

## DISPERSÃO DO MATERIAL DE SOLO EM ÁGUA PARA AVALIAÇÃO INDIRETA DA ERODIBILIDADE DE LATOSSOLOS<sup>(1)</sup>

J. M. LIMA<sup>(2)</sup>, N. CURI<sup>(2)</sup>, M. RESENDE<sup>(3)</sup> & D. P. SANTANA<sup>(4)</sup>

### RESUMO

Os teores de silte e areia muito fina, obtidos da análise granulométrica com dispersão total (NaOH), estão entre os principais parâmetros responsáveis pela erodibilidade dos solos. Sendo os latossolos, por via de regra, pobres em silte, os índices de erodibilidade, que consideram tais parâmetros relevantes, apresentam para os mesmos acentuada resistência à erosão. Entretanto, quando a dispersão do material de solo é realizada somente em água, os agregados, de elevada estabilidade nesses solos, podem permanecer no tamanho das frações silte e areia muito fina, permitindo dúvidas sobre a aplicabilidade dos resultados de granulometria com dispersão total na predição do seu comportamento diante da erosão. Neste trabalho, avaliou-se a influência dos teores de partículas e/ou agregados menores de 0,1mm (argila, silte e areia muito fina) dispersos em água nos índices de erodibilidade, em amostras de latossolo vermelho-escuro e vermelho-amarelo, coletadas nas profundidades de 0-20 e 60-80cm. O emprego das frações granulométricas dispersas em água conduziu a valores mais elevados para a erodibilidade, comparados àqueles obtidos de maneira convencional, notadamente na camada do solo relativa ao horizonte B (60-80cm), cujas unidades estruturais são menores e mais estáveis. O latossolo vermelho-escuro, de maneira geral, mostrou-se mais resistente à erosão do que o vermelho-amarelo.

**Termos de indexação:** erodibilidade, índice, erosão, dispersão em água.

### SUMMARY: DISPERSION OF SOIL MATERIAL IN WATER FOR INDIRECT EVALUATION OF LATOSOL ERODIBILITY

*The amount of silt and very fine sand, obtained from particle-size distribution analysis using total dispersion (NaOH), is a parameter considered to be one of the main responsible for soil erodibility. In the case of latosols, generally poor in silt, the erodibility indices, which consider such parameter as relevant, reveal high erosion resistance for these soils. However, when the soil material dispersion is performed in water only, the high stability aggregates of these soils may remain in the silt and very fine sand fractions, raising questions about the applicability of particle-size distribution results obtained by total dispersion, upon prediction of latosol behavior in terms of erosion. In this work, it was evaluated the effect of contents of*

(1) Parte do trabalho de Tese de Mestrado do primeiro autor apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL). Recebido para publicação em dezembro de 1988 e aprovado em janeiro de 1990.

(2) Professor do Departamento de Ciência do Solo da ESAL, 37200 Lavras (MG).

(3) Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, 36570 Viçosa (MG).

(4) Pesquisador da EMBRAPA/CNPMS, 35700 Sete Lagoas (MG).

*water, dispersible particles and/or aggregates smaller than 0.1mm (clay, silt and very fine sand) upon erodibility indices, in samples of dark red latosol and red yellow latosol, collected at 0-20 and 60-80cm depths. The use of particle-size distribution, by water dispersion method, led to higher values for soil erodibility compared to the conventional method, specially in the case of B horizon (60-80cm depth), which has smaller and more stable structural units. The dark red latosol was, in general, more resistant to erosion than the red yellow latosol.*

*Index terms: erodibility index, erosion, water dispersion.*

## INTRODUÇÃO

Índices de erodibilidade (fator K da equação universal de perdas de solo), com base nos resultados da análise granulométrica com emprego de dispersantes químicos (hidróxido de sódio, por exemplo) fornecem resultados que, geralmente, superestimam a resistência do solo à erosão, comparativamente a valores obtidos por métodos diretos, notadamente para os latossolos. Muitos autores têm questionado a adoção de tais métodos, como o nomograma proposto por Wischmeier et al. (1971) para estimar o índice de erodibilidade de solos dessa classe. Henklain & Freire (1983), utilizando-o para latossolo roxo e latossolo vermelho-escuro, encontraram valores reduzidos, comparativamente àqueles obtidos em condições de chuva natural e simulada, e salientaram a necessidade da inclusão de novos parâmetros para a elaboração de um método indireto específico para esses solos.

De acordo com Wischmeier et al. (1971), o teor de silte constitui um dos mais importantes parâmetros influenciadores da erodibilidade, havendo semelhança de comportamento da fração areia muito fina com o silte no solo. Os latossolos são, por via de regra, relativamente pobres em partículas da última fração. A estrutura granular, comum nessa classe de solos, proporciona elevada permeabilidade e pode, devido à acentuada estabilidade, conferir às partículas de argila o comportamento de silte e areia muito fina, notadamente nos latossolos com maiores teores de óxidos, sobretudo de alumínio (gibbsita) (Resende, 1982, 1985). Dessa forma, os índices de erodibilidade obtidos a partir de métodos que consideram relevantes parâmetros como permeabilidade e teor de silte total, são reduzidos nos latossolos.

Este trabalho teve como objetivo verificar a influência dos parâmetros granulométricos dispersos em água nos índices de erodibilidade obtidos por métodos indiretos em latossolos da região de Lavras (MG).

## MATERIAL E MÉTODOS

A região caracteriza-se pelo clima do tipo Cwb, segundo a classificação de Köppen, com precipitação total anual de 1.471mm, sendo as chuvas concentradas basicamente de novembro a março, com erosividade (KE > 25), segundo Val (1985), de 6.483 MJ.mm/ha.h.ano.

Os solos estudados foram latossolo vermelho-escuro (LE) e vermelho-amarelo (LV), ambos distróficos (epiálicos), sob vegetação de cerrado utilizada como pastagem natural, situados nos municípios de Lavras e Itumirim (MG) respectivamente. As amostras foram coletadas nas camadas de 0-20 e 60-80cm de profundidade.

Realizaram-se análises de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> por ataque sulfúrico e carbono orgânico, segundo Vettori (1969) e EMBRAPA (1979), extraindo-se os óxidos de ferro livres totais com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (Mehra & Jackson, 1960).

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta (Day, 1965), empregando-se NaOH 0,1N como dispersante químico, e agitação rápida (12.000 rpm) durante dez minutos. O fracionamento da terra fina em água foi também realizado pelo método da pipeta, sendo as frações que englobam partículas e/ou agregados maiores que 0,05mm separadas por peneiramento e as frações de tamanho menor, por sedimentação. Avaliou-se a permeabilidade em laboratório, partindo-se de material indeformado, coletado com amostrador de Uhland, e utilizando-se permeâmetro adaptado (Figura 1), para eliminação da água percolada junto à parede do cilindro, semelhante ao proposto por McNeal & Roland (1964). Estabeleceram-se as classes de permeabilidade de acordo com Soil Survey Staff (1951), com modificação para obtenção das seis classes empregadas no método nomográfico de Wischmeier et al. (1971), conforme o quadro 1. A unidade equivalente foi determinada segundo método da EMBRAPA (1979).

Os teores de gibbsita foram obtidos na fração argila desferrificada, através de análise térmica diferencial.

Adotaram-se índices de erodibilidade fundamentados nas determinações morfológicas, físicas e químicas, como segue:

a) Lombardi Neto & Bertoni (1975), com base em Middleton (1930), que considera:

$$\frac{\text{porcentagem argila dispersa em água/porcentagem argila total}}{\text{porcentagem argila total/porcentagem umidade equivalente}}$$

b) Lombardi Neto & Bertoni (1975) modificado, incluindo-se os teores de silte disperso em água

Quadro 1. Classes de permeabilidade (Soil Survey Staff, 1951) e modificações para uso do nomograma de Wischmeier et al. (1971)

Soil Survey Staff (SSS)		SSS - modificado		
Classe	Limites mm/h	Classe	Limites mm/h	Símbolo
Muito rápida	> 254	Rápida	> 254	1
Rápida	254-127	Moderada a rápida	254-127	2
Moderadamente rápida	127-63,5	Moderada	127-63,5	3
Moderada	63,5-20	Lenta a moderada	63,5-20	4
Moderadamente lenta	20-5	Lenta	20-5	5
Lenta	5-1,27	Muito lenta	< 5	6
Muito lenta	< 1,27			

(fracionamento da terra fina em água) e total (disperso com NaOH 0,1N), a saber:

$$\frac{(\text{porcentagem silte} + \text{argila dispersos em água}) / (\text{porcentagem silte} + \text{argila totais})}{(\text{porcentagem argila total} / \text{porcentagem umidade equivalente})}$$

c) Nomograma de Wischmeier et al. (1971) - Figura 2.

d) Nomograma modificado, onde a porcentagem de partículas e/ou agregados menores que 0,1mm (dispersos em água) substitui a porcentagem de silte + + areia muito fina do nomograma, e a porcentagem de

partículas e/ou agregados maiores que 0,1mm (também dispersos em água) substitui a porcentagem de areia correspondente (>0,1mm), sendo os demais parâmetros os mesmos de c.

Os índices de erodibilidade obtidos através do método nomográfico encontram-se em unidades inglesas. A conversão para o Sistema Internacional foi realizada através da multiplicação pelo fator 0,1317, de acordo com Foster et al. (1981). Para efeito de comparação, foi necessário a correção dos índices obtidos pelos demais métodos.

A perda total de solo foi estimada pela equação universal de perda de solo<sup>(5)</sup> (Wischmeier & Smith, 1961), considerando-se os valores de erodibilidade obtidos no presente trabalho e a erosividade das chuvas da região de Lavras. Os demais fatores da equação foram considerados como unitários para os dois solos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A diferença apresentada entre os dois solos, relativamente aos resultados de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pelo ataque sulfúrico (Quadro 2), deve-se basicamente à rocha de

Quadro 2. Teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (ataque sulfúrico e DCB), gibbsita, matéria orgânica e cor dos solos

Solo	Profundidade cm	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Gibbsita	Matéria orgânica	Cor (úmida)
		Ataque sulfúrico	DCB			
LE	0-20	15,3	10,4	-	2,59	-
	60-80	16,5	8,6	40	1,36	2,5YR 3/6
LV	0-20	3,6	3,4	-	1,72	-
	60-80	4,4	3,7	27	0,36	5YR 4/6

(5) A = RKLSCP, onde A = perda anual (em t/ha);  
R = fator de erosividade da chuva (MJ.mm/ha.h.ano);  
K = fator de erodibilidade do solo (t.ha.h/ha.MJ.mm);  
LS = fator de declive e comprimento de rampa, e  
CP = fator de cultura (uso e manejo) e prática conservacionista.

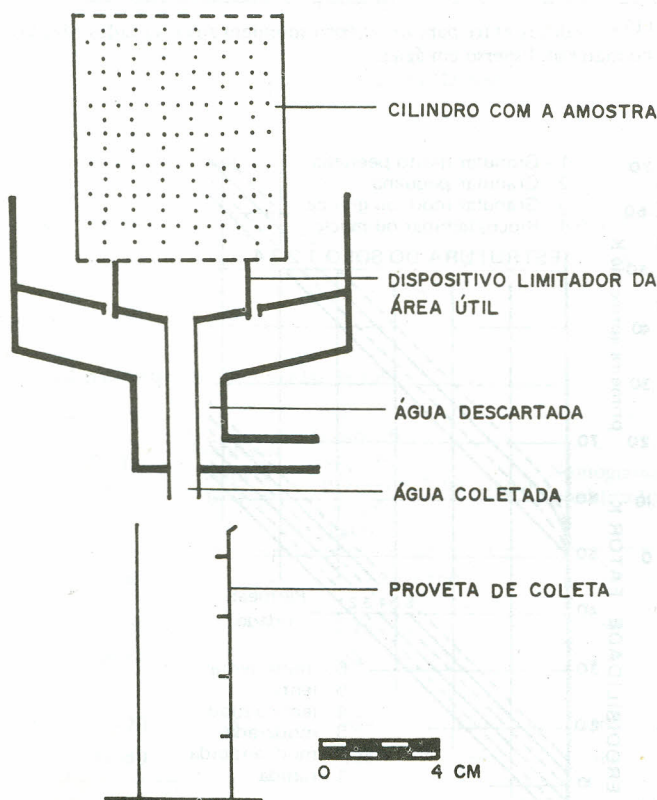


Figura 1. Representação esquemática do permeâmetro empregado no trabalho.

origem (gnaisse-granítico mesocrático - LE e gnaisse-granítico leucocrático - LV). O LE apresenta, conseqüentemente, teores mais elevados de óxidos de ferro livres totais. Esse parâmetro, segundo Roth et al. (1974) e Romkens et al. (1977), e os maiores teores de gibbsita (Quadro 2), segundo Resende (1982, 1985), são os principais responsáveis pela estrutura granular mais bem expressa e pela maior estabilidade das unidades estruturais, induzindo maior permeabilidade nesse solo (Quadro 3).

A estrutura do solo LV (blocos subangulares na camada de 0-20cm e mista na camada de 60-80cm), condicionada pelo menor teor de óxidos e de matéria orgânica (Quadros 2 e 3), é a principal responsável por sua menor permeabilidade, comparada ao LE (Quadro 3).

Quadro 3. Parâmetros físicos, tipos de estrutura e classes de estrutura e de permeabilidade para emprego do método nomográfico

Solo	Profundidade cm	Umidade equivalente %	Permeabilidade mm/h	Estrutura (1)	Classes	
					Estr.	Perm.
LE	0-20	30,1	320	bg	3	1
	60-80	30,5	490	gp	1	1
LV	0-20	19,1	40	bs	3	3
	60-80	22,5	220	gb	2	2

(1) bg: fraça muito pequena a pequena granular e alguns blocos subangulares; gp: aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte muito pequena granular; bs: moderada média blocos subangulares; gb: aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte pequena granular e em alguns blocos subangulares.

O fracionamento da terra fina em água (Quadro 4) mostrou considerável incremento nos teores das frações silte (0,05-0,002mm) e areia muito fina (0,1-0,05mm), em comparação aos valores obtidos no material disperso com NaOH, principalmente no solo LE, com valores bastante elevados na camada de 60-80cm, um reflexo do tamanho e estabilidade das unidades estruturais.

Os métodos Lombardi Neto & Bertoni (b) e nomograma (d) modificados, nos quais se adotam os teores de partículas e/ou agregados dispersos em água, estimam os maiores índices de erodibilidade com os maiores incrementos na camada subsuperficial, conforme quadro 5. Isso se deve à estrutura granular do horizonte B desses solos, principalmente no LE, o que propiciou, pelo seu tamanho e estabilidade, maior incremento nas frações (>0,002mm) com dispersão em água, reafirmando a importância do comportamento

Quadro 4. Análise granulométrica do material de solo disperso com NaOH 0,1N e com água(1)

Solo	Profundidade cm	Classes de tamanho (mm)		
		Areia (2-0,1)	Silte (0,1-0,005)	Argila (<0,002)
		%		
LE	0-20	9(35)	3(5)	16(31)
	60-80	5(15)	2(8)	19(75)
LV	0-20	41(47)	9(10)	14(23)
	60-80	30(32)	10(13)	19(54)

(1) Os valores entre parênteses correspondem aos resultados obtidos no material disperso em água.

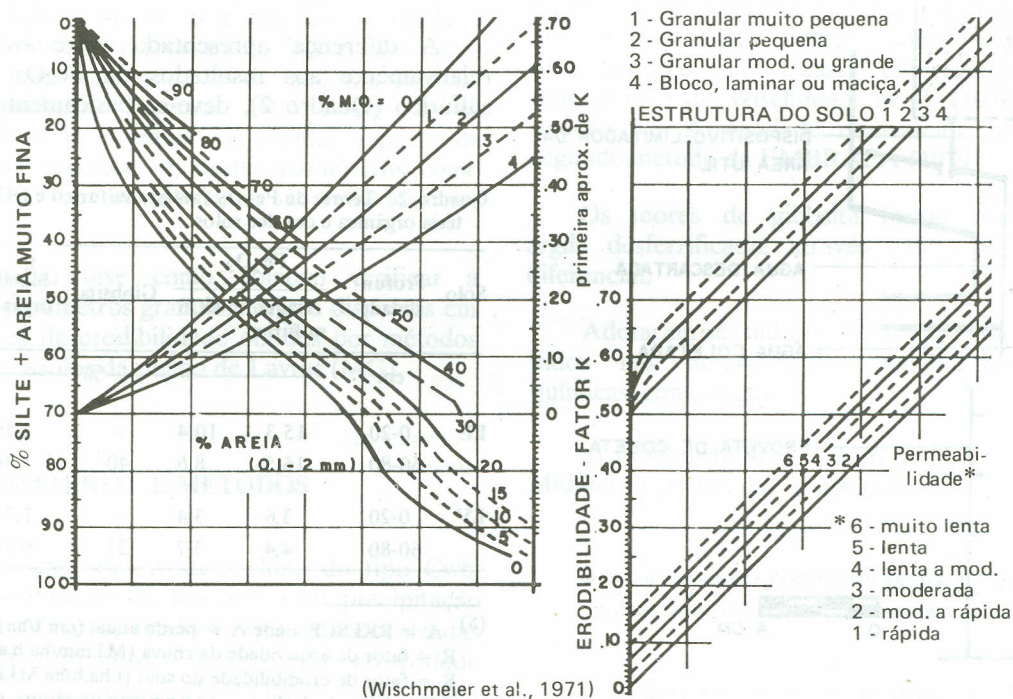


Figura 2. Nomogramas de Wischmeier et al. (1971) para avaliação in direta da erodibilidade de solos.

funcional das partículas de argila como silte e areia muito fina, na forma de microagregados.

A umidade equivalente (Quadro 3), mais reduzida no LV (reflexo de sua textura mais grosseira), é a principal responsável pelos valores mais elevados, obtidos através do método Lombardi Neto & Bertoni modificado, comparativamente ao LE; as classes de permeabilidade e estrutura (Quadro 3) e o teor de matéria orgânica (Quadro 2) são responsáveis pela diferença entre ambos os solos, com relação aos valores obtidos pelo nomograma modificado.

Por considerar a dispersão total (NaOH), onde os teores de argila são elevados e, de silte, mais reduzidos, os métodos propostos por Lombardi Neto & Bertoni (a) e nomograma (c) apresentam menores índices de erodibilidade, relativamente aos demais, principalmente para o horizonte B, o que parece não representar bem o comportamento de tais solos no campo.

Os índices de erodibilidade apontam o solo LV como de menor resistência à erosão (Quadros 5 e 6), concordando com Lima (1987), que, trabalhando com chuva simulada em solos semelhantes, sem, contudo, determinar o valor da erodibilidade, obteve para latossolo vermelho-amarelo perda total de material por erosão cerca de duas vezes superior ao latossolo vermelho-escuro.

Quadro 5. Índices de erodibilidade (K) estimados pelos diferentes métodos

Solo	Profundidade cm	Lombardi Neto & Bertoni	Lombardi Neto & Bertoni (modifi- cado)	Nomograma	Nomograma (modificado)
LE	0-20	0,022	0,038	0,002	0,054
	60-80	0,001	0,045	0,001	0,066
LV	0-20	0,039	0,060	0,017	0,057
	60-80	0,002	0,066	0,013	0,075

Quadro 6. Estimativa das perdas de solo<sup>(1)</sup>

Solo	Profundidade cm	Lombardi Neto & Bertoni	Lombardi Neto & Bertoni (modifi- cado)	Nomograma	Nomograma (modificado)
LE	0-20	143	246	13	350
	60-80	6	291	6	428
LV	0-20	253	389	110	369
	60-80	13	428	84	486

(1) Calculada com base na equação universal de perdas de solo ( $A = RKLSCP$ ), considerando os índices de erodibilidade (K) dos solos e a erosividade das chuvas (R) da região (6.483 MJ.mm/ha.h.ano). Os demais fatores da equação são considerados unitários ( $A = KR$ ).

A estimativa da perda total de solo permite uma avaliação da aplicabilidade dos índices (Quadro 6). A adoção dos fatores de uso e manejo e práticas conservacionistas como valor unitário refere-se a uma situação de total desproteção do solo contra a erosão. A exposição, principalmente dos horizontes subsuperficiais dos latossolos, possibilita a instalação de formas drásticas de erosão em espaço de tempo relativamente curto, dada a friabilidade e facilidade de transporte dos microagregados pela água. Entretanto, os índices, nas suas formas convencionais, conferem acentuada resistência à erosão, mostrando perdas de 6t/ha.ano (aproximadamente 0,6mm de espessura da camada perdida) toleráveis mesmo em condições de cultivo protetor do solo (Bertoni et al., 1975).

A adoção dos índices com a modificação proposta, na ausência de dados comparativos, pode estar superestimando as perdas de solo, mas, certamente, os valores obtidos nos métodos convencionais superestimam a resistência desses solos à erosão, notadamente em sub-superfície.

A cor vermelha adquire grande importância nessa região, por refletir parâmetros que conferem condição de maior resistência à ação da água, como melhor expressão da estrutura granular e maior permeabilidade. Deve-se ressaltar, ainda, que o latossolo roxo não foi incluído neste estudo pela sua reduzida expressão geográfica regional.

Há, sem dúvida, necessidade de revalidação desses dados, através de estudos mais abrangentes, que comparem a adoção dos métodos na forma indicada com métodos diretos (em nível de campo) para obtenção do índice de erodibilidade, sobretudo para os latossolos.

## CONCLUSÕES

1. O emprego de parâmetros granulométricos do solo, obtidos da análise com o uso de dispersantes químicos, causa dúvidas sobre a aplicabilidade das informações geradas, sobretudo na camada subsuperficial do latossolo vermelho-escuro, onde a diferença entre os teores de argila e silte totais e dispersos em água mostrou-se pronunciada.

2. A adoção dos teores de partículas e/ou agregados dispersos em água permitiu conferir, principalmente à camada de 60-80cm dos solos, maior índice de erodibilidade.

3. Os métodos Lombardi Neto & Bertoni e nomograma, empregados na forma original, possibilitaram simplesmente diferenciar os dois solos na camada de 0-20cm, conferindo à de 60-80cm valores mais reduzidos de erodibilidade.

## LITERATURA CITADA

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. & BENATTI JR., R. Equação de perdas de solo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1975. 23p. (Boletim técnico, 21)

- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.1, p.545-566.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1979.
- FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K. & MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. J. Soil Wat. Cons., Ankeny, 36:355-359, 1981.
- HENKLAIN, J.C & FREIRE, O. Avaliação do método nomográfico para determinação da erodibilidade de latossolos do Estado do Paraná. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 7(2):191-195, 1983.
- LIMA, P.M.P. Perdas de solo e água em dois latossolos sob cerrado com diferentes preparos e chuva simulada. Lavras, ESAL, 1987. 88p. (Tese de Mestrado)
- LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Erodibilidade de solos paulistas. Campinas, Instituto Agrônômico, 1975. 12p. (Boletim técnico, 27)
- McNEAL, L. & ROLAND, C. Elimination of boundary flow errors in laboratory hydraulic conductivity measurements. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 28:713-714, 1964.
- MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate sistem buffered with sodium bicarbonate. Clays Clay Miner., Clarkson, 7:317-327, 1960.
- MIDDLETON, H.E. Properties of soils which influence soil erosion. Washington, USDA, 1930. 16p. (Technical bulletin, 178)
- RESENDE, M. Pedologia. Viçosa, UFV, 1982. 100p.
- RESENDE, M. Aplicação de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(128):3-18, 1985.
- ROMKENS, M.J.M.; ROTH, C.B. & NELSON, D.W. Erodibility of selected clay subsoils in relation to physical and chemical properties. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 41(5):954-960, 1977.
- ROTH, C.B.; NELSON, D.W. & ROMKENS, M.J.M. Prediction of subsoil erodibility using chemical, mineralogical, and physical parameters. Washington, Environmental Protection Agency, 1974. 111p.
- SOIL SURVEY STAFF. Soil survey manual. Agricultural Handbook 18, 1951. 503p.
- VAL, L.A. Avaliação dos índices de erosividade das chuvas do município de Lavras (MG). Lavras, ESAL, 1985. 72p. (Tese de Mestrado)
- VETTORI, L. Métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim técnico, 7)
- WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B. & CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. J. Soil Wat. Cons., Ankeny, 26(5):189-193, 1971.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. A universal soil-loss equation to guide conservation farm planning. In: Int. Congr. Soil Sci., 7., Madison, Wisconsin, 1960. Transactions. Amsterdam, Elsevier, 1:418-425, 1961.