AVALIAÇÃO FÍSICA DE DIFERENTES MANEJOS DE SOLO EM UM LATOSSOLO ROXO - DISTRÓFICO

JOSÉ LUIS ARZENO

Engenheiro-Agrônomo

Orientador: DR. SIDNEY ROSA VIEIRA

Tese apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz"
da Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia, Área de Concentração:
Solos e Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 1990

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Arzeno, José Luis

A797a Avaliação física de diferentes manejos de solo em
um latossolo roxo - distrófico. Piracicaba, 1990.
259p. ilustr.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Latossolo roxo distrófico - Manejo 2. Latossolo
roxo distrófico - Propriedade física - Avaliação 3. So
lo - Manejo - Eficácia I. Escola Superior de Agricultu
ra Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 631.4

AVALIAÇÃO FÍSICA DE DIFERENTES MANEJOS DE SOLO EM UM LATOSSOLO ROXO - DISTRÓFICO

JOSÉ LUIS ARZENO

Aprovada em: 25.05.1990

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Klaus Reichardt	ESALQ/USP
Prof. Dr. Zilmar Ziller Marcos	ESALQ/USP
Prof. Dr. Álvaro Pires da Silva	ESALQ/USP
Dr. Sidney Rosa Vieira	I. A. C.
Dr. Francisco Lombardi Neto	I. A. C.

DR. SIDNEY ROSA VIEIRA
Orientador

*La paz del hombre con la naturaleza esta
gravemente amenazada.*

*Llamo a todos los responsables de nuestro
planeta, para proteger y conservar la
naturaleza creada por Dios.*

*No permitamos que nuestro mundo, sea una
tierra cada vez mas degradada y degradante.*

S.S. JUAN PABLO II

Punta Arenas - Chile

4 mayo 1987

A Dios le agradezco por todo

*Dedico esta tesis a mi familia
a mi esposa Carmen
y a mis hijos Manuel, Maria y Maximo

que me acompañaron siempre, en el
esfuerzo, en las dificultades y
tambien en las alegrías.*

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Sidney Rosa Vieira pela orientação, ajuda e estímulo durante todo o transcurso do presente trabalho.
- Aos Professores da ESALQ pelos seus ensinamentos, dedicação e compreensão.
- Aos colegas companheiros do curso pela sua amabilidade, ajuda e estímulo.
- Ao Dr. Francisco Lombardi Neto por haver possibilitado o desenvolvimento do presente trabalho no I.A.C.
- Ao colega Orlando Melo de Castro pelas sugestões e permissão para o uso do presente experimento.
- Aos colegas Paulo Cesar Nascimento e Flávio Sarvasi pela sua colaboração nas medições de campo.
- A toda a equipe da Seção de Conservação do Solo do I.A.C. que além de sua colaboração e conselho fizeram com que meu trabalho fosse muito agradável.
- Ao Dr. G. Clarke Topp do Land Resource Research Centre do Agriculture Canada, Ottawa Canada pelo empréstimo do equipamento T.D.R.

- Aos colegas e amigos Mercedes Villagra, Alejandro Moron, Jose Denardin, Cristian Domanski por sua ajuda, conselho e estímulo.
- Aos responsáveis do Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária - INTA Argentina, que com seu apoio e confiança permitiram que pudesse concretizar o meu curso e este trabalho.
- Ao colega e amigo Eloy Barberis que com seu trabalho facilitou meu curso e este trabalho.
- Ao Projeto INTA-BID e CNPq pelo apoio financeiro.
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que o presente trabalho fosse realizado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vi.
LISTA DE TABELAS	xiii.
RESUMO	xxii.
SUMMARY	xxiv.
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1. Degradação do Solo Pelo Uso	6
2.2. Manejo Adequado do Solo	8
2.3. Determinações Físicas do Solo e Diferentes Ma- nejos	9
2.4. Determinações Físicas do Solo e Equipamentos Utilizados	23
3. METODOLOGIA	27
3.1. Área Experimental	27
3.1.1. Localização da área	27
3.1.2. Clima regional	27
3.1.3. Solo	30
3.1.4. Descrição do experimento de campo	31
3.2. Tratamentos Avaliados	32
3.3. Determinações	34
3.3.1. Determinações após colheita do milho e soja	35
3.3.1.1. Resistência da superfície do solo a penetração	35

Página

3.3.1.2. Densidade do solo - porosidade total - curva característica .	36
3.3.1.3. Infiltração com permeametro - condutividade saturada no campo - conteúdo de água inicial e final - sortividade	38
3.3.1.4. Cobertura vegetal do solo	39
3.3.2. Determinações durante o ciclo da aveia.	40
3.3.2.1. Resistência do solo a penetração até 60 cm de profundidade.	40
3.3.2.2. Água do solo	41
3.3.2.3. Infiltração com permeametro ..	42
3.3.2.4. Infiltração com chuva simulada	43
3.3.2.5. Cobertura vegetal do solo	48
3.3.2.6. Produtividade das culturas ...	48
4. RESULTADOS	50
4.1. Produtividade Com os Diferentes Manejos	50
4.2. Dureza da Superfície do Solo	54
4.3. Resistência à Penetração até 60 cm de Profundidades	99
4.4. Cobertura Vegetal do Solo	115
4.5. Densidade do Solo	118
4.6. Porosidade	120

	Página
4.6.1. Porosidade total	120
4.6.2. Macro e microporosidade	133
4.7. Água do Solo no Ciclo da Aveia	136
4.8. Infiltração com permeametro	143
4.9. Infiltração com Simulador de Chuva	147
4.10 Sedimento Produzidos Durante Simulação com Si- mulador de Chuva	166
4.11 Curvas Características do Conteúdo de Água ...	171
4.12 Capacidade de Água Disponível	185
4.13 Resumo dos Resultados	187
4.13.1 Resultados com diferenças significati- vas entre tratamentos	192
4.13.2 Resultados com diferenças significati- vas entre os 3 sistemas de preparo do solo	193
4.13.3 Resultados com diferenças significati- vas entre as culturas	195
5. DISCUSSÃO	196
5.1. Produtividade dos Diferentes Manejos	196
5.2. Dureza da Superfície do Solo	199
5.3. Resistência a Penetração até 60 cm de Profun- didades	202
5.4. Cobertura Vegetal do Solo	206
5.5. Densidade do Solo	207

	Página
5.6. Porosidade	207
5.6.1. Porosidade total	207
5.6.2. Macro e microporosidade	210
5.7. Umidade do Solo no Ciclo da Aveia	211
5.8. Infiltração com permeâmetro	213
5.9. Infiltração com Simulador de Chuva	214
5.10 Sedimento com Simulador de Chuva	217
5.11 Curvas Características	218
5.12 Capacidade de Água Disponível	222
5.13 Resumo dos Resultados	223
5.14 Eficácia na Avaliação de Manejos	227
5.15 Considerações Gerais	231
5.16 Conclusões Específicas	236
6. CONCLUSÕES	241
7. SUGESTÕES	243
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	244

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Balanço hídrico pelo método de THORNTHWAITE & MATHER (1955), da região de Campinas. 1956-1987.	29
2	Modelo teórico de semivariograma.	58
3	Semivariograma para dureza da superfície da S.P.D. bloco 1.	59
4	Representação tridimensional da dureza da superfície S.P.D. bloco 1.	60
5	Semivariograma para dureza da superfície da S.P.D. bloco 2.	61
6	Representação tridimensional da dureza da superfície S.P.D. bloco 2.	62
7	Semivariograma para dureza da superfície da S.P.D. bloco 3.	63
8	Representação tridimensional da dureza da superfície S.P.D. bloco 3.	64
9	Semivariograma para dureza da superfície do M.P.D. bloco 1.	65
10	Representação tridimensional da dureza da superfície M.P.D. bloco 1.	66
11	Semivariograma para dureza da superfície do M.P.D. bloco 2.	67

Figura		Página
12	Representação tridimensional da dureza da superfície M.P.D. bloco 2.	68
13	Semivariograma para dureza da superfície do M.P.D. bloco 3.	69
14	Representação tridimensional da dureza da superfície M.P.D. bloco 3.	70
15	Semivariograma para dureza da superfície do S.E. bloco 1.	71
16	Representação tridimensional da dureza da superfície S.E. bloco 1.	72
17	Semivariograma para dureza da superfície do S.E. bloco 2.	73
18	Representação tridimensional da dureza da superfície S.E. bloco 2.	74
19	Semivariograma para dureza da superfície do S.E. bloco 3.	75
20	Representação tridimensional da dureza da superfície S.E. bloco 3.	76
21	Semivariograma para dureza da superfície do M.E. bloco 1.	77
22	Representação tridimensional da dureza da superfície M.E. bloco 1.	78

Figura		Página
23	Semivariograma para dureza da superfície do M.E. bloco 2.	79
24	Representação tridimensional da dureza da superfície M.E. bloco 2.	80
25	Semivariograma para dureza da superfície do M.E. bloco 3.	81
26	Representação tridimensional da dureza da superfície M.E. bloco 3.	82
27	Semivariograma para dureza da superfície do S.C. bloco 1.	83
28	Representação tridimensional da dureza da superfície S.C. bloco 1.	84
29	Semivariograma para dureza da superfície do S.C. bloco 2.	85
30	Representação tridimensional da dureza da superfície S.C. bloco 2.	86
31	Semivariograma para dureza da superfície do S.C. bloco 3.	87
32	Representação tridimensional da dureza da superfície S.C. bloco 3.	88
33	Semivariograma para dureza da superfície do M.C. bloco 1.	89

Figura		Página
34	Representação tridimensional da dureza da superfície M.C. bloco 1.	90
35	Semivariograma para dureza da superfície do M.C. bloco 2.	91
36	Representação tridimensional da dureza da superfície M.C. bloco 2.	92
37	Semivariograma para dureza da superfície do M.C. bloco 3.	93
38	Representação tridimensional da dureza da superfície M.C. bloco 3.	94
39	Curva de resistência a penetração incluindo a curva média e os desvios padrão do tratamento M.P.D..	100
40	Curva de resistência a penetração incluindo a curva média e os desvios padrão do tratamento S.P.D..	101
41	Curva de resistência a penetração incluindo a curva média e os desvios padrão do tratamento M.E..	102
42	Curva de resistência a penetração incluindo a curva média e os desvios padrão do tratamento S.E..	103

Figura		Página
43	Curva de resistência a penetração incluindo a curva média e os desvios padrão do tratamento M.C..	104
44	Curva de resistência a penetração incluindo a curva média e os desvios padrão do tratamento S.C..	105
45	Curva média de resistência a penetração dos 6 tratamentos avaliados.	108
46	Curva média de resistência a penetração dos 3 sistemas de preparo na cultura do milho.	111
47	Curva média de resistência a penetração comparando os 3 sistemas de preparo na cultura da soja.	112
48	Comparação de 2 metodologias de Porosidade Total - Picnometro e Calculada.	126
49	Curva de umidade no ciclo da aveia Figura 1..	141
50	Curva de umidade no ciclo da aveia Figura 2..	142
51	Curvas de infiltração acumulada da 1 ^a e 2 ^a chuva, sendo média de 3 repetições, do tratamento S.P.D..	153
52	Curvas de infiltração acumulada da 1 ^a e 2 ^a chuva, sendo média de 3 repetições, do tratamento M.P.D..	154

Figura	Página
53	Curvas de infiltração da 1 ^a e 2 ^a chuva, sendo média de 3 repetições, do tratamento S.E.. .. 155
54	Curvas de infiltração da 1 ^a e 2 ^a chuva, sendo média de 3 repetições, do tratamento M.E.. .. 156
55	Curvas de infiltração da 1 ^a e 2 ^a chuva, sendo média de 3 repetições, do tratamento S.C.. .. 157
56	Curvas de infiltração da 1 ^a e 2 ^a chuva, sendo média de 3 repetições, do tratamento M.C.. .. 158
57	Curvas de infiltração da 1 ^a e 2 ^a chuva do tratamento M.E. 1 ^a repetição. 161
58	Sedimento. 170
59	Curva característica da profundidade 0-20 cm do tratamento S.P.D.. 177
60	Curva característica da profundidade 0-20 cm do tratamento M.P.D.. 178
61	Curva característica da profundidade 0-20 cm do tratamento S.E.. 179
62	Curva característica da profundidade 0-20 cm do tratamento M.E.. 180

Figura		Página
63	Curva característica da profundidade 0-20 cm do tratamento S.C..	181
64	Curva característica da profundidade 0-20 cm do tratamento M.C..	182

LISTA DE TABELAS

Tabela.		Página
1	Médias mensais de temperatura, precipitação pluvial, deficiência hídrica e excedente hídrico, para a região de Campinas-SP 1956-1987	28
2	Dados do perfil n ^o 117, correspondente ao local onde está localizada a área experimental.	31
3	Produtividade da soja e milho expressa em kg/ha dos 3 sistemas de preparo.	51
4	Produtividade da palha de aveia preta expressa em kg de palha seca/ha nos 6 tratamentos comparados.	52
5	Comparação estatística das produtividades da ^u palha de aveia preta expressa em kg de palha seca/ha, entre as 2 culturas estudadas.	54
6	Estatística descritiva para a soja. Dureza da superfície do solo, expressa em kg/cm ² , incluindo 216 amostras.	55
7	Estatística descritiva para o milho. Dureza da superfície do solo, expressa em kg/cm ² , incluindo 216 amostras.	55
8	Dados extraídos da observação dos semivariogramas comparando os 3 sistemas de preparo no milho.	95

Tabela		Página
9	Dados extraídos da observação dos semivariogramas comparando os 3 sistemas de preparo na soja.	96
10	Umidade gravimétrica expressa em porcentagem nas profundidades 0-20 e 20-40 cm.	106
11	Coeficiente "b" da regressão linear medido na metade superior das curvas de resistência a penetração e coeficiente de correlação R. ...	107
12	Medições efetuadas sobre das curvas de resistência a penetração e comparação estatística dos dados originais.	113
13	Porcentagem da cobertura vegetal, após a colheita de verão.	116
14	Porcentagem da cobertura vegetal, após a colheita de verão.	116
15	Porcentagem da cobertura do solo, após a colheita da aveia.	117
16	Comparação estatística das porcentagens da cobertura do solo, após o preparo do solo, na cultura do milho.	117
17	Comparação estatística das porcentagens da cobertura do solo, após o plantio da soja. ..	118

Tabela		Página
18	Densidade do solo, expressa em gr/cm^3 das 4 profundidades avaliadas.	119
19	Densidade do solo, expressa em gr/cm^3 de todo o perfil (0-50 cm).	119
20	Comparação de 3 metodologias estimando porosidade total (P.T.) na profundidade 0-10 cm..	121
21	Comparação de 3 metodologias estimando porosidade total (P.T.) na profundidade 10-20 cm.	122
22	Comparação de 3 metodologias estimando porosidade total (P.T.) na profundidade 20-30 cm.	122
23	Comparação de 3 metodologias estimando porosidade total (P.T.) na profundidade 30-50 cm.	123
24	Comparação de 3 metodologias estimando porosidade total (P.T.) em todo perfil avaliado 0-50 cm.	124
25	Comparação estatística de 3 metodologias de estimativa da porosidade total (P.T.) em todo perfil avaliado 0-50 cm.	124
26	Retenção de água na tensão de 0,5 KPa em 4 profundidades 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30-50 cm.	128
27	Retenção de água na tensão de 0,5 KPa em todo perfil 0-50 cm.	129

Tabela		Página
28	Comparação das diferenças significativas detectadas nas diferentes profundidades avaliadas e com as diferentes metodologias utilizadas como estimativa da porosidade total (P.T.).	130
29	Comparação estatística das 4 metodologias utilizadas como estimativa da porosidade total (P.T.) em todo perfil avaliado 0-50 cm.	132
30	Macroporosidade e microporosidade nas 4 profundidades avaliadas 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-50 cm e comparação estatística entre tratamentos.	134
31	Macroporosidade e microporosidade em todo perfil avaliado 0-50 cm.	135
32	Umidade do solo expressa em % de volume avaliada em 7 diferentes datas do ciclo da aveia preta, e comparação de médias pelo teste Tukey.	137
33	Comparação da umidade do solo expressa em % de volume, comparando todo o ciclo avaliado da aveia preta.	138
34	Comparação estatística dos 3 sistemas de preparo da umidade do solo expressa em % volume considerando todo o ciclo da aveia preta. ...	139

Tabela	Página
35	Comparação estatística da infiltração com permeametro com 6 cm de carga hidráulica, expressa em mm/hora, avaliado a 15 cm de profundidade. 143
36	Comparação estatística da infiltração com permeametro com 6 cm de carga hidráulica, expressa em mm/hora, avaliado a 50 cm de profundidade. 144
37	Comparação estatística da infiltração com permeametro com 6 cm de carga hidráulica, expressa em mm/hora, e considerando as 2 profundidades avaliadas em forma conjunta 15 cm e 50 cm. 145
38	Comparação estatística da condutividade hidráulica saturada de campo (Kfs), expressa em m/dia e avaliada com permeametro na profundidade de 15 cm. 145
39	Comparação estatística da condutividade hidráulica saturada de campo (Kfs), expressa em m/dia e avaliada com permeametro na profundidade de 50 cm. 146
40	Comparação estatística da condutividade hidráulica saturada de campo (Kfs), expressa em m/dia e avaliada com permeametro considerando as 2 profundidades em conjunto 15 cm e 50 cm. 147

Tabela		Página
41	Dados das aplicações de chuva simuladora, apresentada cobertura do solo expressa em porcentagem, número de chuva, umidade inicial e final expressa em % de volume e intensidade das chuvas aplicadas e infiltração expressa em mm/hora.	148
42	Infiltração da 1 ^a e 2 ^a chuva, ajustadas pela equação de KOSTIAKOV (1932) ($I = a t^b$) e parâmetros da equação "a" e "b", e coeficiente de determinação R^2	150
43	Comparação estatística da infiltração das 1 ^{as} e 2 ^{as} chuvas juntas expressas em mm/2 horas..	151
44	Comparação estatística da infiltração da 2 ^a chuva expressa em mm/hora.	152
45	Comparação estatística da diferença em porcentagem entre a 1 ^a e 2 ^a chuva aplicada.	160
46	Comparação estatística das 2 culturas soja e milho, na infiltração da 2 ^a chuva aplicada expressa em mm/h.	163
47	Umidades inicial, umidade final e diferença de umidade expressas em % de volume, das 1 ^{as} e 2 ^{as} chuvas aplicadas na soja e milho.	164

Tabela		Página
48	Infiltração das duas chuvas em conjunto expresso em mm/2hs nos 3 sistemas.	166
49	Comparação estatística do sedimento de cada tratamento expresso em kg/ha, originado pela 1 ^a chuva aplicada.	167
50	Comparação estatística do sedimento de cada tratamento expresso em kg/ha, originado pela 2 ^a chuva aplicada.	168
51	Comparação estatística do sedimento expresso em kg/ha, originado pela 1 ^a e 2 ^a chuva em conjunto.	168
52	Comparação estatística dos 3 sistemas de preparo, do sedimento expresso em kg/ha originado pela 1 ^a e 2 ^a chuva em conjunto, apresentase também a porcentagem de cobertura do solo.	169
53	Comparação estatística das culturas soja e milho, do sedimento expresso em kg/ha originado pelas duas chuvas em conjunto.	171
54	Parâmetros e determinações das curvas características a 0-10 cm.	172
55	Parâmetros e determinações das curvas características na profundidade 10-20 cm.	173
56	Parâmetros e determinações das curvas características na profundidade 20-30 cm.	174

Tabela	Página
57	Parâmetros e determinações das curvas características na profundidade 30-50 cm. 175
58	Umidade residual (θ_R), porosidade disponível ($\theta_S - \theta_R$) do perfil completo avaliado 0-50 cm.. 176
59	Água retida com tensão de 1000 KPa expressa em porcentagem de volume. 184
60	Parâmetros correspondentes as curvas características apresentadas 0-20 cm de profundidade. 184
61	Comparação da estimativa da capacidade de água disponível para as culturas expressas em porcentagem de volume nas 4 profundidades avaliadas 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30-50 cm. 185
62	Comparação da estatística da estimativa da capacidade da água disponível para as culturas expressas em porcentagem de volume em todo o perfil avaliado 0-50 cm. 186
63	Resumo dos resultados com diferença significativa entre tratamentos. 190
64	Resumo dos resultados comparando os 3 sistemas de preparo. 193
65	Resumo de resultados comparando as 2 culturas. 194

Tabela		Página
66	Relação entre a porcentagem do solo coberto com cobertura vegetal e porcentagem do solo perdido por erosão em 3 sistemas de preparo..	204
67	Seis estimativas da porosidade total (P.T.) expressas em % de volume.	209
68	Umidade média (% Vol.) do ciclo da aveia preta e tensão (KPa) correspondentes lida na curva característica de cada tratamento.	220
69	Classificação final dos tratamentos.	226
70	Classificação final dos sistemas de preparo..	226
71	Classificação final das culturas.	227

AVALIAÇÃO FÍSICA DE DIFERENTES MANEJOS DE SOLO
EM UM LATOSSOLO ROXO - DISTRÓFICO

Autor: JOSÉ LUIS ARZENO

Orientador: DR. SIDNEY ROSA VIEIRA

RESUMO

Foram avaliados três sistemas de preparo do solo: convencional, escarificação e plantio Direto, para duas culturas de verão, soja e milho, constituindo, um total de 6 tratamentos, quais sejam: S.P.D. - Soja Plantio Direto; S.E. - Soja Escarificador; S.C. - Soja Convencional; M.P.D. - Milho Plantio Direto; M.E. - Milho Escarificador; M.C. - Milho Convencional.

Durante o inverno todos os tratamentos foram cultivados com aveia preta. Este experimento vêm sendo conduzidos há 5 anos num solo Latossolo Roxo - Distrófico, que ocorre em área do Centro Experimental de Campinas do Instituto Agrônomo.

Fizeram-se diferentes avaliações, em especial de atributos físicos do solo, com o objetivo de detectar as vantagens e inconvenientes dos diferentes manejos do solo. A eficácia na avaliação do manejo através das diferentes de-

terminações também foi determinada através de: produtividade das culturas, dureza da superfície do solo, resistência a penetração, densidade do solo, porosidade, teor de água, cobertura vegetal, infiltração com permeâmetro e com simulador de chuva, sedimento produzido pela chuva simulada e curvas características de água no solo.

Compararam-se os 6 tratamentos em conjunto, e também os 3 sistemas de preparo e as 2 culturas de verão em separado.

Discutiram-se os resultados das determinações em forma isolada e também com comparações entre elas. Junta-ram-se os resultados que apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Com base nestes resultados concluiu-se que: O melhor sistema de preparo do solo, foi consistentemente o plantio direto seguido do escarificador e do convencional; A cultura de verão que mais favoreceu o manejo do solo foi a soja; A ordem de classificação final dos 6 tratamentos comparados foi: 1º S.P.D., 2º M.P.D., 3º S.E., 4º M.E., 5º S.C. e 6º M.C. e a determinação individual que resultou mais eficaz na avaliação do manejo do solo foi a cobertura do solo, e em segundo lugar o teor de água.

PHYSICAL EVALUATION OF DIFFERENT SOIL MANAGEMENT
PRACTICES IN A LATOSSOLO ROXO

Author: JOSÉ LUIS ARZENO

Adviser: DR. SIDNEY ROSA VIEIRA

SUMMARY

The effect of three soil tillage systems, namely, conventional, chisel plowing and no-tillage, were evaluated soybean and corn crops. The total number of treatments was 6: S.P.D. - Soybean no-tillage; S.E. - Soybean Chisel Plowing; S.C. - Soybean Conventional; M.P.D. - Corn no-tillage; M.E. - Corn Chisel Plowing; M.C. - Corn Conventional.

During the winter, all the field was planted with black oats. This experiment is in progress for 5 years on a Roxo Latosol located at the Campinas Experimental Center of the Instituto Agronômico.

Many evaluations were made, specially of soil physical attributes, with the purpose of detecting the advantages and disadvantages of different soil management conditions. The efficiency of soil management treatments evaluated through different measurements was made using:

crop productivity, soil surface penetration resistance, penetration resistance of the soil profile, soil bulk density, soil porosity, soil moisture, soil cover, water infiltration measured with the permeameter, surface infiltration rate measured with the rainfall simulator, soil sediments, and soil desorption curves.

The six treatments were compared as i) a whole set, as well as ii) soil tillage practices and iii) crop effects, separately.

The results were discussed with each set of isolated measurements and also with a comparison among them. Examining the results which showed statistically significant differences, it can be concluded that: The best soil tillage system is, consistently, the no-tillage, followed by the chisel plowing and the conventional tillage; The crop which best favored the soil management practices was soybean; The classification of the treatments from the best to the worse is: no-tillage soybean, no-tillage corn, chisel plowing soybean, chisel plowing corn, conventional soybean, and conventional corn; and the determination of individual characteristics which were the most efficient evaluating soil management practices was the soil cover, followed by soil moisture.

1. INTRODUÇÃO

Quando um solo começa a ser cultivado produzem-se alterações em seus atributos biológicos, físicos e químicos em comparação com seu estado anterior.

A intensidade e a velocidade das modificações dependem de vários fatores, tais como: do clima local, dos atributos do solo incluindo seu relevo, além do manejo utilizado e do tempo sob esse manejo. Em termos gerais essas modificações infelizmente são negativas, provocando uma degradação da fertilidade do solo. O uso do solo exige, na maioria dos casos tirar a sua cobertura natural. Isto é imprescindível quando se trata de terras com mata e a produção planejada é agrícola.

Com referência ao manejo do solo e os cultivos, o uso de técnicas de cobertura morta ou cobertura viva, tem sido demonstradas por muitos autores, a melhor tecnologia de manejo para conservação do solo contra os efeitos da erosão hídrica.

LATTANZI *et alii*, 1974; ELWELL & STOCKING, 1976; TRIPLETT & VAN DOREN, 1977; WISCHEMEIER & SMITH, 1978; GILLEY *et alii*, 1986; LOMBARDI NETTO *et alii*, 1988 e ROTH *et alii*, 1988, concluíram que, quanto maior a porcentagem de

cobertura do solo, e quanto maior o tempo de permanência desta cobertura, melhor será o efeito de proteção do solo.

Estes conceitos são especialmente válidos e importantes para as regiões subtropicais e tropicais devido particularmente à agressividade dos fatores climáticos, (LAL, 1984).

Em algumas regiões do Brasil apresentam-se condições edafoclimáticas que permitem obter uma cobertura suficiente, que além de proteger o solo da energia cinética das chuvas, geram condições favoráveis de umidade, temperatura e fonte energética que favorece a atividade biológica e o crescimento das plantas. Isso influencia favoravelmente a evolução dos atributos físicos e químicos do solo, refletindo-se em uma produtividade igual ou superior as de tecnologia convencionais, VIEIRA (1985). Exemplos desta situação são as regiões Centro-Sul do Paraná e do Rio Grande do Sul. Como consequência as tecnologias com uso de cobertura do solo têm atingido superfícies importantes quanto ao cultivo soja e milho.

Ao contrário, em outras regiões, devido a condições edafoclimáticas que não as favoreçam (invernos com pouca precipitação), ou a qualidade da tecnologia ali desenvolvida, por enquanto, embora favoreçam sensivelmente aos aspectos da conservação dos solos (ELWELL & STOCKING, 1976 e ELTZ *et alii*, 1984) não atingem a uma quantidade de cobertura suficiente para incrementar a atividade biológica e influenciar nos atributos físicos e químicos, os quais se

refletem em produtividades menores que as obtidas pela tecnologia convencional. Em consequência as tecnologias com uso da cobertura encontram-se quase sem nenhum desenvolvimento nestas regiões. Exemplo desta situação são: A região Centro-Oeste do Brasil e a região Noroeste da Argentina.

Diante desta condição das regiões onde se obtém-se pouca cobertura, sugerem-se dois caminhos possíveis a percorrer para melhorar o manejo do solo e das culturas.

- 1º) Pesquisas com vistas a obter quantidades suficientes de cobertura nessas regiões, envolvendo espécies - sistemas e datas de semeadura e manejos da cobertura.
- 2º) Determinar os aspectos mais limitantes do manejo com uma cobertura fraca e procurar solucionar com outras técnicas essas limitações, sem perder a cobertura.

O presente trabalho baseado na problemática descrita acima, pretende pesquisar o segundo caminho mencionado, partindo da hipótese que o aspecto mais limitante em presença de pouca cobertura do solo é a infiltração da água e portanto, é necessário melhorar esta propriedade.

Para o desenvolvimento do presente trabalho parte-se da avaliação da evolução dos diferentes atributos do solo sob diferentes manejos: convencional - escarificação e plantio direto em um Latossolo Roxo distrófico, semeados durante cinco anos com soja e milho no verão e aveia preta

no inverno. Procurando-se comparar os diferentes tratamentos quanto a sua influência nos atributos físicos do solo. Tratando-se de diferenciar os atributos que apresentem condições limitantes em suas condições de estrutura em cada tratamento e os atributos com vantagens comparativas de cada tratamento.

Uma outra hipótese proposta para avaliar esta pesquisa é que a infiltração é o fenômeno do solo de maior eficácia como indicador de manejo do solo, baseando-se no fato que ela reflete um conjunto de condições de estrutura.

Partindo do conceito anteriormente apresentado referente as vantagens da cobertura vegetal para o manejo do solo em regiões subtropicais, salienta-se que os tratamentos que serão avaliados têm situações contrastantes de cobertura do solo. Por efeito do preparo a cobertura do solo é máxima no plantio direto e mínima no convencional, ocupando o preparo com escarificador uma situação intermediária. Partindo-se da hipótese apresentada de que a infiltração pode ser o fator limitante em presença de pouca cobertura e sem preparo do solo, salienta-se que os tratamentos tem situações contrastantes na intensidade e na profundidade de preparo que influencia no perfil, do solo cujas diferenças poderão ser avaliadas.

Este estudo pretende comparar diferentes sistemas de manejo do solo avaliando seus diferentes atributos com objetivo de separar os aspectos que contribuam para melhorar ou piorar as condições de estrutura do solo. Preten-

de, também, discutir as diferentes determinações avaliadas e sua eficácia como indicadores de manejo do solo. Por último, com base nos objetivos anteriores pretende-se visar a um sistema de manejo que reúna a maior quantidade de aspectos positivos e a menor possível de negativos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Degradação do Solo Pelo Uso

Segundo LAL (1984) "para solos e topografia similares a magnitude da erosão é maior nos trópicos, e a primeira razão é que o horizonte rico em matéria orgânica^(A) declina rapidamente devido a altas taxas de mineralização".

Segundo KIEHL (1979): apesar do volume da parte sólida do solo ser constante, o manejo da terra pode aumentar ou diminuir a porosidade, pela formação de agregados ou pela compactação.

Segundo COSTA (1985): a densidade do solo é uma medida muito útil a ser tomada quando se pensa em manejo do solo. De modo geral ela aumenta com o tempo de cultivo do solo, principalmente em solos muito mecanizados.

PRIMAVESI (1982): acompanhando diversos fatores físicos de um solo de mata cultivado por longos anos, verifica-se que a modificação mais visível é o aumento da densidade do solo, além do encrostamento superficial que já influi seriamente na infiltração de água das chuvas, que escorrerão provocando as erosões laminares e em sulco e as

enxurradas. Cita o mencionado autor a Machado¹, comparando a evolução de dois atributos físicos devido ao manejo, citado por PRIMAVESI (1982), mostra que a densidade do solo em floresta é de $1,07 \text{ g/cm}^3$ e após 8 anos de cultivo aumenta para a $1,40 \text{ g/cm}^3$ e aos 14 anos de cultivo atinge $1,55 \text{ g/cm}^3$. Comparando a média de infiltração de 9 horas de chuva em solo de floresta é de $148,1 \text{ mm/hora}$ e após 8 anos de cultivo desce a $17,4 \text{ mm/h}$ e aos 14 anos de cultivos diminui a $6,6 \text{ mm/hora}$.

Segundo Cintra² citado por SOUZA (1985), num Latossolo Roxo, observou que a taxa constante de infiltração após duas horas no solo sob mata foi 314 mm/hora , ou seja cinco vezes maior que a maior taxa de infiltração obtida no solo sob preparo convencional 63 mm/hora . A grande diferença foi atribuída a degradação física do preparo convencional onde a macroporosidade foi de $10,2\%$ bastante diferente daquela encontrada no solo sob mata $25,5\%$ refletindo-se isto no aumento da densidade que foi de $0,86 \text{ gr/cm}^3$ em mata a $1,17 \text{ gr/cm}^3$ em convencional e além aumento na microporosidade sendo $42,3\%$ em mata e $46,1 \%$ em convencional.

¹ MACHADO, J. A. Efeito da mistura convencional de cultivo na capacidade de infiltração da água no solo. Santa Maria, UFSM-CCR. 1976. 135 p. (Tese de Mestrado, não publicada).

² CINTRA, F. L. D. Caracterização do impedimento mecânico em Latossolo do Rio Grande do Sul. 89 p. Tese (Mestrado em Agron. Solos). Faculdade de Agronomia, UFRGS. Porto Alegre. 1980.

Segundo Silva citado por DENARDIN (1984), avaliando a velocidade de infiltração em Latossolo Roxo submetido a diferentes usos encontrou: Floresta natural 136 mm/hora, cultivado com tração animal (7 anos) 31,3 mm/hora, plantio direto (4 anos) 7,5 mm/hora, cultivado mecanicamente (20 anos) 0,2 mm/hora.

Segundo ROSA (1981), o campo nativo apresentou uma taxa final de infiltração de água na superfície do solo 7,7 vezes maior do que o solo cultivado.

2.2. Manejo Adequado do Solo

Segundo DENARDIN (1984): "Para as condições de solo, clima e espécies cultivadas anualmente sob motocanização nas regiões Sul, Centro-Sul e Centro-Oeste do Brasil, o manejo adequado do solo deve englobar um conjunto de práticas agrícolas que proporcionem as seguintes condições:

- retenha ao máximo a água das chuvas onde encontra o solo;
- incremente a velocidade de infiltração de água no solo;
- reduza a velocidade de escoamento de água não infiltrada no solo;

³ SILVA, I.F. da> Efeito de manejo e tempo de cultivo sobre as propriedades físicas de um Latossolo. Dissertação de Mestrado. 70p. (Agronomia, Solos). Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre. 1980.

- aumente a capacidade de armazenamento de água no solo;
- proporcione boas condições físico-químicas no solo para o desenvolvimento das culturas".

Segundo DERPSCH (1984): "contraditoriamente, grande parte das necessidades de preparo do solo são auto induzidas, ou seja, para corrigir problemas criados pelo próprio preparo do solo e pelas máquinas. A compactação do solo, uma das razões importantes porque o preparo do solo é efetuado, normalmente não ocorre na natureza".

Segundo SUWARDJO & SOFIJAH (1985): a degradação dos solos da Indonésia é causada principalmente pela erosão e a perda de matéria orgânica do solo. Uma cobertura vegetal aplicada em razão de 10 t/ha/ano reduz a erosão em declividade de mais de 15%. A cobertura além de ajudar a manter os teores de matéria orgânica, melhora as propriedades físicas e mantém a produtividade do solo.

2.3. Determinações Avaliadas e Diferentes Manejos

Algumas avaliações físicas de solo para diferentes manejos tem-se mostrado muito consistentes em sua tendência na diferenciação dos manejos. Assim na revisão de literatura temos determinações que consistentemente marcam uma tendência, diferenciando os sistemas de preparo do solo comparados sempre com a mesma tendência, independentemente de que sejam diferentes regiões, diferentes climas, diferen-

tes solos, mesmo em diferentes continentes. Outras determinações pelo contrário não marcam uma tendência na comparação de sistemas de preparo, sendo que alguns autores apresentam uma tendência e outros autores tem encontrado uma tendência diferente.

Uma outra dificuldade encontrada na revisão de literatura é a própria variação dos manejos do solo o que dificulta a sua comparação. Nesta revisão procuraram-se especialmente comparar sistemas de preparo contrastantes, plantio direto e convencional, para detectar a tendência das determinações avaliadas.

Possivelmente a determinação mais consistente encontrada na literatura em comparações de manejos do solo, é a relação entre cobertura vegetal do solo e as perdas de solo, sendo que todos os trabalhos consultados mostram uma diminuição nas perda de solo com o aumento da cobertura do solo.

Assim após dos trabalhos pioneiros de BORST & WOODBURN (1942), numerosos pesquisadores tem avaliado as vantagens da cobertura do solo na diminuição da perda de solo por erosão. LATTANZI *et alii*, 1974; ELWELL & STOCKING, 1976; TRIPLETT & VAN DOREN, 1977; WISCHEMEIER & SMITH, 1978; GILLEY *et alii*, 1986; LOMBARDI NETO *et alii*, 1988 e ROLH *et alii*, 1988 mostram que quanto maior é a quantidade de cobertura vegetal do solo menor é a perda de solo.

Possivelmente o melhor resumo desta tendência, sejam os gráficos apresentados por WISCHEMEIER & SMITH

(1978), incluindo diferentes porcentagens de cobertura morta do solo, em relação a porcentagem de perda do solo por erosão hídrica. Pelo mesmo fato da consistência da tendência apresentada, considerando que avalia um processo de princípios físicos e considerando que incluiu a totalidade das possibilidades esse resumo pode-se considerar como padrão geral da tendência comentada.

Para uma mesma porcentagem de área coberta de solo, a cobertura morta é mais eficiente no controle da erosão que a cobertura viva WISCHMEIER (1975).

Uma outra determinação que apresenta muita consistência na revisão de literatura é quantidade de água no solo quando comparado o plantio direto em relação a outros sistemas de preparo de solo e em especial ao sistema convencional. Destacando-se que as vantagens do plantio direto estão ligadas a quantidade de cobertura do solo, embora exista diferenças nas metodologias utilizadas na avaliação da água do solo sendo que alguns trabalhos determinam capacidade de água disponível outros água disponível atual, e outros umidade do solo expressa em porcentagem de volume.

Alguns dos trabalhos, marcando uma tendência favorável ao plantio direto em comparação com outros sistemas são apresentados pelos pesquisadores HARROLD *et alii*, 1976; TRIPLETT *et alii*, 1968; TRIPLETT & VAN DOREN, 1969; JONES *et alii*, 1969; BLEVINS *et alii*, 1971; LAL, 1975-1976; AGBOOLA, 1981; SIDIRAS *et alii*, 1982-1983-1984; VIEIRA,

1985; DERPSCH *et alii*, 1986; CASTRO *et alii*, 1987; CENTURION, 1988 e VIEIRA *et alii*, 1989.

Uma outra determinação que apresenta vantagens consistentes nas regiões subtropicais e tropicais, favorecendo os sistemas de manejo que incluem cobertura do solo é a temperatura do solo, porém neste trabalho não considerou-se essa determinação por causa de que as avaliações foram feitas no período do ano em que a temperatura não é excessiva.

Assim a tendência geral no período em que as temperaturas altas são críticas é que, quando maior a cobertura do solo menor a temperatura (SIDIRAS *et alii*, 1984). Como consequência de uma temperatura mais estável e de uma maior umidade do solo na presença de cobertura, além pelo fato de ser a própria cobertura é uma energética, alguns pesquisadores tem determinado que a atividade biológica aumenta sensivelmente com o aumento da cobertura do solo e por sua vez este aumento da atividade biológica, minhocas em especial, influenciam alguns atributos do solo. McCALLA & ARMY, 1961; KEMPER & DERPSCH, 1981; VLEESCHAUVER *et alii*, 1981; PRIMAVESI, 1982; VIDOR, 1984; ALMEIDA, 1985; CANNELL, 1985; VIEIRA, 1985 e CHAUDHRY *et alii*, 1987.

Como conclusão do apresentado das determinações que tem tendência consistente e favorável ao uso de sistemas de manejo que incluem a cobertura do solo, apresentam-se algumas expressões texturais de autores que resumem o dito.

SANCHEZ (1981): A cobertura do solo conserva a matéria orgânica ao diminuir a temperatura do solo. Uso de coberturas protetoras é aplicável a uma área mais extensa que os adubos orgânicos.

Segundo MIELNICZUCK, (1987): "Os métodos de manejo do solo desenvolvidos para as regiões temperadas, quando aplicados nas regiões tropicais e subtropicais expõem a superfície do solo a ação dos agentes climáticos que atuam nestas regiões com grande intensidade. Bem como, o rompimento do equilíbrio pelo uso agrícola, determina taxas de decomposição mais alta do que as de adição dos resíduos orgânicos, provocando redução no teor de matéria orgânica do solo. Inicia-se assim um processo de degradação física, química e biológica, com redução da produtividade, aceleração da erosão, que por sua vez acelera o processo de degradação. Os sistemas de manejo dos solos destas regiões, devem manter sempre a superfície do solo protegida com plantas ou seus resíduos e as culturas manter taxa de adição de resíduos e N pela fixação biológica".

Segundo DERPSCHE (1984): "manter o solo coberto com plantas ou com resíduos destas mesmas plantas durante o maior tempo possível é portanto da maior importância para minimizar o risco de perda do solo por enxurrada".

Com referência a quantidade de cobertura expressa em t/ha ou em porcentagem de solo coberto. Segundo LAL (1977) nas condições de Ibadan, Nigéria com declividades de 1 a 15% as perdas de solo em enxurrada são negligíveis

com cobertura de 4-6 t/ha.

Segundo MARELLI *et alii* (1983) nas condições de Córdoba, Argentina em solo Argiudol típico a cobertura de resíduos de 4 t/ha de palha de trigo foram muito efetivas para evitar o crostamento da superfície do solo e manter um alto nível inicial de infiltração. Com chuvas intensas e prolongadas na medida que o perfil se satura o efeito da cobertura vai decrescendo até desaparecer com o tempo. Porém, continua seu efeito sobre a velocidade do escoamento e as perdas do solo.

Segundo ROTH *et alii*, 1988 nas condições do Paraná, em solo Oxisol o principal fator que influenciou a infiltração foi a formação de crosta superficial, dependendo do grau de cobertura e independente do sistema de trabalho. Para os 3 manejos usados, com boa cobertura do solo, infiltrou a totalidade dos 66 mm/hora de chuva aplicada com micro-simulador, porém cerca de 20% infiltrou nos solos trabalhados e com sua superfície completamente encrostada. Uma quantidade de resíduos de 4-6 t/ha é proposta como a quantidade mínima de cobertura necessária para reduzir a erosão e a enxurrada significativamente.

Segundo LOMBARDI NETO *et alii* (1988) em experimento realizado no Centro Experimental de Campinas em Latossolo Roxo distrófico A moderado, textura argilosa, com 13% de declividade utilizando talhões coletores de 4m x 25m de comprimento, sob chuva natural durante 19 meses (setembro 85 a maio 87) e aplicação de resíduos de milho, mostrou que

para controlar cerca de 50% das perdas foi necessária uma quantidade de resíduos de 2000 kg/ha ou 46% de cobertura do solo.

Contrastando com o apresentado á outras determinações que não tem uma tendência definida quando comparam-se diferentes sistemas de manejo, encontrando-se na literatura tendências opostas, sugerindo que outras variáveis como tipo de solo, clima da região ou outros, superam o efeito do manejo. Também pode-se supor que existam diferenças importantes em duas condições que são consideradas iguais ao comparar manejos. Assim por exemplo, muitos trabalhos comparando manejos, incluindo o plantio direto, não apresentam as quantidades de cobertura do solo utilizada, podendo acontecer que tenham diferenças importantes de cobertura, o que influencia os resultados e avaliações.

Algumas determinações que apresentam tendências diferentes na revisão de literatura são: densidade do solo, porosidade e resistência a penetração.

Resultados de uma maior compactação do solo em sistema de plantio direto, avaliados em resistência a penetração foram detectados por DICKEY *et alii*, 1983; FLOYD, 1984 e HILL & CRUSE, 1985.

MACHADO & BRUM (1978) concluíram para as condições do Planalto do Rio Grande do Sul que: As alterações da parâmetros densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade indicam alto grau de compactação do solo submetido ao sistema convencional de

cultivo evidenciando a necessidade de implantação de técnicas mais racionais de cultivo. O sistema de plantio direto preveniu a perda de matéria orgânica do solo, enquanto no sistema convencional as perdas de solo foram significativamente maiores quando comparado com os demais tratamentos.

Para a densidade do solo encontra-se três resultados diferentes quando comparam-se sistemas de preparo. Assim resultados sem diferença entre os sistemas comparados foram encontrados por BEZERRA, 1978; SACCHI, 1982; CENTURION & DEMATTÊ, 1985 e LOPES *et alii*, 1986.

Outros autores tem encontrado densidade do solo maiores em plantio direto em comparação ao convencional VIEIRA, 1981; SIDIRAS *et alii*, 1982-1984; BLEVINS *et alii*, 1983; VIEIRA & MUZILLI, 1984; CORREA, 1985; DERPSCH *et alii*, 1986; IKE, 1986; CENTURION, 1987; CASTRO, 1989a.

Também tem sido reportadas densidades menores em plantio direto em comparação ao convencional MACHADO & BRUM (1978), LEITE & MEDINA (1984).

Uma outra observação feita pelos autores, são as diferenças detectadas entre as diferentes profundidades avaliadas. A tendência geral é a diminuição da densidade do solo com a profundidade nas camadas abaixo de 30 cm, além de um aumento da mesma na camada 10-20 cm CENTURION & DEMATTÊ, 1985.

Outra observação interessante destacada por alguns autores é uma relação da maior densidade do solo nas

camadas superficiais em plantio direto com atributos favoráveis avaliados na mesma camada.

Assim segundo IKE (1986) nas savanas de Nigéria as propriedades do solo deterioraram-se mais rapidamente sob preparo do solo que sob plantio direto. As propriedades físicas em plantio direto foram superiores aos outros sistemas de preparo, com exceção de uma maior densidade do solo em plantio direto. A infiltração e a umidade do solo foram consistentemente mais altas em plantio direto.

Também CASTRO (1989) em solo Latossolo Vermelho-Escuro e em Podzólico Vermelho-Amarelo destaca que o aumento na densidade do solo leva a um aumento na retenção de água.

Segundo SIDIRAS *et alii* (1984), o plantio direto aumenta a retenção de água na camada superficial e diminuiu o gradiente de densidade do solo do perfil.

Segundo DERPSCH *et alii* (1986), em plantio direto uma alta densidade do solo na superfície e a baixa porosidade total não influencia na enxurrada. Assim a infiltração avaliada em período de crescimento da soja no Paraná utilizando chuva simulada durante uma hora foi de 45 mm/h em plantio direto representado 100% de infiltração, em escarificador 35 mm/h (78%) e em convencional 26 mm/h (58%). Além da proteção da cobertura e da maior estabilidade nos agregados de plantio direto, também a presença de tubulações biológicas originadas por animais e raízes é provavelmente a principal causa da alta infiltração em solos de alta densi-

dade. Comentários coincidentes são apresentados por VIEIRA, 1985.

A propriedade de infiltração de água no solo tem sido sugerida como um bom critério para avaliar as diferenças de manejo do solo. Assim SOUZA (1985) trabalhando com chuva simulada em um Latossolo Roxo distrófico degradado conclui: "A infiltração de água no solo mostrou-se mais eficaz em detectar variações entre os tratamentos estudados que as outras determinações, podendo ser usada como critério para classificar solos segundo seu grau de degradação física".

Esta conclusão apresentada sugeriu o segundo objetivo e uma das hipóteses que pretende-se pesquisar neste trabalho, pelo que a infiltração foi uma determinação considerada especialmente em relação ao manejo.

Segundo REICHARDT (1987) para um Latossolo Roxo distrófico textura argilosa, de Lençóis Paulista - SP, verificou-se que a infiltração básica é afetada pelo manejo do solo. Neste estudo obteve-se testemunha 18,6 Ko (cm/h) subsolagem 9,6 Ko (cm/h), gradagem média Ko (cm/h), gradagem pesada 7,2 Ko (cm/h).

ROSA (1981), concluiu que, a taxa final de infiltração de água em solo cultivado a 29 cm de profundidade foi de 192 mm/hora, sendo 24 vezes maior do que a taxa obtida a 16 cm de profundidade (8 mm/hora) e quatro vezes maior do que na superfície (48 mm/hora). A camada compactada iniciou abaixo do solo mobilizado e atinge a profundidade de 25-30 cm.

Segundo ALVES (1986) trabalhando em um Podzólico-Vermelho-Escuro com diferentes manejos para estudar a taxa de infiltração e outros atributos usando um micro-simulador de chuva com duas intensidades média constantes de chuva 62,9 e 87,1 mm/hora conclui que com o aumento da intensidade de chuva, diminui o tempo de início do escoamento, independentemente das condições de superfície. A taxa de decréscimo na infiltração com o tempo foi mais acentuada no preparo convencional e sob a chuva de maior intensidade. A taxa constante de infiltração e infiltração acumulada foram maiores no plantio direto, sob as duas intensidades de chuva. As energias cinéticas aplicadas não causaram diferenças significativas na densidade da crosta formada.

DERPESCH *et alii* (1986), é concluinte que em Paraná o sistema de plantio direto em combinação com as culturas de cobertura adotados e incluindo um sistema de rotações, é uma sistema de produção eficiente em reduzir o escoamento de água e consequentemente a erosão do solo e o aumento da produtividade. Uma boa cobertura vegetal é muito efetiva em melhorar a infiltração, reduzindo o escoamento de água e a erosão do solo.

Pelo contrário a outros trabalhos que sublinham que um aspecto crítico quando trabalha-se com solos sem preparo e com baixas porcentagens de cobertura do solo, resultando baixa taxa de infiltração.

Assim, segundo ELTZ *et alii* 1984, conclui que o plantio direto foi eficaz no controle das perdas de solo.

A eficiência do plantio direto no controle de perdas de água no P.V.A. textura média - 9% declive precisa ser melhorada com outras práticas que propiciem maior infiltração de água no solo.

Observou-se também que a diminuição da perda de solo e de água pelo efeito da cobertura são diferentes em sua tendência. Assim, segundo LATTANZI *et alii* (1974), a perda de água por escoamento foi pouco influenciada pelas declividades e foi reduzida em 10% por 2 t/ha de cobertura e reduzida em aproximadamente 85% para 8 t/ha. As perdas de solo diminuiu com aproximadamente 80% com 2 t/ha de cobertura para todas as declividades estudadas 2-6-12-20%.

Em um experimento realizado em Campinas em Latossolo Roxo distrófico, utilizando talhões coletores com 13% de declividade, sob chuva natural, nos quais diferentes quantidades de resíduos de milho, foram estudados, mostrou que o aumento na quantidade de resíduo diminui acentuadamente as perdas de solo e água, sendo as curvas exponenciais diferentes para perda de solo que para perda de água (LOMBARDI NETO *et alii*, 1988).

Comparando oito métodos de preparo de solo em Podzólico Vermelho Amarelo distrófico de Rio Grande do Sul em presença e em ausência de uma cobertura de 60% do solo formado por resíduos de trigo picados e distribuídos uniformemente sobre a superfície. BERTOL *et alii* (1987), concluíram que as perdas de água foram em geral mais afetadas pelos métodos de preparo do solo, do que pela cobertura vegetal

morta, sendo de qualquer forma, bem menos influenciada pelos tratamentos do que as perdas do solo.

ELWELL & STOCKING (1976) em pesquisas realizadas na Rhodésia durante vários anos, mostrou que as tendências de perdas de solo e de água pelo efeito de diferentes quantidades de cobertura, são bastante diferentes sendo que as perdas de solo diminuem rapidamente com pequenas quantidades de cobertura e enquanto que as perdas de água precisam de maior quantidade de cobertura para diminuir sensivelmente as perdas e aumentar a infiltração.

VIEIRA *et alii* (1978), concluíram que a cultura da soja apresentou um período crítico de perdas do solo que foi da semeadura até o crescimento. As perdas de solo após o crescimento foram desprezíveis em todos os sistemas de preparo, não ocorrendo o mesmo com as perdas de água. O cultivo nos sistemas sem preparo e de preparo reduzido com apenas uma gradagem foi eficiente para controlar as perdas de solo, porém não o foi para as perdas de água. Os preparos do solo que envolveram aração e gradagem reduziram as perdas de água em relação aos sistemas de preparo que não envolveram aração.

Uma outra determinação que também apresenta tendências diferentes na literatura é a produtividade, das culturas, assim apresentam-se resultados com produtividades inferiores em plantio direto em comparação com outros preparos e outros trabalhos com produtividade superiores e também produtividades sem diferenças significativas entre os

diferentes preparos.

Segundo BENATTI JR. (1981) a produtividade do milho não diferiu nos três sistemas de preparos comparados no Latossolo Roxo. Todavia, a produtividade do sistema convencional e do preparo reduzido foi superior estatisticamente, em relação ao plantio direto, no Podzólico Vermelho Amarelo orto e no Podzólico LINS & MARÍLIA variação Marília.

ELTZ *et alii* (1984), observaram que o plantio direto mostrou rendimentos das culturas iguais ou superiores ao preparo convencional.

Segundo LAL (1982)⁴ citado por LAL (1986) comparando a produtividade do milho entre preparo convencional e Plantio Direto durante 24 colheitas consecutivas, fazendo duas colheitas por ano, em um alfisol de Nigéria, a produtividade do P.D. foi maior. As condições iniciais do solo e a presença de cobertura morta, são importantes para determinar a produtividade do milho no P.D. (LAL, 1985). DERPSCH *et alii* (1986) mostraram que as condições vantajosas do P.D. para sucesso do milho dependem da cobertura vegetal e da rotação de cultivos.

TRIPLETT JR. & VAN DOREN JR. (1977) compararam a produtividade do milho em plantio direto e convencional

⁴ LAL, R. Effects of 10 years of no-tillage and conventional ploughing on maize yield and properties of a tropical soils. Proc. 9th ISTRO Conf., Osijek, Yugoslavia. pp. 111-117. (1982).

com diferentes coberturas, determinando que a produtividade do sistema convencional não é influenciada pelas diferentes porcentagens de cobertura, enquanto que o plantio direto aumenta a sua produtividade com o aumento da cobertura, sendo que quando o solo encontrava-se com mais de 50% de solo coberto, a produtividade do plantio direto foi superior a do convencional.

Comparando as produtividades de soja e trigo com três sistemas de preparo do solo, durante 6 anos em Paraná DERPSCH (1986), encontrou produtividades superiores para plantio direto, sendo 34% mais altas, para a soja e 19% para o trigo quando comparadas com as do preparo convencional sendo que as do escarificador foi 7% mais alto para a soja e 6% para o trigo em relação as dos preparo convencional.

2.4. Determinações Físicas do Solo e Equipamentos Utilizados

Considerando a importância que a superfície do solo tem respeito do manejo do solo e a influência da dureza da superfície em outros processos, salienta-se que não se encontraram na literatura consultada trabalhos que avaliaram a dureza da superfície do solo com penetrometro de "bolso". Assim, GASSEL (1982) menciona que este tipo de penetrometro não tem sido útil para estudos quantitativos devido a dificuldade de se obter dados uniformes e consistentes de pene-

tração e escala de leitura; e pela dificuldade encontrada em controlar a penetração exatamente até a marca do aparelho. O mesmo autor comenta em extenso as dificuldades nas medições de resistência a penetração em geral, ainda com penetrometros de maior tamanho, sublinhando a ligação entre densidade do solo e a umidade, no momento da medição e destaca a dificuldade de estabelecer comparações nas medições de diferentes pesquisas e mesmo os níveis agronômicos críticos de resistência a penetração.

Observações coincidentes são apresentadas por STOLF *et alii* (1983), dizendo que como os valores de resistência do solo a penetração, varia com a umidade, esta determinação não serve para avaliar em termos absolutos, se um solo dado esta ou não compactado.

Todavia a metodologia de resistência a penetração em profundidade usando as curvas de resistência é de utilidade para determinar a profundidade e espessura das camadas de maior dureza (STOLF & FAGANELLO, 1984).

Uma outra limitação na utilização de penetrometros, é a pobreza nos desenhos de amostragem, o que traz grande dificuldade para uma análise estatística adequada (CASSEL, 1982).

Quando se procura comparar a infiltração entre plantio direto e outros sistemas de preparo é conveniente usar alguma metodologia de chuva simulada que aproxima-se mais das condições reais de campo (FARIAS & RODRIGUES,

1983)⁵ citado por ALMEIDA & RODRIGUES (1985).

Um aspecto muito importante num simulador de chuva é o método utilizado para a formação das gotas. Segundo SAN ROQUE MUNOZ *et alii* (1984) as metodologias para a formação de gotas podem ser de dois tipos diferentes:

a) os que utilizam bicos com pressão;

b) os que utilizam gotas onde a velocidade inicial é zero.

Nos simuladores de primeiro tipo a energia cinética está influenciada pela pressão do bico e pelo tamanho da gota. Nos de segundo tipo a energia cinética é influenciada, pela altura de queda e pelo tamanho da gota.

Um outro aspecto importante é que os simuladores de chuva de fato tem que simular com a maior aproximação possível as chuvas da região a pesquisar.

Feita uma comparação entre o simulador de bicos com braços rotativos "Swanson" e micro-simulador de gota Goettingen concluiu-se que a energia cinética obtida por mm de chuva aplicada é praticamente a mesma para os dois simuladores. E em comparação com a energia cinética das chuvas da região de Londrina, as chuvas simuladas

⁵ FARIAS, G.S. & RODRIGUES, A.P.M. Comparação de dois métodos de infiltração de água no solo. Londrina - IAPAR, 1983. 9p. (Mimeografado).

apresentaram valores menores do que as naturais, (55% da chuva convectiva, 81% da frontal e 71% da média). Isso é consequência das gotas não alcançarem a velocidade de queda terminal. O diâmetro médio de gota D_{50} é de 2,00 mm para simulador Swanson e de 3,62 mm para simulador tipo gota (ROTH *et alii*, 1985).

A menor energia cinética apresentada pelos simuladores concluiu o autor subestima as perdas do solo e superestima a infiltração e acrescenta que os resultados obtidos, indicam a necessidade de estudos mais aprofundados para chegar-se a uma relação energia cinética - intensidade de chuva própria para o Norte do Paraná ou outros locais do Brasil, pois o uso da equação Universal de perdas de solo tende a subestimar a erosividade das chuvas.

O simulador tipo gota, utilizado no IAPAR³, mostrou ser um aparelho extremamente útil nas determinações de infiltração em relação a susceptibilidade a erosão. Durante dois anos foram efetuadas mais que 600 medições, estudou-se o efeito do tipo de preparo do solo, rotações de culturas, compactações, fatores químicos, etc. sobre a infiltração (ROTH, 1984).

3. METODOLOGIA

3.1. Área Experimental

3.1.1. Localização da área

A área experimental localiza-se no Centro Experimental de Campinas do Instituto Agronômico, em um dos campos da Seção de Conservação do Solo, na latitude $22^{\circ} 53'$ Sul, longitude $47^{\circ} 04'$ Oeste, e altitude média 660 m.

3.1.2. Clima regional

A região de Campinas de acordo com a classificação climática internacional de Köeppen está localizada em uma área de transição entre os tipos climáticos Cwa e Cfa, significando clima tropical de altitude com inverno seco e verão úmido. A temperatura do mês mais mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio menor que 18°C .

A Tabela 1 apresenta o balanço hídrico segundo o método de THORNTHWAITE & MATHER (1955), para a região de Campinas, para uma retenção máxima de água no solo de 125 mm. Através dos dados de temperatura nota-se que o mês

mais quente é o de fevereiro com média de 23,3°C e o mais frio é o mês de junho com média de 17,2°C. O total médio de chuva anual é 1382 mm sendo que o período mais chuvoso é o de outubro a março, com um total de 1048 mm, representando 75% do total anual. O mês mais chuvoso é o de janeiro e o mais seco é o mês de julho.

Tabela 1 - Médias mensais de temperatura, precipitação pluvial, deficiência hídrica e excedente hídrico, para a região de Campinas - SP 1956-1987.

MESES	TEMPERATURA MÉDIA	PRECIPITAÇÃO PLUVIAL	DEFICIÊNCIA HÍDRICA	EXCEDENTE HÍDRICO
	°C	mm	mm	mm
Jan.	23,1	234	0	120
Fev.	23,3	187	0	86
Mar.	22,7	140	0	40
Abr.	20,9	73	0	0
Mai.	18,5	68	0	7
Jun.	17,2	52	0	6
Jul.	17,4	32	1	0
Ago.	18,9	41	4	0
Set.	20,3	68	2	0
Out.	21,3	126	0	0
Nov.	22,0	137	0	38
Dez.	22,4	224	0	117
ANO	20,7	1.382	7	414

FONTE: Arquivos da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico de Campinas.

A região apresenta em excedente hídrico da ordem de 414 mm, principalmente distribuído nos meses de novembro a março e uma deficiência hídrica da ordem de 7 mm, considerada pequena, nos meses de julho a setembro.

A Figura 1 apresenta gráficamente o balanço da região de Campinas, mostrando a distribuição anual da precipitação, e os períodos de ocorrência do excedente e da deficiência hídrica.

Figura 1 - Balanço hídrico pelo método THORNTHWAITE & MATHER (1955) da região de Campinas. 1956-1987.

3.1.3. Solo

O solo foi identificado no levantamento pedológico semi detalhado do Estado de São Paulo, como Latossolo Roxo Epieutrófico ou Distrófico, com horizonte A moderado ou proeminente textura argilosa ou muito argilosa, Unidade Barão Geraldo. Na classificação Americana correspondente a *Typic Haplorthox* com horizonte A ocríco escuro ou úmbrico (OLIVEIRA & MENK, 1984).

O relêvo pouco movimentado e as características internas do perfil que conferem grande capacidade de infiltração e permeabilidade, dão aos latossolos, em geral, acentuada resistência a erosão (OLIVEIRA, 1980).

Os solos da unidade Barão Geraldo, segundo OLIVEIRA & MENK (1984), apresentam, além das características pertinentes a classe dos Latossolos Roxos, as seguintes: 1. Textura muito argilosa ou argilosa. 2. Teor de areia grossa inferior a 20%. 3. Soma e saturação em bases inferiores a 1,5 e mg/100 g de TFSA e 50%, respectivamente, ao longo do perfil ou após 100 cm de profundidade. 4. Ausência de caráter acríco a menos de 100 cm de profundidade. 5. Matiz do horizonte B₂ igual ou mais vermelho que 3,5 YR, com relação valor croma igual ou inferior a 3/5. 6. Horizonte B₂ apedico ou com estrutura subangular fraca: consistência friável a muito friável. 7. Espessura dos horizontes A + B superior a 120 cm. 8. Cascalho inferior a 5% nos horizontes A e B. 9. Teor de carbono até 100 cm inferior a 1,5% nos solos muito argilosos e a 1,2 nos argilosos.

Na Tabela 2, são apresentados dados retirados do perfil n° 117 de OLIVEIRA & MENK (1984) correspondente ao local onde localiza-se a área experimental.

Tabela 2 - Dados do perfil n° 117, correspondente ao local onde localiza-se a área experimental.

PROF.	pH	C%	AR%	SL%	AF%	AG%	AF/AG	S/A	V%	T
0-20	5,6	1,9	65	8	16	11	1,45	0,12	49	8,58
60-80	6,1	0,8	69	5	15	11	1,36	0,07	28	5,12

AR - Areia

AG - Areia Grossa

SL - Silte

S/A - Silte/Areia

AF - Areia Fina

T - C. T. C.

Observa-se a uniformidade da textura nas profundidades avaliadas. Outras amostragens realizadas na área em estudo apresentam dados muito parecidos aos apresentados, salientando-se portanto a homogeneidade da área experimental na característica de textura. A declividade da área experimental é de 6% no sentido Sul-Norte.

3.1.4. Descrição do experimento de campo

Esta área faz parte do projeto intitulado: "Efeito de sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produção de milho e soja" em andamento com financiamento parcial pela EMBRAPA através de PNP Manejo e Conservação do Solo.

Nesta área experimental são utilizados três sistemas diferentes de preparo do solo: arado de disco, arado escarificador e plantio direto. O preparo primário do solo é feito no sentido da maior declividade (Sul-Norte) e a linha da semeadura é perpendicular ao preparo primário. Estas operações são repetidas duas vezes por ano, na época da semeadura de primavera e de outono. As parcelas são de 15 m x 15 m e tem duas repetições para cada tratamento.

As culturas de verão utilizadas são milho e soja, cada um deles em forma continua todos os anos e também em rotação. No outono as parcelas são divididas ao meio sendo uma parte semeada com aveia preta e a outra *Crotalaria juncea*. O experimento encontra-se no quinto ano de andamento.

3.2. Tratamentos Avaliados

Neste trabalho foram avaliados somente parte dos tratamentos, selecionando-se os mais contrastantes. Assim foram escolhidas as culturas milho e soja em cultivo contínuo, repetidos todos os verões, e como cultura de inverno aveia preta, por causa de seu melhor desempenho na produção de cobertura. Desta forma, o tamanho das parcelas avaliadas é 15 m x 7,5 m. Outras variáveis consideradas foram os três sistemas diferentes de preparo do solo: plantio direto, escarificador e convencional.

Isto resulta um total de seis tratamentos:
S.P.D. - Soja Plantio Direto; S.E. - Soja Escarificador;
S.C. - Soja Convencional; M.P.D. - Milho Plantio Direto;

M.E. - Milho Escarificador; - M.C. - Milho Convencional, os quais serão assim denominados daqui em diante.

O preparo convencional, consiste de preparo primário com arado de discos, incorporando os restos da cultura anterior, seguido de duas gradagens niveladoras e semeadura.

O preparo com escarificador consiste de preparo primário com arado escarificador, com hastes a 0,25 m entre sulco, a 0,30 m de profundidade, seguido de duas gradagens niveladoras e semeadura. Na ocasião do preparo para semeadura da aveia preta no ciclo avaliado, foi necessário uma gradagem antes do arado escarificador para diminuir embuchamento pelas restevas.

O sistema de plantio direto e com semeadeira adequada para o plantio direto, de 5 linhas nas culturas de verão e de 11 linhas na aveia preta, e o controle das ervas daninhas foi com herbicidas a base de 1,5 l/ha de glifosate e 0,5 l/ha de 2,4 D.

O milho utilizado foi o cultivar BRASKALB 670 semeado a 1,0 m entre linhas e 6 plantas por metro, recebendo no plantio uma adubação de 220 kg/ha da formulação 4-20-20 e após aproximadamente 40-50 dias 90 kg/ha de N em cobertura na forma de sulfato de amônio. A soja usada foi o cultivar IAC 12 semeada a 0,50 entre fileiras e 25 plantas por metro linear com adubação de 350 kg/ha da formulação 0-28-15. A aveia preta foi semeada em fileira continua e 15 cm entre fileira usando 80 kg/ha da formulação 4-20-20.

Após a colheita do milho utilizou-se a roçadeira para triturar e distribuir os restos culturais. A aveia foi colhida com colheitadeira provida de picador para melhor distribuição dos restos culturais e a soja também.

3.3. Determinações

As determinações foram feitas em duas etapas: uma imediatamente após a colheita das culturas de verão e a passagem da roçadeira (20 de abril até 05 de maio 1989) avaliando-se o efeito residual dos preparos após o ciclo da cultura. Nesta etapa foram avaliadas a resistência do solo na superfície, com penetrometro de bolso, foram coletadas amostras volumétricas para determinação de densidade do solo, porosidade total e curva característica, foram avaliadas a infiltração com permeametro e mediu-se a cobertura vegetal do solo. A outra etapa considerada foi após os preparos e emergência da aveia preta e durante o ciclo da aveia (20 de maio até outubro de 1989). Nesta etapa foram feitas as seguintes determinações; resistência à penetração até 60 cm de profundidade com penetrometro de impacto, infiltração na superfície com chuva simulada e a 50 cm de profundidade com permeametro e umidade durante todo o ciclo da aveia e avaliação de cobertura vegetal do solo ao fim do ciclo da aveia preta. Comparou-se também a produtividade das culturas, em função dos tratamentos aplicados.

3.3.1. Determinações após colheita do milho e soja

3.3.1.1. Dureza da superfície do solo

Trabalhou-se com penetrometro de bolso modelo CL - 700, avaliando a dureza da superfície do solo (0,5 cm).

O intervalo máximo do aparelho de 0 até 4,5 kg/cm². Com objetivo de poder medir a variabilidade espacial destas medições, escolheu-se um modelo de amostragem que permitiu o uso da geoestatística. Utilizou-se para tanto um retângulo de madeira com uma malha de barbantes constituída de 12 x 18 fileiras, distanciados entre si de 5 cm. Localizando o penetrometro, em forma vertical, no centro de cada quadrado (5 x 5 cm) levantando um total de 216 pontos por amostra. A localização do retângulo de madeira em cada parcela foi com seu maior comprimento no sentido da fileira do plantio, e portanto perpendicular ao preparo primário do solo. Além das determinações de dureza da superfície em cada ponto levantou-se a informação da localização da linha de semeadura da cultura. Em cada tratamento repetiram-se 3 retângulos ou seja um total de 648 dados de resistência da superfície do solo, havendo diferenças de dias entre as medições

3.3.1.2. Densidade do solo - Porosidade total - Curva caracterísitica

Para amostragem das relações massa/volume do solo nos diferentes tratamentos utilizaram-se anéis volumétricos numerados e taradas de 100 cm^3 de capacidade. Em cada trincheira escavada foram retiradas amostras dos 4 lados, ou seja 4 repetições por tratamento e considerando-se 4 profundidades: 5 cm, 15 cm, 25 cm e 40 cm, constituindo-se assim, um total de 16 amostras por tratamento. Posteriormente estas amostras foram ao laboratório, onde adicionaram-se gase e elástico na parte inferior do anel e em seguida foram colocados em bandejas, saturando-se em água acrescentada aproximadamente cada 6 horas até atingir quase a altura dos anéis. Após saturados as amostras, estas eram retiradas da água deixando-se escoar o excesso por poucos segundos, e se pesando em seguida determinar porosidade total.

Em seguida as amostras foram colocadas na mesa de tensão circular de 0,60 m de diâmetro e 15 cm de altura, fechada com tampa e cujo meio tensão é constituído de bolinhas de vidro de um diâmetro médio de $35 \mu\text{m}$, utilizadas com tensões de 0-8 KPa.

Os pontos da curva característica determinados pesando as amostras após a mesma ter atingido o equilíbrio e não perder mais água foram: 0,6, 2, 4, 6 e 8 KPa.

Posteriormente as amostras passaram para outro tipo de mesa de tensão equipada com pó de óxido de alumínio

de um diâmetro médio 9,5 μm utilizada com tensões de 10 até 50 KPa. Os pontos da curva característica determinadas com este outro tipo de mesa de tensões foram 10, 20, 30 e 40 KPa. Maiores detalhes destes equipamentos podem-se encontrar em TOPP & ZEBCHUK (1979).

Em seguida, as mesmas amostras foram levadas às painéis de pressão para determinação de retenção de água pelo método descrito em RICHARDS (1965), onde se determinou os pontos 50, 70, 100 e 200 KPa da curva característica.

Depois de determinados os pesos com todas as tensões acima mencionadas, foram pesadas a gase e o elástico sozinhas, e as amostras foram a estufa a 105°C até atingir peso seco o qual foi utilizado nos cálculos das densidades do solo e dos diferentes pontos das curvas características.

Com as amostras secas em estufa determinou-se a porosidade ocupada pelo ar utilizando o picnometro de ar, LANGER modelo 76. Posteriormente as amostras foram se tiradas dos anéis moldas e paneiradas com malha de 2 mm, e este solo solto foi utilizado para determinação do ponto 1500 Kpa em placas de Richards. As curvas assim determinadas foram ajustadas pela equação proposta por VAN GENUCHTEN & NIELSEN (1985)

$$\theta = \theta_R + (\theta_S - \theta_R) / [1 + (\alpha h)^n]^m,$$

alguns dos pontos da curva e parâmetros da equação foram comparados estatisticamente.

O laboratório de solo e água da Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico, é mantido sob

temperatura controlada de 18°C. As determinações descritas acima foram efetuadas entre maio e setembro de 1989.

Uma outra parte das amostras secas em estufa e paneiradas foi utilizada para determinação da densidade da partícula do solo pelo método do balão volumétrico, segundo EMBRAPA (1979).

3.3.1.3. Infiltração com permeametro - Condutividade saturada no campo - Contendo água inicial e final - Sortividade

Utilizando permeametro baseado no princípio de Mariotte, tipo Guelph, modificado por Vieira⁶, para fornecer água com carga hidráulica controlada a um orifício de 3 cm de diâmetro no solo, mediu-se a taxa constante de infiltração ("steady-state"), e calcula-se a condutividade saturada no campo (Kfs), a infiltração tridimensional, e a sortividade (REYNOLDS & ELRICK, 1987).

Foram feitas medições a 15 cm de profundidade. Para isso, foram perfurados buracos até essa profundidade e utilizado escova plástica circular para tirar o efeito do espelhamento das paredes causado pelo trado e o fundo do buraco, que poderiam artificialmente dificultar o processo de infiltração da água. Além disso, acrescentou-se uma fina

⁶ VIEIRA, S.R. Seção de Conservação do Solo - IAC. Comunicação Pessoal, 1989.

camada de pedrisco (0,5 cm) no fundo do buraco para evitar entupimento da saída do permeametro. O aparelho é localizado verticalmente no buraco sustentado por tripé nessa posição. Começa a operação aplicando-se uma carga hidráulica de 3 cm de água, após descer rapidamente a água, dispara o cronômetro e iniciam-se as leituras a cada 1 minuto, até atingir uma velocidade constante de infiltração. Em seguida, aumenta-se a carga hidráulica para 6 cm de água e repete-se a mesma operação.

Foram feitas 5 repetições de medidas por cada tratamento. Com estes dados calculou-se a infiltração e a condutividade saturada de campo (Kfs). Também determinou-se a umidade inicial e final com o método TDR, as quais são utilizadas para o cálculo da sortividade.

3.3.1.4. Cobertura vegetal do solo

A avaliação de cobertura vegetal foi feita utilizando-se um aparelho proposto por ELWELL & WENDELLAR (1977). Este é formado por uma barra de alumínio sustentada por uma armação com quatro pés dispostos de modo a formar um retângulo de 25 x 110 cm. A barra de alumínio de aproximadamente 1,20 m tem 10 tubos cilíndricos de 1 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento, distantes 5 cm entre si. Com este aparelho foi feita, a avaliação da cobertura vegetal nas caixas coletoras submetidas a chuva simulada. O aparelho foi posicionado em 7 posições diferentes, distantes entre si de

7 cm, formando assim a leitura ao longo de 49 cm. A avaliação foi feita em duas direções (Norte-Sul e Leste-Oeste), utilizando-se a média das duas medições nas comparações com a infiltração.

Nas medições da cobertura vegetal feitas após a colheita das culturas de verão e após o preparo do solo para a semeadura da aveia, o aparelho foi regulado locando os 10 tubos cilíndricos, por onde é realizada a observação visual, a uma distância de 10 cm entre eles.

Foram feitas 5 leituras de 10 pontos cada uma, distanciadas 10 cm entre elas, ou seja um total de 50 leituras em um bloco e repetidos 3 blocos em cada tratamento. Com este total de 150 medições calculou-se a porcentagem do solo coberto em cada tratamento.

3.3.2. Determinações durante o ciclo da aveia

3.3.2.1. Resistência do solo a penetração até 60 cm de profundidade

Utilizando o penetrometro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR - STOLF com a metodologia apresentada por STOLF *et alii*, 1983 e STOLF (1984), realizaram-se medições até 60 cm de profundidade incluindo 10 repetições por tratamento. Os dados são resumidos em uma curva por cada tratamento, com a média das 10 repetições e o desvio padrão. Com os dados da metade superior da curva até uma profundidade de 30

cm calculou-se a regressão linear entre resistência a penetração e profundidade e comparou-se estatisticamente o fator "b" da equação de regressão linear ($y = a + bx$).

Os dados de número de impactos por decímetro de profundidade foram transformados em kg/cm^2 utilizando-se a metodologia descrita em BILLOT (1982). Com os dados expressos em números pancadas/cm do perfil médio, dividiu-se em 6 camadas de 10 cm de profundidade cada uma, e usando-se como repetições comparou-se as médias dos 6 tratamentos, usando SANEST-CIAGRI, teste de Tukey.

3.3.2.2. Água do solo

Determinações diretas da umidade em porcentagem de volume foram feitas com aparelho baseado no método TDR (Time Domain Reflectometry), o qual avalia a umidade baseado no seu efeito na constante dielétrica do solo. A água resulta ser o componente que governa a constante dielétrica do solo, portanto a constante dielétrica do solo é uma boa medida da umidade do solo (TOPP & DAVIS, 1985a), maiores descrições e o uso desta metodologia pode encontrar-se (TOPP *et alii*, 1982, 1984 e 1988 - TOPP & DAVIS 1985b, VIEIRA *et alii* 1988 - YANUKA *et alii* 1988).

Em cada tratamento foram locadas 7 repetições determinadas e numerados. Em cada uma delas foram cravadas 3 astes de alumínio de 17 cm de comprimento até uma profundidade de 15 cm, separadas 5 cm uma da outra e numa mesma

linha. Portanto as três astes sobressaem 2 cm do solo, os quais eram utilizadas para a conexão ao cabo do equipamento TDR no momento de realizar as leituras.

Desta forma portanto, foram considerados 42 pontos fixos (6 tratamentos x 7 repetições) nos quais foi avaliada a umidade durante o ciclo da aveia preta, entre maio e setembro. As médias foram comparadas em cada data considerando as 7 repetições por tratamento, com teste de Tukey e também foram comparadas as médias em todo o ciclo da aveia considerando cada data como um bloco e comparando-se os 6 tratamentos, as 2 culturas e os 3 preparos pelo teste de Tukey.

3.3.2.3. Infiltração com permeametro

Com o uso do permeametro comentado no item 3.3.1.3. foram feitas medidas de infiltração a 50 cm de profundidade utilizando-se duas cargas hidráulicas 3 e 6 cm e fazendo medições cada 10 segundos, por causa da alta velocidade de infiltração, isto permitiu levantar bastante medições e determinar posteriormente a estabilização da velocidade. Foram feitas 5 repetições por tratamento, com estes dados calculou-se a infiltração e condutividade saturada no campo - (Kfs).

3.3.2.4. Infiltração com chuva simulada

Com uso do micro simulador de chuva tipo Goettingen descrito por ROTH (1984) e construído, modificado e calibrado na Seção de Conservação do Solo do IAC (Instituto Agronômico de Campinas), usando mini parcelas de 2.340 cm^2 (49,5 cm x 47,3 cm) mediu-se a infiltração de água no solo pela diferença entre a quantidade de chuva aplicada e o escoamento superficial coletado.

Um ponto muito importante num simulador é o método utilizado para a formação das gotas, podendo-se dividir em dois tipos (SANROQUE, *et alii*, 1984). Os que utilizam bicos com pressão e os que utilizam gotas onde a velocidade inicial é zero. O equipamento utilizado pertence a esta última categoria ou seja, "tipo gota".

Uma das modificações realizadas no IAC, consistiu em acrescentar arames por dentro das manguerinhas formadoras de gotas de 1 mm de diâmetro para conseguir calibrar o equipamento com a intensidade almejada de 60 mm/h. Após várias tentativas determinou-se que os arames necessários eram os n^{os} 20 e 21 localizados em fileiras alternadas, utilizou-se arame galvanizado com comprimento aproximadamente 1 mm maior que a manguerinha para facilitar a queda da gota. Este comprimento adotado é ligeiramente menor do que aquele sugerido por PLA SENTIS (1981).

A calibração do aparelho para aplicar uma intensidade de chuva de 60 mm/h., é feita regulando a altura

da lâmina de água dentro da caixa formadora de gotas, e medindo durante 1 minuto a chuva aplicada. É necessário fazer esta regulagem antes de começar cada aplicação de chuva, pois a lâmina de água necessária para obter a intensidade procurada de 60 mm/h, pode ser um pouco diferente nas diferentes calibrações, possivelmente por causa da velocidade com que se aumenta a lâmina dentro da caixa, o que provoca uma determinada turbulência, influenciando na quantidade de ar em forma de bolhas que fica aprisionado nas mangueirinhas formadoras de gotas e que influencia no fluxo de água ou seja na intensidade da chuva aplicada (Silva⁷).

Em testes de calibração em laboratório comprovou-se que a intensidade pode variar levemente no transcurso da hora de aplicação e a tendência da variação é linear, ou seja, fazendo uma medição no começo da aplicação e outra ao final da chuva aplicada e tirando a média das duas medidas, resulta uma boa estimativa da intensidade da chuva aplicada.

Foi determinado o tamanho das gotas formadas pelas mangueiras de 1 mm. de diâmetro interno. Para isto coletaram-se 30 gotas de uma mangueirinha em tubo de ensaio de peso conhecido, pesou-se o tubo com água e pela diferença de peso determinou o peso da água e dividindo pelo número de gotas (30 gotas) determinou-se a massa de cada gota. Com este dado tirou-se de tabela citada por GUNN - KINZER (1949)

⁷ SILVA, R.C. de M.P. Seção de Irrigação e Drenagem - IAC.
Comunicação Pessoal, 1989.

o diâmetro médio correspondente (D50), resultando em um D50 de 3,87 mm. Repetiu-se este procedimento em 20 mangueiras eleitas ao acaso, determinando um coeficiente de variação do D50 das gotas de 4%. Possivelmente este coeficiente esteja mais influenciado pelo erro experimental da calibração, do que pela variação das gotas, considerando que os tubos formadores de gotas são do mesmo diâmetro interno. Com o dado de D50 e considerando a altura do aparelho 3 m procurou-se no gráfico mostrado em LAWS (1941) a velocidade de queda que corresponde a 6,5 m/seg e com os dados de massa e velocidade calculou-se a energia cinética de uma gota e posteriormente de 1 mm de chuva que é de 0,2113 MJ/ha mm. Os dados obtidos coincidem com os apresentados por ROTH (1985) para um simulador de chuva parecido, e a energia cinética por mm/ha de chuva aplicada representa 81% da energia cinética por mm/ha das chuvas frontais do Paraná segundo o mencionado autor.

Calculou-se também o EI 30 de uma chuva simulada de 60 mm/h sendo 761 MJ/ha.

Nos diferentes tratamentos aplicaram-se 2 chuvas consecutivas de 60 mm/h de intensidade, e de 1 hora de duração cada uma espaçada aproximadamente 30 minutos que é o tempo necessário para reabastecer de água o simulador e calibrá-lo novamente. Antes do começo de cada chuva foi determinada a intensidade e ao terminar a aplicação de uma hora e medida novamente usando-se nos cálculos a média desses dois valores.

No princípio e no fim de cada uma das chuvas foi medida a umidade com equipamento T.D.R., utilizando 3 astes de alumínio cravadas a 15 cm de profundidade o mais perto possível da caixa coletora do simulador. As leituras de umidade são feitas conectando o equipamento nas astes e a leitura é expressa diretamente em porcentagem de volume.

Após cravadas as caixas coletoras, cortou-se com faca as folhas da aveia que sobressaíam em altura nivelando-as com as paredes da parcela coletora para evitar os erros que podiam produzir causando salpicos por cima da parcela de medição.

Em cada tratamento foram medidas três repetições de 2 chuvas de 60 mm/h cada uma. A erosividade (EI_{30}) destas duas chuvas juntas é de 1521 MJ/ha. Este valor pode ser Comparado com o encontrado para Mococa, para uma repetitividade de 10 anos, onde, para o período de outono de 5 anos a erosividade é de 1211 MJ/ha e 20 anos é 1657 MJ (CARVALHO, 1987). Com referência a intensidade máxima das chuvas de Campinas, em cada 5 anos ocorre uma chuva de 1452 MJ/ha (LOMBARDI NETO, 1987). Quando as medições foram iniciadas no mês de julho de 1989, comprovou-se que por causa da baixa umidade do solo, a infiltração foi quase total, coletando-se enxurradas menores de 2 mm em 1 hora. Continuaram-se aplicando mais chuvas no mesmo local e comprovou-se que apenas após a 3ª e 4ª chuvas de 60 mm/h produziam enxurradas significativas, e isto repetia-se nos diferentes tratamentos. Ou seja, que as duas primeiras

chuvas de 60 mm/h cada uma, só estavam aumentando a umidade do solo, de aproximadamente, 22-25% antes das chuvas, para umidades superiores a 50% após a aplicação.

Portanto, decidiu-se acrescentar este volume de água (120 mm) com regador manual de forma bem lenta em uma superfície de 1 m², na área onde localizava a parcela coletora do simulador. Com este método sempre as umidades do início foram superiores a 50%. Após alguns testes comprovou-se a conveniência de começar as chuvas logo após as aplicações com regador manual, razão porque aplicaram as chuvas simuladas entre 30 minutos e 1 hora após terminada a irrigação manual em todos os tratamentos.

Aproximadamente na metade das avaliações ocorreu uma chuva natural de significância, 140 mm em 2 dias, razão porque foi necessário recalcular e diminuir a quantidade de água aplicada com regador manual na segunda parte das avaliações, para atingir umidades iniciais superiores a 50%.

Durante as chuvas além de se fazer as medições do volume de enxurrada a cada 2 minutos, colheu-se a totalidade da enxurrada e ao terminar agitou-se e tirou-se uma amostra de 1 litro para medições de sedimento em laboratório. Para isto mediu-se exatamente o volume coletado, acrescentou-se 1% de ácido sulfúrico 5N para favorecer a decantação. No dia seguinte, tirou-se a água limpa da parte superior com bomba de vácuo e a parte inferior com o sedimento foi levada para a estufa, obtendo-se o peso seco do sedimento, com o

qual calculou-se o sedimento total por tratamento expressa em kg/ha. Estes dados foram analisados, comparando as médias pelo teste de Tukey. Os dados de infiltração na hora da chuva além de serem analisadas pelos métodos estatísticos clássicos, foram graficamente comparados os tratamentos em forma separada a primeira da segunda chuva, ajustando-se as curvas pela equação de KOSTIAKOV (1932) ($I = a t^b$).

3.3.2.5. Cobertura vegetal do solo

Após do amadurecimento da aveia preta foi passada a roçadeira cortando e esparramando a palha uniformemente no solo e após foi avaliada a cobertura do solo pela cobertura morta da palha utilizando o método da corda com marcas de 1 cm separadas cada 15 cm entre si. Com esta corda estendida em diagonal nas parcelas, foram feitas as avaliações visuais e calculadas as porcentagens de cobertura do solo. Após o preparo do solo para a semeadura das culturas do verão repetiu-se a avaliação da cobertura do milho e após a semeadura mediu-se a cobertura na soja. Medindo as 2 diagonais e com 3 repetições, compararam-se as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey.

3.3.2.6. Produtividade das culturas

Comparou-se estatisticamente as produtividades do milho e soja expressas em kg de grão/ha incluindo 5 co-

lheitas (84-89) e 2 repetições por ano. Também comparou-se estatisticamente os rendimentos da aveia preta expressos em kg de palha seca/ha incluindo 6 colheitas (84-89) e 2 repetições por ano.

Os dados foram fornecidos pelo pesquisador Orlando Melo de Castro da Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas, responsável pela condução do projeto "Efeito de sistemas de Preparo do Solo e Rotação de Culturas na Produção de Milho e Soja", sendo que o presente trabalho utilizou somente parte desse projeto durante o ano de 1989.

4. RESULTADOS

Neste capítulo apresentam-se em forma separada cada um dos resultados ou determinações levantadas, fazendo as primeiras observações sobre cada aspecto em particular, e comparando os diferentes tratamentos.

4.1. Produtividade Com os Diferentes Manejos

Apresentam-se dados da produtividade do grão das culturas de milho e soja e também produtividade da cultura aveia preta avaliada em kg/ha de palha seca.

As médias apresentadas correspondem ao período de 84 a 89, compondo-se de 5 colheitas. As culturas de verão incluem 2 blocos cada ano, como repetição. A aveia corresponde a 6 colheitas incluindo 4 blocos por ano, como repetição, sendo 2 correspondentes à cultura de soja no verão e 2 ao milho.

Na Tabela 3, apresenta-se a média da produtividade da soja incluindo 10 repetições consideradas como blocos (5 anos x 2 repetições por ano), além da média geral e do coeficiente variação geral.

Tabela 3 - Produtividade da soja e milho expressa em kg/ha dos 3 sistemas de preparo.

CULTURA	P R E P A R O				
	P.D.	E.	C.	$\bar{m}$	C.V.%
Soja	2494	2309	2449	2417	17,3
Milho	5088	5455	5968	5504	10,4
Tukey 5%	b	ab	a		

Estes resultados não apresentam diferenças significativas entre tratamentos. Porém, apresentam diferença significativa entre blocos, causada pelo efeito do ano, evidenciando a variabilidade climática entre anos.

Analisando-se as diferenças entre as 2 repetições feitas cada ano por tratamento, não há diferenças significativas.

Na Tabela 3 apresentam-se os resultados do milho considerando-se também 10 blocos correspondentes a 5 anos e duas repetições cada ano.

Observa-se diferenças significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5%, entre o plantio convencional e o plantio direto. A análise da variância também apresenta diferenças significativas entre blocos, evidenciando a influência do ano. Analisando-se as diferenças entre as 2 repetições feitas a cada ano por tratamento não foram evidenciadas diferenças significativas.

Além da análise estatística apresentada acima, consideraram-se outras duas formas mais, nas culturas de

verão. Uma foi considerando os anos como blocos e usando a média de duas repetições de cada ano, desta forma não apresentou diferenças significativas. A outra forma foi a de blocos com repetições, segundo (VIEIRA & HOFFMANN, 1989) sendo blocos os anos e dentro dos blocos as duas repetições. Desta forma, deu-se as mesmas diferenças que as apresentadas na Tabela 3, além de evidenciar que a interação entre anos e sistemas de preparo não apresentou diferença significativa na análise de variância.

Na cultura da aveia preta foi considerado o peso seco da palha em razão de que o objetivo principal da cultura é gerar cobertura para as culturas de verão. Na Tabela 4, apresentam-se as médias de palha de aveia que correspondem a 6 anos (84-89), e os tratamentos são identificados pela cultura correspondente no verão, além do sistema de preparo. Analisaram-se de duas formas, uma considerando 12 blocos (6 anos x 2 repetições) e outra considerando blocos aos 6 anos dentro deles as 2 repetições. Nenhuma destas formas apresentou diferenças significativas entre tratamentos.

Tabela 4 - Produtividade da palha de aveia preta expressa em kg se palha seca/ha nos 6 tratamentos comparados.

PALHA DE AVEIA PRETA								
	SPD	SE	SC	MPD	ME	MC	$\bar{m}$	C. V. %
kg/ha	4347	4131	4247	4036	4100	3857	4120	14,5

Com relação aos blocos, os dois métodos apresentaram diferenças significativas, evidenciando o efeito climático dos anos. Compararam-se também os 3 sistemas de preparo entre eles, que não apresentaram diferenças significativas. Tão pouco detectaram-se diferenças ao comparar as duas repetições anuais.

Considerando que as diferenças maiores detectadas são entre anos, compararam-se as médias de produção de cada ano entre elas, detectando-se que o inverno do ano 87 evidenciou diferença significativa ao nível de 1%, pelo teste de Tukey. Como, pelo curto período de anos analisado, seja possível que os dados não tenham distribuição normal, segundo sugere CRUCIANI (1987), analisaram-se as produtividades dos anos utilizando testes não paramétrico de Kruskal-Wallis e comparando as médias pelo teste Bonferroni (PIMENTEL GOMES, 1987), repetindo-se a resposta de que o inverno de 1987 foi significativamente melhor que os outros anos analisados.

Uma outra observação interessante foi na análise de variância, onde detectou-se significância na interação ano e sistema de preparo no período de inverno, contrastando com o mencionado no verão, que não apresentou interação significativa.

Compararam-se as duas culturas entre si, considerando como blocos os anos e como repetições dentro dos blocos os 3 sistemas de preparo. As médias das culturas, a média geral, o C.V. geral, os C.V. de cada cultura e teste

de Tukey ao nível de 10%, são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Comparação estatística do rendimento da palha de aveia preta expressa em kg de palha seca/ha, entre as 2 culturas estudadas.

	SOJA	MILHO	$\bar{m}$	C. V. %
kg/ha	4242	3997	4120	10,4
Tukey 10%	a	b	-	-
C. V.	16,9	30,6	-	-

Observaram-se diferenças estatísticas entre as duas culturas, somente ao nível de 10% de significância, destacando-se que as diferenças nas médias das culturas coincidiram-se com a diferença mínima significativa. Observa-se um baixo C.V. geral, porém, comparando as duas culturas individualmente tem-se um C.V. alto em milho e médio em soja, sugerindo que esta maior variabilidade do milho pode ter sido causada pelas condições climáticas diferentes nos anos, causando menor produtividade média. Neste sentido, salienta-se que na análise da variância a interação ano-cultura foi significativa.

4.2. Dureza da Superfície do Solo

Os dados levantados com penetrometro de mão, com a metodologia anteriormente descrita foram analisados primeiramente pela estatística descritiva, apresentada na

Tabela 6 para a soja e na Tabela 7 para o milho, comparando-se as 3 parcelas de repetição em cada tratamento.

Tabela 6 - Estatística descritiva para soja. Dureza da superfície do solo, expressa em kg/cm^2 , incluindo 216 amostras, nos tratamentos cultivados com soja.

NOME	MÉDIA	VARIÂNCIA	DESVIO PADRÃO	C. V. %	SIMET.	CURTOSE
PD1	0,806	0,711	0,843	104,6	1,612	6,445
PD2	0,576	0,460	0,678	117,7	2,230	10,08
PD3	1,336	2,140	1,463	109,5	1,002	2,716
ESC1	0,989	1,447	1,203	21,7	1,471	4,216
ESC2	2,012	1,751	1,323	65,8	0,436	2,115
ESC3	1,108	1,124	1,060	95,7	1,482	4,644
CON1	1,255	1,524	1,234	98,4	1,186	3,569
CON2	1,237	1,428	1,195	96,6	1,527	4,466
CON3	1,730	1,404	1,185	68,5	0,607	2,604

Tabela 7 - Estatística descritiva para milho. Dureza da superfície do solo, expressa em kg/cm^2 , incluindo 216 amostras, nos tratamentos cultivados com milho.

NOME	MÉDIA	VARIÂNCIA	DESVIO PADRÃO	C. V. %	SIMET.	CURTOSE
PD1	1,296	2,209	1,486	114,6	1,024	2,790
PD2	1,910	1,932	1,390	72,8	0,465	1,998
PD3	1,437	1,780	1,334	92,8	1,226	3,305
ESC1	0,973	0,732	0,855	87,9	1,784	6,921
ESC2	0,786	0,564	0,751	95,6	1,695	6,083
ESC3	1,122	0,812	0,901	80,4	0,806	2,710
CON1	0,686	0,683	0,826	120,4	1,725	5,664
CON2	0,530	0,599	0,774	146,0	2,229	8,114
CON3	0,621	0,324	0,570	91,7	1,034	3,689

Observa-se em primeiro lugar um alto coeficiente de variação dentro das parcelas nas 216 repetições e

sua distribuição não se ajusta bem a uma distribuição normal segundo os testes de simetria e curtose, os quais tem valores 0 e 3, respectivamente, quando a distribuição é normal.

Comparando-se as médias das 3 repetições de cada tratamento observa-se um coeficiente de variação superior a 40%, o que pode estar sendo causado pelas diferenças de dias entre a medição de cada parcela, o que pode causar uma variação de umidade na superfície avaliada de cada bloco, influenciando a resistência à penetração. Isto pode influenciar o fato de que na análises da variância não há diferenças significativas entre os 6 tratamentos avaliados. Comparando as 2 culturas entre elas tampouco dá diferenças significativas. A única situação em que observam-se diferenças significativas é comparando os 3 preparos dentro da cultura do milho, sendo o plantio direto mais resistente à penetração que o escarificador e este, por sua vez, mais resistente à penetração que o convencional, sendo suas diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Pelos motivos anteriormente expostos, especialmente pelo fato que pode haver diferenças de umidade entre blocos devido à diferença em dias de avaliação, é que não se considerou a análise dos dados comparando as médias entre os tratamentos, e assim concentrou-se na análise da variabilidade espacial dentro de cada parcela, que foi avaliada em aproximadamente 1-2 horas e, portanto, as condições são bem comparáveis dentro de cada bloco. Neste aspecto é interessante lembrar que a linha de preparo e a

linha do plantio são perpendiculares entre elas e que o momento da avaliação foi ao fim da colheita, ou seja, que permite avaliar o efeito residual do preparo após todo o ciclo das culturas.

Utilizando métodos de geoestatística fizeram-se representações tridimensionais de cada bloco, representando a superfície avaliada e a resistência da superfície em kg/cm^2 no eixo vertical. Utilizou-se 10 vizinhos, e a autocorrelação expressa nos semivariogramas para fazer estimativas de Krigagem a cada 2 cm, e posteriormente construiu os mapas tridimensionais.

Também fizeram-se os semivariogramas de cada um dos blocos avaliados, segundo o modelo apresentado na Figura 2, os mesmos foram ajustados pelo modelo esférico em sua maior parte e algumas pelo modelo exponencial.

O modelo esférico é representado pela equação:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[\frac{3}{2} \times \frac{h}{a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right], \quad 0 \leq h \leq a$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1, \quad h \geq a$$

Nas figuras, o modelo esférico é identificado com Sph (C_0 , C_1 , a).

C_0 : Efeito pepita;

C_1 : Variância estrutural;

$C_0 + C_1$: Patamar;

a : Alcance da dependência espacial;

h : Distância considerada em (km - m - cm).

Figura 2 - Modelo teórico de semivariograma.

O modelo exponencial é representado pela equação:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[1 - \exp(-3h/a) \right], \quad 0 \leq h \leq d$$

Sendo "d" a máxima distância na qual o semivariograma é definido. Nas figuras, o modelo exponencial é representado por EXP (0, C_1 , a).

Os modelos tridimensional e o semivariograma de cada bloco e cada tratamento são apresentados juntos para sua melhor observação.

Apresentam-se as Figuras 3 até 38, sendo os números ímpares correspondentes aos semivariogramas e os pares os modelos tridimensional. A ordem dos tratamentos é S.P.D. - M.P.D. - S.E. - M.E. - S.C. e M.C. e as repetições dos blocos apresentadas em ordem crescente 1-2-3.

Figura 3 - Semivariograma para dureza da superfície da S.P.D. bloco 1.

Dureza da Superfície P.D. Soja 1

Figura 4 - Representação tridimensional da dureza da superfície da S.P.D. bloco 1.

Figura 5 - Semivariograma para dureza da superfície da S.P.D. bloco 2.

Figura 6 - Representação tridimensional da dureza da superfície da S.P.D. bloco 2.

Figura 7 - Semivariograma para dureza da superfície da S.P.D. bloco 3.

Dureza da Superfície PD Soja 3

Figura 8 - Representação tridimensional da dureza da superfície da S.P.D. bloco 3.

Figura 9 - Semivariograma para dureza da superfície do M.P.D. bloco 1.

Dureza da Superfície P.D. Milho 1

Figura 10 - Representação tridimensional da dureza da superfície do M.P.D. bloco 1.

Figura 11 - Semivariograma para dureza da superfície do M.P.D. bloco 2.

Dureza da Superfície P.D. Milho 2

Figura 12 - Representação tridimensional da dureza da superfície do M.P.D. bloco 2.

Figura 13 - Semivariograma para dureza da superfície do M.P.D. bloco 3.

Dureza da Superfície P.D. Milho 3

Figura 14 - Representação tridimensional da dureza da superfície do M.P.D. bloco 3.

Figura 15 - Semivariograma para dureza da superfície do S.E. bloco 1.

Dureza da Superfície Esc Soja 1

Figura 16 - Representação tridimensional da dureza da superfície do S.E. bloco 1.

Figura 17 - Semivariograma para dureza da superfície do S.E. bloco 2.

Dureza da Superfície Esc Soja 2

Figura 18 - Representação tridimensional da dureza da superfície do S.E. bloco 2.

Figura 19 - Semivariograma para dureza da superfície do S.E. bloco 3.

Dureza da Superfície Esc Soja 3

Figura 20 - Representação tridimensional da dureza da superfície do S.E. bloco 3.

Figura 21 - Semivariograma para dureza da superfície do M.E. bloco 1.

Dureza da Superfície Esc. Milho 1

Figura 22 - Representação tridimensional da dureza da superfície do M.E. bloco 1.

Figura 23 - Semivariograma para dureza da superfície do M.E. bloco 2.

Dureza da Superfície Esc. Milho 2

Figura 24 - Representação tridimensional da dureza da superfície do M.E. bloco 2.

Figura 25 - Semivariograma para dureza da superfície do M.E. bloco 3.

Dureza da Superfície Esc. Milho 3

Figura 26 - Representação tridimensional da dureza da superfície do M.E. bloco 3.

Figura 27 - Semivariograma para dureza da superfície do S.C. bloco 1.

Dureza da Superfície Conv Soja 1

Figura 28 - Representação tridimensional da dureza da superfície do S.C. bloco 1.

Figura 29 - Semivariograma para dureza da superfície do S.C. bloco 2.

Dureza da Superfície Conv Soja 2

Figura 30 - Representação tridimensional da dureza da superfície do S.C. bloco 2.

Figura 31 - Semivariograma para dureza da superfície do S.C. bloco 3.

Dureza da Superfície Conv Soja 3

Figura 32 - Representação tridimensional da dureza da superfície do S.C. bloco 3.

Figura 33 - Semivariograma para dureza da superfície do M.C. bloco 1.

Dureza da Superfície Con. Milho 1

Figura 34 - Representação tridimensional da dureza da superfície do M.C. bloco 1.

Figura 35 - Semivariograma para dureza da superfície do M.C. bloco 2.

Dureza da Superfície Con. Milho 2

Figura 36 - Representação tridimensional da dureza da superfície do M.C. bloco 2.

Figura 37 - Semivariograma para dureza da superfície do M.C. bloco 3.

Dureza da Superfície Con. Milho 3

Figura 38 - Representação tridimensional da dureza da superfície do M.C. bloco 3.

Observando os semiveriogramas em geral pode-se destacar que em todos eles existe variância estrutural " C_1 ", ou seja, um grau de parecimento entre as medidas mais próximas, evidenciando uma influência espacial.

A seguir apresenta-se tabelas com os dados dos parâmetros " C_0 "-" C_1 " e " a " e também a relação " p " = $\frac{C_0 \times 100}{C_1}$, cuja finalidade é indicar o grau de parecimento dos valores vizinhos. Sendo que quanto maior o efeito pepita em relação ao patamar menor será o " p " grau de parecimento entre amostras vizinhas.

A Tabela 8 corresponde à cultura do milho, incluindo as 3 repetições de cada tratamento e sua média, e a Tabela 9 da cultura de soja.

Tabela 8 - Dados extraídos da observação dos semivariogramas comparando os 3 sistemas de preparo no milho.

MILHO	C_0	C_1	"p"	a(m)
PD1	0,5	1,8	27,8	40
PD2	1,0	1,2	83,3	40
PD3	0,3	1,8	16,7	40
$\hat{m}(CPD)$	0,6	1,6	42,6	40
ESC1	0,3	0,43	69,8	40
ESC2	0,2	0,4	50,0	20
ESC3	0,1	0,8	12,5	25
$\hat{m}(ESC)$	0,2	0,54	44,1	28,3
CONV1	0,0	0,8	0,0	25,0
CONV2	0,15	0,5	30,0	45,0
CONV3	0,05	0,35	14,3	30,0
$\hat{m}(CONV)$	0,067	0,55	14,8	33,3

Tabela 9 - Dados extraídos da observação dos semivariogramas comparando os 3 sistemas de preparo no soja.

SOJA	C_0	C_1	"p"	a(m)
PD1	0,25	0,40	62,5	20
PD2	0,25	0,23	109,7	50
PD3	0,25	2,25	11,1	40
$\hat{m}(PD)$	0,35	0,96	60,77	36,7
ESC1	0,2	1,35	14,8	20
ESC2	0,5	1,4	35,7	20
ESC3	0,3	1,0	30,0	25
$\hat{m}(ESC)$	0,33	1,25	26,8	23,3
CONV1	0,4	1,3	30,8	25
CONV2	0,0	1,4	0,0	25
CONV3	0,4	1,1	36,4	30
$\hat{m}(CONV)$	0,27	1,27	22,4	26,7

Observando-se as Tabelas 8 e 9 merece destacar-se que o preparo convencional é mais homogêneo e autocorrelacionado nas duas culturas a julgar pelos valores menores de "p". Isto é resultado do preparo que pulveriza mais o solo que os outros tornando-o, gradativamente mais homogêneo na superfície.

Pode-se destacar também que o valor C_0 (efeito pepita) revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras (5 cm). Parte dessa descontinuidade pode ser também devida a erros de medição, mas é impossível quantificar o que contribui mais, erros de medição ou variabilidade a uma escala

menor do que aquela amostrada (VIEIRA, S.R.)*.

Os erros experimentais estão presentes na amostragem, especialmente devido a grande quantidade de medidas, à posição do operador e à exigência de que o aparelho esteja perfeitamente vertical para ser exato.

Observando-se os semivariograma de uma forma geral, é possível esperar-se tendências anisotrópicas, isto é, que haja variações de maneiras diferentes para direções diferentes. Isto é mais facilmente observável nos gráficos tridimensionais com as seguintes tendências:

- A tendência mais importante que influencia a superfície do solo nos diferentes tratamentos avaliados é a linha do plantio.
- Esta tendência é muito marcada no P.D. por não ter preparo primário no sentido perpendicular ao plantio. A linha do plantio é facilmente observável por ser muito menos dura e uniforme que as áreas vizinhas não atingidas pelo plantio, isto ocorre no tratamento com soja e no tratamento com milho. Note-se que as linhas de plantio foram localizadas no momento da amostragem.
- Nos tratamentos com escarificador, seja para milho ou para soja, a linha de plantio é também menos dura e

* VIEIRA, S.R. - Uso de Geoestatística em Estudos de Variabilidade Espacial de Propriedades do Solo. (Em preparação)

bastante marcada, embora com alguma interrupções de maior dureza, possivelmente torrões.

- No tratamento convencional, a tendência predominante também é a linha do plantio, embora menos marcada e, contrastantemente, a própria fileira da cultura é mais dura que áreas vizinhas. A cultura do milho, com este preparo é bastante homogêneo, o que não acontece com o solo da soja, que apresenta-se mais heterogêneo e aparentemente mais duro em geral.
- Nos preparos P.D. e convencional, não dá para observar tendências homogêneas cortando a linha do plantio, ou seja, no sentido do preparo primário, de fato no P.D. não existe, e em convencional possivelmente por atingir uniformemente a superfície não marca sensivelmente o sentido do preparo.
- No preparo com escarificador, aparentemente algumas tendências homogêneas transversais ao sentido do plantio, observadas em algumas das parcelas, poderiam-se originar no preparo primário com o escarificador. Embora seja em pequenas áreas e com tendência não muito marcada.
- Os pontos anteriormente comentados poderiam se resumir em que: O sentido da linha do plantio influencia mais a dureza na superfície do solo que o sentido dos preparos primários, e que a variabilidade espacial da su-

perfície tem comportamento diferente entre os preparos do solo com uma tendência a maior grau de parecimento em preparo convencional em comparação com os outros preparos.

4.3. Resistência a Penetração até 60 cm de Profundidade

Utilizando o penetrometro de impacto com a metodologia anteriormente descrita contribuíram as curvas da resistência a penetração expressos em kg/cm^2 até 60 cm de profundidade, incluindo os desvios padrão das 10 repetições feitas em cada tratamento.

Sobre as curvas apresentadas são feitas as seguintes observações:

- A forma geral das curvas pode ser dividida em duas partes: a primeira metade até uma profundidade aproximada dos 30 cm, tem uma tendência de aumentar a dureza com o aumento da profundidade. A segunda metade a tendência é inversa, ou seja, diminuir a dureza, com o aumento da profundidade.

Considerando que estas tendências gerais apresentam-se em todos os tratamentos, pode-se conjecturar que além do efeito dos preparos avaliados possa ter havido influência do histórico agrícola da área, ou da própria gene e do solo.

Observa-se, comparando as figuras entre elas, uma grande correspondência das curvas com o mesmo sistema de preparo, Figuras 39 e 40; 41 e 42; 43 e 44.

Figura 39 - Curva de resistência a penetração incluindo a curva média e os desvios padrão do tratamento M.P.D..

Figura 40 - Curva de resistência a penetração incluindo a curva média e os desvios padrão do tratamento S.P.D..

Figura 41 - Curva de resistência a penetração incluindo a curva média e os desvios padrão do tratamento M.E..

Figura 42 - Curva de resistência a penetração incluindo a curva média e os desvios padrão do tratamento S.E..

Figura 43 - Curva de resistência a penetração incluindo a curva média e os desvios padrão do tratamento M.C..

Figura 44 - Curva de resistência a penetração incluindo a curva média e os desvios padrão do tratamento S.C..

Destaca-se que a textura do solo é homogênea até a profundidade avaliada segundo foi documentado na metodologia, e que as unidades gravimétricas em porcentagem tinham valores bastante próximos quando comparam-se os mesmos preparos e as mesmas profundidades segundo pode-se observar na Tabela 10.

Tabela 10 - Unidade gravimétrica expressa em porcentagem nas profundidades 0-20 e 20-40 cm.

PROFUNDIDADE	M. P. D.	S. P. D.	M. E.	S. E.	M. C.	S. C.
0-20	24,93	25,73	23,36	24,92	21,78	19,10
20-40	27,27	26,28	24,34	26,50	25,63	26,05

Pelo dito pode-se salientar que os gráficos da dureza do perfil refletem a influência dos sistemas do preparo.

Procurando-se comparar numericamente os gráficos e considerando o comentado na primeira observação, de que a primeira parte da curva até 30 cm de profundidade pode ser aproximada por uma reta, calculou-se a regressão linear para esta porção. Observou-se que os coeficientes de correlação são altos, portanto decidiu-se comparar estatisticamente o parâmetro "b" da equação de regressão linear ($y = a + bx$) sendo $y = \text{kg/cm}^2$ e $x = \text{cm de profundidade}$.

Na Tabela 11 apresentam-se as médias dos parâmetros "b" das 10 repetições de cada tratamento e a média

geral, o coeficiente de correlação dos tratamentos e da média e o coeficiente de variação geral das 60 observações levantadas.

Tabela 11 - Coeficiente "b" da regressão linear medido na metade superior das curvas de resistência a penetração e coeficiente de correlação R.

	S.C.	M.C.	S.E.	M.E.	S.P.D.	M.P.D.	$\bar{m}$	C.V.
"b"	0,131	0,122	0,08	0,095	0,089	0,058	0,096	72,3
R	0,96	0,95	0,86	0,98	0,92	0,84	0,92	

Pode-se Observar coeficientes de correlação aceitáveis para todos os tratamentos indicando que as curvas ajustam-se ao modelo linear. Quando comparando-se estatisticamente os coeficientes "b" dos tratamentos utilizando as 10 repetições calculadas em cada tratamento as médias resultam não significativas. Observando os dados dos diferentes perfis levantados, salienta-se que são muito variáveis, o que se reflete em um muito alto coeficiente de variação geral (72,3%), possivelmente influenciado, pela muito alta variabilidade espacial deste atributo.

Observando mais uma vez a aparência das curvas do mesmo sistema de preparo entre elas decidiu-se montar as 6 curvas médias de cada tratamento em um só gráfico, para facilitar a sua observação, apresentado na Figura 45.

Figura 45 - Curva média de resistência a penetração dos 6 tratamentos avaliados.

Nessa figura é fácil observar como o percurso das 2 curvas de soja e milho de cada um dos 3 sistemas de preparo resultam quase superpostas em seu percurso até uma profundidade aproximada aos 30 cm. Pelo mesmo pode salientar-se que as curvas refletem muito bem a influência dos sistemas de preparo. Na metade inferior do perfil as curvas resultam mais entrelaçadas, não refletindo influência do preparo.

Após esta primeira observação da aparência das curvas médias do mesmo preparo podem se utilizar as figuras com os desvios padrão, comparando as figuras de cada cultura com o mesmo preparo para fazer análises comparativas mais detalhadas.

Assim comparando as Figuras 43 e 44 de preparo convencional de milho e soja, observando a curva média e as curvas dos desvios padrão, pode-se ressaltar que são quase iguais em todo o percurso do perfil.

Comparando o preparo com escarificador (Figura 41 e 42) de milho e soja, observamos que as curvas são quase iguais na parte superior. Na parte inferior há uma pequena tendência na soja a ter valores menores de resistência que o milho, o que pode-se explicar por uma pequena diferença na umidade gravimétrica, sendo aproximadamente 2,16% maior na soja.

Comparando as curvas do P.D. (Figura 39 e 40), observa-se também que são quase iguais na metade superior. Na parte inferior o milho apresenta-se ligeiramente mais

mole o que pode-se explicar em parte por uma muito pequena diferença na umidade gravimétrica 0,77% maior em milho. Pode-se ainda pensar em um efeito diferencial da massa radicular das duas culturas observando a diferente dispersão das curvas dos desvios padrão.

As observações comentadas nos pontos anteriores permitem resumir que as curvas de cada sistema de preparo são muito parecidas comparando milho e soja, e isto é mais notório na parte superior da curva, das menores profundidades, que são precisamente as mais influenciadas pelos preparos.

A seguir procura-se comparar sistemas de preparo entre eles, nas culturas de milho (Figura 46) e de soja (Figura 47).

Figura 46 - Curva média de resistência a penetração dos 3 sistemas de preparo na cultura do milho.

Figura 47 - Curva média de resistência a penetração comparando os 3 sistemas de preparo na cultura da soja.

Além das curvas apresentam-se a Tabela 13, incluindo diferentes medições e cálculos tirados sobre as curvas, ou dos dados originais para ajudar na comparação dos tratamentos.

Tabela 13 - Medições efetuadas nas curvas de resistência a penetração e respectivas comparações estatísticas.

MEDIÇÕES	M. P. D.	S. P. D.	M. E.	S. E.	M. C.	S. C.	UNID.
R. Máx.	18	18	16,50	14,50	18,50	18	kg/cm ²
B	25	21	31	0	21	22	cm
C	2	12	5	0	10	10	cm
D	33	50	35	22	28	32	cm
$\bar{m}$	7,59	9,15	7,36	6,21	7,47	7,54	kg/cm ²
Tukey 1%	AB	B	AB	A	AB	AB	
C. V.	43	37	48	55	55	56	%

onde: R. Máx. - Resistência Máxima absoluta de todo o perfil expressa em kg/cm²; B - Profundidade expressa em cm onde começa uma resistência igual ou superior aos 12 kg/cm² avaliados na curva média do perfil; C - Espessura da camada com resistência maior de 12 kg/cm² expressa em cm e medida na curva média do perfil; D - Espessura da camada com resistência maior de 10 kg/cm² expressa em cm e medida na curva do desvio padrão maior. Tukey 1% - Médias com letras distintas diferem entre elas ao nível 1% de significância estatística. C.V. - Coeficiente de variação tirado do número de pancada/decímetro de todo o perfil (0-60 cm).

Em continuação, comentam-se dados referentes de todo o perfil quanto a resistência e homogeneidade. Na média de todo o perfil observa-se que o tratamento S.E. é o mais mole de todos, diferindo significativamente ao 1% Tukey de S.P.D.. O perfil mais homogêneo dos 6 tratamentos comparados é S.P.D. segundo seu menor coeficiente de variação.

Na comparação dos preparos escarificador e convencional (Figura 46 e 47) observou-se que as curvas são parecidas até os 15 cm de profundidade aproximadamente. A camada adensada apresenta-se 10 cm mais profunda no escarificador. A espessura da camada adensada é menor no escarificador, ou então o convencional. Considerando a camada adensada de mais de 12 kg/cm^2 , em S.E. não apresenta-se esse nível de resistência em todo o perfil. Considerando o nível mais de 10 kg/cm^2 e observando a curva dos desvios padrão, não observam-se diferenças contrastantes entre preparos, porém salienta-se a menor espessura da S.E.

A comparação entre os perfis P.D., escarificador e convencional, a curva do P.D. apresenta, em geral, maior dureza que a do escarificador. Na soja esta tendência é consistente em todo o perfil. No milho o P.D. é mais duro até aos primeiros 30 cm e nas maiores profundidades inverte-se a tendência.

Enquanto a resistência máxima - P.D. e convencional são comparáveis, o escarificador é menos resistente. A profundidade onde começa a camada mais adensada é também comparável ao convencional e menor que o escarificador. A

espessura da camada com resistência maior que 12 kg/cm^2 na curva média é diferente do que S.P.D. sendo a maior de todos os tratamentos igual a 12 cm, e no milho foi apenas de 2 cm. Quanto a espessura da camada de 10 kg/cm^2 entre as curvas de desvio padrão, a S.P.D. também supera a todos os tratamentos com 50 cm. Na média da dureza de todo o perfil também S.P.D. superou a todos os tratamentos com $9,15 \text{ kg/cm}^2$ sendo significativamente diferentes de S.E. ao nível de 1% de significância. Analizando a homogeneidade, também, S.P.D. foi o mais homogêneo considerando o menor coeficiente de variação.

Em resumo, S.P.D. é o tratamento que apresenta maior dureza e maior homogeneidade do perfil, e S.E. é o que apresenta-se como a menor dureza dos tratamentos, sendo também dos mais heterogêneos. Os outros tratamentos ocupam uma posição intermediária, sem marcar diferenciação.

4.4. Cobertura Vegetal do Solo

Imediatamente após a colheita de verão passou-se a roçadeira para picar e esparramar as restevras. Sobre essa cobertura foram feitas medições com a metodologia anteriormente descrita. As médias destas 3 repetições de cobertura expressas em porcentagem são apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Porcentagem da cobertura vegetal, após a colheita de verão.

	M. P. D.	S. P. D.	M. E.	S. E.	M. C.	S. C.
%	66,1	73,0	65,4	64,4	52,5	53,2

Posteriormente foram feitos os diferentes preparos do solo para a semeadura da aveia, e repetiram-se as medições da cobertura vegetal para os 6 tratamentos com três repetições em cada uma. Apresentam-se na Tabela 14 as porcentagens médias correspondentes a cada tratamento.

Tabela 14 - Porcentagem da cobertura vegetal, após o preparo do solo.

	M. P. D.	S. P. D.	M. E.	S. E.	M. C.	S. C.
%	50,3	61,4	30,1	26,4	17,3	16,9

Observa-se uma marcada tendência a maiores porcentagens de solo coberto nos sistemas com P.D., uma porcentagem intermediária no sistema com escarificador e menores porcentagens em preparo convencional. Isto reflete as características de cada um dos diferentes preparos.

Ao fim do ciclo, após da colheita da aveia preta, avaliou-se novamente a cobertura vegetal produzida pela aveia. Na Tabela 15 apresentam-se as médias de três medições expressas em porcentagem.

Tabela 15 - Porcentagem da cobertura do solo, após a colheita da aveia.

	M. P. D.	S. P. D.	M. E.	S. E.	M. C.	S. C.
%	93,3	93,3	91,7	80,8	87,5	83,3

Observa-se altas porcentagens de solo coberto, produzido pela aveia preta, e, comparativamente, maiores que as produzidas pelas culturas de verão (Tabela 14).

Imediatamente após preparado o solo para a semeadura das culturas do verão, repetiu-se as medições da cobertura do solo nos tratamentos correspondente a cultura do milho. As médias apresentadas na Tabela 16 expressas em porcentagem correspondem a 6 repetições.

Tabela 16 - Comparação estatística das porcentagens da cobertura do solo, após o preparo do solo, na cultura do milho.

	M. P. D.	M. E.	M. C.	$\bar{m}$	C. V. %
%	97	45	5	49	7,5
Tukey 1%	A	B	C		

Observa-se diferenças altamente significativas do nível 1% entre os 3 sistemas de preparo, originadas nas próprias características dos diferentes preparos que atingem a superfície do solo bastante diferentemente.

Também avaliou-se a cobertura morta do solo após o plantio da soja e com a cultura em crescimento. As

médias expressas em porcentagem que correspondem a 6 repetições, são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 - Comparação estatística das porcentagens da cobertura do solo, após o plantio da soja.

	S. P. D.	S. E.	S. C.	$\bar{m}$	C. V. %
% Cobertura	71	34,5	11,5	39	17,6
Tukey 1%	A	B	C		

Observam-se diferenças altamente significativas ao nível 1% entre os 3 sistemas de preparo, originadas pelas próprias características dos diferentes preparos. Observa-se também, porcentagens menores em P.D. e escarificador na soja, em comparação com o milho (Tabela 16), o que pode ser explicado, pelo fato de que a soja foi avaliada após o plantio, o que pode influenciar uma diminuição na porcentagem da cobertura.

4.5. Densidade do Solo

Com a metodologia apresentada de anéis volumétricos de 100 cm³ determinou-se a densidade do solo nas diferentes profundidades. Na Tabela 18 apresenta-se as médias obtidas das 4 repetições em cada profundidade. Acrescenta-se as médias gerais e o coeficiente de variação geral.

Tabela 18 - Densidade do solo, expressa em g/cm^3 das 4 profundidades avaliadas.

PROFUNDIDADE cm	T R A T A M E N T O S							
	M. P. D.	S. P. D.	M. E.	S. E.	M. C.	S. C.	$\bar{m}$	CV%
0-10	1,36	1,31	1,41	1,33	1,40	1,26	1,35	5,5
10-20	1,40	1,39	1,39	1,36	1,38	1,37	1,38	4,9
20-30	1,38	1,31	1,39	1,35	1,37	1,36	1,36	5,6
30-50	1,24	1,24	1,22	1,22	1,25	1,26	1,24	5,3

Observa-se um baixo coeficiente de variação e não foi detectada diferença significativa em nenhuma das profundidades avaliadas. Também comparou-se todo o perfil (0-50 cm), considerando blocos a cada profundidade e utilizando só a média de cada tratamento. Os resultados são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 - Densidade do solo, expressa em g/cm^3 de todo o perfil (0-50 cm).

PROFUNDIDADE cm	T R A T A M E N T O S							
	M. P. D.	S. P. D.	M. E.	S. E.	M. C.	S. C.	$\bar{m}$	CV%
0-50	1,35	1,31	1,35	1,32	1,35	1,31	1,33	2,4
CV%	5,30	4,80	6,70	4,90	5,10	4,80		

Observa-se um coeficiente de variação geral muito baixo e que não houveram diferenças significativas entre os tratamentos. Salienta-se ainda que na análise da variância ao comparar os blocos entre si, estas (profundi-

dades) apresentaram diferenças altamente significativa ao nível 1%. Isto pode ser observado na Tabela 18 onde na profundidade de 30-50 cm as densidades são menores do que nas demais. Sublinha-se, portanto, que nas profundidades não atingidas diretamente pelos preparos (30-50 cm), observam-se menores densidades, em geral, em todos os tratamentos.

Observando-se os C.V. de cada tratamento salienta-se uma aparente tendência de menor homogeneidade do perfil na cultura de milho. Além disto, pode-se notar na Tabela 20, que os tratamentos com milho tiveram, consistentemente, densidades ligeiramente maior do que soja.

4.6. Porosidade

4.6.1. Porosidade Total

A porosidade total (P.T.) expressa em porcentagem de volume foi avaliada por 3 metodologias diferentes: pela diferença entre o peso saturado e peso seco (P. determinada), pelo picnometro de ar com amostras secas em estufa e pelo cálculo usando os dados de densidade do solo e a densidade da partícula $\left[P.T. \text{ calculada} = 1 - \frac{\text{Dens. Solo}}{\text{Dens. Partícula}} \right]$. Estas metodologias foram utilizadas para todas as amostras volumétricas.

Apresenta-se na Tabela 20 os dados da profundidade 0-10 cm com as médias das 4 repetições e com dados das 3 metodologias mencionadas, incluindo a média geral $\bar{m}$ e o coeficiente de variação geral (C.V.).

Tabela 20 - Comparação de 3 metodologias estimando porosidade total (P.T.) na profundidade 0-10 cm.

P.T.	S.P.D.	M.P.D.	S.E.	M.E.	S.C.	M.C.	$\bar{m}$	CV%
Determ.	55,21	55,09	53,19	56,07	55,56	58,64	55,63	6
Picnom.	60,75	61,75	59,25	60,25	57,25	61,50	60,12	4,5
Calcul.	48,78	50,45	46,68	49,80	47,00	52,45	49,19	5,7
T.* 10%	ab	ab	b	ab	ab	a		

*T = Tukey.

Observa-se que só na P.T. calculada foram encontradas diferenças significativas ao nível de 10% entre M.C. e S.E.. Embora a P.T. Determinada e P.T. Picnometro não apresentem diferenças significativas, o tratamento M.C. ocupa o 1º e 2º lugar e S.E. 5º e 6º nas duas metodologias, ou seja que a tendência geral entre os tratamentos é aproximadamente coincidente nas 3 metodologias.

Os dados das 3 metodologias utilizadas para Porosidade Total para a profundidade 10-20 cm são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 - Comparação de 3 metodologias estimando porosidade total (P.T.) na profundidade 10-20 cm.

P.T.	S.P.D.	M.P.D.	S.E.	M.E.	S.C.	M.C.	$\bar{m}$	CV%
Determ.	53,02	52,63	55,32	55,09	56,90	52,94	54,32	3,3
Picnom.	60,25	59,75	60,25	60,25	58,50	57,75	59,46	3,7
Calcul.	47,08	47,35	47,38	48,90	47,73	48,01	47,75	5,4
T.* 5%	ab	b	ab	ab	a	ab		

*T = Tukey.

Pelos dados da Tabela 21 pode-se observar: um baixo C.V., na porosidade determinada; que o tratamento S.C. difere significativamente ao nível de 5% do M.P.D.; e que os outros métodos não tem diferença significativa. Além disso, as tendências entre os tratamentos não são coincidentes.

Na Tabela 22 são apresentados os dados das médias da P.T. das 3 metodologias para a profundidade de 20-30 cm.

Tabela 22 - Comparação de 3 metodologias estimando porosidade total (P.T.) na profundidade 20-30 cm.

P.T.	S.P.D.	M.P.D.	S.E.	M.E.	S.C.	M.C.	$\bar{m}$	CV%
Determ.	54,67	55,51	55,26	55,27	54,21	55,95	55,14	3,3
Pienom.	60,25	63	60	60	58,75	59,25	60,21	3,8
Calcul.	47,83	50,58	47,55	50,90	50,20	52,10	48,60	5,9

Observa-se um C.V. baixo e que não há diferenças significativas entre tratamentos em nenhuma das 3 meto-

dologias. As diferenças maiores são observadas entre as 3 metodologias.

Na Tabela 23 são apresentadas as médias da P.T. das 3 metodologias para a profundidade 30-50 cm.

Tabela 23 - Comparação de 3 metodologias estimando porosidade total (P.T.) na profundidade 30-50 cm.

P.T.	S.P.D.	M.P.D.	S.E.	M.E.	S.C.	M.C.	$\bar{m}$	CV%
Determ.	55,95	56,46	57,53	57,62	53,62	56,03	53,87	2,8
Tuk. 5%	ab	ab	ab	a	b	ab		
Picnom.	64,50	64,50	65,50	63,50	62,30	62,00	63,72	3,5
Calcul.	53,10	53,20	53,90	54,00	52,70	48,20		
Tuk. 5%	ab	ab	ab	a	ab	b	52,51	4,9

Observa-se um baixo C.V. nas metodologias^o P.T. Determinada (P.sat - P.seco) e na P.T. Calculada. O tratamento M.E. tem diferenças significativas a 5%, com S.C. na primeira metodologia e com M.C. na segunda metodologia.

Comparando-se além das 3 metodologias da P.T. no perfil completo, considerando blocos cada uma das 4 profundidades avaliadas, e repetições as médias de cada profundidade, os resultados estão na Tabela 24.

Tabela 24 - Comparação de 3 metodologias estimando porosidade total (P.T.) em todo perfil avaliado 0-50 cm.

P.T.	S.P.D.	M.P.D.	S.E.	M.E.	S.C.	M.C.	$\bar{m}$	CV%
Determ.	54,71	54,92	55,33	56,01	55,07	55,89	55,32	2,9
Picnom.	61,44	62,25	61,25	61,00	59,20	60,13	60,88	1,8
Tuk. 5%	ab	a	ab	ab	b	ab		
Calcul.	49,20	50,40	48,40	50,90	49,40	50,21	49,75	4,1

Observa-se um baixo C.V. na metodologia do Picnometro. O tratamento M.P.D. difere significativamente ao nível de 5% da S.C. Nas metodologias Picnometro e Calculada a comparação entre os blocos ou seja, as diferentes profundidades, mostrou diferença altamente significativa a 1%. Comparando as médias das diferentes metodologias obteve-se um C.V. que foi consistentemente superior ao de cada uma das metodologias isoladas. Assim, decidiu-se comparar as metodologias entre elas considerando blocos os tratamentos. As médias das metodologias, a média geral e o C.V. geral são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 - Comparação estatística de 3 metodologias de estimativa da porosidade total (P.T.) em todo perfil avaliado 0-50 cm.

	PICNOMETRO	DETERMINADA	CALCULADA	$\bar{m}$	C.V.
P.T. %	60,88	55,32	49,75	55,31	1,5
Tukey 1%	A	B	C		

Observa-se um C.V. muito baixo e diferenças altamente significativas a 1% entre as 3 metodologias comparadas. A respeito destas diferenças pode-se pensar em diferenças experimentais consistentes, uma vez que estas diferenças foram encontradas em todas as profundidades avaliadas. Esta consistência pode ser observada na Figura 48, onde são apresentadas a P.T. do Picnometro e a P.T. Calculada. Observa-se que as tendências das 2 determinações são consistentemente diferentes.

Porosidade Total

(22.03,0.7821)

Figura 48 - Comparação de 2 metodologias de Porosidade Total
- Pienometro e Calculada.

Conjecturando-se a respeito dos motivos destas diferenças pode-se pensar em erros experimentais ocorridos nas diferentes metodologias, e pode-se supor ainda que os erros das diferentes metodologias tenham tendências opostas e isto gera um afastamento significativo entre as diferentes metodologias. Sublinha-se que as 3 metodologias foram feitas utilizando as mesmas amostras volumétricas.

Na metodologia do Picnometro, aparentemente os erros podem-se originar por causa do que as amostras são avaliadas ao fim de uma larga caminhada pelas diferentes mesas de tensão e posteriormente pelas painéis de pressão e portanto os danos ocasionados no "manuseio" das amostras tenderiam a aumentar a porosidade total.

Na metodologia P.T. Calculada $\left(1 - \frac{\text{Dens. Solo}}{\text{Dens. Part.}}\right)$ os erros podem-se originar na determinação da densidade da partícula, que foi determinada com 30 amostras e apresentou uma média de 2,65 e um C.V. 1,6. Pode-se originar também, determinação da densidade do solo, a respeito do que não foi possível detectar nenhuma tendência errática nas determinações.

Na metodologia P.T. Determinada (Peso saturado - Peso seco) os erros aparentemente poderiam ter duas tendências opostas originadas em erros no Peso saturado, ou seja, deficit na saturação e excesso na saturação. A sobressaturação é motivada por água retida em espaços não porosos, empossada sobre a amostragem, situação esta que não lembra-se ter observado, ou água retida na parte de baixo pelo

efeito da gase a qual é difícil de ser observada. Na situação de erro por deficit de saturação os valores seriam inferiores aos de P.T. Calculada, supondo-se que esta metodologia estivesse correta. Contrariamente, se o erro fosse por excesso de saturação, os valores resultariam superiores aos de P.T. Calculada, o que de fato aconteceu.

Com objetivo de esclarecer este aspecto trabalhou-se com os valores de porosidade a 0,5 KPa, que sendo mínima, assegura uma boa uniformidade, eliminando os erros possíveis em excesso de água.

Na Tabela 26 apresentam-se as médias dos diferentes tratamentos da porosidade avaliada a 0,5 KPa e a média geral e C.V. para as 4 diferentes profundidades avaliadas, apresentando-se as diferenças estatisticamente significativas naquelas profundidades onde foram detectadas.

Tabela 26 - Retenção de água na tensão de 0,5 KPa em 4 profundidades 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30-50 cm.

PROFUNDIDADE cm	T R A T A M E N T O S							
	S.P.D.	M.P.D.	S.E.	M.E.	S.C.	M.C.	$\bar{m}$	CV%
0-10	53,95	53,35	52,58	53,15	54,25	53,48	53,46	4,5
10-20	49,65	50,83	54,63	52,55	52,43	50,80	51,81	3,8
Tuk. 5%	b	ab	a	ab	ab	ab		
20-30	50,93	52,58	53,35	51,70	51,48	52,35	52,06	3,0
30-50	52,53	53,73	56,05	53,75	52,93	54,13	53,85	2,4
Tuk. 5%	b	ab	a	ab	b	ab		

Observa-se C.V. baixos e diferenças significativas a 5% coincidentes em duas profundidades entre S.E. e S.P.D.. Salienda-se ainda, que os tratamentos com resultados significativos obtidos nesta avaliação de 0,5 KPa são pouco coincidentes com as outras metodologias.

As vantagens desta metodologia de não ter erros de sobresaturação assegurando uniformidade, sugerem-se que possa ser escolhida como uma boa opção ante a dúvida apresentada entre as diferentes metodologias. Uma outra observação que a favorece é a consistência apresentada nas duas profundidades com diferenças significativas entre tratamentos. Também favorece a esta metodologia que os erros possíveis originados pela pequena tensão, só afeta os poros maiores, os que poderiam considerar-se desprezível na situação do solo estudado.

Avaliou-se, além disto, a retenção de água a 0,5 KPa todo o perfil 0-50 considerando blocos a cada uma das 4 profundidades com sua média. Os dados são apresentados na Tabela 27.

Tabela 27 - Retenção de água na tensão de 0,5 KPa em todo perfil 0-50 cm.

DETERM.	S. P. D.	M. P. D.	S. E.	M. E.	S. C.	M. C.	$\bar{m}$	CV%
P. T.	51,77	52,62	54,15	52,79	52,77	52,69	52,80	2,6

Observa-se baixo C.V. e diferenças não significativas estatisticamente.

Em resumo foram feitas 20 determinações de P.T. sendo 4 metodologias diferentes e 4 profundidades diferentes, além da média do perfil completo 0-50 cm. Destas 20 determinações temos 13 que não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre tratamentos e 7 que apresentaram. Na Tabela 28 apresentam-se as 7 determinações com as letras diferentes indicando as diferenças estatisticamente significativas e seu nível de significância, no teste Tukey.

Tabela 28 - Comparação das diferenças significativas detectadas nas diferentes profundidades avaliadas e com as diferentes metodologias utilizadas como estimativa da porosidade total (P.T.).

METODOL.	PROF. cm.	T R A T A M E N T O S						NÍVEL DE SIGN. %
		S. P. D.	M. P. D.	S. E.	M. E.	S. C.	M. C.	
Calcul.	0-10			b			a	10
Determ.	10-20		b			a		5
0,5 KPa	10-20	b		a				5
Calcul.	30-50				a		b	5
Determ.	30-50				a	b		5
0,5 KPa	30-50	b		a		b		5
Picnom.	0-50		a			b		5

Nos espaços sem letras corresponde "ab", ou seja sem diferença significativa com as outras. Na comparação das letras "a" incluindo maior porosidade e letra "b" assinalado menor porosidade, observou-se bastante dificulda-

de em ressaltar diferenças marcadas entre tratamentos. Considerando as mesmas profundidades, pode-se salientar a coincidência de metodologias diferentes. Por exemplo, na profundidade de 30-50 cm, coincidem as letras "a" nas metodologias Calculada e Determinada, e a letra "b" nas metodologias Determinada e 0,5 KPa. Pelo contrário, temos outras profundidades nas quais as letras não coincidem nos mesmos tratamentos. Considerando os tratamentos, observa-se que 4 deles tem letras opostas em diferentes profundidades: M.P.D. - S.E. - S.C. - M.C.. Portanto, pode-se pensar que os efeitos "a" favoráveis em uma profundidade podem ser diminuído pelos efeitos "b" desfavoráveis de outras profundidades. Observando-se, em conjunto, os preparos convencionais S.C. - M.C. tem letra "a" nas camadas superiores e "b" nas inferiores, provavelmente, devido as suas características de preparo superficial. Contrariamente, os tratamentos com escarificador S.E. - M.E. tem letras "a" nas camadas de maior profundidade, possivelmente, causada pelas suas características de preparo mais profundo, embora levantando-se a dúvida se seu efeito pode atingir a 30-50 cm.

Observando o perfil completo 0-50 cm procurando integrar as diferenças entre as diferentes profundidades, só uma das metodologias apresentou diferenças, destacando-se M.P.D..

Por todos as considerações mencionadas, é difícil salientar alguma tendência consistente ou marcada entre tratamentos. Além disso lembra-se que em 13 outras

determinações não detectaram-se diferenças significativas. Poder-se-ia, no entanto, salientar o anteriormente comentado, que M.P.D. sobressaiu ao observar todo o perfil e também que o tratamento M.E. tem dois "a", e é o único que não apresenta nenhum "b". Pelo contrário, S.P.D. é o único tratamento que não apresenta nenhuma "a" e tem dois "b" em duas diferentes profundidades.

Comparando-se as metodologias novamente entre elas, incluindo agora 0,5 KPa e considerando blocos, aos 6 tratamentos, são apresentados na Tabela 29, as médias das 4 metodologias, média geral e o C.V. geral.

Tabela 29 - Comparação estatística das 4 metodologias utilizadas como estimativa da porosidade total (P.T.) em todo perfil avaliado 0-50 cm.

DETERM.	PICNOM.	DETERMINADA	0,5 KPa	CALCUL.	$\bar{m}$	CV
P.Total	60,88	55,32	52,80	49,75	54,69	1,6
Tukey 1%	A	B	C	D		

Observa-se C.V. muito baixo e diferenças altamente significativas a nível de 1% entre as 4 metodologias. Destaca-se uma tendência a diminuir a porosidade entre a P.T. Determinada e a P.T. 0,5 KPa, o que é a tendência esperada e explicável pela proporção de maiores poros de fácil drenagem. Além disso esta diferença reforça a consistência das duas metodologias. Contrariamente, o fato de que a P. 0,5 KPa seja superior a P.T. Calculada questiona esse valor

sugerindo um possível erro consistente, devido a que teoricamente a P.T. Calculada deveria ser maior que a P.T. 0,5 KPa. Além disso, poder-se-ia esperar que também fosse maior que a P.T. Determinada, se esta última metodologia não tivesse erros de sobresaturação.

4.6.2. Macro e Microporosidade

Segundo a metodologia descrita avaliaram-se a Microporosidade, através da água que fica nas amostras após estabelecido o equilíbrio na mesa de tensão a 6 KPa, e a Macroporosidade pela diferença entre a porosidade saturada ou total e a Microporosidade. Os dados, para as diferentes profundidades avaliadas são apresentados na Tabela 30, lembrando que as médias apresentadas, são as médias das 4 repetições para cada profundidade e cada tratamento. Apresentam-se também a média geral e o coeficiente de variação geral e teste de Tukey.

Tabela 31 - Macro e Microporosidade nas 4 profundidades avaliadas 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-50 cm e comparação estatística entre tratamentos.

PROF.	DETER.	T R A T A M E N T O S							
		S. P. D.	M. P. D.	S. E.	M. E.	S. C.	M. C.	$\bar{m}$	CV%
0-10	Micro	42,99	42,46	45,73	42,68	40,61	40,24	42,45	4,5
0-10	Tuk.5%	ab	ab	a	ab	b	b		
0-10	Macro	12,22	12,63	7,47	13,39	14,95	18,40	13,18	34,3
10-20	Micro	42,13	41,59	42,81	40,98	42,87	43,66	42,34	5,5
10-20	Macro	10,89	11,03	12,51	14,11	14,08	9,28	11,98	25,9
20-30	Micro	12,71	41,32	42,78	40,65	42,47	40,86	41,67	4,5
20-30	Macro	14,19	14,19	12,48	14,62	11,74	15,10	13,47	20,4
30-50	Micro	40,11	40,79	41,26	40,00	41,43	40,90	40,75	2,7
30-50	Macro	15,84	15,67	16,64	17,63	13,76	15,14	15,78	16,4

Observa-se, em primeiro termo os coeficientes de variação, salientando-se um C.V. muito baixo na Microporosidade e, em contraste médios a muito altos C.V. na Macroporosidade. Observa-se ainda que, os C.V. diminuem com a profundidade seja na Macro ou Micro porosidade, sugerindo uma influência do efeito do preparo do solo em aumentar o C.V. Observa-se também que, das 8 determinações apresentadas (4 profundidades x 2 porosidades), só uma, (Microporosidade 0-10 cm) apresenta diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, no qual os preparos convencionais S.C. e M.C., diferem ao nível 5% do tratamento S.E.. Observa-se também, uma tendência geral a aumentar a macroporosidade com o aumento da profundidade e diminuir a microporosidade.

dade com o aumento da profundidade. Esta tendência geral, embora com exceções, pode ser observada nas médias gerais e nos diferentes tratamentos.

Avaliou-se o perfil em geral (0-50 cm) considerando bloco a cada profundidade e usando as médias de cada bloco sem considerar suas repetições. Os dados das médias das 4 profundidades da macro e microporosidade, a média geral e o C.V. geral, são apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 - Macro e Micro porosidade em todo perfil avaliado a 0-50 cm.

DETERM.	T R A T A M E N T O S							
	S. P. D.	M. P. D.	S. E.	M. E.	S. C.	M. C.	$\bar{m}$	CV%
Micro	41,80	42,04	43,14	41,08	41,85	41,41	41,89	2,9
Macro	12,92	13,38	12,27	14,94	13,63	14,48	13,60	17,1

Observa-se, um muito baixo C.V. na microporosidade e C.V. médio para macroporosidade. A diminuição do C.V. é influenciada pelo fato de trabalhar somente com as médias de cada profundidade. Observa-se também, diferenças pequenas entre os tratamentos e não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. Nota-se também, uma maior proporção de microporos que de macroporos em todos os tratamentos.

Não foi detectada diferença significativa entre as diferentes profundidades em macro ou em microporosidade.

Uma vez que, pode-se observar uma aparente macroporosidade maior na cultura de milho, comparou-se as duas culturas considerando blocos os 3 preparos e repetições dentro dos blocos, as 4 profundidades. As diferenças apresentadas não foram significativas.

4.7. Água do Solo no Ciclo da Aveia

Levantou-se a umidade em porcentagem de volume usando a metodologia T.D.R., em 10 datas durante o ciclo da aveia preta. A Tabela 32 apresenta uma comparação das médias das 7 repetições de cada tratamento, avaliadas pelo teste Tukey em cada uma das datas. Apresenta-se também a média geral e o coeficiente de variação geral de cada data.

Tabela 32 - Umidade do solo expressa em % de volume avaliada em 7 diferentes datas do ciclo da aveia preta, e comparação de médias pelo teste Tukey.

DATA	DETER.	T R A T A M E N T O S						$\bar{m}$	CV%
		S. P. D.	M. P. D.	S. E.	M. E.	S. C.	M. C.		
30/06	$\bar{m}$	37,07	38,04	34,14	32,76	36,04	33	35,18	7%
	Tuk. 1%	AB	A	AB	B	AB	B		
	Tuk. 5%	ab	a	abc	bc	abc	bc		
17/07	$\bar{m}$	34,97	35,23	30,93	30,93	33,07	29,56	32,45	7,4
17/07	Tuk. 1%	A	A	AB	AB	AB	B		
17/07	Tuk. 5%	a	a	bc	bc	abc	c		
13/07	$\bar{m}$	35,01	34,34	30,17	30,66	32,86	29,37	32,07	7,4
	Tuk. 1%	A	AB	BC	ABC	ABC	C		
	Tuk. 5%	a	ab	bc	bc	abc	c		
25/07	$\bar{m}$	35,64	34,34	30,80	30,98	32,73	29,29	32,30	8,2
	Tuk. 1%	A	AB	AB	AB	AB	B		
	Tuk. 5%	a	ab	bc	bc	abc	c		
03/08	$\bar{m}$	42,20	43,11	38,90	38,51	40,72	39,31	40,46	8,5
11/08	$\bar{m}$	35,41	35,27	30,50	29,46	33,01	30,26	32,32	8,2
	Tuk. 1%	A	A	AB	B	AB	B		
	Tuk. 5%	a	a	b	b	ab	b		
22/09	$\bar{m}$	36,60	36,66	31,34	31,03	33,79	32,70	32,69	9,9
	Tuk. 5%	a	a	b	b	ab	ab		

As médias com letras diferentes embaixo, diferem no nível de significância expressado.

Observa-se na tabela apresentada que em 6 datas as médias tem diferenças significativas. Somente na data do 3/8, onde apresentam-se os valores mais altos de umidade, as médias dos tratamentos não diferem significativamente. Destaca-se também que em 5 datas, o nível de significância atinge a 1%. Portanto, as diferenças são marcadas e consis-

tentes. Em todas as datas os tratamentos com P.D. superam aos outros preparos. Com objetivo de integrar os dados de todo o ciclo de aveia, considerou-se cada data como um bloco e utilizando-se a média dessa data comparou-se os 6 tratamentos. Os resultados são apresentados na Tabela 33.

Tabela 33 - Comparação da umidade do solo expressa em % de volume, considerando todo o ciclo da aveia preta.

DETERMINAÇÃO		T R A T A M E N T O S							
		S. P. D.	M. P. D.	S. E.	M. E.	S. C.	M. C.	$\bar{m}$	CV%
$\bar{m}$		36,67	36,42	33,81	32,68	31,45	31,35	33,73	9,21
Tukey	1%	A	AB	AB	AB	B	B		
Tukey	5%	a	a	ab	ab	b	b		
Tukey	10%	a	a	ab	b	b	b		
CV%		6,1	7,8	11	8,7	10	12		3

Observando-se uma aparente influência da cultura da soja em aumentar a umidade, foi feita a comparação entre as 2 culturas, considerando blocos as datas e repetições os preparos, segundo o modelo proposto por VIEIRA & HOFFMANN (1989). Como resultado a diferença não foi significativa, embora foi sempre superior a umidade da soja, segundo apresenta a Figura 49, utilizando-se 9 datas na representação.

Na Figura 50 apresenta-se os gráficos da umidade dos 3 preparos, incluindo, portanto, em cada preparo, as médias das duas culturas, nas 10 datas avaliadas, embora

na data de 5 de setembro só se dispõe de dados dos preparos do milho.

A Tabela 34 mostra a comparação dos 3 sistemas de preparo usando a média das 2 culturas e considerando blocos as 9 datas, nas que se tem dados completos das 2 culturas.

Tabela 34 - Comparação estatística dos 3 sistemas de preparo da unidade do solo expressa em % volume considerando todo o ciclo da aveia preta.

DETERMINAÇÃO	P.D.	C	E	$\bar{m}$	C.V.%
% Volume	36,6	32,59	32,11	33,77	8,6
Tukey 1%	A	AB	B		
Tukey 5%	a	b	b		
C.V.%	6,7	8,7	11,2		

Observam-se as diferenças significativas ao nível de 5% entre plantio direto e os outros dois sistemas de preparo. Estas diferenças são consistentes em todo o ciclo da aveia segundo pode-se observar na Figura 50. Sublinha-se ainda que, ao nível de 1% de significância estatística os tratamentos P.D. e o Escarificador são diferentes.

Estas diferenças podem ser atribuídas portanto as características próprias de cada preparo, por exemplo, a maior cobertura do solo em P.D., o que diminui a evaporação direta do solo, gerando uma maior umidade através do tempo. Poder-se-ia conjecturar ainda, com referência a uma possível

diminuição do tamanho de uma certa quantidade de macroporos, pelo fato do maior adensamento no preparo com P.D., o que resulta em uma proporção maior de poros com capacidade de reter água. Nesta linha, poder-se-ia ainda sustenta-se, as diferenças observadas da maior umidade da soja. Estes aspectos serão abordados no próximo capítulo da discussão. Interessa agora sublinhar-se que, além das diferenças reais entre os tratamentos avaliados, é possível que a metodologia utilizada tenha permitido levantar essas diferenças. Assim, 9 datas diferentes durante o ciclo da aveia foram amostradas nos mesmos 7 locais não perturbados de avaliação em cada tratamento, através das 3 hastes de alumínio cravadas no solo até a profundidade de 15 cm, os quais permaneceram durante todo o ciclo da aveia. Este fato, diminuiu, possivelmente duas causas de variação: o erro experimental de cravar as hastes e a variabilidade espacial do solo dentro das parcelas, na medida que fixa-se essa variação, causando uma diminuição do coeficiente de variação. Observa-se que os coeficientes gerais são todos inferiores a 10%, considerado baixo segundo PIMENTEL GOMES (1985). Também destaca-se o tamanho das amostras de 15 cm e portanto sua representatividade. Mas, uma observação levantada nas análises estatísticas, é a diferença sempre significativa entre os blocos, ou seja, as datas de avaliação, influenciado pelas chuvas ocorridas no ciclo, as quais podem ser observadas nas Figuras 49 e 50.

Figura 49 - Curva de umidade no ciclo da aveia. Comparando soja e milho.

Figura 50 - Curva de umidade no ciclo da aveia. Comparand os 3 sistemas de preparo.

4.8. Infiltração com Permeametro

As medições feitas com permeametro foram utilizadas para o cálculo da infiltração. Os dados da infiltração, expressos em mm/h, medidas a 15 cm de profundidade, e com uma carga hidráulica de 6 cm no permeametro, são apresentados na Tabela 35. São apresentadas além da média geral, as médias correspondentes a 5 repetições e o coeficiente de variação geral.

Tabela 35 - Comparação estatística da infiltração com permeametro com 6 cm de carga hidráulica, expressa em mm/hora, avaliada a 15 cm de profundidade.

DETERM.	M. P. D.	M. E.	S. E.	S. P. D.	S. C.	M. C.	$\bar{m}$	CV%
mm/h	73,48	60,69	54,70	41,92	35,93	24,76	48,58	42,30
Tuk. 5%	a	ab	ab	ab	ab	b		
Tuk. 10%	a	ab	ab	ab	b	b		

Observa-se um muito alto coeficiente de variação. A 10% de significância estatística os tratamentos S.C. e M.C. diferenciam-se do tratamento M.P.D..

Os dados calculados de infiltração a 50 cm de profundidade e carga hidráulica de 6 cm são apresentadas na Tabela 36.

Tabela 36 - Comparação estatística da infiltração com permeametro com 6 cm de carga hidráulica, expressa em mm/hora, e avaliada a 50 cm de profundidade.

DETERM.	S.E.	S.P.D.	S.C.	M.P.D.	M.E.	M.C./	$\bar{m}$	CV%
mm/h	185,9	161,8	152,76	148,59	113,6	110,68	145,55	23%
Tuk. 5%	a	ab	ab	ab	b	b		

Observa-se um alto coeficiente de variação, embora menor que o observado nos 15 cm de profundidade. Os dados de infiltração média são aproximadamente 3 vezes maiores que os observados a 15 cm de profundidade, portanto considerando o perfil em geral a camada mais limitante é a superior a 15 cm.

Comparando-se os tratamentos M.C. diferenciou-se significativamente a nível 5% de S.E., coincidindo com a camada superior. Porém M.E. também diferenciou-se significativamente do S.E., contrastando o fato de ser o mesmo sistema de preparo. Porém nesta propriedade não há efeito do preparo.

Avaliou-se, em forma conjunta, as 2 profundidades, considerando blocos a cada uma das profundidades e 5 repetições dentro de cada bloco. As médias comparadas portanto, são as médias das 10 medições feitas em cada tratamento. Os dados são apresentados na Tabela 37.

Tabela 37 - Comparação estatística da infiltração com permeametro com 6 cm de carga hidráulica, expressa em mm/hora, e considerando as 2 profundidades avaliadas em forma conjunta 15 cm e 50 cm.

DETERM.	S.E.	M.P.D.	S.P.D.	S.C.	M.E.	M.C.	$\bar{m}$	CV%
mm/h	120,3	111,02	101,86	94,35	87,15	67,72	97,07	32,3
Tuk. 5%	a	a	ab	ab	ab	b		

Observa-se um coeficiente de variação muito alto, além de uma diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% dos S.E. e M.P.D. em comparação com M.C. que consistentemente foi o tratamento que apresentou menor infiltração nas duas profundidades avaliadas.

Utilizaram-se os dados levantados para o cálculo da condutividade hidráulica saturada de campo (Kfs) segundo a metodologia de Laplace sugerida por REYNOLDS & ELREICK (1987). Os valores expressos em m/dia na profundidade 15 cm não são apresentados na Tabela 38, com médias correspondentes a 5 repetições, média geral e o coeficiente de variação geral.

Tabela 38 - Comparação estatística da condutividade hidráulica saturada de campo (Kfs), expressa em m/dia e avaliada com permeametro na profundidade de 15 cm.

DETERM.	M.P.D.	M.E.	S.E.	S.P.D.	S.C.	M.C.	$\bar{m}$	CV%
m/dia	6,602	5,454	4,916	3,768	3,229	3,225	4,37	43,4
Tuk. 5%	a	ab	ab	ab	ab	b		
Tuk. 10%	a	ab	ab	ab	b	b		

Observa-se um coeficiente muito alto de variação, além de destacar que os dois tratamentos com preparo convencional (S.C. e M.C.) diferenciam-se significativamente a o nível de 10% do tratamento M.P.D..

Apresentam-se na Tabela 39 os valores de Kfs expressos em m/dia avaliados a 50 cm de profundidade.

Tabela 39 - Comparação estatística da condutividade hidráulica saturada do campo (Kfs) expressa em m/dia e avaliada com permeametro a 50 cm de profundidade.

DETERM.	M.P.D.	M.E.	S.E.	S.P.D.	S.C.	M.C.	$\bar{m}$	CV%
m/dia	16,71	14,54	13,73	13,35	10,21	9,95	13,08	23,3
Tuk. 5%	a	ab	ab	ab	b	b		

Observa-se um alto coeficiente de variação, além de se diferenciar significativamente ao nível de 5% o tratamento S.E. em comparação com M.P.D. e M.C.. Observa-se que M.P.D. na profundidade de 15 cm sobressaia pela sua maior condutividade. Já na profundidade de 50 cm, diferenciou-se pela baixa condutividade.

Avaliou-se as 2 profundidades 15 e 50 cm juntas, considerando bloco a cada uma delas e 5 repetições feitas em cada profundidade os dados das médias das 10 repetições e média geral e C.V. geral apresentam-se na Tabela 40.

Tabela 40 - Comparação estatística da condutividade hidráulica saturada do campo (Kfs) expressa em m/dia e avaliada com permeametro considerando as 2 profundidades em conjunto 15 cm e 50 cm.

DETERM.	M. P. D.	M. E.	S. E.	S. P. D.	S. C.	M. C.	$\bar{m}$	CV%
mm/h	10,81	9,40	9,15	8,48	8,40	6,08	8,72	29,1
Tuk. 5%	a	ab	ab	ab	ab	b		

Observa-se em alto coeficiente de variação e que S.E. diferenciou-se a 5% de significância estatística do tratamento M.C..

Destaca-se mais uma vez que em todas as determinações apresentadas, sejam infiltração ou Kfs, o tratamento M.C. diferenciou-se significativamente pelos seus baixos valores. Contrariamente, os tratamentos que diferenciam-se pelos seus altos valores foram variando segundo a determinação feita e as profundidades, entre os tratamentos - S.E. e M.P.D.

4.9. Infiltração com Simulador de Chuva

Com o microsimulador de chuva "tipo gota" levantou-se a informação que apresenta-se na Tabela 41 sendo que as médias resultam das 3 repetições feitas em cada uma das 2 chuvas aplicadas por tratamento.

Tabela 41 - Dados das aplicações de chuva simulada, apresentando cobertura do solo expressa em porcentagem, número de chuva, umidade inicial e final expressa em % de volume e intensidade das chuvas aplicadas e infiltração expressas em mm/hora.

TRATA- MENTO	COBERT. SOLO %	Nº DE CHUVA	UM. I. % VOL.	INTENS. mm/h	INFILTRAÇÃO		UM. F. % VOL.
					mm/h	%	
S. P. D.	68,0	1	59,8	60,7	52,3	86,0	59,8
S. P. D.	68,0	2	-	60,7	49,4	81,3	-
S. E.	51,0	1	61,8	63,5	41,0	64,6	63,4
S. E.	51,0	2	62,7	61,5	34,7	56,4	61,8
S. C.	43,9	1	54,5	59,3	39,9	67,2	55,7
S. C.	43,9	2	55,7	61,5	34,8	48,2	56,7
M. P. D.	65,1	1	54,3	62,0	41,8	67,6	58,7
M. P. D.	65,1	2	59,8	60,7	28,4	47,0	60,4
M. E.	52,5	1	53,7	60,0	43,5	72,4	57,1
M. E.	52,5	2	57,1	63,0	36,0	45,3	59,2
M. C.	44,3	1	52,1	62,0	39,5	63,8	53,9
M. C.	44,3	2	53,2	61,3	33,4	44,5	54,7
m	54,1		56,8	61,3	39,6	62,0	58,3

Uma primeira observação geral, considerando que o equipamento foi utilizado pela primeira vez, é sublinhar seu bom desempenho, na medida que obtem-se uma média de intensidade de 61,3 mm/h muito próxima da procurada 60 mm/h e um coeficiente de variação de 3% nas 36 chuvas aplicadas.

Uma outra observação geral é sublinhar que as condições testadas foram "bastante extremas" sendo que as 2 chuvas, consideradas em conjunto tem erosividade comparável

às chuvas extremas de 5 anos em Campinas, segundo foi documentado na metodologia. Além disso, as condições de umidade do solo são "praticamente de saturação" segundo pode-se observar na Tabela 41, pelas altas porcentagem de umidade e pela pequena diferença entre a média da umidade inicial e final.

Com relação a cobertura do solo segundo o esperado, é maior no preparo do sistema Plantio Direto, intermediária em escarificador e menor em convencional embora possivelmente a diferença entre os preparos foi diminuída pelo estágio do ciclo da aveia.

Com referência a infiltração pode-se observar que todas as 1^{as} chuvas superam a média, e as 2^{as} chuvas estão abaixo da média, com a única exceção da S.P.D. que sobressaiu-se aos outros tratamentos.

Os dados levantados de infiltração foram ajustados pela equação de KOSTIAKOV (1932). Os parâmetros da equação $I = a t^b$ e o coeficiente de determinação com a média das 3 repetições de cada chuva são apresentados na Tabela 42.

Tabela 42 - Parâmetros de ajuste da equação KOSTIAKOV (1932)

$$I = a t^b$$
 para infiltração da 1ª e 2ª chuva.

TRATAMENTO	1ª CHUVA			2ª CHUVA		
	a	b	R ²	a	b	R ²
M.C.	71,75	-0,1382	0,9631	74,58	-0,2514	0,9857
M.E.	66,85	-0,1012	0,9722	79,21	-0,2542	0,9942
M.P.D.	72,55	-0,1288	0,9475	68,01	-0,2195	0,9868
S.C.	80,68	-0,1446	0,8345	87,30	-0,2681	0,9578
S.E.	81,27	-0,1683	0,8629	81,03	-0,2015	0,9348
S.P.D.	67,44	-0,0538	0,8750	66,74	-0,0733	0,9170
m			0,9092			0,9627

Observa-se que o ajuste do modelo da equação é bom, na medida que os coeficientes de determinação R^2 são altos em geral e os mais baixos são aceitáveis. Foi também experimentado o modelo de PHILIP (1957), apresentando menores coeficientes de ajuste. Com estes dados, experimentou-se comparar estatisticamente os parâmetros "a" e "b" da equação utilizando as repetições. Porém, as médias não apresentaram diferenças entre tratamentos mesmo a 10% de significância.

Utilizando-se a equação citada calculou-se a infiltração final aos 60 minutos para cada repetição dos diferentes tratamentos e este dado expresso em mm/h foi utilizado para comparar os diferentes tratamentos. A análise de variância foi feita com blocos ao acaso com repetições (VIEIRA & HOFFMANN, 1989) considerando blocos a 1ª e 2ª chuva e as 3 repetições feitas em cada chuva os dados das

médias ajustadas das duas chuvas juntas de cada tratamento, incluindo a média geral e o coeficiente de variação geral mostradas na Tabela 43.

Tabela 43 - Comparação estatística da infiltração das 1^{as} e 2^{as} chuvas juntas expressas em mm 2 chuvas.

TRATAMENTO	S.P.D.	S.E.	S.C.	M.E.	M.P.D.	M.C.	$\bar{m}$	C.V.
mm/2h	103,6	75,3	73,8	72,6	70,6	67,3	77,2	25,9
Tukey 5%	a	ab	ab	ab	ab	b		

Observa-se que ao nível de 5% de significância são diferentes pelo teste de Tukey, S.P.D. e M.C.. Destaca-se também o alto coeficiente de variação típico das propriedades do solo onde participa a água em movimento (PIMENTEL GOMES, 1984). Por esta razão foi aceito na análise da variância um nível de significância de 10%. Considerou-se que a 5% não foi significativo por uma pequena diferença. A comparação entre blocos foi altamente significativa ao nível de 1% confirmando as diferenças grandes entre as 2 chuvas ou seja, 1^a e 2^a chuva.

A análise de variância da interação bloco-tratamento, não apresentou diferença significativas, o que permitiu avaliar os dois blocos em conjunto da maneira em que foi apresentado. Também analisaram-se cada chuva em forma separada sendo que a 1^a chuva não apresentou diferenças entre tratamentos, sublinhando mais uma vez a necessidade de

extremas condições para poder diferenciar os manejos. Os dados das médias comparadas da 2ª chuva são apresentados na Tabela 44 com a média e o C.V. geral.

Tabela 44 - Comparação estatística da infiltração da 2ª chuva expressa em mm/hora.

TRATAMENTO	S.P.D.	S.E.	S.C.	M.P.D.	M.E.	M.C.	$\bar{m}$	C.V.
mm/h	51,8	36,8	31,4	30,1	28,4	26,5	34,2	28,5
Tukey 10%	a	ab	ab	ab	b	b		

Observa-se que foi necessário 10% de significância estatística para poder diferenciar tratamentos, possivelmente por causa do alto coeficiente de variação da infiltração que estima-se que esteja muito influenciado pela variabilidade espacial desta propriedade.

Observou-se uma tendência de que os tratamentos da cultura da soja apresentam valores mais altos de infiltração, comparou-se as duas culturas entre elas considerando 12 blocos (2 chuvas x 3 sistemas de preparo) e 3 repetições de chuvas dentro de cada bloco. A comparação não foi significativa mesmo ao nível de 10%.

Comparou-se também os 3 sistemas de preparo entre eles com 4 blocos (2 culturas x 2 chuvas) e 3 repetições de chuva dentro de cada bloco. A comparação não foi significativa mesmo a nível de 10%.

Utilizando-se a equação mencionada (KOSTIAKOV, 1932), e os dados e foram plotados os gráficos das médias das três repetições de cada tratamento e apresentaram-se em forma separada a 1^a chuva da 2^a. Nas Figuras, a seguir apresenta-se a infiltração acumulada, expressa em mm/h, através do tempo (60 minutos) que duraram as aplicações das chuvas simuladas.

Figura 51 - Curvas de infiltração da 1^a e 2^a chuva, sendo média de 3 repetições, do tratamento S.P.D..

Figura 52 - Curvas de infiltração da 1ª e 2ª chuva, sendo média de 3 repetições, do tratamento M.P.D..

Figura 53 - Curvas de infiltração da 1ª e 2ª chuva, sendo média de 3 repetições, do tratamento S.E..

Figura 54 - Curvas de infiltração da 1^a e 2^a chuva, sendo média de 3 repetições, do tratamento M.E..

Figura 55 - Curvas de infiltração da 1ª e 2ª chuva, sendo média de 3 repetições, do tratamento S.C..

Figura 58 - Curvas de infiltração da 1^a e 2^a chuva, sendo média de 3 repetições, do tratamento M.C..

Observando os gráficos apresentados, um primeiro comentário geral é que o modelo da equação apresenta um bom ajuste com os dados. Isto é mais notório após 20 minutos de aplicação de chuva. Esta observação visual complementa o anteriormente comentado sobre os altos coeficientes de determinação.

Uma segunda observação geral é que cada gráfico tem uma tendência a estabilizar-se, ou seja ficar "bastante horizontal" a partir dos 30 minutos aproximadamente. Esta observação reforça a validade do parâmetro utilizado na comparação estatística, que foi a infiltração ajustada pela equação aos 60 minutos como indicador de infiltração em equilíbrio ou estabilizada. Observando portanto, os gráficos na segunda parte ou seja, a partir dos 30 minutos podemos destacar que, comparando visualmente os tratamentos, sobressai marcadamente a S.P.D., como já foi visto nas comparações numéricas, seguido de S.E. e em último convencional ou seja com menor infiltração o M.C..

Uma outra observação coincidente com os resultados numéricos é a diferença marcada entre a 1^a e 2^a chuva, destacando-se que embora em cada chuva o gráfico atinge um equilíbrio aproximado após os 30 minutos, o nível da infiltração da segunda chuva é sempre inferior e em alguns tratamentos a diferença é muito marcada. Lembra-se que em termos de tempo a diferença entre o fim da primeira chuva e o começo da segunda é de 30 minutos aproximadamente, tempo necessário para reabastecer e calibrar novamente o simulador de chuva.

Diferenças entre a 1^a e 2^a chuva, foram detectadas em todas as comparações dando diferenças altamente significativas.

Observando-se que essa diferença entre a 1^a e 2^a chuva comportam-se diferentemente nos distintos tratamentos, decidiu-se comparar estatisticamente essas diferenças. Trabalhou-se com as porcentagens de infiltração de cada uma das repetições e tirou-se a diferença entre a 1^a e 2^a chuva. Essas diferenças expressas em porcentagem são analisadas e os resultados apresentados na Tabela 45, sendo que cada uma das 3 repetições foi considerado como bloco. Apresenta-se também a média geral e o coeficiente de variação geral.

Tabela 45 - Comparação estatística da diferença em porcentagem entre a 1^a e 2^a chuva aplicada.

	S.P.D.	S.E.	S.C.	M.C.	M.P.D.	M.E.	$\bar{m}$	CV%
%	4,7	8,27	19,03	19,23	20,54	27,07	16,48	42,6
Tukey 5%	a	ab	ab	ab	ab	b		
Tukey 10%	a	ab	ab	ab	b	b		

Destaca-se que, coincidindo com o observado visualmente nos gráficos, detectaram-se diferenças significativas no comportamento dos tratamentos, sobressaindo novamente S.P.D. com menor variação, e sendo M.E. o tratamento que mais varia entre as duas chuvas. Destaca-se também o muito alto coeficiente de variação geral. Apresenta-se na Figura 57, para ilustrar melhor o exposto a 1^a repetição de

M.E. que é de todas as repetições a que maior diferença (43%) tem entre a infiltração da 1^a e 2^a chuva.

Milho Escarificador

1^a repetição

Figura 57 - Curvas de infiltração da 1- e 2- chuva do tratamento M.E..

A cerca destes dados, podem-se fazer algumas conjecturas. Em primeiro lugar, sublinhar que aparentemente este diferente comportamento, poderia ser a principal causa de diferenças entre tratamentos, considerando que na 1^a chuva não detectaram-se diferenças entre tratamentos. Com respeito às causas de diferenças no comportamento, pode-se conjecturar que é devido ao encrostramento da superfície do solo, por causa da primeira chuva, influenciando diferencialmente na segunda chuva. Uma outra causa de diferença poderia ser as variações no micro-relevo da superfície, fator este que não foi avaliado. Um outro fator, pode estar ligado aos fenômenos de histeresis que acontecem entre o começo da drenagem ao terminar a primeira chuva e o novo começo da infiltração ao início da 2^a chuva. É possível de pensar-se em bolhas de ar preso, e partículas de solo desagregado possam que modificar significativamente a condutividade dos poros. Segundo BAYER *et alii* (1973) com a introdução da fase aérea no sistema poroso, a equação de fluxo deve modificar-se, pois a porosidade disponível para o movimento da água não é equivalente a porosidade total. A micro declividade da parcela coletora é um outro fator que pode influenciar e além a variabilidade espacial da parcela de cada tratamento. Possivelmente uma combinação de todos estes fatores, mais alguns não detectados, influenciam no comportamento tão diferente entre os tratamentos, comparando a 1^a e a 2^a chuva.

Observando-se uma tendência mais marcada na 2^a chuva de maior infiltração na cultura da soja, decidiu-se

comparar as culturas só na 2ª chuva, considerando blocos os 3 sistemas de preparo e repetições as 3 chuvas, na Tabela 46 apresentam-se as médias das culturas e a média geral e coeficiente de variação geral.

Tabela 46 - Comparação estatística das 2 culturas, soja e milho, na infiltração da 2ª chuva cada, expressa em mm/h.

INFILTRAÇÃO	SOJA	MILHO	$\bar{m}$	CV%
mm/h	40,02	28,3	34,16	28,5
Tukey 5%	a	b		

Destaca-se a diferença estatística significativa ao nível 5% entre as duas culturas, o alto coeficiente de variação, e também que não resultou diferença significativa entre blocos, ou seja entre os 3 sistemas de preparo mesmo a 10% de significância estatística.

Analisando-se este resultado, conjecturou-se com referência a uma chuva natural importante acontecida durante as medições dos tratamentos da cultura da soja e antes do começo do milho. Este fato, o que exigiu um ajuste na quantidade de água acrescentada com regador manual antes do começo das chuvas simuladas segundo foi explicado na metodologia. Portanto, só o ajuste feito poderia estar influenciando nas diferenças entre as 2 culturas.

Apresentam-se na Tabela 47, as médias das umidades inicial e final até 15 cm de profundidade.

Tabela 47 - Umidade inicial, umidade final e diferença de umidade expressas em % de volume, das 1^{as} e 2^{as} chuvas aplicadas na soja e milho.

	UMIDADE INICIAL	UMIDADE FINAL	DIFERENÇA DE UMIDADE
1 ^a chuva soja	58,7	59,6	0,9
1 ^a chuva milho	53,4	56,6	3,2
2 ^a chuva soja	59,5	58,9	-0,6
2 ^a chuva milho	56,7	58,1	1,4

Observa-se que as umidades ao começo da 2^a chuva são maiores na soja e a diferença entre inicial e final são menores, o que aparentemente nega a dúvida apresentada. Em termos gerais, todas as chuvas estiveram perto da saturação. Uma terceira observação que diminuisse a dúvida apresentada é que as diferenças importantes entre tratamentos apresentaram-se na 2^a chuva e portanto a 1^a chuva deveria "apagar" as pequenas diferenças ou erros experimentais que podem ter acontecido ao começo da 1^a chuva.

A diferença negativa da soja na 2^a chuva entre umidade inicial e final, poderia explicar-se em erro experimental, originado na demora em medir a umidade ao fim da 2^a chuva. Destacando-se que, devido a alta sensibilidade do equipamento T.D.R. e a rapidez do primeiro momento de drenagem, demoras de 1-5 minutos na medição poderiam explicar essa diferença.

Pelo dito, descontando-se a possibilidade de que essa diferença entre culturas, ser causada pelos erros experimentais, poder-se-ia conjuturar nas causas dessas diferenças, que poder-se-iam motivar um comportamento diferente dos aspectos anteriormente comentados de diferenças de superfície, encrostramento e microrelevo. Também poderia-se conjecturar em uma diferente exploração do sistema radicular das duas culturas, influenciadas ainda pela distância entre sulco, também diferente entre culturas. Lembrando que as avaliações, foram feitas sobre a cultura de aveia preta, poderia conjecturar-se num crescimento diferencial radicular dessa cultura, favorecida pelo maior aporte nitrogenado da cultura da soja. Ainda observando que as maiores diferenças apresentam-se no sistema de P.D. poderia-se conjecturar sobre uma diferença na decomposição da massa radicular da soja, favorecida pela mais estreita relação C/N, o que geraria "tubulações biológicas" e macroporos de maior efeito na conductividade em comparação com a decomposição mais lenta do milho, que ao momento das avaliações livraria menor porosidade disponível para a condução da água.

Destaca-se como muito possível, que sejam uma conjunção de fatores que, em definitivo, determinariam o comportamento favorável da infiltração na cultura da soja. Porém, supondo que o que comanda o processo seja a maior velocidade de decomposição das raízes da soja livrando macroporosidade útil para a condução, resultaria, no entanto, que poderia acontecer, que transcorridos um maior

período de tempo, a resposta poderia se modificar pela decomposição das raízes do milho.

A respeito da infiltração comparativa dos 3 sistemas de preparos embora não se tenha detectado diferenças estatisticamente significativas, é interessante analisar a sua tendência. As médias apresentadas na Tabela 48 correspondem às duas chuvas, em conjunto, expressas em mm/2h. Apresentam-se também a média geral e o coeficiente de variação geral.

Tabela 48 - Infiltração das duas chuvas em conjunto expresso em mm/2h nos 3 sistemas.

	P.D.	E	C	$\bar{m}$	CV%
mm/2h	87,1	74	70,5	77,2	27,7

Observa-se que o sistema de P.D. é o único que supera a média, pelo contrário E e C encontram-se embaixo da média.

4.10. Sedimento com Simulador de Chuva

O sedimento gerado pela chuva simulada foi avaliado segundo a metodologia descrita. Os dados de sedimento expressos em kg/ha são apresentados na Tabela 49, comparando os tratamentos entre eles. Apresentam-se os dados das médias das 3 repetições da 1^a chuva, a média geral e o coeficiente de variação.

Tabela 49 - Comparação estatística do sedimento de cada tratamento expresso em kg/ha, originado pela 1^a chuva aplicada.

DETERM.	S. P. D.	M. P. D.	M. E.	S. C.	S. E.	M. C.	$\bar{m}$	CV%
kg/ha	11,3	77,6	118,8	134,6	172,2	198,7	118,88	42,3
Tukey 1%	A	AB	AB	AB	AB	B		
Tukey 5%	a	ab	ab	ab	b	b		
Tukey 10%	a	ab	abc	bc	bc	c		

Observa-se em primeiro lugar que os tratamentos de P.D. estão abaixo da média, e os outros preparos estão acima da média. Destaca-se também, o muito alto coeficiente de variação, o que estaria indicando a conveniência de utilizar níveis de significância estatística mais altos (10%), além de considerar o pequeno número (3) de repetições (PIMENTEL GOMES, 1985). Na comparação estatística observa-se que S.P.D. diferenciou-se significativamente ao nível de 10% de S.C., S.E. e M.C.

Comparou-se também os tratamentos em forma isolada na 2^a chuva, utilizando as 3 repetições com o mesmo delineamento anterior inteiramente casualizado. Os resultados são apresentados na Tabela 50:

Tabela 50 - Comparação estatística do sedimento de cada tratamento expresso em kg/ha, originado pela 2ª chuva aplicada.

DETERM.	S. P. D.	M. P. D.	M. E.	S. C.	S. E.	M. C.	$\bar{m}$	CV%
kg/h	18,4	71	124,1	189,8	245,2	284,7	155,51	38,9
Tukey 1%	A	A	AB	AB	AB	B		
Tukey 5%	a	a	ab	ab	b	b		

Observa-se que os 2 tratamentos com P.D. diferenciam-se significativamente ao nível de 5% do M.C. e S.E., o coeficiente de variação é muito alto, e o ordenamento dos tratamentos com sistemas C e E alterou-se com respeito a 1ª chuva e os valores kg/ha de sedimento, aumentaram como era de se esperar.

Comparou-se, além disso, as 2 chuvas juntas considerando blocos a cada chuva e repetições dentro do bloco as 3 repetições. As comparações das médias foram feitas com o sedimento kg/ha, sendo a média das 2 chuvas. Porém, os dados apresentados representam a totalidade do sedimento perdido em cada tratamento. Na Tabela 51, apresentam-se os tratamentos e a média geral e o coeficiente geral de variação.

Tabela 51 - Comparação estatística do sedimento expresso em kg/ha, originado pela 1ª e 2ª chuva em conjunto.

DETERM.	S. P. D.	M. P. D.	M. E.	S. C.	S. E.	M. C.	$\bar{m}$	CV%
kg/h	29,77	148,6	296,3	324,4	403,5	443,9	274,4	40,6
Tuk. 1%	A	AB	BC	BC	C	C		

Observa-se que o tratamento S.P.D. difere significativamente ao nível 1% dos outros tratamentos com exceção do M.P.D. Observa-se o muito alto coeficiente de variação. Salienta-se que na comparação entre os blocos 1^a e 2^a chuva não apresentou diferenças estatisticamente significativas e da interação tratamentos-blocos tão pouco resultou significativa.

Analisando-se os 3 sistemas de preparo, considerando-se 4 blocos (2 chuvas x 2 culturas) e 3 repetições dentro de cada bloco, as médias comparadas são a média da 1^a e a 2^a chuva. Na Tabela 52 apresentam-se a soma das 2 chuvas e apresentam-se também a porcentagem da cobertura do solo.

Tabela 52 - Comparação estatística do sedimento nos 3 sistemas de preparo, expresso em kg/ha originado pela 1^a e 2^a chuva em conjunto, a porcentagem de cobertura do solo.

	P.D.	E	C	$\bar{m}$	CV%
kg/h	89,1	349,9	384,2	274,4	38
Tukey 1%	A	B	B		
Cobertura %	67	52	44		

Observa-se uma diferença altamente significativa ao nível de 1% entre P.D. e os outros preparos.

Observam-se uma marcada tendência a aumentar a perda do solo na medida que diminui a cobertura do solo. Esta tendência é apresentada na Figura 58.

Figura 58 - Sedimento, expresso em kg/ha em relação a % de cobertura do solo.

Comparam-se as 2 culturas considerando 6 blocos (3 sistema de preparo x 2 chuvas) e as 3 repetições dentro de cada bloco.

Na Tabela 53 apresentam-se as médias correspondentes a cada cultura somando-se as perdas das 2 chuvas juntas.

Tabela 53 - Comparação estatística do sedimento nas culturas soja e milho expresso em kg/ha originado pelas duas chuvas em conjunto.

	SOJA	MILHO	$\bar{m}$	CV%
kg/ha	216,8	332	274,4	40,6
Tukey 1%	A	B		

Observa-se uma diferença altamente significativa ao nível de 1% entre as perdas do solo das 2 culturas, e um C.V. muito alto.

4.11. Curvas Características do Conteúdo de Água

As amostras volumétricas foram avaliadas pela metodologia anteriormente descrita e as curvas características ajustadas pela equação de VAN GENUCHTEN & NIELSEN (1985).

Os parâmetros da equação foram comparadas estatisticamente entre os tratamentos, além comparar-se a umidade residual (θ_R) sendo estimado pela umidade a 1.500 KPa e também porosidade disponível, sendo a diferença entre a umidade de saturação (θ_S) e umidade residual (θ_R). Nas Tabelas a seguir apresentam-se os dados dos parâmetros da equação, e de umidade mencionada apresentando-se as médias de 4 profundidades avaliadas e a comparação estatística entre os tratamentos.

Nas Tabelas 54, 55, 56 e 57, as profundidades são respectivamente (0-10 cm) - (10-20 cm) (20-30 cm) e

(30-50 cm) e (30-50 cm) apresentou em todas elas os seguintes dados: Parâmetro Apha (α), Coeficiente (n) e (m) umidade residual (θ_R) e umidade de saturação (θ_S) da equação VAN GENUCHTEN & NIELSEN (1985) porosidade disponível ($\theta_S - \theta_R$) média geral $\bar{m}$, Coeficiente de Variação C.V. e coeficiente de determinação R^2 de ajuste das curvas características e teste Tukey de comparação de médias.

Tabela 54 - Parâmetros e determinações das curvas características a 0-10 cm.

DETERM.	T R A T A M E N T O S							CV%
	S.P.D.	M.P.D.	S.E.	M.E.	S.C.	M.C.	$\bar{m}$	
θ_R	28,92	27,06	32,23	24,52	27,77	25,65	27,69	7,0
θ_R -T.* 5%	ab	a	b	a	a	a		
α	1,94	1,41	1,66	1,91	2,51	2,19	1,94	45,2
n-coef.	1,21	1,16	2,42	0,84	0,72	0,62	1,16	42,3
n T*.5%	b	b	a	b	b	b		
m-coef.	0,79	0,92	0,60	0,75	0,90	1,05	0,84	19,8
m T*. 5%	ab	ab	b	ab	ab	a		
P.D.**	26,28	28,03	20,96	31,55	27,79	33,00	27,94	13,4
P.D.** T. 1%	AB	AB	B	AB	AB	A		
R^2	0,94	0,95	0,94	0,95	0,94	0,91		

* T. = Tukey

** P.D. = Porosidade Disponível ($\theta_S - \theta_R$)

Observam-se C.V. muito alto no parâmetro α e n , alto em m , baixo em umidade residual e médio em porosidade disponível. Em 4 determinações há diferenças significativas entre tratamentos. Na comparação da porosidade disponí-

vel, que inclui os poros livres de água e os de água disponível, o tratamento M.C. diferencia-se ao nível 1% de S.E.

Os altos coeficientes de determinação R^2 salientam um bom ajuste do modelo utilizado.

Tabela 55 - Parâmetros e determinações das curvas características na profundidade 10-20 cm.

DETERM.	T R A T A M E N T O S							
	S.P.D.	M.P.D.	S.E.	M.E.	S.C.	M.C.	$\bar{m}$	CV%
θ_R	27,64	27,82	31,55	25,90	26,88	24,70	27,42	11,1
α	1,13	1,56	2,11	1,80	2,27	1,51	1,73	51,7
n-coef.	1,06	0,85	1,60	0,76	1,29	0,90	1,08	59,8
m-coef.	0,90	0,89	0,96	0,94	0,76	0,73	0,86	27,6
PD.*	25,38	24,80	23,77	29,15	30,07	28,23	26,09	11,8
R^2	0,88	0,95	0,94	0,97	0,90	0,93		

* PD. = Porosidade Disponível ($\theta_S - \theta_R$).

Observam-se C.V. médio em unidade residual e porosidade disponível, altas "m" e muito alto em " α " e "n", também observam-se altos coeficientes de determinação R^2 . Não detectaram-se diferenças estatisticamente significativas entre tratamentos.

Tabela 56 - Parâmetros e determinações das curvas características na profundidade 20-30 cm.

DETERM.	T R A T A M E N T O S							
	S. P. D.	M. P. D.	S. E.	M. E.	S. C.	M. C.	$\bar{m}$	CV%
eR	23,27	22,48	26,64	23,70	28,84	26,90	25,31	12,1
α	1,00	1,41	1,67	1,46	2,21	2,01	1,63	65,5
n-coef.	0,43	0,62	0,68	0,52	1,18	0,65	0,68	44,8
n T.* 5%	b	ab	ab	ab	a	ab		
m-coef.	0,91	0,90	0,93	0,94	0,74	1,24	0,94	34,1
PD.**	31,40	33,03	28,61	31,56	25,37	29,05	29,84	12,3
R ²	0,82	0,93	0,88	0,96	0,95	0,91		

* T. = Tukey.

** PD. = Porosidade Disponível (eS-eR).

Observam-se C.V. média em unidade residual e porosidade disponível e muito alto nos parâmetros " α ", "n" e "m", observou-se coeficientes altos de determinação e diferenças estatisticamente significativa a 5% no parâmetro "n" entre os tratamentos S.C. e S.P.D..

Tabela 57 - Parâmetros e determinações das curvas características na profundidade 30-50 cm.

DETERM.	T R A T A M E N T O S							CV%
	S.P.D.	M.P.D.	S.E.	M.E.	S.C.	M.C.	$\bar{m}$	
θR	24,93	24,09	28,25	21,99	24,83	27,30	25,23	6,7
$\theta R - T^* 5\%$	ab	a	b	a	ab	ab		
α	2,74	2,20	2,02	2,09	1,98	3,04	2,35	32,6
n-coef.	0,72	0,83	1,45	0,66	0,64	0,86	0,86	32,1
n $T^* 5\%$	b	b	a	b	b	ab		
m-coef.	0,82	0,82	1,07	0,89	0,75	0,75	0,85	19,7
P.D.**	31,02	32,37	29,26	35,63	28,79	28,73	30,97	6,0
P.D. $T^* 1\%$	b	ab	b	a	b	b		
R^2	0,91	0,94	0,96	0,96	0,91	0,96		

* T. = Tukey

** P.D. = Porosidade Disponível

Observam-se C.V. baixo em umidade residual e porosidade disponível, C.V. média em "m" e muito alto em " α " e "n". Também coeficientes de determinação R^2 altos, e diferenças significativas a 5% em porosidade disponível, umidade residual e "n". A porosidade disponível no tratamento M.E. diferenciou-se significativamente de S.E., S.P.D., S.C. e M.C.. Em umidade residual os tratamentos M.E. e M.P.D. diferenciam-se significativamente de S.E..

Fazendo um resumo das observações feitas nas 4 profundidades, destaca-se que o parâmetro " α " não apresentou diferenças estatísticas significativas em nenhuma profundidade, o coeficiente "m" em uma e o "n" em 3 profundidades, porém ressaltou com pouca consistência nas diferentes pro-

fundidades. Pelo dito, escolheu-se trabalhar com as curvas características completas, que serão apresentadas mais adiante.

Selecionaram-se a porosidade disponível e a umidade residual para unificar o perfil avaliado considerando blocos a cada profundidade e utilizou-se somente a média do bloco na análise. Os dados das médias dos tratamentos do perfil completo são apresentados na Tabela 58.

Tabela 58 - Umidade residual (θ_R), porosidade disponível ($\theta_S - \theta_R$) em todo o avaliado 0-50 cm.

DETERM.	S. P. D.	M. P. D.	M. E.	S. C.	S. E.	M. C.	$\bar{m}$	CV%
θ_R	26,19	25,36	29,67	24,03	27,08	26,14	26,41	6,9
Tuk. 5%	ab	a	b	a	ab	ab		
P. Dis.	28,52	29,56	25,65	31,98	32,28	32,70	30,12 ^c	11,1

Observa-se um baixo C.V. na umidade residual e diferenças significativas a 5% entre M.E., M.P.D. e o tratamento S.E.. Na porosidade disponível não detectaram-se diferenças significativas e um C.V. médio. Observa-se no entanto que os tratamentos M.C., S.C. e M.E. superam a média e os outros 3 estão embaixo dela.

A respeito da umidade residual isolada, é difícil dar uma interpretação agrônômica certa, razão porque decidiu-se não apresentá-la no resumo de resultados.

Em continuação apresentam-se as figuras com as curvas características e respectivas chuvas ajustadas,

correspondentes aos dados das profundidades 0-10 cm e 10-20 cm em conjunto, na ordem seguinte: Figura 59 - S.P.D.; Figura 60 - M.P.D.; Figura 61 - S.E.; Figura 62 - S.C.; Figura 63 - M.C.; Figura 64 - M.C..

Figura 59 - Curva característica da profundidade 0-20 cm do tratamento S.P.D..

Figura 60 - Curva característica da profundidade 0-20 cm do tratamento M.P.D..

Figura 61 - Curva característica da profundidade 0-20 cm do tratamento S.E..

Figura 62 - Curva característica da profundidade 0-20 cm do tratamento M.E..

Figura 63 - Curva característica da profundidade 0-20 cm do tratamento S.C..

Figura 64 - Curva característica da profundidade 0-20 cm do tratamento M.C..

Observando as curvas destaca-se que são muito parecidas entre elas, confirmando as avaliações numéricas anteriormente apresentadas, onde detectaram-se poucas diferenças entre tratamentos.

Comparando as curvas S.P.D. e S.E. Figuras 59 e 61, salienta-se uma total coincidência na parte superior da curva, e na parte inferior de poros maiores apresenta uma diferença pequena de maior porosidade a S.E.. Comparando S.E. e S.C, Figuras 61 e 63, o primeiro tratamento tem uma pequena diferença de maior porosidade na metade da curva e também na parte superior de poros mais pequenos.

Comparando M.P.D. e M.E. Figuras 60 e 62, as curvas coincidem na parte média apresentando uma pequena diferença de maior porosidade o M.P.D. na parte superior da curva e de menor porosidade na parte inferior da curva.

Comparando M.E. e M.C. Figuras 62 e 64, as curvas são quase iguais na metade e parte inferior, apresentando na parte superior uma muito pequena diferença de maior porosidade o M.C..

As pequenas diferenças comentadas oscilam aproximadamente em 1 a 2% da porosidade o que tem pouca importância na parte inferior da curva de poros maiores, embora possa ter importância na parte superior de poros de retenção de água.

Pelo dito centram-se as observações na parte superior da curva e avaliam-se a porosidade com água a uma tensão de 1000 KPa apresentando os dados na Tabela 59.

Tabela 59 - Água retida com tensão de 1000 KPa expressa em porcentagem de volume.

DETERMINAÇÃO	S. P. D.	S. E.	S. C.	M. P. D.	M. C.	M. E.
% Volume	34,5	34	33	32	31,5	31,2

Observa-se que a cultura da soja supera ao milho em água retida. Pelo contrário observando a parte inferior da curva, ou seja os macroporos, tem uma pequena diferença de maior porosidade nos tratamentos com a cultura do milho em comparação com a soja, sendo mais constantes no preparo convencional e menor a diferença no P.D..

As curvas características apresentadas correspondem a média das profundidades 0-10 cm e 10-20 cm os dados dos parâmetros da equação de ajuste e o coeficiente de determinação R^2 apresentam-se na Tabela 60.

Tabela 60 - Parâmetros correspondentes as curvas características apresentadas 0-20 cm de profundidade.

TRATAMENTO	σ_R	σ_S	α	N-COEF.	M-COEF.	R^2
S. P. D.	34.152	52.541	0.1757	1.825	1.1070	0.9809
M. P. D.	32.259	52.818	0.2192	1.802	1.8123	0.9850
S. E.	34.041	53.389	0.1671	2.415	1.9406	0.9820
M. E.	30.924	54.311	0.2844	1.514	1.6910	0.9863
S. C.	33.015	53.590	0.2408	2.038	1.7034	0.9925
M. C.	31.628	54.872	0.2791	1.334	0.7552	0.9832

Destaca-se o alto coeficiente de determinação indicando o bom ajuste do modelo utilizado.

4.12. Capacidade de Água Disponível

Foi determinada uma estimativa da capacidade de água disponível para as culturas pela diferença entre a umidade a 30 KPa e a umidade residual a 1500 KPa. Na Tabela 61 apresentam-se médias dos diferentes tratamentos nas 4 profundidades avaliadas e expressas em porcentagem de volume.

Tabela 61 - Comparação da estimativa da capacidade de água disponível para as culturas expressas em porcentagem de volume nas 4 profundidades avaliadas 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30-50 cm.

PROF.	S. P. D.	M. P. D.	M. E.	S. C.	S. E.	M. C.	$\bar{m}$	CV%
0-10	5,12	6,08	2,53	9,95	6,52	7,84	6,34	55,3
10-20	8,45	6,83	2,30	7,17	7,20	10,91	7,14	59,2
20-30	13,50	11,75	10,13	11,18	5,73	8,18	10,08	38,5
30-50	7,87	8,22	3,36	9,79	10,32	6,48	7,67	35,6
Tukey 5%	ab	ab	b	ab	a	ab		

Observa-se um muito alto C.V., em todas as profundidades, na profundidade 30-50 observa-se que o tratamento S.E. difere significativamente a nível 5% do M.E.. Observa-se uma tendência maior a umidade disponível na profundidade 20-30 cm.

Considerando que todo o perfil avaliado pode ser explorado pelas raízes das culturas e mesmo que a própria definição da água disponível inclui a profundidade da massa radicular, decidiu-se avaliar o conjunto do perfil

considerando blocos a cada uma das profundidades e incluindo as 4 repetições avaliadas dentro de cada bloco. Na Tabela 62 apresentam-se as médias dos tratamentos e o C.V. de cada tratamento além da média geral e o C.V. geral e teste de Tukey a 1% e 5% de significância estatística.

Tabela 62 - Comparação da estatística da estimativa da capacidade da água disponível para as culturas expressas em porcentagem de volume em todo o perfil avaliado 0-50 cm.

DETER.	S. P. D.	M. P. D.	S. E.	M. E.	S. C.	M. C.	$\bar{m}$	CV%
% AD.	8,53	7,99	4,41	9,23	7,24	8,12	7,59	32,3
C. V.	53,30	48,60	104,80	32,70	54,50	52,60		
Tukey 1%	A	A	B	A	AB	A		
Tukey 5%	a	a	b	a	a	a		6

Observa-se um muito alto C.V. geral e também dentro de cada tratamento. Na análise da variância resultou altamente significativo os tratamentos e os blocos, ou seja as 4 profundidades, e além a interação bloco tratamento por causa das diferentes profundidades que atingem os diferentes preparos. No teste de Tukey de comparação de médias observa-se diferenças estatísticas significativas, no nível 5%. O tratamento S.E. difere de todos os outros. Embora salientou-se que foram feitas comparações de médias do perfil, utilizando só a média de cada bloco, ou seja diminuindo os graus de liberdade, e nestas condições os tratamentos não

apresentam diferenças significativas entre eles. Além do excessivamente alto C.V. 104,8% do tratamento S.E. levanta a dúvida sobre a representatividade da avaliação.

4.13. Resumo dos Resultados

4.13.1. Resultados com diferenças significativas entre tratamentos

O objetivo principal deste trabalho é avaliar os diferentes sistemas de manejo em culturas agrícolas, para isto a estratégia utilizada foi levantar diferentes determinações para avaliar o efeitos dos tratamentos realizados. Na primeira etapa comparou-se cada determinação separadamente. Numa segunda etapa decidiu-se reunir as determinações que tenham apresentado diferenças significativas entre os tratamentos, classificando os tratamentos segundo a quantidade de determinações favoráveis ou marcadas com a letra "a" ou seja, avaliações onde o resultado desse tratamento superou os outros, e considerando também as determinações desfavoráveis letra "b" e "c" ou seja, onde o resultado foi inferior aos dos outros tratamentos. Como uma forma de ajudar na classificação assinou-se valor 1 letra "a", valor -1 letra "b" e valor -2 letra "c". Estes valores foram escolhidos por convenção, podendo ser usados outros valores. Considerando esses valores calculou-se a soma de pontos, ou valor total obtido para cada um dos tratamentos.

É importante destacar algumas diferenças entre as diferentes determinações consideradas. Assim foram feitas em 2 etapas, algumas na colheita das culturas de verão e outras durante o ciclo da aveia preta. Uma outra diferença entre as determinações é que algumas foram realizadas em laboratório, como as feitas a partir das amostras volumétricas e as outras foram determinadas no campo. Outra diferença das determinações são as profundidades analisadas, assim algumas só foram feitas na superfície e outras em 4 profundidades. Considerando estas diferenças, em algumas determinações escolheu-se para incluir no resumo das determinações com diferenças significativas, a profundidade 0-50 ou seja, a totalidade do perfil avaliado, por ter sido considerado mais representativo, por exemplo em resistência a penetração, infiltração com permeametro, água disponível. Em outras determinações a escolha limitou-se a camada que apresentou diferenças significativas. Ex.: micro porosidade (0-10 cm).

Outra variação nas determinações foi o nível de significância, assim escolheram-se os níveis que melhor diferenciaram os tratamentos aceitando-se até 10% em uma determinação com C.V. muito alto.

Outra variação nas determinações é no referente a sua "importância relativa", apresentando-se a dúvida, se todas as determinações apresentadas podem ser consideradas com o mesmo valor, ou seja com a mesma importância como avaliadoras de manejo. Embora decidiu-se apresentar as 10

determinações com diferenças significativas entre tratamentos assinalando o mesmo valor, e posteriormente discutir acima da classificação obtida. Na Tabela 63 apresentam-se as diferentes determinações incluindo as unidades utilizadas em cada determinação, a profundidade utilizada, o nível de significância do teste de Tukey, a média geral e o C.V. geral.

Tabela 63 - Resumo dos resultados com diferença significativa entre tratamentos.

ERM.	PROF.	UNID.	T R A T A M E N T O S							CV%
			M. P. D.	S. P. D.	M. E.	S. E.	M. C.	S. C.	$\bar{m}$	
dut.	-	kg/ha	5.088,5		5.455,2		5.968,2		5.504	10,4
ey 5%			b		ab		a			
Pen.*	0-50	kg/cm ²	7,59	9,15	7,36	6,21	7,47	7,54	7,55	17,3
ey 1%			AB	B	AB	A	AB	AB		
er. Solo	sup	%	97	71	45	34,5	5	11,5	44	17,6
ey 1%			A	A	B	B	C	C		
dade	0-15	% Vol.	36,42	36,67	31,45	32,68	31,35	33,81	33,73	9,21
ey 5%			a	a	b	ab	b	ab		
.Per.**	0-50	mm/h	111,03	101,86	87,15	120,30	67,72	94,35	97,07	32,3
ey 5%			a	ab	ab	a	b	ab		
duc.Per.	15	m/dia	6,60	3,77	5,45	4,92	2,22	3,23	4,32	43,4
ey 10%			a	ab	ab	ab	b	b		
.Sim.	sup	mm/2h	70,60	103,60	72,60	75,30	67,30	73,80	77,20	25,9
ey 5%			ab	a	ab	ab	b	ab		
.Sim.***	sup	kg/ha	148,60	29,70	403,5	296,3	443,9	324,4	274,4	40,6
ey 1%			AB	A	C	BC	C	BC		
ropor.	0-10	% Vol.	42,46	42,99	42,68	45,73	40,24	40,61	42,45	4,5
ey 5%			ab	ab	ab	a	b	b		
a Dis.	0-50	% Vol.	7,99	8,53	9,23	4,41	8,12	7,24	7,59	32,3
ey 1%			A	A	A	B	A	AB		

AL LETRAS										
"a"	1		5	5	1	3	2	-		
"b"	-1		1	1	2	3	5	3		
"c"	-2				1		2	1		
tos Classif.			4	4	-3	0	-7	-5		
em Classif.			2	1	4	3	6	5		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $\underbrace{\hspace{1.5cm}}$ B P. D. </div> <div style="text-align: center;"> $\underbrace{\hspace{1.5cm}}$ -3 E </div> <div style="text-align: center;"> $\underbrace{\hspace{1.5cm}}$ -12 C </div> </div>										
tos 3 Sist. Preparo										

Pen. = Resistência de Penetração.

Inf.Per. = Infiltração com permeametro.

Sed.Sim. = Sedimento com simulador de chuva.

A respeito das profundidades avaliadas observam-se 3 determinações atingindo a superfície, outras 3 atingindo os primeiros 15 cm de profundidade e outras 3 atingindo todo o perfil avaliado 0-50 cm, além da determinação de produtividade que interessa a todo perfil. Esta distribuição poderia ser considerada como equilibrada na medida que reforça a avaliação da superfície por todas as determinações. Os primeiros 15 cm foram medidos por 7 determinações, e avaliando até 50 cm por 3 determinações. Esta relação considera-se equilibrada na medida que reforça os horizontes superficiais de maior importância agrícola e além com tendência observada de maior variabilidade, pelo que resulta numa vantagem que estejam mais representados.

Referente aos momentos de avaliação também resultou em equilíbrio na medida que 5 determinações correspondem a primeira etapa ao fim das culturas de verão e as outras 5 foram determinadas durante o ciclo da aveia preta. Ex.: cobertura do solo; umidade; infiltração com permeametro; infiltração com simulador de chuva e sedimento.

Os níveis de significância também podem considerar-se equilibrados sendo 4 determinações a 1% e 5 a 5% de significância e só uma a 10% de significância estatística, aceitável pela causa de seu muito alto C.V. Com respeito dos C.V. observa-se que 3 determinações tem C.V. baixo, 2 C.V. médio, 1 com C.V. alto e 3 com C.V. muito alto (PIMENTEL GOMES, 1985).

Observa-se especialmente os pontos obtidos por cada tratamentos após realizar o cálculo anteriormente explicitado, salientou-se que os tratamentos M.P.D. e S.P.D. superou aos outros com 4 pontos cada um, seguido de S.E. com 0 ponto, e posteriormente M.E. com -3, S.C. -5 e M.C. -7. O fato de que cada uma dos 3 diferentes sistemas de preparo estão juntos facilitam a possibilidade de calcular os pontos de cada sistema, destacando-se o P.D. em primeiro termo com 8 pontos o sistema com escarificador com -3 pontos e por último o sistema convencional com -12 pontos. Sublinha-se além de que nos 3 sistemas consistentemente a cultura da soja superou em pontos ao milho, assim calculados os pontos por cultura a soja tem -1 e o milho -6.

4.13.2. Resultados com diferenças significativas entre os 3 sistemas de preparo do solo

Das determinações feitas escolheu-se aquelas que apresentaram diferenças significativas entre os três sistemas de preparos, apresentam-se na Tabela 64 as determinações, incluindo as unidades utilizadas, as profundidades avaliadas, os níveis de significância do teste de Tukey a média geral e o coeficiente de variação geral, utilizando os valores anteriormente apresentados calculou-se o valor total obtido para cada sistema de preparo.

Tabela 64 - Resumo de resultados comparando os 3 sistemas de preparo.

DETERM.	PROF.	UNIDADES	P. D.	E	C	$\bar{m}$	CV%
Cobert. Veg.	sup	%					
Tukey 1%			A	B	C		
Umidade	0-15	% Vol.	36,6	32,11	32,59	33,77	8,6
Tukey 5%			a	b	b		
Sedimento	sup	kg/ha	89,1	349,90	384,20	127,20	38
Tukey 1%			A	B	B		
Pontos Classif.			3	-3	-4		
Ordem Classif.			1 ^o	2 ^o	3 ^o		

Observa-se que o sistema de P.D. supera em pontos os outros 2 sistemas de preparo e que o escarificador supera ao convencional.

Pelo dito sintetiza-se que a ordem de classificação dos três sistemas de preparo é 1^o P.D. - 2^o E - 3^o C.

4.13.3. Resultados com diferenças significativas entre as culturas

Escolheu-se as determinações que apresentaram diferenças significativas ao comparar as 2 culturas entre si. Apresentam-se na Tabela 65 as determinações incluindo as unidades utilizadas as profundidades avaliadas, os níveis de significância do teste de Tukey, a média geral o coeficiente de variação geral e também utilizando os valores anteriormente apresentados calculou-se o valor total obtido por cada cultura.

Tabela 65 - Resumo de resultados comparando as 2 culturas.

DETERM.	PROFUND.	UNIDADES	SOJA	MILHO	$\bar{m}$	CV%
Aveia Preta	sup	kg/ha	4.241,6	3.997,4	4.119,5	10,4
Tukey 10%			a	b		
Sedimento	sup	kg/ha	216,8	332,0	274,4	40,6
Tukey 1%			A	B		
Pontos Classif.			2	-2		
Ordem Classif.			1 ^o	2 ^o		

Observa-se que a soja supera em pontos ao milho. Reforçando esta avaliação lembra-se os resultados e discussão das curvas características onde destacam-se a cultura da soja favorecia a proporção de poros com água útil para as culturas.

Pelo dito concluiu-se que a ordem de classificação das culturas em relação a sua influência no manejo do solo é 1^o soja e 2^o milho.

5. DISCUSSÃO

Neste capítulo apresenta-se os resultados discutidos no capítulo anterior, procurando salientar os aspectos mais importantes na avaliação dos tratamentos.

A discussão, de acordo com os objetivos do trabalho, procurara avaliar os manejos determinando quais são os melhores tratamentos e também detectar a eficácia das diferentes determinações feitas, na avaliação dos manejos.

Referente a eficácia das determinações na avaliação dos manejos entraram em consideração os aspectos seguintes: capacidade de diferenciar os melhores tratamentos dos outros, em forma significativa e consistente e ligado a uma interpretação agronômica e uma explicação física das determinações. Além disso, entrará na discussão as características da determinação e a metodologia utilizada, com respeito às simplicidades ou dificuldades na avaliação.

Neste capítulo a discussão procurara relacionar as diferentes determinações entre elas, para melhor avaliar os tratamentos. Começando pela discussão de cada uma das determinações feitas e terminando com a discussão do resumo dos resultados que apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

5.1. Produtividade Com os Diferentes Manejos

Com referência a produtividade detectaram-se diferenças significativas na cultura do milho entre preparo C. e P.D. (Tabela 4). As culturas de soja e de aveia não apresentaram diferenças entre sistemas de preparo. Detectaram-se diferenças consistentes entre anos em todas as comparações, porém na interação ano e sistema de preparo, ou ano e cultura, apresentaram apenas significativas no período de inverno. Aveia preta em rotação com soja deu maior produtividade marcando uma tendência, porém a um nível de significância de 10%, (Tabela 6). Baseado em todas estas observações poderia-se conjecturar, que os aspectos que mais influência tiveram na produtividade do milho foram os químicos e mais concretamente o macronutriente nitrogênio.

Embora os aspectos de nutrição não tenham sido avaliados neste trabalho e, pelo contrário concentrou-se a atenção nos aspectos físicos, é possível que alguns fatores químicos possam estar afetando estes rendimentos mais fortemente do que o próprio manejo. A literatura tem vários trabalhos enfatizando este sentido.

5.2. Dureza da Superfície do Solo

Na literatura consultada não encontraram-se trabalhos que avaliaram a dureza da superfície do solo com penetrometro de bolso. CASSEL (1982) menciona que este tipo de penetrometro não tem se demonstrado útil para estudos

quantitativos devido à dificuldade de se obter dados uniformes e consistentes de penetração e pela dificuldade encontrada em controlar a penetração. O mesmo autor comenta, a seguir, a respeito de um penetrômetro de tamanho maior, sobre os limites de sua utilização e a pobreza nos desenhos de amostragem, o que traz grande dificuldade para uma análise estatística adequada.

Considerando a importância que a superfície do solo tem em seu manejo, o modelo apresentado de avaliação da variabilidade espacial da superfície do solo permite, aparentemente, superar os inconvenientes assinalados pelo autor acima mencionado com a utilização do modelo de geoestatística de amostragem, o que foi facilitado pela rapidez nas medições com penetrômetro de bolso. Isto permitiu uma frequência maior de repetições (216), em cada bloco, e a diminuição da influência do erro experimental de cada medição, e assegurou situações comparáveis de umidade dentro de cada bloco, e portanto facilitou a comparação dos resultados obtidos de variabilidade espacial da superfície do solo dentro de cada bloco, segundo foi apresentado na metodologia e nos resultados.

Observando-se as figuras tridimensionais da distribuição da dureza e os semivariogramas, destaca-se uma variabilidade estrutural, ou seja um grau de semelhança entre as medidas mais próximas, o que demonstra uma influência espacial que supera, em magnitudes, os erros de medição que de fato tem que ser ao acaso.

Uma observação importante nesta avaliação do manejo é que o sentido da linha do plantio influencia mais a superfície do solo que a direção, ou sentido, em que foram realizados os preparos primários do solo. Esta observação é plenamente observável nos 18 blocos levantados (6 tratamentos x 3 repetições) e portanto, sugere a possibilidade de uma generalização importante.

Assim, sugere-se que um dos fatores que podem contribuir para o aumento das vantagens da tecnologia do plantio em nível é a sua influência na variabilidade espacial da superfície do solo. Sendo o plantio em nível uma tecnologia conservacionista de uso generalizado, é interessante apresentar dados comparativos dos efeitos em nível do preparo primário e do plantio. De acordo com BERTONI (1965), o plantio em contorno aumentou a produção de milho em 16,7% sobre o plantio morro abaixo. O efeito em nível do preparo primário do solo foi apenas de 0,3% em comparação com o preparo primário morro abaixo.

Salienta-se que não se desconhece os efeitos da própria cultura em nível, sendo o maior obstáculo, das enxurradas, só acrescenta-se como mais um fator possível, a influência da linha de plantio na dureza da superfície do solo.

A intensidade e a influência que a linha de plantio tem sobre a superfície do solo podem ser diferentes, dependendo do sistema de preparo e das condições do solo. Assim, no sistema convencional, a própria fileira do plan-

tio, apresentou-se com maior dureza que as áreas circunvizinhas, ao contrário do que sucedeu no P.D. e E., onde as fileiras da cultura são menos duras que as áreas circunvizinhas.

Uma outra observação importante é o fato que o solo avaliado não mostra tendência para formar crostas, o que possivelmente é um atributo que permitiu registrar as diferenças de dureza medidas no final do ciclo da cultura. A respeito pode-se conjecturar que tais diferenças poderiam ser menos marcantes em solos que permitissem com maior facilidade, a formação de crostas, ou que as franjas duro-mole se dispusessem de forma diferente.

5.3. Resistência da Penetração até 60 cm de Profundidade

O primeiro aspecto a discutir é que as curvas de resistência a penetração incluindo os desvios padrão, refletiram muito bem o efeito dos sistemas de preparo em todas as profundidades onde os diferentes sistemas de preparo tiveram influência. Pelo dito, pode-se salientar que esta metodologia pode ser utilizada para levantar informação de resistência a penetração e mesmo comparação entre tratamentos desde que as condições de contorno, em especial a umidade, sejam comparáveis.

As dificuldades da metodologia aparecem quando procura-se interpretar agronomicamente as diferenças detectadas entre os tratamentos. Assim a primeira interpretação

dos resultados, foi simplesmente que mais mole é melhor que mais resistente. Neste mesmo sentido, avaliaram-se as diferenças significativas entre tratamentos dando letra "a" ao tratamento S.E. que apresenta-se como o mais mole e também o mais heterogêneo, após seguem 4 tratamentos que não diferenciam-se significativamente entre eles e a letra "b" foi para o tratamento S.P.D. sendo que apresentou maior dureza e também maior homogeneidade.

Resultados similares de maior compactação em sistema de P.D. avaliados em resistência a penetração, embora utilizando outros modelos de penetrômetros foram detectados (DICKY *et alii*, 1983; FLOYD, 1984; HILL & CRUSE, 1985).

As dificuldades nas medições de resistência a penetração e os poucos trabalhos comparando os efeitos dos preparos são comentados extensivamente por CASSEL (1982). Nesse trabalho sublinha-se a ligação entre a densidade do solo e a umidade, no momento da medição e destaca-se a dificuldade de estabelecer comparações nas medições de diferentes pesquisas e mesmo os níveis agrônômicos críticos de resistência a penetração.

No presente trabalho, as condições de contorno foram comparáveis e portanto as curvas típicas de cada tratamento também. Além disso, são válidas as comparações entre tratamentos, ainda com significância estatística, que é outro dos inconvenientes salientados pelo autor anteriormente citado (CASSEL, 1982). A dificuldade apresenta-se ao procurar uma interpretação agrônômica dos resultados. Esta dúvida

apresentam-se ao observar a Tabela 63 de resultados finais. Nela destaca-se que o melhor tratamento comparativamente é S.P.D. apresentando como único "fator negativo" a letra "b" em resistência penetração, diferindo significativamente do tratamento S.E.. Diante desta evidência, levantou-se a dúvida de que essa maior resistência a penetração tivesse efeito negativo. A homogeneidade também maior neste tratamento, não deveria ser considerada favoravelmente e mesmo a maior resistência a penetração poderia estar indicando uma maior estabilidade de agregação, e conseqüentemente uma maior continuidade de tubulações biológicas e macroporos. Isto influenciaria favoravelmente a infiltração.

Mais uma dificuldade detectada na interpretação agrônômica da resistência a penetração, provem do fato que outras determinações que estariam ligados a ela, como densidade do solo e as porosidades em geral, ou seja, as amostras levantadas a partir dos anéis volumétricos, apontaram em termos gerais, muito pouca diferenciação entre os tratamentos e portanto não resultaram de ajuda na interpretação agrônômica procurada.

Com referência a eficácia de avaliação desta determinação, em resumo pode-se apontar que, avalia a influencia dos preparos eficazmente na sua resistência a penetração e desde que as condições de contorno sejam comparáveis. Assim, é uma boa ferramenta para comparar sistemas de manejo. A dificuldade apresenta-se em avaliar agronomicamente as medições. Pelo dito sugere-se como forma de utilizar-se esta

determinação, que seja acompanhada com outras determinações que detectem níveis de importância agronômica (Ex.: Crescimento Radicular) em algumas das medições efetuadas, para ajudar na interpretação agronômica das medições de resistência a penetração. Observações coincidentes são apresentados por (STOLF *et alii* 1983) dizendo que como os valores de resistência do solo a penetração, variam com a umidade, esta determinação não serve para avaliar em termos absolutos, se um solo dado esta ou não compactado. Pelo contrário a metodologia é de utilidade para determinar a profundidade e espessura das camadas de maior dureza (STOLF, 1984).

5.4. Cobertura Vegetal do Solo

Na introdução, comentou-se que a região Centro-Oeste, tem condições edafoclimáticas, desfavoráveis a obter uma quantidade de cobertura suficiente para incrementar a atividade biológica e influenciar nos atributos físicos e químicos do solo manejado com cobertura. Este fato pode ter reflexos em produtividades menores que as obtidas pela tecnologia convencional.

Uma primeira observação discutida anteriormente é que considerando as produtividades da soja e da aveia preta não detectaram-se diferenças significativas entre sistemas de preparo. Na aveia avaliou-se a palha pelo fato do que seu objetivo é produzir cobertura e destaca-se que a média geral de 6 invernos (1984-1989) incluindo os 6 tratamen-

tos avaliados foi de 4.119,5 kg/ha de peso seco de palha. A segunda observação a respeito é sublinhar que 4.000 kg/ha de cobertura, é sugerida como a quantidade mínima em que as vantagens da cobertura apresentam-se consistentes em distintas regiões, LAL (1977) Ibadan - NIGERIA; MARELLI *et alii* (1983) Cordoba - ARGENTINA; ROTH *et alii* (1988) Paraná.

Esta mesma observação é salientada na Tabela 16 pelas altas porcentagens de cobertura do solo avaliados após da colheita da aveia preta.

Pelo dito concluiu-se que nas condições estudadas em Campinas, as quantidades de cobertura de inverno obtidas não podem considerar-se fracas e pelo contrário aceitáveis e mesmo boas para desenvolver sistemas de preparo com uso de cobertura vegetal, como por exemplo, plantio direto.

Acrescenta-se ainda que possivelmente só esta conclusão, da possibilidade de produzir cobertura suficientes para P.D. na região em estudo, tenha ela sozinha influência nas conclusões finais do presente trabalho, incluindo Campinas nas regiões onde o P.D. supera aos outros sistemas de preparo, como são as regiões citadas na introdução Centro-Sul do Paraná e Rio Grande do Sul.

Uma outra observação importante são as diferenças marcantes na cobertura após aplicados os diferentes sistemas de preparo Tabela 16, o que de fato é explicado pelo mesmo sistema que influenciam diferentemente a superfície do solo.

Com objetivos de apresentar a importância das diferentes porcentagens de cobertura, na perda do solo por erosão, expressa também em porcentagem, tirou-se essa informação dos gráficos apresentados por WISCHMEIER & SMITH (1978) e apresentam-se na Tabela 66.

Tabela 66 - Relação entre a porcentagem do solo coberto com cobertura vegetal e porcentagem do solo perdido por erosão em 3 sistemas de preparo.

DETERMINAÇÕES	P. D.	E.	C.
% Solo coberto	97	45	5
% Solo perdido	7	33	90

Destaca-se mais uma vez o contraste das relações.

Um outro aspecto importante da cobertura do solo é sua eficácia na avaliação dos manejos. Sublinha-se que ela diferencia significativamente os 3 sistemas de preparo (Tabela 17 e 18), o que tem uma explicação física pelo mesmo sistema segundo foi comentado anteriormente. Destaca-se ainda que a metodologia de avaliação da cobertura é simples e rápida, ou que aumenta sua eficácia na avaliação. Pelo contrário esta metodologia não detectou diferenças entre os tratamentos com o mesmo sistema de preparo e diferentes culturas.

Um outro aspecto importante que aumenta a eficácia da avaliação dos manejos pela cobertura é sua relação

com as perdas do solo, apresentado no gráfico anteriormente citado (WISHMEIER & SMITH, 1978), que pode ser usado em diferentes regiões onde não tem desenvolvimento ainda informações locais (WISCHMEIER, 1973).

Um outro aspecto importante que aumenta a eficácia da avaliação dos manejos pela cobertura é o fato de que a porcentagem do solo coberto esta em relação direta com a quantidade de palha produzida pela cultura segundo anteriormente comentado. Esta relação foi apresentada para diferentes datas para a cultura do milho em Campinas por LOMBARDI NETO *et alii* (1988) e para cultura de sorgo em região dos E.E.U.U. por GILLEY *et alii* (1986).

Ainda mais pode-se salientar um estreita relação entre a productividade das culturas em kg/ha grãos e a quantidade de resteva expressa em kg de matéria seca/ha, ou mesmo transformada em % de cobertura do solo segundo o comentado.

Estas relações permitem sugerir a cobertura do solo como uma determinação muito eficaz na avaliação de manejo do solo e com bastante possibilidade de se difundir pela simplicidade das avaliações necessárias, e pela possibilidade de utilizar as correlações comentadas a nível de região, simplificando grandemente a utilização desta determinação.

5.5. Densidade do Solo

Nesta determinação não detectaram-se diferenças significativas entre tratamentos, salientou-se um C.V. muito baixo. Resultados sem diferença entre tratamento tem sido encontrados BEZERRA (1978), SACCHI (1982), CENTURION & DEMATTÊ (1985) e LOPES *et alii* (1986).

Uma outra observação, são as diferenças detectadas entre as diferentes profundidades avaliadas, com uma tendência geral a diminuir a densidade do solo na profundidade maior de 30 cm. Além de que uma maior densidade na camada 10-20 cm de profundidade observando a média geral de todos os tratamentos, ou seja que se repete a tendência geral detectada nas curvas de resistência a penetração. Resultados coincidentes tem sido encontrados por CENTURION & DEMATTÊ (1985).

Outros trabalhos tem encontrado diferenças entre os tratamentos comparados. Assim tem sido reportados densidades do solo menores em P.D. em comparação ao convencional MACHADO & BRUM (1978) e LEITE & MEDINA (1984). A explicação da menor densidade do solo em P.D. segundo VIEIRA (1985) é a maior atividade biológica favorecida pela maior cobertura do solo, destacando além LEITE & MEDINA (1984) as vantagens da cobertura verde nas condições do Amazonas.

Pelo contrário outros autores tem encontrado densidades do solo maiores em P.D. em comparação ao convencional (VIEIRA, 1981). SIRIRAS *et alii* (1982 - 1984), BLE-

VINS *et alii* 1983, VIEIRA & MUZILLI (1984), CORREA (1985), DERPSCH *et alii* (1986), CENTURION (1987) e CASTRO (1989a).

Referente a eficácia desta determinação na avaliação de manejos, de fato a densidade do solo não apresentou diferenças entre tratamentos, o que certamente pode refletir a realidade segundo foi acima discutido. A respeito disso, só apresenta-se a dúvida que esta determinação está ligada a resistência a penetração sendo que esta última detectou diferenças entre tratamentos, ou seja apresentou melhor eficácia na avaliação.

Pelo dito apresenta-se a dúvida a respeito da metodologia utilizada em especial referente ao tamanho das amostras colhidas 100 cm³ e/ou a quantidade de amostras, podem ter sido pequenas e influenciado a pouca eficácia desta determinação na avaliação do manejo.

5.6. Porosidade

5.6.1. Porosidade total

A porosidade total, P.T., avaliada por 4 metodologias, apresenta resultados significativamente diferentes entre elas (Tabela, 29), e esta situação questiona a possibilidade de utilização dos resultados obtidos na avaliação dos tratamentos. Das 20 avaliações feitas, (4 metodologias x 5 profundidades), 7 apresentaram diferenças entre tratamentos (Tabela, 28), embora as tendências resultem diferentes, dependendo da metodologia.

Pensou-se a possibilidade de escolher uma metodologia, sugerindo-se a retenção a 0,5 KPa pelos motivos de menores possibilidades de erros comentadas em resultados e considerando as diferenças significativas apresentadas na Tabela 27. Ante esta escolha sugere uma segunda dúvida a respeito da interpretação agronômica dos resultados. Assim as diferenças significativas entre S.E. e S.P.D. são coincidentes com o observado em resistência a penetração, atributos que estão interrelacionados, porém a dúvida agronômica é a respeito das letras "a" indicando um tratamento melhor e letras "b" marcando o pior, observado na Tabela 64 de resumo de resultados.

Pelo contrário poderia-se conjecturar de que a diminuição na porosidade total seja favorável, na medida que uma diminuição de tamanho de poros, favorecia uma maior proporção de poros úteis para água, tendências que podem ser observadas na mesma Tabela 64 em Umidade (% Vol.) e Água disponível (% Vol.). Esta colocação daria uma maior consistência a todas as determinações. Porém resulta difícil assegurar que uma maior resistência a penetração e uma menor porosidade total sejam tendências agronômicas favoráveis.

Pelo dito, considerou-se convenientemente não utilizar os dados da P.T. na avaliação do manejo, em sua forma direta, e reservar os dados de P. saturação, para utilizá-los nas curvas características e outras determinações, a partir dos dados ajustados das curvas.

A respeito das conjecturas na comparação das metodologias, pode-se salientar que P. Determinada em conjunto com 0,5 KPa tem uma tendência lógica e aparentemente consistente. Uma outra observação que reforça os dados de P. Determinada são os obtidos pelo método T.D.R. na simulação de chuva do qual apresenta-se na Tabela 67. Os dados de umidade inicial e final utilizados como estimadores da P. saturação ou P. total. além dos dados de outras metodologias.

Tabela 67 - Seis estimativas da porosidade total (P.T.) expressas em % de volume.

DETERM.	PICNÔM.	CHUVA S.	CHUVA S.	P. DET.	0,5 KPa	CALC.
		U. FINAL	U. INICIAL			
P. T. % Vol.	60,88	58,3	56,8	55,32	52,8	49,75

As umidades da chuva simulada avaliadas em campo com T.D.R. reforçam, aparentemente, a P. Determinada, considerando-se que os valores ligeiramente superiores podem ser explicados pelo mesmo fato de serem as medições realizadas no campo e incluem 15 cm de profundidade.

As diferenças a mais nos resultados com Picnômetro podem ser explicadas por causa de fato que as análises foram realizadas ao final de todas as outras medições, tendo, portanto, o momento em que foi realizado as análises influenciando uma degradação por "manuseio" das amostras volumétricas.

5.6.2. Macro e Microporosidade

A avaliação da macro e microporosidade não apresenta diferenças entre tratamentos, quando se leva em consideração o perfil completo (0-50 m) e mesmo, quando se avaliam as diferentes profundidades das 8 determinações (macro e microporosidade x 4 profundidades), só uma denotou diferenças estatísticas significativas, micro porosidade 0-10 cm (que foi usada na comparação geral dos tratamentos, Tabela 63). Os preparos convencionais com menor micro porosidade diferenciam-se significativamente de S.E..

Uma outra observação referente ao manejo, são às maiores porcentagens de microporos em comparação aos macroporos em todos os tratamentos. Embora sempre os macroporos superam os 10% considerados críticos para o crescimento das raízes, segundo BAYER *et alii* (1973).

Com referência à eficiência na avaliação do manejo destas determinações, com base na metodologia utilizada, pode-se observar que esta resultou pouco eficaz, pelo fato que é pouco consistente, haja vista que somente uma das 8 determinações mostraram diferença significativa. Destaca-se os baixos C.V. em micro porosidade, em comparação aos valores médio e alto das macroporosidades, os quais podem sugerir que estes maiores C.V. sejam o motivo das respostas não significativas, embora apresentam-se tratamentos com médias aparentemente diferentes.

Pelo dito, apresenta-se a dúvida da metodologia utilizada, em especial respeito ao tamanho das amostras (100 cm^3) que pode ter resultado pequena ou com muita variabilidade entre as diferentes repetições, ou sim o número de amostras coletadas resultou pequeno considerando a variabilidade das repetições.

5.7. Umidade do Solo no Ciclo da Aveia

Esta determinação apresentou diferenças significativas e consistentes, destacando-se os P.D. nas diferentes datas avaliadas. Na comparação de todo o ciclo da aveia, os tratamentos com P.D. diferenciaram-se a 5% de M.E. e M.C. (Tabela 33).

E na comparação dos 3 sistemas de preparos (Tabela 34) e P.D. diferenciou-se dos outros sistemas a 5% de significância. Várias pesquisas mostram maior umidade no solo sob P.D. quando comparado ao sistema convencional (BLEVINS *et alii*, 1971; LAL, 1975; AGBEELA, 1981; SIDIRAS *et alii*, 1984; VIEIRA, 1985; DERPSCH *et alii*, 1986; CASTRO *et alii*, 1987; CENTURION, 1988; e VIEIRA *et alii*, 1989).

Procurou-se uma comparação com outras determinações, água disponível e micro porosidade, porém as tendências não são coincidentes, dificultando as comparações.

A respeito da eficácia, esta determinação com a metodologia utilizada na avaliação de manejos, salienta-se como uma das mais eficazes pela sua consistência, observan-

do-se que repetiu-se em 6 das 7 datas comparadas; e naquela em que não foram constatadas diferenças o nível de umidade era bem mais alto, o que leva a supor, portanto, que a umidade não tenha sido um fator determinante no manejo nessa data.

Salienta-se também que com a metodologia utilizada esta determinação diferenciou bastante os tratamentos e ainda os sistemas de preparo, superando outras determinações que só diferenciaram os tratamentos mais extremos. Sua maior eficácia está ligada à metodologia: 7 repetições em locais fixos, amostras de 15 cm de profundidade com boa representatividade e baixo C.V. geral, segundo foi comentado em resultados.

Um outro fator que interessa à eficácia na avaliação, é a facilidade da metodologia. Com respeito a isso, salienta-se que, após instaladas as hastes de medição, cada uma das avaliações das diferentes datas representam somente 1 hora de trabalho de medição, destacando-se que a medição é direta em % volume.

Ainda um outro fator importante na eficácia é a viabilidade de se difundir a metodologia. A este respeito, comenta-se que, levando em consideração que as vantagens aludidas estão ligadas ao equipamento utilizado, existe uma dúvida grande na difusão desta metodologia, por causa do custo atual do equipamento.

5.8. Infiltração com Permeametro

As determinações com permeametro, segundo os resultados apresentados de infiltração e condutividade, diferenciaram consistentemente o tratamento M.C. com os menores valores. Pelo contrário, os tratamentos que sobressaíram, ou seja, tiveram altos valores, apresentaram menor consistência, alternando-se entre S.E. e M.P.D.. Demonstrando a menor consistência em algumas determinações, por exemplo: na condutividade a 50 cm de profundidade, apresentou valores baixos o tratamento M.P.D. muito próximos de M.C..

Os outros tratamentos, tampouco marcaram tendências estáveis entre eles, nas diferentes avaliações sublinhando a falta de consistência.

Para poder utilizar as comparações estatísticas apresentadas "assumiu-se" que a infiltração e a condutividade respondiam à distribuição normal (VIEIRA *et alii* 1981) o que de fato não foi determinado neste trabalho. Nas determinações de infiltração e condutividade obtiveram-se valores maiores na profundidade de 50 cm e menores nas de 15 cm, evidenciando que o efeito dos preparos que atingem a camada mais superficial não chegaram às mais profundas, coincidindo com as pesquisas realizadas por (MACHADO, 1978 e ROSA, 1981).

Com referência à eficácia de avaliação do manejo, salienta-se como ponto favorável a facilidade e rapidez de levantamento das avaliações. O aspecto mais

questionável da metodologia, anteriormente mencionado, é a falta de consistência das medições. Conjecturando sobre as causas, salienta-se o alto, e muito alto, C.V. influenciado especialmente pela alta variabilidade espacial dos solos, típico destas propriedades de movimentação tridimensional da água, originada pelas próprias características do processo, que pode ser muito influenciado pelas tubulações biológicas, originadas na atividade biológica vegetal ou animal (HILL & PARLANGE, 1972).

Considerando que o tamanho da amostra não pode ser modificado sem modificar o equipamento, apresenta-se como viável o aumento do número de repetições, para obter maior representatividade, maior consistência, e diminuir o C.V. geral; aproveitando-se o que foi dito anteriormente com respeito à facilidade e rapidez dos levantamentos. Um outro aspecto que ajudou muito na diferenciação de tratamentos, foi a utilização do nível de significância de 10%; aceitável pelos altos C.V.. Este nível foi utilizado na tabela de resumos dos resultados por ser considerada mais representativa das camadas superficiais, de maior importância agrícola.

5.9. Infiltração com Simulador de Chuva

Na discussão da infiltração com chuva simulada salientou-se no início que as condições da avaliação foram bastante extremas, sendo a umidade de saturação do solo necessária para produzir-se enxurrada além disso, a erosivi-

dade das chuvas utilizadas foi a máxima de 5 anos, estas condições, confirmam em primeiro termo as boas propriedades de infiltração e permeabilidade que os solos Latossolos tem, segundo foi anteriormente mencionado OLIVEIRA (1980). Estas condições permitiu que apresentaram diferenças entre as médias dos tratamentos mais diferentes S.P.D. e M.C. a 5% de significância estatística considerando as duas chuvas em conjunto e a 10% de significância considerando somente a 2ª chuva.

Lembre-se que uma das hipóteses propostas para avaliar nesta pesquisa é que a infiltração é a propriedade do solo de maior eficácia como indicador de manejo do solo, baseando-se no fato que ela reflete um conjunto de condições de estrutura.

A respeito da eficácia da avaliação de manejo da metodologia desenvolvida com simulador de chuva, salienta-se que não pode-se considerar a de maior eficácia pois somente diferenciou os tratamentos extremos. Além disso, levanta-se a dúvida acima da colocação da própria hipótese que na sua generalização, de eficácia da avaliação do manejo do solo não considerou os atributos do solo avaliado, porém agora com os dados levantados pode-se conjecturar que a eficácia de avaliação de manejo da infiltração, pode resultar diferente dependendo do solo. Assim no solo estudado com bons atributos físicos em geral e em particular boa capacidade de infiltração as diferenças detectadas pela metodologia desenvolvida, incluindo o tamanho da parcela e o número

de repetições, só permitiu diferenciar os tratamentos mais diferentes entre eles. Além disso, pode-se sugerir que o aumento do tamanho da parcela ou a quantidade de repetições poderia ajudar na eficácia da avaliação desta determinação.

Referente a comparação desta metodologia de infiltração como a outra utilizada de permeâmetro pode-se salientar que o "simulador de chuva" por causa do tamanho do equipamento e a própria metodologia é mais demorado em cada determinação e não tem a simplicidade e rapidez que foi comentada na discussão do permeâmetro. Pelo contrário o simulador tem a vantagem de interessar a camada superficial de muita importância nos processos de infiltração (MARELLI *et alii* 1983 e ROTH *et alii* 1988) e portanto é possível conjecturar-se que a eficácia desta metodologia na avaliação do manejo esteja influenciada pela maior ou menor tendência ao "encrostramento" da superfície do solo, em consequência a eficácia detectada pode ter sido diminuída pelos atributos do solo avaliado de pouca tendência o "encrostrado".

Referente as curvas de infiltração apresentadas nas Figuras 51, 53 e 55 da cultura da soja as mesmas tendências observada de maior infiltração no P.D. intermédia no E. e menor infiltração em C. foram determinadas nas pesquisas de DERPSCH *et alii* 1986 e ROTH *et alii* 1988, esta tendência pode também ser observada na Tabela 48.

5.10. Sedimento com Simulador de Chuva

O sedimento médio observado na Tabela 52 das duas chuvas juntas é de 274,4 kg/ha e o máximo sedimento do tratamento M.C. é 443,9 kg/ha considerando a alta erosividade das chuvas aplicadas, e a tolerância de perda do solo por ano para os Latossolo de 12 t/ha (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985) pode-se sublinhar mais uma vez, a baixa erodabilidade destes solos anteriormente mencionada (OLIVEIRA, 1980) por causa de suas boas atitudes físicas.

Para comparar os tratamentos escolheram-se a Tabela 52 incluindo as duas chuvas juntas a que esta incluída na Tabela 64 de resumo dos resultados, destacando-se o tratamento S.P.D. diferenciando-se dos tratamentos S.E.-S.C., M.E. e M.C. a 1% de significância além do M.P.D. diferencia-se do M.E. e M.C.. Comparando os sistemas de preparo na Tabela 53, observa-se que P.D. diferenciou-se dos outros dois a 1% de significância. A cultura da soja diferenciou-se do milho também a 1% de significância (Tabela 54). Por estas diferenças apresentadas pode-se salientar que a metodologia do simulador de chuva medindo os sedimentos, tem maior eficácia na avaliação dos manejos que avaliando a infiltração.

O fator que mais influencia em diferenciar o comportamento dos tratamentos é sua porcentagem de cobertura do solo influenciando a perda do solo, isto pode-se observar na Figura 58. Destacando-se a rápida diminuição de perda do

solo ao aumentar a cobertura. Esta tendência foi estudada por muitos pesquisadores, algumas das quais foram mencionados na introdução (LATTANZI *et alii*, 1974; ELWELL & STOCKING, 1976; TRIPLETT & VAN DOREN, 1977; WISCHMEIER E SMITH, 1978; VIEIRA & MONDARDO, 1980; GILLEY *et alii*, 1986; LOMBARDI NETO *et alii*, 1987 e ROTH *et alii*, 1988).

Além da maior porcentagem do solo coberto no P.D., pode também influenciar na grande diminuição de perda do solo, a maior estabilidade estrutural da superfície do solo sob P.D., tal fato foi constatado no mesmo solo por SIDIRAS *et alii* (1984). Possivelmente ligada ao conceito da maior estabilidade da superfície esteja a explicação da menor perda na cultura da soja, coincidindo com a maior resistência na penetração apresentada nas determinações do penetrômetro de impacto, Tabela 12.

Considerando a maior eficácia na avaliação apresentada pelo sedimento, sugere-se as duas determinações juntas (infiltração e sedimento) quando seja utilizado o simulador de chuva na avaliação do manejo do solo.

5.11. Curvas Características

Destaca-se o ajuste do modelo utilizado e a aparência geral das curvas, representando as características do Latossolo Roxo avaliado. Marcando as relações favoráveis de macroporosidade que influenciam as boas propriedades de infiltração e permeabilidade que estes solos tem. Contras-

tantemente uma proporção muito menor, de poros correspondentes a água utilizada pelas culturas. Destacando-se mais uma vez que este é o aspecto mais restritivo da porosidade destes solos. Esta tendência geral pode-se observar em todas as curvas características correspondentes aos 6 tratamentos.

Comparando-se as culturas entre elas, pode-se destacar uma pequena tendência do milho a ter maior porcentagem de macroporos e menor porcentagem de poros menores que a soja, sendo este contraste mais marcado no preparo com escarificador e menos marcado em P.D.. Conjectura-se que este efeito seja devido as diferenças da massa radicular de cada cultura sendo que no milho o maior tamanho de suas raízes favorece a formação de poros maiores, possivelmente além a maior riqueza em celulose do milho, pode influir em uma maior permanência e estabilidade das biotubulações formadas.

Pelo contrário a soja, devido ao menor tamanho das raízes e também a sua relação C/N mais estreita, pode-se influir na formação de poros de menor tamanho, o que favorece a disponibilidade da água. Isto poderia explicar em parte a diferença detectada de maior produtividade da aveia preta em rotação com soja, sendo além de que outro aspecto importante anteriormente discutido o porte do nitrogênio que pode estar gerando a soja por sua fixação biológica.

Procurando comparar os tratamentos decidiu-se utilizar a metodologia apresentada na observação das curvas características (DECHEN *et alii*, 1988) partindo da porcentagem de umidade. Aproveitaram-se as médias dos dados levanta-

dos durante todo o ciclo da aveia, sendo que as profundidades medidas coincidem com as curvas características. Com o dado médio de umidade de cada tratamento. Observa-se na curva característica do mesmo tratamento, qual é a tensão na que essa água encontra-se disponível para as culturas. Os dados de umidade e a tensão correspondente, lida na curva são apresentados na Tabela 68.

Tabela 68 - Umidade média (% Vol.) do ciclo da aveia preta e tensão (KPa) correspondentes lida na curva característica de cada tratamento.

DETERM.	UNIDADES	T R A T A M E N T O S					
		S. P. D.	M. P. D.	S. C.	M. E.	M. C.	S. E.
Umidade	% Vol.	36,7	36,4	33,8	31,5	31,4	32,7
Tensão	KPa	20	20	80	200	900	+1000

Observa-se que os tratamentos S.P.D. e M.P.D. encontra-se aproximadamente em uma tensão estimativa da capacidade de campo contrastando com outros tratamentos em que a umidade encontra-se disponível a tensões maiores em especial M.C. e S.E., neste último tratamento pode-se destacar que encontra-se muito perto da estimativa do ponto de murcha permanente, que corresponde para essa profundidade a uma umidade de 31,9%. Lembra-se que umidade utilizada é representativa de todo o ciclo da aveia, portanto as diferenças comentadas que favorecem sensivelmente ao sistema de preparo do P.D. são consistentes.

Os erros que podem estar presentes nas determinações discutidas, poderiam-se originar nas diferenças de metodologias das 2 avaliações, de umidades e porosidade, que se confrontam ao fazer as leituras nas curvas características, e também em que foram levantadas em datas diferentes, as amostras para as curvas característica ao fim das culturas de verão, e a umidade no ciclo da aveia. Porém as diferenças mencionadas não deveriam influenciar diferencialmente aos tratamentos, pelo que destaca-se que as tendências detectadas que favorecem aos tratamentos com P.D. aparentemente são consistentes.

Em resumo, destaca-se que as curvas sozinhas caracterizaram o solo estudado com bastante consistência, porém com a utilização da umidade do solo durante o ciclo da aveia, na leitura das tensões correspondentes a cada tratamento, as curvas diferenciaram muito o comportamento do sistema de plantio direto.

Esta levanta a dúvida a respeito da eficácia desta determinação sozinha, ou a respeito da metodologia utilizada, segundo foi discutido anteriormente nas diferentes determinações utilizando amostras volumétricas.

Assim pode-se concluir que a metodologia foi boa para a caracterização do solo estudado, porém foi pouco eficaz na avaliação do manejo do solo.

5.12. Capacidade da Água Disponível

Nas condições de estudo e com a metodologia apresentada esta determinação apresentou pouca eficácia na avaliação considerando-se que em 3 profundidades avaliadas não apresentaram diferenças significativas. Escolheram-se o perfil completo de 0-50 para apresentar-se na Tabela 64 de resumos dos resultados por considera-lo mais representativo que a camada 30-50 sozinha, que também apresentou diferenças significativas. Uma dúvida comentada nos resultados acima da Tabela 62 escolhida e o fato de que o tratamento S.E. que é o único que diferencia-se significativamente tem um C.V. 104,8% dentro do tratamento, ou seja, excessivamente alto.

Pelo dito esta determinação não apresentou boa eficácia de avaliação dos manejos e tão pouco coincidiu com as tendências apresentadas por outras pesquisas onde os três sistemas de preparo se diferenciam claramente (SIDIRAS *et alii*, 1982-1983 e DERPSCH *et alii*, 1986), embora salienta-se que a metodologia utilizada pelo autores mencionados para avaliar água disponível atual, foi a diferença entre a umidade do solo no momento da avaliação e o ponto de murcha permanente. Portanto diferiu da metodologia utilizada no presente trabalho, o que faz supor que isso possa ter influenciado nas diferenças obtidas.

Destaca-se o muito alto C.V.. Observando na Tabela 62 a média geral 7,59% pode-se comparar com o apresentado por (RESENDE, 1988) em dezesseis Latossolos, bastan-

te diferentes quanto a textura, teor de ferro e gibbsita/caulinita, mostram uma série de 6,2% de água disponível em porcentagem de volume. Quando se usa o limite de 10 KPa para capacidade de campo há um aumento de A.D. para 11%.

Pelo dito salienta-se a influência que esta metodologia tem do limite utilizado na estimação da capacidade do campo no laboratório

Uma outra observação salientada pelo autor mencionado é que a água disponível avaliada nos solos Latossolos não esta em relação a sua alta porcentagem de argila comparando-se com solos de regiões temperadas esta colocação salienta o atributo físico "mais fraco" do solo avaliado, sua baixa porcentagem de volume de disponibilidade de água, contrastou com as boas propriedades de infiltração e permeabilidade. Por tanto, nos atributos físicos a disponibilidade de água seria o mais limitante nos aspectos de manejo e portanto a eficácia desta determinação neste tipo de solos pode ser favorecida, ou dito de outra forma, as diferenças detectadas entre tratamentos em disponibilidade de água, ganham em importância relativa a respeito de outros atributos, pelo fato de ser este o aspecto limitante nestes solos.

5.13. Resumo dos Resultados

A própria avaliação geral do resumo de resultados apresenta a melhor de todas as avaliações, pelo fato de reunir, as 10 determinações que apresentaram diferenças

significativas. Também observações feitas nos resultados de que as próprias determinações apresentam-se equilibrados, com referência as 2 etapas de avaliação, profundidades utilizadas e mesmo apresentam boa distribuição dos níveis de significância.

Considera-se portanto, este resumo em seu conjunto a determinação mais representativa e a mais consistente de todas, na medida que se somam os resultados e possivelmente o fato de ser 10 em conjunto, tenha permitido compensar ou diminuir os erros isolados de cada uma das determinações. Pelo dito considera-se a este resumo como o padrão de classificação ou avaliação final dos tratamentos, Tabela 62.

Uma outra observação importante acima desta avaliação final é que ela tem muito boa eficácia na avaliação dos manejos na medida que os separa bem estabelecendo uma ordem clara e consistente, diferenciando os tratamentos, os 3 sistemas de preparo e as 2 culturas. Porém tem como contrapartida respeito de sua eficácia que exigiu a concentração de todas avaliações feitas e portanto não foi simples.

Entretanto na classificação dos tratamentos observamos que em primeiro termo, encontrasse os tratamentos M.P.D. e S.P.D. com 4 pontos, após dessa igualdade os tratamentos separou-se bem pelas suas pontuações. Analizando a primeira igualdade (4 pontos) observa-se que provêm de 5 "a" e 1 b, analisado as letras "a" observasse que em vários tem a mesma distribuição. Cobertura, Umidade e Água disponível,

é que as diferenças apresenta-se que em 2 avaliações feitas com permeâmetro favorecem ao M.P.D. pelo contrário as feitas com simulador de chuva favorecem a S.P.D.. Acima desta diferença segundo foi discutido anteriormente haveria uma tendência a conceder maior importância relativa ao simulador de chuva pelo fato de interessar especialmente a superfície do solo, que poderia considerar-se a camada mais crítica no processo da infiltração, contudo não consideramos esta colocação definitiva.

Analizando as letras "b" observamos que a do M.P.D. é da produtividade e a da S.P.D. é da resistência a penetração. Destaca-se como determinação de maior importância a produtividade, embora tenha-se discutido anteriormente que a origem dessa menor produtividade do M.P.D. seja a disponibilidade de nitrogênio e portanto a sua solução não seja exclusivamente o sistema de preparo mas sim outros manejos complementares por exemplo: Rotações e maior adubação nitrogenada, porém em um confronto de importância relativa das duas determinações, salienta-se como de maior importância a produtividade. Ainda mais complementado pela discussão da resistência a penetração onde apresentavam-se dúvidas, sim a maior resistência do S.P.D. pode-se considerar totalmente negativa ou pelo contrário pode-se pensar que esteja influenciando de forma positiva em outras determinações, por exemplo, sedimentos kg/ha.

Pelo dito escolheu-se o tratamento S.P.D. como o melhor dos tratamentos avaliados, em segundo termo M.P.D..

Na Tabela 69 a seguinte ordenou-se os tratamentos de melhor a pior, acrescentando os pontos obtidos por cada uma.

Tabela 69 - Classificação final dos tratamentos.

	S. P. D.	M. P. D.	S. E.	M. E.	S. C.	M. C.
Pontos Classif.	4	4	0	-3	-5	-7
Ordem Classif.	1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o	5 ^o	6 ^o

Esta ordem apresentado de classificação, pode-se considerar a conclusão mais importante deste trabalho na medida que responde ao primeiro objetivo procurado.

Utilizando as mesmas pontuações calcula-se a ordem de classificação dos sistemas de preparo apresentando-se na Tabela 70 a seguir.

Tabela 70 - Classificação final dos sistemas de preparo.

	P. D.	E.	C.
Pontos Classif.	8	-3	-12
Ordem Classif.	1 ^o	2 ^o	3 ^o

Reforçando mais esta avaliação, convém lembrar os resultados das curvas características apresentadas na Tabela 68 que destacaram mais uma vez as vantagens dos tratamentos com sistema de P.D. embora não foram incluídos neste

resumo por causa de não ter análise estatística, sendo só leituras nas curvas da tensão da umidade medida em cada tratamento.

Utilizando as mesmas pontuações calcula-se a ordem de classificação das culturas apresentadas na Tabela 71 a seguir.

Tabela 71 - Classificação final das culturas.

	SOJA	MILHO
Pontos Classif.	-1	-6
Ordem Classif.	1 ^o	2 ^o

Destaca-se que as 3 tabelas consideradas em conjunto, complementam-se na avaliação e reforçam-se mutuamente na sua consistência, apontando maior segurança nas conclusões.

A estas mesmas conclusões chega-se analisando os resultados apresentados comparando os 3 sistemas de preparo entre eles Tabela 64 e as duas culturas entre elas apresentadas na Tabela 65.

5.14. Eficácia na Avaliação dos Manejos

Um dos objetivos do trabalho é classificar as determinações pela sua eficácia na avaliação dos manejos. A respeito foi discutido no ponto anterior que o resumo dos

resultados tem a melhor eficácia e pode ser considerado o padrão da avaliação, destacando-se como inconveniente a quantidade de determinações necessárias e portanto sua pouca simplicidade.

Pelo dito, será usado a classificação final como padrão, comparado as outras determinações e procurando quais são as que melhor se ajustam ou maior semelhança tem com ela.

Segundo as discussões anteriores das diferentes determinações, sobressaíram-se pela sua eficácia na avaliação as seguintes: 1^o Cobertura e 2^o Umidade. Além disto, poderiam-se incluir, se consideradas em conjunto, as determinações com o simulador de chuva, infiltração e sedimento e as avaliações com permeâmetro, infiltração e condutividade. Isto, considerando que com o mesmo equipamento sejam levantados os dados para as duas determinações, e em conjunto, se complementam bem, aumentando a eficácia.

Uma outra determinação, que embora neste trabalho não apresentou boa eficácia de avaliação, porém não pode ser esquecida, pela sua importância relativa é a produtividade.

A respeito das determinações feitas a partir das amostras volumétricas, no presente trabalho não apresentaram uma boa eficácia, porém não foi possível determinar os reais motivos de sua pouca eficácia, podendo ser ligados a própria metodologia utilizada ou atributos do solo avaliado. Portanto essas determinações que no presente trabalho não a-

presentaram uma boa eficácia na avaliação, não podem ser desalientadas em outras condições ou com outras metodologias.

Referente a comparação da eficácia de avaliação das primeiras determinações mencionadas, salienta-se que a avaliação da cobertura destaca-se como a de maior eficácia pelas seguintes razões:

- Separou os sistemas de preparo nitidamente com a tendência da classificação padrão, salientando que é a única que conseguiu separar-los tão definidamente;
- Outra razão de importância na sua eficácia na avaliação é a extrema simplicidade e rapidez das determinações.

Pelo dito concluiu-se que a determinação da porcentagem de cobertura do solo é a determinação que melhor eficácia apresentou na avaliação das diferentes manejos, em particular nos diferentes sistemas de preparo, completando-se assim o segundo objetivo do trabalho.

O segundo lugar em eficácia de avaliação foi apresentado pela determinação de umidade expressa em porcentagem de volume com a metodologia explicitada. Acrescenta-se que estas duas determinações apresentam-se ligadas reforçando, portanto sua consistência, porém salienta-se que a cobertura pode ser considerada "causa" e a umidade "efeito" pelas razões de menor evaporação direta do solo e maior infiltração em presença de cobertura, o que foi anteriormente

discutido e que reforça portanto a importância da cobertura como determinação.

Salienta-se ainda que outras determinações estão ligadas consistentemente a cobertura, como exemplo o sedimento como foi anteriormente documentado e apresenta uma tendência universal definida, ou seja mais cobertura menos sedimento. Esta mesma tendência foi medida também em infiltração (ROTH *et alii* 1988), sublinhando mais uma vez que a cobertura é a "causa" e portanto reforçando sua importância como determinação.

Os aspectos biológicos do solo infelizmente não foram considerados dentro das determinações escolhidas, embora tomando a idéia de que a cobertura é "causa", muitos pesquisadores tem encontrado que atividade biológica aumenta sensivelmente com o aumento da cobertura do solo e por sua vez este aumento da atividade biológica, minhocas em forma especial, influenciam as melhoras de alguns atributos do solo. McCALLA & ARMY (1961), KEMPER & DERPSCH (1981), VLEESCHAMIER *et alii* (1981), PRIMAVESI (1982), VIDOR (1984), ALMEIDA (1985); CANNELL (1985), VIEIRA (1985) e CHAUDHRY *et alii* (1987).

Os argumentos apresentados do que a cobertura é a causa, que gera condições que influenciam outros atributos avaliados por diferentes determinações reforça a conveniência de avaliar a porcentagem de cobertura do solo, e sugere a idéia, que a eficácia de avaliação de manejos que a cobertura apresentou neste trabalho, possa ter uma possibi-

lidade de generalização bastante importante.

Um outro argumento da vantagem da cobertura nos manejos do solo e sua influência em diminuir a temperatura do solo, sendo a tendência que quando maior a cobertura mais diminui a temperatura (SIDIRAS *et alii* 1986), em consequência do aumento da temperatura os processos biológicos e principalmente a mineralização da matéria orgânica, ocorrem com maior rapidez nos solos sem cobertura, FASSBENDER (1980), SANCHEZ (1984), RESENDE *et alii* (1988)¹ citado por FAVARIN & FANCELLI (1989).

Pelo dito da influencia da cobertura na diminuição da temperatura, sugere-se que a eficácia de avaliação dos manejos pela determinação da porcentagem de cobertura, possa ter uma generalização bastante importante nas regiões subtropicais e tropicais. Onde os excessos de temperatura aceleram a degradação dos solos (LAL, 1984):

5.15. Considerações Gerais

Segundo foi discutido, concluiu-se que o melhor dos sistemas de preparo foi consistentemente o plantio direto, e na comparação das culturas a soja superou ao milho na sua influência no manejo do solo. Foi discutido também que o sistema de plantio direto pelas suas vantagens origi-

¹ REZENDE, M.; CURI, N. & SANTANA, D.P. Pedologia e Fertilidade do solo: interações e aplicações. Série Agronômica MEC/ESALQ/PO-TAFOS. 83 p., Brasília, 1988.

nadas na cobertura do solo, tem uma possibilidade importante de generalização especialmente em regiões subtropicais e tropicais. Pelo contrário as vantagens da soja a respeito do milho foram restritas especialmente aos atributos químicos do solo estudado, e principalmente a nutrição do nitrogênio, influenciado pelas diferentes taxas de mineralização da matéria orgânica do solo nos 3 sistemas de preparo.

Procurando resposta ao 3º objetivo deste trabalho, que pretende visar um sistema que reúna a maior quantidade de aspectos positivos e a menor possível de negativos. Pode-se pontualizar pelas conclusões acima expostas que o melhor sistema de preparo é o plantio direto e que o aspecto que necessita ser melhorado, nas condições estudadas, da cultura do milho é referente a nutrição e em especial a disponibilidade de nitrogênio para a cultura.

Pelo dito escolheu-se como sistema de preparo o plantio direto e no tratamento M.P.D., sugere-se a complementação com outras técnicas visando a melhorar a disponibilidade de nitrogênio. Uma técnica recomendada para M.P.D. é aumentar a fertilização nitrogenada 20-30% (MUZILLI, 1981). Outra técnica recomendada é a rotação com leguminosas, que pode diminuir as deficiências de nitrogênio (MUZILLI, 1983).

Destaca-se como importante na técnica de rotação com leguminosas o efeito compensador que a simbiose tem, ou seja, o fato comprovado de que quanto menor o nitrogênio disponível no solo, maior a fixação simbiótica do nitrogênio. A rotação mencionada inclui a culturas de verão

como a soja e mesmo a associação da aveia preta, de resultados comprovados na produção de cobertura, com alguma leguminosa, que ajude na fixação do nitrogênio.

Pelo dito sugere-se a utilização das 2 técnicas em conjunto, rotação e maior adubação de nitrogênio, procurando uma complementação entre elas e pelo mesmo uma complementação ao aspecto que deve ser melhorado do tratamento M.P.D..

Um outro aspecto interessante de destacar, considerando que os resultados da pesquisa, tem como seguinte passo sua difusão aos produtores rurais, é o fato de que as diferenças encontradas entre os 3 sistemas de preparo estudados tenderiam a marcar-se mais ao considera-las aplicadas na realidade do produtor, por causa da forma em que serão aplicados os 3 sistemas de preparo.

Observando os sistemas de preparo desde o ponto de vista de sua repetição em escala do produtor, aparece o plantio direto como representativo do que será feito na prática em escala maior, pelo contrário duvida-se que os outros sistemas sejam implementados da mesma forma em que foram estudadas, por causa da aveia preta semeada no inverno.

Observando os sistemas estudados em especial o convencional, desde o ponto de vista de extensão, resulta difícil pensar-se que possa ser repetido em grande escala com plantio de aveia preta, por causa do que a mesma palavra "convencional" inclui uma racionalidade de produtor, além de um conjunto de técnicas. Ou seja, que o produtor que tenha

uma atitude que o leve a semear aveia preta no inverno resulta difícil de pensar que utiliza-se posteriormente um sistema de preparo convencional.

Pelo dito pode-se concluir que em escala de produtor o convencional não seria semeado com aveia preta no inverno e mesmo apresenta-se a dúvida no sistema de escarificador. Este fato tenderia a marcar mais as diferenças entre os sistemas de preparos, pelas vantagens que a aveia preta aporta aos tratamentos estudados, por exemplo pela sua aporte de matéria orgânica, expressado em matéria seca da parte aérea e também pela sua importante massa radicular.

Um último aspecto detectado, de interesse geral é sublinhar que possivelmente a maior dificuldade encontrada na avaliação dos manejos nas diferentes determinações, seja a variabilidade entre as repetições, explicada especialmente pela variabilidade espacial do solo. Salientando-se que essa variabilidade estimada pelo coeficiente de variação geral, resultou bastante específica de cada determinação. Assim observaram-se C.V. muito altos nas determinações ligadas ao movimento da água no solo e C.V. baixos como exemplo a densidade do solo. Porém, não pode-se dizer que as dificuldades na avaliação estatística sejam exclusivas dos atributos com maior C.V. pelo contrário foi uma dificuldade bastante generalizada.

Sublinha-se que algumas ferramentas que resultaram de utilidade para melhorar a análise estatística foram os blocos com repetições (VIEIRA & HOFMANN, 1989) e também a

utilização de 10% como nível de significância de tabela publicada pelos mesmos autores. Outra ferramenta que sugere-se conviria ser consideradas em comparação de manejos é aumentar o número de repetições e também pensar-se em aumentar o tamanho das amostras em aquelas determinações que a metodologia permita. Pode-se ainda pensar-se baseando-se em estudos de variabilidade espacial, em desenhar modelos de análise estatísticas específicas para cada determinação considerando a distância mínima necessária para que as amostras sejam independentes e também o tamanho e número de amostras.

Sugere-se também a escolha de um conjunto de determinações, baseando-se no conceito de eficácia na avaliação de manejos. Apresentando as conclusões correspondentes ao aspecto eficácia deste trabalho como uma aproximação, embora lembrando o anteriormente discutido ao respeito de que a eficácia de algumas determinações seja bastante dependente dos atributos do solo estudado. Supondo-se que a tendência seja, que aquela determinação que avalie os atributos mais limitantes do solo estudado poderá ter uma vantagem em eficácia de avaliação, em comparação com uma determinação que mede atributos não limitantes do solo estudado.

Um outro aspecto a considerar na escolha das determinações, são atributos químicos e biológicos, os quais não foram determinados neste trabalho.

A partir de um conjunto de determinações com eficácia na avaliação de manejos, incluindo seus modelos de análise estatística, sugere-se a possibilidade de avaliação

em campo de produtores de manejos diferentes. Por exemplo, um mesmo solo é dividido por uma cerca, separando duas propriedades, ou seja 2 manejos diferentes durante um período prolongado de tempo. Esta seria uma possibilidade especialmente interessante em aquelas regiões onde não tem-se iniciado pesquisas de manejo em estações experimentais, como uma possibilidade de obter informação válida com maior rapidez.

5.16. Conclusões Específicas

Incluem-se nestas conclusões os pontos específicos de maior importância dos aspectos discutidos, reservando o capítulo de conclusões para aquelas mais gerais e que respondem diretamente aos objetivos do trabalho.

- O comportamento da produtividade, dos 3 sistemas de preparo avaliada em kg/ha de grãos, resultou diferentes na cultura da soja do que no milho e a explicação pode ser que a soja não depende do nitrogênio disponível no solo, pelo contrário o milho é muito influenciado na sua produtividade pela disponibilidade de nitrogênio na solução do solo.
- Na produtividade da soja e na aveia preta não detectaram-se diferenças estatisticamente significativas entre os 3 sistemas de preparo. Pelo contrário o milho foi mais produtivo no sistema convencional e menos em

P.D. e a explicação pode ser maior mineralização da matéria orgânica em convencional, o que gera mais N disponível para a cultura.

- A maior produtividade da aveia em rotação com soja, pode-se explicar pela maior disponibilidade de nitrogênio e possivelmente também pela tendência observada de mais água no solo durante o ciclo da aveia.
- O sentido da linha do plantio, influencia mais a superfície do solo que o sentido dos preparos primários do solo, e esta condição pode ter influência nas vantagens apresentadas pelo sistema de plantio em nível.
- A metodologia utilizada de resistência a penetração, apresentando curvas de resistência com os desvios padrão, representaram os diferentes tratamentos com bastante exatidão, porém necessita de outras determinações para poder interpretar agronomicamente os dados apresentados nas curvas.
- Nas condições pesquisadas incluindo 6 invernos, a quantidade de cobertura obtida com aveia preta pode-se considerar aceitável, e mesmo boa para desenvolver sistemas de plantio direto nesta região. Pelo dito, rejeita-se a hipótese implícita na introdução de que em Campinas, só podem obter-se coberturas fracas pelas condições edafoclimáticas.

- As condições bastante extremas necessárias nas determinações com simulador de chuva, destacam as boas condições físicas do Latossolo Roxo distrófico estudado, em coincidência com a literatura. Estas boas condições físicas do Latossolo Roxo avaliado em especial a infiltração e permeabilidade e sua pouca tendência ao crostamento da superfície, diminuíram a importância relativa das determinações de infiltração, o que possivelmente influenciou negativamente a eficácia desta determinação na avaliação do manejo. Pelo mesmo Rejeita-se a hipótese proposta de que a infiltração é a mais eficaz das determinações para avaliar o manejo.
- As determinações de várias porosidades, Porosidade Total, Macro e Microporosidade e densidade do solo, obtidas com amostras volumétricas, resultaram de pouca eficácia na avaliação do manejo. Não podendo ser conclusivas, apresenta-se a dúvida a respeito da metodologia utilizada, em especial o tamanho e número de amostras que podem ter influenciado a eficácia destas determinações.
- Destaca-se no resumo de resultados que esta é a melhor avaliação do manejo, pelo fato de reunir 10 determinações que apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre tratamentos. Além de que sua grande eficácia permite classificar os 6 tratamentos consis-

tentemente, os 3 sistemas de preparo e as 2 culturas. Razão pela que foi considerada avaliação padrão.

- Considerada individualmente a determinação da cobertura do solo resultou a mais a eficaz na avaliação do manejo e além sugere-se uma boa potencialidade de sua difusão, pela simplicidade das avaliações necessárias e também pela correlação com a produtividade das culturas, que é uma avaliação muito difundida na agricultura em geral.
- A determinação da umidade, resultou em segundo lugar em eficácia na avaliação, pela sua consistência nas diferentes datas e considerou-se importante salientar, que essa eficácia pode estar muito influenciada pela metodologia utilizada.
- As curvas características apresentadas caracterizam muito bem o solo estudado, porém elas sozinhas formam uma determinação pouco eficaz na avaliação do manejo do solo. Levantando a dúvida que a pouca eficácia seja por causa da metodologia utilizada, ou que pelo contrário a curva característica sozinha, seja mesmo uma determinação pouco eficaz na avaliação de manejos.
- As curvas características em conjunto com a umidade do solo no ciclo da aveia foram bastante eficazes em

diferenciar as vantagens do comportamento do sistema do plantio direto.

- Salientou-se a possibilidade de que na implementação dos sistemas de preparo na escala do produtor rural, as diferenças resultem maiores do que as avaliadas neste trabalho, pelo muito possível falta da cultura de aveia preta no inverno no sistema convencional e duvidosa no escarificador. Marcando pelo mesmo, ainda mais as vantagens do plantio direto a que de fato teria aveia preta no inverno.
- A Respeito das análises estatísticas a maior dificuldade encontrada foi a variabilidade entre as repetições influenciada especialmente pela variabilidade espacial do solo.

6. CONCLUSÕES

- Nas condições estudadas e em resposta ao primeiro objetivo do trabalho concluiu-se que o melhor tratamento avaliado foi S.P.D. e a ordem completa de classificação dos 6 tratamentos comparados é: 1º S.P.D., 2º M.P.D., 3º S.E., 4º M.E., 5º S.C. e 6º M.C.
- Concluiu-se também que na avaliação dos sistemas de preparo o melhor sistema, consistentemente, foi o plantio direto, favorecido pela maior cobertura do solo, seguido do escarificador, e do convencional. Na comparação das culturas de verão a soja resultou melhor ao respeito do manejo do solo que o milho.
- Em resposta ao 2º objetivo do trabalho concluiu-se que a determinação da cobertura vegetal do solo foi a mais eficaz das metodologias comparadas na avaliação do manejo do solo. Destacaram-se também na eficácia de avaliação do manejo do solo, as seguintes determinações na ordem e forma apresentadas: umidade do solo, determinações com simulador de chuva em conjunto (infiltração e sedimento), determinações com permeametro em conjunto (infiltração e condutividade Kfs).

- Em referência ao 3º e último objetivo do trabalho, que visa a um sistema de manejo que reúna a maior quantidade de aspectos positivos e a menor possível de negativos, concluiu-se que o sistema de plantio direto, reúne, segundo avaliado, a maior quantidade de aspectos positivos, e a menor produtividade no tratamento M.P.D. pode ser devido a deficiências nutricionais especialmente de nitrogênio, sugerindo-se a complementação com outras tecnologias, que reforçam especialmente esse aspecto. Como por exemplo a rotação com leguminosas e/ou uma maior quantidade de nitrogênio na adubação.

- A conclusão geral deste trabalho poderia ser resumida em o conceito de "cobertura do solo" dizendo que é uma ferramenta muito boa de manejo do solo, podendo-se acrescentar que, devido a que às vantagens apresentadas pela cobertura, tem uma teoria explicativa de suas relações causa efeito, bastante documentadas pela literatura, as possibilidades de generalização são importantes, especialmente nas regiões subtropicais e tropicais.

7. SUGESTÕES

- Considerando as importantes vantagens que a cobertura do solo, acrescenta ao manejo do solo, sugere-se aumentar as pesquisas com o objetivo de obter e manejar coberturas em quantidade suficiente, como para otimizar as suas vantagens, nas diferentes regiões.
- Em consideração a eficácia apresentada pela cobertura como avaliador de manejo, sugere-se que nas comparações de diferentes manejos inclua-se esta determinação, destacando a simplicidade e rapidez de sua medição.
- Acrescenta-se ainda como sugestão, que possivelmente algumas comparações de diferentes manejos incluindo P.D. que apresentasse como contraditórias na literatura, e mesmo resultados contraditórios no sistema de P.D. em diferentes regiões, poderiam melhorar sua interpretação fazendo-se a avaliação da cobertura do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGBOOLA, A.A. The effects of different soil tillage and management practices on the physical and chemical properties of soil and maize yield in a Rain forest zone of Western Nigeria. *Agronomy Journal*, vol. 73, 2: 247-51. 1981.
- ALMEIDA, F.S. de. Influência da cobertura morta do Plantio direto na biologia do solo. In: *Atualização em Plantio Direto*. Fundação Cargill, Campinas. 1985. p.103-144.
- ALMEIDA, F.S. de. & RODRIGUES, B.N. Guia de herbicidas - Contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional - IAPAR. Londrina - PR. 1985. p.468.
- ALVES, M.C. Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-escuro sob dois métodos de preparo, usando chuva simulada com duas intensidades. Porto Alegre. 1986. 115p. (Mestrado - Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul).
- BAVER, L.D.; GARDNER, N.H. & GARDNER, W.R. Física del suelo. Ecl Hispano Americana - México, 1973.
- BENATTI JR., R. Efeito do manejo convencional e reduzido na cultura do milho (*Zea mays*, L.) em quatro solos do Estado de São Paulo. 92p. Tese (Doutor em Agronomia Solos e Nutrição de Plantas) ESALQ. Piracicaba, 1981.

- BERTONI, J. Alguns aspectos do manejo do solo na cultura de milho. Trabalho apresentado a VI Reunião Brasileira de Milho - Campinas e Piracicaba, 1965. p.105-122.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Livrões, Piracicaba. 392p., 1985.
- BEZERRA, J.E.S. Influência de sistema de manejo do solo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico distrófico fase terraço, e sobre a produção de milho (*Zea mays* L.). Tese Mestrado em Fitotecnia). 61p. Universidade Federal de Viçosa, MG, 1978.
- BILLOT, J.F. Les applications agronomiques de la penetrometric a l'étude de la structure des sols travaillés. Bulletin de l'Association Francaise Pour l'Etude des sols - Science du Sol. Versailles, 3: 187-202, 1982.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão hídrica com métodos de preparo do solo na ausência e na presença de cobertura por resíduo cultural de trigo. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 11: 187-192. 1987.
- BEZERRA, J.E.S. Influência de sistemas de manejo do solo sobre algumas propriedades físicas e químicas de uma Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico Distrófico, fase terraço e sobre a produção de milho (*Zea mays*, L.). Viçosa, 1978. 61p. (MS - Universidade Federal de Viçosa).
- BLEVINS, R.L.; COOK, D.; PHILLIPS, S.H. e PHILLIPS, R.E. Influence of no-tillage on soil moisture. Agronomy Journal, 63: 593-596. 1971.

- BLEVINS, R.L.; SMITH, M.S.; THOMAS, G.W.; FRYE, W.W. Influence of conservation tillage on soil properties. *Journal of Soil Water Conservation*, Ankeny, 38: 301-305. 1983.
- BORST, H. & WOODBURN, R. Effect of mulches and surface conditions on the water relations and erosion of Maskingum soil, USDA Tech, n^o 825. 1942.
- CANNELL, R.Q. Reduced tillage in North-West Europe. A Review *Soil Tillage Research*, Amsterdam, 5: 129-77. 1985.
- CARVALHO, M.P. Erosividade da chuva distribuição e correlação com as perdas de solo de Mococa. Piracicaba - SP. ESALQ/USP. 104 p. 1987 (Dissertação de mestrado).
- CASSEL, D.K. Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance (Chapter 4). In: *Predicting Tillage Effects on soil Physical Properties and Processes* - ASA. Special Publication, 44. USA., 1982.
- CASTRO, O.M. de. Sistema de preparo do solo e rotação de cultura para milho e soja. Relatório Técnico Anual. Instituto Agronômico, Campinas, 1988. (mimeografado).
- CASTRO, O.M. de. Efeito de dois tipos de calcário em alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. Piracicaba, 1989. (Dissertação, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- CASTRO, O.M. de.; VIEIRA, S.R. & DE MARIA, I.C. de. Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In: *Simpósio Sobre Manejo de Água na Agricultura*. Fundação Cargill, Campinas. 1987. pg. 27-51.

- CENTURION, J.F. Efeitos de diferentes sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob vegetação de cerrado e na cultura do milho. Científica, São Paulo, 15(1/2): 1-8. 1987.
- CENTURION, J.F. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas de um solo argiloso sobre cerrado e na cultura de milho implantada. 101 p. Piracicaba. 1988. p.(Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- CENTURION, J.F. & DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 9: 263-66. 1985.
- CHAUDHRY, A.D.; BAKER, C.J. & SPRINGET, J.A. Barley seedling establishment by direct drilling in wet soil 2 Effects of Earthworms, Residue and Openers. Soil Tillage Research, Amsterdam, 9: 123-133. 1987.
- CORREA, J.C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do estado do Amazonas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 20(11): 1317-1322. 1985.
- COSTA, L.M. Aspectos de conservação do solo. In: Aspectos de Manejo do Solo. Fundação Cargill, Campinas. 1985. p.73-84.
- CRUCIANI, D.E. Hidrologia Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". Piracicaba - SP. 1987.
- DECHEN, S.C.F.; VIEIRA, S.R.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M. de.; QUAGGIO, I.A.; DE MARIA, I.C. Physical characterization of a Dark-Red Latosol under crop rotation with

peanut and maize. (Summary). In: International Conference on dryland farming Amarillo/Bushland, Tx., August 15-19. 1988. Program Amarillo, Tx USDA/ARS and Texas Agricultural Experiment Station, p. 8. 1988.

DENARDIN, J.E. Manejo adequado do solo para áreas motomecanizadas. In: Anais do I Simpósio de Manejo do Solo e Plantio Direto no Sul do Brasil e III Simpósio de Conservação do Solo do Planalto. Passo Fundo, RS. 1984.

DERPSCH, R. Importância da cobertura do solo e do preparo conservacionais. Anais do I Simpósio de Manejo do Solo e Plantio Direto no Sul do Brasil. III Simpósio de Conservação do Solo do Planalto. Passo Fundo, RS. 1984.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N. & ROTH, C.H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no tillage techniques in Parana, Brazil. Soil Tillage Research, Amsterdam, 8: 253-263. 1986.

DICKEY, E.C.; PETERSON, T.R.; GILLEY, J.R.; MIELKE, L.N.³ Yield Comparisons Between Continuous No-Till and Tillage Rotations. Transactions ASAE. Vol. 6, p.1682-1686. 1983.

ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; GUERRA, M.; ABRÃO, P.V.R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (Podzólico Vermelho-Amarelo) sob chuva natural. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 8: 245-249. 1984.

ELWELL, H.A. & STOCKING, M.A. Vegetal cover to estimate soil. erosion Hazard in Rhodesia. Geoderma, Amsterdam, 15: 61-70. 1976.

ELWELL, H.A. and WENDELLAR, F.E. To initiate a vegetal cover data bank for soil loss estimation. Research Bulletin n^o 23. Departament of Conservation e Extension, Rhodesia, 12 p. 1977.

- EMBRAPA, Manual de métodos de análise de solo. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro, 1979.
- FASSBENDER, N.H. Química de suelos con énfasis en suelos de America Latina IICA - Costa Rica, 1980.
- FAVARIN, J.L. & FANCELLI, A.L. Adequação de sistemas de produção em relação a alguns elementos do Ambiente Agrícola. In: Plantio Direto no estado de São Paulo FEALQ/ESALQ/USP - Assis, 1989.
- FLOYD, C.N. Model experiment on the effect of a ploughpan on crop yield under differing conditions of soil moisture availability. Soil Tillage Research, Amsterdam, 4: 175-89. 1984.
- GUNN, R. and KINGER, G.D. The terminal velocity of fall for water droplets in stagnant air. Journal of Meteorology, 6: 243-248, 1949.
- HARROLD, L.L.; TRIPLETT JR., G.B. & YOUKER, R.E. Watershed test of no-tillage corn. Journal of Soil and Water Conservation, 22(3): 98-100. 1976.
- HEARD, J.R.; KLADIVKO, E.J.; MANNERING, J.V. Soil macroporosity hydraulic conductivity and air permeability of silty soils under long-term conservation tillage in Indiana. Soil Tillage Research Amsterdam, 11: 1-18. 1988.
- HILL, D.E. & PARLANGE, J.Y. Wetting front instability in layered soils. Division S-1. Soil Physics. Soil Science Society of America Proceedings, vol. 36, 5: 697-702. 1972.

- HILL, R.L. and CRUSE, R.M. Tillage effects on bulk density and soil strength of two mollisols. *Soil Science Society of America Journal*, 49: 1270-1273. 1985.
- IKE, L.F. Soil and crop responses to different tillage practices in a ferruginous soil in the Nigerian savana. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, 6: 261-72. 1986.
- JONES JR., J.N.; MOODY, J.E. & LILLARD, J.H. Effects of tillage no-tillage and mulch on soil, water and plant growth. *Agronomy Journal*, 61(5): 719-721. 1969.
- KEMPER, B. & DERPSCH, R. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no tillage techniques in Parana Brazil. *Soil Tillage Research Amsterdam*, 1: 253-267. 1981.
- KIEHL, E.J. Manual da Edafologia. Relações Solo-Planta. Editora Agronômica Ceres. São Paulo, 1979.
- KOSTIAKOV, A.N. On the dynamics of the coefficient of water percolation in soil and the necessity for studying it from a dynamic view for purposes of amelioration. *Trans. 6 th Com. Int. Soc. Soil Science, Russian, Part A*: 17-21. 1932.
- LAL, R. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. Ibadan, IITA, Nigeria, 1975. 38p. Technical Bulletin, n^o 1.
- LAL, R. No-tillage effects on soil properties under different crops in western Nigeria. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 40: 762-768. 1976.
- LAL, R. Soil management systems and erosion control. In: *International Conference in Soil Conservation and Manage-*

ment in the Humid Tropics. Proceedings, p. 93-97. 1977. (1 ref.).

LAL, R. Soil erosion from tropical arabie lands and its control. International Institute of Tropical Agriculture. Ibadan, Nigeria. Advances in Agronomy, vol. 37. 1984.

LATTANZI, A.R.; MEYER, L.D. & BAUM GARDNER, M.F. Influences of mulch rate and slope steepnes on interrill erosion. Soil Science Society of America Proceedings, 38(6): 946-950. 1974.

LAWS, J.O. Measurements of the fall - velocity of water - drops and rain - drops; Transactions American Grophysical Union, 22: 709-721. 1941.

LEITE, J.A. & MEDINA, B.F. Efeito dos sistemas de manejo sobre as propriedades físicas de um Latossolo Amarelo do Amazonas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(11): 1417-1422. 1984.

LOMBARDI, NETO, F. Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil. Tese de Master of Science. West' Lafayette, Purdue University. 53 p. 1977.

LOMBARDI NETO, F.; DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. de.; DECHEN, S.C.F.; VIEIRA, S.R. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 12: 71-75. 1988.

LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; ELTZ, F.L.F. Relações de sistemas de uso e manejo do solo com as características físicas e perdas por erosão. VI Congresso Brasileiro e VI Encontro Nacional de Pesquisa Sobre Conservação do Solo. Resumos. Campo Grande - MS. 1986. p.7.

- MACHADO, J.A. & BRUM, A.C.R. Efeito do sistema de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, 2: 81-84, 1978.
- MARELLI, H.J.; LATTANZI, A.R.; ARCO, J.; WEIR, E. Evaluación del escurrimiento y de la infiltración del agua en el suelo con lluvia simulada. Publicación Técnica Serie: Suelos y Agronoclimatología n^o 4 (11p). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Marcos Juárez (Cordoba). 1983.
- McCALLA, T.M. & ARMY, T.J. Stubble mulch farming. *Advances in Agronomy*, 13: 125-196. 1961.
- MIELNICZUCK, J. Desenvolvimento de sistemas de culturas adaptadas a produtividade, conservação e recuperação dos solos. In: Cong. Bras. de Ciência do Solo. Programa e Resumos. Campinas. 1987.
- OLIVEIRA, J.B. Características morfológicas, analíticas limitações e aptidão agrícola dos solos da quadrícula de Campinas. Circular 109. Instituto Agrônô^omico, Campinas, 79p. 1980.
- OLIVEIRA, J.B. & MENK, J.R.F. Latossolos Roxos do Estado de São Paulo. Boletim Técnico 82. Instituto Agrônô^omico, Campinas, 132 p. 1984.
- PHILIP, J.R. The theory of infiltration: 4 sorptivity and algebraic infiltrations. *Soil Science*, Madison, 84: 257-264. 1957.
- PIMENTEL, G.F. A estatística moderna na pesquisa agropecuária, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. Piracicaba - SP. 1985. p.160.

- PIMENTEL, G.F. Curso de estatística experimental. Livraria Nobel. Piracicaba, 1987. p.404.
- PLA SENTIS, I. Simuladores de Ilúvia para el estudio de relaciones suelo-agua bajo agricultura de secano en los tropicos. Rev. Fac. Agron., Maracay, XII(1-2): 81-93. 1983.
- PRIMAVESI, O. Fatores limitantes da produtividade Agrícola e Plantio Direto. Basf. 56p. 1982.
- REEVES, D.W. & TOUCHTON, J.T. Effects of in row and inter-row subsoiling and time of nitrogen application on growth, stomatal conductance and yield of strip-tilled corn. Soil Tillage Research Amsterdam, 7: 327-340. 1986.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. 1^a edição. São Paulo. Ed. Manole. 1987. 85p.
- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo - planta - atmosfera. Fundação Cargill, Campinas, 1985. p.445.
- RESENDE, M. Caracterização dos solos tropicais brasileiros. In: Curso de Agricultura Tropical os Solos Tropicais. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, Brasília, 1988.
- REYNOLDS, W.D. & ELRICK, D.E. Laboratory and numerical assessment of the Guelph PERMEAMETER METHOD. Soil Science, vol. 144, n^o 4. USA. 1987.
- RICHARDS, L.A. Physical condition of water in soil. In: BLACK, C.A. (ed.). Methods of soil analysis I. Physical and mineralogical properties including statistical of measuring and sampling. American Society of Agronomy,

Madison, Wisconsin (Agronomic Series n^o 9) 128-151 pp. 1965.

ROSA, A.D. Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo Solo Santo Angelo (Latossolo Roxo distrófico). Porto Alegre. 1981. 23p. (Mestrado - Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

ROTH, CH. Relatório sobre o desenvolvimento de um simulador de chuvas tipo Goehingen modificado e melhorado. Convênio IAPAR/GTZ/Universidade de Goehingen. 11p. Londrina. 1984.

ROTH, C.H.; HENKLAIN, J.C. & FARIAS, G.S. Avaliação do tamanho de gotas de chuva natural e simulada para o Norte do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 9: 171-174. 1985.

ROTH, C.H.; MEYER, G.; FREDE, H.G.; DERPSCH, R. Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an Oxisol in Parana, Brazil. *Soil Tillage Research*, Amsterdam, 11: 81-91, 1988.

SACCHI, E. Sistemas de preparo do solo. Efeito no solo e na produção de milho (*Zea mays* L.). Tese (Doutor em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas). ESALQ. Piracicaba, 97p. 1982.

SANCHEZ, P.A. Suelos del tropico - Características y Manejo - Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura Costa Rica. 1981.

SAN ROQUE, M.P. RUBIO, D.J.L. SANCHEZ, D.J. Simulador de lluvia para el estudio de la erosionabilidad del suelo en laboratorio. I Congresso Español de Geologia - Tomo I. 783-794 p. 1984.

SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J.C. & DERPSCH, R. Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability the soil and water conservation and the yields of soy bean and enheat. In: Conference of the international soil tillage Research organization, 9, Osijek, 1982. Proceedings, Osijek, p. 537-544. 1982.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R. & MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 7: 103-106. 1983.

SIDIRAS, N.; ROTH, C.H. & FARIAS, G.S. de. Efeito da intensidade de chuva na desagregação por impacto de gotas em três sistemas de preparo do solo. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 8: 251-254. 1984.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, S.R. & ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo Roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 8: 265-268. 1984.

SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 10: 181-184. 1986.

STOLF, R. Operação do penetrometro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR - STOLF - Série penetrometro de impacto. Boletim nº 2. Ministério da Industria e do Comércio. Instituto do Açúcar e do Alcool - Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar PLANALSUCAR. Piracicaba, 1984.

STOLF, R.; FERNANDES, I.; FURLANI, N.V. Recomendação para uso do penetrometro de impacto. Modelo IAA/PLANALSUCAR -

STOLF. Revista STAB - Açúcar, Alcool e Subprodutos, vol. 1, n^o 3, 1983.

SUWARDJO and SOFIJAH, A. Crop residue mulch for conserving soil. In: SOIL EROSION AND CONSERVATION. Edited S. A. EL-SWAIFY, W. C. & MOLDENHAUER and ANDREW, L. O. Iowa. p. 607-614. 1985.

THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. The water balance publications in climatology vol. VIII. Laboratory of climatology Centerton. Diexel Instituto of Technology, New Tercey, p. 104. 1955.

TRIPLETT JR., G. B.; VAN DOREN, D. M. & SCHMIDT, B. L. Effect of corn stover mulch on no-tillage corn yield and water infiltration. *Agronomy Journal*, 60(2): 236-239. 1968.

TRIPLETT JR., G. B. & VAN DOREN JR., D. M. Agriculture without tillage. *Scientific American*, vol. 236, n^o 1. p. 28-33. 1977.

TOPP, G. C., DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. Electromagnetic determination of soil water content using TDR: II. evaluation of installation and configuration of parallel transmission lines. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 46, 678-684, 1982.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; BAILEY, W. G.; ZEBCHUK, W. D. The measurement of soil water content using a portable TDR hand probe. *Can. J. Soil Science*, 64: 313-321, 1984.

TOPP, G. C. & DAVIS, J. L. Time - Domain Reflectometry (TDR) and its application to irrigation scheduling. *Advances in Irrigation*, vol. 3, 107-127, 1985a.

TOPP, G.C. & DAVIS, J.L. Measurement of soil water content using Time - Domain Reflectometry (TDR) a field evaluation. Soil Science Society of America Journal, vol. 49, 10-24, 1985b.

TOPP, G.C.; YANUKA, M.; ZEBCHUK, W.D. and ZEGELIN, S. Determination of electrical conductivity using time Domain Reflectometry. Soil and Water Experiments in Coaxial Lines - Water Resources Research. 7: 945-952, vol. 24, 1988.

GENUCHTEN, M.T. & NIELSEN; D.R. On describing and predicting the hydraulic properties of unsaturated soils. Annales Geophysicae 3, 5, 615-628, 1985.

VIDOR, C. O manejo do solo e a população de organismos. Anais do I Simpósio de Manejo do Solo e Plantio Direto no Sul do Brasil. III Simpósio de Conservação do Solo do Planalto. Passo Fundo - RS. 1984.

VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: Plantio direto no Estado do Paraná. Fundação Instituto Agrônômico do Paraná (Circular IAPAR 23) p. 19-32. Londrina, 1981.

VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em Plantio Direto. In: Atualização em Plantio Direto - Campinas, Fundação Cargill. 1985.

VIEIRA, M.J.; COGO, N.P. & CASSOL, E.A. Perdas por erosão em diferentes sistemas de preparo do solo para a cultura da soja (*Glycine max* L.) Merr. em condições de chuva simulada. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 2: 209-214. 1978.

VIEIRA, M.J. & MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(7): 873-882. 1984.

- VIEIRA, S.R.; NIELSEN, D.R. & BIGGAR, J.W. Spatial Variability of Field-Measured Infiltration Rate. Soil Science Society of America Journal, 45: 1040-1048. 1981.
- VIEIRA, S.R.; CASTRO, O.M. & DE MARIA, I.C. Dinâmica da água no solo em função do manejo. In: Plantio Direto no Estado de São Paulo. FEALQ/ESALQ/USP. Assis. 1989.
- VIEIRA, S.R.; REYNOLDS and TOPP, G.C. Spatial variability of hydraulic properties in highly Structured Clay Soil. In: WIERENGA, P.J. and BACHELET, D. (eds). Validation of Flow and Transport Models for The Unsaturated Zone: Conference Proceedings; May 23-36, 1988, Ruidoso, New Mexico. Las Cruces, NH. Department of Agronomy and Horticulture, New Mexico State University, 471-483 p. 1988. (Research Report 88-55-04).
- VIEIRA, S. & HOFFMANN, R. Estatística Experimental. ED. Atlas - São Paulo, 1989.
- VLEESCHAUVER, D. de; LAL, R. & MALAFA, R. Effects of amounts of surface mulch on physical and chemical properties of an Alfisol from Nigeria. Soil and Fertilizers. vol. 10. n° 8689. 1981.
- WISCHMEIER, W.H. Conservation tillage to control water erosion. In: Conservation Tillage. Soil Conservation Society of America, Ankeny, p.133-141. 1973.
- WISCHMEIER, W. Estimating the soil loss equation cover and management factor for undisturbed areas. Proc. Sediment Prediction Workshop, Oxford, Miss, USDA., 1975. 285p.
- WISCHMEIER, W. & SMITH, D. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. USDA, Science and Education Administration, Washington, Agriculture Handbook, n° 537, 58p. 1978.

YABUKA, M.; TOPP, G.C.; ZEGELIN, S. and ZEBCHUK, W.D. Multiple deflection and attenuation of Time Domain Reflectometry Pulses: Theoretical Considerations for Applications to soil and water. *Water Resources Research*. 7: 939-944, 1988.