

PAULO MARCOS DE PAULA LIMA

PERDAS DE SOLO E ÁGUA EM DOIS LATOSSOLOS SOB  
CERRADO, COM DIFERENTES PREPAROS  
E CHUVA SIMULADA

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

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

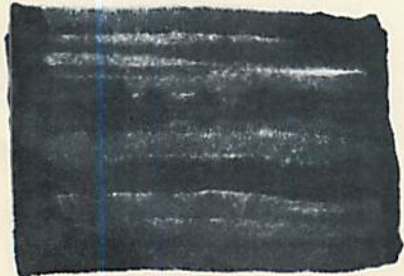
LAVRAS - MINAS GERAIS

1987

PALCO MARGOS DE PAULA LIMA

TERÇAS DE SOLO E ÁGUA EM DOIS LATOS SOLOS SOB  
CERRADO, COM DIFERENTES PREPAROS  
E CHUVA SIMULADA

Trabalho apresentado à Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais, em cumprimento das normas de graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, sob a orientação do Prof. Dr. Manoel de Jesus, para obtenção do grau de "MESTRE".



ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1987

PERDAS DE SOLO E ÁGUA EM DOIS LATOSSOLOS SOB CERRADO, COM DIFERENT  
TES PREPAROS E CHUVA SIMULADA

APROVADA:



Prof. VICTOR GONÇALVES BAHIA  
Orientador



Prof. ANTÔNIO MARCIANO DA SILVA



Prof. MOACIR DE SOUZA DIAS JÚNIOR



MENSURANDO EM METERES E ADUANDO EM LITROS OS QUANTOS DE CADA UM DOS  
PREPARADOS E CHAMA SINDICADA

*[Signature]*

ALMOGADO, VICTOR GONCALVES BARRA  
CIENTISTA

*[Signature]*

FRANCO ASSIS, MARCELO DA SILVA

*[Signature]*

DR. MARCELO DE SOUZA FERREIRA

17

A Deus, princípio de  
todas as coisas

Aos meus pais, Almir e Wanda  
meus eternos orientadores

Aos meus irmãos Luiz Augusto e Ângela  
pela amizade e apoio

À minha esposa Selma, e aos meus filhos  
Flávio e Marcelo, com amor

DEDICO

"...vejo muitas pessoas morrerem porque julgam que a vida não é digna de ser vivida. Vejo outros paradoxalmente, sendo mortos por idéias ou iluções que lhes dão uma razão para viver - razões para viver são também excelentes razões para morrer. Concluo, portanto, que o sentido da vida é a mais urgente das questões".

(Albert Camus)

À memória do prof. JEZIEL CARDOSO  
FREIRE, amigo e orientador, que  
fez da Ciência do Solo grande parte de uma razão de viver,

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Escola Superior de Agricultura de Lavras, pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

À Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE), pela ajuda prestada.

A Delegacia Federal de Agricultura de Minas Gerais (DFA-MG), na pessoa do Dr. Humberto Ferreira de Carvalho Neto, pelo incentivo e amizade.

Ao Prof. Victor Gonçalves Bahia, pela amizade e dedicação na orientação desta pesquisa.

Agradecimento sincero ao professor Nilton Curi, pela amizade, sugestões, prestatividade no compartilhar de idéias e colaboração.

Ao prof. Antônio Marciano da Silva, pelo valioso auxílio e oportunas sugestões ao longo deste trabalho.

Aos Drs. Francisco Lombardi Neto do Instituto Agrônômico de Campinas e Renato A. Dedecek da EMBRAPA-SNLCS - Frente Regional Sul, o reconhecimento pelo imprescindível auxílio prestado.

Aos profs. Paulo César Lima, Pedro Castro Neto, Moacir de Souza Dias Júnior, Mozart Martins Ferreira, pelo auxílio.

Agradecimento muito especial à memória dos professores José Vitor Silveira e Leonídio Afonso Malves, pela inestimável contribuição deixada.

Aos amigos e colegas Vicente Gualberto, José Maria de Lima e José Marques Júnior, pelo apoio e sugestões.

Aos professores do Departamento de Ciência do Solo pelo produtivo convívio profissional.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo, em especial aos laboratoristas Elaise Barbosa Santos, Jairo Lima Júnior, Antônio Carlos de Lima e funcionários José Roberto Fernandes, Gilson Antônio Fernandes e Sebastião José Ferreira, meus sinceros agradecimentos.

À desenhista Vera Lúcia Botelho Salgado, do Setor de Desenho da Prefeitura do Campus da ESAL, meus agradecimentos.

À Biblioteca Central da ESAL, na pessoa da bibliotecária Maria Helena, pela revisão nas Referências Bibliográficas.

Agradecimento à Maria Auxiliadora de Resende Braga, pela datilografia deste trabalho.



## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
2.1. Considerações Gerais.....	04
2.1.1. O simulador como ferramenta de trabalho.....	04
2.1.2. Erosão nos Trópicos.....	06
2.2. Fases dos processos erosivos.....	08
2.3. Erodibilidade dos solos.....	11
2.3.1. Fatores que afetam a erodibilidade.....	13
2.4. Efeitos do preparo do solo.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1. Determinações de campo.....	24
3.1.1. Solos utilizados.....	24
3.1.2. Parcelas experimentais.....	24
3.1.3. Tratamentos.....	25
3.1.4. Amostragens.....	26
3.1.4.1. Perdas de solo e água.....	26
3.1.4.2. Agregados.....	26

	Página
3.1.4.3. Densidade do solo, de partículas e umidade do solo das parcelas (0-20 cm).....	26
3.1.4.4. Análises químicas, físicas e mineralógicas do material erodido.	27
3.1.4.5. Velocidade da enxurrada.....	27
3.2. Determinações de laboratório .....	27
3.2.1. Perdas de solo e água.....	27
3.2.2. Agregados .....	28
3.2.3. Sólidos no deflúvio.....	28
3.2.4. Densidade do solo, de partículas e umidade do solo das parcelas (0-20 cm).....	28
3.2.5. Análises químicas, físicas e mineralógicas do material erodido.....	29
3.3. Aparelhos utilizados.....	29
3.3.1. Simulador de chuvas.....	29
3.3.1.1. Sistema de alimentação.....	30
3.3.2. Aparelho extra chuva.....	30
3.3.2.1. Sistema de alimentação.....	31
3.4. Chuvas aplicadas.....	31
3.4.1. Chuvas do simulador.....	31
3.4.2. Extra chuva .....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1. Perdas de solo e água.....	34
4.2. Erodibilidade do solo.....	48
4.3. Efeitos dos preparos no solo.....	51

## Página

4.4. Comprimento de rampa simulado.....	54
5. CONCLUSÕES.....	57
6. RESUMO.....	59
7. SUMMARY.....	61
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
APÊNDICE .....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Taxas totais de deflúvio, perda de água, infiltração e perda de solo, em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos, nas duas séries de chuva, usando simulador de chuva (média de 2 repetições).	35
2	Taxas parciais de enxurrada e perda de solo em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos e segunda chuva, usando simulador de chuva ( média de 2 repetições).....	36
3	Taxas parciais de perda de água no deflúvio e de infiltração em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos e segunda chuva, usando simulador de chuva (média de 2 repetições).....	37
4	Coefficientes de correlação entre taxas parciais de deflúvio x perdas de solo, perda de água x infiltração, perda de solo x DMGs, deflúvio x DMGs, para Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa nos diversos tratamentos sob chuva simulada, até os 40 minutos da segunda chuva.....	40

## Quadro

## Página

5	Distribuição dos tamanhos dos agregados do material arrastado de Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos e tempo de chuva simulada, usando o Diâmetro Médio Geométrico (DMG) (média de 2 repetições).	42
6	Tempo para iniciar a enxurrada em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos, usando simulador de chuva (média de 2 repetições).....	45
7	Velocidade da enxurrada em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa nos diversos tratamentos usando simulador de chuva.....	46
8	Umidade da camada superficial (0-20 cm) de Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, em diferentes tempos de amostragem da série de chuvas com simulador, nos diversos tratamentos (média de 6 repetições).....	47
9	Densidade do solo, densidade de partículas, e porosidade total da camada superficial (0-20 cm) de Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, após a aplicação das séries de chuvas com simulador, nos diversos tratamentos (média de 4 repetições).....	49
10	Comprimento simulado do declive em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos, usando simulador de chuvas.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura

Página

1 Disposição e Esquema de Abertura dos Bocais do  
Simulador de Chuva.....

32

## 1. INTRODUÇÃO

A vida que o solo e a água mantêm, é o começo e a base da maioria dos sistemas, sendo portanto a mola propulsora da vida humana. Logo, a existência dos seres vivos, é calcada em princípios iguais, que regem todo o sistema biológico, tendo nestes dois elementos parcelas das mais significativas.

A própria história da civilização, mostra que os povos que desprezaram a conservação de seus solos e mananciais de água, tiveram três opções: corrigirem a tempo e com ônus elevadíssimo, emigrarem abandonando-o, ou então perecerem. Há limites de tolerância quanto ao uso destes recursos, além dos quais as consequências são graves.

O manejo intensivo do solo, devido à necessidade de suprir a crescente demanda mundial de alimentos, provoca e acelera uma série de alterações em propriedades físicas, químicas e biológicas deste recurso natural. Sob este enfoque, os solos sob vegetação de cerrado aparecem, no Brasil, como solução de novas fronteiras agrícolas, sendo passíveis, portanto, de todas aquelas alterações. Com isto concordaram Yaalon e Yaron, citados por FERNANDES (21), quando ressaltaram que a velocidade das modificações em propriedades do

solo devida a processos induzidos pelo manejo, é, em comparação com os processos pedogenéticos, de amplitude incomparavelmente maior.

Estes solos caracterizam-se como de baixa fertilidade natural e de susceptibilidade diferencial à erosão, exigindo técnicas modernas de manejo e conservação. Os latossolos são os mais representativos em área, segundo HOEFLICH et alii (30), atingindo 56% da região em apreço num total de 94,5 milhões de hectares. São solos com perfil profundo e relevo geralmente mais suavizado, com excelente condição para mecanização, entretanto informações quanto às perdas por erosão são escassas.

Em Minas Gerais, a área de cerrado ocupa aproximadamente 308.000 km<sup>2</sup>, compreendendo 53% da sua superfície total, EPAMIG (19). ALMEIDA (1) estimou que este Estado perde anualmente 68.917.213 toneladas de solo por erosão, sendo que as enxurradas carregam em média mais de 2.000.000 toneladas em fertilizantes proporcionando prejuízos consideráveis.

Torna-se evidente assim, que informações acerca das alterações sofridas pelo solo, em decorrência do sistema de manejo empregado, são importantes para a seleção das práticas que preservam suas características desejáveis, bem como para a rejeição ou redução daquelas que aceleram a sua degradação.

São, pois, objetivos deste trabalho, avaliar, a nível de campo, utilizando um simulador de chuvas rotativo, as perdas de solo e água, de acordo com o sistema de preparo, em dois latossolos, um Vermelho-Escuro e o outro Vermelho-Amarelo, ambos de textura



muito argilosa, sob vegetação de cerrado do município de Lavras, comparando suas alterações e visando o estabelecimento do melhor sistema de preparo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Considerações Gerais

#### 2.1.1. O simulador como ferramenta de trabalho

A simulação de chuva, água aplicada às parcelas na forma de chuva superficial, tem prestado uma efetiva ajuda na pesquisa de erosão do solo, infiltração e escoamento superficial da água.

Para muitos estudos de erosão, a chuva simulada tem numerosas vantagens sobre a chuva natural. Entretanto, as características da chuva natural devem ser criteriosamente simuladas, os dados cuidadosamente analisados e as limitações claramente reconhecidas para a própria interpretação dos resultados, MEYER (46).

Os estudos com simuladores de chuvas vêm sendo feitos, segundo NEFF (56), desde o início da década de 30, continuando na década de 40 e acelerando nos anos 50. Nos últimos 10 anos, entretanto, é que ocorreu maior incremento nas pesquisas, sendo que as mais recentes se iniciaram com o desenvolvimento do simulador de chuvas a nível de campo por MEYER & McUNE (49) e mais tarde por SWAN

SON (64).

Apesar das limitações na sua capacidade de simular todos os aspectos da chuva natural, conforme reconhecido por NEFF (56), o simulador de chuvas apresenta várias vantagens, segundo MEYER (46), tais como: obtenção mais rápida dos resultados, padronização das chuvas, controle da preparação das parcelas, da duração, da intensidade e da repetitividade da chuva em tempo e espaço.

Como algumas desvantagens, conforme NEFF (56), têm-se: alto custo de aquisição e operacionalidade; as áreas tratadas são pequenas e podem ou não serem representativas; alguns simuladores não reproduzem a mesma velocidade terminal das gotas da chuva natural.

Estes aparelhos têm portanto, sérias limitações, que devem ser reconhecidas e respeitadas quando se faz experimentos, análise e interpretação dos resultados. No Brasil, algumas dificuldades foram encontradas por MARTINS FILHO et alii (43): dificuldades na calibração do aparelho, na reprodução de chuvas com a mesma intensidade, na obtenção de chuvas uniformemente distribuídas nas parcelas, na obtenção da mesma intensidade de chuva para as duas parcelas e na nivelção do aparelho no campo.

MOLDENHAUER (53), entretanto, ressalta que apesar destas limitações, muitas pesquisas de erosão do solo, dos últimos 20 anos, têm sido feitas com simuladores de chuva e aplicadores de gotas. O mesmo autor enfatiza ainda que os simuladores de chuvas vêm comprovando ser uma boa ferramenta para a pesquisa, quando usados com conhecimento, entendimento e precaução.

Não existe, conforme salientou NEFF (56), alternativas à simulação de chuvas em muitos casos, pois o ambiente científico de hoje demanda respostas rápidas. Deste modo, pode-se obter maior número de dados em menor espaço de tempo, acelerando as informações sobre qual será o melhor sistema de manejo do solo, diminuindo a erosão e todas as suas consequências desastrosas.

### 2.1.2. Erosão nos Trópicos

A erosão do solo é um dos maiores problemas ambientais enfrentados pelo mundo nos dias atuais. O aumento da densidade populacional, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, exige um crescimento da produção agrícola estimado em cerca de 60% até o ano 2.000, conforme Dudal, citado por LOPES (40), o que acarreta a necessidade de uma intensificação da agricultura já existente, somada à incorporação de novas áreas ao processo produtivo. Isso vem sendo observado principalmente nos solos sob vegetação de cerrado, onde o uso intensivo tem causado sérios problemas de erosão.

Para avaliar efetivamente a gravidade da erosão do solo, deve-se conhecer a taxa de perda de solo ocorrida, dada as condições locais específicas, e o limite de perda que pode ser tolerado sem prejudicar a fertilidade, mantendo-se a produtividade da cultura constante. Os dados existentes necessários para formular a tolerância de perdas de solo e quantificar os parâmetros causadores do processo erosivo no meio ambiente tropical são raros, segundo

SCHERTZ (62). Para os solos desta região, por suas características diversas, algumas considerações especiais devem ser levadas em conta, segundo BAHIA (4), e entre elas se destaca a extrema variabilidade entre os solos, o que resulta em diferentes limites de tole - rância, dificultando muito a generalização dos dados obtidos.

Duas linhas de pesquisa para estas regiões são sugeridas por HUDSON (31). Existe uma necessidade de informações detalhadas sobre as variáveis que influenciam a quantidade de erosão, tais como chuva, solo, topografia, manejo do solo e cultura, mas igualmente importante é a necessidade de um modelo dentro do qual estas peças de informação possam ser direcionadas, aumentando o grau de confiança nas extrapolações.

O Brasil precisa, portanto, de desenvolver uma tecnologia própria em Conservação do Solo e Água, adaptada às suas peculiaridades a fim de que possa responder às questões como: Quais as combinações de práticas de controle de erosão a usar? Que nível de perdas de solo é tolerado? Qual é o custo? Não se pode e não se deve mais ficar na dependência da aplicação dos dados dos Estados Unidos, pois as nossas condições são totalmente diferentes, tanto nos aspectos climáticos como político-econômico-sociais, e nestes, as mudanças não ocorrem a curto prazo.

## 2.2. Fases dos processos erosivos

Para melhor se entender a ação da erosão, torna-se de grande importância o estudo das fases que a acarretam. A desagregação e o respingamento são as principais fases dos processos erosivos que ocorrem nas áreas cultivadas, enquanto que o transporte e a deposição são as fases básicas que ocorrem nas áreas das baixadas.

Ellison, citado por GABRIELS & MOLDENHAUER (28) dividiu o processo de erosão em desagregação e transporte das partículas. O processo de desagregação se inicia entretanto, antes de alguma água estar disponível à superfície para transporte. Partículas desagregadas dos torrões e agregados, pelo impacto da gota, são levadas para dentro dos poros da superfície, e desenvolvem gradualmente reduções na razão de infiltração do solo até o ponto em que a água começa a acumular, e, quanto a retenção superficial for insuficiente, mover declive abaixo.

A velocidade terminal da gota de chuva sobre a superfície do solo pode atingir, conforme MUTCHLER & YOUNG (55), até 9,0 m/s, criando intensa força hidrodinâmica no ponto de impacto. WISCHMEIER (69) destacou ainda, em estudos nos solos do meio - oeste americano, que a energia cinética das gotas incontáveis que caem em uma milha quadrada daqueles solos, se iguala à energia de 10.000 toneladas de dinamite. No solo nú, a maioria desta energia é dissipada na superfície e o impacto das gotas desagrega as partículas. O produto da quantidade de partículas desagregadas por uma gota, pelo número de gotas de uma chuva (milhões de gotas/m<sup>2</sup>), mostra que o

impacto da gota da chuva é o maior produtor de sedimentos e pode facilmente desagregar mais partículas do que o fluxo da enxurrada sobre curtos declives, conforme (16, 17, 25, 47).

A desagregação pela enxurrada sobre a superfície do solo e/ou arrastamento das partículas, ocorre, segundo FOSTER & MEYER (23) quando as forças de arrastamento horizontal da água excedem a resistência do solo, causando um "cisalhamento" descrito por WISCHMEIER (69), que aumenta com a razão do escoamento superficial e de declive abrupto. Este transporte ocorre principalmente nos pequenos sulcos formados pela água do escoamento superficial concentrada. Os sulcos se erodem e tornam-se maiores declive abaixo, até a água do escoamento superficial e o solo encontrarem um coletor ou dreno principal.

Inicialmente o escoamento superficial carrega um fluxo de partículas desagregadas durante a quebra dos torrões. Depois disto, a razão da perda do solo torna-se essencialmente constante, segundo Adams, citado por GABRIELS & MOLDENHAUER (28). Os mesmos autores, citando Ellison, ressaltam que o transporte do material desagregado começa no fluxo do lençol fino, que pode transportar somente pequenas partículas, enquanto que o impacto da gota arremessa partículas grandes para o fluxo, dando condições a ele de movelá-las a curta distância no sentido do declive. Partículas adicionais são desagregadas pelo impacto da gota agindo abaixo do lençol fino, e então se mantêm em suspensão pela turbulência.

Muitos dos sedimentos desagregados não alcançarão o fluxo dentro dos sulcos, porque estão depositados na concavidade do de clive, dentro de faixas de vegetação e outras localidades, onde o fluxo superficial perde muito da sua capacidade de transporte, Foster e Huggins, citados por GABRIELS & MOLDENHAUER (28). Esta deposição é uma função do tamanho das partículas transportadas. O sedimento é depositado quando a enxurrada perde a capacidade de transportar as partículas presentes na superfície do solo.

Após a desagregação das partículas do solo, pelo impacto da gota e/ou ação da enxurrada, pode-se observar as diversas formas de erosão, segundo HUDSON (32): erosão em sulcos, erosão entre sulcos e erosão nas margens dos cursos d'água. As duas primeiras são as principais formas que aparecem em áreas cultivadas.

No processo de erosão entre sulcos, as partículas do solo são primariamente desagregadas pelo impacto da gota de chuva e transportadas lateralmente para os sulcos por um fluxo superficial fino, além de serem arremessadas pelo respingamento da gota, conforme FOSTER & MEYER (24). No entanto, segundo YOUNG & WIERSMA (75), MEYER et alii (50), o transporte pelo respingamento da gota de chuva é mínimo, sendo que a maioria dos sedimentos transportados no sentido do declive ocorre pelo fluxo da enxurrada nos sulcos.

As fases de desagregação e transporte nas áreas entre sulcos ocorrem essencialmente independente da erosão em sulcos, embora possa existir considerável excesso na capacidade de transporte



da erosão em sulcos para transportar, fora deles, partículas no sentido do declive, FOSTER & MEYER (24). Os sedimentos originários de áreas com erosão entre sulcos são erodidos de uma camada superficial muito fina, MEYER et alii (48), originando partículas que tendem a ser menores do que aquelas da erosão em sulcos, por causa da seletividade e maior fracionamento pelo repetido impacto da gota de chuva, após a desagregação, MEYER et alii (50). A média do tamanho das partículas primárias nas áreas erodidas entre sulcos tende também a ser menor do que aquelas da massa original do solo.

Na erosão em sulcos, a desagregação e transporte são primariamente uma função do fluxo hidráulico, susceptibilidade do solo deixar-se desagregar, e transportabilidade dos sedimentos desagregados.

O impacto da gota de chuva, não desagrega diretamente partículas abaixo da linha de fluxo na erosão em sulcos, mas aumenta a capacidade de desagregação e transporte da enxurrada, MEYER et alii (48). Quanto ao tamanho das partículas primárias dos sedimentos, elas são geralmente similares às aquelas da massa original do solo, FOSTER & MEYER (24).

### 2.3. Erodibilidade dos solos

Existem evidências de que os efeitos maléficos da erosão devido a processos induzidos pelo manejo, ganha proporções muito maiores quando vêm associados às características pedogenéticas. A

erodibilidade do solo é definida por HUDSON (32) como sendo a susceptibilidade deste em erodir-se.

É preciso, entretanto, diferenciar erodibilidade de erosão. WISCHMEIER & SMITH (72), demonstraram haver necessidade de distinguir estes dois termos, pois, enquanto a erosão do solo pode depender mais da declividade, das características das chuvas, cobertura vegetal e manejo do solo, a erodibilidade é um fator intrínseco a cada solo e, portanto, alguns solos se erodem com mais facilidade que outros, mesmo que os fatores já citados sejam idênticos.

A erodibilidade é, em última análise, dependente de 3 fatores, segundo RESENDE (60), considerando uma cobertura vegetal primitiva e sem muita influência humana:

- a) disponibilidade de material para ser erodido,
- b) atuação do agente removedor deste material, e
- c) comportamento do pedomaterial à este agente.

Analisando-se estes fatores sob as condições da região estudada, tem-se para o primeiro, bastante material para ser erodido, pois os solos, na maioria latossolos, têm profundo manto de intemperismo, com muito material acima da rocha fresca para ser removido. Quanto ao segundo fator, VAL (67) observou na área, épocas de grande concentração de chuvas muito erosivas. Para o terceiro fator, dispõem-se de poucas informações, tanto pela falta de conhecimentos a respeito dos solos, como pela inconveniência do uso de dados das regiões temperadas, que levam a extrapolações nem sempre corretas. Esforços nesse sentido foi recentemente iniciado por LI

MA (39).

### 2.3.1. Fatores que afetam a erodibilidade

A erodibilidade do solo, é a medida do efeito total de uma combinação particular das propriedades do solo, sendo altamente complexa e que torna alguns solos mais facilmente erodíveis que outros, (58, 70, 73).

A natureza do solo influi no volume de enxurrada, quantidade de solo, matéria orgânica e elementos arrastados, sendo que esta influência depende, segundo WISCHMEIER & SMITH (71), das seguintes propriedades:

a) as que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água.

b) as que resistem às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escoamento.

A textura, representada pela proporção dos teores de areia, silte e argila influencia sobremaneira na erodibilidade do solo, sendo que há uma tendência desta aumentar quando os teores de areia fina e silte são elevados, e diminuir com altos teores de argila e matéria orgânica, (2, 27, 57, 58, 74).

De uma forma genérica, os solos siltosos apresentam uma certa agregação, porém TROEH et alii (66) mostra que estes agregados se desfazem quando umedecidos, e as partículas são facilmente

separadas e transportadas.

Outro aspecto que é considerado por LEMOS & LUTZ (38) em relação à porcentagem de silte, areia fina e a erodibilidade, é que o aumento destes componentes facilita a formação de uma crosta na superfície do solo pelo impacto direto das gotas de chuva e ciclo de umedecimento e secagem, acarretando maior deflúvio e menor infiltração, o que foi observado por KRIMGOLD & BEENHOEVER (36) após a terceira hora de chuva.

MOLDENHAUER & LONG (51), usando chuvas simuladas com intensidade de 34,3 até 67,8 mm/h, objetivando estudar as perdas de solo e água em cinco tipos de solos, relataram perdas decrescentes que obedeceram a seguinte ordem textural: argilo-siltoso, franco-argiloso siltoso, siltoso, franco e areia fina.

Uma relação direta entre erosão, textura, umidade inicial do solo e características de chuvas, também foi encontrada por BARNETT et alii (6) e BARNETT & ROGERS (7). DEDECEK (15) alerta, no entanto, que a utilização de parâmetros como silte, areia, argila e matéria orgânica, isolados ou em combinações, foi insuficiente em todas análises primárias para predizer a erodibilidade do solo.

A estrutura também tem um papel fundamental na erodibilidade, influenciando na velocidade de infiltração, na resistência à dispersão, deslocamento por salpico, abrasão e forças de transporte da enxurrada, SUAREZ DE CASTRO (63).

Pensamento semelhante expressaram RESENDE et alii (61), quando admitiram que a erodibilidade do pedomaterial é dependente de duas componentes, coerência e permeabilidade. O solo mais resistente à erosão seria o que tivesse o máximo de coerência entre as partículas e o máximo de taxa de infiltração de água. Observa-se porém, que estas duas componentes são antagônicas: à um aumento de coerência entre as partículas do solo, corresponde uma diminuição da taxa de infiltração e vice-versa. Logo, o solo mais resistente à erosão seria o que tivesse coerência, o bastante para não favorecer muito a remoção das partículas por arrastamento e impacto e, permeabilidade suficientemente alta para reduzir a enxurrada a valores razoáveis.

A dominância de uma componente em relação a outra condiciona o solo à diferentes formas de erosão. Assim, quando a coerência é muito elevada, a erosão é quase toda uniforme à superfície (entre sulcos), ao passo que, solos com alta permeabilidade e baixa coerência favorecem o aparecimento da erosão em sulcos.

A estrutura surge então como o fator mais importante afetando a erodibilidade. Os outros fatores serão sempre condicionadores de uma pior ou melhor estruturação do solo.

AYRES (3) afirma que o tipo e tamanho da estrutura do solo são importantes na predição da erodibilidade, sendo que, estrutura maciça, laminar ou em blocos são mais favoráveis à erosão que a do tipo granular. Por outro lado RESENDE (59) pondera que a estrutura granular por apresentar o mínimo de área exposta por unidade

de volume, devido aos grânulos se aproximarem de uma esfera, deve ter o mínimo de coerência entre seus grânulos, e, se forem pequenos, podem ser facilmente deslocáveis pela água.

LIMA (39), trabalhando com Latossolo Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (Lavras-MG), encontrou na erodibilidade do solo a explicação para a diferença de erosão nos dois sistemas. Observações feitas pelo autor quanto ao tipo e tamanho de estrutura dos dois solos, mostrou que o Latossolo Vermelho-Escuro apresenta unidades estruturais de tamanho menor e de aspecto mais arredondado, em razão do seu teor mais elevado de gibbsita, óxidos de ferro e matéria orgânica, o que lhe confere maior taxa de infiltração, diminuindo sua coerência, situação oposta àquela observada no Latossolo Vermelho-Amarelo.

A matéria orgânica desempenha um papel marcante na predição da erodibilidade, pois está relacionada com a velocidade final de infiltração e energia da chuva necessária para iniciar a enxurrada, segundo WISCHMEIER & MANNERING (73). WISCHMEIER et alii (74) ressaltam que a erodibilidade do solo tende a diminuir apreciavelmente com o aumento de matéria orgânica de 0 a 4%, estando relacionada à magnitude do seu efeito com a textura solo.

Segundo TROEH et alii (66), o efeito da matéria orgânica se deve ao fato de que na sua decomposição há uma atividade muito intensa de microorganismos, que favorece o desenvolvimento de agregados pequenos e estáveis, conferindo ao solo maior permeabilidade, diminuindo a enxurrada e erosão. Por outro lado, solos com eleva-

dos teores de matéria orgânica podem ser muito erodíveis devido ao tamanho pequeno dos grânulos (estrutura granular), e da baixa densidade dos mesmos.

Os mesmos autores destacam ainda a influência da mineralogia da argila sobre a agregação, afetando a erodibilidade. Os solos tropicais e subtropicais que são normalmente ricos em óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e em argila 1:1 (caulinita) tendem a ser melhores agregados do que os solos com elevado teor de argila 2:1 (montmorilonita, ilita).

O complexo de cátions trocáveis do solo tem também grande importância na agregação das partículas, segundo aqueles autores, onde  $H^+$  e cátions di ou trivalentes favorecem a floculação. Por outro lado, se o complexo de troca for ocupado por grande quantidade de  $Na^+$  e  $K^+$  ou por  $Mg^{++}$  em quantidade muito elevada, os colóides do solo apresentam-se dispersos, inibindo a formação de agregados e causando baixa permeabilidade.

#### 2.4. Efeitos do preparo do solo

Para as regiões cultivadas, é importante o estudo do efeito do cultivo nas perdas de solo e água, pois esta prática altera algumas condições de camada superficial do solo.

Entende-se como cultivo, o conjunto de operações que compreende desde o preparo do solo até o controle de ervas daninhas. Torna-se de interesse então, saber sobre quais tipos de erosão o

cultivo influenciaria. Vários pesquisadores tem buscado respostas para esta pergunta. Entre eles, FOSTER (22), relatou que as modificações causadas pelo cultivo, não têm efeito sobre a erosão entre sulcos mas tem um grande efeito sobre a erosão em sulcos, provavelmente porque os implementos riscam o solo, tendendo a "canalizar" a água superficial. Já FOSTER & MARTIN (26) e MEEUWIG (45), mostraram que a densidade do solo é aparentemente afetada pela desagregação, na erosão entre sulcos, mas a relação não tem sido satisfatoriamente definida.

Quanto ao preparo do solo, visando criar melhores condições físicas da camada superficial para receber as sementes durante o plantio, tem-se efeitos diferentes, conforme o implemento usado, com relação a erosão.

Como exemplo disto, BISCAIA (8), estudando perdas de solo em Latossolo Vermelho-Escuro dos Campos Gerais no Paraná, sob chuva simulada, encontrou a seguinte sequência, em ordem crescente de perdas de solo: aração < aração + 2 gradagens niveladoras < gradeação com grade niveladora < escarificação < subsolagem < gradeação com grade pesada < aração + 4 gradagens niveladoras. Verifica-se que a aração sozinha favorece muito a conservação do solo por deixar uma superfície irregular que dificulta o escoamento superficial e facilita a infiltração. Por outro lado, desfavorece as condições para o desenvolvimento do vegetal, devido aos torrões e crostas de grandes proporções que são prejudiciais ao desenvolvimento das plântulas. O preparo ideal é, portanto, aquele que cria uma rugosidade tal na superfície do solo, que impeça a ação da erosão, e,



ao mesmo tempo não prejudique o desenvolvimento do vegetal.

A rugosidade aparece, portanto, como a mais notada modificação das condições físicas do solo superficial, induzida pelo preparo, segundo BURWELL et alii (11), e sua ocorrência aliada aos resíduos deixados na superfície, em função do preparo do solo, têm um papel muito importante para amortecer o impacto da gota de chuva e reduzir o deflúvio, JOHNSON & MOLDENAUHER (34).

Os implementos utilizados também são de grande influência na rugosidade a ser deixada no solo. MANNERING & FENSTER (41) observaram as seguintes variações em função do implemento usado:

a) Arado de aiveca: inverte a camada arada numa profundidade de 12 a 15 cm, enterrando a maioria dos resíduos próximos ao fundo do sulco. Como resultado, poucos resíduos permanecem sobre a superfície do solo para a proteção contra a erosão hídrica.

b) Arado de disco: normalmente usado para uma profundidade de 12 a 25 cm e parcialmente incorpora alguns dos resíduos, e dependendo tipo e quantidade deste resíduo, pode deixar aprecíavel proteção na superfície do solo.

c) Cultivadores: fazem o cultivo à pouca profundidade e parcialmente incorpora o resíduo a 7-15 cm, mas deixa quantidade aprecíavel de resíduo na superfície para controle da erosão.

Efetivamente, o sistema de cultivo para minimizar a erosão do solo depende do solo e condições topográficas, segundo LARSON &

OSBORNE (37).

CASTRO et alii (13) estudando alguns sistemas de cultivo, concluíram que em Latossolo Roxo, o preparo com duas gradagens niveladoras foi o mais eficaz no controle da erosão, enquanto o arado de discos foi o melhor para a produção do milho, evidenciando assim que nem sempre o sistema que proporciona menores perdas por erosão é o que refletirá melhores produções.

No sistema de preparo do solo para o milho e soja, MOLDE NHAUER (52) encontrou em Mollissolo com 5% de declive, preparado morro abaixo, perdas de água na seguinte ordem: arado de disco < arado de aiveca < sem aração, para a cultura do milho. Na cultura da soja foram: arado de disco < sem aração < arado aiveca. Para a perda de solo, no milho: arado de disco < sem aração < arado de aiveca, enquanto que para a soja: sem aração < arado de disco < arado de aiveca.

Nota-se desta forma, que o cultivo é uma operação que irá modificar sempre as condições físicas do solo, podendo, conforme FERNANDES (21), aumentar ou diminuir a intensidade da erosão. É propósito geral do preparo do solo criar um meio ambiente favorá vel às plantas. As operações de preparo do solo modificam sua densidade aparente, porosidade total e distribuição de tamanhos dos poros. Estas propriedades são fatores altamente determinantes para as propriedades hidráulicas, influenciando as relações de infiltração/deflúvio. Porém, CASSEL (12) observa que o grau com que as várias operações de preparo do solo alteram as propriedades físicas

é pouco entendido e atualmente não pode ser previsto. De fato, existem poucas informações sobre os efeitos do preparo do solo a curto e longo prazo nas propriedades físicas que irão influenciar na erosão. No Brasil, as pesquisas também são escassas.

MARQUES & BERTONI (42), coletando dados junto aos principais solos do Estado de São Paulo, no período de 1944 a 1961, submetidos a diferentes preparos para as culturas de milho, algodão e soja, concluíram que não havia vantagem em se fazer 2 arações em vez de uma única, em situações normais, com respeito à produção. Verificaram também que quanto maior a desagregação do solo e quanto menor a proteção com resíduos vegetais deixados na superfície, tanto maiores serão os prejuízos pela erosão. O mesmo trabalho revogou ainda o conceito que uma maior pulverização do solo era equivalente a uma alta produção.

VIEIRA (68), estudando perdas por erosão sob diferentes sistemas de preparo do solo para a cultura da soja, sob chuva simulada, e solo Laterítico Bruno-Avermelhado com 6% de declive, encontrou que o tratamento de 4 ton/ha de palha + 1 gradagem niveladora controlou aproximadamente 75% das perdas de solo em relação ao plantio convencional. Nos tratamentos estudados, aproximadamente 90% das perdas de solo ocorreram até o crescimento da cultura, constituindo-se assim num período crítico de erosão bem definido.

Pesquisas feitas por BISCAIA (9) em Latossolo Vermelho-Escuro, com diferentes tipos de preparo para a sucessão trigo-soja, sob chuvas naturais, mostram que o preparo convencional reduziu de

87% as perdas em relação ao solo descoberto e o plantio direto perdeu 87% menos que o plantio convencional.

Já MONDARDO et alii (54), usando simulador de chuva em Latossolo Roxo Eutrófico e culturas anuais (soja, trigo, milho, algodão), com sistema de preparo convencional e plantio direto, observaram que o plantio direto sempre perdeu menos solo do que o convencional e este do que o solo descoberto.

Os métodos de preparo do solo, conforme FARIAS et alii (20), especialmente na sucessão trigo-soja, têm assumido um papel preponderante nos fenômenos erosivos dos solos paranaenses. BISCAIA (8) e VIEIRA (68), demonstraram que o marcante crescimento dos índices de mecanização, aliados à necessidade de soluções imediatas de preparo do solo, tem caracterizado o uso excessivo e indiscriminado de implementos como grades pesadas, subsoladores, e outros, cujo emprego coincidem com épocas de chuvas de alto poder erosivo, desequilibrando fisicamente o solo e tornando-se co-responsáveis nos processos de degradação deste recurso.

FARIAS et alii (20), usando chuva simulada em dois Latossolos, um Roxo Distrófico com declive de 10% e outro Vermelho-Escuro textura média e 5% de declive, verificaram que o uso da grade pesada em relação ao preparo convencional, ocasionou perdas de solo e água 3,5 vezes maiores. O mesmo se observou em relação à subsolação, com perdas significativas em relação ao preparo convencional, o que se deve à ação do subsolador em realizar sulcos profundos (cerca de 45 cm) com tendência a "canalizar" a enxurrada. Estes

resultados evidenciam uma maior vantagem do uso de implementos mais leves no preparo do solo no tocante ao controle da erosão. ELTZ et alii (18) trabalhando com diferentes sistemas de manejo em solo Laterítico Bruno-Avermelhado Distrófico, sob chuva natural, ressaltou este fato, colocando que equipamentos mais leves, como grade niveladora, provocou um preparo mais raso deixando uma maior cobertura vegetal, que favorece a proteção do solo.

Observa-se portanto, que as poucas informações existentes no Brasil são dos solos dos estados do Sul, com condições climáticas, topográficas e edáficas diferentes da nossa região. As outras pesquisas são estrangeiras, e, portanto, obtidas em condições também adversas, o que tornam temerárias as extrapolações e inferências que porventura venham a ser feitas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Determinações de campo

##### 3.1.1. Solos utilizados

Foram utilizados dois solos classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro, ambos de textura muito argilosa, representativos da região e sob vegetação de cerrado, segundo Curi, Lima e Marques Jr.\*, cuja descrição se encontra no Apêndice.

##### 3.1.2. Parcelas experimentais

A pesquisa foi conduzida em 10 parcelas para cada solo, de dimensão média 2,0 x 10,00 metros (maior dimensão no sentido do declive), individualizadas com o uso de chapas corrugadas de aço galvanizado com 25 cm de altura.

Na parte inferior das parcelas, debaixo de um abrigo, instalou-se coletores de água e solo, parafusados em uma chapa de fer

---

\* Informação pessoal.

ro enterrada que delimitava o final da parcela, convergindo para uma calha medidora de vazão tipo Flume HS-18 cm; na parte superior das parcelas foram instalados os aparelhos extra-chuva para determinação do comprimento de rampa simulado.

### 3.1.3. Tratamentos

Os tratamentos se constituíram de combinações de cinco métodos de preparo do solo, no sentido do declive da parcela, com 2 repetições (2 parcelas para cada série de chuvas):

- a) 1D1P - uma aração com arado de disco e uma gradagem pesada.
- b) 1A1P - uma aração com arado de aiveca e uma gradagem pesada.
- c) 1D2L - uma aração com arado de disco e duas gradagens leves.
- d) 1A2L - uma aração com arado de aiveca e duas gradagens leves.
- e) 2P - Duas gradagens pesadas.

### 3.1.4. Amostragens

#### 3.1.4.1. Perdas de solo e água

A concentração de sólidos na enxurrada (deflúvio) foi de terminada nas primeiras e segundas chuvas, através de amostras coletadas em potes plástico de 0,5 litros a intervalos de 3 minutos junto ao flume HS de 18 cm. Simultaneamente à amostragem do deflúvio foram efetuadas leituras das alturas da lâmina d'água nos flumes para a determinação da vazão da enxurrada.

#### 3.1.4.2. Agregados

Foram também amostrados durante as chuvas, material para determinação de agregados com utilização de jogo de peneiras de 2; 1; 0,5; 0,25 e 0,053 mm de abertura de malha. Os agregados foram amostrados aos 40 e 50 minutos na primeira chuva (considerando a probabilidade de não ocorrer enxurrada antes deste tempo), e aos 7, 17, 27, 37 e 47 minutos na segunda chuva.

#### 3.1.4.3. Densidade do solo, de partículas e umidade do solo das parcelas (0-20 cm)

As amostras para a determinação das densidades de solo e partículas foram coletadas após as séries de chuvas aplicadas, dentro das parcelas.



Para determinar a umidade da camada superficial as amostras foram coletadas nas parcelas nos seguintes intervalos; antes da primeira chuva, depois da primeira chuva e após a segunda chuva.

#### 3.1.4.4. Análises químicas, físicas e mineralógicas do material erodido

Coletou-se ainda aos 40 minutos de duração das duas chuvas aplicadas (tempo em que o deflúvio já deverá ser intenso), amostras em baldes para fins de análises químicas, mineralógicas e físicas do material erodido.

#### 3.1.4.5. Velocidade da enxurrada

Para medir a velocidade da enxurrada foi usada uma solução de azul de metileno para identificar o tempo da movimentação da solução nos 3, 6, 9 metros do comprimento da parcela. A velocidade foi determinada aos 40 e 50 minutos da primeira chuva e aos 7, 17, 27 e 47 minutos da segunda chuva.

### 3.2. Determinações de laboratório

#### 3.2.1. Perdas de solo e água

O volume de deflúvio, perda de solo e água foram calculados utilizando-se os programas para tratamento de dados obtidos em pesquisas de erosão do solo com o uso de simulador de chuva, basea

dos na metodologia desenvolvida por Nowlin e adaptada por Silveira e Malves, citados por BAHIA (4).

### 3.2.2. Agregados

Utilizou-se como sendo representativo do comportamento dos agregados para cada parcela, o Diâmetro Médio Geométrico (DMG) proposto por KEMPER & CHEPIL (35), calculado pela fórmula:

$$DMG = \exp. \frac{\sum_{i=1}^n w_i \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

onde:  $w_i$  = é a massa dos agregados de cada classe de tamanho (g)  
 $x_i$  = diâmetro médio de cada classe de tamanho (mm)

### 3.2.3. Sólidos no deflúvio

Em laboratório os sólidos no deflúvio foram determinados conforme metodologia descrita por COGO (14), calculando-se o percentual respectivo.

### 3.2.4. Densidade do solo, de partículas e umidade do solo das parcelas (0-20 cm)

Ainda os seguintes parâmetros físicos foram determinados nas parcelas: densidade do solo pelo método do anel volumétrico de Uhland, densidade de partículas pelo método do picnômetro segundo

BLAKE (10) e umidade da camada superficial pelo método da estufa conforme GARDNER (29).

### 3.2.5. Análises químicas, físicas e mineralógicas do material erodido

Os resultados das análises químicas, físicas e mineralógicas do material erodido e dos solos foram retirados de BAHIA (5), como parte integrante do primeiro relatório técnico do projeto de Erosão de Solos, convênio FINEP-FAEPE e estão apresentados no Apêndice.

## 3.3. Aparelhos utilizados

### 3.3.1. Simulador de chuvas

Utilizou-se para este trabalho um aparelho simulador de chuvas do tipo rotativo, fabricado pela ASBRASIL segundo modelo da Universidade de Nebraska, idealizado por SWANSON (64), com as seguintes características:

a) montagem em chassis de aço com 4 rodas pneumáticas, bitola de 1,80 m.

b) 30 bocais de aspersão tipo Veejet 80/100 (fabricação nacional), fixados em 10 tubos radialmente distribuídos.

c) acionamento por motor à gasolina de 6,0 CV refrigerado a ar.

d) velocidade de rotação: 3,5 a 4 rpm.

O simulador foi previamente calibrado, obtendo-se uma precipitação básica de 63,5 mm/h conforme recomendação de SWANSON & DEDRICK (65). A calibração pode ser encontrada em BAHIA (5).

#### 3.3.1.1. Sistema de alimentação

O sistema de alimentação de água foi constituído de um conjunto moto-bomba composto de um motor diesel, marca Yanmar, modelo NSB-18 (13 CV - 1800 rpm), acoplado a uma bomba centrífuga marca Wortington, modelo 1 1/2 DBE 133, rotor diâmetro 11,80", montado sobre uma carreta, e dois tanques de 8.000 litros de capacidade, sendo que um deles foi instalado na carroceria de um caminhão para eventuais reabastecimentos.

#### 3.3.2. Aparelho extra chuva

Os aparelhos extra-chuva foram baseados no modelo de SWANSON & DEDRICK (65), sendo constituídos de um tubo furado de PVC de 75 mm de diâmetro, do tamanho correspondente à largura da parcela, coberto por uma lâmina dissipadora de energia recurvada, para evitar o impacto direto do jato d'água na parcela.

Estes aparelhos foram previamente calibrados para uma vazão de 199,2 mm/h, conforme consta em BAHIA (5).

### 3.3.2.1. Sistema de alimentação

O sistema de alimentação do extra-chuva foi composto de uma motobomba a diesel motor Agrale tipo M-73 LHK, 4,4 CV, 3000 rpm e bomba KSB tipo 40-17, ligado ao tanque de 8.000 litros.

## 3.4. Chuvas aplicadas

### 3.4.1. Chuvas do simulador

Em cada parcela foram aplicadas três chuvas denominadas: pré-chuva - com duração de 60 minutos e com finalidade de uniformizar a umidade do solo, muito seco na ocasião devido ao período em que foram instalados os experimentos (julho/85 e julho/agosto/86); primeira chuva - com duração de 60 minutos e segunda chuva com duração de apenas 50 minutos, em função da limitação de água causada pela aplicação da extra-chuva nos dez minutos finais.

Estas chuvas foram aplicadas com uma intensidade básica de calibração de 63,5 mm/h, correspondendo a 15 bocais abertos (Figura 1) e pressão de 6 psi. A primeira chuva foi aplicada logo após a pré-chuva, com intervalo suficiente apenas para se efetuarem as amostragens, e a segunda chuva foi aplicada com um intervalo máximo de duas horas, tempo exigido para o reabastecimento dos tanques.

A precipitação efetiva foi medida em pluviômetros estrategicamente colocados nas duas parcelas.

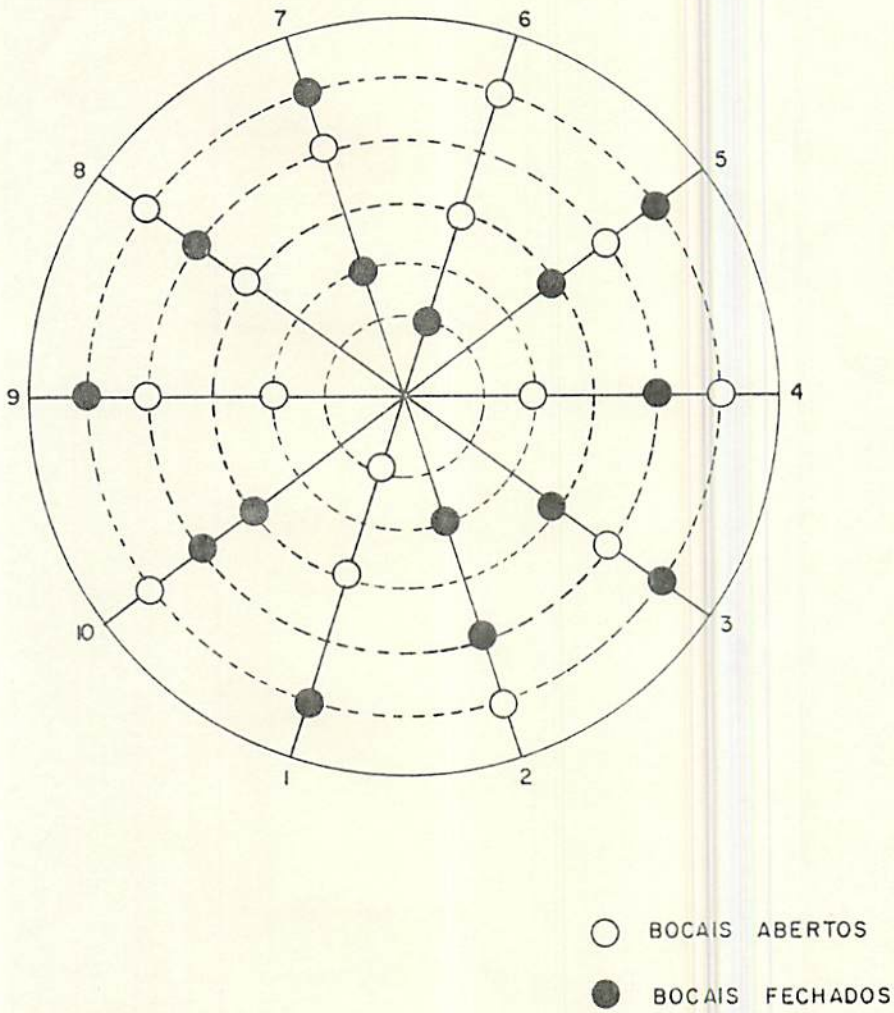


FIGURA 1. Disposição e Esquema de Abertura dos Bocais do Simulador de Chuva.

### 3.4.2. Extra-chuva

Nos dez últimos minutos da segunda chuva foi aplicada uma extra-chuva correspondente a 199,2 mm/h, para determinação do comprimento de rampa simulado, que foi calculado através da seguinte fórmula proposta por HUSSEIN & LAFLÉN (33):

$$X = \frac{Q_a L}{q_e}$$

onde: X = comprimento de rampa simulado (m)

Q<sub>a</sub> = vazão da enxurrada na parcela medida depois de adicionada a extra-chuva (m<sup>3</sup>/s)

q<sub>e</sub> = vazão da enxurrada na parcela medida antes de ser adicionada a extra chuva (m<sup>3</sup>/s)

L = comprimento da parcela (m).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Perdas de solo e água

Os resultados obtidos quanto às taxas totais de deflúvio, perda de água e solo, para as duas chuvas (Quadro 1), mostram um aumento marcante da primeira para a segunda chuva em todos os tratamentos e solos estudados, ocorrido principalmente pela aplicação da extra-chuva nos dez minutos finais da segunda chuva. Não obstante a extra-chuva influencie acentuadamente nos resultados finais das referidas taxas, os Quadros 2 e 3 mostram que ocorreu uma tendência destas taxas aumentarem até aos 40 minutos da segunda chuva, sendo assumido portanto, que no intervalo de 40-50 minutos o comportamento de todas as taxas estudadas seguiu a tendência normal verificada para os intervalos anteriores.

As taxas totais de infiltração (Quadro 1) sofreram uma redução da primeira para a segunda chuva, provavelmente por esta última já encontrar a parcela com uma umidade muito elevada, e também pela ação desagregadora das gotas que promove o "selamento" dos poros nos dois solos levando a um aumento gradativo nas perdas de água e solo e taxas de deflúvio (Quadros 2 e 3). Comparando-se as



QUADRO 1. Taxas totais de deflúvio, perda de água, infiltração e perda de solo, em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos, nas duas séries de chuva, usando simulador de chuva (média de 2 repetições)

SOLO	Parcelas	Tratamento	Taxas							
			Deflúvio ( $\times 10^{-5}$ )		Perda de água ( $\times 10^{-5}$ )		Infiltração ( $\times 10^{-5}$ )		Perda de solo	
			1ª chuva	2ª chuva	1ª chuva	2ª chuva	1ª chuva	2ª chuva	1ª chuva	2ª chuva
			----- $\text{m}^3/\text{sxm}$ -----							
			----- t/haxh -----							
	5- 6	2P	5,47	7,54	5,47	7,42	12,17	10,22	0,10	17,78
	7- 8	1D2L	0,58	3,08	0,58	3,05	17,07	14,59	0,03	3,04
LE	9-10	1A2L	0,11	3,87	0,11	3,67	17,53	13,98	0,00	22,36
	11-12	1A1P	0,11	2,66	0,11	2,46	17,54	15,18	0,02	20,76
	13-14	1D1P	0,12	4,15	0,12	3,97	17,52	13,68	0,29	19,76
	11-12	2P	1,35	6,63	1,35	6,49	16,29	11,15	0,23	14,99
	13-14	1D2L	1,66	9,08	1,65	8,89	15,99	8,75	0,41	19,45
LV	15-16	1A2L	3,03	12,08	3,01	11,49	14,63	6,15	1,92	61,29
	7-8	1A1P	3,42	9,82	3,40	9,59	14,24	8,05	1,39	22,98
	9-10	1D1P	1,17	8,21	1,17	8,05	16,48	9,60	0,26	17,38

QUADRO 2. Taxas parciais de enxurrada e perda de solo em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos e segunda chuva, usando simulador de chuva (média de 2 repetições).

SOLO	Parcelas	Tratamento	Taxa de deflúvio ( $\times 10^{-4}$ )					Taxa de perda de solo				
			0'-10'	10'-20'	20'-30'	30'-40'	40'-50'	0'-10'	10'-20'	20'-30'	30'-40'	40'-50'
			----- m <sup>3</sup> /sxm -----					----- t/ha x h -----				
	5- 6	2P	4,25	5,03	6,24	7,00	47,87	0,048	0,240	0,834	1,035	88,596
	7- 8	1D2L	0,96	2,25	3,58	3,79	15,53	0,036	0,528	0,435	0,666	13,518
LE	9-10	1A2L	0,00	0,00	0,01	2,77	35,03	0,000	0,018	0,069	7,239	99,075
	11-12	1A1P	0,00	0,00	0,00	0,56	31,23	0,012	0,066	0,075	0,357	109,035
	13-14	1D1P	0,04	0,75	1,81	2,26	38,13	0,102	0,528	1,995	2,904	90,351
	11-12	2P	1,24	6,70	9,60	9,30	42,34	0,303	0,924	1,971	1,746	73,473
	13-14	1D2L	0,78	3,94	7,59	6,54	74,70	0,144	1,206	1,491	1,602	94,158
LV	15-16	1A2L	2,02	12,60	13,74	12,93	80,30	0,609	7,614	6,990	6,450	287,607
	7-8	1A1P	3,78	10,21	10,10	10,22	69,09	1,371	4,101	3,822	3,750	106,017
	9-10	1D1P	0,49	5,71	8,45	10,27	61,13	0,264	0,840	1,086	2,613	86,280

QUADRO 3. Taxas parciais de perda de água no deflúvio e infiltração em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos e segunda chuva, usando simulador de chuva (média de 2 repetições).

SOLO	Parcelas	Tratamento	Perda de água ( $\times 10^{-6}$ )					Infiltração ( $\times 10^{-4}$ )				
			0'-10'	10'-20'	20'-30'	30'-40'	40'-50'	0'-10'	10'-20'	20'-30'	30'-40'	40'-50'
----- m <sup>3</sup> /sxn -----												
	5- 6	2P	4,25	5,02	6,23	6,99	46,72	1,72	1,72	1,71	1,69	1,30
	7- 8	1D2L	0,96	2,24	3,57	3,78	15,32	1,75	1,74	1,73	1,73	1,61
LE	9-10	1A2L	0,00	0,00	0,01	2,65	33,23	1,76	1,76	1,76	1,74	1,43
	11-12	1A1P	0,00	0,00	0,00	0,54	29,10	1,76	1,76	1,76	1,75	1,47
	13-14	1D1P	0,03	0,74	1,78	2,21	36,46	1,76	1,76	1,75	1,74	1,40
	11-12	2P	1,24	6,70	9,56	9,25	40,95	1,75	1,70	1,67	1,67	1,35
	13-14	1D2L	0,77	3,92	7,56	6,50	72,87	1,76	1,72	1,69	1,70	1,04
LV	15-16	1A2L	2,02	12,46	13,61	12,81	74,88	1,74	1,64	1,63	1,64	1,02
	7-8	1A1P	3,77	10,13	10,02	10,16	67,03	1,73	1,66	1,66	1,66	1,09
	9-10	1D1P	0,49	5,71	8,43	10,21	59,48	1,76	1,71	1,68	1,66	1,17

taxas totais de infiltração (Quadro 1) observa-se que 80% delas foram maiores para o Latossolo Vermelho-Escuro (LE), à exceção do tratamento 2P, evidenciando a maior capacidade de infiltração deste solo. Ampliando esta comparação para as taxas totais de deflúvio, perda de solo e água (Quadro 1), nota-se que 80% delas se apresentaram menores para o LE, com exceção dos preparos 2P e 1D1P (só para a perda de solo), que de alguma forma favoreceram o Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) e/ou desfavoreceram o LE no tocante à erosão, conforme se discutirá mais adiante.

No Quadro 2, 88% das taxas parciais de perda de solo aumentaram com o decorrer do tempo, (incluindo o intervalo de 40-50 minutos) para todos os tratamentos e solos, sendo que 76% destas taxas no LV foram maiores que o LE, evidenciando a maior resistência deste último à erosão, para todos os tratamentos excetuando-se o 2P e 1D1P. O tempo onde ocorreu esta exceção foi o intervalo de 40-50 minutos, fazendo crer que o uso da grade pesada provavelmente piorou as condições de estruturação do LE, causando uma compactação subsuperficial que impede a infiltração da água, conforme observações de MAZUCHOWSKI & DERPSCH (44) e, quando o volume de enxurrada se tornou crítico (pela aplicação da extra-chuva), este solo se mostrou mais erodível que o LV. O efeito da grade pesada no LV, entretanto, é benéfico e pode ser atribuído ao fato deste implemento conseguir romper todo o horizonte A deste solo, que segundo LIMA (39) possui menor condutividade hidráulica que o horizonte B, favorecendo com isto uma melhor infiltração.

As taxas parciais de deflúvio (Quadro 2), também aumentaram com o decorrer do tempo para todos os tratamentos e solos (considerando que de 40-50 minutos também houve um aumento, independente da extra-chuva). O LV apresentou 88% destas taxas maiores que as do LE e, embora tenha sido observado para cada tratamento dentro de cada solo, uma boa correlação direta entre taxa de deflúvio e taxa de perda de solo, até aos 40 minutos da segunda chuva (Quadro 4), dentro de um mesmo solo os tratamentos menos erosivos (Quadro 1), não foram necessariamente aqueles com menor deflúvio. Isto mostra que, embora dentro da mesma classe de solo, com as mesmas características pedogenéticas, físicas, químicas e biológicas, o tipo de preparo surge como fator de modificação física do solo, influenciando no tamanho dos agregados a serem transportados pela enxurrada. Logo, a taxa de deflúvio é, no tocante à perda de solo, preditiva apenas para cada tratamento, dentro de uma classe de solo, ou para um mesmo tratamento entre as duas classes de solo, não sendo preditiva entre os diversos tratamentos dentro de uma mesma classe.

As mesmas tendências em relação à perda de solo, foram seguidas pelas taxas parciais de perda de água apresentadas no Quadro 3. Estas taxas apresentaram ainda uma boa correlação inversa com as taxas de infiltração (Quadro 4).

As taxas de infiltração (Quadro 3) por sua vez, indicam que a sua quase totalidade (96%), diminuiu com o decorrer do tempo apresentando-se maiores para o LE em 88% dos casos. Embora o Quadro 4 apresente uma boa correlação inversa destas taxas com as taxas de

QUADRO 4. Coeficientes de correlação entre taxas parciais de deflúvio x perdas de solo, perda de água x infiltração, perdas de solo x infiltração, perda de solo x DMGs, deflúvio x DMGs, para Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa nos diversos tratamentos sob chuva simulada, até os 40 minutos da segunda chuva.

		Coeficiente de correlação				
SOLO	Tratamento	Deflúvio x perda de solo	Perda de água x infiltração	Perda de solo x infiltração	Perda de solo x DMGs	Deflúvio x DMGs
LE	2P	0,99	- 0,91	- 0,89	- 0,77	- 0,81
	1D2L	0,84	- 1,00	- 0,83	0,53	0,67
	1A2L	1,00	- 1,00	- 1,00	0,99	0,98
	1A1P	0,98	- 1,00	- 0,98	0,47	0,60
	1D1P	0,98	- 0,93	- 0,98	0,92	0,98
LV	2P	0,96	- 1,00	- 0,97	0,48	0,36
	1D2L	0,94	- 0,99	- 0,97	0,95	0,85
	1A2L	0,98	- 1,00	- 0,98	0,65	0,69
	1A1P	0,99	- 1,00	- 0,99	- 0,42	- 0,40
	1D1P	0,86	- 1,00	- 0,87	0,52	0,88

perda de solo, para todos os tratamentos e solos, dentro de uma mesma classe de solo os tratamentos menos erosivos não foram necessariamente aqueles com maiores taxas de infiltração. Isto indica que, a exemplo das taxas de deflúvio e perda de água, a taxa de infiltração somente é preditiva quanto à perda de solo, para cada tratamento dentro de uma classe de solo, ou para um mesmo tratamento entre as duas classes.

Deve-se ressaltar, que as taxas parciais determinadas nos Quadros 2 e 3, refletem uma tendência temporária naquele intervalo de tempo, e que o resultado final destas tendências será dado pelo balanço das condições existentes em todos os intervalos, e traduzidos em forma de taxas totais no Quadro 1. Os resultados deste Quadro no entanto, não expressam valores absolutos e servem apenas como valores de referência para comparar os tratamentos efetuados.

Os resultados obtidos no tocante à distribuição de tamanho dos agregados, considerando-se o Diâmetro Médio Geométrico (DMG) como representativo do índice de agregação do solo, conforme propuseram KEMPER & CHEPIL (35), mostram algumas tendências importantes (Quadro 5). Para os dois solos e todos os tratamentos, ocorreu, aos 47 minutos da segunda chuva, depois de acionada a extra-chuva, um aumento considerável do DMG em relação aos outros tempos, evidenciando maior capacidade de transporte da enxurrada neste intervalo de tempo. Nota-se ainda, pelo mesmo quadro, que 85% dos DMGs da primeira chuva e 67% da segunda chuva aumentaram com o tempo, concordando com Elisson, citado por GABRIELS & MOLDENHAUER (28), que o início do transporte é feito pelo fluxo do lençol fino

QUADRO 5. Distribuição dos tamanhos dos agregados do material arrastado de Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos e tempo de chuva simulada, usando o Diâmetro Médio Geométrico (DMG). (média de 2 repetições).

SOLO	Tratamento	1ª chuva		2ª chuva				
		40'	50'	7'	17'	27'	37'	47'
		----- mm -----						
LE	2P	0,42	0,85	0,74	0,34	0,26	0,29	0,78
	1D2L	0,24	0,24	0,17	0,34	0,44	0,27	0,51
	1A2L	-	0,31	-	0,19	0,06	0,82	0,87
	1A1P	-	0,18	0,38	0,12	0,21	0,40	1,05
	1D1P	0,64	0,63	0,49	0,60	0,72	0,72	0,93
LV	2P	0,36	0,50	0,37	0,37	0,58	0,32	0,77
	1D2L	0,57	0,62	0,26	0,52	0,55	0,72	0,77
	1A2L	0,55	0,33	0,45	0,71	0,60	0,95	0,53
	1A1P	0,25	0,56	0,56	0,45	0,60	0,46	0,70
	1D1P	0,31	0,28	0,20	0,52	0,60	0,51	0,90



carreando apenas partículas finas, e mais tarde, à medida que a força deste fluxo vai aumentando, o seu poder de transporte também aumenta, podendo transportar partículas e/ou agregados maiores. Isto é ainda ratificado pelos coeficientes de correlação, quase todos positivos, encontrados para as taxas de deflúvio e DMGs (Quadro 4).

Este mesmo quadro não apresentou uma correlação satisfatória entre maior perda de solo e maior pulverização (menor DMG). Apenas para dois tratamentos - 2P para o LE e 1A1P para o LV - houve uma correlação inversa para estas variáveis. Os outros tratamentos apresentaram correlações diretas, nem sempre altas, mas que demonstraram que para quase todos os tratamentos, nos dois solos estudados, uma maior pulverização não significou maior perda de solo. Logo, outros fatores irão interferir nesta interrelação, e as mudanças na permeabilidade do solo, em decorrência do preparo utilizado, aparecem como as prováveis causas disto. Uma maior pulverização (DMG), portanto, não foi um fator preditivo quanto às perdas de solo por erosão.

Observa-se que mais de 60% dos agregados coletados nos diversos tempos, tratamentos e chuvas, tiveram, à exceção de 1D1P e 2P, seus DMGs maiores para o LV, não obstante nele ocorresse maior incidência de erosão entre sulcos (verificação visual "in loco"). Isto pode ter ocorrido devido à maior coesão de suas unidades estruturais que são menos sujeitas à pulverização pelas gotas e implementos utilizados, o que faz do maior deflúvio apresentado por este solo (Quadro 2), o principal responsável por suas maiores

perdas. Quanto ao comportamento dos tratamentos 1D1P e 2P, ele se mostra coerente com suas tendências no Quadro 1, e pode ser decorrente da ação da grade pesada que penetra mais profundamente no LE do que no LV propiciando uma maior pulverização neste último solo. Logo, é preciso certa cautela quando se diz que as partículas da erosão entre sulcos são menores que as da erosão em sulco. Isto seria válido dentro de uma mesma classe de solo, já que entre dois solos diferentes, como os solos estudados, o solo com maior incidência de erosão em sulcos (LE), teve seus DMGs menores do que aquele com maior ocorrência de erosão entre sulcos (LV).

Os Quadros 6 e 7, mostram que, de modo geral, houve uma maior e mais rápida formação de enxurrada no LV, o que era de se esperar dado à sua menor taxa de infiltração (Quadro 1), que é consequência do predomínio da coerência sobre a permeabilidade, conforme LIMA (39). A velocidade da enxurrada (Quadro 7) no LV foi maior em praticamente todos os tempos de medição da primeira e segunda chuva, com raras exceções. Isto demonstra que a maior permeabilidade do LE atuou como fator limitante para maiores perdas deste solo. Outro fato que confirma isto é que os sulcos do LE não atingiram o comprimento total da parcela (Quadro 7), ou seja, antes que o fluxo d'água dentro do sulco chegasse à calha coletora, ela se infiltrava não permitindo medições da velocidade.

A relativa melhor drenagem do LE fica também expressa no Quadro 8, que mostra menores valores de umidade comparado ao LV, na camada superficial, sugerindo que a água naquele solo tende a pene-

QUADRO 6. Tempo para iniciar a enxurrada em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos, usando simulador de chuva (média de 2 repetições).

SOLO	Tratamentos	1ª chuva	2ª chuva
		-----min:seg-----	
LE	2P	23:28	05:17
	1D2L	21:05	13:08
	1A2L	42:00	21:32
	1A1P	37:13	22:30
	1D1P	10:31	05:16
LV	2P	05:10	03:50
	1D2L	04:39	04:08
	1A2L	09:35	03:40
	1A1P	06:44	03:45
	1D1P	07:17	06:45

QUADRO 7. Velocidade da enxurrada em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa nos diversos tratamentos usando simulador de chuva.

SOLO	Parcelas	Tratamento	1ª chuva		2ª chuva				
			40'	50'	7'	17'	27'	47'	
			----- m/s (x10 <sup>-2</sup> ) -----						
LE	5	2P	-	-	-	-	10,0	38,3	
	6	2P	-	-	-	-	1,6	26,5	
	7	1D2L	-	-	-	-	4,8	18,8	
	8	1D2L	-	-	-	-	-	11,2	
	9	1A2L	-	-	-	-	-	42,5	
	10	1A2L	-	-	-	5,5	5,5	11,1	
	11	1A1P	-	-	-	-	-	45,2	
	12	1A1P	-	-	-	-	-	41,1	
	13	1D1P	4,0	5,7	-	10,0	11,5	33,6	
	14	1D1P	-	3,3	-	5,0	8,8	35,1	
	LV	11	2P	5,71	7,83	5,21	6,18	6,54	28,54
		12	2P	-	5,62	4,92	6,08	6,83	33,33
		13	1D2L	4,07	4,58	4,22	4,60	4,68	23,31
		14	1D2L	12,31	13,66	13,23	14,38	19,69	49,17
15		1A2L	4,46	4,62	3,31	6,71	6,81	61,11	
16		1A2L	7,50	7,83	6,57	11,06	11,06	45,83	
7		1A1P	5,57	7,60	11,00	11,25	11,56	28,89	
8		1A1P	9,46	9,95	8,78	8,88	9,53	39,68	
9		1D1P	5,22	8,46	6,01	7,32	7,35	39,29	
10		1D1P	9,23	9,38	7,85	8,64	9,48	37,50	

QUADRO 8. Umidade da camada superficial (0-20 cm) de Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, em diferentes tempos de amostragem da série de chuvas com simulador, nos diversos tratamentos (Média de 6 repetições).

SOLO	Parcelas	Tratamento	Amostragem		
			Antes 1ª chuva	Antes 2ª chuva	Após 2ª chuva
			----- % -----		
LE	5- 6	2P	37,95	34,25	42,50
	7- 8	1D2L	44,90	34,80	43,45
	9-10	1A2L	41,80	34,80	45,65
	11-12	1A1P	41,40	34,70	43,80
	13-14	1D1P	40,15	33,75	42,60
LV	11-12	2P	41,79	40,47	48,47
	13-14	1D2L	37,88	35,25	39,68
	15-16	1A2L	48,76	41,29	51,42
	7-8	1A1P	40,82	42,08	49,85
	9-10	1D1P	41,13	35,77	48,20

trar à profundidades maiores, até bem abaixo do sistema radicular.

Os resultados das densidades do solo, obtidas após as séries de chuvas (Quadro 9) indicam valores menores para o LE em razão do seu mais elevado teor de Gibbsita (78% no LE e 34% no LV - horizonte A1), BAHIA (5), óxidos de ferro e matéria orgânica (Quadro 3A) que propiciam estrutura mais arredondada e espaço poroso maior, o que lhe confere uma menor relação peso/volume, situação oposta à do LV.

Estes resultados complementam as afirmações de CASSEL (12), FOSTER & MARTIN (26) e MEEUWIG (45), de que as operações de preparo do solo modificam a densidade do solo, e volume total dos poros (VTP), agora também entre os tratamentos efetuados, influenciando as relações de infiltração/deflúvio, mais, ou menos, dependendo das características pedogenéticas de cada solo e tipo de prática de preparo.

A densidade de partículas, ao contrário, foi maior para o LE, refletindo a presença de minerais mais pesados em sua mineralogia, como os compostos ferro e titânio (Quadro 3A).

#### 4.2. Erodibilidade do solo

Embora não tenha sido determinada em termos quantitativos, não se pode desprezar a contribuição marcante deste parâmetro nas perdas de solo e água. Uma vez mantidas constantes as condições que beneficiam a erosão, a erodibilidade surge como responsável pelas

QUADRO 9. Densidade do solo, densidade de partículas, e porosidade total da camada superficial (0-20 cm) de Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, após a aplicação das séries de chuvas com simulador, nos diversos tratamentos (média de 4 repetições).

SOLO	Tratamento	Densidade do solo	Densidade de partículas	VTP
		----- g/cm <sup>3</sup> -----	-----	---%---
LE	2P	1,00	2,66	62,41
	1D2L	0,97	2,63	63,11
	1A2L	0,99	2,68	63,05
	1A1P	1,00	2,80	64,28
	1D1P	1,00	2,68	62,68
LV	2P	1,03	2,65	61,13
	1D2L	1,10	2,59	57,53
	1A2L	1,02	2,64	61,36
	1A1P	1,03	2,61	60,54
	1D1P	1,02	2,65	61,51

diferentes perdas entre os 2 solos. Diversos fatores que afetam a erodibilidade devem ser levados em conta. Entre eles a granulometria (Quadro 1A), que mostra uma maior porcentagem de areia fina para o LV como provável causa de sua maior perda do material, visto que, o outro parâmetro que poderia influenciá-lo teor de silte mostrou-se sem grandes diferenças entre os dois solos. O mesmo quadro mostra ainda que a relação silte/argila é maior para o LE delineando uma tendência deste ser mais erodível do que aquele em condições onde a permeabilidade não seja fator limitante.

O mesmo quadro mostra também que a porcentagem de A.D.A. (argila dispersa em água) foi baixa para os dois solos, embora o LV apresentasse menor valor que o LE, mostrando a existência de menos material disponível para ser disperso no primeiro solo, pelo impacto da gota de chuva, resultando em pouca desagregação e respingoamento das partículas, o que irá contribuir também para a maior resistência do LV à erosão em sulcos. Há, portanto, pelo modelo de RESENDE et alii (61) uma predominância da coerência em detrimento de uma menor permeabilidade, o que também pode explicar a menor incidência de sulcos no LV.

No LE, a baixa coerência entre seus agregados (unidades estruturais pequenas e arredondadas), é decorrente do mais alto teor de gibbsita, BAHIA (5), e óxidos de ferro, (Quadro 3A), o que lhe confere uma maior taxa de infiltração, menor taxa de perda de água e deflúvio, para todos os tratamentos e conseqüentemente menor perda de material de solo (Quadros 1, 2 e 3). Associando-se isto a maior espessura dos horizontes A + B<sub>2</sub>, observada por Curi e



Lima (descrição morfológica no Apêndice), fica clara a sua melhor agregação e drenagem. A matéria orgânica, também de grande influência na erodibilidade do solo, mostra-se, pelo Quadro 3A, em maiores teores para o LE, e pode, quando associada com outros parâmetros, ser responsável pela maior resistência à erosão por parte deste solo. Ela confere maior estruturação ao solo, aumentando sua capacidade de infiltração e, conseqüentemente, diminuindo o deflúvio.

#### 4.3. Efeitos dos preparos no solo

Pelos resultados dos Quadros 1 e 2, observa-se que, de uma maneira geral, o comportamento dos 5 tratamentos apresentou uma tendência semelhante para os dois solos, com respeito às perdas de solo. Embora as limitações das chuvas simuladas observadas por NEFF (56), devam estar sempre presentes, verifica-se que os 5 tratamentos, para os dois solos, diferiram-se nas três primeiras colocações em ordem crescente de perdas de solo, ou seja,  $2P < 1D1P < 1D2L$  para o LV e  $1D2L < 2P < 1D1P$  para o LE (Quadro 1).

Embora a quantificação das perdas não tenha sido traduzida em termos de erodibilidade, existe uma clara tendência do preparo onde se utiliza o arado de discos em favorecer menos a erosão quando comparado com o arado de aiveca. O fato do arado de discos incorporar os resíduos mais superficialmente que o arado de aiveca, conforme observações de MANNERING & FENSTER (41), aliado aos visíveis sulcamentos causados por este último abaixo da camada arada,

tendendo a "canalizar" a enxurrada, podem explicar bem a razão disto. É importante considerar ainda que o efeito "canalizador" do arado de aiveca pode favorecer a erosão somente nos casos em que o preparo for feito no sentido do declive, como em simuladores de chuva. Estudos devem ser feitos no sentido de verificar se em condições de preparo em nível o comportamento do arado de aiveca não seria outro, protegendo mais o solo em função dos canais por ele deixados estarem agora cortando o sentido das águas e agindo nestas condições como um obstáculo ao movimento das enxurradas.

Está evidente também o bom resultado do tratamento convencional (1D2L), nos Quadros 1 e 2, tratamento que promoveu significativamente menos perda de material no LE e praticamente se igualou aos dois primeiros tratamentos no LV concordando com resultados de BISCAIA (8) e CASTRO et alii (13). Deve-se salientar, entretanto, a significativa redução nas perdas que o tratamento convencional promoveu no LE em relação aos outros tratamentos (Quadros 1 e 2), devido provavelmente à menor movimentação e maior proteção através da incorporação superficial de resíduos, tudo isto aliado às condições de permeabilidade francamente favoráveis deste solo.

Já no tocante ao LV este tratamento não apresentou a mesma "performance", provavelmente devido a fatores pedogenéticos, embora tenha estado bem próximo do tratamento menos erosivo (2P). A sua alta coerência, em contraste com baixa permeabilidade, pode ter resultado em uma menor penetração dos implementos. Este solo teve no maior deflúvio (Quadros 2 e 7), a razão de uma maior perda de mate

rial do solo. Tudo isto indica que este tratamento (1D2L), deve ser mantido como convencional na região, proporcionando um preparo racional do solo.

Outro resultado que chama atenção é a grande taxa de perda obtida com o tratamento 1A2L para o LV (Quadros 1 e 2). Pela posição deste tratamento em relação ao tratamento 1A1P pode-se inferir que foi a grade leve (passada 2 vezes), a maior responsável pelo aumento das perdas por erosão, contrariando observações feitas por ELTZ (18), por causar maior desagregação da superfície pela ação mecânica do implemento, acompanhada naturalmente da ação "canalizadora" do arado de aiveca.

Tal tratamento (1A2L), também foi o que causou maior perda no LE, que não chegou a ser tão significativa dado à sua maior permeabilidade e declive pouco acentuado. O uso da grade pesada, portanto não chegou a contribuir para uma maior erosão, discordando com os resultados de FARIAS et alii (20). No caso do tratamento 1A1P, que promoveu grandes perdas, o efeito benéfico da grade pesada provavelmente foi inibido pelo arado de aiveca, principalmente dentro do LV, onde devido à maior coerência o efeito canalizador se estabelece mais à superfície acelerando a sua degradação.

Quanto às modificações nas propriedades físicas causadas pelo preparo do solo, o Quadro 9 mostra que não houve grandes diferenças nos valores de densidade de solo, de partículas e volume total de poros (VTP). Existem apenas leves inícios de que o LE tem menores valores de densidade do solo que o LV, o que seria de espe

rar face à sua mineralogia e ao seu comportamento erosivo. Dentro de cada classe de solo entre os tratamentos, também ficou evidente o carácter não preditivo das alterações destes parâmetros físicos estudados.

#### 4.4. Comprimento de rampa simulado

Foram simulados os comprimentos de rampa das parcelas para cada tratamento efetuado em cada classe de solo (Quadro 10). Segundo HUSSEIN & LAFLEN (33), o que se simula, na realidade, são os 10 metros finais (comprimento da parcela), de um declive de maior comprimento. Em um comprimento de rampa longo há um maior armazenamento das taxas de escoamento superficial. Isso levará a ocorrer uma erosão que não ocorreria em um curto comprimento de rampa ou onde este é reduzido pela existência de terraços.

Nos dois solos em estudo, a perda de solo foi governada principalmente pelas suas características pedogenéticas, traduzidas pelas suas erodibilidades, uma vez que os outros fatores (declive, chuva, manejo), permaneceram constantes para ambos.

O Quadro 10, de fato confirma isto, mostrando maiores valores de comprimento de rampa para o LE, evidenciando que este solo poderia ter maiores lançantes que o LV, mantendo o mesmo nível de perda do solo verificado no Quadro 1. Isto irá refletir em dimensionamentos de terraços, quando se tem o nível de tolerância de perdas de solo, e, neste caso, o LE poderá ter um espaçamento entre terraços maior que o do LV.

QUADRO 10. Comprimento simulado do declive em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos, usando simulador de chuvas.

SOLO	Parcelas	L (m)	Tratamentos	Comprimento simulado de rampa (m)		
				Extra-chuva - (199,2 mm/h)		
LE	5	9,99	2P	92,17	73,15	
	6	9,95	2P	54,12		
	7	9,95	1D2L	54,01	32,85	
	8	9,66	1D2L	11,68		
	9	10,09	1A2L	90,05	157,09	
	10	9,98	1A2L	224,13		
	11	10,06	1A1P	340,14	340,14	
	12	9,96	1A1P	-		
	13	9,90	1D1P	120,76	390,18	
	14	9,99	1D1P	659,60		
	LV	11	10,50	2P	50,60	47,33
		12	10,10	2P	44,06	
13		10,00	1D2L	87,60	112,87	
14		10,00	1D2L	138,13		
15		10,15	1A2L	40,70	97,30	
16		10,00	1A2L	153,90		
07		10,00	1A1P	55,23	66,39	
08		10,00	1A1P	77,55		
09		10,05	1D1P	47,85	59,58	
10		10,05	1D1P	71,31		

Dentro de uma mesma classe de solo, entretanto, o tratamento com maior comprimento de rampa, não significou tratamento menos erosivo, o que se explica pelo fato do escoamento superficial ocorrido não ter se correlacionado bem com as perdas de solo entre os tratamentos, para um mesmo solo.

## 5. CONCLUSÕES

Para as condições em que foram efetuados os tratamentos, po de-se concluir que:

1. O Latossolo Vermelho-Amarelo foi menos resistente à ero são que o Latossolo Vermelho-Escuro para todos os tratamentos à ex ceção de 2P (duas gradagens pesadas) e 1D1P (uma aração com arado de disco + uma gradagem pesada).

2. A grade pesada foi melhor para a proteção do solo no La tossolo Vermelho-Amarelo em relação ao Latossolo Vermelho-Escuro , quando não associada ao arado de aiveca.

3. Os tratamentos 1A2L (uma aração com arado de aiveca + + duas gradagens leves) e 1A1P (uma aração com arado de aiveca + + uma gradagem pesada), foram os que propiciaram maiores perdas pa ra os dois solos estudados, enquanto o convencional (1D2L) para o Latossolo Vermelho-Escuro e 2P (duas gradagens pesadas) para o La tossolo Vermelho-Amarelo, foram os tratamentos que perderam menos.

4. A maior permeabilidade do Latossolo Vermelho-Escuro foi responsável pela erosão diferencial verificada.

5. O arado de discos favoreceu menos a erosão do que o arado de aiveca para os dois solos estudados.

6. O tratamento convencional (1D2L) mostrou ser uma prática segura de preparo de solo quanto à sua conservação.

7. Os parâmetros físicos estudados, não se mostraram preditivos, quanto à erosão.

8. As taxas de deflúvio, perda de água, infiltração, bem como o comprimento de rampa simulado não foram preditivos, quanto à perda de solo, entre os tratamentos dentro de uma classe de solo.



## 6. RESUMO

Estudou-se as perdas de solo e água sob diferentes preparos e chuva simulada, em dois Latossolos sob cerrado, um Vermelho-Escuro e outro Vermelho-Amarelo, ambos de textura muito argilosa, representativos da região de Lavras-MG. Cinco tratamentos foram testados em parcelas de dimensões médias de 10,0 x 2,0 m, preparadas no sentido do declive: 1D1P (1 aração disco + 1 gradagem pesada), 1A1P (1 aração aiveca + 1 gradagem pesada), 1D2L (1 aração de disco + 2 gradagens leves), 1A2L (1 aração aiveca + 2 gradagens leves), 2P (2 gradagens pesadas). Também foram determinados alguns parâmetros físicos, químicos e mineralógicos, assim como o comprimento de rampa simulado, procurando-se relacioná-los com as perdas ocorridas, erodibilidade e os efeitos dos preparos nas perdas.

Os resultados obtidos permitiram verificar uma maior resistência à erosão por parte do Latossolo Vermelho-Escuro, em função de sua maior permeabilidade. A erodibilidade do solo é governada, em última análise, pela sua estrutura, através do balanço coerência x permeabilidade. Estes dois últimos parâmetros por sua vez, são reflexos da concentração de gibbsita e óxidos de ferro e matéria orgânica.

Os tratamentos menos erosivos foram 1D2L < 2P < 1D1P < 1A1P < 1A2L para o Latossolo Vermelho-Escuro e 2P < 1D1P < 1D2L < 1A1P < 1A2L para o Latossolo Vermelho-Amarelo.

O preparo convencional 1D2L, diante dos outros preparos testados, apresentou-se, para os dois solos, como uma boa opção no controle à erosão. O arado de discos protegeu mais o solo contra a erosão que o arado de aiveca, não obstante deva-se hipotetizar que o preparo declive abaixo das parcelas tenha favorecido o efeito "canalizador" de enxurradas deste último.

A grade pesada teve um efeito benéfico para o Latossolo Vermelho-Amarelo e maléfico para o Latossolo Vermelho-Escuro, no tocante as perdas de solo, quando não associada com o arado de aiveca. A grade leve, quando associada com o arado de aiveca, surgiu como a maior responsável pelas maiores perdas de solo nos dois sistemas, principalmente no Latossolo Vermelho-Amarelo.

Quanto aos parâmetros físicos estudados, eles não se apresentaram preditivos quanto à erosão.

As taxas de deflúvio, perda de água, infiltração e o comprimento de rampa simulado não foram preditivos, quanto à perda de solo, entre os tratamentos dentro de uma classe de solo.

Finalmente, a pulverização causada pelos diversos tratamentos, não teve correlação direta com as perdas de solo, para a maioria dos tratamentos nos dois solos estudados.

## 7. SUMMARY

### SOIL AND WATER LOSSES IN OXISOLS UNDER CERRADO VEGETATION, WITH DIFFERENT TILLAGES AND SIMULATED RAIN

The soil and water losses under different tillages and simulated rain were studied using two very clayey Oxisols (a Dark-Red Latosol and a Red-Yellow Latosol) which are representatives of Lavras region, Minas Gerais State, Brazil. Five treatments prepared downslope were tested in 10 x 2 m plots: 1D1P (1 disk plowing + 1 heavy disking), 1A1P (1 moldboard plowing + 1 heavy disking), 1D2L (1 disk plowing + 2 light diskings), 1A2L (1 moldboard plowing + 2 light diskings), and 2P (2 heavy diskings). Some physical, chemical and mineralogical parameters as well as the simulated slope length were also determined trying to relate them to the observed losses, erodibility and the effects of tillages on these losses.

The found data evidenced a greater erosion resistance for the Dark-Red Latosol, as a function of its greater permeability. The soil erodibility is governed, in final instance, by soil structure through the coherence x permeability balance. These two

last parameters, by their turn, are expressions of the gibbsite and iron oxides content.

The crescent soil losses order were  $1D2L < 2P < 1D1P < 1A1P < 1A2L$  for the Dark-Red Latosol and  $2P < 1D1P < 1D2L < 1A1P < 1A2L$  for the Red-Yellow Latosol.

The conventional tillage (1D2L) was a good option for both tested soils. The disk plow protected more the soil in terms of erosion in comparison with the moldboard plow, although it should be hypothesized that the downslope tillage of the plots favored the "channeling" effect of run-off in the last case.

In terms of soil losses, the heavy disking had a benefic effect for the Red-Yellow Latosol and a malefic one for the Dark-Red Latosol, when not associated with the moldboard plow. The light disking, when associated with the moldboard plow, was the main responsible for the greater soil losses in the two systems, mainly in the Red-Yellow Latosol.

The physical studied parameters weren't predictive in relation to erosion.

The run-off, loss water and infiltration rates as well the simulated slope length weren't predictive in relation to erosion, between the treatments, in the same soil class.

Finally, the pulverization caused by the several treatments, haven't direct correlation with the soil losses, in most treatments for the two soil classes.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, J.R. Erosão dos solos e suas consequências. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 7(80):17-26, ago. 1981.
2. ANGULO, R.J.; ROLOF, G. & SOUZA, M.L.P. Relações entre a erodibilidade e agregação, granulometria e características químicas de solos brasileiros. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 8(1):133-8, jan./abr. 1984.
3. AYRES, Q.C. La erosion del suelo y su control. Barcelona, Omega, 1960. 44lp.
4. BAHIA, V.G., coord. Manejo e Erosão em solos sob cerrados de Minas Gerais. Lavras, FAEPE, coord. 130p. 1983.
5. \_\_\_\_\_. coord. Projeto de Erosão; Relatório Técnico, Lavras, ESAL, 1987.

6. BARNETT, A.P.; ROGERS, J.S.; HOLLADAY, J.H.; DOOLEY, A.E. Soil erodibility factors for selected soils in Georgia and South Carolina. Transaction of the ASAE, St. Joseph, 8(3):393-5, 1965.
7. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Soil physical properties related to runoff and erosion from artificial rainfall. Transaction of the ASAE, St. Joseph, 9(1):123-5, 1966.
8. BISCAIA, R.C.M. Influência da intensidade de movimentação do solo no processo erosivo, com o uso de simulador de chuva, em Latossolo Vermelho-Escuro dos Campos Gerais no Paraná. Porto Alegre, UFRGS, 1977. 57p. (Tese MS).
9. \_\_\_\_\_. Perdas de solo em diferentes tipos de preparo para a sucessão trigo-soja, sob chuvas naturais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, Passo Fundo, 1978. Anais... Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p.237-46.
10. BLAKE, G.R. Particle density. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis, physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. 1ª.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.374-90.

11. BURWELL, R.E.; ALLMARAS, R.R.; SLONEKER, L.L. Structural alteration of soil surfaces by tillage and rainfall. Journal of Soil and Water Conservation, Baltimore, 21(2):61-3, 1966.
12. CASSEL, D.K. Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance. In: Predicting tillage effects and soil physical properties and processes. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p.45-67.
13. CASTRO, O.M.; LOMBARDI NETO, F.; VIEIRA, S.R. & DECHEN, S.C.F. Sistemas convencionais e reduzidos de preparo do solo e as perdas por erosão. Campinas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10(2):167-71, maio/ago. 1986.
14. COGO, N.P. Effect of residue cover, tillage-induced roughness and slope length on erosion and related parameter. West Lafayette, Purdue University. (Tese Ph.D). 346p. 1981.
15. DEDECEK, R.A. Características físicas e fator de erodibilidade de oxissolo do Rio Grande do Sul. I. Unidade Erechim, Passo Fundo e Santo Angelo. Porto Alegre, UFRGS, 1974. 130p. (Tese MS).
16. EKERN, P.C. Raindrop impact as the force initiating soil erosion. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 15:7-10, 1950.

17. ELLISON, W.D. Soil erosion studies. Agriculture Engineering. St. Joseph, 28(4-10):145-6, 197-201, 245-8, 297-300, 349 -51, 402-5, 442-4, 1947.
18. ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; SCOPEL, I.; GUERRA, M. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural Campinas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 8(1):117-25, jan./abr. 1984.
19. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. O cerrado em Minas Gerais e sua importância agrícola. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 6(61):2-3, jan. 1980.
20. FARIAS, G.S.; MONDARDO, A.; CASTRO FILHO, C.; HENKLAIN, J.C.; RUFINO, R.L.; VIEIRA, M.J.; KEMPER, B. & DERPSCH, R. Perdas por erosão em alguns métodos de preparo do solo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2. Passo Fundo, 1978. Anais... Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p.267-9.
21. FERNANDES, M.R. Alterações em propriedades de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase cerrado, decorrentes da modalidade de uso e manejo. Viçosa, UFV, 1982. 70p. (Tese MS).



22. FOSTER, G.R. Modeling the erosion process. In: HANN, C.T. ; JOHNSON, H.P. & BRAKENSIEK, D.L., eds. Hydrologic modeling of small watersheds. St. Joseph, American Society of Agriculture Engineers, 1982. p.297-380, Cap.8, 533p.
23. \_\_\_\_\_ & MEYER, L.D. Mathematical simulation of upland erosion by fundamental erosion mechanics. In: Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. ARS-S-40. USDA, Agriculture Research Service. p.190-207. 1975.
24. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Soil erosion and sedimentation by water-an overview. In: Soil erosion and sedimentation. Proceedings of the National Symposium on Soil and Sedimentation by water. St. Joseph, American Society of Agriculture Engineers, 1977. p.1-13.
25. \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ & ONSTAD, C.A. A runoff erosivity factor and variable slope length exponents for soil loss estimates. Transaction of the ASAE, St. Joseph, 20(4):683-7, Jul/Aug. 1977.
26. FOSTER, R.L. & MARTIN, G.L. Effect of unit weight and slope on erosion. Journal of Irrigation and Drainage Division, Proc. of the ASCE, New York, 95(IR4):551-61, 1969.

27. FREIRE, O. & PESSOTI, J.E.S. Erodibilidade dos solos do Estado de São Paulo. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Piracicaba, 31:333-50, 1974.
28. GABRIELS, D. & MOLDENHAUER, W.C. Size distribution of eroded material from simulated rainfall: effect over a range texture. Soil Science Society of America Journal, Madison, 42(6):954-8, Nov./Dec. 1978.
29. GARDNER, W.H. Water content. In: BLACK, C.A. ed. Methods of soil analysis, physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison, Am. Soc. of Agron., 1965. p.82-127.
30. HOEFLICH, V.A.; CRUZ, E.R.; PEREIRA, J.; DIQUE, F.F. & TOLLINI, H. Sistema de produção agrícola no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 4, Brasília, 1976. Bases para utilização agropecuária. Belo Horizonte, Itatiaia, 1977. p.37-8.
31. HUDSON, N.W. Soil conservation research and training requirements in developing tropical countries. In: EL-SWAIFY, S.A., ed. Soil erosion and conservation in the tropics. Madison, 1982. p.121-33. (ASA, Special Publications, 43).
32. HUDSON, N.W. Soil conservation. 2ª.ed. Ithaca, Cornell University, 1982. 324p.

33. HUSSEIN, M.H. & LAFLEN, J.M. Effects of crop canopy and residue on rill and interrill soil erosion. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 25(5):1310-5, Sept./Oct. 1982.
34. JOHNSON, C.B. & MOLDENHAUER, W.C. Effect of chisel versus moldboard plowing on soil erosion by water. Soil Science Society of America Journal, Madison, 43(1):177-9, Jan./Feb. 1979.
35. KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 1, p.499-509. (Agronomy, 9).
36. KRIMGOLD, D.B. & BEENHOVER, O. Estimating infiltration. Agriculture Engineering, St. Joseph, 35(10):719-25, Oct. 1954.
37. LARSON, W.E. & OSBORNE, G.J. Tillage accomplishments and potential. In: Predicting tillage effects on soil physical properties and process. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p.1-11.
38. LEMOS, P. & LUTZ, J.F. Soil crusting and some factors affecting it. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 21:485-91, 1957.

39. LIMA, J.M. Relação entre erosão, teor de ferro, parâmetros físicos e mineralógicos de solos da região de Lavras (MG). Lavras, ESAL, 1987. 86p. (Tese MS).
40. LOPES, A.S. Solos sob "cerrado": características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 162p.
41. MANNERING, J.V. & FENSTER, C.R. Vegetative water erosion control for agricultural areas. In: Soil erosion and sedimentation, Proceedings of the National Symposium on Soil Erosion and Sedimentation by Water. St. Joseph, American Society of Agriculture Engineers, 1977. p.91-106.
42. MARQUES, J.Q.A. & BERTONI, J. Sistemas de preparo do solo em relação à produção e erosão. Campinas, Bragantia, 20(9): 403-59, abril. 1961.
43. MARTINS FILHO, M.V.; MOLINA, D.S. & PEREIRA, V. P. Problemas encontrados em simuladores de chuvas de hastes rotativas tipo Swanson fabricados no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 6, & ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 6, Campo Grande, 1986. Resumos... Campinas, Fundação Cargill, 1986. p.70.

44. MAZUCHOWSKI, J.Z. & DERPSCH, R. Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas. Curitiba, ACARPA, 1984. 68p.
45. MEEUWIG, R.O. Soil stability on high elevation rangeland in the intermountain area. (Research Paper INT. 94). Washington, USDA - Forest Service, 1971. 10p.
46. MEYER, L.D. Simulation of rainfall for soil erosion research. Transaction of the ASAE, St. Joseph, 8(1):63-5, Jan./Feb. 1965.
47. \_\_\_\_\_. Soil erosion by water on upland areas. In: SCHEN, H.W. ed. River mechanics. Fort Collins, 1971. Cap. 27.
48. \_\_\_\_\_; FOSTER, G.R. & NIKOLOV, S. Effect of flow rate and canopy on rill erosion. Transaction of ASAE, St. Joseph, 18(5):905-11, Sept./Oct. 1975.
49. \_\_\_\_\_ & McCUNE, D.L. Rainfall simulation for runoff plots. Agriculture Engineering, St. Joseph, 39:644-8, Oct. 1958.
50. \_\_\_\_\_; FOSTER, G.R. & ROMKENS, M.J.M. Source of soil eroded by water from upland slopes. In: Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. Washington, USDA-Agriculture Research Service, 1975. p.177-89.

51. MOLDENHAUER, W.C. & LONG, D.C. Influence of rainfall energy on soil loss and infiltration rates. I. Effect over a range of texture. Soil Science Society of America Proceedings, Ann Arbor, 28(6):813-7, Nov./Dec. 1964.
52. \_\_\_\_\_. Erosion control obtainable under conservation practices. In: Universal soil loss equation: past, present and future. Madison, American Society of Agronomy, 1979. p.33-43.
53. \_\_\_\_\_. Rainfall simulation as a research tool. In: RAIN - FALL SIMULADOR WORKSHOP, TUCSON, 1979. Proceedings of the Oakland, Science and Education Administration Western Region. 1979. p.90-5 (ARM-W, 10).
54. MONDARDO, A.; HENKLAIN, J.C.; FARIAS, G.S.; VIEIRA, M.; RUFINO, R.; CASTRO FILHO, C.; KEMPER, B. & DERPSCH, R. Perdas por erosão em culturas anuais em sistema de preparo convencional e plantio direto, usando simulador de chuva. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, Passo Fundo, 1978. Anais... Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p.249-52.
55. MUTCHLER, C.K. & YOUNG, R.R. Soil detachment by raindrops. In: Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. (ARS-S-40), Washington, USDA-Agriculture Research Service, 1975. p.113-7.

56. NEFF, E.L. Why rainfall simulation. In: RAINFALL SIMULATOR WORKSHOP, TUCSON, 1979. Proceedings of the... Oakland, Science and Education Administration Western Region, 1979. p. 3-7 (ARM-W, 10).
57. 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):1157-62, set. 1984.
58. OLSON, T.C. & WISCHMEIER, W.H. Soil erodibility evaluations for soils on the runoff and erosion stations. Soil Science of America Proceedings, Madison, 27(5):590-2, Sept./Oct. 1963.
59. RESENDE, M. Pedologia. Viçosa, UFV, 1982. 100p.
60. \_\_\_\_\_. Interpretação de um trecho de mapa de solos do Brasil. Viçosa, UFV, 1985. 55p. (Mimeografado).
61. \_\_\_\_\_. REZENDE, S. B. & CARMO, D.N. Roteiro pedológico 1. Viçosa, UFV, 1985. (No prelo).
62. SHERTZ, D.L. The basic for soil loss tolerances. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, 38(1):10-4, Jan./Feb. 1983.

63. SUAREZ DE CASTRO, F. Conservation de Suelos. 3.ed. San José, Costa Rica, IICA, 1980. 315p.
64. SWANSON, N.P. Rotation-boom rainfall simulator. Transaction of the ASAE, St. Joseph, 8(1):71-2, Jan./Feb. 1965.
65. \_\_\_\_\_ & DEDRICK, A.R. Simulation of increased slope length on small runoff plots. American Society of Agricultural Engineering, Paper N. 66-211, 1966. 8p.
66. TROEH, F.R.; HOBBS, J.A. & DANAHUE, R.L. Soil and water conservation for productivity and environment protection. New Jersey, Prentice Hall, 1980. 718p.
67. VAL, L.A. Avaliação dos índices de erosividade das chuvas do município de Lavras-MG. Lavras, ESAL, 1985. 72p. (Tese MS).
68. VIEIRA, M.J. Perdas por erosão sob diferentes sistemas de preparo do solo para a cultura da soja, em condições de chuva simulada. Porto Alegre, UFRGS, 1977. 108p. (Tese MS).
69. WISCHMEIER, W.H. Environmental considerations: conservation tillage to control water erosion. In: NATIONAL CONFERENCE CONSERVATION TILLAGE, Des Moines, 1973. Proceedings... Ankeny, SCSA, 1973. Cap. 3, p.133-41.



70. WISCHMEIER, W.H. Cropping management factor evaluation for a universal soil-loss equation. Soil Science of America Proceedings, Madison, 24:322-6, 1960.
71. \_\_\_\_\_ & SMITH, D.D. Rainfall Energy and its relationship to soil-loss. Transaction of American Geophysical Union, 39 (2):285-91, 1958.
72. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Predicting rainfall erosion form cropland east of the Rocks Mountains. Washington, Department of Agriculture, 1965. (Handbook, 282).
73. \_\_\_\_\_ & MANNERING, J.W. Relation of soil properties to its erodibility. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 33(1):131-7, Jan./Feb. 1969.
74. \_\_\_\_\_; JOHNSON, 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.
75. YOUNG, R.A. & WIERSMA, J.L. The role of rainfall impact in soil detachment and transport. Water Resources Research, Washington, 9(6):1629-36, Dec. 1973.

- Drenagem: Acentuadamente drenado
- Vegetação Primária: Cerrado
- Uso atual: Nenhum

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

APÊNDICE

Descrição Geral

Local: Vila Vitória, Município de Lages, Estado de Santa Catarina

Localidade: Vila Vitória, Município de Lages, Estado de Santa Catarina  
Cidade: Lages, Estado de Santa Catarina  
Cidade: Lages, Estado de Santa Catarina

Localidade: Vila Vitória, Município de Lages, Estado de Santa Catarina  
Cidade: Lages, Estado de Santa Catarina

Localidade: Vila Vitória, Município de Lages, Estado de Santa Catarina  
Cidade: Lages, Estado de Santa Catarina

Localidade: Vila Vitória, Município de Lages, Estado de Santa Catarina  
Cidade: Lages, Estado de Santa Catarina

Localidade: Vila Vitória, Município de Lages, Estado de Santa Catarina  
Cidade: Lages, Estado de Santa Catarina

Localidade: Vila Vitória, Município de Lages, Estado de Santa Catarina  
Cidade: Lages, Estado de Santa Catarina

Localidade: Vila Vitória, Município de Lages, Estado de Santa Catarina  
Cidade: Lages, Estado de Santa Catarina

Localidade: Vila Vitória, Município de Lages, Estado de Santa Catarina  
Cidade: Lages, Estado de Santa Catarina

Localidade: Vila Vitória, Município de Lages, Estado de Santa Catarina  
Cidade: Lages, Estado de Santa Catarina

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

### 1. Descrição Geral

- Perfil nº 1: Experimento com simulador de chuvas
- Classificação: Latossolo Vermelho-Escuro Epiálico Endodistrófico A moderado textura muito argilosa fase cerrado relevo suave ondulado.
- Localização: Vila Pitangui, Município de Lavras-MG ( próximo ao campo de futebol).
- Situação e Declive: Trincheira situada no terço médio superior de encosta.. com 7,5% de declive.
- Altitude: 910 m
- Material Originário: Produto de alteração de gnaisse granítico mesocrático.
- Relevo: Suave ondulado
- Erosão: Laminar ligeira
- Drenagem: Acentuadamente drenado
- Vegetação Primária: Cerrado
- Uso atual: Nenhum

- Examinadores: Nilton Curi, José Maria de Lima e José Marques Júnior

- Data: 26/07/85

## 2. Descrição Morfológica

- A1 0-35 cm, vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido); muito argiloso; moderada pequenos e médios blocos sub-angulares que se desfazem em grânulos; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
- A3 35-71 cm, vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido); muito argiloso; moderada a fraca pequenos e médios blocos sub-angulares que se desfazem em grânulos; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso, transição difusa e plana.
- B1 71-116 cm, vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido); muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B21 116-164 cm, vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido), muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B22 164-200 cm<sup>+</sup>, vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido), muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte muito pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso.

Observações: Poros comuns, muito pequenos e pequenos ao longo dos horizontes A1, A3 e B1 e, muitos poros, muito pequenos nos horizontes B21 e B22.

O perfil apresenta-se melhor estruturado na sua parte superior, em decorrência de atividade biológica.

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

### 1. Descrição geral

- Perfil nº 2: Experimento com simulador de chuvas
- Classificação: Latossolo Vermelho-Amarelo Epiálico Endodistrófico A moderado textura muito argilosa fase cerrado relevo suave ondulado.
- Localização: CDI
- Situação e Declive: Corte de estrada situada no terço médio de encosta, com 7% de declive
- Altitude: 935 m
- Material Originário: Produto de alteração de gnaiss granítico leucocrático
- Relevo: Suave ondulado
- Erosão: Laminar ligeira
- Drenagem: Bem drenado
- Vegetação Primária: Cerrado
- Uso atual: Nenhum
- Examinadores: Nilton Curi, José Maria de Lima e José Marques Júnior
- Data: 01/08/86

## 2. Descrição Morfológica

- A1 0-15 cm, bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, úmido); argila; fraca pequenos e médios blocos subangulares que se desfazem em grânulos; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- A3 15-41 cm, bruno-amarelado (10 YR 5/4, úmido); argila; fraca pequenos e médios blocos subangulares que se desfazem facilmente em grânulos; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- B1 41-62 cm, bruno-escuro (7,5 YR 5/6, úmido), argila, aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte pequena granular, macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- B21 62-88 cm, vermelho-amarelado (6 YR 5/8, úmido); muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte pequena granular; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- B22 88-124 cm, vermelho-amarelado (5 YR 5/8, úmido); argila; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte pequena granular; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

B23 124-170 cm, vermelho-amarelado (5 YR 5/8, úmido); muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte pequena granular; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

B3 170-200 cm<sup>+</sup>, vermelho-amarelado (5 YR, úmido); argila; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte pequena granular; ligeiramente duro, macio, muito friável, plástico e pegajoso.

Observações: Presença de nódulos, de forma angular e diâmetro variável, principalmente nos horizontes B1 e B2.

Perfil coletado em dia nublado.



QUADRO 1A. Composição Granulométrica, Argila Dispersa em Água, Grau de Flocação e Relação silte/argila, em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa. BAHIA (5).

SOLO	Composição granulométrica da terra fina (%)				Argila dispersa em água %	Grau de flocação %	Silte/Argila
	Areia grossa mm 2-0,20	Areia fina mm 0,20-0,05	Silte mm 0,05-0,002	Argila mm <0,002			
LE	8,3	3,6	17,6	70,5	14,9	79	0,286
	8,4	4,0	17,1	70,5	28,9	59	
	7,0	4,4	16,1	72,5	2,9	96	
	9,2	5,0	23,3	62,5	2,9	95	
	8,3	5,2	23,0	63,5	2,9	95	
LV	1,5	28,7	17,8	51,9	23,6	54	0,277
	1,2	25,8	15,2	57,9	3,6	94	
	1,1	25,7	13,6	59,6	3,6	94	
	1,0	23,7	13,4	61,9	3,6	94	
	1,0	22,4	17,7	58,9	3,6	94	
	0,8	21,2	13,5	62,9	3,6	94	
	0,9	22,7	22,1	55,9	3,6	94	

QUADRO 2A. Análise química de Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, do município de Lavras-MG. BAHIA (5).

Solo Amostra	Cátions trocáveis		Valor S	Ácido extraível		Valor T-CTC	Valor V	100.Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup>	100.Na <sup>+</sup> T		
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>		K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>					Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>
----- meq/100g ----- % -----											
LE											
A1	0,1	-	0,04	0,02	0,2	0,4	4,2	4,8	4	67	0,4
A3	0,1	-	0,02	0,01	0,1	0,2	4,0	4,1	2	67	0,2
B1	-	-	0,01	0,01	-	0,3	3,6	3,6	6	100	0,3
B21	0,1	-	0,01	0,01	0,1	0,1	3,0	3,1	3	50	0,3
B22	0,1	0,1	0,01	0,01	0,2	0,1	3,3	3,5	6	33	0,3
LV											
194933	0,1	0,1	0,05	0,03	0,3	0,6	4,3	5,2	6	67	0,6
934	-	-	0,04	0,02	0,1	0,6	4,7	5,4	2	86	0,4
935	-	-	0,02	0,02	-	0,1	3,2	3,3	-	100	0,6
936	-	-	0,01	0,02	-	0,1	2,5	2,6	-	100	0,7
937	-	-	0,01	0,01	-	0,1	1,5	1,6	-	100	0,6
938	-	-	0,01	0,01	-	0,1	1,9	2,0	-	100	0,5
939	-	-	0,01	0,01	-	0,1	1,5	1,6	-	100	0,6

QUADRO 3A. Análise química de Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, do município de Lavras-MG. BAHIA (5).

SOLO	P disponível ppm	pH 1:2,5			C orgânico %	M.O. %	Ataque sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1:1)					SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
		Água	KCl	N			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
LE	1	4,8	4,4		1,09	1,87	20,8	30,7	14,6	1,33	0,05	1,15	0,88	3,00
	1	5,2	4,5		0,95	1,63	21,1	30,5	12,8	1,41	0,05	1,17	0,93	3,74
	1	5,3	4,6		0,82	1,41	22,8	30,5	13,4	1,47	0,05	1,27	0,99	3,57
	1	5,1	4,9		0,75	1,29	24,1	31,9	14,1	1,41	0,05	1,28	1,00	3,55
	1	5,4	4,9		0,27	0,46	23,7	31,4	14,1	1,39	0,04	1,28	1,00	3,49
LV	1	4,9	4,3		1,19	2,05	16,4	27,5	4,4	0,45	0,05	1,01	0,92	9,81
	1	4,4	4,3		1,05	1,81	15,8	27,6	4,5	0,48	0,04	0,97	0,88	9,63
	-	4,8	4,7		0,56	0,96	15,9	28,1	4,5	0,50	0,04	0,96	0,87	9,80
	-	5,2	5,2		0,28	0,48	16,8	29,7	4,8	0,49	0,04	0,96	0,87	9,71
	-	5,6	5,7		0,28	0,48	18,0	33,7	5,4	0,61	0,04	0,91	0,82	9,79
	-	5,6	5,6		0,21	0,36	17,4	33,6	5,1	0,57	0,04	0,88	0,80	10,34
	-	5,6	5,9		0,07	0,12	18,9	30,5	5,0	0,56	0,04	1,05	0,95	9,57

QUADRO 4A. Deflúvio, perda de solo e água, infiltração em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos, nas duas séries de chuva, usando simulador de chuva (Média de 2 repetições).

SOLO	Parcelas	Tratamento	Deflúvio		Perda de água		Infiltração		Perda de solo	
			1ª chuva	2ª chuva	1ª chuva	2ª chuva	1ª chuva	2ª chuva	1ª chuva	2ª chuva
			----- mm-----						----t/ha----	
LE	5-6	2P	19,70	27,13	19,69	26,72	43,81	36,78	0,10	14,82
	7-8	1D2L	2,07	11,07	2,07	10,98	61,43	52,52	0,03	2,53
	9-10	1A2L	0,39	13,92	0,39	13,20	63,11	50,30	0,00	18,64
	11-12	1A1P	0,39	9,57	0,39	8,85	63,11	54,65	0,02	17,30
	13-14	1D1P	0,44	14,93	0,43	14,27	63,07	49,23	0,29	16,47
LV	11-12	2P	4,86	23,87	4,85	23,35	58,65	40,15	0,23	12,49
	13-14	1D2L	5,96	32,68	5,94	32,00	57,56	31,50	0,41	16,21
	15-16	1A2L	10,90	43,46	10,83	41,37	52,67	22,13	1,92	51,08
	7-8	1A1P	12,29	35,32	12,24	34,52	51,26	28,98	1,39	19,15
	9-10	1D1P	4,20	29,55	4,19	28,95	59,31	34,55	0,26	14,49

QUADRO 5A. Deflúvio e perda de solo em Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa nos diversos tratamentos e segunda chuva, usando simulador de chuva (média de 2 repetições).

SOLO	Parcelas	Tratamento	Deflúvio					Perda de solo				
			0'-10'	10'-20'	20'-30'	30'-40'	40'-50'	0'-10'	10'-20'	20'-30'	30'-40'	40'-50'
			mm					t/ha				
LE	5- 6	2P	1,53	1,81	2,25	2,52	17,23	0,008	0,040	0,139	0,173	14,766
	7- 8	1D2L	0,35	0,81	1,29	1,37	5,59	0,006	0,088	0,073	0,111	2,253
	9-10	1A2L	0,00	0,00	0,01	1,00	12,61	0,000	0,003	0,012	1,207	16,513
	11-12	1A1P	0,00	0,00	0,00	0,20	11,24	0,002	0,011	0,013	0,060	18,173
	13-14	1D1P	0,02	0,27	0,65	0,82	13,73	0,017	0,088	0,333	0,484	15,059
LV	11-12	2P	0,45	2,41	3,46	3,35	15,24	0,051	0,154	0,329	0,291	12,246
	13-14	1D2L	0,28	1,42	2,73	2,36	26,89	0,024	0,201	0,249	0,267	15,693
	15-16	1A2L	0,73	4,54	4,95	4,66	28,91	0,102	1,269	1,165	1,075	47,935
	7-8	1A1P	1,36	3,68	3,64	3,68	22,37	0,229	0,684	0,637	0,625	17,670
	9-10	1D1P	0,18	2,06	3,04	3,70	22,01	0,044	0,140	0,181	0,436	14,380

QUADRO 6A. Perda de água no deflúvio e infiltração de água em Latossolos Vermelho-Es-  
curo e Vermelho-Amarelo, textura muito argilosa, nos diversos tratamentos  
e segunda chuva, usando simulador de chuva (média de 2 repetições).

SOLO	Parcelas	Tratamento	Perda de água					Infiltração				
			0'-10'	10'-20'	20'-30'	30'-40'	40'-50'	0'-10'	10'-20'	20'-30'	30'-40'	40'-50'
			----- mm -----									
	5- 6	2P	1,53	1,81	2,24	2,52	16,82	61,97	61,69	61,26	60,98	46,68
	7- 8	1D2L	0,35	0,81	1,29	1,36	5,52	63,15	62,69	62,21	62,14	57,98
LE	9-10	1A2L	0,00	0,00	0,01	0,96	11,96	63,50	63,50	63,49	62,54	51,54
	11-12	1A1P	0,00	0,00	0,00	0,20	10,48	63,50	63,50	63,50	63,30	53,02
	13-14	1D1P	0,01	0,43	0,64	0,77	13,13	63,49	63,07	62,86	62,73	50,37
	11-12	2P	0,45	2,41	3,44	3,33	14,74	63,05	61,09	60,06	60,17	48,76
	13-14	1D2L	0,28	1,41	2,72	2,34	26,23	63,22	62,09	60,78	61,16	37,27
LV	15-16	1A2L	0,73	4,49	4,90	4,61	26,96	62,77	59,01	58,60	58,89	36,54
	7-8	1A1P	1,36	3,65	3,61	3,66	24,13	62,14	59,85	59,89	59,84	39,37
	9-10	1D1P	0,18	2,06	3,04	3,68	21,41	63,32	61,44	60,46	59,82	42,09