

Revista Brasileira de Ciência do Solo

ÓRGÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO

REVISTA BRASILEIRA DE ...
v.11, n.1, JAN. 1987



CPAA-775-25

CDD 631.4

V. 11

p. 1-84

jan./abr. 1987

COMISSÃO VI — CONSERVAÇÃO E MANEJO DO SOLO E DA ÁGUA

A APLICABILIDADE DE ALGUNS ÍNDICES EROSIVOS EM LATOSSOLO AMARELO DE MANAUS (AM)⁽¹⁾

B. FERNANDEZ MEDINA⁽²⁾ & R.C. DE OLIVEIRA JUNIOR⁽³⁾

RESUMO

Vários índices erosivos foram calculados para Manaus e sua aplicabilidade testada mediante correlações simples com perdas de solo medidas em duas parcelas de campo de 22 x 3,5 m, permanentemente cultivadas, estabelecidas em um Latossolo Amarelo muito argiloso, com declividade natural de 6,8 e 7,2%. O estudo compreendeu um período de três anos, 1983-85. Em geral, os índices testados foram insatisfatórios para prognosticar perdas de solo na área. Os parâmetros da chuva que se correlacionaram melhor com perdas de solo foram o AI_m , chuva total vezes sua intensidade máxima em 7,5 min. ($r = 0,73$) e o $EI_{7,5}$, energia cinética da chuva vezes sua intensidade máxima em 7,5 minutos ($r = 0,70$). O EI_{30} apresentou correlação ligeiramente mais baixa ($r = 0,64$). A energia cinética da chuva (E) e a energia cinética para chuvas maiores que 25 mm ($E > 25$) mostraram baixa correlação ($r = 0,37$ e $r = 0,41$ respectivamente). Verificou-se que apenas 53% das perdas de solo podem ser explicadas pelo AI_m , ao passo que 49 e 41%, pelos índices $EI_{7,5}$ e EI_{30} respectivamente. Em vista de o índice AI_m ter sido o que mostrou melhor comportamento e, ao mesmo tempo, ser de fácil computação, recomenda-se correlacioná-lo com o EI_{30} , de maneira a se obter um EI melhorado que possibilite o cálculo de fatores de erodibilidade (K) numericamente comparáveis aos determinados em outras regiões e países.

Termos de indexação: erosão, índices; solo, perda.

SUMMARY: THE APPLICABILITY OF SOME SELECTED EROSIVITY INDICES IN YELLOW LATOSOL AT MANAUS, STATE OF AMAZONAS, BRAZIL

The applicability of various erosivity indices was tested for Manaus, State of Amazonas, Brazil, located in the humid tropic region, by means of their simple correlations with soil loss measured every month from 1983 to 1985 on bare fallow field plots of 22 x 3.5m, established on a very clayey Yellow Latosol with natural slopes of 6.8 and 7.2%. In general, the indices tested were not satisfactory to predict soil losses from bare soil in the area. The higher correlation coefficients were computed for the erosivity indices AI_m (total rainfall x maximum intensity in 7.5 min.) ($r = 0.73$) and $EI_{7,5}$ (kinetic energy for rainfall x maximum intensity in 7.5 min.) ($r = 0.70$). The correlation for the EI_{30} was somewhat lower ($r = 0.64$). The kinetic energy (E) and the kinetic energy for rainfalls greater than 25 mm ($E > 25$) showed low correlation with soil loss ($r = 0.37$ and $r = 0.41$, respectively). It was found that only 53% of soil loss can be explained by the AI_m index whereas 49 and 41%, respectively, by the $EI_{7,5}$ and EI_{30} indices. Due to the fact that the AI_m index was the one that showed the higher correlation with soil loss, besides its simplicity for computation, it might be correlated with the EI_{30} in order to get an improved EI index that can be used to obtain an erodibility factor (K) numerically alike to those determined in some other regions or countries.

Index terms: erosivity indices, soil loss.

INTRODUÇÃO

A erosão do solo é, provavelmente, um dos maiores impedimentos para se manter uma agricultura permanente e econômica nos trópicos úmidos. Na região amazônica, vastas áreas estão sendo desmatadas para ceder espaço a culturas perenes, tais como seringueira, dendezeiro, cacaueteiro e guaranazeiro, o que implica a urgente necessidade de

adquirir os conhecimentos básicos que permitam gerar tecnologias que, simultaneamente, controlem a erosão do solo e possibilitem sua exploração racional e econômica.

A erosão do solo é um processo mecânico que requer energia, a maior parte da qual é proporcionada pela chuva (Wischmeier & Smith, 1958). Vários pesquisadores têm demonstrado que existe alta correlação entre intensidade da chuva e erosão (Free, 1960; Hudson, 1971; Lal, 1976a).

(1) Trabalho realizado com recursos financeiros do Programa de Mobilização Energética (PME) do Ministério de Agricultura. Recebido para publicação em maio e aprovado em novembro de 1986.

(2) Consultor Contrato IICA/EMBRAPA, EMBRAPA — Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (CNPDS), Caixa Postal 319, CEP 69000 Manaus (AM).

(3) Engenheiro-Agrônomo, EMBRAPA — CNPDS.

Wischmeier & Smith (1958) encontraram que a melhor variável simples para prognosticar erosão em solo permanentemente cultivado é o produto da energia cinética total da chuva (E) e sua intensidade máxima em 30 minutos (I_{30}), o que se expressa como a variável $E \times I$, ou simplesmente o índice EI_{30} . Todavia, Lal (1976a) reporta que a relação empírica obtida por Wischmeier & Smith (1958) subestima a energia das chuvas tropicais. As fontes de erro podem ser a velocidade do vento, a distribuição do tamanho das gotas ou a alta intensidade das chuvas tropicais. Lal (1976a, 1976b), que testou a eficiência de vários índices EI ($EI_{7,5}$ a EI_{45}), além de outros parâmetros erosivos, tais como a energia cinética da chuva (E), a energia cinética para chuvas maiores que uma polegada ($KE > 1$) e o produto da quantidade chuva e sua intensidade máxima em 7,5 minutos (AI_m), encontrou que, nas regiões tropicais, o IA_m tem consideráveis vantagens sobre o EI e o $E > 1$.

Considerando que as características das chuvas do Estado do Amazonas diferem, em vários aspectos, daquelas das regiões e países onde o EI_{30} tem provado ser um bom índice para prognosticar erosão, realizou-se este estudo. Seu objetivo foi testar a aplicabilidade de vários índices erosivos para Manaus, mediante suas correlações simples com perdas de solo medidas em parcelas de campo permanentemente cultivadas.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (CNPDS), localizado a aproximadamente 30 quilômetros ao norte de Manaus (AM) pela Rodovia AM-010 que liga Manaus a Itacoatiara.

O solo é um Latossolo Amarelo muito argiloso, que se caracteriza por ser muito profundo, fortemente desgastado e bem drenado e por possuir elevados teores de argila ($> 80\%$ no horizonte B). O perfil é bem desenvolvido, apresentando sequência de horizontes do tipo A, B e C.

O clima da área, na classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Am (chuvas de tipo monção) com uma estação seca de curta duração. Os meses mais chuvosos são outubro a maio e os mais secos, agosto e setembro, com 8,0 e 8,5% do total da precipitação anual respectivamente. O restante das chuvas (11,5%) ocorre em junho e julho. A média anual é de 2.400 mm. A temperatura anual é de 25,7°C (Boletim Agrometeorológico, 1983).

Perdas de solo no período janeiro 1983-dezembro 1985 foram medidas em parcelas de campo (duas) de 22 x 3,5 m, e 6,8 e 7,2% de declividade, cultivadas permanentemente e, portanto, livres de vegetação. As perdas de solo foram ajustadas às da parcela padrão (22 m de comprimento e 9% de declividade) utilizando a relação (Dourojeanni & Paulet, 1967):

$$S = (0,52 + 0,36S + 0,052S^2)/8 \quad (1)$$

onde S é a declividade (%).

As intensidades das chuvas erosivas, durante o período, foram obtidas dos registros de um pluviógrafo localizado na Estação Agrometeorológica da Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Manaus (UEPAE de Manaus), situada a cerca de 500 m do local do experimento. A energia cinética da chuva (E) foi calculada pela equação (Cabeda, 1976):

$$E = 12,142 + 8,877 \log I \quad (2)$$

onde E é a energia cinética da chuva, em MJ/ha.mm e I , a intensidade da chuva, em mm/h.

O índice $E > 25$ foi calculado de forma idêntica à de E , mas apenas para chuvas com intensidades maiores que 25 mm, enquanto o parâmetro AI_m , em mm²/h, obteve-se multiplicando a quantidade total de precipitação de cada chuva erosiva pela sua intensidade máxima em 7,5 minutos. Com a finalidade de obter grandezas semelhantes às dos índices EI , o que facilitaria sua aplicação prática, o AI_m foi dividido por 100 ($AI_m/100$). Daqui em diante, portanto, entender-se-á por AI_m o $AI_m/100$. Os índices $EI_{7,5}$, EI_{15} , $EI_{22,5}$, EI_{30} , $EI_{37,5}$ e EI_{45} , em MJ.mm/ha.h, foram calculados, empregando-se a relação de Wischmeier & Smith (1958), ajustadas as unidades decimais.

$$EI = E \times I \times 10^{-3} \quad (3)$$

onde I é a intensidade máxima de chuva em 7,5, 15, 22,5, 30, 37,5 e 45 minutos.

No cálculo da EI , consideraram-se as chuvas maiores de 10 mm, exceto quando estas eram iguais ou superiores a 6 mm num período de 15 minutos ou menos. As chuvas se separaram por intervalos de 6 horas sem precipitações ou com precipitações menores de 1 mm (Leprun, 1981).

Correlações simples foram processadas entre perdas de solo (A), em t/ha, mês, e cada um dos índices erosivos mensais, para todo o período.

Em vista de ter-se evidenciado, através de resultados preliminares, maior associação entre os índices AI_m e $EI_{7,5}$, de uma parte, e perdas de solo, da outra, quando comparados com os outros parâmetros testados, foi estimada, também, a distribuição freqüencial das intensidades das chuvas em 7,5 minutos, assim como a distribuição mensal acumulada do índice erosivo $EI_{7,5}$ para o período.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição da intensidade das chuvas para o período 1983-85 é mostrada na figura 1. Observa-se que as máximas intensidades em 7,5 minutos se situaram entre 25 e 75 mm/h, para 61, 58 e 65%, respectivamente, das chuvas erosivas caídas em 1983, 1984 e 1985. Chuvas maiores que 50 mm/h foram da ordem de 55, 42 e 37% para 1983, 1984 e 1985 respectivamente. Nos três anos, as precipitações pluviais acima de 75 mm/h não ultrapassaram 20%, enquanto as que excederam 100 mm/h foram ainda menos freqüentes ($< 11\%$, em média).

A análise precedente mostrou que, em Manaus, uma alta percentagem das chuvas superou, no período considerado, os 50 mm/h em 7,5 minutos, o que foi uma das razões principais da acentuada erosão do solo.

Na figura 2, encontra-se a distribuição mensal acumulada do índice erosivo calculado para uma intensidade máxima de 7,5 minutos ($EI_{7,5}$). Depara-se que, em geral, há duas épocas do ano bem diferenciadas: uma que abrange os meses de novembro a maio, na qual os riscos de erosão são altos, e outra que compreende os de junho a outubro, em que essas chances são moderadas a baixas.

O conhecimento da distribuição do índice erosivo numa área ou região é de fundamental importância prática,

posto que possibilita a adoção de medidas protetoras do solo contra a ação erosiva da chuva, particularmente naqueles períodos do ano nos quais ela alcança suas máximas intensidades.

Os resultados das correlações de dados médios mensais de vários parâmetros erosivos da chuva com perdas de solo para o período 1983-85 são apresentados no quadro 1. Verifica-se que os índices que se correlacionaram melhor com perdas de solo foram o AI_m ($r = 0,73$) e o $EI_{7,5}$ ($r = 0,70$), ambos significativos a 1% de probabilidade. O EI_{30} , que, de acordo com Wischmeier & Smith (1958), é o índice que se correlaciona mais significativamente com perdas de solo na região do "Corn Belt", isto é, na parte central dos EUA, mostrou correlação mais baixa ($r = 0,64$). Em Trinidad (Índias Ocidentais), Ahmad & Breckner (1974) obtiveram melhor correlação com o EI_{15} do que com o EI_{30} para três

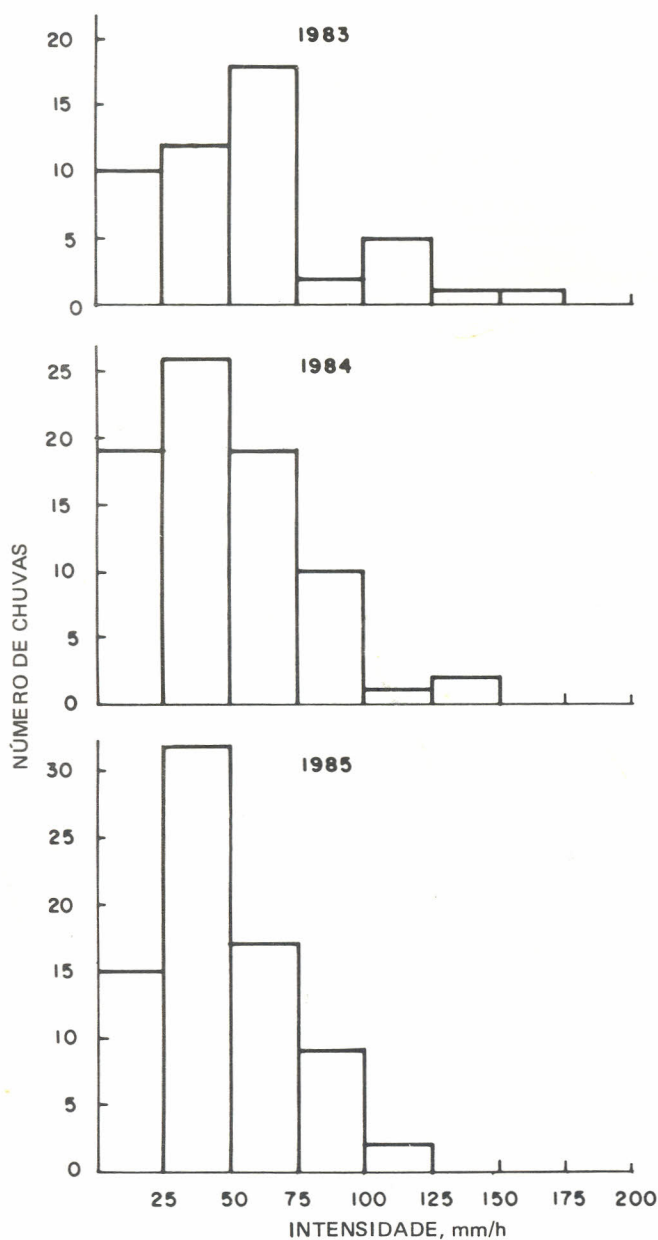


Figura 1. Distribuição da intensidade da chuva em 1983-85 em Manaus.

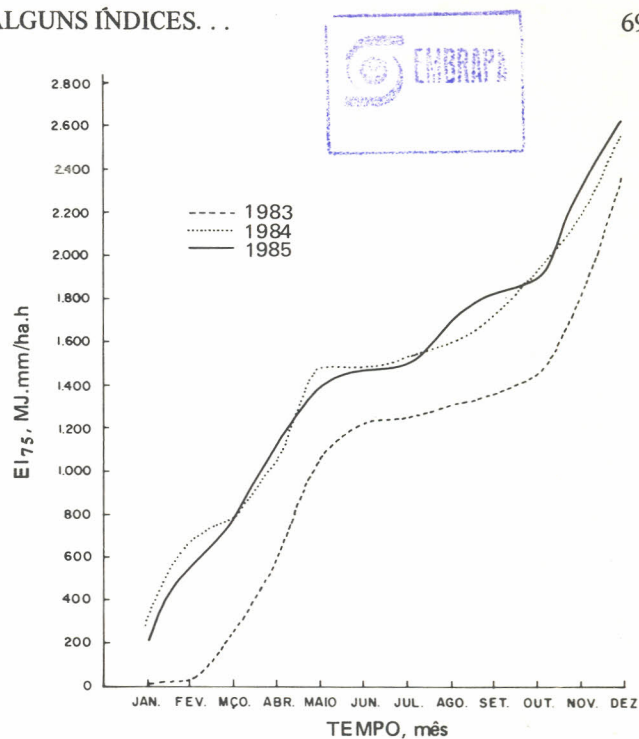


Figura 2. Distribuição mensal acumulada do índice erosivo (R) em 1983-85 em Manaus.

Quadro 1. Coeficientes de correlação (r) e determinação (r^2) e equações de regressão de perdas de solo (t/ha) para vários índices erosivos

Índice erosivo (1)	r	r^2	Equação de regressão
E	0,37	0,14	$y = 7,0 + 0,007 x$
$E > 25$	0,41	0,17	$y = 6,3 + 0,020 x$
AI_m	0,73	0,53	$y = 2,6 + 0,120 x$
$EI_{7,5}$	0,70	0,49	$y = 2,3 + 0,050 x$
EI_{15}	0,66	0,44	$y = 2,8 + 0,060 x$
$EI_{22,5}$	0,65	0,42	$y = 3,1 + 0,070 x$
EI_{30}	0,64	0,41	$y = 3,4 + 0,080 x$
$EI_{37,5}$	0,64	0,41	$y = 3,7 + 0,080 x$
EI_{45}	0,63	0,40	$y = 3,9 + 0,090 x$

(1) E: Energia cinética da chuva; $E > 25$: energia cinética para chuvas maiores de 25 mm; AI_m : chuva total vezes sua intensidade máxima em 7,5 min; $EI_{7,5}$ a EI_{45} : energia cinética da chuva vezes sua intensidade máxima em 7,5 a 45 min.

diferentes unidades de solo e declividades. Os autores constataram que apenas entre 34 e 69% das perdas de solo podiam ser explicadas através do fator chuva de Wischmeier & Smith (1958). A baixa correlação entre o fator chuva e perdas de solo foi explicada pelo fato de a relação empírica usada para computar o índice erosivo não considerar o efeito do vento, que pode influenciar notadamente tanto a energia quanto o ângulo de impacto da chuva. Lal (1976a) relata que em Abadan, Nigéria Ocidental, a melhor estimativa de perdas de solo durante uma chuva individual foi obtida com o $AI_{7,5}$, isto é, o AI_m para intensidade máxima em 7,5 minutos. Acrescenta o autor que o AI_m apresenta várias vantagens sobre o EI. Primeiro, este índice inclui a intensidade máxima, um fator importante nas chuvas

tropicais; além disso, considera a chuva total, que contempla o fato de que uma chuva muito intensa, mas de curta duração (e que portanto resulta numa pequena quantidade total de chuva) é, comumente, não erosiva; finalmente, o Alm é fácil de computar. Em relação ao EI_{30} , Lal (1976a) afirma que ele subestima a energia cinética das chuvas tropicais. As fontes de erros podem ser a velocidade do vento, a distribuição do tamanho das gotas ou a alta intensidade das chuvas tropicais.

Quanto à energia cinética da chuva (E) e à energia para as chuvas maiores que 25 mm, não mostraram nenhuma condição como indicadores do potencial erosivo da chuva ($r = 0,37$ e $r = 0,41$ respectivamente).

No quadro 1, observa-se que 53% das perdas de solo podem ser explicadas pelo parâmetro Alm , enquanto 49 e 41%, respectivamente, pelos índices $EI_{7,5}$ e EI_{30} . O medíocre a pobre valor expressivo dos índices erosivos, em geral, se deve a um ou mais dos fatores citados por Ahmad & Breckner (1974) e Lal (1976a). É provável que a intensidade das chuvas e a distribuição do tamanho das gotas tenham sido os maiores responsáveis pelas respostas dos índices na área, haja vista que a velocidade do vento não parece ter influenciado de forma marcante a erosão do Latossolo Amarelo muito argiloso, devido à sua baixa velocidade em Manaus (Boletim Agrometeorológico, 1983). Em relação à intensidade das chuvas, Lal (1976a) afirma que a equação utilizada para computar o índice erosivo não proporciona diferenças significativas entre a energia cinética de chuvas com intensidade variando de 2 a 6 polegadas/hora (50 a 150 mm/h).

Na figura 1, foi observado que as chuvas com intensidades maiores do que 50 mm/h foram bastante frequentes no período e que houve também certa quantidade, embora menor, de precipitações que excederam os 100 mm/h, todas as quais, em algum grau, devem ter influído na moderada a baixa correlação dos índices erosivos com perdas de solo. Quanto ao tamanho das gotas, sabe-se (Blanchard, 1950) que as chuvas do tipo não orográfico, como as que se produzem em Manaus e, em geral, no Estado do Amazonas, têm uma distribuição de tamanho com predominância de gotas grandes, sendo, portanto, mais erosivas do que as de tipo orográfico. Finalmente, não se descarta a possível influência de modificações ocorridas nas propriedades físicas e físico-hídricas do solo das parcelas, nesses primeiros anos de exposição ao impacto da chuva, sobre os resultados das correlações entre alguns índices erosivos e perdas de solo. Lombardi Neto (1977) relata que os dois primeiros anos de medições de perdas de solo não devem ser considerados.

Os resultados do quadro 1, bem como sua análise e discussão, revelaram que todos os índices calculados utilizando a relação de Wischmeier & Smith (1958) foram insatisfatórios para prognosticar perdas de solo em Manaus.

Evidenciaram, também, que o parâmetro que melhor expressou a erodibilidade, dentre todos os testados, foi o Alm , embora não havendo mostrado nítida superioridade sobre os demais. Segundo Lal (1976a), uma das suas maiores limitações é que não inclui a energia cinética da chuva.

Portanto, enquanto não se conhece um índice erosivo que, além de considerar a energia da chuva, inclua outros fatores que incidam notoriamente na erosividade das chuvas nos trópicos, e particularmente nesta área, sugere-se correlacionar o EI_{30} com o Alm , de maneira a se obter um EI melhorado para aplicar no cálculo da erodibilidade do solo (fator K). Dessa forma, será possível calcular um K numericamente comparável aos obtidos em outras regiões brasileiras e do exterior.

LITERATURA CITADA

- AHMAD, N. & BRECKNER, E. Soil erosion on three tobago soils. *Trop. Agric., Trinidad*, 51:313-324, 1974.
- BLANCHARD, D.C. Behavior of water drops at terminal velocity. *Trans. Am. Geophys. Union*, Washington, 31:836-842, 1950.
- BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO. Manaus, UEPAE, (5), 1983.
- CABEDA, M.S.V. Computation of storm EI values. West Lafayette, Purdue University, 1976. 6p.
- DOUROJEANNI, R.A. & PAULET, I.M. La ecuación universal de pérdida de suelo y su aplicación al planeamiento del uso de las tierras agrícolas. La Molina, Universidad Agraria, 1967. 44p. (Publicação, 2)
- FREE, C.R. Erosion characteristics of rainfall. *Agric. Eng., St. Joseph*, 41:447-449, 1960.
- HUDSON, N. Soil conservation. Ithaca, New York, Cornell University Press, 1971. 320p.
- LAL, R. Soil erosion on alfisols in Western Nigeria. III. Effects of rainfall characteristics. *Geoderma*, Amsterdam, 16: 389-401, 1976a.
- LAL, R. Soil erosion problems on a alfisol in Western Nigeria and their control. 8. Rainfall erosivity and soil erosion. *International Institute of Tropical Agriculture*, Ibadan, 1976b. p.53-70 (Monograph, 1)
- LEPRUN, J.C. Relatório de fim de Convênio de Manejo e Conservação do Solo no Nordeste Brasileiro (1982-1983). Recife, SUDENE/O.R.S.T.O.M., 1983. 290p.
- LOMBARDI NETO, F. Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil losses at Campinas, Brazil. *Purdue University*, West Lafayette, 1977. 51p. (M.S. Thesis)
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Amer. Geophys., Union*, Washington, D.C., 39:285-291, 1958.