

FATORES DE EROSIVIDADE DA CHUVA, ENXURRADA E PERDAS DE SOLO SOB CONDIÇÕES DE CERRADO¹

RENATO ANTONIO DEDECEK²

RESUMO - Para o estabelecimento do fator de erosividade de chuva melhor correlacionado com enxurrada e perda de solo, foram utilizados dados de coleta de perdas de solo e água correspondentes a 116 chuvas, no período de maio de 1979 a abril de 1985, obtidas em parcelas em pousio descoberto em um Latossolo Vermelho-Escuro (Haplustox) textura argilosa e 5,5% de declive. Foram testados 17 índices de erosividade baseados nas características de chuva: quantidade, energia e intensidade, isoladamente ou em combinações, e mais quatro fatores que possibilitassem uma estimativa do estado de umidade do solo no início da chuva. Houve aumento nos coeficientes de determinação dos índices testados com enxurrada e perdas de solo, quando as chuvas foram divididas em convectivas e frontais. Para a perda de 1t/ha de solo e 1 mm de enxurrada, são necessários 79 mm e 74 mm de chuva, respectivamente, no caso de chuvas convectivas. Considerando-se as chuvas frontais, são necessários 49 mm e 41 mm de chuva para ocasionarem os mesmos danos. O índice de erosividade IEK (intensidade-energia) foi o que melhor se correlacionou ($r^2 = 0,90$) com os valores de enxurrada para os dois tipos de chuva. EK (energia) foi o melhor índice de erosividade ($r^2 = 0,78$) nas correlações com os valores de perdas de solo em chuvas convectivas, enquanto R_{10} (quantidade-intensidade) correlacionou-se melhor ($r^2 = 0,59$) com perdas de solo nas chuvas frontais. Como parâmetro geral, EI_{30} foi o melhor índice de erosividade.

Termos para indexação: pousio descoberto, Latossolo Vermelho-Escuro, argila, declive.

RAINFALL EROSIVITY FACTORS, RUNOFF, SOIL LOSSES UNDER CERRADO CONDITIONS

ABSTRACT - To establish the best rainfall erosivity factor related to runoff and soil losses, data from 116 rainstorms obtained from runoff plots in fallow condition on a Dark-Red Latosol (Haplustox) clay textured and with 5,5% slope were used. Seventeen erosivity index combining rainfall characteristics: amount, intensity and energy and four factors estimating soil moisture were tested. There was an increase on the correlation coefficients of all erosivity indexes, when rainstorms data were classified into convective and frontal. Results indicate that a soil loss of 1 t/ha and 1 mm of runoff required 79 mm and 74 mm of rainfall, respectively, considering convective rains. In case of frontal rains, 49 mm and 41 mm of rainfall were needed to cause the same losses. The IEK (intensity-energy) erosivity index was best correlated ($r^2 = 0,90$) to runoff at both raintypes. EK (energy) was best estimator ($r^2 = 0,78$) of soil losses when rain was convective, while R_{10} (intensity-amount) showed best correlation ($r^2 = 0,59$) to soil losses at frontal raintypes. Considering those situations in general, EI_{30} was the best erosivity index.

Index terms: fallow land, Dark-Red Latosol, clay soil, slope land.

INTRODUÇÃO

Desde o início das pesquisas em erosão hídrica do solo, tem sido óbvio que a correlação entre perdas de solo e água por erosão e a quantidade de chuva era muito pobre, e que medidas mais específicas para descrever as características da chuva em relação à erosão eram necessárias.

O produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos é chamado de EI_{30} (Wischmeier 1959), e tem sido muito usado

como o índice de erosividade padrão na equação universal de perdas de solo. Este índice confere o valor local do fator chuva e, conseqüentemente, a universalidade do uso da equação de perdas de solo. Mesmo assim, outros parâmetros de chuva têm sido propostos como base para a estimativa da erosividade de chuvas. Kinnell (1973) sugere que para uma mesma intensidade da chuva, a capacidade erosiva da chuva varia de acordo com o tipo de chuva (convectiva, frontal, etc. . .) e ponto geográfico. Hudson (1971) achou que o índice KE 25, isto é a energia cinética total de chuva a intensidades maiores do que 25 mm/h, era mais apropriado para as condições do Zimbábwe. No mesmo estudo, Elwell & Stocking (1973) encontraram

¹ Aceito para publicação em 21 de outubro de 1988.

² Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), Caixa Postal 177, CEP 80030 Curitiba, PR.

que, para parcelas com vegetação, os índices EI_5 e EI_{15} (energia x intensidade máxima em cinco e quinze minutos) eram melhor correlacionados com as perdas do que o EI_{30} . Na Nigéria, Lal (1976) encontrou melhor correlação entre perdas de solo e o índice AI_{30} , que é o produto da quantidade total de chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos. Para as características de chuvas de Bulgária e Romênia, Onchev (1985) mostrou ser $R = P \cdot T^2$ (onde P = quantidade de chuva > 9,5 mm, com intensidade maior ou igual a 10,8 mm/h -, e t = duração da chuva com intensidade anteriormente descrita).

Nenhum destes índices considera o poder erosivo da enxurrada na estimativa das perdas de solo. Segundo Foster et al. (1982), a equação universal de perdas de solo estima satisfatoriamente as perdas médias anuais de solo da chuva, mas não mantém a mesma capacidade estimativa quando as chuvas são consideradas individualmente. Eles propõem o fator EIA, definido como o produto dos volumes de chuva e enxurrada, cuja principal vantagem é reduzir a superestimação das perdas de solo quando a enxurrada é mínima e o volume de chuvas, grande.

No relacionamento direto chuva/perdas de solo, outro fator de impedimento é o tipo de chuva. Chuvas frontais são, normalmente, de grande volume, de longa duração, mas de baixa intensidade, enquanto chuvas convectivas são de curta duração, alta intensidade, mas de menor volume. O volume de enxurrada pode ser o mesmo em chuvas de tipos diferentes e com distintos valores de energia cinética, devido principalmente à alta intensidade num tipo de chuva e grande volume no outro. Nas condições dos Cerrados do Planalto Central, há uma dominância de chuvas frontais nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, sendo predominantes as chuvas isoladas nos demais meses do período chuvoso (Azevedo et al. 1979).

Os fatores que controlam a capacidade de infiltração da água da chuva no solo são também os determinantes do volume da enxurrada e conseqüentes perdas de solo e água: selamento superficial, umidade antecedente, micro e macro relevo, e outros (Huggins & Burney 1982).

Difícilmente chuvas de energia cinéticas similares encontram o solo em condições idênticas, re-

sultando em perdas de solo conseqüentemente distintas.

O objetivo deste estudo foi avaliar a relação entre os diversos índices de medição da erosividade da chuva desenvolvidos com as perdas de solo e água obtidas nas parcelas de campo, e determinar os que apresentaram melhor desempenho para as condições da região. Também, determinar a capacidade erosiva das chuvas e as combinações de solo e cultivo que permitem diminuir os riscos de erosão hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de perdas de solo e água são médias de duas parcelas, com solo mantido em condições de pousio, de experimento instalado em 1977 no CPAC, Planaltina, DF. As parcelas medem 3,5 m de largura por 22 m de comprimento, num declive de 5,5%.

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-Escuro (LE) álico A moderado, textura argilosa fase cerradão subcaducifólia, relevo plano (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1978).

A estação chuvosa se estende de outubro a maio, ocorrendo, em média, 1.600 mm de chuvas, sendo que setenta por cento destas ocorrem entre novembro e março. Os dados de chuvas para cálculo dos índices de erosividade foram obtidos de pluviogramas diários coletados no período de janeiro de 1977 a dezembro de 1985, na estação climatológica do CPAC.

Os dados de enxurrada e de perdas de solo foram coletados de maio de 1979 a abril de 1985, mas foram utilizados apenas os que se referem a chuvas isoladas, isto é, cujas coletas correspondem a apenas uma chuva, conforme estabelecido por Wischmeier (1959), totalizando 116 eventos. Destes eventos, 58 foram caracterizados como ocasionados por chuvas convectivas, e 58, por chuvas frontais.

Foram escolhidos 17 índices de caracterização da chuva e outros quatro índices que pudessem caracterizar a umidade do solo no início de cada chuva. Os índices referentes a chuva estão na Tabela 1, sendo que o índice EI_{30} é usado como parâmetro de referência neste trabalho.

No estudo não foi possível a determinação do fator EIA_{30} (Foster et al. 1982), porque não se obteve a duração da enxurrada. Como tentativa de estimar as condições iniciais da umidade do solo, foram estabelecidos os seguintes parâmetros, usados como auxiliares na correlação entre poder erosivo da chuva, enxurrada e perdas de solo: V = volume de chuvas contínuas nos três últimos dias anteriores, dividido pelo número de dias anteriores contínuos com chuvas; N = número de dias anteriores sem chuvas inferiores a 6 mm, considerada a taxa média de evaporação diária.

TABELA 1. Índices referentes à chuva, como obtê-los, e suas medidas.

Índices	Obtenção
PPT	Quantidade da chuva, em mm
P	Quantidade da chuva com intensidade maior ou igual a 10,8 mm/h, em chuvas maiores ou iguais a 9,5 mm, em mm (Onchev 1985).
E	Energia cinética total da chuva, em ton. m/ha (Wischmeier & Smith 1978).
EK	Energia cinética da chuva de intensidade maior do que 25 mm/h, em ton. m/ha (Hudson 1971).
R	$R = P \cdot t^2$, sendo t o tempo de duração da chuva, em minutos com intensidade igual ou superior a 10,8 mm/h, em mm/min (Onchev 1985).
I ₁₀	Intensidade máxima da chuva em 10 minutos, em mm/h.
I ₃₀	Intensidade máxima da chuva em 30 minutos, em mm/h.
I ₁₀₂	O quadrado de I ₁₀ , em mm ² /h (Foster & Meyer 1975).
I ₃₀₂	O quadrado de I ₃₀ , em mm.
EI ₁₀	Índice erosivo da chuva considerando a intensidade máxima em 10 minutos, em ton. m/ha. mm/h.
EI ₃₀	Índice erosivo da chuva para intensidades máximas em 30 minutos, descrito por Wischmeier & Smith (1978), em ton. m/ha. mm/h.
AI ₁₀	Quantidade de chuva multiplicado pela sua intensidade máxima em 10 minutos, em mm ² /h.
AI ₃₀	Para intensidades máximas em 30 minutos, descrito por Lal (1976), em mm ² /h.
R ₁₀	R multiplicado pela intensidade máxima em 10 minutos.
R ₃₀	Idem para intensidades máximas em 30 minutos (Onchev 1985).
PEK	P multiplicado por EK.
IEK	PPT multiplicado por EK.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inclusão da Tabela 2 se faz necessária para mostrar que: a) há diferença entre os dois tipos de chuva no que se refere às suas capacidades erosivas, e b) as circunstâncias em que os dois tipos de chuvas ocorrem são distintos e influem nas perdas de solo e água.

Como se pode observar (Tabela 2), as chuvas convectivas têm duração e volume menores, mas intensidade (I₁₀ e I₃₀) e capacidade erosiva (EI₃₀, EK, e IEK) maiores. São as seguintes as

características das chuvas convectivas, também conhecidas como "chuvas de manga", "chuvas localizadas": curta duração e alta intensidade, que podem provocar valores máximos de concentração de solo na enxurrada igual a 34,1%. São estas chuvas que mais se aproximam das que causam erosão nas regiões onde foi desenvolvida a equação universal de perdas de solo (Wischmeier & Smith 1978). No entanto, as chuvas frontais apresentam maiores valores máximos e médios de perdas de solo e de enxurrada. Sobre esta aparente contradição é importante analisar as circunstâncias em que ocorrem estes dois tipos de chuvas, quantificados na Tabela 2 pelos fatores V e S. As chuvas frontais ocorrem na época mais chuvosa nos Cerrados, quando chove praticamente todos os dias, chegando a apresentar 175,4 mm de chuvas contínuas e uma média de 36,2 mm por evento. Enquanto as chuvas convectivas podem ocorrer em intervalos de até 37 dias e as frontais não ultrapassam oito dias, com base nas 58 chuvas convectivas tem-se que, em média, são necessários 79 mm de chuva para causar a perda de 1 tonelada de solo e de 74 mm para 1 milímetro de enxurrada. Em média, são necessários apenas 41 mm e 49 mm de chuva para provocar a perda de 1 tonelada de solo e de 1 milímetro de enxurrada, respectivamente, considerando-se as 58 chuvas frontais. As duas chuvas da Tabela 3, pelas suas semelhanças e diferenças, são um bom exemplo de combinação que caracterizam a atuação das chuvas convectivas e frontais.

A separação das chuvas em dois tipos diferentes, com base nas suas características distintas, permitiu um aumento nos coeficientes de determinação de até 18% e de até 26%, considerando-se enxurrada e perdas de solo, respectivamente (Tabela 4). Tanto em relação à enxurrada como às perdas de solo, os fatores são, no geral, melhores estimadores nas chuvas convectivas do que nas chuvas frontais, chegando a apresentar diferenças de até 25% no coeficiente de determinação. Em nenhuma das situações o parâmetro EI₃₀ foi o melhor estimador, considerando-se chuvas individuais e as seis situações listadas na Tabela 4. Para as condições do Quênia, Ulsaker & Onstad (1984) concluíram que o EI₃₀ era um bom fator de erosividade, quando não se desejava empregar parâmetros que usassem as características da enxur-

TABELA 2. Algumas características dos fatores usados de acordo com o tipo de chuva.

Fator	Chuvas convectivas			Chuvas frontais		
	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média
Precipitação, mm	6,1	86,7	26,0	6,1	90,9	29,5
Duração, h	0:20	32:10	7:00	0:20	38:40	10:30
I ₁₀ , mm/h	8,4	92,4	37,8	6,0	87,6	35,6
I ₃₀ , mm/h	5,6	68,8	24,1	6,0	53,6	22,2
EI ₃₀ , t-m/ha - mm/h	1,5	122	18	1,4	81	17
EK, t.m/ha	0	1693	289	0	1105	252
R ₁₀	0	554	93	0	404	90
IEK/1000	0	123	12	0	100	10
V, mm	0	90,0	21,8	0	175,4	36,2
S, dia	0	37	4	0	8	2
Perdas de solo, t/ha	0	2,7	0,3	0	5,2	0,72
Enxurradas, mm	0	3,1	0,4	0	3,8	0,6
Concent. de solo (%)	0	34,1	1,5	0	9,5	1,8

TABELA 3. Alguns parâmetros de uma chuva convectiva e uma frontal.

Tipos de chuva	Dia	Precipitação (mm)	Duração (min)	I ₃₀ mm/h	EI ₃₀	Chuvas nos 30 dias anteriores (mm)	Perdas de solo t/ha	Enxurrada (mm)
Convect.	27.11 1984	15,0	20	30,0	12,1	87,4	0,46	2,7
Frontal	24.01 1984	6,8	20	13,6	2,0	201,9	0,45	3,5

rada. No entanto, caso fosse escolhido um único parâmetro, independentemente das situações apresentadas, seria melhor fator. Enquanto o fator EI₃₀ apresentou melhor desempenho em se correlacionar com os valores da enxurrada, o fator EK o superou nas relações com perda de solo, mostrando-se como o segundo melhor desempenho em termos gerais. Considerando-se os casos individualmente, o fator IEK apresentou o melhor coeficiente de correlação com os valores da enxurrada, tanto nas chuvas convectivas como nas frontais (Fig. 1 e 2). Foi observado que a melhor correlação obtida com IEK deve-se à sua maior eficiência nos valores mais altos de enxurrada do que EI₃₀. Observa-se, no entanto, que nos valores mais baixos de enxurrada o ajuste é muito pequeno, havendo variações para ambos os fatores. As condi-

ções do solo no início da ocorrência do evento, principalmente umidade inicial e desenvolvimento de uma crosta superficial no solo, seriam os responsáveis por estas variações, muito embora o tempo em que se desenvolve a máxima intensidade de chuva no início ou no final da chuva considerado é também um fator que modifica a capacidade de infiltração do solo e, conseqüentemente, a enxurrada.

Das chuvas convectivas, o melhor fator que se correlacionou com as perdas de solo medidas foi EK, superando em até 10% o fator EI₃₀, embora não tenha apresentado um excelente coeficiente de correlação (Tabela 4 e Fig. 3). EI₃₀ apresenta menor eficiência nos valores mais altos de perdas de solo. O fator R₁₀ (Fig. 4) apresentou o melhor coeficiente de correlação com perdas de solo, para

TABELA 4. Coeficientes de determinação (r^2) para enxurrada e perdas de solo e os índices de erosividade testados. (Todas as regressões foram altamente significativas, com $\alpha = 0,01$).

Índices de erosividade	Chuvas convect.	Chuvas frontais	Total	Chuvas convect.	Chuvas frontais	Total
	Enxurradas			Perdas de solo		
PPT	0,59	0,50	0,55	0,39	0,16	0,23
P	0,75	0,74	0,71	0,63	0,47	0,47
PEK	0,90	0,77	0,78	0,71	0,46	0,44
IEK	0,91	0,77	0,76	0,65	0,42	0,40
I ₁₀	0,29	0,24	0,24	0,41	0,46	0,38
I ₃₀	0,61	0,39	0,45	0,63	0,50	0,46
I ₁₀₂	0,28	0,22	0,23	0,44	0,53	0,43
I ₃₀₂	0,64	0,35	0,45	0,84	0,50	0,44
E	0,70	0,67	9,67	0,51	0,30	0,35
EK	0,84	0,81	0,66	0,78	0,58	0,52
R	0,66	0,51	0,55	0,66	0,52	0,49
EI ₁₀	0,73	0,66	0,66	0,64	0,52	0,49
EI ₃₀	0,86	0,71	0,72	0,68	0,50	0,45
AI ₁₀	0,70	0,65	0,64	0,58	0,45	0,44
AI ₃₀	0,85	0,72	0,72	0,64	0,46	0,43
P ₁₀	0,56	0,43	0,47	0,63	0,59	0,52
R ₃₀	0,72	0,46	0,54	0,70	0,53	0,49
Enxurrada	—	—	—	0,76	0,54	0,61
Con. de solo	0,03	0,59	0,12	0,04	0,71	0,16

chuvas frontais, talvez por ter sido desenvolvido em condições onde este tipo de chuva é o dominante. Todos os fatores utilizados apresentaram coeficientes de determinação baixos em relação às perdas de solo, principalmente considerando-se as chuvas frontais.

Outros dados interessantes de serem observados são os coeficientes de determinação apresentados pelos valores de concentração de solo na enxurrada com enxurrada e perdas de solo. Contrariando as relações observadas entre os índices de erosividade com enxurrada e perdas de solo, a concentração apresentou melhores coeficientes nas chuvas frontais. Acredita-se que as chuvas convectivas apresentam maior energia cinética, mas normalmente ocorrem em solo seco com maior resistência à ação desagregadora da chuva.

Todos os estimadores das condições de umidade inicial do solo apresentaram baixíssima correlação com a enxurrada e as perdas de solo, independentemente do tipo de chuva: em combinação com os índices de erosividade das chuvas foram capazes de

melhorar sua eficiência, traduzindo-se por um aumento nos coeficientes de determinação. Usado em correlações dos índices de erosividade com a enxurrada ou perdas de solo nas chuvas frontais. Nas chuvas convectivas, nenhum parâmetro estimador das condições de umidade do solo usados teve importância, nas correlações múltiplas.

Todos os índices de erosividade apresentaram melhores correlações com a quantidade de chuvas convectivas do que no caso das chuvas frontais. Houve um aumento muito grande na correlação entre os índices de erosividade, quando a quantidade de chuva era estimada por P, considerado (Onchev 1985) como o volume de chuva erosivo. Usando-se dados de chuvas de três locais no Distrito Federal, e correlacionando-se o fator R (somatório anual dos EI₃₀) com a quantidade de chuva nestes locais, obteve-se um coeficiente de correlação (R) apenas igual a 0,51. No caso de se usar um somatório de EK como valor anual, o coeficiente de correlação com a quantidade de chuva foi apenas 0,46.

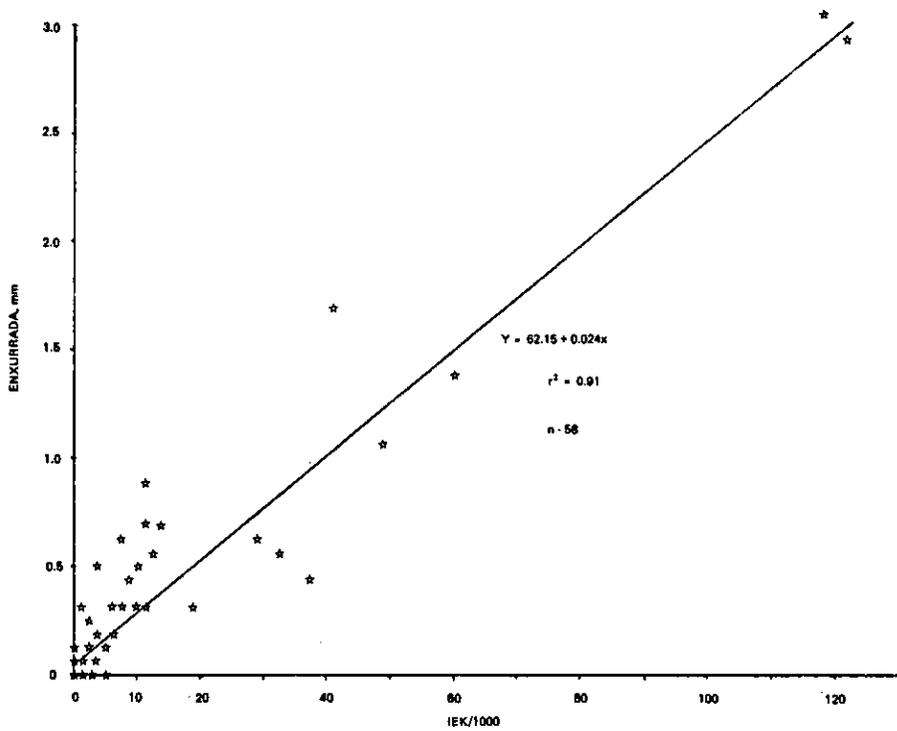


FIG. 1. Índice de erosividade IEK/100 em relação à enxurrada, nas chuvas convectivas. (21 pontos estão superpostos).

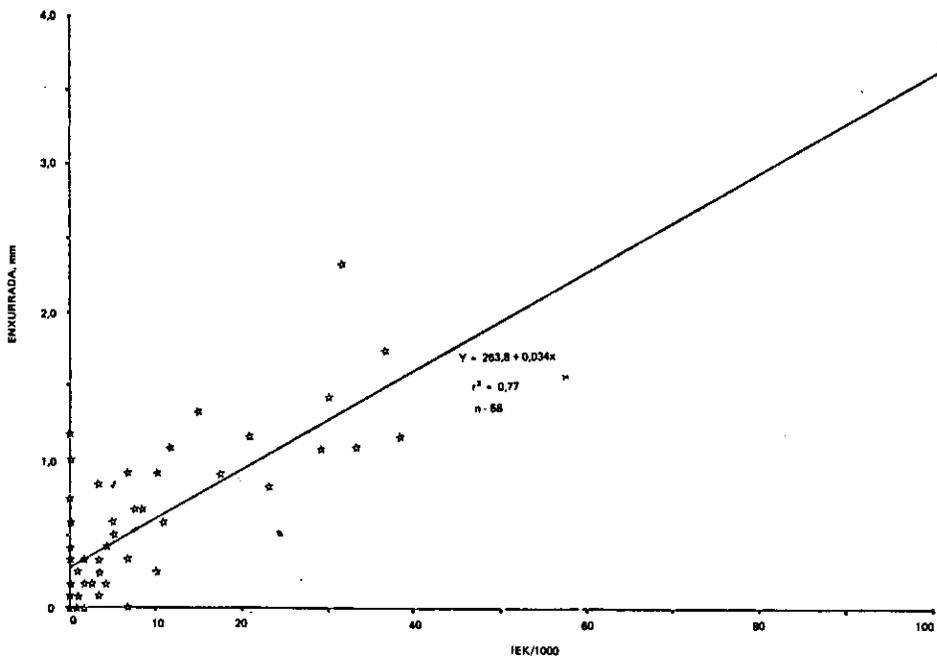


FIG. 2. Índice de erosividade IEK/1000 em relação à enxurrada, nas chuvas frontais. (13 pontos estão superpostos).

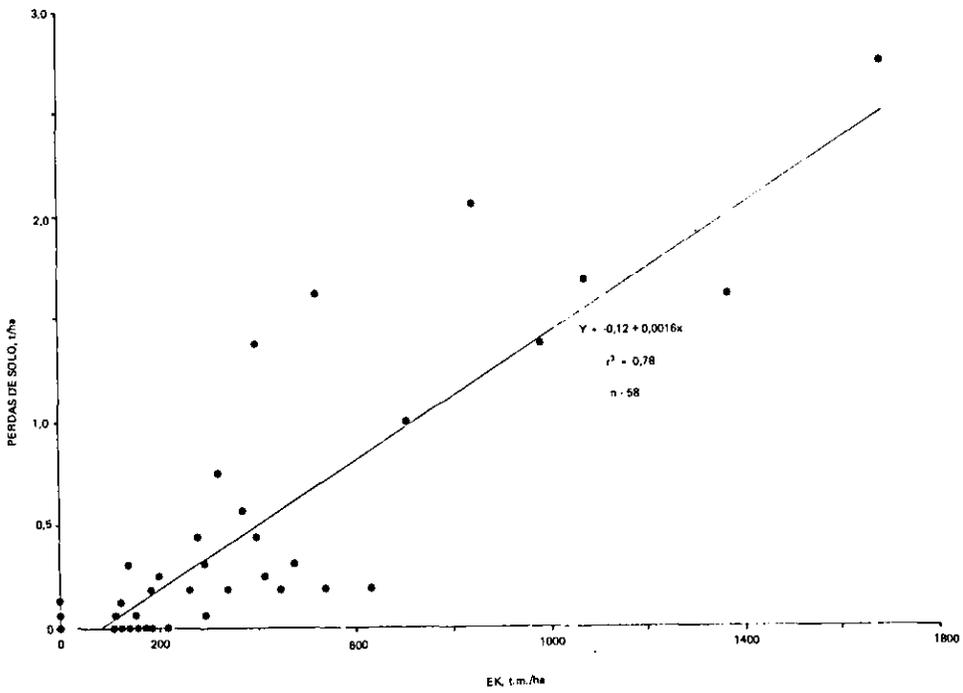


FIG. 3. Índice de erosividade EK em relação às perdas de solo, nas chuvas convectivas. (22 pontos estão superpostos).

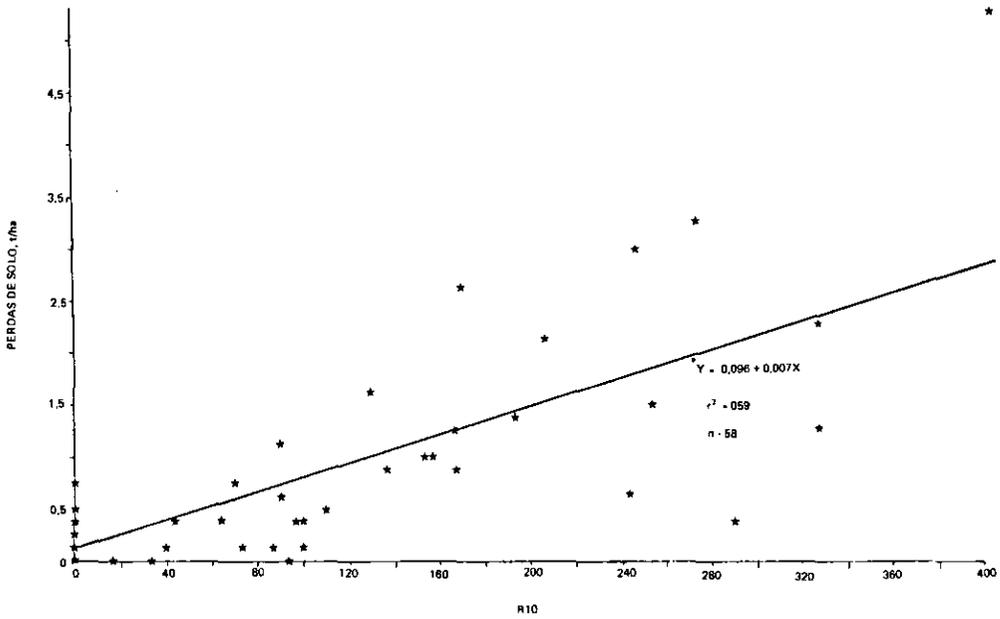


FIG. 4. Índice de erosividade P₁₀ em relação às perdas de solo, nas chuvas frontais. (19 pontos estão superpostos).

CONCLUSÕES

Com base nos dados de perdas de solo e água de um Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa com 5,5% de declive sob chuva natural, obtidos no período de maio de 1979 a abril de 1985, podem-se estabelecer as seguintes conclusões:

1. Um aumento significativo de correlação entre os índices de erosividade e as perdas de solo e enxurrada é obtido pelo agrupamento das chuvas em: convectivas e frontais.

2. As chuvas frontais são dominantes no período de dezembro a fevereiro, sendo de maior duração e menor intensidade. Podem, no entanto, provocar erosão com chuvas de apenas 6 milímetros, em face da sua frequência quase diária, ocorrendo em solo próximo à saturação.

3. As chuvas convectivas, que são uma constante no restante do ano, são chuvas curtas e muito intensas, que, ocorrendo em intervalos maiores, precisam de uma combinação de energia e volume superiores para acarretar perdas de solo.

4. Considerando-se as situações apresentadas, em termos gerais, EI_{30} é o melhor índice de erosividade na estimativa das perdas de solo e água em chuvas individuais.

5. Sendo possível a separação das chuvas de acordo com o seu tipo, outros índices podem apresentar melhores correlações: a) com enxurrada, IEK ; b) com perdas de solo e chuvas convectivas, EK , e c) com perdas de solo e chuvas frontais, R_{10} .

6. Todos os índices apresentaram melhor correlação com enxurrada e perdas de solo, nas chuvas convectivas. O teor de solo na enxurrada correlacionou-se melhor com estes dois valores, nas chuvas frontais.

7. Em termos de exploração agrícola, há vários aspectos a serem salientados: a) chuvas convectivas que apresentam maiores índices erosivos ocorrem no período de preparo e plantio e na colheita, épocas de menor cobertura; b) no entanto, por ocorrerem a intervalos maiores, demandam maiores volume e energia para causar erosão; c) chuvas frontais de menores índices erosivos ocorrem mais freqüentemente, demandando menores combinações de volume e energia para provocar erosão;

d) a ocorrência destas chuvas coincide, no entanto, com o período de maior cobertura pelos cultivos anuais.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, L.G. Zoneamento do Estado de Goiás para o planejamento de pesquisa agropecuária (1ª aproximação). Planaltina, CPAC. 1979. 17p. (Comunicado técnico, 5)
- ELWELL, H.A. & STOCKING, M.A. Rainfall parameters for loss estimation in a sub-tropical climate. *J. Agric. Eng. Res.*, 18:169-77, 1973.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, R.J. Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1978. 455p. (Boletim técnico, 53)
- FOSTER, G.R. & MEYER, L.D. Mathematical simulation of upland erosion by fundamental erosion mechanics. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. Washington, 1975. p.191-207. (ARS-S-40)
- FOSTER, G.R.; LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Evaluation of rainfall runoff erosivity factors for individual storms. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 25(1):124-9, 1982.
- HUDSON, N.W. Soil conservation. Ithaca, Cornell University, 1971. 324p.
- HUGGINS, L.F. & BURNEY, J.R. Surface runoff, storage and routing. In: HAAN, C.T.; JOHNSON, H.P.; BRAKENSIEK, D.L. Hydrologic modelling of small water-sheds. St. Joseph, ASAE, 1982. p.169-225. (ASAE Monograph, 5)
- KINNEL, P.I.A. The problems of assessing the erosive power of rainfall from meteorological observations. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 37:617-21, 1973.
- LAL, R. Soil erosion problems on an alfisol in Western Nigeria and their control. Ibadan, IITA, 1976. 160p. (IITA Monograph, 1)
- ONCHEV, N.G. University index for calculating rainfall erosivity. In: S.A. EL-SWAIFY & MOLDENHAUER, W.C., ed. Soil erosion and conservation. Ankeny, Soil Cons. Soc. Am. 1985. p.424-31.
- ULSAKER, L.G. & ONSTAD, C.A. Relating rainfall erosivity factors to Soil loss in Kenya. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:891-6, 1984.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agric. Handbook, 537)
- WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 23: 246-49, 1959.