

JOSÉ MARIA DE LIMA

RELAÇÃO ENTRE EROSÃO, TEOR DE FERRO, PARÂMETROS FÍSICOS E MINERALÓGICOS DE SOLOS DA REGIÃO DE LAVRAS (MG)

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do grau de "MESTRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1 9 8 7

JOSE MARIA DE LIMA

RELACAO ENTRE EROSAO, TEOR DE FERRO, PARAMETROS FISICOS E MINERALOGICOS DE SOLOS DA REGIÃO DE LAVRAS (MG)

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências da Universidade de Lavras, como parte dos requisitos de curso de Mestrado em Ciências do Solo, sob a orientação do Prof. Dr. João Carlos de Moraes, para obtenção do título de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1982



RELAÇÃO ENTRE EROÇÃO, TEOR DE FERRO, PARÂMETROS FÍSICOS
E MINERALÓGICOS DE SOLOS DA REGIÃO DE LAVRAS (MG)

APROVADA:



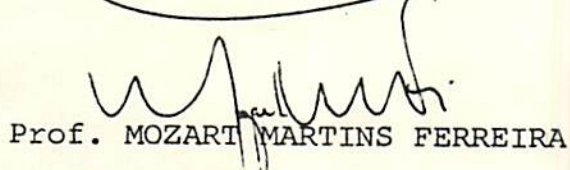
Prof. NILTON CURI - Orientador



Prof. MAURO RESENDE



Dr. DERLI PRUDENTE SANTANA



Prof. MOZART MARTINS FERREIRA

Aos meus pais

Antônio e Clarice

e irmãos

Luiz, Maria José,

Sônia e Ana Maria.

Ao Pedro Luiz.

À

minha esposa Annete e

filhinha Drielle,

pelo amor e companheirismo,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, em especial ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) na pessoa do Dr. Derli Prudente Santana, pelo apoio financeiro na realização deste trabalho.

Ao professor Nilton Curi, pelos ensinamentos, amizade, dedicação e acima de tudo, pela eficiente orientação.

Reconhecimento sincero é expresso ao professor Mauro Resende por seu auxílio em termos de direcionar a pesquisa e compartilhar as idéias.

Ao professor Mauro Resende, Dr. Derli Prudente Santana e professor Mozart Martins Ferreira, pelas oportunas sugestões.

Aos doutores Antônio Carlos Moniz e Francisco Lombardi Neto do Instituto Agronômico de Campinas e ao professor Nestor Kämpf da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela valiosa colabo-

ração.

Aos professores Moacir de Souza Dias Júnior, Victor Gonçalves Bahia, Waldemar Faquin, José Oswaldo Siqueira e Fabiano Ribeiro Vale, pelo auxílio.

À Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE), pela ajuda financeira na impressão deste trabalho.

Agradecimento muito especial à memória do professor Jeziel Cardoso Freire, pelas sugestões e incentivo no início deste trabalho.

Aos amigos José Marques Júnior, Paulo Marcos de Paula Lima, Hudson Carvalho Bianchini e Vicente Gualberto, pelo apoio.

À Maria José C. Lima, pelos serviços de datilografia.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo, pelo convívio e colaboração.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Aspectos gerais da erosão do solo - erodibilidade.....	3
2.2. Fatores que afetam a erodibilidade do solo.....	5
2.2.1. Fatores químicos.....	5
2.2.2. Fatores físicos.....	7
2.2.3. Fatores mineralógicos.....	9
2.3. Índices de erodibilidade do solo x aplicabilidade.....	11
2.4. Considerações finais.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Características das áreas de estudo.....	15
3.2. Solos estudados.....	17
3.3. Determinações químicas.....	18

3.3.1. Ataque sulfúrico.....	18
3.3.2. Complexo sortivo.....	20
3.3.3. Carbono orgânico.....	20
3.3.4. Óxidos de ferro e alumínio extraídos pe- lo DCB (Fe_d e Al_d).....	20
3.3.5. Óxidos de ferro e alumínio extraídos pe- lo oxalato de amônio (Fe_o e Al_o).....	20
3.4. Determinações físicas.....	21
3.4.1. Análise granulométrica.....	21
3.4.2. Fracionamento da terra fina em água.....	21
3.4.3. Estabilidade de agregados em água.....	21
3.4.4. Relações massa: volume.....	22
3.4.5. Área superficial específica.....	22
3.4.6. Permeabilidade do solo.....	22
3.4.7. Umidade equivalente.....	22
3.4.8. Taxa de infiltração.....	24
3.4.9. Redução do volume do solo por influência da chuva simulada.....	24
3.5. Determinações mineralógicas.....	24
3.5.1. Fração areia.....	24
3.5.2. Fração argila.....	25
3.6. Índices de erodibilidade empregados.....	26
3.6.1. Razão de dispersão - Middleton 1.....	26
3.6.2. Relação de erosão - Middleton 2.....	26

3.6.3. Relação de erosão - Lombardi Neto & Bertoni.....	26
3.6.4. Nomograma - Wischmeier et alii (1971).	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1. Caracterização geral da área - Sequência GM e GL.....	29
4.2. Caracterização química.....	30
4.2.1. Análises de pH, complexo sortivo, P disponível e micronutrientes.....	30
4.2.2. Análises do ataque sulfúrico e carbono orgânico.....	32
4.2.3. Determinações no extrato do DCB.....	37
4.3. Caracterização física.....	37
4.3.1. Aspectos gerais.....	39
4.3.2. Granulometria.....	42
4.3.3. Classes de tamanho de agregados.....	43
4.4. Caracterização mineralógica.....	45
4.4.1. Avaliação qualitativa das frações areia e argila.....	45
4.4.2. Avaliação quantitativa das frações areia e argila.....	47
4.5. Coerência e permeabilidade.....	52

4.6. Avaliação da erodibilidade do solo.....	53
4.6.1. Efeito da chuva simulada no material do solo.....	53
4.6.2. Erodibilidade avaliada indiretamente.....	56
4.6.3. Comparações dentro de cada sistema.....	58
4.6.3.1. Seqüência GM.....	58
4.6.3.2. Seqüência GL.....	60
4.7. Aplicações práticas.....	61
5. CONCLUSÕES.....	63
6. RESUMO.....	64
7. SUMMARY.....	66
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
9. APÊNDICE.....	77

LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Resultados das análises de pH, complexo sortivo e P disponível.....	31
2	Resultados das análises da extração com DCB e de micronutrientes disponíveis.....	33
3	Determinações do ataque sulfúrico e carbono orgânico.....	34
4	Comparação entre o teor de argila pela análise mecânica e a dissolução por H_2SO_4 (soma dos óxidos.....	36
5	Aspectos físicos gerais.....	40
6	Distribuição das partículas do material de solo disperso com NaOH 0,1N segundo seu tamanho e fracionamento da terra fina em água.....	41
7	Distribuição dos agregados por classes de tamanho.....	44

QUADRO

Página

8	Teores de caulinita e gibbsita, determinados por ATD, na fração argila livre de óxidos de ferro, e taxa de minerais leves/pesados na fração areia fina.....	48
9	Cor do solo, teor dos óxidos de ferro, substituição em alumínio e dimensão média dos cristalitos na fração argila concentrada com NaOH 5M.....	50
10	Resultados da redução do volume de solo, sob aplicação de chuva simulada, e índices de erodibilidade empregados.....	55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Mapa da região Sul do Estado de Minas Gerais, mostrando os municípios em apreço.....	16
2	Localização dos pontos de amostragem na sequência GM.....	19
3	Localização dos pontos de amostragem na sequência GL.....	19
4	Representação esquemática do permeâmetro empregado no trabalho.....	23
5	Nomograma de Wischmeier et alii - 1971 para de terminação indireta do índice de erodibilidade de solos.....	28
6	Percentagem acumulativa de Fe e Al extraídos pelo DCB na fração argila.....	38
7	Difratogramas de raios X representativos da fração argila tratada com DCB (lâminas orientadas).....	46

FIGURA

Página

8	Difratogramas de raios X representativos da fração argila tratada com NaOH 5M (método do pó) da camada de 60-80cm dos solos.....	49
9	Curvas de Análise Térmica Diferencial (ATD) , representativas dos solos.....	51
10	Curvas de velocidade de infiltração x tempo, determinadas no ponto 2 de cada seqüência (mm/h).....	54
11	Diagrama ilustrativo da comparação dos índices obtidos no presente estudo com as classes de erodibilidade sugeridas por FREIRE & PESSO TI (1974).....	59

1. INTRODUÇÃO

O problema da erosão na região de Lavras (MG), bem como de vários municípios vizinhos, pode ser comparado com muitas outras regiões do país, de clima, relevo e classes de solos semelhantes. Observa-se, nesta região, as diversas formas de erosão, desde as mais imperceptíveis até as mais severas, que chegam a inutilizar glebas necessárias ao processo produtivo.

HUDSON (22) aponta a necessidade do conhecimento de informações detalhadas sobre as variáveis que influenciam o processo erosivo, tais como chuva, solo, topografia, uso da terra e manejo de culturas, bem como, de um modelo dentro do qual essas informações possam ser inseridas. Isto, para que sejam estabelecidas relações mais íntimas de solos com meio ambiente, aumentando o grau de confiança nas extrapolações. Segundo RESENDE et alii (45), sempre haverá necessidade de se saber, ao nível de campo, até onde se pode transferir determinadas informações (generalizações) e, nesse contexto, os atributos reconhecíveis no campo são insubstituíveis.

Adaptando-se para a região em apreço, o modelo sugerido por RESENDE (41) para o estudo da erosão, tentar-se-á responder as per

guntas constitutivas de um fluxograma de referência sugerido pelo citado autor: a) existe na região material transportável? b) o agente para transporte é suficientemente intenso? e c) qual a reação do pedomaterial a este agente?

A resposta às duas primeiras perguntas é afirmativa, pois os solos, na sua maioria latossolos, possuem profundo manto de intemperismo com horizontes A + B relativamente pouco espessos e as chuvas, concentradas em determinada época (período das águas), sendo bastante intensas, constituem-se em um eficiente agente erosivo. A resposta à terceira pergunta se perde na falta de informações mais detalhadas a respeito dos solos, o que conduz à baixa eficiência da extrapolação de dados em forma de generalizações que, muitas vezes, não passam de especulações em torno da aplicabilidade de práticas conservacionistas nas diferentes condições de solos.

A expressividade do problema da erosão na região, observada diferencialmente, mesmo dentro da classe de latossolos, juntamente com a ampla possibilidade de extrapolações mais coerentes dos conhecimentos para outras regiões de características e propriedades semelhantes, conduziram a este trabalho.

O objetivo deste estudo é, portanto, procurar relacionar erosão com teor de ferro e parâmetros físicos e mineralógicos do solo, aumentando o número de informações para maior capacidade preditiva do problema e indicação de um melhor planejamento de uso da terra do ponto de vista conservacionista, utilizando-se de critérios simples para transferência de conhecimentos.

2. REVISÃO DE LITERATURA.

2.1. Aspectos gerais da erosão do solo - erodibilidade

O estabelecimento do processo erosivo requer, antes de tudo, um agente - água ou vento - e o material, sobre o qual atuará o agente, desprendendo partículas e transportando-as, conforme o comportamento deste material frente à atuação da água ou vento. A interação entre material e agente, culminando com o processo erosivo, consiste na busca de um estado de maior equilíbrio, antes desfeito de forma natural ou antrópica. FURLANI (18) atribui ao homem importante parcela de responsabilidade no surgimento das diferentes formas de erosão. O comportamento diferencial do solo, no aspecto erosão, é denominado erodibilidade.

HUDSON (21) define erodibilidade como sendo a capacidade do solo em se deixar erodir. De modo geral, segundo RESENDE (41), pode-se classificar a erodibilidade como dependente de 3 fatores (considerando-se uma cobertura vegetal primitiva relativamente uniforme): a) disponibilidade de material para ser erodido; b) atuação do agente removedor, vento ou água; e c) comportamento do solo (pedomaterial) em relação a este agente. Neste contexto, o úl-

timo fator, por si próprio, define o que seja erodibilidade.

Observando que alguns solos se desgastavam mais rapidamente que outros, SMITH & WISCHMEIER (54) definiram erodibilidade do solo - fator K da equação universal de perdas de solo - como sendo as perdas em toneladas por hectare, por unidade do índice da chuva (EI_{30}), considerando-o como o mais importante fator da equação supracitada.

RESENDE et alii (45) admitem a erodibilidade do solo como sendo dependente de duas componentes, coerência e permeabilidade. O solo mais resistente à erosão, segundo os autores, seria aquele que tivesse o máximo de coerência entre partículas e o máximo de taxa de infiltração. Estas duas componentes são, no entanto, antagônicas: a um aumento da coerência entre partículas e/ou agregados corresponde uma diminuição da taxa de infiltração e vice-versa. Daí, em princípio, comentam os autores, o solo mais resistente à erosão ser aquele que apresenta coerência, o bastante para não favorecer muito a remoção de partículas e/ou agregados pequenos, por salpicamento e arraste e, permeabilidade suficientemente alta, para reduzir a enxurrada a valores razoáveis.

A dominância de uma das componentes em relação a outra condiciona o solo a diferentes formas de erosão. Assim, quando a coerência é muito elevada, a erosão torna-se quase que exclusivamente uniforme à superfície do solo, ao passo que, solos com alta permeabilidade e baixa coerência favorecem o surgimento de erosão mais localizada, formando sulcos.

2.2. Fatores que afetam a erodibilidade do solo

A natureza do solo influi no volume de enxurrada, quantidade de terra, matéria orgânica e elementos químicos arrastados, sendo que esta influência, segundo WISCHMEIER & SMITH (66), depende das propriedades do solo que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água, bem como, daquelas que oferecem resistência às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pelo impacto da gota de chuva e escoamento da água à superfície.

2.2.1. Fatores químicos

a) Matéria Orgânica - Seu efeito na erodibilidade do solo está condicionado à qualidade e teor disponível no sistema, STALLINGS (56). Devido ao seu elevado grau de subdivisão, possui CTC elevada e desempenha importante papel na capacidade de armazenamento de água e estabilidade dos agregados e, embora ocorra em proporções relativamente pequenas, influencia marcadamente a erodibilidade de solos sob vegetação de cerrado, MENDES (34).

BROWNING (7) verificou que em solo com estrutura pouco desenvolvida e praticamente sem material coloidal orgânico ou inorgânico ativo, a adição de matéria orgânica aumentou o número de agregados maiores, indicando que um pequeno incremento foi suficiente para a formação de agregados mais estáveis, aumentando a permeabilidade.

O efeito da matéria orgânica, comentam TROEH et alii (59),

se deve ao fato de possibilitar intensa atividade microbiana, favorecendo o desenvolvimento de agregados mais estáveis, conferindo ao solo maior permeabilidade.

b) pH - Seu efeito, através do ΔpH (diferença entre o pH em KCl e o pH em água), vem expressar a influência das cargas do solo na estruturação e conseqüentemente estabilidade dos agregados. O ΔpH pode ser negativo, positivo ou zero, conforme o solo esteja carregado negativamente, positivamente ou neutro, respectivamente e, a magnitude, mais do que o sinal, é que está relacionada com a estabilidade estrutural, EL-SWAIFY & DANGLER (13).

Segundo STALLINGS (56), a co-existência das cargas de sentido contrário é apontada como responsável pela floculação das partículas do solo, constituindo o primeiro passo na formação dos agregados.

PEELE et alii (38) e ELSON & LUTZ (12) observaram que a adição de calcário ao solo resultou num decréscimo da agregação. Isto sugere que o aumento do pH em água, pela adição de calcário, causou alteração na magnitude do ΔpH , influenciando a estabilidade estrutural.

c) Óxidos de ferro e alumínio - Os óxidos de ferro e alumínio livres são considerados como sendo importante fator que influencia a granulação de solos latossólicos. Estes óxidos atuam como agente floculante ou cimentante, segundo STALLINGS (56). Conforme Sideri, citado por STALLINGS (56), a presença de óxidos de ferro e alumínio, atrapalha a orientação das partículas de argila, sugerindo que a presença dos óxidos, em conteúdo elevado, provoca a desor

ganização das partículas, ocorrendo floculação com distribuição errática das mesmas.

ROMKENS et alii (46) e ROTH et alii (47) evidenciam a im-
portância dos óxidos de ferro e alumínio extraíveis pelo ditioni
to-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) como indicadores de proprie-
dades que influenciam a erodibilidade dos solos.

A ocorrência, segundo POMBO et alii (40), dos óxidos e hi-
dróxidos de ferro, alumínio, manganês e titânio, principalmente
quando os teores de óxidos de ferro são altos e ocorrem elevadas
taxas de substituição em alumínio nas estruturas cristalinas des-
tes, influencia propriedades de latossolos como superfície especí-
fica e estabilidade de agregados, importantes na determinação da
erodibilidade.

2.2.2. Fatores físicos

a) Textura do solo - Representada pela proporção dos teo-
res de areia, silte e argila, influencia de maneira marcante a ero
dibilidade do solo, havendo a tendência da erodibilidade aumentar
juntamente com os teores de silte e areia fina (WISCHMEIER et alii
(65).

ANGULO (1) trabalhando com solos com horizonte B latossóli-
co e B textural do Estado do Paraná, concluiu que silte e areia
< 0,5mm de ϕ foram as frações granulométricas que mais favorece-
ram a erosão do solo.

De maneira geral, os solos siltosos apresentam certa agre-
gação, porém, conforme comentam TROEH et alii (59), esta agregação

possui baixa estabilidade quando ocorre o umedecimento, sendo as partículas facilmente separadas e transportadas.

Ao elevado teor de silte é atribuído também a maior facilidade de encrostamento dos solos, conforme considerado por LEMOS (28) e LEMOS E LUTZ (29). Este fenômeno é verificado também em latossolos, os quais são, por definição, pobres em silte, e desde que as argilas estejam flocoúladas nesse sistema, é bem provável que essas possam, funcionalmente, estar se comportando como silte, RESENDE (43). Tal alteração à superfície do solo constitui-se em importante passo dentro do contexto de erosão, por diminuir a capacidade de infiltração da água no solo e a emergência de plântulas.

b) Estrutura do solo - Inúmeras considerações vêm sendo feitas no sentido de apontar uma estreita relação entre textura e taxa de infiltração, mostrando que esta última diminui com o aumento do teor de argila. No entanto, tal relação não tem se mostrado eficiente quando se trata de solos com horizonte B latossólico, em face da sua estrutura peculiar.

A estrutura, influenciada por características químicas e mineralógicas, principalmente, constitui-se talvez em parâmetro dos mais importantes, em se tratando da erodibilidade de solos tropicais. Segundo SUARES DE CASTRO (58), esta desempenha um papel fundamental na erodibilidade do solo, influenciando a velocidade de infiltração, resitência à dispersão, deslocamento por salpico, abrasão e forças de transporte e escoamento superficial.

O trabalho de WISCHMEIER et alii (65) mostra a estrutura granular, quando comparada às estruturas maciça, laminar e em blo-

cos, como fator que diminui o índice de erodibilidade, concordando com AYRES (2), o qual evidencia além do tipo, a importância da classe de estrutura na predição da erodibilidade do solo. Já RESENDE (43), afirma ser a estrutura granular, por apresentar o mínimo de área exposta por unidade de volume, devido aos grânulos se aproximarem do formato de esfera, condicionadora de baixa coerência no solo além de, quando pequenos, serem os grânulos facilmente transportáveis pela água, corroborando a observação de YODER (67) de que, em solo argiloso e bem agregado, as perdas por erosão ocorrem principalmente na forma de pequenos agregados, estáveis em água. P.5

2.2.3. Fatores mineralógicos

Muitos autores destacam a importância da mineralogia do solo sobre a agregação, afetando a erodibilidade. Os solos tropicais que são normalmente ricos em óxidos de ferro e alumínio e argila 1:1 tendem a ser melhor agregados do que solos com elevados teores de material 2:1 e pobres em óxidos de ferro e alumínio, TROEH et alli (59).

Os minerais de argila do solo são constituintes bastante importantes sob o aspecto de cimentação em agregados estáveis, sendo caulinita, gibbsita, hematita e goethita, em diferentes proporções, os principais minerais componentes desta fração nos latossolos brasileiros, RESENDE & FRANZMEIER (44). De acordo com FISCHER & SCHWERTMANN (16), dentre os componentes oxídicos dos solos e sedimentos, a goethita e a hematita são os mais comuns entre os óxidos de ferro.

Caulinita e gibbsita constituem outra fração de relevante importância, conforme já mencionado. A caulinita tem favorecida a sua formação por alto regime de carbono orgânico e baixo teor de ferro e titânio na rocha de origem, RESENDE (42). A formação de gibbsita é inibida por condições que favorecem a caulinita.

RESENDE (42) e CURI & FRANZMEIER (10) mostram haver uma tendência de hematita estar associada à gibbsita e goethita à caulinita, em condições de umidade mais elevada e maior regime de matéria orgânica.

A coerência entre agregados (peds) é fornecida, primariamente, pela organização das partículas laminares das argilas silicatadas numa disposição face a face, UFV (60), e pelo ajuste geométrico de partículas, principalmente areia fina e silte com alguma argila. A gibbsita, principalmente e, os óxidos de ferro e matéria orgânica, favorecem a formação de pequenos grânulos - tanto menores e mais arredondados quanto maiores forem os teores - diminuindo muito a coerência, RESENDE et alii (45).

As areias e os grânulos do horizonte B dos latossolos gibbsíticos do Planalto Central são os melhores exemplos de alta taxa de infiltração e baixa coerência, favorecendo a erosão em sulcos, uma vez iniciado o processo erosivo, RESENDE (41).

Como contraste pode ser citado o Latossolo Amarelo, que é pobre em gibbsita e óxidos de ferro, sendo, portanto, o menos permeável dos latossolos. Apresenta o máximo de coerência entre os agregados, que promove maior volume de enxurrada e desgaste uniforme à superfície (erosão laminar) como praticamente a única forma

de erosão.

A condição ideal parece estar, em termos de latossolos, entre o Latossolo Vermelho-Amarelo e o Latossolo Vermelho-Escuro, dependendo do balanço entre coerência e permeabilidade. Nesse contexto, o teor de ferro no solo adquire importância crítica, pois o mesmo está associado à parâmetros como cor, coerência entre partículas e taxa de infiltração, permitindo um melhor aproveitamento dos dados contidos nos relatórios de levantamentos pedológicos, para indicação de manejo e uso racional da terra.

2.3. Índices de erodibilidade do solo x aplicabilidade

Medidas experimentais da erodibilidade do solo são caras e consomem tempo. Entretanto, devido à susceptibilidade do solo a erosão ser ditada basicamente por características e propriedades físicas, químicas e mineralógicas, alguns trabalhos têm proposto o uso de parâmetros facilmente mensuráveis para predizer valores de erodibilidade.

O trabalho de WISCHMEIER et alii (65), método nomográfico, tem sido bastante disseminado nos trópicos, conforme mencionam EL-SWAIFY & DANGLER (14), comentando ainda que a escala de valores dos parâmetros encontrados nos solos investigados por eles difere daqueles obtidos em solos de região tropical.

Bouyoucos, citado por BERTONI & LOMBARDI NETO (4), verificou ser a relação $\% \text{ areia} + \% \text{ silte} / \% \text{ argila}$, proporcional à erodibilidade do solo, atribuindo à textura maior importância na re-

sistência do solo à erosão.

MIDDLETON (35) comparando diversas relações, observou ser a razão de dispersão - $(\% \text{ silte} + \% \text{ argila não dispersos}) / (\% \text{ silte} + \% \text{ de argila dispersos})$ - provavelmente o mais valioso critério individual para a distinção entre solos erosivos ($> 0,15$) e não erosivos ($< 0,15$), justificando ser lógica a observação pois, o material que se encontra em suspensão é prontamente carregado para longe pela enxurrada. De acordo com PEELE (37), características e propriedades físicas do solo, tais como taxa de infiltração e razão de dispersão, entre outras, podem servir como índice de erodibilidade dos solos.

LOMBARDI NETO & BERTONI (31) adotam a metodologia proposta por MIDDLETON (35), com modificações - aproveitam resultados obtidos nos boletins de levantamentos de solos - utilizando os teores de argila total, argila dispersa em água e umidade equivalente para obtenção do índice de erodibilidade (fator K) empregado na equação universal de perdas de solo.

A relação sílica/sesquióxidos (K_r) é considerada por BENNET (3) como o mais significativo índice de erodibilidade obtido por análises químicas, considerando os solos de elevado grau de intemperismo - baixa relação K_r - como mais resistentes à erosão. No entanto, observa-se que solos tropicais, com relação sílica/sesquióxidos abaixo de determinado valor crítico, tornam-se mais erodíveis, devido à estrutura granular muito pequena, adquirida em tais situações, diminuir em muito a coerência entre os grânulos.

A estabilidade de agregados é apontada por YODER (67) como

sendo uma das mais importantes propriedades dinâmicas a ser considerada quando se compara erosão a aspectos físicos do solo, mostrando ser a facilidade de quebra dos agregados maiores, em material de tamanho menor, uma das mais importantes propriedades do solo em relação à susceptibilidade à erosão.

ANGULO (1) conclui ser a estabilidade de agregados em água e resistência dos mesmos ao impacto da gota de chuva, parâmetros que apresentaram melhor correlação com a erodibilidade do solo (fator K) determinada por métodos diretos. Conclui ainda, que o nomograma de WISCHMEIER et alii (65) fornece valores de fator K divergentes daqueles obtidos por métodos diretos. O autor sugere que a inadequação do nomograma pode ser devido à diferenças existentes entre as características, principalmente texturais, dos solos utilizados para confecção do mesmo, em comparação com a maioria dos solos brasileiros.

A conclusão obtida por HENKLAIN & FREIRE (20) é de que o método nomográfico de WISCHMEIER et alii (65) não pode ser utilizado com segurança, apresentando baixa precisão no caso de solos com baixos teores de silte mais areia muito fina, e que a variação da permeabilidade influi expressivamente nos valores de erodibilidade.

Muitos trabalhos realizados no Brasil utilizando o nomograma destacam a importância do seu emprego como um estudo exploratório, adequado às regiões onde inexistam equipamentos e instalações adequadas para a determinação direta da erodibilidade, conforme mencionado por OLIVEIRA & BAHIA (36).

EL-SWAIFY & DANGLER (14) salientam a urgente necessidade

de se desenvolver técnicas válidas para predição da erodibilidade de ampla gama de solos tropicais.

2.4. Considerações finais

Tendo-se em mente que é sempre "melhor prevenir do que remediar", principalmente nas condições atuais onde a operacionalidade de deverá sempre estar associada aos custos, compreende-se a importância de se acumular informações e observações que possibilitem aumentar a predição daquelas áreas mais susceptíveis à erosão e consequentemente indicar um planejamento mais racional de uso e manejo da terra. Além disso, tais conhecimentos devem ser transferidos utilizando critérios simples [aí, os atributos reconhecíveis no campo são insubstituíveis, RESENDE et alii (45)], mas sem perder o poder de síntese da classificação de solos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características das áreas de estudo

As áreas de onde foram coletados materiais de solos e onde foram feitas determinações a nível de campo para o desenvolvimento deste trabalho, situam-se nas coordenadas $21^{\circ}15'$ de latitude sul e 45° de longitude oeste e, $21^{\circ}19'$ de latitude sul e $44^{\circ}52'$ de longitude oeste, nos municípios de Lavras e Itumirim, respectivamente (Figura 1). Tais municípios estão situados na região Sul do Estado de Minas Gerais e incluídos no planalto do Alto Rio Grande. A região, no geral, caracteriza-se pela predominância de relevo suave ondulado, a ondulado, com altitudes variando de 800 a 1000 metros. É talhada essencialmente em rochas de médio a alto grau metamórfico, ocorrendo também áreas onde aparecem tipos litológicos de caráter metabásico. Na região predomina o gnaisse granítico do Pré-cambriano.

O clima da região enquadra-se, segundo a classificação de Köppen, no tipo Cwb [temperado suave (mesotérmico)], com precipitação total anual de 1471 mm, menos de 17 mm de chuva no mês mais seco; mês mais quente com temperatura média de $21,6^{\circ}\text{C}$ e mês mais frio com $15,8^{\circ}\text{C}$, sendo a temperatura média anual de $19,3^{\circ}\text{C}$. As chuvas são

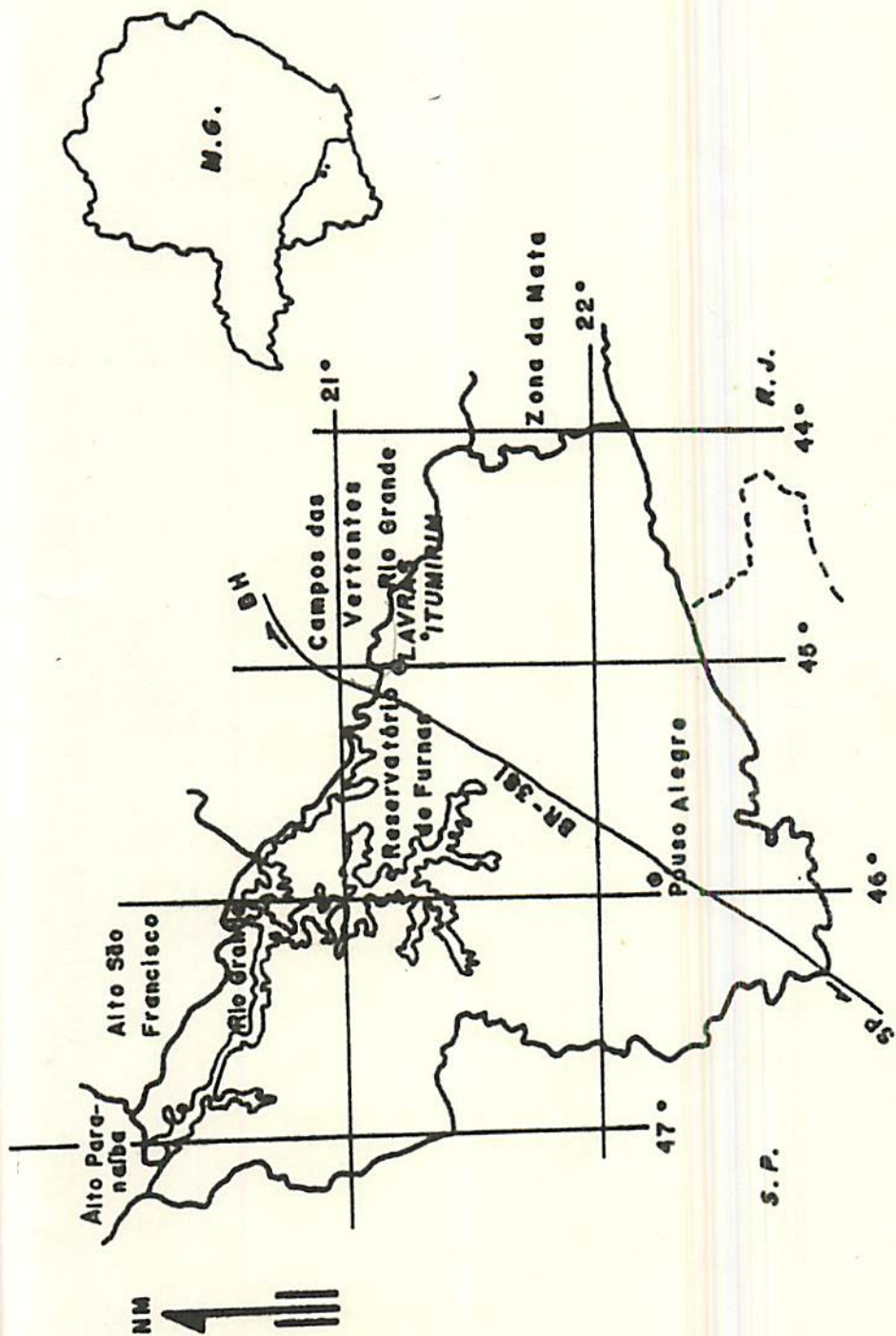


FIGURA 1 - Mapa da região Sul do Estado de Minas Gerais, mostrando os municípios em apreço (escala 1:2.500.000).

mal distribuídas durante o ano, apresentando, segundo CASTRO NETO & SILVEIRA (8) e VILELA & RAMALHO (63), um excesso de água nos meses de novembro a março e uma deficiência no período de março a agosto.

VAL (61) encontrou, para a região, valores de erosividade próximos a 700 tm.mm/ha.h.ano. Os resultados obtidos por PEREIRA (39) apontam as chuvas do município de Lavras como aquelas de maior índice de erosividade, em comparação com diversos municípios do Estado de Minas Gerais.

O Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo câmbico são os solos dominantes na região, seguidos pelo Latossolo Vermelho-Escuro, constituindo-se desta forma de latossolos a maior parte da extensão agricultável. A vegetação constitui-se em remanescentes de cerrado nas áreas correspondentes aos dois municípios (BRANDÃO, M. - comunicação pessoal).

3.2. Solos estudados

Os materiais de solo selecionados para a realização desse trabalho foram coletados nas duas áreas. A área correspondente ao município de Lavras constitui-se de Latossolo Vermelho-Escuro, formado a partir do produto de alteração do gnaisse granítico mesocrático (GM), sendo a área do município de Itumirim constituída de Latossolo Vermelho-Amarelo câmbico, formado a partir do produto de alteração do gnaisse granítico leucocrático (GL).

Dentro de cada pedossistema foram amostrados três locais: superior (1), médio (2) e inferior (3), com diferença de cota entre

os pontos inferior e superior de 25 metros no sistema GM e 13 metros no sistema GL (Figuras 2 e 3). A profundidade de amostragem, a coleta das amostras e o processo de preparo das mesmas foram realizados de acordo com o tipo de análise e objetivo específicos. Para a maioria das análises de laboratório, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas através de peneira de 2 mm de malha, constituindo a fração TFSA.

A descrição morfológica, apresentada no apêndice, foi realizada nos pontos médios de cada sistema, segundo as normas gerais preconizadas por LEMOS & SANTOS (30).

Os solos foram classificados, segundo a Classificação Brasileira, como LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO EPIÁLICO ENDODISTRÓFICO A moderado textura muito argilosa fase cerrado relevo suave ondulado (solo GM) e, LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO EPIÁLICO ENDODISTRÓFICO câmbico A moderado textura argilosa fase cerrado relevo suave ondulado (solo GL). Conforme a Soil Taxonomy, SMSS (55), eles se enquadram em: GM - Typic Haplorthox, clayey, oxidic, isothermic e, GL - Typic Haplorthox, fine-loamy, siliceous, isothermic. O regime térmico foi obtido de WAMBEKE (64).

3.3. Determinações químicas

3.3.1. Ataque sulfúrico

Foram realizadas as determinações do ataque sulfúrico segundo metodologia descrita por VETTORI (62) e EMBRAPA (15).

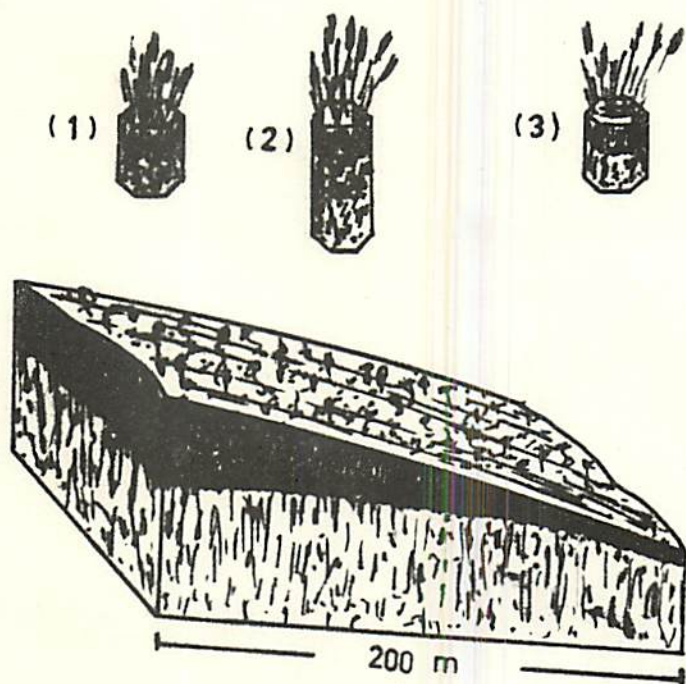


FIGURA 2 - Localização dos pontos de amostragem na sequência GM.

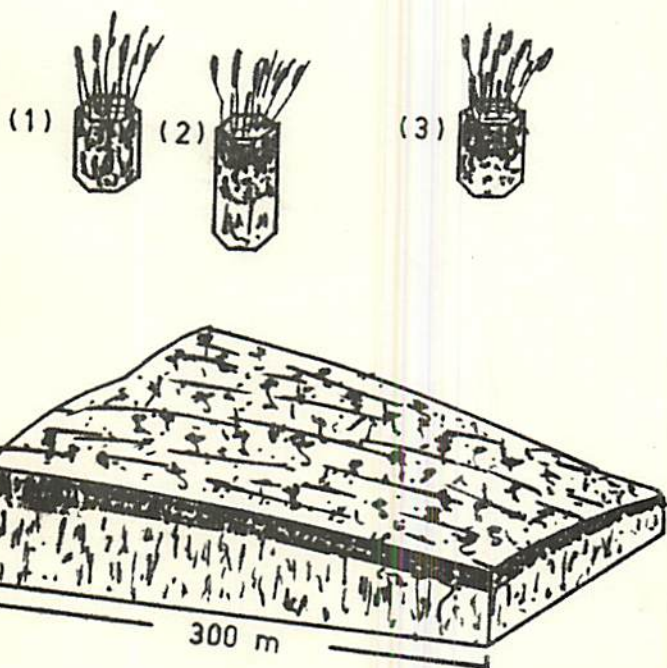


FIGURA 3 - Localização dos pontos de amostragem na sequência GL.

3.3.2. Complexo sortivo

Os elementos constituintes do complexo sortivo foram determinados empregando-se metodologia descrita por VETTORI (62) e EMBRAPA (15). Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com solução de KCl 1N. A extração de fósforo, potássio e sódio foi realizada com solução contendo H_2SO_4 0,025N + HCl 0,05N. A extração de hidrogênio + alumínio foi feita com solução de acetado de cálcio 1N a pH 7,0.

O pH foi determinado empregando-se a relação 1:2,5 de solo: água e solo: KCl 1N.

3.3.3. Carbono orgânico

O teor de carbono orgânico foi determinado segundo a metodologia de VETTORI (62) e EMBRAPA (15).

3.3.4. Óxidos de ferro e alumínio extraídos pelo DCB (Fe_d e Al_d)

Foram extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, segundo metodologia de MEHRA & JACKSON (33). A dosagem de ferro foi feita por colorimetria, pelo método da ortofenantrolina, KRISHNA MURTI et alii (27), sendo a dosagem do alumínio realizada através espectrofotometria de absorção atômica. Foram realizadas oito extrações sucessivas.

3.3.5. Óxidos de ferro e alumínio extraídos pelo oxalato de amônio (Fe_o Al_o)

Seguiu-se o método de extração pelo oxalato de amônio, partindo-se de 200 mg da fração argila em tubo de centrífuga de 100ml, adicionando-se 40ml de oxalato de amônio e agitando-se, no escuro, durante duas horas. Em seguida procedeu-se a centrifugação e posterior determinação de Fe e Al no sobrenadante, SCHWERTMANN (51). A dosagem do ferro foi feita pelo método da ortofenantrolina e do alumínio através espectrofotometria de absorção atômica. Foram realizadas oito extrações sucessivas.

3.4. Determinações físicas

3.4.1. Análise granulométrica

Foi realizada pelo método da pipeta, empregando-se NaOH 0,1N como dispersante químico e agitação rápida (12000 rpm), conforme DAY (11).

3.4.2. Fracionamento da terra fina em água

O fracionamento foi realizado pelo método da pipeta, sem a utilização de dispersante químico, empregando-se agitação rápida (12000 rpm) durante 10 minutos. A fração de partículas e/ou agregados maiores que 0,05 mm foi separada através de peneiras, sendo as frações com partículas e/ou agregados menores separadas segundo a lei de Stokes.

3.4.3. Estabilidade de agregados em água

Foi determinada pelo tamizamento em água segundo metodolo-

gia de Tiulim, modificada por YODER (67) e o diâmetro médio geométrico dos agregados foi calculado segundo KEMPER & CHEPIL (25).

3.4.4. Relações massa: volume

A densidade global foi determinada em amostras indeformadas, de volume conhecido, coletadas com amostrador de Uhland, BLAKE (5), e a densidade de partículas foi determinada pelo método do picnômetro, segundo BLAKE (6).

3.4.5. Área superficial específica

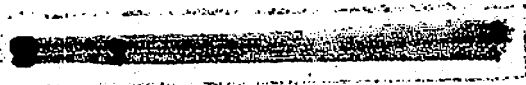
Foi avaliada segundo a metodologia proposta por HEILMAN et alii (19).

3.4.6. Permeabilidade do solo

Foi avaliada em laboratório partindo-se da amostra de material indeformado, coletada com amostrador de Uhland, e submetida à carga constante de 37 cm (amostra previamente saturada). O suporte coletor da água percolada foi adaptado para se eliminar o efeito do maior fluxo da água junto às paredes do cilindro, conforme o esquema que se segue (Figura 4).

3.4.7. Umidade equivalente

Foi determinada conforme metodologia da EMBRAPA (15).



... (10) ...

...

...

...

...

...

...

...

...

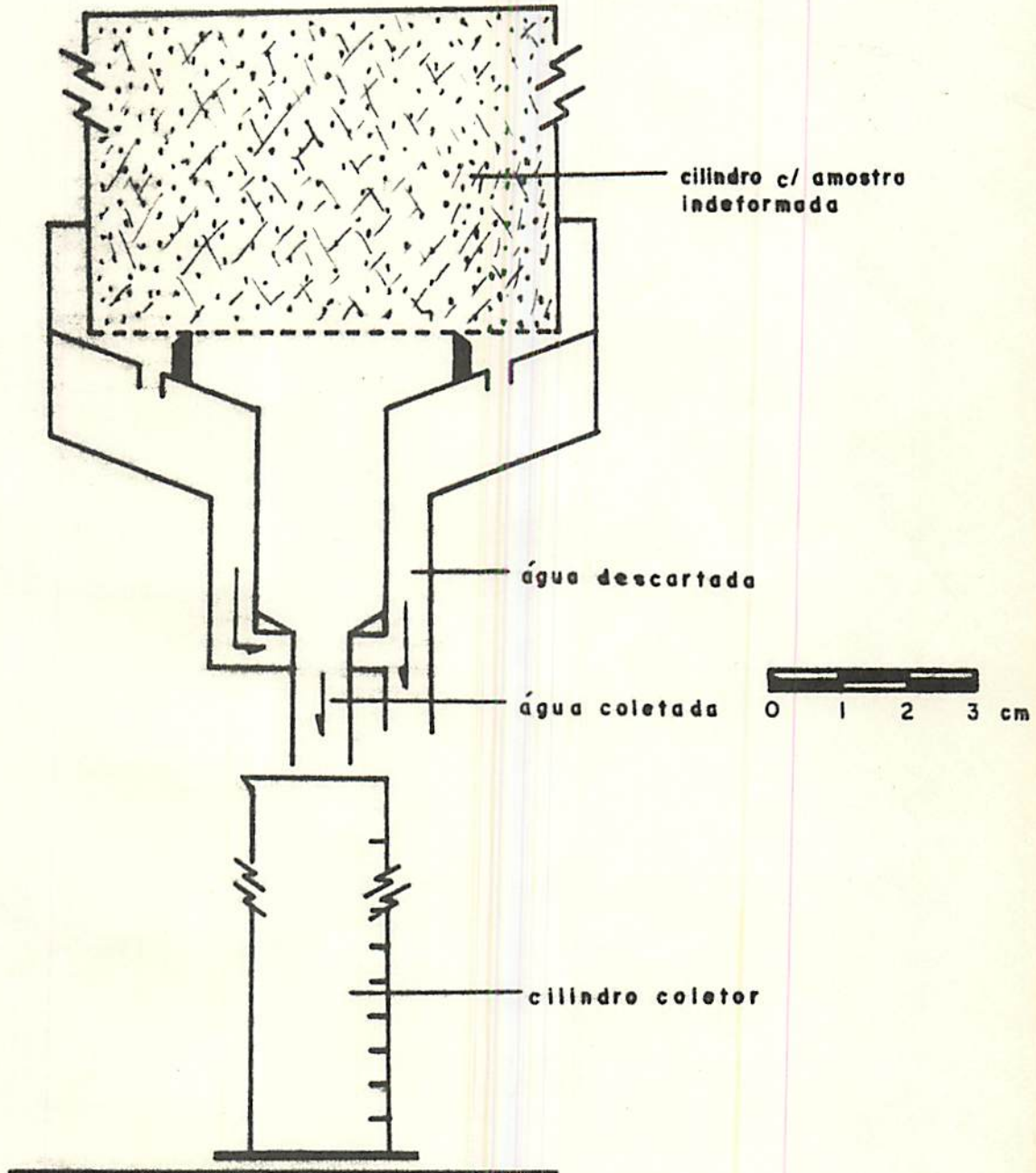


FIGURA 4 - Representação esquemática do permeâmetro em pregado no trabalho.

3.4.8. Taxa de infiltração

A taxa de infiltração de água no solo foi determinada pelo método dos anéis infiltrômetros, utilizando-se para a manutenção da carga constante o dispositivo proposto por SIQUEIRA & DENARDIN (53). A velocidade de infiltração básica foi obtida graficamente na curva ajustada a partir da equação de Kostiakov para a infiltração ($I = aT^n$, sendo I a infiltração acumulada em mm, a e n as constantes dependentes do solo e T o tempo em min.). A determinação foi realizada no ponto médio de cada sistema, à superfície do solo.

3.4.9. Redução do volume de solo por influência da chuva simulada

Foram coletadas amostras indeformadas com auxílio do amostrador de Uhland. Colocou-se gaze na parte inferior de cada cilindro. Os cilindros foram distribuídos aleatoriamente sob os braços rotativos do simulador de chuvas tipo Swanson, sendo submetidos durante 30 minutos a uma chuva com intensidade de 60 mm/h. Em seguida foi avaliado o rebaixamento do material no cilindro através de medições (espessura da camada rebaixada e/ou perdida por salpicamento).

Todas as determinações químicas e físicas foram feitas com três repetições.

3.5. Determinações mineralógicas

3.5.1. Fração areia

Obteve-se, nessa fração, a relação entre a percentagem de

material considerado leve (peso específico $\leq 2,97$) e material considerado pesado (peso específico $> 2,97$). A separação foi feita utilizando-se tetra-bromoetano. Submeteu-se, ainda, a fração areia fina (como também material do horizonte C) à análise de difração de raios X (método do pó).

3.5.2. Fração argila

Caulinita e gibbsita foram quantificadas, na fração argila desferrificada, através de análise térmica diferencial. A análise mineralógica qualitativa foi realizada com base nos difratogramas obtidos a partir de lâminas orientadas a 25°C e aquecidas às temperaturas de 350 e 550°C (tubo de cobre).

A mineralogia dos óxidos de ferro foi analisada, após tratamento da fração argila com NaOH 5M, para concentração dos mesmos, KÄMPF & SCHWERTMANN (24), em difratogramas obtidos em aparelho de raios X, munido com tubo de cobalto.

A dimensão média dos cristalitos dos óxidos de ferro foi calculada a partir da largura à meia altura e da posição dos reflexos, usando a equação de Scherrer, KLUG & ALEXANDER (26). Quartzo grosseiro foi usado como material de referência visando corrigir o alargamento instrumental dos picos de difração.

O teor de substituição em alumínio na hematita foi calculado de acordo com o método de STEINWEHR (57). No caso da goethita, foi usado o método de SCHULZE (50).

3.6. Índices de erodibilidade empregados

Para efeito de comparação foram adotados índices baseados nas determinações químicas (carbono orgânico) e físicas, para avaliação da erodibilidade dos solos nos diferentes pontos e profundidades.

3.6.1. Razão de dispersão: Proposta por MIDDLETON (35): (% silte + % argila dispersos em água)* / (% silte + % argila totais) - Middleton 1.

3.6.2. Relação de erosão: Proposta por MIDDLETON (35), modificada por LOMBARDI NETO & BERTONI (31), incluindo-se ainda, os teores de silte disperso em água e total, tornando o índice mais próximo à forma original proposta pelo primeiro autor, considerando: [(% silte + % argila dispersos em água) / (% silte + % argila totais)] / (% argila total / % umidade equivalente) - Middleton 2.

3.6.3. Relação de erosão proposta por MIDDLETON (35), modificada por LOMBARDI NETO & BERTONI (31), considerando: (% argila dispersa em água / % argila total) / (% argila total / % umidade equivalente) - Lombardi Neto & Bertoni.

* Estes teores foram obtidos mediante agitação rápida (12000 rpm) , durante 10 min., sem a adição de dispersante químico, conforme metodologia empregada para obtenção do teor de argila dispersa em água, porém, determinando-se também o teor de silte.

3.6.4. Nomograma de WISCHMEIER et alii (65), que considera cinco parâmetros - teor de silte + areia muito fina (0,05 - 0,1mm), teor de areia (0,1 - 2mm), teor de matéria orgânica, tipo e classe de estrutura e classe de permeabilidade - para obtenção do índice.

Para o emprego do nomograma (Figura 5) foram consideradas duas situações:

a) emprego dos dados na sua forma original, Nomograma 1, ou seja, análise granulométrica realizada com dispersante químico (NaOH 0,1N); e,

b) emprego dos dados de forma modificada, Nomograma 2, ou seja, análise granulométrica sem dispersante químico - material disperso em água - onde % de partículas e/ou agregados $< 0,1$ mm substitui % silte + areia muito fina e % partículas e/ou agregados $> 0,1$ mm substitui % areia $> 0,1$ mm; sendo os demais parâmetros os mesmos para a e b, avaliados e empregados conforme a metodologia original.

Os valores da erodibilidade no nomograma apresentam-se em unidades inglesas. A conversão para o sistema métrico foi feita através da multiplicação por um fator igual a 1,292, Wischmeier & Smith, citados por HENKLAIN & FREIRE (20).

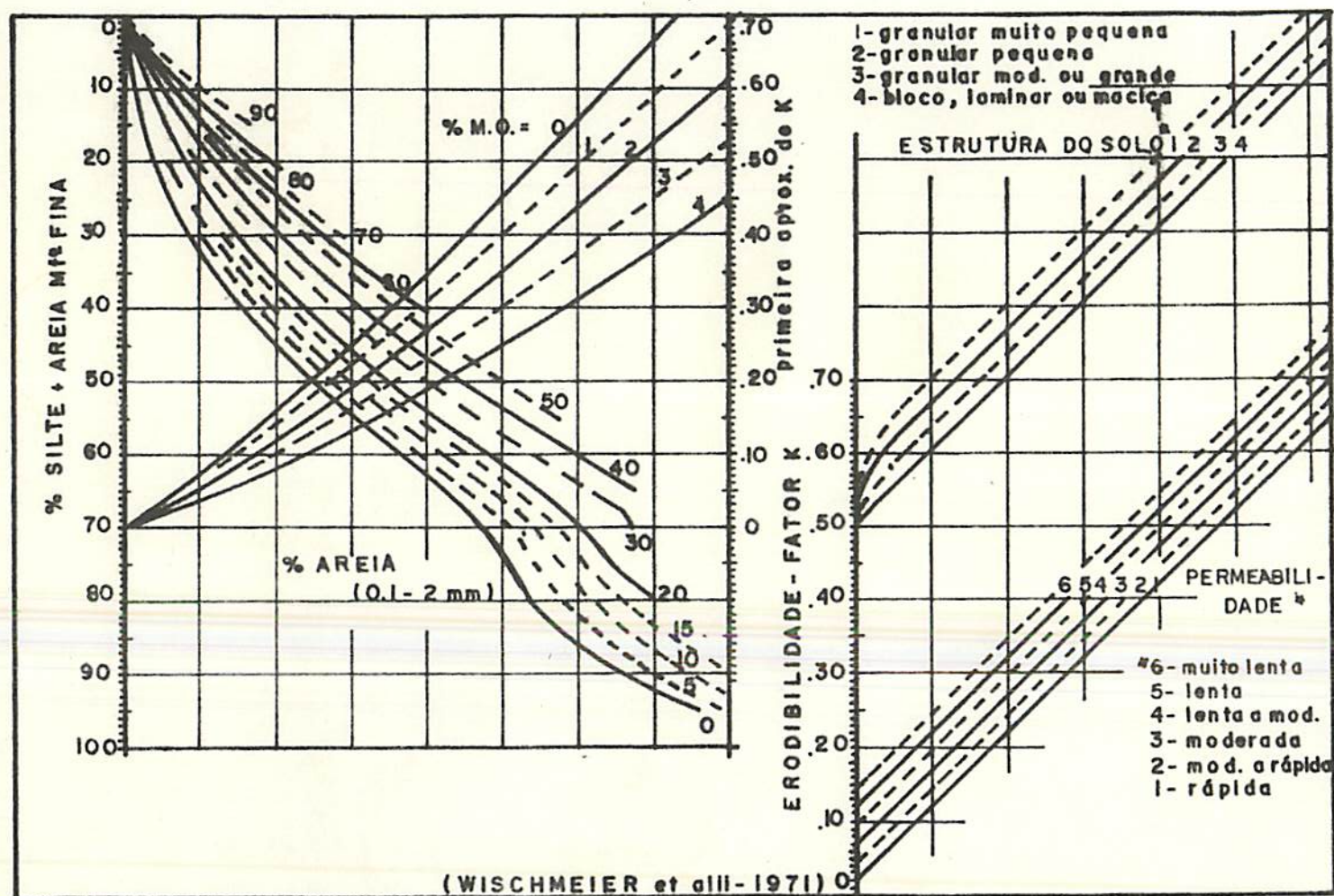


FIGURA 5 - Nomograma de WISCHMEIER et alii (1971) para determinação indireta do índice de erodibilidade de solos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização geral da área - Sequências GM e GL

Comparando-se as duas seqüências a nível de observações de campo - paisagem, o primeiro aspecto que salta à vista é a incidência de voçorocas na seqüência GM - Latossolo Vermelho - Escuro. Este problema não é observado na seqüência GL - Latossolo Vermelho-Amarelo. No entanto, partindo-se para uma observação mais abrangente da paisagem regional, constata-se a ocorrência de tal forma de erosão associada, numa proporção ligeiramente superior, ao Latossolo Vermelho-Amarelo.

A pouca coerência - resistência à ação da água da chuva - principalmente nos horizontes B e C e, a elevada espessura do horizonte C, contrária à reduzida faixa dos horizontes A + B (solum) no perfil, são tidas como as principais causadoras da associação voçoroca x latossolo. É observado ainda que a espessura do solum sofre redução à medida que se avança encosta abaixo, em direção ao talvegue, fato verificado principalmente na seqüência GM, variando de 8 m (GM-1) a 1,2 m (GM-3), podendo ocorrer associação de latossolo com cambissolo de profundo manto de intemperismo no terço in-

ferior da encosta, corroborando as observações de RESENDE et alii (45).

Deve ser ainda salientada a importância do fator antrópico para o surgimento desta forma de erosão, através da construção de estradas e mesmo do manejo desordenado ao qual o solo tem sido submetido ao longo dos anos.

4.2. Caracterização química

4.2.1. Análises de pH, complexo sortivo, P disponível e micronutrientes

Os valores de pH em água e em cloreto de potássio, Δ pH, cátiões trocáveis, saturação de bases, saturação de alumínio e fósforo disponível são apresentados no quadro 1.

Os valores negativos de Δ pH mostram haver, nas duas condições - Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Vermelho-Amarelo - predominância de carga líquida negativa. A manifestação das cargas se faz em pequena intensidade, como pode ser verificado com os resultados da CTC - < 13 meq/100g de argila, após correção para carbono orgânico - mostrando tratar-se de argila de atividade baixa, o que foi confirmado no estudo da mineralogia desses solos.

Os teores de alumínio trocável constituem problemas nos dois casos, principalmente no Latossolo Vermelho-Amarelo, estando o valor da saturação de alumínio acima de 50% na camada superficial dos dois solos, exceto no ponto GM-3. A tendência dos menores teores de alumínio trocável apresentada pelo solo GM deve-se, tal-

QUADRO 1 - Resultados das análises de pH, complexo sortivo e P disponível.

SOLO	Prof.	pH		Δ pH	Complexo Sortivo								Sat.de	Sat.de	P	
		Água	KCl 1N		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	H ⁺	T	bases (V)	Al	Disponível)	
						meq/100g								%		ppm
GM-1	0-20	5,1	4,2	-0,9	0,1	0,1	0,08	0,04	0,3	0,6	5,7	6,6	5	67	1	
	60-80	5,1	4,4	-0,7	0,1	0,1	0,04	0,03	0,3	0,3	4,7	5,3	6	50	1	
GM-2	0-20	5,0	4,1	-0,9	0,1	0,1	0,09	0,04	0,3	0,5	4,8	5,6	5	63	1	
	60-80	5,6	5,2	-0,4	0,1	0,1	0,02	0,04	0,3	0,1	1,9	2,3	13	25	1	
GM-3	0-20	5,2	4,4	-0,8	0,1	0,1	0,07	0,04	0,3	0,2	2,8	3,3	9	40	1	
	60-80	5,5	5,2	-0,3	0,1	0,1	0,04	0,05	0,3	0,1	0,9	1,3	23	25	1	
GL-1	0-20	4,8	3,9	-0,9	0,1	0,1	0,08	0,02	0,3	0,9	3,4	4,6	7	75	1	
	60-80	5,5	4,6	-0,9	0,1	0,1	0,03	0,02	0,3	0,1	0,9	1,3	23	25	tr.*	
GL-2	0-20	4,9	3,9	-1,0	0,1	0,1	0,09	0,02	0,3	1,0	2,6	3,9	8	77	1	
	60-80	5,4	4,5	-0,9	0,1	0,1	0,04	0,04	0,3	0,1	0,9	1,3	23	25	tr.	
GL-3	0-20	4,9	4,0	-0,9	0,1	0,1	0,07	0,01	0,3	0,8	3,5	4,6	7	73	1	
	60-80	5,2	4,6	-0,8	0,1	0,1	0,03	0,01	0,2	0,3	1,4	1,9	11	60	1	

* / tr. = traços.

vez, ao maior teor de gibbsita deste, a qual consome, durante sua formação, aquele cátion da solução do solo.

A saturação de bases - valor V - é reduzida nos dois sistemas, refletindo o intenso processo de intemperismo - lixiviação principalmente no solo GM, o qual apresenta maior permeabilidade, conduzindo à tendência de menores teores da saturação de bases no mesmo.

Os teores de fósforo disponível são extremamente baixos. Isso deve-se à possibilidade de fixação deste elemento principalmente pelos óxidos de ferro e alumínio presentes, além da relativa pobreza em P do material de origem principalmente no sistema GL.

Os micronutrientes (cobre, zinco, ferro e manganês disponíveis) têm seus valores, apresentados no quadro 2, mostrando ligeira superioridade geral nos solos da seqüência GM, concordando com as observações de RESENDE (43) e SANTANA (49), de ser um dos reflexos de maiores teores de ferro na rocha de origem.

4.2.2. Análises do ataque sulfúrico e carbono orgânico

Os dados relativos às determinações do ataque sulfúrico e teor de carbono orgânico, são apresentados no quadro 3.

Talvez a mais relevante comparação entre os dois sistemas seja baseada nos teores de Fe_2O_3 . O solo GM, Latossolo Vermelho-Escuro, apresenta teores variando de 10,9 a 16,5% e o solo GL, Latossolo Vermelho-Amarelo, de 3,4 a 6,1%. Essa diferença é um reflexo do teor de ferro da rocha de origem, gnaisse granítico mesocrático e leucocrático, respectivamente. O teor mais elevado de Fe_2O_3 é re

QUADRO 2 - Resultados das análises da extração com DCB e de micronutrientes disponíveis.

SOLO	Prof.	Micronutrientes					
		Fe _d	Al _d	Cu	Zn	Fe	Mn
		%		ppm			
-cm-							
GM-1	0-20	6,32	2,04	2,4	0,5	158	5,6
	60-80	6,56	1,97	4,6	0,3	102	6,7
GM-2	0-20	7,28	2,01	2,2	0,4	143	4,6
	60-80	5,95	1,95	1,4	0,1	70	3,7
GM-3	0-20	4,99	1,70	0,7	tr.*	79	2,7
	60-80	5,09	1,62	0,5	tr.	77	3,2
GL-1	0-20	3,16	1,55	0,8	tr.	130	3,1
	60-80	3,83	1,46	tr.	tr.	62	3,1
GL-2	0-20	2,58	1,23	0,3	tr.	135	5,4
	60-80	2,66	1,17	tr.	tr.	48	3,2
GL-3	0-20	2,91	1,35	0,9	tr.	149	4,3
	60-80	3,03	1,34	2,3	0,2	52	2,8

* / tr. = traços.

QUADRO 3 - Determinações do ataque sulfúrico e carbono orgânico.

SOLO	Prof.	Ataque por H ₂ SO ₄ - 1:1						SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	C org.
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Al ₂ O ₃ (Ki)	R ₂ O ₃ (Kr)	Fe ₂ O ₃	
	-cm-	%									-%-
GM-1	0-20	19,4	30,7	12,9	1,15	0,02	0,06	1,08	0,85	3,74	1,58
	60-80	19,3	32,3	13,0	1,15	0,03	0,05	1,02	0,81	3,90	1,29
* GM-2	0-20	20,2	28,1	15,3	1,34	0,03	0,07	1,22	0,91	2,88	1,50
	60-80	20,2	30,5	16,5	1,32	0,02	0,06	1,12	0,83	2,90	0,79
GM-3	0-20	21,1	27,5	10,9	0,77	0,02	0,03	1,31	1,04	3,96	1,22
	60-80	21,3	28,2	11,0	0,93	0,02	0,04	1,28	1,03	4,02	0,57
GL-1	0-20	13,0	15,1	5,9	0,41	0,01	0,03	1,47	1,21	4,65	1,15
	60-80	16,2	20,5	6,1	0,49	0,01	0,04	1,34	1,13	5,28	0,36
GL-2	0-20	13,5	15,7	3,6	0,22	0,01	0,03	1,47	1,28	6,85	1,00
	60-80	16,8	21,2	4,4	0,33	0,01	0,03	1,35	1,19	7,56	0,21
GL-3	0-20	11,0	16,9	3,4	0,36	0,02	0,02	1,10	0,98	7,80	1,15
	60-80	13,0	20,2	4,0	0,38	0,01	0,02	1,10	0,97	7,93	0,36

fletido pela cor mais vermelha que, além de indicar a possibilidade de maiores teores de elementos traços, RESENDE (43) e SANTANA (49), indica variação de outros parâmetros de substancial efeito no comportamento do solo frente à erosão.

As relações moleculares $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki) e $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ (Kr) apontam o solo GM, geralmente, como material de maior grau de intemperismo, reflexo da maior taxa de pedogênese/ erosão neste sistema, possibilitada pela maior permeabilidade do mesmo. O solo GL encontra-se num estágio menos avançado de intemperismo, o que pode ser verificado pelas citadas relações moleculares ligeiramente mais elevadas (no geral), além da menor profundidade em que se encontra o horizonte C, reflexo da menor taxa de infiltração que induz a uma menor taxa pedogênese/ erosão.

Os teores de TiO_2 , P_2O_5 e MnO apresentam-se ligeiramente superiores no solo GM, provavelmente devido à presença em maior quantidade destes elementos na rocha de origem - gnaisse granítico mesocrático.

O total da soma dos óxidos do ataque sulfúrico parece acompanhar mais de perto os teores de argila no sistema GL, o que pode ser verificado no quadro 4. O fato dos solos com maior teor de ferro obterem valores sempre mais elevados para a fração argila pela análise mecânica, em relação à soma dos óxidos pela dissolução por ácido sulfúrico, foge às observações de RESENDE (42) e CURRI (9). Provavelmente a presença de mica na fração grosseira dos solos da seqüência GL possa ser a responsável por isso.

Os teores de carbono orgânico tendem a ser mais elevados

QUADRO 4 - Comparação entre o teor de argila pela análise mecânica e a dissolução por H_2SO_4 (soma dos óxidos).

SOLO	Prof.	Argila	Σ Óxidos
	-cm-		%
GM-1	0-20	77	64
	60-80	81	66
GM-2	0-20	72	65
	60-80	74	69
GM-3	0-20	66	60
	60-80	63	61
GL-1	0-20	35	34
	60-80	40	43
GL-2	0-20	36	33
	60-80	41	43
GL-3	0-20	36	32
	60-80	40	38

no sistema GM, possivelmente devido aos seus maiores teores de argila estarem limitando, em maior escala, a atividade microbiana RUSSELL (48) e MEDEIROS (32).

4.2.3. Determinações no extrato do DCB

Os teores de ferro e alumínio extraídos pelo DCB são apresentados no quadro 2 e o gráfico das percentagens acumulativas destes elementos removidos nas extrações sucessivas encontra-se na figura 6.

As curvas obtidas no gráfico não permitem avaliar o comportamento (reatividade) deste ou daquele mineral, relativamente ao ataque do DCB, evidenciando, simplesmente, os maiores teores dos elementos no solo GM e a maior quantidade de ferro comparado ao alumínio nos dois sistemas, conforme é também verificado no quadro 2.

Os teores mais elevados de ferro e alumínio extraídos neste processo são, em parte, responsáveis pela mais elevada estabilidade das unidades estruturais - grânulos - do solo GM, corroborando as conclusões de ROMKENS et alii (46) e ROTH et alii (47).

A relação $Fe_d/Fe_{H_2SO_4}$ apresenta-se mais elevada no solo GL, o que evidencia, segundo SCHWERTMANN et alii (52), menos reservas de Fe disponíveis em minerais primários para a formação de hematita.

4.3. Caracterização física

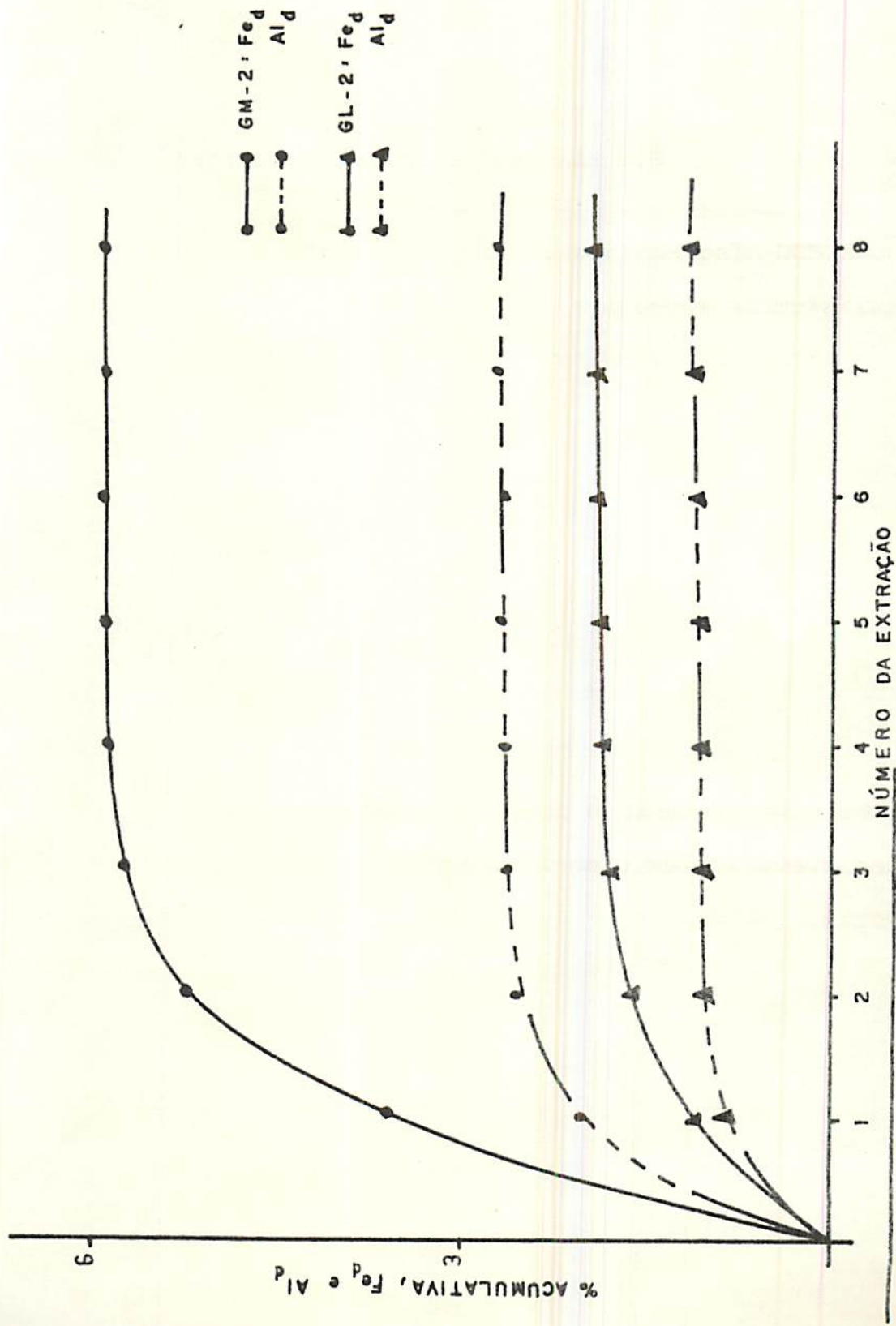


FIGURA 1 - Percentagem acumulativa de Fe e Al extraídos pelo DCB na fração argila.

4.3.1. Aspectos gerais

Os resultados referentes às densidades de partículas e global, porosidade, umidade equivalente, superfície específica e condutividade hidráulica, além das classes de permeabilidade e estrutura necessárias à utilização do método nomográfico (avaliação indireta da erodibilidade) são apresentados no quadro 5.

A densidade global é menor no solo GM, o que parece advir de sua estrutura mais granular e de menor tamanho, a qual confere maior porosidade total a este sistema (vide descrição morfológica no Apêndice). Já o solo GL, devido apresentar unidades estruturais menos arredondadas e partículas possibilitando melhor arranjo, (empacotamento), possui seu espaço poroso mais ocupado por sólidos, refletindo, além da menor permeabilidade, maior densidade global no sistema.

Os valores ligeiramente superiores, no geral, de densidade de partículas no solo GM devem-se ao teor mais elevado de óxidos de ferro no mesmo.

A umidade equivalente e a área superficial específica acompanham os teores de argila total (Quadro 6), sendo mais elevadas no solo GM.

A maior porosidade total verificada no solo GM deve-se, principalmente, à estrutura granular mais pronunciada e de menor tamanho deste solo, conforme mencionado anteriormente, a qual se reflete, também, na sua permeabilidade.

QUADRO 5 - Aspectos físicos gerais.

SOLO	Prof.	Densidade		Porosi- dade total	Umidade equivalente	Área superficial específica	Condutivi- dade hidráulica	Classes ^{1/}	
		global	partículas					permeabi- lidade	estru- tura
	-cm-	g x cm ⁻³			%	m ² x g ⁻¹	mm x h ⁻¹		
GM-1	0-20	1,10	2,66	59	28,9	103	280	1	3
	60-80	0,87	2,67	67	28,1	106	440	1	1
GM-2	0-20	1,10	2,67	59	30,1	96	320	1	3
	60-80	0,93	2,74	66	30,5	96	490	1	1
GM-3	0-20	1,09	2,68	59	31,0	90	280	1	3
	60-80	1,07	2,75	61	30,7	82	60	3	1
GL-1	0-20	1,32	2,62	50	22,6	72	30	3	3
	60-80	1,15	2,69	57	23,8	72	150	2	2
GL-2	0-20	1,41	2,62	46	19,1	65	40	3	3
	60-80	1,16	2,65	56	22,5	66	220	2	2
GL-3	0-20	1,28	2,59	51	17,3	81	130	2	3
	60-80	1,16	2,60	55	17,8	75	220	2	2

^{1/}Classes de permeabilidade e estrutura para uso do nomograma de Wischmeier et alii (1971).

QUADRO 6 - Distribuição das partículas do material de solo disperso com NaOH 0,1N segundo seu tamanho e fracionamento da terra fina em água.

SOLO	Prof.	Granulometria do material disperso com NaOH 0,1N - mm -		%	Granulometria do material disperso com Silte		%	Granulometria do material disperso em água - mm -		%
		(2-0,1) (0,1-0,05) (<0,002)	(0,05-0,002) (<0,002)		Argila	(2-0,1) (0,1-0,05) (<0,002)		(2-0,1) (0,1-0,05) (<0,002)		
GM-1	0-20	11	3	9	77	0,12	57	8	18	17
	60-80	11	2	6	81	0,07	48	11	20	21
GM-2	0-20	9	3	16	72	0,22	35	5	31	29
	60-80	5	2	19	74	0,26	15	8	75	2
GM-3	0-20	7	6	21	66	0,32	41	9	33	17
	60-80	4	7	24	65	0,38	6	8	75	1
GL-1	0-20	39	9	17	35	0,49	49	12	24	15
	60-80	29	10	21	40	0,53	31	10	58	1
GL-2	0-20	41	9	14	36	0,39	47	10	23	20
	60-80	30	10	19	41	0,46	32	13	54	1
GL-3	0-20	43	9	12	36	0,33	60	8	23	9
	60-80	35	9	16	40	0,40	39	9	51	1

4.3.2. Granulometria

A distribuição das partículas dispersas com hidróxido de sódio e em água, segundo seu tamanho, é apresentada no quadro 6.

A granulometria do material de solo disperso com NaOH mostra uma nítida predominância da fração argila no solo GM, com menor variação nos teores de silte entre os dois solos e areia como fração geralmente predominante no solo GL, reflexo do caráter mais ácido do gnaiss granítico leucocrático.

A relação silte/argila encontra-se dentro dos limites exigidos para latossolos e reflete, da mesma forma que os valores K_i e K_r , maior grau de intemperismo do solo GM. O solo GL apresenta no primeiro ponto da seqüência, GL-1, principalmente na camada de 60 - 80cm, a relação mais elevada, sugerindo a presença de minerais primários ainda em vias de serem intemperizados, o que foi verificado também nos difratogramas correspondentes (vide figura 7).

Os teores de silte + areia muito fina, evidências de menor resistência à erosão, segundo WISCHMEIER et alii (65), são geralmente mais elevados nos solos da seqüência GL, revelando variações dentro de cada seqüência, o que será discutido à frente (erodibilidade avaliada indiretamente).

A dispersão do material de solo em água apresentou uma distribuição das partículas e agregados, segundo seu tamanho, diferente daquela do material disperso com NaOH. Houve elevação na quantidade de material do tamanho de silte (0,05 - 0,002 mm), resultante da não desagregação das partículas de argila. Este fato vem confir

mar que, aquele material da fração argila que não se dispersa em água permanece, em grande parte, na fração silte, conferindo ao solo os efeitos negativos relacionados ao elevado teor de material desta fração. Isso corrobora a explicação da ocorrência de encrostamento relacionado com o teor de silte, LEMOS (28) e LEMOS & LUTZ (29), comum em latossolos, principalmente naqueles com elevados teores de gibbsita, RESENDE et alii (45).

A argila dispersa em água segue a tendência geral dos latossolos de apresentarem baixos teores (< 5%) no horizonte B (camada de 60 - 80cm). O valor relativamente elevado no primeiro ponto da seqüência GM está relacionado ao seu teor comparativamente mais elevado de carbono orgânico.

As diferenças apresentadas pelos solos e mesmo pelos diferentes pontos dentro de cada seqüência são melhores expressas pelos índices de erodibilidade discutidos à frente.

4.3.3. Classes de tamanho de agregados

A metodologia de determinação da estabilidade de agregados em água, YODER (67), mostrou-se mais informativa, no caso dos latossolos estudados, na separação dos agregados por tamanho, dando idéia da coerência entre os mesmos. O fato de se tratar os dados do quadro 7 em termos de classes de tamanho de agregados fornece uma melhor associação com erosão do solo, uma vez que o material, em solos bem estruturados e argilosos, é transportado na forma de pequenos agregados estáveis, YODER (67) e RESENDE (43).

A classe de tamanho de agregados de 2 - 7,96mm não distin-

QUADRO 7 - Distribuição dos agregados por classes de tamanho.

SOLO	Prof.	Classes de tamanho de agregados						DMG* (mm)
		7,96-2mm	2-1mm	1-0,5mm	0,5-0,25mm	0,25-0,1mm	<0,1mm	
	-cm-	%						
GM-1	0-20	94,4	1,6	1,2	0,6	2,1	0,1	3,94
	60-80	35,5	12,5	17,8	15,2	14,2	4,8	0,99
GM-2	0-20	89,8	4,2	3,1	1,5	0,9	0,5	3,70
	60-80	44,0	16,4	14,3	10,8	11,7	2,8	1,34
GM-3	0-20	95,6	1,1	1,3	0,6	0,9	0,5	4,04
	60-80	24,3	13,0	17,8	17,8	18,8	8,3	0,68
GL-1	0-20	94,8	1,8	1,1	0,9	0,9	0,5	3,99
	60-80	51,8	10,6	11,2	9,7	12,2	4,5	1,41
GL-2	0-20	92,5	3,0	1,4	0,9	1,3	0,9	3,80
	60-80	64,7	9,1	7,4	5,9	8,4	4,5	1,91
GL-3	0-20	86,8	5,3	2,7	2,0	2,0	1,2	3,40
	60-80	57,1	8,4	9,1	8,5	12,3	4,6	1,53
GM-C**	550	3,4	0,7	1,1	1,9	10,9	82,0	0,07
GL-C**	210	0,9	0,1	0,4	3,2	27,4	68,0	0,08

* Diâmetro médio geométrico, calculado de acordo com KEMPER & CHEPIL (1965).

** Material do horizonte C.

guiu de maneira satisfatória os dois sistemas, por se tratar de uma faixa muito ampla de tamanho. No entanto, no decorrer do processo analítico verificou-se que o material do solo GL apresentou dentro desta classe, agregados de tamanho mais próximos à 7,96 mm, ao passo que o material do solo GM situou-se em faixas de tamanho inferiores (próximos à 2 mm) para grande parte dos agregados dentro desta mesma classe. As demais classes de tamanho, além do diâmetro médio geométrico, apontam o solo GM, de maneira geral, como possuidor de agregados menores, enquadrando-se neste aspecto, como menos resistente à erosão.

A ação da água destruiu completamente qualquer agregação que pudesse ser verificada no material do horizonte C, como pode ser verificado no mesmo quadro, o que explica a facilidade do surgimento de voçorocas quando exposto o material deste horizonte.

4.4. Caracterização mineralógica

4.4.1. Avaliação qualitativa das frações areia e argila

Os difratogramas da fração areia fina mostraram o quartzo como mineral predominante. O material do horizonte C apresentou mica, caulinita e quartzo nos dois pedossistemas, além de hematita (ou magnetita) no GM.

A fração argila tratada com DCB, figura 7, apresentou caulinita e gibbsita como minerais predominantes no solo GM. Observa-se nos difratogramas do solo GL a presença de mica, confirmando as observações morfológicas do perfil, que levaram à adoção da adjeti

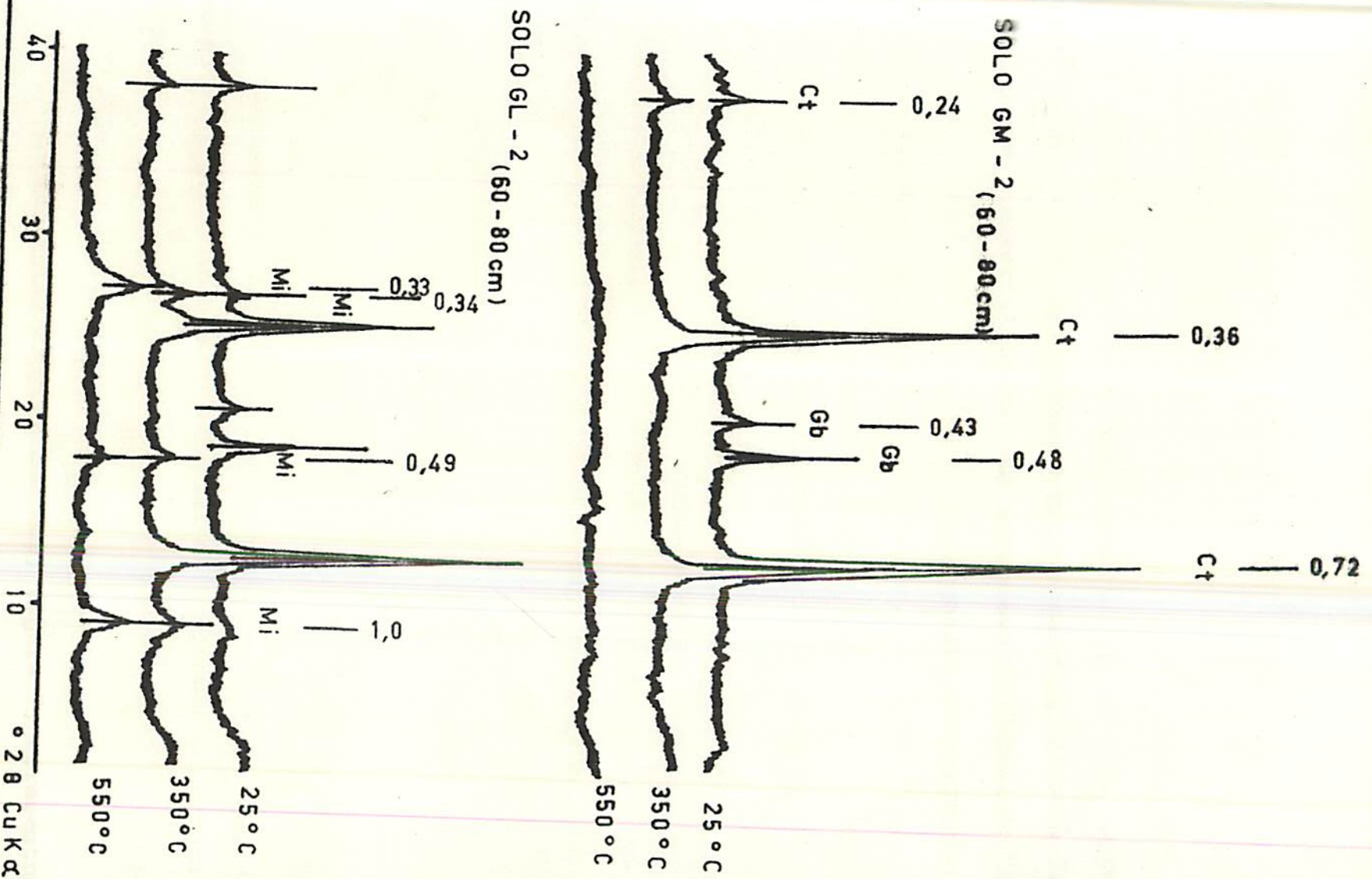


FIGURA 7 - Difractogramas de raios X representativos da fração a_1 gila tratada com DCB (lâminas orientadas). Mi = mica; Ct = caulinita; Gb = gibbsita; números representam espaçamentos d em nm.

vação câmbico para este solo.

4.4.2. Avaliação quantitativa das frações areia e argila

A caracterização da fração areia, no aspecto quantitativo, foi realizada em função da determinação da relação entre minerais leves (peso específico $\leq 2,97$) e pesados (peso específico $> 2,97$) na subfração areia fina. Os resultados obtidos, apresentados no quadro 8, confirmam a presença de minerais mais pesados no material do solo GM, principalmente os minerais de ferro e, provavelmente, também de titânio, herdados da rocha de origem, mais rica nestes elementos.

Na fração argila tratada com DCB foram determinados os teores de caulinita e gibbsita (Quadro 8). Os teores de hematita e goethita, além do teor de substituição isomórfica de ferro por alumínio e o tamanho dos cristalitos destes óxidos de ferro estão representados em parte na figura 8, e os dados encontram-se no quadro 9.

Nos termogramas, figura 9, a gibbsita (Gb) é representada pelo pico endotérmico a 320°C e a caulinita (Ct) a 550°C . Os teores de gibbsita se mostraram maiores no solo GM, contrário aos teores de caulinita, que se mostraram maiores no GL.

A reduzida permeabilidade do sistema GL e, conseqüentemente, menor taxa de lixiviação, favorecem maiores teores de sílica em solução aumentando a relação sílica/alumínio, induzindo a maiores teores de caulinita. O contrário deve ocorrer na seqüência GM, possuindo maior permeabilidade, relativamente maior lixiviação, fa

QUADRO 8 - Teores de caulinita e gibbsita, determinados por ATD, na fração argila livre de óxidos de ferro, e taxa de minerais leves/pesados na fração areia fina.

Solo ^{1/}	Fração Argila		Fração areia
	Caulinita	Gibbsita	Mat.leve/Mat.pesado
	%		
GM-1	51	27	27
GM-2	58	25	16
GM-3	71	22	45
GL-1	70	20	249
GL-2	78	20	249
GL-3	70	22	332

^{1/} As determinações foram realizadas em material de solo coletado na camada de 60-80cm.

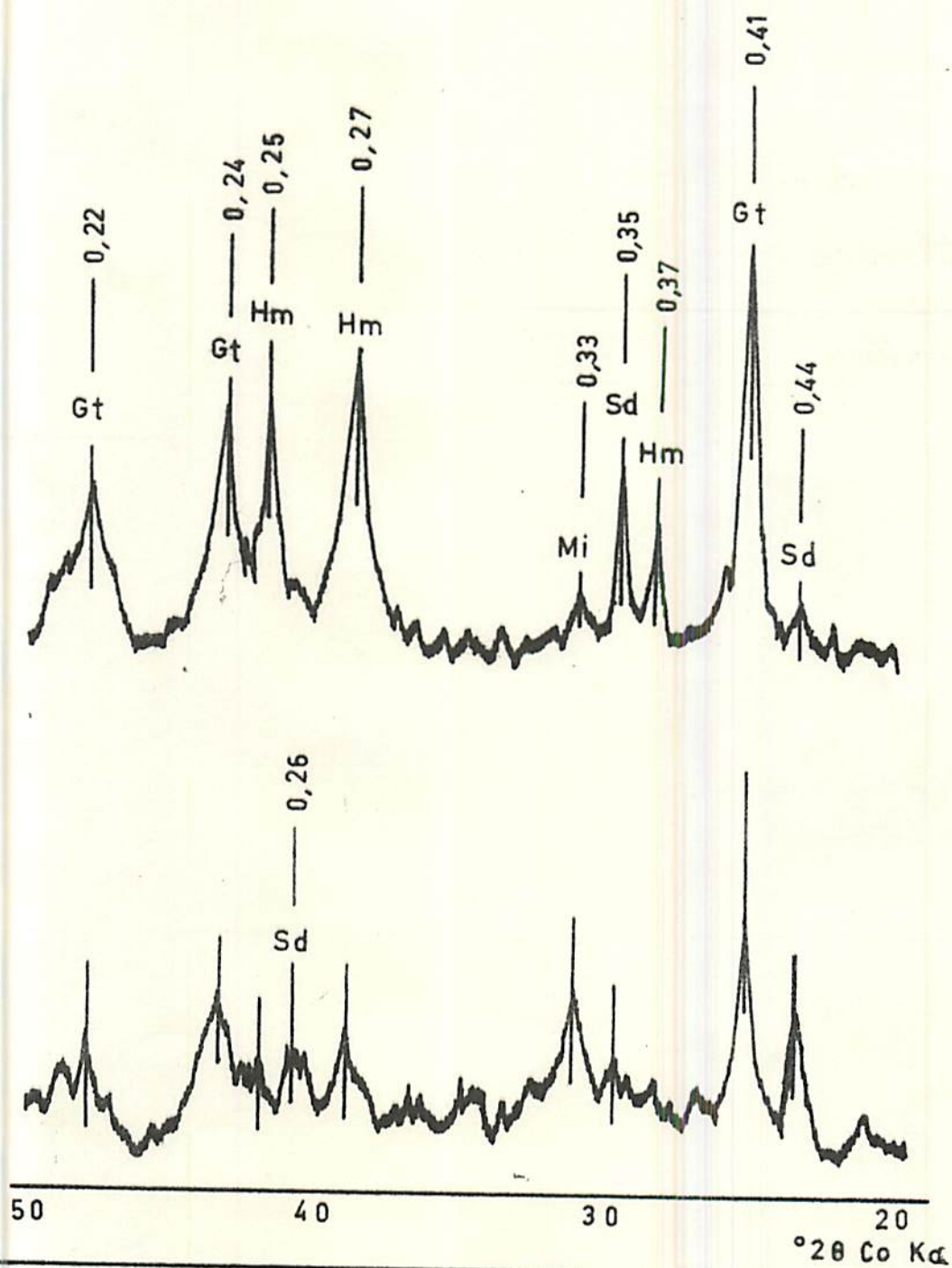


FIGURA 8 - Difratoogramas de raios X representativos da fração argila tratada com NaOH 5M (método do pó) da camada de 60-80cm dos solos. Sd = sodalita; Gt = goethita; Hm = hematita; Mi = mica; números representam espaçamentos d em nm.

QUADRO 9 - Cor do solo, teor dos óxidos de ferro, substituição em alumínio e dimensão média dos cristalitos na fração argila concentrada com NaOH 5M.

Solo ^{1/}	Cor (úmida)	Cor	$\frac{Gt}{Gt+Hm}$	$\frac{A_{110}}{A_{110}+A_{012}}$ ^{2/}	Fe _d	Fe-Gt	Fe-Hm	Gt	Hm	Substituição Isomórfica		Dimensão média dos cristalitos	
										Gt (110e111)	Hm (110)	Gt (110)	Hm (110)
					%					mol %		nm	
GM-1	2,5	YR 3/6	0,68		6,6	4,5	2,1	7,1	3,0	27	10	15	20
GM-2	2,5	YR 3/5	0,80		6,0	4,8	1,2	7,6	1,7	28	15	15	27
GM-3	2,5	YR 4/4	0,84		5,1	4,3	0,8	6,8	1,2	28	16	15	29
GL-1	5	YR 4/6	1		3,8	3,8	-	6,1	-	32	16	13	24
GL-2	5	YR 4/6	1		2,7	2,7	-	4,2	-	33	17	14	25
GL-3	5	YR 5/8	1		3,0	3,0	-	4,8	-	33	16	19	25

^{1/}As determinações foram realizadas em material de solo coletado na camada de 60-80cm.

^{2/}Relação obtida através das áreas dos reflexos correspondentes.

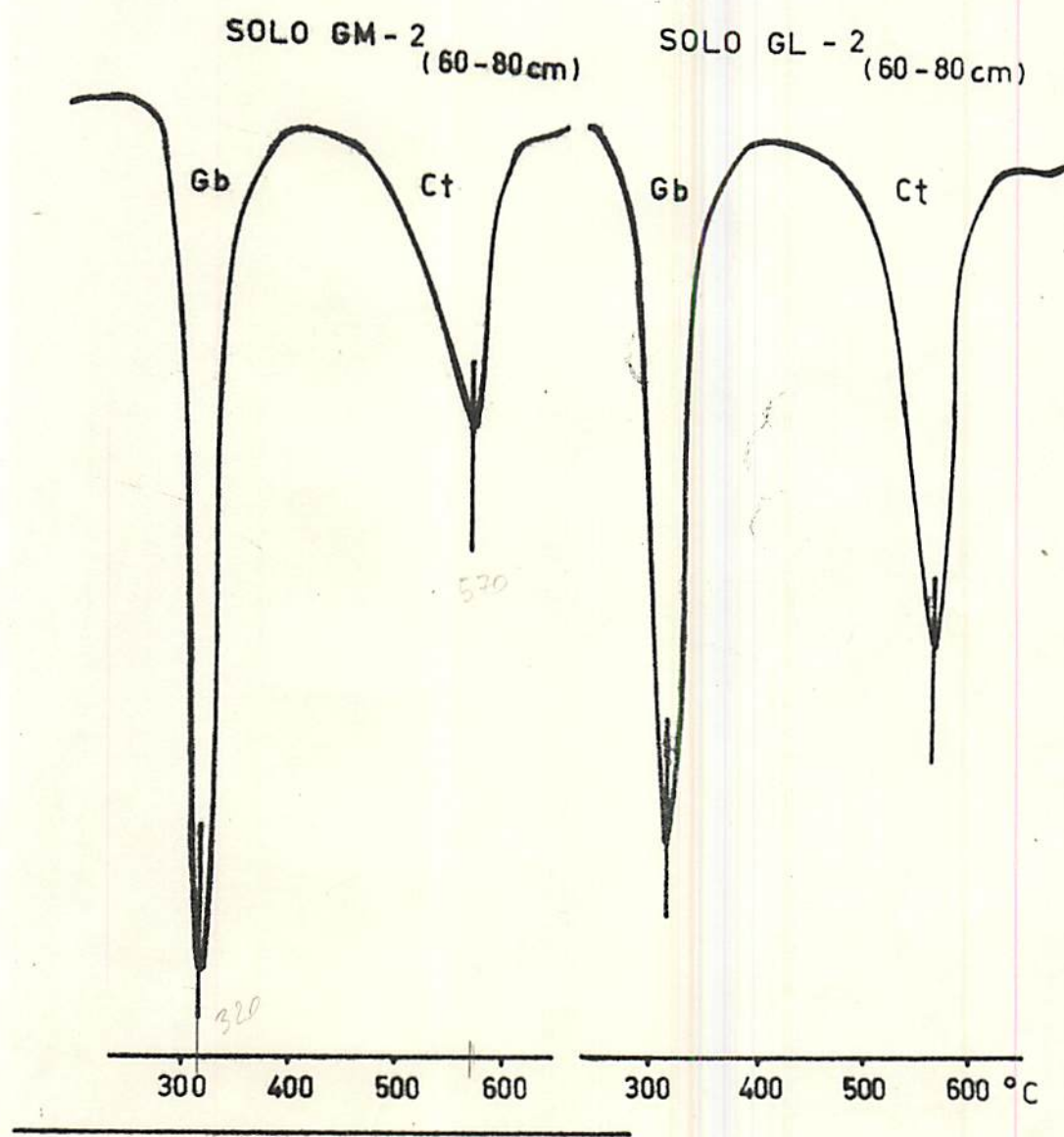


FIGURA 9 - Curvas de Análise Térmica Diferencial (ATD), representativas dos solos. Ct = caulinita; Gb = gibbsita.

vorecendo remoção de sílica e precipitação de alumínio na forma de gibbsita. Adicione-se a isto, a provável maior "fixação" de sílica no sistema GM, em função do seu teor mais elevado de óxidos de ferro.

Os teores de hematita (Hm) e goethita (Gt) confirmam a importância do primeiro mineral na pigmentação do solo. O solo GM - Latossolo Vermelho-Escuro - apresentou, na fração argila concentrada, teores de hematita variando de 1,2 a 3,0%, em consonância com seus matizes mais avermelhados, em comparação ao solo GL - Latossolo Vermelho-Amarelo. A inexpressiva presença de hematita no solo GL, observada no difratograma (Figura 8), deve-se ao menor teor de ferro na rocha de origem e, possivelmente, a um sistema mais úmido, favorecendo a presença de goethita, contrário à condição do solo GM.

Os valores de substituição em alumínio foram superiores na goethita, em concordância com KÄMPF et alii (23), evidenciando ainda que no solo GL houve maior substituição na estrutura deste mineral. A ocorrência de goethita com alta substituição em alumínio no latossolo mais amarelado, originado de rochas com menor teor de ferro, concorda, respectivamente, com as observações de CURTI & FRANZMEIER (10) e RESENDE (42).

4.5. Coerência e permeabilidade

Os maiores teores de matéria orgânica, gibbsita e óxidos de ferro e alumínio livres conferem ao solo GM uma estrutura granular mais pronunciada e de tamanho menor, corroborando as afirma

ções de (45, 46 e 47). Este fato confere ao solo GM menor coerência entre os agregados e maior permeabilidade, verificada no laboratório, conforme se observa no quadro 5, o que se confirma pela curva de velocidade de infiltração, apresentada na figura 10, determinada no campo.

O solo GL apresenta menores teores de matéria orgânica, gibbsita e óxidos de ferro e alumínio livres, com predominância de caulinita, que confere, segundo UFV (60), maior coerência entre agregados. A permeabilidade é menor, principalmente na camada de 0 - 20 cm dos dois primeiros pontos (GL-1 e GL-2), o que também é demonstrado na curva de velocidade de infiltração. Não se pode excluir também a possibilidade de uma maior compactação a que tenha sido submetido tal solo.

De modo geral, o solo GM - Latossolo Vermelho-Escuro - constitui-se num sistema de menor coerência e maior permeabilidade, apresentando o solo GL - Latossolo Vermelho-Amarelo - situação inversa, corroborando, em parte, as observações de RESENDE et alii (45).

4.6. Avaliação da erodibilidade do solo

4.6.1. Efeito da chuva simulada no material do solo

A aplicação de chuva simulada sobre o material de solo, inclusive em material do horizonte C, promoveu a redução do volume do mesmo cujos percentuais são apresentados no quadro 10.

A redução foi ligeiramente mais acentuada no material do

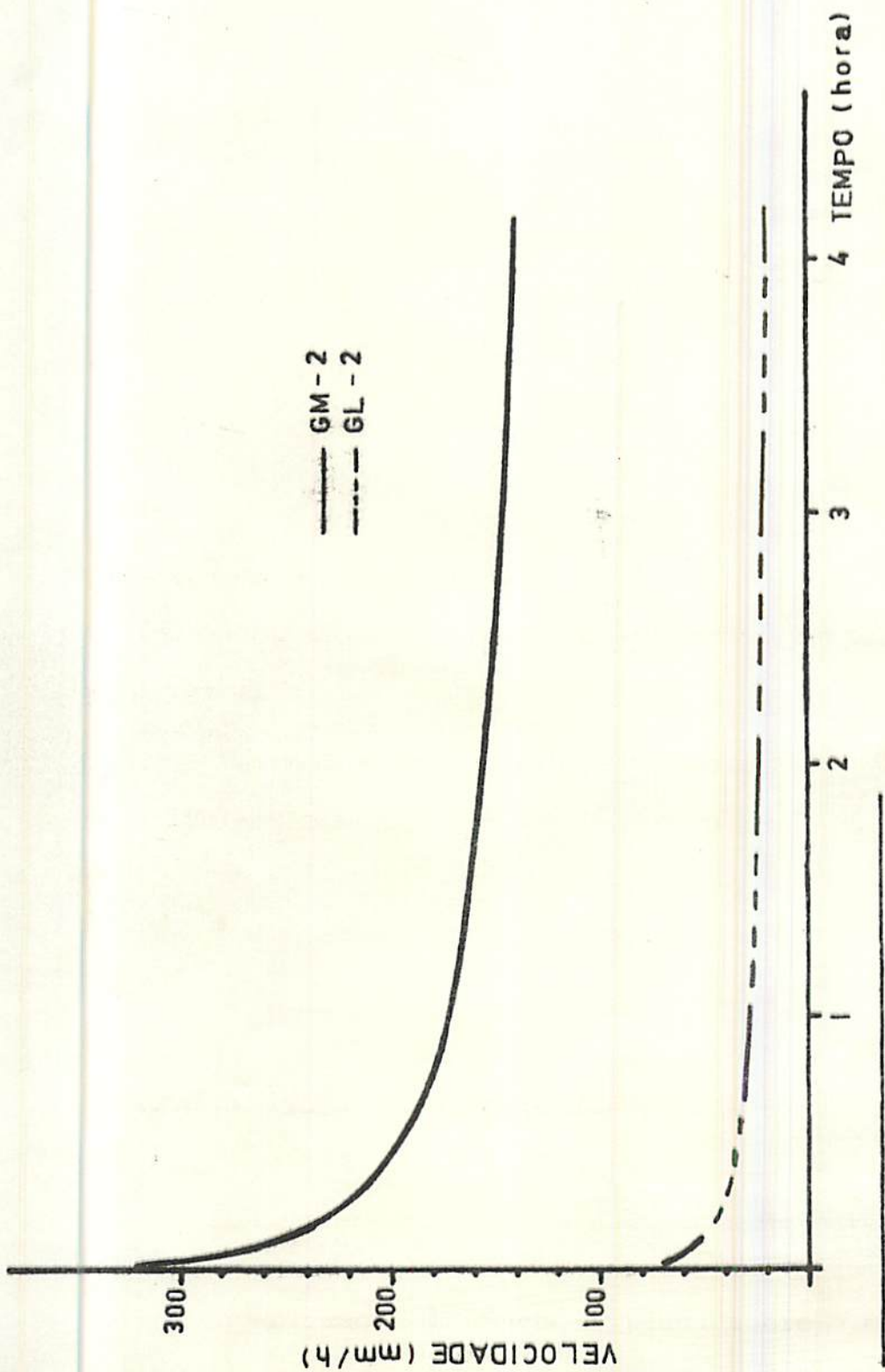


FIGURA 10 - Curvas de velocidade de infiltração x tempo, determinadas no ponto 2 de cada sequência (mm/h).

QUADRO 10 - Resultados da redução do volume de solo, sob aplicação de chuva simulada, e índices de erodibilidade empregados.

SOLO	Prof.	Redução do volume de solo pela chuva ^{1/}	Lombardi			
			Middleton 1	Middleton 2	Neto & Ber-toni	Nomograma 1 2
	-cm-	%				
GM-1	0-20	1,7	0,41	0,15	0,08	0,01
	60-80	4,6	0,47	0,16	0,09	0,01
GM-2	0-20	1,7	0,68	0,28	0,17	0,03
	60-80	4,3	0,83	0,34	0,01	0,01
GM-3	0-20	3,4	0,57	0,27	0,12	0,04
	60-80	3,1	1,01	0,49	0,01	0,10
GL-1	0-20	1,7	0,75	0,48	0,28	0,17
	60-80	2,5	0,97	0,58	0,01	0,16
GL-2	0-20	1,7	0,86	0,46	0,29	0,17
	60-80	3,1	0,92	0,47	0,01	0,13
GL-3	0-20	1,7	0,67	0,32	0,12	0,12
	60-80	3,5	0,93	0,41	0,01	0,12

^{1/}Aplicação de chuva simulada (60mm/h, durante 30 min.) em material de solo contido em cilindros (6,9cm de ϕ e 8,3cm de altura).

solo GM, influenciada, possivelmente, pelo maior espaço poroso e agregados de tamanho menor, que possibilitaram maior acamamento e ajustamento do material.

Verificou-se, durante a aplicação da chuva, que o material foi lançado para fora do cilindro (salpicamento), a partir do momento em que houve acúmulo de água à superfície do mesmo. Isso leva a sugerir que, o material de solo com menor permeabilidade foi submetido por mais tempo ao "salpicamento", uma vez que a superfície saturava-se mais rapidamente. Desta forma, a perda de material teria sido mais pronunciada no material do solo GL, sendo o material do solo GM submetido mais ao processo de acamamento de seus agregados e partículas (fato observado principalmente na camada de 60 - 80cm, local de maior espaço poroso e agregados menores), o que não deixa de ser um transtorno quanto à erosão.

O rebaixamento do material do horizonte C deve-se quase que exclusivamente a "salpicamento", uma vez que a água acumulou-se à superfície do mesmo já a partir das primeiras gotas, em função de sua baixa permeabilidade (aproximadamente 5 mm/h nos dois solos). A menor perda observada no horizonte C do solo GM (1,7% de redução de volume contra 3,5% no solo GL), deve-se, presumivelmente, ao seu maior teor de óxidos de ferro extraídos pelo ataque sulfúrico (15,1% contra 3,6% do material do solo GL), promovendo, relativamente, maior "agregação" e conseqüentemente maior resistência à perda.

4.6.2. Erodibilidade avaliada indiretamente

Os latossolos, de maneira geral, são apontados como solos

de características químicas não muito boas, em face da sua baixa fertilidade natural e características físicas excelentes, quanto à facilidade de manejo. No entanto, constituem-se em uma classe de solos também susceptíveis à erosão. A aplicação de índices, para cálculo da erodibilidade, baseados principalmente na granulometria, fornece resultados até certo ponto ilusórios, haja visto o método nomográfico que tende a subestimar a erodibilidade. HENKLAIN & FREIRE (20) obtiveram, para Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho-Escuro, valores reduzidos com o método nomográfico quando comparados aos valores obtidos com chuva simulada e natural. OLIVEIRA & BAHIA (36) obtiveram índices até mesmo negativos para Latossolo Vermelho-Escuro.

Os resultados constantes do quadro 10 referem-se a índices de erodibilidade dos solos, calculados segundo diversos autores e, ainda, a índices calculados de uma maneira alternativa, visando sua aplicação aos solos estudados. Tais resultados são unânimes em apontar o solo (GL) como aquele de menor resistência à ação erosiva da água.

O índice de Middleton 1 considera a facilidade de dispersão do material em água, nos tamanhos de silte e argila, em relação aos teores destas frações dispersas com NaOH e apresenta os valores mais elevados para os dois solos. O quociente destes valores pela relação argila total/umidade equivalente, Middleton 2, provocou uma redução dos mesmos.

LOMBARDI NETO & BERTONI (31) utilizam o índice de MIDDLETON (35), com modificações. O índice proposto pelos autores aponta, também, diferenças entre os dois conjuntos, principalmente para a cama

da de 0 - 20cm. Porém, enquadra a camada de 60 - 80cm dos dois sistemas, à exceção, do ponto GM-1 (maior teor relativo de matéria orgânica), como praticamente de mesma erodibilidade e com valores bastante reduzidos, o que parece não condizer com a realidade.

O método nomográfico aponta, da mesma forma que os demais, diferenças entre os solos e confere ao solo GM valores bastante reduzidos, semelhantes àqueles encontrados por HENKLAIN & FREIRE (20) em solo da mesma classe (Latosolo Vermelho-Escuro). Aplicando-se os valores da fração menor que 0,1mm dispersa em água em substituição ao silte + areia muito fina e, material (agregados e/ou partículas) > 0,1mm substituindo os valores de areia > 0,1mm, obteve-se valores mais elevados (Nomograma 2).

Os índices Middleton 1 e 2 e, Wischmeier modificado (Nomograma 2), apontam diferenças entre as camadas dos solos, conferindo à camada de 60 - 80cm maior índice, o que parece representar melhor a realidade destes solos. Há, no entanto, necessidade de revalidação destes dados, através de futuros e mais abrangentes estudos, que comparem a adoção dos índices na forma indicada com métodos diretos de obtenção da erodibilidade, principalmente para os latossolos.

A figura 11 permite a comparação dos índices obtidos com as classes de erodibilidade sugeridas por FREIRE & PESSOTI (17), adaptadas também ao sistema métrico.

4.6.3. Comparações dentro de cada sistema

4.6.3.1. Seqüência GM

A atuação da chuva simulada no material do solo GM evidenci

□ camada 0-20 cm
 ■ camada 60-80 cm

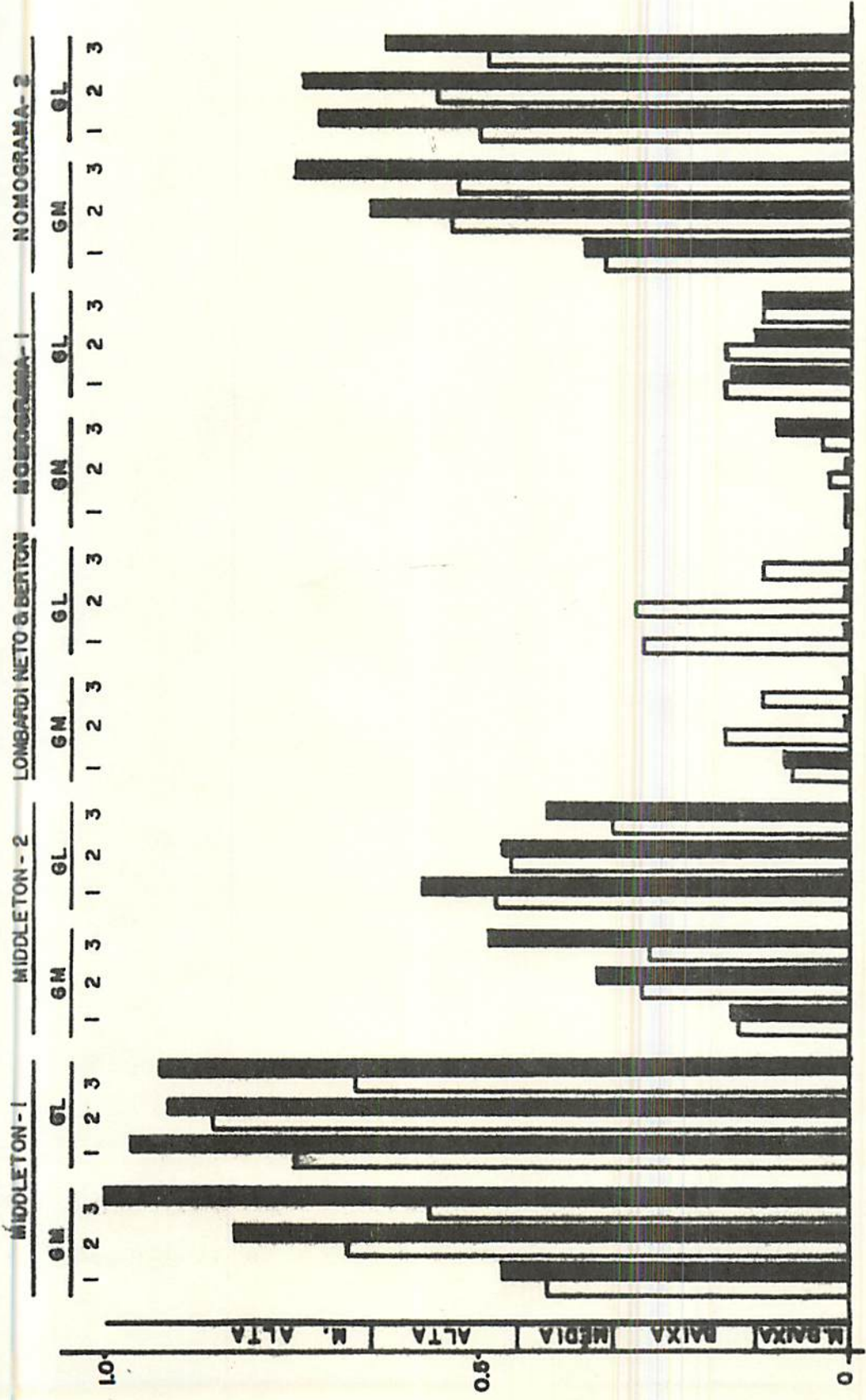


FIGURA 11 - Diagrama ilustrativo da comparação dos índices obtidos no presente estudo com as classes de erodibilidade sugeridas por FREIRE & PESSOTI (1974).

ou uma diferenciação entre as camadas nos diferentes pontos, exceto em GM-3, provavelmente devido à sua amplitude de porosidade total mais reduzida. O material da camada de 0 - 20cm neste ponto, comparado aos demais na mesma seqüência, teve maior redução do seu volume, função, talvez, da percentagem ligeiramente superior das frações do tamanho de silte e areia muito fina, favorecendo o salpicamento, além do teor de ferro ser mais reduzido neste local.

Os índices apontam resultados aproximados para as duas camadas no GM-1, o que provavelmente se deva ao teor relativamente mais elevado de matéria orgânica e de argila dispersa em água da camada 60 - 80cm. O ponto GM-3, camada de 60 - 80cm, apresentou maior índice de erodibilidade, exceto quando calculado segundo LOMBARDI NETO & BERTONI (31). Trata-se da parte mais baixa da seqüência amostrada, com espessura relativamente reduzida do solum (aproximadamente 1,2m), apresentando relação silte/argila mais elevada, além do menor diâmetro geométrico dos agregados.

4.6.3.2. Seqüência GL

A chuva simulada não promoveu, relativamente ao sistema GM, muita diferença no material da seqüência GL, mantendo constante a tendência de maior redução de volume no material da camada de 60 - 80cm, em face, talvez, da maior porosidade total apresentada e maior facilidade de ajustamento entre partículas e/ou agregados desta camada em comparação à camada de 0 - 20cm.

Os índices apontam o GL-3, camada de 0 - 20cm, como material ligeiramente mais resistente dentro da seqüência, o que se deve, presumivelmente, ao menor teor de argila dispersa em água quando

comparado à mesma camada nos demais pontos da seqüência.

4.7. Aplicações práticas

A tradução dos resultados de pesquisa, para linguagem simples, possibilita melhor aplicação destes por parte de extensionistas e, mesmo, agricultores. Nesse contexto, em face da importância do aspecto conservacionista, esse trabalho sugere o emprego de atributos simples, como cor do solo e espessura do solum, para diferenciação de ambientes, adotando-se dentro da classe de latossolos - de características e propriedades semelhantes aos empregados nesse estudo - a cor vermelha e a maior espessura do solum como reflexos de maior resistência à erosão, em relação à cor amarelada e maior proximidade do horizonte C à superfície.

Este fato permite, antes do manejo do solo, prevenir contra eventuais problemas, dado à simplicidade da observação sugerida. É importante salientar que, ao contrário do que se pensa, os latossolos não são tão resistentes à ação erosiva da água da chuva, principalmente em se tratando de horizonte C, o qual, quando atingido, fatalmente conduz ao abandono de glebas.

A elaboração de tabelas para espaçamento de terraços, riques de vegetação e outras práticas conservacionistas deve fundamentar-se, além da declividade, nos atributos de fácil verificação no campo (espessura do solum e cor), propiciando um melhor planejamento de uso da terra do ponto de vista conservacionista.

Para avaliação da erodibilidade, de forma indireta, em la-

tossolos, deve-se adotar índices que considerem a facilidade de dispersão do material de solo em água nas demais frações além da argila ou, talvez, adaptar-se as formas de avaliação já existentes para observação deste parâmetro de fundamental importância no comportamento desta classe de solo.

2V { + cor
 + quieto
 2E { + cor
 + esp.

5. CONCLUSÕES

1 - A grande maioria dos parâmetros estudados revelou que o Latossolo Vermelho-Escuro é mais resistente à erosão em comparação ao Latossolo Vermelho-Amarelo, na região estudada.

2 - A cor do solo e a espessura do solum, dentro da classe dos latossolos, por estarem refletindo condições intrínsecas dos solos que influenciam sua erodibilidade, fornecem informações úteis e facilmente transferíveis para manejo e uso racional da terra.

3 - A textura do solo parece não permitir boa estimativa da erodibilidade na faixa relativa ao horizonte B (60 - 80cm), devendo ser observada também, para a obtenção dos índices, a distribuição dos agregados e partículas dentro das frações areia, silte e argila, dispersos em água.

4 - O teor de ferro no solo é um importante condicionador de suas características e propriedades, destacando-se cor, coerência entre partículas e taxa de infiltração, permitindo um melhor aproveitamento dos dados contidos nos relatórios de levantamentos pedológicos, para indicação de planejamentos agrícolas adequados.

6. RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo primordial relacionar a resistência do solo à erosão com teor de ferro, parâmetros físicos e mineralógicos dos solos.

O estudo foi realizado em solos classificados, pelo sistema Brasileiro, em LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO EPIÁLICO ENDODISTRÓFICO A moderado textura muito argilosa fase cerrado relevo suave ondulado e, LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO EPIÁLICO ENDODISTRÓFICO câmbico A moderado textura argilosa fase cerrado relevo suave ondulado. Pela Soil Taxonomy, SMSS (1985), tais solos foram classificados em Typic Haplorthox, clayey, oxidic, isothermic e, Typic Haplorthox, fine-loamy, siliceous, isothermic. Estão inseridos, respectivamente, nos municípios de Lavras e Itumirim, na região Sul do Estado de Minas Gerais.

Os resultados obtidos permitiram verificar que o teor de óxidos de ferro, refletido na cor dos solos, influencia características e propriedades que governam, em última análise, o balanço da coerência entre agregados e permeabilidade, condicionador do comportamento do solo frente ao processo erosivo.

A maiores teores de óxidos de ferro, observados no Latosso

lo Vermelho-Escuro, correspondem maiores teores de gibbsita em relação à caulinita, maior grau de arredondamento das unidades estruturais, propiciando menor coerência entre agregados e maior permeabilidade, porém, dentro de limites que parecem conferir uma condição mais ideal de balanço entre os dois últimos parâmetros neste solo, conferindo-lhe maior resistência à erosão em relação ao Latossolo Vermelho-Amarelo.

A cor do solo e a espessura do solum mostraram ser atributos que podem ser usados para transferir esses conhecimentos, de forma bastante simples e efetiva, porém sem perder o poder sintetizador e informativo da taxonomia de solos.



7. SUMMARY

RELATIONSHIPS AMONG EROSION, AMOUNT OF IRON, PHYSICAL AND MINERALOGICAL PARAMETERS OF SOILS IN LAVRAS REGION, MINAS GERAIS STATE, BRAZIL

The main objective of this work was to relate the soil resistance to erosion with amount of iron, physical and mineralogical parameters of soils.

This was carried out using soils classified in the Brazilian system as gentle undulate relief, cerrado phase, very clayey texture, moderate A, epiallic endodystrophic Dark Red Latosol, and gentle undulate relief, cerrado phase, clayey texture, moderate A, epiallic endodystrophic Red Yellow Latosol. By according to Soil Taxonomy (SMSS, 1985) these soil were classified as Typic Haplorthox, clayey, oxidic, isothermic, and Typic Haplorthox, fine-loamy, siliceous, isothermic. They are included, respectively, in Lavras and Itumirim towns, south of Minas Gerais State, Brazil.

The obtained data allowed to verify that the amount of iron oxides, as reflected in soils color, influences properties which control the balance between coherence and permeability, con-

ditioner of soil behavior in relation to erosion process.

To greater amounts of iron oxides, observed in the Dark Red Latosol, correspond greater amounts of gibbsite in relation to kaolinite, higher degree of structural units roundness, resulting smaller aggregates coherence and higher permeability, but within limits which seem to furnish a more ideal condition of balance between the last parameters in this soil, giving to it higher erosion resistance in relation to Red Yellow Latosol.

The soil color and solum thickness showed to be characteristics which can be used to transfer these knowledge, in a very simple and effective way, but without losing the synthetic and informative power of soil classification.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANGULO, R. J. Relações entre a erodibilidade e algumas propriedades de solos brasileiros. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1983. 129p. (Tese MS).
2. AYRES, A. C. La erosion del suelo y su control. Barcelona, Omega, 1960. 441p.
3. BENNET, H. H. Soil conservation. New York, Mc-Graw-Hill, 1939. 993p.
4. BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba, Livroceres, 1985. 392p.
5. BLAKE, G. R. Bulk density. In: BLAKE, C. A. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. V.1, p.374-90.
6. BLAKE, G. R. Particle density. In: BLAKE, C. A. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. V.1, p.371-3.
7. BROWNING, G. M. Changes in the erodibility of soils brought about by the application of organic matter. Soil Science Society of América Proceedings, Gainesville, 2:35-96, 1973.

8. CASTRO NETO, P. & SILVEIRA, J. V. Precipitação provável para Lavras, Região Sul de Minas Gerais, baseada na função de distribuição de probabilidade gama. I período mensais. Ciência e Prática, Lavras, 5(2):145-51, jul./dez. 1981.
9. CURI, N. Lithosequence and toposequence of Oxisols from Goiás and Minas Gerais State, Brasil. West Lafayette, Purdue University, 1983. 158p. (Tese Ph.D).
10. _____ & FRANZMEIER, D. P. Toposequence of Oxisols from the Central Plateau of Brazil. Soil Science Society of America Journal, Madison, 48(2):341-6, Mar./Apr. 1984.
11. DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. V.1, p.545-66.
12. ELSON, J. & LUTZ, J. F. Factors affecting agregation of Cecil soils and effect of agregation on run-off and erosion. Soil Science, Baltimore, 50(3):265-75, Sept. 1940.
13. EL-SWIFY, S. A. & DANGLER, E. W. Erodibilities of selected tropical soils in relation to structural and hydrologic parameters. In: SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA. Soil erosion prediction and control. Ankeny, 1977. p.105-14. (Special Publication, 21).
14. _____ & _____. Rain-fall erosion in the tropics: a state-of-the-art. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. Soil erosion and conservation in the tropics. Madison, 1982. p.1-26. (Special Publication, 43).

15. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1979. n.p.
16. FISCHER, W. R. & SCHWERTMANN, U. The formation of hematite from amorphous iron (III) hydroxide. Clays and Clay Minerals, Clarkson, 23:33-7, 1975.
17. FREIRE, O. & PESSOTI, J. E. S. Erodibilidade de solos do Estado de São Paulo. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 31:333-40, 1974.
18. FURLANI, G. M. As bossorocas de Casa Branca e seu significado geomorfológico. Geomorfologia, São Paulo, 10:12-15, 1969. (Notas Prévias).
19. HEILMAN, M. D.; CARTER, D. L. & GONZALES, G. L. The ethylen glycol monoethyl ether (EMEG) technique for determining soil surface área. Soil Science, Baltimore, 100:409-13, 1965.
20. HENKLAIN, J. C. & FREIRE, O. Avaliação do método nomográfico para determinação da erodibilidade de latossolos do Estado do Paraná. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 7(2):191-5, maio/ago. 1983.
21. HUDSON, N. W. Soil conservation. 2.ed. Ithaca, Cornell University Press, 1982. 324p.
22. _____. Soil conservation research and training requirements in developing tropical countries. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. Soil erosion and conservation in the tropics. Madison, 1982. p.121-33. (Special Publication, 43).

23. KÄMPF, N.; RESENDE, M. & CURI, N. Iron oxides in Brazilian Oxisols. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8, Rio de Janeiro, 1986. Proceedings... Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1987. (No prelo).
24. _____ & SCHWERTMANN, U. The 5M NaOH concentration treatment for iron oxides in soils. Clays and Clay Minerals, Clarkson, 30:401-8, 1982.
25. KEMPER, W. D. & CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C. A., Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part. 1, p.499-509. (Agronomy, 9).
26. KLUG, H. P., & ALEXANDER, L. E. X-ray diffraction procedures for polycrystalline and amorphous materials. New York, John Wiley, 1974. 966p.
27. KRISHNA MURTI, G. S. R.; VOLK, V. V. & JACKSON, M. L. Colorimetric determination of iron of mixed valency by orthophenanthroline. Soil Science Society of America Proceedings, Madison 30(5):663-4, Sept./Oct. 1966.
28. LEMOS, P. O. C. Soil crusting and some factors affecting it. Raleigh, Faculty of North Carolina State College, 1956. 74p. (Tese MS).
29. _____ & LUTZ, J. F. Soil crusting and some factors affecting it. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 21:485-91, 1957.

30. LEMOS, R. C. & SANTOS, R. D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1982. 45p.
31. LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Erodibilidade de solos paulistas. Campinas, Instituto Agrônômico, 1975. 12p. (Boletim Técnico, 27).
32. MEDEIROS, L. A. R. Caracterização e gênese de solos derivados de calcário e de sedimentos terciários da Região da Jaíba, Norte de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1977. 107p.
33. MEHRA, O. P. & JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite - citrate sistem buffered with sodium bicarbonate. Clays and Clay Minerals, Clarkson, 7:317-27, 1960.
34. MENDES, J. F. Características químicas e físicas de alguns solos sob cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CERRADOS, 2, Sete Lagoas, 1967. Anais... Sete Lagoas, IPEACO, 1972. p.51-63.
35. MIDDLETON, H. E. Properties of soil which influence soil erosion. Washington, USDA, 1930. 16p. (Technical Bulletin, 178).
36. OLIVEIRA, V. H. & BAHIA, V. G. Erodibilidade de seis solos do município de Lavras - MG, usando o método do nomograma. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(9):1163-8, set. 1984.

37. PEELE, T. C. The relation of certain physical characteristics to the erodibility of soils. Soil Science Society of America Proceedings, Morganton, 2:97-100, 1937.
38. _____; BEALE, O. W. & LATHAM, E. E. The effect of lime and organic matter on the erodibility of Cecil clay. Soil Science Society of America Proceedings, Morganton, 3:289-95, 1938.
39. PEREIRA, W. Avaliação da erosividade das chuvas em diferentes locais do Estado de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1977. 73p. (Tese MS).
40. POMBO, L. C. A.; KLANT, E.; KUNRATH, I.; GIANLUPPI, D. Identificação de óxidos de ferro na fração argila de Latossolo Roxo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 6:13-7, 1982.
41. RESENDE, M. Interpretação de um trecho de mapa de solos do Brasil. Viçosa, UFV, 1985. 55p. (Mimeografado).
42. _____. Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1976. 237p. (Tese Ph.D).
43. _____. Pedologia. Viçosa, UFV, 1982. 100p.
44. _____ & FRANZMEIER, D. P. Mineralogy of brasilian oxisols aproposed general model. Viçosa, UFV, 1982. 2p.
45. _____; REZENDE, S. B. & CARMO, D. N. Roteiro pedológico I. Viçosa, UFV, 1987. (No prelo).

46. ROMKENS, M. J. M.; ROTH, C. B. & NELSON, D. W. Erodibility of selected clay subsoils in relation to physical and chemical properties. Soil Science Society of America Journal, Madison, 41(5):954-60, Sept./Oct. 1977.
47. ROTH, C. B.; NELSON, D. W. & ROMKENS, M. J. M. Prediction of subsoil erodibility using chemical, mineralogical and physical parameters. Washington, Environmental Protection Agency, 1974. 111p.
48. RUSSELL, E. W. Soil conditions and plant grow. 10.ed. New York, Longman, 1976. 849p.
49. SANTANA, D. P. Soil formation in a toposequence of Oxisols from Patos de Minas Region, Minas Gerais State, Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1984. 129p. (Tese Ph.D).
50. SCHULZE, D. G. The identification of iron oxides by differential X-ray diffraction and the influence of aluminum substitution on the structure of goethite. Munchen, Technical University Munchen, Germany, 1982. (Dissertação de Doutorado).
51. SCHWERTMANN, U. Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammonium-oxalat-Lösung. Zeitschrift fuer Pflanzenernahrung, Berlin, 105(3):194-202, 1964.
52. _____; KLAMT, E.; KÄMPF, N. & SCHNEIDER, P. Observações pedogenéticas em solos do Brasil. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 8(2):39-43, maio/ago. 1983.

53. SIQUEIRA, O. J. F. & DENARDIN, J. E. Equipamento para medir a taxa de infiltração de água no solo utilizando anéis concêntricos em um sistema com nível de água constante. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 9(1):73-5, jan./abr. 1985.
54. SMITH, D. D. & WISCHMEIER, W. H. Rainfall erosion. Advanced in Agronomy, New York, 14:109-48, 1962.
55. SOIL MANAGEMENT SUPPORT SERVICES. Keys to soil taxonomy. 2.ed. New York, USDA, 1985. 244p. (Technical Monograph, 6).
56. STALLINGS, J. H. Soil conservation. S.l., Prentice - Hall, 1957. 575p.
57. STEINWEHR, H. E. V. Gitterkonstanten im System α - (Al, Fe, Cr)₂O₃ und ihr Abweichen von der Vegardregel. Zeitschrift fuer Kristallographie, Leipzig, 125:377-403, 1967.
58. SUARES DE CASTRO, F. Conservacion de suelos. 3.ed. San José, Costa Rica, 1980. 315p.
59. TROEH, F. R.; HOBBS, J. A. & DANAHUE, R. L. Soil and water conservation, for productivity and enviroment protection. New Jersey, Prentice - Hall, 1980. 718p.
60. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Levantamento exploratório com intensidade de solos do Centro-Oeste do Estado do Pará. Viçosa, 1979. 266p.
61. VAL, L. A. Avaliação dos índices de erosividade das chuvas do município de Lavras - MG. Lavras, ESAL, 1985. 72p. (Tese MS).

62. VETORI, L. Métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
63. VILELA, E. A. & RAMALHO, M. A. P. Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras - MG. Ciência e Prática, Lavras, 3(1):71-9, jan./jun. 1979.
64. WAMBEKE, A. van. Calculated soil moisture and temperature regimes of South America. New York, Cornell University, 1981. 25p. (SMSS Technical Monograph, 2).
65. WISCHMEIER, W. H.; JOHSON, C. B. & CROSS, B. V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, 26(5):189-93, Sept./Oct. 1971.
66. _____ & SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil-loss. Transactions American Geophysical Union, Washington, 39(2):285-91, 1958.
67. YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and study of the physical nature of erosion losses. Journal of America Society Agronomy, Madison, 28:337-51, 1936.

9. APÉNDICE

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A. Descrição Geral

PERFIL - GM-2

DATA - 29/07/86

CLASSIFICAÇÃO - LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO EPIÁLICO ENDODISTRÓFICO A moderado textura muito argilosa fase cerrado relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO - Município de Lavras (MG), próximo a estação de tratamento de água da COPASA (variante Gato Preto - Aeroporto), na encosta do outro lado da rodovia (voçorocas) a aproximadamente 300m do viaduto sobre a RFFSA.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Barranco de voçoroca situado no terço médio inferior da encosta, com 7% de declive.

ALTITUDE - 935m

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto de alteração do ganaisse mesocrático.

RELEVO - Local: suave ondulado

Regional: suave ondulado a ondulado.

EROSÃO - Laminar moderada na superfície e presença de voçorocamento acentuado na área.

DRENAGEM - Acentuadamente drenado.

VEGETAÇÃO - Cerrado

USO ATUAL - Pastagem natural.

CLIMA - Cwb [temperado suave (mesotérmico)] da classificação de Köppen.

B. Descrição Morfológica

- All 0-20cm, vermelho-amarelado (5 YR 4/6, úmido); muito argiloso; fraca muito pequena a pequena granular e alguns poucos blocos subangulares; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- A12 20-37cm, vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); muito argiloso; fraca muito pequena a pequena granular e alguns poucos blocos subangulares; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- A3 37-66cm, vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); muito argiloso; fraca muito pequena a pequena granular e alguns poucos blocos subangulares; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- B1 66-95cm, vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte muito pequena granular bem pronunciada; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- B21 95-123cm, vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido); muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte muito pequena granular bem pronunciada; duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

- B22 123-153, vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- B23 153-200cm +, vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte muito pequena granular e moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, plástico e ligeiramente pegajoso.

OBSERVAÇÃO: Espessura do solum = 5m.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A. Descrição Geral

PERFIL - GL-2

DATA - 29/07/86

CLASSIFICAÇÃO - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO EPIÁLICO ENDODISTRÓFICO
câmbico A moderado textura argilosa fase cerrado
relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO - Município de Itumirim (MG), a 2km da praça central da
cidade, na estrada Itumirim - Ingaí, a 16m do lado
direito da estrada.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Trincheira situada no terço superior da encos
ta, com 5% de declive.

ALTITUDE - 895m

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto de alteração do gnaisse leucocrático.

RELEVO - Local: suave ondulado

Regional: suave ondulado a ondulado

EROSÃO - Laminar moderada

DRENAGEM - Acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO - Cerrado

USO ATUAL - Pastagem natural

CLIMA - Cwb [temperado suave (mesotérmico)] da classificação de
Köppen.

B. Descrição Morfológica

- All 0-15cm, bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, úmido); franco-argilo-arenoso; moderada média blocos subangulares que se desfaz em moderada média granular; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- Al2 15-27cm, bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, úmido); franco-argiloso; moderada pequena e média blocos subangulares que se desfaz em grânulos; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara a gradual e plana.
- A3 27-44cm, bruno-forte (7,5 YR 5/6, úmido); argila arenosa ; fraca pequena e média blocos subangulares que se desfaz em grânulos; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- B1 44-62cm, vermelho-amarelado (5 YR 5/6, úmido); franco-argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte pequena granular não muito bem expressa e alguns blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- B21 62-96cm, vermelho-amarelado (4 YR 5/8, úmido); franco-argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte pequena granular não muito bem expressa e alguns blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente

plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara a gradual e plana.

B22 96-130cm, vermelho (2,5 YR 4/8, úmido); franco-argiloso; moderada pequena e média blocos subangulares; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

B3 130-158cm, vermelho-amarelado (4 YR 5/6, úmido); franco-argiloso; moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável; plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

C 158-200cm +, vermelho (2,5 YR 5/6, úmido); franco; moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso.

OBSERVAÇÕES: - Presença de crotovinas principalmente no horizonte B21.
- Presença de linha de quartzo entre os horizontes B22 e B3.

QUADRO 1A - Resultados das análises de pH, complexo sortivo e P disponível dos perfis representativos (GM-2 e GL-2).

SOLO	Horiz.	pH (relação 1:2,5)		Complexo Sortivo								Sat.de	Sat.de	P
		Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	H ⁺	Valor T	bases (V)	Al	(disponível)
				meq/100g								%		-ppm-
GM-2	A 11	4,9	4,3	0,4	0,1	0,08	0,04	0,6	0,6	7,0	8,2	7	50	1
	A 12	5,3	4,4	0,1	0,1	0,05	0,03	0,3	0,4	5,5	6,2	5	57	1
	A 3	5,4	4,9	0,1	0,1	0,02	0,02	0,2	0,1	3,5	3,8	5	33	1
	B 1	5,3	5,2	0,1	0,1	0,01	0,02	0,3	0,1	3,2	3,6	8	25	1
	B 21	5,4	5,5	0,2	0,1	0,01	0,02	0,3	0,1	3,5	3,9	8	25	1
	B 22	5,5	5,6	0,2	0,1	0,01	0,01	0,3	0,1	4,8	5,2	6	25	1
	B 23	5,6	5,9	0,2	0,1	0,02	0,02	0,3	0,1	5,5	5,9	5	25	1
	GL-2	A 11	5,3	4,2	0,3	0,1	0,04	0,02	0,5	0,9	4,0	5,4	9	64
A 12		5,1	4,1	0,2	0,1	0,03	0,02	0,4	0,7	4,2	5,3	8	64	1
A 3		5,2	4,3	0,2	0,1	0,02	0,02	0,3	0,7	2,2	3,2	9	70	1
B 1		5,3	4,6	0,2	0,1	0,02	0,02	0,3	0,1	3,2	3,6	8	25	1
B 21		5,5	5,1	0,2	0,1	0,02	0,02	0,3	0,1	1,5	1,9	16	25	tr.*
B 22		5,7	4,8	0,3	0,1	0,02	0,02	0,4	0,1	1,7	2,2	18	20	tr.
B 3		5,5	4,4	0,2	0,1	0,02	0,02	0,3	0,5	1,5	2,3	13	63	tr.
C		5,5	4,3	0,3	0,1	0,02	0,02	0,4	0,6	1,4	2,4	17	60	tr.

* / tr. = traços.

QUADRO 2A - Teor de carbono orgânico e resultados da análise granulométrica dos perfis representativos (GM-2 e GL-2).

SOLO	Horiz.	Carbono	M.orgânica	Areia	Silte	Argila
		%				
GM-2	A 11	1,57	2,71	10	15	75
	A 12	1,00	1,72	10	14	76
	A 3	0,72	1,24	8	21	71
	B 1	0,71	1,22	8	22	70
	B 21	0,64	1,10	10	12	78
	B 22	0,50	0,86	9	17	74
	B 23	0,28	0,48	9	14	77
GL-2	A 11	0,65	1,12	46	19	35
	A 12	0,64	1,10	44	20	36
	A 3	0,42	0,72	44	24	32
	B 1	0,33	0,57	38	31	31
	B 21	0,29	0,50	35	34	31
	B 22	0,28	0,48	32	35	33
	B 3	0,27	0,46	30	43	27
	C	0,21	0,36	32	48	20

QUADRO 3A - Resultados das análises dos óxidos de Fe e Al extraídos com oxalato de amônio (Σ das 8 extrações)

SOLO	Prof.	Fe _o	Al _o
	-cm-	%	
GM-1	0-20	0,71	1,00
	60-80	0,72	1,17
GM-2	0-20	0,90	0,90
	60-80	0,73	1,18
GM-3	0-20	0,73	0,97
	60-80	0,73	1,18
GL-1	0-20	0,58	0,77
	60-80	0,60	1,12
GL-2	0-20	0,54	0,82
	60-80	0,44	1,10
GL-3	0-20	0,49	0,99
	60-80	0,46	1,40