido entre o início da chuva e o início do escoamento superficial, expresso em minutos.

Para a resolução da equação 9, foi utilizado o método de convergência de Newton-Raphson.

A infiltração ocorrida durante o tempo correspondente às abstrações iniciais não foi considerada no cálculo da infiltração acumulada (I), uma vez que ela é incluída no valor de I_a , sendo a infiltração acumulada obtida pela equação

$$I = \frac{VIB \cdot t_{inf}}{60} \tag{10}$$

em que t_{inf} é o tempo de duração da infiltração, min, sendo $t_{inf} = t_{Ia}$.

Na figura 2, são apresentados os componentes associados ao método proposto por Pruski et al. (1997), estando ilustrada a condição de máximo escoamento superficial, obtida quando a i_i iguala a VIB.

Comparação entre os valores obtidos experimentalmente e pelo modelo

A comparação entre os valores de escoamento superficial (ES), obtidos experimentalmente e determinados pelo modelo, foi feita analisando-se as diferenças percentuais entre os valores obtidos por ambos os procedimentos. A equação 11 permite calcular as diferenças percentuais apresentadas entre os valores de ES obtidos experimentalmente e pelo modelo

$$Dif[ES]\% = \frac{ES_M - ES_E}{ES_E} \cdot 100 \tag{11}$$

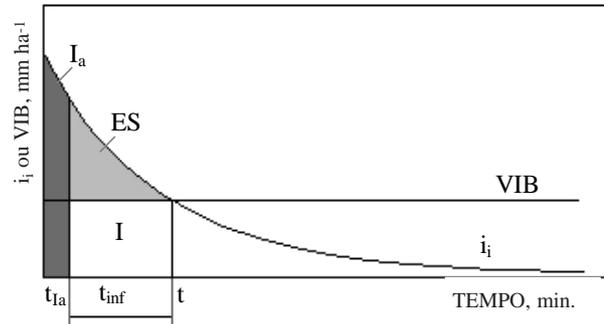


Figura 2. Componentes associados ao método proposto por Pruski et al. (1997); i_i = intensidade instantânea de precipitação ($mm \cdot h^{-1}$); VIB = velocidade de infiltração básica ($mm \cdot h^{-1}$); I_a = abstrações iniciais (mm); ES = escoamento superficial (mm); I = infiltração (mm); t_{Ia} = tempo em que ocorre as abstrações iniciais (min); t = tempo de duração da precipitação para o qual a lâmina de escoamento é máxima (min); e t_{inf} = tempo de duração da infiltração (min).

em que $Dif[ES]\%$ é a diferença percentual entre os valores de ES calculados e obtidos experimentalmente.

O grau de associação entre estes valores foi obtido por meio da análise de correlação linear simples, conforme a equação

$$r_{(mod,exp)} = \frac{SP_{(mod,exp)}}{\sqrt{SQD_{(mod)} \cdot SQD_{(exp)}}} \tag{12}$$

em que

$r_{(mod,exp)}$ = coeficiente de correlação linear simples entre valores experimentais e calculados;

Quadro 1. Valores do número da curva (CN), para os grupos de solo definidos pelo SCS-USDA, considerando solo sem cultivo, tratamento em fileiras retas e precipitação acumulada superior ou igual a 52,5 mm nos cinco dias que precedem o evento considerado, e os critérios propostos por Pruski et al. (1997) para a classificação do solo conforme sua velocidade de infiltração básica (VIB)

Grupo	Característica do solo	VIB mm h ⁻¹	CN
D	Solos com elevado potencial de escoamento e baixa velocidade de infiltração, consistindo em solos argilosos, rasos e com camada impermeável.	< 3	98
C	Solos com baixa velocidade de infiltração quando completamente úmidos e com camada de impedimento.	3-40	97
B	Solos com moderada velocidade de infiltração quando completamente úmidos e moderadamente profundos.	40-190	94
A	Solos com baixo potencial de escoamento, alta velocidade de infiltração quando completamente úmidos e perfil profundo.	> 190	89

$SP_{(mod,exp)}$ = soma dos produtos dos valores experimentais e calculados;

$SQD_{(mod)}$ = soma dos quadrados dos desvios dos valores calculados, e

$SQD_{(exp)}$ = soma dos quadrados dos desvios dos valores experimentais.

A variação dos valores de escoamento superficial, obtidos experimentalmente (ES_E) em comparação com aqueles obtidos pelo modelo (ES_M), foi realizada por meio de uma relação simples entre estes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 2, são apresentados, para os diferentes testes realizados, agrupados em ordem crescente de intensidade de precipitação, os valores das variáveis utilizadas e da lâmina máxima de escoamento superficial obtidos experimentalmente (valores correspondentes à média encontrada nas duas parcelas experimentais) e pelo método proposto por Pruski et al. (1997). Neste quadro, é também apresentada a relação entre os valores da lâmina máxima de escoamento obtida no experimento e no modelo (ES_E/ES_M).

Observou-se que a precipitação total e a infiltração acumulada foram maiores para as intensidades de precipitação de menor magnitude, uma vez que com o aumento da duração da precipitação aumenta o total precipitado, embora a intensidade de precipitação diminua. Com relação à infiltração acumulada, pode-se atribuir o seu crescimento ao aumento do tempo de oportunidade para a infiltração da água no solo. Evidencia-se,

ainda, que os valores de escoamento superficial obtidos experimentalmente corresponderam a valores que variaram de 0,89 a 1,09 daqueles calculados pelo modelo, conforme pode ser visualizado facilmente pelos valores, na coluna referente à relação entre as duas medidas.

Na figura 3, são apresentadas as diferenças percentuais dos 12 testes realizados, considerando a média dos valores encontrados nas duas parcelas experimentais, utilizando-se, como referência, a lâmina máxima de escoamento superficial obtida experimentalmente.

Pode-se observar, na figura 3, considerando como padrão os valores obtidos no experimento, uma variação de -8,2 a 12,4% entre os valores obtidos experimentalmente e calculados com o modelo, indicando os valores negativos os testes nos quais os valores de ES obtidos experimentalmente superaram os valores calculados com o modelo.

Para fins de dimensionamento de estruturas para contenção do escoamento superficial, em decorrência não só das imprecisões dos métodos normalmente utilizados para esta finalidade, mas também da dificuldade inerente à reprodução de fenômenos naturais, essas diferenças podem ser consideradas pequenas. A diferença percentual média dos valores obtidos pelo método proposto por Pruski et al. (1997) com aqueles obtidos experimentalmente foi de 1,7%, enquanto o coeficiente de correlação linear simples entre os valores de ES obtidos experimentalmente e calculados foi de 0,97.

A amplitude das variações observadas, a diferença percentual média e o valor do coeficiente de correlação entre os valores de escoamento superficial obtidos mostram que o método proposto

Quadro 2. Parâmetros associados às condições experimentais e obtidas pelo modelo

Teste	Duração	VIB ⁽¹⁾	i_p ⁽¹⁾	i_p ⁽²⁾	PT ⁽¹⁾	PT ⁽²⁾	I_a ⁽²⁾	I ⁽²⁾	ES_E ⁽¹⁾	ES_M ⁽²⁾	ES_E/ES_M
	min	mm h ⁻¹			mm						
2	40	23,4	74,6	80	49,7	53,1	1,5	15,6	36,8	36,0	1,02
6	40	28,0	76,9	80	51,3	53,1	1,5	18,7	31,8	32,9	0,97
10	40	18,5	75,6	80	50,4	53,1	1,5	12,3	35,9	39,3	0,91
11	40	16,1	74,3	80	49,5	53,1	1,5	10,7	36,4	40,9	0,89
1	24	28,9	94,2	100	37,7	39,8	1,5	11,6	29,1	26,7	1,09
3	24	29,3	94,3	100	37,7	39,8	1,5	11,7	27,9	26,6	1,05
5	24	21,2	96,9	100	38,7	39,8	1,5	8,5	31,1	29,8	1,04
9	24	19,2	94,8	100	37,9	39,8	1,5	7,7	29,5	30,6	0,96
4	14	29,4	119,0	120	27,8	27,9	1,5	6,9	19,8	19,5	1,02
7	14	21,7	118,9	120	27,8	27,9	1,5	5,1	19,8	21,3	0,93
8	14	29,3	117,7	120	27,5	27,9	1,5	6,8	19,0	19,6	0,97
12	14	31,3	119,8	120	27,9	27,9	1,5	7,3	18,9	19,1	0,99

VIB = velocidade de infiltração básica; i_p = intensidade de precipitação; PT = precipitação total; I_a = abstrações iniciais; I = infiltração acumulada; ES_E = escoamento superficial obtido experimentalmente e ES_M = escoamento superficial obtido pelo modelo desenvolvido por Pruski et al. (1997).

⁽¹⁾ Valor obtido experimentalmente. ⁽²⁾ Valor obtido pelo modelo.

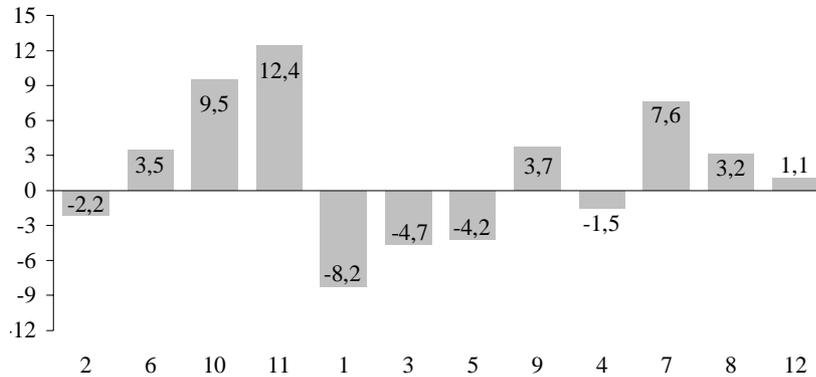


Figura 3. Diferenças percentuais entre os valores de escoamento superficial (ES), obtidos experimentalmente e calculados com o modelo desenvolvido por Pruski et al. (1997). Valores negativos são referentes aos testes nos quais os valores experimentais superaram os valores calculados com o modelo e os valores positivos correspondem àqueles nos quais o modelo superou os valores obtidos experimentalmente.

por Pruski et al. (1997) permite estimativas satisfatórias da lâmina máxima de escoamento superficial. Desta forma, o modelo proposto por Pruski et al. (1997) pode ser utilizado para estimar a lâmina máxima de escoamento superficial para condições semelhantes às do experimento realizado.

Observa-se, ainda na figura 3, que as maiores diferenças percentuais positivas foram encontradas para a intensidade de precipitação de 80 mm h⁻¹ e as maiores diferenças negativas para a intensidade de 100 mm h⁻¹. Também evidencia-se nesta figura que a variação média percentual entre os valores calculados e aqueles obtidos experimentalmente diminuiu com o aumento da intensidade de precipitação.

CONCLUSÕES

1. Os resultados obtidos experimentalmente e com a aplicação do modelo desenvolvido por Pruski et al. (1997) apresentaram alto grau de associação.

2. O modelo proposto por Pruski et al. (1997) mostrou-se eficiente para prever os valores de lâmina máxima de escoamento superficial.

LITERATURA CITADA

- AMARAL FILHO, Z.P. Principais tipos de solos de Goiás e seu relacionamento com a susceptibilidade à erosão. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Goiânia, 1990. Anais. Campinas, Fundação Cargill, 1992. p.68-93.
- ANDERSON, M.G. & BURT, T.P. Modelling strategies, In: ANDERSON, M.G. & BURT, T.P., eds. Hydrological forecasting, Willey, Chichester, 1985. p.1-13.
- BELTRAN, J.M.; SANCHEZ, I.G. & FRUK, M.P. Drenaje agrícola. In: CURSO INTERNACIONAL DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO. Brasília, s.ed., 1988. Não paginado.
- BERTOLINI, D. & LOMBARDI NETO, F. Manual técnico de manejo e conservação do solo e água. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. v.1.: Embasamento técnico do programa estadual de microbacias hidrográficas. (Manual técnico, 38)
- BLACKIE, J.R. & EELES, C.W. Lumped catchment models, In: ANDERSON, M.G. & BURT, T. P., eds. Hydrological forecasting, Willey, Chichester, 1985. p.311-345.
- PINTO, F.A.; FERREIRA, P.A.; PRUSKI, F.F.; ALVES, A.R. & CECON, P.R. Equações de chuvas intensas para algumas localidades do Estado de Minas Gerais. R. Eng. Agric., 16:91-104,1996.
- PRUSKI, F.F.; FERREIRA, P.A.; RAMOS, M.M. & CECON, P.R. Model to design level terraces. J. Irrig. Drain. Eng., 123:8-12, 1997.

