

LUIZ ANTONIO CORRÊA LUCCHESI

Influência de Sucessões de Culturas Forrageiras
e Adubações Sobre a Recuperação de Algumas
Características de um Solo Degradado pela
Mineração do Xisto e Sobre a sua Mesofauna
Edáfica (Acari e Collembola)

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-
Graduação em Agronomia, Área de concen-
tração Ciências do Solo do Setor de Ciên-
cias Agrárias da Universidade Federal do
Paraná, como requisito parcial à obtenção
do grau de Mestre em Ciências.

CURITIBA

1 9 8 8



P A R E C E R


Os Membros da Comissão Examinadora, designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração - "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestre, apresentada pelo candidato LUIZ ANTONIO CORRÊA LUCCHESI, com o título "INFLUÊNCIA DE SUCESSÕES DE CULTURAS FORRAGEÍRAS E ADUBAÇÕES SOBRE A RECUPERAÇÃO DE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DE UM SOLO DE GRADADO PELA MINERAÇÃO DO XISTO E SOBRE A SUA MESOFAUNA EDÁFICA (Acari e Collembola)", para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato são de parecer pela **APROVAÇÃO** da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo".

Observação:- O critério de avaliação da Dissertação e defesa da mesma é apenas APROVADA ou NÃO APROVADA.

Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba, 16 de dezembro de 1988.


Professor Honório Roberto dos Santos, Presidente.


Professor João Mielniczuk, Primeiro Examinador.


Professor Anibal de Moraes, Segundo Examinador.


Professor Carlos Bruno Reissmann, Coordenador



Aos meus pais pela formação e exemplo que me ofereceram à minha esposa Cláudia e meu filho Guilherme que me apoiaram e que compreenderam a divisão de meu tempo para com o trabalho

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Honório Roberto dos Santos, pelo incentivo, apoio incondicional e orientação.

Ao professor Anibal de Moraes, entusiasta dos trabalhos desenvolvidos, pela amizade, incentivo e co-orientação.

Ao professor Marcos Luiz de Paula Souza, pela co-orientação e acompanhamento sem o qual seria impossível a realização deste trabalho.

Ao professor Henrique Soares Koeller pela colaboração segura e objetiva na avaliação estatística.

À Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (administrações 1985 a 1988) pela oportunidade e apoio oferecidos.

À Superintendência da Industrialização do Xisto da PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A., pelos recursos financeiros e apoio material concedidos a este projeto.

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

Aos companheiros de curso, pela amizade e contribuição.

À FUPEF - Fundação de Pesquisa e Estudos Florestais, pela administração dos recursos concedidos.

Aos funcionários Adriano Faro da Silva e Rui Barbosa da Silva, pelo auxílio nas análises laboratoriais e coleta de amostras.

Aos professores do departamento de Fitotecnia e Fitosanitarismo e Nutrição Animal pela permissão da utilização de seus equipamentos.

Aos professores do Departamento de Solos pelo apoio na realização do presente.

À Licenciada em Letras Maria Lucia Vilas Boas pela revisão do texto.

S U M Á R I O

	<u>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</u>	x
	<u>LISTA DE TABELAS</u>	xv
	<u>RESUMO</u>	xxiii
1	<u>INTRODUÇÃO</u>	01
2	<u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	04
2.1	MINERAÇÃO, DEGRADAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE SOLOS - ASPECTOS GERAIS	04
2.1.1	O Xisto, sua situação, distribuição, possibi- lidades de industrialização e de recuperação do solo degradado	04
2.2	DEGRADAÇÃO DO SOLO - CONCEITUAÇÃO	06
2.2.1	Definição de degradação do solo, locais e si- tuações onde vêm ocorrendo	06
2.2.2	Causas e conseqüências da degradação do solo..	09
2.3	RECUPERAÇÃO DOS SOLOS	13
2.3.1	As plantas e a recuperação dos solos	15
2.3.1.1	As plantas e a incorporação de carbono e ni- trogênio ao solo	27
2.3.2	A recuperação do solo através da adubação mine- ral ou orgânica	32
2.3.2.1	Efeitos da adubação sobre as características físicas do solo	35

2.3.2.2	Os efeitos da adubação sobre os teores de matéria orgânica do solo	37
2.4	MESOFAUNA	40
2.4.1	Aspectos gerais sobre a mesofauna do solo	40
2.4.2	Classificação e características da mesofauna do solo (Acari e Collembola)	41
2.4.3	A função e importância dos Acari e Collembola.	46
2.4.4	O ambiente e a mesofauna do solo	49
2.4.4.1	A influência de algumas práticas de manejo sobre a mesofauna do solo	53
2.4.4.2	A influência das plantas sobre a mesofauna do solo	58
2.4.4.3	A influência da fertilização sobre a mesofau- na do solo	61
2.4.4.4	A influência da matéria orgânica na mesofau- na do solo	64
2.4.4.5	A influência da luz, da temperatura e da umi- dade sobre a mesofauna do solo	67
3	<u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	71
3.1	LOCAL, CLIMA E SOLO	71
3.2	O EXPERIMENTO. PREPARO DA ÁREA, INSTALAÇÃO E TRA- TAMENTOS	73
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	79
3.4	MANEJO DAS CULTURAS E DO SOLO	81
3.5	AVALIAÇÕES EFETUADAS	81
3.5.1	No solo	81
3.5.1.1	Análises físicas	81
3.5.1.2	Análises químicas	83

3.5.1.3	Avaliação biológica	84
3.5.2	Fertilizantes orgânicos utilizados	87
3.5.3	Análise das plantas	87
3.5.3.1	Produção de matéria seca total por corte e composição botânica	87
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	88
4	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	89
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA	89
4.1.1	Caracterização física	89
4.1.1.1	Granulometria	89
4.1.1.2	Densidade do solo e das partículas	92
4.1.1.3	Umidade a 1/3 e 15 atmosferas	93
4.1.1.4	Estabilidade de agregados em água	96
4.1.2	Caracterização Química	98
4.1.2.1	Caracterização do nível inicial da fertili- dade do solo	98
4.1.2.2	Avaliação dos teores totais de micronutrien- tes	98
4.1.3	Uniformidade da área e estágio de degradação.	99
4.2	EVOLUÇÃO DE ALGUMAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍ- SICAS DO SOLO E DA PRODUTIVIDADE, INDICADORAS DA SUA RECUPERAÇÃO	101
4.2.1	Parâmetros físicos	101
4.2.1.1	Estabilidade de agregado em água	101
4.2.1.2	Umidade atual	111
4.2.1.2.1	A umidade atual e a influência exercida pelas sucessões de culturas (fator B) ...	111
4.2.1.2.2	A umidade atual e a influência exercida pelas adubações (Fator A)	119

4.2.1.2.3	A umidade atual e a influência exercida sobre esta pelas interações entre o fator A (adubação) e fator B (sucessão de culturas)	121
4.2.2	Parâmetros Químicos	130
4.2.2.1	Fertilidade química do solo	130
4.2.2.1.1	pH em CaCl ₂	130
4.2.2.1.2	Alumínio Trocável	135
4.2.2.1.3	Cálcio mais Magnésio	135
4.2.2.1.4	Cálcio	138
4.2.2.1.5	Magnésio	140
4.2.2.1.6	Fósforo	140
4.2.2.1.7	Potássio	142
4.2.2.1.8	Carbono	146
4.2.2.1.9	Hidrogênio mais Alumínio	151
4.2.2.1.10	Saturação de Bases	151
4.2.3	Produção de matéria seca	154
4.2.4	As adubações e sucessões de culturas como recuperadoras do solo	164
4.3	AVALIAÇÃO DA FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DA MESOFAUNA DO SOLO (ACARI E COLLEMBOLA)	167
4.3.1	Acari	167
4.3.1.1	A influência das sucessões de culturas (Fator B) sobre os Acari	168
4.3.1.2	A influência das adubações (Fator A) sobre os Acari	179
4.3.1.3	A influência das interações adubação x sucessão de culturas (fator A e B) sobre os Acari	186

4.3.2	Collembola	187
4.3.2.1	A influência das sucessões de culturas (fator B) sobre os Collembola	188
4.3.2.2	A influência das adubações (fator A) sobre os Collembola	196
4.3.2.3	A influência das interações entre as sucessões de culturas e adubação (fatores A x B)	198
4.3.3	A flutuação populacional dos Acari e Collembola em função das estações do ano	207
4.3.3.1	A influência da umidade sobre a mesofauna..	208
4.3.4	Os Acari e Collembola como indicadores da recuperação de solos degradados	209
5	<u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u>	211
	<u>SUMMARY</u>	218
	<u>APÊNDICES</u>	219
	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	241

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA

1	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DE SÃO MATEUS DO SUL, PR..	72
2	ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES (PLANTIO, ADUBAÇÃO E CORTE) EFETUADAS NAS SUCESSÕES DE CULTURAS..	78
3	DESENHO ESQUEMÁTICO DO FUNIL DE BERLESE E MESAS DE EXPOSIÇÃO PARA A EXTRAÇÃO DA MESOFAUNA	85
4	COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS GLOBAIS DOS DIÂMETROS MÉDIOS PONDERADOS (DMP) E DAS FRAÇÕES DE TAMANHO DE AGREGADOS, DISTRIBUÍDAS PERCENTUALMENTE (g/100 g) DE DUAS ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM (1. ^a COLETA EM 10/07/86 E 2. ^a ÉPOCA 29/05/87)	105
5	COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DOS DIÂMETROS MÉDIOS PONDERADOS (DMP) DAS ADUBAÇÕES I, II E III, DAS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3 DE DUAS AMOSTRAGENS (1. ^a COLETA EM 10/07/86 E 2. ^a COLETA EM 29/05/87)	110
6	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE DO SOLO (g/100 g) RETIDA À TENSÃO DE 0,03 MPa E 1,5 MPa e de UMIDADE ATUAL DO SOLO EM 21 ÉPOCAS NO PERÍODO DE 01/05/86 A 31/05/87	115

FIGURA

7	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA NO PERÍODO DE 01/05/86 A 31/05/87 DA SUCESSÃO DE CULTURAS 1.....	116
8	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA NO PERÍODO DE 01/05/86 A 31/05/87 DA SUCESSÃO DE CULTURAS 2	117
9	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 20 ÉPOCAS E DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA NO PERÍODO DE 01/05/86 A 31/05/87 DA SUCESSÃO DE CULTURAS 3	118
10	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE DO SOLO (g/100 g) RETIDA À TENSÃO DE 0,03 MPa E 1,5 MPa E DE UMIDADE ATUAL DO SOLO EM 22 ÉPOCAS NO PERÍODO DE 01/05/86 A 31/05/87, SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III...	120
11	MÉDIAS DOS VALORES DE pH DO SOLO SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM..	134
12	MÉDIAS GLOBAIS DOS TEORES DE ALUMÍNIO DO SOLO DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM	136
13	MÉDIAS GLOBAIS DOS TEORES DE CÁLCIO MAIS ALUMÍNIO, E DE CÁLCIO E DE MAGNÉSIO DO SOLO, DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM	137

FIGURA

14	MÉDIAS DOS TEORES DE FÓSFORO DO SOLO SOB AS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3 DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM	143
15	MÉDIAS GLOBAIS DOS TEORES DE POTÁSSIO DO SOLO DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM	145
16	MÉDIAS DOS TEORES DE CARBONO DO SOLO, GLOBAL E SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM	149
17	MÉDIAS DOS TEORES DE HIDROGÊNIO MAIS ALUMÍNIO DO SOLO, SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM	153
18	MÉDIAS GLOBAIS DOS PERCENTUAIS DE SATURAÇÃO DE BASES DO SOLO DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM	155
19	DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE QUATRO CORTES DAS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3 ...	158
20	DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL POR ESTAÇÃO DO ANO DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DAS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3	160
21	COMPOSIÇÃO BOTÂNICA DAS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3 A CADA CORTE	161
22	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI SOB AS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3	176

FIGURA

23	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI EM 23 ÉPOCAS E DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS SOB AS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3 NO PERÍODO DE 01/05/86 A 31/05/87	177
24	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III	180
25	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI EM 23 ÉPOCAS SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III	181
26	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI EM 23 ÉPOCAS, DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E UMIDADE RETIDA ÀS TENSÕES DE 0,33 E 15atm SOB A SUCESSÃO DE CULTURAS 1, E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA	182
27	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI EM 23 ÉPOCAS, DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E UMIDADE RETIDA ÀS TENSÕES DE 0,03 E 1,5 MPa SOB A SUCESSÃO DE CULTURAS 2, E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA	183
28	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI EM 23 ÉPOCAS, DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E UMIDADE RETIDA ÀS TENSÕES DE 0,03 E 1,5 MPa SOB A SUCESSÃO DE CULTURAS 3, E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA	184

FIGURA

29	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA SOB AS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3	189
30	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III	190
31	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA EM 23 ÉPOCAS SOB AS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3	191
32	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA EM 23 ÉPOCAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E UMIDADE RETIDA ÀS TENSÕES DE 0,03 E 1,5 MPa SOB A SUCESSÃO DE CULTURAS 1	193
33	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA EM 23 ÉPOCAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E UMIDADE RETIDA ÀS TENSÕES DE 0,03 E 1,5 MPa SOB A SUCESSÃO DE CULTURAS 2	194
34	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA EM 23 ÉPOCAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E UMIDADE RETIDA ÀS TENSÕES DE 0,03 E 1,5 MPa SOB A SUCESSÃO DE CULTURAS 3	195
35	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA EM 23 ÉPOCAS SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III	197

LISTA DE TABELAS

TABELA

1	ÉPOCA DE APLICAÇÃO E DOSAGEM DE FERTILIZANTES MINERAIS E ORGÂNICOS DE CORREÇÃO UTILIZADOS NAS SUCESSÕES DE CULTURAS 1. ^a FASE, NO PERÍODO DE MAIO A DEZEMBRO DE 1986	75
2	ÉPOCA DE APLICAÇÃO E DOSAGEM DE FERTILIZANTES MINERAIS DE MANUTENÇÃO UTILIZADOS NAS SUCESSÕES DE CULTURAS 2. ^a FASE NO PERÍODO DE DEZEMBRO DE 1986 A MAIO DE 1987	76
3	DOSAGEM TOTAL DE FERTILIZANTES MINERAIS E ORGÂNICOS UTILIZADOS NAS SUCESSÕES DE CULTURAS NO PERÍODO DE MAIO DE 1986 E MAIO DE 1987	77
4	ESPÉCIES UTILIZADAS NAS SUCESSÕES DE CULTURAS, DENSIDADES E DATAS DE SEMEADURA, INOCULANTES E ESPAÇAMENTOS UTILIZADOS	80
5	MÉDIA DAS PERCENTAGENS DA FRAÇÃO AREIA DA ÁREA EXPERIMENTAL (QUATRO REPETIÇÕES)	90
6	MÉDIAS DAS PERCENTAGENS DE ARGILA, SILTE, AREIA E CASCALHO	91

TABELA

7	MÉDIA DAS DENSIDADES DAS PARTÍCULAS OBTIDAS DE AMOSTRA DE SOLO TOMADAS À PROFUNDIDADE DE 0-15 cm EM 29/05/87 EM SÃO MATEUS DO SUL/PR	92
8	MÉDIA DAS DENSIDADES DO SOLO E DAS DENSIDADES DAS PARTÍCULAS	94
9	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE DE AMOSTRAS DO SOLO DEFORMADAS SUBMETIDAS À TENSÃO DE 0,03 MPa...	95
10	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE DE AMOSTRAS DE SOLO DEFORMADAS SUBMETIDAS À TENSÃO DE 1,5 MPa....	95
11	MÉDIAS DOS DIÂMETROS MÉDIOS PONDERADOS DE AGREGADOS (DMP) (1. ^a COLETA)	96
12	MÉDIAS DAS PERCENTAGENS DE AGREGADOS MAIORES QUE 4 E MENORES QUE 8 mm RESULTANTES DE AMOSTRAS COLETADAS EM 10/07/86 (1. ^a COLETA)	97
13	MÉDIA GLOBAL DOS PARÂMETROS INDICATIVOS DA FERTILIDADE QUÍMICA, DETERMINADOS ATRAVÉS DE AMOSTRAS COLETADAS EM 03/05/86 (1. ^a COLETA)	98
14	MÉDIA DOS TEORES TOTAIS DE MICRONUTRIENTES (BORO, COBRE, FERRO, MANGANÊS E ZINCO)	100
15	MÉDIAS DOS DIÂMETROS MÉDIOS PONDERADOS (DMP) (2. ^a COLETA)	102
16	MÉDIA DOS DIÂMETROS MÉDIOS PONDERADOS (DMP) E DAS PERCENTAGENS DE AGREGADOS POR FRAÇÃO, OBTIDAS DE AMOSTRAS COLETADAS EM DUAS ÉPOCAS DISTINTAS	103

TABELA

17	MÉDIAS DAS PERCENTAGENS DE AGREGADOS MAIORES QUE 0,25 E MENORES QUE 1 mm (2. ^a COLETA)	106
18	MÉDIAS DAS PERCENTAGENS DE AGREGADOS MAIORES QUE 1 E MENORES QUE 2 mm (2. ^a COLETA)	106
19	MÉDIAS DAS PERCENTAGENS DE AGREGADOS MAIORES QUE 4 E MENORES QUE 8 mm (2. ^a COLETA)	107
20	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE DO SOLO (g/100 g) À TENSÃO DE 0,03 MPa E 1,5 MPa E DE UMIDADE ATUAL DO SOLO EM 22 ÉPOCAS NO PERÍODO DE 04/07/86 A 29/ 05/87	112
21	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 10/07/86 (ÉPOCA 2)	123
22	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 19/08/86 (ÉPOCA 4)	123
23	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 03/09/86 (ÉPOCA 5).....	124
24	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 24/09/86 (ÉPOCA 6)	124
25	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 08/10/86 (ÉPOCA 7)	125

TABELA

26	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 24/10/86 (ÉPOCA 8)	125
27	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 12/11/86 (ÉPOCA 9)	126
28	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 27/11/86 (ÉPOCA 10)	126
29	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 08/12/86 (ÉPOCA 11)	127
30	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 22/12/86 (ÉPOCA 12)	127
31	MÉDIA DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 20/01/87 (ÉPOCA 14)	128
32	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 17/02/87 (ÉPOCA 16)	128
33	MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 29/05/87 (ÉPOCA 22)	129

TABELA

34	MÉDIAS DOS TEORES DE pH(CaCl ₂), Al, Ca + Mg, Mg, P, K, C, H + Al e V% OBTIDOS DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS DE 0-15 cm DE PROFUNDIDADE EM 4 ÉPOCAS...	131
35	MÉDIAS DOS VALORES DE pH (CaCl ₂) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 29/05/87 (4 ^a COLETA)	133
36	MÉDIAS DOS TEORES DE CÁLCIO (m.e%) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 24/10/86 (2 ^a COLETA)	139
37	MÉDIAS DOS TEORES DE (P) (ppm) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 29/05/87 (4 ^a AMOSTRAGEM)	141
38	MÉDIAS DOS TEORES DE POTÁSSIO (me%) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 24/10/86 (2 ^a COLETA)	144
39	MÉDIAS DOS TEORES DE CARBONO (%) (C) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 24/10/86 (2 ^a COLETA)	147
40	MÉDIAS DOS TEORES DE CARBONO (%) (C) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 15/01/87 (3 ^a COLETA)	147
41	MÉDIAS DOS TEORES DE CARBONO (%) (C) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 29/05/87 (4 ^a COLETA)	148
42	MÉDIAS DOS TEORES DE HIDROGÊNIO MAIS ALUMÍNIO (H ⁺ + Al ³⁺) (m.e%) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 29/05/87 (4 ^a AMOSTRAGEM)	152
43	MÉDIAS DAS PERCENTAGENS DE SATURAÇÃO DE BASES (V%) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 29/05/86 (4 ^a AMOSTRAGEM)	154

TABELA

44	MÉDIAS DA PRODUÇÃO TOTAL DE MATÉRIA SECA (kg/ha) DAS UNIDADES EXPERIMENTAIS ORIUNDAS DE QUATRO CORTES	156
45	MÉDIAS DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA (kg/ha) DE 4 CORTES DAS ESPÉCIES FORRAGEIRAS, REALIZADOS EM: <u>SUCCESSÃO 1.</u> 1ª CORTE: 10/12/86; 2ª CORTE 14/10/87; 3ª CORTE 23/03/87; 4ª CORTE 27/05/87; <u>SUCCESSÃO 2.</u> 1ª 24/02/85; 2ª 23/09/86; 3ª 09/12/86; 4ª 22/08/87; <u>SUCCESSÃO 3.</u> 1ª 04/07/86; 2ª 23/03/86; 3ª 14/11/86; 4ª 13/05/87	157
46	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADO EM 24/07/86 (4. ^a AMOSTRAGEM)	169
47	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 03/09/86 (6. ^a AMOSTRAGEM)	169
48	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 24/09/86 (7. ^a AMOSTRAGEM)	170
49	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 08/10/86 (8. ^a AMOSTRAGEM)	170
50	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 24/10/86 (9. ^a AMOSTRAGEM)	171
51	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 08/12/86 (12. ^a AMOSTRAGEM)	171
52	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 22/12/86 (13. ^a AMOSTRAGEM)	172

TABELA

53	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOS- TRADOS EM 06/01/87 (14. ^a AMOSTRAGEM)	172
54	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOS- TRADOS EM 22/03/87 (19. ^a AMOSTRAGEM)	173
55	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOS- TRADOS EM 09/04/87 (20. ^a AMOSTRAGEM)	173
56	MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO, COLE- TADOS À PROFUNDIDADE DE 0-5 cm EM 23 ÉPOCAS	174
57	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 24/07/86 (4. ^a AMOSTRAGEM)	199
58	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 19/08/86 (5. ^a AMOSTRAGEM)	199
59	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 03/09/86 (6. ^a AMOSTRAGEM)	200
60	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 24/09/86 (7. ^a AMOSTRAGEM)	200
61	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 08/08/86 (8. ^a AMOSTRAGEM)	201
62	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 24/10/86 (9. ^a AMOSTRAGEM)	201
63	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 12/11/86 (10. ^a AMOSTRAGEM)	202

TABELA

64	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 27/11/86 (11. ^a AMOSTRAGEM)	202
65	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 17/02/87 (17. ^a AMOSTRAGEM)	203
66	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 10/03/87 (18. ^a AMOSTRAGEM)	203
67	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 22/03/87 (19. ^a AMOSTRAGEM)	204
68	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 22/04/87 (21. ^a AMOSTRAGEM)	204
69	MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO, COLETADOS À PROFUNDIDADE DE 0-15 cm EM 23 ÉPOCAS...	205

RESUMO

No presente trabalho procurou-se avaliar a influência de sucessões de culturas e adubações na recuperação de algumas características químicas, físicas e biológicas de um solo degradado pelos processos de mineração do folhelho pirobetuminoso (xisto) da formação Irati do Permiano em São Mateus do Sul, PR. O xisto é minerado à céu aberto, e após a extração do querogênio o material retortado volta à mina e é recoberto por uma camada de solo com seus horizontes misturados. O experimento foi implantado sob um solo antrópico oriundo provavelmente da unidade Associação Latossolo Vermelho-Escuro Álico + Terra Bruna Estruturada Similar álica textura argilosa, sob um delineamento estatístico de Blocos ao acaso com parcelas sub-divididas. Os tratamentos foram de três tipos de adubação (parcelas) e três sucessões de culturas (sub-parcelas) em quatro repetições (blocos). As adubações foram constituídas de: Adubação I, lixo urbano + fertilizante mineral; Adubação II, esterco de curral + fertilizante mineral; Adubação III, fertilizante mineral. As sucessões de culturas foram constituídas de: Sucessão 1 por gramíneas e leguminosas perenes: cornichão (*Lotus corniculatus* L.), trevo branco (*Trifolium repens* L.) e pensacola (*Paspalum notatum* Flüg C.V. Saurae); Sucessão 2 por gramíneas e leguminosas anuais: aveia preta (*Avena strigosa* Sereb), azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.), ervilhaca (*Vicia sativa* L.), serradela (*Ornithopus sativus* Broth), trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum* L.), sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.), feijão miúdo (*Vigna sinensis* Endl.), Sucessão 3 gramíneas anuais, as mesmas utilizadas na sucessão 2. O experimento foi conduzido durante um ano. Foi avaliada a influência dos tratamentos sob os seguintes parâmetros: estabilidade de agregados em água, fertilidade química, produção de matéria seca, umidade atual a 5 cm de profundidade e flutuação populacional de Acari e Collembola. As adubações não proporcionaram diferenças na estabilidade de agregados, na fertilidade e produção de matéria seca. As sucessões de culturas não proporcionaram diferenças na estabilidade de agregados e fertilidade química. Os Acari e Collembola foram influenciados pelas adubações e sucessões de culturas. O diâmetro médio ponderado e a mesofauna aumentaram e a fertilidade melhorou com o tempo.

1 INTRODUÇÃO

O Paraná caracteriza-se por possuir uma economia calçada sobre a agricultura, a qual vem perdendo ano a ano áreas de solo aptas a esta atividade. Tais perdas, em função da supressão de áreas causadas pela construção de barragens, pela crescente urbanização, pela construção de estradas, pela própria exploração agrícola inadequada e pela mineração são significativas necessitando, portanto, tornarem-se objetos de estudos mais aprofundados.

A degradação dos solos agrícolas, de caráter reversível ou irreversível, traz, dependendo da sua gravidade, problemas de ordem econômica e social a curto, médio ou a longo prazo, que somente encontrarão solução dentro da ciência e da tecnologia. São os solos agrícolas em área os mais expressivos em termos de degradação. Sua recuperação, portanto, está condicionada à disponibilidade tecnológica, assistência técnica, crédito dirigido e lucratividade da exploração eleita para a recuperação. Só a partir do preenchimento destes requisitos é que exigências de ordem legal poderão ser efetuadas para que o processo de recuperação se concretize.

Dentre as situações de degradação de solos encontradas, o presente trabalho aborda especificamente o da mineração. Esta opção deve-se à gravidade com que o problema se apresenta, apesar da limitada extensão de área abrangida em terras

paranaenses. Complementarmente, deve-se ressaltar que acima de tudo o enfoque aqui dado em termos metodológicos poderá ser aproveitado em outras situações problema.

Por outro lado, solos degradados, originados de áreas mineradas com o intuito de aproveitamento do "xisto pirobituminoso" como alternativa energética fóssil em substituição ao petróleo, já vinha tendo a sua recuperação testada principalmente através da utilização de espécies florestais em áreas de mineração da Superintendência da Industrialização do Xisto da PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A. em São Mateus do Sul - PR.

A ampliação do plano piloto de mineração para extração do querogênio, e conseqüentemente avanço e degradação de novas áreas agrícolas, programadas para os próximos anos, induziu a Petrobrás a investir em projetos que visassem a recuperação das áreas mineradas.

A Usina Protótipo do Irati, que produzia diariamente 800 barris de óleo de xisto e 17 toneladas de enxofre, passará a produzir diariamente, a nível industrial, a partir de 1989, 3.750 barris de óleo, 65 toneladas de enxofre e 43 toneladas de gás de xisto (ZAMBERLAN & VIANA¹²¹), prevê-se que em 25 anos sejam minerados aproximadamente 57 km² (5.700 ha).

Desta forma, visando dar suporte a um programa de recuperação de solos, principalmente para a atividade agropecuária, foi conduzido o presente trabalho. Procurou-se assim, além de avaliar os efeitos de sucessões de culturas forrageiras e adubação sobre o solo e sobre a sua mesofauna, abrir novos horizontes dentro desta linha de recuperação de solos então criada pelo curso de Pós-graduação em Agronomia, área

de concentração Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná.

Quanto ao estudo sobre a mesofauna do solo, levando-se em conta o seu papel na decomposição da matéria orgânica, procurou-se, nesta oportunidade, além de outras variáveis estudadas, avaliar os efeitos de diferentes adubações e sucessões de culturas sobre a sua flutuação populacional.

Neste contexto, o Estado do Paraná através de sua Secretaria da Agricultura vem atuando através de Programas Integrados de Conservação de Manejo dos Solos e da Água. Em 1985 esta pasta proporcionou, a alguns técnicos de seu sistema de agricultura, treinamento a nível de mestrado na área de Ciência do Solo, procurando, na formação acadêmica de profissionais da agricultura, compor massa crítica no território paranaense, de modo a dar suporte às necessidades da sociedade e às exigências da legislação vigente no Estado (PARANÁ⁸⁸). O autor do presente trabalho foi um dos técnicos agraciados por tal oportunidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MINERAÇÃO, DEGRADAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE SOLOS - ASPECTOS GERAIS

2.1.1 O Xisto, sua situação, distribuição, possibilidades de industrialização e de recuperação do solo degradado

O xisto (folhelho pirobetuminoso) é uma rocha sedimentar de textura fina que contém um material orgânico denominado querogênio, este sob aquecimento produz óleo. O querogênio origina-se de vegetais e animais acumulados no fundo de grandes corpos d'água estagnada, onde encontra-se misturado com argila e areia. Esta mistura no processo de formação foi comprimida numa marga sob temperatura e pressão insuficientes para convertê-lo em óleo (DAVIS²⁶).

O óleo de xisto é encontrado em várias partes do mundo. O maior depósito conhecido é o da formação Green River no Colorado nos Estados Unidos da América do Norte, e o segundo maior é a formação Irati na América do Sul, ocorrendo também depósitos na África, Ásia e Austrália (SCHRAMM*, citado por DAVIS²⁶).

* SCHRAMM, L.W. Mineral facts and problems - shale oil. Dep. of Interior, Bur. of Mines. Bull., 667, 1975. 26 p.

No Brasil, o xisto é explorado hoje através da mineração a céu aberto. A medida que o óleo é extraído da rocha o material retornado retorna à área de origem, e a superfície da mina é recomposta. No entanto, este solo em função de suas características físicas, químicas e biológicas, após os processamentos a que é submetido, apresenta-se com fertilidade extremamente baixa, necessitando de recuperação (PETROBRÁS⁸⁹).

As características físicas dos novos solos das áreas degradadas originadas da mineração, estão relacionadas com o tipo de material presente, com o seu rearranjo e grau de intemperismo. Fragmentos de rochas e xisto aumentam a drenagem e diminuem a capacidade de retenção de umidade. Materiais grosseiros aumentam a profundidade das raízes. Enquanto que partículas finas que sofrem o trânsito de maquinário pesado restringem o desenvolvimento radicular (SMITH*, SMITH *et alii***¹⁰², citados por SUTTON¹⁰²).

Na mineração a céu aberto os principais problemas na recuperação do solo referem-se à topografia de superfície, estabilidade do solo, controle da água, às condições do solo e à revegetação. Esta, segundo os autores vem a ser a prática principal no controle da erosão, o que conduz à uma maior utilização de espécies forrageiras e menor utilização de espécies florestais (PAONE *et alii*⁸⁷).

* SMITH, R.M. Properties of coal overburden that influence revegetation and economic use of mine soils. In: BONDURANT, D.M., ed. Revegetation and economic use of surface-miner land and mine refuse. West Virginia, Univ. Morgantown, 1971. p. 5-6

**SMITH, R.M.; TYRON, E.K. & TYNER, E.H. Spoil development on mine spoil. West Virginia Univ. Agric. Exp. Stn. Bull., 604T, 1971.

Atualmente, a PETROBRAS, já vem investindo em pesquisas sobre a recuperação dos solos degradados pelo processo de mineração, mas tendo obtido resultados particularmente no que concerne à área florestal, como o de SIMÕES *et alii*⁹⁸ que avaliando o comportamento de espécies de rápido crescimento e indicadas para o reflorestamento da região de São Mateus do Sul concluíram que: o *Eucalyptus viminalis* Labill e de forma particular a *Mimosa scabrella* (Benth.) possuem rápida cobertura do solo, e alto teor de nutrientes nas folhas o que permite o seu enriquecimento com um volume de matéria orgânica rica em nitrogênio.

Trabalhos similares de recuperação de solos degradados pela mineração vem sendo desenvolvidos em outras partes do mundo.

Áreas de mineração de bauxita no oeste da Austrália têm sido recuperadas através da recomposição da paisagem, recolocação da camada superficial do solo, sub-solagem e revegetação por vários métodos. Tais áreas cujo revolvimento inicial é feito com maquinaria pesada e alcança em média 2,0 m de profundidade e no máximo 1 hectare de área, têm sido monitoradas através de métodos botânicos convencionais que são complementados por estudos suplementares dos Arthropoda da superfície do solo (GREENSLADE & MAJER⁴⁴).

2.2 DEGRADAÇÃO DO SOLO - CONCEITUAÇÃO

2.2.1 Definição de degradação do solo, locais e situações onde vem ocorrendo

O termo degradar, segundo FERREIRA³⁸, pode ser interpre-

tado como: estragar, deteriorar, desgastar, atenuar ou diminuir gradualmente.

A degradação do solo é definida pela FAO/UNEP como sendo o resultado de um ou mais processos os quais minimizam a capacidade produtiva do solo (atual e/ou potencial) em produzir bens ou serviços (FAO* citada por CHISCI¹⁸).

Os problemas de degradação do solo podem ser de alta, média e baixa prioridade. Os de alta prioridade são: a perda de fertilidade, a degradação física, química e biológica, a perda e acumulação de matéria orgânica, a sobrecarga dos solos pelo uso de defensivos agrícolas, lodo de esgoto e efluentes, águas poluídas e degradação física dos solos associada a problemas biológicos, deterioração de sua estrutura e compactação (OOSTERBAAN⁸⁶).

Existem diferentes tipos de áreas degradadas. Talvez a maioria seja formada pelas cidades e estradas que as ligam. Outras são os cortes, aterros e encostas de estradas que representam no total as maiores e mais visíveis áreas degradadas. A degradação pela mineração tem sido objeto de atenção do público e autoridades, sendo que algumas destas áreas têm demonstrado excelentes resultados na sua recuperação. Grandes extensões de pastagens e agricultura têm contribuído para o aumento percentual de áreas degradadas, no entanto este processo nestas áreas vem ocorrendo a taxas mais lentas (BOX¹³).

* FAO. Assessing soil degradation. FAO Soil Bull., 34, 1977.

No Brasil, segundo MUZZILLI* citado por VINCENZI¹¹⁵,
estima-se que dos 15.750.000 ha de latossolos e terras roxas
do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná cultivados com
trigo e soja, 20 a 30% estão em franco processo de degradação,
375.000 ha no RS e 600.000 ha no PR estão com problemas de
erosão críticos e praticamente irreversíveis, sendo a perda
anual de solo de 378.000.000 de toneladas.

Tais afirmações são convergentes com as fornecidas por
MIELNICHUK & SCHNEIDER⁷⁸, que citam que 5 a 10% dos Latossolos
e Terras Roxas Estruturadas do sul do Brasil encontram-se em
estágios intermediários de degradação, e os restantes 70 a 80%
em estágios iniciais, portanto os primeiros exigindo recupera-
ção e os segundos práticas conservacionistas para evitar este
processo.

Fisicamente o termo degradação pode ser utilizado para
incluir quaisquer mudanças nas propriedades do solo, como as resultan-
tes da passagem de rodas as quais fazem com que o solo tor-
ne-se menos adequado aos propósitos para os quais o mesmo vinha
sendo utilizado. Isto poderia incluir um aumento na energia do
solo, o que impediria um crescimento descendente das raízes das
culturas. Em algumas situações o efeito não está relacionado
diretamente com o estabelecimento ou desenvolvimento das plan-
tas, mas com a relação entre solo, clima e uso do maquinário.
Por exemplo, tem-se a perda da permeabilidade o que confere um
aumento no escoamento superficial e problemas de erosão e a

* MUZZILLI, O. O plantio direto no Brasil. Atualização em plantio
direto. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p. 3-15.

necessidade de energia e operações suplementares para o cultivo (SOANE⁹⁹).

Assim, de acordo com BOELS¹⁰, a degradação física do solo é definida como uma mudança das propriedades físicas a qual tem uma influência negativa sobre a produção.

Segundo MIELNICZUK & SCHNEIDER⁷⁸, a degradação física se manifesta pela acentuada perda de qualidade na estrutura dos solos, traduzindo-se em aparecimento de finas crostas na superfície e compactação sob a camada arável com conseqüente diminuição nas taxas de infiltração, aumento do escoamento superficial, erosão, custos por unidade de área e diminuição na produtividade, devido principalmente ao seu manejo inadequado.

2.2.2 Causas e conseqüências da degradação do solo

Apesar de distintas, as causas da degradação, devido a processos econômicos desencadeados pela mineração do xisto, agricultura e pecuária, podem ser explicadas basicamente pelo manejo. A mobilização excessiva, a deficiência na cobertura da superfície, a reduzida fertilidade, a compactação, a erosão e a redução dos teores de matéria orgânica do solo são algumas das causas comuns àquelas explorações, e mais básicas.

HÉBERT⁴⁷ cita tipos de degradação do solo que tem identificado:

- a) o colapso dos primeiros 3 a 4 cm pelo efeito da chuva;
- b) o decréscimo da elasticidade;
- c) a compactação 30-40 cm de profundidade;

- d) a deterioração estrutural; e
- e) as perdas por erosão.

Da mesma forma MIELNICZUK & SCHNEIDER⁷⁸ citaram que a adoção de práticas agrícolas nocivas tais como a mobilização excessiva do solo por implementos agrícolas, a queima de resíduos culturais e a monocultura têm degradado o solo. Processo este que se dá em três etapas: Etapa 1, onde não se percebe o fenômeno e quando ocorre a gradativa destruição da matéria orgânica e da estrutura; Etapa 2, quando ocorre a desestruturação do solo e baixos níveis de matéria orgânica, compactação abaixo da camada arável, impedindo a infiltração da água e penetração de raízes tornando a erosão acelerada e a produtividade seriamente reduzida; e Etapa 3, quando o processo erosivo se torna tão violento que o solo começa a ser abandonado. O tempo que um solo em cultivo leva para percorrer este trajeto dependerá da intensidade com que as práticas inadequadas forem aplicadas.

De acordo com KLANT & STAMMEL⁵⁸ algumas das características dos solos que podem ser afetadas pelo manejo inadequado são: a profundidade, reduzida pela remoção das camadas superficiais; a pedregosidade, aumentada pela remoção de partículas finas; o teor de matéria orgânica, reduzido em função da erosão e decomposição; o teor de nutrientes, reduzido pela remoção através das culturas e principalmente pela erosão; o teor de alumínio trocável incrementado pela remoção das camadas superficiais e de outros cátions; e o pH reduzido.

A falta de proteção da superfície do solo é parcialmente responsável pelo processo de sua degradação física por permitir a ação mais direta dos agentes climáticos, ocorrendo

assim a desintegração dos agregados da superfície do solo, o encrostamento e compactação superficial, a diminuição da condutividade hidráulica, o aumento do escoamento superficial, e a erosão (CABEDA¹⁷; GUERRA⁴⁵).

Da mesma forma, em relação às pastagens, COSTA²¹ cita como causas prováveis de sua degradação, dentre outras:

- a) ausência de cobertura vegetal proporcionando aumento da enxurrada, diminuição na infiltração e incremento nas taxas de erosão;
- b) falta de adubação;
- c) o uso freqüente da queima; conclusões estas concordantes com as obtidas por BARUQUI *et alii*³.

Por outro lado a compactação do sub-solo e a deterioração da estrutura física da camada superficial são as mais importantes causas da degradação, sendo que as altas cargas sobre rodas em sistemas intensivos de produção agrícola são responsáveis por este tipo de degradação (BOELS¹⁰; BOELS *et alii*¹¹; KUIPERS⁶²).

Para qualquer situação a degradação e a acumulação de matéria orgânica é governada pelas práticas de cultivo e manejo. As mais importantes são a rotação, a adubação e o sistema de cultivo adotados (GUERRA⁴⁵; SAUERBECK⁹⁵).

Em regiões sob cultivo intenso, o teor inicial de matéria orgânica decresce e tende ao equilíbrio em outros níveis distintos para cada situação de solo (DUTIL³⁰; GUERRA⁴⁵). Cultivos intensivos requerem grandes quantidades de fertilizantes minerais. Altas fertilizações minerais aumentam a degradação da matéria orgânica (pelo aumento da atividade microbiológica) (DUTIL³⁰).

O cultivo, a erosão e os teores reduzidos de matéria orgânica enfraquecem a estabilidade estrutural dos solos tornando-os pobres, aumentando seu encrostamento superficial e diminuindo sua permeabilidade (TROEH *et alii*¹⁰⁷).

A degradação que se verifica nas propriedades físicas e químicas do solo resulta principalmente da mineralização e conseqüente diminuição nos seus teores de matéria orgânica (MEDEIROS⁷⁴⁻⁷⁵).

A degradação dos agregados está altamente correlacionada com a diminuição da matéria orgânica, o cultivo do solo expõe a matéria orgânica acumulada a uma maior decomposição microbiana (BAVER *et alii*⁴).

Outra forma de degradação da matéria orgânica do solo é através da queima. VIDOR¹¹⁴ cita, por exemplo, o caso dos agricultores do Rio Grande do Sul, que pela falta de equipamentos adequados e visando acelerar o processo de preparo do solo efetuam a queima da palha, expondo o solo e reduzindo a disponibilidade de nutrientes e energia para os organismos do solo. Desta forma, apesar da temperatura junto à resteva ser normalmente superior a 200°C durante a queima, a população microbiana é muito pouco afetada, mas a meso e macrofauna da superfície são completamente destruídas, originando um desequilíbrio. No entanto, as maiores variações são observadas na atividade microbiana, a qual se apresenta estimulada em áreas submetidas à uma queimada e minimizada no decorrer de queimadas contínuas.

2.3 RECUPERAÇÃO DOS SOLOS

Segundo FERREIRA³⁸, a palavra recuperar pode ser também entendida como adquirir novamente o perdido, reabilitar, indenizar ou ressarcir.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE (NAS)* citado por BOX¹³, sugere para os termos restauração, recuperação e reabilitação, quando relacionados com áreas de mineração de carvão, as seguintes definições: **Restauração**: significa proporcionar exatamente as mesmas condições ao sítio em consideração, processo este muito raramente possível, e somente utilizável em situações de preservação da arqueologia ou história exigidos pela sociedade; **Recuperação**: quando a área que sofreu a degradação permite que os organismos presentes originalmente em número e composição venham novamente a ocupá-la após o processo de recuperação, aceitando-se, no entanto, que o sítio seja ocupado por outros organismos próximos aos originais, mas que preencham o mesmo nicho ecológico. Alguns ecologistas são resistentes em aceitar que para a recuperação se utilize outras espécies que não aquelas originalmente ali estabelecidas; **Reabilitação**: é o nome dado ao sítio que alcançou uma forma, e um nível de produtividade anteriormente planejado, cuja estabilidade foi estabelecida. Este termo é utilizado quando a paisagem é alterada em função do uso do solo distinto do original. Este último termo também sugere que muitas alternativas de uso do solo possam ser examinadas, desde que se verifique a sua estabilidade ecológica e o seu valor à sociedade. A

* NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (NAS). Rehabilitation potential of Western coal lands. Cambridge, Ballinger Publ., 1974. 198 p.

nova utilização do solo poderá ser de maior importância que a anterior à sociedade.

De acordo com McKELL* citado por DAVIS²⁶ três etapas ocorrem no processo de recomposição das áreas mineradas de xisto para a revegetação:

- a distribuição do solo diretamente sobre as pilhas de xisto;
- a colocação de uma camada de rejeito sobre o xisto e sobre esta o solo, o que pode evitar o movimento de sais do xisto retornado para o solo; e
- o terraceamento das encostas das pilhas de xisto retornado a fim de interceptar a água em trincheiras, as quais são preenchidas com solo.

Para as condições de degradação dos solos das regiões Sul, Centro-sul e Centro-oeste do Brasil, DENARDIN²⁷ recomenda a adoção de práticas de uso e manejo de solo que evitem os problemas de pulverização e compactação e que protejam-na da ação erosiva das chuvas, o que propiciaria as seguintes condições:

- a) retenção máxima da água da chuva no local onde ela encontra o solo;
- b) incremento na velocidade de infiltração de água no solo;
- c) redução da velocidade de escoamento da água não infiltrada;

* McKELL, C.M. Achieving effective revegetation of disposed processed oil shale. A program emphasizing natural methods in an arid environment. Agric. Exp. Stn., Utah State Univ. Land Rehab. Ser., n. 1, 1976. 17 p.

- d) aumento da capacidade de armazenamento da água no solo; e
- e) melhoria das condições físico-químicas do solo para o desenvolvimento das culturas.

Em complementação à tais medidas, KLANT & STAMMEL⁵⁸ propõem:

- a) utilização do solo segundo sua aptidão;
 - b) recuperação e manutenção de suas boas propriedades físicas;
 - c) melhoramento da estrutura geral da propriedade;
- tornando assim, relativamente simples a recuperação e conservação do solo, através da utilização de fertilizantes minerais e/ou orgânicos combinados com o manejo das culturas e restegas.

SKERMAN*, citado por MEDEIROS *et alii*⁷³ afirma que a recuperação de solos degradados pode ser buscada através de cobertura vegetal com espécies que tenham facilidade de estabelecimento, rápido desenvolvimento, agressividade suficiente para controlar invasoras e que melhorem as condições físicas e a fertilidade do solo.

2.3.1 As plantas e a recuperação dos solos

De acordo com HEATH⁴⁶, as gramíneas e leguminosas têm sido reconhecidas como ferramentas importantes no melhoramento e conservação do solo. Os benefícios diretos destas espécies

* SKERMAN, P.J. Tropical forage legumes. Roma, FAO, 1977. cap. 1, p. 1-9.

em rotações têm sido avaliadas por muitos anos sob grande variedade de ambientes.

A cobertura vegetal reduz as perdas de água por evaporação, eleva a retenção de água e aumenta seu teor de matéria orgânica, melhorando assim a resistência do solo à erosão, pela maior estabilidade de agregados, menor densidade do solo e redução no peso das partículas componentes do solo (DENARDIN²⁷).

Segundo TROEH *et alii*¹⁰⁷, as práticas vegetativas de cobertura são o mais efetivo meio conhecido de controle de erosão.

Sítios onde a superfície do solo e as camadas inferiores foram cortadas, recobertas, misturadas e compactadas por maquinaria pesada em processos de mineração ou outros são geralmente difíceis de serem revegetados. O que é resultado de condições físicas adversas, e se caracteriza por apresentarem fertilidade baixa e desbalanceada, excesso de acidez, alcalinidade ou salinidade e processos erosivos, além de estarem mais sujeitos a seca e encharcamento (TROEH *et alii*¹⁰⁷).

As gramíneas e leguminosas são as plantas mais efetivas no controle da erosão nos primeiros estágios de recuperação. A seleção das espécies deve basear-se nas propriedades físicas e químicas dos solos, topografia, clima, uso e manejo planejado. As gramíneas são relativamente fáceis de serem estabelecidas promovendo uma rápida e densa cobertura do solo, sendo desejável em áreas mineradas o uso de consorciações de gramíneas devido à variabilidade do solo. Já as leguminosas têm como principal função a suplementação de N para as plantas com quem estão consorciadas (SUTTON¹⁰², TAYLOR & TEMPLETON JR.¹⁰⁴).

Afirmação esta concordante com a de que as plantas que produzem grande volume de raízes profundas e que mantêm boa cobertura do solo, com crescimento inicial rápido e agressivo, podem recuperar fisicamente solos degradados (NUERNBERG *et alii*⁸⁴).

LAL* citado por MEDEIROS *et alii*⁷³ acrescenta que essas espécies devem ser tolerantes a longos períodos de estiagem, facilmente eliminadas e não devem competir com a cultura subsequente em sistemas de rotação, plantio direto e/ou com a cultura principal, quando consorciadas. O mesmo autor afirma que a utilização de espécies com esse potencial, associada ao emprego de práticas agronômicas simples, efetivas e econômicas, possibilita, em curto prazo, restaurar as características físicas, químicas e biológicas de solos degradados, melhorando-lhes a produtividade.

A recuperação de solos fisicamente degradados pode ser alcançada através da ação de plantas dotadas de características recuperadoras, ou seja:

- a) produtoras de grande volume de raízes;
- b) alta capacidade competitiva;
- c) rusticidade;
- d) fechamento rápido da superfície;
- e) agressividade para penetração mesmo em zonas de solo com alta resistência (camadas compactadas) (GUERRA⁴⁵).

* LAL, R. Modification of soil fertility characteristics by management of soil physical properties. In: LAL, R. & GREENLAND, D.J., ed. Soil physical properties and crop production in the tropics. New York, J. Wiley, 1979. Cap. 7, p. 397-405.

As características desejáveis em uma planta recuperadora, em geral não são encontradas em uma única espécie (GUERRA⁴⁵; NUERNBERG⁸⁴).

Segundo VINCENZI¹¹⁶, as pastagens são apontadas como a forma mais racional de conservação e recuperação de solos degradados, sendo adicionalmente a forma mais econômica de alimentação de bovinos, apresentando grande potencial de produção de alimentos. Desta forma, as pastagens como cobertura do solo, o protege contra o impacto da gota de água da chuva evitando a desestruturação superficial do solo, aumentando a infiltração, diminuindo o escoamento e assim atenuando o fenômeno da erosão.

MEDEIROS⁷⁴ considera como recurso técnico mais efetivo no controle da erosão a utilização de sistemas integrados de produção agropecuária que incluam rotações onde as pastagens estejam presentes.

O uso de pastagens em um sistema de rotação e/ou sucessão de culturas poderá recuperar e manter as características agronômicas mais importantes do solo agrícola (VINCENZI¹¹⁶), sendo possível sustentar sistemas equilibrados de rotação cereal/pasto desde que se efetue um manejo habilidoso (WHITTE *et alii** citados por MEDEIROS⁷⁴; BROWNING¹⁶).

Para a recuperação e preservação de condições físicas de solos agrícolas, GUERRA⁴⁵ salienta algumas práticas como: a proteção da superfície do solo, a utilização de plantas

* WHITHE, B.H.; ELLIOTT, B.R.; SHARKEY, M.J. & REEVES, P.G. Efficiency of land use systems involving crops and pasture. J. Aust. Inst. Agric. Sci., 1978.

consideradas recuperadoras em sistemas de rotação de culturas, subsolagem para o rompimento de camadas compactadas e redução do preparo do solo.

Desta forma, a superfície dos solos degradados devem ser revegetados tão rapidamente quanto possível, a fim de evitar a erosão (BENNETT*; BENNETT *et alii***; HILL*** citados por BENNETT *et alii*⁷).

O estabelecimento de cobertura vegetal continua a ser a principal prática no que concerne ao controle da erosão. Esta prática tem conduzido à utilização cada vez maior de espécies forrageiras e menor de espécies florestais (PAONE *et alii*⁸⁷).

A vegetação é provavelmente o fator mais influenciável no ciclo hidrológico e o mais manipulável pelo homem. A água de infiltração é muito dependente da vegetação. As plantas protegem a superfície aumentando a infiltração e evitando o ressecamento. No entanto, as gramíneas forrageiras possuem raízes mais rasas e se utilizam de muito mais água que outras culturas. Assim, o solo abaixo destas geralmente é mais seco levando a maiores taxas de infiltração (BROWING¹⁶).

* BENNETT, O.L. Vegetation to heal scars. In: ANNUAL MEETING SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICAN, 28., Hot Springs, Ark., 1973. Proceedings. p. 249-253.

** BENNETT, O.L.; JONES JR., J.N.; ARMINGER, W.H. & LUNDBERG, P.E. New techniques for revegetation of strip-mined areas. In: ANNUAL MEETING OF SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICAN, 27., Portland, Ore, 1972. Proceedings. p. 50-55.

*** HILL, R.D. Non-point pollution from mining and mineral extraction. In: SOUTHEASTERN REGION CONFERENCE NON-POINT SOURCES OF WATER POLLUTION, 1975. Proceedings. Blacksburg, U.A. (U.A. Water Resources Research Center).

Da mesma forma, as forrageiras além de se adaptarem a muitas situações de solo, aumentam a percolação da água e o protegem através da dissipação de energia (HEATH⁴⁶).

Como exemplo disto, SAXTON *et alii**, citados por BROWNING¹⁶ verificaram que o escoamento superficial e a erosão eram menores em bacias onde se tinha gramíneas forrageiras do que onde se cultivava continuamente milho.

MEDEIROS *et alii*⁷³ verificaram que:

- a) o sistema de rotação milho + feijão miúdo/aveia + ervilhaca/milho + feijão miúdo manteve o solo coberto todo o ano, além de produzir grãos e grande quantidade de fitobiomassa;
- b) e que o sistema milho + lab-lab/pousio com lab-lab/milho + lab-lab após a colheita do milho, manteve o solo com cobertura vegetal durante o outono e inverno e boa cobertura durante a reimplantação do milho na primavera. O que indica a existência de várias alternativas viáveis em termos de plantas para a recuperação e conservação do solo sob aqueles pontos de vista.

ROSSELO** citado por MEDEIROS⁷⁴, obteve resultados na Estação Estanzuela no Uruguai que evidenciaram redução na densidade aparente e conseqüente melhoria na estrutura do solo.

Os efeitos benéficos da produção de raízes em solos recuperados podem incluir a melhoria da estrutura física, parte em função da ação física direta das raízes na criação de canais

* SAXTON, K.E.; SPOMER, R.G. & KRAMER, L.A. Hydrology and erosion of loessial watersheds. Proc. Amerc. Soc. Civil Eng., Hidraulic Div., 97 (HY II): 1835-51, 1971.

**ROSSELO, R.D. Roi de las pasturas em rotaciones agricola-ganaderas. Boletim mimeografado. La Estanzuela, Colonia Uruguay, 1976.

que auxiliam a movimentação da água e do ar e parte pelo efeito de adição de matéria orgânica (FAIRLEY³⁷).

Em solos com camadas compactadas, os efeitos integrados das características fasciculada das gramíneas e pivotante das leguminosas viriam permeabilizar e estabilizar estruturalmente tais camadas (GUERRA⁴⁵).

D'AGOSTINI* e DALLA ROSA**, citados por NUERNBERG *et alii*⁸⁴, observaram uma tendência de redução na densidade da camada superficial do solo promovida supostamente pela ação das raízes das espécies forrageiras cultivadas, este último autor observou que a densidade do solo era influenciada pelas sucessões de culturas empregadas.

DENARDIN²⁷ recomenda a utilização de culturas de denso e abundante sistema radicular como a aveia, azevém, milho e arroz de sequeiro dentre outras. O milho, embora apresente sistema radicular intenso não é indicado tendo em vista a baixa densidade de plantas. Estes sistemas radiculares abundantes são sugeridos para o preenchimento dos sulcos e macroporos gerados pela operação de descompactação.

Os microagregados do solo, de diâmetro < 0,250 mm de diâmetro, têm sua estabilidade em água, influenciada principalmente por complexos organo minerais, onde os polissacarídeos estão envolvidos. As ligações neste caso são relativamente permanentes não sendo influenciadas por diferentes manejos, como exemplo o cultivo do solo em rotação com pastagens (TISDALL & OADES¹⁰⁵).

*D'AGOSTINI, L.R. Recuperação física do solo por sistemas de cultivo. Porto Alegre, 1981. 76 p. Tese. Mestrado. UFRGS, Fac. Agronomia.

** DALLA ROSA, A. Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo no solo Santo Angelo (Latosolo Roxo Distrofico). Porto Alegre, 1981. 138 p. Dissertação. Mestrado. UFRGS. Fac. Agronomia.

Por outro lado, os macroagregados, de diâmetro maior que 0,250 mm são grandemente influenciáveis pelas raízes e hifas e conseqüentemente pelo crescimento do sistema radicular. O número de macroagregados diminui com o teor de matéria orgânica, por exemplo quando as raízes e hifas se decompõem e não são substituídas. A estabilidade dos macroagregados é controlada pelo manejo do solo, aumentando sob pastagens e decrescendo sob o cultivo, particularmente sob pousio (TISDALL & OADES¹⁰⁵).

Os macroagregados ($> 0,250$ mm) segundo OADES⁸⁵, são envoltos pelas raízes das plantas, vivas e em decomposição, são sensíveis ao manejo do solo e portanto são mais numerosos em solos cultivados sob gramínea, sendo que o pousio proporciona um efeito oposto sobre esta fração de agregados.

Alguns dados limitados indicam que a estabilização de macroagregados sob gramíneas é máxima se estas forem cortadas a intervalos regulares, os quais sejam longos o suficiente para permitir recuperação ao sistema radicular. Deste procedimento resulta a máxima incorporação de resíduos orgânicos ao solo, uma vez que o máximo crescimento e morte do sistema radicular é obtido (OADES⁸⁵).

A microagregação ($< 0,250$ mm de diâmetro) segundo OADES⁸⁵ não é tão influenciável pelo manejo do solo, embora sistemas que conservem a matéria orgânica promovam um lento aumento no número de microagregados.

Apesar de as gramíneas serem consideradas as mais eficientes promotoras estruturais, alternativamente adições de matéria orgânica proporcionarão os mesmos efeitos (OADES⁸⁵).

CLEMENT & WILLIAMS¹⁹ avaliando o efeito das rotações azevém/trevo branco durante 4 anos sobre solos arenosos a argilosos, verificaram ser os aumentos na estabilidade de agregados em água da mesma magnitude. Alguns dos dados obtidos sugeriram que o uso intensivo das pastagens não reduziam seu efeito sobre a estabilidade do solo desde que uma cobertura vegetal fosse oferecida. Os incrementos na agregação do solo permaneceram restritos aos centímetros superficiais do solo.

As raízes e hifas de acordo com TISDALL & OADES¹⁰⁵ estabilizam os macroagregados (> 0,250 mm). Portanto a macroagregação é controlada pelo manejo do solo (por exemplo rotação de culturas), pois o manejo influi no desenvolvimento do sistema radicular e na oxidação do carbono orgânico. Devido à maior acumulação de resíduos na superfície, a maior agregação ocorre nas camadas superficiais do solo (CLEMENT & WILLIAMS¹⁹).

As plantas podem incrementar a estabilidade de agregados em água indiretamente através do aumento da disponibilidade de alimentos para as minhocas e mesofauna, permitindo o seu crescimento populacional (LOW⁶⁵).

NEAL* citado por GUERRA⁴⁵ afirma que um programa de rotação de culturas que objetive manter a agregação em níveis altos deve prever a adição de matéria orgânica a intervalos regulares, através da inclusão de plantas apropriadas no sistema. Assim o processo de decomposição da matéria orgânica se faz sem o risco de exaustão das substâncias agregantes.

* NEAL, O.R. Soil management for conservation and productivity. Advances in Agronomy, New York, 5: 383-406, 1953.

As raízes das plantas forrageiras exercem grande influência no solo, sobretudo como produtoras de humus e funcionando como agente granulador das partículas minerais do solo (HARRIS *et alii**, citados por VINCENZI¹¹⁵ e KLAPP⁵⁹).

Segundo KLAPP⁵⁹, em pastagens perenes há completa renovação da massa de raízes a cada 3-4 anos o que equivale à estruturação de 62,5 a 105 ton./ha ocorrendo com isto melhoria na estrutura e infiltração d'água.

BAVER** citado por BAVAR *et alii*⁴ cita uma correlação de 0,559 entre a percentagem de agregados maiores que 0,05 mm e os teores de carbono em grande número de diferentes solos. Isto ocorrendo devido à atividade conjunta dos microorganismos, da fauna e da vegetação, sendo esta propriedade de grande importância para a formação e conservação das boas relações estruturais dos solos.

A recuperação de uma granulação estável é um processo relativamente lento que requer muitos anos para a obtenção das condições de um solo virgem. Para tanto, deve-se utilizar gramíneas devido ao efeito de agregação de seu extenso sistema radicular (BAVER *et alii*⁴).

De acordo com GUERRA⁴⁵, a incorporação de resíduos com o objetivo de melhorar a agregação do solo apresenta menor eficiência em relação a outras alternativas, como por exemplo a utilização de plantas com sistema radicular abundante que atinjam maior volume de solo.

* HARRIS, R.F. *et alii*. Dynamics of soil aggregation. Advances in Agronomy, 18: 107, 159, 1966.

** BAVAR, L.D. Factors contributing to the genesis of soil microstructure. An. Soil Survey Assoc. Bull, 16: 55-56, 1935.

BAVER *et alii*⁴ citam que as pastagens produzem uma estrutura granular estável. Por outro lado há evidências de que somente a pressão mecânica exercida pelas raízes ou pela fauna do solo não sejam o mecanismo básico da agregação. É necessário outros ingredientes para estabilizar os agregados que se formam sob pressão, sendo um destes a desidratação do solo nas proximidades do sistema radicular ou pela secreção de substâncias.

Aliado a este fato está um mecanismo mais efetivo ligado à produção de matéria orgânica e à secreções liberadas pelas raízes. Sua conversão microbiológica originando hifas, micélios e moléculas como polissacarídeos e poliuronídeos atuam na formação de agregados estáveis em água (NEUWBOULD⁸¹).

O sistema radicular das gramíneas, fino e fibroso, auxilia na produção de agregados estáveis no solo. Raízes pivotantes profundas como as de algumas leguminosas auxiliam na abertura de canais nas camadas mais profundas do solo. Tais fatos esclarecem o porque das consorciações de gramíneas e leguminosas serem olhadas como melhoradoras do solo. Por outro lado o manejo empregado no cultivo de cereais, de oleaginosas e fibras como o milho, a soja e o algodão, causa a deterioração da estrutura do solo e contribui para a erosão e sedimentação (TROEH¹⁰⁷).

WOODRUFF* citado por BAVAR *et alii*⁴ verificou que solo sob a rotação de trigo com milho e trevo doce como cultivo

* WOODRUFF, C.M. Variations in the state and stability of aggregation as a result of different methods of cropping. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 4: 13-18, 1939.

intercalar era muito mais agregada que sob o cultivo de milho continuamente.

GUERRA⁴⁵ avaliando o efeito de práticas mecânicas e culturais sobre as condições físicas de um Latossolo Roxo Distrófico do Rio Grande do Sul verificou ser a estabilidade de agregados em água maior no tratamento onde se realizou um "preparo adequado" com forrageiras do que no preparo convencional com soja-trigo e sem preparo com soja-trigo, até a profundidade de 22,5 cm.

NUERNBERG *et alii*⁸⁴ cita que as sucessões 1 e 2 (1 milho + feijão-miúdo/aveia + ervilhaca/milho/aveia + trevo vermelho e 2 milho/tremoço-branco/milho/aveia + trevo branco + pensacola), promoveram após 2,6 anos da instalação maior agregação das partículas de solo em agregados de maior tamanho, especialmente de diâmetro entre 4,76 e 9,0 mm. Este efeito deve-se talvez à maior capacidade das plantas forrageiras cultivadas no último ano das sucessões 1 e 2 em produzir maior volume de raízes de pequeno diâmetro, as quais geraram verdadeira rede que manteve mais estáveis em água os agregados de maior diâmetro. Por outro lado sucessões de culturas que envolveram maior número de práticas de preparo do solo, deixando-o exposto à ação de gotas de chuvas não favoreceram a estabilidade de agregados.

D'AGOSTINI* e DALLA ROSA** citados por NUERNBERG *et alii*⁸⁴ observaram que a taxa de infiltração da água está relacionada com a estabilidade de agregados do solo em água, sendo que a utilização de espécies como milho + feijão miúdo, e aveia + ervilhaca, incrementadoras daquelas características poderiam

* D'AGOSTINI, L.R. Op. cit., p. 21.

** DALLA ROSA, A. Op. cit., p. 21.

promover melhorias nas condições físicas do solo em curto período de tempo (um ano). Tais efeitos no entanto segundo VAN BAVEL & SCHALLER* citados por NUERNBERG *et alii*⁸⁴ poderiam ter pequena duração após o solo ser lavrado e cultivado continuamente com espécies anuais.

Na maioria dos casos, as culturas forrageiras têm quase dobrado a quantidade de agregados estáveis em relação a cultivo contínuo de milho. No entanto, materiais que se decompõem rapidamente, como as leguminosas, favorecem a agregação em períodos de tempo relativamente curtos (2 a 3 semanas sob condições de campo), mas perdem sua ação dentro de dois a três meses. Já materiais mais ricos em carbono como as gramíneas, necessitam períodos mais longos para afetar a agregação mas possuem efeitos residuais maiores na estrutura do solo (BROWING¹⁶).

2.3.1.1 As plantas e a incorporação de Carbono e Nitrogênio no solo - CLEMENT & WILLIAMS²⁰ observaram um incremento acentuado na percentagem de carbono orgânico incorporado por uma pastagem e uma diminuição em áreas de cultivo anual.

BLUE** citado por VINCENZI¹¹⁵ verificou um aumento nos teores de matéria orgânica da ordem de 2,0% com trevo branco e pensacola, em um período de 25 anos.

* VAN BAVEL, C.H.M. & CHALLER, F.W. Soil aggregation, organic matter, and yields in a long-time experiment as affected by crop management. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 15: 399-404, 1950.

** BLUE, W.G. Forage production and N contents, and soil changer during 25 years of continuous white clover pensacola bahiagrass growth on a Florida Spodosol. Agronomy Journal, 71, Sept. Oct., 1979.

McGRATH⁶⁷ verificou em dois solos da Irlanda que o teor de carbono a profundidade de 0-10 cm sob pastagens permanentes era de 5,30%, enquanto que os teores de áreas sob cultivo apresentavam média de 3,43%. Tais diferenças, segundo o autor, podem ser atribuídas à redistribuição da matéria orgânica, quando o solo é revolvido.

RICHARDSON* citado por JOHNSTON⁵⁴ verificou em um solo de Rothamsted, no Reino Unido, que para que a matéria orgânica aumentasse de um valor bastante baixo em um solo sob cultivo até um valor de equilíbrio sob uma pastagem permanente, levou-se mais de 100 anos. Concluiu o autor que poderia se levar aproximadamente 25 anos para se alcançar a metade daquele incremento de matéria orgânica.

SAUERBECK⁹⁵ observou, em parcelas sob pousio, ser o efeito do cultivo bastante grande. Quarenta por cento menos matéria orgânica foi observada em uma área após 23 anos de pousio quando comparada à uma área cultivada. Por outro lado, em áreas sob pastagens observou considerável enriquecimento de humus.

JOHNSTON⁵⁴ afirma que a rotação de culturas sobre solos leves previne ou minimiza a queda dos níveis de matéria orgânica quando comparados com áreas sob monocultivo de cereais.

Na rotação de culturas de grãos com pastagens, a matéria orgânica do solo se renova e a estrutura melhora (ROSSELO** citado por MEDEIROS⁷⁵).

* RICHARDSON, M.L. The nitrogen cycle in grassland soils with especial references to the Rothamsted Park Grass experiment. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 28: 73-121, 1938.

** ROSSELO, R.D. Op. cit., p. 20.

JOHNSTON⁵⁴ concluiu que rotações de culturas com pastagens de curta duração não minimizam e tampouco reduzem o decréscimo dos teores de matéria orgânica do solo quando uma pastagem antiga é arada, bem como não aumentam os teores de matéria orgânica do solo em áreas somente cultivadas.

JOHNSTON* citado por JOHNSTON⁵⁴ avaliando dois sistemas de rotação em Rothamsted, Reino Unido, um sob gramíneas de 100 anos e outro sob cultivo, verificou haver no primeiro 3% de C e no segundo 1,6% de C total no solo. Em outro experimento alocado sobre aquela área de pastagem, nos primeiros 15 anos do experimento, a partir de 1950, as parcelas sob a velha pastagem tiveram um aumento no seu teor de C da ordem de 0,3% passando de 3,1 para 3,4% de C, provavelmente devido ao manejo desenvolvido dado à área, enquanto que nas parcelas sob culturas anuais houve um apreciável decréscimo de mais de 1% de carbono em um período de 30 anos de cultivo.

Tais trabalhos demonstram que as mudanças nos teores de matéria orgânica dos solos somente poderão ser pré-determinadas sob experimentos de longo tempo a campo, ou desde que se tenha um entendimento dos processos e dos fatores que os afetem (NEWBOULD⁸¹).

JOHNSTON *et alii*⁵⁵ avaliando o efeito do cultivo contínuo de milho, da rotação milho, aveia e trevo vermelho e o cultivo de grama azul sobre algumas propriedades do solo, verificaram que após 10 anos, o teor de matéria orgânica decresceu sob o cultivo contínuo de milho de 3,39% para 2,86%. Os níveis de matéria orgânica dos solos sob as outras rotações permaneceram inalterados.

* JOHNSTON, A.E. The effects of ley and arable cropping systems on the amounts of soil organic matter in the Rothamsted and Woburn Ley Arable experiments. Rothamsted Experimental Station Report for 1972, Part 2, 131-159 1973.

CLEMENT & WILLIAMS¹⁹ verificaram um incremento anual médio da ordem de 0,07% de carbono do solo sob pastagens para corte e fenação a 15 cm de profundidade e um leve decréscimo em solos sob cultivos anuais.

LOW⁶⁵ observou efeitos deletérios das culturas anuais (cultivo tradicional) sobre as condições estruturais do solo.

FAIRLEY³⁷ avaliou a produção de raízes de uma pastagem (*Lolium perene* L.) em comparação à de um solo reabilitado após a mineração a céu aberto, sob os seguintes tratamentos:

- a) pastagem em sistema de pastoreio zero cujos cortes foram destinados à silagem e receberam 300 kg/ha de N, 100 kg P₂O₅/ha e 100 kg K₂O/ha por ano, divididas em três aplicações;
- b) pastagem uniforme e diretamente pastejada, com número variável de ovinos onde foram aplicados cinco níveis de adubação nitrogenada 0, 100, 200, 300 e 400 kg/ha/ano, 60 kg de P₂O₅/ha e 60 kg de K₂O/ha em cinco aplicações.

O autor concluiu que: o comprimento e a biomassa radicular eram maiores na área não minerada, penetrando até 1 m de profundidade enquanto que nas áreas mineradas penetravam até 60 cm; que a produção radicular foi menor e mais concentrada na superfície nas áreas pastejadas provavelmente pela diminuição da área foliar; que a produção radicular foi menor nas mais altas dosagens de N, demonstrando uma relação inversa entre a adubação nitrogenada e o número de raízes.

Crescentes aplicações de nitrogênio conduzem a uma redução na densidade radicular, apesar do aumento da produção

acima da superfície do solo, e aumenta a proporção de raízes nos horizontes mais superficiais (comprimento e massa) (WHITEHEAD* citado por FAIRLEY³⁷).

MELLA⁷⁶ avaliando trabalho publicado por DERPCH**, onde foram avaliadas 10 espécies utilizadas para adubação verde, concluiu que desde que não havia relação entre a matéria seca e o seu teor de N total produzido pelo adubo verde anterior com as produtividades de milho e soja obtidas subsequentemente, poder-se-ia esperar resultados similares, quando parte da massa fosse utilizada como forragem.

As leguminosas contribuem para manter suplementação adequada de nitrogênio no solo. No entanto, a maioria das espécies de alta produtividade necessita de níveis relativamente altos de cálcio e fósforo para o seu crescimento e fixação do nitrogênio (BRASHAW & CHADWICK¹⁵).

MEDEIROS⁷⁵ enfatiza a importância da consorciação de no mínimo uma espécie de gramínea com uma espécie de leguminosa, o que contribui para a melhoria da qualidade da pastagem e aumenta os níveis de N do sistema solo e planta.

GREENLAND*** citado por MEDEIROS⁷⁴, avaliando a evolução do nitrogênio total do solo à profundidade de 10-16 cm sob diversas condições de manejo durante um período de 50 anos, verificou que pela inclusão de pastagens numa rotação de culturas é possível manter os altos níveis de nitrogênio, cuja disponibilidade é função da mineralização da matéria orgânica.

* WHITEHEAD, D.C. The role of nitrogen in grassland productivity. Bulletin Commonwealth Agricultural Bureaux, 48, 1970.

** DERPCH, R. Alguns resultados sobre adubação verde no Paraná. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Adubação verde no Brasil. Campinas, 1984.

*** GREENLAND, D.J. Changes in the nitrogen status and physical conduction of soils under pastures, with special reference to the maintenance of the fertility of Australian soils used for growing wheat. Soils and Fert. Abst., 34(3): 2377-251, 1971.

MEDEIROS *et alii*⁷³, estudando sucessões de culturas e consorciações para a produção de grãos e/ou forrageiras, em um Podzólico Vermelho Escuro com as propriedades físicas degradadas em Guaíba RS, com um mínimo de investimento em programas de uso e manejo do solo verificaram que o sistema de rotação milho/aveia + trevo/milho apresentou boa produtividade, boa proteção do solo o ano todo podendo se tornar auto-suficiente em N.

Já sob um outro ângulo BROCKMAN & WOLTON*, citados por MEDEIROS⁷⁵ afirmam que, à medida que aumenta a idade de uma pastagem perene, diminui a sua produção de matéria seca e com ela a quantidade de nitrogênio fixado, podendo no entanto aumentar a transferência de nitrogênio da leguminosa para a graminha devido o aumento da morte das raízes.

2.3.2 A recuperação do solo através da adubação mineral ou orgânica

A abordagem deste sub-ítem se faz de duas formas, primeiramente com relação aos problemas de fertilidade propriamente ditos que ocorrem generalizados e particularmente em áreas que sofreram processos diversos de degradação, e em segundo lugar, aborda-se alguns aspectos da influência da adubação (orgânica ou mineral) sobre as características químicas, físicas e biológicas do solo.

* BROCKMANN, J.S. & WOLTON, M.W. A comparison of the productivity of grazed grass/white clover swards on two soil types in Devon and Sufflow. White clover research. Occasional Synp, Bri. Gras. Soc., n. 6, 1969. p. 215-219.

Não se sabe ao certo se os efeitos da matéria orgânica sobre a produtividade das culturas são devidos a fatores isolados ou em combinação. Estes fatores segundo NEWBOULD⁸¹ são:

- a) capacidade extra de retenção de umidade;
- b) efeito tampão extra via reações de troca ou imobilização-mineralização;
- c) disponibilidade de nutrientes a maiores profundidades;
- d) melhor estrutura;
- e) efeitos extra sobre a atividade biológica;
- f) efeito direto dos compostos orgânicos sobre o crescimento radicular e sua performance.

ERNANI & GIANELLO* citados por KLANT & STAMMEL⁵⁸ afirmam que a curto prazo os fertilizantes e corretivos minerais, devido à sua solubilidade e maior concentração, são mais eficientes na nutrição vegetal e redução dos teores de alumínio trocável do que os esterco.

Assim, o crescimento rápido e vigoroso de coberturas vegetais somente é possível em solos de alta fertilidade natural e com fertilização adequada (BROWING¹⁶), do que se conclui que a fertilidade é um pré-requisito para o sucesso de outros objetivos, como por exemplo o controle da erosão.

Um exemplo disso são os rejeitos de mineração que são sítios ideais para pesadas aplicações de esterco e lodo de esgoto, uma vez que seus teores de matéria orgânica e nutrientes são baixos, e há susceptibilidade à estiagens (TROEH *et alii*¹⁰⁷). Estes permanecem desnudos e aparentemente estéreis, em função

* ERNANI, P. & GIANELLO, C. Efeito imediato e residual de materiais orgânicos, adubo mineral e calcário no rendimento vegetal. R. Bras. Ci. Solo, 6: 119-124, 1982.

da ausência de fontes naturais de semente para o início de sua revegetação, pela inibição deste processo através da erosão, elevada acidez e baixa fertilidade. Possuem uma grande variação em seu pH e em suas características químicas mesmo em pequenas áreas. Desta forma desde que se diagnostique corretamente os níveis de nutrientes e elementos tóxicos presentes, deve-se efetuar a calagem e a fertilização (MAYS & BENGSTON⁷²).

Os rejeitos de mineração podem variar grandemente nas características de pH ou fertilidade dentro de um hectare em função da grande quantidade de horizontes de solos misturados durante o processo de mineração. Cada 1/2 ou 1/4 de hectare possui características diferenciadas quanto à cor, textura ou outras e devem portanto ser amostrados separadamente, quando cada 10 ou 20 sub-amostras formará uma amostra (MAYS & BENGSTON⁷²).

As propriedades químicas, além de outras, a que se deve estar atento em áreas mineradas a serem recuperadas são:

- a) teores de sulfeto de ferro;
- b) pH e acidez potencial originados do enxofre da pirita;
- c) níveis de sais solúveis e de nutrientes;
- d) capacidade de neutralização de ácidos pelos carbonatos, e de troca das argilas e silicatos intemperizados (SMITH* citado por SUTTON¹⁰²).

* SMITH, R.M. Op. cit., p. 05.

2.3.2.1 Efeitos da adubação sobre as características físicas do solo - Para BAVER *et alii*⁴ dados de campo e laboratório não confirmaram nenhum efeito direto do calcário sobre a estrutura do solo, por outro lado sabe-se que a calagem melhora o desenvolvimento da vegetação e da produção de matéria orgânica o que em geral é a causa da regeneração da estrutura.

Quanto aos fertilizantes, BAVER *et alii*⁴, afirmam que não ocorrerá deterioração da estrutura do solo se as práticas agrícolas normais forem seguidas. No entanto, se grandes aplicações de sais de sódio forem efetuadas poderá ocorrer a dispersão dos agregados. Por outro lado, o aumento da produção de biomassa vegetal em função da adubação tem grande influência sobre a conservação e restauração parcial da estrutura.

A matéria orgânica é responsável por várias modificações nas condições físicas do solo: aumenta a faixa de friabilidade nos solos argilosos; aumenta a estabilidade dos agregados, proporcionando-lhes maior resistência à ação desagregadora da água e à capacidade de retenção de água, favorece o aumento do espaço poroso, diminui a densidade e reduz o encrostamento superficial (FORSYTHE⁴¹).

A matéria orgânica contribui para a fertilidade do solo de inúmeras maneiras. Ela auxilia na estabilização da estrutura especialmente em solos de estabilidade inerentemente baixa e aumenta significativamente a capacidade de troca catiônica dos solos arenosos. Durante a sua oxidação libera nitrogênio, fósforo e enxofre e pode suprir o solo de alguns microelementos (JOHNSTON⁵⁴).

Da mesma forma, HAMBLIN & DAVIES* citados por DAVIES²⁵ afirmam que o nível de matéria orgânica residual reduz os efeitos da compactação, aumenta a capacidade de retenção do solo, melhora as condições de trabalho.

A velocidade de recompactação de um solo está relacionada ao manejo adotado após a descompactação, devendo-se pois adicionar material orgânico ao solo (DENARDIN²⁷).

No entanto, NUERNBERG *et alii*⁸³ observaram que a densidade do solo não era afetada pelos diferentes tipos de adubação (orgânica e mineral). O que demonstra que somente a adição de material orgânico ao solo não é suficiente para recuperá-lo sob este ponto de vista.

DROEVEN *et alii*²⁹ afirmam que as técnicas de manejo do solo somente afetaram a estabilidade estrutural deste após longos períodos. A remoção máxima da matéria orgânica proporcionou os menores valores de estabilidade de agregados e o retorno integral da palha e adubação verde propiciam a máxima estabilidade de agregados.

NUERNBERG *et alii*⁸⁴, verificaram que adubações orgânicas (12 t/ha de esterco de aves + 2 t/ha de esterco de aves/ha/cultura), e mineral (correção + manutenção de N, P e K) não influenciaram a estabilidade dos agregados do solo (DMP) devido às boas características físicas do solo em questão, e altos teores de matéria orgânica estável e em decomposição. Afirmam também os autores não terem tido resposta devido às pequenas quantidades, ao tipo de esterco empregado (de aves) e ao tempo decorrido após a aplicação dos adubos.

* HAMBLIN, A.P. & DAVIES, D.B. Influence of soil organic matter on the physical properties of some East Anglian soils of high silt content. J. Soil Science, 28: 1, 11-23, 1977.

2.3.2.2 Os efeitos da adubação sobre os teores de matéria orgânica do solo - A falta de matéria orgânica em relação aos nutrientes pode ser suprida ou substituída pelo uso de fertilizantes. Alternativamente a quantidade de materiais vegetais adicionados pode ser manipulada pela não exportação dos resíduos do solo e pela adição de dejetos animais, compostos, resíduos de madeira, carvão, adubo verde, pelo cultivo de culturas de grande produção de biomassa, pela rotação com pastagem com gramíneas ou consorciação de gramíneas e leguminosas (NEWBOULD⁸¹).

Os níveis de matéria orgânica, através da utilização de rotações com pastagens, do retorno da palha, da utilização de fertilizantes e pesadas dosagens de esterco, podem ser lentamente elevados (BOELS *et alii*¹¹).

Rápidos incrementos de matéria orgânica do solo, segundo JOHNSTON*, citado por JOHNSTON⁵⁵ podem ser alcançados desde que sejam aplicadas grandes quantidades de material orgânico. Relatam que o carbono foi aumentado de 0,95% para 2,36 e 2,96% quando 75 t/ha de esterco de curral ou lodo de esgoto era aplicado a cada 20 anos. No entanto, somente 25 e 35% da matéria orgânica original se fazia presente quando as aplicações cessavam. Os aumentos da porcentagem de carbono por tonelada de matéria orgânica aplicada, nestas ocasiões, encontrava-se ao redor de 0,0105% e de 0,0150% de C para o esterco de curral e para o lodo de esgoto respectivamente. Tão logo a aplicação de esterco cessava a porcentagem de carbono do solo iniciava a crescer.

* JOHNSTON, A.E. The Woburn Market Garden Experiment, 1942-69. II. The effects of the treatments of soil pH, soil carbon, nitrogen, phosphorus and potassium. Rothamsted Experimental Station Report for 1974, Part 2, 1975. p. 102-131.

De acordo com KOFOED⁶⁰ a aplicação de esterco de curral e de fertilizantes por 80 anos resultou somente em pequenas diferenças no teor de humus do solo. O teor de humus do solo pode ser aumentado pela aplicação de substâncias orgânicas tais como palha ou esterco de curral. De maneira geral, o autor enfatiza que os resíduos agrícolas deveriam retornar ao solo, de forma a auxiliar na manutenção do teor de humus.

McGRATH⁶⁷ obteve evidências de rápido aumento da matéria orgânica da zona superficial de solos sob pastagens, as quais receberam pesadas e repetidas aplicações de esterco de porco.

Em uma outra situação em Woburn, no Reino Unido, em um solo franco arenoso com aproximadamente 1,5% de carbono, JOHNSTON⁵⁵ verificou um decréscimo de 0,76% nos teores de C sob cultivo contínuo de cereais, independentemente se os cereais eram ou não fertilizados.

Um outro fator testado em Woburn, no Reino Unido, citado por JOHNSTON⁵⁵ foi o da aplicação de 35 ton/ha de esterco de curral a cada cinco anos de 1938 a 1967, em áreas cultivadas anualmente. Com este tratamento sob rotações com culturas anuais e com pastagens perenes de curta duração (3 anos) houve aumentos nos teores de carbono. Em áreas com 3 anos de pasto e 5 de rotação houve pequenos aumentos da ordem de 1,02% para 1,26% de Carbono total em 33 anos, enquanto que em áreas sob cultura por 2 anos seguida de pastagem por 3 anos os teores foram aumentados para 1,44% C.

Em outro sistema onde se utilizou oito rotações com 87% de cereais e 30% de leguminosas, culturas intercalares e aplicações ocasionais de esterco de curral, também houve redução no teor de matéria orgânica de 7%, e mesmo de 14%, quando o adubo

orgânico era trocado por adições regulares de palha. O cultivo contínuo de cereais com incorporação de palha resultou em um considerável decréscimo de húmus de 15%. O monocultivo de milho comportou-se como o esperado com um decréscimo no teor de húmus de 13%, apesar das grandes quantidades de resíduos vegetais deixados a cada cultura, e mesmo o cultivo contínuo de leguminosas não foi apto a manter o nível de referência de húmus. As maiores reduções (21%) foram observadas após o cultivo continuado de raízes quando nenhuma matéria orgânica era aplicada. Mesmo adicionando-se 9 ton de esterco de curral após o balanço das perdas com o enterrio das folhas de beterraba também não foram suficientes para prevenir as perdas (SAUERBECK⁹⁵).

SAUERBECK⁹⁵ avaliando as alterações nos teores de carbono do solo, verificou, ao fim de 23 anos, não haver diferença entre as parcelas tratadas organicamente e as somente fertilizadas com NPK.

Apesar do que foi discutido, deve-se ressaltar que, embora a matéria orgânica do solo seja geralmente citada como a chave da fertilidade do solo, ela é somente um dos fatores que indicam a adaptabilidade dos solos à produção. A textura do solo, o teor de minerais de argila, de água, a estrutura, a atividade biológica, e a disponibilidade de nutrientes, bem como a radiação, a precipitação e temperatura, o genótipo da planta, a densidade de plantio, a época de plantio e colheita, a susceptibilidade a doenças, a ocorrência de pragas e o manejo passado da área combinados com o teor de matéria orgânica do solo, determinam a produção (NEWBOULD⁸¹).

2.4 MESOFAUNA

2.4.1 Aspectos gerais sobre a mesofauna do solo

Uma das prioridades do Programa Nacional de Pesquisa em Biologia do Solo coordenado pela EMBRAPA³⁴ é o estudo do papel da micro, meso e macrofauna na decomposição da matéria orgânica do solo.

A meso e macrofauna do solo incluem os animais que habitam permanentemente juntamente com aqueles que ocupam temporariamente o ecossistema do solo, ali permanecendo uma ou mais fases de sua vida. No entanto alguns animais simplesmente fazem algumas visitas irregulares ao solo tendo efeitos tão localizados e temporários que não são considerados como seus habitantes (RICHARDS⁹³).

Grande parte da fauna do solo (macro e meso) é constituída de Arthropoda. Os mais comuns são os Acari e os Collembola. Os Collembola são insetos pequenos e primitivos, sendo um dos mais numerosos e largamente distribuídos, alcançando populações de $10^4/m^2$, no entanto, este grupo pouco contribui para a biomassa do solo em função de seu tamanho reduzido (geralmente menores que 1 mm e raramente maiores que 3 mm), também não participam da reciclagem de nutrientes mas têm o papel de fragmentar a liteira sendo este fator de grande significado em certos solos. Os Acari, por sua vez, são os mais numerosos animais do solo (RICHARDS⁹³).

As espécies, individualmente, demonstram uma certa "frequência de ocorrência" e uma "abundância relativa" podendo algumas delas estar "associadas" ou não. A associação das

espécies sugere a possibilidade destas servirem como indicadores de condições ambientais. Com este objetivo em mente, a distribuição horizontal dos animais do solo é geralmente relacionada às características do ambiente, como o tipo de vegetação, a textura do solo, o pH, o teor de umidade e o microclima (WALLWORK¹¹⁹).

2.4.2 Classificação e características da mesofauna do solo (Acari e Collembola)

Segundo WALLWORK¹¹⁸ torna-se difícil determinar exatamente quais os organismos que realmente são habitantes do solo, e qual a sua importância, uma vez que alguns procuram o solo apenas como refúgio temporário. Faz-se pois necessário definir os critérios a serem utilizados para a definição dos diferentes componentes da fauna do solo.

A fauna do solo pode ser dividida em transeunte, que compreende formas inativas de geófilos (p.ex. Coleóptera), temporária (p.ex. Diptera), periódica. Formas geófilas ativas (p.ex. Dermaptera) e permanente ou geobionte, cujos componentes têm seu ciclo de vida desenvolvido integralmente no solo (Protozoa, Nematoda, Annelida, Miriapoda, alguns Insecta (Collembola)) (KEVAN* citado por WALLWORK¹¹⁸).

Quanto à preferência por habitats, a fauna do solo pode ser dividida em aquática, cujos indivíduos vivem nos espaços

* KEVAN, D.K. Soil animals. London, Witherby, 1962. 237 p.

preenchidos por água ou nos filmes de água que cobrem as partículas de solo, e em terrestre onde se concentra grande parte da meso e macrofauna. Os solos podem ser divididos em diversas camadas ou horizontes, para fins de classificação os organismos são divididos em semiedáficos, habitantes das camadas mais orgânicas e euedáficas, habitantes das camadas pouco profundas do solo. Os organismos habitantes da vegetação depositada logo acima da superfície do solo são classificados como epigeon ou atmobios (WALLWORK¹¹⁸⁻¹¹⁹). Quanto à sua estratificação vertical esta está relacionada ao tamanho do corpo e resistência à dessecação (WALLWORK¹¹⁹).

Quanto à alimentação tem-se os: 1) Carnívoros que se subdividem em Predadores (Carabidae, alguns Staphylinidae, Acari Mesostigmata e Prostigmata, Aranea, Pseudoscorpionida, Escorpionida, Miriapoda, Nematoda e Molusca; Parasitoide de insetos (Ichneumonidae, Diptera e Nematoda); 2) Fitófagos que se subdividem em animais que se alimentam de material vegetal verde (Molusca e Lepidoptera) do sistema radicular (Nematoda, Diptera, Scarabeidae, Lepidoptera, Molusca e Ortoptera; de material lenhoso (Isoptera, Coleoptera e Acari); 3) saprófagos que se alimentam de material morto ou em decomposição estes ainda podem ser coprófagos, xilófagos e necrófagos generalizadamente chamados de detritívoros (Annelida, Isopoda, Miriapoda, Acari, Collembola); 4) micofagos que se alimentam de hifas e esporos de fungos, algas, líquens e bactérias (Acari, Collembola, Formicidae, Isoptera, Diptera, Mycetophilidae e Coleoptera Nitidulidae, Nematoda e certos Molusca e Protozoa); 5) de alimentação variada (miscelânea), os animais acima nem sempre ajustam-se às situações apresentadas, sendo que sua dieta

variará com a disponibilidade (Nematoda, Acari, Collembola, larvas de Diptera e Coleoptera) (WALLWORK¹¹⁸).

Quanto à atividade de locomoção pode-se distinguir dois grupos de animais, os cavadores e os que se locomovem através dos espaços naturais do solo. Os primeiros não dependem da estrutura para sua distribuição em profundidade (Annelida, Coleoptera, Orthoptera, Miriapoda e alguns Isopoda). Os não cavadores possuem geralmente menor tamanho (Collembola, Acari). Alguns animais maiores como Miriapoda, Isopoda, Annelida expremem-se através dos espaços porosos do solo, sendo difícil a sua classificação deste ponto de vista (WALLWORK¹¹⁸).

A divisão da fauna do solo com base no tamanho do seu corpo é provavelmente o sistema de classificação mais amplamente adotado, talvez em função do seu tamanho estar intimamente ligado ao tipo de equipamento de amostragem utilizado (RICHARDS⁹³). Podendo, segundo WALLWORK¹¹⁸ e RICHARDS⁹³ ser subdividida em microfauna (tamanho variando entre 0,029 a 0,2 mm), mesofauna (0,2 a 10 mm) e macrofauna (maior que 10 mm). Dentro da mesofauna os Acari e Collembola são os mais importantes membros, além destes alguns Nematoda, Rotífera, Tardigrada, Araneida, Opilionidea, larvas de Insecta, Miriapoda e Isopoda, compõem o grupo.

Os Acari são os mais comuns, embora não sejam os mais importantes representantes da mesofauna da maioria dos solos (WALLWORK¹¹⁸).

Os Acari são um grupo diverso, formas carnívoras, fitófagas, saprófagas e parasitas. Em termos de distribuição os Acari ultrapassam até mesmo os Collembola, sendo que estes dois grupos proporcionam a maior contribuição à fauna do solo em termos de diversidade (WALLWORK¹¹⁹).

Os Mesostigmata incluem um número de formas saprófagas, e predadoras, que se alimentam de Collembola, outros pequenos Arthropoda e larvas de Enchytraideos (WALLWORK¹¹⁸).

Os Prostigmata incluem formas predatórias e detritívoras. Os Cryptostigmata são fundamentalmente detritívoros e os Astigmata não são encontrados generalizadamente no solo, ocorrendo mais concentradamente em locais dentro de pastagens e solos agricultados (SHEALS*, citado por WALLWORK¹¹⁸).

Os Cryptostigmata são saprófagos em sua grande maioria, embora se possa fazer distinção entre espécies que se alimentam de fragmentos da liteira (macrofíticos) e as que se alimentam de fungos e bactérias (microfíticos). Os macrofíticos podem ainda ser classificados em xilófagos e filófagos (tecido folhear), e os microfíticos em micófagos, bacteriófagos e ficófagos, Ainda pode-se adotar outra classificação onde ter-se-ia os panfitófagos, os zoófagos, os necrófagos e os coprófagos (WALLWORK¹¹⁹).

O ciclo de vida de um Acari típico consiste de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto, desde que se tome, como representativos, os Parasitidae. Assim, sob condições de laboratório (20°C e 90% UR) leva-se três semanas para completar o ciclo de desenvolvimento (ovo a adulto) (HARTENSTEIN** citado por WALLWORK¹¹⁹) sendo que este ciclo pode ser estendido até 94 dias caso a temperatura baixe (WALLWORK¹¹⁸).

* SHEALS, J.G. Soil population studies. I. The effects of cultivation and treatment with insecticides. Bull. Ent. Res., 47: 803-33, 1956.

** HARTENSTEIN, R. Life history studies of *Peegamasus crassipes* and *Amblygamasus septentrionalis* (Acarina: Parasitidae). Ann. Ent. Soc. Amer., 55: 196-202, 1962.

Para os Prostigmata é difícil definir um ciclo de vida básico em função da heterogeneidade de suas famílias e do número de estágios ninfais (1 a 3). Dentre as espécies mais comumente encontradas no solo é mais frequente encontrar-se indivíduos cujo desenvolvimento consta de: ovo, larva, três estágios ninfais e adulto. As ninfas diferem dos adultos pelo seu tamanho reduzido, menor pigmentação e menos setas genitais (WALLWORK¹¹⁸).

Os Astigmata habitantes do solo pertencem principalmente à família Acaridae, cujo ciclo é direto: larva, dois estágios ninfais. Sob condições de laboratório, segundo BAKER & WHARTON*, citados por WALLWORK¹¹⁸ o *Rhizoglyphus echinopus* pertencente a Acaridae pode completar o seu desenvolvimento de ovo a adulto em um mês a 20°C.

Os Acari de vida livre podem ser terrestres e aquáticos, desenvolvendo-se em maior número em sítios abundantes em detritos orgânicos, onde em associação aos microorganismos formam a base de sua alimentação. Os Acari do solo não têm sido bem estudados, mas é possível que devido ao seu grande número possuam um papel importante na manutenção da fertilidade do solo. São os animais mais abundantes em espécies e número de indivíduos em solos úmidos e ricos em matéria orgânica. Nos esterco quando encontrando ambientes favoráveis algumas espécies desenvolvem populações numerosas (DORESTE²⁸).

O grupo dos Collembola (Apterygota) é numericamente um dos mais importantes grupos de animais do solo. Os Collembola estão divididos em dois grupos, os Symphypleona e os Arthropleona. Alguns Symphypleona representantes da família

* BAKER, E.W. & WHARTON, G.W. An introduction to acarology. New York, MacMillan, 1952. 465 p.

Noelidae e do gênero Arrhopalites podem penetrar a grande profundidade no solo, mas são mais comuns nas camadas superficiais da liteira. Os Arthropleona são bem representados no solo em termos numéricos e espécies pelas famílias Onychiuridae, Isotomidae, Poduridae e Entomobryidae que participam significativamente da fauna (WALLWORK¹¹⁸).

Quanto ao ciclo de vida e à dinâmica populacional dos Collembola, os ciclos variam com a espécie e com a época do ano em que os ovos são depositados, sendo que duas ou mais gerações ocorrem por ano. Picos sazonais ocorrem comumente, e estes picos evidenciam a ocorrência de novas gerações e indivíduos (WALLWORK¹¹⁸).

2.4.3 A função e importância dos Acari e Collembola

Os animais do solo desempenham papel predominante na decomposição dos restos vegetais, favorecendo a ação enzimática, a autólise e a ação bacteriana e fúngica até a liberação final dos nutrientes minerais. Alguns atacam as raízes vegetais, outros alteram as propriedades físicas e químicas do solo, levando a uma melhor penetração de ar e água e maior retenção, e outros ainda são predadores de pragas. Desta forma, os animais do solo servem como indicadores das condições do solo e disseminadores de fungos e bactérias. Conseqüentemente, com a diminuição da atividade biológica há a deterioração das características físicas e químicas do solo (EMBRAPA³⁴).

Em experimentos utilizando-se naftalina, a qual mata a fauna mas não a microflora do solo, em recipientes com liteira,

GHILAROV* citado por BEHAN *et alii*⁵ demonstrou que na ausência dos animais a taxa de decomposição da liteira diminuiu em até seis vezes.

A importância da fauna do solo no desenvolvimento da estrutura do solo, na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes em solos naturais é bem conhecida. Nos solos cultivados a biomassa dos invertebrados é geralmente pequena e a sua influência menos evidente, uma vez que muitas das funções da fauna são mascaradas pelo cultivo do solo e aplicação de fertilizantes (KARG**; HAARLOV***, citados por JENSEN⁵³).

Os Acari contribuem muito pouco para a decomposição química das plantas, embora muitos estejam associados a estágios finais de decomposição, tendo importante papel na fragmentação da liteira, cuja maior área é exposta a atividade microbiana. Evidências demonstram que as fezes de Acari detritívoros são particularmente susceptíveis à invasão por microorganismos. Os Acari são importantes transportadores, disseminadores de esporos de fungos e muitos deles (Cryptostigmata) levam a matéria orgânica decomposta da superfície para camadas mais profundas do solo (RICHARDS⁹¹).

De acordo com muitos autores, os Collembola ocupam lugar de destaque nos processos de mineralização dos resíduos de

* GHILAROV, M.S. On the interrelations between soil-dwelling invertebrates and soil microorganisms. In: DOEKSEN, J. & VAN DER DRIFT, J., eds. Soil organisms. Amsterdam, North Holland, 1963. p. 177-181.

** KARG, W. Synkologische Untersuchungen von Bodenmilben aus Fortwirtschaftlich und landwirtschaftlich Genutzen Boden. Pedobiologia, 7: 198-214, 1967.

*** HAARLOV, N. Mites from plots supplied with different quantities of manures and fertilizers. Recent Advances in Acaralogy, 1: 125-28, 1979.

plantas (TORNE*; NAGLITSCH & CRABERT**; CERNOVA***, citados por EITMINAVICIUTE *et alii*³³).

HEYDERMANN⁴⁸ cita que as extensivas modificações desencadeadas pela atividade humana sobre os ecossistemas podem conduzir a problemas ecológicos com implicações econômicas. Os limites críticos abaixo dos quais as comunidades do solo não podem ser degradadas são difíceis de serem identificados. Estudos utilizando bioindicadores, por exemplo, são apropriados nestes casos, os quais basicamente relacionam-se com a habilidade das comunidades do solo, recuperarem espontaneamente a sua função normal.

A fauna do solo ainda não é considerada como um indicador seguro do metabolismo do solo. É comum encontrar-se amostras de solo que contêm poucas espécies enquanto que outras contêm muitas espécies, embora os valores de respiração do solo permaneçam muito uniformes. Desta forma, para remover qualquer incerteza sobre a fauna como sendo uma ferramenta objetiva para a estimativa da atividade biológica do solo, foi desenvolvida uma nova proposta baseada na recolonização por microartrópodos de amostras dessecadas por calor em laboratório e reintroduzidas no campo (VANNIER¹¹²).

Para se utilizar o termo bioindicador, é necessário se conhecer a que se refere este termo, a quais grupos, a quais

* TORNE, E.von. Über den Verlauf der Zelluloserotte unter biotischen Verschiedenen Versuchsbedingungen. Pedobiologia, 6: 226-237, 1966.

** NAGLITSCH, F. & GRABERT, D. Zufragen des biogenen Abbaues von Stroh unter Kontrollierten Versuchsbedingungen. Pedobiologia, 7: 353-361, 1968.

*** CERNOVA, N.M. Zoologisches kije processy pri sozrevanji torfo-navoznogo Komposta. Pocvovedenije, 9: 95-102, 1963.

fatores, a quais ecossistemas ou a que parte de um ecossistema, e sob que condições ecológicas se está levando em consideração (HEYDERMANN⁴⁸).

Todos os resultados tendem a confirmar a especificidade dos processos de recolonização pelos microartrópodos em relação à atividade global de um solo florestal (VANNIER¹¹²), o que indica ser possível distinguir solos possuidores de alta e baixa atividade metabólica.

VANNIER¹¹², utilizando-se de microartrópodos (Acari e Collembola) como indicadores da atividade metabólica do solo verificou ocorrer colonização por Collembola, significativamente mais intensa do que Acari em amostras de solos alcalinos ocorrendo o inverso em amostras de solo ácido, ambas situações sob floresta. Tal fato, segundo o autor, indica que pode ser possível a caracterização da atividade biológica do solo através de sua invasão por microarthropodos, relacionada ao relativamente rápido crescimento microbiano, acentuado por uma prévia dissecação de amostras de solo.

2.4.4 O ambiente e a mesofauna do solo

De acordo com GREENSLADE & MAJER⁴⁴ o desenvolvimento da fauna sobre uma situação ocorre em três etapas:

- a) imigração, a qual requer das espécies habilidade para sua dispersão;
- b) estabelecimento da população quando se faz necessária disponibilidade de alimento e abrigo; e
- c) manutenção da população que se dará com as espécies aptas a sobreviverem às variações sazonais e de curto prazo no ambiente.

O tamanho da população é determinado por quatro componentes do ambiente: clima, alimento, outros animais e patógenos (ANDREWARTHA & BIRCH*, citados por VERHOEF¹¹³).

DANTAS²³ efetuando um estudo ecológico sobre as pastagens da Amazônia Central, no qual a fauna do solo foi utilizada como principal parâmetro, verificou que os grupos mais comumente encontrados no solo eram os Acari e Collembola seguidos de Homoptera, Formicidae, Larvas de Coleoptera, Larvas de Diptera, Pauropoda, Diptera e Protura. Destacando-se os Acari e Collembola em constância e abundância:

A maioria dos estudos sobre Collembola e Acari Cryptostigmata mostra que a sua distribuição se dá dentro das três dimensões no solo, e de forma agregada. Esta agregação por sua vez é atribuída à água, temperatura, duração do dia, microclima, estação do ano, fonte de alimentação, microflora, vegetação, distribuição dos ovos (BUTCHER *et alii*** citado por USHER¹¹⁰).

De acordo com EDWARDS & LOFTY³¹ a maior parte dos Arthropoda (acima de 80%) concentram-se nos primeiros 5 cm de solo. Tal observação foi comparada para os Acari (0-3,8 cm) por WHELAN¹²⁰ e por USHER¹¹⁰ (0-3 cm), e para os Collembola por TAKEDA¹⁰³ (0-3 cm) que embora não sejam animais cavadores, têm sua distribuição vertical influenciada pela temperatura, umidade, outros fatores ambientais e pela disponibilidade de alimentos do solo.

* ANDREWARTHA, H.G. & BIRCH, L.C. The distribution and abundance of animals. Chicago, Univ. of Chicago, 1954. 782 p.

** BUTCHER, J.W.; SNIDER, R. & SNIDER, J. Bioecology of edaphic Collembola and Acarina. Ann. Rev. Ent., 16: 249-288, 1971.

TADROS¹⁰⁶ verificou que em áreas cultivadas com milho a preferência da fauna pelas camadas mais profundas do solo (5 - 10 cm) foi maior.

LEETHAN *et alii*⁶⁴ verificaram que a intensidade de pastoreio e a época do ano têm uma pequena influência e que a massa radicular e a dinâmica da água no solo têm a maior influência sobre a distribuição vertical dos microartrópodos. Uma relação positiva entre o tamanho médio do corpo dos predadores e a profundidade no perfil foi observada. Não houve relações entre o tamanho do corpo e a profundidade do solo para os herbívoros e fungívoros de tamanho reduzido.

BEHAN *et alii*⁵ verificaram um decréscimo na densidade dos Arthropoda do solo com a profundidade o que está em acordo com os achados de DRIFT*; MURPHY** citados por BEHAN *et alii*⁵ e WALLWORK¹¹⁹ com exceção das formas imaturas de Acari que migraram descendentemente com a chegada do inverno.

Os Collembola são abundantes nas pastagens, "moorland" e na liteira de florestas com densidades variando de 5.000 a 50.000 por m² e ocasionalmente acima destas. Os Collembola demonstram diferentes graus de tolerância aos vários fatores ambientais e, conseqüentemente, a composição das espécies pode ser um bom indicador das condições do microhabitat (WALLWORK¹¹⁹).

De acordo com SHEALS***, citado por ANDRÉN & LAGERLOF¹, os Collembola recolonizam o solo mais rapidamente que os Acari Mesostigmata e os Cryptostigmata, provavelmente devido aos seus respectivos ciclos de vida.

* DRIFT, J. van der. Analysis of the animal community in a beech forest floor. Meded. Inst. Toegep. bid. Onderz. Nat., 9: 1-168, 1951.

** MURPHY, P.W. The biology of forest soils with special reference to the mesofauna or meiofauna. J. Soil Sci., 4: 155-193, 1953.

*** SHEALS, J.G. Op. cit., p. 44.

Os Acari Prostigmata e Mesostigmata , geralmente muito ativos, se movem livremente, não se restringindo somente ao solo, muitas famílias destas ordens são predadoras. Os Astigmata não são importantes na fauna dos Acari de muitos solos, sendo seu papel pouco estudado, estando correlacionados a situações mais secas, chegando a tornarem-se abundantes localizadamente em pastos e solos aráveis. Os Cryptostigmata estão mais restritos ao solo que outros grupos de Acari, um número de espécies vive mais ou menos permanentemente em sítios expostos, em líquens, musgos e cascas de árvores são relativamente esparsos em solos cultivados, onde a mistura de horizontes com a superfície produz uma estrutura fraca e instável. Preferem ambientes cujas camadas orgânicas não foram alteradas. São relativamente mais abundantes que os Collembola, em matéria orgânica bruta sob coníferas. Por outro lado os Collembola são importantes sob florestas decíduas e pastagens (WALLWORK¹¹⁹).

A composição das espécies de Acari varia com a profundidade do solo. As formas maiores tais como os Cryptostigmata *Oppia ornata*, *Steganacarus magnus*, *Damaeus onustus*, *Adoristes ovatus*, *Platynothrus peltifer* e *Achiptera coleoptrata*, e o Mesostigmata *Trachytes* spp e os predadores *Macrocheles*, *Parasitus* e *Pergamasus* sp são mais comuns na superfície do solo do que nas camadas mais profundas. As formas de tamanho mediano e menores de Cryptostigmata (*Tectocepheus velatus*, *Scheloribates* spp, *Oppia* spp, *Suctobelba* spp e *Brachychthonius* spp) têm sua distribuição mais generalizada no perfil, penetrando no humus e nas camadas mais superficiais de solos minerais. A fauna das camadas minerais do solo é geralmente mais pobre e é formada principalmente de Cryptostigmata *Oppia* e *Suctobelba*, de Mesostigmata

Rhodacarus sp, de pequenos Prostigmata trombidiformes e de formas imaturas de Acari os quais estão geralmente concentrados em zonas biologicamente ativas, na rizosfera, ao redor das raízes das plantas (WALLWORK* citado por WALLWORK¹¹⁹).

2.4.4.1 A influência de algumas práticas de manejo sobre a mesofauna do solo. De acordo com WALLWORK¹¹⁹ as práticas agrícolas podem ser classificadas em dois grandes grupos; as que são prejudiciais à fauna do solo (aração, cultivo anual, aplicação de defensivos agrícolas, e de poluentes inorgânicos) e as que são benéficas (fertilização, drenagem, irrigação, manutenção de culturas permanentes). Estas por sua vez podem ser benéficas a certos membros da fauna do solo e maléficas a outros, sendo que o impacto destas práticas variam de lugar para lugar.

A utilização de diferentes práticas de manejo contribui para a modificação de uma série de características físicas e químicas do solo que irão atuar seletivamente sobre a população de organismos e com isso influirão nas transformações bioquímicas com reflexos na disponibilidade de nutrientes (VIDOR¹¹⁴). Este processo se dá pela ação das hifas de fungos, produção de polisacarídeos pelas bactérias ou mucos intestinais das minhocas e de outros representantes da meso e macrofauna do solo, o que poderá levar a um aumento na agregação de partículas e melhoria das características químicas do solo. A composição diversificada das excreções radiculares resultante de um programa de rotação de culturas resulta na multiplicação e aumento da atividade dos organismos a nível de rizosfera (VIDOR¹¹⁴).

* WALLWORK, J.A. Acari. In: BURGÉS, N.A. and Raw, F., eds. Soil biology, 1967. p. 363-95.

TISCHLER*, SHEALS** e EDWARDS & LOFTY***, relatam reduções na fauna do solo imediatamente após o cultivo, sendo algumas taxas afetadas mais do que outras. EDWARDS & LOFTY**** relatam que os Prostigmata, Mesostigmata e Symphyla, são os mais afetados, enquanto que os Cryptostigmata, Collembola e Pauropoda semiedáficos são reduzidos após a aração. BURNETT***** alega que o cultivo aumenta a população de Collembola e Acari. ALEINIKOVA & UTROBINA***** relatam que o método de cultivo não tem efeito apreciável sobre o número de grupos diversos, mas exerce considerável efeito na taxa de grupos individuais, todos citados por MALLOW *et alii*⁷⁰.

Por outro lado a redução das operações de cultivo permite que os processos e componentes biológicos do solo operem de maneira similar aos ecossistemas inalterados (STINNER & CROSSLEY¹⁰¹).

Outro exemplo de como os efeitos de uma prática individual influencia a mesofauna do solo, seria o da aração. Esta

* TISCHLER, W. Effects of agricultural practice on the soil fauna. In: KEVAN, D.K.M., ed. Soil zoology. London, Butterworths, 1955. p. 215-230.

** SHEALS, J.G. Collembola and Acarina of uncultivated soil. J. Animal Ecology, 26: 125-134, 156. Soil population studies. 1. The effects of cultivation and treatment with insecticides. Bull. Ent. Res., 47: 803-822, 1957.

*** EDWARDS, C.A. & LOFTY, J.R. The influence of agricultural practice on soil microarthropod populations. In: SHEALS, J.G., ed. The soil ecosystem. The Systematic Assoc. Publication, n. 8, London, p. 237-247, 1969.

**** EDWARDS, C.A. & LOFTY, J.R. The influence of cultivations on soil animal populations. In: VANEK, J., ed. Progress in soil zoology. Academic Prague, 1975. p. 399-407.

***** BURNETT, G.F. The effect of irrigation, cultivation, and some insecticides on the soil Arthropods of an East African dry grassland. J. Appl. Ecol., 5: 141-156, 1968.

***** ALEINIKOVA, M.M. & UTROBINA, N.M. Changes in the structure of animal populations in soil under the influence of farm crops. In: COLL. SOIL ZOOL., 5., Prague, 1975. Proceedings. p. 429-435.

possui efeitos maléficis como:

- a) alteração do ambiente criando condições instáveis e alta mortalidade à fauna;
- b) remoção da cobertura expondo o solo à variações na umidade e temperatura, bem como à erosão;

e benefícios:

- a) homogeneização do perfil;
- b) melhoria da aeração (WALLWORK¹¹⁹).

ANDRÉN & LAGERLOF¹ estudaram os efeitos de diferentes sistemas de cultivo sobre a abundância da fauna do solo. Os sistemas avaliados foram:

- a) culturas utilizadas como forragem, adubação mineral mais esterco de curral, representando um sistema de produção de gado leiteiro (rotação 1); e
- b) culturas anuais e adubação mineral exclusiva, representando um sistema de produção onde o esterco não está disponível (rotação 2).

Os autores verificaram ter sido a abundância dos Arthropoda muito baixa para medidas precisas, a exceção dos Acari (Mesostigmata, Cryptostigmata, Astigmata e Prostigmata) e Collembola. A abundância dos grupos estudados foi de maneira geral maior no solo sob pastagem, provavelmente em função da permanente cobertura do solo e não aração. Os Astigmata foram os mais numerosos na rotação 1 e os Prostigmata, o foram, na rotação 2.

TADROS¹⁰⁶ avaliando os efeitos da aração sobre um campo de 12 anos, do cultivo de milho (plantio, colheita, fertilização e aplicação e herbicida), e do corte e fenação de pastagens,

sobre a estrutura dos Arthropoda do solo, verificou na maioria das vezes um declínio no número total de indivíduos submetidos a estes tratamentos.

MALLOW *et alii*⁷⁰ efetuaram amostragens regulares durante uma estação de crescimento em parcelas experimentais contendo milho e pastagens (*Bromus purgans* L.). O cultivo proporcionou redução inicial significativa nos grupos de animais estudados. A população recuperou o nível padrão. Os mesostigmata tiveram seu nível populacional recuperado em três meses, os Collembola e os Cryptostigmata em quatro a cinco meses, os Prostigmata e o número total de Acari não demonstraram sinais de recuperação até o final do experimento.

De maneira geral, a população de Acari e Collembola é favorecida pela semeadura direta em todos os experimentos, embora os efeitos sejam diferentes para espécies em particular. Os Mesostigmata e os Criptostigmata são os menos influenciados pelo cultivo. As populações de Acari são 1,3 a 3,8 vezes maiores em solos sob semeadura direta que em solos arados. O número de Collembola é 2,1 a 3,1 vezes maior. As populações de macroartropoda diferem muito menos entre os dois tratamentos, os quais favoreceram determinados grupos. O número de besouros Carabidae e algumas espécies de larvas de Diptera tendem a ser maiores nas parcelas aradas que nas semeadas diretamente (EDWARDS & LOFTY³²).

Já FERREIRA³⁹ cita ter verificado uma variabilidade na dinâmica populacional de insetos praga com maior número e variedade de indivíduos em área sob semeadura direta em relação à convencional (uma aração e duas gradagens), sem contudo ter

verificado diferenças no rendimento das lavouras, em virtude do pressumível maior equilíbrio deste sistema.

O número de Arthropoda do solo tem sido 120-350% maior em parcelas sem cultivo do que em parcelas cultivadas por vários dos métodos disponíveis, resultados estes obtidos das pesquisas desenvolvidas até 1977 (EDWARDS & LOFTY³²).

Os efeitos do cultivo sobre a fauna do solo são facilmente observados pela comparação de pastagens e terras aradas (TISCHLER*). Os solos arados são geralmente mais pobres que os solos não cultivados em número de indivíduos e de espécies (BUCKLE**; KEVAN***; BURNETT****; EDWARDS & THOMPSON*****, citados por MALLOW *et alii*⁷⁰). Entretanto, certos animais como os Symphyla, Protura, Diplopoda Rhodacaridae (Mesostigmata), Collembola Sminthuridae e Acari Prostigmata são mais abundantes em solos agrícolas que em outros locais (EDWARDS & LOFTY*****). Uma importante razão para estas diferenças está no fato de que as pastagens vegetam mesmo quando as áreas cultivadas estão em pousio. A presença de vegetação assegura alimento permanentemente disponível para a grande maioria das espécies do solo (BUCKLE** citado por MALLOW *et alii*⁷⁰).

* TISCHLER, W. Op. cit., p. 54.

** BUCKLE, P. A preliminary survey of the soil fauna on agricultural lands. Ann. Appl. Biol, 8: 135-145, 1921.

*** KEVAN, D.K. Op. cit., p. 41.

**** BURNETT, G.F. Op. cit., p. 54.

***** EDWARDS, C.A. & THOMPSON, A.R. Pesticides and soil. Fauna Residue Review, 45: 1-79, 1973.

***** EDWARDS, C.A. & LOFTY, J.R. Op. cit., p. 54.

2.4.4.2 A influência das plantas sobre a mesofauna do solo - De acordo com NORTON⁸², além dos efeitos da estrutura do solo sobre a distribuição da fauna existem os efeitos das plantas cuja avaliação auxilia a explicação da variabilidade das comunidades.

CURRY & GANLEY²² citam que a composição botânica das pastagens apesar de determinar a natureza da matéria orgânica do solo, a qual está intimamente associada, não influencia a fauna do solo.

Da mesma forma WALLWORK¹¹⁹, cita que a influência do tipo de cultura na distribuição horizontal de muitos grupos de animais do solo, principalmente sobre os Acari e Collembola é muito menor do que a aração e a textura do solo. O ecossistema onde estes organismos estão presentes baseia-se nos nutrientes e energia do material orgânico disponível. Assim, tanto a disponibilidade de material quanto a sua qualidade interferem na fauna. No entanto, não se deve esperar relação entre o tipo de cultura e a distribuição da fauna, uma vez que até o momento isto não foi demonstrado.

Por outro lado, CHRISTIANSEN* e BERLLINGER** citados por WALLWORK¹¹⁸, relacionando a macroflora com os Collembola verificaram que havia correspondência entre a planta e os Collembola a esta associados. Estes fatos sugerem que a influência da vegetação é indireta, sendo exercida talvez através de seu efeito sobre o solo, sobre a composição da microflora, ou sobre a umidade do solo, podendo os efeitos do cultivo agir da mesma forma.

* CHRISTIANSEN, K. Bionomics of Collembola. A.Rev.Ent., 9: 147-78, 1964.

** BERLLINGER, P.F. Studies of soil fauna with special reference to the Collembola. Bull. Conn. Agric. Exp. Stan., 583: 1-67, 1954.

STRICKLAND* citado por MALLOW *et alii*⁷⁰ demonstraram existir consideráveis diferenças entre as populações em duas parcelas com solos similares devidas às associações de plantas ali estabelecidas, uma vez que mudanças na cobertura vegetal proporcionam mudanças na qualidade de matéria orgânica e conseqüentemente, na composição da fauna que por sua vez influi na qualidade do humus produzido e, conseqüentemente na fertilidade do solo.

LUXTON** citado por WHELAN¹²⁰ sugere que o alimento e as condições ambientais são os principais fatores que influenciam na migração e conseqüentemente, na distribuição vertical dos Acari. Alguns trabalhos como os de BERTHET⁸ e USHER¹⁰⁹ identificaram a umidade, outros como os de WALLWORK¹¹⁸ e USHER¹¹⁰ a temperatura como importantes fatores.

LEETHAM *et alii*⁶⁴, verificaram a composição e a distribuição dos microartropodos do solo em pastagem de gramíneas em relação ao teor de água, biomassa radicular e pastoreio pelo gado observaram que a distribuição sazonal da biomassa de microartropodos era relativamente estável. Embora o pastoreio e a época do ano tenham uma influência menor, a biomassa radicular e a dinâmica da água no solo parecem ter uma maior influência na distribuição vertical dos microartropodos. Por outro lado a biomassa radicular concentra-se nas camadas superficiais do perfil, sendo que aproximadamente 75% do total da biomassa radicular apresenta-se nos primeiros 20 cm do solo

* STRICKLAND, A.M. The soil fauna of two contrasted plots of land in Trinidad, British West Indies. J. Animal Ecol., 16: 1-10, 1947.

** LUXTON, M. Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. V. Vertical distribution. Pedobiologia, 12: 359-380, 1981.

e 19% nos primeiros 5 cm do solo, este dado coincide com a grande maioria da população de fitófagos de superfície. Aproximadamente 32% dos fitófagos estão nos primeiros 5 cm de solo e 49% estão nos primeiros 20 cm. A população nestas condições é constituída primariamente por Prostigmata e Cryptostigmata e em seguida de Collembola.

WHELAN¹²⁰ verificou que as flutuações sazonais da população dos Acari em três sítios sob pastagem eram fortemente influenciados pela vegetação.

MacFADYEN* citado por WALLWORK¹¹⁹ avaliou a influência do tipo de planta sobre a distribuição horizontal dos animais do solo e concluiu que embora nenhuma espécie de Acari ou Collembola estivesse restrita a um tipo de planta, algumas espécies demonstravam diferenças gritantes entre as plantas observadas. Para os Collembola a população total em três espécies era de 3:3:1, para os Cryptostigmata a relação era de 9:6:1.

O efeito da rizosfera sobre a fauna do solo não está bem documentado embora alguns autores tenham observado a maior presença de Protozoa, Coleoptera, Diptera e Collembola nestes sítios, devido à maior disponibilidade de alimento e de altas concentrações de CO₂ que atuam como atrativos (ROUATT *et alii***; KÜHNELT***; MOURSI**** citados por WALLWORK¹¹⁹).

* MacFADYEN, A. The small arthropods of a Mollinia fen at Cothill. J. Anim. Ecol., 21: 87-118, 1952.

** ROUATT, J.W.; KATZNELSON, H. & PAYNE, T.M.B. Statistical evaluation of rhizosphere effect. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 24: 271-73, 1960.

*** KÜHNELT, W. Soil biology. London, Faber & Faber, 1961.

**** MOURSI, A. The attractiveness of CO₂ and N₂ to soil Arthropoda. Pedobiologia, 1: 299-302, 1962.

A comunidade de microorganismos e animais associados à rizosfera não é estática. Nos primeiros estágios do desenvolvimento radicular, a comunidade caracteriza-se por haver uma predominância de comedores de raiz e de microorganismos que se alimentam exclusivamente de exudatos produzidos por raízes jovens de tecidos radiculares em decomposição (WALLWORK¹¹⁹).

2.4.4.3 A influência da fertilização sobre a mesofauna do solo - NUERNBERG⁸³ observou em pesquisas realizadas com diferentes sucessões de culturas e tipos de adubação que a densidade populacional e a atividade de microorganismos foram menores em parcelas sem adubação, sendo que a adubação organomineral proporcionou maiores densidades populacionais semelhantes às obtidas em outros tipos de adubação; consequências estas do bom desenvolvimento das plantas, volume das excreções radiculares e resíduos culturais no solo. Portanto, segundo VIDOR¹¹⁴ esta pesquisa bem como outras demonstraram a viabilidade de melhoria da vida no solo através de adubação mineral.

A disponibilidade de nutrientes e o pH são fatores ecológicos que atuam seletivamente sobre a população de organismos do solo. A velocidade de mineralização de resíduos vegetais pobres em nutrientes pode ser sensivelmente diminuída em solos com deficiências nutricionais, nestas condições a população microbiana é estimulada pela adição dos nutrientes que se encontram em deficiência (VIDOR¹¹⁴), o que, por analogia pode ser extrapolado à mesofauna do solo.

EDWARDS & LOFTY³¹ citam que os fertilizantes orgânicos e inorgânicos afetam o número de Collembola favoravelmente, indiretamente através do aumento da disponibilidade de alimentos

uma vez que possuem efeitos sobre o crescimento das plantas e dos microorganismos.

Geobotânicos e pesquisadores do solo têm dado pouca importância para os habitantes do solo no processo de reciclagem de nutrientes do solo, provavelmente devido à baixa biomassa animal e pequena quantidade de elementos acumuladas nesta biomassa. Um exemplo disso é o de que o cálcio, o potássio e o magnésio encontram-se de três a cinco vezes mais baixos na biomassa animal do que na fitobiomassa, no entanto KRIVOLUSTSKII & POKARZHEVSKII⁶¹ afirmam que os habitantes do solo transferem de 10 a 300% dos nutrientes contidos nas folhas através de sua atividade trófica, criando inclusive pontos de concentração de nutrientes na biogeocenose pela construção de ninhos pela atividade cavadora.

De acordo com BEHAN *et alii*⁵ com a aplicação de uréia:

- 1) a taxa entre a densidade dos Arthropoda do solo para parcelas tratadas e testemunha foi alterada de 1:1 para 0,5:1 após a fertilização em outubro (outono);
- 2) a densidade dos Arthropoda particularmente dos Cryptostigmata, decresceu imediatamente após a aplicação de uréia e logo após cresceu rapidamente;
- 3) os Arthropoda movimentaram-se descendentemente após a aplicação de uréia resultando em um aumento da densidade com a profundidade;
- 4) a composição das espécies não foi alterada após a aplicação de uréia, com exceção da *Iphidozercon* sp, *Sejus americanus* e *Pediculaster* sp as quais ocorreram somente nas parcelas tratadas.

RONDE* citado por BEHAN *et alii*⁵ verificou um leve aumento no número de Acari e Collembola em um maciço florestal de faias na Alemanha um ano após a aplicação de uréia (100 kg/ha), por outro lado no oeste do Canadá, MARSHALL** citado por estes mesmos autores não observou mudanças durante o primeiro ano após a aplicação daquele fertilizante nas dosagens equivalentes de 224 kg/ha e 448 kg/ha de N.

ZYROMSKA-RUDZKA¹²² avaliando as mudanças sobre a comunidade de Acari após a fertilização química em pastagens durante 3 anos, utilizando-se de 360 kg/ha de uréia (162 kg/ha de N), 120 kg/ha de P₂O₅ e 200 kg/ha de K₂O anualmente verificou que 22 espécies de Acari oribatida ocorriam com densidades totais anuais variando de 36.000 a 63.000 indivíduos/m². Segundo este autor, 80% dos indivíduos ocorriam nos primeiros 5 cm. Quanto à biomassa foi verificado que no decorrer dos anos a participação dos Acari na parcela fertilizada era maior do que na não fertilizada, sendo que a contribuição para a biomassa do solo de indivíduos de baixo peso individual era pequena e dos indivíduos de alto peso individual era grande. Após 3 anos a atividade metabólica dos Acari, medida através da evolução do carbono, era maior na pastagem fertilizada do que na não fertilizada em 126% sendo maior na superfície.

* RONDE, G. Waldbodendüngung und Lebensgemeinschaft - Bodenfauna. Z. Angew. Ent., 47: 52-47, 1960.

** MARSHALL, V.G. Effect of urea on the soil fauna in a Douglas-fir stand on Vancouver Island. Can. J. Soil Sci., 54: 491-500, 1974.

2.4.4.4 A influência da matéria orgânica sobre fauna do solo - O teor de matéria orgânica do solo é importante fator na determinação da composição da fauna (LOOTS & RYKE* citados por WALLWORK¹¹⁹). Verificaram os autores que no que diz respeito aos Acari, a taxa de Cryptostigmata em relação aos Prostigmata é baixa em sítios onde a matéria orgânica é baixa ocorrendo o inverso quando a matéria orgânica era alta. Tal situação é concordante à encontrada por DI CASTRI** no Chile.

O aumento do teor de matéria orgânica no solo estabiliza a umidade do solo a níveis mais elevados que em solos minerais e aumenta a disponibilidade de alimentos mais ricos em nitrogênio para a fauna. No entanto, o aumento da fauna do solo não está estritamente relacionado à matéria orgânica adicionada ao solo. Há evidências de que quando existe abundância de materiais ricos em energia, uma grande parte destes é dissipada através da respiração de microorganismos e não está disponível ao crescimento da população (WALLWORK¹¹⁷).

DANTAS²⁴, por exemplo, verificou que em pastagens da Amazônia não existia correlação positiva entre o número de Acari e o número total de Artropoda e matéria orgânica.

Alguns adubos orgânicos podem inicialmente reduzir a fauna (HÖLLER***; RAPOPORT & TAGLIABUE****, citados por MARSHALL⁷¹), mas possuem efeitos benéficos uma vez que possibilitam a introdução de organismos anteriormente ausentes no

* LOOTS, G.C. & RYKE, P.A.J. The ratio Oribatei:- Trombidiformes with reference to organic matter content in soils. Pedobiologia, 7: 121-124, 1967.

** DI CASTRI, F. Etat de nos connaissances sur les biocenoses édaphiques du Chili. In: DOEKSEN, J. & DRIFT, J.van der, eds. Soil organisms. Amsterdam, North Holland, 1963. p. 375-85.

*** HÖLLER, G. Die Wirkung der Klarschlammrotte auf die Bodenmilben. Z. Angew. Ent., 44: 405-424, 1959.

**** RAPOPORT, E.H. & TAGLIABUE, S.A. de. Ensayo sobre la aplicación de algas como fertilizantes y su efecto sobre la micro y mesofauna del suelo. Rev. Invest. Agrop., 1(16): 133-144, 1964.

solo, fornecendo alimento adicional à espécies coprófagas e saprófagas e seus dependentes (EDWARDS *et alii**, KEVAN** citados por MARSHALL⁷¹) melhorando as condições de vida do solo e a sua capacidade de água disponível (MÜLLER***; SAUERLANDT *et alii***** citados por MARSHALL⁷¹).

RAW***** citado por WALLWORK¹¹⁹ verificou uma densidade de 18.000 Arthropoda por m² em solos adubados e 16.000 indivíduos em solos não adubados, sendo que a adição de 14 toneladas de esterco de curral ao ano quase dobrou a densidade da fauna e permitiu a ocorrência de grupos como Pauropoda, Diplopoda, Symphyla e larvas de Diptera em detrimento de parcelas não fertilizadas.

BOLGER & CURRY¹² avaliaram os efeitos de várias dosagens de chorume de gado aplicados em pastagens (0, 55, 110 e 500 t/ha) durante dois anos verificando que altas dosagens são tóxicas a muitas espécies de Arthropoda e que a extensão e duração desta toxidez dependem do nível e frequência de aplicação. Neste processo muitos agentes estão envolvidos mas é a amônia que talvez venha a ter maior significância sendo

* EDWARDS, C.A.; REICHLER, D.E. & CROSSLEY, D.A. The role of soil invertebrates in turnover of organic matter and nutrients. In: REICHLER, D.E., ed. Ecological studies, analysis and synthesis. Berlin, Springer, 1970. p. 147-172.

** KEVAN, D.K. Op. cit., p. 41.

*** MÜLLER, G. Boden-biologie. Jena, Gustav Fischer, 1965. 889 p.

**** SAUERLANDT, M.; MARZÜSCH-TRAPPMANN, M. & TIETJEN, C. Der Einfluss der Häufigkeit der organischen Düngung auf den Gehalt des Boden an Organisch gebundenem Kohlenstoff unter besonderer Berücksichtigung der Keimdichte und der Enchytraeiden. Z. Pfl. Ernähr. Dung. Bodenk., 92: 134-147, 1961.

***** RAW, F. Arthropoda (except Acari and Collembola). In: BURGESS, N. & RAW, F., eds. Soil biology. London, Academic Press, 1967. p. 323-62.

extremamente tóxica a muitos animais. O autor comprovou esta suposição pela drástica redução no número de Acari e Collembola ocorrida dois meses após a aplicação da maior dosagem. Por outro lado, neste experimento a diversidade da fauna não foi afetada, uma vez que todas as espécies foram suprimidas simi- larmente.

Os Collembola cuja distribuição e abundância nos solos é mais evidente, são efetivamente beneficiados pela adubação orgânica (CHRISTIANSEN* citado por MARSHALL⁷¹).

2.4.4.5 A influência da luz, da temperatura e da umidade sobre a mesofauna do solo - USHER¹¹⁰, avaliando a distribuição sazonal e vertical da população de Cryptostigmata verificou que dois fatores aparecem como responsáveis pela migração descendente destes organismos no solo (temperatura e umidade) e que nenhum fator causa a migração ascendente. As camadas mais profundas do solo, embora possuam um espaço poroso menor, possuem um ambiente mais constante.

Em certos casos, a luz pode ser um fator importante no desencadeamento da atividade dos habitantes do solo. A dependência da comunidade do solo pela luz é mais direta durante os primeiros estágios de desenvolvimento do solo, quando a comunidade é composta principalmente de espécies pioneiras associadas a líquens e musgos. É difícil determinar no entanto, se a luz, umidade ou temperatura estão envolvidos separadamente ou em conjunto (WALLWORK¹¹⁸).

A distribuição preferencial de muitas espécies de tamanho médio e pequeno no perfil do solo são reflexo de sua

* CHRISTIANSEN, K. Op. cit., p. 58.

habilidade em migrar verticalmente. No caso dos Cryptostigmata ocorrem, tanto os movimentos de longo tempo (sazonais) como de curto tempo (diários) (WALLWORK*; TARAS-WAHLBERG**; WALLWORK & RODRIGUEZ*** todos citados por WALLWORK¹¹⁸). Estas migrações ocorrem provavelmente devido às mudanças de temperatura e condições de umidade na liteira (WALLWORK¹¹⁸) embora aparentemente este movimento não seja universal entre os Cryptostigmata (LEBRUN**** citado por WALLWORK¹¹⁸). Já os movimentos diários são mais difíceis de serem explicados e são de importância para os animais domésticos, uma vez que alguns Acari são hospedeiros intermediários de verminose de cavalos, bovinos e ovinos (*Anoplocephalid tapeworms*) (RAJSKI***** citado por WALLWORK¹¹⁸).

Alterações sazonais na distribuição vertical foram avaliadas por TAKEDA¹⁰³, que as relacionou com as mudanças sazonais nos teores de água e temperatura do solo. Nesta ocasião, houve relação da temperatura e foi encontrada relação somente com duas espécies de Collembola.

O principal fator climático que afeta os animais do solo é a umidade, sozinha ou em conjunto com a temperatura (BURSELL***** citado por VERHOEF¹¹³), sendo que a dessecação

* WALLWORK, J.A. The distribution and dynamics of some forest soil mites. *Ecology*, 40: 557-63, 1959.

** TARRAS-WAHLBERG, N. The Oribatei of a central swedish bog and their environment. *Oikos*, suppl. 5, 1961. 56 p.

*** WALLWORK, J.A. & RODRIGUEZ, J.G. Ecological studies on oribatid mites with particular reference to their role as intermediate hosts of *Anoplocephalid cestodes*. *J. Econ. Ent.*, 54: 701-5, 1961.

**** LEBRUN, P. Notes sur les migrations des Oribatides (Acari) de petite taille. *Bull. Soc. Rev. Ent. Belg.*, 100: 69-77, 1964.

***** RAJSKI, A. Quantitative occurrence of the chief intermediate hosts of *Moniezia (M.) expansa* Rud. in the vicinity of Poznan (In Polish). *Wiad. Parazyt.*, 7: 39-42, 1960.

***** BURSELL, E. An introduction to insect physiology. London, Academic Press, 1970. 276 p.

da superfície do solo é um fator importante na distribuição vertical dos Collembola (TAKEDA¹⁰³).

Experimentos desenvolvidos por inúmeras ocasiões principalmente com Acari Cryptostigmata, têm demonstrado diferenças específicas na resposta e sobrevivência sob uma série de umidades relativas (MADGE*, HAYES**, citados por WALLWORK¹¹⁸).

POOLE*** citado por WALLWORK¹¹⁸, estabeleceu correlação entre o número de Collembola, a profundidade e o teor de umidade do solo.

DANTAS²³ não encontrou correlação entre o número de Collembola com a umidade do solo, encontrando correlação positiva daqueles com a umidade relativa do ar e negativa com a precipitação.

2.4.4.6 A flutuação da mesofauna do solo em relação às épocas do ano - A flutuação sazonal e a distribuição vertical dos Acari têm sido estudados por muitos pesquisadores como por exemplo BLOCK****; WOOD*****; CURRY*****; LONGWORTH*****, LUXTON***** citados por WHELAN¹²⁰.

* MADGE, D.S. The water relations of Belba geniculosa Oudms. and other species of oribatid mites. Acarologia, 6: 199-223, 1964.;
_____. The humidity reactions of oribatid mites. Acarologia, 6: 566-91, 1964.

** HAYES, A.J. Studies on the activity and survival of some phthricaroid mites (Acari: Cryptostigmata) at different relative humidities. Pedobiologia, 6: 281-7, 1966.

*** POOLE, T.B. The effect of some environmental factors on the pattern of distribution of soil Collembola in a coniferous woodland. Pedobiologia, 2: 169-82, 1963.

**** BLOCK, W. Seasonal fluctuations and distribution of soil mite populations in moorland soils, with a note on biomass. J.Anim.Ecol., 35: 487-503, 1966.

***** WOOD, T.G. Acari and Collembola of moorland soils from Yorkshire, England. II. Vertical distribution in four grassland soils. Oikos, 18: 137-140, 1967-

***** CURRY, J.P. Seasonal and vertical distribution on the Arthropod fauna of an old grassland soil. Scient.Proc.R.Dubl.Soc., 3: 49-71, 1971.

***** LONGWORTH, T.J. Some aspects on the ecology of the Acari of Virgin and reclaimed blanket bog at Gleanamay. Co. Mayo. Ph.D. Thesis, 1974.

***** LUXTON, M. Studies on oribatid mites of a Danish beech wood soil. Pedobiologia, 21:359-80; 22: 29-38; 277-303; 387-409, 1981.

Quanto à dinâmica populacional, verifica-se picos durante várias épocas do ano. A magnitude, frequência e época destes picos varia com a localização e comprimento das estações do ano (WALLWORK¹¹⁹).

Tem-se verificado picos na Europa e América do Norte entre fevereiro e junho (inverno e primavera) e entre agosto e dezembro (outono e inverno) (GLASGOW*; POOLE** citados por WALLWORK¹¹⁸).

THOMPSON*** relata picos populacionais de Acari e Collembola durante meses de inverno (novembro a fevereiro no hemisfério norte); EDWARDS & THOMPSON**** encontraram picos na primavera e outono; e SHADDY & BUTCHER***** não verificaram picos distintos. Todos citados por MALLOW *et alii*⁷⁰.

Assim, a maioria dos trabalhos realizados no Hemisfério Norte tem generalizadamente encontrado densidades populacionais máximas de outubro a abril (out/inv) (WALLWORK***** e HARDING***** citados por BEHAN *et alii*⁵).

* GLASGOW, J.P. A population study of subterranean soil Collembola. J. Anim. Ecol., 8: 323-53, 1939.

** POOLE, T.B. An ecological study of the Collembola in a coniferous forest soil. Pedobiologia, 1: 113-37, 1961.

*** THOMPSON, M. The soil population an investigation of the soil biology in certain districts of Aberkstwytth. Ann. Appl. Biol., 11: 349-374, 1924.

**** EDWARDS, C.A. & THOMPSON, A.R. *Op. cit.*, p. 57

***** SHADDY, J.W. & BUTCHER, J.W. Distribution of some soil Arthropods in a manipulated ecosystem. Great Lakes Entomologist, 10: 131-144, 1977.

***** WALLWORK, J.A. *Op. cit.*, p. 67.

***** HARDING, D.J.L. Seasonal changes in the abundance of Cryptostigma in the forest floor of an Oak woodland. In: EVANS, G.O., ed. Proc. 2nd. Int. Congr., Acarology, England, 1967. p. 31-35.

MALLOW *et alii*⁷⁰, avaliando os efeitos de diferentes práticas de manejo sobre Collembola e Acari em sistemas de produção de milho, efetuaram amostragens a cada três semanas e verificaram que os níveis populacionais de Acari e Collembola em pastagens aumentava em junho, com a máxima ocorrência em julho para os Acari e agosto para os Collembola (verão no hemisfério norte) ocorrendo no entanto grande variação nos níveis populacionais sazonalmente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL, CLIMA E SOLO

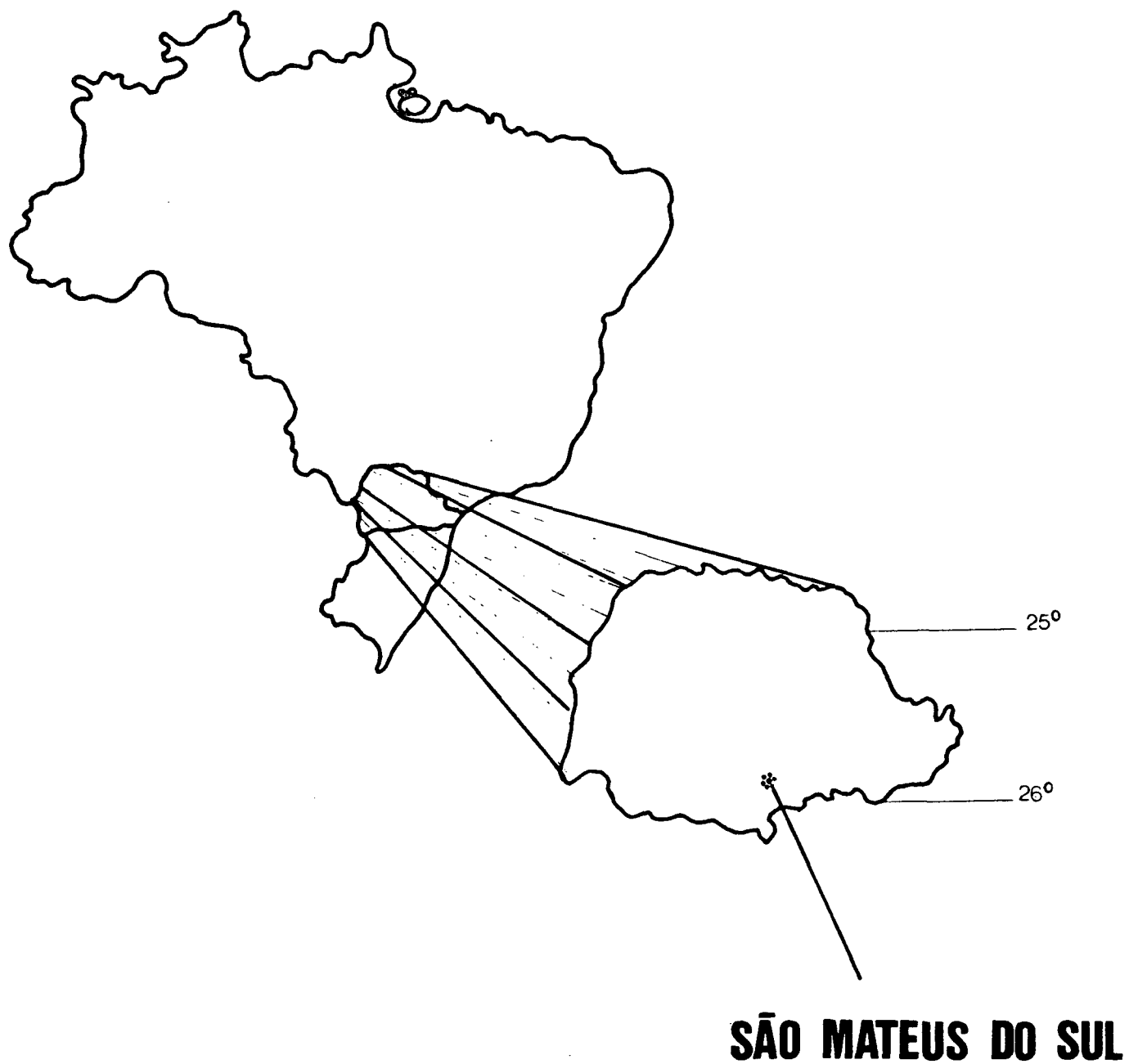
O experimento foi conduzido a campo em área minerada e recomposta, onde atua a Superintendência da Industrialização do Xisto da PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A., no município de São Mateus do Sul, PR. Sua latitude é de 26°52' ao sul e longitude é 50°37' a oeste (Figura 1), e está localizada fisiograficamente no segundo planalto paranaense.

O clima de acordo com GODOY *et alii*⁴² e com MAACK⁶⁶, ambos baseados em Koeppen, é classificado como Cfb, ou seja, mesotérmico, úmido e superúmido, sem estação seca com verões frescos e com a média do mês mais quente inferior a 22°C, sendo as geadas severas e freqüentes.

Os dados meteorológicos, temperatura (T) e precipitação (C) referentes ao período de estudo a campo (maio de 1986 à maio de 1987) estão contidos no Apêndice 1.

O solo onde o experimento foi instalado é antrópico e originou-se, provavelmente, da Unidade de Mapeamento LEa 11, classificada pela EMBRAPA-SNLCS³⁴ como uma Associação Latossolo Vermelho-Escuro Álico + Terra Bruna Estruturada Similar Álica, ambos com A proeminente textura argilosa, floresta subtropical perenifólia relevo ondulado, sendo representativo da área a ser minerada que compreende uma extensão de 82 km². Este

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DE SÃO MATEUS DO SUL, PR



material é constituído da mistura dos horizontes A, B e C, depositado imediatamente sobre o xisto retornado.

Ocorrem na região rochas da formação Irati e Serra Alta, folhelhos escuros com horizontes carbonosos ou pirobetuminosos fósseis sendo freqüentes nódulos "chert" e camadas ou lentes de calcário em geral dolomítico, do Permiano (EMBRAPA³⁴).

3.2 O EXPERIMENTO. PREPARO DA ÁREA, INSTALAÇÃO E TRATAMENTOS

Foi selecionada uma área representativa das condições de campo das áreas "reabilitadas".

A topografia após a reabilitação foi mantida suave ondulada, estando a área escolhida no topo da pendente (divisor de águas) traduzindo-se em um sítio propenso à déficits hídricos e erosão, com uma espessura média de solos de dois (2,0) m. A exposição da área em questão é sudoeste.

Visando minimizar o efeito causado pelo trânsito de máquinas pesadas, o solo foi submetido a um processo de subsolagem a aproximadamente 75 cm de profundidade, em direção perpendicular à declividade do terreno.

A partir dos resultados analíticos da fertilidade do solo, originados da amostragem preliminar em 1985 (Apêndice 2) foi efetuada calagem. O calcário utilizado foi dolomítico "füller", aplicado manualmente na dosagem, de 9,8 toneladas/ha sendo 60% desta aplicada antes da aração a 25 cm de profundidade. Para a determinação da necessidade de calcário foi utilizado o método das duas vezes o teor de alumínio trocável, de acordo com o que relata MELLO⁷⁷.

O experimento foi instalado em maio de 1986 tendo sido conduzido até maio de 1987.

Os tratamentos consistiram de três tipos de adubação: (Adubação I. Lixo urbano compostado + adubo mineral; Adubação II. Esterco compostado + adubo mineral; Adubação III. Adubo mineral (exclusivo)) e de 3 sucessões de culturas forrageiras (Sucessão 1. Gramíneas + Leguminosas perenes; Sucessão 2. Gramíneas + Leguminosas anuais; Sucessão 3. Gramíneas anuais). O esterco de curral era constituído de 90% de esterco bovino e 10% de esterco de aves.

A utilização do composto de lixo urbano e do esterco de curral foi motivada pelo fato de existir a 90 quilômetros de distância uma usina de compostagem de lixo, bem como de pecuária de leite e de corte na região.

As datas das adubações e quantidades empregadas de cada fertilizante encontram-se detalhadas nas Tabelas 1, 2 e 3. A caracterização química do material orgânico encontra-se descrita no Apêndice 3.

As épocas de realização de cada operação (plantios, adubações, cortes) efetuadas nas diferentes sucessões de culturas, estão sumarizadas na Figura 2.

Para a determinação da dosagem de fertilizante mineral, utilizou-se as recomendações propostas pela Rede Oficial de Laboratório de Solos dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina em 1984 (ROLAS⁹⁴).

Como fonte mineral dos elementos Nitrogênio, Fósforo e Potássio, foram utilizados respectivamente a uréia, o superfosfato simples e o cloreto de potássio.

A incorporação dos adubos orgânicos e minerais foi efetuada em 16/05/86 através de uma gradagem.

TABELA 1. ÉPOCA DE APLICAÇÃO E DOSAGEM DE FERTILIZANTES MINERAIS E ORGÂNICOS DE CORREÇÃO UTILIZADOS NAS SUCESSÕES DE CULTURAS 1ª FASE, NO PERÍODO DE MAIO A DEZEMBRO DE 1986. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos	Adubação corretiva e de manutenção, orgânica em 03/05/86 e mineral em 10/05/86. O N foi aplicado em 15/05/86 (kg/ha)					1ª Adubação de Cobertura mineral Data: 10/07/86
	Lixo urbano	Esterco curral	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
Sucessão 1.						
I. Lixo + Mineral	10.000	-	10	145	124	-
II. Esterco + Mineral	-	10.000	10	145	124	-
III. Mineral	-	-	10	145	124	-
Sucessão 2.						
I. Lixo + Mineral	10.000	-	-	145	124	40
II. Esterco + Mineral	-	10.000	-	145	124	40
III. Mineral	-	-	-	145	124	40
Sucessão 3						
I. Lixo + Mineral	10.000	-	10	145	124	70
II. Esterco + Mineral	-	10.000	10	145	124	70
III. Mineral	-	-	10	145	124	70

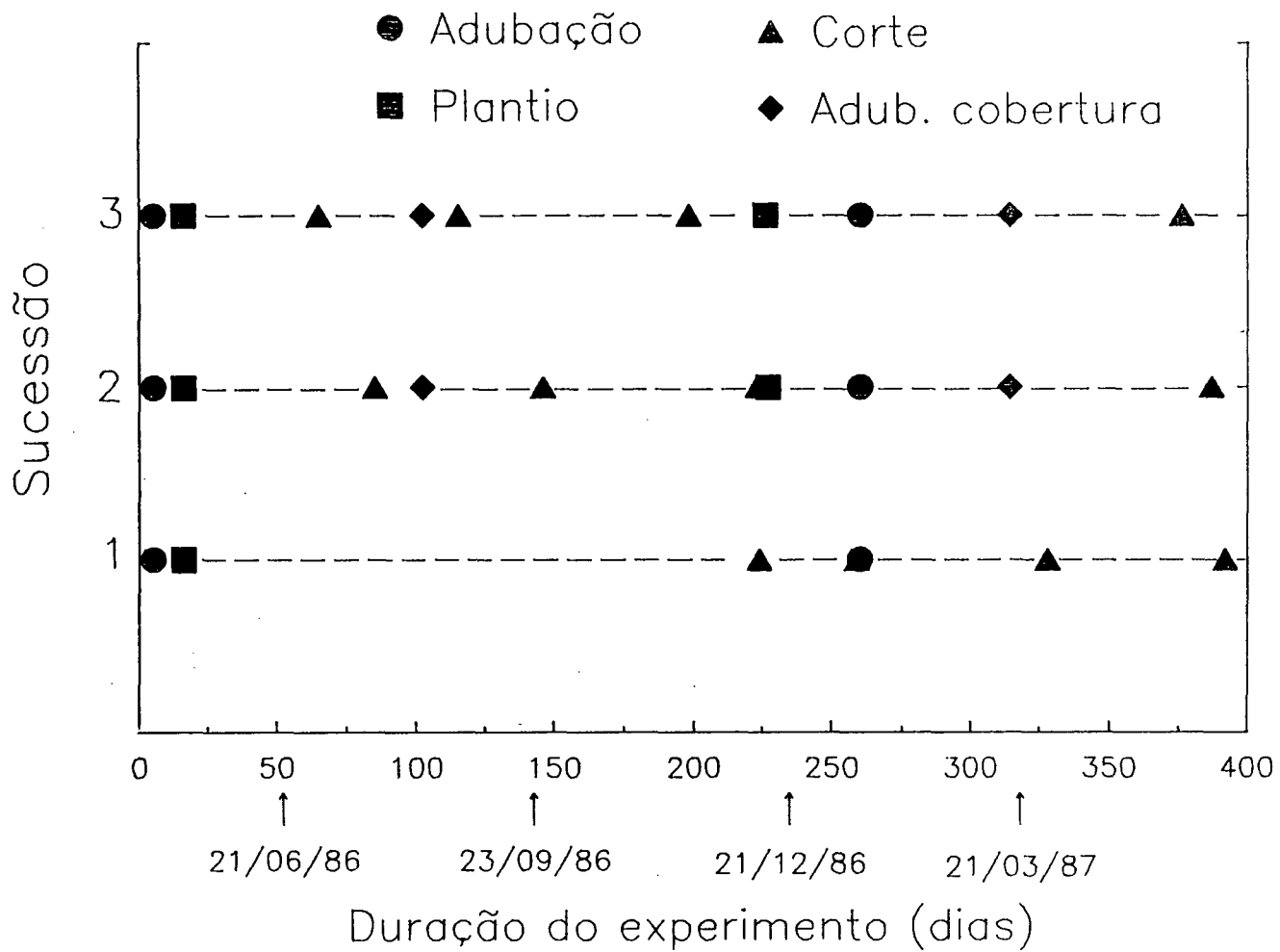
TABELA 2. ÉPOCA DE APLICAÇÃO E DOSAGEM DE FERTILIZANTES MINERAIS DE MANUTENÇÃO UTILIZADOS NAS SUCESSÕES DE CULTURAS 2.^a FASE NO PERÍODO DE DEZEMBRO DE 1986 A MAIO DE 1987. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamentos	Adubação de Manutenção Mineral em 15/01/87 (kg/ha)			(01) Adubação de Cobertura em 10/3/87 (kg/ha)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
Sucessão 1.				
I. Lixo + Mineral	0	60	80	0
II. Esterco + Mineral	0	60	80	0
III. Mineral	0	60	80	0
Sucessão 2.				
I. Lixo + Mineral	50	60	80	25
II. Esterco + Mineral	50	60	80	25
III. Mineral	50	60	80	25
Sucessão 3.				
I. Lixo + Mineral	50	60	80	25
II. Esterco + Mineral	50	60	80	25
III. Mineral	50	60	80	25

TABELA 3. DOSAGEM TOTAL DE FERTILIZANTES MINERAIS E ORGÂNICOS APLICADOS NAS SUCESSÕES DE CULTURAS NO PERÍODO DE MAIO DE 1986 E MAIO DE 1987. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamentos	Adubação Orgânica (kg/ha)		N	Adubação Mineral (kg/ha)	
	Lixo Urbano	Esterco Curral		P ₂ O ₅	K ₂ O
Sucessão 1.					
I. Lixo + Mineral	10.000	-	10	205	204
II. Esterco + Mineral	-	10.000	10	205	204
III. Mineral	-	-	10	205	204
Sucessão 2.					
I. Lixo + Mineral	10.000	-	115	205	204
II. Esterco + Mineral	-	10.000	115	205	204
III. Mineral	-	-	115	205	204
Sucessão 3.					
I. Lixo + Mineral	10.000	-	145	205	204
II. Esterco + Mineral	-	10.000	145	205	204
III. Mineral	-	-	145	205	204

FIGURA 2. ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES (PLANTIO, ADUBAÇÃO E CORTE) EFETUADAS NAS SUCES-
SÕES DE CULTURAS. SÃO MATEUS DO SUL, 1987



As forrageiras utilizadas foram implantadas de acordo com as indicações contidas na Tabela 4, sendo as leguminosas inoculadas com as espécies de *Rhizobium* sp. específicas. Tanto as forrageiras anuais de inverno como as perene foram semeadas a lanço sobre o solo recém gradeado, sendo em seguida incorporadas manualmente com o auxílio de rastelos. As leguminosas foram inoculadas e peletizadas de acordo com a técnica proposta por SEIFERT & MIRANDA⁹⁶ tendo sido, no entanto, utilizado como adesivo o produto comercial CELOFAS.

As forrageiras anuais de verão foram implantadas sem que o solo fosse novamente revolvido. Simplesmente sulcou-se o solo à profundidade de mais ou menos 10 cm num espaçamento de 20 cm semeando-se manual e continuamente na sucessão 3 o sorgo, e na sucessão 2 o feijão miúdo e sorgo em linhas alternadas.

As adubações nitrogenadas de cobertura foram efetuadas de acordo com as Tabelas 1 e 2 seguindo-se as recomendações propostas por ROLAS⁹⁴.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado um delineamento experimental com parcelas subdivididas arranjadas em blocos ao acaso com 9 tratamentos e 4 repetições (Figura 2). As adubações formaram as parcelas, e as rotações de culturas formaram as subparcelas. Cada subparcela media 18,0 x 4,83 m (87 m²) e cada parcela formada por 3 subparcelas, media 18,0 x 14,5 m (261 m²). A área de cada bloco foi de 783 m² e a área total do experimento foi de 3.132 m². O número total de parcelas foi de 12 e de subparcelas 36.

TABELA 4. ESPÉCIES UTILIZADAS NAS SUCESSÕES DE CULTURAS, DENSIDADES E DATAS DE SEMEADURA, INOCULANTES E ESPAÇAMENTOS UTILIZADOS. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Espécies Nome científico	Nome comum	Cultivar	Data de semeadura	Sucessão de culturas	Dosa- gem uti- lizada kg/ha	Qualidade das das sementes		Tipo de se- meadura Espaçamento	Cobertura inoculante (<i>Rhizobium</i> sp)	
						P%	G%			
1. <i>Paspalum notatum</i> Flag C.V. Saurae	Pensacola	Pensacola	16/05/86		25,0	94,3	10	À Lanço	Rastelo	-
2. <i>Lotus corniculatus</i> L.	Cornichão	São Gabriel	16/05/86	1	6,0	-	74,0	À Lanço	Rastelo	<i>R. lupini</i> (Turfa)*
3. <i>Trifolium repens</i> L.	Trevo branco		16/05/86		2,0	90,4	63,0	À Lanço	Rastelo	<i>R. trifolii</i> (Turfa)*
1. <i>Avena strigosa</i> Sereb.	Aveia preta	Comum	16/05/86		45,0	93,9	97,0	À Lanço	Rastelo	-
2. <i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Azevém anual	Comum	16/05/86		20,0	88,3	66,0	À Lanço	Rastelo	-
3. <i>Vicia sativa</i> L.	Ervilhaca	Comum	16/05/86		30,0	97,0	82,0	À Lanço	Rastelo	<i>R. leguminosarum</i> (Turfa)*
4. <i>Ornithopus sativus</i> Broth	Serradela + Azevém	Comum	16/05/86	2	25,0	50% serra dela+28,0 azevém	44,0 57,0	À Lanço	Rastelo	<i>R. lupini</i> (Nitral)*
5. <i>Trifolium subterraneum</i> L.	Trevo sub- terrâneo	Tricalla	16/05/86		8,0	99,2	90,0	À Lanço	Rastelo	<i>R. trifolii</i> (Turfa)*
6. <i>Sorghum vulgare</i> Pers.	Sorgo for- rageiro	Ag2001	13/12/86		12,5	91,0	98,2	0,2 m	Enxada	-
7. <i>Vigna unguiculata</i> Endl.	Feijão miúdo	-	13/12/86		53,0	96,3	72,2	0,2 m	Enxada	<i>R. sp.</i> (Turfa)*
1. <i>Avena strigosa</i> Sereb.	Aveia pre- ta	Comum	16/05/86		45,0	93,9	97,0	À Lanço	Rastelo	-
2. <i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Azevém anual	Comum	16/05/86	3	20,0	-	-	-	Rastelo	-
3. <i>Secale cereale</i> L.	Centeio	Colonial	16/05/86		60,0	99,7	94,0	À Lanço	Rastelo	-
4. <i>Sorghum vulgare</i> Pers.	Sorgo	AG2001	12/12/86		12,5	91,0	98,2	0,2 m	Enxada	-

Obs.: A pureza e a germinação foram realizadas no laboratório de análise de sementes do SCA da UFPR

Tendo em vista seu baixo valor cultural, a pensacola foi ressemada pela segunda vez em 09/12/86, sendo que nesta ocasião a pureza era de 82,2% a germinação de 28,0% e a dose utilizada de 109 kg/ha.

* Fabricantes dos Inoculantes Utilizados.

3.4 MANEJO DAS CULTURAS E DO SOLO

O enfoque específico do experimento, recuperação de solos e aproveitamento das espécies implantadas como forragem, teve como opção o corte das plantas e a exportação do material orgânico produzido, para fora da área experimental. Desta forma a cada corte efetuado a 2 cm da superfície, o solo ficou exposto à chuva, insolação direta e vento, permanecendo ali praticamente o sistema radicular.

Quanto às adubações de manutenção, utilizou-se as dosagens descritas na Tabela 2 sendo sempre aplicados a lanço na superfície, sem qualquer incorporação. O mesmo procedimento foi adotado nas adubações nitrogenadas de cobertura.

Não houve necessidade de se efetuar capinas, no entanto foi efetuada monda no sentido de eliminar plantas indesejadas como: *Rumex* sp., *Rhapanus* sp., *Cyperus* sp. e *Senecio* sp.

3.5 AVALIAÇÕES EFETUADAS

3.5.1 No Solo

3.5.1.1 Análises físicas

- **Textura** - foram efetuadas análises de textura utilizando-se o método da pipeta proposto pela EMBRAPA³⁵. As amostras foram tomadas na época da instalação do experimento em 03/05/86.

- **Densidade do solo** - foram tomadas amostras às profundidades de 1-4 e 5-8 cm, coletadas em 04, 10 e 24 de julho de 1986. A metodologia utilizada foi a do anel de volume

conhecido (BLAKE⁹). As amostras foram coletadas após o preparo do solo e plantio.

- **Densidade da partícula** - determinada pelo método do balão volumétrico segundo EMBRAPA³⁵. As amostras foram coletadas a 15 cm de profundidade em 29/05/87. Para cada subparcela foram realizadas duas determinações.

- **Estabilidade de agregados em água** - pelo método descrito por KEMPER⁵⁶, expressa pelo diâmetro médio ponderado (DMP) segundo VAN BAVEL¹¹¹ e KEMPER & CHEPIL⁵⁷. Tal metodologia sofreu adaptações às condições de trabalho locais, a nível de laboratório por ANGULO². Para a correção da areia, e dispersão dos agregados remanescentes após o peneiramento foi utilizado o aparelho agitador de ultrassom (SHOELLERSCHAFT CO FRANKFURT KLK 150 20 KHZ) com o tempo de agitação de dois minutos. As amostras para as análises de estabilidade de agregados foram tomadas à profundidade de 0-15 cm. Duas amostragens foram efetuadas, uma em 10/07/86 e a segunda em 29/05/87. Objetivando dar maior representatividade aos dados, na primeira amostragem foram tomadas duas amostras de solo por subparcela e aplicada a estatística sobre as suas médias duas a duas. Na segunda amostragem foi utilizada somente uma amostra por subparcela. Na amostragem inicial as forrageiras apresentavam-se em início de desenvolvimento e no final, as forrageiras de estação quente já haviam sido colhidas.

- **Umidade atual** - determinada em amostras coletadas à profundidade de 0-5 cm em 22 épocas distintas. As datas de amostragem estão arroladas no Apêndice 6. Estas foram efetuadas

simultaneamente à coleta da mesofauna. A metodologia utilizada foi a proposta pela EMBRAPA³⁵.

- Umidade a 0,33 e 15 MPa determinadas segundo EMBRAPA³⁵. Tais amostras foram coletadas à profundidade de 0-15 cm em 03/5/86. Foi utilizado conjunto para pressão de 1 a 15 bar da Soil Moisture Equipment Co. CAT ≠ 1.200 e CAT ≠ 1.500.

3.5.1.2 Análises químicas - Visando caracterizar a área do ponto de vista de teores de micronutrientes totais procedeu-se análise a partir da coleta realizada em 03/05/86 à profundidade de 0-15 cm. Os elementos Fe, Mn, Cu, Zn foram extraídos através de digestão total com ácido fluorídrico + perclórico segundo a metodologia proposta por JACKSON⁵² e determinados por absorção atômica por espectroscopia de acordo com FIALA⁴⁰. Estes elementos foram determinados pelo Laboratório do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Foram coletadas amostras de solo com trado holandês à profundidade de 0-15 cm em diferentes épocas (datas: 1.^a 03/05/86; 2.^a 24/10/86; 3.^a 15/01/87 e 4.^a 29/05/87) com o objetivo de acompanhar a fertilidade do solo e de efetuar as recomendações de adubação para os plantios subsequentes.

Em 29/05/87 também foi efetuada uma amostragem dirigida sobre pontos dentro das parcelas onde haviam plantas bem desenvolvidas e plantas mal desenvolvidas. Procedeu-se a amostragem segundo a profundidade (0-5; 5-10; 10-20 e 20-40cm), a sucessão de cultura (S1, S2 e S3), a adubação (adubação mineral na presença ou ausência de adubação orgânica (lixo ou esterco) e o desenvolvimento da cultura. Procurou-se homoge-

neizar as amostras de modo a transformar quatro repetições em uma só amostra composta. Este procedimento visou a caracterização da área no final do trabalho.

As análises foram efetuadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. O pH foi determinado em solução de CaCl_2 relação 1:2,5 a 0,01 M por potenciometria, o Al^{3+} extraído em KCl 1N na relação 1:10 e titulado com NaOH 0,025 N, o Ca + Mg extraídos com KCl 1N, na relação 1:10 e determinados por complexometria com EDTA 0,0125 M sendo o Ca determinado separadamente (EMBRAPA³⁶).

O Potássio e o Fósforo foram extraídos pelo extrator de Mehlich na relação 1:10 sendo o K determinado por fotometria de chama e o P por colorimetria e o H + Al determinados através da correlação entre o rebaixamento da solução tampoadada e os teores tabelados de H + Al (EMBRAPA).

A matéria orgânica (percentual de Carbono) foi determinada segundo RAIJ & QUAGGIO⁹¹⁻⁹². Desta forma utilizou-se para a oxidação da matéria orgânica solução de Dicromato de Sódio em Ácido Sulfúrico a frio, sendo a determinação efetuada colorimetricamente com o íon crômico oriundo da oxidação cujas leituras são comparadas com teores pré-determinados por WALKLEY & BLACK¹¹⁷.

3.5.1.3 Avaliação biológica - Para avaliar a flutuação populacional de Acari e Collembola foram utilizadas as metodologias de BERLESE⁶ e TULLGREN¹⁰⁸ modificadas. Foram utilizadas para a amostragem funis do tipo BERLESE-TULLGREN (Figura 3) com os quais se coletou o solo da camada superficial, em

FIGURA 3. DESENHO ESQUEMÁTICO DO FUNIL DE BERLESE E MESAS DE EXPOSIÇÃO PARA A EXTRAÇÃO DA MESOFAUNA E FOTOS

torno de aproximadamente 80 cm^3 em locais aleatórios no interior das sub-parcelas. O intervalo médio entre as coletas foi de 14 dias sendo que a cada bateria de amostragem eram efetuadas coletas em 72 pontos, ou seja, 02 amostras por sub-parcela representando cada uma metade da sub-parcela.

Imediatamente após a coleta as amostras dentro dos funis eram embaladas em cartuchos plásticos, visando minizar as perdas de umidade, e dentro de 10 horas foram instaladas em mesas expositoras cuja fonte de calor e luz eram lâmpadas de 40 W (Figura 3) onde permaneciam por 7 dias. Os organismos (Collembola e Acari) foram recolhidos em frascos plásticos contendo solução de álcool 70%, mais água 8%, mais formal 2%, e armazenados até a sua contagem e separação, em vidros de 2,0 ml com tampa de borracha. A separação e contagem foram feitas com o auxílio de microscópio estereoscópico (MICRONAL MODELO SZ-111-BR) de 40 aumentos. Em placas de Petri previamente marcadas, os Acari e Collembola foram separados e contados.

Os dois grupos após a separação e contagem foram transformados em número por metro quadrado, sendo que para a análise estatística estes valores foram transformados para a forma $\sqrt{x + 1}$ (Apêndices 12 e 14). Os resultados do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade apesar de também terem sido obtidos dos valores transformados em $\sqrt{x + 1}$ foram transportados para os quadros de médias de número de Acari e Collembola por metro quadrado (Apêndice 11 e 13).

3.5.2 Fertilizantes orgânicos utilizados

Visando caracterizar quimicamente os fertilizantes orgânicos utilizados (lixo urbano compostado e esterco de curral) foram determinados os teores totais de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, carbono e nitrogênio. Para o carbono foi utilizada a metodologia citada por QUAGGIO & RAIJ⁹¹. Para o nitrogênio total foi utilizada metodologia de KJELDAHL descrito por JACKSON⁵¹ e determinado por colorimetria (P), espectrofotometria de absorção atômica (Ca e Mg) e espectrofotometria de emissão atômica (K). Para tanto foi utilizado o espectrofotômetro de absorção atômica PERKIN-ELMER 403.

As análises dos elementos N, P, K, Ca, Mg foram efetuadas pelo Laboratório de Nutrição de Plantas e do C pelo Laboratório de Fertilidade do Solo ambos do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

3.5.3 Avaliação das plantas

3.5.3.1 Produção de matéria seca total por corte e composição botânica - Todas as espécies das sucessões de culturas foram avaliadas com base em sua produção de matéria seca a 60°C em estufa (FABBE Modelo/71) até peso constante proporcionando cada uma delas 4 cortes no período estudado.

A sucessão 1 (cornichão + trevo branco + pensacola) proporcionou quatro cortes. A sucessão 2 (primeira fase) (aveia + azevém + ervilhaca + serradela + trevo subterrâneo) proporcionou três cortes e a segunda fase (sorgo + feijão miúdo) proporcionou um corte. A sucessão 3, primeira fase

(aveia + azevém + centeio) proporcionou três cortes e a segunda fase (sorgo) proporcionou um corte.

Adicionalmente a cada corte e em cada sub-parcela foi efetuada, a determinação da composição botânica nas sucessões de culturas, sendo esta expressa em percentagem da matéria seca total. A determinação foi efetuada cortando-se dois quadrados de 0,25 m² na bordadura de cada sub-parcela, definidos pela sua representatividade média da sub-parcela. A separação botânica foi feita no momento do corte sendo os componentes secos em estufa a 60°C até peso constante.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os resultados obtidos das análises químicas, físicas e biológicas foram submetidos a cálculos estatísticos. O estudo dos efeitos das adubações (Fator A), das sucessões de culturas (Fator B) e de suas interações (AB) foi efetuado. Para a comparação entre médias foi utilizado o teste de F. Quando houve necessidade de detalhamento na comparação entre médias utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

Tendo em vista a movimentação do solo e sub-solo que as áreas originadas dos processos de mineração são submetidos e ao aspecto que os mesmos apresentam após aquele (DAVIS²⁶; PAONE *et alii*⁸⁷; PETROBRAS⁸⁹), fez-se necessário uma avaliação da homogeneidade da área utilizada na experimentação, uma vez que o aspecto visual (mistura de horizontes com diferentes coloração do solo) apresentou grande desuniformidade na instalação do experimento.

4.1.1 Caracterização física

4.1.1.1 Granulometria - A granulometria determina uma série de características comportamentais do solo em termos físicos, químicos e biológicos. A análise estatística (Apêndice 5) demonstrou que, apesar do processo de mineração a céu aberto que redundou na mistura de horizontes, não houve diferenças significativas pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade entre os Blocos, as parcelas (tipo de adubação) e entre as sub-parcelas (diferentes sucessões de culturas) para os parâmetros:

- a) percentuais da fração argila ($< 0,02$ mm);

- b) percentuais da fração silte ($> 0,002$ mm e $< 0,02$ mm);
- c) percentuais da fração areia ($> 0,02$ mm e < 2 mm);
- d) percentuais de cascalho (> 2 mm e < 20 mm).

Foram encontradas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para o teor percentual de areia (total) entre as interações parcela (adubação) e sub-parcela (sucessão de culturas). O teste de comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade), demonstrou neste caso haver diferença significativa somente quando as sucessões de culturas foram comparadas dentro da adubação 2 (Fator A) como demonstra a Tabela 5.

TABELA 5. MÉDIA DAS PERCENTAGENS DA FRAÇÃO AREIA DA ÁREA EXPERIMENTAL (QUATRO REPETIÇÕES). SÃO MATEUS DO SUL - PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de 1 culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de 2 culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de 3 culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I lixo + mineral	4,9 A	5,3 A	5,5 A	5,2
Adubação II Esterco + mineral	6,9 AB	5,3 B	7,6 A	6,6
Adubação mineral III	5,7 A	6,5 A	5,5 A	5,9
Média	5,8	5,7	6,2	5,9

Comparação entre colunas A > B ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Tal situação demonstra a homogeneidade da área experimental sob este aspecto. Os resultados das médias dos parâmetros analisados (argila, silte, areia e cascalho) poderão ser observados individualmente por tratamento e suas interações na Tabela 6. O solo em questão está classificado texturalmente como argiloso.

TABELA 6. MÉDIAS DAS PERCENTAGENS DE ARGILA, SILTE, AREIA E CASCALHO. SÃO MATEUS DO SUL, PR.
1986

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Argila%	Silte%	Areia%	Cascalho%
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	80,4	13,8	4,9	0,9
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	82,2	11,4	5,3	1,1
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	83,5	9,8	5,5	1,2
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	75,7	13,8	6,9	3,6
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	77,2	16,6	5,3	0,9
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	75,5	14,6	7,6	2,2
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	79,6	12,0	5,7	2,7
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	80,1	12,1	6,5	1,3
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	77,6	15,1	5,5	1,7
Média Global					
1. Lixo + Mineral	-	82,0	11,7	5,2	1,1
2. Esterco + Mineral	-	76,1	15,0	6,6	2,2
3. Adubação mineral	-	79,1	13,1	5,9	1,9
-	Média global				
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	78,6	13,2	5,8	2,4
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	79,8	13,4	5,7	1,1
-	3. Gramíneas anuais	78,9	13,2	6,2	1,7
Média Global		79,1	13,3	5,9	1,7

4.1.1.2 Densidade do solo e de partículas - A densidade do solo, tanto para amostras coletadas de 1 a 4 cm e de 5 a 8 cm de profundidade não apresentaram diferenças significativas pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade para as parcelas, sub-parcelas e blocos onde os tratamentos foram instalados.

O teste de F evidenciou haver diferenças significativas entre as médias das densidades de partículas das parcelas (Fator A - adubação), não indicando diferenças estatísticas ao nível de 5% de probabilidade para os blocos, para as sub-parcelas (Fator B - sucessão de culturas) e interações entre os Fatores A e B. No entanto, o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade não demonstrou diferenças significativas entre as adubações adotadas, como bem demonstra a Tabela 7.

TABELA 7. MÉDIA DAS DENSIDADES DAS PARTÍCULAS OBTIDAS DE AMOSTRA DE SOLO TOMADAS À PROFUNDIDADE DE 0-15 cm EM 29/05/87 EM SÃO MATEUS DO SUL/PR.

Tratamento nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas Anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	2,8	2,7	2,7	2,7 a
Adubação II Esterco + mineral	2,8	2,8	2,8	2,8 a
Adubação mineral III	2,8	2,8	2,8	2,8 a
Média	2,8	2,8	2,8	2,8

Comparação entre linhas a = a ($p < 0,09$) pelo teste de Tukey.

Os resultados da análise estatística (Quadrado médio, teste de F e coeficiente de Variação), procedidos para estes parâmetros estão relacionados no Apêndice 5a. As médias individualizadas por parcela (Fator A - adubação) e sub-parcela (Fator B - sucessão de culturas) poderão ser visualizadas na Tabela 8.

Fica evidenciada assim, que para estes parâmetros também, apesar das operações realizadas em função da mineração a céu aberto como a mistura de horizonte, movimentação do solo, trânsito de equipamentos pesados, e dos próprios processos de preparo do solo da paisagem recomposta com o intuito de incorporar adubos e corretivos não foram detectadas diferenças na densidade do solo e da partícula, caracterizando estatisticamente a uniformidade da área experimental sob este aspecto.

4.1.1.3 Umidade a 1/3 e 15 atmosferas - As médias dos teores percentuais de umidade em ambas as tensões (0,03 e 1,5 MPa) poderão ser observadas nas Tabelas 9 e 10.

O teste de F não detectou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos para os parâmetros considerados. Foi detectada diferença significativa pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade somente entre os blocos quando os teores de umidade a 0,03 MPa (Mega Pascal) foram comparados. Os resultados da análise estatística poderão ser observados no Apêndice 6.

TABELA 8. MÉDIA DAS DENSIDADES DO SOLO E DAS DENSIDADES DAS PARTÍCULAS. SÃO MATEUS DO SUL, PR.

1987

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Densidade do solo		Densidade de partículas
		Profundidade 1 - 4 cm	Profundidade 5 - 8 cm	Profundidade 0 - 15 cm
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	0,89	0,92	2,8
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	0,89	0,93	2,7
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	0,94	0,97	2,7
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	0,99	1,03	2,8
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	0,93	0,97	2,8
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	0,97	1,01	2,8
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	0,94	1,03	2,8
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	0,93	0,90	2,8
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	0,88	0,94	2,8
Média Global				
1. Lixo + Mineral	-	0,91	0,94	2,7
2. Esterco + Mineral	-	0,96	1,00	2,8
3. Adubação mineral	-	0,92	0,96	2,8
-	Média global			
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	0,94	0,99	2,8
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	0,92	0,93	2,8
-	3. Gramíneas anuais	0,93	0,97	2,8
Média Global		0,93	0,97	2,8

TABELA 9. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE DE AMOSTRAS DO SOLO DEFORMADAS SUBMETIDAS A TENSÃO DE 0,03 MPa. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas Anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	40,3	39,4	40,4	40,0
Adubação II Esterco + mineral	40,6	41,4	39,1	40,4
Adubação mineral III	40,7	39,9	39,6	40,1
Média	40,5	40,2	39,7	40,1

TABELA 10. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE DE AMOSTRAS DE SOLO DEFORMADAS SUBMETIDAS A TENSÃO DE 1,5 MPa. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamento nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas Anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	30,8	31,2	31,6	31,2
Adubação II Esterco + mineral	30,8	31,0	30,1	30,6
Adubação mineral III	30,9	32,1	31,9	31,6
Média	30,8	31,4	31,2	31,1

4.1.1.4 Estabilidade de agregados em água - Este fator, expresso pelo diâmetro médio ponderado (DMP) em milímetros, não demonstrou estatisticamente diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F entre os tratamentos implantados, tendo sido no entanto, detectada variação entre os blocos ao nível de 1% de probabilidade.

As médias dos valores do DMP estão descritas na Tabela 11. As análises estatísticas estão apresentadas no Apêndice 7.

TABELA 11. MÉDIAS DOS DIÂMETROS MÉDIOS PONDERADOS DE AGREGADOS (DMP) (1.^a COLETA). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamento nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas Anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	1,41	1,43	1,35	1,40
Adubação II Esterco + mineral	1,34	1,56	1,50	1,47
Adubação mineral III	1,32	1,25	1,45	1,34
Média	1,36	1,41	1,43	1,40

Não foram detectadas pelo teste de F diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos (adubação e sucessão de culturas e interações) para todos os níveis de tamanho de agregados (< 0,25; > 0,25 e < 1; > 1 e < 2; > 2 e < 4; > 4 e < 8). Exceção ocorreu para as interações adubação x sucessão de culturas para a fração > 4 e < 8 mm;

cujas diferenças não foram significativas ao nível de 5% pelo Teste de Tukey (Tabela 12).

TABELA 12. MÉDIAS DAS PERCENTAGENS DE AGREGADOS MAIORES QUE 4 E MENORES QUE 8 mm RESULTANTES DE AMOSTRAS COLETADAS EM 10/07/86 (1.^a COLETA)

Tratamento nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas Anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	6,4 aA	6,9 aA	4,4 aA	5,9
Adubação II Esterco + mineral	6,1 aA	8,7 aA	7,6 aA	7,5
Adubação mineral III	5,2 aA	3,8 aA	7,0 aA	5,4
Média	5,9	6,5	6,3	6,2

Comparação entre linhas: a
Comparação entre colunas: A
($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

Deve-se observar que do total, a maior contribuição é originada da fração de 0,25-1 mm com 28% da massa total de agregados, seguida da fração 1-2 mm com 21,9%, 2-4 mm com 12,8%, < 0,25 mm com 10,9% e 4-8 mm com 6,2% em média. As médias dos valores do DMP e da distribuição percentual em massa de cada fração de agregados da 1.^a coleta poderão ser observadas na Tabela 16.

4.1.2 Caracterização Química

4.1.2.1 Caracterização do nível inicial da fertilidade do solo - A análise de variância demonstrou não existir diferenças significativas entre as parcelas e sub-parcelas por ocasião da instalação do experimento (teste de F ao nível de 5% de probabilidade). Os resultados médios (média global de 36 sub-amostragens) poderão ser observados na Tabela 13, estes referem-se à primeira bateria de análises realizadas após a calagem e antes das adubações e plantio.

TABELA 13. MÉDIA GLOBAL DOS PARÂMETROS INDICATIVOS DA FERTILIDADE QUÍMICA, DETERMINADOS ATRAVÉS DE AMOSTRAS COLETAS EM 03/05/86 (1.^a COLETA). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

pH(CaCl ₂) 0,01 n ²	meg/100 cm ³ de solo				ppm	%	%
	Al ⁺³	H + Al	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	K ⁺	P	C	V
5,0	0,2	1,81	7,5	0,07	1	0,5	80,1

Os resultados da análise estatística estão assinalados no Apêndice 8 e as médias individualizadas por tratamento na Tabela 34.

4.1.2.2 Avaliação dos teores totais de micronutrientes - Foram avaliados os seguintes nutrientes: Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco. Para estes parâmetros não foram detectadas

diferenças significativas para os tratamentos testados pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

As médias dos valores obtidos poderão ser observadas na Tabela 14 e os resultados das análises estatísticas no Apêndice 9.

Para o cobre e ferro foram detectadas pelo teste de F, respectivamente aos níveis de 5% e 1% de probabilidade diferenças significativas entre os blocos.

4.1.3 Uniformidade da área e estágio de degradação

O delineamento estatístico empregado (Blocos ao acaso com parcelas subdivididas), foi eficiente minimizando as variações existentes na área experimental. Estatisticamente ficou também demonstrado, para os parâmetros considerados, não haver diferenças significativas entre as médias das parcelas e sub-parcelas a serem ocupadas respectivamente com os tratamentos, adubação (fator A) e sucessão de culturas (fator B) indicando que quaisquer diferenças no decorrer do trabalho se deveram aos citados tratamentos e, ou suas interações.

Por outro lado, levando-se em conta a caracterização inicialmente efetuada, verifica-se que o solo objeto de estudo apresenta-se com suas propriedades químicas, físicas e biológicas degradadas pois tendo havido mistura de horizontes sem a sua reordenação como cita SUTTON¹⁰², o novo solo como um todo, perdeu suas características iniciais uma vez que cada camada possui propriedades distintas.

A degradação é mais evidente quando se avalia a sua capacidade produtiva, que até o início dos trabalhos experimentais poderia ser considerada nula. Tal evidência levaria

TABELA 14. MÉDIA DOS TEORES TOTAIS DE MICRONUTRIENTES (BORO, COBRE, FERRO, MANGANÊS E ZINCO).

SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Boro (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	0,48	127,0	9,1	313,7	46,0
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	0,56	141,7	9,6	349,5	49,0
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	0,49	138,0	9,7	450,0	46,5
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	0,82	126,0	9,7	638,0	47,0
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	0,28	122,5	9,7	648,0	47,0
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	0,38	122,7	9,7	762,0	46,7
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	0,41	128,0	9,0	447,7	49,0
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	0,51	123,7	9,4	441,7	51,2
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	0,58	118,2	9,3	755,5	51,7
Média Global						
1. Lixo + Mineral	-	0,51	136,4	9,5	376,3	47,3
2. Esterco + Mineral	-	0,49	123,7	9,7	682,7	46,9
3. Adubação mineral	-	0,50	123,3	9,2	548,3	50,7
-	Média global					
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	0,57	127,0	9,3	466,5	47,3
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	0,45	129,3	9,6	479,7	49,1
-	3. Gramíneas anuais	0,48	126,3	9,6	655,8	48,3
Média Global		0,50	127,6	9,5	535,8	48,3

a área em estudo a ser incluída na Etapa 3 de degradação do solo proposta por MIENICZUK & SCHNEIDER⁷⁸, cuja recuperação necessita de investimentos vultuosos.

4.2 EVOLUÇÃO DE ALGUMAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO E DA PRODUTIVIDADE, INDICADORAS DA SUA RECUPERAÇÃO

4.2.1 Parâmetros físicos

4.2.1.1 Estabilidade de agregados em água - Após dez meses e meio da primeira coleta, foram tomadas novas amostras em 29/5/87 (2^a coleta). Nesta ocasião a situação do experimento era bastante distinta da amostragem inicial (10/07/86) (1^a coleta) uma vez que no período entre as amostragens, os tratamentos instalados puderam exercer sua influência sobre o solo.

Para expressar a estabilidade de agregados em água foi utilizado o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) expresso em milímetros. O teste F ao nível de 1% de probabilidade demonstrou haver diferenças significativas para as adubações (fator A), demonstrando também ao nível de 5% de probabilidade haver diferenças entre os Blocos. No entanto, aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade não foi detectada qualquer diferença entre as adubações adotadas (Tabela 15). Os resultados da análise de variância e do teste F podem ser observados no Apêndice 7, e as médias discriminadas por tratamento estão descritas na Tabela 16.

TABELA 15. MÉDIAS DOS DIÂMETROS MÉDIOS PONDERADOS (DMP) (2.^a COLETA). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987.

Tratamento nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas Anuais	Total
Adubação I Lixo + mineral	1,7	1,7	1,7	1,7 a
Adubação II Esterco + mineral	2,2	1,7	1,9	1,9 a
Adubação mineral III	1,7	1,6	1,4	1,6 a
Média	1,9	1,7	1,7	1,7

Para a comparação entre linhas a > b (p < 0,05) pelo teste de Tukey.

TABELA 16. MÉDIAS DOS DIÂMETROS MÉDIOS PONDERADOS (DMP) E DAS PERCENTAGENS DE AGREGADOS POR FRAÇÃO, OBTIDAS DE AMOSTRAS COLETADAS EM DUAS ÉPOCAS DISTINTAS (1.^a COLETA EM 10/07/87 E 2.^a COLETA EM 29/05/87). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	DMP		Diâmetros >4 e <8 mm		Diâmetros >2 e <4 mm		Diâmetros >1 e <2 mm		Diâmetros >0,25 e <1 mm		Diâmetros <0,25 mm	
		1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a
		coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	1,41	1,7	6,4	13,3	12,4	11,4	22,3	20,8	49,4	40,1	9,5	14,4
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	1,43	1,7	6,9	13,4	12,5	11,3	20,8	21,2	51,7	39,5	8,1	14,5
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	1,35	1,7	4,4	12,7	12,4	12,9	26,5	23,6	48,7	32,7	8,0	18,1
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	1,34	2,2	6,1	24,7	12,8	10,6	19,0	11,7	46,2	30,0	15,8	23,0
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	1,56	1,7	3,7	14,9	16,0	12,1	18,8	15,2	44,4	38,1	15,1	19,6
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	1,50	1,9	7,6	16,4	14,1	14,4	22,4	17,0	43,1	33,8	12,7	18,3
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	1,32	1,7	5,2	13,1	11,4	11,2	23,0	20,8	49,5	38,9	10,9	15,9
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	1,25	1,6	3,8	12,2	10,9	9,4	23,3	18,4	53,4	39,3	8,5	20,7
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	1,45	1,4	7,0	9,2	13,0	9,1	21,4	18,1	48,6	47,1	9,9	16,5
Média Global													
1. Lixo + Mineral	-	1,40	1,7	5,9	13,1	12,4	11,9	23,2	21,9	50,0	37,4	8,5	15,7
2. Esterco + Mineral	-	1,47	1,9	7,5	18,7	14,3	12,4	20,1	14,6	43,6	34,0	14,5	20,3
3. Adubação mineral	-	1,34	1,6	5,4	11,5	11,8	9,9	22,6	19,1	50,5	41,8	9,8	17,7
-	Média global												
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	1,36	1,9	5,9	17,0	12,2	11,1	21,4	17,8	48,4	36,3	12,1	17,8
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	1,41	1,7	6,5	13,5	13,1	10,9	21,0	18,3	48,8	39,0	10,6	18,3
-	3. Gramíneas anuais	1,43	1,7	6,3	12,8	13,2	12,1	23,4	19,6	46,8	37,9	10,2	17,6
Média Global		1,40	1,7	6,2	14,4	12,8	11,4	21,9	18,6	48,0	37,7	10,9	17,9

Para o DMP, o tratamento sucessões de culturas (Fator B) bem como para as interações entre o fator A e B, estatisticamente não foram detectadas diferenças significativas pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade (Apêndice 7).

Por outro lado, para se ter uma melhor idéia da composição da amostra após esta ter sido submetida ao processo de desagregação pode-se analisar a Tabela 16. Observa-se que, nesta segunda amostragem a fração de agregados de diâmetro $> 0,25$ e < 1 mm contribuiu com a maior parte, em termos percentuais em massa, da amostra analisada, ou seja com 37,7%, seguida pelas frações > 1 e < 2 mm (18,6%), $< 0,25$ mm (17,9%), > 4 e < 8 mm (14,4%) e > 2 e < 4 mm (11,4%). A representação gráfica da distribuição percentual das frações pode ser observada na Figura 4.

Para as frações de agregados classificadas de acordo com o seu diâmetro médio e expressas pela sua distribuição percentual, o teste F nesta amostragem detectou haver diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade para as classes de agregados > 4 e < 8 mm e > 1 e < 2 mm para o tratamento adubação (fator A) e blocos. O teste F ao nível de 5% de probabilidade indicou a presença de diferenças significativas, somente na fração $> 0,25$ e < 1 mm para o tratamento adubação (fator A), para a interação entre os fatores A e B e para os blocos (Apêndice 7). No entanto o teste de Tukey evidenciou diferenças ao nível de 5% de probabilidade somente quando diferentes adubações foram empregadas e exclusivamente para as frações > 4 e < 8 mm e > 1 e < 2 mm, não demonstrando qualquer diferença para as demais situações em foco, como bem demonstram as Tabelas 17, 18 e 19.

FIGURA 4. COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS GLOBAIS DOS DIÂMETROS MÉDIOS PONDERADOS (DMP) E DAS FRAÇÕES DE TAMANHO DE AGREGADOS, DISTRIBUÍDAS PERCENTUALMENTE (g/100 g) DE DUAS ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM (1.^a COLETA EM 10/07/86 E 2.^a ÉPOCA 29/05/87). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

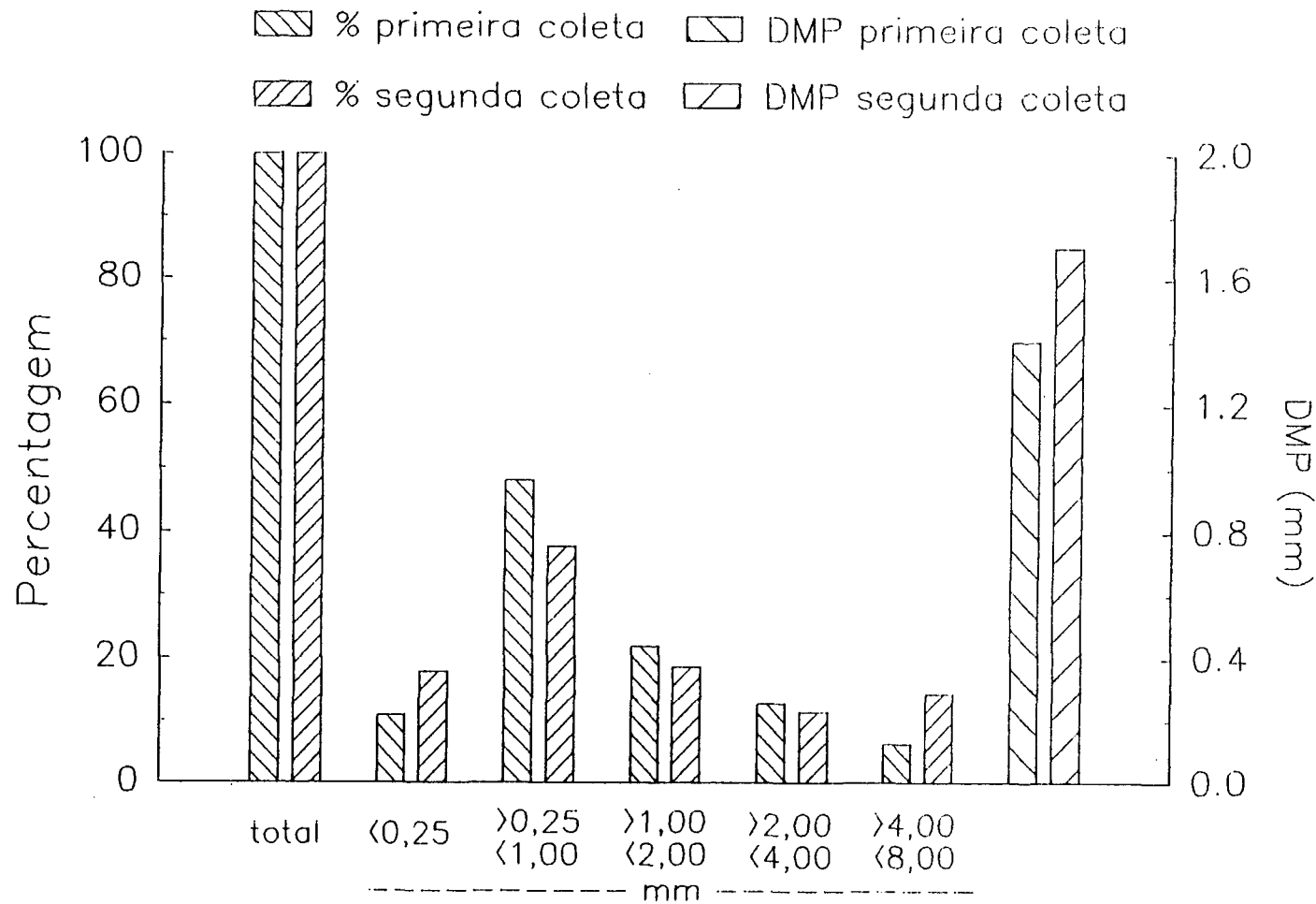


TABELA 17. MÉDIAS DAS PERCENTAGENS DE AGREGADOS MAIORES QUE 0,25 E MENORES QUE 1 mm (2ª COLETA). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas Anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	40,1 aA	39,5 aA	32,7 aA	37,4 a
Adubação II Esterco + mineral	30,0 aA	38,1 aA	33,8 aA	34,0 a
Adubação mineral III	38,0 aA	39,3 aA	47,1 aA	41,8 a
Média	36,3	39,0	37,9	37,7

Comparação entre linhas a > b (p < 0,05) pelo teste de Tukey
Comparação entre colunas A

TABELA 18. MÉDIAS DAS PERCENTAGENS DE AGREGADOS MAIORES QUE 1 E MENORES QUE 2 mm (2ª COLETA). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamento nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas Anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	20,8	21,2	23,6	21,9 a
Adubação II Esterco + mineral	11,7	15,2	17,0	14,6 b
Adubação mineral III	20,8	18,4	18,1	19,1 ab
Média	17,8	18,3	19,6	18,6

Comparação entre linhas a > b (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 19. MÉDIAS DAS PERCENTAGENS DE AGREGADOS MAIORES QUE 4 E MENORES QUE 8 mm (2.^a COLETA). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamento nas sub-parcelas	Sucessão de 1 culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de 2 culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de 3 culturas Gramíneas Anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	13,3	13,4	12,7	13,1 b
Adubação II Esterco + mineral	24,7	14,9	16,4	18,7 a
Adubação mineral III	13,1	12,2	9,2	11,5 b
Média	17,0	13,5	12,8	14,4

Comparação entre linhas a > b (p < 0,05) pelo teste de Tukey

Observa-se em relação ao tempo pela Figura 4 e Tabela 16, ter ocorrido uma tendência ao aumento das frações $< 0,25$ mm e > 4 e < 8 mm ocorrendo a diminuição no decorrer do período entre a 1.^a e 2.^a coleta nos valores percentuais das demais frações ($> 0,25$ e $< 1,0$; $> 1,0$ e $< 2,0$; $> 2,0$ e $< 4,0$). A tendência diferencial mais evidente é a proporcionada pela fração > 4 e < 8 mm, resultado este semelhante aos obtidos por NUERNBERG *et alii*⁸³ que verificaram para as sucessões de culturas: 1) milho + feijão miúdo/aveia + ervilhaca/milho/aveia + trevo vermelho e 2) milho/tremoço-branco/milho/aveia + trevo branco + pensacola; após 2,6 anos, um aumento na agregação das partículas de solo, principalmente em agregados entre 4,76 e 9,0 mm de diâmetro. Tal fato foi explicado pelos mesmos autores devido talvez à maior capacidade das plantas forrageiras cultivadas no último ano em produzir volume de raízes de pequeno diâmetro que geraram verdadeira rede que manteve mais estáveis em água os agregados de maior diâmetro.

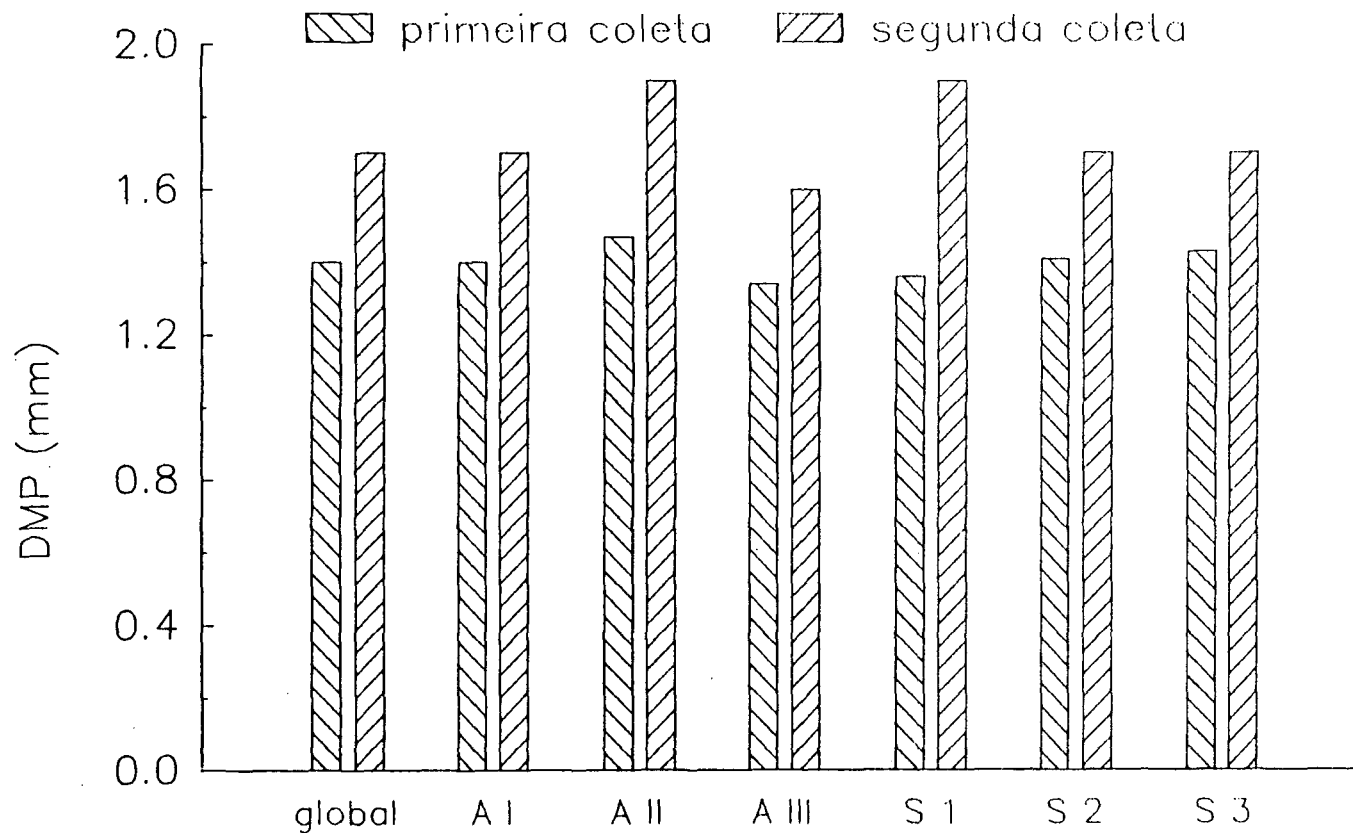
Note-se que também para a fração > 4 e < 8 mm quando da comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, ficou demonstrada a superioridade da adubação II (esterco + fertilizante mineral), em proporcionar melhor agregação (Tabela 19) motivada possivelmente por um maior estímulo ao sistema radicular das espécies submetidas a este tratamento. Uma visão global em relação aos tratamentos (diferentes adubações) que maior influência exerceram sobre a estabilidade de agregados poderá ser obtida através da Figura 5.

Pela Figuras 4 e 5 e Tabela 16 nota-se que, com relação ao parâmetro DMP, houve da primeira para a segunda amostragem uma tendência à evolução na média global do experimento, passando esta de 1,4 para 1,7 mm, o mesmo ocorrendo na média dos tratamentos Adubação e sucessão de culturas. Tal indício, vem ao encontro das afirmações de D'AGOSTINI e DALLA ROSA citados por NUERNBERG *et alii*⁸³ que afirmam ser as espécies como o milho + feijão miúdo, e a aveia + ervilhaca possíveis promotoras de melhorias das características físicas dos solos como a estabilidade de agregados, em curtos períodos de tempo (um ano).

Complementarmente, deve-se levar em conta que, na segunda determinação, apesar de não ter sido detectada diferença entre os diâmetros médios ponderados (DMP) das sucessões de culturas, aquelas compostas basicamente por leguminosas poderão possuir quando incorporadas um efeito mais efêmero sobre a estabilidade de agregados do solo que aquelas compostas por gramíneas como relata BROWING¹⁶.

NEAL citado por GUERRA⁴⁵, afirma que a adição de matéria orgânica promovida pela vegetação melhora a agregação do solo sendo que de acordo com NEWBOULD⁸¹ um dos promotores deste fato é a presença de hifas, micélios, polissacarídeos e poliuronídeos que atuam na formação de agregados estáveis em água. No entanto, levando-se em conta a evolução dos teores de carbono do solo (Figura 16 e Tabela 34) verifica-se que este não teve incremento significativo que justificasse a tendência de aumento na agregação. Isto indica uma possível influência de outros fatores como os citados por BAVER *et alii*⁴ como por exemplo a pressão mecânica exercida pelas

FIGURA 5. COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DOS DIÂMETROS MÉDIOS PONDERADOS (DMP) DAS ADUBAÇÕES I, II E III, DAS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3, DE DUAS AMOSTRAGENS (1.^a COLETA EM 10/07/86 E 2.^a COLETA EM 29/05/87). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



raízes, a desidratação do solo nas proximidades do sistema radicular e pela secreção de substâncias efetuada por este. Aliado a isso está o fato de terem ocorrido possíveis aumentos nos teores de substâncias orgânicas, cujos teores foram imperceptíveis ao método utilizado na sua determinação química.

4.2.1.2 Umidade atual - Este parâmetro foi analisado objetivando avaliar sua influência sobre a mesofauna do solo (Acari e Collembola). As médias da umidade atual por tratamento, suas interações e média global podem ser observadas na Tabela 20. O intervalo médio entre as coletas foi de 14 dias como pode ser notado na referida tabela, o que proporcionou a avaliação do efeito do manejo das culturas implantadas (cortes e adubação) sobre a umidade do solo e esta sobre a flutuação populacional da mesofauna.

4.2.1.2.1 A umidade atual e a influência exercida pelas sucessões de culturas (fator B) - Para a maioria das épocas estudadas não foram detectadas diferenças estatísticas significativas (Apêndice 6) entre a umidade do solo sob os tratamentos implantados e suas interações. Em relação ao fator B (Sucessões de Culturas), o teste F ao nível de 1% de probabilidade demonstrou haver diferenças significativas entre os tipos de sucessão para as épocas 2, 4, 5 e 7 e de 5% de probabilidade para as épocas 6, 10 e 16. Destas, o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade demonstrou haver diferenças significativas somente para as épocas 4, 5, 7 (Tabelas 22, 23 e 25), para as épocas restantes (2, 6, 10 e 16) o Teste

TABELA 20. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE DO SOLO (g/100 g) À TENSÃO DE 0,03 MPa E 1,5 MPa E DE UMIDADE ATUAL DO SOLO EM 22 ÉPOCAS NO PERÍODO DE 04/07/86 A 29/05/87. SÃO MATÉUS DO SUL, PR, 1987

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Capacidade de retenção de umidade		Umidade Atual												
		1/3 atm	15 atm	Época 1	Época 2	Época 3	Época 4	Época 5	Época 6	Época 7	Época 8	Época 9	Época 10	Época 11	Época 12	Época 13
				04/07/86	10/07/86	24/07/86	19/08/86	03/05/86	24/09/86	08/10/86	24/10/86	12/11/86	27/11/86	06/12/86	22/12/86	06/01/87
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	40,3	30,8	-	27,7	27,3	25,3	25,0	35,2	25,0	33,9	41,0	35,5	39,4	43,0	30,2
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	39,4	31,2	-	29,7	29,5	27,2	27,0	34,3	24,8	32,2	39,7	36,7	38,4	45,3	28,9
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	40,4	31,6	-	32,9	32,3	25,0	25,7	32,8	24,7	31,3	38,0	36,2	36,5	40,7	31,2
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	40,6	30,8	-	27,4	28,8	21,7	20,9	33,8	25,8	31,9	39,2	35,7	40,2	39,7	28,7
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	41,4	31,0	-	29,7	30,0	39,0	38,8	43,6	38,5	43,8	48,2	39,5	43,9	59,2	39,0
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	39,1	30,1	-	29,7	29,1	32,1	32,5	38,5	27,7	35,5	41,7	39,0	40,0	46,3	30,4
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	40,7	30,9	26,3	29,8	27,8	22,7	22,6	30,8	24,0	29,5	35,1	36,7	36,9	39,8	28,3
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	39,9	32,1	29,2	31,6	30,0	27,1	27,2	34,6	26,0	29,3	36,1	37,0	36,5	39,6	30,7
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	39,6	31,9	27,7	31,7	30,3	33,4	33,1	37,5	27,7	31,8	38,5	37,4	38,2	43,4	31,1
Média Global																
1. Lixo + Mineral	-	40,0	31,2	-	30,1	29,7	25,8	25,9	34,1	24,9	32,5	39,6	36,1	38,1	43,0	30,1
2. Esterco + Mineral	-	40,4	30,6	-	28,9	29,3	30,9	30,7	38,6	30,7	37,1	43,0	38,0	41,3	47,4	32,9
3. Adubação mineral	-	40,1	31,6	27,7	30,9	29,4	27,7	27,6	34,3	25,9	30,2	36,6	37,0	37,2	40,9	30,0
-	Média global															
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	40,5	30,8	-	28,3	28,0	23,2	22,8	33,3	24,9	31,8	38,4	36,0	38,8	40,8	29,1
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	40,2	31,4	-	30,3	29,8	31,1	31,0	37,5	29,8	35,1	41,3	37,7	39,6	48,0	32,9
-	3. Gramíneas anuais	39,7	31,2	-	31,4	30,6	30,2	30,4	36,3	26,7	32,9	39,4	37,5	38,2	43,5	30,9
Média Global		40,1	31,1	27,7	30,0	29,5	28,1	28,1	35,7	27,1	33,3	39,7	37,1	38,9	43,7	31,0

Continua

TABELA 20. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE DO SOLO (g/100 g) À TENSÃO DE 0,03 MPa E 1,5 MPa E DE UMIDADE ATUAL DO SOLO EM 22 ÉPOCAS NO PERÍODO DE 04/07/87 A 29/05/87. SÃO MATEUS DO SUL, PR, 1987. (Continuação)

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Época 14	Época 15	Época 16	Época 17	Época 18	Época 19	Época 20	Época 21	Época 22
		20/01/87	03/02/87	17/02/87	10/03/87	22/03/87	09/04/87	22/04/87	06/05/87	29/05/87
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	35,1	39,4	35,4	24,4	21,1	25,9	37,6	-	37,8
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	33,7	39,9	35,8	21,7	22,7	33,3	36,8	-	35,3
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	31,3	38,0	34,8	24,0	20,3	28,6	35,6	-	34,4
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	34,6	39,2	34,0	22,8	21,0	23,9	33,6	49,5	34,6
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	43,3	44,0	41,6	24,6	21,4	28,6	41,0	44,2	44,5
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	35,3	41,7	38,8	23,6	21,8	28,7	38,0	-	38,2
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	29,5	36,8	33,5	22,4	21,2	25,7	33,7	-	33,6
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	29,9	37,7	34,1	22,4	20,8	27,4	36,5	41,3	33,3
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	32,4	39,6	35,3	20,7	21,0	26,8	35,9	-	35,9
Média Global										
1. Lixo + Mineral	-	33,4	39,1	35,4	23,4	21,4	29,3	36,7	-	35,8
2. Esterco + Mineral	-	37,7	41,7	38,2	23,7	21,4	27,1	37,5	46,8	39,1
3. Adubação mineral	-	30,6	38,0	34,3	21,8	21,0	26,6	35,4	41,3	34,3
-	Média global									
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	33,1	38,5	34,3	23,2	21,1	25,2	35,0	49,5	35,3
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	35,6	40,5	37,2	22,9	21,6	29,8	38,1	42,7	37,7
-	3. Gramíneas anuais	33,0	39,8	36,3	22,8	21,0	28,0	36,5	-	36,2
Média Global		33,9	39,6	36,0	23,0	21,3	27,7	36,5	45,0	36,4

de Tukey ao nível de 5% de probabilidade não demonstrou diferenças significativas (Tabelas 21, 24, 28 e 32).

Nota-se uma superioridade nos valores de umidade atual obtidos das sucessões de culturas 2 (Gramíneas + Leguminosas anuais) e 3 (Gramíneas anuais) sobre a sucessão 1 (Gramíneas + Leguminosas perenes), principalmente na fase inicial de implantação do experimento (épocas 4, 5 e 7) como demonstra a Figura 6 e as Tabelas 22, 23 e 25, provavelmente devido a capacidade de desenvolvimento mais acelerado das espécies anuais em relação às perenes. Tal constatação é concordante com DENARDIN²⁷, o qual afirma que a cobertura vegetal reduz as perdas de água por evaporação e eleva a retenção de água no solo.

Observa-se uma certa tendência da umidade sob as sucessões 2 e 3 ser superior à da sucessão 1, e da sucessão 2 ser superior à da sucessão 3 (Figura 6).

A Figura 6 mostra a variação do teor médio de umidade no tempo para cada uma das três sucessões de culturas, e do estado da água (0,03 e 1,5 MPa) à profundidade de 0-5 cm em cada uma das épocas analisadas. Note-se que das 21 épocas avaliadas e graficamente representadas, em 10 a umidade na profundidade considerada manteve-se abaixo do "ponto de murcha permanente" (1,5 MPa), sendo que em duas ocasiões a umidade do solo esteve acima de sua "capacidade de campo", sendo que nas nove épocas restantes a umidade do solo esteve dentro dos limites de "disponibilidade de água".

As Figuras 7, 8 e 9 dão uma idéia da variação da umidade atual a 5 cm de profundidade em relação ao desenvolvimento das culturas, respectivamente Sucessão 1, 2 e 3.

FIGURA 6. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE DO SOLO (g/100 g) RETIDA À TENSÃO DE 0,03 MPa E 1,5 MPa E DE UMIDADE ATUAL DO SOLO EM 21 ÉPOCAS NO PERÍODO DE 01/05/86 A 31/05/87. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

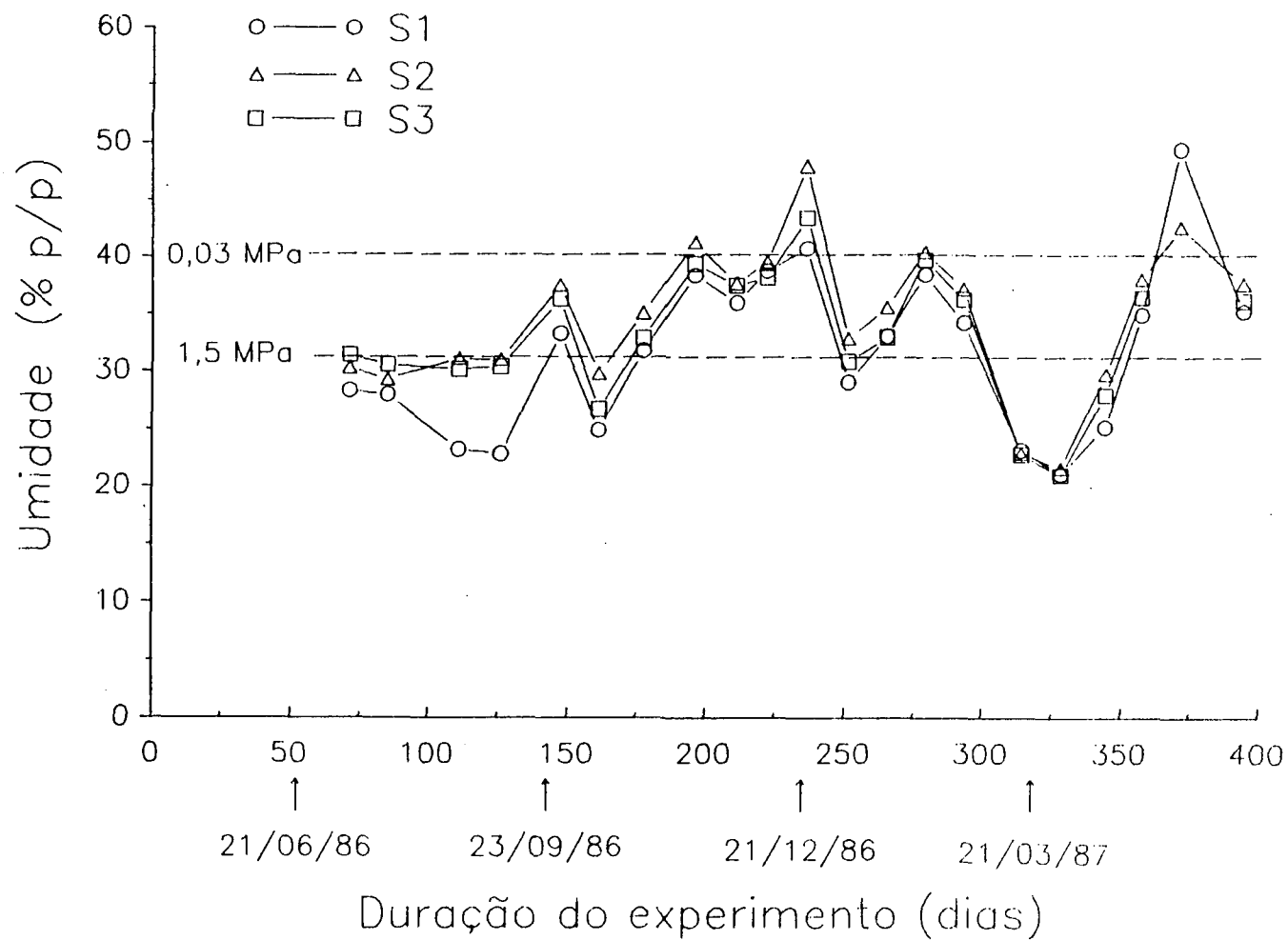


FIGURA 7. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA NO PERÍODO DE 01/05/86 A 31/05/87 DA SUCESSÃO DE CULTURAS 1. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

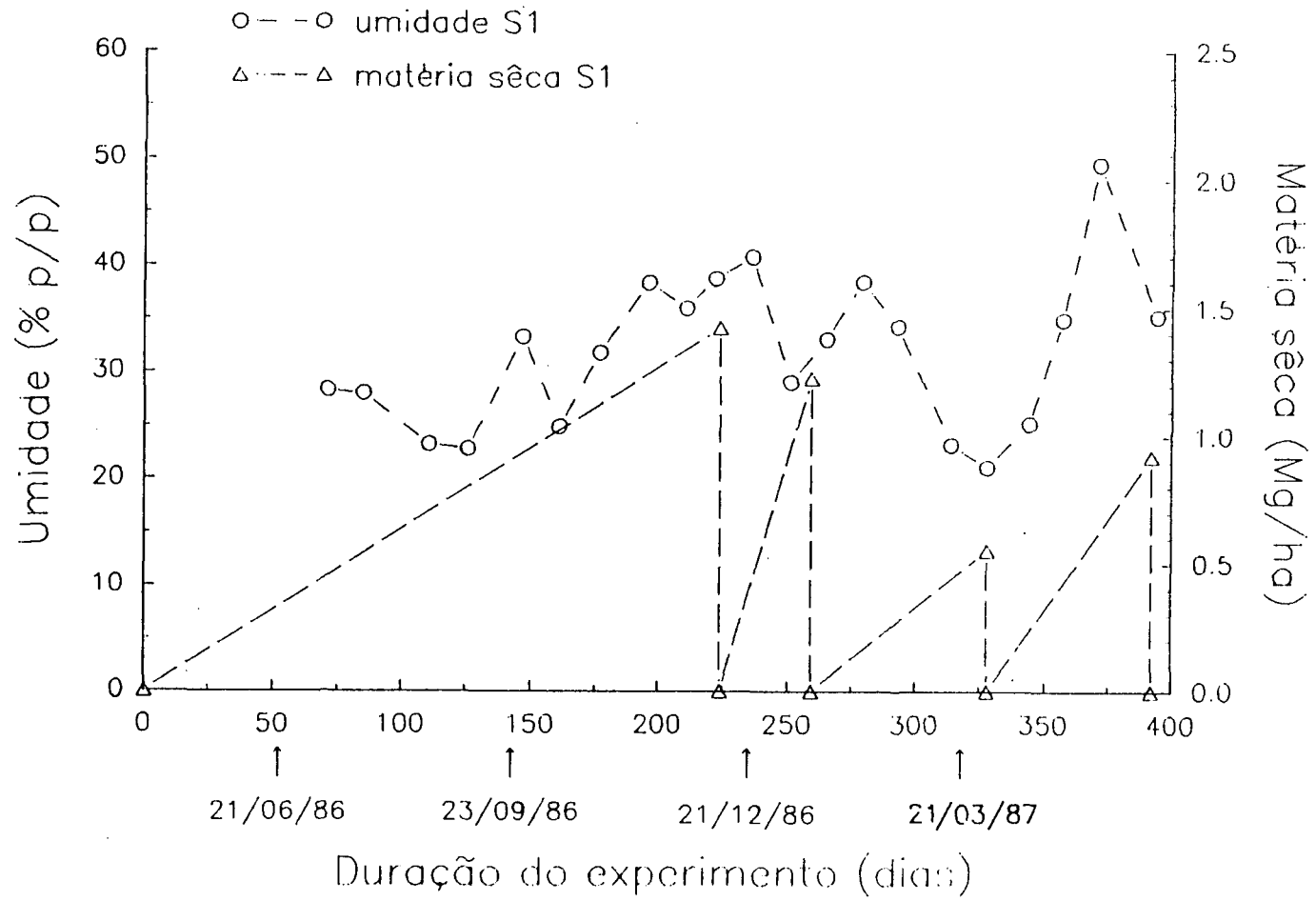


FIGURA 8. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA NO PERÍODO DE 01/05/86 A 31/05/87 DA SUCESSÃO DE CULTURAS 2. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

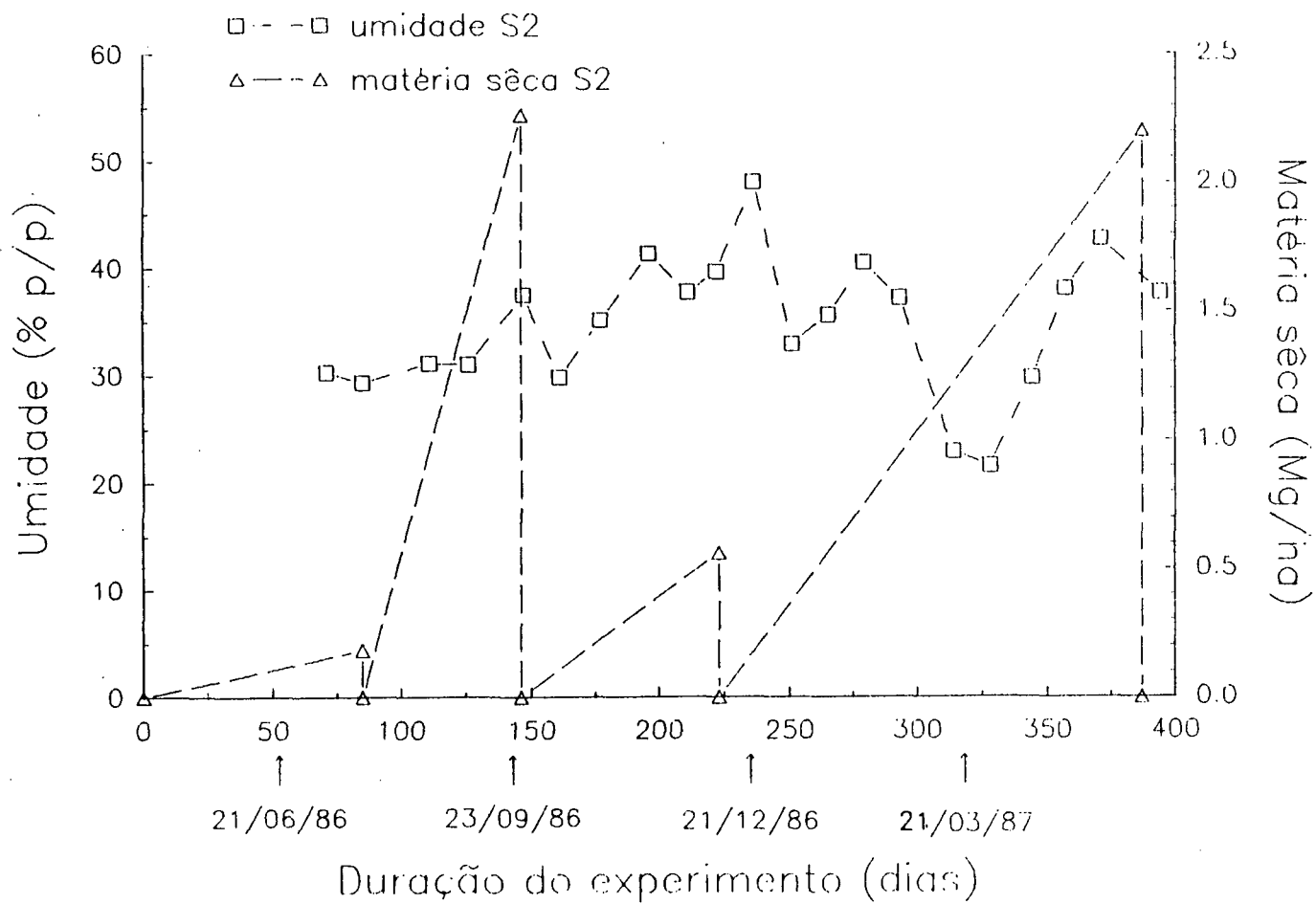
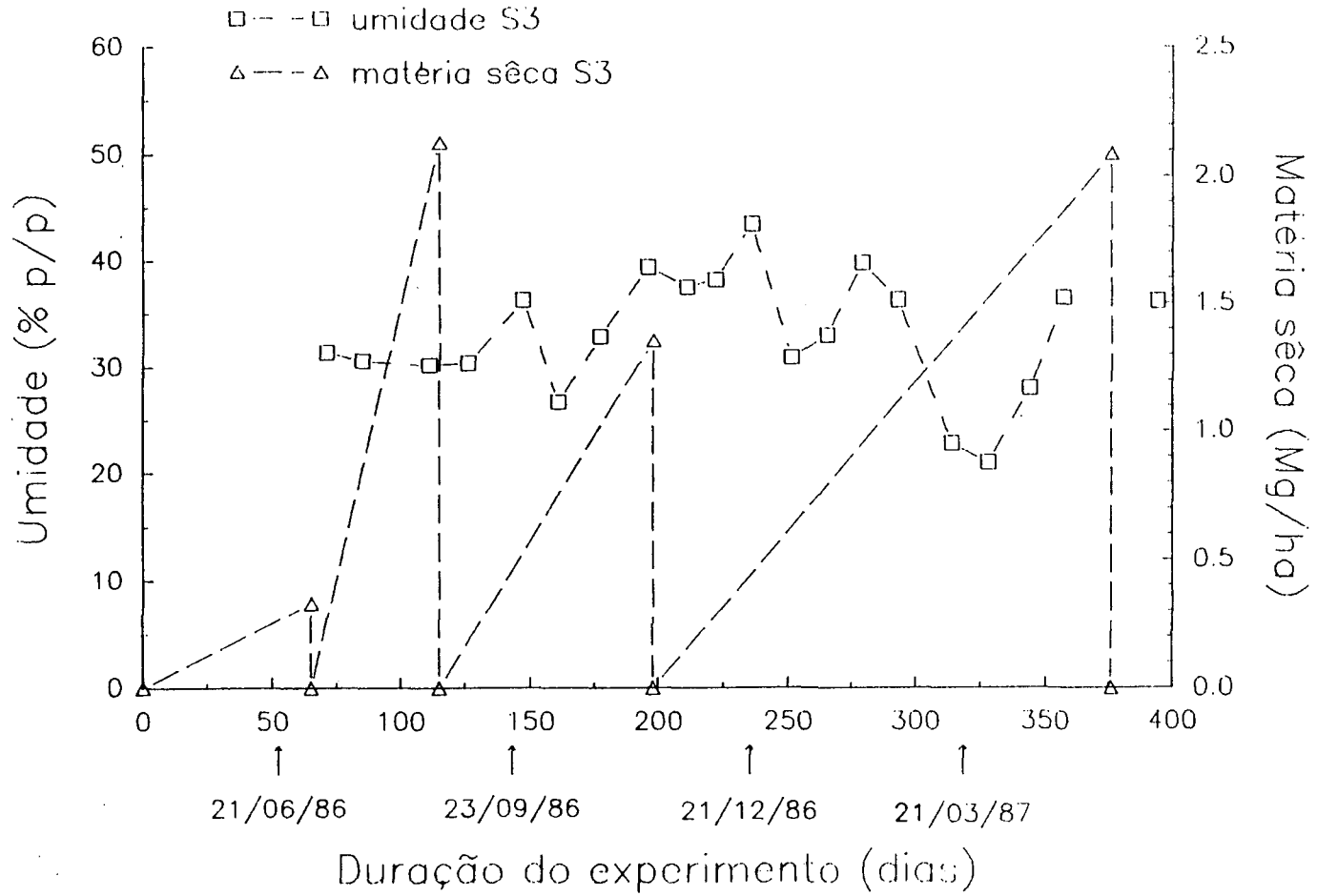


FIGURA 9. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 20 ÉPOCAS E DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA NO PERÍODO DE 01/05/86 A 31/05/87 DA SUCESSÃO DE CULTURAS 3. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



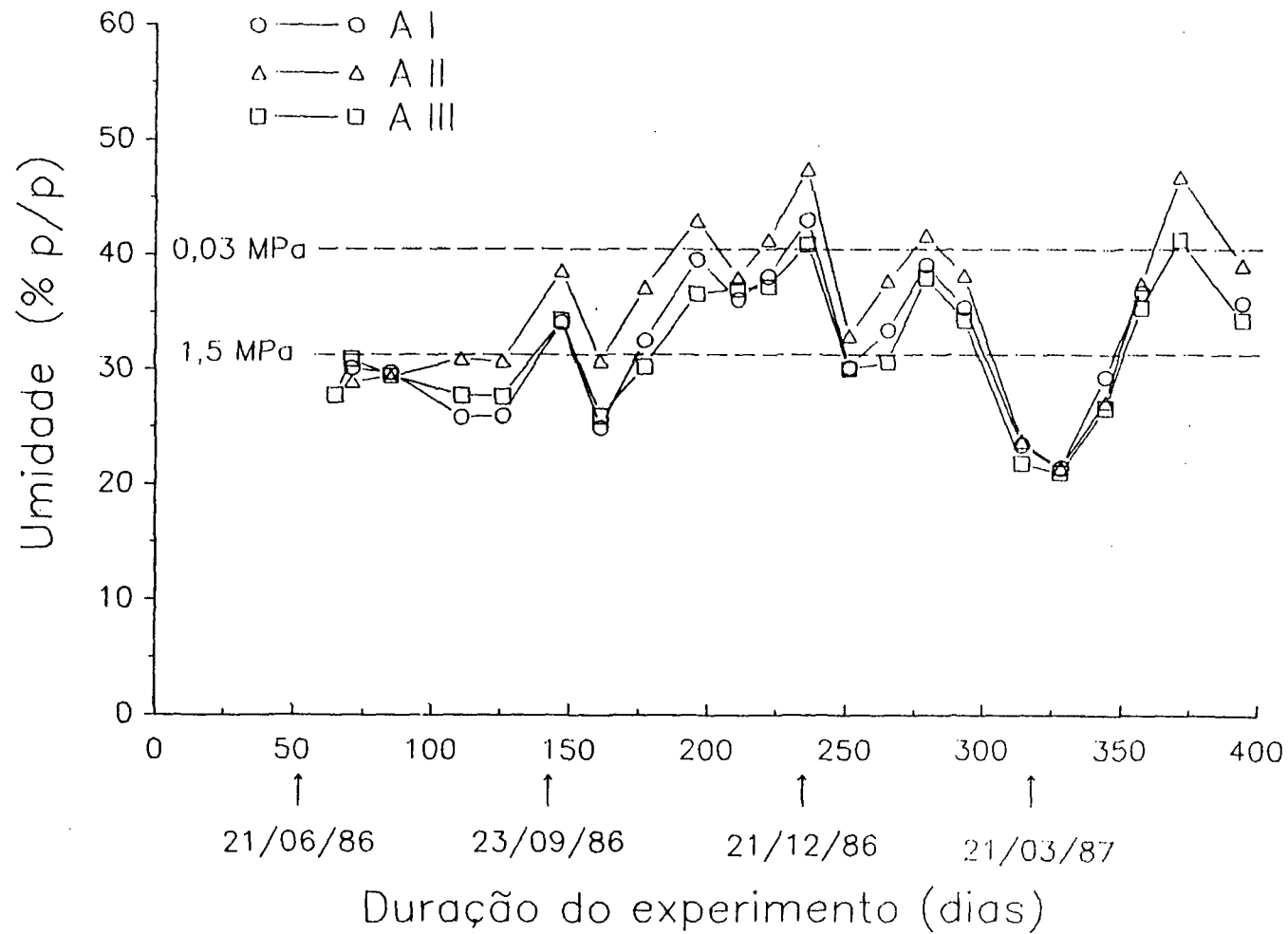
4.2.1.2.2 A umidade atual e a influência exercida pelas adubações (Fator A) - o teste F ao nível de 1% de probabilidade demonstrou haver diferenças significativas entre as adubações adotadas somente para as épocas 7, 9 e 11 e ao nível de 5% de probabilidade para as épocas 6, 8, 12, 14 e 22 (Apêndice 6). No entanto, quando da comparação de médias entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade foi observada diferença significativa somente para a época 9 (Tabela 27) sendo as duas adubações organo-minerais superiores à adubação mineral exclusiva. Os resultados dos testes de comparação de médias poderão ser observadas nas Tabelas 24 a 27, 29, 30, 31 e 32.

Estes resultados são concordantes com as afirmações de FORSYTHE⁴¹ e NEWBOULD⁸¹, de que a matéria orgânica tem a propriedade de elevar a capacidade de retenção de umidade do solo, sendo que a incorporação de esterco de animais e outros materiais orgânicos promove um incremento desta característica (GUTAY *et alii*; HAFEZ; WEIL & KROONTJEE, citados por NUERNBERG⁸³).

Em complementação às considerações acima deve-se observar as Tabelas 40 e 41, Apêndice 8 e a Figura 16, as quais dão indícios da superioridade em termos de teores de carbono das adubações organo-minerais (I e II) sobre a adubação mineral exclusiva (Adubação I).

Uma tendência à superioridade é traduzida pelas médias da umidade atual da adubação II (esterco bovino + adubo mineral) em relação às outras duas adubações (lixo composto + adubo mineral) e III (adubo animal exclusivo), que pode ser melhor visualizada na Figura 10.

FIGURA 10. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE DO SOLO (g/100 g) RETIDA À TENSÃO DE 0,03 MPa E 1,5 MPa E DE UMIDADE ATUAL DO SOLO EM 22 ÉPOCAS NO PERÍODO DE 01/05/86 A 31/05/87, SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



A Figura 10 mostra também que o teor de umidade do solo à profundidade de 0-5 cm manteve-se abaixo ou muito próximo ao "ponto de murcha permanente" (1,5 MPa) em praticamente 11 ocasiões demonstrando claramente situações de déficit hídrico e acima da "capacidade de campo" (0,03 MPa) em duas ocasiões. Nas oito épocas restantes o solo manteve à profundidade considerada, umidade dentro de níveis disponíveis.

Para as épocas 3, 4 e 5 não foram efetuadas análises estatísticas (ANOVA) devido à perda de dados.

4.2.1 2.3 A umidade atual e a influência exercida sobre esta pelas interações entre o fator A (adubação) e fator B (sucessão de culturas) - O teste F ao nível de 1% de probabilidade detectou diferenças estatísticas significativas nas épocas de amostragem 7 e 22 e ao nível de 5% de probabilidade nas épocas 8, 9 e 16.

No entanto o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade demonstrou para o fator B (sucessão de culturas) dentro do fator A (Adubação), haver superioridade ora na interação entre a sucessão de culturas 2 e a adubação II sobre a interação Sucessão 3 e Adubação II, e sobre a interação Sucessão 1 e Adubação II; ora serem maiores a interação Sucessão 2 e Adubação II e a interação Sucessão 3 e Adubação II sobre a interação Sucessão I e Adubação II.

Para as demais interações não houve diferenças estatísticas significativas como demonstram as Tabelas 25, 26, 27, 32 e 33.

Quando testada a interação fator A (adubação) em B (sucessões de culturas) nota-se uma superioridade das interações Adubação II Sucessão de culturas 2 sobre as interações Adubação I Sucessão 2 e Adubação III Sucessão 2 (Tabela 25), e uma superioridade das interações $A_{II}S_2$ e $A_II S_2$ sobre a $A_{III}S_2$ (Tabelas 26 e 33) sendo que para as demais interações não houve diferenças estatísticas significativas (Tabelas 25, 26, 27, 32 e 33). Tais resultados confirmam as afirmações efetuadas no item 4.2.1.2.2 que indicam ter as adubações orgânicas maior capacidade de retenção de umidade.

Para as épocas 3, 4 e 5 não foram efetuadas análises de variância, devido à perda de dados.

TABELA 21. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO
(g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 10/07/86 (ÉPO-
CA 2). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	27,7	29,7	32,9	30,1
Adubação II Esterco + mineral	27,4	29,7	29,7	28,9
Adubação mineral III	29,8	31,6	31,7	30,9
Média	28,3 A	30,3 A	31,4 A	30,0

Comparação entre colunas: A ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

TABELA 22. MÉDIA DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO
(g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 19/08/86 (ÉPO-
CA 4). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986.

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	25,3	27,2	25,0	25,8
Adubação II Esterco + mineral	21,7	39,0	32,1	30,9
Adubação mineral III	22,7	27,1	33,4	27,7
Média	23,2 B	31,1 A	30,2 AB	28,1

Comparação entre colunas: A > B ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

TABELA 23. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO
(g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 03/09/86 (ÉPO-
CA 5). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	25,0	27,0	25,7	25,9
Adubação II Esterco + mineral	20,9	38,8	32,5	30,7
Adubação mineral III	22,6	27,2	33,1	27,6
Média	22,8 B	31,0 A	30,4 A	28,1

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 24. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO
(g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 24/09/86 (ÉPO-
CA 6). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	35,2	34,3	32,8	34,1 a
Adubação II Esterco + mineral	33,8	43,6	38,5	38,6 a
Adubação mineral III	30,8	34,6	37,5	34,3 a
Média	33,3 A	37,5 A	36,3 A	35,7

Comparação entre linhas: a

Comparação entre colunas: A (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 25. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO
(g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 08/10/86 (ÉPO-
CA 7). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	25,0 aA	24,8 bA	24,7 aA	24,9 a
Adubação II Esterco + mineral	25,8 aB	38,5 aA	27,7 aB	30,7 a
Adubação mineral III	24,0 aA	26,0 bA	27,7 aA	25,9 a
Média	24,9 B	29,8 A	26,7 AB	27,1

Comparação entre linhas: a > b

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 26. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO
(g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 24/10/86 (ÉPO-
CA 8). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	33,9 aA	32,2 abA	31,3 aA	32,5 a
Adubação II Esterco + mineral	31,9 aB	43,8 aA	35,5 aA	37,1 a
Adubação mineral III	29,5 aA	39,3 bA	31,8 aA	30,2 a
Média	31,8	35,1	32,9	33,3

Comparação entre linhas: a > b

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 27. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO
(g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 12/11/86 (ÉPO-
CA 9). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	41,0 aA	39,7 aA	38,0 aA	39,6 ab
Adubação II Esterco + mineral	39,2 aA	48,2 aA	41,7 aA	43,0 a
Adubação mineral III	35,1 aA	36,1 aA	38,5 aA	36,6 b
Média	38,4	41,3	39,4	39,7

Comparação entre linhas: a > b

Comparação entre colunas: A (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 28. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO
(g/100 g) DE AMOSTRAS COLETAS EM 27/11/86 (ÉPO-
CA 10). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	35,5	36,7	36,2	36,1
Adubação II Esterco + mineral	35,7	39,5	39,0	38,0
Adubação mineral III	36,7	37,0	37,4	37,0
Média	36,0 A	37,7 A	37,5 A	37,1

Comparação entre colunas: A (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 29. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO
(g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 08/12/86 (ÉPO-
CA 11). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Tratamento nas parcelas				
Adubação I Lixo + mineral	39,4	38,4	36,5	38,1 a
Adubação II Esterco + mineral	40,2	43,9	40,0	41,3 a
Adubação mineral III	36,9	36,5	38,2	37,2 a
Média	38,8	39,6	38,2	38,9

Comparação entre linhas: a (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 30. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO
(g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 22/12/86 (ÉPO-
CA 12). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Tratamento nas parcelas				
Adubação I Lixo + mineral	43,0	45,3	40,7	43,0 a
Adubação II Esterco + mineral	39,7	59,2	46,3	47,4 a
Adubação mineral III	39,8	39,6	43,4	40,9 a
Média	40,8	48,0	43,5	43,7

Comparação entre linhas: a (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 31. MÉDIA DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO
(g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 20/01/87 (ÉPO-
CA 14). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	35,1	33,7	31,3	33,4 a
Adubação II Esterco + mineral	34,6	43,3	35,3	37,7 a
Adubação mineral III	29,5	29,9	32,4	30,6 a
Média	33,1	35,6	33,0	33,9

Comparação entre linhas: a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

TABELA 32. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO
(g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 17/02/87 (ÉPO-
CA 16). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	35,4 aA	35,8 aA	34,8 aA	35,4
Adubação II Esterco + mineral	34,0 aB	41,6 aA	38,8 aAB	38,1
Adubação mineral III	33,5 aA	34,1 aA	35,3 aA	34,3
Média	34,3 A	37,2 A	36,3 A	36,0

Comparação entre linhas: a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.
Comparação entre colunas: A > B

TABELA 33. MÉDIAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) DE AMOSTRAS COLETADAS EM 29/05/87 (ÉPOCA 22). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	
Tratamento nas parcelas				
Adubação I				
Lixo + mineral	37,8 aA	35,3 abA	34,4 aA	35,8 a
Adubação II				
Esterco + mineral	34,6 aB	44,5 aA	38,2 aAB	39,1 a
Adubação mineral III	33,6 aA	33,3 bA	35,9 aA	34,3 a
Média	35,3	37,7	36,2	36,4

Comparação entre linhas: a > b

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

4.2.2 Parâmetros Químicos

4.2.2.1 Fertilidade Química do Solo - Após a coleta de caracterização da área experimental em 03/05/86 (1.^a coleta) foram realizadas mais três amostragens (2.^a; 24/10/86; 3.^a; 15/01/87 e 4.^a; 29/05/87) as quais subsidiaram as adubações subsequentes e demonstram a evolução do solo do ponto de vista químico, cujas médias globais, por tratamento e suas interações estão descritas na Tabela 34.

Os resultados das análises estatísticas (ANOVA, teste F e coeficiente de variação) poderão ser observados no Apêndice 8.

Os resultados dos testes de comparação de médias dos parâmetros analisados, pH em CaCl_2 , Alumínio, Cálcio mais Magnésio, Cálcio, Magnésio, Potássio e Hidrogênio mais Alumínio trocáveis, Fósforo extraível, Carbono e Saturação de Bases, estão descritos nos sub-ítem a seguir. Não se levou em consideração as épocas anteriores à calagem.

4.2.2.1.1 pH em CaCl_2 - Embora o teste F ao nível de 5% de probabilidade tenha evidenciado diferenças estatísticas entre as adubações somente na 4.^a coleta (Apêndice 8), o teste de Tukey a 5% não detectou qualquer diferença entre os tratamentos (Tabela 35) para este parâmetro mesmo nesta época.

A Figura 11 demonstra uma tendência à elevação do pH até a 3.^a época de amostragem e em seguida um ligeiro decréscimo.

TABELA 34. MÉDIAS DOS TEORES DE pH(CaCl₂), Al, Ca + Mg, Ca, Mg, P, K, C, H + Al e V% OBTIDOS DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS DE 0-15 cm DE PROFUNDIDADE EM 4 ÉPOCAS (1^a 03/05/86; 2^a 24/10/86; 3^a 15/01/87; 4^a 29/05/87)

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	pH (CaCl ₂)				Al ³⁺ (me/100 cm ³)				Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (me/100 cm ³)				Ca ²⁺ (me/100 cm ³)				Mg ²⁺ (me/100 cm ³)			
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
		coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	5,2	5,8	6,2	6,0	0,1	0,00	0,0	0,0	8,0	8,00	8,7	10,0	-	4,12	4,9	5,1	-	3,87	3,7	4,9
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	4,9	6,2	6,3	6,0	0,1	0,00	0,0	0,0	7,1	8,77	9,4	10,5	-	4,75	5,4	5,5	-	4,02	4,0	5,0
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	5,3	6,0	6,2	5,8	0,0	0,00	0,0	0,0	8,2	8,49	9,3	9,8	-	4,52	5,1	5,0	-	3,96	4,2	4,7
2. Esterco + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	4,8	6,1	5,8	5,6	0,5	0,00	0,1	0,2	6,5	8,37	8,2	9,2	-	4,72	4,3	4,6	-	3,65	3,9	4,6
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	5,2	5,5	5,9	5,7	0,1	0,09	0,0	0,0	7,3	6,79	7,9	9,3	-	3,20	4,1	4,6	-	3,59	3,8	4,7
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	5,0	5,7	5,9	5,3	0,1	0,17	0,0	0,2	7,0	8,04	8,4	8,6	-	4,06	4,4	4,1	-	3,97	4,0	4,5
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	4,8	5,8	6,1	5,8	0,1	0,00	0,0	0,0	8,1	8,67	8,9	10,0	-	4,36	4,8	5,0	-	4,31	4,1	5,0
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	5,0	6,0	6,2	5,8	0,3	0,00	0,0	0,0	7,3	8,67	9,2	9,7	-	4,54	5,1	5,0	-	4,14	4,1	4,7
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	5,1	5,9	6,3	5,9	0,1	0,00	0,0	0,0	7,8	8,31	9,3	9,9	-	4,36	4,9	5,0	-	3,95	4,4	4,9
Média Global																					
1. Lixo + Mineral	-	5,1	6,0	6,2	5,9	0,2	0,00	0,0	0,0	7,8	8,42	9,1	10,1	-	4,47	5,1	5,2	-	3,95	4,0	4,9
2. Esterco + Mineral	-	5,0	5,8	5,9	5,5	0,3	0,09	0,1	0,1	6,9	7,73	8,2	9,0	-	3,99	4,3	4,4	-	3,74	3,9	4,6
3. Adubação mineral	-	5,0	5,9	6,2	5,8	0,1	0,00	0,0	0,0	7,7	8,55	9,1	9,9	-	4,42	4,9	5,0	-	4,13	4,2	4,9
-	Média global																				
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	4,9	5,9	6,0	5,8	0,2	0,00	0,0	0,0	7,5	8,35	8,6	9,7	-	4,40	4,7	4,9	-	3,94	3,9	4,8
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	5,0	5,9	6,1	5,8	0,2	0,03	0,0	0,0	7,2	8,08	8,8	9,8	-	4,16	4,9	5,0	-	3,92	4,0	4,8
-	3. Gramíneas anuais	5,1	5,9	6,1	5,7	0,1	0,06	0,0	0,0	7,7	8,28	9,0	9,4	-	4,31	4,8	4,7	-	3,96	4,2	4,7
Média Global		5,0	5,9	6,1	5,8	0,2	0,03	0,0	0,0	7,5	8,24	8,8	9,7	-	4,29	4,8	4,9	-	3,94	4,0	4,8

Continua

TABELA 34. MÉDIAS DOS TEORES DE pH (CaCl_2), Al, Ca + Mg, Ca, Mg, P, K, C, H + Al e V% OBTIDOS DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS DE 0-15 cm DE PROFUNDIDADE EM 4 ÉPOCAS (1^a 03/05/86; 2^a 24/10/86; 3^a 15/01/87; 4^a 29/05/87) (Continuação)

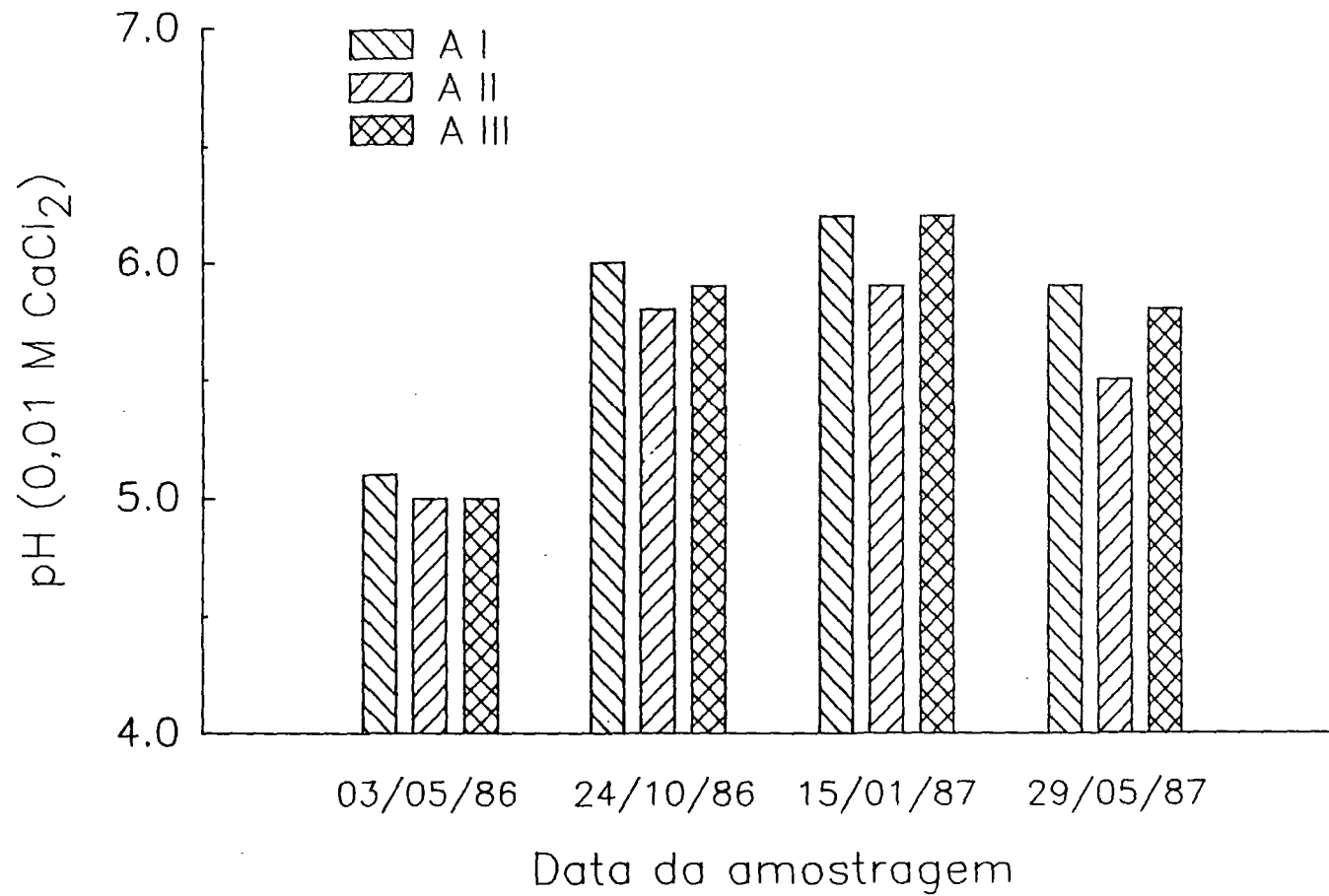
Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	P (ppm)				K (me/100 cm ³)				Zn				(H ⁺ + Al ³⁺) (me/100 cm ³)				V%			
		1 ^a coleta	2 ^a coleta	3 ^a coleta	4 ^a coleta	1 ^a coleta	2 ^a coleta	3 ^a coleta	4 ^a coleta	1 ^a coleta	2 ^a coleta	3 ^a coleta	4 ^a coleta	1 ^a coleta	2 ^a coleta	3 ^a coleta	4 ^a coleta	1 ^a coleta	2 ^a coleta	3 ^a coleta	4 ^a coleta
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	1	6	3	3	0,07	0,19	0,17	0,23	0,4	0,57	0,6	0,6	1,63	2,51	2,3	2,7	83,0	76,3	78,8	79,2
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	1	6	5	5	0,05	0,21	0,17	0,23	0,5	0,64	0,6	0,6	1,96	2,35	2,4	2,7	78,2	79,2	79,5	79,9
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	1	9	5	4	0,06	0,21	0,18	0,21	0,4	0,68	0,6	0,5	1,67	2,47	2,6	2,9	82,6	77,7	78,2	77,5
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	1	6	3	3	0,08	0,25	0,20	0,24	0,5	0,62	0,6	0,7	2,05	2,41	2,6	3,1	75,1	78,1	76,2	74,6
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	1	3	2	3	0,10	0,16	0,16	0,21	0,6	0,74	0,6	0,7	1,65	2,80	2,7	3,3	81,3	70,8	74,4	74,2
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	1	8	3	2	0,08	0,15	0,16	0,20	0,5	0,77	0,7	0,7	1,76	2,79	2,6	3,6	79,6	74,3	76,2	71,0
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	1	3	3	3	0,08	0,17	0,17	0,22	0,4	0,62	0,6	0,6	1,85	2,67	2,6	2,8	81,5	76,6	78,0	78,3
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	1	7	3	3	0,06	0,26	0,16	0,21	0,4	0,51	0,5	0,5	1,89	2,50	2,4	2,7	77,2	78,1	79,3	78,6
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	1	4	4	2	0,07	0,15	0,15	0,18	0,5	0,74	0,5	0,5	1,87	2,59	2,3	2,8	80,7	76,4	80,0	78,0
Média Global																					
1. Lixo + Mineral	-	1	7	4	4	0,06	0,21	0,17	0,23	0,4	0,63	0,6	0,6	1,75	2,44	2,5	2,7	81,3	77,8	78,9	78,9
2. Esterco + Mineral	-	1	6	3	3	0,09	0,18	0,17	0,22	0,5	0,71	0,7	0,7	1,82	2,67	2,7	3,3	78,7	74,4	75,6	73,3
3. Adubação mineral	-	1	5	3	3	0,07	0,19	0,16	0,20	0,4	0,62	0,5	0,5	1,87	2,59	2,4	2,8	80,5	77,0	79,1	78,3
-	Média global																				
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	1	5	3	3	0,08	0,20	0,18	0,23	0,4	0,60	0,6	0,6	1,84	2,53	2,5	2,9	79,9	77,0	77,7	77,4
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	1	5	3	4	0,07	0,21	0,16	0,22	0,5	0,63	0,6	0,6	1,83	2,55	2,5	2,9	79,6	76,0	77,7	77,6
-	3. Gramíneas anuais	1	7	4	3	0,07	0,17	0,16	0,20	0,5	0,73	0,6	0,6	1,77	2,62	2,5	3,1	81,0	76,1	78,1	75,5
Média Global		1	6	3	3	0,07	0,19	0,17	0,22	0,5	0,65	0,6	0,6	1,81	2,57	2,5	2,9	80,1	76,4	77,9	76,8

TABELA 35. MÉDIAS DOS VALORES DE pH (CaCl_2) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 29/05/87
(4.^a COLETA). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamento nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação Lixo + mineral	6,0	6,0	5,8	5,9 a
Adubação Esterco + mineral	5,6	5,7	5,3	5,5 a
Adubação mineral	5,8	5,8	5,9	5,8 a
Média	5,8	5,8	5,7	5,8

Comparação entre as linhas: a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

FIGURA 11. MÉDIAS DOS VALORES DE pH DO SOLO SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



4.2.2.1.2 Alumínio Trocável - Em qualquer das épocas consideradas não houve diferenças significativas, tanto para as adubações, quanto para as sucessões de culturas, interações destes fatores e blocos. Os resultados da análise estatística (ANOVA, CV e teste F) poderão ser observados no Apêndice 8. As médias deste parâmetro discriminadas por tratamento estão apresentadas na Tabela 34.

O nível de alumínio manteve-se muito baixo em todas as situações após a instalação do experimento. Graficamente este parâmetro está representado na Figura 12.

Ressalte-se que aqui o período de análise enfocado para este parâmetro compreende as épocas de amostragem após a calagem da área experimental. Antes daquela operação o nível de alumínio demonstrara-se bem superior, variando de 1,5 a 4,3 me% (Apêndice 2), aos da 1.^a amostragem (Tabela 34) cuja média global situou-se ao redor de 0,2 me%.

4.2.2.1.3 Cálcio mais Magnésio - Para este parâmetro o teste F ao nível de 5% de probabilidade não detectou qualquer diferença estatística para os tratamentos estabelecidos, suas interações e blocos. As médias individualizadas por tratamento interação e global estão descritas na Tabela 34. Os resultados da análise de variância (Quadrado médio), o teste F e os coeficientes de variação estão no Apêndice 8.

A tendência para estes parâmetros está graficamente representada na Figura 13. Nota-se ali uma acentuada tendência ao aumento dos teores disponíveis. O nível dos teores de Ca + Mg de acordo com ROLAS⁹⁴ manteve-se alto desde a primeira amostragem.

FIGURA 12. MÉDIAS GLOBAIS DOS TEORES DE ALUMÍNIO DO SOLO DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM.
SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

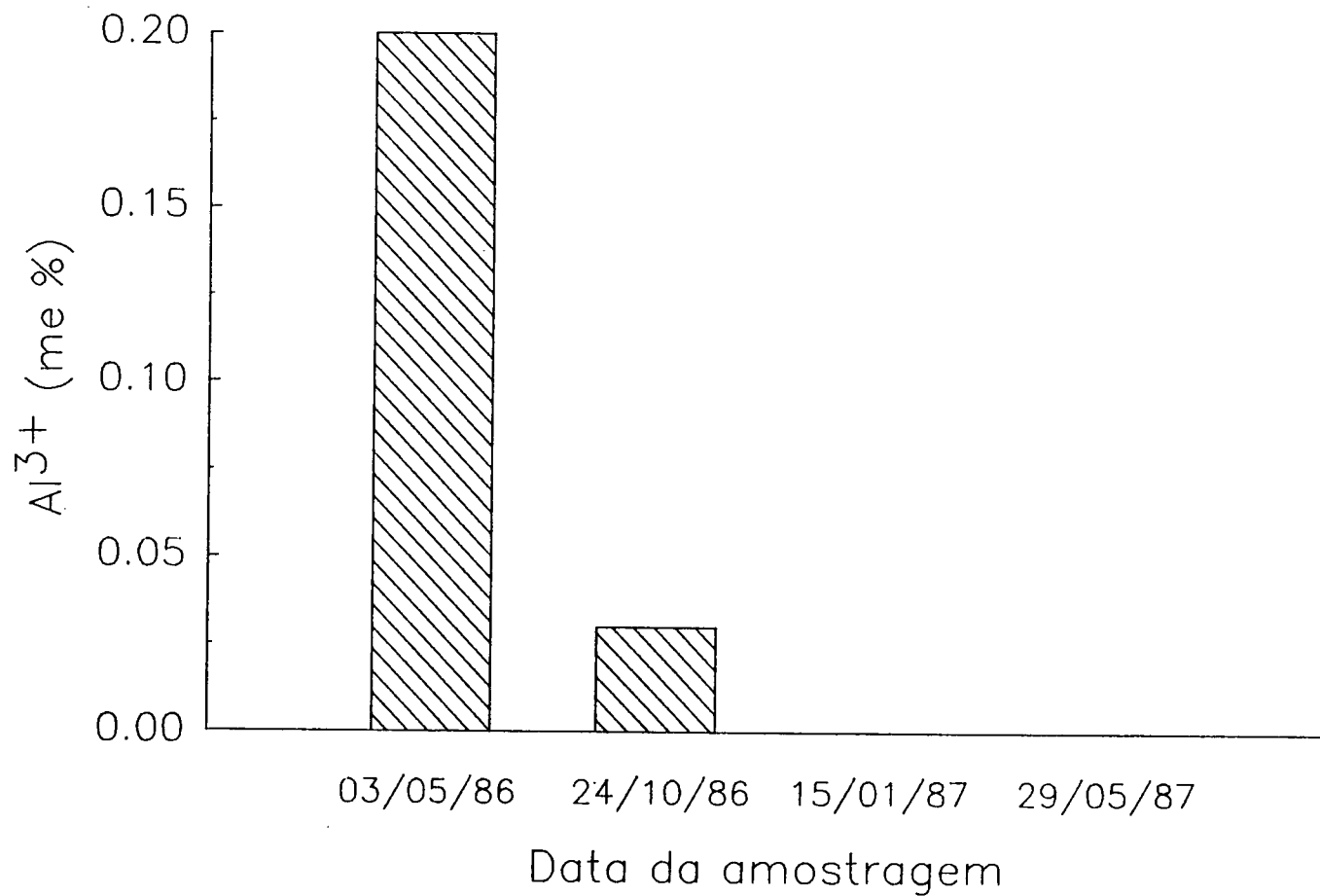
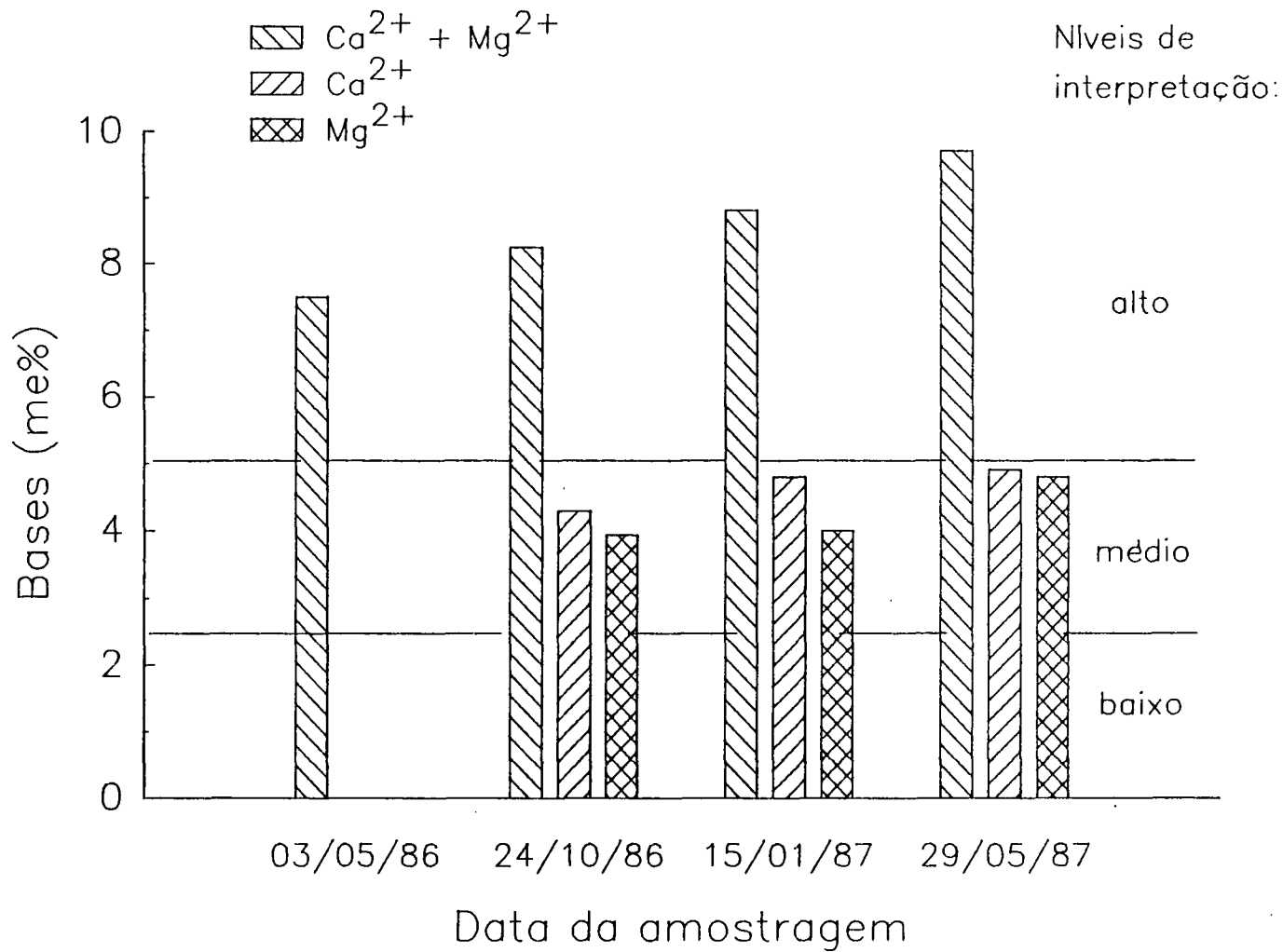


FIGURA 13. MÉDIAS GLOBAIS DOS TEORES DE CÁLCIO MAIS MAGNÉSIO, E DE CÁLCIO E DE MAGNÉSIO DO SOLO, DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



No entanto deve-se ressaltar que antes da calagem ter sido efetuada, o nível de Ca + Mg do solo em quatro amostragens ia de 0,6 a 0,9 me/100 cm³, considerado baixo. Já na primeira amostragem efetuada após a calagem, este nível em termos globais elevou-se para 7,5 me% (alto).

4.2.2.1.4 Cálcio - O teste F ao nível de 1% de probabilidade detectou diferenças significativas na segunda amostragem de solo, quando as interações adubação sucessão de culturas foram avaliadas. As demais épocas bem como os demais tratamentos não demonstraram diferenças estatísticas aos níveis de 1 e 5% de probabilidade para os tratamentos, suas interações e blocos.

Por outro lado, o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade demonstrou (Tabela 36) para o fator A (adubações) em B (sucessões de culturas) não haver diferenças significativas para todas as suas interações, e para o fator B (sucessões de culturas) em A (adubações) notou-se uma pequena superioridade das interações Adubação III Sucessão de culturas 1 e Adubação II Sucessão 3 sobre a Adubação II Sucessão 2, não tendo sido detectadas quaisquer diferenças para os demais casos. Para a primeira época de amostragem os teores de Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ não foram analisados separadamente.

A tendência global, com relação aos teores extraíveis de Cálcio em relação ao tempo, pode ser observada na Figura 13.

TABELA 36. MÉDIAS DOS TEORES DE CÁLCIO (me/100 cm³) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 24/10/86
(2^a COLETA). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamento nas subparcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	4,12 aA	4,75 aA	4,52 aA	4,47
Adubação II Esterco + mineral	4,72 aA	3,20 aB	4,06 aAB	3,99
Adubação mineral III	4,36 aA	4,54 aA	4,36 aA	4,42
Média	4,40	4,16	4,31	4,29

Comparação entre as linhas: a

Comparação entre as colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

4.2.2.1.5 Magnésio - O teste de F ao nível de 5% de probabilidade demonstrou não haver diferenças significativas entre os tratamentos, suas interações e blocos. As médias individualizadas por tratamento, de suas interações, e global estão relacionadas na Tabela 34. Os resultados da análise de variância estão relacionadas no Apêndice 8.

Os resultados dos teores extraíveis de Magnésio estão graficamente representados pela Figura 13. Para a primeira época de amostragem (03/05/86) não foram analisados separadamente os teores de Ca e Mg.

4.2.2.1.6 Fósforo - O teste de F ao nível de 1% de probabilidade demonstrou haver diferenças significativas entre as sucessões de culturas (Fator B) e suas interações nos resultados dos teores de P extraíveis da 4.^a amostragem de solo. Para as demais épocas, tratamentos e interações o teste de F ao nível de 5% de probabilidade não evidenciou quaisquer diferenças. Os resultados da análise de variância, do teste F e do coeficiente de variação estão descritos no Apêndice 8. As médias discriminadas por tratamento, suas interações e média global podem ser observadas na Tabela 34.

O teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade aplicado aos teores de P extraível na 4.^a amostragem de solo para fins de fertilidade estão relacionadas na Tabela 37. O teste demonstrou nesta ocasião serem os níveis de P maiores para a sucessão de culturas 2 (gramíneas mais leguminosas anuais) que para as sucessões 1 (gramíneas mais leguminosas perenes) e sucessão 3 (gramíneas anuais).

TABELA 37. MÉDIAS DOS TEORES DE (P) (ppm) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 29/05/87 (4.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamento nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	3 aB	5 aA	4 aAB	4
Adubação II Esterco + mineral	3 aA	3 aA	2 aA	3
Adubação mineral III	3 aA	3 aA	2 aA	3
Média	3 B	4 A	3 B	3

Comparação entre as linhas: a

Comparação entre as colunas: A > B (p < 0,05), pelo teste de Tukey

A Tabela 37 mostra também que quando o fator A (adubações) foi comparado em B (sucessões de culturas) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, não houve diferenças estatísticas significativas. No entanto, comparando-se o fator B (sucessões de culturas) em A (adubações), detectou-se nesta amostragem que as interações Adubação I Sucessão 2, Adubação I Sucessão 3 e Adubação I Sucessão 1 formam um gradiente descendente nesta ordem. Deve-se observar, no entanto, que de acordo com ROLAS⁹⁴ tais resultados podem ser todos interpretados como pertencentes ao nível baixo de fósforo no solo.

Paralelamente, observando-se os dados demonstrados no Apêndice 4, onde está caracterizada a fertilidade química dos sítios (reboleiras de aproximadamente 1 m²) infere-se que

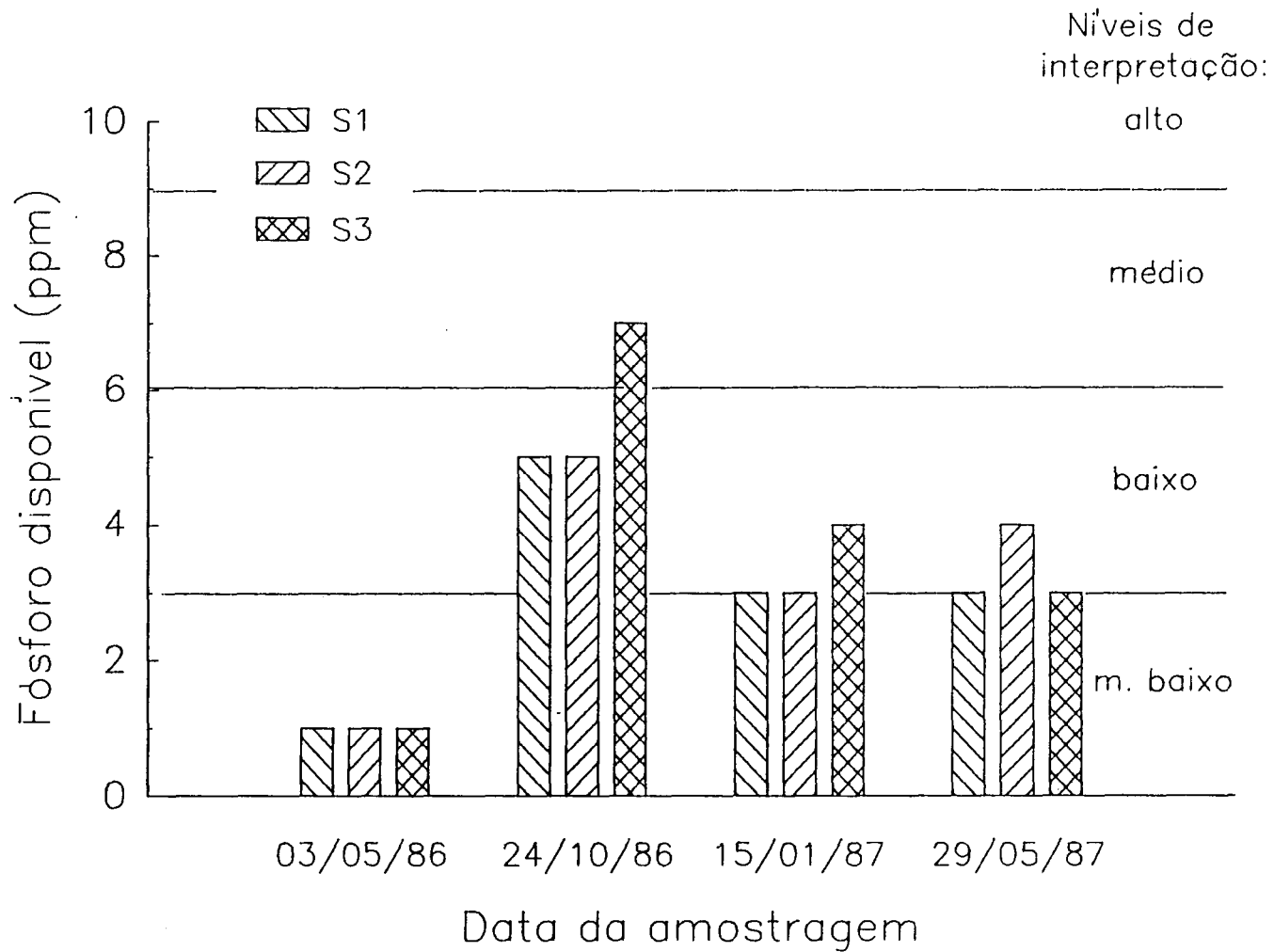
um dos parâmetros que limitou a produtividade dos solos foi o seu nível baixo de fósforo.

Com relação à evolução deste elemento no solo em relação ao tempo, a Figura 14 mostra a sua tendência ascendente no início das amostragens 1 para 2, descendente da 2.^a para a 3.^a amostragem, tendendo à estabilidade da 3.^a para a 4.^a amostragem. Tal comportamento é explicado pelo fato de ter sido efetuada adubação a lanço com adubo fosfatado entre a 1.^a e 2.^a coleta (Tabela 5) o qual foi incorporado com grade a 10 cm de profundidade e adubação a lanço na superfície sem incorporação entre a 3.^a e 4.^a época de amostragem. Ou seja, da 2.^a para a 3.^a amostragem o nível de P extraível tendeu a decrescer devido principalmente à extração pelas plantas e fixação, e da 3.^a para a 4.^a coleta manteve-se praticamente estável devido à sua baixa mobilidade no solo.

Pode-se citar que em termos médios (Tabela 34) os níveis de P a partir da 2.^a amostragem mantiveram-se baixos, apesar das adubações efetuadas.

4.2.2.1.7 Potássio - O teste F demonstrou haver diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade somente entre os blocos na 2.^a e 3.^a épocas de amostragem de solo, e ao nível de 1% de probabilidade na 2.^a época de amostragem entre as interações dos fatores A e B (adubação x sucessão de culturas). Os resultados da Análise de Variância (Quadrado Médio), do teste F e do Coeficiente de Variação estão relacionados no Apêndice 8 e as médias individualizadas por época, tratamento, suas interações e global na Tabela 34.

FIGURA 14. MÉDIAS DOS TEORES DE FÓSFORO DO SOLO SOB AS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3 DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



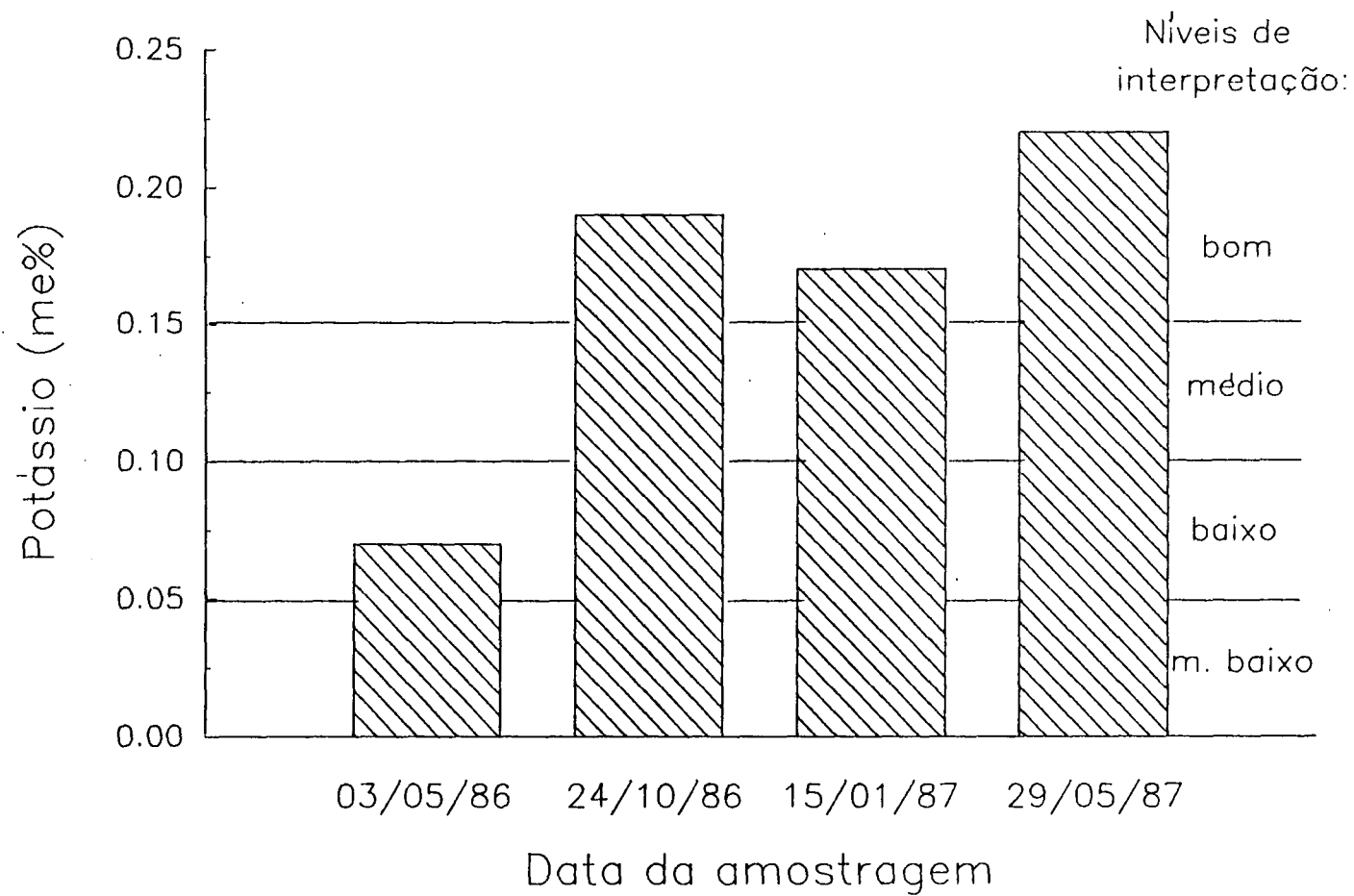
O teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade demonstrou não haver quaisquer diferenças entre as médias dos teores de K em todas as interações consideradas na segunda amostragem (Tabela 38).

TABELA 38. MÉDIA DOS TEORES DE POTÁSSIO (me/100 cm³) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 24/10/86 (2.^a COLETA). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamento nas sub-parcelas	Sucessões de ¹ culturas	Sucessões de ² culturas	Sucessões de ³ culturas	Média
Tratamento nas parcelas	Gramíneas + Leguminosas perenes	Gramíneas + Leguminosas anuais	Gramíneas anuais	
Adubação I				
Lixo + mineral	0,19 aA	0,21 aA	0,21 aA	0,21
Adubação II				
Esterco + mineral	0,25 aA	0,16 aA	0,15 aA	0,18
Adubação mineral III	0,17 aA	0,26 aA	0,15 aA	0,19
Média	0,20	0,21	0,17	0,19
Comparação entre as linhas: a				
Comparação entre as colunas: A (p < 0,05) pelo teste de Tukey				

A evolução de K (extraível) no solo pode ser melhor visualizada pela Figura 15. Os teores deste elemento aumentaram sensivelmente durante o período estudado. O maior pico observado foi na 2.^a época de amostragem devido à adubação efetuada entre a época 1 e 2, passando o nível de K no solo segundo ROLAS⁹⁴ do nível baixo para o nível bom. A partir da 2.^a amostragem os níveis se mantiveram mais ou menos estáveis devido à nova adubação efetuada, apesar da extração pelas plantas e lixiviação.

FIGURA 15. MÉDIAS GLOBAIS DOS TEORES DE POTÁSSIO DO SOLO DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM.
SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



4.2.2.1.8 Carbono - O teste F demonstrou haver diferenças significativas para este elemento em níveis totais no solo, ao nível de 1% de probabilidade na 4.^a época de amostragem, detectado entre as diferentes adubações (Fator A) e blocos. Ao nível de 5% de probabilidade, o teste F detectou diferenças significativas entre as sucessões de culturas na 2.^a coleta e entre as adubações na 3.^a coleta (Apêndice 8).

Por outro lado, quando foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade não puderam ser detectadas diferenças significativas entre as médias encontradas para os teores de carbono, tanto na segunda coleta para o fator B, sucessões de culturas (Tabela 39), quanto para o fator A, adubações (Tabela 40). Para o fator A (diferentes adubações) foram detectadas diferenças na 4.^a época de amostragem. Neste caso como pode ser observado na Tabela 41 e na Figura 16 as adubações organominerais (Adubações I e II) demonstraram uma tendência à superioridade nos teores de carbono em relação à adubação mineral exclusiva (Adubação I).

Apesar das constatações anteriormente descritas, o tempo de avaliação deste parâmetro (teor percentual de Carbono) é ainda insuficiente para afirmações conclusivas como bem demonstram alguns dos trabalhos a seguir relatados, em relação à adubação orgânica.

BOELS *et alii*¹⁰ afirmam que através de pesadas dosagens de esterco, os níveis de matéria orgânica dos solos podem ser elevados. Desta forma, JOHNSON citado por JOHNSTON⁵⁴; KOFOED⁶⁰; McGRATH⁶⁷ e JOHNSTON⁵⁴ observaram incrementos nos teores de %C do solo quando adubações orgânicas eram procedidas a dosagens e intervalos de aplicação diversas. Por outro

TABELA 39. MÉDIAS DOS TEORES DE CARBONO (%) (C) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 24/10/86 (2ª COLETA). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986.

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	0,57	0,64	0,68	0,63
Adubação II Esterco + mineral	0,62	0,74	0,77	0,71
Adubação mineral III	0,62	0,51	0,74	0,62
Média	0,60 A	0,63 A	0,73 A	0,65

Comparação entre colunas: A (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 40. MÉDIAS DOS TEORES DE CARBONO (%) (C) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 15/01/87 (3ª COLETA). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	0,6	0,6	0,6	0,6 a
Adubação II Esterco + mineral	0,6	0,6	0,7	0,7 a
Adubação mineral III	0,6	0,5	0,5	0,5 a
Média	0,6	0,6	0,6	0,6

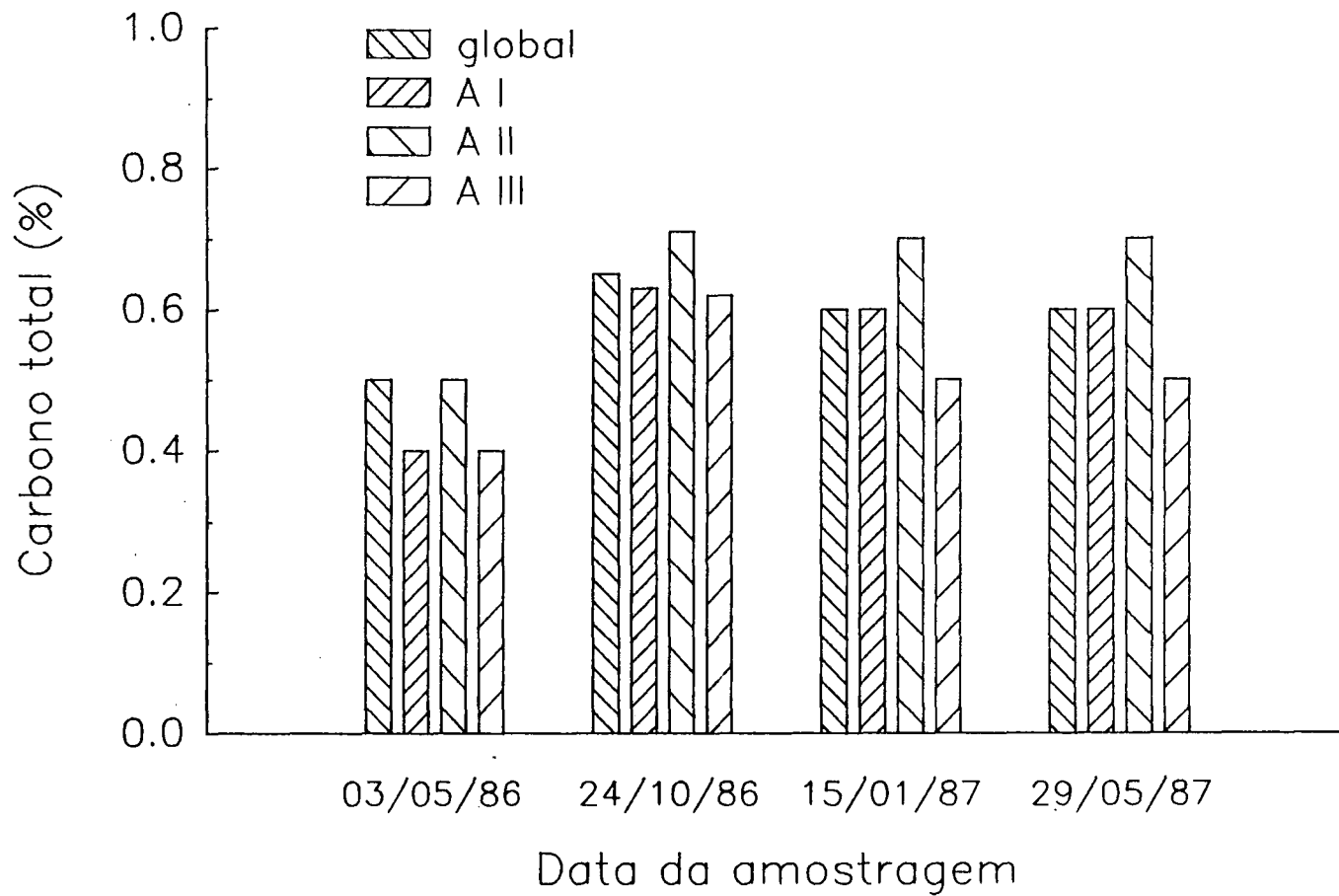
Comparação entre linhas: a (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 41. MÉDIAS DOS TEORES DE CARBONO (%) (C) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 29/05/87
(4.^a COLETA). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamento nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	0,6	0,6	0,5	0,6 ab
Adubação II Esterco + mineral	0,7	0,7	0,7	0,7 a
Adubação mineral III	0,6	0,5	0,5	0,5 b
Média	0,6	0,6	0,6	0,6

Comparação entre linhas: a > b (p < 0,05) pelo teste de Tukey

FIGURA 16. MÉDIAS DOS TEORES DE CARBONO DO SOLO, GLOBAL E SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



lado, SAUERBECK⁹⁵ em condições de agricultura, intensiva e aplicando dosagens de 9 T de esterco de curral por hectare detectou decréscimos nos teores de C do solo.

Aliado a isto está ainda a afirmação de DUTIL³⁰ o qual cita que altas adubações promovem a degradação da matéria orgânica.

BLUE citado por VINCENZI¹¹⁵ verificou um aumento nos teores de matéria orgânica do solo (2%) sob trevo branco + pensacola, após um período de 25 anos.

Finalmente, JOHNSTON⁵⁴ afirma que rotações com pastagens de curta duração não preservam, tampouco elevam os teores de carbono dos solos, o que somente poderia ser comprovado de acordo com NEWBOULD⁸¹ em experimentos a longo prazo.

Para o caso da avaliação da influência das sucessões de culturas forrageiras (pastagens perenes e anuais) sobre os teores de carbono do solo, a afirmação de que o período de tempo ainda foi insuficiente para que permitisse que as espécies implantadas demonstrassem o seu potencial de "recuperação" dos teores de carbono do solo, também é verdadeira.

NEWBOULD⁸¹; SAUERBECK⁹⁵; JOHNSTON⁵⁴; CLEMENT & WILLIAMS citados por MEDEIROS⁷⁴; VIDOR¹¹⁴ e CLEMENT *et alii* citados por MEDEIROS⁷⁵, são unânimes em afirmar que os teores de carbono se elevam sob as pastagens. Estes últimos complementarmente afirmam que os teores de carbono se reduzem sob as culturas anuais.

McGRATH⁶⁷ atribui à maior percentagem de carbono sob pastagens em relação à áreas cultivadas a sua redistribuição devido ao preparo do solo.

RICHARDSON citado por JOHNSTON⁵⁴ verificou que para elevar o teor de carbono bastante baixo de um solo, até um valor de equilíbrio, sob pastagens, levou-se mais de 100 anos.

Multiplicando-se os resultados obtidos por 1,72 observa-se, em comparação aos níveis apresentados por ROLAS⁹⁴, que os níveis de matéria orgânica da área como um todo baixo.

4.2.2.1.9 Hidrogênio mais Alumínio - Este parâmetro demonstrou diferenças estatísticas pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade somente na 4.^a amostragem para as diferentes adubações empregadas, para os blocos, tratamentos e suas interações nas demais situações não foram evidenciadas diferenças sequer ao nível de 5% de probabilidade (Apêndice 8).

Quando comparadas as médias obtidas para os teores de hidrogênio mais alumínio para as diferentes adubações pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade verificou-se haver diferenças significativas evidenciando maiores teores para a adubação II (esterco de curral + adubação mineral), seguida da adubação III (adubação mineral) e da adubação I (lixo urbano + adubo mineral) (Tabela 42) (Figura 17).

As médias individualizadas por tratamento, suas interações e global poderão ser observadas na Tabela 34.

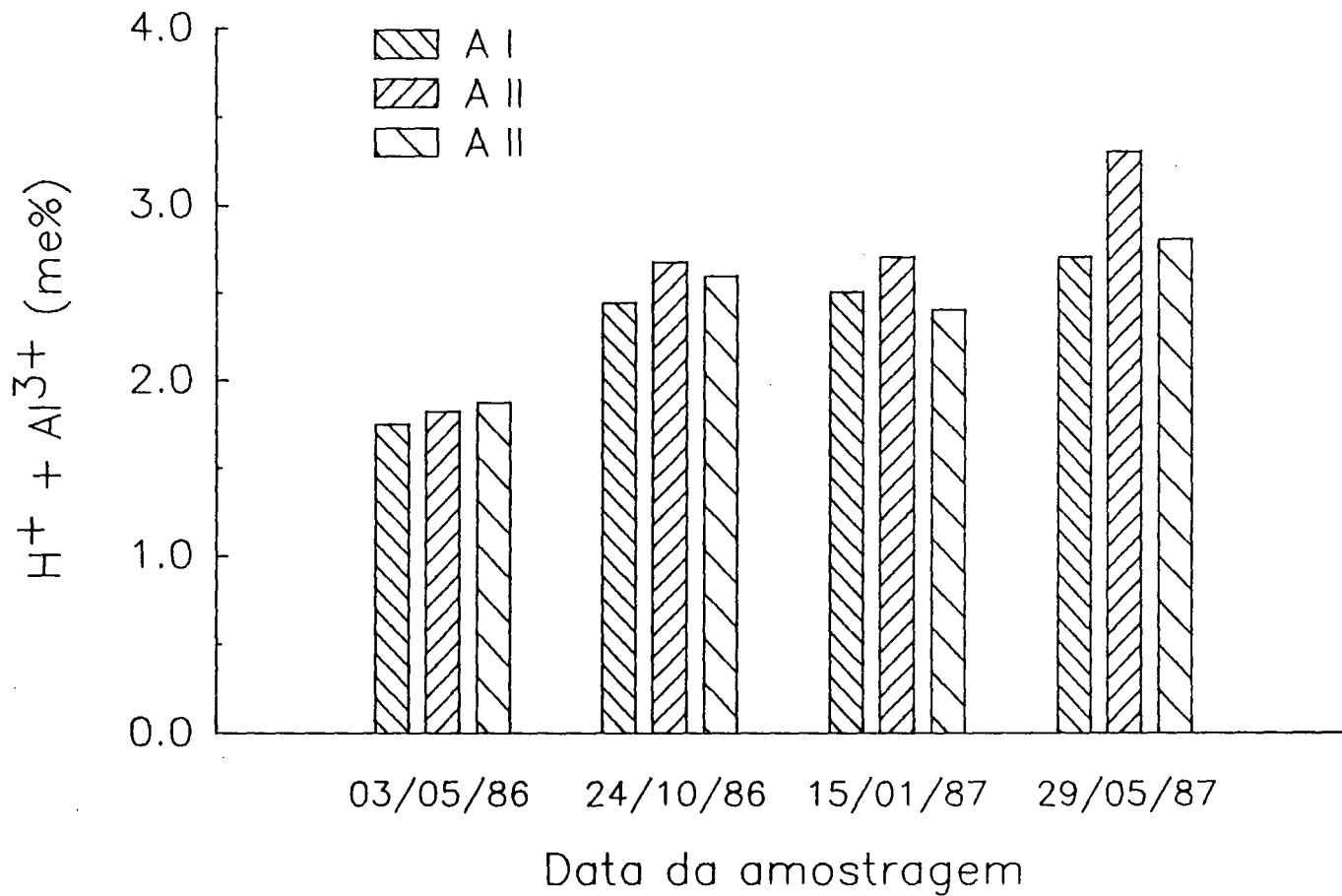
4.2.2.1.10 Saturação de Bases - Com relação a este parâmetro o teste F ao nível de 5% de probabilidade detectou diferenças significativas somente na 4.^a época de amostragem para as diferentes adubações (Apêndice 8). No entanto o teste de

TABELA 42. MÉDIAS DOS TEORES DE HIDROGÊNIO MAIS ALUMÍNIO ($H^+ + Al^{3+}$) (me/100 cm^3) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 29/05/87 (4.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1988

Tratamento nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	2,7	2,7	2,9	2,7 b
Adubação II Esterco + mineral	3,1	3,3	3,6	3,3 a
Adubação mineral III	2,8	2,7	2,8	2,8 ab
Média	2,9	2,9	3,1	2,9

Comparação entre linhas: $a > b$ ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

FIGURA 17. MÉDIAS DOS TEORES DE HIDROGÊNIO MAIS ALUMÍNIO DO SOLO, SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



Tukey a 5% de probabilidade não evidenciou qualquer diferença (Tabela 43). As médias deste parâmetro individualizadas por época, tratamentos de suas interações e global, estão relacionadas na Tabela 34.

TABELA 43. MÉDIAS DAS PERCENTAGENS DE SATURAÇÃO DE BASES (V%) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 29/05/86 (4.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamento nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Total
Adubação I Lixo + mineral	79,2	79,9	77,5	78,9 a
Adubação II Esterco + mineral	74,6	74,2	71,0	73,3 a
Adubação mineral III	78,3	78,6	78,0	78,3 a
Total	77,4	77,6	75,5	76,8

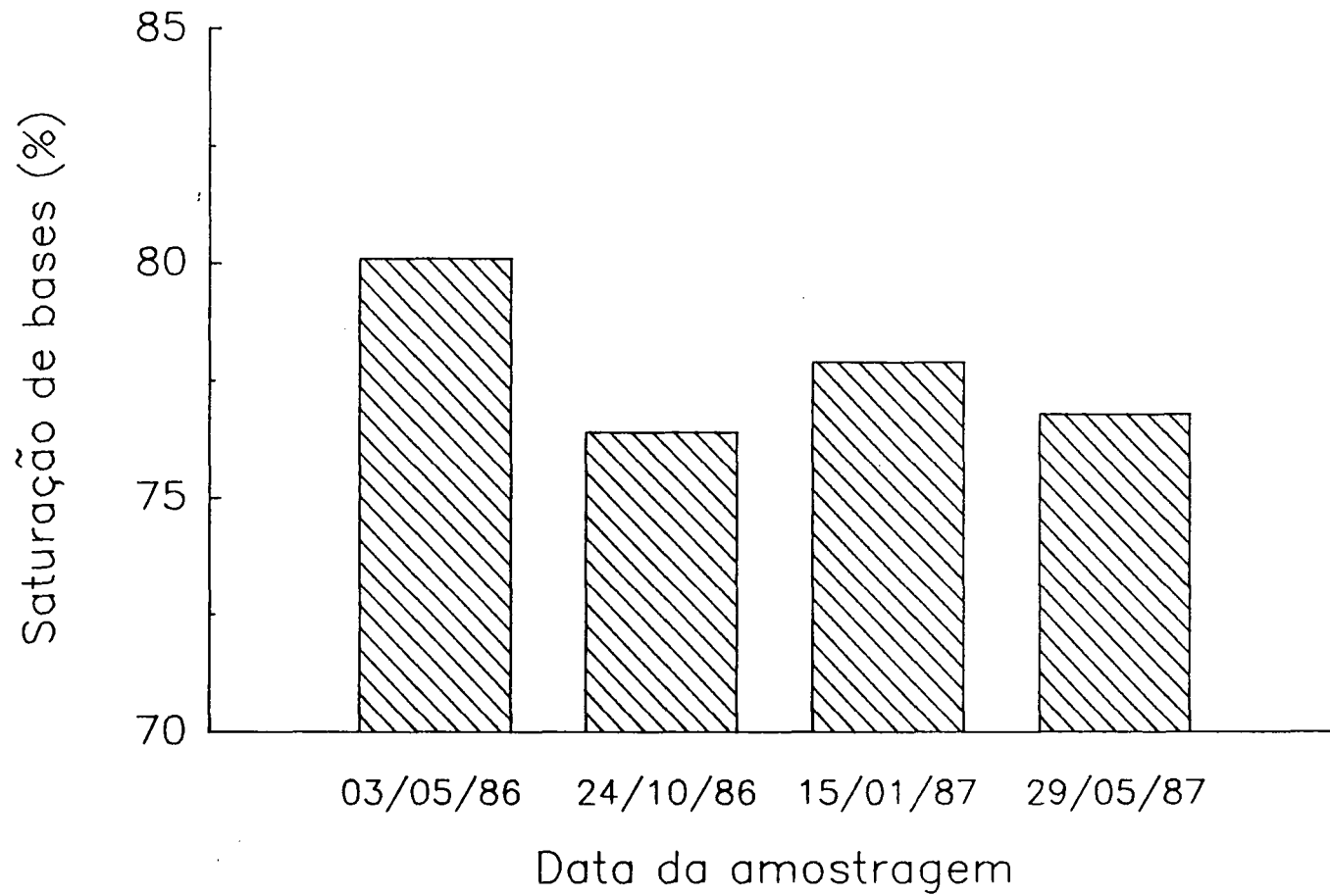
Comparação entre linhas: a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

A evolução da percentagem de saturação de bases no decorrer do experimento está graficamente representada em termos médios pela Figura 18, mostrando uma tendência à estabilidade sempre superior a 70%.

4.2.3 Produção de Matéria Seca

Para a produção total de matéria seca obtida no período estudado, o teste F ao nível de 5% de probabilidade não

FIGURA 18. MÉDIAS GLOBAIS DOS PERCENTUAIS DE SATURAÇÃO DE BASES DO SOLO DE QUATRO ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



demonstrou haver diferenças significativas entre os blocos, adubações (Fator A) e interações entre os fatores A (adubações) e B (sucessões de culturas), evidenciando diferenças ao nível de 1% de probabilidade entre as sucessões de culturas (fator B) (Apêndice 10). O teste de Tuckey a 5% de probabilidade detectou diferenças significativas entre os totais de matéria seca produzidos pelas sucessões de culturas empregadas, nos moldes do que está apresentado na Tabela 44.

TABELA 44. MÉDIAS DA PRODUÇÃO TOTAL DE MATÉRIA SECA (kg/ha) DAS UNIDADES EXPERIMENTAIS ORIUNDA DE QUATRO CORTES. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamento nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	4355,2	6113,0	5955,7	5474,6
Adubação II Esterco + mineral	4594,8	4732,3	6057,8	5128,3
Adubação mineral III	3410,4	4766,7	5674,5	4617,2
Média	4120,1 B	5204,0 AB	5896,0 A	5073,4

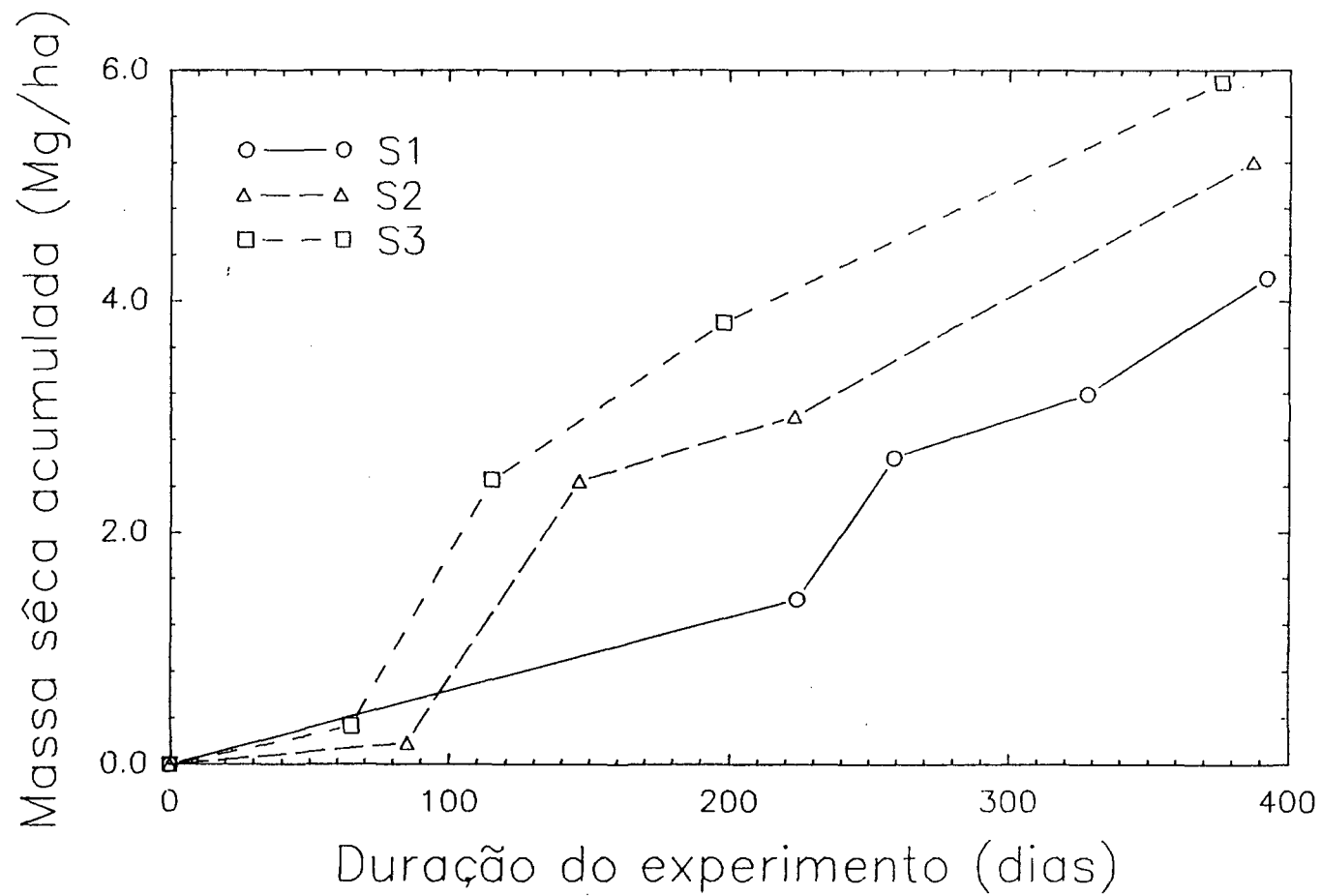
Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

Como bem demonstra a Tabela 45 e a Figura 19 cada um dos cortes efetuados sobre as sucessões de culturas foi realizado em épocas diferentes, impossibilitando a comparação da produção de matéria seca entre as sucessões de culturas a cada corte, principalmente entre a sucessão 1 e as outras duas restantes, devido à própria natureza das espécies utilizadas.

TABELA 45. MÉDIAS DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA (kg/ha) DE 4 CORTES DAS ESPÉCIES FORRAGEIRAS, REALIZADOS EM: SUCCESSÃO 1, 1ª CORTE: 10/12/86; 2ª CORTE 14/01/87; 3ª CORTE 23/03/87; 4ª CORTE 27/05/87; SUCCESSÃO 2. 1ª 24/02/86; 2ª 23/09/86; 3ª 09/12/86; 4ª 22/08/87; SUCCESSÃO 3. 1ª 04/07/86; 2ª 23/03/86; 3ª 14/11/86; 4ª 13/05/87. SÃO MATEUS DO SUL, PR, 1987

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Produção de Matéria Seca				Total
		1ª Corte	2ª Corte	3ª Corte	4ª Corte	
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	1451,0	1483,3	525,5	895,3	4355,2
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	210,9	2591,1	572,9	2738,0	6113,0
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	350,5	2216,1	1338,5	2050,5	5955,7
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	1751,0	1189,1	582,3	1072,4	4594,8
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	259,4	2233,8	650,0	1589,4	4732,3
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	350,5	2234,9	1326,6	2145,8	6057,8
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	1065,1	1003,1	545,8	796,3	3410,4
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	77,1	1957,8	456,2	2275,5	4766,7
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	279,7	1937,0	1401,0	2056,8	5674,5
Média Global						
1. Lixo + Mineral	-	670,8	2096,9	812,3	1894,6	5474,6
2. Esterco + Mineral	-	787,0	1885,9	852,9	1602,4	5128,2
3. Adubação mineral	-	473,9	1632,6	801,0	1709,5	4617,0
-	Média global					
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	1422,4	1225,2	551,2	921,3	4120,0
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	182,5	2260,8	559,7	2200,9	5203,9
-	3. Gramíneas anuais	326,9	2129,3	1355,4	2084,4	5896,0
Média Global		643,9	1871,8	822,4	1735,5	5073,4

FIGURA 19. DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE QUATRO CORTES DAS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



A Figura 19 mostra uma coincidência nas épocas de produção de matéria seca entre as sucessões de culturas 2 (gramíneas + leguminosas anuais) e 3 (gramíneas anuais). Já a sucessão 1 (gramíneas + leguminosas perenes) teve um crescimento mais lento para o primeiro corte proporcionando a partir deste uma taxa de crescimento maior, o que determinou a seguir uma maior frequência de cortes. Observa-se um efeito de complementaridade entre as sucessões de culturas utilizadas.

Isto ocorre devido primeiramente à demora no estabelecimento das espécies componentes da sucessão 1 a saber: cornichão, trevo branco e penssacola. A Figura 19 também mostra um adiantamento no corte efetuado na sucessão 3 em relação à 2, isto motivado pela presença de centeio na sucessão 3 e ausência desta espécie na sucessão 2.

A Figura 20 dá uma noção da distribuição percentual de cada corte em relação à época do ano.

Para as sucessões de culturas 2 e 3 verifica-se que os 3 primeiros cortes corresponderam a maior parte da produção obtida no período estudado. Especificamente para as sucessões 2 e 3 isto significa que estes valores correspondem à massa produzida pelas gramíneas e/ou leguminosas de estação fria.

A composição botânica das sucessões de culturas implantadas, é demonstrada pela Figura 21. Nota-se que em termos globais, o cornichão para a sucessão de culturas 1 foi a espécie mais abundante, contribuindo com 85% da massa produzida no primeiro corte, 95,9% no segundo, 93,9% no terceiro

FIGURA 20. DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL POR ESTAÇÃO DO ANO DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DAS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

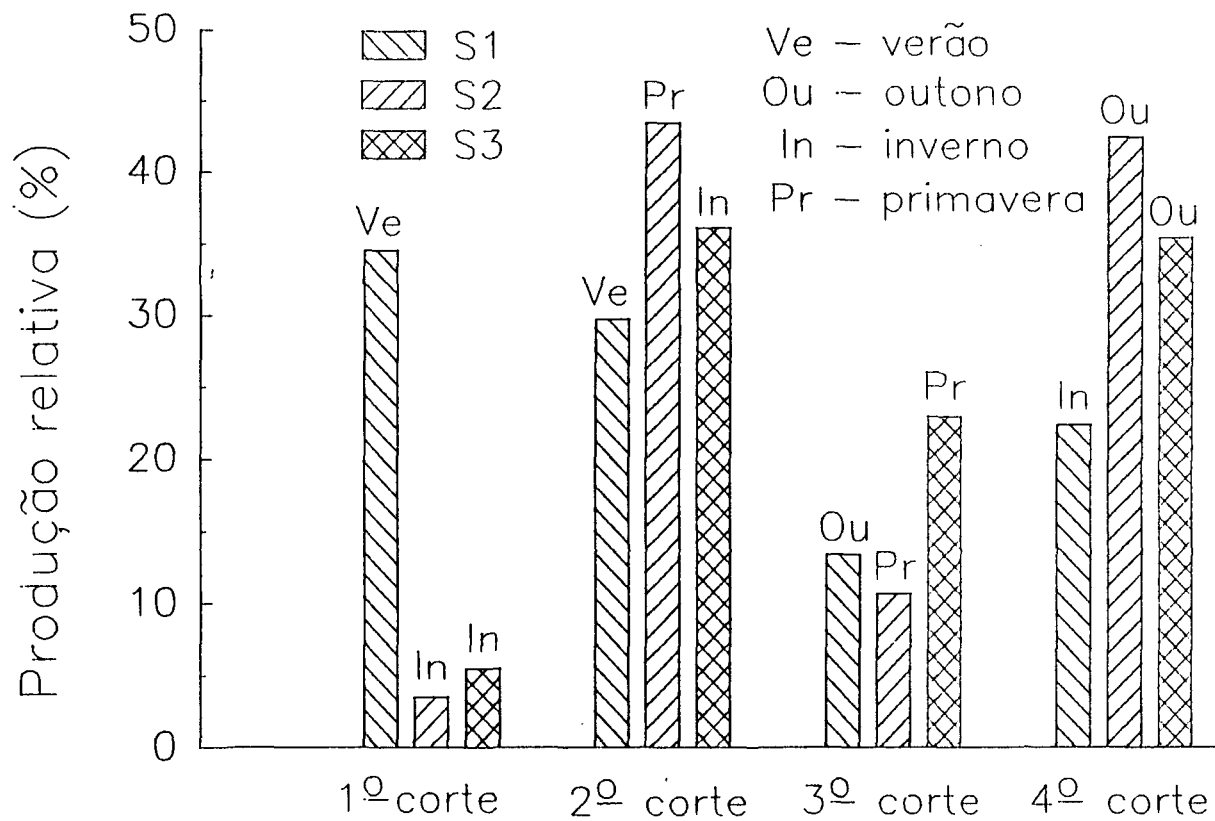
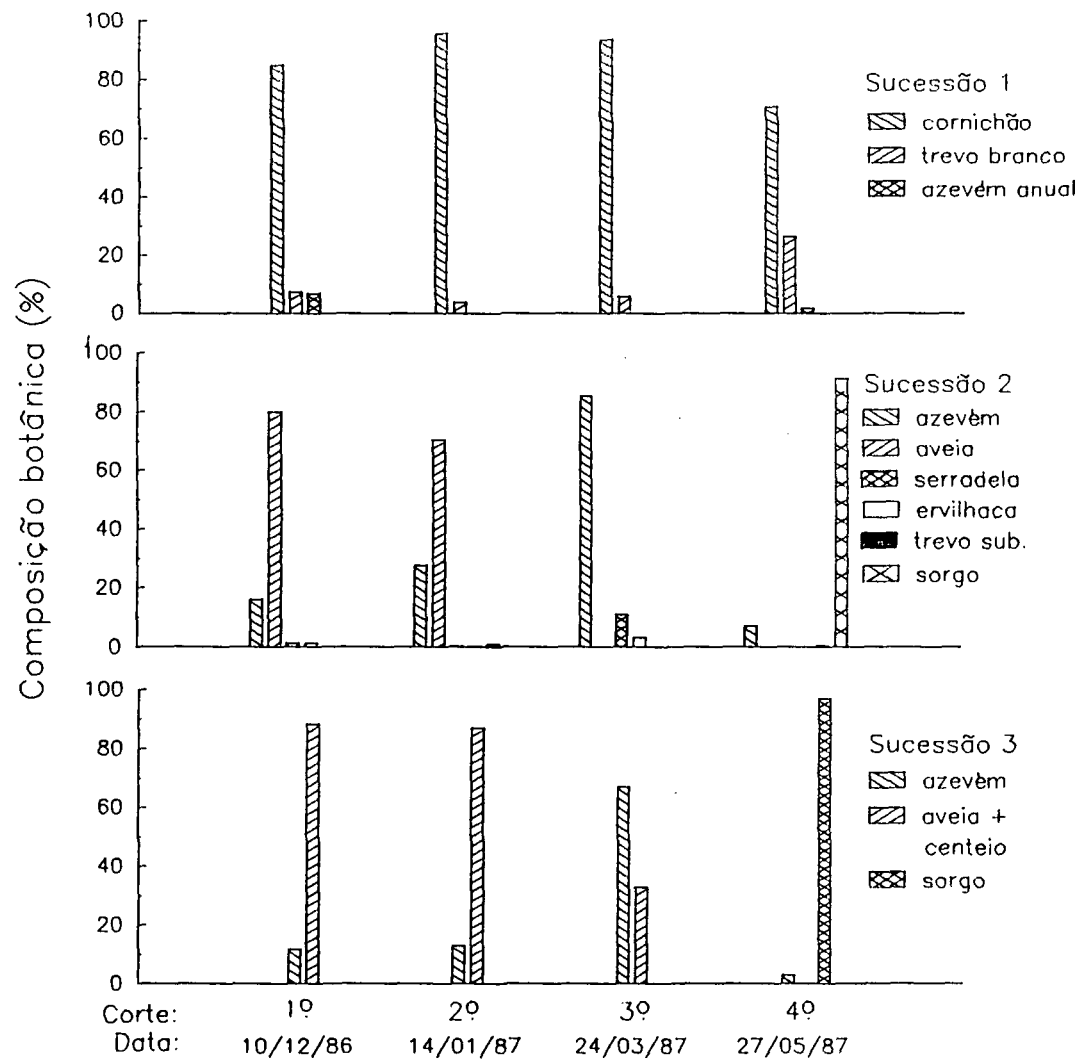


FIGURA 21. COMPOSIÇÃO BOTÂNICA DAS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3 A CADA CORTE. SÃO MA-
TEUS DO SUL, PR. 1987



e 71,2% no quarto corte, seguido pelo trevo branco, que teve a sua participação incrementada do primeiro, segundo e terceiro para o quarto corte (7,8% para 26,7%) motivada principalmente pelo manejo a que esta sucessão foi submetida (corte rente ao solo), o que propiciou um benefício para a espécie prostrada (trevo branco) em relação à espécie de hábito ereto (cornichão). Ou seja, em todos os cortes da sucessão 1 a produção de matéria seca basicamente foi determinada por leguminosas. Complementarmente a isto está o fato de a percentagem de germinação da pensacola (espécie também componente da sucessão de culturas 1) por ocasião da semeadura ter sido significativamente baixa (10%) aliada à ausência de fornecimento suplementar de Nitrogênio através de adubação mineral, fatores estes que poderiam explicar a predominância das leguminosas neste tratamento. (Tabela 4).

A massa seca da sucessão 2 em seu primeiro corte foi principalmente constituída de aveia preta (79,9%) seguida do azevém anual (16,1%). No segundo corte 70,4% da massa era aveia e 27,6% azevém, no terceiro corte 85,4% da massa era constituída de azevém anual e 11,2% de serradela e no quarto corte 91,2% da massa originava-se de sorgo forrageiro e 7,1% de azevém. Portanto, a sucessão 2 apesar da consorciação gramíneas + leguminosas, foi constituída basicamente por gramíneas. Neste caso as leguminosas anuais tanto na primavera (inverno) quanto na segunda safra (verão) tiveram pequena expressão em termos de matéria seca produzida, apesar de seu estabelecimento inicial ter sido efetuado com sucesso (Figura 21). Além do mais, as características das sementes utilizadas, pureza e germinação eram adequadas (Tabela 4).

No entanto, devido ao manejo dado a esta sucessão de culturas, corte rente ao solo e adubação nitrogenada de cobertura, estimulou-se mais as gramíneas em detrimento das leguminosas.

A aveia preta constituiu 88,3; 87,0 e 33% respectivamente dos primeiro, segundo e terceiro cortes da sucessão de culturas 3, sendo que o azevém contribuiu com 11,7; 13,0 e 67,0% da massa total daqueles cortes. O sorgo contribuiu em média com 97% da matéria seca produzida no quarto corte da sucessão 3. Portanto, esta também foi constituída tão somente de gramíneas.

De maneira geral, apesar das condições adversas de solo às consorciações adotadas, foram obtidas boas produtividades. Tal fato é explicável, devido às adubações realizadas, as quais tiveram sua eficiência também demonstrada através dos parâmetros indicativos da evolução da fertilidade química do solo.

Para a comparação entre as produtividades obtidas no experimento (Tabela 45 e Figura 21) com outras situações experimentais, pode-se citar os trabalhos de MACHADO & MACHADO⁶⁸ que obtiveram em média para os anos de 1978 e 1979, 3.796 e 3.157 kg de matéria seca de aveia por hectare e 6.877 kg/ha de matéria seca para a consorciação de *Paspalum notatum* (cv. IPEAME) + Trevo branco os quais participaram respectivamente com 38,4% e 61,6% da massa produzida. Os mesmos autores obtiveram para o cornichão 1.307 kg/ha quando este foi consorciado com a *Setaria anceps* cuja produção total desta consorciação foi de 14.686 kg/ha. Estes dados foram obtidos no primeiro planalto paranaense (região metropolitana de Curitiba). Para a região do segundo planalto paranaense (Ponta

Grossa, PR) foram obtidas as seguintes médias de 03 anos de observação (1979, 1980, 1981): para a mistura pensacola + azevém + ervilhaca, 4.639 kg de matéria seca/ha e para a mistura pensacola + aveia + ervilhaca 4.253 kg de matéria seca/ha (IAPAR⁴⁹⁻⁵⁰).

4.2.4 As adubações e sucessões de culturas como recuperadoras do solo

Tomando-se como ponto de referência para a discussão a definição de recuperação proposta por SUTTON¹⁰², pode-se afirmar que a área degradada pelo processo de mineração do xisto, e experimentalmente conduzida foi convertida a um uso produtivo onde a vegetação ali estabelecida, constituída por gramíneas e leguminosas forrageiras, propiciou dentro de diferentes formas de adubação, produtividades passíveis de enquadrá-la como área recuperada para fins agrícolas.

A fertilização do solo desempenhou papel de relevância no processo de recuperação. Visto à necessidade de rápida cobertura vegetal, todas as adubações adotadas se mostraram eficientes no fornecimento de nutrientes às espécies selecionadas para o fim proposto no estudo. Desta forma não tendo sido detectadas diferenças significativas entre as adubações empregadas, para maior facilidade no manejo de áreas degradadas, acredita-se que deva ser utilizada a adubação mineral exclusiva, o que vem ao encontro das conclusões obtidas por KLANT & STAMMEL⁵⁸. Estes citam que a recuperação de solos degradados é fruto de medidas diversas aliadas à adubação, esta, segundo TROEH *et alii*¹⁰⁷ promove um maior vigor das plantas e indiretamente minimiza a erosão.

JOHNSTON⁵⁴ afirma que a matéria orgânica aumenta a CTC do solo e promove a sua fertilidade através da liberação de fósforo, nitrogênio e enxofre, além de micronutrientes. No entanto, as adubações orgânicas podem ser substituídas pela adubação mineral exclusiva (NEWBOULD⁸¹). Um exemplo disso são os resultados obtidos por ERNANI & GIANELLO e por HOLANDA *et alii* citados por KLANT & STAMMEL⁵⁸, estes autores verificaram que a curto prazo os fertilizantes minerais são mais eficientes na nutrição vegetal devido a sua maior solubilidade e concentração.

Ressalte-se, que num período de tempo mais longo, possivelmente encontrar-se-ã evidências de melhoria tanto da produtividade quanto de características físicas e químicas do solo proporcionadas pelas adubações orgânicas mais frequentes nas áreas ora em questão.

Vários autores sugerem a utilização de diferentes espécies consorciadas, particularmente gramíneas e leguminosas para a recuperação de algumas das características físicas e químicas de solos degradados.

Sabe-se que as gramíneas e leguminosas forrageiras são importantes no melhoramento e conservação do solo (HEATH⁴⁶, VINCENZI¹¹⁵) devido à proteção da superfície do solo (HENDRICKSON citado por BROWING¹⁶; GUERRA⁴⁵) protegendo-o dos processos erosivos (TROEH *et alii*¹⁰⁷; SUTTON¹⁰²; HEATH⁴⁶). No entanto, GUERRA⁴⁵ e BENETT *et alii*⁷ evidenciaram a necessidade de revegetar o mais rapidamente possível o solo.

Gramíneas e Leguminosas poderão ser utilizadas como recuperadoras de solos degradados. Individualmente, cada espécie detém características desejáveis sendo impossível encontrá-las todas dentro de uma só espécie.

Vários autores citam que as forrageiras exercem efeitos benéficos no solo dos pontos de vista químico, físico e biológico, podendo sua parte aérea ser utilizada como forragem (MELLA⁷⁶).

Por outro lado MEDEIROS⁷⁴ e MELLA⁷⁶ recomendam a utilização integrada das culturas e pastagens de forma a recuperar os solos degradados.

No entanto, é evidente que a sucessão de culturas 1 (espécies perenes) foi a menos eficiente na proteção inicial do solo, visto o seu lento estabelecimento. Tal fato pode ser contornado através da consorciação daquelas espécies com as anuais de estação fria cujo desenvolvimento inicial é mais acelerado. Desta forma, proteger-se-á o solo na fase inicial e após o estabelecimento das espécies perenes. Tal situação poderá ser melhor visualizada através da Figura 19.

Os resultados obtidos indicam haver para cada época de corte das pastagens estudadas uma maior produção de matéria seca de uma ou outra sucessão, sendo que em termos de produção total as sucessões 2 e 3 (anuais) tenderam a ser superiores neste primeiro ano de avaliação (Tabela 44).

Relevante é o fato de as sucessões 1, 2 ou 3 serem complementares gerando um sistema de produção de forrageiras integrado cuja oferta se mostra estável no decorrer do ano. Destas, as espécies que mais se destacaram foram: o cornichão e o trevo branco como leguminosas perenes, e o centeio, aveia preta, o azevém e o sorgo forrageiro como gramíneas anuais. Dentro de um sistema de rotação onde as gramíneas anuais estariam em sucessão às leguminosas perenes, ter-se-ia o fornecimento de N fixado biologicamente ao sistema, provavelmente de forma autosustentável.

A rotação de pastagens com as culturas anuais eleva os teores de nitrogênio do sistema, não somente pela mineralização da matéria orgânica acumulada (GREENLAND citado por MEDEIROS⁷⁴) mas também pela fixação simbiótica propiciada pelas leguminosas (BRASHAW & CHADWIK¹⁵, MEDEIROS⁷⁴). Como exemplo deste tem-se o trabalho de MEDEIROS *et alii*⁷³ que verificaram poder tornar a rotação milheto/aveia + trevo/milheto auto suficiente em Nitrogênio.

4.3 AVALIAÇÃO DA FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DA MESOFAUNA DO SOLO (ACARI E COLLEMBOLA)

4.3.1 Acari

O teste F aplicado nas 23 épocas de amostragem, sobre o número de Acari por metro quadrado (x) transformados na forma $\sqrt{x + 1}$, demonstrou haver diferenças ao nível de 5% de probabilidade para os blocos na terceira e décima sétima época de amostragem, para o fator A (diferentes adubações) para a oitava e décima terceira época de amostragem, para o fator B (diferentes sucessões de culturas) para a décima segunda, e vigésima época de amostragem e para a interação do fator A, B para a sétima, décima quarta e décima nona época de amostragem. Ficou também demonstrado pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade haver diferenças significativas somente entre as sucessões de culturas (fator B) para as épocas 4, 6, 7, 8, 9 e 19. O grau de liberdade, coeficientes de variação, quadrados médios e resultados do teste F dos valores transformados em $\sqrt{x + 1}$ poderão ser observados no

Apêndice 11. As médias dos valores transformados para a forma $\sqrt{x+1}$ estão descritos no Apêndice 12.

4.3.1.1 A influência das sucessões de culturas (fator B) sobre os Acari - Quanto à comparação entre médias, o teste de Tukey demonstrou haver diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre as sucessões de culturas (fator B), para as 4.^a, 6.^a, 7.^a, 8.^a e 9.^a épocas de amostragem efetuadas respectivamente em 25/07/86, 03/09/86, 24/09/86, 07/10/86 e 24/10/86. Nota-se nestes casos que o número de Acari sempre se mostrou superior sob a sucessão de culturas 3 (gramíneas anuais) seguido pela sucessão de culturas 2 (gramíneas + leguminosas anuais) e pela sucessão 1 (gramíneas e leguminosas perenes) como está demonstrado nas Tabelas 46 a 50 e na Figura 23. Para as 12.^a, 19.^a e 20.^a épocas de amostragens efetuadas respectivamente em 08/12/86, 22/03/87 e 09/04/87 o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, não evidenciou qualquer diferença significativa entre as sucessões de culturas (fator B) havendo no entanto uma inversão em relação à tendência à superioridade no número de Acari por metro quadrado em benefício da sucessão 1 (Tabelas 51, 53 e 55 e Figura 23).

A evolução do número de Acari em relação ao tempo e ao fator B (sucessões de culturas) está representada na Figura 23 e melhor detalhada na Tabela 56.

De acordo com WHELAN¹²⁰ a flutuação populacional de Acari é fortemente influenciada pela vegetação, a qual segundo BUCHLE, citado por MALLOW *et alii*⁷⁰ assegura alimento permanentemente disponível. Tal afirmação poderia explicar

TABELA 46. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 24/07/86 (4.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	199	597	1244	680
Adubação II Esterco + mineral	771	895	1642	1103
Adubação mineral III	224	373	662	406
Média	398 B	622 AB	1169 A	730

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 47. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 03/09/86 (6.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	696	2288	2736	1907
Adubação II Esterco + mineral	2885	6045	5448	4793
Adubação mineral III	497	4204	4552	3084
Média	1359 B	4179 A	4245 A	3261

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 48. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 24/09/86 (7.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	970 aA	2065 aA	4005 aA	2347
Adubação II Esterco + mineral	597 aB	1990 aB	10945 aA	4511
Adubação mineral III	970 aB	2512 aAB	5846 aA	3109
Média	846 B	2189 B	6932 A	3322

Comparação entre linhas: a

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 49. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 08/10/86 (8.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	1343	4303	13856	6501 a
Adubação II Esterco + mineral	2413	6890	22239	10514 a
Adubação mineral III	1716	3806	4030	3184 a
Média	1824 B	5000 AB	13375 A	6733

Comparação entre linhas: a

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 50. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 24/10/86 (9^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Tratamento nas parcelas				
Adubação I Lixo + mineral	796	7040	7239	5025
Adubação II Esterco + mineral	1841	1517	9154	4171
Adubação mineral III	2313	6070	8308	5564
Média	1650 B	4876 AB	8234 A	4920

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 51. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 08/12/86 (12^a amostragem). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Tratamento nas parcelas				
Adubação I Lixo + mineral	547	423	1045	672
Adubação II Esterco + mineral	398	50	696	381
Adubação mineral III	1468	796	1094	1119
Média	804 A	423 A	945 A	724

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 52. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI . POR METRO QUADRADO AMOS-
TRADOS EM 22/12/86 (13.^a AMOSTRAGEM) . SÃO MATEUS DO
SUL, PR. 1987

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Tratamento nas parcelas				
Adubação I Lixo + mineral	423	398	1542	788 a
Adubação II Esterco + mineral	249	274	373	298 a
Adubação mineral III	448	895	771	705 a
Média	373	522	895	597

Comparação entre linhas: a (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 53. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI . POR METRO QUADRADO AMOS-
TRADOS EM 06/01/87 (14.^a AMOSTRAGEM) . SÃO MATEUS DO
SUL, PR. 1987

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Tratamento nas parcelas				
Adubação I Lixo + mineral	1890 aA	1144 aA	721 aA	1252
Adubação II Esterco + mineral	1070 aA	647 aA	672 aA	796
Adubação mineral III	473 aA	1393 aA	1020 aA	962
Média	1144	1061	804	1003

Comparação entre linhas: a

Comparação entre colunas: A (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 54. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 22/03/87 (19.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	522 bA	298 aA	398 aA	406 b
Adubação II Esterco + mineral	7164 aA	672 aB	920 aB	2919 a
Adubação mineral III	622 bA	448 aA	323 aA	464 b
Média	2769 A	473 A	547 A	1263

Comparação entre linhas: a > b

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 55. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 09/04/87 (20.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	7711	6219	3358	5763
Adubação II Esterco + mineral	8184	5174	2388	5249
Adubação mineral III	3557	2288	2363	2736
Média	6484 A	4560 A	2703 A	4583

Comparação entre colunas: A (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 56. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO, COLETADOS À PROFUNDIDADE DE 0-5 cm EM 23 ÉPOCAS. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Época 1	Época 2	Época 3	Época 4	Época 5	Época 6	Época 7	Época 8	Época 9	Época 10	Época 11	Época 12	Época 13	Época 14	Época 15
		29/05/86	27/06/86	10/07/86	24/07/86	19/08/86	03/09/86	24/09/86	08/10/86	24/10/86	12/11/86	27/11/86	08/12/86	22/12/86	06/07/87	20/01/87
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	199	199	448	199	522	696	970	1343	796	3657	572	547	423	1890	2587
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	249	149	199	597	945	2288	2065	4303	7040	3507	970	423	398	1144	1119
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	249	846	846	1244	1169	2736	4005	13856	7239	5154	1119	1045	1542	721	3657
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	746	50	547	771	224	2875	597	2413	1841	3184	1393	398	249	1070	995
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	298	99	348	895	1542	6045	1990	6890	1517	821	597	50	274	647	572
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	99	199	298	1642	1592	5448	10945	22239	9154	3458	1045	696	373	672	2264
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	199	0	199	224	871	497	970	1716	2313	2065	1194	1468	448	473	3010
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	149	149	224	373	1269	4204	2512	3806	6070	2836	1269	796	895	1393	3557
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	448	0	174	622	1343	4552	5846	4030	8308	2836	1667	1094	771	1020	945
Média Global																
1. Lixo + Mineral	-	232	398	497	680	879	1907	2347	6501	5025	4113	887	672	788	1252	2454
2. Esterco + Mineral	-	381	116	398	1103	1119	4793	4511	10514	4171	2487	1012	381	298	796	1277
3. Adubação mineral	-	265	50	199	406	1161	3084	3109	3184	5564	2579	1376	1119	705	962	2504
-	Média global															
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	381	83	398	398	539	1359	846	1824	1650	2969	1053	804	373	1144	2197
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	232	132	257	622	1252	4179	2189	5000	4876	2388	945	423	522	1061	1749
-	3. Gramíneas anuais	265	348	439	1169	1368	4245	6932	13375	8234	3823	1277	945	895	804	2289
Média Global		293	188	365	730	1053	3261	3322	6733	4920	3060	1092	724	597	1003	2078

Continua

TABELA 56. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO, COLETADOS À PROFUNDIDADE DE 0-5 cm EM 23 ÉPOCAS. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987 (Continuação)

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Época 16	Época 17	Época 18	Época 19	Época 20	Época 21	Época 22	Época 23
		03/02/87	17/02/87	10/03/87	22/03/87	09/04/87	22/04/87	06/05/87	29/05/87
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	522	2214	4950	522	7711	2960	3632	3010
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	1020	2015	1070	298	6219	2089	6119	2761
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	920	1741	1866	398	3358	1194	4900	4279
2. Esterco + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	149	1443	2438	7164	8184	3134	4876	3557
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	970	423	1020	672	5174	1965	6144	2040
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	323	1169	2935	920	2388	2413	1890	5843
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	1269	1293	2189	622	3557	3482	2114	1293
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	871	1144	622	448	2288	2587	1045	5174
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	920	2363	1642	323	2363	2338	2736	2612
Média Global									
1. Lixo + Mineral	-	821	1990	2628	406	5763	2081	4884	3350
2. Esterco + Mineral	-	481	1012	2131	2919	5249	2504	4303	3814
3. Adubação mineral	-	1020	1600	1484	464	2736	2803	1965	3026
-	Média global								
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	647	1650	3192	2769	6484	3192	3541	2620
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	954	1194	904	473	4560	2214	4436	3325
-	3. Gramíneas anuais	721	1758	2148	547	2703	1982	3175	4246
Média Global		774	1534	2081	1263	4583	2463	3717	3397

FIGURA 22. COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI SOB AS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

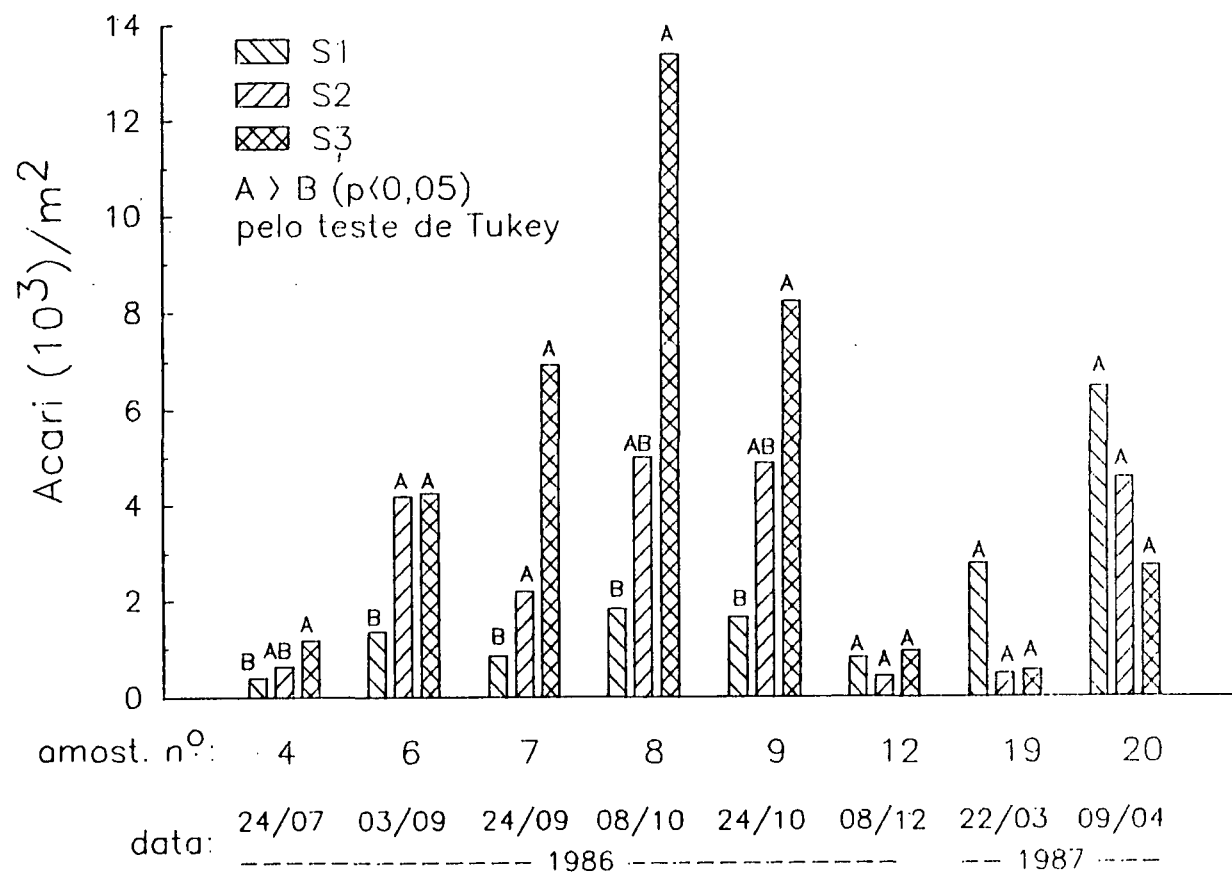
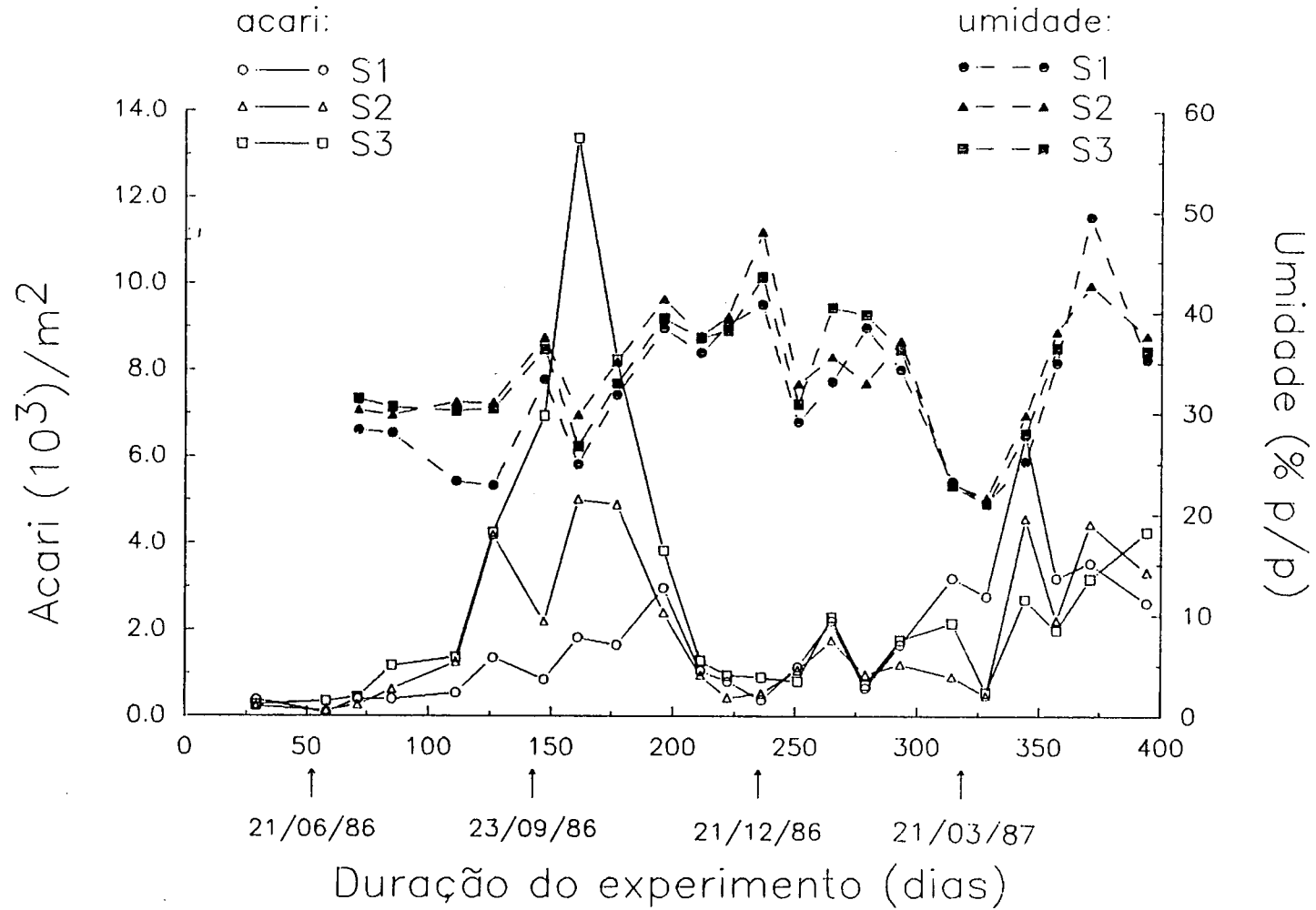


FIGURA 23. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI EM 23 ÉPOCAS E DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS SOB AS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3 NO PERÍODO DE 01/05/86 A 31/05/87. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



seu nível populacional crescente a partir do plantio das sucessões 2 e 3 no outono e primavera e da sucessão 1 no outono que aumentou à medida que as espécies ali implantadas se desenvolviam.

STTINNER & CROSSLEY¹⁰¹ citam que a redução no cultivo proporciona ambiente semelhante aos sistemas inalterados. TICHLER, SHEALS, EDWARDS & LOFTY citados por MALLOW *et alii*⁷⁰ afirmam que o cultivo reduz a fauna do solo, o fazendo, segundo ALEINIKOKA & UTROBINA citados por MALLOW *et alii*⁷⁰, de maneira seletiva sobre alguns grupos de indivíduos. A abundância de Acari e Collembola é maior sob pastagens que sob culturas (BUCHLE; KEVAN, EDWARDS & LOFTY, citados por MALLOW *et alii*⁷⁰ e ANDRÉN & LAGERLOF¹, sendo também favorecidos pela semeadura direta (EDWARDS & LOFTY³²). Como pode ser observado nas Figura 22 e Tabelas 45 a 50. o número de Acari a 5 cm de profundidade foi superior sob o cultivo de forrageiras anuais (sucessão 2 e 3) em relação às perenes (sucessão 1) possivelmente devido ao tempo insuficiente para o bom desenvolvimento das plantas perenes. No início do experimento as sucessões de culturas 2 e 3 propiciaram uma cobertura do terreno mais eficiente, conseqüentemente estas além de proporcionarem ambiente mais estável também proporcionam mais alimento a um prazo mais curto (Figuras 26, 27 e 28).

TADROS¹⁰⁶ observou um declínio no número total de indivíduos da fauna do solo sob pastagem submetida à corte e fenação. As Figuras 26, 27 e 28 demonstram que isto nem sempre é verdade, o que indica que algo mais, além da parte aérea das plantas estaria exercendo influência sobre a fauna

do solo, visto que toda a biomassa produzida acima da superfície do solo foi exportada da área experimental. Desta forma, presume-se que a população de Acari venha sendo mantida pela biomassa radicular fornecida pelas sucessões de culturas, constatação esta que vem ao encontro das afirmações efetuadas por LEETHAN *et alii*⁶⁴. Estes afirmam que a intensidade de pastoreio exerce pequena influência, e a massa radicular grande influência sobre a distribuição vertical da fauna do solo.

Quanto aos efeitos indiretos exercidos pelas sucessões de culturas sobre a população de Acari, parece não haver relação entre o teor de umidade do solo de 0-5 cm de profundidade e o número daqueles organismos, apesar de vários autores como USHER¹¹⁰; WALLWORK¹¹⁶; TAKEDA¹⁰³ entre outros, afirmarem que a umidade individualmente ou em conjunto com a temperatura e luminosidade exercem influência sobre a distribuição da mesofauna (Figuras 26, 27 e 28).

4.3.1.2 A influência das adubações (Fator A) sobre os Acari-
Com relação ao fator de variação A, diferentes adubações, o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade evidenciou diferenças significativas somente para 19.^a época de amostragem efetuada em 24/03/87 (Tabela 54 e Figura 24), quando o número de Acari por metro quadrado foi maior sob a adubação II (esterco + adubo mineral), não sendo detectadas diferenças para a 8.^a e 13.^a épocas de amostragem efetuadas em 07/10/86 e 22/12/86 (Tabelas 49 e 52 e Figura 24).

A evolução do número de Acari em relação ao tempo e ao fator A (adubações) está representada na Figura 25 e detalhada na Tabela 56.

FIGURA 24. COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

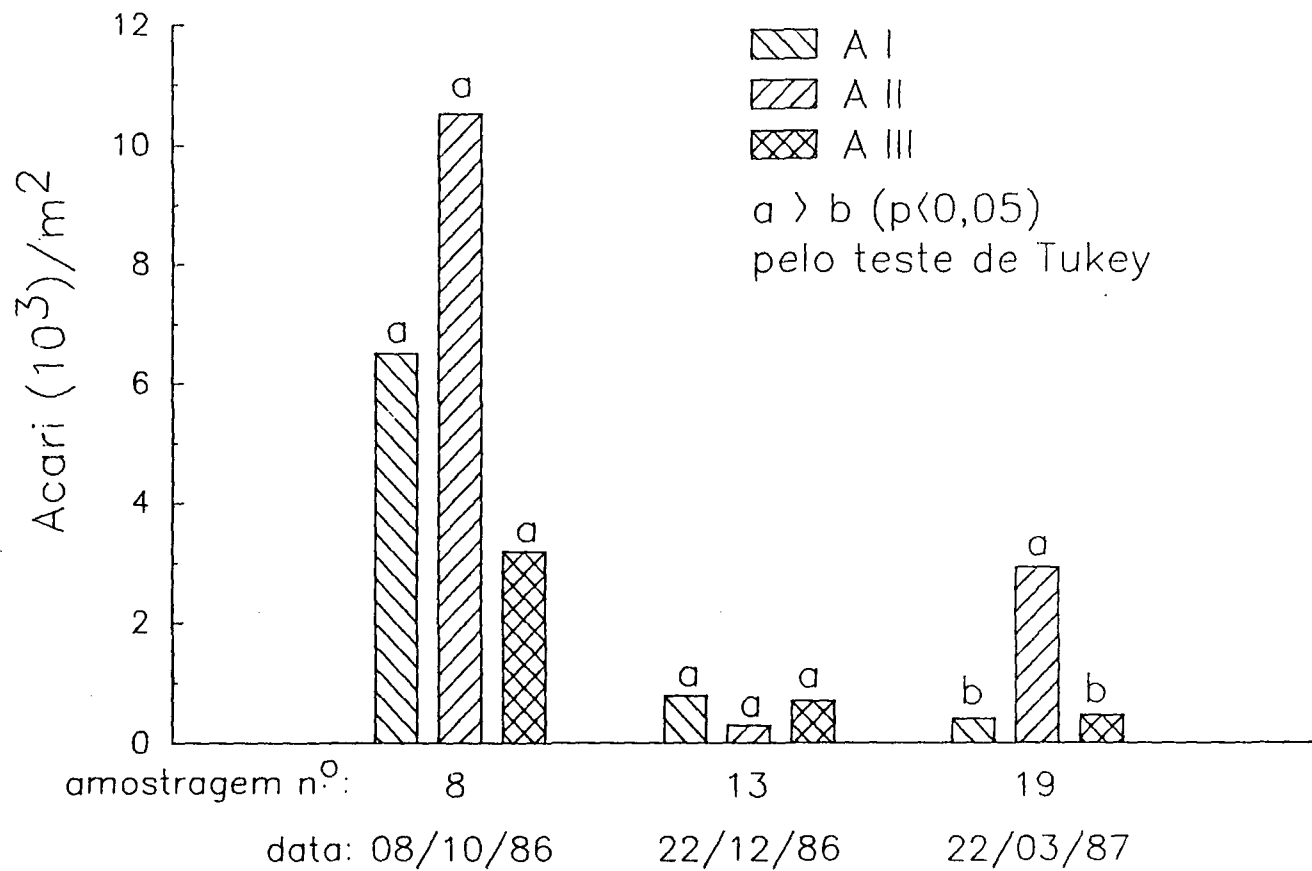


FIGURA 25. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI EM 23 ÉPOCAS SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

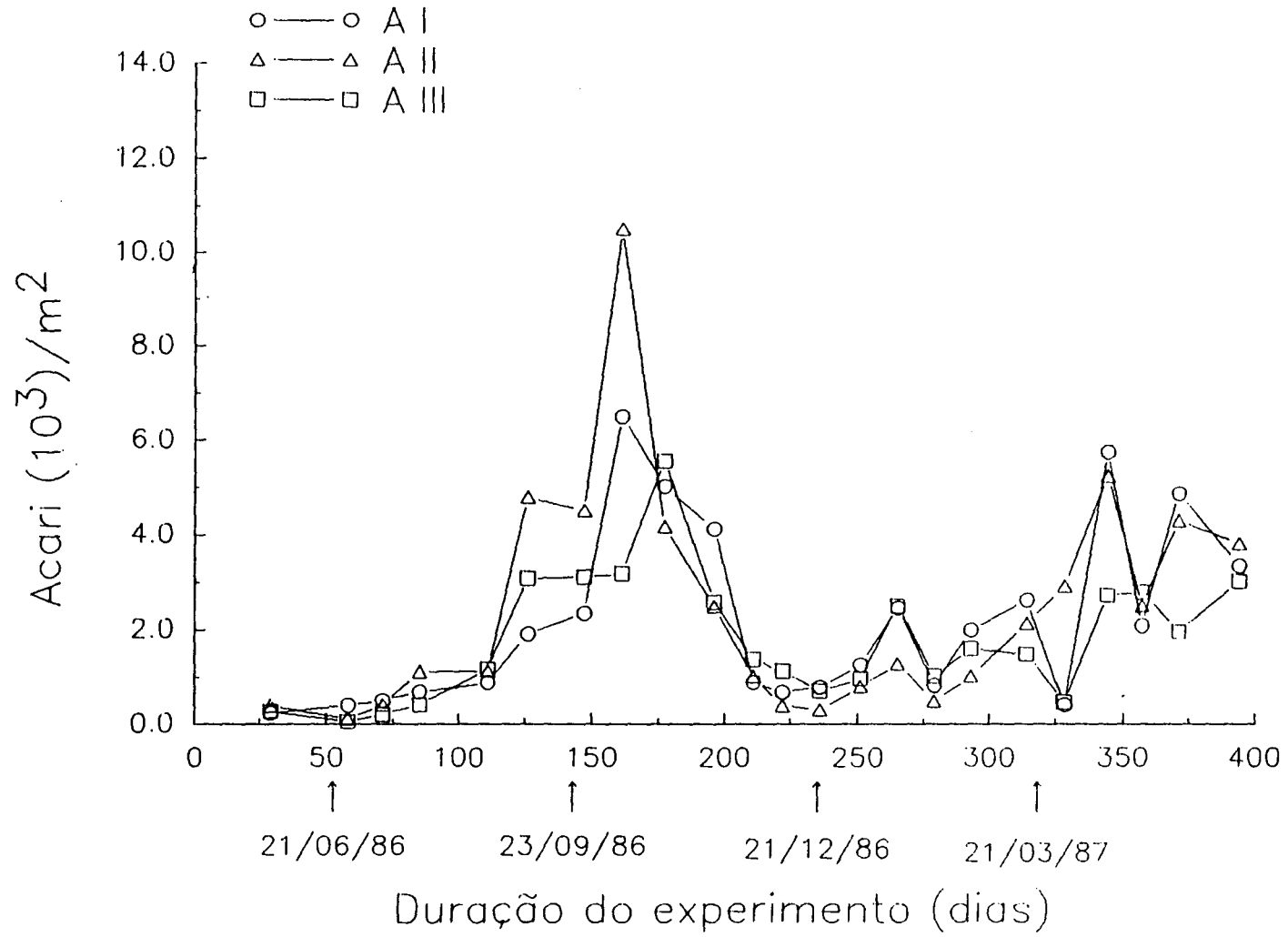


FIGURA 26. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI EM 23 ÉPOCAS, DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E UMIDADE RETIDA ÀS TENSÕES DE 0,03 E 1,5 MPa SOB A SUCESSÃO DE CULTURAS 1, E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

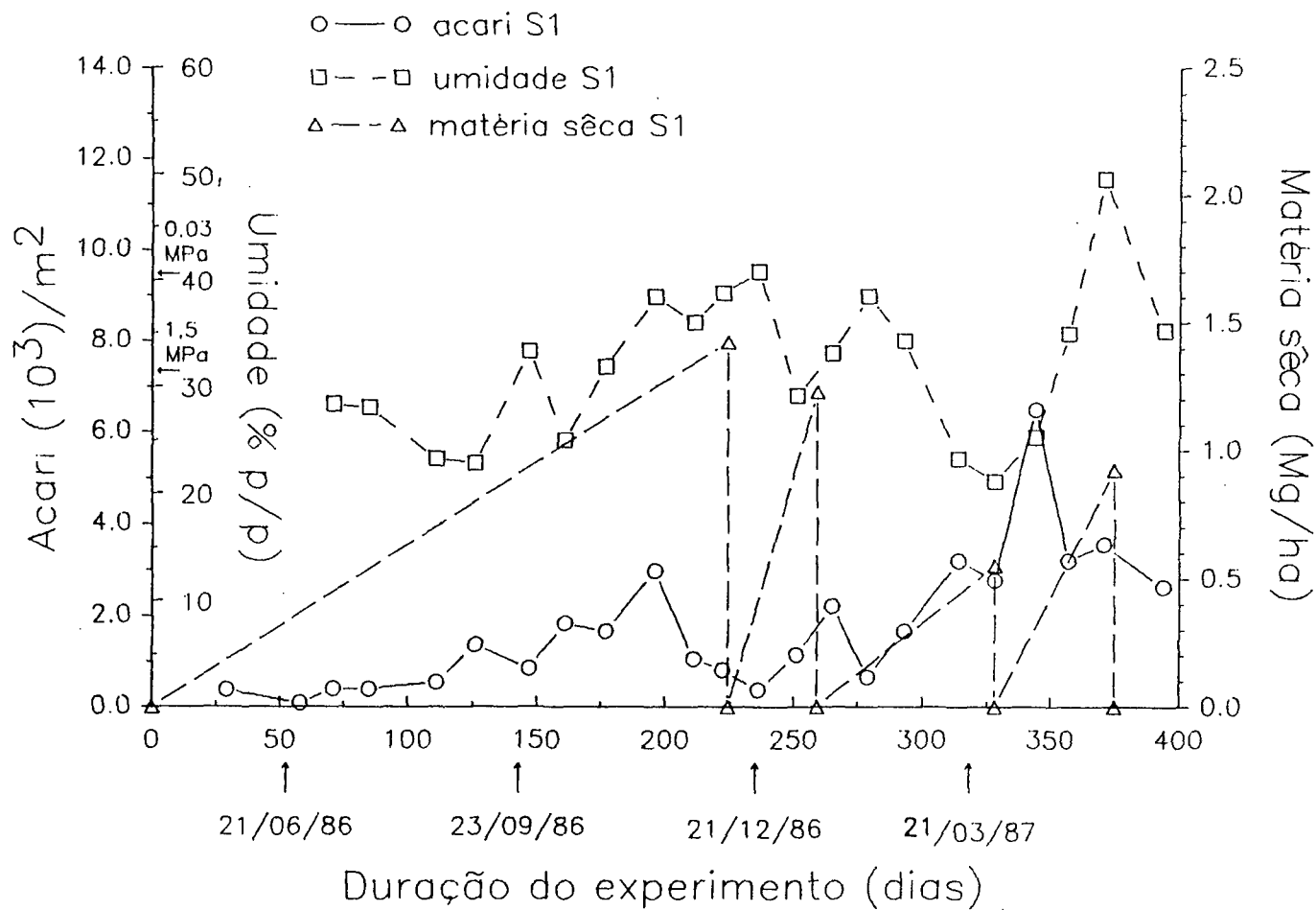


FIGURA 27. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI EM 23 ÉPOCAS, DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E UMIDADE RETIDA ÀS TENSÕES DE 0,03 E 1,5 MPa SOB A SUCESSÃO DE CULTURAS 2, E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

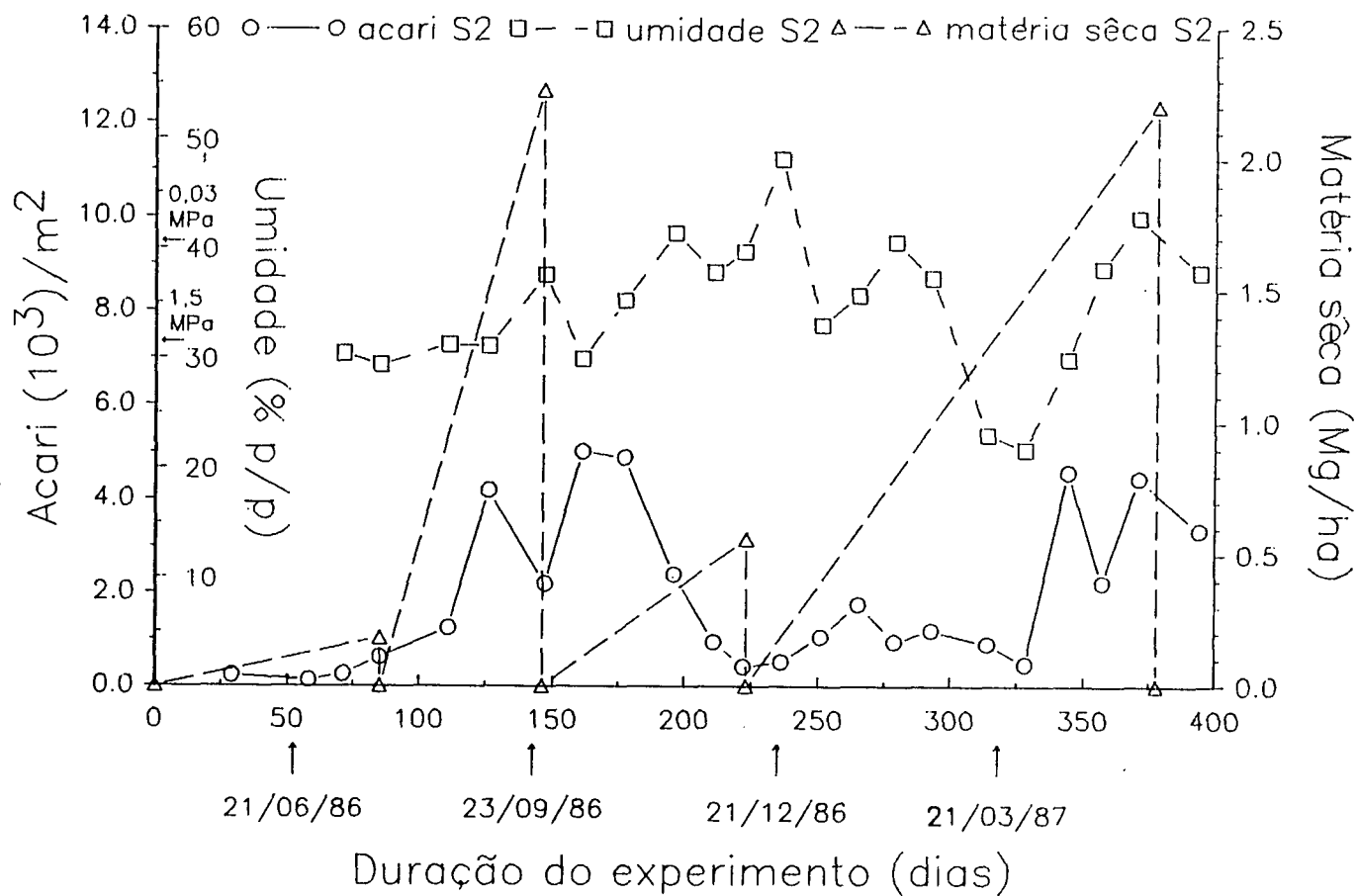
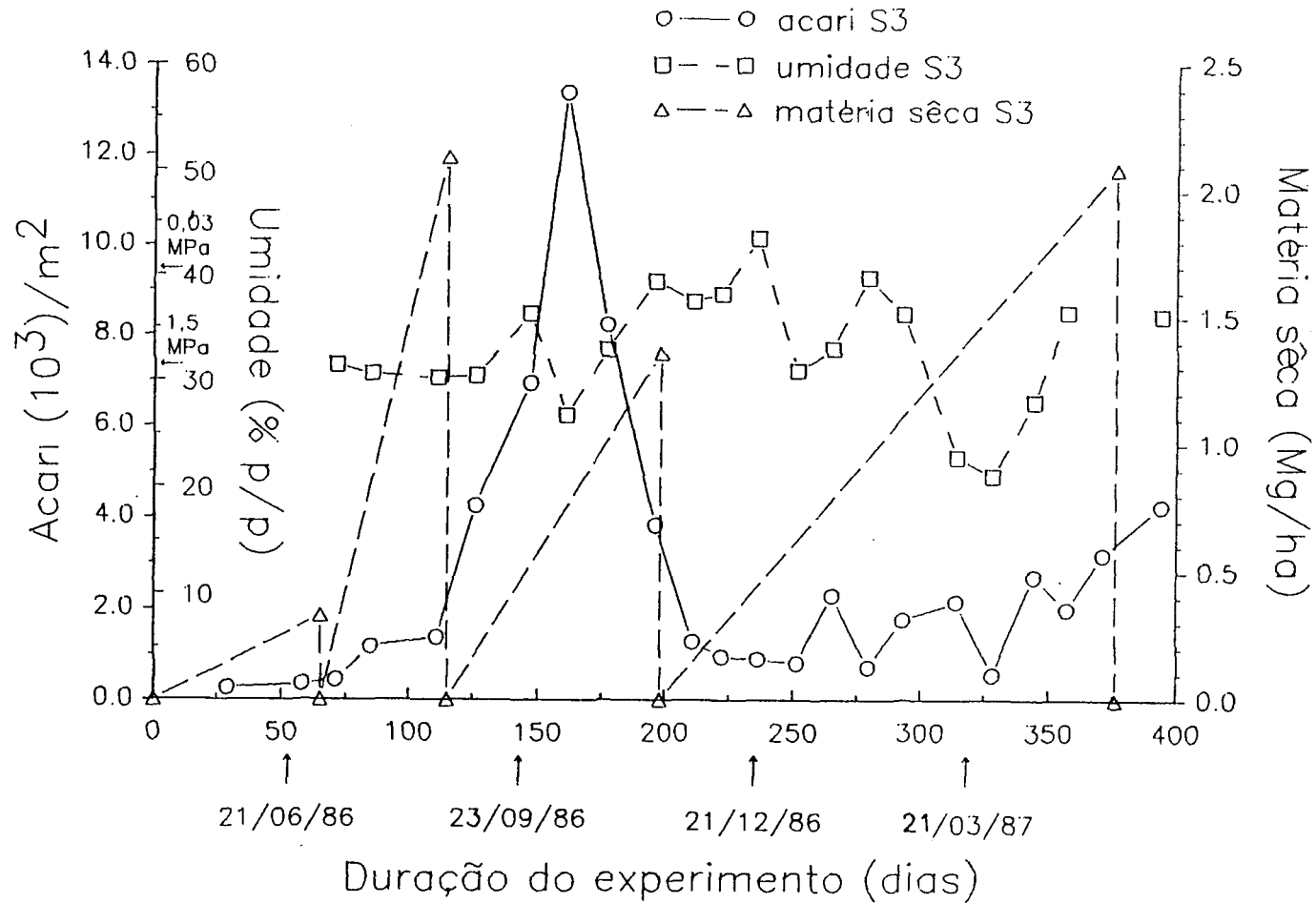


FIGURA 28. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI EM 23 ÉPOCAS, DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E UMIDADE RETIDA ÀS TENSÕES DE 0,03 E 1,5 MPa SOB A SUCESSÃO DE CULTURAS 3, E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



Dentre as práticas agrícolas, WALLWORK¹¹⁸ cita dentre outras a fertilização como benéfica à biologia do solo, a qual é estimulada, segundo VIDOR¹¹⁴, pela adição de nutrientes em deficiência. RONDE citado por BEHAN *et alii*⁵ observou uma elevação no número de Acari favorecida pela adubação. ZYROMSKA-RUDZKA¹²² observou incrementos tanto na biomassa quanto na atividade metabólica de Acari sob pastagens fertilizadas em relação à não fertilizadas.

Sob outro enfoque, WALLWORK¹¹⁹ cita que incrementos na fauna não estão estreitamente relacionados à matéria orgânica adicionada ao solo. DANTAS²³ verificou inexistir correlação positiva entre o número de Acari e à matéria orgânica. No entanto, RAW e EDWARDS citados por WALLWORK¹¹⁹ observaram que a adição de 14 toneladas de esterco de curral quase dobrou a densidade da fauna do solo.

Como pode-se observar no Apêndice 11 e Figura 24 tanto o teste F quanto o de Tukey evidenciaram poucas vezes diferenças estatísticas entre o número de Acari sob as adubações. Tal fato é talvez motivado pelo bom desenvolvimento das sucessões de culturas sob todas as adubações efetuadas como bem foi demonstrado no item 4.2.3, onde também não foram verificadas diferenças estatísticas nas produções de matéria seca entre as adubações. As diferenças evidenciadas nos teores de carbono do solo detectadas na última amostragem para fins de fertilidade em 29/5/87 (Tabela 41) podem explicar as diferenças no número de Acari (Tabela 54) e as tendências a favor das adubações em que se utilizou de adubação orgânica. Tais tendências foram observadas na fase final do experimento (Figura 25).

Assim a adubação exerceu principalmente efeitos indiretos sobre os Acari devido à sua influência sobre o desenvolvimento das plantas. A tendência ao maior número de Acari sob as adubações organo minerais pode ter ocorrido possivelmente pelo melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas sob estas adubações.

4.3.1.3 A influência das interações adubação x sucessão de culturas (fator A e B) sobre os Acari - Quanto às interações, o teste de Tukey a 5% de probabilidade demonstrou haver diferenças significativas quando o fator B (sucessões de culturas) é comparado em A (adubação) na 7^a amostragem (24/09/86) onde o número de Acari foi superior nas sucessões de culturas 3 em relação à sucessão de culturas 2 e esta em relação à 1 dentro das adubações II (esterco + mineral) e III (mineral) (Tabela 48); e na 19^a amostragem (24/03/87), onde o número de Acari se mostrou superior na sucessão de culturas 1, dentro da adubação (Tabela 54). Quando o fator A (adubações) foi comparado dentro do fator B (sucessões de culturas) foram evidenciadas diferenças significativas somente para a 19^a época de amostragem (22/3/87), onde a Adubação II (esterco + mineral) dentro da sucessão de culturas 1 (gramíneas + leguminosas perenes) apresentou o maior número de Acari por metro quadrado (Tabela 54). Para todas as demais interações o citado teste não evidenciou diferenças estatísticas significativas (Tabelas 48, 53 e 54). A evolução no tempo do número médio de Acari por metro quadrado contados em relação às interações entre os fatores A e B (adubações x sucessões de culturas), está detalhada na Tabela 56.

4.3.2 Collembola

No Apêndice 13, estão demonstrados os graus de liberdade, coeficientes de variação, quadrado médio e teste F efetuados sobre o número de Collembola contados por metro quadrado (x) transformados para a forma $\sqrt{x + 1}$. Das vinte e três épocas de amostragens consideradas, o teste F ao nível de 5% de probabilidade detectou diferenças significativas entre blocos na quarta, décima primeira e vigésima primeira épocas. Entre as adubações (fator A) foram detectadas diferenças significativas na quarta, quinta, décima primeira, décima sétima, décima nona e vigésima primeira épocas de amostragens, e entre as sucessões de culturas (Fator B) o teste F (5% de probabilidade) detectou diferenças significativas na quarta, sétima e décima nona amostragens. Quanto às interações entre os fatores A e B (adubação x sucessões de culturas) o teste F detectou diferenças significativas na 6.^a, 9.^a e 18.^a épocas de amostragem.

Ao nível de 1% de probabilidade o teste F detectou diferenças estatísticas entre os blocos somente na 17.^a amostragem, entre as adubações (fator A) na 8.^a amostragem e entre as sucessões de culturas (fator B) na 6.^a, 8.^a, 9.^a, 10.^a e 11.^a e 18.^a épocas de amostragem. Quando foram comparadas as interações entre as adubações e as sucessões de culturas (fator A x B) pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade foram detectadas diferenças significativas somente na 8.^a e 11.^a épocas de amostragem.

4.3.2.1 A influência das sucessões de culturas (fator B) sobre os Collembola - Nos tratamentos e nas respectivas épocas em que o teste F evidenciou diferenças estatísticas significativas foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a comparação de médias. Para o fator B (sucessão de culturas), o citado teste evidenciou diferenças para a 6.^a, 8.^a, 9.^a, 11.^a e 18.^a épocas de amostragens coletadas respectivamente em 03/09/86, 09/10/86, 24/10/86, 27/11/86 e 10/03/87 como demonstram as Tabelas 59, 61, 62, 64 e 66. Para este tratamento (fator B) observa-se uma superioridade no número de Collembola da sucessão 2 (gramíneas + leguminosas anuais) sobre a sucessão 3 (gramíneas anuais) e esta sobre a sucessão 1 (gramíneas + leguminosas perenes) nas 6.^a, 8.^a, 9.^a e 11.^a épocas de amostragem (Tabelas 59, 61, 62 e 65 e Figura 30), sendo que na 18.^a época de amostragem a ordem alterou-se para: número de Collembola da sucessão 1 > número de Collembola da sucessão 2 > número de Collembola sucessão 3 (Tabela 66 e Figura 29).

Ainda com relação ao fator B (sucessão de culturas), o teste de Tukey não detectou diferenças estatísticas na 4.^a, 7.^a, 10.^a e 19.^a épocas de amostragens efetuadas em 25/07/86, 24/09/86, 12/11/86 e 22/03/87 (Tabelas 57, 60, 63 e 67 e Figura 29). Neste caso apesar do teste estatístico não ter comprovado diferenças, as tabelas mostram uma tendência à superioridade das sucessões 2 e 3 sobre a sucessão 1 nas 4.^a, 7.^a e 10.^a época de amostragem e da sucessão 1 sobre as sucessões 2 e 3 na 19.^a época de amostragem.

Assim, para se ter uma idéia da evolução do número de Collembola contados por metro quadrado a 5 cm de profundidade em relação ao tempo deve-se observar a Figura 31 e Tabela 69.

FIGURA 29. COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA SOB AS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

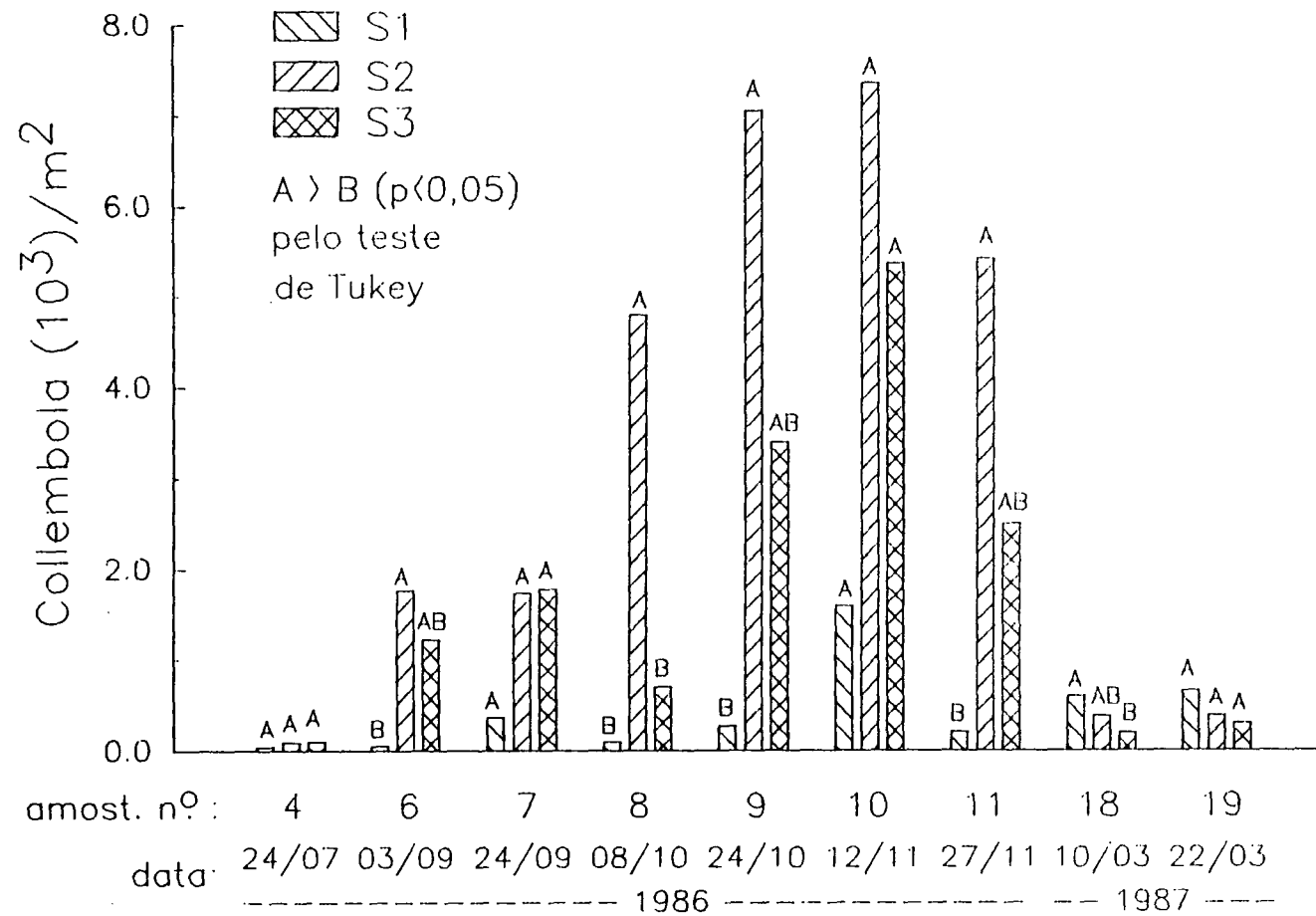


FIGURA 30. COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III.
SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

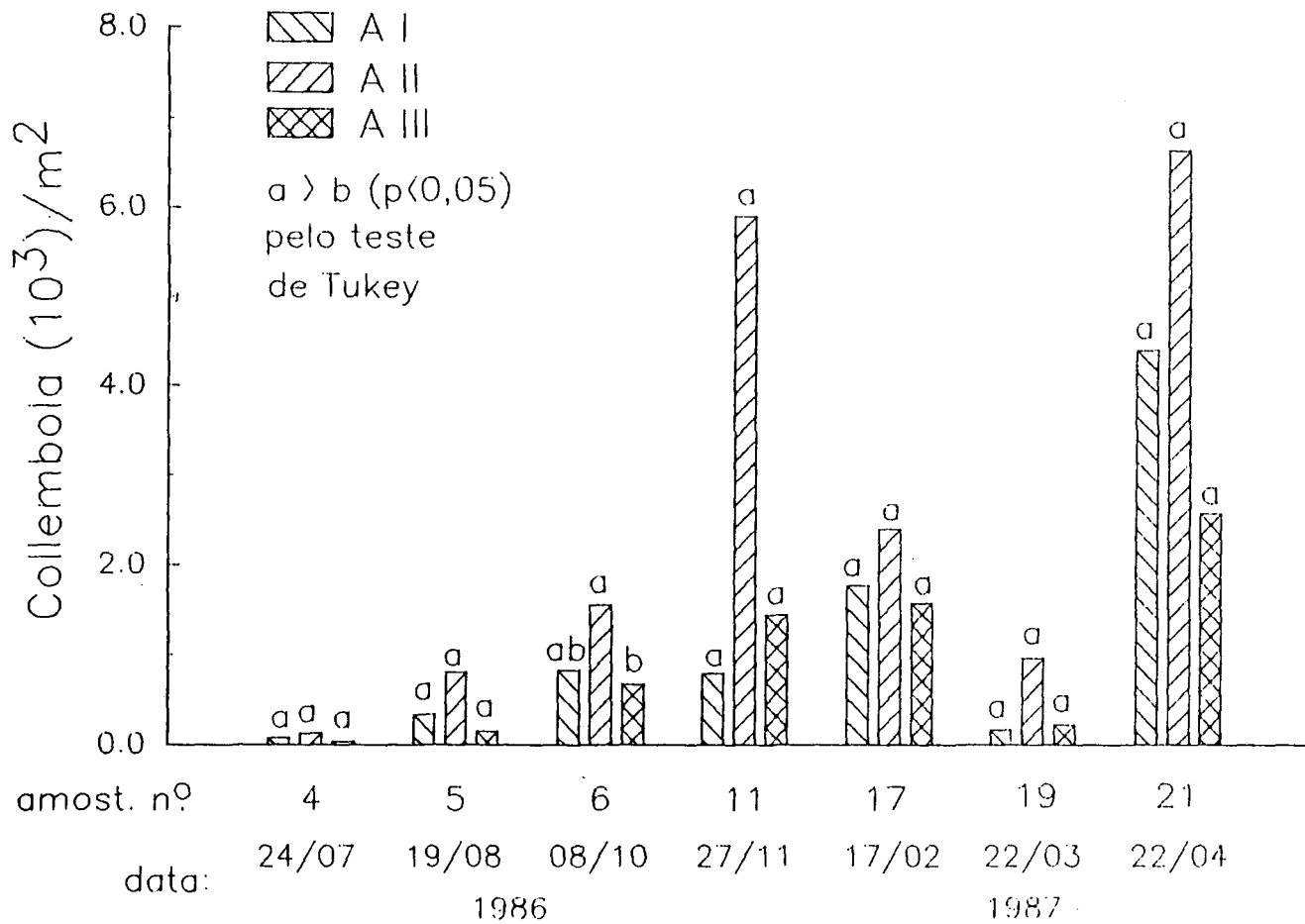
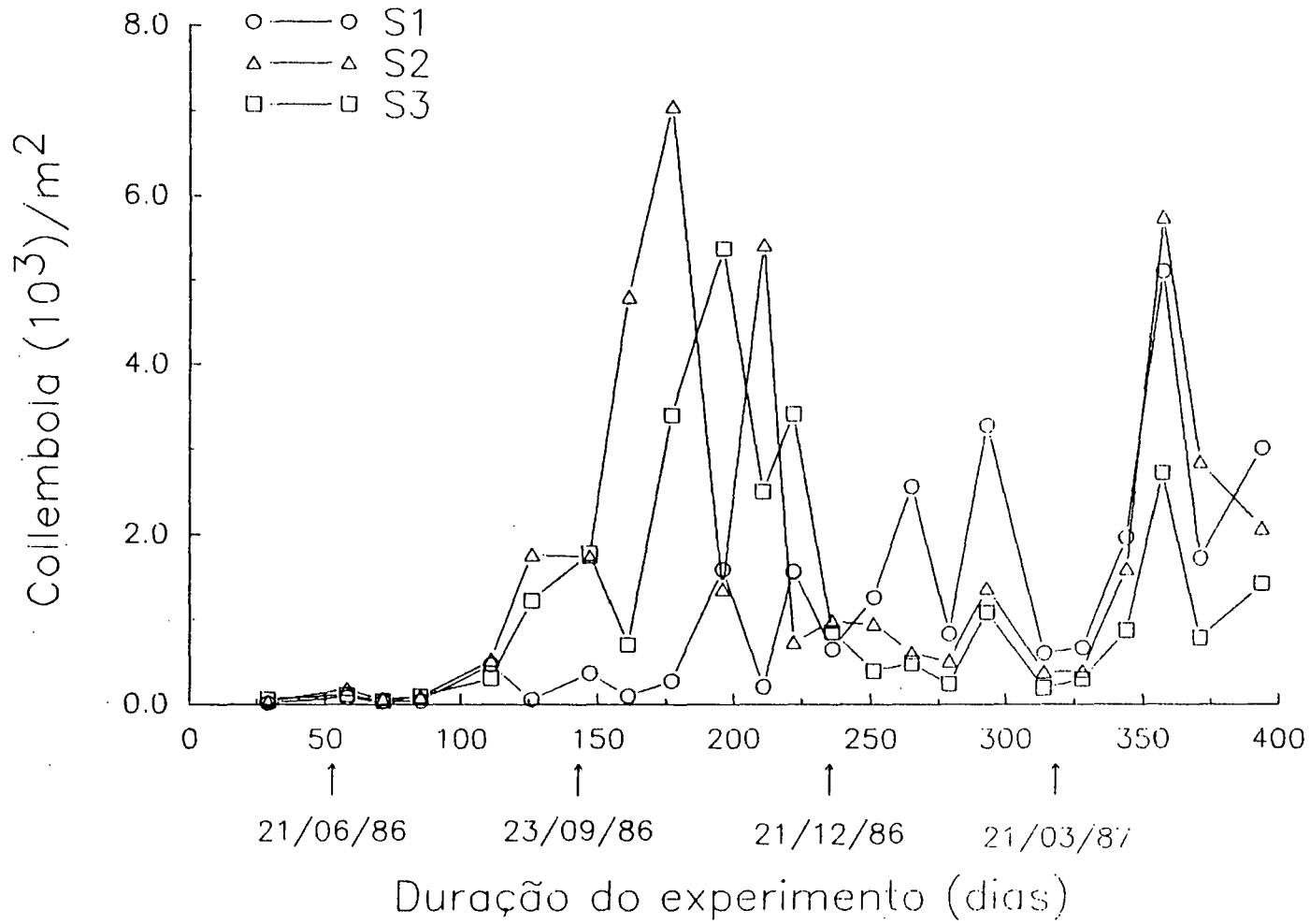


FIGURA 31. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA EM 23 ÉPOCAS SOB AS SUCESSÕES DE CULTURAS 1, 2 E 3. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



Analogamente ao que ocorreu com os Acari pode-se observar que a vegetação exerceu grande influência no desenvolvimento da população de Collembola do solo, sendo que o número destes últimos foi maior sob as sucessões de culturas 2 e 3.

Tal constatação é explicável, uma vez nas 6.^a, 8.^a, 9.^a e 11.^a épocas de amostragem (Tabelas 59, 61, 62 e 64) tanto a sucessão de culturas 2 como 3 já estavam estabelecidas. A sucessão 2 estava na iminência de sofrer o seu 2º corte e a sucessão 3 já havia sofrido dois cortes na 11.^a época (Figuras 32, 33 e 34), o que provavelmente propiciou maior disponibilidade de alimento e proteção do solo contra as variações do clima.

Na 18.^a época de amostragem (Tabela 66) o número de Collembola sob a sucessão 1 foi significativamente maior que as demais. Este fato pode ser explicado devido à sucessão 1 estar estabelecida e na iminência de sofrer o seu 4º corte. Nesta ocasião nas sucessões de culturas 2 e 3, as espécies de verão (sorgo e feijão miúdo) ainda não estavam estabelecidas.

Dos resultados obtidos pode-se inferir que as plantas exercem influência sobre a população de Collembola principalmente através da biomassa proporcionada pelo seu sistema radicular.

A umidade a 5 cm de profundidade, aparentemente não indicou relação com o número de Collembola como ilustram as Figuras 32, 33 e 34, apesar de resultados obtidos por outros autores (USHER¹¹⁰, WALLWORK¹¹⁸, TAKEDA¹⁰³) afirmarem o contrário.

FIGURA 32. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA EM 23 ÉPOCAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E UMIDADE RETIDA ÀS TENSÕES DE 0,03 E 1,5 MPa SOB A SUCESSÃO DE CULTURAS 1. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

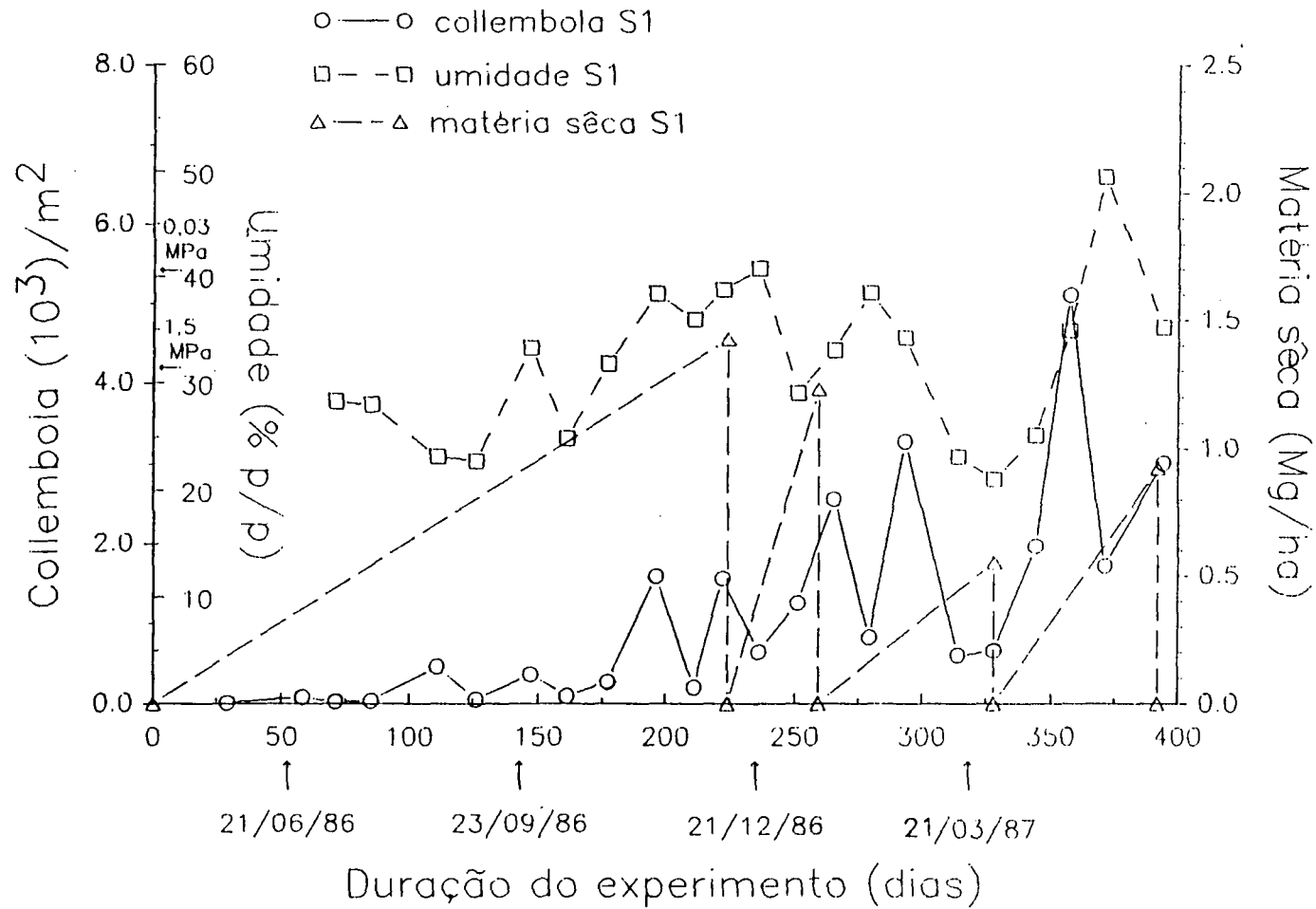


FIGURA 33. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA EM 23 ÉPOCAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E UMIDADE RETIDA ÀS TENSÕES DE 0,03 E 1,5 MPa SOB A SUCESSÃO DE CULTURAS 2. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

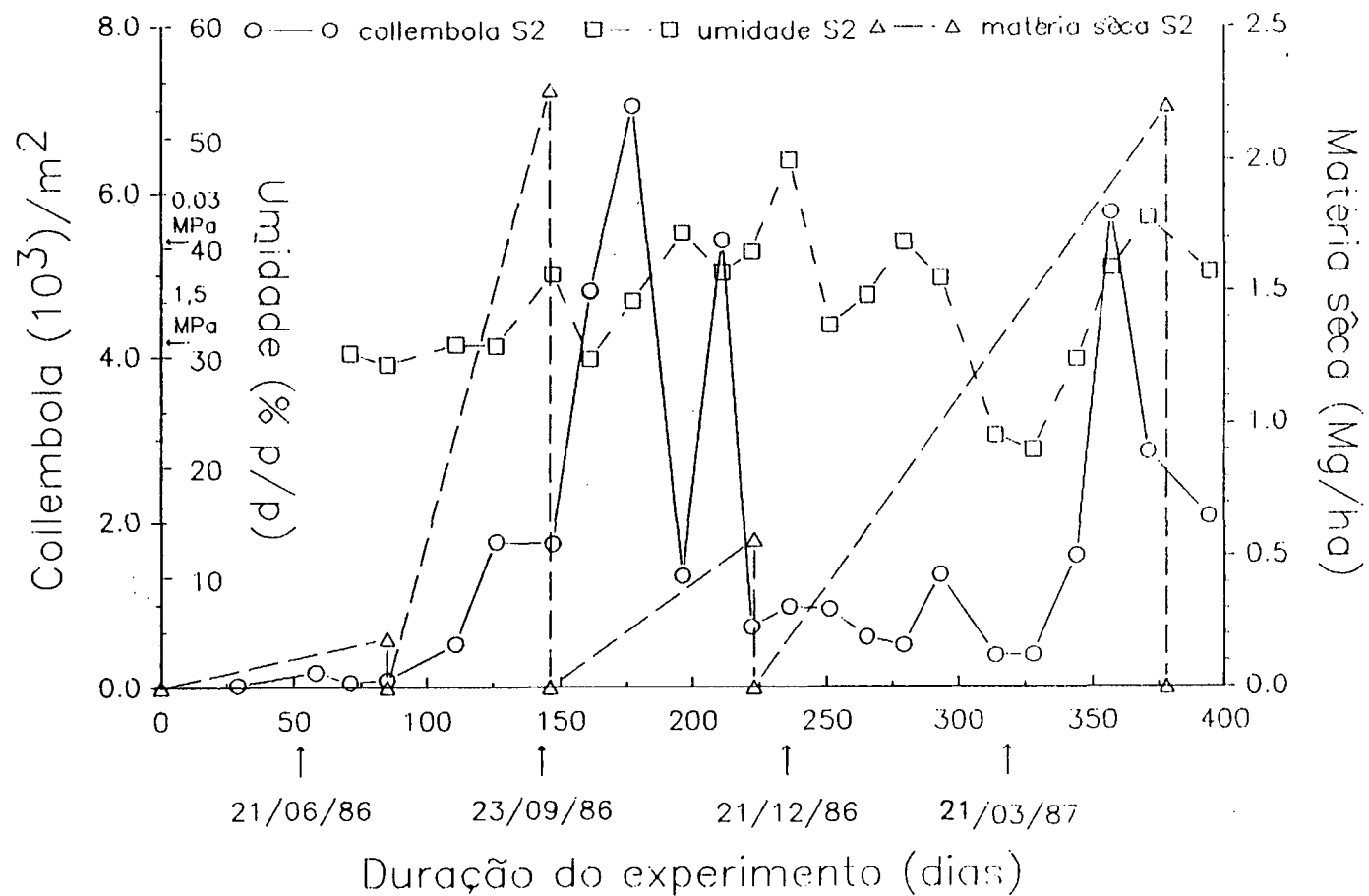
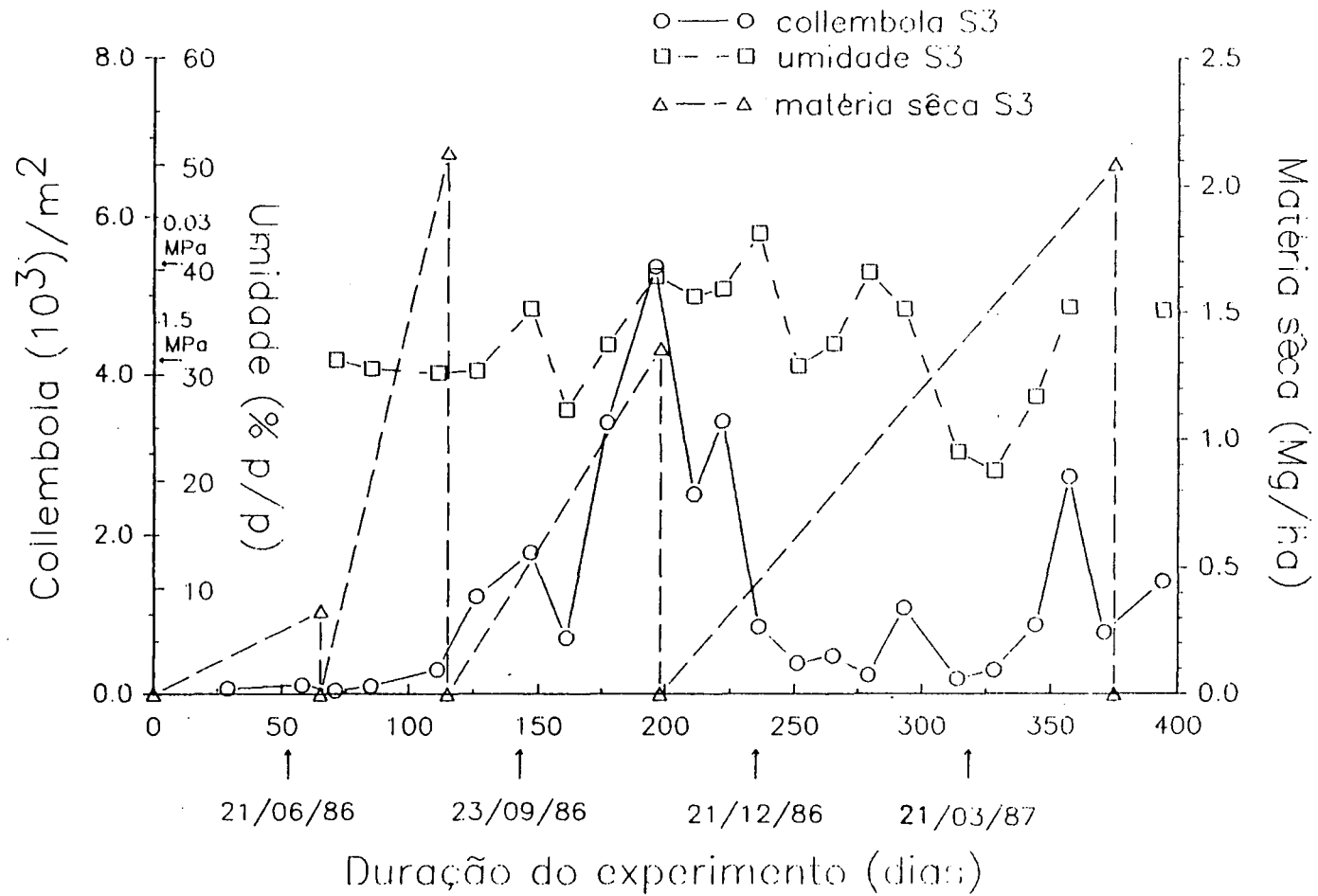


FIGURA 34. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA EM 23 ÉPOCAS DOS PERCENTUAIS DE UMIDADE ATUAL DO SOLO (g/100 g) EM 21 ÉPOCAS E UMIDADE RETIDA ÀS TENSÕES DE 0,03 E 1,5 MPa SOB A SUCESSÃO DE CULTURAS 3. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



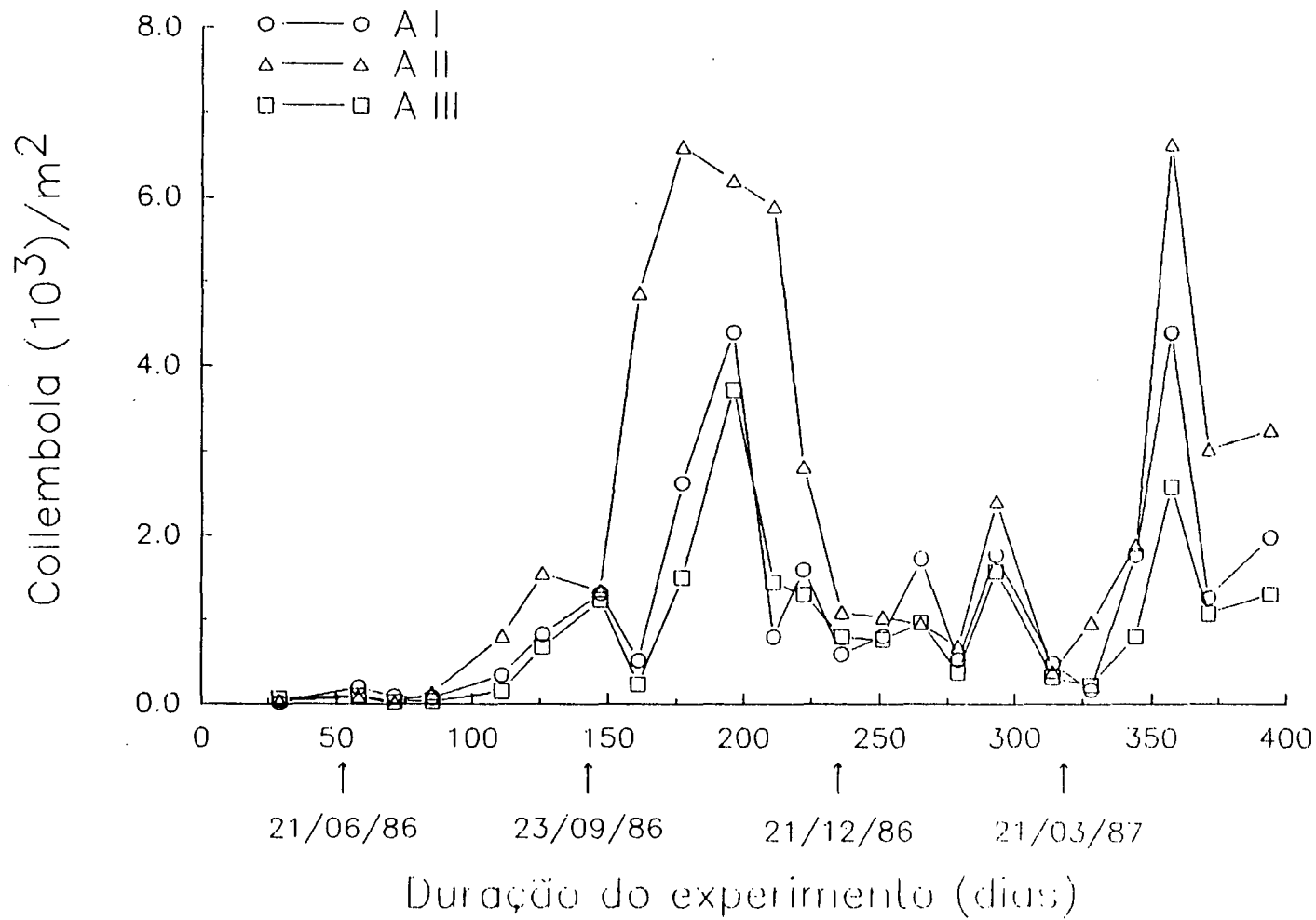
4.3.2.2 A influência das adubações (fator A) sobre os Collembola - Para o fator A (adubação) o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade detectou diferenças significativas somente na 8.^a época de amostragem efetuada em 08/10/86 (Tabela 61 e Figura 30) quando o número de Collembola foi maior sob a adubação II (esterco + mineral) seguido pela Adubação I (lixo + mineral) e pela adubação III (mineral). Para as demais épocas (4.^a, 5.^a, 11.^a, 17.^a, 19.^a e 21.^a) efetuadas em 25/07/86, 19/08/86, 27/11/86, 17/02/87, 22/03/87 e 22/04/87 (Tabelas 57, 58, 64, 65, 67 e 68 e Figura 30) o mesmo teste não detectou diferenças significativas. Entretanto, nota-se uma tendência no número de Collembola por metro quadrado ser maior sob a adubação II seguido pela adubação I e em seguida pela adubação III (Figura 35 e Tabela 69).

Similarmente ao que foi descrito para os Acari, a tendência à superioridade numérica dos Collembola contados sob as adubações orgânicas (Adubações I e II) ocorre devido a efeitos indiretos.

Apesar das diferentes adubações não terem proporcionado diferenças significativas em termos de produção de matéria seca (item 4.2.3) estas proporcionaram diferenças significativas nos teores de carbono total do solo (item 4.2.2.1.2) proporcionando maiores teores para as adubações orgânicas.

Tais considerações justificariam a tendência dos níveis populacionais de Collembola serem mais elevados sob as adubações orgânicas uma vez que de acordo com EDWARDS & LOFTY citados por MITRA *et alii*⁷⁹ e CHRISTIANSEN citado por MARSHALL⁷¹ a abundância dos Collembola é beneficiada pelas adubações orgânicas.

FIGURA 35. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA EM 23 ÉPOCAS SOB AS ADUBAÇÕES I, II E III.
 SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987



A flutuação populacional de Collembola sob diferentes adubações empregadas poderá ser observada na Figura 35 e na Tabela 69.

4.3.2.3 A influência das interações entre as sucessões de culturas e adubação (fatores A x B) sobre os Collembola - Quanto às interações entre o fator A e B (adubações e sucessões de culturas), quando o fator B foi comparado dentro de A o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade detectou diferenças significativas na 6.^a amostragem efetuada em 03/09/86 (Tabela 59) somente dentro da adubação II (esterco + mineral), sendo que nesta a sucessão de culturas 2 (gramíneas + leguminosas anuais) se mostrou superior às demais, e na 18.^a amostragem efetuada em 10/03/87 (Tabela 66) somente dentro da adubação I (lixo + mineral) sendo que nesta a sucessão de culturas 1 (gramíneas + leguminosas perenes) se mostrou superior às demais. Para as demais interações de B em A não foram verificadas diferenças significativas.

Quando o fator A (adubação) foi comparado dentro de B (sucessão de culturas) o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade detectou diferenças na 6.^a, 8.^a, 9.^a e 11.^a amostragens efetuidas em 03/09/86, 08/10/86, 24/10/86 e 27/11/86 (Tabelas 59, 61, 62 e 64). Nestes casos, dentro da sucessão 2 (gramíneas + leguminosas anuais), a adubação II (esterco + adubo mineral) sempre se mostrou superior; já dentro da sucessão 3 (gramíneas + leguminosas anuais), as adubações I (lixo + mineral) e III (mineral) se mostraram superiores quanto ao número de Collembola por metro quadrado na 6.^a amostragem (Tabela 59), nas demais não foram detectadas

TABELA 57. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO
 AMOSTRADOS EM 24/07/86 (4.^a AMOSTRAGEM) . SÃO MATEUS
 DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	25	99	99	75 a
Adubação II Esterco + mineral	75	149	149	124 a
Adubação mineral III	25	25	50	33 a
Média	42 A	91 A	99 A	77

Comparação entre linhas: a

Comparação entre colunas: A ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

TABELA 58. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO
 AMOSTRADOS EM 19/08/86 (5.^a AMOSTRAGEM) . SÃO MATEUS
 DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	696	149	174	340 a
Adubação II Esterco + mineral	572	1194	647	804 a
Adubação mineral III	124	224	99	149 a
Média	464	522	307	431

Comparação entre linhas: a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

TABELA 59. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 03/09/86 (6.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	75 aA	348 bA	2065 aA	829
Adubação II Esterco + mineral	50 aB	4204 aA	398 bB	1550
Adubação mineral III	50 aA	746 bA	1219 aA	672
Média	58 B	1766 A	1227 AB	1017

Comparação entre linhas: a > b

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 60. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 24/09/86 (7.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	572	1766	1592	1310
Adubação II Esterco + mineral	249	2686	1094	1343
Adubação mineral III	273	771	2662	1235
Média	365 A	1741 A	1783 A	1296

Comparação entre colunas: A (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 61. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 08/08/86 (8.^a AMOSTRAGEM) . SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	99 aA	274 bA	1169 aA	514 ab
Adubação II Esterco + mineral	75 aB	14080 aA	423 aB	4859 a
Adubação mineral III	124 aA	50 aA	522 aA	232 b
Média	99 B	4801 A	704 B	1868

Comparação entre linhas: a > b

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 62. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 24/10/86 (9.^a AMOSTRAGEM) . SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas Tratamento nas parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	224 aA	6343 abA	1293 aA	2620
Adubação II Esterco + mineral	323 aB	14204 aA	5274 aAB	6600
Adubação mineral III	274 aA	597 bA	3632 aA	1501
Média	274 B	7048 A	3400 AB	3574

Comparação entre linhas: a > b

Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 63. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 12/11/86 (10.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	1940	7015	4229	4395
Adubação II Esterco + mineral	1791	12861	3955	6202
Adubação mineral III	1045	2189	7935	3723
Média	1592 A	7355 A	5373 A	4773

Comparação entre colunas: A (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 64. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 27/11/86 (11.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	224 aA	1841 bA	323 aA	796 a
Adubação II Esterco + mineral	274 aB	14204 aA	3209 aB	5895 a
Adubação mineral III	124 aA	224 bA	3980 aA	1443 a
Média	207 B	5423 A	2504 AB	2711

Comparação entre linhas: a > b

Comparação entre colunas: A > b (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 65. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 17/02/87 (17.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Tratamento nas parcelas				
Adubação I Lixo + mineral	4552	522	224	1766 a
Adubação II Esterco + mineral	1890	3408	1890	2396 a
Adubação mineral III	3407	174	1144	1575 a
Média	3283	1368	1086	1912

Comparação entre linhas: a (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 66. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO AMOSTRADOS EM 10/03/87 (18.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Tratamento nas parcelas				
Adubação I Lixo + mineral	846 aA	547 aAB	50 aB	481
Adubação II Esterco + mineral	348 aA	497 aA	298 aA	381
Adubação mineral III	622 aA	99 aA	224 aA	315
Média	605 A	381 AB	191 B	392

Comparação entre linhas: a
 Comparação entre colunas: A > B (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 67. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO
 AMOSTRADOS EM 22/03/87 (19.^a AMOSTRAGEM). SÃO MATEUS
 DO SUL, PR. 1987

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	373	75	50	166 a
Adubação II Esterco + mineral	1378	846	721	962 a
Adubação mineral III	298	249	124	224 a
Média	663 A	390 A	298 A	450

Comparação entre linhas: a

Comparação entre colunas: A (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 68. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO
 AMOSTRADOS EM 22/04/87 (21.^a AMOSTRAGEM) . SÃO MATEUS
 DO SUL, PR. 1987

Tratamentos nas sub-parcelas	Sucessão de ¹ culturas Gramíneas + Leguminosas perenes	Sucessão de ² culturas Gramíneas + Leguminosas anuais	Sucessão de ³ culturas Gramíneas anuais	Média
Adubação I Lixo + mineral	6045	6617	522	4395 a
Adubação II Esterco + mineral	6691	9453	3756	6633 a
Adubação mineral III	2612	1194	3905	2570 a
Média	5116	5755	2728	4533

Comparação entre linhas: a (p < 0,05) pelo teste de Tukey

TABELA 69. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO, COLETADOS À PROFUNDIDADE DE 0-15 cm EM 23 ÉPOCAS. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Época 1	Época 2	Época 3	Época 4	Época 5	Época 6	Época 7	Época 8	Época 9	Época 10	Época 11	Época 12	Época 13	Época 14	Época 15
		29/05/86	27/06/86	10/07/86	24/07/86	19/08/86	24/09/86	08/10/86	24/10/86	12/11/86	21/11/86	27/11/86	08/12/86	22/12/86	06/01/87	20/01/87
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	0	259	50	25	696	75	572	99	224	1940	224	3084	1169	1070	4328
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	0	149	149	99	149	348	1766	274	6343	7015	1841	1617	323	1144	373
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	50	199	75	99	174	2065	1592	1169	1293	4229	323	99	274	199	473
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	0	0	0	75	572	50	249	75	323	1791	274	149	696	1542	1368
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	50	149	25	149	1194	4204	2686	14080	14204	12861	14204	373	2363	1244	895
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	50	99	25	149	647	398	1094	423	5274	3955	3209	7910	199	298	597
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	50	0	50	25	124	50	273	124	274	1045	124	1468	75	1169	1990
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	50	249	0	25	224	746	771	50	597	2189	224	199	249	448	547
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	100	50	25	50	99	1219	2662	522	3632	7935	3980	2239	2065	672	373
Média Global																
1. Lixo + Mineral	-	17	199	91	75	340	829	1310	514	2620	4395	796	1600	589	804	1725
2. Esterco + Mineral	-	33	83	16	124	804	1550	1343	4859	6600	6202	5895	2811	1086	1028	953
3. Adubação mineral	-	66	99	25	33	149	672	1235	232	1501	3723	1443	1302	796	763	970
-	Média global															
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	17	83	33	42	464	58	365	99	274	1592	207	1567	647	1260	2562
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	33	182	58	91	522	1766	1741	4801	7048	1355	5823	730	978	945	605
-	3. Gramíneas anuais	67	116	42	99	307	1227	1783	704	3400	5373	2504	3416	846	390	481
Média Global		39	127	44	77	431	1027	1296	1868	3574	4773	2711	1904	824	865	1216

Continua

TABELA 69. MÉDIAS DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO, COLETADOS À PROFUNDIDADE DE 0-15 cm EM 23 ÉPOCAS. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987 (Continuação)

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Época 16	Época 17	Época 18	Época 19	Época 20	Época 21	Época 22	Época 23
		03/02/87	17/02/87	10/03/87	22/03/87	09/04/87	22/04/87	06/05/87	25/05/87
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	995	4552	846	373	3507	6045	1393	2786
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	398	522	547	75	1343	6617	2065	2014
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	174	224	50	50	448	522	323	1119
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	846	1890	348	1318	1816	6691	2885	5348
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	871	3408	497	846	2587	9453	5746	3358
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	323	1890	298	721	1244	3756	423	1020
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	647	3407	622	298	597	2612	895	920
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	249	174	99	249	871	1194	746	846
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	224	1144	224	124	920	3905	1592	2139
Média Global									
1. Lixo + Mineral	-	522	1766	481	166	1766	4395	1260	1973
2. Esterco + Mineral	-	680	2396	381	962	1882	6633	3018	3242
3. Adubação mineral	-	373	1575	315	224	796	2570	1078	1302
-	Média global								
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	829	3283	605	663	1973	5116	1724	3018
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	506	1368	381	390	1600	5755	2852	2073
-	3. Gramíneas anuais	240	1086	191	298	871	2728	779	1426
Média Global		525	1912	392	450	1481	4533	1785	2172

diferenças. Dentro da sucessão de culturas 1 (gramíneas + leguminosas anuais) não houve diferenças estatísticas entre as médias do número de Collembola por metro quadrado.

4.3.3 A flutuação populacional dos Acari e Collembola em função das estações do ano

Apesar de somente terem sido efetuadas amostragens no decorrer de um ano, as Figuras 25, 26, 27, 28, 32, 33 e 34 demonstram nitidamente a flutuação da população de Acari e Collembola. O estabelecimento da população foi mais efetivo à medida que concretizou-se o estabelecimento das culturas implantadas, dados estes concordantes com os obtidos por GREENSLADE & MAJER⁴⁴.

Tanto para os Acari, como para os Collembola foram detectados picos populacionais na primavera e no outono (Figuras 23, 25, 31 e 35) em acordo com os achados de EDWARDS & THOMPSON citados por MALLOW *et alii*⁷⁰ e BEHAN *et alii*⁵. Também GLASGOW; BELLINGER; HAARLOV; POOLE; DHILLON & GIBSON todos citados por WALLWORK¹¹⁸ observaram picos populacionais na primavera e inverno; por outro lado THOMPSON citado por MALLOW *et alii*⁷⁰ detectaram picos no inverno; MALLOW *et alii*⁷⁰ e BEHAN *et alii*⁵ verificaram picos populacionais de Acari e/ou Collembola no verão, sendo que MARSHALL citado por BEHAN *et alii*⁵ detectou picos durante todas as estações do ano e SHADDY & BUTCHER citados por MALLOW *et alii*⁷⁰ não puderam observar picos populacionais nestes períodos. No entanto, WALLWORK; HARDING citados por BEHAN *et alii*⁵, afirmam que a concentração dos picos populacionais dos seres da mesofauna recaem sobre as estações de outono e inverno.

Entretanto, torna-se mais importante o conhecimento das causas que levam a estes aumentos na população da fauna do solo e não somente às épocas em que elas ocorrem (efeitos). Vários autores citam que a distribuição dos Collembola e Acari do solo é influenciada pela temperatura, umidade, disponibilidade de alimentos, manejo do solo e outros fatores (BUTCHER *et alii* citados por USHER¹⁰⁹ e TAKEDA¹⁰³).

4.3.3.1 A influência da umidade sobre a mesofauna - O teor de umidade do solo exerce influência sobre a distribuição vertical da mesofauna do solo (WALLWORK¹¹⁸; USHER¹¹⁰; LEETHAN *et alii*⁶⁴; TAKEDA¹⁰³). Esta de acordo com BURSELL citado por VERHOEF¹¹³ é o principal fator de influência sobre a mesofauna.

MADYE e HAVES citados por WALLWORK¹¹⁸ demonstram diferentes respostas da mesofauna à umidade. POOLE citado por WALLWORK¹¹⁸ estabeleceu correlação entre a profundidade, teor de umidade e o número de Collembola. DANTAS²³ não encontrou correlação entre o número de Collembola e a umidade do solo, mas encontrou correlação positiva entre o número e a umidade relativa do ar e negativa com a precipitação.

As Figuras 26, 27, 28, 32, 33 e 34 dão uma idéia da variação do número de Acari e Collembola em relação à variação da umidade. Aparentemente não se nota qualquer relação entre os teores de umidade a 5 cm e o número de Acari ou Collembola na presente situação.

Tais constatações levam a resultados pouco conclusivos os quais sem o auxílio de instrumental estatístico adequado (estudo de correlação) não permitem afirmações categó-

ricas, no que diz respeito às relações entre a umidade e a variação da população da mesofauna (Acari e Collembola).

4.3.4 Os Acari e Collembola como indicadores da recuperação de solos degradados

Apesar das citações encontradas na literatura como a de que a utilização de bioindicadores é adequada para estudo dos limites críticos abaixo dos quais as comunidades não podem ser degradadas (HEYDERMANN⁴⁸), torna-se difícil no atual estágio em que a pesquisa encontra-se principalmente a nível de clima sub-tropicais a classificação em termos absolutos, dos níveis populacionais de animais do solo encontrados em determinada situação em níveis categóricos. É difícil afirmar que esta ou aquela interação encontra-se em determinado momento mais ou menos desenvolvida ou equilibrada biologicamente, mesmo quando análises comparativas são realizadas devido aos inúmeros fatores que exercem influência sobre os organismos do solo de forma individualizada e/ou conjunta.

BUTCHER *et alii* citados por USHER¹⁰⁹ citam que a fauna do solo é influenciada pela dinâmica da água do solo, temperatura, duração do dia, microclima, estação do ano, fonte e disponibilidade de alimentos, microflora e vegetação, o que dá uma idéia da complexidade em se utilizar os Acari e Collembola como bioindicadores. Por outro lado SHEALS citado por ANDRÉN & LAGERLOF¹ citam que os Collembola recolonizam o solo mais rapidamente que os Acari e WALLWORK¹¹⁸ cita que as espécies de Collembola demonstram diferentes graus de tolerância aos vários fatores ambientais, o que indica mais

uma vez a dificuldade, mas por outro lado a possibilidade de utilizar representantes da mesofauna como indicadores da sua recuperação. Tal possibilidade poderia talvez ser concretizada desde que fossem caracterizados os fatores ambientais e a composição das espécies para a situação em que se está trabalhando.

No presente trabalho para o nível de estudo alcançado não foi possível, somente em função da flutuação populacional, estimar-se o nível de recuperação alcançado, problema este agravado ainda pela impossibilidade temporal e instrumental de se classificar os organismos trabalhados a nível de espécie.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Dentro das condições de realização do presente trabalho, os resultados permitem as seguintes conclusões:

- a) Estatisticamente a área experimental por ocasião da instalação do experimento apresentava-se uniforme sob o ponto de vista dos seguintes parâmetros: granulometria, densidade do solo e da partícula, umidade a 1/3 a 15 atm, estabilidade de agregados em água, fertilidade química e teores micronutrientes totais;
- b) As diferentes adubações, diferentes sucessões de culturas e suas interações, não proporcionaram diferenças estatísticas significativas na estabilidade de agregados em água expressa pelo Diâmetro Médio Ponderado (DMP) no final do período de estudo;
- c) A estabilidade de agregados em água, expressa pelo Diâmetro Médio Ponderado (DMP) demonstrou uma tendência à elevação após o intervalo de 10 meses entre as amostragens, para todos os tratamentos adotados;
- d) Os teores de umidade atual tenderam a ser maiores sob as sucessões de culturas 2 (gramíneas + leguminosas anuais) e

3 (gramíneas) e sob as adubações organo minerais (adubação I e II);

e) De maneira geral a fertilidade química do solo à profundidade de 0-15 cm foi melhorada no período estudado. Os teores de alumínio trocável se mostraram ausentes, os teores de cálcio mais magnésio foram elevados. O nível de potássio estabilizou-se na categoria de boa disponibilidade. O fósforo no final do experimento apresentou níveis baixos, provavelmente em função das adubações de manutenção para a cultura de verão terem sido efetuadas a lanço na superfície do solo;

f) Os níveis de carbono no final do experimento foram maiores sob as adubações organo minerais (Adubação I e II);

g) A produção total de matéria seca das sucessões de culturas forrageiras 2 e 3 foi superior à da sucessão 1. No entanto as épocas em que foram realizados os cortes, em número de 4 foram distintos e distribuídas no decorrer do ano de estudo. A utilização integrada da sucessão de culturas 1 (gramíneas + leguminosas perenes) com a sucessão de culturas 2 (gramíneas + leguminosas anuais) ou com a sucessão de culturas 3 (gramíneas anuais) proporciona um sistema de boa produção, onde a oferta de forragem de boa qualidade ocorre durante todo o ano;

h) As sucessões de culturas 2 e 3 propiciaram um recobrimento da superfície do solo mais rápido. Sendo que após o

estabelecimento das espécies utilizadas na sucessão 1 a cobertura do solo também se mostrou bastante satisfatória;

i) Não foram detectadas diferenças estatísticas entre as diferentes adubações empregadas no que concerne à produção de matéria seca;

j) As leguminosas (cornichão e trevo branco) contribuíram com mais de 90% da matéria seca produzida pela sucessão de culturas 1 a cada corte, tendo participação pouco expressiva na sucessão de culturas 2 (menor que 10% dentro de cada corte);

k) A sucessão de culturas 1 foi auto suficiente em nitrogênio no período estudado;

l) Quando a semeadura das espécies da sucessão 1 é realizada no outono/inverno é interessante que sejam consorciadas com outras espécies anuais de forma a possibilitar cobertura do solo mais rápida;

m) Aparentemente não houve relação entre o teor de umidade atual do solo a 5 cm de profundidade e o número de Acari e Collembola;

n) Foram caracterizados dois picos populacionais de Acari e Collembola no decorrer do ano estudado. O primeiro pico foi detectado na primavera e o segundo no outono;

- o) As sucessões de culturas demonstraram exercer efeitos sobre os Acari e Collembola, possivelmente exercido pelo seu sistema radicular;
- p) As adubações exerceram maior influência sobre os Acari e Collembola que as sucessões de culturas. Tal influência ocorreu provavelmente em função do estímulo indireto das adubações sobre o sistema radicular das plantas ali estabelecidas;
- q) Não foram detectadas diferenças nos teores extraíveis de cálcio, magnésio, potássio e fósforo entre as adubações empregadas, tampouco entre as sucessões de culturas;
- r) Não foram detectadas diferenças estatísticas nos diâmetros médios ponderados (DMP) de agregados entre as adubações e sucessões de culturas;
- s) Os níveis de carbono sofreram pequeno incremento no período estudado, devido ao pequeno tempo de observação (aproximadamente um ano) insuficiente para detectar os efeitos do sistema radicular das sucessões de culturas, sobre os teores de carbono no solo, e devido à única dosagem, relativamente baixa (10 toneladas por hectare) de fertilizante orgânico aplicado, insuficiente para induzir aumentos significativos nos teores de carbono em função do tempo;
- t) As culturas implantadas no verão (sucessões 2 e 3) tiveram uma produtividade considerada baixa (49 corte) devido

principalmente aos problemas climáticos ocorridos na região, quando a precipitação foi insuficiente;

u) Dentro dos manejos dados à área experimental, e pelas produtividades alcançadas pode-se afirmar que do ponto de vista agrícola o solo está em processo de recuperação, necessitando no entanto, elevar seu nível de produtividade;

v) Uma vez que o solo, antes de sofrer o processo de degradação pela mineração não foi caracterizado, não é possível somente com os presentes dados se afirmar que o mesmo foi recuperado ou está em vias de recuperar algumas de suas características físicas, químicas e biológicas originais. No entanto, devido ao tipo de manejo dado parece muito difícil recuperar tais características;

w) Tendo em vista a resposta das espécies forrageiras empregadas, aos manejos dados à área experimental, e em virtude das tendências obtidas nos parâmetros químicos, físicos e biológicos em relação ao tempo, a parte aérea produzida pode ser utilizada como forragem, desde que se mantenha certa área foliar residual sobre a superfície que impeça o desencadeamento dos processos erosivos.

Recomenda-se que:

a) O presente experimento seja conduzido por mais alguns períodos de modo a confirmar as tendências obtidas no primeiro ano de resultados;

- b) A adubação I (lixo urbano + adubo mineral) seja substituída por esterco de curral + adubo mineral com dosagens diferenciadas em relação à adubação III; caracterizando níveis de adubação orgânica;
- c) As adubações orgânicas continuem a ser efetuadas semestral ou anualmente de modo a melhor caracterizar sua influência sobre a mesofauna do solo;
- d) As unidades do solo que compõem a área a ser minerada nos próximos anos sejam levantadas e caracterizadas de forma detalhada e que as unidades mais representativas sejam testadas nos moldes aqui efetuados. Assim poder-se-á extrapolar mais seguramente os resultados e avaliar a recuperação a partir da situação anterior à degradação;
- e) Para melhor caracterização da mesofauna seja efetuada uma classificação, se possível, até o nível de espécie quando partir de então poder-se-á utilizá-la como bioindicador;
- f) Para avaliação correta da dinâmica populacional da mesofauna seja avaliada também a flutuação na vegetação imediatamente acima da superfície do solo e na camada imediatamente abaixo de 5 cm de profundidade;
- g) Que se fontes de matéria orgânica para adubação, originadas do meio urbano forem utilizadas para auxiliar o processo de recuperação do solo, seja efetuada a sua pré-avaliação em termos de níveis de patógenos e metais pesados;

- h) Sejam testadas outras espécies e cultivares anuais e perenes de modo a avaliar seus potenciais produtivos e seus efeitos sobre o solo;
- i) Sejam avaliados os efeitos das culturas e adubação no solo também em profundidade;
- j) O solo seja amostrado a intervalos de profundidade menores (0-5, 5-10, 10-20) para fins de análises químicas e de estabilidade de agregados;
- k) Sejam desenvolvidos estudos de modo a avaliar o comportamento do sistema radicular das sucessões de culturas.

SUMMARY

In this work we evaluated the influence of forage crop rotations and fertilizer additions over the recovery of selected physical, chemical and biological characteristics of a replacement soil at a strip oil shale mine of the Irati formation at São Mateus do Sul, Paraná State, Brasil. After the kerogen is extracted, the overburden material returns to the open mine and it is then covered by soil with mixed horizons. The soil was probably an association of clayey Latossolo Vermelho-Escuro Álico + Terra Bruna Estruturada Similar Álica. The experimental design was completely randomized blocks with sub blocks with four replicates. The fertilizer additions were: (I) - urban garbage + chemical fertilizer; (II) cattle manure + chemical fertilizer; (III) chemical fertilizer. The forage crop rotations were (1) permanent grasses and legumes: birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.), white clover (*Trifolium repens* L.) and pensacola bahia grass (*Paspalum notatum* Flüg C.V. Saurae); (2) annual grasses and legums: black oats (*Avena strigosa* Sereb), annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.); subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.); Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench.); Cowpea (*Vigna sinensis* Endl.) and rye (*Secale cereale*); (3) annual grasses, the same as used in rotation 2. The experiment lasted one year. The parameters evaluated were: aggregate stability in water, chemical fertility, forage yield, soil moisture 0 to 5 cm and Acari and Collembola population fluctuations. In general the fertilizer addition showed no significant differences in the aggregate stability, in the chemical fertility and in forage yields. The crop rotations also showed no significant differences in those parameters. The Acari and Collembola populations were influenced by the fertilizer additions and the forage rotations. The DMP and the mesofauna increased and the fertility was improved.

APÊNDICES

APÊNDICE 1. OBSERVAÇÕES METEOROLÓGICAS DO MUNICÍPIO DE SÃO MATEUS DO SUL-PR, NO PERÍODO DE
OUTUBRO DE 1985 A MAIO DE 1987

Meses	Temperatura média das mínimas* (°C)	Temperatura média das máximas* (°C)	Precipitações ocorridas* (mm)
MAI/86	10,40	21,20	125,6
JUN/86	8,50	18,47	15,1
JUL/86	9,90	17,02	18,1
AGO/86	9,72	19,12	96,9
SET/86	9,10	21,42	153,6
OUT/86	12,37	24,25	133,1
NOV/86	13,77	26,37	142,8
DEZ/86	16,45	25,52	304,0
JAN/87	19,2	31,8	167,1
FEV/87	18,3	30,4	169,3
MAR/87	16,1	33,3	10,0
ABR/87	15,6	27,3	6,9
MAI/87	9,3	19,5	381,8
MÉDIA DO PERÍODO	-	-	1724,3
TOTAL ACUMULADO	-	-	1724,3

Fonte: * PETROBRAS - SIX, 1987

APÊNDICE 2. RESULTADOS ANALÍTICOS DA FERTILIDADE DO SOLO DE AMOSTRAS COLETADAS DE 0-15 cm DE PROFUNDIDADE. AMOSTRAGEM INICIAL OBJETIVANDO CALAGEM E ADUBAÇÃO. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1985

Nº da amostra	pH CaCl ₂	Al me%	Ca + Mg me%	K me%	H + Al me%	T me%	V%	C%	P ppm
01	4,2	3,7	0,5	0,05	5,37	9,62	5,7	0,4	2
02	4,1	3,0	0,8	0,05	5,37	9,22	9,2	0,5	2
03	4,3	1,5	0,9	0,03	2,89	5,32	17,5	0,5	2
04	3,9	4,3	0,6	0,21	4,66	9,77	8,3	0,1	2

APÊNDICE 3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS ADUBOS ORGÂNICOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1985

Produto	Dosagem úmida (kg/ha)	Dosagem seca (kg/ha)	Teor umidade (%)	Densidade	Carbono (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Ca (%)	Mg (%)	Relação C/N
Composto Lixo urbano 1*	10.000	7.550	24,5	0,60	7,4	1,22	0,62	1,84	0,08	0,50	6,1
Esterco Curral 2*	10.000	4.980	50,2	0,69	8,6	0,95	0,41	1,49	0,50	1,16	9,0

1* Originado da Usina de Reciclagem de Cornélio Procópio, PR

2* Originado da Propriedade do Sr. Manoel Oliva São Mateus do Sul, PR

APÊNDICE 4. MÉDIA GLOBAL DE NOVE AMOSTRAS POR PROFUNDIDADE DOS TEORES DE NUTRIENTES TROCÁVEIS, EM SÍTIOS ONDE AS PLANTAS SE DESENVOLVERAM BEM E MAU. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Bom Desenvolvimento

Profundidade (cm)	pH CaCl ₂ 0,01 M	Al+ me%	H+Al me%	Ca + Mg me%	Ca me%	Mg me%	K me%	P ppm	C %
0 - 5	6,1	0,0	2,2	10,4	5,8	4,6	0,37	18	0,9
5 - 10	6,2	0,0	2,2	10,3	5,5	4,7	0,21	6	0,7
10 - 20	5,5	0,1	3,1	8,4	4,1	4,3	0,11	2	0,6
20 - 40	4,8	1,2	4,8	6,4	2,5	3,8	0,10	1	0,5

Mau Desenvolvimento

Profundidade	pH CaCl ₂ 0,01 M	Al+ me%	H+Al me%	Ca + Mg me%	Ca me%	Mg me%	K me%	P ppm	C %
0 - 5	6,2	0,0	2,1	10,4	5,2	5,2	0,26	9	0,5
5 - 10	6,1	0,0	2,2	9,3	4,3	5,0	0,13	2	0,4
10 - 20	5,1	0,4	3,4	7,1	2,7	4,4	0,10	1	0,5
20 - 40	4,2	1,5	4,9	5,0	1,4	3,5	0,09	1	0,5

APÊNDICE 5. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES PERCENTUAIS DE ARGILA (< 0,002 mm), SILTE (> 0,002 E < 0,002 mm), AREIA (> 0,002 E < 0,02 mm) E CASCALHO (> 0,02 < 2 . mm) DA ÁREA EXPERIMENTAL DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM 03/05/86. SÃO MATEUS DO SUL, PR . 1986

Fator	G.L.	Q.M. % Argila	Q.M. % Silte	Q.M. % Areia	Q.M. % Cascalho
Bloco	3	27,682 ^{n.s.}	15,806 ^{n.s.}	1,612 ^{n.s.}	14,774 ^{n.s.}
Adubação	2	103,284 ^{n.s.}	33,624 ^{n.s.}	5,688 ^{n.s.}	4,267 ^{n.s.}
Erro(a)	6	30,428	11,445	1,924	6,643
Sucessão de culturas	2	5,368 ^{n.s.}	0,097 ^{n.s.}	0,954 ^{n.s.}	5,009 ^{n.s.}
Adub. x Suc.de culturas	4	7,486 ^{n.s.}	18,389 ^{n.s.}	3,235*	2,146 ^{n.s.}
Erro (b)	18	13,669	8,591	0,775	1,985
CV(%)	-	4,7	22,0	14,9	82,9

n.s. Diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

* Diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

** Diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

QM Quadrado médio

APÊNDICE 5a. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS DENSIDADES DO SOLO DE AMOSTRAS COLETADAS DE 1-4 E 5-8 cm DE PROFUNDIDADE E DAS DENSIDADES DA PARTÍCULA DE AMOSTRAS COLETADAS DE 1-15 cm DE PROFUNDIDADE. SÃO MATEUS DO SUL, PR

Fator	G.L.	QM da densidade do solo		QM da densidade da partícula
		Profundidade 1 - 4 cm	Profundidade 5 - 8 cm	Profundidade 0-15 cm
Bloco	3	0,009 n.s.	0,021 n.s.	0,001 n.s.
Adubação	2	0,011 n.s.	0,012 n.s.	0,005*
Erro(a)	6	0,008	0,005	0,001
Sucessão de culturas	2	0,004 n.s.	0,012 n.s.	0,004 n.s.
Adub. x Suc. de culturas	4	0,006 n.s.	0,006 n.s.	0,000 n.s.
Erro(b)	17	0,004	0,007	0,002
CV(%)	-	6,8	8,6	1,6

n.s. Diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

* Diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

** Diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

QM Quadrado médio

APÊNDICE 6. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE UMIDADE ATUAL DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS À PROFUNDIDADE DE 0-5 cm DE 20 ÉPOCAS (ÉPOCA 2, 10/07/86; 3, 24/07/86; 4, 19/08/86; 5, 03/09/86; 6, 23/09/86; 7, 07/10/86; 8, 24/10/86; 9, 13/11/86; 10, 27/11/86; 11, 08/12/86; 12, 23/12/86; 13, 06/01/87; 14, 20/01/87; 15, 03/02/87; 16, 17/02/87; 17, 10/03/87; 18, 25/03/87; 19, 10/04/87, 20, 22/04/87; e 22, 29/05/87)

Fator	Capacidade de retenção de umidade a 0,03 e 1,5 MPa			Quadrado Médio (QM) dos teores de umidade atual de 22 amostras coletadas em 22 épocas distintas e Graus de Liberdade (GL)																	
	GL	QM - 1/3 atm	QM -15 atm	GL ₂	QM ₂	GL ₃	QM ₃	GL ₄	QM ₄	GL ₅	QM ₅	GL _{6,7,8}	QM ₆	QM ₇	QM ₈	GL ₉	QM ₉	GL _{10,11}	QM ₁₀	QM ₁₁	GL _{12,13}
Bloco	3	66,352**	9,796 ^{ns}	8	23,059 ^{ns}	1	10,830	3	7,244	3	5,623	3	7,942 ^{ns}	8,950 ^{ns}	45,883 ^{ns}	3	20,009 ^{ns}	3	10,186 ^{ns}	14,024 ^{ns}	3
Adubação	2	1,287 ^{ns}	2,829 ^{ns}	2	11,943 ^{ns}	2	0,602	2	78,045	2	84,249	2	78,305*	115,314**	145,764*	2	124,551**	2	11,034 ^{ns}	56,601**	2
Erro(a)	6	4,585	5,994	6	10,236	-	-	-	-	-	-	6	13,980	8,271	15,635	6	7,647	6	6,661	5,136	6
Suc. de Cult.	2	1,095 ^{ns}	1,146 ^{ns}	2	34,326**	2	12,211 ^{ns}	2	185,524**	2	159,397**	2	56,288*	71,029**	34,842 ^{ns}	2	26,545 ^{ns}	2	11,579*	5,566 ^{ns}	2
Adubações x Suc. de Cult.	4	3,346 ^{ns}	0,983 ^{ns}	4	3,885 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	4	44,445 ^{ns}	64,121**	64,789*	4	40,548*	4	3,867 ^{ns}	12,744 ^{ns}	4
Erro (b)	17	1,109	1,353	16	5,385	9	4,943	21	23,049	20	22,356	18	13,363	6,37	16,063	17	13,288	18	1,947	8,161	17
CV(X)	-	2,6	3,7	-	7,7	-	7,5	-	17,1	-	16,8	-	10,2	9,3	12,0	-	9,2	-	3,8	7,3	-

ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

*: diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

** : diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

Continua

APÊNDICE 6. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE UMIDADE ATUAL DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS À PROFUNDIDADE DE 0-5 cm DE 20 ÉPOCAS (ÉPOCA 2, 10/07/86; 3, 24/07/86; 4, 19/08/86; 5, 03/09/86; 6, 23/09/86; 7, 07/10/86; 8, 24/10/86; 9, 13/11/86; 10, 27/11/86; 11, 08/12/86; 12, 23/12/86; 13, 06/01/87; 14, 20/01/87; 15, 03/02/87; 16, 17/02/87; 17, 10/03/87; 18, 25/03/87; 19, 10/04/87; 20, 22/04/87; e 22, 29/05/87)
(Continuação)

Fator	QM ₁₂	QM ₁₃	GL _{14 a 20 e 22}	QM ₁₄	QM ₁₅	QM ₁₆	QM ₁₇	QM ₁₈	QM ₁₉	QM ₂₀	QM ₂₂
Bloco	43,770 ^{ns}	6,571 ^{ns}	3	57,613 ^{ns}	14,694 ^{ns}	8,866 ^{ns}	6,993 ^{ns}	12,990 ^{ns}	4,296 ^{ns}	4,731 ^{ns}	2,586 ^{ns}
Adubação	129,054*	28,590 ^{ns}	2	154,172*	41,335 ^{ns}	47,088 ^{ns}	11,412 ^{ns}	0,674 ^{ns}	24,694 ^{ns}	14,085 ^{ns}	72,055*
Erro(a)	20,204	15,660	6	29,775	11,935	10,004	3,892	3,166	18,607	3,789	7,414
Suc. de Cult.	113,614 ^{ns}	43,707 ^{ns}	2	26,959 ^{ns}	12,595 ^{ns}	26,188*	0,597 ^{ns}	1,254 ^{ns}	64,382 ^{ns}	29,309 ^{ns}	17,164 ^{ns}
Adubações x Suc. de Cult.	98,235 ^{ns}	46,203 ^{ns}	4	45,711 ^{ns}	10,804 ^{ns}	18,956*	7,752 ^{ns}	2,757 ^{ns}	12,324 ^{ns}	18,974 ^{ns}	52,100**
Erro (b)	21,742	15,599	18	18,266	9,499	4,599	7,182	5,937	29,220	8,565	8,064
CV(%)	10,7	12,7	-	12,6	7,8	5,9	11,6	11,4	19,5	8,0	7,8

ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

*: diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

** : diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

APÊNDICE 7. ANÁLISE DA VARIÂNCIA DOS DIÂMETROS MÉDIOS PONDERADOS (DMP) E DA PERCENTAGEM DE AGREGADOS (> 4 E < 8, > 2 E < 4; > 1 E < 2; > 0,25 E < 1; < 0,25 mm) DE AMOSTRAS COLETADAS DE 0-15 cm DE PROFUNDIDADE EM DUAS ÉPOCAS DISTINTAS (1.^a COLETA, 10/07/86; E 2.^a COLETA, 29/05/87). SÃO MATEUS DO SUL, PR, 1987

Fonte	GL	Quadrados Médios (QM)						Quadrados Médios (QM)						
		DMP	>4 e < 8 mm	>2 e < 4 mm	>1 e < 2 mm	>0,25 e < 1 mm	< 0,25 mm	DMP	>4 e < 8 mm	> 2 e < 4 mm	> 1 e < 2 mm	> 0,25 e < 1 mm	< 0,25 mm	
		1. ^a coleta	1. ^a coleta	1. ^a coleta	1. ^a coleta	1. ^a coleta	1. ^a coleta	2. ^a coleta	2. ^a coleta	2. ^a coleta	2. ^a coleta	2. ^a coleta	2. ^a coleta	
Bloco	3	0,558**	87,308*	56,764*	29,394 ^{ns}	279,027*	55,795 ^{ns}	3	0,165*	96,036**	30,859 ^{ns}	157,327**	178,604*	64,008 ^{ns}
Adubação	2	0,050 ^{ns}	14,688 ^{ns}	21,017 ^{ns}	32,695 ^{ns}	177,481 ^{ns}	120,401 ^{ns}	2	0,488**	188,958**	17,476 ^{ns}	172,873**	189,314*	75,343 ^{ns}
Erro(a)	6	0,042	13,059	10,228	35,927	49,255	25,926	6	0,022	2,375	11,434	15,564	28,676	29,141
Suc. de Cult.	2	0,017 ^{ns}	1,006 ^{ns}	3,486 ^{ns}	20,104 ^{ns}	13,214 ^{ns}	11,251 ^{ns}	2	0,126 ^{ns}	56,231 ^{ns}	6,060 ^{ns}	13,037 ^{ns}	15,449 ^{ns}	4,219 ^{ns}
Adubações x Suc. de cult.	4	0,040 ^{ns}	11,435*	5,570 ^{ns}	17,606 ^{ns}	23,128 ^{ns}	3,746 ^{ns}	4	0,042 ^{ns}	20,098 ^{ns}	9,205 ^{ns}	17,009 ^{ns}	94,856*	33,477 ^{ns}
Erro(b)	18	0,026	2,888	7,883	13,036	29,465	17,092	17	0,120	33,778	7,589	18,869	29,669	27,288
CV(X)	-	11,5	27,4	21,9	16,5	11,3	37,9	-	20,4	40,4	24,2	24,2	14,4	29,2

ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

*: diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

** : diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

APÊNDICE 8. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$, ALUMÍNIO TROCÁVEL (Al^{3+}), CÁLCIO MAIS MAGNÉSIO ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$), CÁLCIO (Ca^{++}), MAGNÉSIO (Mg^{++}), FÓSFORO (P), POTÁSSIO (K^+), CARBONO (C) E PERCENTAGEM DE SATURAÇÃO DE BASES (V%) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS DE 0-15 cm DE PROFUNDIDADE EM 4 ÉPOCAS DISTINTAS (03/05/86, 24/10/86, 15/01/87 e 29/05/87). SÃO MATEUS DO SUL, PR.

Fator	G.L.	Quadrado Médio $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$				Quadrado Médio Al^{3+} (meZ)				Quadrado Médio $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ (meZ)				Quadrado Médio Ca^{++} (meZ)				Quadrado Médio Mg^{++} (meZ)			
		1. ^a coleta	2. ^a coleta	3. ^a coleta	4. ^a coleta	1. ^a coleta	2. ^a coleta	3. ^a coleta	4. ^a coleta	1. ^a coleta	2. ^a coleta	3. ^a coleta	4. ^a coleta	1. ^a coleta	2. ^a coleta	3. ^a coleta	4. ^a coleta	1. ^a coleta	2. ^a coleta	3. ^a coleta	4. ^a coleta
		Bloco	3	0,328 ^{ns}	0,418 ^{ns}	0,090 ^{ns}	0,490*	0,145 ^{ns}	0,031 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,030 ^{ns}	4,381 ^{ns}	1,583 ^{ns}	1,661 ^{ns}	0,290 ^{ns}	1,527 ^{ns}	0,742 ^{ns}	0,068 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,308 ^{ns}	0,116 ^{ns}
Adução	2	0,117 ^{ns}	0,136 ^{ns}	0,466 ^{ns}	0,537*	0,120 ^{ns}	0,031 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,063 ^{ns}	2,550 ^{ns}	2,328 ^{ns}	3,613 ^{ns}	3,858 ^{ns}	0,809 ^{ns}	2,317 ^{ns}	1,907 ^{ns}	0,471 ^{ns}	0,310 ^{ns}	0,360 ^{ns}		
Erro(a)	6	0,032	0,444	0,158	0,099	0,102	0,031	0,003	0,030	1,209	1,634	1,265	2,364	1,137	0,533	0,673	0,112	0,343	0,573		
Suc. de Cult.	2	0,075 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,097 ^{ns}	0,095 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,539 ^{ns}	0,237 ^{ns}	0,426 ^{ns}	0,503 ^{ns}	0,180 ^{ns}	0,188 ^{ns}	0,311 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,270 ^{ns}	0,036 ^{ns}		
Aduçãoes x Suc. de Cult.	4	0,141 ^{ns}	0,257 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,111 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,016 ^{ns}	1,062 ^{ns}	1,675 ^{ns}	0,270 ^{ns}	0,320 ^{ns}	1,300**	0,161 ^{ns}	0,146 ^{ns}	0,160 ^{ns}	0,049 ^{ns}	0,080 ^{ns}		
Erro(b)	18	0,163	0,077	0,059	0,059	0,131	0,010	0,002	0,014	1,520	0,615	0,367	0,408	0,192	0,145	0,179	0,282	0,126	0,098		
CV(X)	-	8,1	4,7	4,0	4,2	181,0	333,3			16,4	9,5	6,9	6,6	10,2	7,9	8,6	13,5	8,9	6,5		

ns: Diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

* : Diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

** : Diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

APENDICE 8. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE pH(CaCl₂), ALUMÍNIO TROCÁVEL (Al³⁺), CÁLCIO MAIS MAGNÉSIO (Ca⁺⁺+Mg⁺⁺), CÁLCIO (Ca⁺⁺), MAGNÉSIO (Mg⁺⁺), FÓSFORO (P), POTÁSSIO (K⁺), CARBONO (C) E PERCENTAGEM DE SATURAÇÃO DE BASES (V+) DE AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS DE 0-15 cm DE PROFUNDIDADE EM 4 ÉPOCAS DISTINTAS (03/05/86, 24/10/86, 15/01/87 e 29/05/87). SÃO MATEUS DO SUL, PR. (Continuação)

Fator	Quadrado Médio P (ppm)				Quadrado Médio K (me%)				Quadrado Médio C (%)				Quadrado Médio H + Al ⁺⁺⁺ (me%)				Quadrado Médio V (%)			
	1. ^a coleta	2. ^a coleta	3. ^a coleta	4. ^a coleta	1. ^a coleta	2. ^a coleta	3. ^a coleta	4. ^a coleta	1. ^a coleta	2. ^a coleta	3. ^a coleta	4. ^a coleta	1. ^a coleta	2. ^a coleta	3. ^a coleta	4. ^a coleta	1. ^a coleta	2. ^a coleta	3. ^a coleta	4. ^a coleta
Bloco	0,00 ^{ns}	37,815 ^{ns}	7,741 ^{ns}	3,593 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,011*	0,005*	0,000 ^{ns}	0,095 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,040 ^{ns}	0,085**	0,090 ^{ns}	0,308 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,294 ^{ns}	39,561 ^{ns}	28,256 ^{ns}	10,464 ^{ns}	10,196 ^{ns}
Adubação	0,00 ^{ns}	17,694 ^{ns}	9,528 ^{ns}	5,583 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,028 ^{ns}	0,028 ^{ns}	0,069*	0,097**	0,041 ^{ns}	0,155 ^{ns}	0,174 ^{ns}	1,271**	21,014 ^{ns}	36,970 ^{ns}	46,023 ^{ns}	114,349*
Erro(a)	0,00	26,954	3,046	1,509	0,001	0,002	0,001	0,001	0,040	0,040	0,011	0,008	0,042	0,481	0,170	0,086	14,714	56,344	21,406	18,776
Suc. de Cult.	0,00 ^{ns}	16,694 ^{ns}	2,111 ^{ns}	2,583**	0,000 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,055*	0,014 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,025 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,181 ^{ns}	6,493**	3,357 ^{ns}	0,736 ^{ns}	15,170 ^{ns}
Adubações x Suc. de Cult.	0,00 ^{ns}	19,403 ^{ns}	1,194 ^{ns}	1,667**	0,001 ^{ns}	0,010**	0,001 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,140 ^{ns}	0,113 ^{ns}	0,071 ^{ns}	0,042 ^{ns}	34,353 ^{ns}	31,123 ^{ns}	4,569 ^{ns}	3,160 ^{ns}
Erro(b)	0,00	11,018	1,055	0,343	0,000	0,002	0,001	0,001	0,028	0,015	0,005	0,013	0,112	0,079	0,108	0,087	31,912	11,535	8,710	7,814
CV(%)	0	55,3	34,2	19,5	0	23,5	18,6	14,4	33,5	18,8	11,8	19,0	18,5	10,9	13,1	10,2	7,0	4,4	3,8	3,6

ns: Diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

* : Diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

** : Diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

APÊNDICE 9. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES TOTAIS DE MICRONUTRIENTES: BORO (ppm), COBRE (ppm), FERRO (ppm), MANGANÊS (ppm) E ZINCO (ppm) DE AMOSTRAS COLETADAS DE 0-15 cm de PROFUNDIDADE DAS UNIDADES EXPERIMENTAIS EM 03/05/86. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1986

Fator	G.L.	Quadrado Médio (QM) dos teores totais de micronutrientes				
		B ppm	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
Blocos	3	0,203 ^{n.s.}	4949,832*	8,210**	109406,410 ^{n.s.}	269,940 ^{n.s.}
Adubação (parcelas)	2	0,000 ^{n.s.}	714,628 ^{n.s.}	0,778 ^{n.s.}	303841,640 ^{n.s.}	44,817 ^{n.s.}
Erro(a)	6	0,063	574,800	0,245	87008,848	61,133
Sucessão de culturas (sub-parcelas)	2	0,034 ^{n.s.}	30,407 ^{n.s.}	0,078 ^{n.s.}	142817,050 ^{n.s.}	2,984 ^{n.s.}
Adub. x Suc. de culturas	4	0,183 ^{n.s.}	95,755 ^{n.s.}	0,032 ^{n.s.}	17811,327 ^{n.s.}	7,255 ^{n.s.}
Erro(b)	17	0,065	268,774	0,022	146180,97	27,291
CV	-	51,0	12,8	1,6	71,3	10,8

n.s. Diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

* Diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

** Diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

APÊNDICE 10. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA TOTAL (kg/ha) DAS UNIDADES EXPERIMENTAIS. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987.

Fator	G.L.	Total
Bloco	3	2371355,800 ^{n.s.}
Adubação	2	2232885,400 ^{n.s.}
Erro (a)	6	800700,700
Sucessão de Culturas	2	9614661,100**
Sucessão de Culturas x Adubação	4	986726,200 ^{n.s.}
Erro (b)	18	937615,28
CV(%)	-	19,1

n.s. Diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

** Diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

APÊNDICE 11. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO (x), TRANSFORMADOS PARA A FORMA $\sqrt{x + 1}$ COLETADOS À PROFUNDIDADE DE 0-5 cm EM 23 ÉPOCAS. SÃO MA-TEUS DO SUL, PR. 1987

Fator	GL	Quadrado médio (QM) e Graus de Liberdade (GL) do número de Acari por metro quadrado amostrados em 23 épocas distintas										
		QM ₁	QM ₂	QM ₃	QM ₄	QM ₅	QM ₆	QM ₇	QM ₈	QM ₉	QM ₁₀	QM ₁₁
Bloco	3	186,594 ^{ns}	169,933 ^{ns}	476,982*	153,689 ^{ns}	430,863 ^{ns}	2071,358 ^{ns}	166,470 ^{ns}	1520,303 ^{ns}	2681,320*	404,294 ^{ns}	212,531 ^{ns}
Adubação	2	38,318 ^{ns}	419,600 ^{ns}	94,194 ^{ns}	556,431 ^{ns}	124,847 ^{ns}	2072,845 ^{ns}	472,700 ^{ns}	4338,448*	1052,606 ^{ns}	805,029 ^{ns}	116,495 ^{ns}
Erro(a)	6	79,600	88,211	98,053	151,187	241,281	600,680	1360,612	567,055	439,455	233,203	68,756
Suc. de Cult.	2	28,261 ^{ns}	99,260 ^{ns}	49,101 ^{ns}	565,971**	502,968 ^{ns}	3235,926**	8429,879**	11269,114**	6307,222**	691,304 ^{ns}	59,027 ^{ns}
Adubação x Sucessão de Cult.	4	205,733 ^{ns}	116,151 ^{ns}	79,666 ^{ns}	68,869 ^{ns}	151,538 ^{ns}	256,598 ^{ns}	664,995*	1763,496 ^{ns}	1217,843 ^{ns}	332,502 ^{ns}	120,954 ^{ns}
Erro (b)	18	109,512	94,680	153,706	85,156	220,966	317,096	184,782	933,375	607,172	440,416	137,081
CV(%)	-	77,5	115,8	84,3	38,3	52,0	35,5	27,6	43,3	40,1	40,8	37,5

ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

*: diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

** : diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

Continua

APÊNDICE 11. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO (x), TRANSFORMADOS PARA A FORMA $\sqrt{x + 1}$ COLETADOS À PROFUNDIDADE DE 0-5 cm EM 23 ÉPOCAS. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987 (Continuação)

Fator	CL	QM ₁₂	QM ₁₃	QM ₁₄	QM ₁₅	QM ₁₆	QM ₁₇	QM ₁₈	QM ₁₉	QM ₂₀	QM ₂₁	QM ₂₂	QM ₂₃
Bloco	3	39,637 ^{ns}	109,666 ^{ns}	264,835 ^{ns}	700,482 ^{ns}	348,074 ^{ns}	2338,910*	1110,189 ^{ns}	88,642 ^{ns}	2849,382 ^{ns}	1166,567 ^{ns}	3256,526 ^{ns}	1871,301 ^{ns}
Adubação	2	812,853 ^{ns}	346,440*	105,473 ^{ns}	1050,881 ^{ns}	406,848 ^{ns}	474,297 ^{ns}	318,887 ^{ns}	2385,91**	1279,477 ^{ns}	133,402 ^{ns}	1191,786 ^{ns}	55,134 ^{ns}
Erro(a)	6	568,406	67,135	303,430	456,595	262,085	107,914	278,203	106,704	1624,028	394,640	1543,195	530,699
Suc. de Cult.	2	307,211*	220,214 ^{ns}	89,809 ^{ns}	383,402 ^{ns}	73,186 ^{ns}	90,752 ^{ns}	1331,021 ^{ns}	1917,631**	2122,441*	493,035 ^{ns}	61,856 ^{ns}	289,568 ^{ns}
Adubação x Sucessão de Cult.	4	77,262 ^{ns}	99,245 ^{ns}	22,156*	878,946 ^{ns}	118,443 ^{ns}	129,270 ^{ns}	264,007 ^{ns}	1170,297*	227,050 ^{ns}	112,091 ^{ns}	697,294 ^{ns}	935,730 ^{ns}
Erro (b)	18	85,626	109,649	53,785	355,860	125,791	213,294	442,646	265,247	570,815	178,065	351,336	489,307
CV(%)	-	40,8	47,8	24,9	47,3	45,8	42,7	52,6	60,1	39,9	28,7	35,0	41,9

ns: diferenças não significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

*: diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F

** : diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F

APÊNDICE 12. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO (\bar{x}) TRANSFORMADOS PARA A FORMA $\sqrt{\bar{x} + 1}$, COLETADOS À PROFUNDIDADE DE 0-5 cm EM 23 ÉPOCAS. SÃO MATEUS DO SUL, PR, 1987

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Média do número de Acari e respectivas épocas de amostragem $\sqrt{\bar{x} + 1}$														
		Época 1 29/05/86	Época 2 27/06/86	Época 3 10/07/86	Época 4 25/07/86	Época 5 19/08/86	Época 6 03/09/86	Época 7 24/09/86	Época 8 07/10/86	Época 9 24/10/86	Época 10 12/11/86	Época 11 27/11/86	Época 12 08/12/86	Época 13 22/12/86	Época 14 06/01/87	Época 15 20/01/87
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	1,0	11,1	4,3	3,2	23,7	6,5	22,4	8,8	10,9	41,4	12,4	42,6	19,9	28,6	49,9
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	1,0	9,0	6,9	8,8	6,9	17,4	37,7	13,3	59,9	69,6	32,0	29,9	13,5	30,9	19,0
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	4,3	12,3	6,5	7,3	12,9	33,9	38,1	29,2	35,2	57,1	17,4	7,3	13,9	9,6	21,3
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	1,0	1,0	1,0	5,1	20,2	5,5	15,4	6,5	15,5	41,3	16,1	9,1	24,4	36,9	34,2
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	4,2	9,0	3,2	12,1	33,3	59,9	48,8	115,4	117,5	106,6	111,4	14,1	42,5	33,0	25,9
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	4,3	5,7	3,2	12,1	23,3	16,0	30,2	18,0	63,4	55,6	44,2	51,3	9,6	16,7	23,8
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	4,3	1,0	5,5	3,2	9,8	5,5	14,2	11,0	16,2	27,0	11,0	24,4	6,5	17,8	34,1
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	4,3	11,1	1,0	3,2	10,1	23,2	23,4	5,5	20,3	44,3	14,6	10,4	13,2	18,2	21,4
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	7,6	4,3	3,2	4,3	8,8	33,9	45,8	20,4	55,6	76,9	55,2	38,0	33,9	20,2	19,1
Média Global																
1. Lixo + Mineral	-	2,1	10,8	5,9	6,5	14,5	19,3	32,8	17,1	35,3	56,0	20,6	26,6	15,8	23,0	30,1
2. Esterco + Mineral	-	3,2	5,2	2,5	9,7	25,6	27,1	31,4	46,6	65,5	67,9	57,3	24,8	25,5	28,9	27,9
3. Adubação mineral	-	5,4	5,4	3,2	3,6	9,6	20,9	27,8	12,3	30,7	49,4	26,9	24,3	17,9	18,7	24,9
-	Média global	2,1	4,4	3,6	3,8	17,8	5,8	17,3	8,8	14,2	36,6	13,2	25,4	16,9	27,8	39,4
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	3,2	9,7	3,7	8,0	16,8	33,5	36,6	44,7	65,9	73,5	52,7	18,1	23,1	27,4	22,1
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	5,4	7,4	4,3	7,9	15,0	27,9	38,0	22,5	51,4	63,2	38,9	32,1	19,1	15,5	21,4
-	3. Gramíneas anuais	3,6	7,2	3,9	6,6	16,5	22,4	30,7	25,3	43,8	57,8	34,9	25,2	19,7	23,5	27,6
Média Global																

Continua

APÊNDICE 12. MÉDIAS DO NÚMERO DE ACARI POR METRO QUADRADO (x) TRANSFORMADOS PARA A FORMA $\sqrt{x + 1}$, COLETADOS À PROFUNDIDADE DE 0-5 cm EM 23 ÉPOCAS. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987 (Continuação)

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Época 16	Época 17	Época 18	Época 19	Época 20	Época 21	Época 22	Época 23
		03/02/87	17/02/87	10/03/87	22/03/87	09/04/87	22/04/87	06/05/87	29/05/87
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	27,3	56,1	28,8	18,8	55,0	73,8	30,0	51,8
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	14,3	21,7	21,4	7,8	34,7	54,4	38,5	41,6
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	12,9	14,6	4,3	5,5	20,7	21,9	17,0	23,5
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	25,2	40,7	18,2	35,0	39,4	78,4	51,0	57,9
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	29,2	53,3	20,4	28,1	48,4	95,5	63,2	54,3
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	14,8	33,1	16,7	23,8	31,8	55,0	20,0	28,2
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	20,2	46,8	24,3	13,8	23,5	45,5	27,6	24,5
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	11,1	11,3	7,6	15,4	28,8	30,1	21,7	26,1
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	11,9	29,4	14,7	6,3	29,8	44,4	33,4	41,3
Média Global									
1. Lixo + Mineral	-	18,2	30,8	18,2	10,7	37,0	50,0	28,5	39,0
2. Esterco + Mineral	-	23,0	42,4	18,4	29,0	39,9	76,3	44,7	46,8
3. Adubação mineral	-	14,4	29,2	15,5	11,8	27,4	40,0	27,6	30,6
-	Média global								
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	24,2	47,9	23,8	22,5	39,3	65,9	36,2	44,7
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	18,2	28,8	16,5	17,1	37,3	60,0	41,1	40,7
-	3. Gramíneas anuais	13,2	25,7	11,9	11,9	27,4	40,4	23,5	31,0
Média Global		18,5	34,1	17,4	17,2	34,7	55,4	33,6	38,8

APÊNDICE 13. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO (x) TRANS-
 FORMADOS PARA A FORMA $\sqrt{x + 1}$, COLETADOS À PROFUNDIDADE DE 0-5 cm EM 23 ÉPO-
 CAS. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Fator	GL	Quadrado Médio (QM) e Graus de Liberdade (GL) do número de Collembola por metro quadrado amostrados em 23 épocas distintas										
		QM ₁	QM ₂	QM ₃	QM ₄	QM ₅	QM ₆	QM ₇	QM ₈	QM ₉	QM ₁₀	QM ₁₁
Bloco	3	30,386 ^{ns}	197,993 ^{ns}	17,505 ^{ns}	75,870*	146,139 ^{ns}	581,443 ^{ns}	66,682 ^{ns}	175,187 ^{ns}	431,941 ^{ns}	3575,088 ^{ns}	2533,495*
Adubação	2	33,585 ^{ns}	119,102 ^{ns}	38,101 ^{ns}	113,595*	809,604*	206,208 ^{ns}	79,438 ^{ns}	4149,139**	4275,167 ^{ns}	1050,685 ^{ns}	4609,617*
Erro(a)	6	20,790	61,469	38,053	13,756	104,570	215,985	358,807	287,799	1015,517	1641,341	432,884
Suc. de Cult.	2	33,585 ^{ns}	86,625 ^{ns}	1,986 ^{ns}	67,643*	25,818 ^{ns}	2563,215**	1803,690*	3953,786**	8541,253**	4352,101**	4820,691**
Adubação x Suc. de Cult.	4	4,798 ^{ns}	47,800 ^{ns}	16,529 ^{ns}	16,111 ^{ns}	227,868 ^{ns}	1172,852*	446,508 ^{ns}	5528,102**	3083,058*	1859,298 ^{ns}	3800,283**
Erro(b)	18	33,584	66,306	36,518	28,627	114,309	293,611	296,426	198,392	785,684	717,906	523,090
CV(X)	-	160,9	113,1	154,9	81,1	64,8	76,5	56,1	55,7	64,0	46,3	65,5

Continua

APÊNDICE 13. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO (x) TRANS-
 FORMADOS PARA A FORMA $\sqrt{x + 1}$, COLETADOS À PROFUNDIDADE DE 0-5 cm EM 23 ÉPO-
 CAS. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987 (Continuação)

Fator	GL	QM ₁₂	QM ₁₃	QM ₁₄	QM ₁₅	QM ₁₆	QM ₁₇	QM ₁₈	QM ₁₉	QM ₂₀	QM ₂₁	QM ₂₂	QM ₂₃
Bloco	3	2876,159 ^{ns}	835,673 ^{ns}	711,959 ^{ns}	1024,258**	110,745 ^{ns}	2182,799**	50,331 ^{ns}	70,523 ^{ns}	18,651 ^{ns}	4285,276*	873,357 ^{ns}	2231,270 ^{ns}
Adubação	2	17,663 ^{ns}	315,642 ^{ns}	309,460 ^{ns}	82,646 ^{ns}	225,720 ^{ns}	621,722*	31,443 ^{ns}	1261,590*	514,026 ^{ns}	4213,726*	1116,733 ^{ns}	783,981 ^{ns}
Erro(a)	6	717,427	474,094	158,960	97,328	165,473	94,463	27,505	129,514	119,934	515,835	463,198	793,162
Suc. de Cult.	2	594,134 ^{ns}	115,662 ^{ns}	582,221 ^{ns}	1249,366 ^{ns}	368,902 ^{ns}	1733,491 ^{ns}	429,899**	339,845*	494,125 ^{ns}	2129,665 ^{ns}	998,014 ^{ns}	599,492 ^{na}
Adubação x Suc. de Cult.	4	1780,882 ^{ns}	917,997 ^{ns}	215,005 ^{ns}	160,999 ^{ns}	103,697 ^{ns}	959,504 ^{ns}	259,067*	41,417 ^{ns}	529,883 ^{ns}	1282,717 ^{ns}	793,865 ^{ns}	807,628 ^{ns}
Erro(b)	18	1354,794	321,457	303,600	519,887	201,473	628,546	58,201	71,485	277,280	1041,979	602,169	364,738
CV(%)	-	146,1	91,0	74,1	82,6	76,7	73,5	43,8	49,1	48,0	58,3	73,0	49,2

APÊNDICE 14. MÉDIA DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO (\bar{x}) TRANSFORMADOS PARA A FORMA $\sqrt{\bar{x} + 1}$, COLETADOS À PROFUNDIDADE DE 0-5 cm EM 23 ÉPOCAS. SÃO MATEUS DO SUL, PR. 1987

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Médias do número de Collembola e respectivas épocas de amostragem $\sqrt{(\bar{x} + 1)}$														
		Época 1 29/05/86	Época 2 27/06/86	Época 3 10/07/86	Época 4 25/07/86	Época 5 19/03/86	Época 6 03/09/86	Época 7 24/09/86	Época 8 07/10/86	Época 9 24/10/86	Época 10 12/11/86	Época 11 27/11/86	Época 12 08/12/86	Época 13 22/12/86	Época 14 06/01/87	Época 15 20/01/87
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	10,1	10,5	20,0	10,1	20,9	24,3	28,7	35,8	27,9	58,3	23,0	20,9	20,5	41,4	45,7
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	11,6	10,8	10,1	22,6	27,7	46,3	42,5	63,3	74,6	54,9	30,6	19,7	18,9	31,8	30,5
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	13,8	23,8	22,0	32,7	27,2	45,3	62,6	101,5	82,9	68,4	32,5	29,2	35,4	24,9	58,2
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	23,8	4,3	17,9	27,3	13,1	51,3	24,1	48,6	42,3	49,8	36,5	16,4	13,8	31,3	30,4
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	14,9	7,6	15,0	29,6	36,0	72,4	42,6	78,8	28,0	26,4	22,9	4,3	15,1	24,6	16,0
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	7,6	7,8	11,9	38,2	37,0	69,6	102,3	146,1	85,4	57,7	31,0	21,7	18,2	24,6	40,9
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	10,5	1,0	12,4	14,7	29,2	17,7	26,9	41,1	47,9	43,5	34,1	33,5	20,6	21,5	53,6
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	9,0	9,0	13,1	19,0	33,2	60,6	43,0	59,2	77,0	51,8	33,3	27,6	28,5	35,6	53,6
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	20,7	1,0	9,8	22,3	32,7	63,1	70,1	60,9	87,1	52,2	36,6	30,5	26,3	29,5	30,0
Média Global																
1. Lixo + Mineral	-	11,8	15,0	17,4	21,8	25,3	38,6	44,6	66,9	61,8	60,5	28,7	23,3	24,9	32,7	44,8
2. Esterco + Mineral	-	15,4	6,5	14,9	31,7	28,7	64,4	56,4	91,2	51,9	44,6	30,1	14,1	15,7	26,9	29,1
3. Adubação mineral	-	13,4	3,7	11,8	18,7	31,7	47,1	46,7	53,7	70,6	49,2	34,7	30,6	25,1	28,9	45,7
-	Média global															
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	14,8	5,3	16,8	17,4	21,1	31,1	26,6	41,8	39,4	50,5	31,2	23,6	18,3	31,4	43,2
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	11,8	9,1	12,7	23,7	32,3	59,8	42,7	67,1	59,9	44,4	28,9	17,2	20,8	30,7	33,4
-	3. Gramíneas anuais	14,0	10,9	14,6	31,1	32,3	59,3	78,3	102,8	85,1	59,4	33,4	27,1	26,6	26,3	43,0
Média Global		13,5	8,4	14,7	24,1	28,6	50,1	49,2	70,6	61,4	51,4	31,2	22,7	21,9	29,5	39,9

Continuação

APÊNDICE 14. MÉDIA DO NÚMERO DE COLLEMBOLA POR METRO QUADRADO (x) TRANSFORMADOS PARA A FORMA $\sqrt{x + 1}$, COLETADOS À PROFUNDIDADE DE 0-5 cm EM 23 ÉPOCAS. SÃO MATEUS DO SUL, PR, 1987 (Continuação)

Parcela Tratamento Adubação	Sub-parcela Tratamento sucessão de culturas	Época 16	Época 17	Época 18	Época 19	Época 20	Época 21	Época 22	Época 23
		03/02/87	17/02/87	10/03/87	22/03/87	09/04/87	22/04/87	06/05/87	25/05/87
1. Lixo + Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	22,6	43,3	62,6	20,3	87,4	52,3	50,3	52,8
1. Lixo + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	25,6	43,6	30,5	14,9	67,4	44,1	72,6	51,1
1. Lixo + Mineral	3. Gramíneas anuais	24,2	34,9	36,5	17,0	48,8	31,6	62,4	56,1
2. Esterco + Mineral	1. Gramínea + Leguminosas perenes	12,1	34,4	47,0	80,3	75,5	55,4	61,9	57,1
2. Esterco + Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	27,4	19,7	31,0	20,2	68,3	42,0	64,2	38,0
2. Esterco + Mineral	3. Gramíneas anuais	17,0	30,0	50,3	29,4	46,2	48,8	43,1	68,6
3. Adubação Mineral	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	34,7	33,7	39,0	24,3	55,0	53,1	43,7	34,1
3. Adubação Mineral	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	29,0	31,7	24,6	20,0	46,1	48,3	31,6	68,3
3. Adubação Mineral	3. Gramíneas anuais	27,7	36,4	38,6	17,8	43,3	43,0	52,1	48,8
Média Global									
1. Lixo + Mineral	-	24,2	40,6	43,2	17,4	67,9	42,7	61,7	53,3
2. Esterco + Mineral	-	18,8	28,0	42,8	43,3	63,3	48,7	56,4	54,6
3. Adubação mineral	-	30,5	33,9	34,1	20,7	48,2	48,1	42,4	50,4
-	Média global								
-	1. Gramíneas + Leguminosas perenes	23,1	37,1	49,5	41,6	72,6	53,6	52,0	48,0
-	2. Gramíneas + Leguminosas anuais	27,3	31,7	28,7	18,4	60,6	44,8	56,1	52,5
-	3. Gramíneas anuais	23,0	33,8	41,8	21,4	46,1	41,1	52,5	57,8
Média Global		24,5	34,2	40,0	27,1	59,8	46,5	53,5	52,8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRÉN, O. & LAGERLOF, J. The abundance of soil animals (microarthropods, Enchytraeidae, Nematoda) in a crop rotation dominated by ley and in a rotation with varied crops. In: INTERNATIONAL SOIL ZOOLOGY COLLOQUIUM OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL SCIENCE, 7., 1980. Soil biology as related to land use practices; proceedings. Washington, ESF. EPA, 1980. p. 274-79.
2. ANGULO, R.J. Relações entre a erodibilidade e algumas propriedades de solos brasileiros. Curitiba, 1983. 129 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Ciências do Solo.
3. BARUQUI, F.M.; RESENDE, M. & FIGUEIREDO, M. de S. Causas de degradação e possibilidades de recuperação das pastagens em Minas (Zona da Mata e Rio Doce). Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(128): 27-37, 1985.
4. BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Física de suelos. México, UTEHA, 1973. 529 p.
5. BEHAN, V.M.; HILL, S.B. & KEVAN, D.K. Effects of nitrogen fertilizers, as urea, on Acarina and other arthropods in Quebec black spense-humus. Pedobiologia, 18: 249-63, 1978.
6. BERLESE, A. Apparechio per raccogliere presto col in gran numero puccoli artropodi. Redia, 2: 85-89, 1905.
7. BENNETT, O.L.; MATHIAS, E.L.; ARMINGER, W.H. & JONES, JR., J.N. Plant material and their requirements for growth in humid regions. In: SCHALLER, F.W. & SUTTON, P. Reclamation of drastically disturbed lands. Madison, American Society of Agronomy, 1978. p. 1-10.
8. BERTHET, P. Mites. In: PHILLIPSON, J. Methods of study in quantitative soil ecology: population, production and energy flow. London, Blackwell, 1971. 297 p.

9. BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A. *et alii*, eds. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.1, p. 374-90.
10. BOELS, D. Physical soil degradation in the Netherlands. In: BOELS, D.; DAVIES, D.B. & JOHNSTON, A.E. Soil degradation, proceedings of the landuse seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 47-65.
11. ____; DAVIES, D.B. & JOHNSTON, A.C. Conclusions and recommendations. In: _____. Soil degradation, proceedings of the landuse seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 271-76.
12. BOLGER, T. & CURRY, J.D. Effects of cattle slurry on soil arthropods in grassland. Pedobiologia, 20: 246-258, 1980.
13. BOX, T.W. The significance and responsibility of rehabilitating drastically disturbed land. In: SCHALLER, F.W. & SUTTON, P. Reclamation of drastically disturbed lands. Madison, American Society of Agronomy, 1978. p. 1-10.
14. BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1983. 647 p.
15. BRASHAW, A.D. & CHADWICK. The restoration of land. Berkeley, California Press, 1980. 317 p.
16. BROWNING, G.M. Forages and soil conservation. In: HEATH, M.E.; METCALFE, D.S. & BARNES, R.F. Forages: the science of grassland agriculture. 3.ed. Ames, Iowa State University Press, 1975. p. 30-43.
17. CABEDA, M.S.V. Degradação física e erosão do solo. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1. & SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO DO PLANALTO, 3., 1984. Anais. Passo Fundo, PIUCS. UPF, 1984. p. 28-35.
18. CHISCI, G. Physical soil degradation due to hydrological phenomena in relation to change in agricultural systems in Italy. In: BOELS, D.; DAVIES, D.G. & JOHNSTON, A.E. Soil degradation, proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 95-103.

19. CLEMENT, C.R. & WILLIAMS, T.E. An examination of the method of aggregate analysis by wet sieving in relation to the influences of diverse leys on arable soils. J. Soil Science, 9: 252-56, 1958.
20. _____. & _____. Leys and soil organic matter. I. The accumulation of organic carbon in soils under different leys. J. Agricultural Science, 63: 377-83, 1964.
21. COSTA, B.M. Degradação das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 5., Campinas, 1980. Campinas, Fundação Cargill, 1980. p. 5-27.
22. CURRY, J.P. & GANLEY, J. The arthropods associated with the roots of some common grass and weed species of pasture. In: LOHM, U. & PERSSON, T. Soil organisms as components of ecosystems. Uppsala, Sweden, 1977. p. 30-9.
23. DANTAS, M. Ecossistema de pastagens cultivadas: algumas alterações ecológicas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2., Belém, 1979. Anais. Belém, Secretaria de Estado da Agricultura do Pará, 1979. v.3; p. 368-79.
24. _____. Pastagens da Amazônia central: ecologia e fauna do solo. Acta amazônica, 9(2), suplemento, 1979. 54 p.
25. DAVIES, D.B. Soil degradation and soil management in Britain. In: BOELS, D.; DAVIES, D.G. & JOHNSTON, A.E. Soil degradation, proceedings of land use seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 19-26.
26. DAVIS, G. Oil shale. In: SCHALLER, F.W. & SUTTON, P. Reclamation of drastically disturbed lands. Madison, American Society of Agronomy, 1978. p. 609-18.
27. DENARDIN, J.E. Manejo adequado do solo para áreas motomecanizadas. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DE SOLO E PLANTIO DIRETO DO SUL DO BRASIL, 1. & SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS DO PLANALTO, 3., Passo Fundo, 1984. Anais. Passo Fundo, PIUCS. UPF, 1984. p. 107-23.
28. DORESTE S., E. Acarologia. San José, Instituto Interamericano para la Agricultura, 1984.

29. DROEVEN, G.; RIXHON, L.; CROHAIN, A. & RAINOND, Y. Long term effects of different systems of organic matter supply on the humus content and on the structural stability of soils with regard to the crop yields in loamy soils. In: BOELS, D.; DAVIES, D.B. & JOHNSON, A.E. Soil degradation, proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 203-222.
30. DUTIL, P. Losses and acumulation of organic matter in French soils. In: BOELS, D.; DAVIES, D.B. & JOHNSTON, A.E. Soil degradation, proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A. Balkema, 1982. p. 181-85.
31. EDWARDS, C.A. & LOFTY, J.R. Agricultural practice and soil microarthropods. In: SHEALS, J.G. The soil ecosystem. London, The Systematics Association, 1969.
32. _____. & _____. The influence of invertebrates on root growth of crops with minimal or zero cultivation. In: LOHM, U. & PERSSON, T. Soil organisms as components of ecosystems. Uppsala, Sweden, 1977. p. 133-37.
33. EITMINAVICIUTE, I.; BAGDANACICIENE, Z.; KADYTĖ, B.; LAUZAUSKIENE, L. & SUKAEKIENE, I. Characteristic sucessions for microorganisms and soil invertebrates in the decomposition process of straw and lupine. Pedobiologia, 16: 106-115, 1976.
34. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Programa nacional de pesquisa em biologia do solo. Itaguaí, Unidade de APOIO ao PNPBS, 1984. 54.p.
35. _____. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná. Londrina, 1984. 414 p.
36. _____. Manual de métodos e análise de solo. Rio de Janeiro, 1979.
37. FAIRLEY, R.I. Grass root production in restored soil following opencast mining. In: FITTER, A.H.; ATKINSON, D.; READ, D.J. & USHER, M.B. Ecological interactions in soil plants, microbes and animals. Oxford, Blackwell, 1985. p. 81-85.
38. FERREIRA, A.B. de H. Novo dicionário da língua portuguesa. 2.ed. Rio de Janeiro, J.E.M.M., 1986. 1838 p.
39. FERREIRA, B.S.C. Flutuação populacional de insetos pragas da soja em sistemas de semeadura direta e convencional. Plantio Direto, 2(9): 2-19, 1984.

40. FIALA, K. Nestimmung von Bor in Bodenextehten mit Hilfe der Direkten Kurkuminmethode. Arch. Achir. u. Pflanzenbau u. Bodenkd., 18(5): 323-327, 1974.
41. FORSYTHE, W. Fisica de suelos: manual de laboratório. San Jose, IICA, 1980. 211 p.
42. GODOY, H.; CORRÊA, A.R. & SANTOS, D. Clima do Paraná. In: FUNDAÇÃO IAPAR. Manual Agropecuário para o Paraná. Londrina, 1976. p. 16-37.
43. GOMES, F.P. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. Piracicaba, POTAFOS, 1984. 157 p.
44. GREENSLADE, P. & MAJER, J.D. Collembola of rehabilitated mine sites in western Australia. In: INTERNATIONAL SOIL ZOOLOGY COLLOQUIUM OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL SCIENCE, 7., 1980. Proceedings. Washington, ESF, EPA, 1980. p. 397-408.
45. GUERRA, M. Efeito de práticas mecânicas e culturais sobre condições físicas de um latossolo roxo distrófico do Rio Grande do Sul (Solo Erexim). Porto Alegre, 1982. 107 p. Tese. Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
46. HEATH, M.E. Grassland agriculture. In: HEATH, M.E.; METCALFE, D.S. & BARNES, R.F. Forages: the science of grassland agriculture. 3.ed. Ames, Iowa State University Press, 1975. p. 13-20.
47. HEBERT, J. About the problems of structure in relation to soil degradation. In: BOELS, D.; DAVIES, D.B. & JOHNSTON, A.E. Soil degradation, proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 67-72.
48. HEYDERMANN, B. Restoration capacities of soil communities. In. INTERNATIONAL COLLOQUIUM OF SOIL ZOOLOGY, 8., Louvain-la-Neuve (Belgium), 1982. Proceedings. Ottignies-Louvain-la-neuve, Dieu-Brichart, 1983. p. 457-62.
49. IAPAR. Relatório técnico anual 1981. Londrina, 1982. 270 p.
50. _____. Relatório técnico anual 1982. Londrina, 1984. 326 p.
51. JACKSON, M.L. Análisis química de suelos. 2.ed. Barcelona, Omega, 1970. 662 p.
52. _____. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, 1958. 278 p.

53. JENSEN, M.B. Interactions between soil invertebrates and straw in arable soil. Pedobiologia, 28: 59-69, 1965.
54. JOHNSTON, A.E. The effects of farming systems on the amount of soil organic matter and its effect on yield at Rothamsted and Woburn. In: BOELS, D.; DAVIES, D.B. & JOHNSTON, A.E. Soil degradation, proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 187-202.
55. JOHNSTON, J.R.; BROWING, G.M. & RUSSEL, M.B. The effect of cropping practices on aggregation, organic matter content, and loss of soil and water in the marshall silt loam. Soil Science Society of America Proceedings, 7:105-7, 1942.
56. KEMPER, W.D. Aggregate stability. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.1, p. 511-19.
57. _____. & CHEPIL, W.S. Size distribution of Agregates. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, v.1, p. 499-509.
58. KLANT, E. & STAMMEL, J.G. Manejo adequado dos solos das encostas basálticas. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1., & SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLO DO PLANALTO, 3., 1984. Anais. Passo Fundo, PIUCS, UPF, 1984. p. 124-52.
59. KLAPP, E. Prados e pastagens. 4.ed. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1971. 872 p.
60. KOFOED, A. D. Humus in long term experiments in Denmark. In: BOELS, D.; DAVIES, D.B. & JOHNSTON, A.E. Soil degradation, proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 241-58.
61. KRIVOLUTSKII, D.A. & POKARZHEVSKII, A.D. Participation of soil invertebrates in the migration of ash elements. Pedobiologia, 17: 234-337, 1977.
62. KUIPERS, H. Processes in physical soil degradation in mechanised agriculture. In: BOELS, D.; DAVIES, D.B. & JOHNSTON, A.E. Soil degradation, proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 7-18.

63. LAL, R.; WILSON, G.F. & OKIGBO, B.N. Changes in properties of an alfisol produced by various crop covers. Soil Sci., 127:377-382, 1979.
64. LEETHAM, J.W. & MIL CHUNAS, D.G. The composition and distribution of soil microarthropods in the shortgrass steppe in relation to soil water, root biomass, and grazing by cattle. Pedobiologia, 28: 311-325, 1985.
65. LOW, A.J. The effect of cultivation on the structure and other characteristics of grassland and arable soils (1945-1970). J. Soil Science, 23: 363-80, 1972.
66. MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. Curitiba, BADEP, 1968.
67. McGRATH, D. Organic carbon levels in Irish soils. In: BOELS, D.; DAVIES, D.B. & JOHNSTON, A.E. Soil degradation, proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 259-67.
68. MACHADO, M.L. da S. & MACHADO, N.M. Forrageiras anuais de crescimento na estação fria. In: Forrageiras para o primeiro planalto paranaense. Londrina, IAPAR, 1982. (Circular n. 26).
69. _____. & _____. Forrageiras perenes de pique de crescimento na estação quente. In: Forrageiras para o primeiro planalto paranaense. Londrina, IAPAR, 1982. (Relatório técnico anual, 1977, 1981, 1983).
70. MALLOW, D.; SNIDER, R.J. & ROBERTSON, L.S. Effects of different management practices on Collembola and Acarina in corn production systems. II. The effects of moldboard plowing and atrazine. Pedobiologia, 28: 115-31, 1985.
71. MARSHALL, V.G. Effects of manures and fertilizers on soil fauna: a review. Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1977. 79 p.
72. MAYS, D.A. & BENGTON, G.W. Lime and fertilizer use in land reclamation in humid regions. In: SCHALLER, F.W. & SUTTON, P. Reclamation of drastically disturbed lands. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p. 307-28.

73. MEDEIROS, J.C.; MIELNICZUK, K. & PEDÓ, F. Sistemas de culturas adaptadas à produtividade, recuperação e conservação do solo. R. Brasileira Ci. Solo, Campinas, 11(2): 199-204, 1987.
74. MEDEIROS, R.B.de. Considerações sobre a integração lavoura pecuária no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 5., Campinas, 1980. Anais. Campinas, Fundação Cargill, 1980. p. 235-301.
75. _____. Efeito das pastagens nas rotações agrícolas. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1. & SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO DO PLANALTO, 3., 1984. Anais. Passo Fundo, PIUCS. UPF, 1984. p. 3-27.
76. MELLA, S.C. Sucessão de culturas para a produção de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 8., Piracicaba, 1986. Anais. Piracicaba, FEALQ, 1986. p. 231-42.
77. MELLO, F. de A.F.de. Origem, natureza e componentes de acidez do solo: critérios para calagem. In: MALAVOLTA, E. Seminário sobre corretivos agrícolas. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p. 65-93.
78. MIELNICZUK, J. & SCHNEIDER, P. Aspectos sócio-econômicos do manejo de solos no Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1. & SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO DO PLANALTO, 3., 1984. Anais. Passo Fundo, PIUCS, UPF, 1984. p. 3-27.
79. MITRA, S.K.; DUTTA, A.L.; NALDAL, S.B. & SENGUPTA, D. Preliminary observations on the effects of rotation of crops and fertilizers on Collembola. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM OF SOIL ZOOLOGY, 7., Neuve (Belgium), 1982. Ottignies-Louvain-la-Neuve, Dieu-Brichart, 1983. p. 657-63.
80. MOTT, G.O. Evaluating forage production. In: HEATH, M.E.; METCALFE, D.S. & BARNES, R.F. Forages; the science of grassland agriculture. 3.ed. Ames, Iowa State University Press, 1975. p. 126-135.
81. NEWBOULD, P. Losses and accumulation of organic matter in soils. In: BOELS, D.; DAVIES, D.B. & JOHNSTON, A.E. Soil degradation; proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 107-

82. NORTON, R.A. The genus *Damacus* Koch (Acarina: Oribatei) in the easter United States. Acarologia, 19(2): 331-53, 1978.
83. NUERNBERG, N.J. Efeito de sucessões de culturas e tipos de adubação no rendimento e características de um solo da encosta basáltica sulriograndense. Porto Alegre, 1983. Tese. Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia.
84. _____.; STAMMEL, J.G. & CABEDA, M.S.V. Efeito de sucessões de culturas e tipos de adubação em características físicas de um solo da encosta basáltica sul-riograndense. R. bras. Ci. Solo, 10: 185-190, 1986.
85. OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. Plant and soil, 76: 319-337, 1984.
86. OOSTERBAAN, G.A. Background and scope of the seminar. In: BOELS, D.; DAVIES, D.B. & JOHNSTON, A.E. Soil degradation, proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 1-3.
87. PAONE, J.; STRUTHERS, P. & JOHNSON, W. Extent of disturbed lands and major reclamation problems in the United States. In: SCHALLER, F.W. & SUTTON, P. Reclamation of drastically disturbed lands. Madison, American Society of Agronomy, 1978. p. 11-22.
88. PARANÁ. Lei nº 8014. Dispões sobre a preservação do solo agrícola e adota outras providências. Decreto 6120. Regulamenta a Lei Estadual nº 8014 de 14/12/84 que dispões sobre a preservação do solo agrícola e adota outras providências. Curitiba, SEAG, 1985. 20 p.
89. PETROBRAS. Reabilitação de área de exploração de xisto. Informe Técnico. PETROBRAS-SIX, São Mateus do Sul, 4, 1984. 2 p.
90. PHILLIPSON, J. Methods of study in quantitative soil ecology: population, production and energy flow. London, Blackwell, 1971. 297 p.
91. QUAGGIO, J.A. & RAIJ, B. van. Comparação de métodos rápidos para a determinação da matéria orgânica em solos. Rev. Bras. de Ci. Solo, 3: 184-87, 1979.

92. RAIJ, B. van. & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Boletim Técnico, IAC, Campinas, 1983. 31 p.
93. RICHARDS, B.N. Introduction to the soil ecosystem. 2.ed. New York, Longman, 1976. 266 p.
94. ROLAS. Tabelas de adubação. Emater-RS, 1984. 24 p.
95. SAUERBECK, D.R. Influence of crop rotation, manurial treatment and soil tillage on the organic matter content of German soils. In: BOELS, D.; DAVIES, D.B. & JOHNSTON, A.E. Soil degradation, proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 163-79.
96. SEIFERT, N.F. & MIRANDA, C.H.B. Recomendações para inoculação e peletização de sementes de leguminosas forrageiras tropicais. Comunicado Técnico. EMBRAPA-CNI GC, Campo Grande, 1983. 9 p.
97. SMITH, R.M. & SOBEK, A.A. Physical and chemical properties of overburdens, soils, wastes, and New Soils. In: SCHALLER, F.W. & SUTTON, P. Reclamation of drastically disturbed lands. Madison, American Society of Agronomy, 1978. p. 149-172.
98. SIMÕES, J.W.; POGGIANI, F.; BALLONI, E.A.; RORIZ, M. de S.; LEITE, J.C.C.; VIDIGAL, R.M. Implantação de espécies florestais em solo alterado pela exploração do xisto. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ECOLOGIA, 1., Curitiba, 1978. Anais. Curitiba, ITC, 1978. p. 61-68.
99. SOANE, B.D. Soil degradation attributable to compaction under wheel and its control. In: BOELS, D.; DAVIES, D.B. & JOHNSTON, A.E. Soil degradation; proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 1980. Rotterdam, A.A. Balkema, 1982. p. 27-45.
100. SOUTHWOOD, T.R.E. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. New York, John Wiley, 1966. 391 p.
101. STINNER, B.R. & CROSSLEY JR., D.A. Comparison of mineral element cycling under till and no-till practices: an experimental approach to agroecosystems analysis. In: INTERNATIONAL SOIL ZOOLOGY COLLOQUIUM OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL SCIENCE, 8., 1980. Soil biology as related to land use practices, proceedings. Washington, ESF, EPA, 1980. p. 280-88.

102. SUTTON, P. Reclamation alternatives for disturbed lands and their application in humid regions. In: BEATTU, M.T.; PETERSEN, G.W. & SWINDALE, L.D. Planning the uses and management of land. Madison, American Society of Agronomy, 1978. p. 853-54.
103. TAKEDA, H. Ecological studies of collembolan populations in a pine forest soil. II Vertical distribution of Collembola. Pedobiologia, 18: 22-30, 1978.
104. TAYLOR, T.H. & TEMPLETON JR.; W.C. Grassland ecosystem concepts. In: HEATH, M.E.; METCALFE, D.S. & BARNES, R.F. Forages; the science of grassland agriculture. 3.ed. Ames, Iowa State University Press, 1975. p. 44-63.
105. TISDAL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. J. Soil Science, 33: 141-63, 1962.
106. TADROS, M.S. Effect of some human activities on community structure of soil arthropods. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM OF SOIL ZOOLOGY, 8., Louvain-la-Neuve (Belgium), 1982. Proceedings. Ottignies-Louvain-la-Neuve, Dieu-Brichart, 1983. p. 637-38.
107. TROEH, F.R.; HOBBS, J.A. & DONAHUE, R.L. Soil and water conservation for productivity and environmental protection. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1980. 718 p.
108. TULLGREN, A. Ein sehr einfacher aus lese apparat fur terricole Tierformen. Z. Angew. Ent., 4: 149-50, 1918.
109. USHER, M.B. Seasonal and vertical distribution of a population of soil arthropods: Cryptostigmata. Pedobiologia, 15: 364-74, 1975.
110. _____. Some properties of the aggregations of soil arthropods: Cryptostigmata. Pedobiologia, 15: 355-63, 1975.
111. VAN BAVEL. Mean weight-diameter of soil aggrretates as a statistical index of aggregation. Proc. Soil Soc. Am., 38: 826-30, 1974.
112. VANNIER, G. Use of microarthropods (mites and springtails) as valuable indicator of soil metabolic activity. In: INTERNATIONAL SOIL ZOOLOGY COLLOQUIUM OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL SCIENCE, 8., 1980. Soil biology as related to land use practices, proceedings. Washington, ESF, EPA, 1980. p. 592-603.

113. VERHOEF, H.A. Soil moisture and the population dynamics of coexisting collembola. In: LOHM, U. & PERSSON, T. Soil organisms as components of ecosystems. Uppsala, Sweden, 1977. p. 480-82.
114. VIDOR, C. O manejo do solo e a população de organismos. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1. & SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO DO PLANALTO, 3., Passo Fundo, 1984. Anais. Passo Fundo, PIUCS, UPF, 1984. p. 36-63.
115. VINCENZI, M.L. Práticas de manejo de pastagens associadas a lavouras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS & SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 8., 1986. Anais. Piracicaba, FEALQ, 1986. p. 1-16.
116. _____. Pasto, a base da bovinocultura; palestra. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 22., Camburiú, 1985. Anais. Camburiú, SBZ, 1985. p. 454-66.
117. WALKLEY, A. & BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of chromic acid titration method. Soil Science, 37: 29-38, 1934.
118. WALLWORK, J.A. Ecology of soil animals. London, McGraw-Hill, 1970. 283 p.
119. _____. The distribution and diversity of soil fauna. London, Academic Press, 1976. 355 p.
120. WHELAN, J. Seasonal fluctuations and vertical distribution of the acarine fauna of three grassland sites. Pedobiologia, 28: 191-201, 1985.
121. ZAMBERLAN, E. & VIANA, R.A. Reabilitação de área minerada de xisto. B. Técn.Petrobras, Rio de Janeiro, 31(1): 53-57, 1988.
122. ZYROMSKA-RUDZKA, K. Changes in oribatid mite community after chemical fertilizer application in a meadow. In: LOHM, U. & PERSSON, T. Soil organisms as components of ecosystems. Uppsala, Sweden, 1977. p. 133-137.