QUALIDADE E ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE LATOSSOLO ROXO SUBMETIDO A DIFERENTES MANEJOS.

Valcir Carpenedo

Dissertação apresentada como um dos requisitos ao Grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração Solos, Setor de Uso e Conservação do Solo, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre

Janeiro, 1985

1/ Geólogo (UNISINOS - RS)

"QUALIDADE E ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE LATOSSOLO ROXO SUBMETIDO A DIFERENTES MANEJOS".

VALCIR CARPENEDO

GEÓLOGO (UNISINOS)

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos para obtenção do grau de

MESTRE EM AGRONOMIA

CURSO DE **PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

FACULDADE DE AGRONOMIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PORTO ALEGRE (RS), BRASIL

Aprovada em: 08.01.1985 **Homologada em: 27.03.1985**

Pela Banca Examinadora: **Por:**

Dr. JOÃO MIELNICZUK
Professor Orientador

M. Sc. **EMA MAGALHÃES LEBOUTE**
Coordenadora do Curso de
Pós-Graduação em Agronomia-UFRGS

Dr. MARIO SERGIO VAZ CABEDA
Professor UFRGS

M.Sc. PAULO SCHNEIDER
Professor UFRGS

Dr. AINO VICTOR ÁVILA JACQUES
Diretor da Faculdade de Agronomia
UFRGS

AGRADECIMENTOS

Ao professor João Mielniczuk, por ter acreditado em mim, pela amizade, estímulo e orientação na condução da pesquisa e elaboração da dissertação.

A COTRISA, com destaque ao seu Departamento Técnico na pessoa do Engenheiro Agrônomo Amando Dalla Rosa, e aos funcionários do CAAC.

Aos colegas Manoel Dornelas, Edson F. de Oliveira, demais colegas, professores e funcionários do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia - UFRGS, pelo convívio e união em torno dos mesmos objetivos. Ao Nestor Bragagnolo pela ajuda na obtenção de dados.

Ao CNPq e CAPES pelo auxílio financeiro.

Aos que me deram estímulo e especialmente à Christa Knapper que me despertou para o que hoje é realidade.

À toda minha família pelo estímulo, compreensão e ajuda financeira, durante todos os meus anos de estudos.

Aos meus pais, Vitório Carpenedo, in memorian, e Helena Chitolina Carpenedo.

QUALIDADE E ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE LATOSSOLO ROXO SUBMETIDO A DIFERENTES MANEJOS

Autor: Valcir Carpenedo
Orientador: Prof. João Mielniczuk

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito do manejo do solo sobre a agregação e qualidade dos agregados, amostraram-se em 1983 os tratamentos: preparo convencional (A), plantio direto (F) ambos com trigo e soja; rotação (G) com trigo, soja, tremoço, milho e aveia; pastagem (C) com siratro, desmódio e setária, dos experimentos estabelecidos em novembro de 1979 em Santo Angelo (Latossolo Roxo Distrófico) e em Não-me-Toque (Latossolo Roxo Álico). Próximo dos locais amostrou-se também campo e mato nativo.

A estabilidade dos agregados foi determinada pelos métodos padrão e modificado. Com os agregados estáveis, de diâmetro superior a 2,00 mm, após embebidos em resina araldite MY 757 e catalizador HY 951, prepararam-se seções polidas para exame da porosidade.

O solo sob cultivo apresentou menor agregação do que o campo e mato nativo. A pastagem, na profundidade de 0-5 cm elevou o diâmetro médio ponderado de 3,56e 1,96mm no preparo convencional para 4,55 e 4,77 mm, nos experimentos de Santo Angelo e Não-me-Toque, respectivamente. O Solo sob plantio direto apresentou maior estabilidade de agregados do que sob preparo convencional. Porém, os agregados dos dois tratamentos apresentaram-se compactos com predomínio de microporos, enquanto que os da pastagem, campo e mato nativo, mais porosos e com predomínio de macroporos.

1/ Dissertação de Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Solos, Setor Uso e Conservação do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (119p.) - Janeiro, 1985.

AGGREGATE STABILITY AND QUALITY OF A LATOSOL SUBMITTED TO DIFERENT MANAGEMENT PRACTICES[1]

Author: Valcir Carpenedo
Adviser: Prof. João Mielniczuk

SUMMARY

With the objective to determine the effect of soil management on water aggregate stability and quality, four management treatments (conventional tillage; direct seedling both with wheat - soybean; rotation of wheat, soybean, lupinus, corn and oats and pasture of desmodium, siratro and setaria) from the experiments established in november of 1979, in Santo Angelo (Haplorthox) and Não-me-Toque, were sampled in 1983. Samples of soil under forest and natural pasture also were taken.

The aggregate stability was determined by the standart and modified methods. With the stable aggregates greater then 2,00 mm, affter araldite MY 757 resin and HY 951 catalizer treatment, polished section were prepared for porosity observation.

The cultivated soil have less aggregation then under forest or natural pasture. The four year cultivated pasture increased the aggregates mean weigh - diameter at the depth of 0 - 5 cm from 3,56 and 1,96 mm in the conventional tillage to 4.55 and 4.77 mm in Santo Ângelo and Não-me-Toque experiments, respectively. The aggregate stability was higher in the soil under direct seedling then under conventional tillage. But, the aggregates of both treatments are compacted, predominating micropores, while the aggregates from cultivated pasture, natural pasture and forest, are porous and predominating macropores.

[1] M.Sc. Dissertation in Agriculture (Soils) - Agricultural School - Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre (119p.) - January, 1985.

SUMÁRIO

	Página
1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. Estrutura do solo	3
2.1.1. Agregação do solo	5
2.2. Agentes que atuam na formação e estabilização dos agregados	14
2.2.1. Culturas	14
2.2.2. Matéria orgânica	21
2.2.3. Microrganismos	23
2.2.4. Minhocas	25
2.2.5. Variação de umidade e temperatura ...	26
2.2.6. Cátions trocáveis	28
2.2.7. Óxidos de ferro e alumínio	30
2.2.8. Argilas	30
2.3. Práticas de destruição dos agregados	32
2.4. Práticas de manutenção e recuperação da estrutura	34
2.5. Influência da estrutura sobre algumas características do solo	36
2.5.1. Porosidade	36
2.5.2. Infiltração	39
2.6. Qualidade dos agregados	41
3. Material e Métodos	43
3.1. Caracterização dos solos	43
3.2. Tratamentos	44
3.3. Amostragem dos solos	45
3.4. Preparo das amostras para análise	46
3.5. Determinação dos agregados estáveis em água.	46
3.5.1. Método padrão (KEMPER & CHEPIL, 1965)	46
3.5.2. Método modificado (TISDALL et alii, 1978)	47
3.6. Análise da qualidade dos agregados	48
3.6.1. Impregnação dos agregados com resina.	48
3.6.2. Preparo das seções polidas	49
3.6.3. Determinação de qualidade dos agregados	49

Página

3.7. Análises químicas do solo 49
3.8. Análise física 50
3.9. Avaliação da cobertura do solo foi efetuada segundo (SLONEKER & MOLDENHAUER, 1977) 50
3.10. Análise estatística 50

4. Resultados e Discussão 51
4.1. Efeito do preparo das amostras sobre a distribuição dos agregados estáveis em água ... 51
4.2. Efeito do manejo sobre o estado da agregação do solo 56
4.2.1. Diâmetro médio ponderado (DMP) 56
4.2.2. Distribuição dos agregados estáveis em água 65
4.3. Qualidade dos agregados estáveis em água e seções indeformadas do solo Santo Ângelo ... 72

5. Conclusões 80

6. Bibliografia Citada 81

7. Apêndices 90

RELAÇÃO DE TABELAS

		Página
1.	Características físicas de latossolos do Rio Grande do Sul, em condições de mata, campo nativo e solo cultivado	38
2.	Umidade gravimétrica dos solos Santo Ângelo e Erexim quando efetuada a estabilidade de agregados em água. Média de três repetições	55
3.	Quantificação da cobertura do solo Santo Ângelo após o preparo em maio de 1983	70

RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

1. Possíveis arranjos de domínios de argila, matéria orgânica e quartzo: A, quartzo - matéria orgânica - quartzo; B, quartzo - matéria orgânica - domínio; C, domínio - matéria orgânica - domínio(C_1=face-face; C_2=extremidade-face; C_3=extremidade-extremidade); D, domínio-domínio, extremidade-face (EMERSON, 1959, citado por HARRIS et alii, 1966) 7

2. Modelo de organização do agregado com indicação do principal agente ligante (TISDALL & OADES, 1982) 12

3. Porcentagem de agregados no solo Erexim determinados pelo método modificado, obtidos com os dois métodos de pré-preparo da amostra. Média dos tratamentos campo nativo, mato nativo, preparo convencional, pastagem (0 - 5 e 5 - 10 cm de profundidade) 53

4. Porcentagem de agregados no solo Erexim determinados pelo método modificado, obtidos com os dois métodos de pré-preparo da amostra. Média do tratamento com plantio direto 53

5. DMP dos agregados estáveis em água pelos métodos padrão (a) e modificado (b), respectivamente, dos solos Santo Ângelo e Erexim. CN - campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional; F - plantio direto com trigo, soja; G - rotação com soja, trigo, tremoço, milho, aveia 58

6. Correlação entre o teor de matéria orgânica e o DMP dos agregados estáveis em água pelo método padrão 62

7. Distribuição dos agregados estáveis em água do solo Santo Ângelo com pré-preparo a seco, A - preparo convencional com trigo, soja; F - plantio direto com trigo, soja; C (0 - 5 cm de profundidade) - pastagem com siratro, desmódio, setária; CN - campo nativo; G - rotação com soja, trigo, tremoço, milho, aveia. DMS (5%) 66

8. Distribuição dos agregados estáveis em água do solo Erexim com pré-preparo a seco; A - preparo convencional com trigo-soja; F - plantio direto com trigo, soja; C (0 - 5 cm de profundidade) - pastagem com siratro, desmódio, setária; CN - campo nativo; G - rotação com soja, trigo, soja, tremoço, milho; aveia. DMS (5%) 67

9. Seção polida dos agregados estáveis em água maiores que 2,00 mm de diâmetro dos solos Santo Ângelo e Erexim nos tratamentos, mato nativo (MN); campo nativo (CN); pastagem com desmódio, setária e siratro (C); plantio direto e preparo convencional com trigo, soja. O espaço entre traços corresponde a 1 mm. As partes brancas da foto são poros preenchidos com alumina durante o processo de polimento 73

10. Seções polidas de amostras do solo Santo Ângelo em diversas profundidades, não deformadas, dos tratamentos preparo convencional (A, 0-10, 10-20, 30-40 cm); campo nativo (CN 0-10, 10 - 20, 30 - 40 cm); pastagem com desmódio, siratro e setária (C 0-10 cm) e plantio direto com trigo e soja (0-10 cm). O espaço entre traços corresponde a 1 mm 74

11. Agregados com 4,76 a 9,51 mm de diâmetro do solo Santo Ângelo. Observa-se a forma grumosa dos tratamentos com campo nativo e a forma granular do tratamento com plantio com planos mais ou menos bem definidos 77

1. INTRODUÇÃO

Os latossolos compreendem aproximadamente 21% da área do Rio Grande do Sul e se caracterizam originalmente pela boa estabilidade estrutural, devido a sua composição mineralógica. No entanto, o cultivo intensivo e o uso de implementos e práticas agrícolas inadequado estão provocando nesses solos a degradação de características físicas, químicas e biológicas. No aspecto físico, ocorre diminuição do tamanho de agregados e de poros, menor aeração, havendo mesmo formação de uma massa de solo compacta, mais ou menos homogênea, pelo tráfico excessivo de máquinas, muitas vezes em condições inadequadas de umidade, o que posteriormente impede a infiltração da água e desenvolvimento radicular.

A contínua queima de palha associada ao intenso preparo, promove a destruição da estrutura pela exposição da superfície do solo ao impacto das gotas da chuva, insolação e variações bruscas de umidade, além de afetar o equilíbrio biológico na superfície e diminuir o teor de matéria orgânica.

Para a solução deste problema há necessidade de uma comunidade agrícola esclarecida para a manutenção de boas características físicas, químicas e biológicas do solo, mantendo desta forma sua alta produtividade por tempo

indeterminado.

Práticas agrícolas como a rotação de culturas, com intercalação de gramíneas e leguminosas, pastagens perenes e as formas mínimas de preparo do solo associadas ao correto uso de fertilizantes e corretivos são alternativas de recuperação dos latossolos degradados fisicamente.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade em água e qualidade dos agregados de um Latossolo Roxo Distrófico (solo Santo Ângelo) e de um Latossolo Roxo Álico (solo Erexim), no seu estado natural e sob diferentes manejos, partindo de experimentos instalados nos municípios de Santo Ângelo e Não-me-Toque (RS).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Estrutura do solo

O solo é um sistema de três fases que contém um número quase ilimitado de componentes na fase sólida, líquida e gasosa, não distribuídos aleatoriamente no perfil e cuja ordenação está limitada pelo tamanho e disposição dos componentes sólidos (BAVER et alii, 1973). A estrutura do solo implica num arranjo de partículas primárias (areia, silte, argila) e secundárias (agregados), em certos padrões estruturais, que incluem necessáriamente o espaço poroso (HÉNIN et alii, 1976).

O Soil Survey Manual (USDA, 1951) define estrutura do solo como sendo a agregação de partículas primárias em partículas compostas, separadas de agregados adjacentes por planos de fraqueza. A estrutura depende muito das condições formadoras de um dado solo (NVAKA & VORONOVA, 1980) e tem efeito sobre outras propriedades, especialmente físicas, e da água do solo e finalmente, na produtividade e rendimento das plantas.

A estrutura do solo, embora não seja considerada em si um fator de crescimento para as plantas, exerce influência nos suprimentos de água e ar às raízes das culturas, na

disponibilidade de nutrientes, na penetração e desenvolvimento das raízes, assim como no movimento da macrofauna do solo (KOHNKE, 1968).

Segundo GAVANDE (1973), uma má estrutura do solo pode significar um excesso ou falta de água, falta de ar, incidência de agentes fitopatogênicos, pouca atividade microbiana, impedimento ao crescimento das raízes e mudanças químicas prejudiciais. Um solo bom estruturalmente não se desagrega com facilidade, não é difícil de lavrar quando seco e não se torna pegajoso quando molhado.

A estrutura definida morfologicamente por TAYLOR & ASCHROFF (1972), seria o arranjo de partículas primárias em partículas compostas. Sob o ponto de vista edafológico, os mesmos autores afirmam que, além do tamanho e forma dos agregados, é importante a distribuição do tamanho de poros que resulta desta agregação. A estabilidade de agregados quando úmidos, sua habilidade para reorganizar-se durante o secamento e a dureza são características mais estritamente ligadas com a relação solo-planta do que o tamanho e forma.

BREWER & SLEEMAN (1960), numa análise detalhada sub-dividiram o solo em "fábrica", estrutura e textura. Onde fábrica do solo é a constituição física do material do solo, expressa pelo arranjo espacial das partículas e poros conhecidos. Estrutura do solo é a constituição física do material do solo expressa pelo tamanho, forma e arranjo das partículas, determinantes dos vazios, incluindo partículas primárias para formar partículas compostas e compostas entre si .

Textura é a constituição do material do solo expressa pelo tamanho, forma, arranjo e pelo grau de cristalização das partículas sólidas.

Já sobre a metodologia utilizada nos estudos da estrutura, KOLODNY & NEAL (1941) comentam que observações macro e microscópicas do arranjo dos caracteres de partículas como tamanho, estabilidade de agregados e tipos de cimentação são métodos diretos para avaliar a estrutura, enquanto que a quantidade de poros e permeabilidade do solo são métodos indiretos.

Para LOW (1954), a infiltração, permeabilidade, espaço poroso total e impregnação do solo são métodos diretos de investigação, enquanto que a estabilidade de agregados em água, permeabilidade da água em colunas de agregados secos ao ar e a razão de dispersão em água da fração silte e argila em relação a dispersão total com NaOH, são medidas de provável estabilidade estrutural.

2.1.1. Agregação do solo

A formação de agregados estáveis no solo, a partir de partículas minerais simples, ocorre em duas etapas. A primeira etapa compreende a formação do agregado e, a segunda, a sua estabilização (ALISSON, 1973; HARRIS et alii, 1966; TISDALL & OADES, 1982).

Para que inicie o processo de formação do agregado, é necessário que haja aproximação entre as partículas a

distâncias de atuação das forças que as mantém juntas. Em meio como o solo, onde a fase sólida determina o arranjo das partículas, a aproximação ocorre por ação de forças compressivas, que podem ter origem na atuação das raízes, variação de umidade e compactação por implementos. Na fase líquida do solo, a aproximação pode ser determinada por concentração eletrolítica, que promove a floculação de partículas isoladas de argilas dando, por desidratação, origem a agregados. A floculação, mais especificamente, depende do pH e da natureza e concentração dos eletrólitos presentes na solução do solo (BRADY, 1979).

Um abaixamento do pH ocasionará redução da eletronegatividade das micelas de argila, o que irá favorecer a aproximação entre as partículas e floculação dos mesmos. A elevação do pH ocasionará o aumento da eletronegatividade, aumento da repulsão entre as partículas e conseqüentemente, aumento da dispersão. Quanto à natureza e concentração de eletrólitos, normalmente cátions polivalentes tem maior poder de floculação que monovalentes e aumento na concentração de eletrólitos vem seguidos de floculação, devido a compressão da dupla camada elétrica. CERQUEIRA (1984), trabalhando com Latossolo Vermelho Escuro do Rio Grande do Sul, verificou menor dispersão de argila com um pH $< 5,0$ e $> 7,0$ em relação a faixa de pH entre 5,0 e 7,0 atribuindo estes resultados a ação do Al^{+3} no pH inferior a 5,0 e ao Ca^{+2} no pH superior a 7,0.

Atuam como agentes de formação dos agregados os

cátions, através das cargas positivas, moléculas orgânicas transitórias, livres e associadas a bactérias e fungos, partículas minerais (argilas, óxidos, hidróxidos) com cargas negativas e, ou positivas e partículas neutras.

Na fase de estabilização dos agregados atuam os compostos orgânicos estáveis, complexos organo-metálicos e óxidos e hidróxidos (TISDALL & OADES, 1982; ALISSON, 1973).

O mecanismo de atuação destes agentes de formação e estabilização dos agregados é mostrado, em síntese, na Figura 1, onde são identificadas as ligações entre partículas de argila, matéria orgânica e quartzo (EMERSON, 1959, citado por HARRIS et alii, 1966).

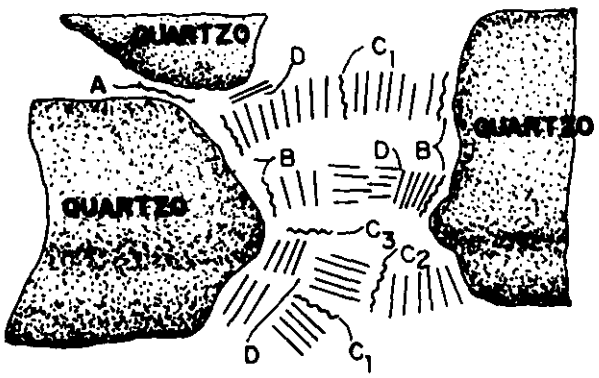


FIGURA 1. Possíveis arranjos de domínios de argilas, matéria orgânica e quartzo: A, quartzo - matéria orgânica - -quartzo; B, quartzo - matéria orgânica - domínio; C, domínio - matéria orgânica - domínio (C_1 = face- -face; C_2 = extremidade - face; C_3 = extremidade - extremidade); D, domínio - domínio, extremidade - face (EMERSON, 1959, citado por HARRIS et alii, 1966).

HARRIS et alii (1966), com suporte de uma ampla revisão bibliográfica, propuseram a ocorrência dos seguintes possíveis tipos de ligação entre partículas formadoras de agregados:

A) Domínio - Domínio

Domínio de argila é definido como um grupo de cristais de argila orientados, unidos suficientemente entre si por cátions ou hidrogênios ligantes entre as faces do cristal e comportando-se como uma unidade simples.

Os domínios podem ligar-se para formar agregados, de diferentes formas, como segue:

a - Face do domínio - Face do domínio

Ponte de cátions entre as faces com carga negativa. Mecanismo similar ao da orientação de lâminas de argilas nos domínios.

$Face^{-}$ ... M^{n+} ... $^{-}Face$

M^{n+} seria um cátion livre ou óxido e hidróxido carregado positivamente.

b - Extremidade do domínio - Face do domínio

extremidade Al - OH_2^{+} ... $^{-}Face$

B) Domínio - Polímero orgânico - Domínio

a - Extremidade do domínio - Polímero orgânico - (domínio)

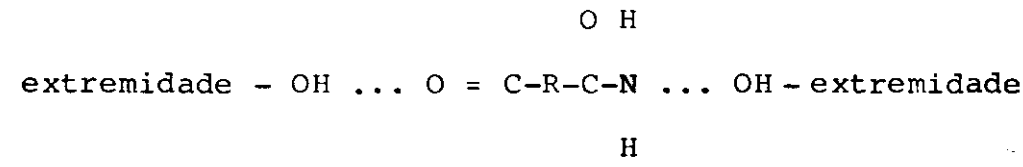
1. Troca de ânions: extremidade positiva com polímero carboxílico

extremidade Al - OH_2^{+} ... $^{-}OOC - R - COO^{-}$ ...

onde R é um polímero orgânico com eixo horizontal ou

perpendicular ao domínio.

2. Ponte de hidrogênio entre extremidades com hidroxilas e polímeros carboxílicos e amidos



extremidade - OH ... O = C-R-C-N ... OH - extremidade

H

3. Ponte de cátion entre extremidades negativa-polímero carboxílico

extremidade - O^- ... M^{n+} ... $^-OOC-R-COO^-$

4. Atração de Van der Waals entre extremidade e polímero

b - Face do domínio - polímero orgânico - (domínio)

1. Ligação de hidrogênio entre polímero hidroxílico e face externa ou interna silicatada.

Face Si-O ... HO-R-OH ...

2. Ponte de cátions entre face externa do domínio e polímero carboxílico ou outros grupos ionizáveis

Face externa$^-$ ... M^{n+} ... $^-OOC-R-COO^-$

3. Atração de Van der Waals entre face e polímero

C) Quartzo (silte, colóide orgânico e inorgânico) - quartzo

a - Ligações químicas estabelecidas entre a superfície gel do quartzo, de alumínio - silicato hidratados e grupos ativos de constituintes de outros agregados.

b - Grânulos de quartzo retidos na matriz de silte e argila, estabelecida primariamente por:

1. Partículas orientadas de argilas

2. Irreversibilidade de silicatos desidratados, sexquióxidos ou complexos húmus-sexquióxidos.

3. Irreversibilidade de materiais húmicos desidratados.

4. Microagregados de tamanho silte estabelecidos por humatos de ferro.

5. Colóides orgânicos e domínio de argila ligados por mecanismos citados em A e B.

TISDALL & OADES (1982) discutem os mecanismos que atuam na formação dos diferentes tamanhos de agregados. Trabalhando com um solo vermelho escuro, concluíram que cada estágio da agregação é considerado uma fase independente (Figura 2):

a) Agregados maiores que 2,00 mm de diâmetro:

nos solos vermelho-escuros com alto conteúdo de matéria orgânica, agregados maiores do que 2,00 mm de diâmetro consistem de agregados e partículas ligadas entre si, principalmente por raízes, hifas e, em solos com baixo conteúdo de matéria orgânica (menor que 1%), por agentes ligantes transitórios, como polissacarídeos.

A estabilidade de partículas maiores que 2,00 mm de diâmetro é devida ao crescimento de raízes e hifas, sendo a estabilidade controlada por práticas agrícolas.

Agentes ligantes inorgânicos, incluindo aluminossilicatos altamente desordenados e óxidos cristalinos de ferro,

também estabilizam agregados maiores do que 2,00 mm de diâmetro, mas em menor extensão do que materiais orgânicos. Seções polidas de agregados maiores do que 2,00 mm de diâmetro mostraram-se porosas e consistem principalmente de partículas ou agregados maiores do que 0,250 mm de diâmetro.

b) Agregados de 0,020 - 0,250 mm de diâmetro:

nesta classe os agregados são estáveis ao rápido umedecimento e não são destruídos por práticas culturais; igualmente em solos há muito cultivados, mais de 70% de agregados estáveis são de diâmetro entre 0,020 - 0,250 mm. No entanto, podem ser destruídos por vibração ultrassônica. Uma secção transversal de agregados entre 0,020 - 0,250 mm observada ao microscópio consiste, principalmente ou em sua maior parte, de partículas de diâmetro entre 0,002 - 0,020 mm. Estas partículas são ligadas por materiais orgânicos persistentes, como compostos aromáticos ou por óxidos cristalinos e alumínio-silicatos altamente desordenados.

Estes agregados são muito estáveis, particularmente porque são pequenos e contém vários tipos de agentes estabilizantes.

c) Agregados de 0,002 - 0,020 mm de diâmetro:

no trabalho de TISDALL & OADES (1982), estes agregados consistem de partículas menores do que 0,002 mm de diâmetro, unidas firmemente por ligantes orgânicos persistentes, como polímeros orgânicos e compostos aromáticos e não são rompidos por práticas agrícolas.

A observação ao microscópio eletrônico de partículas

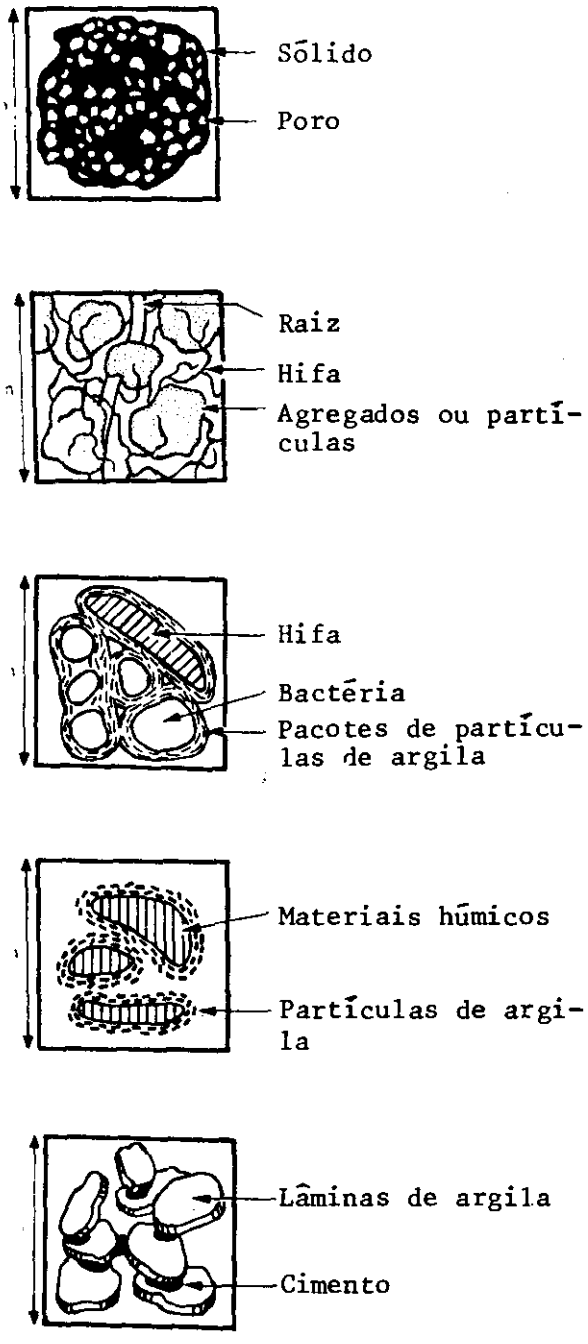


FIGURA 2. Modelo de organização de agregados com indicação do principal agente ligante (TISDALL & OADES, 1982).

da rizosfera entre 0,002 - 0,020mm mostrou que estas são constituídas de partículas menores do que 0,002 mm. Também mostrou bactérias individuais ou colônias de bactérias circundadas por uma cápsula composta de carboidratos, à qual as partículas de argila estavam firmemente ligadas. Algumas hifas de fungos produziram uma camada de material amorfo, provavelmente polissacarídeos, também ligando firmemente partículas de argila (TISDALL & OADES, 1979).

Fragmentos de hifas podem cobrir pequenos agregados, que podem ser estabilizados por estes restos de fungos.

Os fragmentos podem ser derivados de VA micorrizas, as quais foram associados com plantas, ou de fungos saprófitos, que crescem rapidamente no solo após a adição de material prontamente decomponível.

d) Agregados menores do que 0,002 mm de diâmetro:

são freqüentemente flocos, onde argila individual ou grupos de lamelas começam a formar uma massa. Inicialmente as lâminas são ~~são~~ paralelas, mas são ligadas pelas bordas para formar uma estrutura fechada.

No entanto, sob secamento o sistema tende a baixa entropia: assim as lâminas começam a ficar paralelas e se alinham perfeitamente, formando cristais de 0,004 mm de lado.

As lamelas também são ligadas por forças de Van der Waals, pontes de hidrogênio e atrações coulombianas.

Algumas partículas menores do que 0,002 mm de diâmetro podem ligar-se a partículas finas através de matéria

orgânica e óxidos de ferro.

2.2. Agentes que atuam na formação e estabilização dos agregados

2.2.1. Culturas

As culturas atuam sobre a agregação do solo de diversos modos, tais como: suprimento de material orgânico que serve como fonte de energia para a atividade microbiana, variação de umidade, proteção da superfície contra a ação do sol e da chuva, aproximação entre partículas por compressão. Existe também um estreito relacionamento entre as condições físicas do solo e o desenvolvimento dos vegetais. Desta forma, a qualidade da estrutura influe no crescimento das raízes, que promove o rápido crescimento vegetal e que pode resultar em maiores rendimentos (TAYLOR & ASCHKROFF, 1972). Solos desestruturados e compactados impedem a penetração das raízes. Embora as raízes exerçam pressão de crescimento, esta pressão é diminuída quando o solo é mal suprido com oxigênio, fenômeno comum em solos compactados. Para TAYLOR (1974) quando a porosidade de aeração for menor que 10% a raiz não cresce. De modo geral as plantas pela ação de suas raízes e parte aérea podem recuperar solos degradados, sendo que algumas espécies são mais eficientes do que outras.

REID & GROSS (1981), trabalhando com cinco culturas

diferentes, em vasos, utilizando um solo franco, observaram que o milho reduziu a estabilidade de agregados, enquanto que o azevém e a alfafa aumentaram a estabilidade. Este resultado reflete possivelmente a qualidade diferente do material orgânico sintetizado pelas raízes das diversas culturas. A diferença entre espécies pode estar também entre a configuração das raízes, especialmente na proporção das raízes laterais, uma vez que a liberação da matéria orgânica ocorre segundo o tipo de raiz. REID & GOSS (1982) em outro experimento sugerem que a adsorção das argilas em prováveis polissacarídeos, durante épocas secas, beneficia a estabilização dos agregados neutralizando as conseqüências do crescimento das raízes do milho. Porém, em período de alta umidade, os polissacarídeos podem ser degradados na rizosfera no intervalo de tempo em que o solo tende ao secamento, diminuindo a estabilidade dos agregados.

Para ALISSON (1973), as plantas exercem seu maior benefício na agregação pelo seguinte caminho:

- possuem uma massa de finas raízes que ramificam através do solo, exercendo pressão que pode ajudar na formação de agregados;
- removem continuamente água e as raízes em contato com as partículas do solo e o local seco produz esforço e tensão;
- fornecem alimento para os microrganismos da rizosfera, que direta ou indiretamente influem na agregação. As raízes podem ocasionalmente penetrar os agregados e quebrá-los, mas isto não é o maior efeito, seu crescimento é

principalmente entre agregados. A pressão exercida pelo crescimento contínuo de raízes e raízes finas, novamente formam agregados. Plantas com raízes grossas e limitadas raízes finas, tais como o algodão e a soja, são menos efetivas na agregação do que gramíneas.

WILSON & BROWNING (1945), observando o grau de agregação de solo franco com sistemas de rotação de culturas, notaram que a porcentagem de agregados maiores do que 0,250 mm aumentava na seguinte ordem: milho continuamente, milho com rotação, aveia com rotação, trevo com rotação, alfafa continuamente e capim azul continuamente. À medida em que aumentava a agregação, diminuia a perda de solo e água por enxurrada. Chamam a atenção que a agregação varia com o tipo de solo, manejo da pastagem, condições climáticas, práticas culturais, tipo e quantidade de vegetação. FAHAD et alii (1982), em solo "Typic argiudults" em sistema de rotação com soja, sorgo, milho e pousio, observaram que o grau de agregação em sistema contínuo com soja foi menor. Atribuiram este fato à redução de ligantes de partículas de solo e ao rompimento dos agregados pelas raízes.

Raízes de soja, como de outras leguminosas, têm alto teor de nitrogênio e são mais facilmente decomponíveis do que raízes ricas em carboidratos, sendo menos efetivas na reestruturação do que gramíneas. As leguminosas aumentam a agregação durante um período de tempo devido a fácil decomposição de suas raízes. No entanto, quando faltar o suprimento de matéria orgânica, os microrganismos consomem além do

que sintetizaram, diminuindo com isto a agregação.

LOW (1972), estudando solos com poucos anos de pastagem com gramíneas e cultivados, concluiu que a avaliação da estabilidade de agregados, nestes solos, provavelmente subestima a diferença entre solos sob cultivo e os poucos anos sob gramíneas, particularmente em solos com alto teor de argila. Sugere medições de espaço poroso e estudo a campo de bioporos, pois estas características expressam mais a deterioração ou recuperação da estrutura. Analisando em microscópio eletrônico a microestrutura de solos com gramíneas, notou que existe a presença de um aderente, supostamente orgânico, ligando argila e outras partículas. Hifas de fungos também foram observadas. No solo cultivado isto não foi observado (LOW, 1974).

BRADFIELD (1937) descreve que, sob gramíneas, a maior parte do solo assume estrutura granular ou grumosa. De acordo com a sua descrição, as raízes de gramíneas são tão numerosas que, em um gramado bem estabelecido, raramente estão separadas por mais de 3 a 5 cm. Estas raízes ramificam em todas as direções. Cada raíz representa um centro de remoção de água. A água é removida do solo em contato com a raíz, provocando movimento da água por capilaridade na sua direção. Esta ao ser removida, desenvolve pressões capilares, comprimindo os grânulos em todos os lados. Como resultado, os grânulos ficam completamente densos, com uma densidade superior ao resto do solo, podendo chegar até 1,8 a 2,0 g/cm^3. O espaço poroso total dentro deles é pequeno e

o tamanho dos poros é muito pequeno. A água move-se dentro deles vagarosamente. Os poros são estreitos, quase completamente fechados pela água capilar e, como resultado, a aeração é pobre. Conseqüentemente podem existir combinações de redução e oxidação na superfície do grânulo. Isto freqüentemente causa migração de substâncias, as quais são mais solúveis na forma reduzida, para a superfície do grânulo, onde se oxidam e são depositadas. Este depósito serve como cimento e ajuda estabilizar o grânulo.

Muitos grânulos duros do solo podem ser formados pela compressão, devido à superfície de tensão, mas tais grânulos não são estáveis em água. No esforço desenvolvido pelo crescimento da raíz através do solo, muitas células são destruídas e servem de alimento para as bactérias. Em ciclos bem definidos para cada espécie, as raízes morrem e são decompostas 'in situ', formando um cimento orgânico resistente ao redor do grânulo. Uma marcante diferença na cor entre a superfície de tais grânulos e seu interior é evidente.

Muitos habitantes do solo vivem necessariamente na superfície dos agregados onde há melhores condições de aeração. Em um solo fortemente granulado, toda a massa de argila, silte e areia é agrupada nestes agregados estáveis. Como resultado, surgem dois grupos completamente definidos de poros no solo: poros capilares, dentro do grânulo e não capilares, entre os grânulos. Os poros não capilares são relativamente grandes. A água, ao penetrar neles, é prontamente retida na superfície dos agregados. Isto deixa uma

série de conexões através das quais circula o ar. A água, na periferia, é captada pelos poros capilares entre as unidades de partículas que compõe o grânulo. Esta água se constitui na principal reserva de água do grânulo. Estes solos possuem uma permeabilidade semelhante aos solos arenosos, combinados com a capacidade de armazenamento de água dos solos de textura argilosa. Esta é a estrutura que as gramíneas perenes tendem a desenvolver no solo. Tais solos promovem condições ótimas de crescimento para a maioria das culturas. A matéria orgânica constitui uma boa reserva de elementos essenciais para o crescimento. Água e ar estão presentes em boas proporções. Com abundância de água e ar, os microrganismos do solo proliferam e convertem gradualmente os materiais orgânicos em formas simples, requeridas pelas plantas. Raízes das culturas podem forçar seu caminho através de poros não capilares bem aerados. Como resultado um mais eficiente e extensivo sistema de absorção é desenvolvido. As reservas de alimento são concentradas nas superfícies destes poros. Uma vez o solo bem granulado, e quando bem aerado, são formadas interfaces e as raízes tenderão seguí-las, forçando seu caminho através de densos agregados. O efeito então é acumulativo.

ALISSON (1968) e GREENLAND (1971) citam que a consorciação de gramíneas e leguminosas são mais eficientes na reagregação do que somente leguminosas ou gramíneas. As raízes das leguminosas complementam as raízes das gramíneas. Normalmente leguminosas não tem grande quantidade de raízes

finas, porém, contém mais nitrogênio e sua decomposição é mais rápida do que as raízes das gramíneas, com alto conteú do de carbono.

Pesquisas comparativas do efeito de diferentes sistemas de culturas e rotações sobre a agregação do solo tem mostrado que raízes de culturas produtoras de grãos são os menos efetivos na manutenção de um adequado estado de agregação (HARRIS et alii, 1966). O próprio manejo da pastagem também influe no efeito desta sobre a agregação do solo. Neste sentido TISDALL & OADES (1979) verificaram que o azevém submetido a cortes era mais efetivo na agregação, do que sem cortes. Explicam este efeito pela maior liberação de excreções radiculares quando a planta é cortada.

DALLA ROSA (1981), após determinações de agregados estáveis em água e de desenvolvimento de raízes em Latossolo Roxo Distrófico, concluiu que o uso de espécies vegetais, dotadas de um sistema radicular com capacidade de penetrar em solos compactados, é viável em sistemas de rotação de culturas, visando a recuperação de solos degradados fisicamente. Tais espécies seriam alfafa, milheto, desmódio, siratro, tremoço, ervilhaca e colza de inverno. As pastagens de milheto mais feijão miúdo e aveia mais ervilhaca foram eficientes na melhoria da estrutura.

GUERRA (1982) em Latossolo Roxo Álico observou maior estabilidade de agregados em água no tratamento com preparo adequado do solo e forrageiras do que no preparo convencional com soja-trigo, e sem preparo e soja-trigo, até a

profundidade de 22,5 cm. O maior volume de raízes e resíduos e o grau de mobilização do solo provavelmente concorreram para a menor densidade e maior espaço aéreo do solo na camada de 3 a 8 cm do tratamento e em relação à camada de 3 a 8 cm sem preparo e soja-trigo sem subsolagem.

D'AGOSTINI (1981) em Latossolo Roxo Álico também observou maior infiltração da água em área com pastagem por um ano o que deve refletir uma melhora das condições físicas do solo. Destaca-se que os índices de resistência do solo à penetração, espaço aéreo e densidade, especialmente na camada média, de 10 - 20 cm de profundidade, ainda acusavam relativos níveis de degradação estrutural do solo. Mesmo com pastagem em Latossolo Roxo Álico, o que sugere que a pastagem deve permanecer por mais tempo para a recuperação da estrutura.

2.2.2. Matéria orgânica

De modo geral, o teor de matéria orgânica no solo correlaciona-se com o índice de agregação do solo, expresso pela porcentagem de agregados estáveis (TISDALL & OADES, 1980; HARRIS et alii, 1966). Isto se deve ao fato de que as moléculas orgânicas atuam nas etapas de formação e estabilização dos agregados, além de servirem de fonte de energia para os microrganismos, que são importantes agentes de agregação (ALISSON, 1973).

KROTH & PAGE (1946), observando agregados em

microscópio eletrônico, notaram que a sua estabilização foi beneficiada pela mistura de solo e material orgânico. O estudo mostrou que duas forças são responsáveis pelas ligações das partículas em grupos secundários: primeiro substâncias orgânicas polares e, segundo, os óxidos de ferro e alumínio, graxas, ceras, resinas e outros. As substâncias polares formam ligações físico-químicas com as superfícies ativas das argilas e não são facilmente rompidas pela reidratação. São geralmente produtos de atividades microbiana, porções mais resistentes ou húmus inertes. Os óxidos, graxas, ceras e resinas promovem uma matriz contínua os quais ligam as partículas em unidades secundárias, pelas forças físicas principalmente.

HAMBLIN & GREENLAND (1977) analisando solos sujeitos ao cultivo contínuo por muitas décadas, observaram que a maior parte dos agregados estáveis são derivados de ligações de polímeros orgânicos ligados por cátions polivalentes e polímeros hidróxi-metálicos às superfícies inorgânicas.

ALISSON (1973) cita que a matéria orgânica é responsável direta ou indiretamente na formação de um meio físico apropriado para o crescimento das culturas. Este efeito se dá na agregação das partículas do solo a que influi na recuperação do solo incrustado, infiltração de água, conteúdo de umidade, drenagem, aeração, temperatura, atividade microbiana e penetração das raízes.

QUEIROZ NETO et alii (1966) observaram que em agregados de terra roxa, o teor de matéria orgânica não variou

nas classes de agregados, porém a relação C/N diminui das classes de 7,0-4,0 mm para as de 1,0-0,5 mm, fato possivelmente relacionado ao tipo de matéria orgânica. GROHMANN et alii (1966) observaram que a adição de esterco do solo aumentou a agregação; contudo não houve aumento no teor de carbono dos agregados. Supõe-se que houve uma modificação na qualidade desta matéria orgânica.

EMERSON (1956), em estudos comparativos entre a maneira de atuação da matéria orgânica e polímeros sintéticos na estabilização de agregados, conclui que agregados de pastagens são estabilizados pela formação de complexos inter-lamelares com argilas, e provavelmente a substância que forma o complexo é um polímero que contêm grupos amínicos. Evidências mostram também que o ion fosfato e polímeros carboxílicos são atacados da mesma maneira nas extremidades dos cristais de argilas.

2.2.3. Microrganismos

Para ALISSON (1973) os microrganismos influem na agregação de duas maneiras. Primeiro, pela aproximação das partículas do solo entre si e posterior adesão e ligação mecânica. Segundo, pela produção de polissacarídeos e outras substâncias orgânicas, que atuam como gomas ou cimento. O primeiro mecanismo envolve formação de agregados e o segundo envolve estabilização de agregados.

SWINGER et alii (1969), analisando compostos

orgânicos, observou que os carboidratos representam de 5 a 25% destes compostos e são constituídos por monossacarídeos, como hexoses, pentoses, ácidos urônicos e açúcares aminicos. São polímeros de vários tamanhos e graus de complexidade, associados mais ou menos firmemente com colóides inorgânicos do solo. Os polissacarídeos do solo são de origem microbiana, embora as plantas também possam produzi-los. Os polissacarídeos mostram uma continuidade de moléculas grandes e contém monossacarídeos neutros e radicais com cargas negativas e positivas, amino-ácidos e componentes ácidos. A composição dos polissacarídeos sugere que pode conter sítios trocáveis e tomam parte em reações de troca e atuam como fonte de energia para os microrganismos heterotróficos, mas a maior importância está na influência que exerce nas condições físicas do solo. RENNIE et alii (1954) trabalhando com o solo "Spencer silt loam" nos EUA, observaram que os polissacarídeos não atuam isoladamente na agregação do solo, mas existe uma interdependência de um suprimento de matéria orgânica, carbonatos, nutrientes e um ambiente favorável. As variações climáticas, práticas de fertilidade, culturas e seqüências de populações microbianas são importantes para uma boa agregação.

McCALLA et alii (1957) isolaram de solos de Nebraska trinta e três espécies de fungos e actinomicetos, testaram sua eficiência em agregar o solo "Peorian loess" utilizando uma fonte de carbono a sacarose e palha. Três das mais eficientes culturas foram isoladas e testadas com

diversos níveis de carbono, umidade, temperatura e tempo. Observaram que a sacarose como fonte de carbono foi mais efetiva na agregação do que a palha, para a maioria das culturas microbianas. Os autores concluem que é importante o tipo de resíduos, seleção da cultura microbiana e ambiente favorável para a eficácia dos microrganismos na agregação.

MARTIN & ANDERSON (1942) observaram a seguinte ordem decrescente de eficácia de cinco espécies de fungos: *Cladosporium* sp., *Aspergillus minutti*, *Penicillium glaucum*, *Mucor rouxi* e *Rhizopus stolonifer*. Conclui-se que, além da quantidade de microrganismos no solo, é importante saber da sua eficácia específica na agregação e que a adubação com matéria orgânica deve ser constante e de boa qualidade para manter sempre ativa a população microbiana do solo.

2.2.4. Minhocas

DUTT (1948) verificou que as minhocas produzem agregados mais estáveis em água e com maior teor de nutrientes. Formam, na superfície, uma estrutura em grumos que favorece a germinação rápida e uniforme das culturas. Além de formarem grumos estáveis, favorecem a aeração, a infiltração e a penetração de raízes pelos canais.

ALISSON (1973) cita que o aumento na agregação do solo é produzido pelas minhocas como resultado de vários mecanismos, todos combinados, que envolvem a formação e estabilização de agregados. A abertura de canais tem efeitos

diretos na formação de agregados, aeração e movimento da água. Também a quantidade de excrementos produzidos pelas minhocas varia de acordo com a época do ano, tipo de solo, umidade e temperatura, além das práticas de manejo.

HOPP & HOPKINS (1946) estimaram que *Lumbricus terrestris* e *Holodrilus calaginosus* são capazes de agregar uma quantidade de solo equivalente ao seu próprio peso por dia.

HOPP & SLATER (1949) observaram que o efeito benéfico da ação das minhocas sobre a estrutura foi obtido em solos onde a falta de estrutura foi fator limitante ao crescimento das culturas. A soja e o trevo foram estimulados mais que o trigo e gramíneas pela atividade das minhocas, em solos com estrutura pobre.

2.2.5. Variação de umidade e temperatura

Um efeito notável do umedecimento e secamento do solo sobre os agregados é encontrada em solos com alto teor de argila. Quando úmidos expandem-se e quando secos formam-se gretas. O movimento de expansão e contração produz considerável orientação das argilas. Esta orientação favorece a formação de densas massas, com um mínimo de espaço aéreo (ALISSON, 1973). Estas observações mostram que a variação de umidade pode ocasionalmente favorecer a agregação, mas em condições de solos cultivados é mais provável ocorrer a destruição dos agregados ou redução do seu tamanho.

A interação dos agregados do solo com variação de umidade é um processo complexo, o qual envolve vários fatores como a taxa de umedecimento, a quantidade e distribuição da matéria orgânica e o conteúdo de argila, os quais influem nas propriedades expansivas (PANABOKKE & QUIRK, 1957).

Com o umedecimento brusco, por exemplo, planos de fraqueza são originados nos agregados. Também os diferentes tamanhos dos poros no interior do agregado são importantes na sua estabilidade, pois vão determinar, pelo umedecimento, respostas diferentes. Agregados com poros pequenos serão mais sujeitos à formação de planos de fraqueza. Evidências confirmam que o efeito destrutivo do umedecimento (HARRIS et alii, 1966; CERNUDA et alii, 1954) é maior em solos com maior quantidade de ar ocluso no interior do agregado e pela presença de maior número de microcapilares, os quais aumentam a força com que a água é puxada para o interior do agregado. O teor de água do solo no umedecimento determina a taxa de umedecimento, quanto maior esta taxa tanto maior é o efeito destrutivo do ar sobre a ruptura dos agregados.

SUBBA RAO & RAMACHARLU (1957) mostraram que a estabilidade de agregados aumentou quando foram submetidos a temperaturas acima de 60°C, e a 360°C os agregados mostraram-se completamente estáveis. O exato mecanismo que envolve o aumento da estabilidade de agregados com o aumento da temperatura não é bem conhecido. A irreversibilidade ou baixa reversibilidade hidratante das substâncias coloidais orgânicos e inorgânicos provavelmente é o fator decisivo na maior

estabilidade obtida.

Para GAVANDE (1973) e KOHNKE (1968), a temperatura tem efeito indireto na formação da estrutura do solo. Induz o movimento de vapor d'água por criar uma diferença nas pressões de vapor, afeta a taxa das reações, conseqüentemente a decomposição da matéria orgânica, afeta a atividade das plantas e dos microrganismos. Sucessivos ciclos de secagem e umedecimento reduzem a população microbiana (SILVA FILHO, 1984). Também NIELSEN & HUMPHRIES (1966) comentam que a temperatura afeta o crescimento das raízes, absorção da água, nutrientes, morfologia das raízes e suprimento de oxigênio.

2.2.6. Cátions trocáveis

Os cátions atuam na formação dos agregados isoladamente ou associados a moléculas orgânicas como ligantes entre partículas (HARRIS et alii, 1966) e dependendo do cátion e do pH do solo, atuam na floculação que pode resultar na agregação do solo.

A ligação de ions de Al^{+++} com grupos carboxílicos de polímeros orgânicos, ligam cristais de montmorilonita entre si (EMERSON, 1963). Esta afirmativa concorda com GIOVANINI & SEQUI (1976) e EDWARDS & BREMNER (1967) que sugerem a formação de microagregados a partir da ligação argila-metal polivalente - matéria orgânica.

LUTZ (1936) trabalhando com solos siltosos e argilosos observou que a medida que aumentava o teor de Fe^{++}

livre, aumentava a agregação. Sendo que possivelmente o Fe^{++} atua como floculante e cimentante.

MAZURAK (1953) verificou que a estabilidade de agregados varia em função do cátion adicionado no solo, decrescendo na seguinte ordem: H^+ Cs^{++} Ca^{++} NH_4^+ K^+ Na^+ Li^+. Sugerindo que solos ácidos seriam mais estáveis.

Também ROBINSON & PAGE (1950) observaram que o H^+ foi mais efetivo na agregação do que o Ca^{++}. No entanto o Ca^{++} tem efeito distinto na agregação de solos salinos sódicos e ácidos (BAVER et alii, 1973). O efeito do ion Ca^{++} no melhoramento de solos salinos sódicos está principalmente associado com a influência nas propriedades dos colóides do solo, mais favoráveis que o ion Na^+. Solos saturados com Na^+ se hidratam mais fortemente, se dispersam e expandem mais do que os solos saturados com Ca^{++}, tornando-se impermeáveis.

A adição de $CaCO_3$ promove dispersão e agregação nos estágios iniciais, mas em estágios posteriores a ação dispersante é diminuída pela agregação e os agregados tendem a ser mais estáveis (GHANI et alii, 1955). Estes autores observaram também que o $CaSO_4$ mostrou-se mais eficaz em promover a agregação do que o $CaCO_3$ e este mais que o MgO. Isto deve estar relacionado ao fato que o $CaSO_4$, além de fornecer Ca^{++} à solução, abaixa o pH, aumentanto deste modo as cargas positivas e a concentração de eletrólitos na solução (CERQUEIRA, 1984).

2.2.7. Óxidos de ferro e alumínio

Em solos lateríticos ou semi-lateríticos, o ferro ou óxido de ferro e alumínio são importantes substâncias ligantes. KROTH & PAGE (1946) concluíram, em estudos ao microscópio eletrônico, que os óxidos de alumínio e ferro formam uma matriz contínua, ligando partículas do solo somente pelas forças físicas.

TISDALL & OADES (1982) evidenciaram que os óxidos de ferro tiveram marcado efeito na agregação, com tendência a ser mais importante para as frações menores dos agregados. Em terra roxa e solos rendzina, McINTIRE (1956); CHESTER et alii (1957), verificaram que a chave da estabilidade estrutural está na ação do Fe^{++} formando complexos com a matéria orgânica. Enquanto que para GREENLAND (1971), os solos que contém $CaCO_3$, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio atacando como ligantes, a remoção da matéria orgânica não afeta a estabilidade dos agregados.

2.2.8. Argilas

Solos com alto teor de argila apresentam grande estabilidade de agregados (SANCHEZ,1976), sendo sua alta estabilidade associada com o conteúdo de material cimentante representado pelos óxidos amorfos de ferro e de alumínio. Em certas condições as argilas silicatadas podem atuar como cimento ligante de partículas entre si. No entanto a areia e

o silte parecem diluir o efeito das argilas tornando os agregados menos estáveis (TAYLOR & ASCHROFF, 1972).

UEHARA et alii (1962) citados por SANCHEZ (1976) observaram diferentes características estruturais em oxissolos do Havaí, com iguais teores de argila e matéria orgânica e óxidos de ferro amorfo. CAGAUAN & UEHARA (1965) determinaram que estas diferenças na estrutura estavam associadas ao grau de anizotropia. Um sistema orientado de partículas de argilas cimentadas ou revestidas por óxidos de ferro dão origem a agregados mais estáveis, do que os menos orientados. Conclui-se que o conteúdo de argila, matéria orgânica, óxidos de ferro e orientação das argilas dentro dos agregados são os fatores associados que promovem a excelente estrutura dos oxissolos (SANCHEZ, 1976).

ALISSON (1973) afirma que a presença de ligantes orgânicos favorecem o processo de agregação mas a fração argila é o principal ligante em solos com textura grosseira.

O manejo de solos de regiões tropicais onde ocorrem altas temperaturas e precipitações torrenciais requer a adoção de um elenco de práticas para evitar a destruição de sua estrutura. Segundo SANCHEZ (1976) o preparo reduzido e com umidade adequada, cobertura vegetal contra a ação do sol e da chuva e suprimento contínuo de material orgânico através de bom manejo dos resíduos culturais, são práticas indispensáveis para a manutenção da estrutura destes solos.

2.3. Práticas de destruição dos agregados

As formas pelas quais é destruído o bom estado estrutural do solo, ocorrem inicialmente com os cultivos anuais, devido ao pouco tempo de crescimento das raízes e seu sistema radicular pouco extensivo, decompondo-se mais rapidamente do que o das gramíneas perenes.

A influência de um sistema de culturas sobre a agregação é uma função da potencialidade das raízes das plantas na formação e destruição dos agregados. As culturas que promovem o mínimo de cobertura, pequeno suprimento de matéria orgânica decomponível e requerem intenso preparo do solo são as menos aptas para manter um nível alto de agregação. Culturas anuais não melhoram o solo a menos que sejam de alto rendimento (HARRIS et alii, 1966; NEAL, 1953).

O preparo intenso afeta o solo, porque há compressão dos grânulos como resultado do esforço durante o preparo com os implementos. As partículas primárias tomam novas posições na massa do solo e em muitos casos obstruem os poros entre os grânulos remanescentes, formando camadas densas, sendo importante fator no aumento da enxurrada e erosão.

O preparo intenso além de comprimir os grânulos, expõe o solo a ação direta da chuva e da insolação. Para BRADFIELD (1937), a mais óbvia causa da destruição da estrutura é a remoção da cobertura natural do solo. Segundo EMERSON (1956), a destruição da superfície dos agregados

pela chuva pode ser dividida em dois estágios. Inicialmente com o umedecimento, o ar ocluso causa o rompimento dos agregados, ocorrendo posteriormente a ação mecânica do impacto da gota. Com isto forma-se na superfície um selamento capaz de impedir a emergência das plântulas e infiltração da água .

A ação dos raios do sol sobre o solo descoberto causam a oxidação da matéria orgânica com destruição dos agregados. Este processo é acelerado quando são queimados ou retirados os resíduos das culturas. O cultivo intensivo também aumenta a oxidação da matéria orgânica e, quando feito sempre com a mesma espécie vegetal pode atuar seletivamente sobre os grupos de microrganismos (MENON & WILLIANS, 1957).

Efeito negativo sobre o nível de produção e estrutura foi observado no cultivo contínuo de milho para grãos e soja (PAGE & WILLARD, 1946; STRICKLING, 1950).

O tráfego de máquinas e preparo de solos argilosos, com umidade elevada, no estado plástico, são práticas indesejáveis. Há a formação de camadas compactas, conseqüentemente com pouca aeração, baixa infiltração da água e impedimento para as raízes. SILVA (1980) cita que algumas causas que determinam a degradação seriam a intensa movimentação do solo nas práticas de aeração, gradagens e tratos culturais juntamente com o tráfego de máquinas pesadas.

2.4. Práticas de manutenção e recuperação da estrutura

A recuperação e manutenção da estrutura é um processo lento e deve ser efetuada com culturas que possuem um intenso sistema radicular denso e agressivo capaz de máxima exploração do solo. Esta condição, pelos mecanismos anteriormente citados, propiciará a formação de uma estrutura grumosa.

O sistema de rotação de culturas com intercalação de gramíneas e leguminosas promove bons resultados (DECHEN et alii, 1981; GREENLAND, 1971; HARRIS et alii, 1966; WILSON & BROWNING, 1945; LAL & GREENLAND, 1979). No entanto, a rotação de culturas que inclui pousio e intenso preparo, decresce a estabilidade dos agregados (TISDALL & OADES, 1980). A condição ideal num sistema de rotação é aquele que adiciona matéria orgânica, de boa qualidade, em intervalos regulares (NEAL, 1953). A rotação de culturas que provocam alteração do substrato é eficiente na modificação da população microbiana e constitui-se em importante prática na diminuição da severidade das doenças radiculares e no aumento da produtividade das culturas (SILVA FILHO, 1984).

A cobertura do solo deve ser permanente durante todo o ano (SANCHEZ, 1976; NEAL, 1953). Os resíduos parcialmente decompostos sobre o solo decrescem os efeitos da enxurrada e perda de solo a um mínimo, em solos com declividade até 15%. Isto ocorre devido a diminuição do impacto

direto da chuva sobre o solo, bem como a alta infiltração propiciada pelo menor preparo (LAL, 1975).

A cobertura vegetal densa serve para amenizar o impacto das gotas das chuvas e reduzem o escorrimento superficial (BROWNING, 1972). As raízes retém o solo em seu lugar e melhoram a estrutura tornando-o mais poroso e com maior capacidade de absorção de água. Mas só é possível obter-se uma cobertura vegetal vigorosa e de crescimento rápido se os solos tem uma fertilidade natural alta ou são adequadamente fertilizados. Quando culturas produtoras de grãos não protegem o solo, a consorciação com outras espécies deve ser efetuada. A estrutura degradada pelo milho cultivado continuamente pode ser restaurada com trevo ou rotação com alfafa (STAUFFER et alii, 1940; MYERS & MYERS, 1944).

TISDALL & OADES (1979) observaram que o azevém quando foi cortado mensalmente produziu um intenso trabalho radicular, promovendo aumento de hifas de fungos e houve máxima estabilidade de agregados em água. Observaram que em um solo cultivado com azevém, durante 30 semanas, ocorreu a ligação de partículas de 0,050 - 0,250 mm de diâmetro em agregados estáveis, maiores do que 2,00 mm de diâmetro. O efeito foi acumulativo em 52 semanas, e a causa foi o crescimento das raízes e hifas de fungos. É condição importante que estas culturas secretem substâncias orgânicas pelas raízes.

EMOND (1971) encontrou que o manejo diminuiu a agregação superficial na seguinte ordem: adubação verde

enterrada, cultivado com resíduos e cultivado com queima de resíduos foi igual ao cultivado com grade de discos.

Já NEAL (1953) comentava que são aconselháveis as práticas de preparo que não envolvam exposição do solo a ação direta do sol e as que envolvam o menor tráfego de máquinas na superfície. A escarificação profunda é provavelmente a melhor opção de preparo dos solos argilosos. Preparado desta forma, haverá pouca troca de umidade e será grande o efeito sobre o espaço poroso e agregados. A manutenção de umidade favorece a manutenção dos agregados estáveis (PANABOKKE & QUIRK, 1957; CERNUDA et alii, 1954). Também é necessário que haja um manejo adequado do solo entre os terraços e, associa-se a isto, o cultivo em faixas que já foi comprovado ser eficiente no controle da erosão (BROWNING, 1972). O mesmo autor cita que estudos, realizados em estações experimentais americanas, mostraram que áreas cultivadas em faixas perdem uma quarta parte do solo do que áreas análogas, sem o cultivo em faixas.

2.5. Influência da estrutura sobre algumas características do solo

2.5.1. Porosidade

A alteração da estrutura se reflete diretamente na porosidade e na distribuição do tamanho de poros do solo (SILVA, 1980). MACHADO & BRUM (1978) constataram uma redução

da porosidade total e macroporosidade e aumento da microporosidade em solos cultivados continuamente. A redução da porosidade total durante o processo de degradação da estrutura altera a relação massa/volume dos componentes do solo, o que resulta no aumento da densidade do solo (SOUZA & COGO, 1978). Na Tabela 1 encontram-se algumas características físicas de latossolos do Rio Grande do Sul, em condições de mata, campo nativo e solo cultivado. Quando o solo é cultivado dimunui a matéria orgânica, os macroporos, os macroagregados e a infiltração da água e aumenta a densidade do solo. Segundo LAL (1975), a porosidade e a densidade do solo são, com freqüência, usadas para avaliar a sua estrutura.

Segundo GAVANDE (1973) uma estrutura pobre tem um espaço total de 40%, sendo que cerca de 5% do volume do solo está ocupado pelo ar quando o teor de água está próximo da capacidade de campo. A granulação desta estrutura é do tamanho de areia fina ou silte e é muito propensa à compactação.

BAVER et alii (1973) afirma que em um solo bem estruturado, com agregados estáveis os poros podem ser agrupados em 2 classes distintas. Uma classe com predominância de poros grandes e médios, situados entre agregados, e outra com poros pequenos, no interior dos agregados. Os poros grandes servem predominantemente para aeração e infiltração da água, os poros médios para condução, e os poros pequenos para o armazenamento da água. No entanto, estes processos podem ocorrer em qualquer classe de poros porém a intensidade varia

TABELA 1. Características físicas de latossolos do Rio Grande do Sul, em condições de mata, campo nativo e solo cultivado.

Tipo de solo		Profundidade (cm)	Matéria orgânica (%)	Porosidade total (%)	Macroporos (%)	Microporos (%)	Macroagregados (%)	Densidade do solo (g/cm^3)	Resistência à penetração (kg/cm^2)	Taxa final de infiltração na superfície do solo (mm/hora)
Santo Ângelo[1/]	Mata	0-15	4,4	57,0	20,4	36,3	92	1,20	-	72,3
		15-30	2,8	55,7	23,3	32,4	85	1,25	-	
	Campo nativo	0-15	3,4	55,6	14,4	41,2	97	1,24	-	41,6
		15-30	3,0	55,0	15,7	39,3	92	1,22	-	
	Cultivado	0-15	1,5	49,4	6,9	42,5	78	1,35	-	20,5
		15-30	0,7	53,0	8,4	44,6	86	1,27	-	
Erechim[2/]	Mata	0-15	5,8	67,8	25,5	42,3	-	0,86	8,7	314
		15-30	3,8	59,5	19,3	40,2	-	1,11	12,6	
	Cultivado	0-15	2,7	56,3	10,2	46,1	-	1,17	17,2	6
		15-30	2,1	52,7	7,8	44,9	-	1,30	18,8	
Erechim[3/]	Mata	2-15/29	4,0	64,7	35,9	28,8	90	1,01	2,0	1125
		15/20-35	2,0	56,6	18,3	38,3	70	1,28	7,0	
	Cultivado	0-10	2,9	60,3	17,5	42,8	23	1,17	1,2	2
		10-18	2,9	51,4	13,2	38,4	-	1,44	12,5	
		18-45	1,9	59,1	-	-	48	1,22	12,1	

[1/] MACHADO (1976); [2/] CINTRA (1980); [3/] SILVA (1980).

FONTE: DALLA ROSA (1981).

de acordo com o tamanho dos poros.

Para McINTIRE (1974), citado por LAL & GREENLAND (1979), os poros com diâmetro entre 0,05 - 0,5 mm são macroporos, os com 0,0001 - 0,05 mm são miniporos e os abaixo de 0,0001 mm são microporos. Estes valores não são definitivos, variando de autor para autor.

Os poros do solo, conforme WARKENTIN (1982), podem ser de três tipos: poros isolados, não ligados a poros maiores e não conectados à superfície do agregado, poros que têm uma extremidade ligada a superfície do agregado e outros que têm as duas extremidades abertas. O solo compactado artificialmente por implementos agrícolas tende a formar poros isolados.

2.5.2. Infiltração

A infiltração é a entrada descendente da água no solo. É de grande importância prática, pois a rapidez da infiltração determina, de um modo geral, o volume de água que escorrerá sobre a superfície por ocasião das chuvas fortes e exerce influência sobre o processo erosivo (HILLEL, 1970). A infiltração depende do teor inicial de água do solo, da presença de camadas compactadas subsuperficiais e da distribuição do tamanho dos poros.

FARIAS et alii (1980, em Latossolo Roxo Álico, sob intenso cultivo com trigo-soja, verificaram que a taxa de infiltração diminuia de 53,1 mm/hora para 10,0 e 12,6 mm/hora,

respectivamente nas profundidades de 45 cm e 15 cm. Concluiram que o fluxo de água era limitado na profundidade de 0 - 15 cm, onde se localiza a camada mais compactada. Resultados semelhantes foram obtidos por CINTRA et alii (1983) onde a taxa final de infiltração no Latossolo Roxo Distrófico sob mata foi de 314 mm/hora e em solo cultivado foi de 6 mm/hora. Da mesma forma SILVA (1980) verificou que em solo sob mata a taxa final de infiltração foi de 1125 mm/hora e em solo cultivado foi de 2 mm/hora.

DALLA ROSA (1981) identificou, através da estabilidade de agregados em água e observações visuais de raízes, uma camada compactada entre as profundidades de 16 a 21 cm, cuja existência foi confirmada por uma menor infiltração de água aos 120 minutos (8 mm/hora), em relação a de 48 mm / hora na superfície do solo e 192 mm/hora na profundidade de 29 cm.

A limitação à infiltração de água, além de reduzir o armazenamento, pode provocar erosão severa por deslizamento do solo, sob precipitações intensas e de maior duração, principalmente em áreas declivosas (GUERRA, 1982).

Segundo DALLA ROSA (1981), a infiltração é possívelmente a caractaerística física do solo que melhor indica a ocorrência de um processo de degradação das características físicas do mesmo. Para o mesmo autor, ela determina o armazenamento da água no solo, recarga do lençol freático, manutenção do regime dos rios, conseqüentemente, redução do escorrimento superficial da água, da erosão do solo, da poluição das águas e das enchentes.

A capacidade de infiltração da água é governada pela natureza do espaço poroso (NELSON & BAVER, 1940). A água é retida em pequenos poros e pontos de contato entre partículas, sendo parte consumida pelas plantas e parte percolada por gravidade, através do solo. O movimento da água no solo é muito importante para propiciar condições de aeração para as raízes.

2.6. Qualidade dos agregados

Como citado anteriormente, vários são os agentes que podem estabilizar os agregados de um solo. O solo pode ter grande estabilidade, porém isto nem sempre reflete a boa qualidade dos agregados. Se deseja de um solo que a estrutura seja estável e que nas interfaces dos agregados haja uma boa porosidade, macroporos contínuos e microporos. O solo quando trabalhado tende ao fechamento destes poros, formando poros isolados. Ocorre diminuição do tamanho dos agregados e isto favorece ao fechamento do espaço poroso com orientação das argilas no plano mais estável, formando um selamento.

Pode-se estudar estes arranjos formados no solo com amostras indeformadas do solo e, ou com agregados estáveis em água. Para estes estudos, o uso de seções polidas mostra a configuração estrutural, incluindo o tamanho e forma dos poros e agregados, além de detalhe interior do agregado (DAY, 1948). Os aspectos observados ao microscópio ajudam na interpretação das características físicas do solo, no aspecto

qualitativo e quantitativo.

SHARMA & UEHARA (1968) observaram que dois latossolos, com mesma textura, possuiam diferentes estruturas. Para avaliar a qualidade destes solos, avaliaram o tamanho dos poros pela capacidade de retenção da água. Usaram os termos macrofábrica para designar o arranjo de partículas compostas e macroporos e microfábrica para designar o arranjo de partículas simples e microporos. Concluíram que a macrofábrica tem grande influência na retenção da água 0 - 0,3 bares de tensão. Além desses valores, a microfábrica passa a ter maior importâncis na retenção da água do solo. Observando estas estruturas, é possível inferir sobre o manejo a ser dado para determinado tipo de solo.

Também a condutividade da água nestes solos foi diferente. Onde havia macrofábrica o movimento da água foi pronunciado sob baixa tensão (0 - 0,2 bares) e a microfábrica influi no movimento da água sob altas tensões.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a execução da presente pesquisa, foram amostradas parcelas dos experimentos de manejo do solo instaladas em 1979 no Centro de Atividades Agrícolas da COTRISA (CAAC), em Santo Ângelo (DALLA ROSA, 1981) e na propriedade do Sr. Exílio Cenzo Pasinato em Não-me-Toque (D'AGOSTINI, 1981). O experimento em Santo Ângelo está em andamento com duração prevista de 9 anos, enquanto que o de Não-me-Toque foi desativado em 1983, após a amostragem para a presente pesquisa.

3.1. Caracterização dos solos

O material de origem dos solos é produto de alteração de rochas basálticas da formação Serra Geral, Período Cretáceo. Estas rochas são constituídas por plagioclásio (lobradorita), piroxênios (augita e pigeonita) e ocasionalmente, olivina, anfibólio e biotita. Os minerais acessórios mais comuns são titanomagnetita e apatita. O quartzo, feldspato potássico, cloritas e serpentinas são constituintes normais de matriz (CORDANI & VANDOROS, 1967, citados por CARRARO et alii, 1974).

O relevo regional é suave ondulado a ondulado tendo na área experimental em Santo Ângelo a declividade em torno

de 5% (DALLA ROSA), 1981). Em Não-me-Toque a área experimental apresenta uma declividade de 7 a 8% (D'AGOSTINI, 1981).

Segundo o Levantamento Semi-detalhado e Aptidão de Uso dos Solos da Bacia do Rio Itaquarinchin, realizado em outubro de 1979, próximo a área experimental em Santo Ângelo, o solo foi caracterizado como Latossolo Roxo Distrófico, textura argilosa, umidade de mapeamento Santo Ângelo (DALLA ROSA, 1981). O solos é profundo, bem drenado, com estrutura granular no horizonte superficial. Em Não-me-Toque o solo é classificado como Latossolo Roxo Distrófico Álico, pertencente a unidade de mapeamento Erexim (BRASIL, 1973). O solo é profundo, bem drenado, com estrutura granular no horizonte superficial.

3.2. Tratamentos

Antes da implantação dos experimentos, as áreas que vinham sendo cultivadas com sistema convencional com trigo e soja, foram corrigidas com a aplicação de calcário e adubação conforme a recomendação da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (MIELNICZUK et alii, 1969). Detalhes do manejo adotado e das seqüências das culturas nos diferentes tratamentos, está descrito em DALLA ROSA (1981) e D'AGOSTINI (1981).

Os tratamentos sem e com subsolagem, respectivamente, amostrados para a presente pesquisa foram: A e SA - preparo convencional, sucessão de trigo (*Triticum aestivum*) e

soja (*Glycine max* (L.) Marrill); F e SF - plantio direto com trigo-soja; G e SG - preparo adequado e rotação com trigo - soja - tremoço (*Lupinus albus*) - milho (*Zea mays*) - aveia (*Avena bizantina*); C e SC - pastagem com siratro (*Macroptilium atropurpureum*) - desmódio (*Desmodium intortum* - setária (*Setária anceps*). Amostrou - se também campo nativo (CN) e mato nativo (MN), sendo que em Santo Ângelo o campo nativo foi amostrado na área entre o canal escoadouro e a estrada de ferro, constituída por grama nativa e capim barba-de-bode, sem pastoreio. O mato nativo (MN) foi amostrado nas proximidades da divisa entre os municípios de Santo Ângelo e Giruá, próximo à RS 344. Em Não-me-Toque o campo nativo (CN) foi amostrado em área sob pastoreio, a 3 km do local do experimento, na direção do município de Colorado, enquanto que o mato nativo foi amostrado na encosta oposta à do experimento.

3.3. Amostragem dos solos

De cada parcela sem e com subsolagem, foram retiradas 2 amostras compostas de 3 subamostras cada, perfazendo um total de 4 amostras por tratamento, que, para fins de análise, foram consideradas repetições. A profundidade de amostragem foi de 0 - 10 cm. Nas parcelas C e SC amostrou - se nas profundidades de 0 - 5 e 5 - 10 cm. Em Santo Ângelo a amostragem foi efetuada em julho e em Não-me-Toque em outubro de 1983. As amostras foram retiradas com pá-de-corte e

enxadão, procedendo-se o peneiramento a campo, com peneira de 9,51 mm de malha, sendo embaladas em recipientes plásticos para não afetar os agregados.

3.4. Preparo das amostras para análise

No laboratório do Departamento de Solos, UFRGS, as amostras foram secadas à sombra por 72 horas e guardadas em recipientes plásticos. Das amostras do experimento em Não-me-Toque (solo Erexim), parte foi secada à sombra e parte foi deixada úmida, para avaliar a influência da secagem sobre a estabilidade dos agregados em água.

3.5. Determinação dos agregados estáveis em água

O efeito do manejo sobre a estrutura do solo foi avaliado determinando-se os agregados estáveis em água pelo método descrito por KEMPER & CHEPIL (1965), denominado método padrão, e a distribuição de tamanho de agregados do solo estáveis em água pelo método descrito por TISDALL et alii (1978), denominado de método modificado.

3.5.1. Método padrão (KEMPER & CHEPIL, 1965)

Pesaram-se em duplicatas, amostras de 25 gramas de solo seco ao ar constituídas de agregados de diâmetro entre 4,76 e 9,51 mm, os quais foram umedecidos por capilaridade

por 12 horas em copos plásticos perfurados e forrados com algodão hidrófilo e papel-filtro. Após este tratamento as amostras foram transferidas para um jogo de peneiras de 4,76, 1,00, 0,50 e 0,25 mm de malha e agitadas em água em agitador de oscilação vertical com 42 oscilações por minuto durante 15 minutos. Os conteúdos de cada peneira foram transferidos para latas taradas e submetidos a secagem por 24 horas em estufa, a 100°C. Após, descontado o teor de água e areia, foi efetuado o cálculo de diâmetro médio ponderado.

3.5.2. Método modificado (TISDALL et alii, 1978)

Após quarteamento e retirada manual dos resíduos orgânicos maiores, pesaram-se, em duplicata, amostras com 50 gramas de solo seco ao ar, constituídas por agregados inferiores a 9,51 mm de diâmetro. Após umedecidas, conforme descrito no método padrão, as amostras foram transferidas para tubos plásticos de 1000 ml, com diâmetro de 7,2 cm e altura de 23,5 cm contendo 500 ml de água, e agitadas por 2 minutos a 16 rpm, em um agitador rotativo. A seguir, determinou-se o teor de silte e argila dispersas por meio de densímetro, em provetas de 1000 ml. Após esta operação, o conteúdo das provetas foi transferido para um jogo de peneiras de 2,00, 1,00, 0,250 e 0,105 mm de malha agitado em água no agitador de oscilação vertical durante 15 minutos com 42 oscilações por minuto. O solo retirado de cada peneira foi secado em estufa a 100°C durante 24 horas. Após pesado e descontada a

umidade gravimétrica, calculou-se a porcentagem de agregados estáveis em cada classe. A classe 0,105 - 0,050 mm foi obtida por diferença. Os valores foram expressos em porcentagem e os agregados estáveis foram guardados em sacos plásticos para posterior análise da qualidade. As mesmas determinações foram efetuadas com amostras do experimento de Não-me-Toque armazenadas úmidas.

3.6. Análise da qualidade dos agregados

3.6.1. Impregnação dos agregados com resina

Selecionaram-se 10 agregados maiores do que 2,00 mm de diâmetro, estáveis em água dos tratamentos A, F, C, CN e MN dos experimentos de Santo Ângelo e Não-me-Toque. Também foram inpregnadas amostras indeformadas do solo Santo Ângelo. As seções polidas foram preparadas seguindo o método descrito por LOPES LOSS (1983). Neste método, os agregados foram colocados em pequenas formas de plástico num dissecador sob sucção durante 10 minutos. Após a secagem, adicionou-se pequena quantidade de composto constituído do catalizador HY 951, álcool etílico 98% e resina araldite MY 757, na proporção 1:4:7, submetendo-se novamente à sucção por 15 minutos. Esta operação teve por objetivo embeber os agregados de resina por capilaridade. Após a operação e repouso por 5 minutos, adicionou-se o composto até cobrir os agregados, sucionando-se por mais 10 minutos. Antes de por na estufa a

50°C para o endurecimento do composto, retirou-se das formas plásticas o composto não absorvido pelos agregados e completou-se o volume da forma com o catalizador HY 951 e resina araldite MY 757, nas proporções 1:8, e deixou-se por 12 horas na estufa.

3.6.2. Preparo das seções polidas

A massa do composto e os agregados foram cortados com serra e passados em abrasivos de carborundun números 500, 750 e 1000, respectivamente, sendo em seguida polidos com alumina na polietriz. Este preparo foi realizado no Laboratório de Lâminas de Rochas do Departamento de Mineralogia e Petrografia do Instituto de Geociências, UFRGS. Após as observações ao microscópio petrográfico foram tirados slides de agregados polidos no Laboratório Fotográfico da Engenharia Metalúrgica - UFRGS, para avaliar a porosidade.

3.6.3. Determinação de qualidade dos agregados

Se utilizou uma lupa micrométrica acoplada ao microscópio, uma escala Weiss e, o procedimento comparativo das seções polidas dos diversos tratamentos.

3.7. Análises químicas do solo

Nas análises químicas do solo determinaram-se o pH

em água, necessidade de calagem, fósforo disponível, potássio trocável e matéria orgânica. Todas as análises foram efetuadas segundo a metodologia adotada pela Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (MIELNICZUK et alii, 1969). O teor de óxido de ferro amorfo segundo (SCHWERTMANN, 1964)e óxido de ferro cristalino segundo (MEHRA & JACKSON, 1960).

3.8. Análise física

A análise granulométrica foi feita pelo método de Bouyoucos, modificado por (DAY, 1965).

3.9. Avaliação da cobertura do solo foi efetuada segundo (SLONEKER & MOLDENHAUER, 1977).

3.10. Análise estatística

A análise estatística foi efetuada conforme os procedimentos estabelecidos para o delineamento em blocos casualizados (DBC) e foi aplicado o teste de diferença mínima significativa, (DMS) a 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito da umidade das amostras sobre a distribuição dos agregados estáveis em água

No Apêndice 1 constam os resultados das diferentes frações de agregados estáveis em água, expressos em porcentagem, obtidos no solo Erexim pelo método modificado, partindo-se de amostras com pré-preparo a seco e mantidas úmidas. No Apêndice 2 constam os dados obtidos da análise de variância.

Observa-se na média dos tratamentos CN, MN, A e C que a porcentagem de agregados nas classes $> 2,00$, 2,00 - 1,00, 1,00 - 0,50 mm, determinadas nas amostras mantidas secas. é maior do que nas mantidas úmidas. Nas classes de 0,50 - 0,250 e 0,250 - 0,105 mm são aproximadamente iguais para os dois métodos de pré-preparo. Nas classes 0,105 - 0,050 mm os valores são maiores para as amostras mantidas úmidas (Figura 3). Estes resultados mostram que durante a determinação, os agregados maiores são fracionados em agregados menores, quando a amostra é mantida úmida. Nas amostras secas, a maior percentagem de agregados maiores ocorre provavelmente devido a reações de cimentação pouco reversíveis, que ocorrem no processo de secamento (BAVER et alii,

1973; NIJHAWAN & OLMSTEAD, 1947). Após o secamento, predominam as forças de coesão sobre as forças de dispersão pela água. Segundo HARRIS et alii (1966), a habilidade de um agregado resistir ao rompimento pela hidratação, é governada pela força coesiva dos ligantes no interior do agregado, em oposição ao esforço interno causado pelo ar ocluso durante o umedecimento e à expansão pela hidratação dos constituintes do agregado.

Portanto o conteúdo de umidade, no momento do umedecimento, influí na quantidade de ar ocluso e na velocidade do umedecimento. Junto com o grau de desidratação dos constituintes, a distribuição da água livre nos microporos são todos fatores importantes na estabilidade, em água, dos agregados.

Para HARRIS et alii (1966), o mecanismo exato envolvido no aumento da estabilidade de agregados com excessivo secamento não é bem conhecido. A desidratação irreversível ou pouco reversível de substâncias coloidais orgânicas ou inorgânicas é provavelmente o principal mecanismo. Pelo secamento, os colóides inorgânicos, que são hidrófilos, floculam e no processo de reumedecimento não se rehidratam, devido a proteção de colóides orgânicos, que são hidrófobos, permanecendo estáveis os agregados (KOLODNY & NEAL, 1941).

O plantio direto manteve estabilidade igual em ambos os métodos de pré-preparo nas classes maiores de 0,250 mm de diâmetro (Figura 4). Este comportamento dos agregados explica-se pela redução do espaço poroso devido ao tráfego

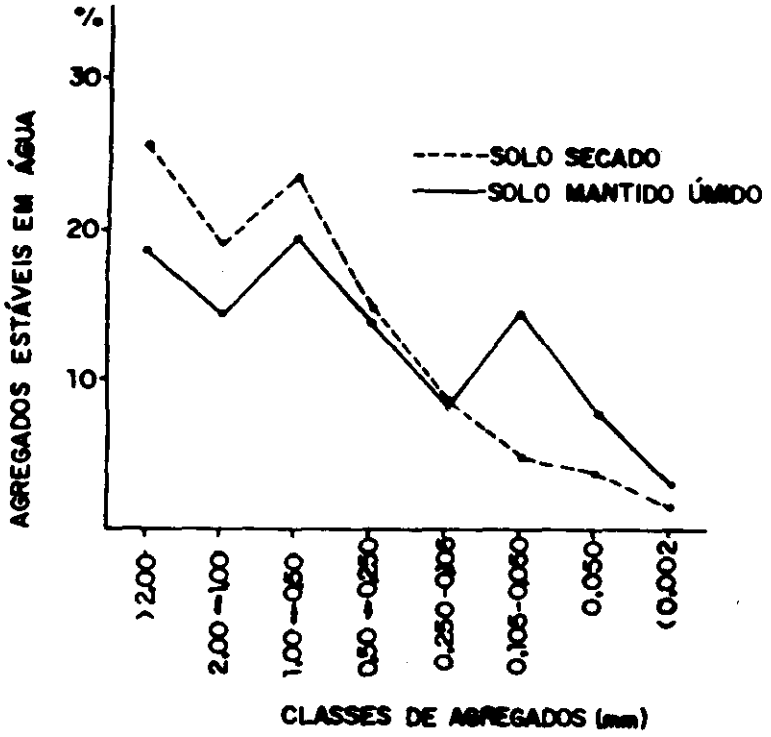


FIGURA 3. Porcentagem de agregados no solo Erexim determinada pelo método modificado, com dois métodos de pré-preparos da amostra. Média dos tratamentos campo nativo, preparo convencional, pastagem (0 - 5 e 5 - 10 cm de profundidade).

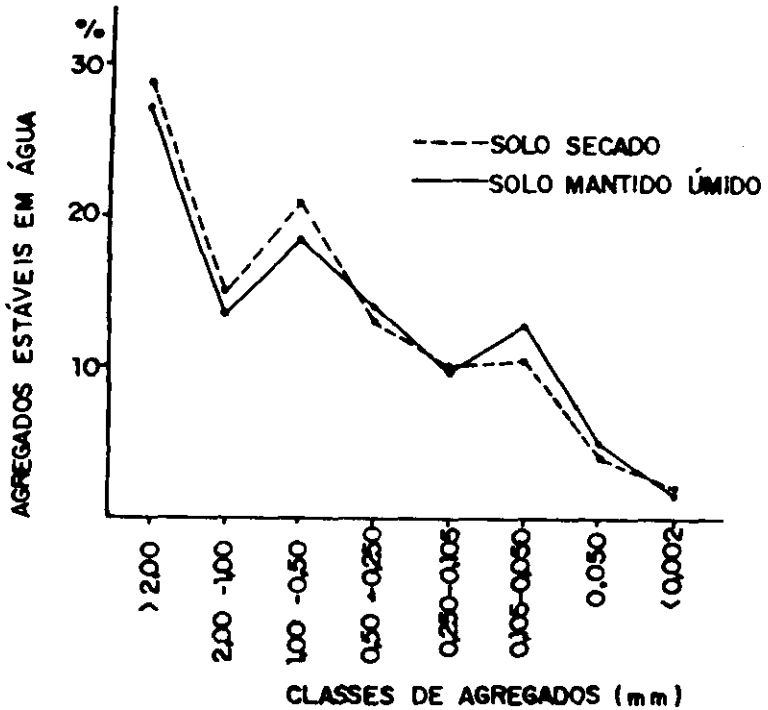


FIGURA 4. Porcentagem de agregados no solo Erexim determinada pelo método modificado, com dois métodos de pré-preparos da amostra. Média do tratamento plantio direto.

contínuo de máquinas, com solo úmido, e assentamento natural do solo neste sistema de plantio. A estabilidade destes agregados, onde predominam microporos, pode, em parte, ser explicada pela tensão capilar entre a água e as partículas, conforme observado por CERNUDA et alii (1954) em agregados artificialmente preparados, em solos com alto teor de óxidos e argila. Neste sistema de preparo, deve haver também considerável alinhamento de partículas, o que aumenta os contatos entre os constituintes, permitindo que os agentes de ligação confiram maior estabilidade aos agregados, independentemente dos níveis de umidade.

A umidade inicial da amostra também influi na estabilidade das frações menores do que 0,050 mm de diâmetro. No tratamento com pastagem, estas frações foram maiores quando a amostra foi mantida úmida. Este resultado deve-se possivelmente ao maior teor de água neste tratamento no ato da amostragem, com 31,2% e 28,4% de umidade gravimétrica, na profundidade de 0 - 5 e 5 - 10 cm, respectivamente. Enquanto que as amostras dos outros tratamentos continham teores menores de água (Tabela 2). A umidade elevada não permitiu que maior coesão entre partículas se formasse. As partículas se mantiveram mais dispersas pelo teor de água e destruídas em frações menores.

A rotação de culturas apresentou menor porcentagem de agregação da fração 2,00 mm, quando a amostra foi seca da. Este comportamento diferente dos demais tratamentos não encontra explicação na presente pesquisa.

TABELA 2. Unidade gravimétrica dos solos Santo Ângelo e Erexim quando efetuada a estabilidade de agregados em água. Média de três repetições.

Tratamento	Profundidade (cm)	Solos			
		Santo Ângelo		Erexim	
		Seco	Úmido	Seco	Úmido
CN	0 - 10	14,0	-	5,1	24,8
MN	0 - 10	16,8	-	5,2	32,8
A	0 - 10	9,9	-	5,1	22,8
C	0 - 5	11,9	-	5,7	31,1
C	5 - 10	12,1	-	5,8	28,4
F	0 - 10	10,8	-	5,0	21,7
G	0 - 10	11,5	-	3,7	21,3

4.2. Efeito do manejo sobre o estado de agregação do solo

O estado de agregação do solo está discutido com base nas determinações do diâmetro médio ponderado (DMP) determinado pelo método padrão e modificado e a distribuição de tamanho de agregados estáveis em água determinada pelo método modificado, utilizando-se amostras mantidas secas.

4.2.1. Diâmetro médio ponderado (DMP)

A análise estatística mostra que houve efeito significativo de solos, tratamentos e da interação solo-tratamento, sobre o DMP, considerando-se cada método de avaliação isoladamente (Apêndice 8).

Na Figura 5 constam os resultados dos DMP por tratamentos de manejo, nos solos Santo Ângelo (LRD) e Erexim (LRÂlico) obtidos pelos dois métodos e o DMS com probabilidade 5% para teste das diferenças entre tratamentos por solo e entre solos dentro de cada método de determinação.

De um modo geral, o método modificado estimou menores valores de DMP do que o método padrão. Esta diferença tem origem no princípio de cada método. No método padrão, utilizou-se somente agregados com diâmetros entre 4,26 a 9,51 mm e apenas peneiragem em água, enquanto que, no método modificado, utilizou-se toda a massa de solo constituída de agregados menores que 9,51 mm, agitação vertical e

peneiragem. Portanto, no método modificado, além da ampla variação da população original de agregados, as forças de desestruturação aplicadas são maiores que no método padrão.

O campo nativo (CN) e mato nativo (MN), representam o estado de agregação original dos solos Santo Ângelo e Erexim, sendo os valores do DMP pelo método padrão iguais para os dois solos (Figura 5). O tratamento com preparo convencional (A) representa o máximo de degradação. Verifica-se que o DMP deste tratamento é inferior ao DMP do CN e MN nos dois solos, evidenciando a ocorrência de desagregação pelo cultivo. O DMP no tratamento A do solo Erexim, inferior ao do solo Santo Ângelo, evidenciou um maior grau de degradação daquele solo, que pode ter origem nas características do próprio solo ou no tratamento de manejo que recebeu nos anos que precederam o experimento.

Diversos pesquisadores já observaram a degradação das propriedades físicas dos Latossolos do Planalto Riograndense quando submetidos ao cultivo intensivo e inadequado. DALLA ROSA (1981), que iniciou o experimento no solo Santo Ângelo, verificou que o DMP do campo nativo foi de 7,01 mm, na profundidade de 3 a 8 cm, e no tratamento com preparo convencional foi de 3,41 mm, valores estes aproximados aos encontrados no presente estudo (Figura 5). Mas D'AGOSTINI (1981), que implantou o experimento no solo Erexim, verificou que o DMP do tratamento A foi de 4,9 e 3,6 mm nas profundidades de 0 - 7,5 cm e 7,5 - 15 cm, sendo estes valores superiores aos obtidos no presente estudo.

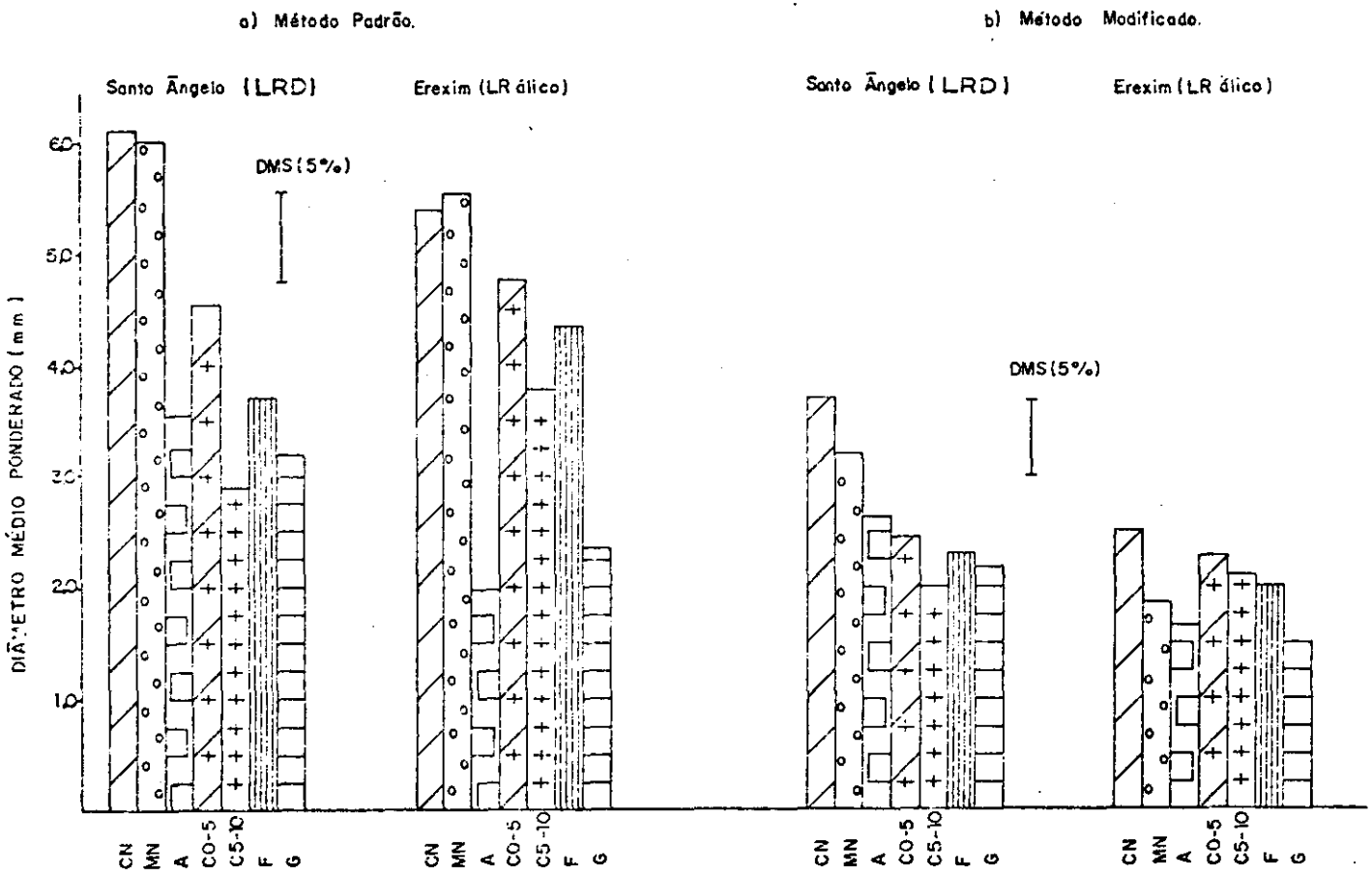


FIGURA 5. DMP dos agregados estáveis em água pelos métodos padrão (a) e modificado (b), respectivamente, dos solos Santo Ângelo e Erexim, CN - campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional com trigo-soja; C - (0-5 e 5-10 cm de profundidade) - pastagem com siratro, desmodium e setária; F - plantio direto com trigo, soja; G - rotação com soja, trigo, soja, tremoço, milho e aveia.

D'AGOSTINI (1981), não amostrou o solo Erexim da região nas condições naturais. GUERRA (1982) conduziu experimento com metodologia semelhante às usadas pelos dois pesquisadores acima citados, em solo pouco degradado, cujo valor do DMP do solo sob cultivo convencional (A) foi de 4,63 e 4,23 mm nas profundidades de 0 - 7,5 e 7,5 - 15 cm.

D'AGOSTINI (1981) e DALLA ROSA (1981) atribuiram o baixo valor de DMP no solo cultivado convencionalmente à degradação de suas propriedades físicas pelo cultivo.

MACHADO & BRUM (1978), pesquisando na região das Missões do Rio Grande do Sul, em solo Santo Ângelo, observaram que houve efeitos do sistema convencional de cultivo, quando comparado com os demais tratamentos, com diminuição da porosidade total, macroporosidade, matéria orgânica, aumento da densidade e microporosidade do solo.

Concordante com estes aspectos, CINTRA (1980) encontrou que o solo Erexim, cultivado convencionalmente com trigo e soja em Espumoso e Colorado, RS, apresentava a taxa constante de infiltração, após 2 horas, de 6,3 cm/hora, enquanto que em solo de mato nativo esta era de 31,4cm/hora . Isto comparando com as condições originais, indica compactação do solo cultivado, proveniente da degradação da estrutura pelo mau uso do solo.

SILVA (1980) observou em solo Erexim, no município de Ibirubá, RS, uma sensível diminuição do tamanho de agregados estáveis em água, nas áreas sob cultivo convencional e desmatadas com trator de esteira, em comparação com áreas

de mata e cultivada com tração animal. O mesmo autor concluiu que o surgimento de camadas compactadas nas áreas sob plantio direto, desmatada com trator de esteira e cultivada convencionalmente é resultante do manejo do solo com máquinas pesadas e cultivos intensivos e inadequados.

GUERRA (1982), em solo Erexim, no município de Espumoso, RS, observou que a estabilidade de agregados expressa pelo DMP, nas parcelas com plantio convencional e plantio direto foi menor do que onde foi realizado preparo adequado com forrageiras de verão (milho mais feijão miúdo) e de inverno (aveia mais ervilhaca) até a profundidade de 22,5 cm. Segundo o autor, isto se deve à quantidade mais elevada de resíduos fornecida pela seqüência de culturas de verão e inverno, somada a ação abrangente de seus sistemas radiculares. É possível que esta maior estabilidade tenha sido estimulada quando do crescimento das raízes, por efeito ou de pressões físicas ou de intensa atividade biológica no desdobramento de exsudatos ao nível de raíz.

A menor estabilidade no plantio convencional pode ser reflexo da intensidade de preparo do solo, embora a diferença entre o plantio convencional e plantio direto não se tenha traduzido em menor estabilidade de agregados.

No presente trabalho, entre os tratamentos utilizados, a pastagem (C), na profundidade de 0 - 5 cm, no solo Santo Ângelo e nas profundidades de 0 - 5 cm e 5 - 10 cm no solo Erexim, mostrou-se eficaz na recuperação da estrutura, conforme evidenciado pelo maior DMP, em relação ao solo

cultivado convencionalmente. Os demais tratamentos, com exceção do tratamento F no solo Erexim, não foram diferentes do tratamento A. O efeito mais inportante verificado foi o da pastagem sobre a recuperação da estrutura, mostrando o potencial que existe de recuperação de solos fisicamente degradados por práticas culturais. O efeito do plantio, sobre o aumento do DMP será discutido com detalhes no tópico sobre qualidade de agregados. A recuperação do solo com pastagem é muito vantajosa, conforme BENNET (1939), pois preserva o solo contra a erosão, aumenta a reserva de matéria orgânica do solo, melhora suas características físicas e ainda pode fornecer boa forragem. GREENLAND (1971) considera que o maior efeito está nos primeiros 15 cm de profundidade. Gramíneas têm muitas raízes finas e isto parece ter maior efeito do que poucas e grossas raízes. O crescimento em si das raízes das pastagens é suficiente para mudar a porosidade. A reagregação do solo em microagregados e depois em agregados maiores, mais porosos, pode também ser formados por outros caminhos, isto é, através da atividade de organismos do solo. Também a eficiência do trabalho das minhocas no melhoramento físico do solo é bem conhecido, tendo sido estudado por BARLEY (1961). Para NEAL (1953), o único meio praticável que se dispõe para introduzir matéria orgânica de boa qualidade, abaixo da camada arável, na tentativa de melhorar a estrutura do solo, é o contínuo crescimento e decomposição de raízes. A Figura 6 representa a relação entre o DMP e o teor de matéria orgânica. Verifica-se

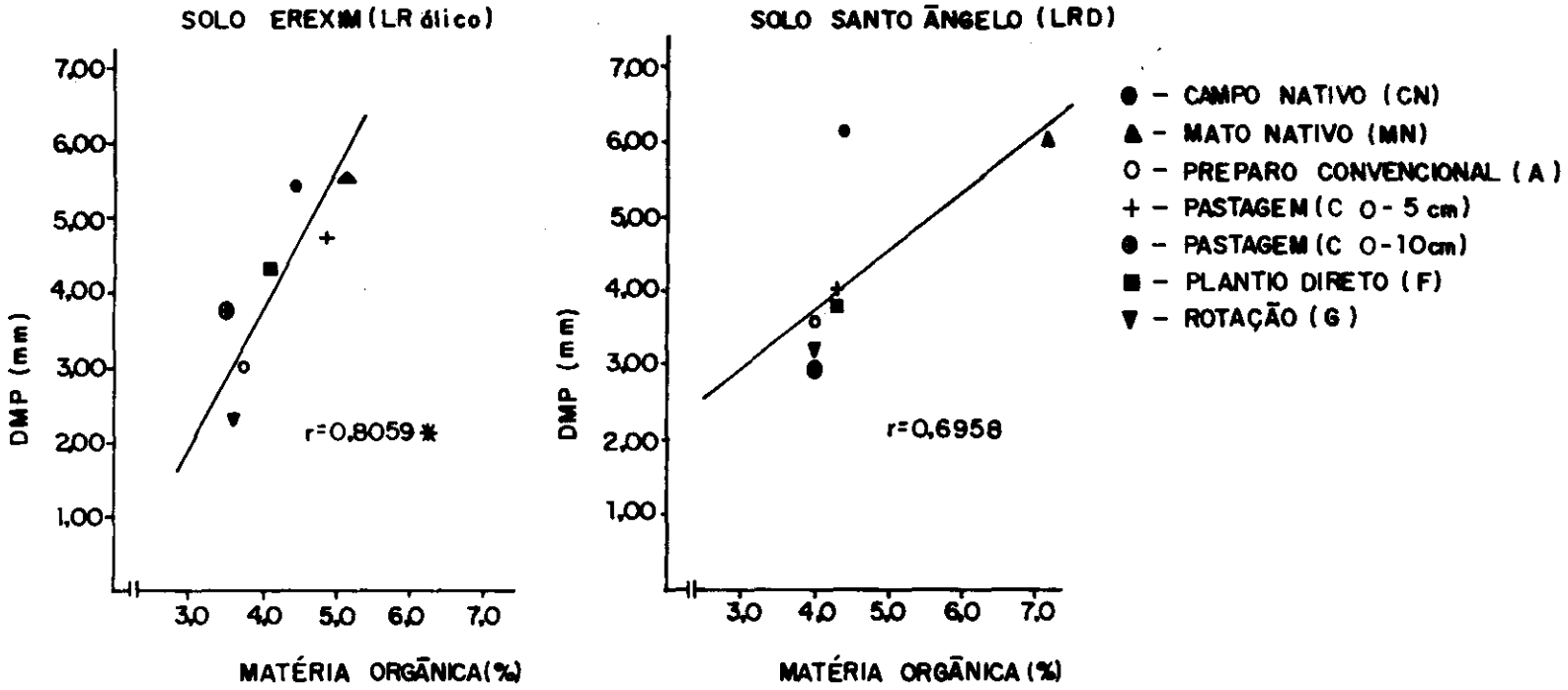


FIGURA 6. Correlação entre o teor de matéria orgânica e DMP dos agregados estáveis em água pelo método padrão.

que a correlação foi significativa entre o teor de matéria orgânica e o DMP no solo Erexim pelo método padrão, enquanto que no solo Santo Ângelo não houve correlação significativa. O campo e mato nativos do solo Santo Ângelo apresentam o mesmo DMP, embora com teores de matéria orgânica diferentes. A maior eficácia da matéria orgânica do campo nativo sobre a estabilidade, deve-se provavelmente ao tipo de matéria orgânica oriunda da decomposição de raízes de gramíneas, ao invés de folhas e galhos, e aos mecanismos de formação de agregados estáveis, tais como variação de temperatura e umidade, que devem ter sido mais atuantes no campo nativo. No solo Erexim a diferença do efeito entre campo nativo e mato nativo não foi saliente, provavelmente porque a amostra tomada como campo nativo na realidade é originária de mato nativo, hoje sob pastagem constituída de grama plantada, com pouca diversificação de espécies, além dos teores de areia fina que diminuem o efeito das raízes. A pastagem cultivada no solo Erexim, na profundidade de 0 - 5 cm, aumentou o teor de matéria orgânica no solo, refletindo-se sobre o aumento da agregação do solo. BRADFIELD (1937) atribui a maior estabilidade de agregados em solos sob gramíneas ao extenso sistema radicular destas plantas e aos mecanismos de atuação das raízes sobre a agregação do solo, enquanto que ALISSON (1968) acredita que o contínuo fornecimento de resíduos orgânicos sob decomposição biológica, atua na formação e estabilização dos agregados.

Segundo REID & GOSS (1981), o crescimento de raízes

de azevém e alfafa podem resultar num aumento da estabilidade de agregados. OADES (1978) afirma que isto ocorre provavelmente porque há secreções de substâncias, como polissacarídeos, tipo de mucilagens produzidas na rizosfera destas plantas.

Para TISDALL & OADES (1979), os fungos VA micorrizas foram responsáveis pelo aumento da estabilidade de agregados associados com o crescimento de raízes de azevém. O comportamento contrastante das várias culturas (REID & GOSS, 1981), indicam que o crescimento de raízes pode ser o maior fator de controle da direção e magnitude de mudanças na estabilidade de agregados em solos aráveis. Acreditam que diferenças obtidas entre milho, azevém e alfafa estejam refletindo a composição qualitativa das diferentes substâncias formadas pelas raízes destas espécies.

Também pode ser devido ao tipo de raíz, especialmente na proporção de raízes laterais, uma vez que o material orgânico e a atuação física da raíz sobre o solo varia, principalmente com o tipo de raíz. A agregação é influenciada pela matéria orgânica, que dentro dos fatores de agregação é um dos mais afetados pelo sistema de manejo (NEAL, 1953).

No método modificado, a diferenciação entre tratamentos não foi tão evidente como no método padrão; porém, verifica-se que o DMP do campo nativo e mato nativo do solo Erexim foi inferior ao DMP determinado no solo Santo Ângelo. Esta diferença pode estar associada a maior suceptibilidade à desestruturação do solo Erexim, devido ao seu maior

conteúdo de areia (Apêndice 4), que confere menor estabilidade aos seus agregados (MUZILI, 1978; HUBBEL, 1951). Também observou-se (Apêndice 4) que a determinação granulométrica pelo método de Day, com 1 N NaOH, resultou em maior teor de argila dispersa no solo sob cultivo convencional em relação ao mato e campo nativo. Nas amostras de mato e campo nativo obteve-se alta porcentagem de agregados, que não foi dispersa pelo NaOH. Este comportamento pode ser explicado pela existência de polímeros orgânicos nos solos nativos, que formam ligações estáveis com partículas do solo, resistentes à dispersão com NaOH (EMERSON, 1956). No solo cultivado, estes polímeros provavelmente já foram destruídos.

4.2.2. Distribuição dos agregados estáveis em água

A porcentagem de agregados estáveis em água nas classes incluindo os agregados maiores de 2,00 mm até a fração argila, determinados pelo método modificado, encontram-se nas Figuras 7 e 8, para os solos Santo Ângelo e Erexim respectivamente. Os valores numéricos encontra-se no Apêndice 5 e a análise estatística correspondente encontra-se nos Apêndices 6 e 7, respectivamente.

A distribuição dos agregados nas diversas classes, do campo nativo (CN), será tomada como padrão do estado natural de agregação do solo, para avaliar os efeitos de desagregação pelo cultivo (A), bem como recuperação da estrutura

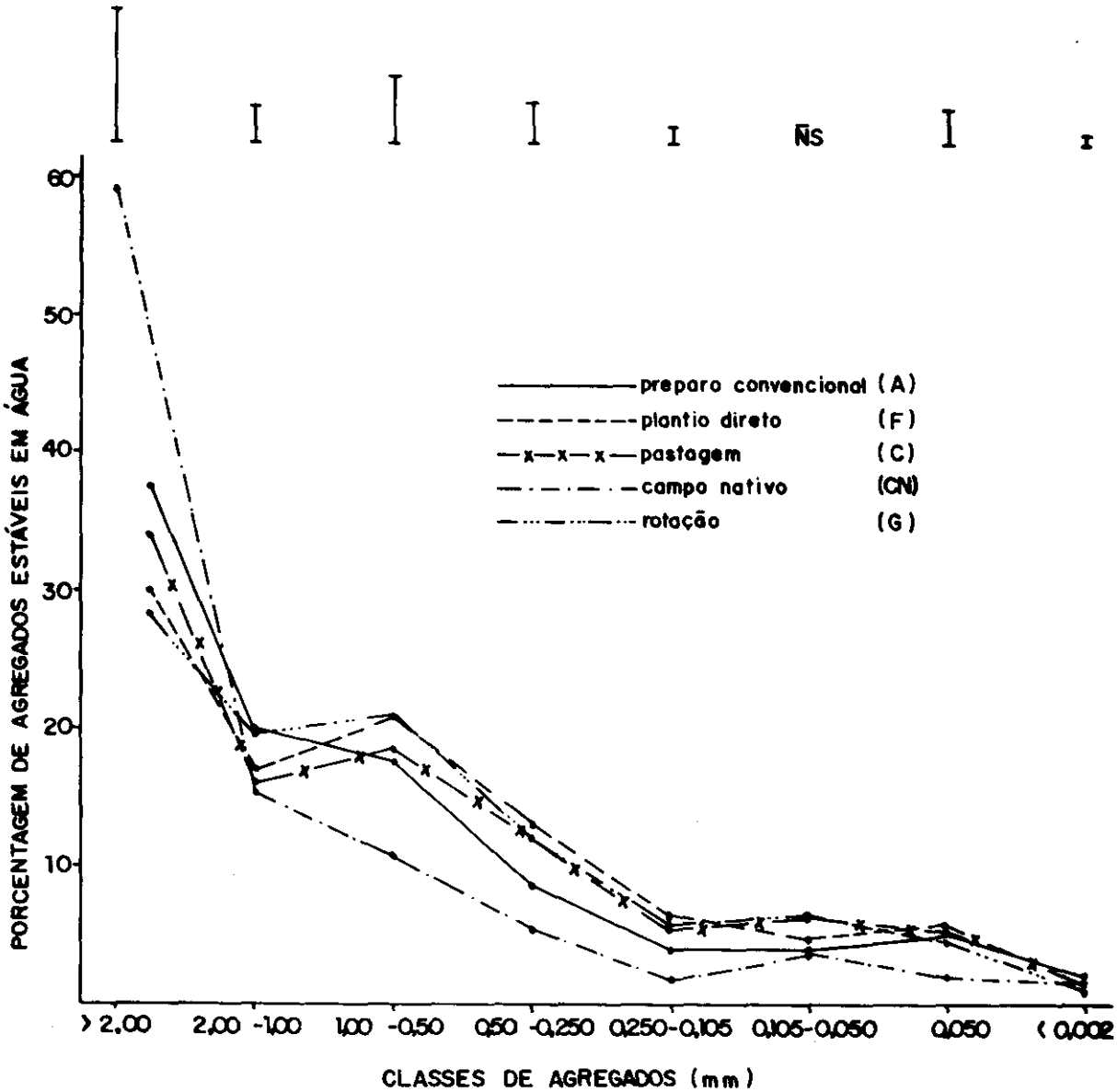


FIGURA 7. Distribuição dos agregados estáveis em água do solo Santo Ângelo com pré-preparo à seco, A - preparo convencional com trigo, soja; F - plantio direto com trigo, soja; C (0-5 cm de profundidade) - pastagem com siratro, desmódio, setária; CN - campo nativo; G - rotação com soja, trigo, tremoço, milho, aveia. DMS (5%) .....

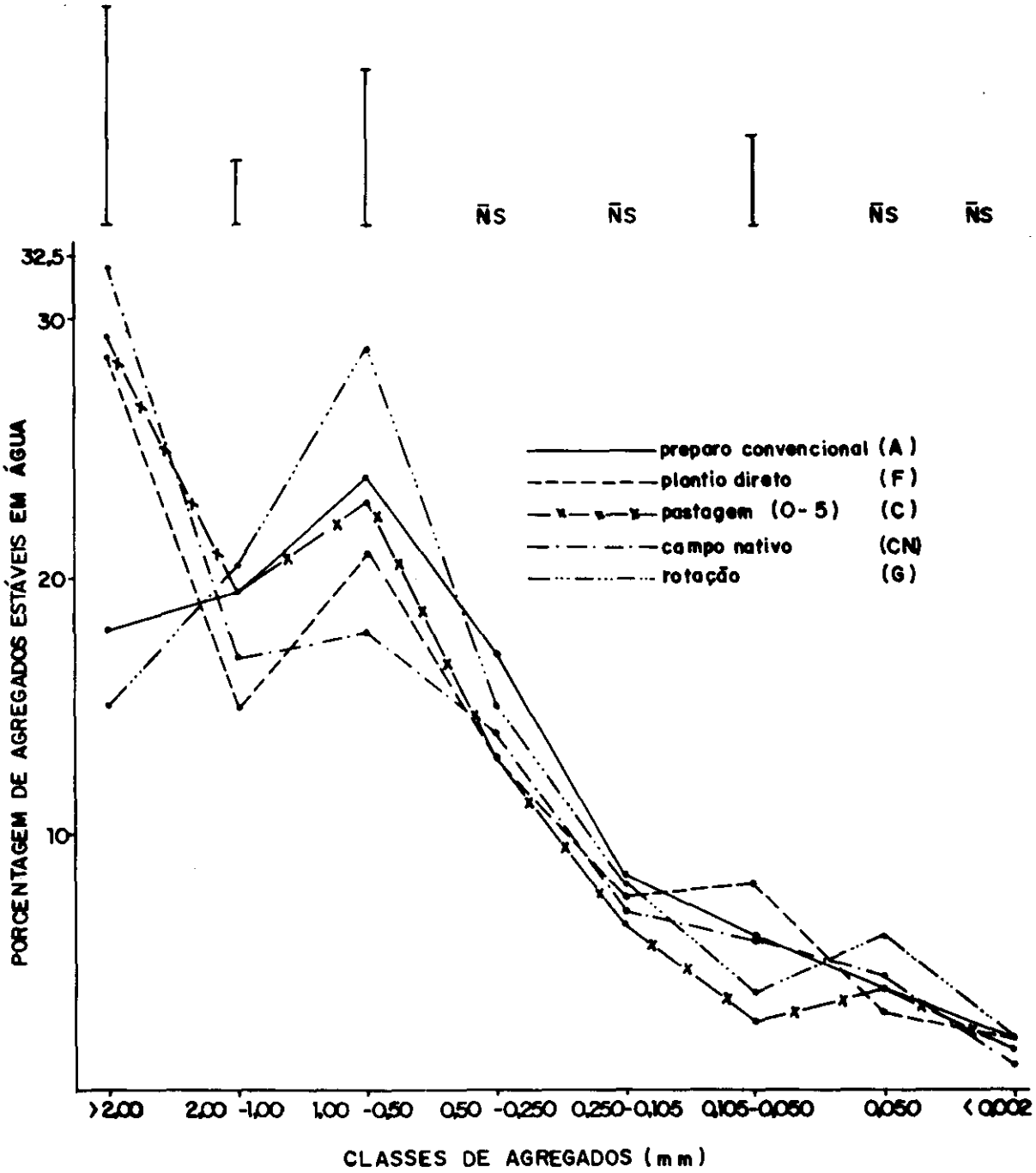


FIGURA 8. Distribuição dos agregados estáveis em água do solo Erexim com pré-preparo à seco, A - preparo convencional com trigo, soja - F - plantio direto com trigo, soja; C (0-5 cm de profundidade) - pastagem com siratro, desmódio, setária; CN - campo nativo; G - rotação com soja, trigo, soja, tremoço, milho, aveia. DMS (5%).

pelas práticas de manejo (C,F e G).

No solo Santo Ângelo, os agregados maiores que 2,00 mm foram fracionados, pelo cultivo, em agregados com diâmetros menores que 2,00 mm, situados nos intervalo de 2,00-0,105 mm. Com predominância das classes de 2,00 a 1,00 mm e 1,00 a 0,50 mm. No solo Erexim, da mesma forma, os agregados maiores que 2,00 mm foram destruídos pelo cultivo, para agregados com diâmetro compreendido pelas classes 2,00 a 1,00 mm e 1,00 a 0,50 mm, (tratamento CN versus A, Figuras 7 e 8). Estes resultados mostram que o tipo de manejo onde predominou o preparo intensivo do solo, queima de resíduos, tráfego de máquinas e implementos muitas vezes em condições inadequadas de umidade, causou danos severos a estrutura destes solos.

O mau manejo tem sido apontado por diversos pesquisadores como causador da destruição da estrutura. Pela queima de resíduos, a desagregação é favorecida de diversas formas. A queima de resíduos determina redução de teor de matéria orgânica, da atividade microbiana e, conseqüentemente redução da estabilidade dos agregados (HARRIS et alii, 1966; TISDALL & OADES, 1980; ALISSON, 1968; McCALLA, 1946; CHESTER et alii, 1957). Pela queima dos resíduos, reduz-se a proteção do solo contra a ação direta das gotas da chuva, que desagrega-no pelo impacto (BAVER et alii, 1973; BENATTI et alii, 1977; MARQUES & BERTONI, 1961). Sem a cobertura do solo a ação do sol propiciará maiores temperaturas e mudanças bruscas de umidade, aumentando a taxa de

reumedecimento no ato da chuva, o que causa desagregação (LAL & GREENLAND, 1979).

NaTabela 3, a porcentagem de cobertura do solo após o preparo do solo Santo Ângelo, sob diferentes manejos, indica a maior suceptibilidade do tratamento A à desagregação.

A ação mecânica dos implementos por si só desagrega o solo; porém, se utilizados em condições inadequadas de umidade, causam severos danos à agregação (BELTRAME et alii, 1981; SOROCHKIN & SHEPTUKHOV, 1979; ROSENBERG, 1964) provocando a compactação. Estudos feitos no Havaí mostraram que a grade de disco, depois do trabalho com arado subsolador, compactou o solo nos sulcos de lavra para valores próximos da densidade do solo não lavrado (BAVER et alii, 1973).

A recuperação da estrutura pelos tratamentos de manejo aplicados com este objetivo pode ser observada através da redução da porcentagem de agregados nas classes de menor diâmetro em relação ao cultivo convencional (A).

Este efeito foi bem saliente no solo Erexim, onde a pastagem (C) apresentou maior porcentagem de agregados na classe com diâmetro superior a 2,00 mm do que o preparo convencional (A) e menor porcentagem nas classes 0,50 — 0,250 mm, 0,250 - 0,105 mm e 0,105 - 0,050 mm, também em relação ao tratamento A. Estes resultados mostram que os agregados de menor diâmetro foram reagregados nos de maior diâmetro pela ação da pastagem.

No solo Erexim, o plantio direto (F) mostrou mesma

TABELA 3. Quantificação da cobertura do solo Santo Ângelo após o preparo em maio de 1983.

Tratamentos	Repetições				Média
	1	2	3	4	
	%				
F	76	81	61	81	75
G	70	86	88	84	82
A	10	8	6	4	7

Obs.: Tratamento F - plantio direto com trigo, soja; G - preparo adequado rotação com soja, trigo, soja, tremoço, milho, aveia; A - preparo convencional com trigo, soja.

capacidade de reagregação do solo do que a pastagem, conforme pode ser verificado (Figura 7). Este tratamento apresentou percentagem mais alta de agregados do que o preparo convencional, na classe maior que 2,00mm, e menores porcentagens nas classes 2,00 a 1,00mm e 1,00 a 0,50 mm. No entanto, os agregados do plantio direto apresentam qualidades diferentes daquelas da pastagem. SILVA (1980), em Ibirubá, no solo Erexim, já havia observado que o plantio direto compacta o solo. Do ponto de vista de reagregação do solo a rotação (G) não se diferenciou do cultivo convencional no solo Erexim.

No solo Santo Ângelo, porém, o preparo convencional mostrou melhor ou igual agregação que os demais tratamentos de manejo (C, F e G). Este comportamento deve-se possivelmente à maior profundidade de lavração, anualmente executada no preparo convencional, que trouxe à superfície parte da camada compactada, dando origem à elevada porcentagem de agregados com diâmetro superior a 2,00 mm. Estes agregados são de baixa porosidade, indicando serem obtidos por processo de compactação e não pela ação biológica de raízes e microorganismos. A viabilidade de recuperação da estrutura por práticas de manejo, onde são incluídas pastagens, foi observada por BRADFIELD & NAMISON (1938), McCALLA (1946), TISDALL & OADES (1982) e DALLA ROSA (1981).

Segundo TISDALL & OADES (1982), o tipo de manejo é importante para as classes de agregados maiores do que 2,00 mm de diâmetro. Para as classes de agregados menores,

outros fatores tais como óxidos e matéria orgânica resistente são fatores mais importantes.

WILSON & BROWNING (1945) observaram que a porcentagem de agregados maiores do que 0,250 mm aumentava na seguinte ordem, num sistema de rotação de cultura: milho continuamente, rotação com milho, rotação com aveia, rotação com trevo, alfafa continuamente, capim azul.

Segundo NEAL (1953), o ideal num sistema de rotação de culturas é aquele que permite produção de grãos e, ao mesmo tempo, fornece suficiente matéria orgânica para a manutenção das condições estruturais do solo em intervalos regulares.

4.3. Qualidade dos agregados estáveis em água e seções indeformadas do solo Santo Ângelo

Aspectos das seções polidas dos agregados estáveis em água, de diâmetro maior que 2,00 mm, de cada tratamento, nos dois solos, encontram-se na Figura 9 e os aspectos das seções polidas referentes ao solo Santo Ângelo não perturbado, na Figura 10.

Observa-se que os poros dos agregados no campo nativo e mato nativo, nos dois solos, são abundantes, interligados e muitos com diâmetro superior a 0,50 mm, evidenciando predominância de macroporos. Enquanto que nos agregados de plantio direto e convencional os poros são poucos, isolados e com diâmetro geralmente inferior a 0,30 mm, dando um

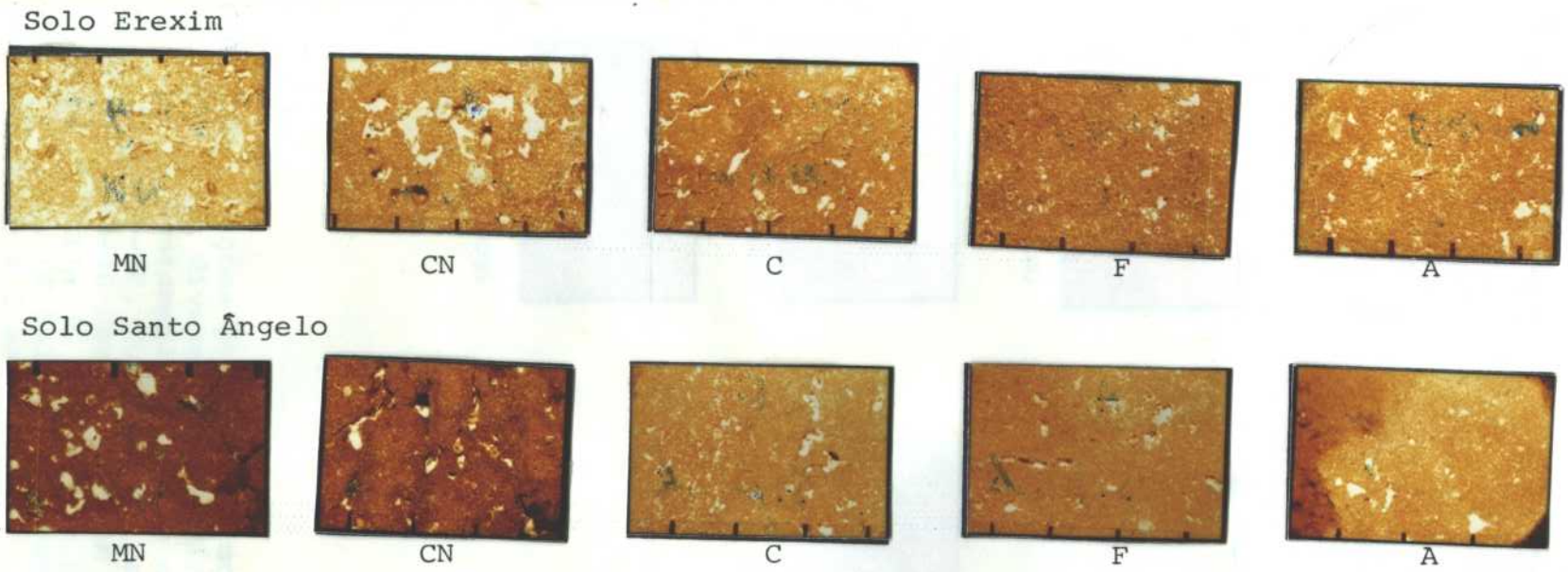


FIGURA 9. Seções polidas dos agregados estáveis em água maior que 2,00 mm de diâmetro dos solos Erexim e Santo Ângelo nos tratamentos mato nativo (MN); campo nativo (CN); pastagem com desmódio, setária e siratro (C); plantio direto (F) e preparo convencional (A) com trigo, soja. O espaço entre traços corresponde a 1 mm. As partes brancas da foto são poros preenchidos com alumina durante o processo de polimento.



A (0-10cm)



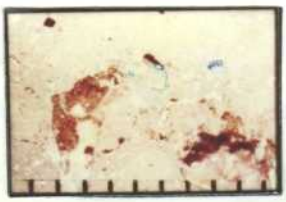
CN (0-10 cm)



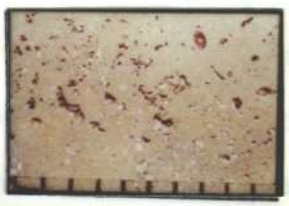
C (0-10 cm)



A (10-20 cm)



CN (10-20 cm)



F (0-10 cm)



A (20-30 cm)



CN (30-40 cm)



A (30-40 cm)

FIGURA 10. Seções polidas de amostras do solo Santo Ângelo em diversas profundidades, não deformadas, dos tratamentos preparo convencional (A 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm); campo nativo (N 0-10, 10-20, 30-40 cm); pastagem com desmódio, siratro e setária (C 0-10 cm) e plantio direto com trigo, soja (F 0-10 cm). O espaço entre traços corresponde a 1 mm.

aspecto maciço e com predominância de microporos. Os agregados da pastagem, principalmente no solo Erexim, onde o efeito de reagregação pela pastagem foi maior, mostrou melhoria também na porosidade interna (Figura 9).

Os agregados do CN e MN, maiores que 2,00 mm, são formados de unidades menores, bem distintas, separadas por macroporos e uma faixa porosa provavelmente rica em matéria orgânica, que os mantém estáveis (Figura 10), sendo isto bem evidenciado no tratamento CN do solo Santo Ângelo. Esta conformação não é observada nos agregados do plantio direto e convencional. Para SOROCHKIN & SHEPTUKHOV (1979), no solo sob ação mecânica, a porosidade dos agregados diminui e a coesão aumenta no estado seco ou úmido.

A diferença morfológica evidencia que processos distintos atuaram na sua formação e estabilização. Enquanto que os agregados do CN e MN foram formados e estabilizados por ação biológica, os do plantio direto e preparo convencional foram formados por compactação, dando origem a agregados com diferentes qualidades. A qualidade da estrutura pode ser expressa em termos de porosidade, agregação, coesividade ou permeabilidade para a água ou ar (KOHNKE, 1968).

Para WARKENTIN (1982), a agricultura em solos argilosos varia com as propriedades inerentes do solo. Se existirem agregados grandes, grumosos, arredondados e porosos, haverá na superfície condições satisfatórias ao desenvolvimento de raízes. As unidades estruturais da camada superficial de um solo argiloso produtivo são agregados porosos e

soltos. Um solo desfavorável para o crescimento das plantas têm consistência dura, apresentando agregados irregulares, com formas pontiagudas na superfície (Figura 11).

Nos solos Santo Ângelo e Erexim cultivados convencionalmente ou com plantio direto observou-se alta possibilidade de agregados em água. Mas esta estabilidade pode não significar boa qualidade de estrutura. Podem-se formar agregados devido à ação de raízes, macro e microrganismos como também podem se formar pseudo-agregados maciços ou compactos. Os agregados formados normalmente pelas raízes são porosos, havendo ligação entre poros, como no CN e MN, enquanto que agregados formados pela pressão de implementos e máquinas são maciços, com poros pequenos e isolados, como no tratamento A e F.

Na Figura 10 observam-se as seções polidas do solo Santo Ângelo, com preparo convencional, na profundidade de 0 - 40 cm, campo nativo de 0 - 40 cm, C de 0 - 10 cm e F de 0 - 10 cm. Na profundidade de 0 - 30 cm os agregados, embora individualizados, apresentam uma variação de tamanho, predominando o aspecto maciço. Já na profundidade de 30 a 40 cm observa-se o arranjo natural do solo. O revolvimento do solo tende a destruir a estrutura e diminuir a porosidade. No campo nativo, nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm, observa-se a presença de canais formados por raízes e macrorganismos. Na profundidade de 30 - 40 cm a estrutura natural do solo é mantida. Também no tratamento com pastagem (siratro, desmódio e setária), observam-se canais e

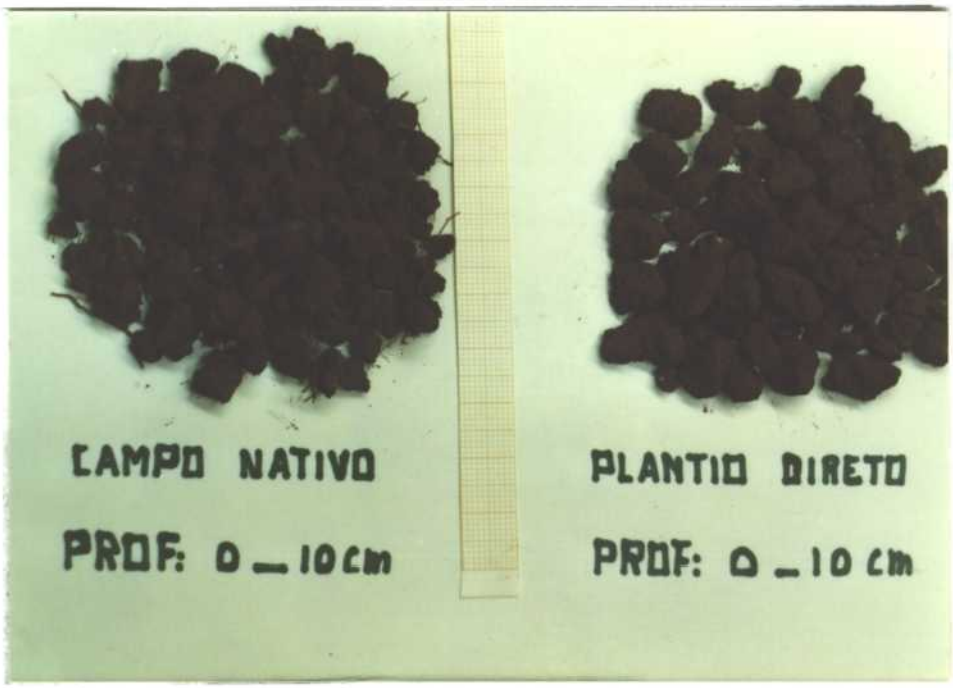


FIGURA 11. Agregados com 4,76 a 9,51 mm de diâmetro do solo Santo Ângelo. Observa-se a forma grumosa do tratamento com campo nativo e a forma granular do tratamento com plantio direto com planos mais ou menos bem definidos.

macroporos formados por raízes, em associação com macrorganismos que vivem na superfície do solo. O tratamento com plantio direto (F), o aspecto é maciço. Quando esboroados, os agregados deste tratamento se partem em planos retos. A recuperação de solos argilosos, degradados fisicamente pelo cultivo, está na implantação de culturas com intenso sistema radicular, aumento da população de macro e microrganismos, diminuição do tráfego com máquinas e um sistema de preparo com escarificador apropriado, que trabalhe o solo, mas deixando os resíduos da colheita na superfície.

5. CONCLUSÕES

- O solo submetido ao preparo convencional, constituido de lavra e gradagem para o cultivo do trigo e da soja, apresentou menor estabilidade de agregados do que o solo do campo e mato nativo.
- A pastagem por quatro anos, constituída de desmódio, siratro e setária, foi eficaz na recuperação da estrutura de 0 - 5 cm de profundidade no solo Santo Ângelo e de 0 - 10 cm no solo Erexim.
- O plantio direto aumentou a agregação no solo Erexim, porém, predominou nos agregados os microporos evidenciando serem formados por compressão.
- Nos tratamentos que recuperaram a estrutura, as frações menores que 0,50 mm de diâmetro foram agregados em frações maiores, especialmente na pastagem de 0 - 5 cm de profundidade.

6. BIBLIOGRAFIA CITADA

ALISSON, F.E. 1968. Soil aggregation - some facts and fallacies as seen by a microbiologist. *Soil Science*, Baltimore, *106*(2):136-143.

_____. 1973. *Soil organic matter and its role in crop production*. Amsterdan, Elsevier. p.315-345.

BARLEY, K.P. 1961. The abundance of earthworms in agricultural land and their possible significance in agriculture. *Advances in Agronomy*, New York, *13*:249-268.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. 1973. *Física de suelos* México, Centro Regional de Ayuda Técnica. p.138-242.

BENATTI JR., R.; BERTONI, J.; MOREIRA, C.A. 1977. Perdas por erosão em plantio direto e convencional de milho em dois solos de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, *1*:121-123.

BENNET, H.H. 1939. *Soil conservation*. New York, McGraw-Hill. p.338-418.

BELTRAME, L.F.S.; GONDIM, L.A.P.; TAYLOR, J.C. 1981. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 5:145-149.

BRADFIELD, R. 1937. Soil conservation from the viewpont of soil physics. *Journal of the American Society of Agronomy*, Madison, *29*(2):85-92.

BRADFIELD, R. & JAMISON, V.C. 1938. Soil structure - -attempts at its quantitative characterization. Soil *Science Society of America Proceedings*, Madison, 3:70-76.

BRADY, N.C. 1979. *Natureza e propriedades dos solos*. 5.ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos. p.73-113.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. 1973. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*. Recife, 431p. (Boletim Técnico, 30).

BREWER, R. & SLEEMAN, J.R. 1960. Soil structure and fabric their definition and description. *Journal of Soil Science*, London, *11*:172-183.

BROWNING, G.M. 1972. Las forrages y la conservación del suelo. In: HUGHES, H.D.; HEATH, M.E.; METCALFE, D.S., ed. *Forrages*. México, Ed. Continental p.47-58.

CAGAUAN, B. & UEHARA, G. 1965. Soil anizotropy and its relation to aggregate stability. *Soil Science Society America Proceedings*, Madison, *29*:198-200.

CARRARO, C.C.; GAMERMANN, N.; EICK, N.C.; BORTOLUZZI, C. A.; WOST, H.; PINTO, U.F. 1974. *Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 29p.

CERNUDA, C.F.; SMITH, R.M.; CHANDLER, J.V. 1954. Influence of initial soil moisture condition on resistence of macroaggregates to slaking and to water--drop impact. *Soil Science*, Baltimore, *77*:19-27.

CERQUEIRA, R.R. 1984. *Agregação de um latossolo vermelho escuro em vários períodos de tempo em função da incorporação de palhas e da acidificação e calagem*. 74f. Dissert. (Mestr. Agron. - Solos) Fac. Agron.,UFRGS, Porto Alegre, 1984.

CHESTERS, G.; ATTOE, O.J.; ALLEN, O.N. 1957. Soil aggregation in relation to various soil constituents. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *21*: 272-277.

CINTRA, F.L.D. 1980. *Caracterização do impedimento mecânico em Latossolo do Rio Grande do Sul*. 89f. Dissert. (Mestr. Agron. - Solos) Fac. Agron.,UFRGS, Porto Alegre, 1980.

CINTRA, F.L.D.; MIELNICZUK, J.; SCOPEL, I. 1983. Caracterização do impedimento mecânico em um latossolo roxo do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 7(3):324-327.

D'AGOSTINI, L.R. 1981. *Recuperação física do solo por sistemas de cultivo*. 76f. Dissert. (Mestr. Agron. - Solos) Fac. Agron., UFRGS, Porto Alegre, 1981.

DALLA ROSA, A. 1981. *Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo no solo Santo Ângelo (Latossolo Roxo Distrófico)*. 138p. Dissert. (Mestr. Agron. - Solos) Fac. Agron., UFRGS, Porto Alegre, 1981.

DAY, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy. pt.1, Cap.43, p.545-567. (Agronomy, 9).

DECHEN, S.C.F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M. 1981. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em latossolo roxo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 5:133-137.

DUTT, A.K. 1948. Earthworms and soil aggregation. *Journal of the American Society of Agronomy*, New York, *10*(5):407-409.

EMERSON, W.W. 1956. Synthetic soil conditions. *The Journal of Agricultural Science*, London, *47*:117-121.

_____. 1956. A comparison between the mode of action of organic matter and synthetic polymers in stabilizing soil crumbs. *The Journal of Agricultural Science*, London, *47*: 350-353.

_____. 1963. The effect of polymers on the swelling of montmorillonite. *Journal of Soil Science*, London, *14*(1): 52-63.

EDWARDS, A.D. & BREMNER, J. 1967. Microaggregates in soils. *Journal of Soil Science*, London, *18*:64-73.

EMOND, G.S. 1971. Effect of rotations, tillage treatments and fertilizers on the aggregation of a clay soil. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, *51*:235-241.

FAHAD, A.A.; MIELKE, L.N.; FLOWERDAY, A.D.; SWARTZENDRUBER, D. 1982. Soil physical properties as affected by soybean and other cropping sequences. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *46*:377-381.

FARIAS, G.S.; GUERRA, M.; SCOPEL, I.; CASSOL, E.A. 1980. *Caracterização da infiltração de água em um oxissol sob cultivo*. 9f. Trabalho apresentado no 3º Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, Recife, 1980.

GAVANDE, S.A. 1973. *Física de suelos*; principios y aplicaciones. México, Limosa-Wiley. 351p.

GHANI, M.O.; HASAN, K.A.; KHAN, M.F.A. 1955. Effect of line on aggregation, noncapillary pore space, and permeability of a lateritic soil. *Soil Science*, Baltimore, *80*:469-478.

GIOVANNINI, G. & SEQUI, P. 1976. Iron and aluminium as cementing substances of soil aggregates. *Journal of Soil Science*, London, *27*:140-47.

GREENLAND, D.J. 1971. Changes in the nitrogen status and physical condition of soils under pastures, with special reference to the mintenance of the fertility of Australian soils used for growing wheat. *Soils and Fertilizers Abstract*, Farnham Royal. 34(3):237-251.

GROHMANN, F.; OLIVEIRA, J.B.; QUEIROZ NETO, U.P. 1966. Influência da adubação nas características dos agregados do solo da série chapadão (Latossolo Roxo). *Bragantia*, Campinas, *25*(24):263-275.

GUERRA, M. 1982. *Efeito das práticas mecânicas e culturais sobre condições físicas de um latossolo roxo distrófico do Rio Grande do Sul (Solo Erexim)*. 107f. Dissert. (Mestr.Agron. - Solos) Fac. Agron., UFRGS, Porto Alegre, 1982.

HAMBLIN, A.P. & GREENLAND, D.U. 1977. Effect of organic constituents and complexed metal ions on aggregate stability of some east anglian soils. *Journal Soil Science*, London, *28*:410-416.

HARRIS, R.F.; CHESTER, G.; ALLEN, O.N. 1966. Dynamics of soil aggregation. *Advances in Agronomy*, New York, *18*: 107-169.

HÊNIN, S.; GRAS, R.; MONIER, G. 1976. *Os solos agrícolas*. Rio de Janeiro, Ed. Forense Universitária. 327p.

HILLEL, D. 1970. *Solo e água*; fenômenos e princípios físicos. Porto Alegre, UFRGS. 231p.

HOPP, H. & SLATER, C.S. 1949. The effect of earthworms on the productivity of agricultural soil. *Journal of Agricultural Research*, Washington, *78*(10):325-339.

HOPP, H. & HOPKINS, H.T. 1946. Earthworms as a factor in the formation of water-stable soil aggregates. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, *1*(1):11-13.

HUBBELL, D.S. 1951. The relation of water-stable aggregation to soil texture. *Agronomy Journal*, Madison, *43*:33-37.

KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. 1965. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy. pt.1, cap.39, p.499-510. (Agronomy, 9).

KOHNKE, H. 1968. *Soil physics*. New York, McGraw-Hill. 224p.

KOLODNY, L. & NEAL, O.R. 1941. The use of micro--aggregation or dispersion measurements for following changes in soil structure. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *6*:91-95.

KROTH, E.M. & PAGE, J.B. 1946. Aggregate formation in soils with special reference to cementiny substances. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *11*: 27-34.

LAL, R. 1975. *Role of mulching techniques in tropical soil and water monagement*. Ibadan. IIIA. 138p.

LAL, R. & GREENLAND, B.J. 1979. *Soil physical properties and crop production in tropics*. Chichester, J. Willey. p.7-85.

LOPES LOSS, E. 1983. *Relatório interno*. Porto Alegre, Departamento de Mineralogia e Petrografia. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez Mello - CENPES - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 78p.

LOW, A.J. 1954. The study of soil structure in the field and the laboratory. *Journal of Soil Science*, London, 5 (1):57-75.

_____. 1972. The effects of cultivation on the structure and other physical characteristics of grassland and arable soils. *Journal of Soil Science*, London, *23*(4): 363-380.

_____. 1974. Micro-structural diferences between arable and old grassland soils as shown in the scanning electron microscope. *Journal of Soil Science*, London, *25*(2):135-137.

LUTZ, J.F. 1936. The relation of free iron in the soil to aggregation. *Soil Science Society of America Proceeding*, Madison, *1*:43-45.

MACHADO, J.A. & BRUM, A.C.R. 1978. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas , *2*:81-84.

McCALLA, T.M. 1946. The biology of soil structure. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, 1(2):71-100.

McCALLA, T.M.; HASKINS, F.A.; FROLIK, E.F. 1957. Influence of various factors on aggregation of peorian loess by microsganisms. *Soil Science*, Baltimore, 84:155-161.

McINTIRE, D.S. 1956. The effect of free ferric oxide on the structure of some terra rossa and rendzina soils. *Journal of Soil Science*, London, 7(2):302-306.

MENON, S.K. & WILLIAMS, L. 1957. Effect of crop, crop residues temperature, and moisture on soil fungi. *Phytopathology*, St. Paul, 47:559-564.

MEHRA, D.P. & JACKSON, M.L. 1960. Iron oxide removal from soils and days by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. 7º, Washington, D.C., 1959. *Clay and clay minerals*. Proceedings... London, Bergamon Press. p.317-327.

MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A.; BOHNEN, H. 1969. *Recomendações de adubo e calcáreo para os solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia da UFRGS. 38p. (Boletim Técnico, 2).

MYERS, H.E. & MYERS, H.G. 1944. Soil aggregation as a factor in yields following alfalfa. *Journal of the American Society of Agronomy*, New York, 36(12):965-969.

MUZILI, O. 1978. Manejo da fertilidade do solo. *Manual Agropecuário para o Paraná*, Londrina, 2:45-71.

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

NELSON, W.R. & BAVER, L.D. 1949. Movement of water through soils in relation to the nature of the pore. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 5:69-75.

NIELSEN, K.F. & HUMPHRIES, E.C. 1966. Effects of root temperature on plant growth. *Soils and Fertilizers Abstracts*, Farnham Royal, 29(1) 1-7.

NIJHAWAN, S.B. & OLMSTEAD, L.B. 1947. The effect of sample petratment upon soil aggregation in wet-sieve analysis. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 12:50-53.

NVAKA, D.I.CH. & VORONOVA, YE. P. 1980. Structure of the ferruginous and compact tropical soils of Nigeria. *Soviet Soil Science*, Washington, DC, *12*:679-691.

OADES, J.M. 1978. Mucilages at the root surface. *Journal of Soil Science*, London, *29*:1-16.

PAGE, U,B. & WILLARD, C.U. 1946. Cropping systems and soil properties. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *11*:81-88.

PANABOKKE, C.R. & QUIRK, J.P. 1957. Effect of inicial water content on stability of soil aggregates in water. *Soil Science*, Baltimore, *83*:185-195.

QUEIROZ NETO, J.P.; GROHMANN, F.; OLIVEIRA, J.B. 1966. Características analíticas dos agregados dos solos terra-roxa (Latossolo roxo) e massapé (podzólico vermelho amarelo-orto). *Bragantia*, Campinas, *25*(41):457-476.

REID, J.B. & GOSS, M.J. 1981. Effect of living roots of different plant species on the aggregates stability of two arable soils. *Journal of Soil Science*, London, *32*: 521-541.

REID, J.B. & GOSS, M.U. 1982. Interactions between soil drying due to plant water use and decreases in aggregate stability caused by maize roots. *Journal of Soil Science*, London, *33*:47-53.

RENNIE, D.A.; TRUOG, E.; ALLEN, O.N. 1954. Soil aggregation as influenced by microbial gums, level of fertility and kind of crops. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *18*:399-403.

ROBINSON, D.O. & PAGE, J.B. 1950. Soil aggregate stability. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *15*:25-29.

ROSENBER, N.U. 1964. Response of plants to the physical effects of soil compaction. *Advances in Agronomy*, New York, *16*:181-196.

SANCHEZ, P. 1976. *Properties and management of soils in the tropics*. New York, J. Willey. 618p.

SCHWERTMANN, U. 1964. Differenzierung der eisenoxyde des bodens durch extraktion mit ammoniumoxalat - Lösung. Z. *Pflanzenernoehr*, Bodenkd, *105*:194-202.

SHARMA, M.L. & UEHARA, G. 1968. Influence of soil structure on water relations in low humic latossols: I. Water retention. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *32*:765-774.

SILVA, I.F. 1980. *Efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre propriedades físicas de um latossolo*. 76f. Diss. (Mestr. Agronomia - Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1980.

SILVA FILHO, G.N. 1984. *Flutuação populacional de microrganismos em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo*. 153p. Diss. (Mestr. Agronomia - Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1984.

SLONEKER, L.L. & MOLDENHAUER, W.C. 1977. Measuring the amount of crop residue remaining after tillage. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, *32*:231-236.

SOROCHKIN, V.M. & SHEPTUKHOV, V.N. Charge of soil structure upon compaction. *Soviet Soil Science*, Washington, D.C., *11*:721-727.

SOUZA, L.S. & COGO, N.P. 1978. Caracterização física em solos de unidade de mapeamento São Jerônimo - RS Palendult) em três sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, *2*:170-175.

STAUFFER, R.S.; MUCKENHIRN, R.J.; ODELL, R.T. 1940. Organic carbon, pH, and aggregation of the soil of the morrow plots as affected by typic of cropping and manurial addition. *Journal of the American Society of Agronomy*, New York, *32*(11):819-832.

STRICKLING, E. 1950. The effect of soybeans on volume weight and water stability of soil aggregates, soil organic matter content, and crop yield. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *15*:30-34.

SUBBA RAO, K. & RAMACHARLU, R.T. 1957. Water stability of aggregates in heated soils. *Soil Science*, Baltimore, *84*:439-443.

SWINCER, G.D.; OADES, W.M.; GREENLAND, D.W. 1969. The extraction characterization and significance of soil polysaccharides. *Advances in Agronomy*, New York, *21*: 195-235.

TAYLOR, S.A. & ASCHROFF, G.L. 1972. Physical edafology; soil structure. San Fracisco, W.H. Freeman. p.309-351.

TAYLOR, H.M. 1974. Root behavior as affected by soil structure and strengh. In: CARSON, E.W., ed. *The plant root and its environment*. Charlottesville, University Press of Virginia. p.271-291.

TISDALL, J.M. COCKROFT, B.; UREN, N.C. 1978. The stability of soil aggregated as affected by organic materials, microbial activity and physical desruption. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, *16*:9-7.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. 1979. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, *17*:429-441.

_____. 1980. The management of ryegrass to stabilize aggregats of a red-brown earth. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, *18*:415-422.

_____. 1980. The effect of crop rotation on aggregation in a red-brow earth. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, *18*:423-433.

_____. 1982. Organic matter and eater-stable aggegated in soils. *Journal of Soil Science*, London, *33*:141-163.

USDA. Soil Survey Staff. 1951. *Soil survey manual*. Washington. p.225-30. (USDA Handbooks, 18).

WARKENTIN, B.P. 1982. Clay soil structure related to soil management. *Tropical Agriculture*, Trinidad, *59*(2):82-91.

WILSON, H.A. & BROWNING, G.M. 1945. Soil aggregated yields, runoff, and erosion as affected by cropping sistems. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *10*:51-57.

7. APÊNDICES

APÊNDICE 1. Comparação entre métodos de preparo das amostras do solo Erexim pela análise de estabilidade de agregados em água. Média de quatro repetições.

Tratamento	Profundidade (cm)	Classes de agregados (mm) >2,00 Seco	>2,00 Úmido	2,00 - 1,00 Seco	2,00 - 1,00 Úmido	1,00 - 0,50 Seco	1,00 - 0,50 Úmido	0,50 - 0,250 Seco	0,50 - 0,250 Úmido	0,250-0,105 Seco	0,250-0,105 Úmido	0,105-0,05 Seco	0,105-0,05 Úmido	0,05 Seco	0,05 Úmido	< 0,002 Seco	< 0,002 Úmido
CN	0-10	32,08	22,48	16,89	17,94	18,39	21,33	14,02	15,29	7,29	8,28	5,90	8,15	4,45	4,80	1,02	1,74
MN	0-10	21,84	15,61	17,54	14,05	29,47	23,68	16,52	16,12	8,34	7,80	2,71	16,21	2,76	3,60	1,17	2,93
A	0-10	18,05	14,02	19,54	13,98	24,31	22,64	17,22	16,03	8,45	9,54	6,34	15,87	4,08	5,98	2,03	2,39
C	0- 5	29,47	19,65	19,69	11,92	23,03	15,32	12,99	10,32	6,52	7,58	2,78	15,90	3,99	13,74	1,75	4,01
C	5-10	26,61	20,52	20,02	11,96	22,71	15,57	13,22	11,69	6,35	7,84	6,26	17,31	3,35	11,14	1,60	4,70
F	0-10	28,71	27,00	14,93	13,53	21,20	18,88	13,09	14,26	7,57	7,49	8,32	13,19	4,17	5,16	2,01	1,40
G	0-10	15,06	21,23	20,57	14,68	29,21	21,63	15,01	14,71	7,97	8,63	4,02	10,42	6,51	7,06	2,17	1,65

DMS (5%) Método	7,28						-		NS								
DMS (5%) Tratamento	7,20						2,62		NS								
DMS (5%) Método x Tratamento	-		2,89		4,37		-		NS		3,68		3,72		1,34		

APÊNDICE 2. Análise de variância dos agregados estáveis em água do solo Erexim pré-tratado a seco e mantido úmido.

Causas de variação	Diâmetro (mm)							
	> 2,00		2,00 -1,00		1,00 -0,50		0,50 -0,250	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blocos/pré-tratamento	6	34,57	6	8,03	6	1,43	6	1,04
Pré-tratamento (P)	1	276,65*	1	270,47*	1	244,78*	1	3,82
Tratamento (T)	6	177,10*	6	10,96*	6	79,21*	6	27,66*
P x T	6	60,96	6	22,84*	6	31,96*	6	4,07
Erro Experimental	36	27,58	36	4,34	36	9,94	36	3,57

* Valores estatisticamente significativos (P < 0,05) pelo teste DMS.

APÊNDICE 2. (Continuação).

Causas de variação	Diâmetro (mm)							
	0,250 - 0,105		0,105 - 0,05		0,05		< 0,002	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blocos/Pré-tratamento	6	1,10	6	10,11	6	3,14	6	0,37
Pré-tratamento (P)	1	6,31	1	1053,14*	1	140,56*	1	14,33*
Tratamento (T)	6	3,82	6	27,60*	6	30,09*	6	3,19*
P x T	6	1,06	6	36,79*	6	30,41*	6	4,00*
Erro Experimental	36	2,82	36	7,04	36	7,22	36	0,94

* Valores estatisticamente significativos (P < 0,05) pelo teste DMS.

APÊNDICE 3. Diâmetro médio ponderado dos solos Santo Ângelo e Erexim sob diferentes manejos analisados pelo método padrão e modificado.

Tratamentos	Profundidade (cm)	Diâmetro médio ponderado			
		Padrão		Modificado	
		Santo Ângelo	Erexim	Santo Ângelo	Erexim
CN	0 - 10	6,13	5,44	3,76	2,50
MN	0 - 10	6,06	5,56	3,21	1,86
A	0 - 10	3,56	1,96	2,67	1,68
C	0 - 5	4,55	4,77	2,45	2,28
C	5 - 10	2,93	3,78	2,07	2,10
F	0 - 10	3,72	4,35	2,30	2,04
G	0 - 10	3,24	2,35	2,19	1,49
DMS (5%) Local x Tratamento		0,82		0,69	

APÊNDICE 4. Distribuição granulométrica em porcentagem dos solos Santo Ângelo e Erexim.

Composição Granulométrica	Santo Ângelo			Erexim		
	CN	MN	A	CN	MN	A
	%					
Argila	39,72	30,75	60,00	65,25	20,50	59,50
Silte	23,75	30,97	33,22	19,78	31,78	27,03
Areia	4,87	7,20	3,44	13,07	18,83	12,60

Obs. 1 : CN - Campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional.

2 . Nos tratamentos CN e MN, parte do material não dispersou, permanecendo na forma de agregados estáveis.

APÊNDICE 5. Porcentagem de agregados estáveis em água dos solos Santo Ângelo e Erexim pelo método modificado. Média de quatro repetições.

Local	Solo	Tratamento	Profundidade	Classes de agregados (mm)							
				> 2,00	2,00 -1,00	1,00 -0,50	0,50 -0,250	0,250-0,105	0,105-0,05	0,05	0,002
Santo Ângelo	Santo Ângelo	CN	0 - 10	59,05a	15,46 d	10,90 f	5,54 f	1,71 f	3,74	2,03 f	1,57 bc
		MN	0 - 10	48,39ab	15,83 d	16,96 bcde	7,26 f	2,02 f	5,45	1,88 f	2,21ab
		A	0 - 10	37,69 c	20,16ab	17,91abcde	8,84 e	3,96 e	3,97	5,07abc	2,25a
		C	0 - 5	34,32 c	16,13 d	18,58abcd	12,41abc	5,56abcd	6,47	4,99abcd	1,57 bc
		C	5 - 10	26,24 c	20,76a	21,92a	13,48a	6,17ab	4,62	5,54ab	1,37 c
		F	0 - 10	30,44 c	16,93 d	20,82abcd	13,36ab	6,40a	4,84	5,79a	1,43 c
		G	0 - 10	28,63 c	19,79abc	21,07abc	12,07abcd	6,01abc	6,58	4,69abcde	1,17 c
									NS		
Não-Me-Toque	Erexim	CN	0 - 10	32,08a	16,89 e	18,39 c	14,02	7,29	5,90abc	4,45	1,02
		MN	0 - 10	21,84 bcde	17,19 cde	29,47a	16,52	8,34	2,71 c	2,76	1,17
		A	0 - 10	18,05 de	19,54abc	24,31abc	17,22	8,45	6,34ab	4,08	2,03
		C	0 - 5	29,47ab	19,51abcd	23,03 c	12,99	6,52	2,78 bc	3,98	1,75
		C	5 - 10	26,61abcd	20,02ab	22,71 c	13,05	6,35	6,25abc	3,35	1,60
		F	0 - 10	28,71abc	14,93 e	21,20 c	13,09	7,57	8,32a	4,17	2,01
		G	0 - 10	15,06 e	20,57a	29,21ab	15,01	7,97	4,02 bc	6,15	2,17
							NS	NS		NS	NS

Obs.: Valores seguidos de mesma letra não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste DMS.
CN - campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional; C (0-5 e 5-10) - pastagem; F - plantio direto; G - rotação.

APÊNDICE 5.1. Porcentagem de agregados estáveis em água do solo Santo Ângelo pelo método modificado.

Tratamento	Profundidade (cm)	Classes de agregados (mm)											
		> 2,00				2,00 - 1,00				1,00 - 0,50			
		Repetições											
		1	2	3	4	a	2	3	4	1	2	3	4
CN	0-10	56,85	60,91	55,02	63,43	17,78	11,17	16,38	16,50	11,13	11,64	12,84	7,99
MN	0-10	49,42	50,88	41,28	51,98	15,96	13,99	19,68	13,68	17,09	15,84	20,20	14,69
A	0-10	31,46	40,89	40,64	37,77	21,97	18,65	19,72	21,08	21,17	15,95	15,80	18,72
C	0- 5	34,91	46,84	20,28	35,26	17,21	14,58	17,30	15,41	16,54	13,70	25,40	18,69
C	5-10	23,45	26,55	33,77	21,18	20,04	19,81	20,99	22,21	24,02	23,02	18,20	22,45
F	0-10	33,86	24,03	25,74	38,14	17,26	18,43	16,48	15,54	19,73	23,01	24,07	16,46
G	0-10	27,80	23,83	34,53	28,37	20,18	21,39	18,73	18,84	22,21	22,80	17,84	21,42

Obs.: CN - campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional; C (0-5 e 5-10) pastagem; F - plantio direto; G - rotação.

APÊNDICE 5.1. (Continuação).

Tratamento	Profundidade (cm)	Classes de agregados (mm)											
		0,50 - 0,25				0,25 - 0,10				0,10 - 0,05			
		Repetições											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CN	0-10	5,55	6,33	6,75	3,54	1,52	1,86	2,35	1,10	4,25	2,94	2,63	5,20
MN	0-10	6,75	7,47	7,39	7,43	1,52	2,12	1,99	2,44	5,18	6,16	5,52	5,09
A	0-10	9,89	8,02	8,66	8,77	4,10	3,31	4,61	3,64	5,39	6,44	3,86	1,01
C	0- 5	12,23	9,18	17,15	11,07	6,58	4,46	5,92	5,26	5,75	3,26	6,56	10,13
C	5-10	14,88	12,76	10,94	15,33	6,45	6,22	4,77	7,23	3,22	7,07	2,32	5,88
F	0-10	11,68	14,95	15,13	11,66	5,49	7,25	7,28	5,56	6,37	3,88	6,73	2,46
G	0-10	12,44	13,25	9,71	12,89	5,45	7,06	5,07	6,44	5,75	8,23	7,29	5,10

Obs.: CN - campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional; C (0-5 e 5-10) pastagem; F - plantio direto; G - rotação.

APÊNDICE 5.1. (Continuação).

Tratamento	Profundidade (cm)	Classes de agregados (mm)							
		0,05				< 0,002			
		Repetições							
		1	2	3	4	1	2	3	4
CN	0-10	1,76	2,31	2,89	1,16	1,17	2,87	1,15	1,10
MN	0-10	1,76	1,78	1,59	2,37	2,34	1,77	2,38	2,35
A	0-10	4,55	4,52	4,44	6,77	2,28	2,23	2,22	2,26
C	0- 5	5,67	6,29	5,70	2,29	1,14	1,72	1,71	1,72
C	5-10	6,81	3,44	7,33	4,59	1,14	1,15	1,71	1,14
F	0-10	4,45	7,34	2,87	8,50	1,18	1,13	1,72	1,69
G	0-10	4,50	2,29	5,70	6,26	1,69	1,15	1,14	0,71

Obs.: CN - campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional; C (0-5 e 5-10) pastagem; F - plantio direto; G - rotação.

APÊNDICE 5.2. Porcentagem de agregados estáveis em água do solo Erexim, obtidos pelo método modificado. O solo foi secado à sombra antes da análise.

Tratamento	Profundidade (cm)	Classes de agregados (mm)											
		2,00				2,00 - 1,00				1,00 - 0,50			
		Repetições											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CN	0-10	36,01	28,71	32,23	31,36	20,62	15,92	16,19	14,82	17,39	21,26	18,94	15,96
MN	0-10	28,50	22,15	24,40	12,31	16,47	18,19	15,06	19,04	24,67	30,15	24,44	38,63
A	0-10	19,44	11,63	23,49	17,65	21,42	18,67	15,95	22,11	22,55	30,08	26,43	18,16
C	0- 5	20,73	29,26	35,30	32,59	19,31	22,27	17,28	19,17	25,99	21,91	21,49	22,73
C	5-10	27,93	18,76	26,04	33,72	20,36	21,07	17,96	20,68	21,76	26,24	24,12	18,72
F	0-10	26,12	25,98	39,26	23,48	15,80	16,24	12,00	15,69	24,62	23,39	15,33	21,44
G	0-10	18,41	10,77	9,67	21,36	19,64	21,71	19,87	21,05	28,27	30,39	31,22	26,97

Obs.: CN - campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional; C (0-5 e 5-10) pastagem; F - plantio direto; G - rotação.

APÊNDICE 5.2. (Continuação).

Tratamento	Profundidade (cm)	Classes de agregados (mm)											
		0,50 - 0,25				0,25 - 0,10				0,10 - 0,05			
		Repetições											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CN	0-10	13,58	13,25	13,88	15,36	6,29	5,68	7,35	9,83	2,63	10,55	4,45	5,95
MN	0-10	14,74	14,84	17,87	18,67	5,80	11,23	10,40	5,94	6,34	1,12	2,61	0,80
A	0-10	13,95	20,01	14,23	20,68	11,32	8,81	6,34	7,33	4,92	4,51	7,69	8,25
C	0- 5	16,76	10,50	13,08	11,60	7,77	5,34	7,51	5,45	2,53	3,75	0,48	4,37
C	5-10	13,84	15,82	13,67	9,55	5,67	7,82	5,56	6,34	6,24	3,33	8,38	7,07
F	0-10	14,37	12,76	11,07	14,17	7,46	7,79	7,35	7,69	5,90	7,48	9,22	10,73
G	0-10	15,67	15,88	16,23	12,25	8,03	7,87	8,57	7,39	0,38	4,85	5,31	3,57

Obs.: CN - campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional; C (0-5 e 5-10) pastagem; F - plantio direto; G - rotação.

APÊNDICE 5.2. (Continuação).

Tratamento	Profundidade (cm)	Classes de agregados (mm)							
		0,05				>0,002			
		Repetições							
		1	2	3	4	1	2	4	5
CN	0-10	1,75	2,32	6,98	6,73	1,74	2,32	0,00	0,00
MN	0-10	1,75	1,17	4,65	3,46	1,75	1,16	0,58	1,17
A	0-10	4,09	3,44	5,29	3,49	2,33	2,86	0,59	2,33
C	0- 5	5,78	5,83	2,56	1,77	1,15	1,16	2,32	2,35
C	5-10	2,89	5,81	1,17	3,53	1,73	1,16	2,34	1,18
F	0-10	4,59	5,22	2,32	4,55	1,15	1,16	3,47	2,27
G	0-10	7,21	6,26	6,86	5,71	2,40	2,28	2,29	1,71

Obs.: CN - campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional; C (0-5 e 5-10) pastagem; F - plantio direto; G - rotação.

APÊNDICE 5.3. Porcentagem de agregados estáveis em água do solo Erexim, obtidos pelo método modificado. Analisado com a umidade de campo sem o pré-tratamento à seco.

Tratamento	Profundidade (cm)	Classes de agregados (mm)											
		> 2,00				2,00 - 1,00				1,00 - 0,50			
		repetições											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CN	0-10	21,46	20,22	27,41	20,84	23,08	19,29	13,27	16,10	19,40	21,43	21,84	22,64
MN	0-10	19,92	22,93	6,31	13,28	12,52	19,33	11,67	12,69	12,09	23,49	25,40	23,55
A	0-10	13,28	11,39	17,14	12,46	13,02	14,45	14,22	14,24	20,28	22,33	20,85	27,09
C	0- 5	23,98	18,54	17,63	18,44	11,97	11,24	10,37	14,10	12,68	13,97	19,05	15,58
C	5-10	24,68	18,24	15,20	23,94	12,15	11,64	11,93	12,11	14,08	15,69	18,48	14,03
F	0-10	29,58	26,58	17,45	35,19	14,62	10,91	16,21	12,36	15,06	18,53	22,85	19,07
G	0-10	18,66	22,01	21,67	22,56	13,63	15,26	15,10	14,71	23,05	21,04	20,55	21,87

Obs.: CN - campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional; C (0-5 e 5-10) pastagem; F - plantio direto; G - rotação.

APÊNDICE 5.3. (Continuação).

Tratamento	Profundidade (cm)	Classes de agregados (mm)											
		0,50 - 0,25				0,25 - 0,10				0,10 - 0,05			
		repetições											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CN	0-10	13,62	14,21	14,61	18,72	7,49	7,18	8,15	10,28	8,55	6,00	13,00	5,10
MN	0-10	18,22	9,56	18,25	18,46	8,27	3,74	8,23	10,94	16,23	17,16	18,04	13,46
A	0-10	17,48	16,75	15,42	14,48	11,76	10,13	8,42	7,86	12,21	16,65	17,99	16,71
C	0- 5	9,63	12,31	8,79	10,54	6,14	8,86	10,27	7,01	18,11	18,84	13,79	14,34
C	5-10	9,91	12,10	13,87	10,86	6,71	8,00	9,40	7,33	17,75	12,03	20,70	18,76
F	0-10	11,56	15,56	13,71	12,20	8,05	8,02	8,20	5,70	14,58	14,53	16,30	7,43
G	0-10	17,16	12,93	13,77	14,93	9,83	8,29	7,58	8,82	8,48	11,87	12,13	9,22

Obs.: CN - campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional; C (0-5 e 5-10) pastagem; F - plantio direto; G - rotação.

APÊNDICE 5.3. (Continuação).

Tratamento	Profundidade (cm)	Classes de agregados (mm)							
		0,05				<0,002			
		repetições							
		1	2	3	4	1	2	3	4
CN	0-10	3,99	9,79	0,40	5,01	2,42	1,88	1,34	1,33
MN	0-10	0,28	0,65	7,89	5,58	2,48	3,15	4,23	1,86
A	0-10	9,60	5,94	3,58	4,79	2,39	2,38	2,39	2,39
C	0- 5	13,26	11,26	14,56	15,86	4,25	5,00	5,55	4,14
C	5-10	12,90	17,34	4,26	10,07	1,84	4,96	6,18	2,93
F	0-10	4,18	5,98	4,42	6,06	2,39	0,30	0,89	2,02
G	0-10	6,57	7,86	7,89	5,93	2,63	0,66	1,32	1,98

Obs.: CN - campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional; C (o-5 e 5-10) pastagem; F - plantio direto; G - rotação.

APÊNDICE 5.4. Diâmetro médio ponderado dos solos Santo Ângelo e Erexim pelos métodos padrão e modificado de amostras com pré-tratamento à seco.

Tratamento	Profundidade (cm)	Santo Ângelo								Não-me-Toque							
		Padrão				Modificado				Padrão				Modificado			
		Repetições															
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CN	0-10	6,19	6,54	5,83	5,96	4,00	3,55	3,82	3,76	4,66	6,05	5,52	5,51	2,25	2,53	2,37	2,86
MN	0-10	6,04	6,57	5,66	5,96	3,27	3,31	2,88	3,36	6,25	5,85	4,50	5,62	1,38	1,96	1,94	2,17
A	0-10	4,04	2,94	3,49	3,77	2,82	2,36	2,69	2,82	1,62	1,72	2,23	2,28	1,79	1,46	1,60	1,85
C	0- 5	5,13	4,66	4,58	3,82	3,08	2,48	2,50	1,72	5,70	5,11	4,13	3,64	1,71	2,40	2,60	2,41
C	5-10	3,13	3,39	2,13	3,06	2,08	1,92	1,81	2,47	4,97	4,37	2,51	3,36	2,24	1,67	2,03	2,46
F	0-10	3,90	4,08	3,19	3,70	1,93	2,38	2,88	2,00	4,84	4,27	4,21	4,09	2,01	1,90	2,65	1,85
G	0-10	3,21	3,28	3,29	3,19	2,15	1,95	2,16	2,48	2,07	2,31	2,31	2,71	1,27	1,66	1,83	1,19

Obs.: CN - campo nativo; MN - mato nativo; A - preparo convencional; C - (0,-5 e 5-10) pastagem; F - plantio direto; G - rotação.

APÊNDICE 6. Análise de variância dos agregados estáveis em água do solo Santo Ângelo sob diferentes manejos, com pré-tratamento a seco.

Causas de variação	Diâmetro (mm)							
	>2,00		2,00 -1,00		1,00 -0,50		0,50 -0,250	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blocos	3	21,18	3	4,34	3	5,57	3	0,67
Tratamento	6	565,19*	6	20,79*	6	55,95*	6	40,62*
Erro Experimental	18	41,48	18	3,23	18	9,85	18	4,03

* Valores estatisticamente significativos (P < 0,05) pelo teste DMS.

APÊNDICE 6. (Continuação).

Causas de variação	Diâmetro (mm)							
	0,250 - 0,105		0,105 - 0,105		0,05		< 0,002	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blocos	3	0,04	3	0,29	3	0,40	3	0,05
Tratamentos	6	16,03*	6	14,81	6	10,67*	6	0,73*
Erro Experimental	18	0,74	18	4,44	18	3,00	18	0,20

* Valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$) pelo teste DMS.

APÊNDICE 7. Análise de variância dos agregados do solo Erexim estáveis em água sob diferentes manejos, com pré-tratamento a seco.

Causas de variação	Diâmetro (mm)							
	>2,00		2,00 - 1,00		1,00 - 0,50		0,50 - 0,250	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blocos	3	46,51	3	11,87*	3	14,78	3	0,28
Tratamentos	6	161,46*	6	16,46*	6	66,11*	6	11,90
Erro Experimental	18	32,67	18	2,80	18	16,03	18	6,33

* Valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$) pelo teste DMS.

APÊNDICE 7. (Continuação).

Causas de variação	Diâmetro (mm)							
	0,250 - 0,105		0,105 - 0,05		0,05		< 0,002	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blocos	3	0,52	3	3,66	3	0,11	3	0,04
Tratamentos	6	2,78	6	18,32*	6	5,51	6	0,79
Erro Experimental	18	3,15	18	5,79	18	3,54	18	0,78

* Valores estatisticamente significativos (P < 0,05) pelo DMS.

APÊNDICE 8. Análise de variância dos dados de diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) dos solos Santo Ângelo e Erexim sob diferentes manejos.

Causas da variação	Método padrão		Método modificado	
	GL	QM	GL	QM
Blocos/solos	6	0,19	6	0,03
Tratamentos (T)	6	13,43*	6	1,37*
Solos (L)	1	1,12	1	6,12*
T x L	6	15,19*	6	3,02*
Erro Experimental	36	0,33	36	0,12

*Valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$) pelo teste DMS.

APÊNDICE 9. Análises químicas dos solos Santo Ângelo e Erexim sob diferentes manejos.

Tratamentos	Profundidades	Santo Ângelo							Erexim						
		pH H_2O	pH SMP	P	K	M.O.	Óxidos de Fe		pH H_2O	pH SMP	P	K	M.O.	Óxidos de Fe	
							Amorfo	Cristalino						Amorfo	Cristalino
	(cm)			--- ppm ---			------- % -------				--- ppm ---			------- % -------	
CN	0 - 10	5,9	6,1	5	41	4,4	1,5	9,0	5,7	6,0	6	44	4,4	1,7	8,9
MN	0 - 10	6,5	6,7	10	116	7,2	-	-	6,1	6,3	3	87	5,1	-	-
A	0 - 10	5,8	5,7	36	114	4,0	1,6	8,8	6,2	6,3	12	55	3,7	1,6	9,3
C	5 - 5	5,4	5,9	27	180	4,3	1,6	9,1	6,3	6,2	13	173	4,7	1,7	9,0
C	0 - 10	5,1	5,4	22	85	4,0	1,5	9,1	6,3	6,3	13	89	3,5	1,8	9,2
F	0 - 10	5,2	5,7	36	106	4,3	-	-	6,4	6,2	20	70	4,0	-	-
G	0 - 10	5,1	5,7	40	130	4,0	-	-	6,5	6,4	21	78	3,6	-	-

APÊNDICE 10. Análise de variância dos agregados estáveis em água do solo Erexim sob diferentes manejos, mantido úmido.

Causas de variação	Diâmetro (mm)							
	< 2,00		2,00 - 1,00		1,00 - 0,50		0,50 - 0,250	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blocos	3	22,57	3	2,68	3	13,56	3	1,18
Tratamentos	6	80,36*	6	16,44*	6	45,06*	6	20,14*
Erro Experimental	18	22,81	18	6,14	18	3,84	18	6,15

* Valores estatisticamente significativos (P < 0,05) pelo teste DMS.

APÊNDICE 10. (Continuação).

Causas de variação	Diâmetro (mm)							
	0,250 - 0,105		0,105 - 0,050		0,050		< 0,002	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blocos	3	0,90	3	17,49	3	6,17	3	0,69
Tratamentos	6	1,85	6	48,04*	6	55,00*	6	6,41
Erro Experimental	18	3,36	18	4,47	18	10,90	18	1,09

* Valores estatisticamente significativos ($P < 0,05$) pelo teste DMS.

APÊNDICE 11. Descrição morfológica e características químicas e físicas do perfil modal do solo da unidade de mapeamento Erexim.

a) Descrição morfológica:

Classificação: Latosol Roxo Distrófico álico textura argilosa (Haplortox)

Localização: Município de Erexim, estrada Erexim-Gaurama, a 2 km da cidade de Erexim.

Situação: Corte de estrada, topo de uma elevação com 14% de declive.

Altitude: 680 metros.

Relevo: Ondulado, apresentando as elevações vertentes convexas em dezenas de metros.

Material de origem: Eruptivas básicas.

Cobertura vegetal: Pastagem, com presença de araucárias.

Drenagem: Bem drenado.

A_1 0-15 cm; bruno-avermelhado escuro (2,5 YR 3/3, úmido), bruno-avermelhado escuro (2,5 R 3/3, úmido amassado), bruno-avermelhado escuro (5 YR 3/3, seco), bruno-avermelhado escuro (5 YR 3/4, seco triturado); argila pesada; fraca pequena e média granulada; poroso; ligeiramente duro friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso pouco trabalhado, tornando-se pegajoso quando muito trabalhado; transição difusa e plana; raízes comuns.

Observação: atividade biológica motivada principalmente por termitas.

A_3 15-60 cm, bruno-avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido), vermelho escuro (2,5 YR 3/5, úmido amassado), bruno-avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco), vermelho escuro (2,5 YR 3/5, seco triturado); argila pesada; fraca, média e grande blocos subangulares com aspecto de maciça pouco coerente; pouco poroso; ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso quando pouco trabalhado tornando-se pegajoso quando muito trabalhado; transição difusa e plana; raízes raras.

Observação: com 60 aumentos observam-se "coatings" na massa do solo.

B_1 60-90 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/5, úmido) vermelho escuro (2,5 YR 3/5, úmido amassado); argila pesada; fraca pequena e média blocos subangulares com aspecto de maciça pouco coerente; poroso; duro friável, plástico e ligeiramente pegajoso quando pouco trabalhado tornando-se pegajoso quando muito trabalhado; transição difusa e plana; raízes ausentes.

Observação: além de "coatings" observados a olho desarmado, notamos, com 60 aumentos, "coatings" na massa do solo.

B_{21} 90-150 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido), vermelho escuro (2,5 YR 3/5, úmido amassado); argila pesada; fraca pequena e média blocos subangulares com aspecto de maciça pouco coerente; poroso; cerosidade fraca e pouca; duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso quando pouco trabalhado, tornando-se pegajoso quando muito trabalhado; transição difusa e plana; raízes ausentes.

Observação: com 60 aumentos observam-se "coatings" na massa do solo.

B_{22} 150 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido), vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido amassado); argila pesada; fraca pequena e média blocos subangulares com aspecto de maciça pouco coerente; poroso; cerosidade fraca e pouca; duro, friável; plástico e ligeiramente pegajoso quando pouco trabalhado, tornando-se pegajoso quando muito trabalhado; raízes ausentes.

Observação: Com 60 aumentos observam-se "coatings" na massa do solo.

b) Características químicas e físicas.

Horizonte	Profundidade (cm)	Químicas					Físicas					
		pH		Al^{+++}	H^{+}	T(Soma)	Composição granulométrica(%)			Argila Natural (%)	Grau de Floculação (%)	Equivalente de umidade (%)
		Água	KCl	------	mE/100 g	------	Areia	Silte	Argila			
A_1	0- 15	4,5	3,8	5,7	8,3	14,6	3	23	74	41	44	34
A_3	15- 60	4,6	3,9	5,1	7,2	12,8	1	19	80	32	60	37
B_1	60- 90	4,7	4,0	4,1	4,6	9,1	1	16	83	0	100	39
B_{21}	90-150	4,9	4,0	3,1	5,6	9,0	1	17	82	0	100	41
B_{22}	150	5,5	4,1	5,9	1,1	7,5	1	16	82	0	100	40

APÊNDICE 12. Descrição morfológica do perfil do solo da área experimental.

PROJETO: ITAQUARINCHIN

PERFIL Nº 2

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO textura argilosa

UNIDADE: Santo Ângelo 0

LOCALIZAÇÃO: Município de Santo Ângelo, RS, no Centro de Atividades Agrícolas da Cooperativa Tritícola Regional Santo Ângelo Ltda. (CAAC)

SITUAÇÃO E DECLIVE: Trincheira aberta no terço médio de uma encosta com 8% de declive.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos Terciários-Quaternários de basalto.

RELEVO LOCAL: Ondulado

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado a ondulado

EROSÃO: Laminar moderada, com sulcos ocasionais rasos

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO LOCAL: Lavoura de trigo

VEGETAÇÃO REGIONAL: Lavoura de trigo, bambus e eucalipto

USO ATUAL: Lavoura de trigo e soja (lavoura experimental)

A_p - 0-15 cm; bruno-avermelhado escuro (2,5 YR 314 úmido); argila; para médios blocos subangulares que se desfazem em muitos pequenos granulares; muitos poros muito pequenos; friável, ligeiramente plástico e pegajoso; transição abrupta e plana; raízes muitas.

A_3 - 15-25 cm; vermelho escuro (2,5 YR 315 úmido); argila, moderada médios blocos subangulares e pequena granular; muitos poros muito pequenos; friável, ligeiramente plástico e pegajoso; transição difusa e plana; raízes muitas.

B_1 - 25-60 cm; vermelho escuro (2,5 YR 316 úmido); argila, moderada médios blocos subangulares; muitos poros muito pequenos; friável, ligeiramente plástico e pegajoso; transição difusa e plana; raízes comuns.

B_2 - 60-180$^+$ cm; vermelho escuro (2,5 YR 317 úmido); argila; moderada, médios e grandes blocos subangulares; muitos poros muito pequenos; friável, ligeiramente plástico e pegajoso; raízes raras.

OBS.: - Na camada superficial, entre 0 e 7,5 cm, o solo é mais friável que na camada de 7,5 a 15 cm, mais compactada.

- Determinações físicas do perfil: resistência do solo à penetração, umidade gravimétrica e densidade do solo. Médias de três determinações.

Determinações[1]	Profundidade (cm)								
	0-7,5	7,5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	65-80	80 +
RP_2 (kg/cm^2)	9,5	20,7	18,7	21,6	22,0	21,4	17,7	16,7	15,6
UG (%)	-	30,9	32,4	33,4	33,7	34,0	-	-	38,6
Ds (g/cm^3)	-	1,18	1,16	1,14	1,13	1,15	-	-	1,04

[1] RP - Resistência à penetração
UG - Umidade gravimétrica
Ds - Densidade do solo pelo método do torrão (KIEHL, 1979).

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL Nº 2 SANTO ÂNGELO O
CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO textura argilosa

Horizonte		Frações da amostra total (%)			Composição granulométrica da terra fina (%)				Argila dispersa em água %	Grau de floculação %	% silte / % argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus (>20mm)	Cascalho (20-2mm)	Terra Fina (<2mm)	Areia Grossa 2-0,20mm	Areia Fina 0,20-0,05mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila 0,002mm			
A_p	0-15	0	0	100	2	5	22	75	9	87	0,31
A_3	15-25	0	0	100	1	2	23	74	13	82	0,31
B_1	25-60	0	0	100	2	3	17	78	0	100	0,22
B_2	60-100+	0	0	100	1	2	11	86	0	100	0,13

Horizonte	pH		Complexo sortivo (mE/100 g)							Valor V (%)	Al^{+++} mE/100g	$\frac{100.Al^{+++}}{Al^{+++}+S}$	P "disponível" (ppm)	K "disponível" (ppm)	Matéria Orgânica (%)	Necessidade de calcário SMP (t/ha)
Símbolo	Água 1:1	KCl 1N 1:1	Ca^{++}	Mg^{++}	K^{+}	Na^{+}	Valor S	$H^{+}+Al^{+++}$	Valor T							
A_p	5,2	4,3	1,70	1,08	0,30	0,11	3,25	7,07	10,32	31	0,55	14	26	141	3,13	3,8
A_3	5,6	4,1	1,08	0,72	0,13	0,41	2,34	6,19	8,53	27	1,36	37	5	51	2,10	3,2
B_1	5,3	4,1	0,87	0,42	0,07	0,11	1,47	5,70	7,17	20	1,42	49	5	27	1,01	3,2
B_2	5,2	4,0	0,48	0,24	0,05	0,09	0,86	5,46	6,32	14	1,87	68	5	20	0,87	3,8