

INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE DE MOVIMENTAÇÃO DO SOLO NO PROCESSO
EROSIVO, COM USO DE SIMULADOR DE CHUVA, EM LATOSOLO
VERMELHO ESCURO DOS CAMPOS GERAIS, NO PARANÁ.

RUI CARLOS MARANHÃO BISCAIA

Tese apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, como parte das exigências do Curso de Hidrologia Aplicada, para obtenção do grau de " Magister Scientiae "

PORTO ALEGRE
RIO GRANDE DO SUL

1 9 7 7

Aos meus pais ,
dedico este trabalho .

AGRADECIMENTOS

À EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, que proporcionou suporte físico e financeiro para o trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo Arcângelo Mondardo pela o rientação .

À Chefia da UEPAE de Ponta Grossa pelo apoio dis pensado .

Ao IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná pelo a poio técnico prestado .

Aos Engenheiros Agrônomos Milton Ramos e Marcos Alexandre Hoepfner pelo auxílio prestado.

Aos técnicos agrícolas Atanagildo Fontoura de Je sus e Luiz Roberto Tessaro pela execução dos trabalhos de laboratório e campo .

À todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho .

I N D I C E

1	. INTRODUÇÃO	01
2	. REVISÃO DE LITERATURA	03
	2.1 Mecanismo da erosão	03
	2.2 Estudos de erosão em condições de chuva natural	06
	2.3 Estudos de erosão com simuladores de chuva	07
	2.4 Erodibilidade do solo	10
	2.5 Perdas por erosão em função de tipos de preparo do solo	12
3	. MATERIAL E MÉTODO	14
	3.1 Local e solo	14
	3.2 Delineamento experimental	15
	3.3 Simulador de chuva	15
	3.4 Parcelas experimentais	18
	3.5 Calhas medidoras	18
	3.6 Linígrafos	19
	3.7 Pluviômetros	19
	3.8 Análise granulométrica	22
	3.9 Análise de estabilidade de agregados e densidade aparente	22

3.10	Coleta e quantificação do material de arraste	25
3.11	Tratamentos e modo de implantação	25
3.12	Cálculo do fator erodibilidade	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	Perdas de solo e água	29
4.2	Análise de agregados	35
4.3	Fator de erodibilidade	39
5	CONCLUSÕES	41
6	RESUMO	42
7	SUMMARY	43
8	LITERATURA CITADA	44
9	ANEXOS	50

I N D I C E

QUADROS - GRÁFICOS - FIGURAS

- Quadro 1 - Análise da variância das intensidades das chuvas aplicadas nos diversos tratamentos 17
- Quadro 2 - Perdas de solo e água por erosão , através de chuvas simuladas em latossolo vermelho escuro, textura argilosa, com 10% de declive, em diversos tipos de preparo de solo 30
- Quadro 3 - Relação de perdas de solo e água , através de chuvas simuladas, em latossolo vermelho escuro, textura argilosa, com 10% de declive, em diversos tipos de preparo de solo 32
- Quadro 4 - Valores de estabilidade de agregados, expressos pelo peso diâmetro médio, nos diversos tipos de preparo em latossolo vermelho escuro, textura argilosa ... 38

Quadro 5	-	Dados de erodibilidade do latosolo vermelho escuro, com 10% de declive, através de chuvas simuladas, em preparo convencional (A + 2 GN)	39
Quadro 6	-	Perdas de solo e água por erosão, através de chuvas simuladas, em latosolo vermelho escuro, textura argilosa, com 10% de declive, em diversos tipos de preparo de solo (Repetição 1)	51
Quadro 7	-	Perdas de solo e água por erosão, através de chuvas simuladas, em latosolo vermelho escuro, textura argilosa, com 10% de declive, em diversos tipos de preparo de solo (Repetição 2)	52
Quadro 8	-	Séries de chuvas simuladas	53

GRÁFICOS

Gráfico 1	-	Curva de calibração das calhas medidoras	20
-----------	---	--	----

Gráfico 2 - Perdas de solo em t/ha, em latosolo vermelho escuro, textura argilosa, devido a diferentes tipos de preparo, em experimento com chuva simulada 34

Gráfico 3 - Estabilidade de agregados nas parcelas e no material de arraste, em latosolo vermelho escuro, textura argilosa, com diversos tipos de preparo, em experimento com chuva simulada 36

FIGURAS

Figura 1 - Calhas medidoras 21

Figura 2 - Linígrafos 23

Figura 3 - Esquema do conjunto de 2 parcelas 24

ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO 56 e 57

1 . INTRODUÇÃO

O problema de erosão do solo agrícola vem se agravando cada dia, à medida que a agricultura vai se intensificando. A introdução do sistema de produção trigo-soja no Estado do Paraná, aproximadamente há cinco anos, vem obtendo bastante sucesso, constituindo-se numa exploração de alta rentabilidade para uma ampla faixa de produtores. Isto trouxe muito progresso ao setor agrícola, induzindo um grande desenvolvimento e maior valorização de diversas regiões. Ao mesmo tempo, apareceram diversos problemas advindos dessa agricultura intensiva, como problemas de fertilidade dos solos, pragas, doenças e erosão .

O solo excessivamente trabalhado sofre a ação das chuvas e os produtores gradativamente vêem suas lavouras ameaçadas, à cada sucessão trigo-soja, uma vez que grande parte dos solos do Estado do Paraná apresentam bastante susceptibilidade à erosão, em função de suas características texturais e relevo muitas vezes acentuado. Na região dos Campos Gerais, onde foi realizado este trabalho , os dois fatores citados tem grande significado.

Procurou-se , com a pesquisa desenvolvida , conhecer a erodibilidade de um solo bastante representativo da região, bem como evidenciar a grande influência do tipo de preparo de solo nas perdas por erosão .

O presente trabalho se constitui o início das pes

quisas sobre perdas por erosão na região e estas deverão ter continuidade para um melhor conhecimento dos fatores locais que mais atuam no mecanismo da erosão. Este conhecimento será a base indispensável para que se promova a preservação do maior patrimônio nacional, que é o solo.

O objetivo principal deste trabalho foi o de avaliação de alguns parâmetros da erosão, em diversos tipos de preparo de solo, através de chuvas simuladas, tais como :

- a) Perdas de solo e água
- b) Erodibilidade do Latosolo Vermelho Escuro, Textura argilosa
- c) Avaliação da estabilidade de agregados nos diversos tratamentos .

2 . REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Mecanismo da erosão

No seu estado natural os solos apresentam-se em equilíbrio dinâmico com as forças da natureza. As transformações contínuas que sofrem os solos agrícolas como um meio "vivo", proporcionam a conservação da vegetação natural por uma cadeia de eventos, onde os vegetais retiram umidade e nutrientes do solo. Depois de completarem o seu ciclo, devolvem estes elementos ao meio, o que estabelece uma continuidade no processo.

A introdução de forças externas a este processo, para utilização do solo de uma maneira mais intensiva pelo homem, rompe o equilíbrio natural que existe. Assim, a retirada de coberturas que não devolvem os elementos ao solo, os trabalhos de revolvimento, o tráfego de máquinas e implementos, o desnudamento de áreas extensas, deixam o solo exposto às forças naturais que irão desgastá-lo.

Segundo MEYER (19) a erosão nas partes superiores é a principal fonte de sedimento em rios e reservatórios. Por outro lado, afirma também que a erosão causa problemas sob três aspectos :

- a) Na sua origem : fazendo cair a produção das áreas onde ocorre
- b) No seu transporte : tornando os rios carregados de sedimentos

c) No local de depósito : inutilizando barragens e re
servatórios e entulhando es
tuários de rios .

Dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (19) mostram que 50% das áreas agricultáveis daquele país apresentam como principal problema de manejo do solo a erosão .

MEYER (19) afirma que a erosão hídrica depende de diversos fatores, desde os causadores da erosão até a suce
tibilidade do meio que é erodido, tais como : o potencial ero
sivo das chuvas ; a erodibilidade do solo ; a declividade e o comprimento da pendente ; o tipo de cultura ; o estágio da cultura ; as práticas culturais e as práticas conservacionistas.

EKERN et al. (6) afirmam que o processo de erosão inicia-se com o impacto direto das gôtas da chuva sobre o solo, desagregando suas partículas, sendo a superfície do solo intensamente bombardeada pelas gôtas de chuva, com um impacto equivalente a 10.000 t. de TNT por ano. Por sua vez, depois de de
sagregadas, as partículas são arrastadas pelo escoamento su
perficial, o qual ocorre quando o solo fica saturado e o excesso de água se desloca sobre a superfície no sentido do de
clive. Ocorre então a formação de pequenos canais que aumentam a capacidade de transporte da água (21) . Dessa forma , evi-

dencia-se o grande valor da conservação dos restos de culturas sobre a superfície do solo, os quais impedem o impacto direto das gôtas de chuva, e do manejo adequado do solo para proporcionar uma maior infiltração das precipitações (17) .

As características do solo também influem grandemente na erosão, podendo serem responsáveis por uma variação de até 30 vezes a quantidade de terra arrastada (37) .

A declividade influi diretamente na erosão , determinando a velocidade do escoamento superficial. Neste sentido MEYER & WISCHMEIER (22) afirmam que a capacidade de transporte do escoamento superficial aumenta aproximadamente com a 5^a potência da sua velocidade. Da mesma forma, o comprimento vai determinar também, além do aumento da velocidade, uma concentração do volume de escoamento superficial, o qual aumenta seu poder erosivo.

O tipo de cultura, juntamente com o sistema de produção empregado é um fator de grande influência na erosão. Culturas que proporcionam coberturas mais densas ou que permaneçam no solo no período crítico de chuvas, protegem o solo de modo mais eficiente (39) .

HAROLD (9) registrou perdas de solo de 16,5 t/ha em solos com preparo convencional e 3,0 t/ha no mesmo solo com preparo reduzido. MEYER et al. (23) observaram que certo nível de cobertura morta sobre o solo reduz a erosão em 30% em relação ao solo desnudo.

2.2 - Estudos de erosão em condições de chuva natural

O processo de perda de solo pela erosão hídrica pode ser estudado através de parcelas experimentais sob chuvas naturais. Estas parcelas cultivadas e observadas por diversos anos fornecem dados de perda de solo devido às precipitações naturais que são registradas.

Dados dessa natureza foram coletados durante 40 anos nos Estados Unidos (28), a partir dos quais estabeleceram-se equações que permitem avaliar as perdas de solo através dos anos. BERTONI (2) conduziu estudos com esta mesma técnica desde 1954, em Campinas, no Estado de São Paulo .

O sistema de estudo da erosão em condições de chuvas naturais é bastante caro e moroso, pois são necessários de 10 a 20 anos para se obter dados suficientes. O desenvolvimento atual da agricultura requer dados num espaço de tempo mais curto, motivando o pesquisador a realizar estudos com chuvas simuladas. Idealizaram-se então aparelhos que produzem chuva artificial com características semelhantes às da chuva natural (18) . Dessa maneira, tornou-se possível acelerar as pesquisas, obtendo-se dados de um maior número de solos num espaço de tempo mais curto.

Os estudos com chuva natural, no entanto, são ainda conduzidos para que se tenha uma informação real do fenômeno, podendo-se comparar e ajustar os dados obtidos através

de simuladores de chuva .

2.3 - Estudos de erosão com Simuladores de chuva

Os simuladores de chuva tem sido usados desde 1930 (34) . MEYER et al. (20) relacionaram diversos pesquisadores que se preocuparam em desenvolver técnicas de chuvas simuladas. Estes trabalhos pioneiros representam uma contribuição bastante significativa para as pesquisas em conservação do solo (20) .

Também foram desenvolvidos simuladores para testes de laboratório. Estes aparelhos trabalham em parcelas menores estudando as características físicas dos solos quanto ao fenômeno de erosão (27) .

Numa revisão sobre os simuladores de chuva , MUTCHLER (27) cita dois tipos de aparelhos, baseando-se na formação das gôtas. Um deles forma as gôtas por gravidade através de uma tela fina e o outro por pressão através de bicos aspersores .

MEYER (18) enumera as seguintes vantagens no uso de simuladores de chuva na pesquisa de conservação de solos :

- a) Resultados mais rápidos : a chuva simulada pode ser aplicada em tratamentos escolhidos e as medidas de arraste dão informações conclusivas, ou ao menos informações relativas entre os tratamentos.

O estudo de chuvas naturais demandaria de 10 a 20 anos para se obter informações e, muitas vezes, a p^os este período, os objetivos iniciais perdem a finalidade em função das mudanças na agricultura.

- b) Maior eficiência : uma vez que os testes são feitos mais rapidamente e num tempo pré determinado, a manutenção das parcelas experimentais é muito mais barata e por um período de tempo mais curto. Com chuva natural as parcelas precisam ser mantidas durante anos, o que encarece e limita a pesquisa.
- c) Maior controle : a chuva simulada permite uma inspeção de todos os equipamentos antes e logo após cada precipitação. Também medições que seriam difíceis de fazer durante uma chuva natural são facilmente realizadas durante a chuva simulada. Da mesma forma, os resultados de chuva simulada não sofrem influência de variações nas precipitações de um lugar para outro. O controle das condições do experimento pode ser melhor, uma vez que é conhecido precisamente quando a chuva simulada vai ocorrer .

MEYER et al. (20) desenvolveram em 1957, um simulador de chuva que produzia efeitos bastante próximos aos da chuva natural. Este aparelho denominou-se mais tarde "rai

nulador" e foi bastante usado em diversos trabalhos, apesar de ter um alto custo e ser de difícil construção, operação e transporte (18) .

Devido à essa complexidade, mais tarde SWANSON (34) desenvolveu um simulador de chuva de braços rotativos , o qual é montado sobre rodas pneumáticas, sendo de fácil construção, montagem e transporte . O aparelho desenvolvido por Swanson possui as diversas características necessárias, as quais são citadas por MEYER (18) :

- a) Distribuição do tamanho de gotas e velocidade final de queda igual à chuva natural.
- b) Possibilidade de variar a intensidade de chuva dentro de limites desejáveis.
- c) Área das parcelas experimentais suficientemente grandes para representar os tratamentos .
- d) Uniformidade na distribuição de gotas sobre a área considerada .
- e) Aplicação contínua de chuva sobre a área considerada.
- f) Ângulo de impacto das gotas com o solo o mais próximo do vertical.
- g) Repetir de modo preciso determinada chuva.
- h) Operação satisfatória em condições de vento.
- i) Ser completamente portátil e facilmente transportado de um local para outro.

A simulação integral do fenômeno natural de chuva e erosão é bastante difícil. Consegue-se, no entanto, através de simuladores, produzir um efeito final bastante semelhante àquele natural. Isto está implícito no próprio nome da técnica empregada, que é simulação. Através dela temos conhecimento do fenômeno que ocorre, que pode ser quantificado.

Os estudos em desenvolvimento no Brasil utilizam o simulador de braços rotativos, modelo da Universidade de Nebraska, de fabricação nacional. Estudos dessa natureza vem sendo conduzidos em Viçosa pela U.F.V. (36) ; em Porto Alegre, pela Secretaria da Agricultura e U.F.R.G.S. (4) ; em Passo Fundo , pelo CNPTrigo (41) ; e em Londrina, pelo IAPAR (24).

2.4 - Erodibilidade de solo

Os solos podem ser mais ou menos erodíveis, conforme suas características. Este parâmetro que define o grau de susceptibilidade de um solo à erosão denomina-se erodibilidade (39).

WISCHMEIER (37) cita como principais características que influem diretamente na erodibilidade do solo as seguintes : percentagem de argila, silte e areia; estado de agregação e densidade aparente da camada arável e do subsolo; e porosidade.

Baseando-se em características físicas do solo WISCHMEIER (37) mostrou uma correlação de 24 fatores que estabeleciam o parâmetro de erodibilidade do solo . Este traba

lho foi realizado para 55 tipos de solos selecionados, constituindo-se numa metodologia muito complexa para casos específicos.

Posteriormente WISCHMEIER et al. (38) simplificaram a determinação do fator erodibilidade do solo através de um nomograma, o qual baseia-se em cinco parâmetros físicos do solo. Os cinco parâmetros utilizados são : percentagem de argila; percentagem de silte mais percentagem de areia fina ; percentagem de areia grossa ; estrutura e permeabilidade.

Da mesma forma, pode-se determinar o fator de erodibilidade de cada solo experimentalmente (39). Com o auxílio do simulador de chuva, calcula-se o valor de erodibilidade pelas perdas sofridas por um tratamento padrão, cujas características foram definidas por MEYER (18). Neste caso define-se um valor para a erodibilidade sem a verificação de qual fator ou fatores são determinantes. O tratamento padrão seria a aração e duas gradeações ; realizadas morro abaixo, numa parcela de 11 m por 3,5 m, com declividade de 9% (39).

Alguns valores de erodibilidade de solo já foram determinados para solos brasileiros.

BERTONI (2), através de medições de perdas sob chuva natural, durante um período de 20 anos, em Latosolo Roxo de Campinas, São Paulo, encontrou um valor de erodibilidade de 0,1222 . DEDECEK (5), por sua vez, através do método do nomograma, encontrou valor de erodibilidade de 0,05 a 0,15,

para alguns solos do Rio Grande do Sul. Neste sentido, MONDARDO et al. (24), através de simulador de chuva, encontraram valor de erodibilidade de 0,1217 para Latosolo Roxo Distrófico de Londrina, Paraná .

2.5 - Perdas por erosão em função de tipos de preparo do solo

Nos diversos sistemas de produção hoje utilizados são adotadas várias maneiras de preparo do solo para a semeadura. De acordo com o tipo de equipamento utilizado, procura-se sempre maior eficiência e os tipos de preparo vão se modificando. Um aspecto que no entanto não é muitas vezes considerado é a influência deste preparo com relação à erosão (29).

O solo excessivamente trabalhado sofre mais perda por erosão do que aqueles que são submetidos a uma menor movimentação (11). A partir destes conhecimentos, desenvolveram-se técnicas de plantio com movimentação mínima de solo.

SHEAR et al. (30) mostram que no plantio de milho sem movimentação de solo, durante 6 anos, a produtividade foi igual ao plantio convencional.

RAMOS (29), em experimentos com sistemas de preparo, em Ponta Grossa, Paraná, demonstrou que os sistemas de plantio direto e cultivo mínimo, para soja e trigo, teve resultados melhores ou iguais ao plantio convencional.

WHITAKER (40) cita que em relação ao preparo convencional o preparo mínimo sofre perdas de 35% e o plantio direto 6,5%. Verifica-se, então uma diminuição de perdas de 65% e 93,5%, respectivamente.

GARD e MCKIBBEN (7) trabalhando em solos com 9% de declividade, observaram uma perda anual de 64,5 T/ha para preparo de solo convencional e 3,8 T/ha para plantio direto, na sucessão das culturas de trigo e milho. Há uma diminuição de 94% das perdas no plantio direto.

3 . MATERIAL E MÉTODO

3.1 - Local e Solo

A Unidade de Pesquisa de Âmbito Estadual de Ponta Grossa, se localiza no 2º Planalto Paranaense. Tem uma altitude média de 826 m com precipitação anual média de 1400 mm.

Segundo o levantamento pedológico do Centro de Pesquisa Pedológica - EMBRAPA (10) o solo utilizado se classifica como Latosolo Vermelho Escuro Álico, A proeminente, fase campestre, subtropical. Suas características principais são : textura argilosa a média, suave ondulado, derivados de arenitos pirinas, baixa fertilidade e elevada saturação de alumínio. Estas características podem ser apreciadas no quadro abaixo .

QUADRO - Características químicas do solo de Ponta Grossa

Descrição Amostra	pH	m.e. / 100 de solo (ml ou g)							p ppm
		Al+3	Ca+2	Mg+2	K+2	S	%Al+3	%C	
Local, ta lhão, etc.	H ₂ O								
LE- P.Grossa									
0-20	4,7	1,02	1,37	0,37	0,10	1,84	35,6	3,00	1,0
20-40	4,7	0,74	1,17	0,30	0,15	1,62	31,3	2,26	0,2
40-60	4,9	0,49	1,15	0,30	0,09	1,54	24,1	1,63	traços
60-80	5,1	0,17	1,00	0,27	0,07	1,34	11,2	1,40	traços
80-100	5,1	0,04	1,10	0,27	0,11	1,48	2,6	1,13	traços

Fonte - Manual Agropecuário para o Paraná - IAPAR/1976

A análise granulométrica de 20 amostras, à uma profundidade de 0-0,2 m de profundidade, revelaram um teor médio de argila de 47%. As análises se encontram no anexo .

3.2 - Delineamento experimental

Cada tratamento foi realizado com duas repetições, sendo que cada grupo de duas parcelas, correspondendo a um tratamento, foi locado no campo ao acaso, num total de 20 parcelas.

Devido a dificuldade em se fazer um número grande de repetições nestes experimentos, tornou-se impossível a utilização de conceitos estatísticos. A discussão dos resultados baseia-se na comparação direta dos dados obtidos. Tratamentos estatísticos só serão passíveis de utilização quando se obtiver a repetição dos experimentos no tempo, isto é, dentro de alguns anos de pesquisas. Isto concorda com as recomendações do I Encontro Nacional sobre Pesquisa de Erosão com Simuladores de Chuva, realizado em julho de 1975 , em Londrina (14) .

3.3 - Simulador de Chuva

Foi usado o simulador de chuva tipo Rotativo, idealizado por SWANSON, em Lincoln, Nebraska, que segundo o mesmo autor (34) apresenta as características desejadas para

um eficiente trabalho de chuvas simuladas segundo MEYER (18).

O aparelho é composto por uma torre rotativa, acionada por motor a gasolina e transmissão de corrente e correias. Do alto da torre à uma altura de 3m, partem barras ra diais de canos, sustentadas por cabos de aço, onde estão instalados os bicos aspersores. As barras são acopladas à torre por meio de engates metálicos. Existem três bicos em cada bar ra, e estes estão dispostos em espirais concêntricas, de modo a permitir uma cobertura uniforme do solo pelos jatos de água, conforme especificado por MONDARDO et al.(26) e VALENTE (36).

No total são 30 bicos aspersores, cada um dotado de um registro de gaveta que permite a sua abertura ou fechamento individual. Os bicos são do tipo leque, Veejet 80100 (34). A torre é montada sobre 4 rodas pneumáticas que facilitam seu deslocamento sobre as parcelas ou experimentos.

A alimentação do simulador foi feita através de canos para irrigação em ferro galvanizado com 750 mm de diâmetro e um conjunto moto-bomba de dois estágios, diesel de 10 Hp.

A calibração do simulador foi realizada por MONDARDO et al.(26) definindo-se uma pressão de 6,3 psi para uma precipitação de 65 e 130 mm/h, respectivamente com 15 e 30 bi cos abertos.

Foi aplicada a seguinte série de chuvas, conforme decisão do I Encontro Nacional sobre Pesquisa de Erosão com

Simuladores de Chuvas (25), apenas com maior intensidade em função das intensidades máximas das chuvas naturais do Paraná, em 20 minutos atingiram 130 mm/h .

- CHUVA I - 65 mm/h durante 1 hora
- CHUVA II - 65 mm/h durante 30 minutos
24 horas após a Chuva I.
- CHUVA III - 130 mm/h durante 15 minutos ,
15 minutos após a chuva II.

A chuva aplicada foi bastante uniforme, cuja análise estatística das médias de chuvas aplicadas não diferiram entre os tratamentos pelo teste F, conforme resumo do Quadro 1 .

QUADRO 1 . Análise da variância das intensidades das chuvas aplicadas nos diversos tratamentos .

FV	GL	QM
Blocos	2	55,01 NS
Tratamento	9	32,44 NS
Resíduo	18	17,37
Total	29	C.V. = 6%

3.4 - Parcelas experimentais

As parcelas experimentais tiveram as dimensões padrões estabelecidas no I Encontro Nacional sobre Pesquisa de Erosão com simulador de chuva, realizado em julho de 1975, em Londrina (25), de 11 x 3,5 m, no sentido de declive .

Cada parcela foi circundada por lâminas de chapas de ferro, corrugadas, de 1,0 x 0,30 m, cravadas no solo a 0,10 m de profundidade.

Na parte inferior da parcela foi colocada uma soleira de chapa de ferro nº 18, a qual descarrega dentro de uma calha coletora com derivação central, que conduz o escoamento até as calhas medidoras .

3.5 - Calhas Medidoras

Constituindo um dos pontos que influenciam diretamente nos resultados do trabalho realizado, procurou-se utilizar uma calha que satisfizesse as seguintes condições :

- Suficiente sensibilidade na medição
- Fácil manejo
- Resistência para trabalho no campo
- Fácil de ser deslocada
- Construção fácil e econômica

Devido a inexistência de calhas padronizadas , foi feita uma revisão de literatura e escolheu-se as calhas

chamadas " Cutthroat ", que segundo SKOGERBOE et al. (32) apresentam características adequadas para medidas de pequenas vazões. Da mesma forma calhas estudadas por SKOGERBOE (33) apresentam as outras qualidades desejadas, sendo de construção simples por apresentarem uma forma geométrica de fácil obtenção, conforme mostra a Fig. 1 .

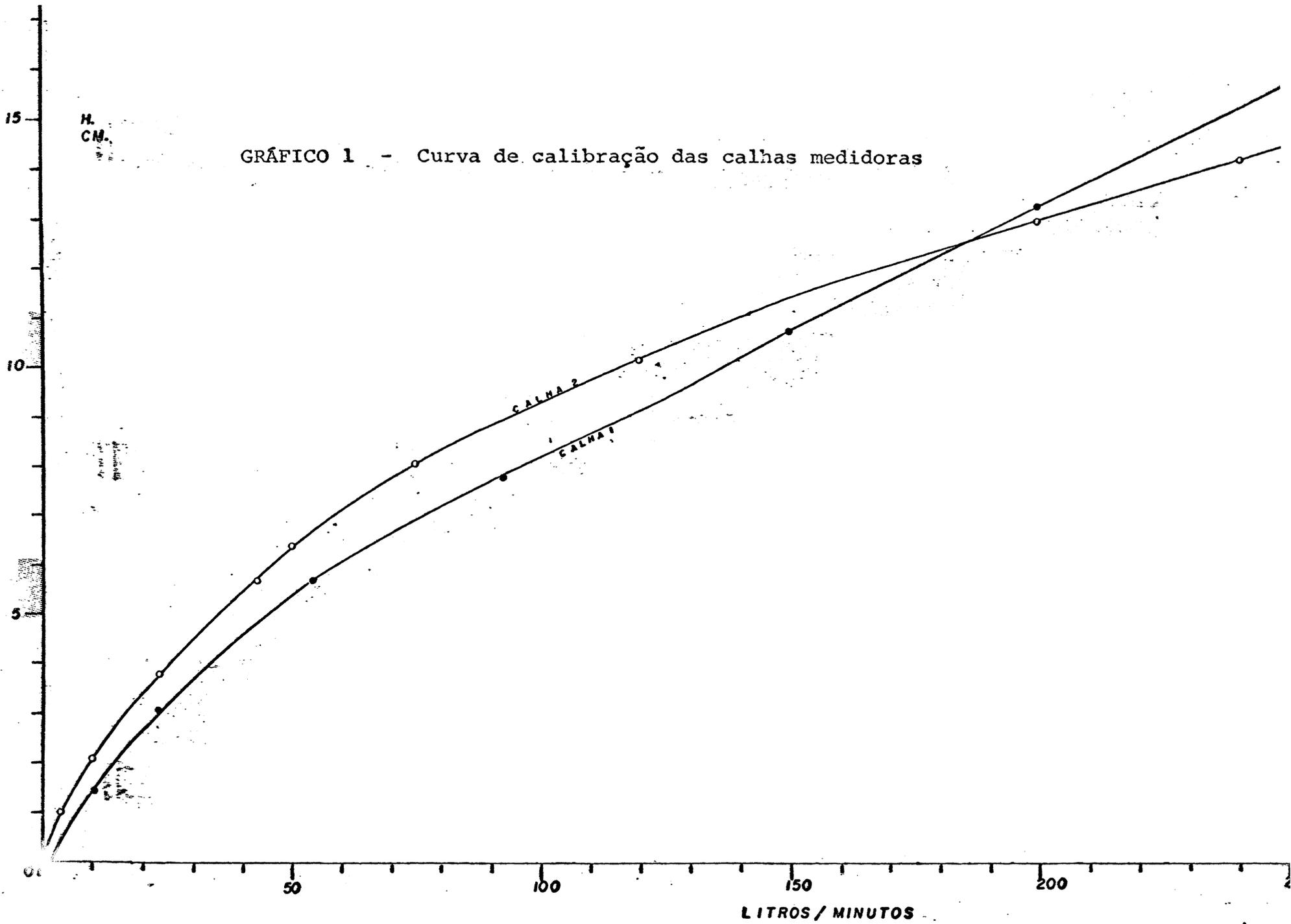
Foram construídas duas calhas medidoras, realizando-se a calibração das mesmas, com os linígrafos acoplados, conforme curva de calibração do Gráfico 1.

3.6 - Linígrafos

Procurando tornar o processo de medição de vazão mais preciso, optou-se pela utilização de linígrafos junto com as calhas medidoras. Foram construídos dois linígrafos, baseados num modelo alemão, marca "Fuess" .

Elaborou-se um projeto e o mesmo foi realizado por uma oficina mecânica local. Foi aproveitado um tambor giratório de aparelho de meteorologia. Pela troca de engrenagem , conseguiu-se que o mesmo realizasse uma rotação em 6 horas, proporcionando uma precisão razoável. Devido às características do mecanismo de relógio do tambor, não foi possível reduzir este tempo para menos de 6 horas. Os detalhes do aparelho aparecem na Fig.2 .

3.7 - Pluviômetros



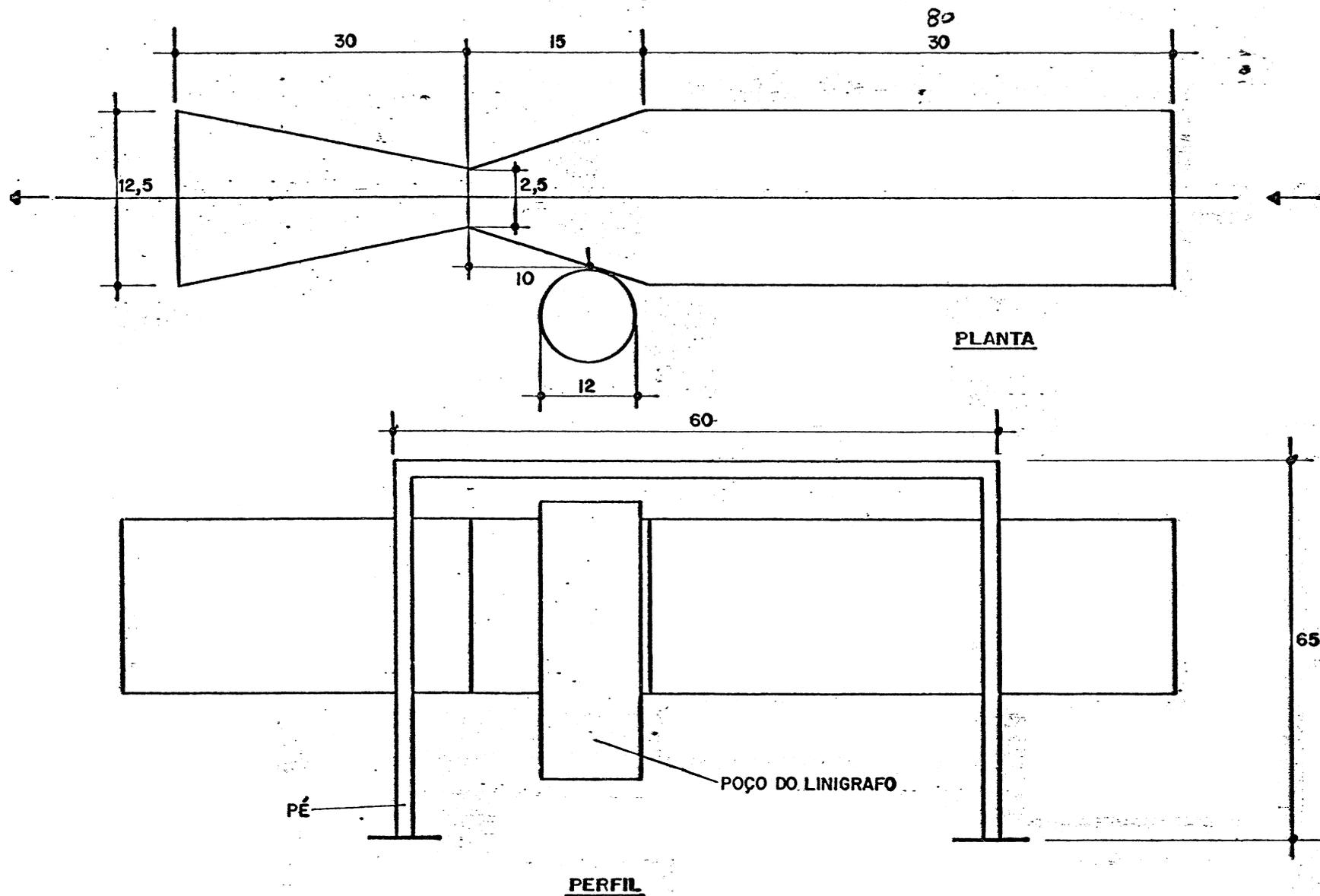


FIG. 1 - Calhas Medidoras . Medidas indicadas em cm.

Para a aferição das precipitações realizadas sobre as parcelas durante os testes, foram utilizados recipientes cilíndricos, de folha de flanders, de parede fina. A área receptora de cada recipiente foi de $33,2 \text{ cm}^2$, com capacidade de 355 ml. Foram usados 12 recipientes sobre cada parcela, colocadas sobre cavaletes de madeira a 0,80 m da superfície, e transversalmente à parcela na sua porção superior e inferior. Cada pluviômetro foi colocado sobre os cavaletes a uma distância de 0,50 m entre si, conforme mostra a Fig. 3.

3.8 - Análise granulométrica

As análises granulométricas foram realizadas pelo método da pipeta, no laboratório de solos da Universidade Federal do Paraná - Setor de Ciências Agrárias, através de cooperação do Departamento de Solos .

3.9 - Análise de estabilidade de agregados e densidade aparente

Foi feita com o auxílio do agitador mecânico de peneiras, descrito por GROHMANN (8) . Foram utilizadas duas metodologias para comparação : por atomização de amostras segundo GROHMANN e por imersão de amostras segundo KEMPER (12).

Nas amostras recolheram-se agregados menores de 4mm e maiores de 2mm, isto é, foi utilizada a porção da amostra que passou na peneira de 4mm e ficou retida na de 2 mm.

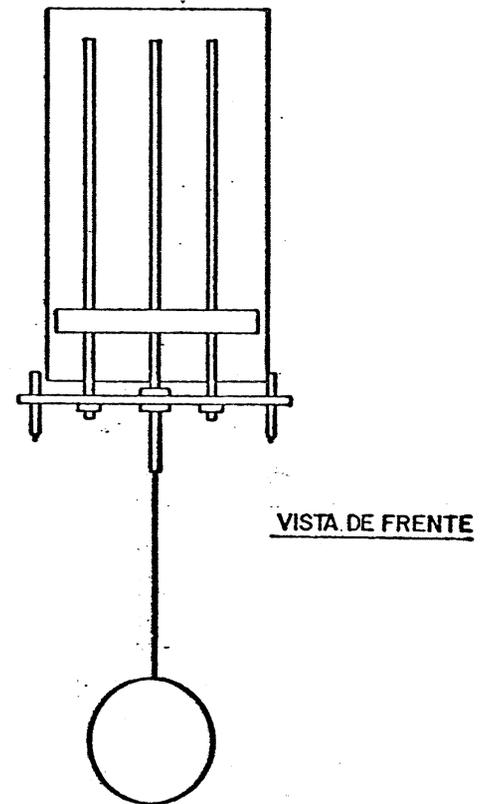
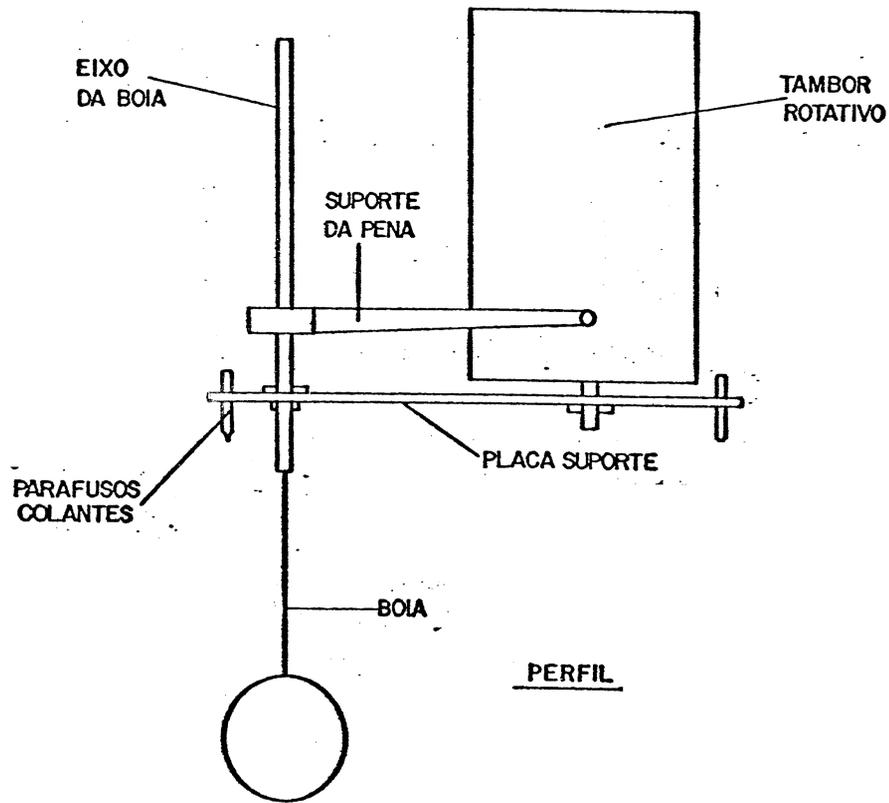
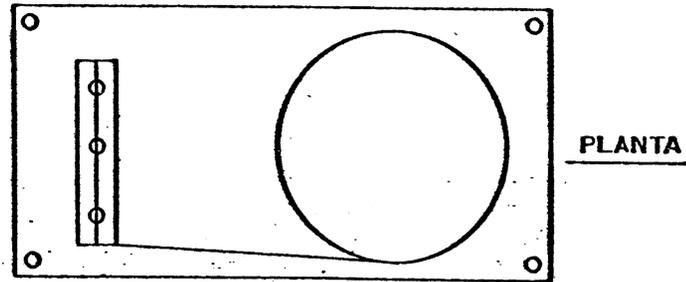


FIG. 2 - Linígrafos (sem escala)

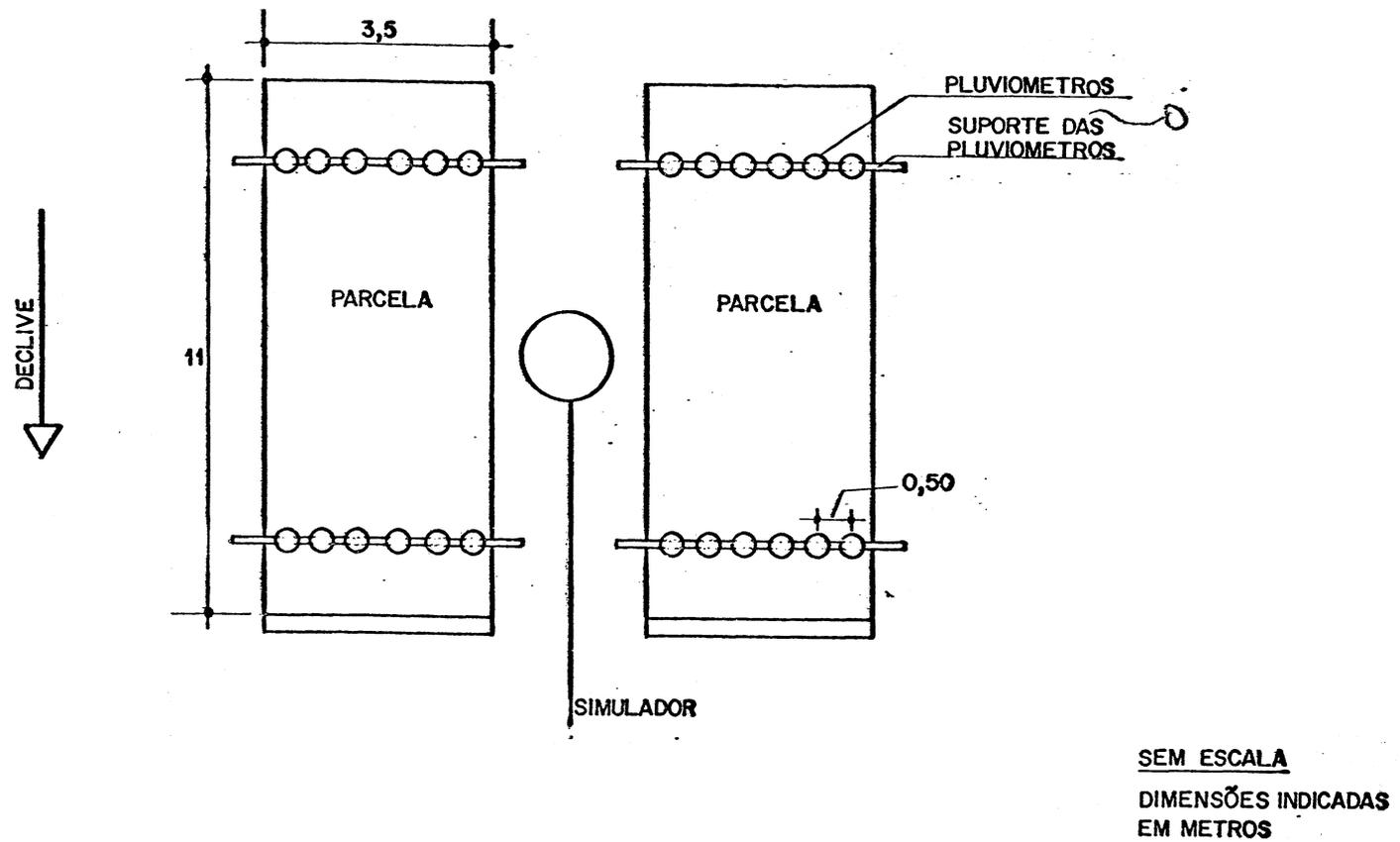


FIG. 3 - Esquema do conjunto de 2 parcelas.

Para análise de densidade aparente, foi usado o método de anel volumétrico e martelo de penetração, descrito por BLAKE (3).

3.10 - Coleta e quantificação do material de arraste

Seguindo o procedimento que vem sendo usado (25) foram utilizados frascos plásticos, com capacidade de 1 litro provido de tampa com rosca. A amostragem foi feita diretamente no escoamento ao sair na calha medidora. As amostras foram retiradas a cada 6 minutos do escoamento, no volume total do frasco. O material coletado foi levado ao laboratório e determinada a concentração de solo em g/litro. Toda a amostra foi colocada num Becker e tratada com uma solução de 20% de cloreto de cálcio, para provocar a sedimentação do solo. Após a sedimentação, foi retirada a água excedente sem perturbar o material sedimentado, e este levado à estufa até peso constante.

Cada amostragem constitui a concentração de 6 minutos do escoamento, havendo pequenas variações neste tempo, devido a retirada da última amostra no minuto final do escoamento.

3.11 - Tratamentos e modo de implantação

A área escolhida havia sido cultivada há alguns

anos permanecendo sem movimentação nos últimos 3 anos. Toda a área foi tratada com herbicida total e feita a demarcação das parcelas, nas quais efetuou-se a eliminação manual de restos vegetais, mantendo-se limpas por meio de herbicidas a partir dos últimos seis meses antes da aplicação dos testes de chuva.

A declividade do local apresentou boa uniformidade, sendo de 10% .

Os tratamentos testados foram os seguintes :

- 1) Aração (A)
- 2) Aração + 2 gradagens niveladoras (A + 2G)
- 3) Aração + 4 gradagens niveladoras (A + 4G)
- 4) Gradeação pesada (Rome) + 2 gradagens niveladoras (GR + 2G)
- 5) Escarificação (pê-de-pato) + 2 gradagens niveladoras (E + 2G)
- 6) Solo sem movimentação, descoberto (SM)
- 7) Solo sem movimentação, com cobertura morta (SM + C)
- 8) Duas gradagens niveladoras (2G)
- 9) Quatro gradagens niveladoras (4G)
- 10) Subsolagem + 2 gradagens niveladoras (S + 2G)

Para aração foi usado um arado de aiveca, realizando uma aração a 0,25 m de profundidade.

Foi usada uma grade niveladora de 4 secções e 28 discos de 18 polegadas.

A escarificação foi realizada com o implemento

"bico de pato" com 5 facas, distanciadas de 0,40 m , a uma profundidade de 0,25 m.

A subsolagem foi realizada com subsolador de 1 faca, a uma profundidade de 0,50m e distanciadas 0,50m uma passada da outra. Na parcela sem movimentação e com cobertura morta, foi aplicada palha de trigo, sem picar, numa quantidade de 2 T/ha.

Os preparos foram realizados todos no sentido do declive, sendo os implementos tracionados por um trator médio.

Procurou-se aproveitar boas condições de umidade do solo para realizar os preparos.

Após o preparo, as parcelas foram protegidas com lonas plásticas em caso de ocorrer eventuais chuvas naturais até a aplicação dos testes de chuva. O intervalo entre o preparo e a aplicação de chuva foi de 3 a 4 dias .

3.12 - Cálculo do fator erodibilidade

O valor de erodibilidade do solo (K) pode ser calculado por $K = \frac{A}{R}$, da equação de perda de solo (28) onde são definidos a declividade e o comprimento do declive. A cobertura do declive. A cobertura vegetal e práticas conservacionistas têm valores unitários.

Para cálculo de R das chuvas simuladas usou-se o valor indicado por BARNETT (1) e sugerido por LOMBARDI NETO

(13) na equação :

$$R = EI \quad \text{onde} \quad EI = P \times I \times 21,3 \cdot 10^{-3}$$

P = total precipitado

I = intensidade máxima em 30 minutos

21,3 = índice para o simulador de chuva

4 . RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Perdas de Solo e Água

Os dados apresentados no quadro 2 mostram claramente que há grande diferença entre os diversos tipos de preparo em termos de perdas de solo e água.

O tratamento sem movimentação e com cobertura morta apresentou as menores perdas de solo. Isto vem evidenciar o grande valor da proteção do solo contra o impacto direto das gotas de chuva, impedindo a desagregação das partículas da porção mais superficial do solo (23). O escoamento superficial embora mais intenso que nos demais tratamentos, consegue arrastar porções mínimas de solo. No solo sem movimentação e sem cobertura o arraste foi praticamente vinte vezes maior. O escoamento superficial também foi sensivelmente mais intenso. Isto porque a água se escoou superficialmente com maior velocidade, o impacto das gotas desagrega o solo superficial e ocorre uma colmatção por partículas menores, o que diminui a infiltração. MANNERING (15) cita um valor 30% menor de perdas para um solo com cobertura morta em relação ao mesmo solo sem cobertura. No quadro 3 observa-se uma redução de 80% quando se compara o tratamento com cobertura morta e o preparo convencional. O tratamento com cobertura morta se assemelha bastante com a técnica de plantio direto. As condições do teste são ainda mais favoráveis uma vez que não há revolvimento nenhum do solo e a palha não foi triturada.

QUADRO 2 - PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROSÃO, ATRAVÉS DE CHUVAS SIMULADAS, EM LATOSOLO VERMELHO ESCURO, TEXTURA ARGILOSA, COM 10% DE DECLIVE, EM DIVERSOS TIPOS DE PREPARO DE SOLO.

TIPOS DE PREPARO	1a. CHUVA		2a. CHUVA		3a. CHUVA		T O T A L	
	SOLO kg/ha	ÁGUA %	SOLO kg/ha	ÁGUA %	SOLO kg/ha	ÁGUA %	SOLO kg/ha	ÁGUA %
Aração	6,05	0,2	159	2,6	1834	17	1999	4
Aração + 2 Gr. Nível	41,9	3,5	354	7,7	3350	25	3746	9,5
Aração + 4 Gr. Nível	1922	4,9	2662	7,2	11456	24	16041	10,5
Grade ROME + 2 Gr. Nível	141	1,2	2337	23	9457	43	11936	17
Escar. + 2 Gr. Nível	136	2,6	698	17	5435	36	6269	15
Sem Movimento de Solo	5069	34,0	3902	52	6146	64	15118	46
Sem Movim.+Cob.Morta	73,5	1,4	31,6	4,9	703	36	808	10
2 Gr. Niveladoras	0	0	76	2,2	4218	25	4294	6
4 Gr. Niveladoras	0	0	202	3,4	5711	16	5913	5
Subsolagem + 2 Gr. Nível	164	1,5	1857	12	7464	35	9485	12

No plantio direto no entanto o movimento do solo é bastante reduzido, sendo realizado em nível.

Os preparos de solo testados favorecem mais a erosão na medida que aumenta a desagregação do solo nas camadas mais superficiais. Desta forma, temos, em ordem crescente de perdas de solo, aração, aração e duas gradeações niveladoras, gradeação com grade niveladora, escarificação, subsoagem, gradeação com grade pesada e aração e quatro gradeações niveladoras . Os dados apresentam-se bastante coerentes quando comparados com os trabalhos realizados por SIEMENS (31), onde cita valores de perdas para o sistema convencional de 1,3 T/ha e para a escarificação 2,1 T/ha sendo o primeiro aproximadamente igual à metade do segundo. No quadro 3 observa-se valores de 3,7 T/ha para o preparo convencional e 6,3 T/ha para a escarificação. A proporção observada entre os dois valores é semelhante aquela observada por Siemens.

A aração sozinha favorece bastante a conservação do solo por deixar uma superfície irregular que dificulta o escoamento superficial e facilita a infiltração. Os dados do quadro 3, evidenciam que dos sistemas que envolvem maior movimentação do solo o que menos favorece a erosão é o sistema tradicional, de uma aração e duas gradeações. Já o excesso de gradeações provoca um desequilíbrio entre os fatores de agregação das partículas e infiltração, ocorrendo em consequência perdas maiores. Isto fica evidenciado pelas perdas

QUADRO 3 - RELAÇÃO DE PERDAS DE SOLO E ÁGUA, ATRAVÉS DE CHUVAS SIMULADAS, EM LATOSOLO VERMELHO ESCURO, TEXTURA ARGÍLOSA, COM 10% DE DECLIVE, EM DIVERSOS TIPOS DE PREPARO DE SOLO .

TIPOS DE PREPARO	PERDAS		RELAÇÃO EM %	
	SOLO kg/ha	ÁGUA %	SOLO	ÁGUA
Aração + 2 Gr. Nível	3746	9,5	100	100
S/Movim. + Cobertura	808	10	22	105
Aração	1999	4	53	42
2 Gradagens	4294	6	115	63
4 Gradagens	5913	5	158	53
Escarificação + 2 Grad.	6293	15	168	158
Subsolagem + 2 Grad.	9485	12	253	126
Grade ROME + 2 Grad.	11936	17	318	179
Sem Movimentação	15118	46	404	483
Aração + 4 Gradagens	16041	10,5	428	10

sofridas pelo tratamento com uma aração e quatro gradeações (Quadro 3) . Este fato ocorre devido a uma excessiva pulverização da camada superficial do solo.

Através dos dados do quadro 3, fica também demonstrado que o solo em questão tem boa capacidade de infiltração, não sendo favorecido por subsolagem, e que o tratamento realizado somente com grades niveladoras apresentou perdas menos intensas. Já os preparos com grades pesadas e escarificadores mostram efeitos bastante prejudiciais ao solo. Estes tipos de preparo podem destruir a estrutura da camada superior do solo, de maneira prejudicial, quando feitos a uma profundidade em torno de 10 cm. Tal tipo de preparo do solo é bastante difundido porque pode ser realizado em tempo bastante curto e proporcionar boas condições para sementeira. No entanto, sob o aspecto de conservação de solo, constitui-se num sistema condenável. No gráfico 2 pode-se observar as perdas crescentes em relação aos preparos.

Os dados de arraste tem uma variação grande entre uma repetição e outra. Isto foi observado em diversos tratamentos não havendo, na parte que envolve a metodologia da medida dos parâmetros, um motivo aparente para que tal ocorra. Tal fato parece ser devido ao tipo de experimentação realizado. As parcelas são consideravelmente pequenas. Alguma alteração localizada, dentro da parcela, vai ocasionar variações grandes nos resultados. Estas alterações poderão ser : parte do solo

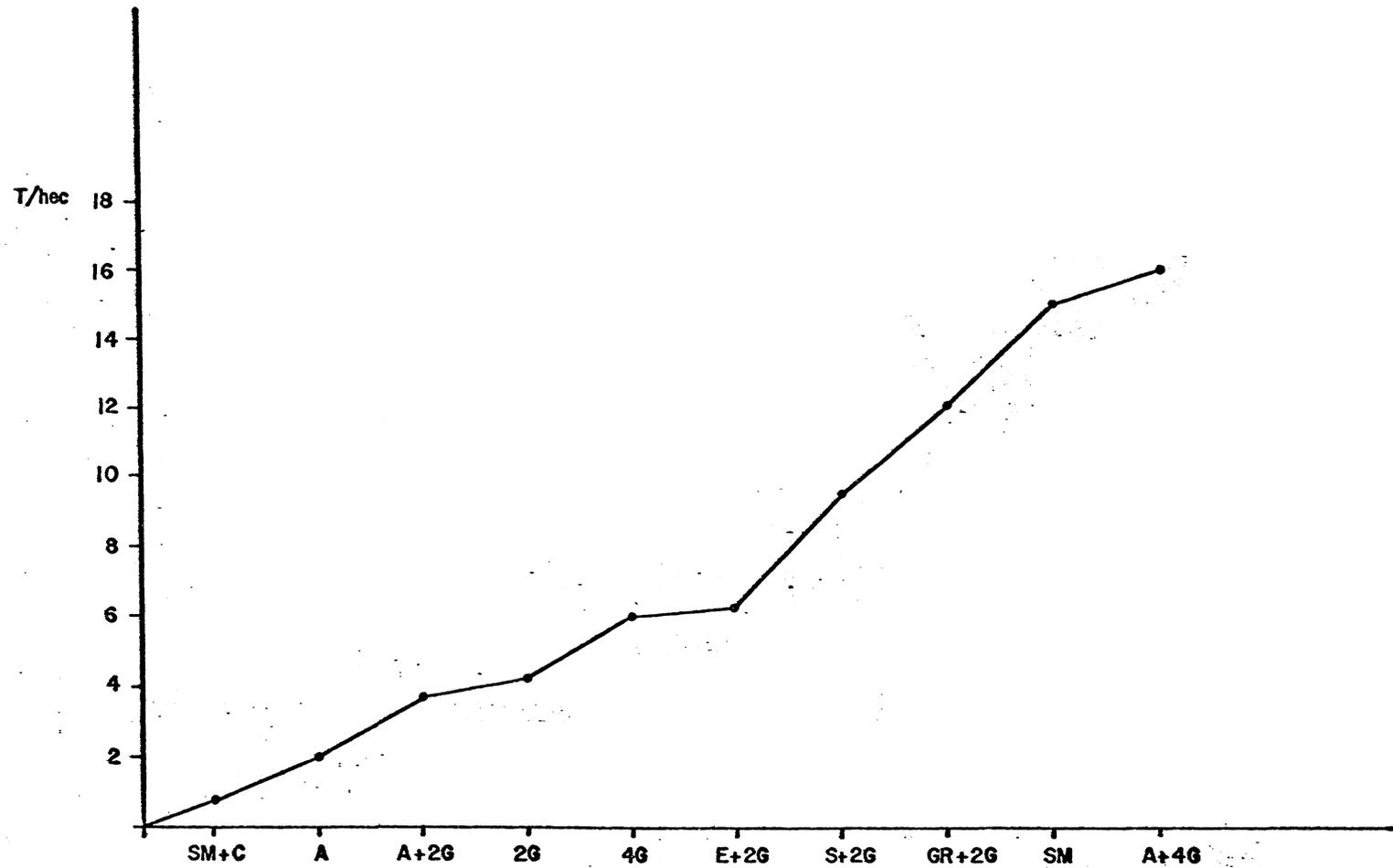


GRÁFICO 2 - Perdas de solo em T/ha em latosolo vermelho textura argilosa devido a diferentes tipos de preparo, em experimento com chuva simulada.

mais compactado, formação de pequenos sulcos desuniformes no momento do preparo do solo e outras. Estes detalhes não serão diluídos uma vez que a área é pequena. O problema de se ter dados mais precisos decorrerá da repetição dos experimentos e da acumulação de resultados quando será possível um tratamento estatístico dos mesmos. No quadro 3, observa-se os valores relativos de perda entre os diversos tipos de preparo convencional (A + GN) como padrão, com o valor 100 .

4.2 - Análise de Agregados

Os resultados da análise de agregados, aparentemente não mostram diferenças sensíveis entre os diferentes tratamentos, cujos valores do estado de agregação pelo peso diâmetro médio (gráfico 3), indicam que o material arrastado tem aproximadamente as mesmas classes de agregados nos diversos tratamentos. Também na camada superior do perfil do solo a variação do estado de agregação não variou de modo apreciável.

Aparentemente, pelas medidas realizadas não se pode afirmar que o estado de agregação é responsável direto pela quantidade de material arrastado. Neste sentido, deduz-se que a perda de solo é dependente da classe dos agregados que ocorrem no solo e da capacidade de infiltração, as quais podem ser também influenciadas pelos tratamentos. Por outro lado o maior ou menor arraste de solo parece ser resultado de uma interação destes dois fatores , a qual não foi definida.

PESO DIÂMETRO MÉDIO

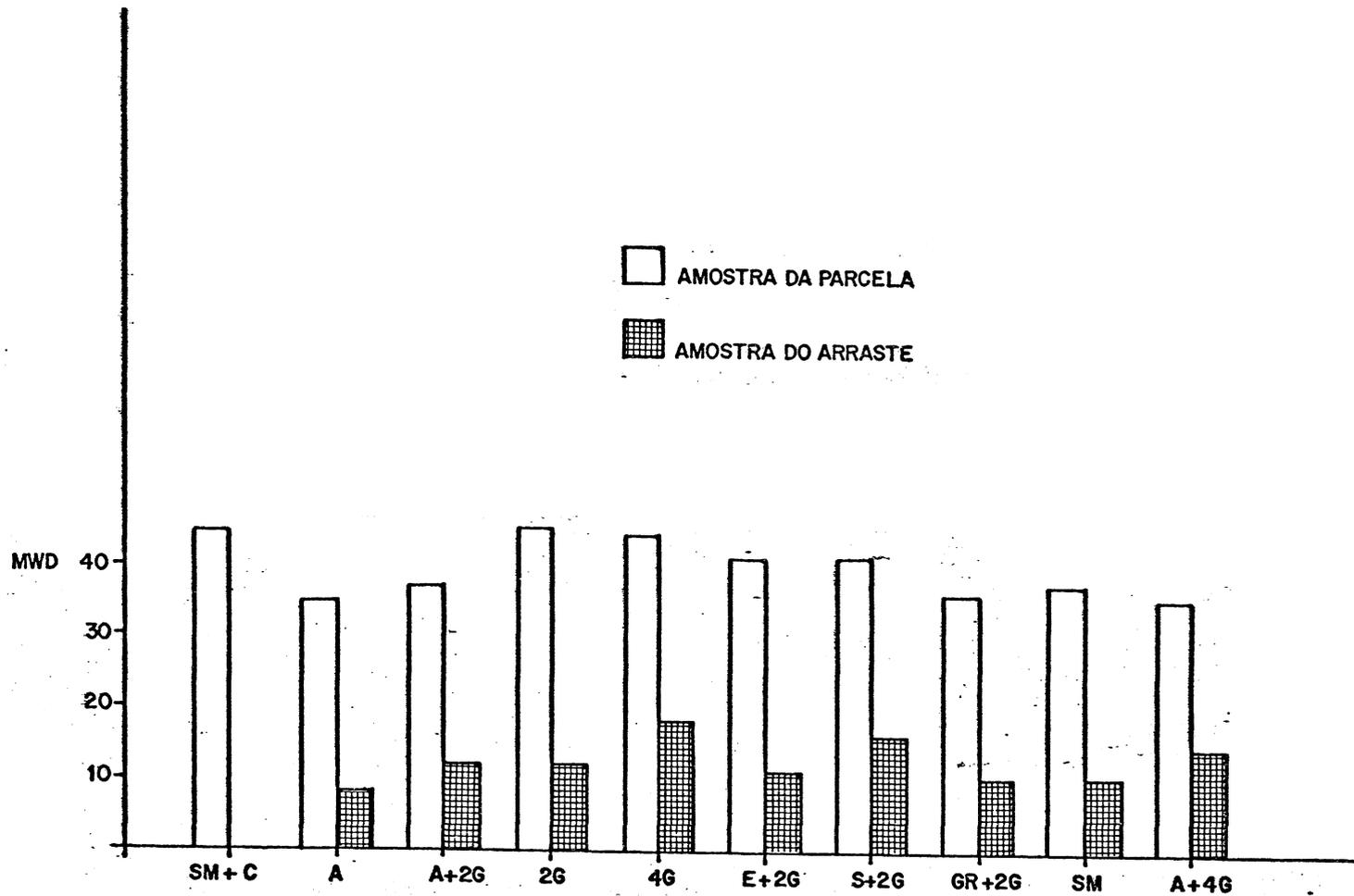


GRÁFICO 3 - Estabilidade de agregados nas parcelas e no material de arraste, em latosolo vermelho textura argilosa, com diversos tipos de preparo em experimentos com chuva simulada.

Pode-se deduzir também, que não há uma correlação simples entre estado de agregação e arraste ou capacidade de infiltração e arraste. O que pode existir é uma correlação complexa entre estado de agregação, capacidade de infiltração e arraste. Isto pode ser observado na comparação do tratamento aração e duas gradeações (A + 2G) com o tratamento aração e quatro gradeações (A + 4G) (quadro 3), em que ambos tem a mesma capacidade de infiltração, em torno de 90%. No entanto, a perda de solo no tratamento A + 4G é praticamente quatro vezes maior que no tratamento A + 2G . Os tratamentos solo sem movimentação (SM) e aração e quatro gradeações (A + 4G) sofrem aproximadamente a mesma perda de solo e no entanto a diferença em sua capacidade de infiltração é grande.

A análise de agregados realizada classificou a variação de agregados entre 4 mm e 2 mm . A escolha deste intervalo de classe talvez não seja o mais indicado para estudos de erosão. Neste sentido, SWANSON (35) realizou estudo de agregados no material de arraste dentro da faixa de 2 a 0,050 mm, observando um certo nível de correlação. Devem ser realizados estudos neste sentido para uma escolha de metodologia. O quadro 4 mostra os valores do estado de agregação expressos pelo peso diâmetro médio .

QUADRO 4 - Valores de estabilidade de agregados expressos pelo peso diâmetro médio nos diversos tipos de preparo, em Latosolo Vermelho Textura Argilosa.

Tipos de preparo	Peso Diâmetro Médio	
	Nº Parcela	Nº de Material de Arraste
Aração + 2 Gr.Nivelad.	36,6	12,5
Aração	34,8	8,1
2 Gradagens	45,3	11,8
4 Gradagens	44,4	17,8
Escarificação + 2 Grad.	41,2	11,0
Subsolagem + 2 Grad.	40,4	16,3
Grade Rome + 2 Grad.	35,8	10,0
Sem movimentação	36,9	10,3
Aração + 4 Gradagens	34,8	14,4

4.3 - Fator de Erodibilidade

Com a precipitação e a perda de solo sofrida pelo tratamento padrão, aração e duas gradeações, foi calculada a erodibilidade de solo (Fator K), cujos valores constam no quadro .

QUADRO 5 - Dados de erodibilidade do Latosolo Vermelho Escuro com 10% de declive, através de chuvas simuladas, em preparo convencional (A + 2GN)

Intensidade mm/h	Quantidade mm	EI	Perdas de Solo T/ha	Fator K
68,8	68,8	100,8	0,042	0,0004
76,2	38,1	61,8	0,352	0,0056
121	30,2	77,8	3,300	0,0424
Total	137,1	240,4	3,694	0,0154

O valor definido para o fator K, apresenta-se um pouco baixo quando comparado com o valor encontrado por MONDARDO et al. (26) para o Latosolo Roxo Distrófico do Norte do Paraná. No entanto não se trata de um valor definitivo e o fato de se apresentar mais baixo pode ser explicado, porque os testes foram efetuados em um solo não cultivado por longo pe

ríodo. A repetição de determinação em anos subsequentes poderá ajustar melhor o valor de K .

O presente valor de K foi definido para 10% de declive e 11 m de comprimento de declive. Fazendo a correção para as condições padrões segundo WISCHMEIER (38) temos :

$$LS = \sqrt{\lambda} \quad (0,0076 + 0,0053 s + 0,00076 s^2)$$

onde λ = comprimento do declive em pés

s = declividade em %

Teremos um fator LS igual à

$$LS = \sqrt{11} \quad 0,0076 + 0,0053.10 + 0,00076.(10)^2$$

$$LS = 0,82$$

O valor de K corrigido será :

$$K = \frac{3,694}{240,4 \times 0,82}$$

$$K = 0,0188$$

5 . CONCLUSÕES

Os dados obtidos pelo presente trabalho apesar de não permitirem uma análise estatística mais aprofundada nos dão as seguintes conclusões :

- a . O tipo de preparo do solo tem uma influência grande na intensidade de erosão .
- b . A manutenção de restos culturais sobre o solo é um fator altamente positivo no controle da erosão.
- c . O preparo convencional de solo é uma opção razoável para a conservação do solo, quando a aração é feita a 20 cm.
- d . O uso de grades pesadas é bastante prejudicial aos solos sob o aspecto de erosão.
- e . No solo em questão a subsolagem não apresentou nenhuma vantagem sobre o controle da erosão .
- f . Este tipo de pesquisa deverá ser continuada para um melhor conhecimento do problema da erosão, com especial ênfase à determinações de parâmetros físicos do solo que se relacionem com a erodibilidade .

6 . R E S U M O

Utilizando o simulador de chuva rotativo tipo Nebraska, testou-se as perdas de solo em Latosolo Vermelho Escuro, Argiloso, Fase Campestre, devidas a diferentes tipos de preparo de solo.

Foram testados o preparo convencional, preparo mínimo, subsolagem e o solo sem movimentação sem cobertura e com cobertura morta.

Observaram-se diferenças marcantes nas quantidades de solo arrastadas e nas perdas de água por escoamento superficial. O solo sem movimentação com cobertura morta sofreu as menores perdas de solo. Os preparos com grades pesadas e o excesso de gradeações sofreram as maiores perdas de solo. O preparo convencional apresentou-se bastante satisfatório entre os tratamentos que envolvem maiores movimentações do solo.

6 . R E S U M O

Utilizando o simulador de chuva rotativo tipo Nebraska, testou-se as perdas de solo em Latosolo Vermelho Escuro, Argiloso , Fase Campestre, devidas a diferentes tipos de preparo de solo .

Foram testados o preparo convencional, preparo mínimo, subsolagem e o solo sem movimentação sem cobertura e com cobertura morta .

Observaram-se diferenças marcantes nas quantidades de solo arrastadas e nas perdas de água por escoamento superficial. O solo sem movimentação com cobertura morta sofreu as menores perdas de solo. Os preparos com grades pesadas e o excesso de gradeações sofreram as maiores perdas de solo. O preparo convencional apresentou-se bastante satisfatório entre os tratamentos que envolvem maiores movimentações do solo .

7 . S U M M A R Y

This work checked the diferents amounts of soil losses resulting of various kinds of soil tillage in Latosolo Vermelho Escuro Fase Campestre.

Were tested conventional plowing , minimun tillage, no-tillage without crop residues and no-tillage with mulching.

We have diferents amounts of soil loss for each treatment. The no-tillage with mulching have the smallest losses. The heavy disk tillage presented the biggest losses of soil .

The conventional tillage is a good choise among the tillage systems that involves soil movement .

8 . LITERATURA CITADA

- 01 . BARNETT, A.J. & DOOLEY, A.E. 1972. Erosion potential of natural and simulated rainfall compared. Transaction of the ASAE, 15 : 1112-4.
- 02 . BERTONI, J. et al. 1975. Equação de perda de solo. Boletim Técnico IAC, (21): Campinas, São Paulo.
- 03 . BLAKE, G.R. 1965. Bulk density. Methods of soil analysis ASA, 30 :374-82.
- 04 . CASSOL, E.A. 1976. Informe preliminar sobre um estudo de perdas de solo e água utilizando simulador de chuva. In: SEMINÁRIO DE INTEGRAÇÃO DA PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO, 19, Porto Alegre, 1960. Anais... Porto Alegre, Secretaria da Agricultura. p.
- 05 . DEDECEK, R.A. 19 . Características físicas e fator de erodibilidade de Oxisols do Rio Grande do Sul . Tese (Mestr.Solos) Fac. Agron., UFRGS, Porto Alegre 1970. /Não publicada/
- 06 . EKERN, P.C. 1950. Raindrop impact as the force initiating soil erosion. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 15 : 7-10.
- 07 . GARD, L.E. & MCKIBBEN, G.E. 19 . "No-till" crop production proving a most promising conservation measure. Simpson, Dixon Springs Agricultural Center.
- 08 . GROHMANN, F. 1960. Análise de agregado de solo.

Bragantia, Campinas, 19 : 201-63.

- 09 . HAROLD, L.L. 1972. Soil erosion by water as affected by reduced tillage systems. In: NO-TILLAGE SYMPOSIUM, Columbus, 1972. Proceedings...
- 10 . IGUE, K. et al. 1976. Solos do Paraná. In: IAPAR, Londrina. 1976. Manual agropecuário para o Paraná Londrina. Cap. 2, p.39-81.
- 11 . JONES JR, J.N. et al. 1969. The no-tillage system for corn (Zeamays L.). Agronomy Journal, Madison, 60 : 17-20.
- 12 . KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. 1965. Size distribution of aggregates. Methods of soil analysis ASA, 39: 499-510.
- 13 . LOMBARDI NETTO, F. 1977. Rainfall simulations. West Lafayette, Purdue University.
- 14 . MANNERING, J.V. 1975. Priorities and procedures for your programs. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROSÃO COM SIMULADORES DE CHUVA, 19, Londrina, IAPAR, 1975. Anais... Londrina, IAPAR, 1975.
- 15 . _____ & MEYER, D.L. 1963. The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 27 :84-6.
- 16 . MECH, S.J. 1968. Limitations of simulated rainfall as a research tool. In: Winter Meeting of the ASAE

Chicago, Illinois. (Paper nº 63-725)

- 17 . MEYER, L.D. 1965. Mathematical relationships governing soil erosion by water. Journal of Soil and Water Conservation, Baltimore, 20 :149-50. (abstract)
- 18 . ____ . 1965. Symposium on simulation of rainfall for soil erosion research. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 8 : 63-75.
- 19 . ____ . 1971. Soil erosion by water on upland areas. In: SHEN, H.W., ed. River mechanics. Fort Collins, Colorado. Cap.27.
- 20 . ____ & McCUNE, D.L. 1957. Development of a rainfall simulator for runoff plots. West Lafayette, Purdue Agricultural Experiment Station. (Journal series paper, 1197).
- 21 . ____ & MANNERING, J.V. 1967. Tillage and land modifications for water erosion control. In: TILLAGE CONFERENCE, 1967. Proceeding... ASAE, ASA, SCSA. p. 58-62.
- 22 . ____ & WISCHMEIER, W.H. 1969. Mathematical simulation of the process of soil erosion by water. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 12 : 754-8.
- 23 . MEYER, L.D. et al. 1970. Mulch rates required for erosion control on steep slopes. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34 :928-31.
- 24 . MONDARDO, A. et al. 1977. Erodibilidade do latosolo

- roxo distrófico, com 8% de declive, usando simulador de chuva. (Trabalho proposto para apresentação no XVI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, São Luiz, 1977).
- 25 . ____ & VIEIRA, M.J. 1976. Apresentação de pesquisa em conservação de solo no Paraná. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROÇÃO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1ª, Londrina, 1976. Anais... Londrina, IAPAR, 1976.
- 26 . ____ et al. 1977. Calibração de simuladores de chuva para uso em pesquisas sobre manejo e conservação de solo. (Trabalho proposto para apresentação no XVI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, São Luiz, 1977).
- 27 . MUTCHLER, C.K. & HERMSMEIER, L.F. 1963. A review of rainfall simulators. In: Winter Meeting of the ASAE Chicago, Illinois. (Paper nº 63-726).
- 28 . OLSON, T.C. & WISCHMEIER, W.H. 1963. Soil erodibility evaluations for soil on the runoff and erosion stations. Soil Science Society of America Proceedings; Madison, 27 : 590-2.
- 29 . RAMOS, M. 1976. Sistemas de preparo mínimo do solo: técnicas e perspectivas para o Paraná. Curitiba, EMBRAPA, Representação Estadual do Paraná. (Comunicado Técnico, 1).

- 30 . SHEAR, G.M. & MOSCHLER, W.W. 1969. Continuous corn by the no-tillage and conventional tillage methods: a six year comparison. Agronomy Journal, Madison, 61 : 524-6.
- 31 . SIEMENS, J.C. & OSCHWALD, W.R. 1974. Effect of tillage system for corn on erosion. St.Joseph,ASAE. (Paper 74-2525)
- 32 . SKOGERBOE, G.V. et al. 1967. Rectangular cutthroat flow measuring flumes. Journal of the Irrigation and Drainage Division, New York, 4 :1-13.
- 33 . ____ . 1972. Generalized discharge relations for cutthroat flumes. Journal of the Irrigation and Drainage Division, New York, 4 : 969-88.
- 34 . SWANSON, N.P. 1965. Rotating-boom rainfall simulator. Transactions of the ASAE, St.Joseph, 8 :71-2.
- 35 . ____ et al. 1963. Soil particles and agregates transported in runoff from simulated rainfall. St.Joseph, ASAE. (Paper 63-701).
- 36 . VALENTE, O.F. et al. 1975. Intensidade e uniformidade de distribuição de precipitações produzidas por um simulador rotativo. Revista Ceres, Viçosa, 125 :56-70.
- 37 . WISCHMEIER,W.H. & MANNERING, J.V. Relations of soil properties to his erodibility. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 33 : 131-7.

- 38 . _____ et al. 1965. Predicting rainfall-erosion losses from Cropland East of the Rocky Mountains. Washington, USDA, (Agricultural handbook, 282).
- 39 . _____ . 1971. A soil erodibility nomograph for farm-land and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation, Baltimore, 26 : 189-93.
- 40 . WHITAKER, F.D. et al. 1971. Tillage and erosion research in the Western corn belt. Ames, /s.ed./. (Iowa State Journal, J-7148, Project 1776).
- 41 . WUNSCHÉ, W.A. 1977. Estudo comparativo da perda de solo entre quatro sistemas de manejo, com chuva simulada. In: REUNIÃO ANUAL CONJUNTA DE PESQUISA DE TRIGO, 9ª, Londrina, 1977. Anais...

9 . A N E X O S

QUADRO 6 - PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROSIÃO, ATRAVÉS DE CHUVAS SIMULADAS, EM LATOSOLO VERMELHO ESCURO, TEXTURA ARGILOSA, COM 10% DE DECLIVE, EM DIVERSOS TIPOS DE PREPARO DE SOLO .

REPETIÇÃO 1

TIPOS DE PREPARO	1a. CHUVA		2a. CHUVA		3a. CHUVA		4a. CHUVA	
	SOLO kg/ha	ÁGUA %	SOLO kg/ha	ÁGUA %	SOLO kg/ha	ÁGUA %	SOLO kg/ha	ÁGUA %
ARAÇÃO	2,91	0,1	268	3,6	2565	19	2836	5
ARAÇÃO + 2 GR. NÍVEL	57,4	3,3	343	6,9	3299	25	3699	9
ARAÇÃO + 4 GR. NÍVEL	1205	2,0	2346	8,9	11848	9,5	15399	6
GRADE ROME + 2 GR. NÍVEL	105	0,4	663	18	6439	41	7207	15
ESCAR. + 2 GR. NÍVEL	158	1,0	830	6,4	4750	36	5738	12
SEM MOVIMENTO DE SOLO	5904	26	4311	46	7886	65	18101	40
SEM MOVIM. + COB. MORTA	84,8	0,3	30	3,1	1090	31	1205	8
2 GR. NIVELADORAS	0	0	16	0,8	3813	24	3829	6
4 GR. NIVELADORAS	0	0	118	2,3	3691	5	3809	2
SUB-SOLAGEM + 2 GR. NÍVEL	161	2,0	627	8,6	4551	29	5339	10

QUADRO 7 - PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROSIÃO , ATRAVÉS DE CHUVAS SIMULADAS, EM LATOSOLO VERMELHO ESCURO, TEXTURA ARGILOSA, COM 10% DE DECLIVE, EM DIVERSOS TIPOS DE PREPARO DE SOLO.

REPETIÇÃO 2

TIPOS DE PREPARO	1a. CHUVA		2a. CHUVA		3a. CHUVA		4a. CHUVA	
	SOLO kg/ha	ÁGUA %	SOLO kg/ha	ÁGUA %	SOLO kg/ha	ÁGUA %	SOLO kg/ha	ÁGUA %
ARAÇÃO	9,19	0,3	49,6	1,7	1103	16	1162	4
ARAÇÃO + 2 GR. NÍVEL	26,4	3,8	366	8,6	3402	25	3794	10
ARAÇÃO + 4 GR. NÍVEL	2640	7,9	2978	5,6	11065	39	16683	15
GRADE ROME + 2 GR. NÍVEL	178	2,1	4011	29	12476	45	16665	19
ESCAR. + 2 GR. NÍVEL	114	4,2	567	28	6120	36	6801	18
SEM MOVIMENTO DE SOLO	4234	43,0	3494	58	4407	64	12135	52
SEM MOVIM. + COB. MORTA	62,2	2,1	33,2	6,7	317	42	412	13
2 GR. NIVELADORAS	0	0	136	3,6	4624	26	4760	7
4 GR. NIVELADORAS	0	0	286	4,5	7732	28	8018	8
SUB-SOLAGEM + 2 GR. NÍVEL	168	1,0	3087	15	10376	41	13631	14

QUADRO 8 - SÉRIES DE CHUVAS SIMULADAS

TIPO DE PREPARO	PARCELA	UMIDADE DO SOLO % 0-20 cm	PP Nº	QPP* mm	IPP+ mm/h	PERDAS		PERDAS TOTAIS	
						solo t/ha	água %	solo t/ha	água %
Aração	1	25,5	I	69,5	69,5	0,009	0,3	-	-
		28,8	II	34,3	68,6	0,050	1,7	1,1	4
		-	III	29,3	117,4	1,1	16,5	-	-
Aração	2	25,5	I	69,5	69,5	0,003	0,1	-	-
		28,5	II	34,3	68,6	0,270	3,6	2,9	5
		-	III	29,3	117,4	2,6	19,4	-	-
Aração + 2 gradeações	3	27,5	I	68,8	68,8	0,026	3,8	-	-
		28,0	II	38,1	76,2	0,366	8,6	3,8	10
		-	III	30,2	121	3,4	25,5	-	-
Aração + 2 gradeações	4	27	I	68,8	68,8	0,057	3,3	-	-
		28	II	38,1	76,2	0,343	6,9	3,7	9
		-	III	30,2	121	3,3	25,3	-	-
Aração + 4 gradeações	5	27,8	I	70,6	70,6	2,6	7,9	-	-
		28,1	II	36,7	73,5	3	5,6	16,6	15
		-	III	34	136	11	39	-	-
Aração + 4 gradeações	6	27,2	I	70,6	70,6	1,2	2	-	-
		27,8	II	36,7	73,5	2,3	8,9	15,3	6
		-	III	34	136	11,8	9,5	-	-
Grade Rome + 2 gradeações	7	25,8	I	68,6	68,6	0,178	2,1	-	-
		28,3	II	33,7	67,4	4	29,4	16,7	19
		-	III	32,7	130,9	12,5	44,7	-	-
Grade Rome + 2 gradeações	8	25,8	I	68,6	68,6	0,104	0,4	-	-
		28,3	II	33,7	67,4	0,663	18,3	7,2	15
		-	III	32,7	130,9	6,4	40,7	-	-

* Total precipitado.
+ Intensidade de precipitação

continua..

continuação

TIPO DE PREPARO	PARCELA	UMIDADE DO SOLO % 0-20 cm	PP Nº	QPP* mm	IPP+ mm/h	PERDAS		PERDAS TOTAIS	
						solo t/ha	água %	solo t/ha	água %
Escarificador + 2 grad.	9	26,2	I	61,3	61,3	0,114	4,2	-	-
		28,4	II	30,2	60,4	0,567	27,9	6,8	18
		-	III	34,8	139,4	6,1	35,6	-	-
Escarificador 2 grad.	10	25,9	I	61,3	61,3	0,157	0,1	-	-
		28,2	II	30,2	60,4	0,83	6,4	5,7	12
		-	III	34,8	139,4	4,75	36,3	-	-
Sem Movimento	11	26,8	I	72,8	72,8	4,23	43	-	-
		28,4	II	35,6	71,3	3,5	58	12,2	52
		-	III	33	132,2	4,41	64	-	-
Sem Movimento	12	26,7	I	72,8	72,8	5,9	26	-	-
		28	II	35,6	71,3	4,3	46	18,1	40
		-	III	33	132,2	7,89	65	-	-
Sem Movimento + Cob. Morta	13	26,3	I	75,4	75,4	0,062	2,1	-	-
		27,3	II	31,7	63,4	0,033	6,7	0,412	13
		-	III	32,5	130	0,317	42,5	-	-
Sem Movimento + Cob. Morta	14	26,3	I	75,4	75,4	0,085	0,3	-	-
		27,8	II	31,7	63,4	0,03	3,1	1,2	8
		-	III	32,5	130	1,1	31,1	-	-
2 Grad. Nivelad.	15	26,7	I	70,9	70,9	0	0	-	-
		28,7	II	37,2	74,5	0,136	3,6	4,7	7
		-	III	35,1	140,4	4,6	26	-	-
2 Grad. Nivelad.	16	27,6	I	70,9	70,9	0	0	-	-
		29,1	II	37,2	74,5	0,016	0,8	3,8	6
		-	III	35,1	140,4	3,8	24	-	-

* Total precipitado

+ Intensidade de precipitação

continua ..

continuação

TIPO DE PREPARO	PARCELA	UMIDADE DO SOLO % 0-20 cm	PP Nº	QPP* mm	IPP+ mm/h	PERDAS		PERDAS TOTAIS	
						solo t/ha	água %	solo t/ha	água %
4 Grad.Nivelad.	17	26,9	I	68,9	68,9	0	0	-	-
		29,2	II	34,5	69	0,286	4,5	8	8
		-	III	32,6	130,4	7,73	28	-	-
4 Grad.Nivelad.	18	27,5	I	68,9	68,9	0	0	-	-
		29,3	II	34,5	69	0,118	2,3	3,8	6
		-	III	32,6	130,4	3,7	5	-	-
Sub-solagem + 2 gradeações	19	26,5	I	79,4	79,4	0,168	0,9	-	-
		28,5	II	36,7	73,4	3,1	15	13,7	14
		-	III	36,6	146,4	10,4	41	-	-
Sub-solagem	20	26,2	I	79,4	79,4	0,161	1,7	-	-
		28,7	II	36,7	73,4	0,627	8,6	5,34	10
		-	III	36,6	146,4	4,55	29	-	-

* Total precipitado

+ Intensidade de Precipitação



INSTITUTO DE BIOLOGIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS

RUA DOS FUNCIONÁRIOS, 1357, TELEF. 24-7911, CAIXA POSTAL 357, CÓDIGO POSTAL 80000 - CURITIBA - PARANÁ - BRASIL

ESTADO DO PARANÁ

-56-

CERTIFICADO OFICIAL Nº 1/48 - PROT. 3809

MATERIAL AMOSTRAS DE SODO

PROCEDÊNCIA PONTA - GROSSA PR

REMETENTE EMBRAPA

ENDEREÇO UEPAE DE PONTA GROSSA

A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO SOMENTE À AMOSTRA ENTREGUE NO INSTITUTO.

ANÁLISE MECÂNICA (% EM PESO)

AMOSTRA N.º	AREIA	LIMO	ARGILA
1	43,6	8,0	47,6
2	45,6	6,0	47,6
3	43,6	8,0	47,6
4	43,6	8,0	47,6
5	47,6	8,0	43,6
6	45,6	4,0	49,6
7	47,6	8,0	43,6
8	45,6	8,0	45,6
9	45,6	10,0	43,6
10	43,6	10,0	45,6
11	45,6	12,0	41,6
12	45,6	6,0	47,6
13	45,6	12,0	41,6
14	47,6	6,0	45,6
15	49,6	12,0	38,4
16	47,6	12,0	40,4
17	47,6	12,0	40,4
18	45,6	12,0	42,4

CURITIBA, 3, DE SETEMBRO DE 1976

Carlos B. Singer

CARLOS BANDEIRA SINGER

CRP 498 - 7A



INSTITUTO DE BIOLOGIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS

RUA DOS FUNCIONÁRIOS, 1357, TELEF. 24-7911, CAIXA POSTAL 357, CÓDIGO POSTAL 80000 - CURITIBA - PARANÁ - BRASIL

-57-

ESTADO DO PARANÁ

CERTIFICADO OFICIAL N° 19/36 PROT. 3809

MATERIAL AMOSTRAS DE SOLO

PROCEDÊNCIA PONTA GROSSA - PR

REMETENTE EMBRAPA

ENDEREÇO UEPAE DE PONTA GROSSA

A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO SOMENTE À AMOSTRA ENTREGUE NO INSTITUTO.

ANÁLISE MECÂNICA (% EM PESO)

AMOSTRA N.º	AREIA	LIMO	ARGILA
19	43,6	18,0	38,4
20	43,6	10,0	46,4

CURITIBA, 3 DE SETEMBRO DE 1976

Carlos B. Singer

CARLOS BANDEIRA SINGER

CA 1309 - 7A

Datilografado por :

IZILDA APARECIDA DIAS ANNES