

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Adriana Cavaliéri e aprovada pela Comissão Julgadora em 30 de agosto de 1994. Campinas, 27 de outubro de 1994.


Presidente da Banca

ERODIBILIDADE DO SOLO: AVALIAÇÃO POR MEIO DE
PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

ADRIANA CAVALIERI 8/3/4

Engenheira Agrônoma

Orientador:

Prof. Dr. CARLOS ROBERTO ESPÍNDOLA 
CNC
526
901

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas como cumprimento parcial dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola - Área de concentração: Água e Solo.

CAMPINAS

Estado de São Paulo - Brasil

Agosto - 1994

Aos meus pais, Jair e Flavia,
pelo amor, compreensão e
incentivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Carlos Roberto Espíndola pela orientação, dedicação e amizade.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos no período de março de 1991 a agosto de 1993.

À Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônômico (IAC) pelo apoio e pela realização de algumas determinações laboratoriais.

Ao Dr. Francisco Lombardi Neto pelas sugestões ao trabalho, pelo incentivo e amizade.

À Faculdade de Agronomia "Manoel Carlos Gonçalves", em especial aos professores Centurión, Nilva e Küpper pela amizade e apoio.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária pela realização de algumas determinações laboratoriais.

Aos funcionários e professores da FEAGRI que de forma direta ou indireta contribuíram para a execução do trabalho.

A minhas irmãs e meus amigos pela paciência e estímulo.

CONTEÚDO

	página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA	4
2.1. Erosão	4
2.2. Equações de perda de solo	5
2.2.1. Equação universal de perdas de solo	6
2.3. Fator erodibilidade do solo	8
2.3.1. Conceito	8
2.3.2. Métodos de determinação	9
2.3.2.1. Métodos diretos	9
2.3.2.2. Métodos indiretos	11
3. MATERIAL E MÉTODO	18
3.1. Material	18
3.1.1. Solos da região centro-sul do Brasil	19
3.1.2. Solos do Estado de São Paulo	20

3.2. Método	22
3.2.1. Método de estudo dos solos da região centro-sul	22
3.2.2. Método de estudo dos solos do Estado de São Paulo	24
3.2.2.1. Procedimentos analíticos e des- critivos	24
3.2.2.1.1. Análise granulométrica	24
3.2.2.1.2. Teor de umidade do solo	25
3.2.2.1.3. Matéria orgânica e cá- tions trocáveis	25
3.2.2.1.4. Teores de óxidos de Fe, Al, Si e Ti do ataque sulfúrico	26
3.2.2.1.5. Análises descritivas ..	26
3.2.2.2. Estimativa da erodibilidade	27
4. RESULTADOS	28
4.1. Solos da região centro-sul do Brasil	28
4.2. Solos do Estado de São Paulo	30
5. DISCUSSÃO	45
5.1. Solos da região centro-sul do Brasil	45
5.1.1. Estudo das correlações	45
5.1.2. Modelo estimativo	48
5.2. Solos do Estado de São Paulo	49
5.2.1. Caracterização granulométrica	49
5.2.2. Teor de umidade do solo	50

5.2.3. Teores de óxidos de Fe, Al, Si e Ti	51
5.2.4. Matéria orgânica e cátions trocáveis	51
5.2.5. Estrutura e permeabilidade	52
5.2.6. Estimativa da erodibilidade	52
5.2.6.1. Latossolo Roxo	55
5.2.6.2. Latossolo Vermelho Escuro	57
5.2.6.3. Latossolo Vermelho-Amarelo	58
5.2.6.4. Podzólico Vermelho-Amarelo e Terra Roxa Estruturada	60
5.2.6.5. Areias Quartzosas	62
6. CONCLUSÕES	63
7. ANEXOS	66
7.1. Parâmetros dos solos da região centro-sul do Brasil	66
7.2. Resultados dos solos da região centro-sul do Brasil	69
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

LISTA DE FIGURAS

Figura	página
1 Localização das quadriculas de Araras, São Carlos, Descalvado e Ribeirão Preto	21
2 Comparação entre erodibilidade estimada e resíduo (erodibilidade observada menos erodibilidade estimada)	30
3 Porcentagens de argila dispersa em NaOH e argila dispersa em água para os solos do Estado de São Paulo	32
4 Porcentagens de silte em tratamentos com NaOH e água, para os solos do Estado de São Paulo	32
5 Porcentagens de areia em tratamentos com NaOH e água, para os solos do Estado de São Paulo	33
6 Distribuição da fração areia nos perfis de Latossolo Roxo utilizando água como meio de dispersão	33
7 Distribuição da fração areia nos perfis de Latossolo Roxo utilizando como dispersante NaOH ..	33
8 Distribuição da fração areia nos perfis de Latossolo Vermelho Escuro utilizando água como meio de dispersão	34
9 Distribuição da fração areia nos perfis de Latossolo Vermelho Escuro utilizando como dispersante NaOH	34
10 Distribuição da fração areia nos perfis de Latossolo Vermelho-Amarelo utilizando água como meio de dispersão	34
11 Distribuição da fração areia nos perfis de Latossolo Vermelho-Amarelo utilizando como disper-	

	sante NaOH	34
12	Distribuição da fração areia nas Areias Quartzosas utilizando água como meio de dispersão	35
13	Distribuição da fração areia nas Areias Quartzosas utilizando como dispersante NaOH	35
14	Distribuição da fração areia nos perfis de solos Podzólicos e na Terra Roxa Estruturada utilizando água como meio de dispersão	35
15	Distribuição da fração areia nos perfis de solos Podzólicos e na Terra Roxa Estruturada utilizando como dispersante NaOH	35
16	Correlações entre teor argila e umidade do solo nas tensões de 0,3, 0,5 e 1,0 bar para os solos do Estado de São Paulo	36
17	Relações moleculares entre óxidos de ferro, alumínio e silício para os solos do Estado de São Paulo	38
18	Erodibilidade dos solos do Estado de São Paulo estimada pelos modelos: (1) Lombardi Neto & Bertoni; (2) Lombardi Neto & Bertoni mod.	41
19	Erodibilidade dos solos do Estado de São Paulo estimada pelos modelos: (3) Wischmeier et al; (4) Wischmeier et al mod. e por modificação proposta no modelo de Wischmeier et al (1971)	41
20	Erodibilidade dos solos do Estado de São Paulo estimada pelo modelos: (5) Denardin (Brasil); (6) Denardin (Brasil+EUA); (7) proposto	42
21	Erodibilidade dos perfis de Latossolo Roxo estimada pelos modelos: (1) Lombardi Neto & Bertoni; (2) Lombardi Neto & Bertoni mod.; (3) Wischmeier et al; (4) Wischmeier et al mod.; (5) Denardin (Brasil); (6) Denardin (Brasil+EUA); (7) proposto	42
22	Erodibilidade dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro estimada pelos modelos: (1) Lombardi Neto & Bertoni; (2) Lombardi Neto & Bertoni mod.; (3) Wischmeier et al; (4) Wischmeier et al mod.; (5) Denardin (Brasil); (6) Denardin (Brasil+EUA); (7) proposto	43
23	Erodibilidade dos perfis de Latossolo Vermelho-	

- Amarelo estimada pelos modelos: (1) Lombardi Neto & Bertoni; (2) Lombardi Neto & Bertoni mod.; (3) Wischmeier et al; (4) Wischmeier et al mod.; (5) Denardin (Brasil); (6) Denardin (Brasil+EUA); (7) proposto 43
- 24 Erodibilidade dos perfis de solos Podzólicos e Terra Roxa Estrurada estimada pelos modelos: (1) Lombardi Neto & Bertoni; (2) Lombardi Neto & Bertoni mod.; (3) Wischmeier et al; (4) Wischmeier et al mod.; (5) Denardin (Brasil); (6) Denardin (Brasil+EUA); (7) proposto 44
- 25 Erodibilidade das Areas Quartzosas estimada pelos modelos: (1) Lombardi Neto & Bertoni; (2) Lombardi Neto & Bertoni mod.; (3) Wischmeier et al; (4) Wischmeier et al mod.; (5) Denardin (Brasil); (6) Denardin (Brasil+EUA); (7) proposto .. 44

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Classe de solo, classe textural, valor de erodibilidade determinado no campo, local, método de determinação e fonte de informação dos solos da região centro-sul	20
2 Unidade taxonômica e sua localização no Estado de São Paulo	21
3 Códigos e valores mínimos, médios e máximos dos solos da região centro-sul do Brasil	23
4 Características granulométricas dos solos do Estado de São Paulo utilizando hidróxido de sódio como dispersante	31
5 Características granulométricas dos solos do Estado de São Paulo utilizando água como meio de dispersão	31
6 Teores de umidade dos solos do Estado de São Paulo em porcentagem	36
7 Teores de óxidos extraíveis por ácido sulfúrico e suas relações moleculares	37
8 Teores de matéria orgânica, cátions trocáveis, soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases	38
9 Valores de estrutura e permeabilidade	39
10 Valores de erodibilidade estimados por métodos indiretos para os solos do Estado de São Paulo (expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm)	40
11 Características granulométricas dos solos da região centro-sul do Brasil	66

12	Matéria orgânica, estrutura e permeabilidade para os solos da região centro-sul do Brasil	67
13	pH, teores de cátions trocáveis, fósforo e nitrogênio totais para os solos da região centro-sul do Brasil	67
14	Teores de óxidos dos solos da região centro-sul Brasil extraíveis por ataque sulfúrico e suas relações moleculares (K _i , K _r e K _f)	68
15	Matriz de correlação simples para as variáveis dos solos da região centro-sul do Brasil	69
16	Matriz de correlação simples para as variáveis dos Latossolos da região centro-sul do Brasil .	71
17	Matriz de correlação simples para as variáveis dos solos com horizonte B textural da região centro-sul do Brasil	73
18	Análise de variância e testes de significância para as variáveis preditoras do modelo proposto para a estimativa da erodibilidade do solo	75
19	Valores de erodibilidade dos solos da região centro-sul estimados por modelo proposto e sua análise estatística	75

RESUMO

ERODIBILIDADE DO SOLO: AVALIAÇÃO POR MEIO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

A erodibilidade de 21 unidades de solo identificadas nos levantamentos pedológicos semidetalhados do Estado de São Paulo foi estimada através de: (a) modelos propostos por DENARDIN (1990), ajustados para os solos do Brasil e ajustados para o conjunto de solos do Brasil e EUA; (b) relação de erosão proposta por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975); (c) relação de erosão proposta por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975), modificada por LIMA (1987); (d) modelo proposto por WISCHMEIER *et al* (1971); (e) modelo proposto por WISCHMEIER *et al* (1971), modificado por LIMA *et al* (1990); (f) modelo proposto ajustado para solos da região centro-sul do Brasil que possuem a erodibilidade determinada por métodos diretos.

Pelos resultados obtidos observa-se comportamento distinto da erodibilidade dos solos estudados através dos diferentes métodos indiretos analisados. A relação proposta por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) e sua modificação proposta por LIMA (1987) proporcionaram valores relativamente altos de

erodibilidade. A modificação proposta por LIMA *et al* (1990) no modelo de WISCHMEIER *et al* (1971) proporcionou maior erodibilidade. O modelo de DENARDIN (1990) ajustado para os solos do Brasil apresentou erodibilidade relativamente alta para solos com teor elevado de matéria orgânica. O modelo proposto foi obtido através de regressão múltipla e apresentou coeficiente de determinação de 0,85.

De uma forma geral, os métodos indiretos usados parecem ter bom potencial de aplicação, principalmente aqueles ajustados a partir de solos que tenham erodibilidade determinada por métodos diretos, mas para que se possa aplicá-los de forma mais segura, um maior número de solos deve ser utilizado para ajustar esses modelos, requerendo-se também um estudo mais detalhado do comportamento de cada propriedade de solo representada.

ABSTRACT

SOIL ERODIBILITY: EVALUATION THROUGH PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

The erodibility of 21 units of soil identified in semi-detailed soil surveys of São Paulo State was estimated by means of: (a) proposed models by DENARDIN (1990), adjusted to the soils of Brazil and of USA; (b) proposed erosion relation by LOMBARDI NETO & BERTONI (1975); (c) proposed erosion relation by LOMBARDI NETO & BERTONI (1975), modified by LIMA (1987); (d) proposed model by WISCHMEIER *et al* (1971); (e) proposed model by WISCHMEIER *et al* (1971) modified by LIMA *et al* (1990); (f) adjusted proposed model for soils of centre-south region of Brazil that has determined erodibility by direct methods.

By the results obtained, distinct behavior of erodibility has been observed for the studied soils by the different indirect analysed methods. The proposed relation by LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) and its proposed modification by LIMA (1987) proportionated relatively high values for erodibility. The proposed modification by LIMA *et al* (1990) in the model of WISCHMEIER *et al* (1971) proportionated greater erodibility. The

adjusted model by DENARDIN (1990) for soils of Brazil showed relatively high erodibility for soils with high organic matter amount. The proposed model was obtained by multiple regression and the determination coefficient was 0,85.

In a general way, the indirect methods used seemed to have a good potential of application, mainly those adjusted by means of soils that had the erodibility determined by direct methods. But in order to apply it safely, a larger number of soils should be utilized for adjusting of these models, and it's also necessary a more detailed study of the behavior of each represented soil property.

1. INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é uma das principais causas do declínio da produtividade dos solos agricultáveis. Para o uso e manejo do solo com perdas mínimas por erosão hídrica é necessário o conhecimento dos fatores que a determinam, bem como a magnitude de cada um deles e de suas interações.

A estimativa de perdas de solo por erosão hídrica através de equações empíricas representa uma ferramenta importante para a seleção de práticas de conservação do solo em áreas cultivadas, contribuindo, assim, para o planejamento de uso das terras.

Nas últimas décadas, pesquisadores de vários países têm trabalhado na determinação dos fatores da equação universal de perdas de solo, procurando torná-los cada vez mais práticos e eficientes.

Essa equação reúne os principais fatores do processo erosivo, quais sejam: erosividade da chuva, erodibilidade do solo, comprimento de rampa, grau do declive, cobertura vegetal do solo e práticas conservacionistas.

Todos os parâmetros dessa equação, com exceção do fator

erosividade da chuva, são determinados no campo, sob condições padronizadas.

O fator erodibilidade constitui uma medida da susceptibilidade inerente do solo à erosão hídrica, sendo uma função de suas propriedades. Ele leva em conta o fato de diferentes solos perderem quantidades variáveis de materiais quando os demais fatores que influem no processo erosivo são mantidos constantes.

A erodibilidade constitui o parâmetro de maior custo e morosidade para sua determinação, especialmente no Brasil, em face de sua extensão territorial e das diversidades edáficas.

Nos EUA a obtenção indireta da erodibilidade, através de parâmetros físicos, químicos e mineralógicos, expressos por meio de modelos, tem tido relativo sucesso. Entretanto, a extrapolação desses modelos para solos do Brasil não tem, usualmente, apresentado resultados satisfatórios, como revelam determinadas pesquisas sobre o assunto.

Contudo, DENARDIN (1990), em 31 amostras de solos do Brasil, utilizando dados analíticos de 46 solos dos EUA e ajustando modelos para solos de diferentes graus de desenvolvimento, com ampla variação de propriedades físicas e químicas, concluiu que a erodibilidade dos solos do Brasil pode ser estimada pelo modelo ajustado para o conjunto de nossos solos e os dos EUA, como pelo modelo ajustado a partir de variáveis exclusivas dos solos do Brasil.

Partindo-se do pressuposto de que o fator erodibilidade do solo possa ser estimado indiretamente através de modelos, os objetivos deste trabalho são:

- reestudar solos brasileiros analisados por DENARDIN (1990), ajustando novos modelos para estimativa da erodibilidade através de parâmetros de solo;

- determinar o índice de erodibilidade de 21 unidades de solos do Estado de São Paulo por métodos indiretos, representados por modelos encontrados na bibliografia, quais sejam:

- (a) modelos propostos por DENARDIN (1990) ajustados para os solos do Brasil e para o conjunto de solos do Brasil e EUA;

- (b) relação de erosão proposta por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975);

- (c) relação de erosão proposta por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) modificada por LIMA (1987);

- (d) modelo proposto por WISCHMEIER *et al* (1971);

- (e) modelo proposto por WISCHMEIER *et al* (1971) modificado por LIMA *et al* (1990);

- comparar, para cada unidade de solo do Estado de São Paulo estudada, os índices de erodibilidade obtidos pelos métodos indiretos.

2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

2.1. Erosão

A erosão do solo é definida como um processo de despreendimento e arraste acelerado das partículas do solo, causado principalmente pela água (erosão hídrica) e/ou pelo vento (erosão eólica). A erosão hídrica é causada por forças ativas, como as características da chuva, a declividade e comprimento do declive do terreno e a capacidade que tem o solo de absorver água, e por forças passivas, como a resistência que o solo exerce à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal (SUAREZ DE CASTRO, 1956).

A chuva é responsável pela presença de água sobre o terreno, causando remoções de solo. A água da chuva exerce sua ação erosiva mediante o impacto das gotas que caem com velocidade e energia variáveis segundo seus diâmetros, e mediante a ação de escoamento (deflúvio). As gotas de chuva que caem sobre o solo contribuem para a erosão da seguinte maneira: (a) desprendem as partículas de solo nos locais que sofrem o seu impacto; (b) transportam, por salpicamento, as

partículas desprendidas; (c) imprimem energia em forma de turbulência à água de superfície. A água que escorre na superfície de um terreno, principalmente nos minutos iniciais, exerce uma ação transportadora. (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

2.2. Equações de perda de solo

O conhecimento dos fatores que, de forma combinada, determinam a erosão é indispensável para o planejamento de atividades que têm como objetivo a conservação do solo e da água. Desde 1940 diversas tentativas de reunir esses fatores em equações que estimem a perda de solo têm sido implementadas.

ZINGG (1940) elaborou uma equação relacionando perda de solo com comprimento e grau do declive. SMITH (1941) acrescentou-lhe os fatores práticas conservacionistas (plantio em contorno e terraceamento) e de cultivo, instituindo o conceito de limite específico de perdas de solo, com o objetivo de desenvolver um método gráfico para estabelecer as práticas conservacionistas para a sua região de trabalho. BROWNING *et al* (1947) acrescentaram os fatores erodibilidade e manejo do solo e prepararam, a partir da equação por eles elaborada, um conjunto de tabelas para uso no campo.

Em 1946 uma comissão nacional reunida em Ohio (EUA) reestudou cada fator em separado e a combinação deles,

acrescentando-lhes o fator chuva: A equação resultante desse estudo ficou conhecida como "Equação de Musgrave" (MUSGRAVE, 1947).

A partir da criação, em 1954, do "Runoff and Soil-Loss Data Center", pelo Agricultural Research Service dos Estados Unidos da América, em cooperação com a Universidade de Purdue, é que foi desenvolvida a equação mais difundida atualmente, a "Equação Universal de Perdas de Solo".

2.2.1. Equação universal de perdas de solo

A equação universal de perdas de solo (WISCHMEIER & SMITH, 1965) tem por finalidade predizer perdas por erosão para uma determinada área e período; além de reunir os principais fatores condicionantes do processo erosivo, possui amplitude universal, tendo sido resultado da análise das perdas por erosão de 48 estações experimentais americanas, num período de 30 anos.

Esta equação é expressa da seguinte forma:

$$A=R.K.L.S.C.P$$

onde:

- **A** é a perda de solo por unidade de área e de tempo, expressa em t/ha.ano;

- **R** é o fator erosividade da chuva: é o potencial erosivo médio anual das chuvas, expresso em MJ.mm/ha.h.ano;
- **K** é o fator erodibilidade do solo: é a perda de solo por unidade do fator erosividade da chuva, para um solo específico, quando mantido permanentemente descoberto e com preparo do solo no sentido do declive, em uma parcela com 25 m de comprimento e 9 % de declividade, expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm;
- **L** é o fator comprimento do declive: é a razão entre as perdas de solo de uma área com um comprimento de declive qualquer e aquela com 25 m de comprimento, para o mesmo tipo de solo e a mesma declividade;
- **S** é o fator grau de declive: é a razão entre as perdas de solo de uma área com uma declividade qualquer e aquela com 9 % de declive, para o mesmo tipo de solo e mesmo comprimento de declive;
- **C** é o fator uso do solo e manejo da cultura: é a razão entre as perdas de um solo de uma área com cultura e manejo específicos e aquela mantida permanentemente descoberta e com o preparo do solo no sentido do declive;
- **P** é o fator prática de controle da erosão: é a razão entre as perdas de solo de uma área com práticas conservacionistas (plantio em contorno, plantio em faixas, etc.) e aquela mantida permanentemente descoberta e com o preparo do solo no sentido do declive.

O fator erodibilidade, na equação, é um parâmetro quantitativo, determinado experimentalmente no campo, numa

parcela com dimensões e características padronizadas: 25 m de comprimento, 9 % de declividade e mantida permanentemente descoberta e com preparo do solo no sentido do declive (WISCHMEIER & SMITH, 1965).

2.3. Fator erodibilidade do solo

2.3.1. Conceito

Alguns solos mostram-se mais erodidos do que outros, mesmo que a chuva, a declividade, a cobertura vegetal e as práticas de manejo sejam as mesmas. Essa diferença, devida ao comportamento inerente ao próprio solo, é denominada erodibilidade. As propriedades do solo que influenciam a erodibilidade pela água são: (a) as que afetam a velocidade de infiltração da água do solo, a permeabilidade e a capacidade de absorção da água; (b) aquelas que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte da chuva e enxurrada (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

A erodibilidade representa a vulnerabilidade ou a suscetibilidade do solo à erosão, ou seja, o oposto de sua resistência à erosão. Um solo com alta erodibilidade sofrerá mais erosão que um solo com baixa erodibilidade, se ambos estiverem expostos a uma mesma chuva, mantidas as demais condições constantes (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

A escolha de um índice apropriado para estimar a erodibilidade depende de muitos fatores, sendo os de maior relevância aqueles que governam o processo erosivo sob condições naturais (WISCHMEIER & SMITH, 1965). Esse índice deve: (a) ser simples e facilmente adaptado para ser calculado a partir de análises laboratoriais de rotina; (b) estar relacionado a outros parâmetros quantitativos do solo; (c) ser de fácil uso para classificar solo em categorias de erodibilidade (LAL, 1988).

2.3.2. Métodos de determinação

2.3.2.1. Métodos diretos

a) Chuva natural

Segundo BENNETT (1939), o estudo da erosão hídrica realizado sob condições de chuva natural é o que melhor reflete o comportamento local de um determinado solo, frente às variações da precipitação pluviométrica. Enfatiza, sobremaneira, a necessidade de observações de vários anos, para que sejam obtidos dados consistentes e realmente conclusivos.

No Brasil os primeiros sistemas coletores de erosão provocada por chuvas naturais foram instalados em Viçosa, MG, em 1942 e na estação do Instituto Agrônomo em Pindorama, SP, em 1942 (BERTONI, 1949).

No entanto, a determinação da erodibilidade do solo através da relação entre as perdas de solo e a erosividade das chuvas somente tornou-se possível após o surgimento da equação universal de perdas de solo, proposta por WISCHMEIER & SMITH (1965).

Este método, embora mais demorado e oneroso, vem sendo utilizado pelos pesquisadores em conservação do solo, principalmente pela confiabilidade de seus resultados. A aceitabilidade no nosso meio tem sido comprovada por alguns trabalhos, dentre os quais os conduzidos por BERTONI *et al* (1975), MARGOLIS & CAMPOS FILHO (1980), ANGULO (1983) e CARVALHO *et al* (1989).

b) Chuva simulada

Mais recentemente os trabalhos para avaliação de perdas de solo vêm sendo efetuados em menor tempo através do uso de simuladores de chuva.

SWANSON (1965) desenvolveu um aparelho simulador de chuvas de braços rotativos, cujas maiores vantagens são a pequena influência do vento sobre o padrão de chuva simulado, capacidade de provocar chuvas de médias e altas intensidades, capacidade de reprodução das chuvas, uniformidade de aplicação nas parcelas e a sua grande mobilidade operacional.

A erodibilidade é avaliada em parcelas sem cobertura vegetal e preparadas no sentido do declive, nas quais os fatores C e P tornam-se iguais à unidade, ficando a equação

reduzida a $A = R.K.L.S$, sendo $K = A/(R.L.S)$

No Brasil este método começou a ser difundido e utilizado após o Iº Encontro Nacional sobre Pesquisa de Erosão com Simuladores de Chuva, realizado em Londrina, PR, em 1975. Seguindo esta metodologia, DENARDIN & WUNSCH (1980), ANGULO (1983) e SILVA *et al* (1986) determinaram índices de erodibilidade para diversos solos no Brasil.

2.3.2.2. Métodos indiretos

Vários pesquisadores tentaram estabelecer índices de erodibilidade baseados em parâmetros do solo determinados em análises laboratoriais de rotina.

MIDDLETON (1930) idealizou um índice baseado em dados físicos do solo. Segundo o autor, a relação de dispersão, a relação colóide/umidade equivalente e a relação de erosão foram os principais critérios que diferenciaram os solos com respeito à erosão.

LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) estudaram 66 perfis para dois agrupamentos de solos que ocorrem no Estado de São Paulo (com horizonte B textural e com horizonte B latossólico) e os analisaram de acordo com o método de MIDDLETON (1930), com algumas modificações. As relações empregadas foram representadas por:

$$\frac{(\% \text{ argila dispersa em água})/(\% \text{ argila total})}{(\% \text{ argila total})/(\% \text{ umidade equivalente})}$$

(1)

Os autores consideram os valores obtidos como uma estimativa do fator erodibilidade do solo para os principais solos paulistas.

LIMA (1987), estudando a dispersão do solo em água, propôs, baseado em LOMBARDI NETO & BERTONI (1975), nova relação de erosão para a avaliação indireta da erodibilidade. Essa relação foi representada por:

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

(2)

Diversos pesquisadores têm se destacado desenvolvendo trabalhos de modelagem para a determinação do fator erodibilidade do solo por métodos indiretos, baseando-se em equações que contenham, como variáveis independentes, parâmetros de solo altamente correlacionados com a erodibilidade. Essas equações são ajustadas por meio de análise de regressão dos valores de erodibilidade determinados pelos métodos diretos, em função de parâmetros físicos, químicos e mineralógicos do solo (DENARDIN, 1990).

WISCHMEIER *et al* (1971) ajustaram um modelo matemático de grande aplicabilidade, expresso por meio de um nomograma

relativamente simples, ou pela equação (3), segundo WISCHMEIER & MEYER (1973), que contém quatro variáveis independentes, obtidas de análises laboratoriais de rotina e de descrições padronizadas de perfis de solo:

$$100K=0,1317 (2,1(10^{-4}) (12-MO) M^{1,14}+3,25 (S-2) +2,5 (P-3))$$

(3)

onde:

- **K** é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm;
- **M** é o produto das porcentagens de silte (0,05-0,002 mm) mais areia muito fina (0,1-0,05 mm), e a soma da porcentagem de areia > 0,1 mm e as porcentagens de silte mais areia muito fina;
- **MO** é o teor de matéria orgânica (teor de carbono orgânico total multiplicado por 1,72), expresso em porcentagem;
- **S e P** são estrutura da camada superficial e permeabilidade do perfil do solo, respectivamente, codificadas conforme WISCHMEIER et al (1971);
- **coeficiente 0,1317** é o fator de conversão do Sistema Americano Tradicional de Unidades para o Sistema internacional de Unidades (FOSTER et al, 1981).

Vários trabalhos conduzidos no Brasil (FREIRE & PESSOTI, 1976; HENKLAIN & FREIRE, 1983 e ANGULO et al, 1984) levaram à conclusão de que o método nomográfico de WISCHMEIER et al (1971) não se aplicava a solos com baixa porcentagem de silte

mais areia muito fina. Essa inadequação seria devida às diferenças existentes entre as características dos solos utilizados para construção do modelo em relação aos solos brasileiros, principalmente as texturais.

LIMA *et al* (1990), com o objetivo de verificarem a influência de parâmetros granulométricos obtidos com dispersão em água nos índices de erodibilidade, modificaram o nomograma proposto por WISCHMEIER *et al* (1971), substituindo a porcentagem de silte mais areia muito fina do nomograma pela porcentagem de partículas e/ou agregados menores que 0,1 mm (dispersos em água) e substituindo a porcentagem de areia maior que 0,1 mm pela porcentagem de partículas e/ou agregados maiores que 0,1 mm (também dispersos em água), concluindo que a adoção dos teores de partículas e/ou agregados obtidos por dispersão em água conferiu (principalmente a camada subsuperficial) maiores índices de erodibilidade.

ROTH *et al* (1974), partindo do princípio de que a coesão entre as partículas do solo é altamente dependente dos constituintes químicos e mineralógicos, propuseram um novo modelo, tentando estimar a erodibilidade de subsolos argilosos através de propriedades físicas, químicas e mineralógicas.

ROMKENS *et al* (1977) reestudaram o modelo proposto por WISCHMEIER *et al* (1971), apresentando nova equação, com as mesmas variáveis independentes, com exceção da matéria orgânica, que foi substituída pelo teor de carbono orgânico extraível pelo método do pirofosfato de sódio.

DENARDIN (1990), através de 31 solos brasileiros que já dispunham de valores de erodibilidade determinados por métodos diretos (chuva natural e chuva simulada) e de 46 solos americanos existentes na bibliografia, analisou os modelos de WISCHMEIER *et al* (1971), de ROTH *et al* (1974) e de WISCHMEIER *et al* (1971) modificado por ROMKENS *et al* (1977), concluindo que esses modelos não apresentavam consistência para os solos do Brasil, confirmando os resultados obtidos por FREIRE & PESSOTI (1978), HENKLAIN (1980), POMBO *et al* (1980) e ANGULO (1983).

No mesmo trabalho, DENARDIN (1990) estimou o fator erodibilidade daqueles 31 solos do Brasil e dos 46 solos dos EUA por meio de parâmetros físicos e químicos. Por regressão linear múltipla para os solos do Brasil, ele ajustou modelo, obtendo a equação (4), que apresenta coeficiente de determinação de 0,9005 e erro padrão da estimativa de 0,007 t.ha.h/ha.MJ.mm:

$$K=0,00608397 (P27) +0,00834286 (P39) -0,00116162 (P52) -0,00037756 (P19)$$

(4)

onde:

- K é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm;
- P27 é a permeabilidade do perfil do solo, codificada conforme WISCHMEIER *et al* (1971);
- P39 é o teor de matéria orgânica (teor de carbono orgânico

total multiplicado por 1,72), expresso em porcentagem;

- P52 é o teor de óxido de alumínio extraível por ataque sulfúrico, expresso em porcentagem;
- P19 é o teor de partículas com diâmetro entre 2,0 e 0,5 mm, expresso em porcentagem.

Utilizando o conjunto de solos do Brasil e dos EUA, DENARDIN (1990) ajustou modelo, através da análise de regressão linear múltipla, obtendo a equação (5), que apresenta coeficiente de determinação de 0,9767 e erro-padrão da estimativa de 0,006 t.ha.h/ha.MJ.mm:

$$K=0,00000748(X25)+0,00448059(X29)-0,06311750(X27)+0,01039567(X32)$$

(5)

onde:

- K é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm;
- X25 é a variável "M", produto das porcentagens de silte (0,05-0,002 mm) mais areia muito fina (0,1-0,05 mm) e a soma da porcentagem de areia > 0,1 mm e as porcentagens de silte mais areia muito fina;
- X29 é a permeabilidade do perfil do solo, codificada conforme WISCHMEIER *et al* (1971);
- X27 é o diâmetro médio ponderado das partículas menores do que 2 mm, expresso em mm;
- X32 é a relação entre o teor de matéria orgânica e o teor de areia de 2,0 a 0,1 mm, em porcentagem.

Segundo DENARDIN (1990), um modelo ajustado a partir dos dados dos solos do Brasil e dos EUA juntos dificilmente atinge alta precisão estimativa, mas, por certo, prediz a magnitude aproximada do valor da erodibilidade de solos de ampla diversidade, permitindo sua classificação quanto à erodibilidade.

Ambos os modelos ajustados por aquele pesquisador caracterizam-se por apresentar variáveis independentes que fazem parte da rotina das análises utilizadas para o levantamento e classificação de solos, com exceção da variável "M", para a qual bastaria subdividir a fração areia em areia muito fina, areia fina, areia média, areia grossa e areia muito grossa, em vez de apenas areia fina e areia grossa. Assim sendo, o fator erodibilidade do solo tornar-se-ia um parâmetro passível de cálculo, utilizando-se dos dados para a caracterização e classificação do solo.

3. MATERIAL E MÉTODO

A maior parte do trabalho foi desenvolvida na Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), com o apoio da Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo (IAC), Campinas-SP.

As determinações laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Solos da FEAGRI-UNICAMP, no Laboratório da Seção de Conservação do Solo do IAC, no Laboratório de Química do Centro Nacional de Pesquisa de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-RJ) e no Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia "Manoel Carlos Gonçalves".

O processamento e a análise dos dados deram-se basicamente no Laboratório de Informática da FEAGRI.

3.1. Material

O material utilizado (solos) é proveniente de duas distintas regiões brasileiras: (i) solos da região centro-sul

do Brasil e (ii) solos do Estado de São Paulo.

O primeiro grupamento constitui-se de 13 solos que dispõem da erodibilidade determinada por métodos diretos (chuva natural ou chuva simulada) e que se localizam em: Minas Gerais (1), Rio de Janeiro (1), São Paulo (2), Paraná (4), Rio Grande do Sul (4) e Distrito Federal (1). Na segunda região o material representa 21 unidades de solos do Estado de São Paulo, identificadas e mapeadas em levantamentos semidetalhados, e que não possuem o fator erodibilidade determinado por métodos diretos.

3.1.1. Solos da região centro-sul do Brasil

Dos 31 solos que possuem erodibilidade determinada por métodos diretos, estudados por DENARDIN (1990), foram escolhidos 13 da região centro-sul do Brasil. Os valores do fator erodibilidade desses solos, sua localização, o método de campo utilizado e a fonte de informação encontram-se na Tabela 1.

Os dados analíticos referentes aos parâmetros de solo foram extraídos de DENARDIN (1990) e encontram-se em anexo (Tabelas 11 a 14). Os parâmetros estudados foram: granulometria; teores de óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio obtidos pelo ataque sulfúrico; matéria orgânica; nitrogênio total; fósforo total; cátions trocáveis; pH em

cloreto de cálcio; estrutura e permeabilidade.

TABELA 1: Classe de solo, classe textural, valor de erodibilidade determinado no campo, local, método de determinação e fonte de informação dos solos da região centro-sul¹

Amostra	Solo	Classe textural	Kobs ²	Local	Método	Fonte
1	PVd	argilo-arenoso	0,027	Viçosa-MG	chuva simulada	RESCK <i>et al</i> (1981)
2	LEa	argiloso	0,013	Planaltina-DF	chuva natural	DEDECEK <i>et al</i> (1986)
3	LRd	muito argiloso	0,009	Ijuí-RS	chuva natural	LEVIEN (1989) ³
4	PVd	franco argiloso	0,028	Itaguaí-RJ	chuva natural	LEPRUN (1988) ⁴
5	PVa	areia franca	0,026	Bela V. Paraíso-PR	chuva natural	ANGULO (1983)
6	LRe	muito argiloso	0,025	Londrina-PR	chuva simulada	MONDARDO <i>et al</i> (1978)
7	LEa	areia franca	0,008	Paranavaí-PR	chuva simulada	ANGULO (1983)
8	LEd	muito argiloso	0,022	Ponta Grossa-PR	chuva natural	ANGULO (1983)
9	LEd	argilo-arenoso	0,021	Passo Fundo-RS	chuva natural	DENARDIN & WUNSCHÉ (1981)
10	PV	franco arenoso	0,032	Santa Maria-RS	chuva natural	LEVIEN (1989) ³
11	PEd	franco argiloso	0,034	Eldorado do Sul-RS	chuva natural	LEVIEN (1989) ³
12	LRd	muito argiloso	0,012	Campinas-SP	chuva natural	BERTONI & LOMBARDI NETO (1985)
13	PVe	argiloso	0,023	Mococa-SP	chuva natural	CARVALHO <i>et al</i> (1989)

1 Tabela extraída de DENARDIN (1990), com modificações.

2 Fator erodibilidade do solo determinado no campo, expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm.

3 LEVIEN, R. Informação pessoal. IPRNRAP, Porto Alegre, RS. 1989.

4 LEPRUN, J.C. Informação pessoal. EMBRAPA/SNLCS, Rio de Janeiro, RJ. 1989.

3.1.2. Solos do Estado de São Paulo

Foram estudados 21 solos, descritos em levantamentos pedológicos semidetalhados do Estado de São Paulo, nas quadriculas de Araras, São Carlos, Descalvado e Ribeirão Preto. Essas quadriculas estão localizadas como mostra a Fig. 1.

A Tabela 2 apresenta as diferentes unidades de solo, a quadricula onde foram coletadas as amostras e a localização do ponto de coleta em UTM (Universal Transversa de Mercator).

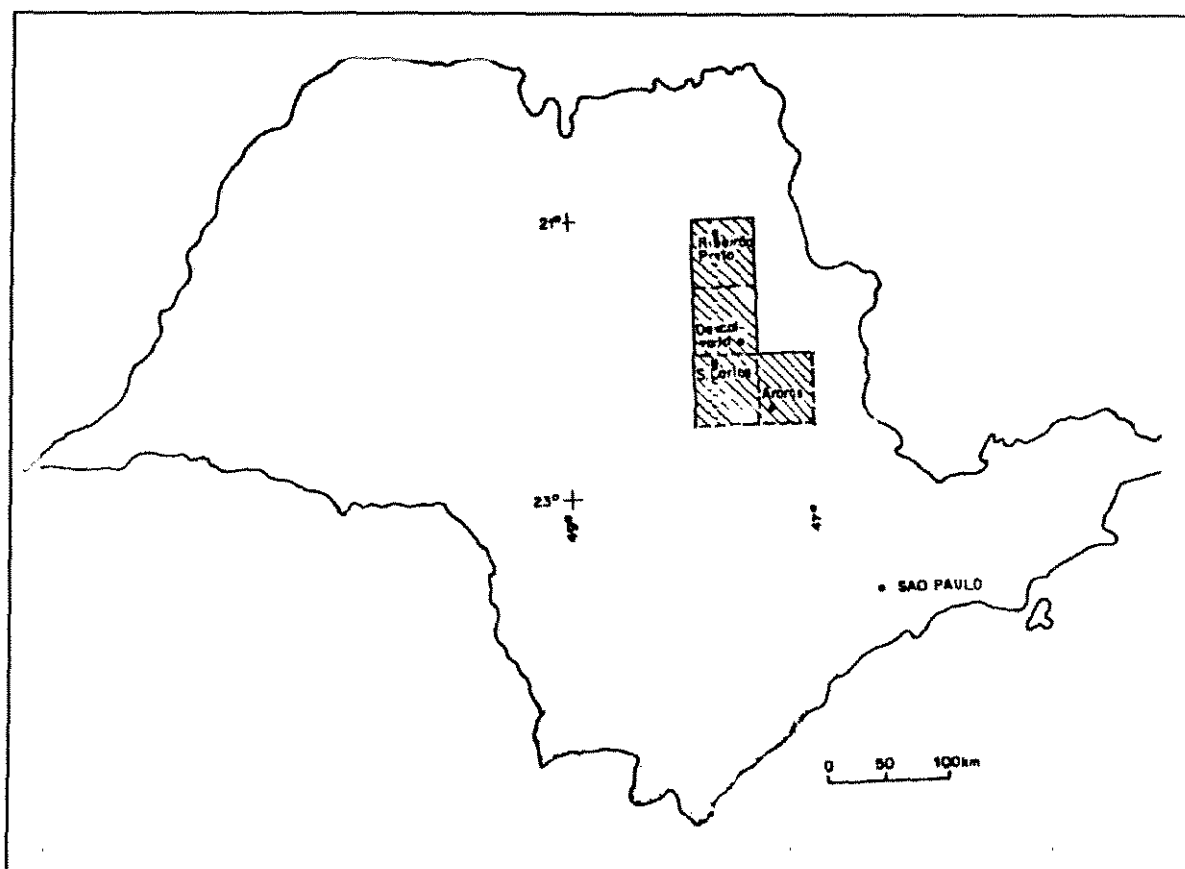


Figura 1: Localização das quadrículas de Araras, São Carlos, Descalvado e Ribeirão Preto

TABELA 2: Unidade taxonômica e sua localização no Estado de São Paulo

Amostra N°	Unidade Taxonômica	Quadrícula	Localização: Coordenadas UTM (Fuso 23)
1	LRe - Ribeirão Preto	São Carlos ²	238 - 240 Km E. e 7512 - 7514 Km N.
2	Lrd - Barão Geraldo	Araras ¹	260 - 262 Km E. e 7544 - 7546 Km N.
3	LRac - Capão da Cruz	Ribeirão Preto ³	200 - 202 Km E. e 7622 - 7624 Km N.
4	LR - Jardinópolis	Ribeirão Preto ³	208 - 210 Km E. e 7670 - 7672 Km N.
5	LE - Limeira	Descalvado ²	204 - 206 Km E. e 7576 - 7578 Km N.
6	LE - Hortolândia	Araras ¹	286 - 288 Km E. e 7562 - 7564 Km N.
7	LV - Laranja Azeda	Araras ¹	278 - 280 Km E. e 7534 - 7536 Km N.
8	LV - Três Barras	São Carlos ²	198 - 200 Km E. e 7514 - 7516 Km N.
9	LV - Canchim	Descalvado ²	200 - 202 Km E. e 7574 - 7576 Km N.
10	LV - Itororó	São Carlos ²	202 - 204 Km E. e 7516 - 7518 Km N.
11	LV - Peroba	Ribeirão Preto ³	196 - 198 Km E. e 7628 - 7630 Km N.
12	PV - Santa Cruz	Araras ¹	250 - 252 Km E. e 7540 - 7542 Km N.
13	PV - Serrinha	São Carlos ²	204 - 206 Km E. e 7510 - 7512 Km N.
14	PV - Monte Cristo	São Carlos ²	196 - 198 Km E. e 7524 - 7526 Km N.
15	PV - Canela	São Carlos ²	200 - 202 Km E. e 7530 - 7532 Km N.
16	PV - Santa Clara	São Carlos ²	216 - 218 Km E. e 7554 - 7556 Km N.
17	PV - Olaria	Araras ¹	248 - 250 Km E. e 7538 - 7540 Km N.
18	TE - Estruturada	Ribeirão Preto ³	200 - 202 Km E. e 7650 - 7652 Km N.
19	AQ - podzólica	São Carlos ²	224 - 226 Km E. e 7550 - 7552 Km N.
20	AQ - profunda	São Carlos ²	208 - 210 Km E. e 7512 - 7514 Km N.
21	AQ - profunda	Ribeirão Preto ³	236 - 238 Km E. e 7620 - 7622 Km N.

1 OLIVEIRA *et al* (1982).

2 OLIVEIRA *et al* (1984).

3 OLIVEIRA *et al* (1987).

3.2. Método

Foram empregados métodos distintos para os solos das duas regiões estudadas. Os da região centro-sul do Brasil, que possuem o fator erodibilidade determinado no campo por métodos diretos, foram utilizados para estudo do relacionamento entre o fator erodibilidade e parâmetros de solo.

O conjunto de solos do Estado de São Paulo foi utilizado no estudo de diferentes métodos indiretos de estimativa do fator erodibilidade.

3.2.1. Método de estudo dos solos da região centro-sul

O método para o estudo das relações entre a erodibilidade e propriedades do solo, e para a obtenção de modelos que estimem o fator erodibilidade por métodos indiretos foi constituído pelo emprego de análises estatísticas de correlação e regressão linear múltipla.

Os dados foram processados no pacote estatístico SANEST (ZONTA, E.P. & MACHADO, A.A.). Nas análises de regressão, para o ajustamento de novos modelos estimativos do fator erodibilidade, considerou-se como variável dependente a erodibilidade determinada por métodos diretos e como variáveis

independentes os parâmetros físicos e químicos do solo. Na Tabela 3 são representados os parâmetros de solo estudados, seus valores mínimos, médios e máximos.

TABELA 3: Códigos e valores mínimos, médios e máximos das variáveis dos solos da região centro-sul do Brasil¹

Variável	Código	Mínimo	Médio	Máximo
Erodibilidade det. no campo (t.ha.h/ha.MJ.mm)	Kobs	0,008	0,021	0,034
Argila < 0,002 mm (%)	P1	8,5	38,4	72,7
Silte 0,05 - 0,002 mm (%)	P2	3,8	17,9	28,0
Areia Total 2,0 - 0,05 mm (%)	P3	5,4	43,5	87,7
Areia muito fina 0,1 - 0,05 mm (%)	P4	1,4	4,86	8,8
Areia fina 0,25 - 0,1 mm (%)	P5	1,8	16,3	44,1
Areia média 0,5 - 0,25 mm (%)	P6	1,0	14,3	39,9
Areia grossa 1,0 - 0,5 mm (%)	P7	0,2	5,66	16,2
Areia muito grossa 2,0 - 1,0 mm (%)	P8	0,1	2,36	9,4
Partículas <0,05 mm = P1+P2 (%)	P9	12,3	56,4	94,6
Partículas <0,1 mm = P1+P2+P4 (%)	P10	15,7	61,3	96,7
Novo silte 0,1 - 0,002 mm = P2+P4 (%)	P11	7,2	22,8	34,3
Partículas 0,25 - 0,05 mm P4+P5 (%)	P12	3,9	21,2	47,5
Partículas 0,5 - 0,05 mm = P4+P5+P6 (%)	P13	4,9	35,5	87,4
Partículas 0,5 - 0,1 mm = P5+P6 (%)	P14	2,8	30,6	84,0
Partículas 1,0 - 0,1 mm = P5+P6+P7 (%)	P15	3,2	36,3	84,2
Nova areia 2,0 - 0,1 mm = P5+P6+P7+P8 (%)	P16	3,3	38,7	84,3
Partículas 1,0 - 0,25 mm = P6+P7 (%)	P17	1,4	20,0	42,3
Partículas 2,0 - 0,25 mm = P6+P7+P8 (%)	P18	1,5	22,3	42,8
Partículas 2,0 - 0,5 mm = P7+P8 (%)	P19	0,3	8,03	22,7
Razão entre argila e silte+areia = P1/(P2+P3)	P20	0,09	0,84	2,66
Razão entre silte e argila+areia = P2/(P1+P3)	P21	0,03	0,22	0,38
Razão entre areia e argila+silte = P3/(P1+P2)	P22	0,05	1,40	7,13
Razão entre novo silte e argila = P11/P1	P23	0,33	0,82	2,83
M = (P11+P16).P11	P24	655	1365	3015
Diâmetro médio ponderado part. <2,0 mm (mm)	P25	0,019	0,169	0,318
Estrutura (codificada de 1 a 4)	P26	2,0	3,3	4,0
Permeabilidade (codificada de 1 a 6)	P27	1,0	2,3	4,0
pH em cloreto de cálcio	P28	3,8	4,5	5,4
Cálcio (me/100 cm ³ solo)	P32	0,02	2,34	6,14
Magnésio (me/100 cm ³ solo)	P33	0,06	1,01	1,94
Potássio (me/100 cm ³ solo)	P34	0,02	0,22	0,35
Hidrogênio + Alumínio (me/100 cm ³ solo)	P35	2,0	4,87	10,9
Capacidade troca de cátions (me/100 cm ³ solo)	P36	3,20	8,45	14,03
Saturação de bases (%)	P37	3,13	41,65	74,87
Saturação de cátions dispersantes (%)	P38	0,36	2,80	5,72
Matéria orgânica (%)	P39	1,29	2,68	5,54
Relação entre MO e nova areia = (P39.P16)/100	P40	0,116	0,854	1,602
Óxido de ferro extraível por ácido sulfúrico (%)	P51	1,5	9,5	26,2
Óxido de alumínio extraível por ác.sulfúrico (%)	P52	2,9	12,3	23,5
Óxido de silício extraível por ác.sulfúrico (%)	P53	4,1	13,2	21,7
Óxido de titânio extraível por ác.sulfúrico (%)	P54	0,22	1,66	4,48
KI = relação molecular entre óx. Si e óx. Al	P55	1,027	2,032	3,235
Kr = relação molecular entre óx.Si e óxs.Fe+Al	P56	0,808	1,409	2,361
Kf' = Relação molecular entre óx. Al e óx. Fe	P57	0,964	2,628	4,810
Nitrogênio total (ppm)	P58	79	391	684
Fósforo total (ppm)	P59	204	1053	1806

1 Tabela extraída de DENARDIN (1990), com modificações.

3.2.2. Método de estudo dos solos do Estado de São Paulo

3.2.2.1. Procedimentos analíticos e descritivos

Em cada uma das 21 unidades de solos mapeada nos levantamentos semidetalhados do Estado de São Paulo foram coletadas amostras da camada superficial, que, secas ao ar, foram peneiradas em malha de 2,0 mm para a utilização em diversas determinações laboratoriais.

As análises descritivas (estrutura e permeabilidade) foram baseadas nas descrições dos solos em estudo contidas nos boletins dos levantamentos semidetalhados e em verificações de campo.

3.2.2.1.1. Análise granulométrica

As análises granulométricas seguiram o método da pipeta (EMBRAPA, 1979). As amostras de solo peneiradas na malha de 2 mm foram dispersadas com uma solução 1,0 N de hidróxido de sódio, acompanhada por agitação lenta rotacional por um período de 16 horas.

A fração granulométrica compreendida entre 2,0 e 0,05 mm de diâmetro foi separada por peneiramento nas sub-frações: areia muito grossa (2,0-1,0 mm), areia grossa (1,0-0,5 mm), areia média (0,5-0,25 mm), areia fina (0,25-0,1 mm) e areia

muito fina (0,1-0,05 mm). A fração argila ($<0,002$ mm) foi estimada por sedimentação, a partir de pipetagem de uma alíquota da suspensão, e o silte (0,05-0,002 mm) foi determinado por diferença.

A determinação usando apenas água como meio de dispersão (sem agente químico), foi também realizada pelo método da pipeta, com as frações que englobam partículas e/ou agregados maiores que 0,05 mm sido separadas por peneiramento e as de tamanho menor por sedimentação.

3.2.2.1.2. Teor de umidade do solo

Através de amostras deformadas foram determinados os teores de umidade nas tensões de 0,3, 0,5 e 1 bar, utilizando-se a câmara de Richards.

3.2.2.1.3. Matéria orgânica e cátions trocáveis

Para a determinação da matéria orgânica e dos cátions trocáveis (cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio e alumínio), utilizou-se metodologia descrita em RAIJ et al (1987).

3.2.2.1.4. Teores de óxidos de Fe, Al, Si e Ti do ataque sulfúrico

A extração dos óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio por ataque sulfúrico seguiu o método descrito em EMBRAPA (1979).

A partir dos teores de ferro, alumínio e silício efetuou-se o cálculo das relações moleculares, abaixo relacionadas.

$$K_i = (\%SiO_2/60) / (\%Al_2O_3/102)$$

$$K_r = (\%SiO_2/60) / ((\%Al_2O_3/102) + (\%Fe_2O_3/160))$$

$$K_f = (\%Al_2O_3/102) / (\%Fe_2O_3/160)$$

3.2.2.1.5. Análises descritivas

a) Estrutura

A partir da descrição dos perfis de solos dos levantamentos semidetalhados do Estado de São Paulo e de verificações de campo, as classes de estrutura foram codificadas, segundo WISCHMEIER et al (1971), em: 1 = muito pequena granular; 2 = pequena granular; 3 = média ou grande granular; 4 = em blocos, laminar ou maciça.

b) Permeabilidade

A partir da descrição dos perfis de solos dos levantamentos semidetalhados do Estado de São Paulo, as classes

de permeabilidade foram codificadas, segundo WISCHMEIER *et al* (1971), em: 6 = muito lenta; 5 = lenta; 4 = lenta a moderada; 3 = moderada; 2 = moderada a rápida; 1 = rápida. Essas classes de permeabilidade referem-se ao perfil do solo como um todo.

3.2.2.2. Estimativa da erodibilidade

O fator erodibilidade dos 21 solos do Estado de São Paulo foi estimado, para a camada superficial, através dos seguintes métodos:

- modelos propostos por DENARDIN (1990): (i) ajustados para os solos do Brasil e (ii) ajustado para o conjunto de solos do Brasil e EUA (equações 4 e 5);
- relação de erosão proposta por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) (equação 1);
- relação de erosão proposta por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) e modificada por LIMA (1987) (equação 2);
- modelo proposto por WISCHMEIER *et al* (1971) (equação 3);
- modelo proposto por WISCHMEIER *et al* (1971) modificado por LIMA *et al* (1990); e
- modelo proposto a partir dos solos da região centro-sul que possuem a erodibilidade determinada por métodos diretos.

4. RESULTADOS

4.1. Solos da região centro-sul do Brasil

O programa estatístico SANEST apresenta no módulo de análise de regressão linear, na opção de seleção de variáveis, os seguintes processos: (a) todas as regressões possíveis; (b) seleção descendente - "Backward Elimination"; (c) seleção descendente - "Backward Modificado"; (d) seleção ascendente - "Forward Selection"; (e) seleção ascendente - "Stepwise Selection"; e (f) máximo R^2 .

Utilizando os processos de seleção de variáveis, o melhor modelo estimativo do fator erodibilidade para os solos da região centro-sul do Brasil, com um número de variáveis relativamente pequeno, foi obtido através do processo de seleção pelo máximo R^2 .

O modelo obtido, expresso pela equação (6), é altamente significativo pelo teste F, apresentando coeficiente de determinação de 0,85:

$$K = -0,004029 + 0,002828 (P38) + 0,000296 (P7) + 0,002336 (P57) + 0,000430 (P11)$$

(6)

onde:

- K é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm;
- $P38$ é a saturação de cátions dispersantes, expressa em porcentagem;
- $P7$ é o teor de areia grossa (partículas de diâmetro entre 1,0 e 0,5 mm), expresso em porcentagem;
- $P57$ é o K_f , relação molecular entre óxido de alumínio e óxido de ferro;
- $P11$ é a variável "novo silte" (partículas de diâmetro entre 1,0 e 0,002 mm), expressa em porcentagem.

A Tabela 18 (anexo 7.2) apresenta a análise de variância para o modelo obtido e os testes de significância para as variáveis preditoras do modelo, e a Tabela 19 (anexo 7.2) apresenta os valores de erodibilidade estimados pelo modelo, o erro padrão estimado, o intervalo de confiança para a média da população e o intervalo de confiança para a predição.

A Fig. 2 apresenta uma comparação entre os valores de erodibilidade estimado pela equação 6 e o resíduo (erodibilidade observada versus erodibilidade estimada).

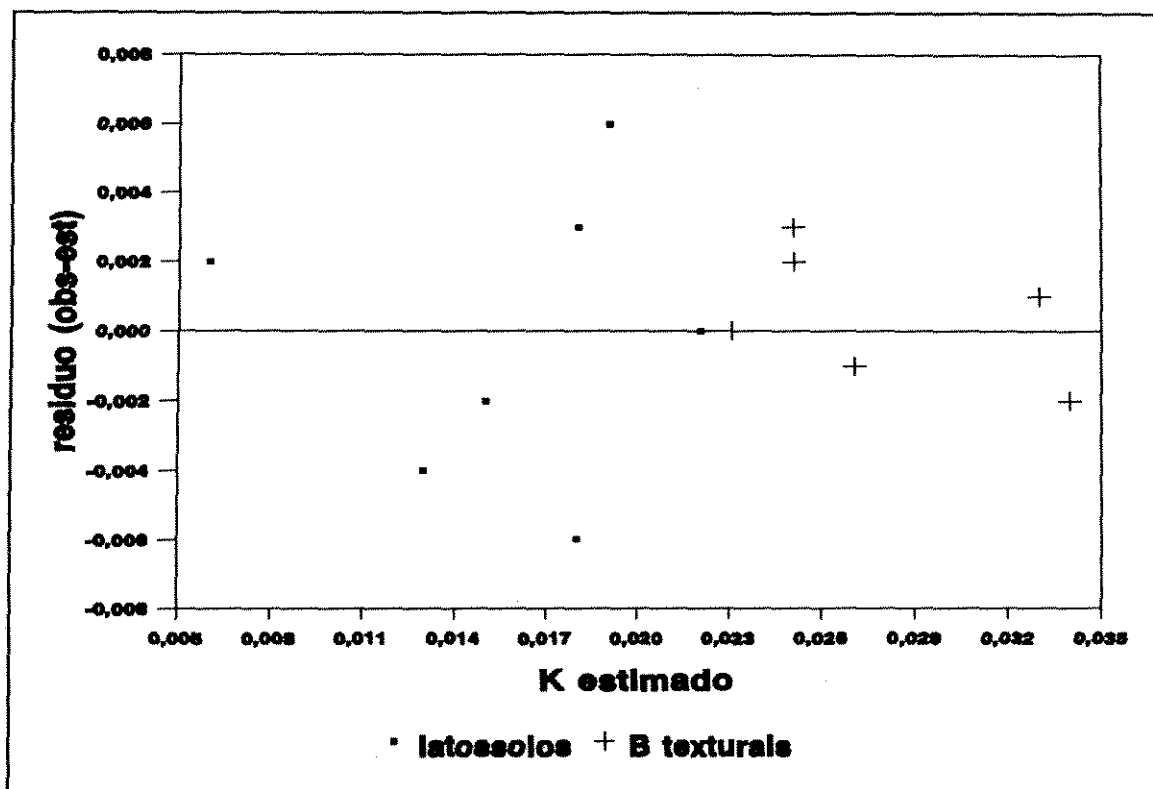


Figura 2: Comparação entre erodibilidade estimada e resíduo (erodibilidade observada menos erodibilidade estimada)

4.2. Solos do Estado de São Paulo

As porcentagens das frações granulométricas, o parâmetro M e o diâmetro médio ponderado de partículas de diâmetro menor que 2,0 mm estão representadas na Tabela 4, quando se utilizou o hidróxido de sódio para a dispersão de partículas, e na Tabela 5, quando se utilizou apenas água.

As Fig. 3, 4 e 5 apresentam, respectivamente, as porcentagens de argila, silte e areia determinadas com

hidróxido de sódio como dispersante e água como meio de dispersão.

TABELA 4: Características granulométricas dos solos do Estado de São Paulo utilizando hidróxido de sódio como dispersante

Amostra	Solo	Argila <0,002 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Areia 2,0-0,05 mm	AMF 0,1-0,05 mm	AF 0,25-0,1 mm	AM 0,5-0,25 mm	AG 1,0-0,5 mm	AMG 2,0-1,0 mm	Parâmetro M ¹	Diâmetro Médio Ponderado
1	LR-1	61	18	21	7	6	5	2	1	975	0,06979
2	LR-2	51	28	21	8	8	4	1	0	1764	0,05029
3	LR-3	58	29	13	5	5	2	1	0	1428	0,03562
4	LR-4	46	17	37	9	13	10	4	1	1404	0,11688
5	LE-1	46	12	42	8	17	13	3	1	1080	0,12558
6	LE-2	15	2	83	13	47	22	1	0	1275	0,18267
7	LV-1	16	5	79	6	31	37	5	0	924	0,23646
8	LV-2	13	8	79	23	28	23	5	0	3060	0,19296
9	LV-3	29	3	68	4	14	35	14	1	497	0,27982
10	LV-4	52	28	20	5	7	6	2	0	1584	0,06130
11	LV-5	44	15	41	6	19	14	2	0	1176	0,10959
12	PV-1	16	39	45	23	11	9	2	0	5208	0,09555
13	PV-2	12	8	80	28	29	19	3	1	3168	0,18270
14	PV-3	13	5	82	10	33	28	9	2	1305	0,26918
15	PV-4	17	6	77	8	23	30	14	2	1162	0,29548
16	PV-5	28	15	57	6	13	22	14	2	1512	0,24893
17	PV-6	71	24	5	2	2	1	0	0	754	0,01570
18	TE-1	49	34	17	6	4	5	2	0	2040	0,05458
19	AQ-1	5	0	95	11	34	45	4	1	1045	0,28155
20	AQ-2	9	2	89	26	35	27	1	0	2548	0,19011
21	AQ-3	10	1	89	12	38	31	7	1	1170	0,25961

1 Parâmetro M = ((partículas de 0,1-0,002 mm)+(partículas de 2,0-0,1 mm))*(partículas de 0,1-0,002mm)).

TABELA 5: Características granulométricas dos solos do Estado de São Paulo utilizando água como meio de dispersão

Amostra	Solo	Argila <0,002 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Areia 2,0-0,05 mm	AMF 0,1-0,05 mm	AF 0,25-0,1 mm	AM 0,5-0,25 mm	AG 1,0-0,5 mm	AMG 2,0-1,0 mm	Parâmetro M ¹	Diâmetro Médio Ponderado
1	LR-1	35	39	26	10	9	5	2	0	3185	0,06749
2	LR-2	30	41	29	12	11	5	1	0	3710	0,06546
3	LR-3	32	46	22	10	8	3	1	0	3808	0,05253
4	LR-4	34	24	42	12	15	10	4	1	2376	0,12433
5	LE-1	34	21	45	10	18	13	3	1	2046	0,13105
6	LE-2	9	7	84	18	48	17	1	0	2275	0,17066
7	LV-1	9	5	86	6	31	42	7	0	1001	0,27014
8	LV-2	6	15	79	29	28	19	3	0	4136	0,16846
9	LV-3	21	6	73	3	11	35	22	2	711	0,34952
10	LV-4	26	38	36	11	13	9	3	0	3626	0,09739
11	LV-5	27	23	50	11	25	13	1	0	2482	0,11450
12	PV-1	11	44	45	24	10	9	1	1	6052	0,10330
13	PV-2	10	8	82	29	31	19	3	0	3330	0,17193
14	PV-3	8	10	82	13	32	28	8	1	2116	0,24843
15	PV-4	12	8	80	10	34	27	8	1	1584	0,24545
16	PV-5	19	22	59	6	15	22	13	3	2268	0,26166
17	PV-6	37	43	20	11	7	2	0	0	3402	0,03955
18	TE-1	36	38	26	11	9	5	1	0	3136	0,06049
19	AQ-1	2	3	95	11	35	45	3	1	1372	0,27655
20	AQ-2	4	10	86	28	31	25	2	0	3648	0,18664
21	AQ-3	8	3	89	11	41	30	6	1	1288	0,25336

1 Parâmetro M = ((partículas de 0,1-0,002 mm)+(partículas de 2,0-0,1 mm))*(partículas de 0,1-0,002mm)).

As distribuições das partículas de areia subdivididas em cinco frações, determinadas com água e com hidróxido de sódio

como dispersantes, encontram-se representadas nas Fig. 6 a Fig. 15.

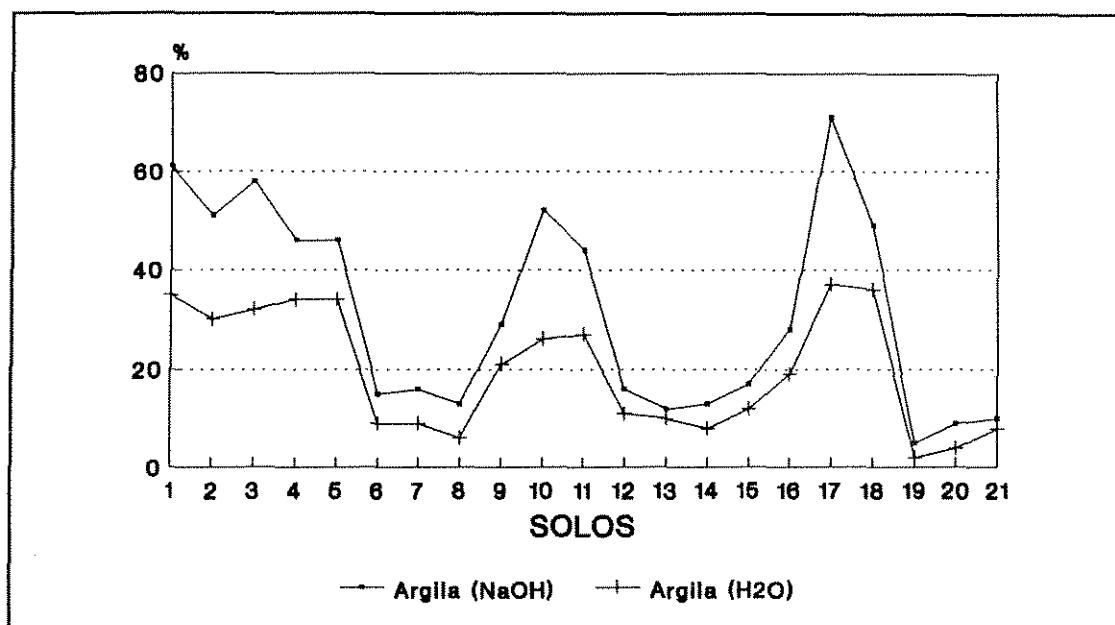


Figura 3: Porcentagens de argila dispersa em NaOH e argila dispersa em água para os solos do Estado de São Paulo

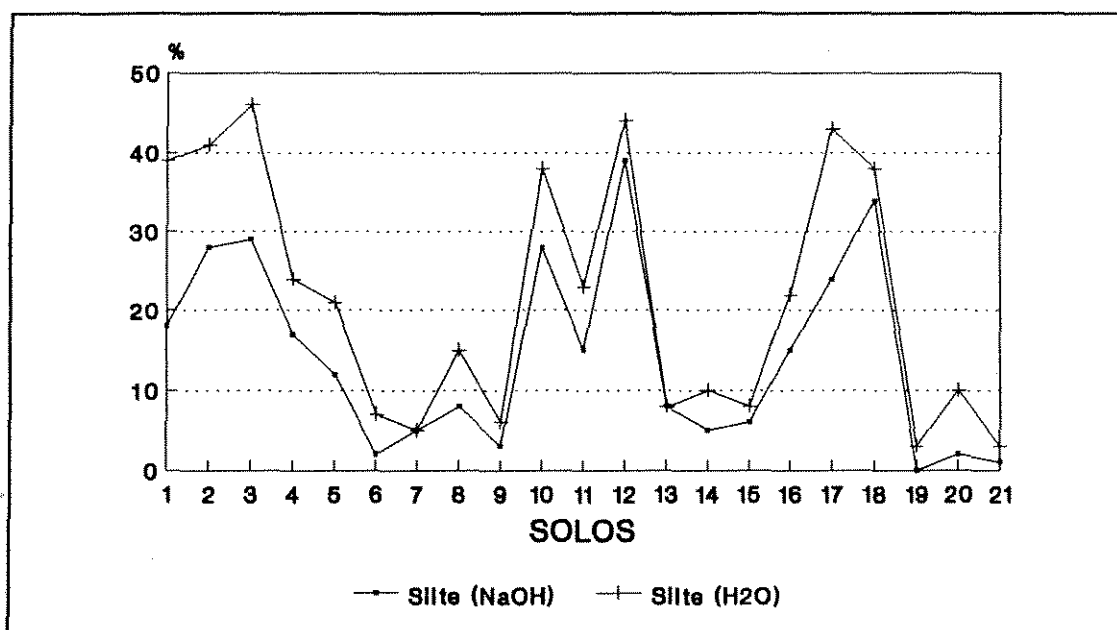


Figura 4: Porcentagens de silte em tratamentos com NaOH e água, para os solos do Estado de São Paulo

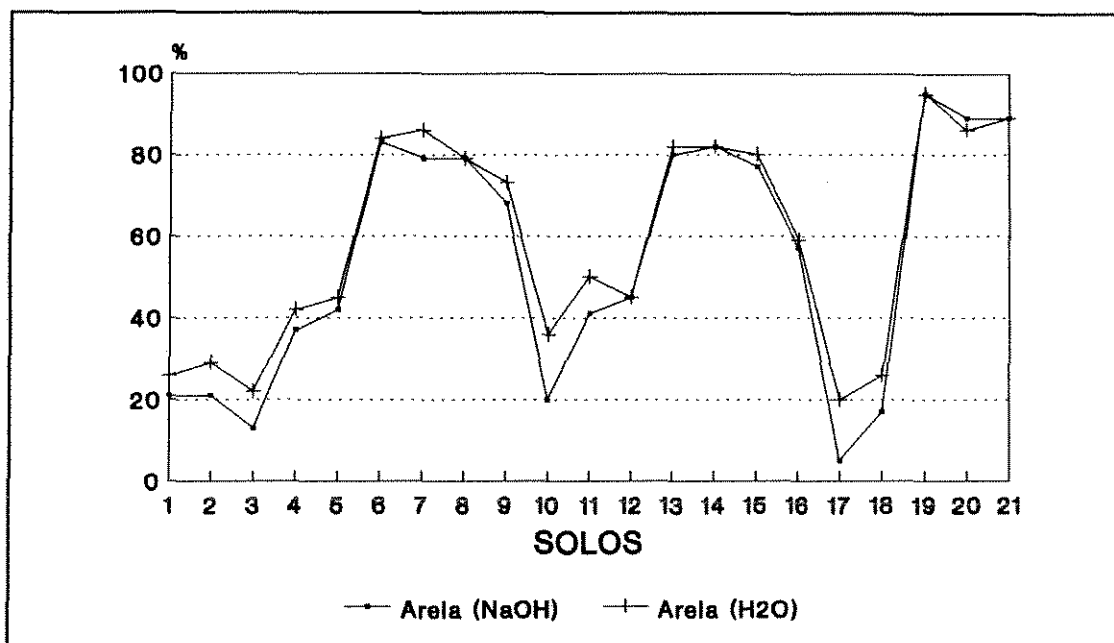


Figura 5: Porcentagens de areia em tratamentos com NaOH e água, para os solos do Estado de São Paulo

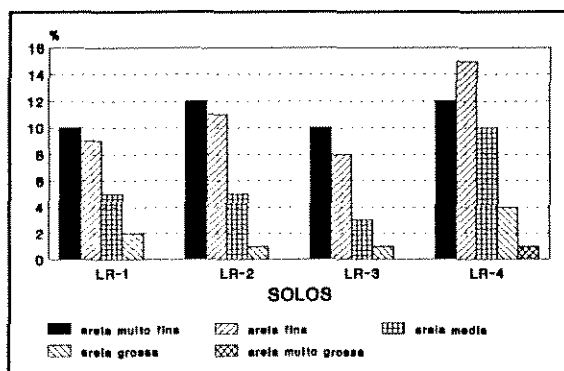


Figura 6: Distribuição da fração areia nos perfis de Latossolo Roxo utilizando água como meio de dispersão

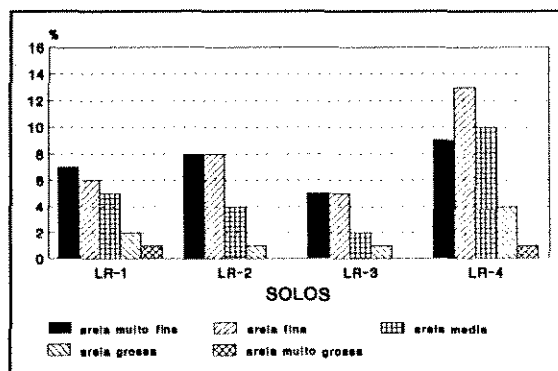


Figura 7: Distribuição da fração areia nos perfis de Latossolo Roxo utilizando como dispersante NaOH

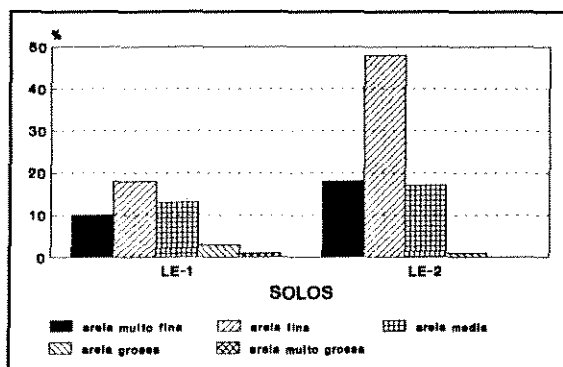


Figura 8: Distribuição da fração areia nos perfis de Latossolo Vermelho Escuro utilizando água como meio de dispersão

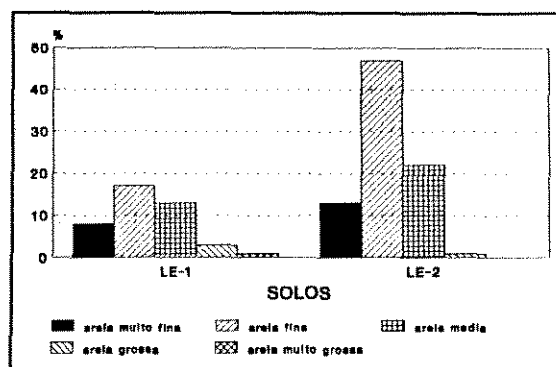


Figura 9: Distribuição da fração areia nos perfis de Latossolo Vermelho Escuro utilizando como dispersante NaOH

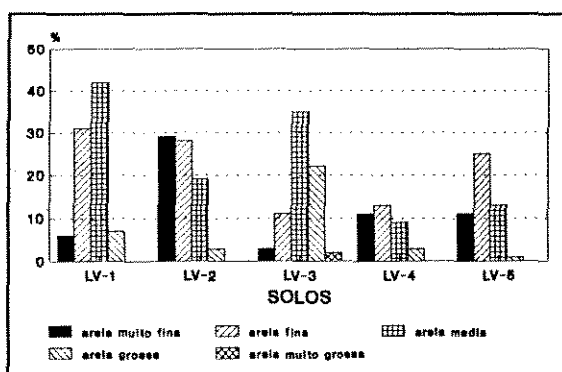


Figura 10: Distribuição da fração areia nos perfis de Latossolo Vermelho-Amarelo utilizando água como meio de dispersão

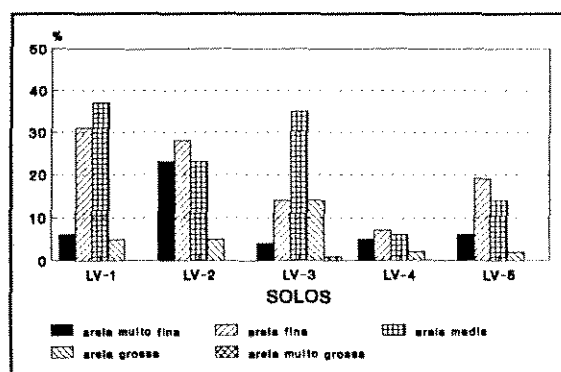


Figura 11: Distribuição da fração areia nos perfis de Latossolo Vermelho-Amarelo utilizando como dispersante NaOH

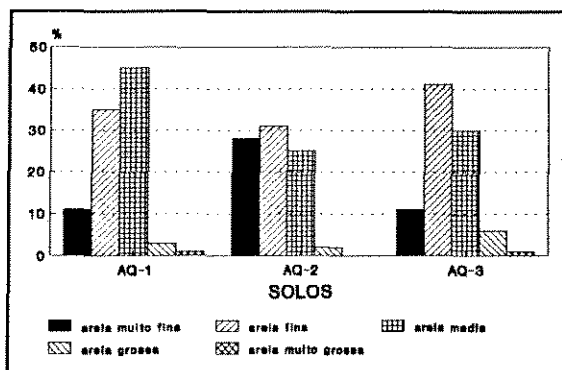


Figura 12: Distribuição da fração areia nas Areias Quartzosas utilizando água como meio de dispersão

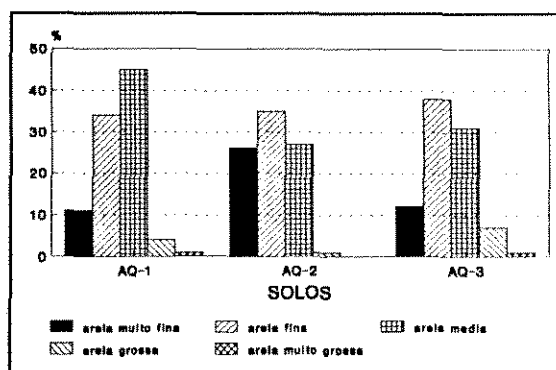


Figura 13: Distribuição da fração areia nas Areias Quartzosas utilizando como dispersante NaOH

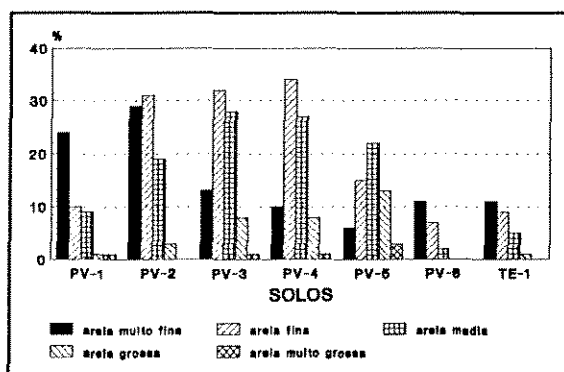


Figura 14: Distribuição da fração areia nos perfis de solos Podzólicos e na Terra Roxa Estruturada utilizando água como meio de dispersão

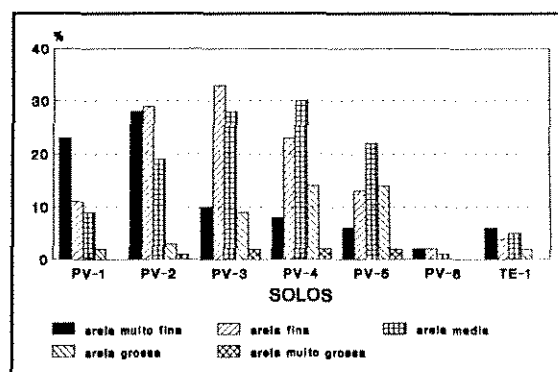


Figura 15: Distribuição da fração areia nos perfis de solos Podzólicos e na Terra Roxa Estruturada utilizando como dispersante NaOH

Os valores de umidade do solo nas tensões de 0,3, 0,5 e 1,0 bar são apresentados na Tabela 6. A Fig. 16 apresenta as correlações entre o teor de argila total e a umidade do solo retidas nas três tensões estudadas.

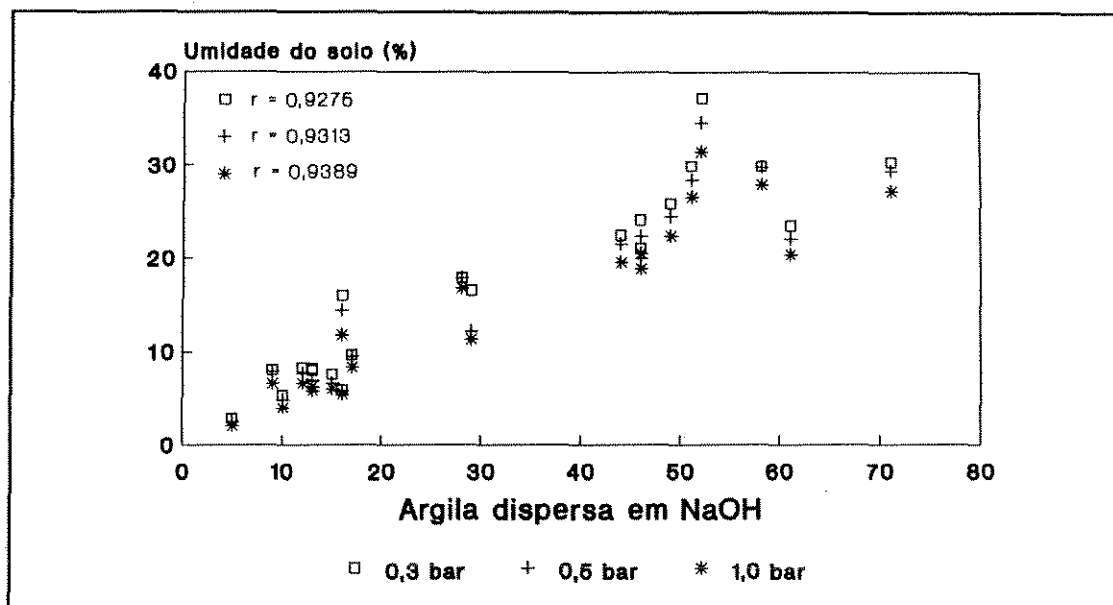


Figura 16: Correlações entre teor argila e umidade do solo nas tensões de 0,3, 0,5 e 1,0 bar para os solos do Estado de São Paulo

TABELA 6: Teores de umidade dos solos do Estado de São Paulo em porcentagem

Amostra	Solo	Tensão (em bar)		
		0,3	0,5	1,0
1	LR-1	23,46	22,02	20,31
2	LR-2	29,89	28,35	26,55
3	LR-3	29,82	29,72	27,82
4	LR-4	24,08	22,30	20,47
5	LE-1	21,02	19,92	18,81
6	LE-2	7,63	6,61	6,02
7	LV-1	5,89	5,79	5,42
8	LV-2	8,01	6,94	5,83
9	LV-3	16,45	12,07	11,26
10	LV-4	37,21	34,60	31,45
11	LV-5	22,45	21,50	19,49
12	PV-1	15,94	14,32	11,74
13	PV-2	8,31	7,64	6,62
14	PV-3	8,24	6,93	6,23
15	PV-4	9,69	9,47	8,34
16	PV-5	17,84	17,77	16,69
17	PV-6	30,32	29,33	27,16
18	TE-1	25,87	24,52	22,39
19	AQ-1	2,85	2,49	2,07
20	AQ-2	8,18	7,98	6,68
21	AQ-3	5,36	4,87	4,00

Os resultados das determinações dos óxidos extraíveis pelo ataque sulfúrico e as relações moleculares entre óxidos de ferro, alumínio e silício encontram-se na Tabela 7. A Fig. 17 apresenta os valores das relações moleculares dos óxidos de ferro, alumínio e silício para os solos estudados.

Os teores de matéria orgânica, cátions trocáveis, soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases são apresentados na Tabela 8.

A Tabela 9 apresenta os valores de estrutura e permeabilidade do solo codificados segundo WISCHMEIER *et al* (1971).

TABELA 7: Teores de óxidos extraíveis por ácido sulfúrico e suas relações moleculares

Amostra	Solo	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Ki	Kr	Kf
1	LR-1	24,2	23,1	9,4	4,56	0,69	0,41	1,50
2	LR-2	25,2	16,6	6,9	4,24	0,71	0,36	1,03
3	LR-3	31,8	20,1	7,1	6,12	0,60	0,30	0,99
4	LR-4	35,3	21,1	3,4	3,52	0,27	0,13	0,94
5	LE-1	15,5	16,2	6,9	3,68	0,72	0,45	1,64
6	LE-2	1,8	5,1	3,5	0,46	1,17	0,95	4,45
7	LV-1	0,9	3,8	2,7	0,25	1,21	1,05	6,63
8	LV-2	1,5	3,3	3,1	0,51	1,60	1,24	3,45
9	LV-3	4,5	9,5	3,9	0,98	0,70	0,54	3,31
10	LV-4	9,9	28,2	7,2	1,43	0,43	0,34	4,47
11	LV-5	16,1	15,3	8,5	4,08	0,94	0,56	1,49
12	PV-1	2,4	4,5	5,3	0,41	2,00	1,49	2,94
13	PV-2	2,2	3,9	3,6	0,58	1,57	1,15	2,78
14	PV-3	3,1	3,3	2,5	1,09	1,29	0,80	1,67
15	PV-4	3,6	4,8	4,2	0,84	1,49	1,01	2,09
16	PV-5	5,7	10,2	8,3	1,40	1,38	1,02	2,81
17	PV-6	12,8	25,3	8,5	1,60	0,57	0,43	3,10
18	TE-1	32,6	20,8	8,1	6,84	0,66	0,33	1,00
19	AQ-1	0,8	1,2	1,7	0,18	2,41	1,69	2,35
20	AQ-2	0,7	2,4	3,7	0,20	2,62	2,21	5,38
21	AQ-3	2,6	2,4	2,2	0,50	1,56	0,92	1,45

TABELA 8: Teores de matéria orgânica, cátions trocáveis, soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases

Amostra	Solo	M.O. %	K	Ca	Mg me/100 cm ³ solo	H+Al cm ³ solo	SB	T	V %
1	LR-1	2,3	0,22	2,2	0,7	5,2	3,12	8,32	38
2	LR-2	8,5	0,40	15,5	5,4	1,7	21,30	23,00	93
3	LR-3	5,2	0,18	4,2	2,1	3,1	6,48	9,58	68
4	LR-4	3,5	0,08	1,5	0,5	3,4	2,08	5,48	38
5	LE-1	5,6	0,14	2,7	0,7	5,0	3,54	8,54	41
6	LE-2	1,3	0,10	0,6	0,3	2,6	1,00	3,60	28
7	LV-1	1,4	0,06	0,3	0,1	3,8	0,46	4,26	11
8	LV-2	2,1	0,10	0,7	0,3	3,8	1,10	4,90	22
9	LV-3	2,9	0,08	1,5	0,6	2,5	2,18	4,68	47
10	LV-4	8,0	0,24	3,5	1,1	5,0	4,84	9,84	49
11	LV-5	3,5	0,32	6,0	2,0	1,9	8,32	10,22	81
12	PV-1	2,7	0,14	1,7	0,6	3,3	2,44	5,74	43
13	PV-2	1,4	0,16	1,3	0,4	3,1	1,86	4,96	38
14	PV-3	2,7	0,08	2,2	0,7	3,3	2,98	6,28	47
15	PV-4	2,9	0,11	2,0	0,7	2,6	2,81	5,41	52
16	PV-5	4,5	0,27	2,8	0,9	3,3	3,97	7,27	55
17	PV-6	2,7	0,32	2,9	1,1	4,0	4,32	8,32	52
18	TE-1	3,2	0,38	8,3	2,8	1,2	11,48	12,68	91
19	AQ-1	1,3	0,06	0,4	0,1	2,2	0,56	2,76	20
20	AQ-2	2,3	0,24	3,4	1,5	1,7	5,14	6,84	75
21	AQ-3	1,6	0,06	1,0	0,3	2,2	1,36	3,56	38

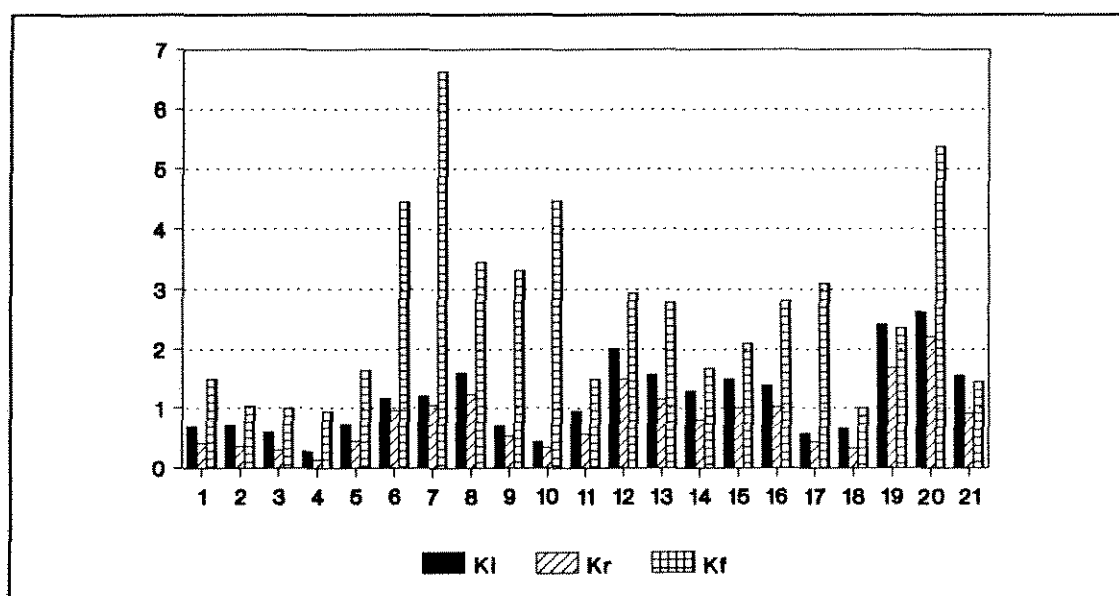


Figura 17: Relações moleculares entre óxidos de ferro, alumínio e silício para os solos do Estado de São Paulo

TABELA 9: Valores de estrutura e permeabilidade

Amostra	Solo	Estrutura	Permeabilidade
1	LR-1	3	2
2	LR-2	3	2
3	LR-3	3	2
4	LR-4	2	3
5	LE-1	3	2
6	LE-2	2	1
7	LV-1	2	1
8	LV-2	1	1
9	LV-3	3	3
10	LV-4	2	2
11	LV-5	2	4
12	PV-1	2	4
13	PV-2	1	4
14	PV-3	2	4
15	PV-4	2	3
16	PV-5	3	3
17	PV-6	3	3
18	TE-1	3	3
19	AQ-1	1	1
20	AQ-2	2	1
21	AQ-3	2	1

A Tabela 10 e as Fig. 18 a 20 apresentam os índices de erodibilidade dos solos do Estado de São Paulo, estimados pelos diferentes métodos indiretos estudados.

As Fig. 21 a 25 representam a erodibilidade agrupada respectivamente em Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólicos mais Terra Roxa Estruturada e Areias Quartzosas.

TABELA 10: Valores de erodibilidade estimados por métodos indiretos para os solos do Estado de São Paulo (expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm)

Amostra	Solo	Lombardi Neto						Proposto ⁷
		Lombardi Neto & Bertoni ¹	& Bertoni (modificado) ²	Wischmeier ³	Wischmeier (modificado) ⁴	Denardin (Brasil) ⁵	Denardin (Brasil+EUA) ⁶	
1	LR-1	0,021	0,034	0,008	0,081	0,004	0,015	0,018
2	LR-2	0,033	0,051	0,006	0,029	0,064	0,030	0,019
3	LR-3	0,029	0,047	0,008	0,060	0,032	0,022	0,019
4	LR-4	0,037	0,045	0,009	0,057	0,021	0,027	0,015
5	LE-1	0,033	0,042	0,006	0,040	0,039	0,029	0,014
6	LE-2	0,027	0,042	0,004	0,025	0,011	0,012	0,021
7	LV-1	0,021	0,025	0,000	0,010	0,013	0,007	0,022
8	LV-2	0,025	0,054	0,011	0,034	0,020	0,025	0,025
9	LV-3	0,031	0,036	0,007	0,027	0,026	0,019	0,016
10	LV-4	0,034	0,054	0,002	0,026	0,046	0,029	0,028
11	LV-5	0,031	0,042	0,011	0,052	0,036	0,033	0,018
12	PV-1	0,063	0,091	0,048	0,075	0,042	0,057	0,037
13	PV-2	0,054	0,058	0,028	0,044	0,030	0,038	0,028
14	PV-3	0,033	0,054	0,012	0,028	0,036	0,031	0,013
15	PV-4	0,040	0,049	0,008	0,023	0,026	0,024	0,017
16	PV-5	0,044	0,062	0,013	0,036	0,033	0,033	0,026
17	PV-6	0,022	0,035	0,009	0,088	0,011	0,019	0,025
18	TE-1	0,037	0,045	0,019	0,078	0,021	0,029	0,025
19	AQ-1	0,020	0,051	0,003	0,002	0,014	0,006	0,014
20	AQ-2	0,040	0,115	0,014	0,030	0,022	0,027	0,031
21	AQ-3	0,040	0,050	0,002	0,012	0,014	0,010	0,012

- 1 Relação de erosão proposta por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975);
- 2 Relação de erosão proposta por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) modificada por LIMA (1987);
- 3 Modelo proposto por WISCHMEIER et al (1971);
- 4 Modelo proposto por WISCHMEIER et al (1971) modificada por LIMA et al (1990);
- 5 Modelo proposto por DENARDIN (1990) ajustado para os solos do Brasil;
- 6 Modelo proposto por DENARDIN (1990) ajustado para o conjunto de solos do Brasil e EUA;
- 7 Modelo ajustado para os solos da região centro-sul do Brasil.

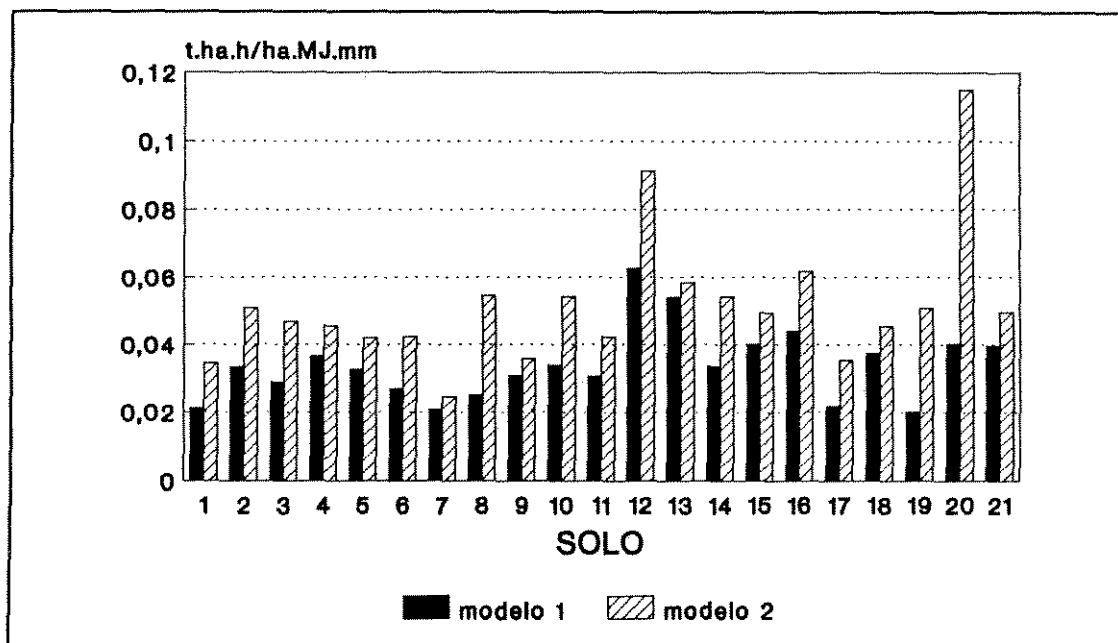


Figura 18: Erodibilidade dos solos do Estado de São Paulo estimada pelos modelos: (1) Lombardi Neto & Bertoni; e (2) Lombardi Neto & Bertoni mod.

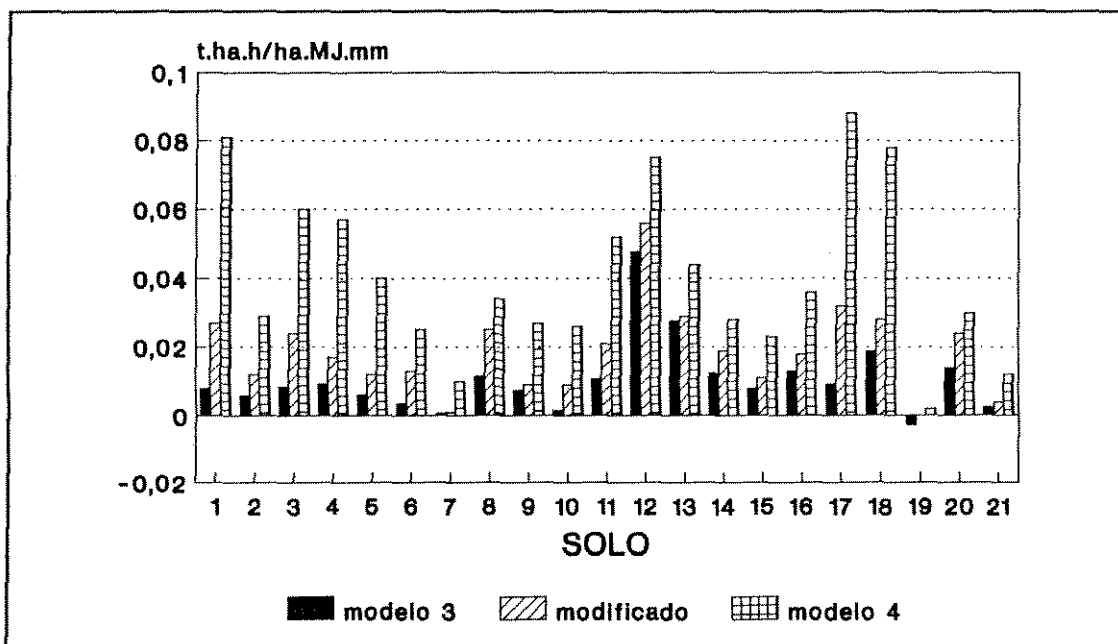


Figura 19: Erodibilidade dos solos do Estado de São Paulo estimada pelos modelos: (3) Wischmeier et al; e (4) Wischmeier et al mod. e por modificação proposta no modelo de Wischmeier et al (1971)

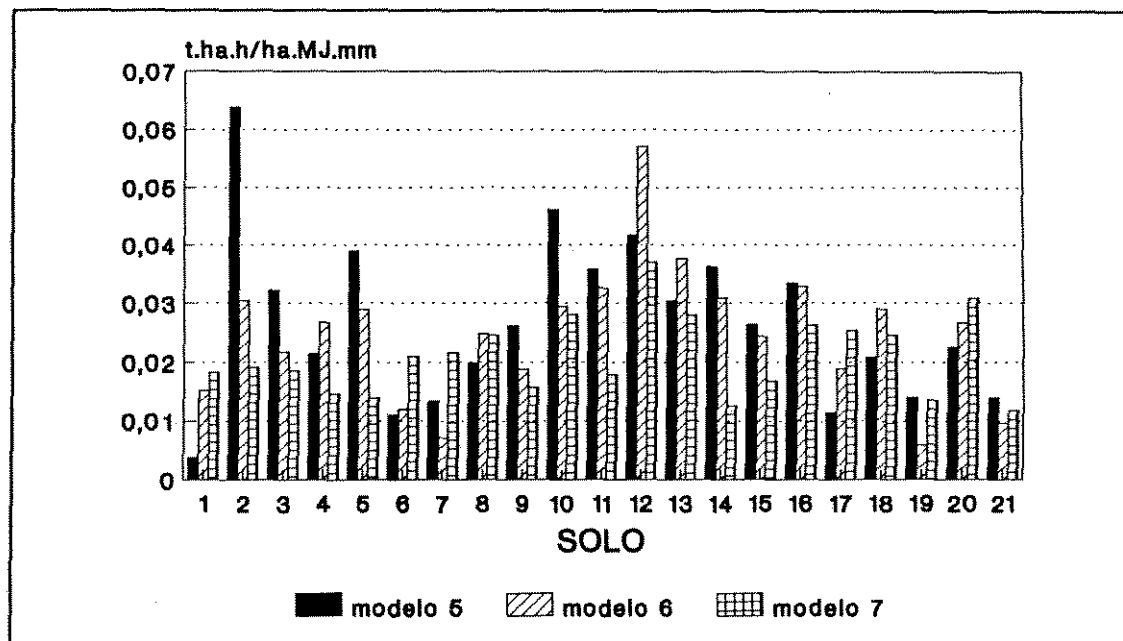


Figura 20: Erodibilidade dos solos do Estado de São Paulo estimada pelos modelos: (5) Denardin (Brasil); (6) Denardin (Brasil+EUA); (7) proposto

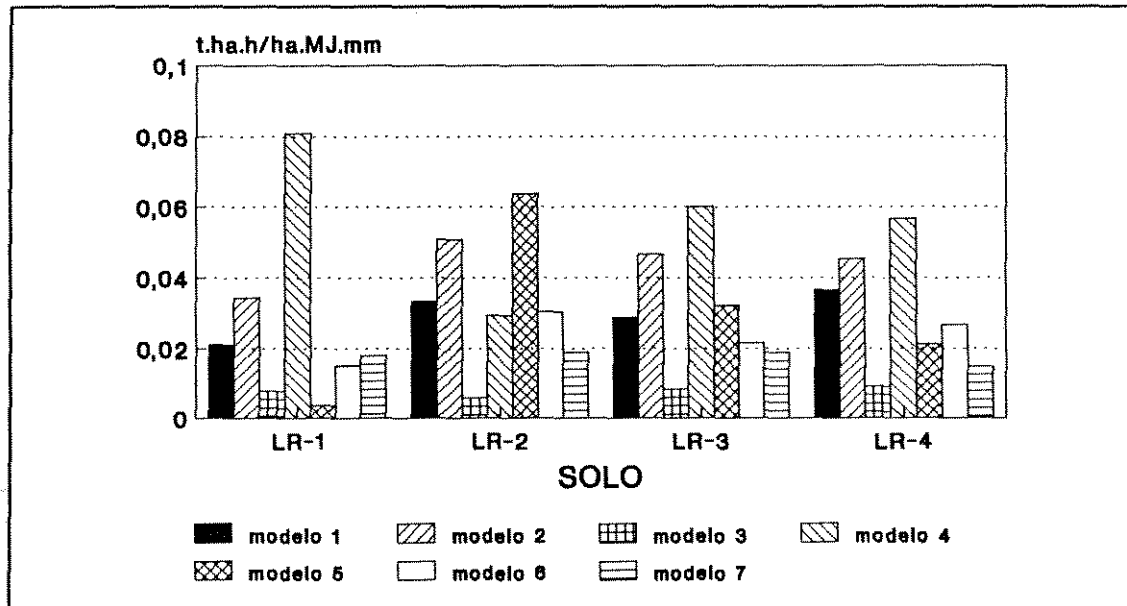


Figura 21: Erodibilidade dos perfis de Latossolo Roxo estimada pelos modelos: (1) Lombardi Neto & Bertoni; (2) Lombardi Neto & Bertoni mod.; (3) Wischmeier et al; (4) Wischmeier et al mod.; (5) Denardin (Brasil); (6) Denardin (Brasil+EUA); e (7) proposto

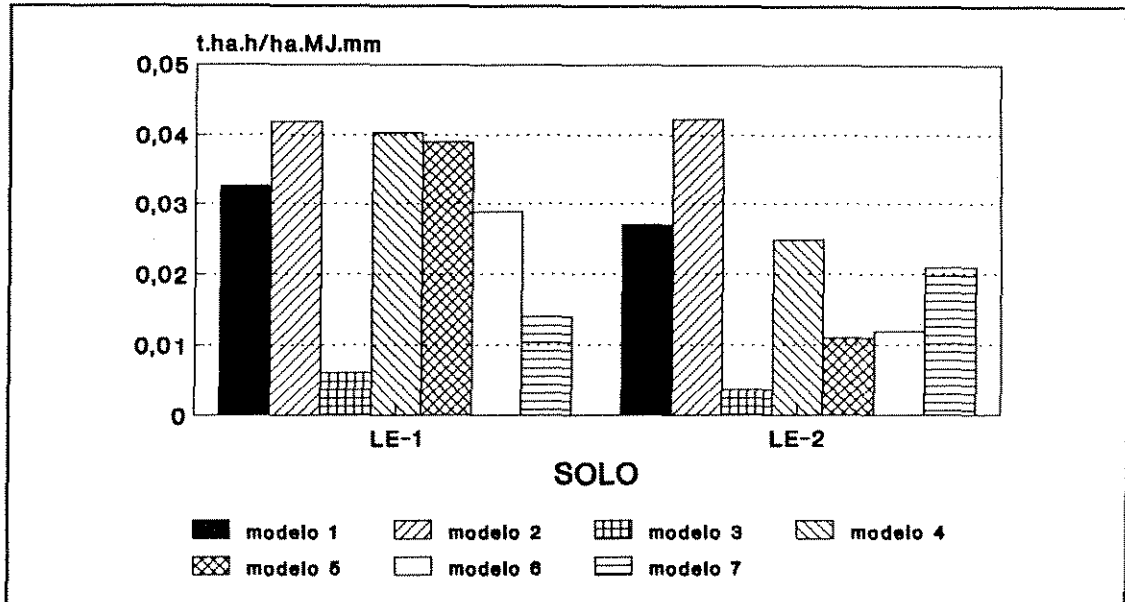


Figura 22: Erodibilidade dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro estimada pelos modelos: (1) Lombardi Neto & Bertoni; (2) Lombardi Neto & Bertoni mod.; (3) Wischmeier et al; (4) Wischmeier et al mod.; (5) Denardin (Brasil); (6) Denardin (Brasil+EUA); e (7) proposto

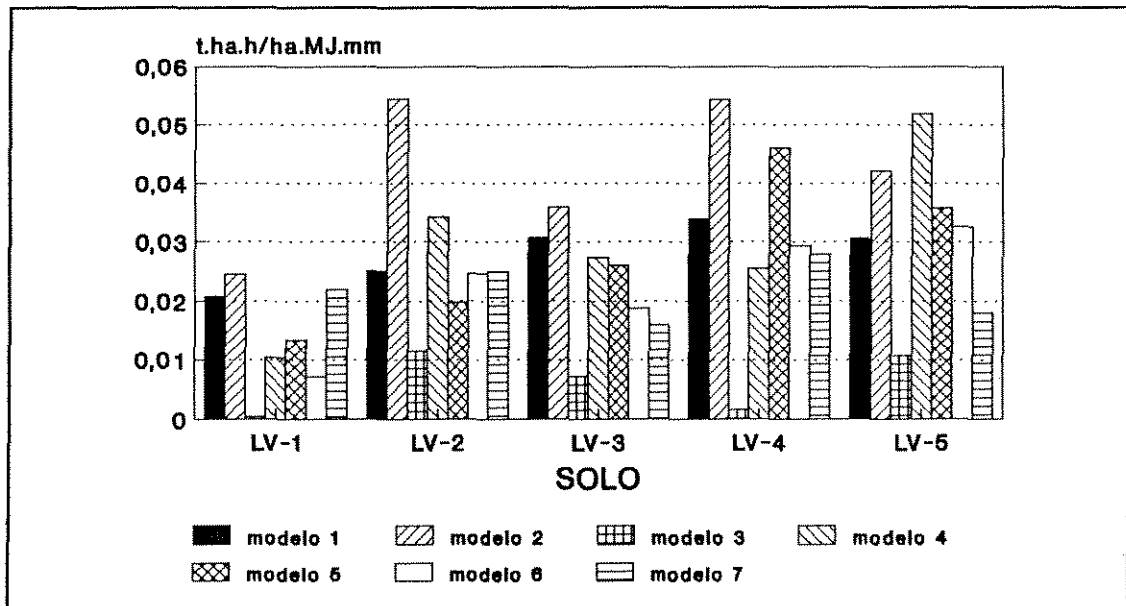


Figura 23: Erodibilidade dos perfis de Latossolo Vermelho-Amarelo estimada pelos modelos: (1) Lombardi Neto & Bertoni; (2) Lombardi Neto & Bertoni mod.; (3) Wischmeier et al; (4) Wischmeier et al mod.; (5) Denardin (Brasil); (6) Denardin (Brasil+EUA); (7) proposto

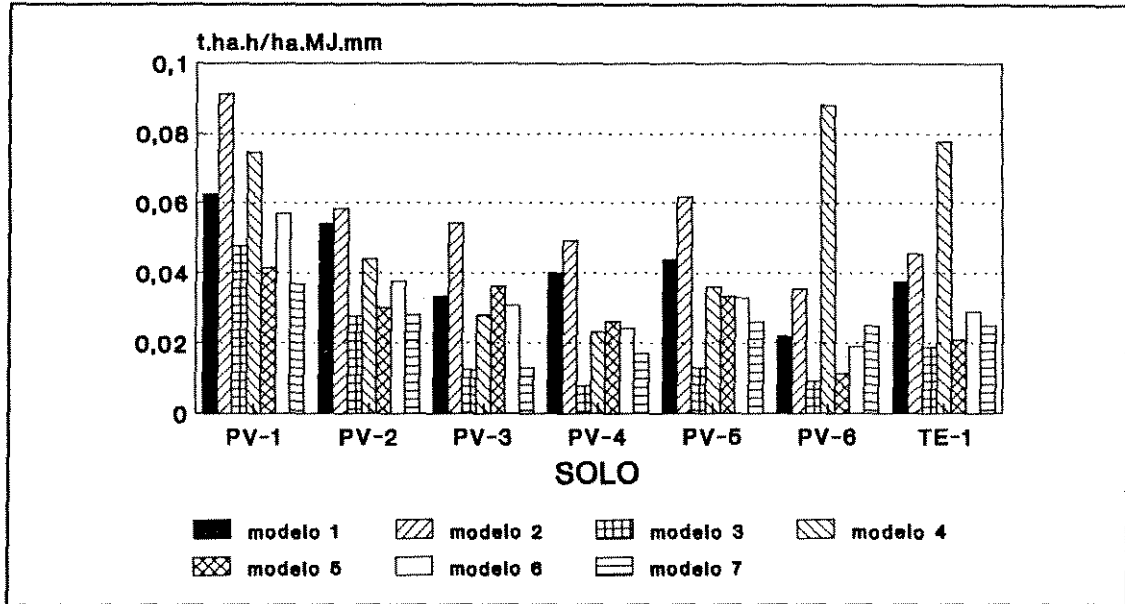


Figura 24: Erodibilidade dos perfis de solos Podzólicos e Terra Roxa Estruturada estimada por: (1)Lombardi Neto & Bertoni; (2)Lombardi Neto & Bertoni mod.; (3)Wischmeier et al; (4)Wischmeier et al mod.; (5)Denardin(Brasil); (6) Denardin(Brasil+EUA); (7)proposto

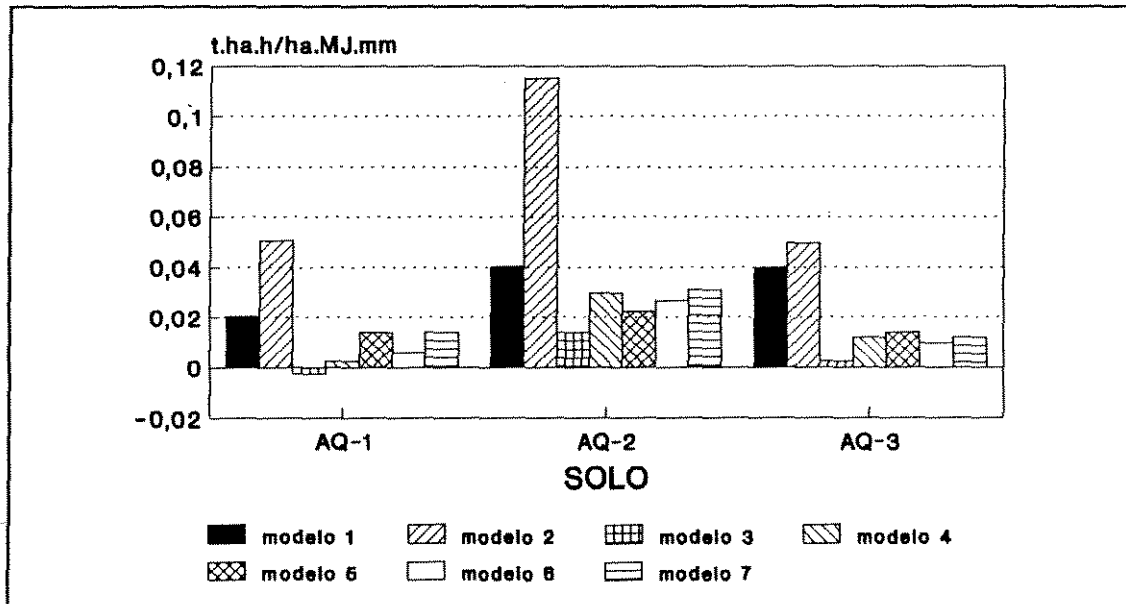


Figura 25: Erodibilidade das Areias Quartzosas estimada pelos modelos: (1)Lombardi Neto & Bertoni; (2)Lombardi Neto & Bertoni mod.; (3)Wischmeier et al; (4)Wischmeier et al mod.; (5)Denardin (Brasil); (6)Denardin (Brasil+EUA); (7)proposto

5. DISCUSSÃO

5.1. Solos da região centro-sul do Brasil

Pode ser considerado como relativamente reduzido o número de 13 unidades de solos para representar significativamente as variações edáficas de uma porção tão grande do País. Contudo, tentativas de gerar modelos estimativos do fator erodibilidade a partir dessas unidades de solo devem ser buscadas, dos quais poder-se-ão obter modelos específicos para a amplitude dos solos estudados e com maior coeficiente de determinação.

5.1.1. Estudo das correlações

Observando a matriz de correlação (Tabela 15 do anexo) para as variáveis em estudo, pode-se verificar que, das 46 variáveis, apenas 8 correlacionam-se, ao nível de 5% de probabilidade, com o fator erodibilidade determinado por métodos diretos: teor de areia grossa (P7), teor de partículas de diâmetro entre 2,0 e 0,5 mm (P19), razão entre teor de

partículas de diâmetro entre 0,1 e 0,002 mm e teor de argila (P23), parâmetro M (P24), permeabilidade (P27), teor de potássio (P34), saturação de cátions dispersantes (P38), e relação molecular entre óxido de silício e óxido de ferro + óxido de alumínio (P56); a variável de maior correlação é a permeabilidade (P27), com coeficiente de 0,7663.

Comparando-se os coeficientes encontrados com aqueles obtidos por DENARDIN (1990), para o conjunto de solos do Brasil, observa-se que houve aumento no número de variáveis, com coeficientes significativos ao nível de 5% .

Correlacionando-se separadamente os Latossolos (7 observações) e os solos com horizonte B textural, (6 observações), obtiveram-se valores superiores àqueles encontrados para o conjunto de solos estudados (Tabelas 16 e 17 do anexo).

Nos Latossolos 13 variáveis correlacionam-se com a erodibilidade ao nível de 5% de probabilidade, quais sejam: teor de argila (P1), teor de areia total (P3), teor de partículas com diâmetro menor que 0,05 mm (P9), teor de partículas com diâmetro menor que 0,1 mm (P10), teor de partículas de diâmetro entre 2,0 e 0,1 mm (P16), teor de partículas de diâmetro entre 1,0 e 0,25 mm (P17), teor de partículas de diâmetro entre 2,0 e 0,25 mm (P18), razão entre argila e silte mais areia (P20), razão entre silte e argila mais areia (P21), diâmetro médio ponderado de partículas com diâmetro menor que 2,0 mm (P25), matéria orgânica (P39),

relação entre matéria orgânica e nova areia (P40), e fósforo (P59); o fósforo foi a variável de maior correlação, com coeficiente de 0,8938.

Nos solos com horizonte B textural 9 variáveis correlacionam-se com a erodibilidade ao nível de 5% de probabilidade, quais sejam: teor de argila (P1), razão entre teor de partículas de diâmetro entre 0,1 e 0,002 mm e teor de argila (P23), parâmetro M (P24), teores de óxidos de ferro, alumínio e titânio extraíveis por ataque sulfúrico (P51, P52 e P54), os valores de K_i e K_r (P55 e P56), e nitrogênio (P58); a relação molecular entre óxido de silício e óxido de ferro mais óxido de alumínio (K_r) foi a de maior correlação, com coeficiente de 0,9765.

Comparando-se as correlações das variáveis estudadas com a erodibilidade nos dois conjuntos de solos, verifica-se que diversas variáveis nos Latossolos comportam de forma bastante diferente da dos solos com horizonte B textural. Dentre elas, podem-se destacar as variáveis granulométricas, como a porcentagem de argila, que nos Latossolos tem uma correlação positiva com a erodibilidade ($r = 0,7653$), enquanto que nos solos com horizonte B textural essa correlação é negativa ($r = -0,8504$). A correlação inversa também pode ser constatada para todas as outras variáveis granulométricas, com exceção das variáveis silte (P2), teor de partículas de diâmetro entre 0,1 e 0,002 mm (P11) e razão entre silte e argila mais areia (P21).

A variável P39 (matéria orgânica) também apresenta

comportamento semelhante, possuindo correlação positiva com a erodibilidade nos Latossolos ($r = 0,8041$) e negativa nos solos com horizonte B textural ($r = -0,5619$); isso indica que maiores teores de matéria orgânica provocariam índices maiores de erodibilidade nos Latossolos e o inverso nos solos com horizonte B textural.

Os óxidos de ferro, alumínio e silício também apresentam comportamento antagônico nos dois conjuntos de solos, possuindo correlação negativa para os solos com horizonte B textural e positiva para os Latossolos, sendo que nos primeiros as correlações são significativas pelo menos ao nível de 10% de probabilidade. Com as relações moleculares K_i e K_r observam-se correlações negativas para os Latossolos e positivas para os solos com horizonte B textural, sendo que nestes a correlação é significativa ao nível de 1% de probabilidade. Apenas o K_f (relação entre óxido de alumínio e óxido de ferro) apresenta comportamento semelhante nos dois grupamentos de solos.

5.1.2. Modelo estimativo

O modelo obtido, expresso pela equação (6), apresenta as variáveis independentes distintas daquelas encontradas por DENARDIN (1990) para o conjunto de solos do Brasil. As variáveis permeabilidade, matéria orgânica, teor de óxido de alumínio e teor de partículas de diâmetro entre 2,0 e 0,5 mm

foram substituídas pelas variáveis saturação de cátions dispersantes, relação molecular entre óxido de alumínio e óxido de ferro e pelas variáveis granulométricas areia grossa e "novo silte".

Pela Fig. 2 pode-se observar que os latossolos estudados apresentam erodibilidade menor que a dos solos com horizonte B textural. Existe também uma variação maior da erodibilidade observada e erodibilidade estimada pelo modelo proposto nos latossolos em relação aos B texturais, fato que talvez possa ser explicado pela grande diferença no valor da erodibilidade determinada no campo do Latossolo Roxo de Londrina, PR (0,025 t.ha.h/ha.MJ.mm) em relação aos outros latossolos roxos estudados: LR de Campinas, SP (0,012 t.ha.h/ha.MJ.mm) e LR de Ijuí, RS (0,009 t.ha.h/ha.MJ.mm).

O emprego do modelo obtido no estudo do conjunto de solos da região centro-sul que apresentam a erodibilidade determinada por métodos diretos fica limitado a solos cujas variáveis independentes que o integram estejam dentro da amplitude dos valores considerados no estudo.

5.2. Solos do Estado de São Paulo

5.2.1. Caracterização granulométrica

Pela Tabela 4 observa-se que os solos estudados apresentam

uma grande variação quanto ao tamanho de partículas. O teor de argila varia de 5% a 71%, o teor de areia de 5% a 95% e o de silte apresenta variação de 0 a 39%, o que indica uma menor quantidade de partículas desse diâmetro nos solos estudados, o que já era esperado, em se tratando de solos tropicais, pelo menos os mais desenvolvidos (WAMBECKE, 1974).

A dispersão do material com água possibilitou a obtenção de uma distribuição de partículas por tamanho diferente daquela apresentada quando se empregou o hidróxido de sódio como dispersante químico, conforme ilustrado nas Fig. 3, 4 e 5. A quantidade de argila obtida com dispersante químico foi, certamente, maior do que quando se utilizou apenas água como meio de dispersão. Com as partículas do tamanho de silte e areia obtiveram-se maiores quantidades quando a dispersão foi realizada com água, sendo esse aumento devido às partículas menores que não foram dispersadas pela água.

5.2.2. Teor de umidade do solo

A umidade retida nas tensões estudadas mostra-se estreitamente relacionada com a textura do solo, de tal sorte que os solos com maiores teores de argila, como era de se esperar, são os que apresentam porcentagem maior de umidade retida. A Fig. 16 apresenta as correlações entre o teor de argila total e a umidade do solo retidas nas três tensões

estudadas. Os valores de coeficiente de correlação encontrados são significativos ao nível de 1% de probabilidade.

5.2.3. Teores de óxidos de Fe, Al, Si e Ti

Conforme se pode observar pela Tabela 7, os óxidos apresentam teores bastantes variados nos solos estudados. Evidentemente, maiores teores de óxido de ferro são encontrados no Latossolo Roxo e na Terra Roxa Estruturada, e os menores nas Areias Quartzosas.

Os teores de óxido de alumínio são relativamente altos no Latossolo Roxo, no Latossolo Vermelho Escuro unidade Limeira, no Latossolo Vermelho-Amarelo das unidades Itororó e Peroba, no solo Podzólico Vermelho-Amarelo das unidades Santa Clara e Olaria e na Terra Roxa Estruturada. As Areias Quartzosas são os solos que apresentam os valores mais baixos de óxido de alumínio. A Fig. 17 apresenta os valores das relações moleculares dos óxidos de ferro, alumínio e silício para os solos estudados.

5.2.4. Matéria orgânica e cátions trocáveis

A Tabela 8 apresenta os teores de matéria orgânica e de cátions trocáveis. A amplitude de variação para o teor de

matéria orgânica é de 1,3 a 8,5%, sendo os menores valores encontrados na AQ-1 e LE-2 (unidade Hortolândia) e o maior valor no LR-2 (unidade Barão Geraldo) cuja amostra foi coletada sob vegetação de mata natural.

A capacidade de troca catiônica (T) variou de 2,76 me/100 cm³ de solo na AQ-1 até 23,00 me/100 cm³ de solo no LR-2 (unidade Barão Geraldo).

5.2.5. Estrutura e Permeabilidade

A estrutura e a permeabilidade do solo codificadas segundo WISCHMEIER *et al* (1971) são apresentadas na Tabela 9. A estrutura tem amplitude de 1 a 3, não sendo encontrada a codificação 4 (estrutura em blocos, laminar ou maciça) para os solos em estudo na camada superficial.

A permeabilidade do perfil variou de 1 (rápida) até 4 (lenta a moderada), sendo os menores valores atribuídos às Areias Quartzosas e Latossolos de textura média, e os maiores aos solos Podzólicos com transição abrupta entre horizontes e ao LV-5 (unidade Peroba).

5.2.6. Estimativa da erodibilidade

A Fig. 18 apresenta a erodibilidade dos solos do Estado de

São Paulo estimada pela relação de erosão proposta por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) e pela relação de erosão proposta por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) e modificada por LIMA (1987). Os valores de erodibilidade encontrados na segunda relação são superiores em todos os solos estudados, conforme também o encontrado por LIMA (1987).

Pela Fig. 19 pode-se observar que a modificação proposta por LIMA *et al* (1990) no modelo de WISCHMEIER *et al* (1971) promoveu valores de erodibilidade mais elevados do que os encontrados quando se aplicou o modelo na forma original.

Pode-se observar também uma tendência do modelo de WISCHMEIER *et al* (1971), modificado por LIMA *et al* (1990), de atribuir valores elevados de erodibilidade para solos com teores de argila mais altos. Correlacionando-se os valores de erodibilidade e o teor de argila encontra-se índice de 0,6693 (significativo ao nível de 1%) para o modelo de WISCHMEIER *et al* (1971), modificado por LIMA *et al* (1990), e índice de 0,1303 para o modelo de WISCHMEIER *et al* (1971), ou seja, quanto maior o teor de argila do solo no modelo de WISCHMEIER *et al* (1971), modificado por LIMA *et al* (1990), maior a erodibilidade.

Quando se utilizou o parâmetro M determinado com os teores de partículas dispersos em água (Tabela 5), em vez da modificação proposta por LIMA *et al* (1990), obtiveram-se valores de erodibilidade superiores aos encontrados por WISCHMEIER *et al* (1971), porém menores do que os valores da

modificação proposta por LIMA et al (1990), conforme também representado na Fig. 19.

A Fig. 20 apresenta os índices de erodibilidade para os perfis de solos do Estado de São Paulo estudados, obtidos pelos modelos de DENARDIN (1990) para os solos do Brasil, DENARDIN (1990) para os solos do Brasil mais os solos do EUA e modelo proposto. Pode-se observar que os modelos comportam-se de forma diferente em cada classe de solo estudada, obtendo-se valores de erodibilidade bastante distintos.

O modelo de DENARDIN (1990) para os solos do Brasil conferiu valores de erodibilidade relativamente elevados quando o teor de matéria orgânica é mais alto; este fato ocorreu devido à correlação positiva da matéria orgânica com a erodibilidade no agrupamento de solos utilizado pelo autor para ajustar o seu modelo.

O comportamento da matéria orgânica com relação à erodibilidade não seguiu a mesma tendência nos diferentes agrupamentos de solo analisados. DENARDIN (1990) encontrou correlação de 0,3897 para os 31 solos brasileiros por ele estudados; no grupamento de 13 solos da região centro-sul encontrou-se correlação de 0,0784, que, quando subdivididos em Latossolos e solos com horizonte B textural, obtiveram-se correlações de 0,8041 e -0,5619, respectivamente.

5.2.6.1. Latossolo Roxo

Pela Fig. 21 observa-se que os perfis de Latossolo Roxo comportaram-se de forma distinta nos modelos estudados. O modelo de LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) apresenta índices mais altos do que os encontrados pelos autores para o mesmo tipo de solo (0,012 t.ha.h/ha.MJ.mm). Este fato pode ser explicado devido à forma de agitação empregada para a dispersão de partículas (agitação lenta), que ocasiona maior atrito entre agregados e partículas, promovendo maior dispersão, ao contrário da agitação rápida, onde há concentração de energia junto à hélice, tornando o método menos eficiente (GROHMANN & RAIJ, 1977). Essa menor desagregação do material conduz a porcentagens mais elevadas das frações de tamanho maior e, conseqüentemente, menores teores de frações menores.

FERREIRA (1992) encontrou valores diferentes quando empregou a agitação rápida e a agitação lenta na determinação granulométrica de dois solos, sendo que quando empregou o hidróxido de sódio como dispersante químico obteve resultados menos variáveis do que quando utilizou a água como meio de dispersão, sendo que os valores de argila dispersa em água foram bem inferiores ao de argila total, o que ocasiona uma erodibilidade menor quando se emprega a relação de LOMBARDI NETO & BERTONI (1975). FERREIRA (1992) concluiu também que a agitação rápida parece favorecer valores mais variados, comparados à lenta, mostrando um bom potencial de emprego na

avaliação da erodibilidade.

Com relação ao modelo de LOMBARDI NETO & BERTONI (1975), modificado por LIMA (1987), os valores de erodibilidade são superiores aos do modelo original.

O modelo proposto por WISCHMEIER *et al* (1971) apresentou os valores mais baixos de erodibilidade para os perfis de Latossolo Roxo, com exceção da unidade Ribeirão Preto (LR-1), cujo menor valor de erodibilidade é obtido com o modelo proposto por DENARDIN (1990) ajustado para os solos do Brasil. Esses baixos valores encontrados comprovam a tendência de esse modelo subestimar a erodibilidade.

A modificação do modelo de WISCHMEIER *et al* (1971) proposta por LIMA *et al* (1990) aumentou os valores de erodibilidade no Latossolo Roxo. Isso é explicado devido ao aumento dos valores da variável M, devido à substituição da porcentagem de silte mais areia muito fina pela porcentagem de partículas e/ou agregados menores que 0,1 mm (dispersos em água) e da substituição da porcentagem de areia maior que 0,1 mm pela porcentagem de partículas e/ou agregados maiores que 0,1 mm (também usando apenas água).

Para os modelos propostos por DENARDIN (1990) pode-se observar uma variação grande na erodibilidade do Latossolo Roxo no modelo proposto para os solos do Brasil, ocasionada principalmente pelos teores mais elevados de matéria orgânica das unidades Barão Geraldo (LR-2) e Capão da Cruz (LR-3), que conferiram a esses solos valores relativamente altos de

erodibilidade.

O modelo ajustado para os solos do Brasil e EUA apresentou índices de erodibilidade, de um modo geral, um pouco superiores àqueles encontrados através do modelo proposto, sendo que este apresentou valores muito parecidos para os quatro perfis de Latossolo Roxo estudados, com uma média de 0,018 t.ha.h/ha.MJ.mm, um pouco superior à encontrada por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985) por método direto de determinação.

5.2.6.2. Latossolo Vermelho Escuro

A Fig. 22 apresenta a erodibilidade de duas unidades de Latossolo Vermelho Escuro do Estado de São Paulo: unidade Limeira (LE-1), que apresenta textura argilosa e corresponde na classificação antiga ao Latosol Vermelho Escuro Orto (COMISSÃO DE SOLOS, 1960) e unidade Hortolândia (LE-2), que apresenta textura média e corresponde na classificação antiga ao Latosol Vermelho Escuro fase arenosa.

Os índices mais baixos de erodibilidade para o Latossolo Vermelho Escuro foram obtidos com o modelo proposto por WISCHMEIER *et al* (1971), apresentando valores superiores quando o modelo foi modificado por LIMA *et al* (1990). Valores relativamente altos foram obtidos para o modelo proposto por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) e sua modificação proposta por LIMA (1987). Esse comportamento pode ser explicado pelo método

LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) e modificado por LIMA (1987) são os que, de uma maneira geral, conferem maior índice de erodibilidade.

O modelo de WISCHMEIER *et al* (1971) apresenta valores de erodibilidade relativamente baixos para todos os perfis de Latossolo Vermelho-Amarelo; já sua modificação proposta por LIMA *et al* (1990) revela valores de erodibilidade mais elevados, atingindo valor muito alto na unidade Peroba (LV-5).

Na unidade Laranja Azeda (LV-1) o modelo proposto apresenta erodibilidade maior do que o do modelo de DENARDIN (1990) ajustado com solos do Brasil, e este, por sua vez, apresenta erodibilidade maior do que o do modelo ajustado para o conjunto de solos do Brasil e EUA.

A unidade Três Barras (LV-2) apresenta valores de erodibilidade muito semelhantes nos modelos de LOMBARDI NETO & BERTONI (1975), DENARDIN (1990) para os solos do Brasil, DENARDIN (1990) para os solos do Brasil mais os solos do EUA e no modelo proposto, e relativamente superior no modelo de WISCHMEIER *et al* (1971) modificado por LIMA *et al* (1990). Na unidade Canchim (LV-3) o modelo de DENARDIN (1990) ajustado para os solos do Brasil apresenta erodibilidade maior que o ajustado para os solos do Brasil mais EUA, que, por sua vez, apresenta erodibilidade maior que o modelo proposto, sendo o mesmo comportamento observado nas unidades Itororó (LV-4) e Peroba (LV-5).

Na unidade Itororó o alto índice de erodibilidade

encontrado no modelo proposto por DENARDIN (1990) ajustado para os solos do Brasil é principalmente explicado devido ao alto teor de matéria orgânica desse solo, que no modelo contribui para o aumento da erodibilidade.

5.2.6.4. Podzólico Vermelho-Amarelo e Terra Roxa Estruturada

A Fig. 24 apresenta os índices de erodibilidade dos perfis de solo Podzólico Vermelho-Amarelo estudados: unidade Santa Cruz (Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba²), unidade Serrinha (Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras²), unidade Monte Cristo (Solos Podzolizados de Lins e Marília variação Lins²), unidade Canela (Solos Podzolizados de Lins e Marília variação Lins²), unidade Santa Clara e unidade Olaria (Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba²); juntamente com a Terra Roxa Estruturada unidade Estruturada (Terra Roxa Estruturada²)

O modelo proposto por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) e sua modificação proposta por LIMA (1987) são os que apresentam maiores valores de erodibilidade nos solos PV-1 a PV-5, sendo o segundo sempre superior ao primeiro, com exceção do PV-1 cuja erodibilidade é maior no modelo de WISCHMEIER *et al* (1971) modificado por LIMA *et al* (1990) do que no modelo de LOMBARDI NETO & BERTONI (1975).

Na unidade Santa Cruz (PV-1) o menor índice de

² Classificação estabelecida pela COMISSÃO DE SOLOS (1960).

erodibilidade foi obtido quando se utilizou o modelo proposto, seguido do modelo de DENARDIN (1990) para os solos do Brasil. O valor relativamente elevado obtido com o modelo WISCHMEIER *et al* (1971) pode ser explicado pelo alto teor de silte desse solo.

A unidade Serrinha (PV-2) mostrou valores semelhantes de erodibilidade quando se empregaram os modelos de WISCHMEIER *et al* (1971), WISCHMEIER *et al* (1971) modificado por LIMA *et al* (1990), DENARDIN (1990) para os solos do Brasil, DENARDIN (1990) para os solos do Brasil mais os solos do EUA e modelo proposto.

As unidades Monte Cristo (PV-3), Canela (PV-4) e Santa Clara (PV-5) apresentam comportamento parecido com relação aos modelos para a estimativa da erodibilidade estudados: os valores maiores são encontrados no modelo proposto por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) modificado por LIMA (1987), seguidos pelos modelos de LOMBARDI NETO & BERTONI (1975), DENARDIN (1990) para os solos do Brasil, DENARDIN (1990) para os solos do Brasil mais os solos do EUA, WISCHMEIER *et al* (1971) modificado por LIMA *et al* (1990), proposto, e WISCHMEIER *et al* (1971).

A Terra Roxa Estruturada (TE-1) apresenta comportamento semelhante na estimativa da erodibilidade através dos diferentes modelos estudados, com exceção do modelo de WISCHMEIER *et al* (1971), modificado por LIMA *et al* (1990), que apresentou valores relativamente superiores. O modelo proposto

por WISCHMEIER *et al* (1971) foi o que mais se aproximou do valor obtido por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975), de 0,018 t.ha.h/ha.MJ.mm, para essa classe de solo.

5.2.6.5. Areias Quartzosas

A Fig. 25 apresenta os índices de erodibilidade obtidos para as Areias Quartzosas. Pode-se observar que os valores mais altos foram encontrados quando se utilizaram os modelos de LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) e sua modificação proposta por LIMA (1987).

Os outros modelos apresentam valores de erodibilidade relativamente baixos nas AQ-1 e AQ-3, sendo que o modelo de WISCHMEIER *et al* (1971) tem valor negativo na AQ-1. Na AQ-2 os valores encontrados são ligeiramente superiores.

6. CONCLUSÕES

Pode se constatar através do estudo realizado que a erodibilidade variou muito nas diferentes classes de solos e nos diferentes modelos estudados. Assim, a adoção de qualquer um dos modelos para a obtenção da erodibilidade do solo carece de maiores estudos.

O modelo proposto por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) parece fornecer valores distintos de erodibilidade quando se utiliza a agitação lenta ou a agitação rápida na dispersão de partículas para a determinação granulométrica, conforme se pode observar em FERREIRA (1992).

As regressões múltiplas, onde se obtêm modelos selecionados a partir de variáveis que influenciam a erodibilidade, consistem num método com potencial promissor para determinação do fator erodibilidade do solo, mas, para que possa ser utilizada adequadamente, são requeridos estudos mais pormenorizados do comportamento de nossos solos com relação à erodibilidade e de um maior número de solos com a erodibilidade estimada por métodos diretos.

Além disso, fica patente que os diferentes métodos

empregados para a obtenção do mesmo parâmetro (exemplo: porcentagem de argila obtidas com diferentes métodos de dispersão) podem conduzir a resultados muito distintos, requerendo um cuidado muito especial nas suas interpretações. Correlações entre resultados de diferentes laboratórios devem ser apreciadas, devendo-se prever um bom número de dados para se recorrer a resultados médios seguros.

Assim, resumidamente, as principais conclusões obtidas foram as seguintes:

- (a) o comportamento antagônico de algumas variáveis estudadas separadamente nos Latossolos e nos solos com horizonte B textural, com relação à erodibilidade, indica a necessidade de estudos específicos para os dois grupamentos de solos;
- (b) o modelo obtido através de regressão múltipla com coeficiente de determinação de 0,85 pode ser aplicado para a obtenção da erodibilidade em solos cujos parâmetros estejam dentro da amplitude estudada;
- (c) o comportamento da erodibilidade dos solos do Estado de São Paulo obtida através de diferentes métodos indiretos encontrados em bibliografia e dos propostos foi distinto;
- (d) a relação proposta por LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) e sua modificação proposta por LIMA (1987) proporcionaram valores relativamente altos de erodibilidade. Estudos utilizando-se de agitação rápida como método de dispersão para a determinação dos parâmetros granulométricos que compõem as relações devem ser testados, pois talvez possam ser obtidos valores mais

parecidos com os dos trabalhos originais;

(e) a modificação proposta por LIMA et al (1990) no modelo de WISCHMEIER et al (1971) proporcionou erodibilidade maior nos solos do Estado de São Paulo, sendo os solos com elevados teores de argila os de maior índice, fato explicado pelo alta correlação do modelo com o teor dessas partículas;

(f) o modelo de DENARDIN (1990) ajustado para os solos do Brasil apresentou erodibilidade relativamente alta para solos com teor elevado de matéria orgânica, indicando que o comportamento desse parâmetro deva ser melhor estudado antes de compor modelo;

(g) os métodos indiretos usados para a obtenção do fator erodibilidade parecem ter bom potencial de aplicação, principalmente aqueles ajustados a partir de solos que tenham erodibilidade determinada por métodos diretos, mas para que se possa aplicá-los de forma mais segura um maior número de solos deve ser utilizado para ajuste desses modelos, requerendo-se também um estudo mais detalhado do comportamento de cada propriedade do solo representada.

7. ANEXOS

7.1. Parâmetros dos solos da região centro-sul do Brasil

TABELA 11: Características granulométricas dos solos da região centro-sul do Brasil¹

Amostra	Solo	Argila	Silte	Areia	AMF	AF	AM	AG	AMG	Parâmetro M ²
		<0,002 mm	0,05-0,002 mm	2,0-0,05 mm	0,1-0,05 mm	0,25-0,1 mm	0,5-0,25 mm	1,0-0,5 mm	2,0-1,0 mm	
1	PVd	40,8	21,3	37,9	5,8	11,5	11,0	7,9	1,7	1604,3
2	LEa	44,2	19,0	36,8	6,9	17,9	10,1	1,1	0,8	1445,2
3	LRd	53,2	18,0	28,8	2,3	13,8	9,7	1,1	1,9	950,0
4	PVd	22,0	13,1	64,9	5,8	17,5	21,9	16,2	3,5	1474,2
5	PVa	24,2	11,0	64,8	8,8	32,5	22,0	1,4	0,1	1500,8
6	LRe	72,7	21,9	5,4	2,1	1,8	1,0	0,4	0,1	655,2
7	LEa	8,5	3,8	87,7	3,4	44,1	39,9	0,2	0,1	658,8
8	LEd	65,2	28,0	6,8	1,4	2,8	1,1	0,9	0,6	1023,1
9	LEd	53,1	21,7	25,2	4,1	11,9	5,1	2,2	1,9	1210,0
10	PV	14,1	13,9	72,0	7,8	21,4	30,5	11,8	0,5	1864,0
11	PEd	12,1	26,1	61,8	8,2	20,0	14,1	10,1	9,4	3015,0
12	LRd	48,6	18,5	32,9	4,0	10,7	10,4	5,7	2,1	1156,5
13	PVe	41,0	17,6	41,4	2,7	6,4	9,6	14,6	8,1	1197,7

¹ Extraída de DENARDIN (1990), com modificações.

² Parâmetro M = ((partículas de 0,1-0,002 mm)+(partículas de 2,0-0,1 mm))*(partículas de 0,1-0,002mm)).

TABELA 12: Matéria orgânica, estrutura e permeabilidade para os solos da região centro-sul do Brasil¹

Amostra	Solo	MO (%)	Estrutura ²	Permeabilidade ²
1	PVd	2,30	4	3
2	LEa	2,30	2	2
3	LRd	2,60	3	2
4	PVd	2,71	3	3
5	PVa	2,00	4	2
6	LRe	3,50	2	2
7	LEa	1,29	3	1
8	LEd	5,54	4	2
9	LEd	3,87	3	2
10	PV	1,80	4	4
11	PEd	2,10	4	3
12	LRd	2,30	3	2
13	PVe	2,60	4	3

1 Extraída de DENARDIN (1990), com modificações.

2 Codificação segundo WISCHMEIER et al (1971).

TABELA 13: pH, teores de cátions trocáveis, fósforo e nitrogênio totais para os solos da região centro-sul do Brasil¹

Amostra	Solo	pH CaCl ₂	Ca	Mg	K	H+Al	CTC	P	N
			me/100 cm ³			solo		total ppm	total
1	PVd	4,5	1,34	0,48	0,13	3,4	5,35	454	896
2	LEa	4,6	1,72	0,85	0,03	5,8	8,40	233	889
3	LRd	4,4	2,52	1,39	0,25	8,0	12,16	642	1117
4	PVd	4,1	1,20	0,60	0,20	3,4	5,40	252	1205
5	PVa	5,1	2,86	0,91	0,35	2,0	6,12	243	802
6	LRe	4,3	1,84	1,16	0,35	6,4	9,75	665	1806
7	LEa	3,8	0,02	0,06	0,02	3,1	3,20	79	204
8	LEd	4,2	1,84	1,05	0,24	10,9	14,03	543	1788
9	LEd	4,4	3,70	1,08	0,15	7,2	12,13	581	1612
10	PV	5,3	2,80	1,33	0,33	2,0	6,46	229	635
11	PEd	4,3	1,46	0,93	0,32	4,2	6,91	121	758
12	LRd	4,6	3,00	1,29	0,25	4,2	8,74	369	1056
13	PVe	5,4	6,14	1,94	0,26	2,8	11,14	684	922

1 Extraída de DENARDIN (1990), com modificações.

TABELA 14: Teores de óxidos dos solos da região centro-sul do Brasil extraíveis por ataque sulfúrico e suas relações moleculares (Ki, Kr e Kf)¹

Amostra	Solo	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Ki	Kr	Kf
1	PVd	6,8	15,9	17,4	1,48	1,86	1,46	3,67
2	LEa	8,2	14,9	14,2	0,36	1,62	1,20	2,85
3	LRd	21,4	14,7	17,7	4,24	2,05	1,06	1,08
4	PVd	4,6	7,3	9,9	1,64	2,31	1,64	2,49
5	PVa	5,6	8,5	9,9	1,16	1,98	1,39	2,38
6	LRe	26,2	16,1	21,7	3,52	2,29	1,12	0,96
7	LEa	2,1	2,9	4,1	0,36	2,40	1,64	2,17
8	LEd	10,0	23,5	14,2	0,99	1,03	0,81	3,69
9	LEd	9,6	17,5	20,1	1,35	1,95	1,45	2,86
10	PV	1,5	4,6	6,5	0,22	2,40	1,99	4,81
11	PEd	1,8	3,1	5,9	0,35	3,24	2,36	2,70
12	LRd	18,1	15,0	14,5	4,48	1,64	0,93	1,30
13	PVe	7,9	16,2	15,8	1,52	1,66	1,26	3,22

1 Extraída de DENARDIN (1990), com modificações.

7.2. Resultados dos solos da região centro-sul do Brasil

TABELA 15: Matriz de correlação simples para as variáveis dos solos da região centro-sul do Brasil

P1	Kobs	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Kobs	1,0000	-0,2543	0,3144	0,1288	0,5054	-0,1835	-0,0321	0,5794	0,3694	-0,1288	-0,0831	0,5125
P1		1,0000	0,6037	-0,9788	-0,6811	-0,8075	-0,8795	-0,4432	-0,2616	0,9788	0,9667	0,3395
P2			1,0000	-0,7541	-0,2013	-0,8007	-0,8579	-0,0337	0,3119	0,7541	0,7791	0,9240
P3				1,0000	0,6128	0,8708	0,9448	0,3737	0,1354	-1,0000	-0,9965	-0,5169
P4					1,0000	0,4906	0,4375	0,3014	0,1255	-0,6128	-0,5443	0,1884
P5						1,0000	0,8908	-0,1223	-0,1804	-0,8708	-0,8723	-0,6113
P6							1,0000	0,2030	-0,1352	-0,9448	-0,9565	-0,6894
P7								1,0000	0,6408	-0,3737	-0,3647	0,0838
P8									1,0000	-0,1354	-0,1304	0,3617
P9										1,0000	0,9965	0,5169
P10											1,0000	0,5687
P11												1,0000

P1	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23
Kobs	-0,0673	-0,0526	-0,1120	0,0366	0,0831	0,2175	0,2821	0,5544	-0,1359	0,3343	-0,2049	0,5782
P1	-0,8506	-0,8914	-0,8670	-0,9414	-0,9667	-0,9127	-0,9177	-0,4163	0,9310	0,5737	-0,7434	-0,6851
P2	-0,7530	-0,8271	-0,8525	-0,8260	-0,7791	-0,7224	-0,6191	0,0921	0,5553	0,9961	-0,7914	0,1012
P3	0,8941	0,9467	0,9331	0,9876	0,9965	0,9374	0,9150	0,3193	-0,9095	-0,7284	0,8156	0,5384
P4	0,6287	0,5570	0,4777	0,5329	0,5443	0,4881	0,4878	0,2635	-0,6858	-0,2006	0,1668	0,6427
P5	0,9861	0,9717	0,9731	0,9030	0,8723	0,6839	0,6099	-0,1553	-0,7300	-0,7686	0,8748	0,3328
P6	0,8785	0,9645	0,9715	0,9821	0,9565	0,9110	0,8341	0,0955	-0,7734	-0,8289	0,9089	0,3527
P7	-0,0516	0,0687	0,0391	0,2855	0,3647	0,5887	0,6895	0,9581	-0,4817	-0,0447	-0,0230	0,3968
P8	-0,1370	-0,1405	-0,1626	0,0029	0,1304	0,1582	0,3564	0,8338	-0,3093	0,3120	-0,1428	0,5542
P9	-0,8941	-0,9467	-0,9331	-0,9876	-0,9965	-0,9374	-0,9150	-0,3193	0,9095	0,7284	-0,8156	-0,5384
P10	-0,8824	-0,9458	-0,9398	-0,9918	-1,0000	-0,9432	-0,9195	-0,3109	0,8927	0,7519	-0,8461	-0,5033
P11	-0,5095	-0,6118	-0,6683	-0,6201	-0,5687	-0,5338	-0,4303	0,1952	0,2891	0,9204	-0,7284	0,3523
P12	1,0000	0,9735	0,9596	0,9076	0,8824	0,7035	0,6374	-0,0882	-0,7824	-0,7242	0,8125	0,4197
P13		1,0000	0,9957	0,9720	0,9458	0,8252	0,7518	-0,0030	-0,8028	-0,7973	0,8844	0,4009
P14			1,0000	0,9688	0,9398	0,8185	0,7409	-0,0326	-0,7728	-0,8210	0,9170	0,3524
P15				1,0000	0,9918	0,9310	0,8816	0,2064	-0,8606	-0,7985	0,8738	0,4364
P16					1,0000	0,9432	0,9195	0,3109	-0,8927	-0,7519	0,8481	0,5033
P17						1,0000	0,9790	0,4823	-0,8413	-0,7031	0,7406	0,4583
P18							1,0000	0,6288	-0,8600	-0,6008	0,6713	0,5482
P19								1,0000	-0,4617	0,0842	-0,0698	0,4921
P20									1,0000	-0,5471	-0,5862	-0,5538
P21										1,0000	-0,7424	0,1375
P22											1,0000	0,2728
P23												1,0000

P1	P24	P25	P26	P27	P28	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38
Kobs	0,6678	0,3836	0,5177	0,7663	0,3204	0,0941	0,1048	0,5758	-0,3016	-0,1682	0,4585	0,7269
P1	-0,5400	-0,8545	-0,3932	-0,2971	-0,0784	0,2583	0,4046	0,0962	0,7463	0,7902	-0,1044	-0,3535
P2	0,2957	-0,3895	0,0866	0,2044	-0,0428	0,1638	0,3698	0,2723	0,6369	0,6584	-0,0024	-0,0440
P3	0,3689	0,8040	0,3017	0,1923	0,0756	-0,2549	-0,4283	-0,1492	-0,7783	-0,8200	0,0866	0,3025
P4	0,7580	0,4907	0,2753	0,4479	0,3382	-0,1470	-0,2400	0,1212	-0,6293	-0,6122	0,3755	0,5684
P5	0,1142	0,4451	0,0906	-0,2550	-0,1295	-0,4217	-0,6039	-0,3127	-0,5469	-0,7386	-0,1852	0,0879
P6	0,1119	0,6294	0,1933	0,0572	-0,0062	-0,3492	-0,4854	-0,2104	-0,6845	-0,7970	-0,0433	0,2000
P7	0,5008	0,7927	0,4306	0,8196	0,3646	0,3027	0,2402	0,2311	-0,5388	-0,2584	0,5130	0,4022
P8	0,6073	0,6455	0,3689	0,4231	0,1721	0,3768	0,3553	0,2235	-0,2022	0,0670	0,3031	0,1720
P9	-0,3689	-0,8040	-0,3017	-0,1923	-0,0756	0,2549	0,4283	0,1492	0,7783	0,8200	-0,0866	-0,3025
P10	-0,3112	-0,8014	-0,2910	-0,1565	-0,0443	0,2549	0,4291	0,1712	0,7594	0,8055	-0,0527	-0,2608
P11	0,5923	0,1990	0,1943	0,3798	0,0891	0,1068	0,2771	0,3203	0,3930	0,4212	0,1442	0,1777
P12	0,2466	0,4909	0,1334	-0,1421	-0,0510	-0,4044	-0,5848	-0,2560	-0,6082	-0,7760	-0,0936	0,1870
P13	0,1899	0,5728	0,1663	-0,0511	-0,0312	-0,3907	-0,5557	-0,2422	-0,6640	-0,8106	-0,0724	0,1991
P14	0,1163	0,5512	0,1452	-0,1040	-0,0707	-0,3969	-0,5610	-0,2698	-0,6322	-0,7892	-0,1185	0,1472
P15	0,2357	0,7252	0,2461	0,1035	0,0226	-0,3056	-0,4785	-0,2014	-0,7400	-0,8210	0,0135	0,2410
P16	0,3112	0,8014	0,2910	0,1565	0,0443	-0,2549	-0,4291	-0,1712	-0,7594	-0,8055	0,0521	0,2608
P17	0,3033	0,8534	0,3409	0,3924	0,1484	-0,1608	-0,2996	-0,0764	-0,7919	-0,7668	0,1803	0,3345
P18	0,4125	0,9410	0,3988	0,4587	0,1760	-0,0742	-0,2100	-0,0261	-0,7912	-0,7117	0,2333	0,3520
P19	0,5867	0,8108	0,4472	0,7472	0,3263	0,3583	0,3052	0,2496	-0,4628	-0,1608	0,4820	0,3534
P20	-0,5413	-0,8327	-0,4374	-0,3141	-0,1965	0,0840	0,3006	0,2128	0,7203	0,6778	-0,2083	-0,2246
P21	0,3071	-0,3753	0,1108	0,1874	-0,0864	0,1124	0,3182	0,2638	0,6404	0,6298	-0,0486	-0,0418
P22	-0,0695	0,4814	0,0682	-0,2430	-0,2770	-0,4577	-0,6018	-0,3687	-0,4796	-0,7018	-0,3441	-0,0605
P23	0,8931	0,6565	0,4193	0,4687	0,0164	-0,2323	-0,1385	0,2732	-0,3544	-0,4069	0,1014	0,5050
P24	1,0000	0,5841	0,4812	0,6291	0,2153	-0,0421	-0,0005	0,2776	-0,3332	-0,2821	0,3099	0,5167
P25		1,0000	0,4623	0,5326	0,2125	0,0669	-0,0636	0,0551	-0,7304	-0,5733	0,3110	0,3665

Continua...

TABELA 15: Matriz de correlação simples para as variáveis dos solos da região centro-sul do Brasil

P1	P24	P25	P26	P27	P28	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38
P26			1,0000	0,5001	0,4122	0,2620	0,1447	0,3621	-0,2689	-0,0659	0,4308	0,4486
P27				1,0000	0,5559	0,2925	0,3542	0,4305	-0,3974	-0,1243	0,6229	0,5617
P28					1,0000	0,7690	0,6860	0,4536	-0,4398	0,1089	0,9314	0,4363
P32						1,0000	0,8705	0,3675	-0,0827	0,5305	0,7825	0,1004
P33							1,0000	0,5815	0,1383	0,6775	0,7031	0,1961
P34								1,0000	-0,0762	0,2250	0,6216	0,8370
P35									1,0000	0,7963	-0,4862	-0,4847
P36										1,0000	0,0854	-0,2927
P37											1,0000	0,6199
P38												1,0000

P1	P39	P40	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57	P58	P59
Kobs	0,0784	0,2873	-0,3867	-0,2365	-0,1726	-0,3917	0,3939	0,5843	0,5242	-0,1045	0,1156
P1	0,7453	-0,8614	0,8241	0,9180	0,9065	0,5897	-0,6250	-0,8126	-0,3352	0,8378	0,8502
P2	0,6851	-0,5675	0,3199	0,6132	0,5117	0,1432	-0,2042	-0,1881	0,0974	0,4734	0,6752
P3	-0,7899	0,8553	-0,7610	-0,9137	-0,8782	-0,5225	0,5673	0,7177	0,2511	-0,8117	-0,8738
P4	-0,5688	0,5955	-0,6242	-0,6297	-0,5457	-0,5144	0,4725	0,6782	0,3686	-0,7110	-0,5201
P5	-0,7029	0,5977	-0,5901	-0,7860	-0,7690	-0,4584	0,4331	0,4881	0,0261	-0,7928	-0,8062
P6	-0,7342	0,7093	-0,6413	-0,8497	-0,8371	-0,4442	0,4550	0,5637	0,2103	-0,7563	-0,8323
P7	-0,2464	0,6532	-0,4374	-0,3251	-0,2845	-0,1803	0,2826	0,4883	0,4199	-0,1213	-0,2182
P8	-0,1181	0,3590	-0,2532	-0,1861	-0,1523	-0,1117	0,3803	0,4393	0,0777	0,0109	-0,1385
P9	0,7899	-0,8553	0,7610	0,9137	0,8782	0,5225	-0,5673	-0,7177	-0,2511	0,8117	0,8738
P10	0,7782	-0,8447	0,7416	0,9031	0,8743	0,5001	-0,5521	-0,6898	-0,2275	0,7862	0,8723
P11	0,4649	-0,3366	0,0771	0,3691	0,3000	-0,0572	-0,0203	0,0761	0,2416	0,1971	0,4739
P12	-0,7359	0,6470	-0,6457	-0,8217	-0,7904	-0,5073	0,4767	0,5651	0,0937	-0,8432	-0,8187
P13	-0,7584	0,6974	-0,6641	-0,8611	-0,8378	-0,4932	0,4814	0,5823	0,1525	-0,8283	-0,8511
P14	-0,7388	0,6713	-0,6328	-0,8407	-0,8254	-0,4643	0,4565	0,5403	0,1202	-0,7969	-0,8423
P15	-0,7697	0,8058	-0,7154	-0,8869	-0,8622	-0,4900	0,5079	0,6393	0,2194	-0,7944	-0,8620
P16	-0,7782	0,8447	-0,7416	-0,9031	-0,8743	-0,5001	0,5521	0,6898	0,2275	-0,7862	-0,8723
P17	-0,7098	0,8606	-0,7136	-0,8383	-0,8109	-0,4427	0,4946	0,6709	0,3504	-0,6755	-0,7790
P18	-0,6961	0,8886	-0,7276	-0,8317	-0,7988	-0,4420	0,5466	0,7257	0,3477	-0,6369	-0,7657
P19	-0,2212	0,6036	-0,4090	-0,3032	-0,2614	-0,1713	0,3451	0,5150	0,3309	-0,0831	-0,2086
P20	0,7373	-0,8895	0,8208	0,7563	0,7805	0,5218	-0,4254	-0,6789	-0,3729	0,7418	0,8529
P21	0,6944	-0,5636	0,2802	0,5855	0,4636	0,0943	-0,1816	-0,1580	0,1170	0,4340	0,6611
P22	-0,5862	0,4987	-0,5442	-0,7386	-0,7622	-0,4410	0,4198	0,4590	0,0672	-0,6769	-0,7403
P23	-0,3742	0,4748	-0,5817	-0,7031	-0,6781	-0,4984	0,7745	0,8840	0,3081	-0,6253	-0,4381
P24	-0,2821	0,4601	-0,5601	-0,4710	-0,4603	-0,4507	0,5588	0,7587	0,4160	-0,4878	-0,3086
P25	-0,6159	0,8741	-0,7062	-0,7505	-0,7094	-0,4201	0,5832	0,7614	0,3217	-0,5385	-0,6754
P26	-0,0205	0,3474	-0,5557	-0,1480	-0,3810	-0,3633	0,0252	0,3396	0,6163	-0,0993	-0,2657
P27	-0,1402	0,3957	-0,3580	-0,2184	-0,1603	-0,2403	0,2652	0,5094	0,6274	-0,0353	-0,0983
P28	-0,2148	0,1452	-0,1249	0,0314	0,0392	-0,0779	-0,1691	0,0308	0,4058	0,1742	-0,1765
P32	0,1423	-0,0168	0,1486	0,3647	0,3813	0,1911	-0,3242	-0,2278	0,1299	0,5734	0,1847
P33	0,2482	-0,2293	0,3933	0,3923	0,4071	0,3769	-0,2486	-0,2775	0,0036	0,6273	0,3299
P34	0,1401	-0,0643	0,2537	-0,0512	0,0459	0,2918	0,2273	0,1014	-0,0673	0,2422	0,2818
P35	0,8375	-0,6918	0,5113	0,7096	0,5229	0,2648	-0,4561	-0,5671	-0,1915	0,5239	0,7389
P36	0,7904	-0,6082	0,5515	0,8022	0,6628	0,3687	-0,5497	-0,6046	-0,0985	0,7905	0,7459
P37	-0,1891	0,2666	-0,0806	-0,0378	0,0457	0,0592	-0,0259	0,1123	0,2757	0,1750	-0,0695
P38	-0,2380	0,3439	-0,1482	-0,4540	-0,3151	-0,0045	0,4660	0,4505	0,1064	-0,2217	-0,0929
P39	1,0000	-0,5806	0,3644	0,7821	0,5497	0,1406	-0,5563	-0,5340	0,0611	0,6134	0,8957
P40		1,0000	-0,7376	-0,7419	-0,6832	-0,4305	0,4780	0,6742	0,2844	-0,6036	-0,6129
P51			1,0000	0,5786	0,7668	0,8831	-0,2805	-0,6929	-0,7199	0,7005	0,6218
P52				1,0000	0,8352	0,3953	-0,8248	-0,8288	-0,0647	0,8039	0,7582
P53					1,0000	0,5958	-0,4879	-0,6629	-0,3223	0,8822	0,7503
P54						1,0000	-0,1951	-0,5903	-0,7516	0,5693	0,4139
P55							1,0000	0,8605	-0,1152	-0,4922	-0,4132
P56								1,0000	0,3762	-0,6331	-0,5441
P57									1,0000	-0,2048	-0,2003
P58										1,0000	0,7128
P59											1,0000

Observação: - valores maiores do que 0,5528 são significativos ao nível de 5% de probabilidade;
- valores maiores do que 0,6840 são significativos ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 16: Matriz de correlação simples para as variáveis dos Latossolos da região centro-sul do Brasil

P1	Kobs	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Kobs	1,0000	0,7653	0,7382	-0,7700	-0,3384	-0,7300	-0,7236	-0,1558	-0,2439	0,7700	0,7631	0,6734
P1		1,0000	0,9210	-0,9945	-0,3660	-0,9849	-0,9695	0,0768	0,1525	0,9945	0,9903	0,8544
P2			1,0000	-0,9568	-0,2341	-0,9467	-0,9640	0,1390	0,2209	0,9568	0,9608	0,9691
P3				1,0000	0,3363	0,9901	0,9833	-0,0948	-0,1734	-1,0000	-0,9980	-0,8987
P4					1,0000	0,3116	0,1817	0,2226	0,1605	-0,3363	-0,2754	0,0129
P5						1,0000	0,9795	-0,2269	-0,2474	-0,9901	-0,9895	-0,8946
P6							1,0000	-0,1741	-0,2850	-0,9833	-0,9914	-0,9453
P7								1,0000	0,7314	0,0948	0,1118	0,1994
P8									1,0000	0,1734	0,1878	0,2680
P9										1,0000	0,9980	0,9987
P10											1,0000	0,9183
P11												1,0000

P1	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23
Kobs	-0,7386	-0,7393	-0,7306	-0,7501	-0,7631	-0,7568	-0,7810	-0,1954	0,8473	0,7698	-0,5528	-0,5640
P1	-0,9854	-0,9884	-0,9825	-0,9887	-0,9903	-0,9730	-0,9726	0,1072	0,9085	0,9070	-0,9121	-0,9460
P2	-0,9327	-0,9577	-0,9600	-0,9616	-0,9608	-0,9584	-0,9533	0,1754	0,7460	0,9952	-0,9132	-0,8062
P3	0,9868	0,9957	0,9919	0,9970	0,9980	0,9844	0,9827	-0,1273	-0,8791	-0,9451	0,9268	0,9233
P4	0,4204	0,3107	0,2499	0,2684	0,2754	0,2164	0,2294	0,2159	-0,5350	-0,2778	0,0493	0,3768
P5	0,9932	0,9973	0,9952	0,9910	0,9895	0,9615	0,9546	-0,2483	-0,8501	-0,9294	0,9404	0,9335
P6	0,9576	0,9882	0,9945	0,9941	0,9914	0,9899	0,9808	-0,2225	-0,7939	-0,9402	0,9722	0,9083
P7	-0,1893	-0,1841	-0,2023	-0,1348	-0,1118	-0,0328	0,0161	0,9733	-0,1656	0,0894	-0,3030	-0,2061
P8	-0,2165	-0,2516	-0,2670	-0,2190	-0,1878	-0,1840	-0,1185	0,8684	-0,2146	0,1461	-0,4459	-0,3621
P9	-0,9868	-0,9957	-0,9919	-0,9970	-0,9980	-0,9844	-0,9827	0,1273	0,8791	0,9451	-0,9268	-0,9233
P10	-0,9787	-0,9953	-0,9956	-0,9995	-1,0000	-0,9901	-0,9876	0,1445	0,8611	0,9458	-0,9427	-0,9169
P11	-0,8526	-0,9062	-0,9239	-0,9209	-0,9183	-0,9308	-0,9222	0,2352	0,6315	0,9531	-0,9267	-0,7336
P12	1,0000	0,9904	0,9810	0,9793	0,9787	0,9447	0,9397	-0,2105	-0,8775	-0,9216	0,9040	0,9377
P13		1,0000	0,9980	0,9969	0,9953	0,9765	0,9695	-0,2185	-0,8469	-0,9404	0,9464	0,9337
P14			1,0000	0,9977	0,9956	0,9803	0,9723	-0,2370	-0,8271	-0,9395	0,9608	0,9261
P15				1,0000	0,9995	0,9896	0,9849	-0,1717	-0,8484	-0,9443	0,9509	0,9226
P16					1,0000	0,9901	0,9876	-0,1445	-0,8611	-0,9458	0,9427	0,9169
P17						1,0000	0,9978	-0,0858	-0,8296	-0,9415	0,9432	0,8922
P18							1,0000	-0,0282	-0,8525	-0,9412	0,9228	0,8770
P19								1,0000	-0,1927	0,1142	-0,3704	-0,2718
P20									1,0000	0,7603	-0,6664	-0,8107
P21										1,0000	-0,8704	-0,7687
P22											1,0000	0,9053
P23												1,0000

P1	P24	P25	P26	P27	P28	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38
Kobs	-0,0652	-0,8266	-0,0101	0,4985	0,1027	0,3211	0,3414	0,5366	0,5432	0,5592	0,2286	0,4262
P1	0,1241	-0,9639	-0,0276	0,8789	0,5268	0,5837	0,8321	0,8135	0,6977	0,8280	0,5908	0,6533
P2	0,3855	-0,9160	0,1894	0,8881	0,5551	0,6176	0,7559	0,6009	0,8133	0,9058	0,5412	0,3829
P3	-0,1965	0,9662	-0,0304	-0,8953	-0,5427	-0,6020	-0,8247	-0,7691	-0,7398	-0,8620	-0,5868	-0,5908
P4	0,7095	0,3237	-0,5484	0,0138	0,4576	0,0572	-0,2116	-0,6844	-0,4868	-0,3832	-0,1706	-0,5657
P5	-0,2270	0,9267	-0,0372	-0,9135	-0,6031	-0,6489	-0,8632	-0,7959	-0,6753	-0,8369	-0,6703	-0,6443
P6	-0,3576	0,9345	0,0189	-0,9525	-0,6637	-0,6970	-0,8535	-0,6821	-0,7050	-0,8686	-0,6737	-0,5049
P7	0,4378	0,1417	0,1348	0,3391	0,5910	0,6067	0,4399	0,2036	-0,2613	0,0724	0,7537	0,3140
P8	0,5437	0,0538	0,2125	0,4885	0,6394	0,8313	0,6282	0,1663	0,0721	0,4093	0,7464	0,1097
P9	0,1965	-0,9662	0,0304	0,8953	0,5427	0,6020	0,8247	0,7691	0,7398	0,8620	0,5868	0,5908
P10	0,2487	-0,9644	-0,0062	0,9148	0,5850	0,6184	0,8275	0,7386	0,7222	0,8539	0,6105	0,5647
P11	0,5765	-0,8600	0,0556	0,9170	0,6870	0,6497	0,7238	0,4444	0,7129	0,8344	0,5999	0,2504
P12	-0,1296	0,9247	-0,1029	-0,8706	-0,5196	-0,6126	-0,8503	-0,8441	-0,7047	-0,8459	-0,6191	-0,6847
P13	-0,2401	0,9393	-0,0457	-0,9191	-0,5942	-0,6596	-0,8610	-0,7757	-0,7124	-0,8658	-0,6519	-0,6060
P14	-0,2918	0,9353	-0,0101	-0,9372	-0,6357	-0,6757	-0,8630	-0,7446	-0,6933	-0,8565	-0,6754	-0,5797
P15	-0,2647	0,9563	-0,0008	-0,9246	-0,6019	-0,6412	-0,8424	-0,7391	-0,7197	-0,8615	-0,6307	-0,5645
P16	-0,2487	0,9644	0,0062	-0,9148	-0,5850	-0,6184	-0,8275	-0,7386	-0,7222	-0,8539	-0,6105	-0,5647
P17	-0,3000	0,9689	0,0385	-0,9179	-0,5886	-0,6201	-0,8030	-0,6631	-0,7531	-0,8712	-0,5753	-0,4673
P18	-0,2664	0,9824	0,0532	-0,8944	-0,5515	-0,5704	-0,7689	-0,6586	-0,7559	-0,8525	-0,5310	-0,4647
P19	0,5013	0,1211	0,1695	0,4110	0,6449	0,7210	0,5313	0,2040	-0,1657	0,1904	0,7993	0,2652
P20	-0,2430	-0,9183	-0,1029	0,6117	0,1968	0,2675	0,5809	0,8319	0,5777	0,6067	0,3137	0,7292
P21	0,3378	-0,9180	0,2317	0,8400	0,4795	0,5553	0,6988	0,5902	0,8335	0,8924	0,4685	0,3677
P22	-0,4881	0,8446	0,0686	-0,9970	-0,8063	-0,7681	-0,9189	-0,6292	-0,6237	-0,8395	-0,7810	-0,4685
P23	-0,0944	0,8420	0,0615	-0,8839	-0,6034	-0,6789	-0,9427	-0,8761	-0,5863	-0,7948	-0,7143	-0,7435
P24	1,0000	-0,1172	-0,0524	0,5405	0,7567	0,5335	0,3175	-0,3206	0,1555	0,3161	0,4986	-0,4063
P25		1,0000	0,0628	-0,8057	-0,4167	-0,4237	-0,6808	-0,6835	-0,7562	-0,7943	-0,4014	-0,4986
P26			1,0000	-0,0913	-0,3260	0,0770	0,0125	0,0868	0,4911	0,3848	-0,1881	-0,0956
P27				1,0000	0,8471	0,7836	0,9197	0,5877	0,5872	0,8169	0,8052	0,4344
P28					1,0000	0,7409	0,7631	0,2611	0,1363	0,4461	0,8842	0,2360
P32						1,0000	0,8109	0,4346	0,3291	0,6826	0,8875	0,3317
P33							1,0000	0,7603	0,5113	0,7870	0,8469	0,6329
P34								1,0000	0,4316	0,5843	0,5226	0,9416

Continua...

TABELA 16: Matriz de correlação simples para as variáveis dos Latossolos da região centro-sul do Brasil

P1	P24	P25	P26	P27	P28	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38
P35									1,0000	0,9095	0,0832	0,1100
P36										1,0000	0,4755	0,3001
P37											1,0000	0,5336
P38												1,0000

P1	P39	P40	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57	P58	P59
Kobs	0,8041	-0,7621	0,3101	0,6861	0,6549	-0,0376	-0,2460	-0,2815	0,2491	0,6265	0,8938
P1	0,7496	-0,8894	0,7167	0,8785	0,8814	0,4413	-0,3958	-0,7146	-0,0653	0,8748	0,9452
P2	0,8710	-0,7678	0,4209	0,9927	0,7435	0,1898	-0,6881	-0,7463	0,2896	0,7346	0,9165
P3	-0,7941	0,8707	-0,6483	-0,9231	-0,8581	-0,3805	0,4807	0,7344	-0,0293	-0,8508	-0,9524
P4	-0,4997	0,4592	-0,3968	-0,2481	-0,1541	-0,3597	-0,0006	0,3308	0,1820	-0,5682	-0,4373
P5	-0,7509	0,8544	-0,6784	-0,9149	-0,8477	-0,4575	0,5002	0,7777	0,0236	-0,8248	-0,9283
P6	-0,7492	0,7873	-0,5998	-0,9328	-0,8828	-0,3530	0,5098	0,7033	-0,0687	-0,8129	-0,9214
P7	-0,1147	0,1114	0,1904	0,1632	0,1187	0,5092	-0,2810	-0,3457	-0,2126	-0,0167	0,0160
P8	-0,0223	0,2564	0,2216	0,2640	0,3513	0,5100	-0,1941	-0,2370	-0,1723	0,2983	0,1023
P9	0,7941	-0,8707	0,6483	0,9231	0,8581	0,3805	-0,4807	-0,7344	0,0293	0,8508	0,9524
P10	0,7767	-0,8576	0,6349	0,9255	0,8655	0,3640	-0,4908	-0,7272	0,0422	0,8300	0,9425
P11	0,7690	-0,6732	0,3323	0,9580	0,7256	0,1039	-0,7078	-0,6836	0,3440	0,6114	0,8317
P12	-0,7784	0,8723	-0,6965	-0,9041	-0,8284	-0,4810	0,4776	0,7832	0,0449	-0,8574	-0,9401
P13	-0,7728	0,8410	-0,6577	-0,9276	-0,8633	-0,4249	0,4981	0,7534	-0,0090	-0,8453	-0,9413
P14	-0,7540	0,8261	-0,6436	-0,9284	-0,8692	-0,4089	0,5075	0,7455	-0,0213	-0,8233	-0,9298
P15	-0,7709	0,8436	-0,6379	-0,9279	-0,8712	-0,3781	0,4938	0,7301	-0,0364	-0,8342	-0,9396
P16	-0,7767	0,8576	-0,6349	-0,9255	-0,8655	-0,3640	0,4908	0,7272	-0,0422	-0,8300	-0,9425
P17	-0,7770	0,8151	-0,5814	-0,9233	-0,8790	-0,2850	0,4770	0,6641	-0,1003	-0,8275	-0,9329
P18	-0,7864	0,8407	-0,5724	-0,9149	-0,8643	-0,2536	0,4688	0,6549	-0,1129	-0,8158	-0,9355
P19	-0,0909	0,1673	0,2130	0,2075	0,2045	0,5419	-0,2696	-0,3311	-0,2125	0,0882	0,0461
P20	0,6965	-0,9600	0,7069	0,6815	0,7485	0,3594	-0,1708	-0,5566	-0,1460	0,7951	0,8870
P21	0,9077	-0,7848	0,3776	0,9900	0,6987	0,1337	-0,7043	-0,7375	0,3396	0,7131	0,9209
P22	-0,6122	0,6817	-0,6196	-0,8880	-0,8685	-0,4386	0,5144	0,7272	0,0090	-0,7577	-0,8134
P23	-0,5668	0,7731	-0,8591	-0,7661	-0,9102	-0,6804	0,2496	0,7044	0,3160	-0,9174	-0,8390
P24	0,1017	0,1465	-0,2337	0,4163	0,1869	-0,1874	-0,5920	-0,2303	0,4497	-0,0935	0,0725
P25	-0,8008	0,9096	-0,5769	-0,8705	-0,8115	-0,2146	0,4201	0,6381	-0,1011	-0,7990	-0,9333
P26	0,4880	0,0883	-0,3064	0,2928	-0,2725	-0,0930	-0,5294	-0,2852	0,4598	0,0968	0,1269
P27	0,5629	-0,6338	0,6019	0,8649	0,8527	0,4403	-0,5148	-0,7153	-0,0155	0,7209	0,7689
P28	0,0945	-0,2655	0,4441	0,5328	0,6194	0,4289	-0,3822	-0,5182	-0,1376	0,3256	0,3501
P32	0,3749	-0,1762	0,4148	0,6190	0,7538	0,4728	-0,2747	-0,3499	-0,0643	0,6338	0,5884
P33	0,4453	-0,5715	0,7780	0,7402	0,8349	0,7300	-0,3452	-0,7331	-0,3023	0,8112	0,6979
P34	0,4992	-0,7869	0,8870	0,5623	0,6939	0,7768	-0,0931	-0,6637	-0,4788	0,8347	0,7397
P35	0,8941	-0,5758	0,1867	0,8448	0,4770	-0,0245	-0,6287	-0,5902	0,4439	0,6882	0,7461
P36	0,8422	-0,5726	0,3990	0,9258	0,7206	0,2556	-0,5909	-0,6560	0,2454	0,8357	0,8453
P37	0,1550	-0,2989	0,6110	0,5147	0,7209	0,6697	-0,2199	-0,4859	-0,3338	0,5089	0,4789
P38	0,2427	-0,6916	0,8974	0,3264	0,5799	0,8362	0,0982	-0,5334	-0,6621	0,6476	0,5552
P39	1,0000	-0,6721	0,1539	0,8866	0,5056	-0,0741	-0,6412	-0,5483	0,5086	0,6601	0,8773
P40		1,0000	-0,6695	0,7120	-0,6378	-0,3346	0,3398	0,7090	0,0922	-0,6712	-0,8156
P51			1,0000	0,3547	-0,7373	0,8792	0,1506	-0,5365	-0,7388	0,7415	0,5356
P52				1,0000	0,6827	0,1614	-0,7503	-0,7615	0,3506	0,7048	0,8846
P53					1,0000	0,4979	-0,0665	-0,3963	-0,2409	0,8843	0,8355
P54						1,0000	0,1605	-0,4876	-0,8214	0,5496	0,2601
P55							1,0000	0,7226	-0,6420	-0,1091	-0,3939
P56								1,0000	0,0234	-0,4889	-0,5612
P57									1,0000	-0,2233	0,1253
P58										1,0000	0,8680
P59											1,0000

Observação: - valores maiores do que 0,7544 são significativos ao nível de 5% de probabilidade;
 - valores maiores do que 0,8744 são significativos ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 17: Matriz de correlação simples para as variáveis dos solos com horizonte B textural da região centro-sul do Brasil

P1	Kobs	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Kobs	1,0000	-0,8504	0,4053	0,6025	0,6718	0,3353	0,4154	0,0321	0,1028	-0,6025	-0,5544	0,6407
P1		1,0000	0,0271	-0,9134	-0,7589	-0,6391	-0,6839	0,0191	0,0114	0,9134	0,8873	-0,2604
P2			1,0000	-0,4315	-0,0771	-0,4402	-0,6507	0,1069	0,6895	0,4315	0,4699	0,9266
P3				1,0000	0,7162	0,7560	0,8821	-0,0607	-0,2910	-1,0000	-0,9921	-0,1422
P4					1,0000	0,8932	0,5861	-0,6316	-0,4018	-0,7162	-0,6227	0,3036
P5						1,0000	0,6484	-0,6794	-0,5042	-0,7560	-0,6866	-0,0837
P6							1,0000	-0,0584	-0,6310	-0,8821	-0,8833	-0,4008
P7								1,0000	0,4616	0,0607	-0,0457	-0,1361
P8									1,0000	0,2910	0,2538	0,5074
P9										1,0000	0,9921	0,1422
P10											1,0000	0,2142
P11												1,0000

P1	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23
Kobs	0,4098	0,4530	0,4109	0,4642	0,5544	0,3745	0,4307	0,0727	-0,8103	0,4358	0,6009	0,9047
P1	-0,6748	-0,7458	-0,7271	-0,7929	-0,8873	-0,5758	-0,5880	0,0184	0,9957	-0,0112	-0,8727	-0,7798
P2	-0,3738	-0,5390	-0,5941	-0,6134	-0,4699	-0,4976	-0,2110	0,4154	0,0981	0,9988	-0,4686	0,5920
P3	0,7611	0,8925	0,8980	0,9652	0,9921	0,7222	0,6165	-0,1857	-0,9385	-0,3966	0,9783	0,4627
P4	0,9307	0,8634	0,8239	0,6680	0,6227	0,1448	-0,0265	-0,6214	-0,7798	-0,0350	0,6853	0,5711
P5	0,9958	0,9336	0,9183	0,7538	0,6866	0,1711	-0,0442	-0,7043	-0,6920	-0,4007	0,7024	0,2711
P6	0,6471	0,8745	0,8967	0,9647	0,8833	0,8246	0,5734	-0,3538	-0,7130	-0,6296	0,9482	0,1307
P7	-0,6816	-0,4606	-0,4253	-0,0900	0,0457	0,5166	0,7338	0,8966	0,0554	0,0872	-0,0375	-0,0078
P8	-0,4922	-0,6052	-0,6211	-0,5090	-0,2538	-0,2797	0,1492	0,8067	0,0646	0,6835	-0,3932	0,4409
P9	-0,7611	-0,8925	-0,8980	-0,9652	-0,9921	-0,7222	-0,6165	0,1857	0,9385	0,3966	-0,9783	-0,4627
P10	-0,6856	-0,8450	-0,8583	-0,9618	-1,0000	-0,7835	-0,6960	0,0963	0,9116	0,4383	-0,9733	-0,4159
P11	-0,0062	-0,1895	-0,2570	-0,3342	-0,2142	-0,4209	-0,2116	0,1626	-0,2004	0,9414	-0,1893	0,7812
P12	1,0000	0,9356	0,9152	0,7495	0,6856	0,1687	-0,0414	-0,6998	-0,7221	-0,3332	0,7112	0,3370
P13		1,0000	0,9973	0,9234	0,8450	0,4891	0,2391	-0,6089	-0,7893	-0,5034	0,8913	0,2749
P14			1,0000	0,9397	0,8583	0,5282	0,2724	-0,5934	-0,7729	-0,5603	0,9012	0,2255
P15				1,0000	0,9618	0,7764	0,5771	-0,3141	-0,8295	-0,5835	0,9775	0,2452
P16					1,0000	0,7835	0,6960	-0,0963	-0,9116	-0,4383	0,9733	0,4159
P17						1,0000	0,9076	-0,2046	-0,5801	-0,4906	0,7920	0,1077
P18							1,0000	0,5634	-0,5692	-0,2064	0,6438	0,3037
P19								1,0000	0,0692	0,3993	-0,2213	0,2149
P20									1,0000	0,0583	-0,8911	-0,7316
P21										1,0000	-0,4391	0,6215
P22											1,0000	0,4048
P23												1,0000

P1	P24	P25	P26	P27	P28	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38
Kobs	0,8777	0,3838	0,0405	0,4704	-0,3827	-0,6118	-0,2933	0,3346	0,3340	-0,4532	-0,3871	0,5182
P1	-0,6832	-0,4346	0,1435	-0,2529	0,2231	0,4498	0,1560	-0,6455	-0,0313	0,3888	0,1077	-0,8110
P2	0,6947	0,2891	0,3497	0,1610	-0,3862	-0,1956	-0,0829	-0,2209	0,8098	0,1276	-0,4977	-0,3636
P3	0,3337	0,2745	-0,2719	0,1627	-0,0441	-0,3263	-0,1070	0,6724	-0,3014	-0,4028	0,1055	0,8799
P4	0,5685	-0,2262	0,1561	-0,1406	-0,1751	-0,6028	-0,4703	0,5509	-0,1385	-0,6707	-0,1471	0,8914
P5	0,2341	-0,2997	0,0391	-0,3912	0,0166	-0,3582	-0,3204	0,6564	-0,4078	-0,5265	0,1167	0,9445
P6	0,0019	0,0039	-0,2269	0,3349	0,1690	0,2456	-0,0845	0,4846	-0,5924	-0,4521	0,2471	0,7456
P7	-0,0892	0,7707	-0,5421	0,6203	-0,1806	0,1653	0,2986	-0,3295	0,3338	0,3377	-0,1270	-0,5072
P8	0,4404	0,7356	0,0473	0,0318	-0,1941	0,2764	0,3851	0,0354	0,6889	0,6125	-0,1384	-0,3675
P9	-0,3337	-0,2745	0,2719	-0,1627	0,0441	0,3263	0,1070	-0,6724	0,3014	0,4028	-0,1055	-0,8799
P10	-0,2717	-0,3485	0,3329	-0,2077	0,0179	0,2572	0,0353	-0,6546	0,3130	0,3308	-0,1448	-0,8258
P11	0,8783	0,1909	0,3930	0,1008	-0,4351	-0,4143	-0,2567	-0,0033	0,7216	-0,1311	-0,5311	-0,0112
P12	0,3064	-0,2900	0,0637	-0,3470	-0,0222	-0,4144	-0,3566	0,6464	-0,3601	-0,5652	0,0649	0,9503
P13	0,1958	-0,1827	-0,0645	-0,0657	0,0641	-0,3773	-0,2660	0,6355	-0,5032	-0,5688	0,1557	0,9496
P14	0,1371	-0,1722	-0,0952	-0,0533	0,0975	-0,3359	-0,2302	0,6334	-0,5450	-0,5411	0,1963	0,9366
P15	0,1171	0,1018	-0,3096	0,1758	0,0390	-0,3071	-0,1404	0,5725	-0,4736	-0,4678	0,1680	0,8390
P16	0,2717	0,3485	-0,3329	0,2077	-0,0179	-0,2572	-0,0353	0,6546	-0,3130	-0,3308	0,1448	0,8258
P17	-0,0489	0,4400	-0,5018	0,6388	0,0426	-0,1170	0,0968	0,2289	-0,3189	-0,1964	0,1400	0,3521
P18	0,1422	0,7748	-0,4961	0,6718	-0,0410	0,0004	0,2680	0,2512	-0,0273	0,0655	0,0837	0,2019
P19	0,1604	0,8806	-0,3376	0,4292	-0,2172	0,2481	0,3912	-0,2019	0,5662	0,5307	-0,1537	-0,5214
P20	-0,6349	-0,3921	0,1864	-0,1900	0,2311	0,4640	0,1910	-0,6480	0,0064	0,4248	0,1037	-0,8418
P21	0,7240	0,2917	0,3399	0,1463	-0,4099	-0,2283	-0,1098	-0,1991	0,8177	0,0968	-0,5157	0,3254
P22	0,2689	0,2148	-0,2035	0,3076	0,0645	-0,2873	-0,0577	0,6404	-0,4077	-0,4010	0,1782	0,8464
P23	0,9804	0,5145	0,1930	0,2599	-0,3248	-0,3951	-0,0921	0,4705	0,4721	-0,1554	-0,2980	0,4635
P24	1,0000	0,4064	0,2298	0,1783	-0,4167	-0,4772	-0,2126	0,3477	0,5705	-0,2214	-0,4197	0,3815
P25		1,0000	-0,3472	0,4332	-0,2063	0,1237	0,3748	0,2065	0,4459	0,3870	-0,0735	-0,0551
P26			1,0000	0,0000	0,6055	0,3756	0,3954	0,3704	-0,2437	0,3387	0,4567	0,0997
P27				1,0000	0,1144	-0,0101	0,2484	-0,0736	0,0000	0,0497	0,0299	-0,1369
P28					1,0000	0,8190	0,7956	0,4776	-0,7988	0,6015	0,9661	0,1113
P32						1,0000	0,9319	0,2685	-0,4413	0,9270	0,8415	-0,2702
P33							1,0000	0,4414	-0,3751	0,9185	0,8295	-0,1230
P34								1,0000	-0,4354	0,2055	0,5968	0,8136

Continua...

TABELA 17: Matriz de correlação simples para as variáveis dos solos com horizonte B textural da região centro-sul do Brasil

P1	P24	P25	P26	P27	P28	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38
P35									1,0000	-0,0887	-0,8091	-0,4058
P36										1,0000	0,6299	-0,3947
P37											1,0000	0,2192
P38												1,0000

P1	P39	P40	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57	P58	P59
Kobs	-0,5619	0,1987	-0,9510	-0,8463	-0,8004	-0,8385	0,9225	0,9765	0,2433	-0,8211	-0,4504
P1	0,5398	-0,5536	0,9472	0,9988	0,9922	0,7742	-0,8448	-0,8364	-0,0123	0,9096	0,3512
P2	0,0158	-0,4576	-0,1415	0,0207	0,0660	-0,2611	0,4932	0,4988	0,0067	-0,0030	-0,1893
P3	-0,4936	0,6859	-0,7972	-0,9097	-0,9223	-0,5923	0,5616	0,5518	0,0084	-0,8196	-0,2398
P4	-0,7809	0,1332	-0,7006	-0,7622	-0,7306	-0,6442	0,5927	0,5687	-0,0515	-0,8995	-0,5057
P5	-0,6354	0,2938	-0,4637	-0,6452	-0,6483	-0,3998	0,3165	0,2419	-0,2493	-0,7533	-0,3389
P6	-0,5317	0,5277	-0,6398	-0,6672	-0,6830	-0,4746	0,2181	0,2960	0,3408	-0,6035	-0,2679
P7	0,6063	0,4473	-0,0592	0,0226	0,0228	0,1442	0,0774	0,1275	0,1868	0,2641	0,4694
P8	0,4035	0,0144	0,0071	0,0016	-0,0219	-0,0527	0,3840	0,3072	-0,3159	0,1899	0,1217
P9	0,4936	-0,6859	0,7972	0,9097	0,9223	0,5923	-0,5616	-0,5518	-0,0084	0,8196	0,2398
P10	0,4127	-0,7450	0,7675	0,8826	0,9023	0,5480	-0,5228	-0,5161	-0,0187	0,7568	0,1778
P11	-0,2794	-0,3871	-0,3995	-0,2677	-0,2125	-0,4926	0,6949	0,6912	-0,0130	-0,3422	-0,3717
P12	-0,6763	0,2662	-0,5202	-0,6804	-0,6765	-0,4566	0,3784	0,3128	-0,2134	-0,7963	-0,3789
P13	-0,6763	0,4136	-0,6270	-0,7417	-0,7465	-0,5102	0,3417	0,3360	0,0220	-0,7859	-0,3650
P14	-0,6458	0,4451	-0,6021	-0,7219	-0,7319	-0,4791	0,2974	0,2945	0,0323	-0,7516	-0,3363
P15	-0,4815	0,6589	-0,6850	-0,7859	-0,7968	-0,4727	0,3565	0,3723	0,1061	-0,7272	-0,1926
P16	-0,4127	0,7450	-0,7675	-0,8826	-0,9023	-0,5480	0,5228	0,5161	0,0187	-0,7568	-0,1778
P17	-0,1125	0,7061	-0,5823	-0,5594	-0,5728	-0,3253	0,2310	0,3262	0,3982	-0,3679	0,0362
P18	0,0606	0,7335	-0,5966	-0,5755	-0,5995	-0,3581	0,4058	0,4702	0,2720	-0,2959	0,0905
P19	0,6054	0,3052	-0,0359	0,0158	0,0043	0,0698	0,2433	0,2383	0,0332	0,2708	0,3735
P20	0,5250	-0,5930	0,9192	0,9967	0,9885	0,7270	-0,8103	-0,7883	0,0389	0,9236	0,3093
P21	-0,0039	-0,4358	-0,1726	-0,0186	0,0292	-0,2819	0,5276	0,5272	-0,0145	-0,0483	-0,1950
P22	-0,5668	0,6026	-0,8060	-0,8604	-0,8785	-0,6359	0,4851	0,5273	0,2073	-0,7586	-0,3267
P23	-0,4731	0,1144	-0,8308	-0,7803	-0,7626	-0,8165	0,9663	0,9616	0,0058	-0,7061	-0,4732
P24	-0,4453	-0,0037	-0,7494	-0,6885	-0,6515	-0,7443	0,9423	0,9258	-0,0424	-0,6792	-0,4428
P25	0,3005	0,5542	-0,4257	-0,4355	-0,4609	-0,2760	0,5612	0,5396	-0,0769	-0,1390	0,1653
P26	-0,6356	-0,8347	0,0188	0,1723	0,1032	-0,4544	-0,0568	0,0484	0,3844	0,1884	-0,8472
P27	-0,1790	0,0406	-0,4963	-0,2206	-0,2265	-0,4767	0,2381	0,4532	0,8346	-0,0217	-0,2723
P28	-0,3603	-0,3560	0,2050	0,2631	0,1288	-0,1687	-0,5002	-0,3749	0,4626	0,4569	-0,5467
P32	0,1658	-0,2282	0,4800	0,4751	0,3407	0,1637	-0,5423	-0,4987	0,1326	0,7346	-0,1405
P33	0,0034	-0,1211	0,1463	0,1883	0,0484	-0,1528	-0,2457	-0,1656	0,2823	0,5288	-0,3128
P34	-0,6398	0,1950	-0,5201	-0,6283	-0,7270	-0,6785	0,3866	0,3755	-0,0238	-0,4434	-0,6330
P35	0,4253	0,0286	-0,0897	-0,0610	0,0300	0,0723	0,5253	0,4299	-0,3710	-0,1295	0,3583
P36	0,2898	-0,2078	0,3940	0,4074	0,2894	0,1058	-0,3024	-0,2838	0,0340	0,6954	-0,0796
P37	-0,2881	-0,1334	0,1615	0,1424	-0,0010	-0,1484	-0,4378	-0,3568	0,2972	0,3744	-0,4446
P38	-0,7330	0,3493	-0,6759	-0,8068	-0,8326	-0,6394	0,4832	0,4534	-0,0747	-0,8038	-0,4952
P39	1,0000	0,2942	0,6132	0,5133	0,5439	0,8246	-0,3534	-0,4664	-0,4569	0,5347	0,9142
P40		1,0000	-0,3683	-0,5716	-0,5584	0,0368	0,3243	0,2214	-0,3636	-0,4555	0,5025
P51			1,0000	0,9371	0,9213	0,8758	-0,8611	-0,9227	-0,2775	0,8449	0,4750
P52				1,0000	0,9887	0,7489	-0,8535	-0,8338	0,0313	0,9214	0,3161
P53					1,0000	0,7806	-0,8130	-0,8013	0,0028	0,8663	0,3805
P54						1,0000	-0,7199	-0,8301	-0,4492	0,6196	0,8258
P55							1,0000	0,9660	-0,0991	-0,8041	-0,2764
P56								1,0000	0,1612	-0,7551	-0,4184
P57									1,0000	0,1408	-0,5514
P58										1,0000	0,2454
P59											1,0000

Observação: - valores maiores do que 0,8118 são significativos ao nível de 5% de probabilidade;
- valores maiores do que 0,9171 são significativos ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 18: Análise de variância e testes de significância para as variáveis preditoras do modelo proposto para a estimativa da erodibilidade do solo

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Regressão	4	0,0007400	0,0001850	10,9403	0,00305
Resíduo	8	0,0001353	0,0000169		
Total	12	0,0008752			
Coef. de determinação		0,8454439			

Variável	Parâmetro	Estimado	Erro Padrão	Interv. confiança 5%		Interv. confiança 1%		Valor t	Prob.>t
				extr.inf.	extr.sup.	extr.inf.	extr.sup.		
	B 0 =	-0,004029	0,0049053	-0,0154	0,0073	-0,0205	0,0125	0,8213	0,56008
X 1 = P38	B 1 =	0,002828	0,0007872	0,0010	0,0046	0,0002	0,0055	3,5928	0,00717
X 2 = P7	B 2 =	0,000296	0,0002461	-0,0003	0,0009	-0,0005	0,0011	1,2038	0,26257
X 3 = P57	B 3 =	0,002336	0,0012242	-0,0005	0,0052	-0,0018	0,0064	1,9084	0,09052
X 4 = P11	B 4 =	0,000430	0,0001935	-0,0000	0,0009	-0,0002	0,0011	2,2230	0,05509

TABELA 19: Valores de erodibilidade dos solos da região centro-sul estimados por modelo proposto e sua análise estatística

K observado	K estimado	E.padrão estimado	IC 5% p/média da pop.		Resíduo obs-est	E.padrão resíduo	IC 5% para predição		Resíduo padron.
			extr.inf.	extr.sup.			extr.inf.	extr.sup.	
0,027	0,025	0,0018	0,0214	0,0295	0,002	0,0037	0,0151	0,0357	0,4266
0,013	0,015	0,0023	0,0098	0,0204	-0,002	0,0034	0,0042	0,0260	-0,6205
0,009	0,013	0,0021	0,0086	0,0181	-0,004	0,0036	0,0028	0,0240	-1,2282
0,028	0,025	0,0028	0,0187	0,0316	0,003	0,0030	0,0137	0,0367	0,9323
0,026	0,027	0,0032	0,0193	0,0340	-0,001	0,0026	0,0146	0,0387	-0,2487
0,025	0,019	0,0024	0,0133	0,0244	0,006	0,0033	0,0078	0,0298	1,8551
0,008	0,006	0,0034	-0,0018	0,0137	0,002	0,0024	-0,0063	0,0182	0,8563
0,022	0,022	0,0025	0,0166	0,0281	-0,000	0,0033	0,0112	0,0334	-0,1025
0,021	0,018	0,0018	0,0137	0,0221	0,003	0,0037	0,0075	0,0283	0,8375
0,032	0,034	0,0032	0,0272	0,0418	-0,002	0,0026	0,0225	0,0465	-0,9455
0,034	0,033	0,0027	0,0269	0,0394	0,001	0,0031	0,0218	0,0445	0,2817
0,012	0,018	0,0020	0,0139	0,0230	-0,006	0,0036	0,0079	0,0290	-1,7925
0,023	0,023	0,0025	0,0174	0,0289	-0,000	0,0033	0,0120	0,0342	-0,0419

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGULO, R.J. Relações entre a erodibilidade e algumas propriedades de solos brasileiros. Curitiba, PR, 1983. 154p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, 1983.
- ANGULO, R.J.; ROLOFF, G. & SOUZA, M.L.P. Relações entre a erodibilidade e agregação, granulometria e características químicas de solos brasileiros. R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, v. 8 p. 133-138, 1984.
- BENNETT, H.H. Soil conservation. New York : McGraw-Hill, 1939. 993p.
- BERTONI, J. Sistemas coletores para determinação de perdas por erosão. Bragantia, Campinas, SP, v. 9 p. 147-155, 1949.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba, SP : Livroceres, 1985. 392p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. & BENATTI JUNIOR, R. Equação de perdas de solo. Campinas : Instituto Agrônomo, 1975. 24p. (Boletim Técnico 21)
- BROWNING, G.M.; PARISH, C.L. & GLASS, J.A. A method for determining the use and limitation of rotation and conservation practices in control of soil erosion in Iowa. J. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisc., v. 39 p. 65-73, 1947.
- CARVALHO, M. de P. e; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J. & CATANEO, A. Índices de erosividade da chuva correlacionados com as perdas de solo de um Podzólico Vermelho eutrófico textura argilosa/muito argilosa de Mococa (SP): primeira aproximação do fator erodibilidade do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, v. 13 p. 237-242, 1989.

- COMISSÃO DE SOLOS. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, RJ : Ministério da Agricultura, 1960. 634p. (Boletim 12)
- DEDECEK, R.A.; RESCK, D.V.S. & FREITAS JR., E. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho dos Cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, v. 10 p. 265-272, 1986.
- DENARDIN, J.E. Erodibilidade do solo estimada através de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba, SP, 1990. 113p. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP, 1990.
- DENARDIN, J.E. & WUNSCH, W.A. Erodibilidade de um Latossolo Vermelho Escuro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, 1980. Anais... Recife : Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1981. p. 219.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solo. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979.
- FERREIRA, L. Avaliação indireta da erodibilidade em solos com altos teores de ferro e aspectos relacionados à mineralogia e micromorfologia. Lavras, MG, 1992. 82p. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1992.
- FOSTER, G.R.; MCCOOL, K.G. & MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. J. Soil and Water Conservation, v. 36(6) p. 355-359, 1981.
- FREIRE, O. & PESSOTI, J.E. Erodibilidade dos solos de Piracicaba. Revista da Agricultura, Piracicaba, SP, v. 51, p. 195-202, 1976.
- FREIRE, O. & PESSOTI, J.E. Erodibilidade de alguns solos de Piracicaba-SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, Passo Fundo, 1978. Anais... Passo Fundo, RS : EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1978. p.185-192.
- GROHMANN, F. & RAIJ, B. van. Dispersão e pré-tratamento para análise granulométrica de latossolos argilosos. R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, v. 1 p. 52-53, 1977.
- HENKLAIN, J.C. Erodibilidade de Latossolos do Estado do Paraná: aplicabilidade do método nomográfico. Piracicaba, SP, 1980. 75p. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-USP, 1980.

- HENKLAIN, J.C. & FREIRE, O. Avaliação do método nomográfico para determinação da erodibilidade de latossolos do estado do Paraná. R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, v. 7 p. 191-195, 1983.
- LAL, R. Erodibility and erosivity. In: LAL, R., ed. Soil erosion research methods. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1988. Chap. 7, p. 141-161.
- LIMA, J.M. Relação entre erosão, teor de ferro, parâmetros físicos e mineralógicos de solos da região de Lavras (MG). Lavras, MG, 1987. 86p. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1987.
- LIMA, J.M.; CURI, N.; RESENDE, M. & SANTANA, D.P. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de latossolos. R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, v. 14 p. 85-90, 1990.
- LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Erodibilidade de solos paulistas. Campinas, Instituto Agrônomo, set. 1975. 12p. (B. Tec. 27)
- MARGOLIS, E. & CAMPOS FILHO, O.R. Determinação dos fatores da equação universal de perdas de solo num Podzólico Amarelo de Glória do Goitá. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, 1980. Anais... Recife : Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1981. p. 239-250.
- MIDDLETON, H.E. Properties of soils which influence soil erosion. Washington: USDA, 1930. 16p. (Technical Bulletin, 176)
- MONDARDO, A.; JUCKSCH, I.; VIEIRA, M.J.; FARIAS, G.S. de; HENKLAIN, J.C. & RUFINO, R.L. Erodibilidade do Latossolo Roxo distrófico com 8% de declive, usando simulador de chuva. Londrina, IAPAR [1978]. não paginado.
- MUSGRAVE, C.W. The quantitative evaluation of factors in water erosion, a first approximation. J. Soil and Water Cons., Fairmont, W. Va., v. 2 p. 133-138, 1947.
- OLIVEIRA, J.B. de; BARBIERI, J.L.; ROTTA, C.L. & TREMOCOLDI, W.A. Levantamento pedológico semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo. Quadricula de Araras. Campinas, Instituto Agrônomo, 1982. 180p.
- OLIVEIRA, J.B. de & PRADO, H. Levantamento pedológico semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo. Quadricula de São Carlos. II Memorial Descritivo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1984. 188p. (Boletim Técnico 98)

- OLIVEIRA, J.B. de & PRADO, H. Levantamento pedológico semide-talhado dos solos do Estado de São Paulo. Quadricula de Ribeirão Preto. II Memorial Descritivo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1987. 133p. (Boletim Científico 7)
- POMBO, L.C.A.; GIANLUPPI, D. & KLAMT, E. Determinação do fator K de solos do Rio Grande do Sul através de características físicas, químicas e mineralógicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, 1980. Anais...Recife : Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1981. p. 220-235.
- RAIJ, B.van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, SP : Fundação Cargill, 1987. 170 p.
- RESCK, D.V.S.; FIGUEIREDO, M. de S.; FERNANDES, B.; RESENDE, M. & SILVA, T.C.A. da. Erodibilidade de um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico distrófico fase terraço, localizado na zona da mata (MG), determinada com simulador de chuva. R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, v. 5 p. 7-14, 1981.
- ROMKENS, M.J.M.; ROTH, C.B. & NELSON, D.W. Erodibility of selected clay subsolis in relation to physical and chemical properties. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, v. 41 p. 954-960, 1977.
- ROTH, C.B.; NELSON, D.W. & ROMKENS, M.J.M. Prediction of subsoil erodibility using chemical, mineralogical and physical parameters. Washington : U. S. Environmental Protection Agency, 1974. 111p. (EPA-660/2-74-043)
- SILVA, I. de F. da; ANDRADE, A.P. de & CAMPOS FILHO, O.R. Erodibilidade de seis solos do semi-árido paraibano com chuva simulada e método nomográfico. R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, v. 10 p. 283-287, 1986.
- SMITH, D.D. Interpretation of soil conservation data for field use. Agricultural Engineering, St. Joseph, Mich., v. 22 p. 173-175, 1941.
- SUAREZ DE CASTRO, F. Conservación de suelos. Madrid : Salvat, 1956. 298p.
- SWANSON, N.P. Rotating boom rainfall simulator. Trans. ASAE, St. Joseph, Mich., v. 8 p. 71-72, 1965.
- WAMBECKE, A. van Management properties of ferralsols. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1974. 129p.

WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B. & CROSS, B.V. A soil erodibility nomogram for farmland and construction sites. J. Soil Water Cons., v. 26(5) p. 189-193, 1971.

WISCHMEIER, W.H. & MEYER, L.D. Soil erodibility on construction areas. Washington, Highway Research Board, 1973.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains-guide for selection of practices for soil and water conservation. Washington : USDA, 1965. 47p. (Agriculture Handbook, 282)

ZINGG, A.W. Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff. Agricultural Engineering, St. Joseph, Mich., n. 21, p.59-64, 1940