

ÍNDICES DE EROSIVIDADE DAS CHUVAS DA REGIÃO DE GOIÂNIA, GO¹

MARX LEANDRO NAVES SILVA², PEDRO LUIZ DE FREITAS³, PHILIPPE BLANCANEUX⁴ e NILTON CURI⁵

RESUMO - A medida do potencial erosivo da chuva vem se tornando objeto de muitos estudos, uma vez que este parâmetro é indispensável nos estudos de modelos para predição de perdas de solo por erosão hídrica. Objetivou-se, com este trabalho, determinar a erosividade da chuva na região de Goiânia (GO) mediante dados pluviográficos. O estudo foi realizado na estação experimental da EMGOPA/Embrapa-CNPS. A erosividade média anual das chuvas na região foi de 8.353,0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ e 129,8 MJ ha⁻¹ ano⁻¹ para os índices EI₃₀ e KE>25, respectivamente. Os coeficientes de correlação mostraram que os parâmetros precipitação e coeficiente de chuva permitem estimar a erosividade da chuva na ausência de dados pluviográficos mais completos. O período crítico de erosão por ocorrência de chuvas erosivas é de setembro a fevereiro; neste período, ocorrem 85,70% e 84,05% do total anual de KE>25 e EI₃₀, respectivamente. Durante este período, práticas conservacionistas são necessárias para reduzir a erosão hídrica, com vistas a manter a sustentabilidade dos solos.

Termos para indexação: sustentabilidade do solo, cerrado, potencial erosivo da chuva, energia cinética, coeficiente de chuva, erosão.

RAINFALL EROSIVITY INDICES IN THE GOIÂNIA REGION, GOIÁS STATE, BRAZIL

ABSTRACT - The measure of rainfall erosive potential is becoming object of many studies, since this parameter is indispensable in the studies of models for the prediction of soil losses through hydric erosion. This study was carried out at EMGOPA/Embrapa-CNPS experimental station, to determine the rainfall erosivity for the Goiânia region, GO, Brazil, through rainfall graphical data. The rainfall annual average erosivity for the region was 8353.0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ year⁻¹ and 129.8 MJ ha⁻¹ year⁻¹, respectively for EI₃₀ and KE>25. The correlation coefficients showed that the rainfall and rainfall coefficient allow to estimate the rainfall erosivity in the absence of more complete rainfall data. The erosion critical period, due to the occurrence of erosive rainfalls is from September to February, when 85.70% and 84.05% of the KE>25 and EI₃₀ annual total, respectively, occur. In this period, conservation practices are necessary in order to reduce the hydric erosion, for the maintenance of soil sustainability.

Index terms: soil sustainability, cerrado vegetation, rainfall erosive potential, kinetics energy, rainfall coefficient, erosion.

INTRODUÇÃO

O solo é um dos recursos naturais mais intensamente utilizados pelo homem. Para a utilização sustentada dos solos é necessário o conhecimento dos fatores que influenciam a intensidade da erosão hídrica, que variam de um local para outro. Neste contexto, a potencialidade das chuvas em provocar erosão constitui um dos fatores mais importantes para avaliação da erosão hídrica dos solos através de modelos de predição.

O potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado por meio de índices de erosividade, que se baseiam nas características físicas das chuvas de

¹ Aceito para publicação em 9 de maio de 1997.

² Trabalho apresentado no XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia (SP), 4 a 8 de agosto de 1996. Trabalho financiado pelo PROMOAGRO/BID/Embrapa-CNPS.

³ Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS), R. Jardim Botânico, 1024, CEP 22460-000 Rio de Janeiro, RJ. E-mail: marx@embrapa.cnps.br e silva@lavras.uemg.br

⁴ Eng. Agr., Ph.D., Embrapa-CNPS. E-mail: pfreitas@embrapa.cnps.br

⁵ Geól., Ph.D., ORSTOM/Embrapa-CNPS. E-mail: philippe@embrapa.cnps.br

⁶ Eng. Agr., Ph.D., Dep. de Ciência do Solo, UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: niltoncuri@esal.ufla.br

cada região. Wischmeier & Smith (1958) determinaram que o produto da energia cinética total pela intensidade máxima em trinta minutos (EI_{30}) é a relação que melhor expressa o potencial da chuva em causar erosão, considerando as fases de impacto das gotas da chuva, a desagregação do solo, a turbulência do fluxo, e o transporte das partículas. Entretanto, segundo Lal (1976), o modelo de Wischmeier & Smith (1958) subestima a energia cinética das chuvas nas regiões tropicais, por estas estarem relacionadas à velocidade dos ventos, à distribuição de gotas de diferentes tamanhos, e à alta precipitação. Estes fatores vêm contribuindo para o desenvolvimento de outros índices de erosão. Assim, para as condições tropicais da África, Hudson (1965) encontrou melhor correlação das perdas de solo com o índice $KE > 25$. Este índice considera a energia cinética total das chuvas com intensidade superior a 25 mm h^{-1} (Hudson, 1981; Morgan, 1986).

Segundo Wagner & Massambani (1988), a energia cinética da chuva pode ser calculada diretamente a partir da distribuição do tamanho e da velocidade terminal das gotas. No Brasil, são raros os estudos detalhados sobre estes parâmetros. Com o intuito de contribuir para a geração de tais informações, Wagner & Massambani (1988) determinaram a relação entre a energia cinética e a taxa de precipitação, obtida a partir de 533 amostras da distribuição de gotas de chuva oriundas de precipitações predominantemente convectivas (pequeno volume, curta duração e alta intensidade) observadas na região de São Paulo. Os autores concluíram que a equação para o cálculo de energia cinética obtida de acordo com os dados observados não difere significativamente da equação de Wischmeier & Smith (1958).

Embora os índices de erosividade tenham sido determinados em relação a várias localidades do Brasil, como forma de estimar a capacidade das chuvas em provocar erosão, esta informação é bastante escassa no que respeita à região dos cerrados. Dedeczek (1978) determinou o índice EI_{30} com base em oito anos de dados da região de Brasília, DF, e encontrou um valor de $8.319 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Carvalho et al. (1989), trabalhando em Mococa (SP), encontraram um valor de $7.747 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ referente a dezenove anos de dados pluviométricos. Morais et al. (1991) determinaram os índices EI_{30} médios

anuais referentes às estações de Barranquinho e Flechas, do município de Cáceres, sudoeste do Mato Grosso, que foram, respectivamente, de 8.493 e $7.830 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Na região dos cerrados do Planalto Central, há um predomínio de chuvas frontais (grande volume, longa duração e baixa intensidade) no período de dezembro a fevereiro, e nos demais meses do período chuvoso ocorre um domínio de chuvas convectivas (Azevedo, 1979). Dedeczek (1988) desenvolveu trabalhos de erosividade da chuva nesta região e concluiu que todos os índices de erosividade apresentaram melhores correlações com as chuvas convectivas do que com as frontais.

O objetivo deste trabalho foi determinar os índices de erosividade das chuvas da região de Goiânia, GO.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados pluviométricos foram obtidos na Estação Experimental Filostro M. Carneiro, da EMGOPA, em Senador Canedo, no município de Goiânia, GO. A unidade de pesquisa está situada a $16^{\circ}41'$ de latitude sul e $49^{\circ}23'$ de longitude oeste. A altitude média é de 750 m , temperatura média máxima anual de 23°C , mínima anual de 16°C , e umidade relativa média anual de 55% . Segundo Köppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical estacional de savana.

Foram utilizados dados de 433 chuvas, coletados no período de 1989 a 1993 e registrados em pluviogramas diários. A amplitude de registro é de 10 mm de precipitação, com unidade de $0,1 \text{ mm}$. O tempo de registro é de 24 horas, com unidade de 10 minutos.

As chuvas registradas nos pluviogramas diários foram cotadas, manualmente, em seguimentos de intensidade uniforme. A energia cinética total (E) das chuvas, para cada segmento, foi calculada por meio de programa computacional desenvolvido por Cataneo et al. (1982), que calcula E segundo Wischmeier & Smith (1958), com adaptações de Maria (1994), que acrescentou o cálculo de E desenvolvido por Wagner & Massambani (1988). Nesse programa, as chuvas menores que 10 mm , com intensidade máxima em 15 minutos menor que 24 mm h^{-1} ou E menor que $3,6 \text{ MJ}$, são consideradas como não-erosivas, havendo um procedimento interno do programa que faz a distinção entre estas e as erosivas. O programa fornece, ainda, a precipitação (p) e intensidades máximas a cada 5 minutos.

A equação de energia cinética de Wischmeier & Smith (1958) foi convertida para o Sistema Internacional de Unidades, segundo Foster et al. (1981), da seguinte forma:

$$E = 0,119 + 0,0873 \log I \quad (1)$$

sendo que a equação proposta por Wagner & Massambani (1988) é a seguinte:

$$E = 0,153 + 0,0645 \log I \quad (2)$$

onde:

E é a energia cinética da chuva em MJ ha⁻¹ mm⁻¹, e

I é a intensidade da chuva em mm h⁻¹.

O índice EI₃₀ (Wischmeier & Smith, 1958) foi obtido multiplicando-se E pela precipitação máxima em 30 minutos consecutivos (I₃₀). O valor do índice KE>25 foi obtido multiplicando-se o valor E pela precipitação das chuvas de intensidade maior que 25 mm h⁻¹, sendo que para o cálculo de E foram utilizadas as equações 1 e 2, diferindo, nesse aspecto, do método original proposto por Hudson (1965). Pelo somatório dos valores dos índices EI₃₀ e KE>25, obtidos respectivamente em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ e MJ ha⁻¹ em cada mês, obteve-se o índice mensal, e somando-se os valores mensais, obteve-se o índice anual.

Determinou-se também o coeficiente de chuva, proposto por Fournier (1956), e modificado por Lombardi Neto (1977):

$$Rc = p^2 \cdot P^{-1} \quad (3)$$

onde:

Rc é o coeficiente de chuva (mm),

p é a precipitação média mensal (mm),

P é a precipitação média anual (mm).

Em seguida, foram estabelecidas correlações entre os índices de erosividade da chuva, precipitação média mensal e coeficiente de chuva, e apresentados os coeficientes de regressão linear a e b, assim como seus respectivos coeficientes de determinação (r²). Aplicou-se o teste t de Student ao nível de 1% de probabilidade a fim de observar a significância estatística dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 2 observam-se os valores mensais, anuais e médios de erosividade, para EI₃₀ e KE>25, respectivamente, determinados segundo as equações de energia cinética propostas por Wischmeier & Smith (1958) e Wagner & Massambani (1988). Os resultados anuais apresentaram elevados coeficientes de variação nos meses de abril, maio, julho e agosto; entretanto, estes resultados são normais, tratando-se de meses de baixa precipitação, quando é comum maior variabilidade na ocorrência de chuvas. Resultados semelhantes foram constatados por Lopes & Brito (1993), na região do Médio São Francisco, cujos valores do coeficiente de varia-

ção para o mesmo período atingiram 109%, 436% e 147%, respectivamente, nas localidades de Caatinga (PE), Bebedouro (PE) e Mandacaru (BA). Nos demais meses, os coeficientes foram considerados baixos para este tipo de estudo, evidenciando pequena dispersão dos dados, o que foi também constatado por Oliveira Júnior & Medina (1990) e Bertol (1993).

Nas mesmas tabelas observa-se que não houve diferença significativa nos índices de erosividade (EI₃₀ e KE>25) mensal e anual determinados pelas duas equações de energia cinética. Wagner & Massambani (1988) já haviam constatado esta similaridade dos métodos para chuvas predominantemente convectivas. Segundo Azevedo (1979), as chuvas convectivas predominam na região dos cerrados, e de acordo com Dedecek (1988), apresentam boa correlação com a erosividade. É possível que esta seja a explicação da similaridade entre os resultados de erosividade obtidos pelas duas equações no presente trabalho.

Diante destes resultados, pode-se sugerir o uso de qualquer uma dessas equações na determinação da energia cinética em regiões de chuvas com padrões semelhantes, o que está de acordo com Carvalho et al. (1993).

Em virtude da similaridade entre os valores da erosividade obtida por meio das equações de energia cinética 1 e 2, somente serão discutidos os resultados obtidos para os índices EI₃₀ e KE>25 da equação 1, que é tida como padrão para determinação dos parâmetros da equação universal de perdas de solo (USLE), conforme proposto por Wischmeier & Smith (1978).

Na Fig. 1 observa-se a curva de distribuição dos valores médios mensais acumulados para os índices EI₃₀ e KE>25. No período de setembro a fevereiro ocorreram os segmentos de maior inclinação, correspondendo ao período de maior risco de erosão. Resultados semelhantes foram constatados por Val et al. (1986) e Moraes et al. (1991). Na Tabela 3 observa-se a distribuição média mensal da precipitação, erosividade (EI₃₀ e KE>25) e coeficiente de chuva (Rc). Por meio dos dados de precipitação, observa-se que 81,62% da precipitação anual ocorre no período de setembro a fevereiro, e que 90,42% do coeficiente de chuva ocorre neste período. Os índices de erosividade também apresentaram distribui-

TABELA 1. Valores (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) mensais, anuais e médios do índice de erosividade (EI₃₀) de Goiânia (GO), com respectivas médias estatísticas de dispersão, para o período de 1989 a 1993¹.

| Ano | Jan. | Fev. | Mar. | Abr. | Maio | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. | Total |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| EI ₃₀ (Wischmeier & Smith, 1958) | | | | | | | | | | | | | |
| 1989 | 1503 | 3593 | 710 | 129 | 0 | 0 | 306 | 434 | 706 | 845 | 1391 | 2698 | 12315 |
| 1990 | 1020 | 1670 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 406 | 810 | 905 | 478 | 5323 |
| 1991 | 1673 | 1704 | 519 | 473 | 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 750 | 203 | 2717 | 8137 |
| 1992 | 1742 | 627 | 325 | 2626 | 0 | 0 | 0 | 0 | 240 | 537 | 2714 | 620 | 9431 |
| 1993 | 223 | 1870 | 368 | 642 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1176 | 492 | 1622 | 163 | 6556 |
| Média | 1232 | 1893 | 390 | 774 | 20 | 0 | 61 | 88 | 506 | 687 | 1367 | 1335 | 8353 |
| DP ² | 626 | 1070 | 253 | 1067 | 44 | 0 | 137 | 193 | 454 | 162 | 928 | 1264 | 2705 |
| CV ³ | 51 | 56 | 65 | 138 | 223 | 0 | 224 | 219 | 90 | 23 | 68 | 95 | 32 |
| EI ₃₀ (Wagner & Massambani, 1988) | | | | | | | | | | | | | |
| 1989 | 1566 | 3576 | 716 | 131 | 0 | 0 | 312 | 443 | 693 | 840 | 1397 | 2744 | 12418 |
| 1990 | 1036 | 1658 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 405 | 810 | 927 | 481 | 5354 |
| 1991 | 1689 | 1707 | 543 | 491 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 749 | 209 | 2761 | 8249 |
| 1992 | 1782 | 639 | 346 | 2662 | 0 | 0 | 0 | 0 | 249 | 554 | 2728 | 654 | 9614 |
| 1993 | 247 | 1880 | 382 | 642 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1161 | 499 | 1633 | 182 | 6626 |
| Média | 1264 | 1892 | 403 | 785 | 20 | 0 | 62 | 91 | 502 | 690 | 1379 | 1364 | 8452 |
| DP ² | 638 | 1060 | 256 | 1081 | 45 | 0 | 139 | 197 | 446 | 154 | 930 | 1278 | 2741 |
| CV ³ | 50 | 56 | 63 | 138 | 225 | 0 | 224 | 216 | 89 | 22 | 67 | 94 | 32 |

¹ Os valores calculados pelas duas equações não foram diferentes estatisticamente pelo teste t, a 1% de probabilidade.

² DP = Desvio padrão.

³ CV = Coeficiente de variação (%).

TABELA 2. Valores (MJ ha⁻¹) mensais, anuais e médios do índice de erosividade (KE >25) de Goiânia (GO), com respectivas médias estatísticas de dispersão, para o período de 1989 a 1993¹.

| Ano | Jan. | Fev. | Mar. | Abr. | Maio | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. | Total |
|-----------------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| KE>25 (Wischmeier & Smith, 1958) | | | | | | | | | | | | | |
| 1989 | 15,8 | 46,9 | 13,9 | 2,6 | 0,0 | 0,0 | 5,2 | 5,0 | 12,1 | 18,8 | 21,9 | 41,6 | 183,8 |
| 1990 | 21,8 | 26,7 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6,3 | 14,5 | 18,3 | 8,9 | 97,8 |
| 1991 | 31,7 | 27,2 | 8,7 | 8,7 | 2,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 14,7 | 4,7 | 41,2 | 139,1 |
| 1992 | 24,4 | 16,9 | 2,7 | 28,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,7 | 8,3 | 44,8 | 8,7 | 138,8 |
| 1993 | 4,6 | 23,2 | 6,0 | 8,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 11,2 | 9,8 | 26,5 | 0,0 | 89,4 |
| Média | 19,7 | 28,2 | 6,5 | 9,5 | 0,5 | 0,0 | 1,0 | 1,0 | 6,9 | 13,2 | 23,2 | 20,1 | 129,8 |
| DP ² | 10,2 | 11,2 | 5,0 | 11,1 | 1,0 | 0,0 | 2,3 | 2,2 | 5,0 | 4,2 | 14,5 | 19,8 | 32,5 |
| CV ³ | 51,8 | 39,7 | 76,9 | 116,8 | 250 | 0,0 | 230 | 220 | 72,5 | 31,8 | 62,5 | 98,5 | 25,7 |
| KE>25 (Wagner & Massambani, 1988) | | | | | | | | | | | | | |
| 1989 | 15,6 | 45,8 | 13,8 | 2,6 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 4,9 | 11,8 | 18,4 | 21,5 | 41,1 | 180,5 |
| 1990 | 21,5 | 26,1 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6,2 | 14,2 | 18,2 | 8,7 | 96,1 |
| 1991 | 31,1 | 26,7 | 8,6 | 8,7 | 2,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 14,4 | 4,7 | 40,5 | 136,9 |
| 1992 | 23,9 | 16,6 | 2,7 | 27,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,7 | 8,1 | 44,2 | 8,6 | 136,4 |
| 1993 | 4,6 | 22,8 | 6,0 | 7,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,9 | 9,5 | 26,1 | 0,0 | 87,8 |
| Média | 19,3 | 27,6 | 6,5 | 9,4 | 0,4 | 0,0 | 1,0 | 1,0 | 6,7 | 12,9 | 22,9 | 19,8 | 127,5 |
| DP ² | 9,9 | 10,9 | 5,0 | 10,9 | 1,0 | 0,0 | 2,2 | 2,2 | 4,8 | 4,1 | 14,3 | 19,5 | 31,9 |
| CV ³ | 51,3 | 39,5 | 76,9 | 116 | 250 | 0,0 | 220 | 220 | 71,6 | 31,8 | 62,4 | 98,5 | 25,6 |

¹ Os valores calculados pelas duas equações não foram diferentes estatisticamente pelo teste t, a 1% de probabilidade.

² DP = Desvio padrão.

³ CV = Coeficiente de variação (%).

ção semelhante aos parâmetros discutidos anteriormente, sendo que para o intervalo analisado ocorreram 84,05% e 85,70%, para EI_{30} e $KE>25$, respectivamente. Assim, observa-se harmonia entre os parâmetros de chuva e índices de erosividade. Nos referidos meses, o potencial erosivo da chuva foi bastante elevado, apresentando amplitude de 506 a 1893 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹ e 6,9 a 28,2 MJ ha⁻¹ mês⁻¹, respectivamente para o EI_{30} e $KE>25$. Segundo Morais et al. (1991), na região dos cerrados é bastante freqüente o uso excessivo de grades no preparo

do solo, especialmente a grade aradora, que pulveriza o solo com a destruição da sua estrutura. O conhecimento da distribuição do potencial erosivo das chuvas é de fundamental importância para o conhecimento dos períodos mais críticos quando se deve proteger o solo, mantendo a cobertura vegetal, o que contribui em muito para a sua sustentabilidade.

Os índices de erosividade total anual foram 8353,0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ e 129,8 MJ ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente para EI_{30} e $KE>25$. Segundo Foster et al. (1981), a erosividade da chuva nesta região é classificada como alta. O valor de erosividade EI_{30} assemelha-se aos valores encontrados por Dedeczek (1978) e Morais et al. (1991), que foram, respectivamente, 8.319 e 8.493 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ para Brasília e sudoeste do MT.

A obtenção do índice de erosividade (EI_{30} ou $KE>25$) é extremamente morosa, e necessita de dados de precipitação registrados em pluviógrafos, que em muitos locais não existem. Em função disso, é válido o esforço no sentido de se obter o índice de erosividade com base na precipitação e coeficiente de chuva, preconizado por Fournier (1956), utilizando, para isso, apenas dados pluviométricos (Val et al., 1986; Morais et al., 1988; Oliveira Júnior & Medina, 1990; Morais et al., 1991; Bertol, 1993). Entretanto, estas equações somente devem ser utilizadas em re-

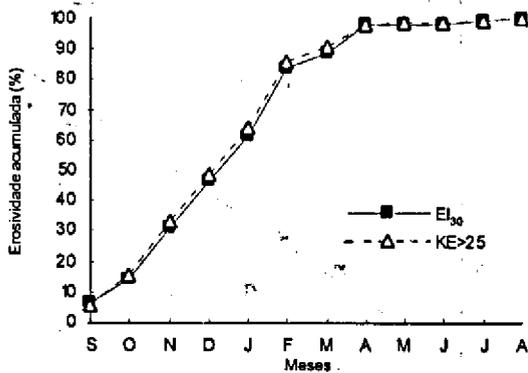


FIG. 1. Curvas de distribuição da erosividade da chuva (EI_{30} e $KE>25$) de Goiânia (GO), obtidas para o período de 1989 a 1993.

TABELA 3. Valores médios mensais e total anual da precipitação pluvial, índice de erosividade e coeficiente de chuva (R_c) de Goiânia (GO), para o período de 1989 a 1993.

| Mês | Precipitação | | R_c | | Erosividade | | | |
|-------------|--------------|-------|-------|-------|---------------------------|-------|------------------------|-------|
| | (mm) | (%) | (mm) | (%) | EI_{30} | | $KE>25$ | |
| | | | | | (MJ mm ha ⁻¹) | (%) | (MJ ha ⁻¹) | (%) |
| Janeiro | 216,4 | 16,90 | 36,57 | 20,44 | 1232,0 | 14,77 | 19,7 | 15,20 |
| Fevereiro | 211,6 | 16,52 | 34,96 | 19,54 | 1893,0 | 22,66 | 28,2 | 21,70 |
| Março | 118,6 | 9,26 | 10,98 | 6,14 | 390,0 | 4,67 | 6,5 | 5,00 |
| Abril | 87,2 | 6,81 | 5,94 | 3,33 | 774,0 | 9,26 | 9,5 | 7,30 |
| Mai | 6,4 | 0,50 | 0,03 | 0,02 | 20,0 | 0,24 | 0,5 | 0,40 |
| Junho | 1,8 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,00 | 0,0 | 0,00 |
| Julho | 11,2 | 0,87 | 0,10 | 0,05 | 61,0 | 0,73 | 1,0 | 0,80 |
| Agosto | 10,2 | 0,80 | 0,08 | 0,04 | 88,0 | 1,05 | 1,0 | 0,80 |
| Setembro | 69,6 | 5,43 | 3,78 | 2,11 | 506,0 | 6,06 | 6,9 | 5,30 |
| Outubro | 100,4 | 7,84 | 7,87 | 4,40 | 687,0 | 8,22 | 13,2 | 10,20 |
| Novembro | 205,6 | 16,06 | 33,01 | 18,45 | 1367,0 | 16,36 | 23,2 | 17,90 |
| Dezembro | 241,6 | 18,87 | 45,58 | 25,48 | 1335,0 | 15,98 | 20,1 | 15,40 |
| Total anual | 1280,6 | 100,0 | 178,9 | 100,0 | 8353,0 | 100,0 | 129,8 | 100,0 |

giões que possuam condições climáticas semelhantes às do local em que foram desenvolvidas, ou com estudos de correlação como os apresentados neste trabalho.

Nas Figs. 2 a 5 aparece a ilustração dos modelos obtidos pela equação de energia cinética segundo Wischmeier & Smith (1958) e Wagner & Massambani

(1988), e as equações ajustadas e os respectivos coeficientes para a estimativa da erosividade (EI_{30} e $KE > 25$) através da precipitação (p) e coeficiente de chuva (Rc). Todos os coeficientes das equações foram significativos pelo teste de Student a 1% de probabilidade, apresentando coeficientes de determinação elevados, tanto para EI_{30} como para $KE > 25$.

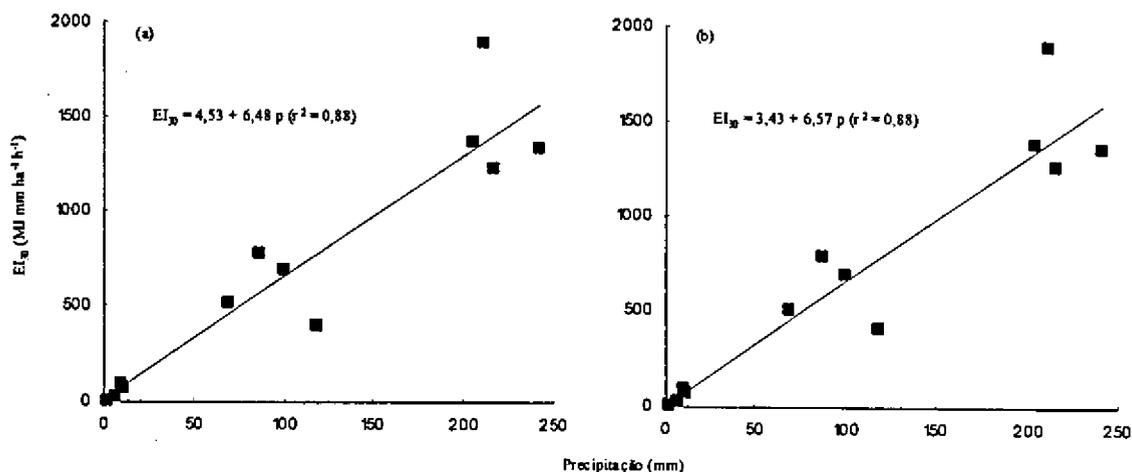


FIG. 2. Equações de regressão ajustadas entre EI_{30} e a precipitação (p), segundo modelos para cálculo da energia cinética propostos por: a) Wischmeier & Smith (1958) e b) Wagner & Massambani (1988).

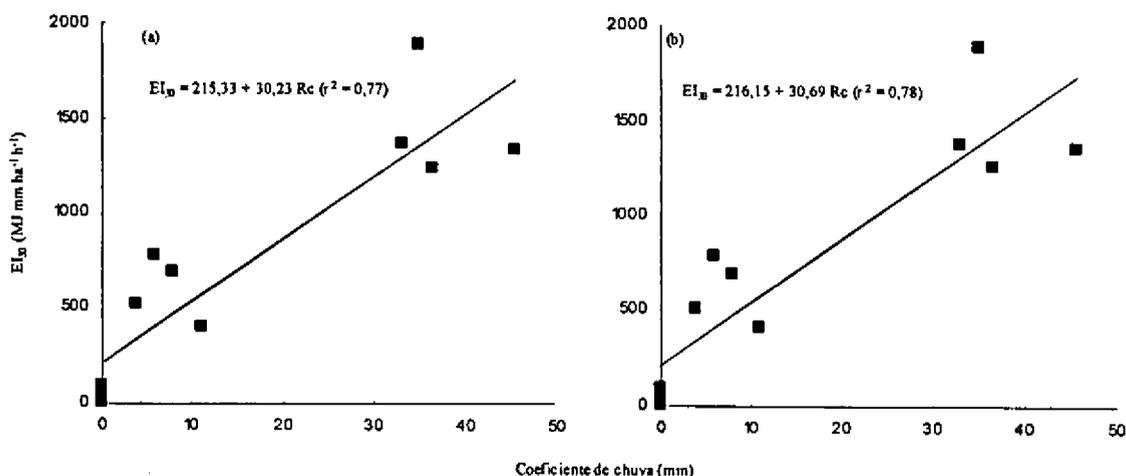


FIG. 3. Equações de regressão ajustadas entre EI_{30} e o coeficiente de chuva (Rc), segundo modelos para cálculo da energia cinética propostos por: a) Wischmeier & Smith (1958) e b) Wagner & Massambani (1988).

Não foi constatada diferença significativa entre os coeficientes das equações de energia cinética utilizadas para o cálculo da erosividade, preconizadas por Wischmeier & Smith (1958) ou Wagner & Massambani (1988), o que valida ambas as equações. Quando se utilizou a precipitação (p), ao invés do coeficiente de chuva (Rc), para estimar a

erosividade, obtiveram-se coeficientes de determinação maiores, possibilitando maior segurança na estimativa quando se utiliza a precipitação. É válido, também, ressaltar que o uso dessas equações está limitado a regiões que apresentam a magnitude dos parâmetros de chuva semelhante aos aqui estudados.

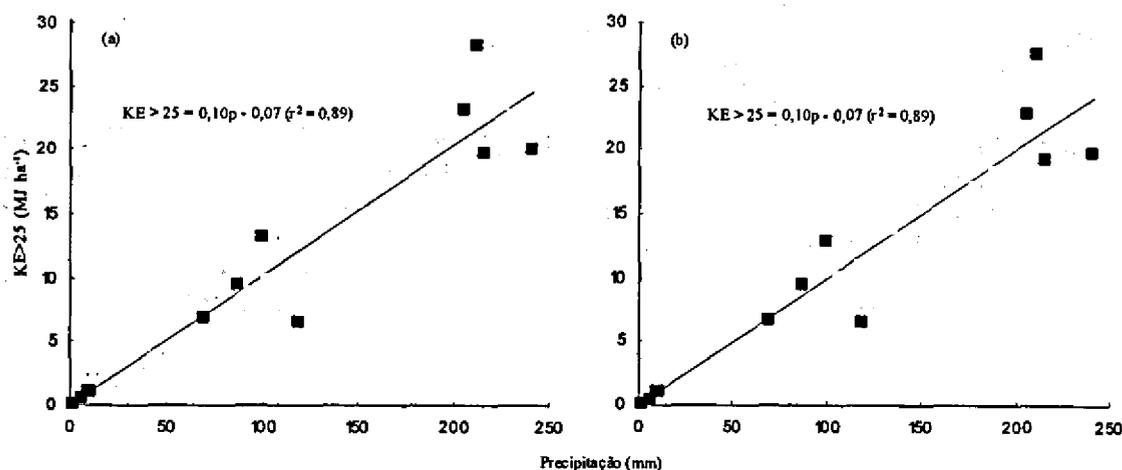


FIG. 4. Equações de regressão ajustadas entre KE>25 e a precipitação (p), segundo modelos para cálculo da energia cinética propostos por: a) Wischmeier & Smith (1958) e b) Wagner & Massambani (1988).

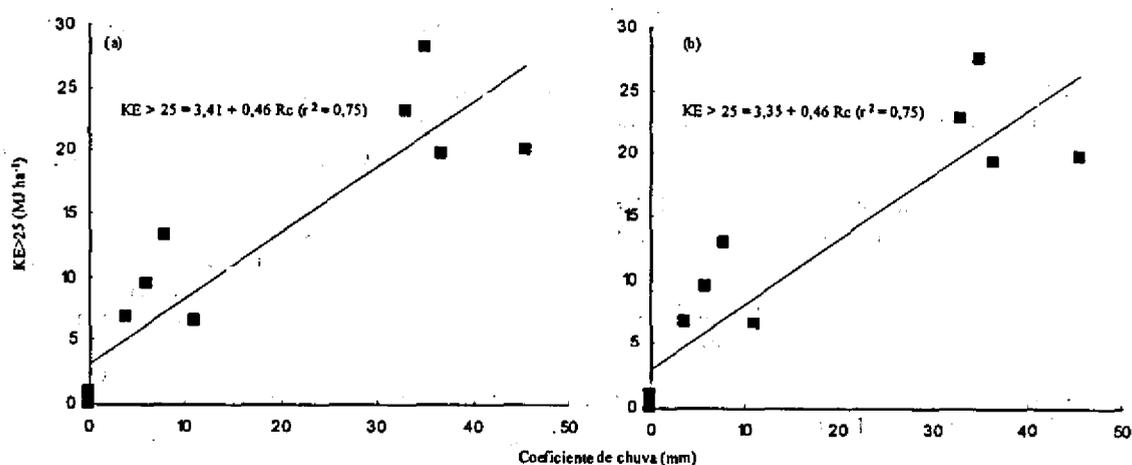


FIG. 5. Equações de regressão ajustadas entre KE>25 e o coeficiente de chuva (Rc), segundo modelos para cálculo da energia cinética propostos por: a) Wischmeier & Smith (1958) e b) Wagner & Massambani (1988).

CONCLUSÕES

1. A erosividade média anual das chuvas na região de Goiânia (GO) é 8353,0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ e 129,8 MJ ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente para os índices EI₃₀ e KE>25.

2. O período crítico em relação à erosão, devido à ocorrência de chuvas erosivas em Goiânia é de setembro a fevereiro, quando ocorrem 85,70% e 84,05% do total anual de KE>25 e EI₃₀, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Aos técnicos e pesquisadores da extinta CRCO-Embrapa-CNPQ, pela coleta de dados pluviométricos; à pesquisadora Isabella C. de Maria (IAC-SCS), pelo fornecimento do programa para cálculo dos índices de erosividade, e ao Prof. José Maria de Lima (UFLA), pela revisão e sugestões.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, L.G. Zoneamento do Estado de Goiás para planejamento de pesquisa agropecuária (1ª aproximação). Planaltina: Embrapa-CPAC, 1979. 17p. (Embrapa-CPAC. Comunicado técnico, 5).
- BERTOL, I. Índice de erosividade (EI₃₀) para Lages (SC) - 1ª aproximação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, n.4, p.515-521, abr. 1993.
- CARVALHO, M.P.; CATANEO, A.; LOMBARDI NETO, F. Índices de erosividade da chuva e enxurrada correlacionados com as perdas de solo, e determinação da erodibilidade de um Latossolo Roxo distrófico de Campinas (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.3, p.445-450, set./dez.1993.
- CARVALHO, M.P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J.; CATANEO, A. Erosividade da chuva de Mococa (SP) analisada pelo índice EI₃₀. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.2, p.243-249, maio/ago. 1989.
- CATANEO, A.; CASTRO FILHO, C.; ACQUAROLE, R.M. Programa para cálculo de erosividade de chuva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.6, p.236-239, 1982.
- DEDECEK, R.A. Fatores de erosividade da chuva, enxurrada e perdas de solo sob condições de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.12, p.1431-1438, dez. 1988.
- DEDECEK, R.A. Capacidade erosiva das chuvas de Brasília-DF, In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. *Anais...* [S.l.]: Embrapa-SNLCS, 1978. p.157-161.
- FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G.; MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v.36, n.6, p.355-359, Nov./Dec. 1981.
- FOURNIER, F. The effect of climatic factors on soil erosion estimates of solids transported in suspension in runoff. [S.l.]: Association Hydrologic Int. Public, 1956. v.38, 6p.
- HUDSON, N.W. *Soil Conservation*. 2.ed. New York: Cornell Univ. Press, 1981. 324p.
- HUDSON, N.W. The influence of rainfall on the mechanics of soil erosion with particular reference to northern Rhodesia. Cape Town: University of Cape Town, 1965. M.Sc. Thesis.
- LAL, R. Soil erosion on alfisols in western Nigeria. III. Effects of rainfall characteristics. *Geoderma*, Amsterdam, v.16, p.389-401, 1976.
- LOMBARDI NETO, F. Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil. West Lafayette: Purdue Univ., 1977. 53p. M.Sc. Thesis.
- LOPES, P.R.C.; BRITO, L.T.L. Erosividade da chuva no médio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.1, p.129-133, jan./abr. 1993.
- MARIA, I.C. Cálculo da erosividade da chuva. In: LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M. de; DECHEN, S.C.F.; VIEIRA, S.R.; MARIA, I.C. de. *Manual de programas de processamento de dados de campo e de laboratório para fins de experimentação em conservação do solo*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1994.
- MORAIS, L.F.B. de; MUTTI, L.S.M.; ELTZ, F.L.F. Índices de erosividade correlacionados com perdas de solo no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.12, n.3, p.281-284, set./dez. 1988.

- MORAIS, L.F.B. de; SILVA, V. da; NASCHENVEN, T.M. da C.; HARDOIN, P.C.; ALMEIDA, J.E.L. de; WEBER, O.L. dos S.; BOEL, E.; DURIGON, V. Índice EI_{30} e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, p.339-344, 1991.
- MORGAN, R.P.C. *Soil erosion and conservation*. New York: Longman Scientific & Technical, 1986. 298p.
- OLIVEIRA JÚNIOR, R.C.; MEDINA, B.F. A erosividade das chuvas em Manaus (AM). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.2, p.235-239, maio/ago. 1990.
- VAL, L.A.; BAHIA, V.G.; FREIRE, J.C.; DIAS JÚNIOR, M.S. Erosividade das chuvas em Lavras-MG. *Ciência e Prática*, Lavras, v.10, n.2, p.199-209, maio/ago. 1986.
- WAGNER, C.S.; MASSAMBANI, O. Análise da relação intensidade de chuva: energia de Wischmeier & Smith e sua aplicabilidade à região de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.12, p.197-203, 1988.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Transactions of the American Geophysical Union*, Washington, v.39, n.2, p.285-291, 1958.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington: United States Department of Agriculture, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).