

TEOGENES SENNA DE OLIVEIRA

**Efeitos dos Ciclos de Umedecimento e Secagem
sobre Propriedades Físicas e Químicas de
Quatro Latossolos Brasileiros**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
ABRIL - 1992**

TEOGENES SENNA DE OLIVEIRA

EFEITOS DOS CICLOS DE UMEDECIMENTO E SECAGEM SOBRE
PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE QUATRO
LATOSSOLOS BRASILEIROS

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Fitotecnia,
para Obtenção do Título de "Magister
Scientiae".

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
ABRIL - 1992

Ficha catalográfica preparada pela Área de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

O48e
1992

Oliveira, Teogenes Senna de.

Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem
sobre propriedades físicas e químicas de quatro
latossolos brasileiros. Viçosa, UFV, 1992.
104p. ilustr.

Tese (M.S.) - UFV

1. Solos - Estabilidade de agregados. 2. So-
los - Porosidade. 3. Solos - Dispersão de argi-
la. 4. Solos - Propriedades químicas - Efeito
do umedecimento e secagem. I. Universidade Fede-
ral de Viçosa. II. Título.

CDD 18.ed. 631.4

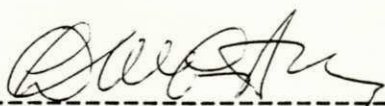
CDD 19.ed. 631.4

TEÓGENES SENNA DE OLIVEIRA

EFEITOS DOS CICLOS DE UMEDECIMENTO E SECAGEM SOBRE
PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE QUATRO
LATOSSOLOS BRASILEIROS

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Fitotecnia,
para Obtenção do Título de "Magister
Scientiae".

Aprovada: 14 de agosto de 1991



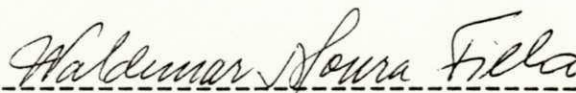
Prof. Liovando M. da Costa
(Conselheiro)



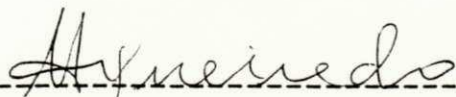
Prof. Adair José Regazzi
(Conselheiro)



Prof. Luiz Eduardo F. Fontes



Prof. Waldemar Moura Filho



Prof. Matosinho de S. Figueiredo
(Orientador)

À minha grande mãe, Maria Célia.

Às minhas queridas irmãs, Cláudia e Flávia.

Aos meus amigos.

À Maju.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade oferecida para a realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo suporte financeiro.

Ao Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, pelo apoio na infra-estrutura necessária ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos orientadores, Professores Matosinho de Souza Figueiredo e Liovano Marciano da Costa, pelo apoio, pelas críticas e, sobretudo, pela amizade dedicada.

Ao Professor Adair José Regazzi, pelo apoio, ensinamentos e amizade.

Aos Professores Luiz Eduardo Ferreira Fontes e Waldemar Moura Filho, pelas críticas, sugestões e participação.

Aos funcionários dos Departamentos de Fitotecnia e Solos e Nutrição de Plantas, em especial aos laboratoristas

Miguel A. dos Santos, Geraldo N. Ferreira, Silvestre Brustolini e Renato Viana, pelo apoio e auxílio nas análises de laboratório.

Aos companheiros e amigos, em especial ao Edmundo, Beatriz, Zezinha, Luiz Coelho, Daise, Irene, Pedro Viégas, Ivo e Kátia, pelo companheirismo, ajuda mútua e, sobretudo, pela amizade.

À Mara, grande amiga, pelo apoio, estímulo e carinho.

Aos companheiros de república, Renato e Ledian, pelo convívio agradável, paciência e amizade.

Às pessoas que, de alguma forma e nas mínimas coisas, fizeram-se presentes.

BIOGRAFIA

Teogenes Senna de Oliveira, filho de Flávio de Oliveira e Maria Célia de Senna, nasceu, em 6 de agosto de 1961, na cidade de Ponte Nova, Minas Gerais.

Em março de 1981, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em janeiro de 1986.

De maio de 1986 a agosto de 1987, trabalhou na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais - EMATER-MG, exercendo funções no escritório local da cidade de Carbonita.

Em agosto de 1987, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Materiais de Solo Utilizados	15
3.2. Montagem e Condução dos Ensaios	16
3.3. Propriedades Químicas	22
3.3.1. Complexo Sortivo, pH em Água e em KCl	22
3.3.2. Carbono Orgânico	22
3.3.3. Estimativa do Ponto de Carga Zero (PCZ)	22
3.4. Propriedades Físicas	23
3.4.1. Análise Textural	23
3.4.2. Densidade de Partículas (Dp)	23
3.4.3. Densidade Aparente (Da)	23

3.4.4. Volume Total de Poros (VTP)	24
3.4.5. Distribuição de Poros em Classes de Diâmetro	24
3.4.6. Estabilidade de Agregados	26
3.4.6.1. Estabilidade de Agregados segundo Yoder (1936)	26
3.4.6.2. Estabilidade de Agregados e Argila Dispersa segundo Jucsch (1987)	27
3.5. Análises Estatísticas	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Influência dos Ciclos de Umedecimento e Secagem sobre a Estabilidade em Água de Agregados em Diferentes Classes de Diâmetro dos Latossolos Estudados	29
4.2. Influência dos Ciclos de Umedecimento e Secagem sobre a Distribuição das Classes de Diâmetro de Poros dos Latossolos Estudados	46
4.3. Influência dos Ciclos de Umedecimento e Secagem sobre as Propriedades Químicas dos Latossolos Estudados	55
4.4. Influência dos Ciclos de Umedecimento e Secagem sobre a Porcentagem de Argila Dispersa em Água dos Latossolos Estudados	71
5. RESUMO E CONCLUSÕES	85
6. BIBLIOGRAFIA	88
APÊNDICE	95

EXTRATO

OLIVEIRA, Teogenes Senna de. M.S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 1992. Efeitos dos Ciclos de Umedecimento e Secagem sobre Propriedades Físicas e Químicas de Quatro Latossolos Brasileiros. Professor Orientador: Matosinho de Souza Figueiredo. Professores Conselheiros: Liovando Marciano da Costa e Adair José Regazzi.

Objetivando avaliar os efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre propriedades físicas e químicas de quatro latossolos dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, foram conduzidos ensaios em casa-de-vegetação, utilizando agregados dos horizontes A e B, de diâmetro no intervalo de 2,00-0,25 mm, separados mecanicamente. Submeteram-se colunas de solo, montadas em PVC e com material proveniente dos horizontes coletados na proporção de 1:1, a 0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 ciclos de umedecimento e secagem, definidos a partir da disponibilidade total da água. Na condução dos ensaios, foram usados dois tipos de colunas, considerando os métodos de avaliação das

propriedades propostas. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições, tendo sido os tratamentos, em um deles, dispostos no esquema de parcelas subdivididas e, no outro, esse esquema não se repetiu. Completado o número de ciclos, o material foi avaliado.

Segundo os resultados, o umedecimento e a secagem promoveram a fragmentação seletiva de agregados que podem movimentar-se verticalmente na coluna de solo, com conseqüências sobre as demais propriedades avaliadas, tais como: redução do espaço poroso total inicial, decorrente da ocupação por agregados e/ou partículas primárias que se movimentaram em profundidade e da acomodação natural do solo com o umedecimento; exposição de elementos químicos e matéria orgânica localizada no interior dos agregados, decorrente da fragmentação, alterando, conseqüentemente, o comportamento das propriedades químicas correlacionadas; alterações na quantidade de cargas elétricas líquida, associadas ao ponto de carga zero e à dupla camada difusa, que provocaram variações nos teores de argila dispersa em água, à medida que íons são liberados ou não pelas modificações originárias dos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem.

1. INTRODUÇÃO

A gênese da estrutura dos solos compreende as causas e os processos de formação das unidades estruturais ou agregados. A formação dos agregados estáveis requer que as partículas primárias estejam tão firmemente unidas entre si que não se dispersem na água, ou seja, que haja a cimentação ou o enlace mútuo das partículas floculadas (BAVER et alii, 1972). Dessa forma, o efeito dos cátions, a interação das partículas de argila em relação à umidade e temperatura, a interação da argila e matéria orgânica, a atividade da vegetação, fauna e os microrganismos são fatores que podem influir no solo, originando padrões estruturais característicos das diferentes classes de solo.

Entretanto, a reversibilidade dos processos e os padrões estruturais produzidos podem ocorrer em condições específicas e em reduzido espaço de tempo. Além do manejo empregado, HILLEL (1982) afirmou que a agregação do solo pode ser fortemente modificada por mudanças no clima e

atividade biológica, sendo ainda vulnerável a forças de natureza mecânica e físico - química.

As variáveis do ambiente dependentes do clima, tais como umidade e temperatura, bem como seus efeitos, refletem-se em variações sazonais na agregação do solo (HARRIS et alii, 1966). Especificamente em relação à umidade, as variações naturais que ocorrem são caracterizadas tanto pelo umedecimento, através da condensação, chuvas e capilaridade, como pela secagem, por radiação solar, ventos e capilaridade, cíclicos (UTOMO e DEXTER, 1982).

A irrigação de solos para a produção agrícola também constitui uma variação cíclica de umidade, pois a quantidade de água disponível será reduzida com o uso consuntivo da cultura em determinado período de tempo (turno de rega). O número de ciclos de umedecimento e secagem a que o solo será submetido dependerá das características fisiológicas da cultura irrigada, clima e solo.

Os latossolos, reconhecidamente o grupo mais representativo dos solos que ocorrem no território brasileiro e possuidores de caracteres diagnósticos bastante homogêneos, estão apresentando, com a intensificação do seu uso, modificações nas suas propriedades físicas. Horizontes B latossólicos estão sendo alterados pelo manejo, originando estruturas de diferentes graus, classes e tipos (FERREIRA, 1988). Nesse contexto, a irrigação desses solos, como uma técnica de manejo de larga adoção atual, assume importância extrema, pois as variações de umidade podem ter

conseqüências que ainda não foram avaliadas para as condições brasileiras.

Objetivou-se, portanto, estudar as propriedades físicas e químicas de quatro latossolos brasileiros submetidos a ciclos de umedecimento e secagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

As relações entre os ciclos de umedecimento e secagem e as propriedades físicas e químicas do solo são estudadas sob os mais diferentes aspectos, destacando-se, principalmente, a avaliação dos seus efeitos sobre a estabilidade estrutural.

Verifica-se grande diversidade nas condições experimentais dos estudos realizados. Estas caracterizam-se, principalmente, pelas diferenças nos métodos adotados na condução dos tratamentos para obtenção dos limites extremos, máximo e mínimo, de umidade nas variações estabelecidas, nos métodos de avaliação da estabilidade de agregados, na atividade dos microrganismos do solo e nos tratamentos químicos e físicos preliminares das amostras avaliadas (WILLIS, 1955; SILLANPÄÄ e WEBBER, 1961; SOULIDES e ALLINSON, 1961; RICHARDSON, 1976; UTOMO e DEXTER, 1981, UTOMO e DEXTER, 1982; DEXTER *et alii*, 1984; MCKENZIE e DEXTER, 1985; CHANEY e SWIFT, 1986; SALIH e MAULOOD, 1988; HORN e DEXTER, 1989).

O aumento do estado de agregação do solo , quando submetido a ciclos de umedecimento e secagem, foi constatado em vários estudos, dentre os quais os realizados por HAINES (1923), BOUYOUCOS (1924), McGEORGE (1937), RUSSELL (1938), PETERSON (1943), WOODBURN (1944), NIJHAWAN e OLMSTEAD (1947), Swaby (1950) e Rennie (1952), citados por HARRIS et alii (1966), ROVIRA e GREACEN (1957), TELFAIR et alii (1957), SILLANPÄÄ e WEBBER (1961), HOFMAN (1976), RICHARDSON (1976) e HORN e DEXTER (1989). Resultados opostos foram obtidos por WILLIS (1955), CHEPIL e WOODRUFF (1963) e SALIH e MAULOOD (1988), enquanto McHENRY e RUSSELL (1943) e UTOMO e DEXTER (1982) verificaram a ocorrência de um aumento inicial da estabilidade estrutural seguido da redução. Comportamento contrário, mas de mesma direção, ou seja, redução seguida de aumento, também foi comprovado por ROVIRA e GREACEN (1957) e DEXTER et alii (1984).

Diante dos resultados contraditórios e por vezes paradoxais, UTOMO e DEXTER (1982) propuseram a teoria do equilíbrio de estados ou de proporções de agregados estáveis em água. De acordo com a composição e alterações físicas impostas ao ambiente, os solos que contêm proporções abaixo desse equilíbrio poderão aumentar, enquanto solos com valores acima tendem a reduzir. Dessa forma, alterações no manejo da superfície do solo, como o preparo, o cultivo e a queima de restos culturais, podem modificar o valor dessa proporção de equilíbrio. Essa modificação não é instantânea, mas aproxima-se de um novo valor de forma complexa, dependendo do tipo e atividade dos microrganismos do solo, efeitos tixotrópicos e ciclos de umedecimento e secagem.

Várias explicações são apresentadas para justificar a maior ou menor agregação do solo após ciclos de umedecimento e secagem.

Segundo RUSSELL (1938), o efeito destruidor dos agregados pelo umedecimento poderia estar ligado à própria instabilidade dos agregados em água, aos efeitos secundários originários da expansão desigual e entrada de ar e à degradação mecânica pelo impacto das gotas de chuva. Todavia, o conteúdo de umidade durante o umedecimento influenciaria o desenvolvimento dos estresses causados pela quantidade de ar disponível a ser aprisionado e pela taxa de entrada de água, sendo este último controlado pelo grau de desidratação dos constituintes do agregado e pela distribuição de microporos livres de umidade (HARRIS et alii, 1966). O rápido umedecimento produz uma expansão intensa dos agregados, originando fraturas e planos de ruptura fragmentados. Além disso, a porção de água nos capilares comprime o ar presente nos espaços porosos até que a pressão do ar exceda a coesão das partículas (BAVER et alii, 1972).

Os efeitos de variáveis dependentes de clima, tais como conteúdo de umidade do agregado, intensidade de umedecimento e temperatura, sobre o "water - slaking" são governados pela resistência das ligações intra - agregados, em oposição aos estresses internos provocados pelo processo duplo de entrada de ar no agregado e expansão dos seus constituintes. Conseqüentemente, a estabilidade dos agregados depende não só da resistência das ligações interpartículas, mas também de alguma variável que influi na

intensidade dos estresses internos provocados pelo aprisionamento do ar e expansão do agregado (HARRIS et alii, 1966).

RUSSELL (1938) verificou que a secagem tem um efeito duplo sobre a agregação do solo. A desidratação dos agentes agregantes tende a aumentar a estabilidade dos agregados, enquanto forças destruidoras aumentam à medida que a secagem acentua-se. O autor observou que, em agregados menores que 0,25 mm, o efeito final da secagem é, provavelmente, a estabilização, pois a ação desintegradora é menor. Para agregados maiores que 0,25 mm qualquer um dos efeitos pode predominar, dependendo da natureza dos agregados e da taxa de umedecimento, embora a secagem usualmente cause a redução da estabilidade em água.

Os mecanismos envolvidos no aumento da estabilidade do agregado com a excessiva secagem não são conhecidos (HARRIS et alii, 1966). Desidratação irreversível ou ligeiramente reversível de substâncias coloidais orgânicas é, provavelmente, o principal fator. A redução da hidrofilia dos constituintes do agregado pode diminuir a taxa de entrada de água, como também fortalecer as ligações agregantes a sua ação.

A influência e a participação da matéria orgânica e seus constituintes sobre o comportamento da agregação do solo, quando submetida a ciclos de umedecimento e secagem, foram estudadas por SOULIDES e ALLINSON (1961). Os autores avaliaram a intensidade das modificações pela evolução de CO₂, disponibilidade de nutrientes e população bacteriana. A agregação e os teores de matéria orgânica foram

acentuadamente reduzidos à medida que o número de ciclos aumentava. Entretanto, em períodos longos, observou-se que a agregação parecia melhorar com a decomposição. A destruição bacteriana da matéria orgânica foi maior durante a fase de crescimento, reduzindo-se a baixas proporções na fase de declínio. Os resultados obtidos indicam que a decomposição mais intensa da matéria orgânica do solo, após umedecimento, é devida, principalmente, à retirada de nutrientes, especialmente fontes de energia, que podem ser oxidados rapidamente pela flora microbiana disponível no solo. Picos de CO_2 , observados após umedecimento, são, provavelmente, devidos à maior intensidade de crescimento da população bacteriana na fase juvenil.

A utilização de compostos químicos orgânicos, como fonte de agentes agregantes ou de energia para microrganismos do solo, objetivando a elevação da agregação do solo, foi investigada por WILLIS (1955) e CHANEY e SWIFF (1986). Segundo os autores, durante certo número de ciclos de umedecimento e secagem, ocorre o aumento da estabilidade dos agregados, porém há uma interdependência entre o número de ciclos, classe de solo e o tratamento químico utilizado. A eficiência estaria ligada à resistência à deterioração pela decomposição microbiológica, que pode ser reduzida pelos ciclos de umedecimento e secagem. Por outro lado, teores de matéria orgânica e atividade de microrganismos do solo correlacionam-se positivamente com a estabilidade dos agregados em água, mesmo quando influenciados pelos ciclos de umedecimento e secagem (SILLANPÄÄ e WEBBER, 1961;

RICHARDSON, 1976; UTOMO e DEXTER, 1981, UTOMO e DEXTER, 1982).

O estudo dos ciclos de umedecimento e secagem como agentes recuperadores da agregação de solos degradados pelas práticas agrícolas em uso foi realizado por RICHARDSON (1976), UTOMO e DEXTER (1981) e UTOMO e DEXTER (1982), HORN e DEXTER (1989).

RICHARDSON (1976), utilizando amostras de solos dispersos ultrassonicamente, verificou que partículas de forma angular grosseira dividiam-se em partículas mais finas e menos angulares. Fotografias obtidas por microscópio eletrônico de varredura mostram uma orientação paralela das partículas alinhadas em forma de pontos e com faces em íntimo contato, formando microagregados laminares de até 50 micrômetros. Não foi observado esse mesmo comportamento em amostras que não foram submetidas a ciclos de umedecimento e secagem, observando-se uma orientação aleatória das partículas e com poucos pontos de contato.

Comportamento semelhante ao observado por RICHARDSON (1976) foi constatado por HORN e DEXTER (1989), utilizando agregados homogeneizados e submetidos a ciclos de umedecimento e secagem. Os autores verificaram que a resistência à quebra aumentou progressivamente, ao passo que a densidade aparente dos agregados decresceu após atingir um valor máximo. Tal comportamento pode ser explicado pelos mecanismos do processo de agregação propostos pelos autores. O aumento da densidade do agregado e a resistência à fragmentação podem ser originários do aumento do número de

pontos de contato entre as partículas minerais ou de um ou mais estresses efetivos nesses mesmos pontos (Figura 1).

Durante a primeira contração do solo úmido (A), as partículas individuais estarão mais próximas, em virtude das forças formadas pelo menisco de água que elevam a resistência e a densidade dos agregados, formando poros intra e interagregados (B). Dessa forma, o aumento da densidade do solo é maior, quanto mais acentuada a secagem (C), e mais irreversível é a alteração dos poros durante a expansão (D) com novo reumedecimento.

Fluxo de massa, difusão de sais e migração de argila, causados pelo gradiente hidráulico, são fatores que também podem influenciar, aumentando a resistência e reduzindo a densidade aparente. Durante a expansão, sais e

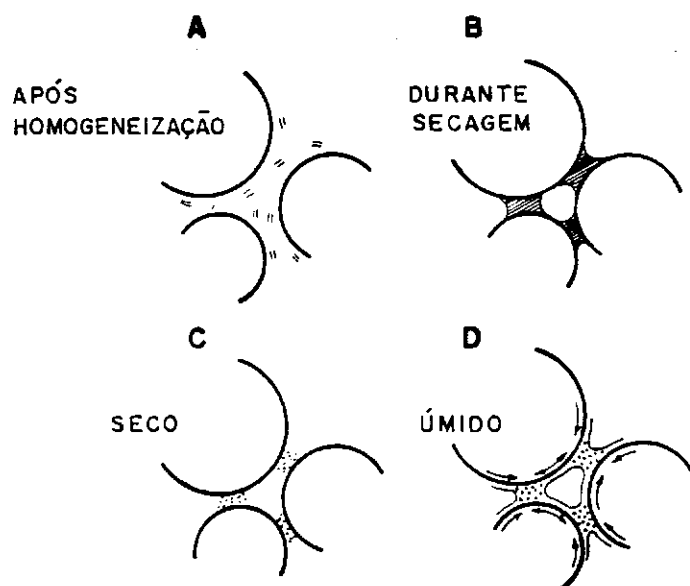


FIGURA 1 - Mecanismo Proposto para o Processo de Agregação (HORN e DEXTER, 1989).

colóides são transportados em filmes de água para os pontos de contato, aumentando o estresse efetivo. Esses efeitos são conhecidos como envelhecimento do solo (UTOMO e DEXTER, 1981; KEMPER e ROSENAU, 1984).

Comportamento contrário foi observado por UTOMO e DEXTER (1981), quando avaliaram o efeito do preparo do solo, um tipo de homogeneização semelhante ao utilizado por HORN e DEXTER (1989). Verificou-se, neste trabalho, que o preparo do solo provoca o aumento da amplitude de flutuação do conteúdo de água no solo, resultando no decréscimo da resistência do agregado e na modificação da distribuição do tamanho dos agregados produzidos pelo preparo do solo. A redução na resistência dos agregados, mensurada pelo teste da destruição por queda, foi seguida pelo aumento na porcentagem da fração de agregados de pequeno tamanho com a segunda passagem do implemento.

O decréscimo na resistência dos agregados pode ser explicado em termos de formação de microrrachaduras. Sabe-se que o umedecimento e a secagem provocam a expansão e a contração e, desde que não sejam homogêneos na massa do agregado, poderá haver a formação de rachaduras, reduzindo a resistência dos agregados. Acredita-se que não só a expansão e a contração das argilas sejam responsáveis pelo início e propagação das rachaduras, mas também a umidade residual dos agregados.

WILTON (1963), LARSEN e ALLMARAS (1971) e BRAUNACK *et alii* (1979) chegaram a desenvolver uma teoria estatística de rachaduras para a tensão de resistência do solo. Verificaram uma tendência de aumento da resistência do

agregado no primeiro dia. Segundo esses autores, uma menor perda de umidade não seria suficiente para iniciar rachaduras, mas causar o movimento conjunto de partículas do solo. Desde que forças atrativas responsáveis pelas forças de coesão aumentem com a redução da distância, este processo pode resultar em aumento da resistência do agregado. Em estudo posterior, MCKENZIE e DEXTER (1985) concluíram que a formação de microrrachaduras, proposta por UTOMO e DEXTER (1981), era devida principalmente ao umedecimento.

Condições de umedecimento e secagem são importantes fatores que influenciam a formação de crostas, um fenômeno comum observado na secagem após a irrigação ou chuvas. SALIH e MAULOOD (1988), objetivando avaliar tais aspectos, estudaram o módulo de ruptura, porcentagem de contração e estabilidade de agregados em amostras de dois solos calcários, com tendências diferentes de formação de crostas. Os autores verificaram que, em solo franco argilo-siltoso, o módulo de ruptura reduziu-se com o aumento do número de ciclos de umedecimento e secagem, enquanto, no outro, elevou-se durante quatro ciclos e reduziu-se nos subseqüentes. Segundo os autores, a redução do módulo de ruptura nos diferentes tratamentos de umedecimento e secagem não foi associada com o aumento na estabilidade dos agregados do solo. Esses resultados confirmam os trabalhos já realizados (ROST e ROWLES, 1941; WILLIS, 1955; AL RAWI e TAWFIC, 1978; CHANEY e SWIFT, 1986), em que o umedecimento e secagem não provocaram o aumento da quantidade de agregados estáveis em água.

Segundo CHANEY e SWIFT (1986), a estabilidade de agregados formados pelos ciclos de umedecimento e secagem é altamente dependente das propriedades particulares de cada solo. Os tratamentos de umedecimento e secagem tiveram um efeito claro sobre a contração dos corpos de prova do solo, correlacionando-se fortemente com o módulo de ruptura, ou seja, a contração dos corpos de prova do solo reduziu com o aumento do número de ciclos de umedecimento e secagem.

Três mecanismos foram sugeridos pelos autores para explicar a redução do módulo de ruptura devida a ciclos de umedecimento e secagem: (1) A redução do módulo de ruptura não pode ser atribuída a um melhoramento na agregação do solo, pois os resultados obtidos revelaram a não-ocorrência de efeito sobre a estabilidade de agregados. MAULOOD et alii (1986) sustentaram a existência de uma correlação negativa entre a resistência do solo e a proporção de agregados estáveis em água. (2) O umedecimento e a secagem diferencial, expandindo e contraindo o solo, podem provocar o aparecimento de aberturas ou, então, criar planos de ruptura que originam menor módulo de ruptura (LEMOS e LUTZ, 1957; HILLEL, 1960). (3) Umedecimento e secagem podem influir na dissolução e deposição de compostos do solo que atuam como agentes cimentantes (sílica, CaCO_3 , CaSO_4 e outros carbonatos e óxidos), introduzindo mudanças na estrutura que provocam a redução da resistência do solo. Sílica é considerada um importante agente cimentante em regiões áridas e semi-áridas, onde o encrostamento da superfície é comum (KEMPER et alii, 1974). Repetidos ciclos de umedecimento e secagem aumentam a cimentação das

partículas de sílica. Entretanto, a acumulação de agentes cimentantes depende do grau em que o solo é expandido e contraído e são destruídas tais ligações (UEHARA e JONES, 1974).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Materiais de Solos Utilizados

No presente estudo, utilizaram-se materiais dos horizontes A e B de latossolos provenientes dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo (Figura 2). A seleção desses materiais baseou-se nos resultados obtidos por FERREIRA (1988). Preliminarmente, selecionaram-se sete classes de solo, a partir de consultas aos boletins de levantamento de solos do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - EMBRAPA. Para tanto, adotaram-se, como critérios definidores dos diferentes grupos de materiais, os dados relativos às suas composições granulométricas, teores de óxidos obtidos através do ataque sulfúrico e feições morfológicas associadas à estrutura do solo.

Assim, de acordo com os critérios iniciais e os resultados obtidos por FERREIRA (1988), selecionaram-se quatro solos, considerando, principalmente, os maiores teores de caulinita e gibbsita da fração argila.

Os dados obtidos pelo autor indicam que os Latossolos Amarelo (LA) e Una (LU) apresentam teores de caulinita superiores a 80%, enquanto o Vermelho-Escuro (LE) e o Vermelho-Amarelo (LV) possuem, também, teores semelhantes aos da faixa anterior, embora predomine na fração argila a gibbsita.

A composição textural dos diferentes latossolos utilizados é apresentada no Quadro 1.

3.2. Montagem e Condução dos Ensaios

Foram conduzidos, em casa-de-vegetação, ensaios montados em colunas de PVC, utilizando agregados dos materiais de solo de diâmetro no intervalo de 2,00-0,25 mm. A separação inicial foi realizada, manualmente, para cada

QUADRO 1 - Análise Textural dos Latossolos Estudados

Solos	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classificação Textural
LA	65	11	1	23	Franco-Argilo- Arenoso
LE	3	6	15	76	Muito Argiloso
LU	31	11	6	52	Argiloso
LV	25	11	8	56	Argiloso

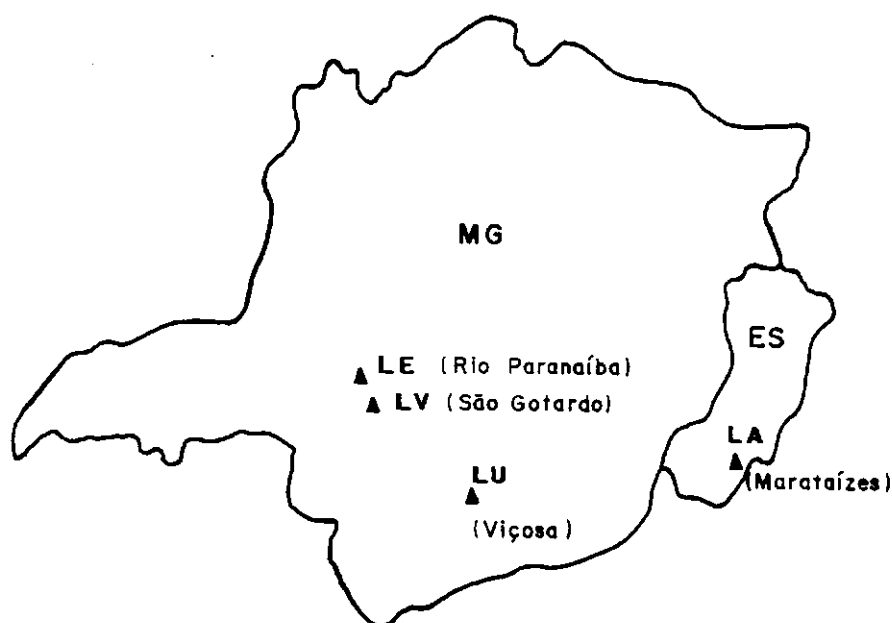


FIGURA 2 - Localização das Áreas Amostradas nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

horizonte, após secagem ao ar e com auxílio de uma peneira de 4,72 mm de abertura. Procurou-se evitar a fragmentação de agregados no sentido de mantê-los em condições semelhantes à de ocorrência natural.

Posteriormente, quantidades iguais (400 g) de cada amostra foram agitadas, durante quatro minutos, em jogo de peneiras, com aberturas de 2,00 mm e 0,25 mm, adaptado em aparelho com movimento vibratório. Ensaio preliminar foi realizado para a determinação do tempo, em que se mantiveram constantes as quantidades de material de solo e a regulagem do aparelho.

As colunas, com altura e diâmetro médios de 15 cm e 7,5 cm, respectivamente, foram preenchidas com 400 g de agregados dos horizontes A e B, na proporção de 1:1. Nova agitação foi procedida no aparelho usado inicialmente, desta vez por um período de dois minutos e a uma regulagem sete vezes menor que a adotada para a separação inicial. Objetivou-se com este procedimento simular o rearranjo natural em condições de campo.

Os ciclos de umedecimento e secagem, para as condições deste estudo, foram definidos a partir da disponibilidade total de água para as plantas, ou seja, a água disponível entre a capacidade de campo e o ponto de murcha, adotando-se um fator de disponibilidade de 0,70. Assim sendo, os ciclos foram caracterizados pelo umedecimento à capacidade de campo, a secagem ao ar de 70% da quantidade total de água disponível e o reumedecimento ao ponto inicial, limitando-se a coluna de solo a um mínimo de 30% de umidade residual. A adição de água foi feita junto à superfície da coluna e sobre um papel de filtro moldado no diâmetro da coluna de PVC, para não só possibilitar maior uniformidade durante o umedecimento, como também reduzir a movimentação de agregados com o impacto da água. Na execução dos ciclos de umedecimento e secagem previstos, utilizou-se água destilada de um único destilador, situado no interior da casa-de-vegetação, onde foram conduzidos os ensaios.

O ponto de murcha e a capacidade de campo dos materiais de solo utilizados foram estabelecidos de acordo com o método recomendado por BERNARDO (1982), no qual tais

parâmetros equivalem-se às tensões de $-0,033$ e $-1,5$ MPa, respectivamente. Para tanto, foram determinados os graus de umidade e respectivos matriciais dos diferentes materiais de solo (Quadro 2), com o uso de extrator de placa porosa, de acordo com RICHARDS e FIREMAN (1943). Avaliou-se a retenção de água nos seguintes potenciais: $-0,01$; $-0,033$; $-0,1$; $-0,5$; $-1,0$ e $-1,5$ MPa.

Submeteram-se as colunas de solo, montadas com o material das classes selecionadas, a zero, três, seis, nove, doze, quinze e dezoito ciclos de umedecimento e secagem. Dois conjuntos de ensaios foram conduzidos, dadas as condições necessárias para a avaliação das propriedades físicas e químicas propostas. Em ambos os casos, adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, tendo

QUADRO 2 - Graus de Umidade e Respektivas Matriciais dos Latossolos Estudados

Solos	Potencial Matricial (MPa)					
	$-0,01$	$-0,033$	$-0,1$	$-0,5$	$-1,0$	$-1,5$
	----- % em peso -----					
LA	9,94	8,80	7,81	7,30	6,85	6,30
LE	35,78	34,32	31,05	29,39	27,49	26,78
LU	29,04	27,90	24,25	22,90	21,80	20,52
LV	21,22	19,43	18,73	17,40	17,00	15,45

sido, no primeiro conjunto de ensaios, os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas, no qual as quatro classes de solo foram representadas pelas parcelas e as subparcelas pelos três anéis (superior, médio e inferior) em que foram divididas as colunas de solo. O esquema anterior não se repetiu no segundo conjunto, pois a avaliação dos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre a distribuição de poros por diâmetro, de acordo com o método proposto por BOUMA (1973), deveria ser realizada em colunas de solo indeformadas, situação que requereu a condução de ensaios paralelos. Nos dois casos, utilizaram-se cinco repetições.

Na análise dos materiais de solo, foram mantidas as suas propriedades químicas naturais, não tendo sido submetidos a qualquer tratamento químico (Quadro 3). O acompanhamento das variações de umidade relativa e temperatura do ar durante o período de condução dos ensaios foi realizado por um aparelho do tipo termoigrógrafo, instalado em um abrigo meteorológico, situado no interior da casa-de-vegetação.

Completado o número de ciclos de umedecimento e secagem estabelecidos para cada ensaio, as colunas foram reumedecidas, separadas em três anéis (S - superior, M - médio, I - inferior) e secas ao ar. Após a secagem, o material de cada anel foi armazenado em sacos plásticos e, a seguir, analisado.

QUADRO 3 - Propriedades Químicas dos Horizontes A e B dos Latossolos Estudados

Classes de Solo	Horizontes	Carb	pH		Complexo Sortivo						SB	CTC		V	K
			H ₂ O	KCl(1N) (1:2,5)	P	K ⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ +Al ³⁺		EFET.	TOT.		
		%			-- ppm --		-- seq/100 cm ³ --						-- % --		
LA	A	0,66	5,9	4,5	1,0	85	0,0	0,9	1,7	1,7	1,50	1,50	3,20	46,6	0,0
LA	B	0,55	5,0	3,9	0,0	9	0,7	0,7	0,3	1,6	1,00	1,30	2,60	31,0	23,4
LE	A	3,20	5,4	4,2	0,0	91	0,5	0,3	0,2	5,4	0,68	1,20	6,11	11,8	43,2
LE	B	1,65	5,4	5,0	0,0	18	0,0	0,1	0,0	2,4	0,14	0,14	2,60	5,3	0,0
LU	A	3,04	4,9	3,8	4,8	103	0,9	0,7	0,4	8,0	1,36	2,30	9,40	14,5	40,9
LU	B	1,24	4,8	4,2	0,2	11	0,6	0,2	0,0	3,4	0,30	0,87	3,74	7,7	66,8
LV	A	2,10	5,6	4,4	0,3	47	0,2	0,3	0,1	4,6	0,53	0,73	5,18	10,2	27,7
LV	B	1,18	5,5	4,7	0,0	11	0,0	0,0	0,0	3,5	0,06	0,06	3,54	1,7	0,0

3.3. Propriedades Químicas

3.3.1. Complexo Sortivo, pH em Água e em KCl

Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos pelo KCl 1N. A extração de fósforo e potássio disponíveis foi feita pelo extrator de Mehlich - 1 e a acidez potencial (H+Al) pelo acetato de cálcio, pH 7,0. O cálculo dos valores de soma de bases (SB), saturação de bases (V), saturação de alumínio (M) e capacidade de troca catiônica total e efetiva (CTC total e efetiva) foi, também, estimado a partir desses resultados. O pH foi determinado pela relação 1:2,5 de solo:água e solo:KCl 1N.

Os métodos para a avaliação acima foram adotados segundo ALVAREZ V. (1985).

3.3.2. Carbono Orgânico

Determinado pelo processo de Walkley-Black, conforme DEFELIPO e RIBEIRO (1981)

3.3.3. Estimativa do Ponto de Carga Zero (PCZ)

A estimativa do PCZ foi realizada segundo Keng, citado por UEHARA (1979), de acordo com a expressão:

$$pH_0 = 2pH_{KCl} - pH_{H_2O}$$

em que:

pH_0 = Ponto de carga zero

pH_{KCl} = pH determinado em KCl 1N

pH_{H_2O} = pH determinado em água.

3.4. Propriedades Físicas

Algumas propriedades físicas dos materiais foram avaliadas por meio de determinações efetuadas nas colunas de solo, submetidas a ciclos de umedecimento e secagem, indeformadas, e nas que foram subdivididas em anéis.

3.4.1. Análise Textural

Na análise textural, a dispersão foi efetuada quimicamente (NaOH 0,5N) e mecanicamente (agitação rápida), ao passo que, na determinação da argila dispersa em água, fez-se uso apenas da dispersão mecânica e da água destilada. Empregou-se o método de pipeta (DAY, 1965) para as determinações de silte e argila e a tamisagem para areia.

3.4.2. Densidade de Partículas (D_p)

Determinada pelo método do balão volumétrico, utilizando querosene comercial em substituição ao álcool etílico, segundo (EMBRAPA, 1979).

3.4.3. Densidade Aparente (D_a)

A densidade aparente das colunas de solo foi determinada pela divisão do peso do solo seco pelo

respectivo volume. A adaptação de dois paquímetros e o nivelamento das bordas das paredes da coluna de PVC facilitaram a determinação do volume da coluna de material do solo (Figura 3).

3.4.4. Volume Total de Poros (VTP)

A expressão seguinte foi utilizada para calcular o volume total de poros (VTP):

$$\text{VTP \%} = \left(1 - \frac{D_a}{D_p} \right) \times 100$$

3.4.5. Distribuição de Poros em Classes de Diâmetro

Os diâmetros de poros foram determinados nas colunas de solo intactas, utilizando modelo capilar e colunas de água de 20, 40, 60 e 100 cm. Empregou-se o método do funil (BOUMA, 1973). A equação utilizada foi:

$$D = 2 \times \frac{2 \rho}{d h g}$$

em que:

D - Diâmetro de poros em mm

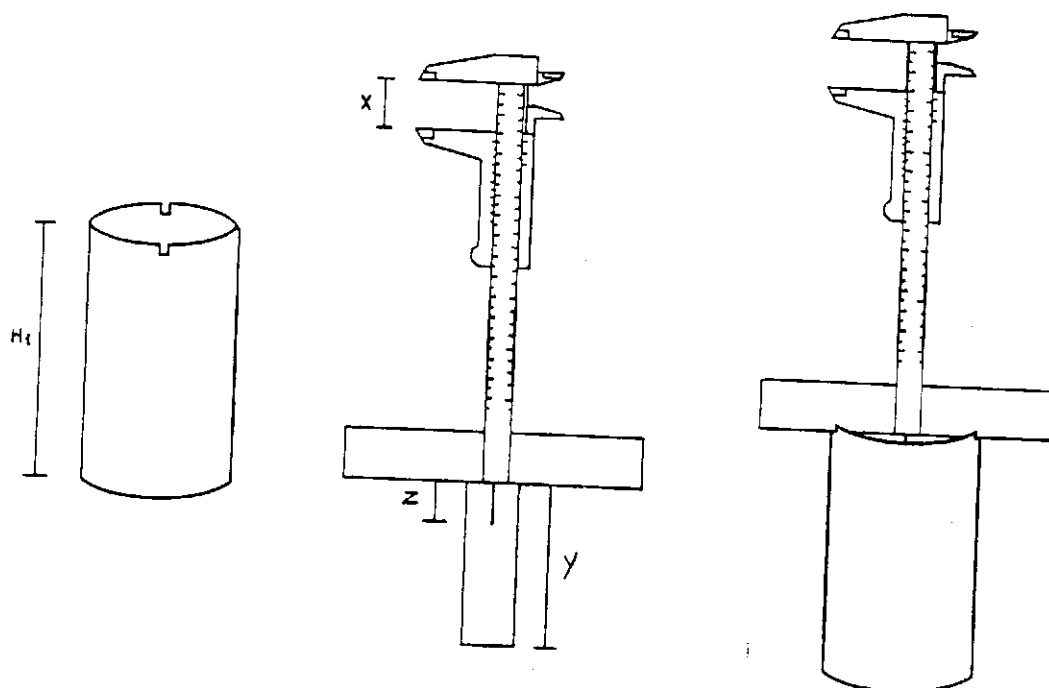
ρ - Tensão superficial de água em dyna.cm⁻¹/

d - Densidade de água em g.cm⁻³

h - Altura da água em cm

g - Aceleração devida à gravidade em dyna.g⁻¹.

A - Altura da Coluna de PVC (H_1)
 $H_1 = X (Y - Z)$



B - Altura da Coluna de Solo Inicial e Final (H_2)
 $H_2 = H_1 - X \quad (X = X')$

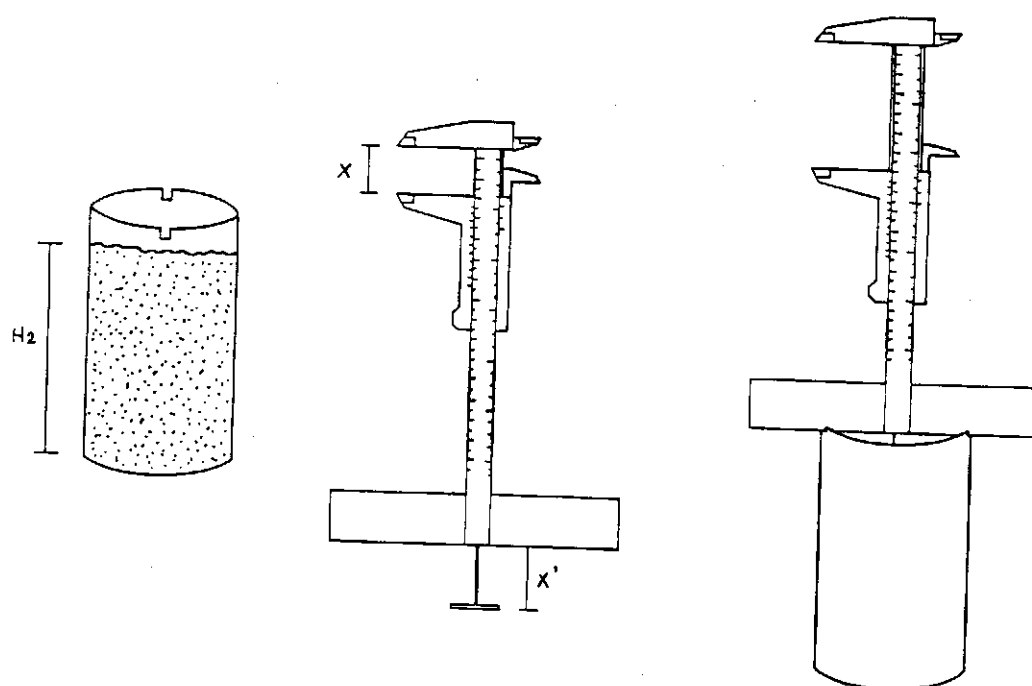


FIGURA 3 - Esquema de Determinação da Altura da Coluna de PVC e Solo (Inicial e Final).

3.4.6. Estabilidade de Agregados

Determinou-se a estabilidade de agregados de acordo com proposições de YODER (1936) e JUCKSCH (1987). Tal procedimento teve como objetivo principal comparar um método tradicionalmente utilizado com um mais recente. Para tanto, foram necessárias pequenas adaptações no método de YODER (1936), principalmente no que se refere ao diâmetro dos agregados e peneiras utilizados. A avaliação da estabilidade de agregados originários dos tratamentos realizados foi totalmente procedida pelo método de JUCKSCH (1987), ao passo que o de YODER (1936) somente foi utilizado em agregados que não foram submetidos a ciclos de umedecimento e secagem, mas que passaram por todo o processo de montagem da coluna de solo.

3.4.6.1. Estabilidade de Agregados segundo YODER (1936)

Agregados com diâmetro inferior a 2,00 mm foram submetidos ao pré-umedecimento lento por meio de atomização com água destilada. Duas horas após permanecerem em dessecador com atmosfera saturada, os agregados foram agitados, durante 15 (quinze) minutos, em jogo de peneiras com malhas de 1,00; 0,50; 0,210; 0,105 e 0,053 mm, adaptado em dispositivo mecânico com movimento oscilatório vertical, dentro de um recipiente com água.

3.4.6.2. Estabilidade de Agregados e Argila Dispersa em Água segundo JUCKSCH (1987)

A determinação da estabilidade dos agregados, de acordo com proposição de JUCKSCH (1987), permitiu também a avaliação conjunta da argila dispersa em água. Utilizaram-se 30 g de agregados e 100 ml de água deionizada em frasco de 200 ml, fechado com rolha de borracha e agitado, horizontalmente, em agitador de 200 oscilações por minuto, durante três horas. Completado o tempo de agitação, o material foi transferido para a proveta de 500 ml, passando em peneira de 0,210 mm de malha. Após a lavagem do material retido na peneira (0,210 mm), completou-se o volume de 500 ml com água deionizada. Com o auxílio de um agitador manual, a suspensão de cada proveta foi agitada por um minuto, permanecendo, posteriormente, quatro horas em repouso. Completado o tempo de repouso, foi retirada uma alíquota de 10 ml, a uma profundidade de 5 cm, para determinar a argila dispersa em água.

Procedeu-se, logo em seguida, à determinação dos agregados estáveis em diferentes classes de diâmetro. Para tanto, o material retido na peneira de 0,210 mm e o contido na proveta, após a retirada da alíquota, foram derramados em um conjunto de peneiras com aberturas 1,00 mm, 0,50 mm, 0,210 mm, 0,105 mm e 0,053 mm, que selecionaram agregados de classes de diâmetro entre 2,00-1,00 mm, 1,00-0,50 mm, 0,50-0,210 mm, 0,210-0,105 mm e 0,105-0,053 mm, estáveis em água. Após a separação, os agregados foram

levados à estufa, por 24 horas, a 105°C de temperatura, pesados e corrigidos no seu teor de umidade.

Com o objetivo de não considerar partículas primárias isoladas como agregados, assumiu-se que as porcentagens de areia, quantificadas pela análise textural de acordo com método proposto por CARVALHO (1991), fossem descontadas dos valores percentuais das respectivas classes.

Os resultados foram expressos em porcentagem de peso seco nas classes de agregados avaliadas.

3.5. Análises Estatísticas

Efetuuou-se, inicialmente, uma análise individual para cada ensaio, uma vez que cada nível do fator ciclo de umedecimento e secagem constituiu um ensaio. Procedeu-se, em seguida, à análise conjunta das variáveis e para as que apresentaram a interação entre ciclos de umedecimento e secagem, classes de solo e anéis significativa, optou-se por discutir os resultados com base nas análises individuais anteriormente realizadas.

A comparação de médias das classes de solo e anéis foi feita por meio do teste de Student-Newman-Keuls (SNK), a 5% de probabilidade.

A avaliação dos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem foi feita pela análise de regressão, mediante o emprego de técnica dos polinômios ortogonais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Influência dos Ciclos de Umedecimento e Secagem sobre a Estabilidade em Água dos Agregados em Diferentes Classes de Diâmetro dos Latossolos Estudados

As porcentagens médias de agregados dos latossolos estudados, estáveis nas cinco classes de diâmetro avaliadas em cada nível de ciclo de umedecimento e secagem aplicado, encontram-se no Quadro 4.

Inicialmente, pelas variações observadas sob efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem (Figura 4), verificou-se que agregados das classes de diâmetro entre 2,00-1,00 mm, 1,00-0,50 mm e 0,50-0,21 mm apresentaram comportamentos que permitiram a subdivisão dos latossolos estudados em dois grupos distintos. O primeiro, formado pelo LA e LU, apresenta porcentagens de agregados estáveis acentuadamente inferiores às do segundo, constituído pelo LE e LV. De acordo com os resultados obtidos por FERREIRA (1988), pode-se atribuir à gibbsita a responsabilidade pela maior pro-

QUADRO 4 - Médias das Porcentagens de Agregados Estáveis em Água dos Latossolos Estudados de Diâmetro entre 2,00-1,00 mm, 1,00-0,50 mm, 0,50-0,210 mm, 0,210-0,105 mm e 0,105-0,053 mm nos Três Anéis e Ciclos de Umedecimento e Secagem

Classes de Diâmetro (mm)	Ciclos de Umedecimento e Secagem	Classes de Solo																
		LA			X	LE			X	LU			X	LV			X	X
		Anel				Anel				Anel				Anel				
		Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior		
2,00-1,00	0	3,00	2,07	2,14	2,40	7,79	4,06	4,11	5,32	3,45	3,04	2,32	2,94	8,25	5,40	5,62	6,42	4,27
	3	2,32	1,94	2,30	2,19	5,53	3,99	4,16	4,56	1,85	1,61	1,75	1,74	5,34	5,83	5,21	5,46	3,49
	6	3,33	2,31	2,70	2,78	6,87	4,31	3,88	5,02	2,09	1,90	1,65	1,88	6,54	5,49	4,43	5,49	3,79
	9	3,15	2,31	2,28	2,58	5,42	4,87	3,62	4,64	1,46	1,71	1,52	1,56	5,94	5,06	5,01	5,34	3,53
	12	2,92	1,95	1,87	2,25	7,96	5,11	4,76	5,94	2,86	2,19	2,02	2,35	9,09	6,27	5,67	7,01	4,39
	15	3,18	2,35	2,43	2,65	9,30	5,68	4,81	6,60	2,48	2,23	2,02	2,24	7,51	4,19	5,78	5,83	4,33
	18	3,20	1,96	1,87	2,34	7,86	3,86	4,12	5,28	2,41	2,50	2,32	2,41	7,00	4,23	4,36	5,22	3,81
X	3,01	2,13	2,23	2,46	7,25	4,55	4,21	5,34	2,37	2,17	1,94	2,16	7,11	5,21	5,15	5,83	3,95	
1,00-0,50	0	7,57	7,11	7,46	7,38	17,81	12,00	10,58	13,49	6,42	7,03	7,05	6,83	20,58	15,38	14,91	16,96	11,17
	3	7,81	7,68	7,68	7,73	16,01	13,77	12,13	13,97	6,56	6,40	6,12	6,36	14,91	15,99	13,75	14,88	10,73
	6	7,57	7,67	7,54	7,60	17,97	16,61	10,80	15,12	6,11	7,22	6,61	6,65	16,45	14,30	11,74	14,17	10,88
	9	7,90	8,01	7,90	7,94	17,84	15,77	13,01	15,54	6,29	6,24	6,99	6,51	17,61	14,00	11,53	14,38	11,09
	12	7,62	7,62	7,47	7,57	19,82	15,56	13,93	16,43	7,00	7,39	6,92	7,09	18,89	15,53	13,13	15,85	11,74
	15	7,29	7,47	7,28	7,35	18,93	14,52	11,86	15,10	6,45	6,80	6,33	6,53	17,02	11,57	13,03	13,87	10,71
	18	7,56	8,00	7,07	7,54	17,37	13,07	12,11	14,18	6,97	7,00	6,53	6,83	16,13	12,48	12,12	13,58	10,53
X	7,62	7,65	7,49	7,59	17,96	14,40	12,06	14,83	6,54	6,87	6,65	6,69	17,37	14,18	12,89	14,81	10,98	

Continua...

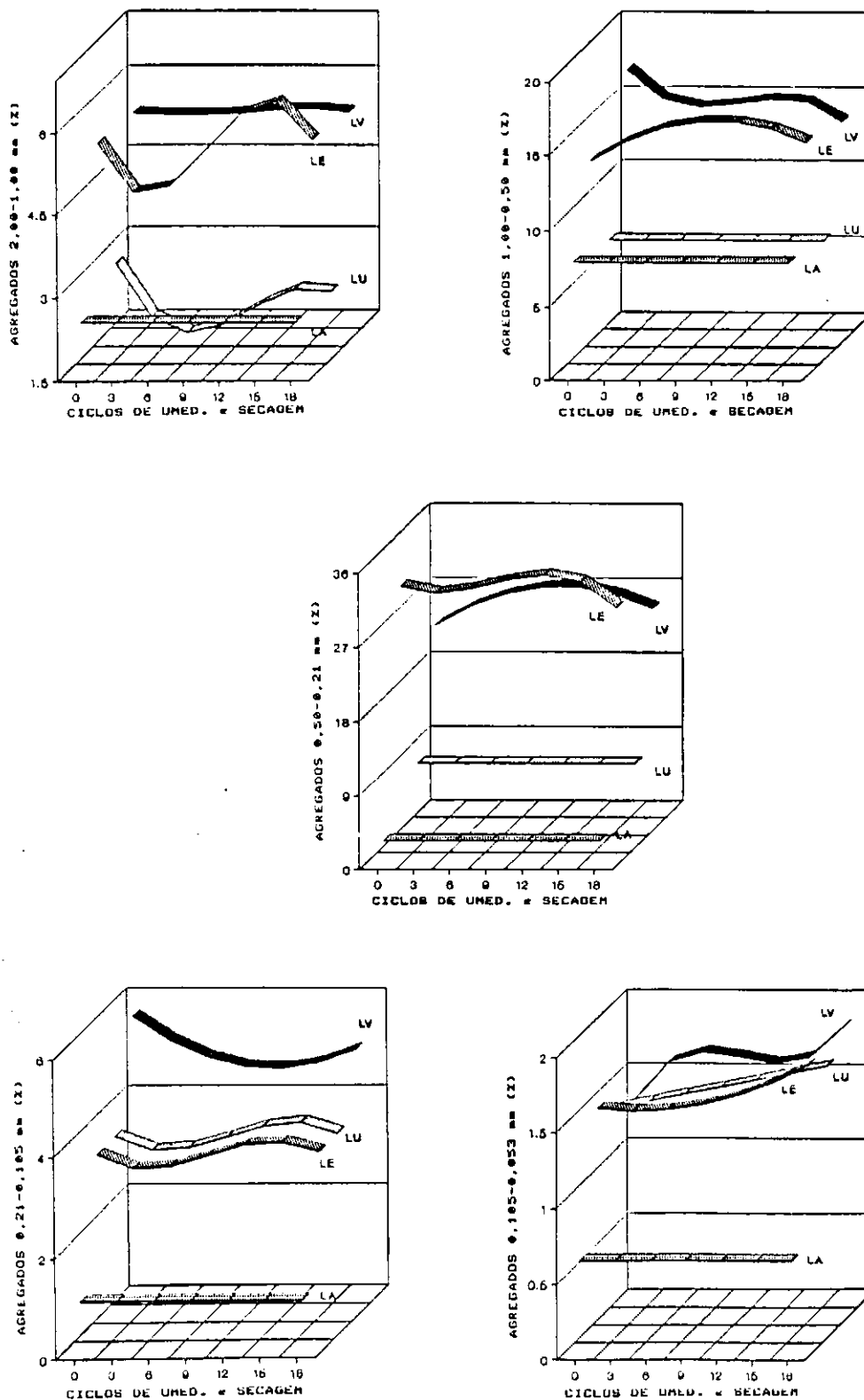


FIGURA 4 - Porcentagem de Agregados Estáveis em Água dos Latossolos Estudados de Diâmetro entre 2,00-1,00 mm, 1,00-0,50 mm, 1,00-0,50 mm, 0,50-0,210 mm, 0,210-0,105 mm e 0,105-0,053 mm em Função do Número de Ciclos de Umedecimento e Secagem.

QUADRO 5 - Equações de Regressão Ajustadas para a Porcentagem de Agregados Estáveis em Água dos Latossolos Estudados de Cinco Classes de Diâmetro em Função do Número de Ciclos de Umedecimento e Secagem

Classes de Diâmetro (mm)	Equações Ajustadas	R ²
2,00-1,00	$\hat{Y}_{LA} = \bar{Y}_{LA} = 2,46$	-
	$\hat{Y}_{LE} = 5,4061 - 0,534669C + 0,0853286C^2 - 0,00308196C^3$	0,755
	$\hat{Y}_{LU} = 2,8860 - 0,465345C + 0,0521790C^2 - 0,00155113C^3$	0,831
	$\hat{Y}_{LV} = 6,4478 - 0,574821C + 0,0851769C^2 - 0,00318418C^3$	0,632
1,00-0,50	$\hat{Y}_{LA} = \bar{Y}_{LA} = 7,59$	-
	$\hat{Y}_{LE} = 13,1300 + 0,506786C - 0,0244156C^2$	0,840
	$\hat{Y}_{LU} = \bar{Y}_{LU} = 6,69$	-
	$\hat{Y}_{LV} = 16,9125 - 0,995851C + 0,119232C^2 - 0,00416636C^3$	0,802
0,50-0,210	$\hat{Y}_{LA} = \bar{Y}_{LA} = 2,87$	-
	$\hat{Y}_{LE} = 31,6827 - 0,593728C + 0,126876C^2 - 0,0056487C^3$	0,286
	$\hat{Y}_{LU} = \bar{Y}_{LU} = 8,15$	-
	$\hat{Y}_{LV} = 22,7414 + 0,920191C - 0,0449101C^2$	0,502
0,210-0,105	$\hat{Y}_{LA} = \bar{Y}_{LA} = 1,04$	-
	$\hat{Y}_{LE} = 7,40637 - 0,0396239C$	0,529
	$\hat{Y}_{LU} = 3,57133 - 0,163592C + 0,0265716C^2 - 0,000961891C^3$	0,740
	$\hat{Y}_{LV} = 5,68738 - 0,191151C + 0,0084783C^2$	0,943
0,105-0,053	$\hat{Y}_{LA} = \bar{Y}_{LA} = 0,62$	-
	$\hat{Y}_{LE} = 1,50939 - 0,0102088C + 0,00150799C^2$	0,797
	$\hat{Y}_{LU} = 1,39388 + 0,0163549C$	0,685
	$\hat{Y}_{LV} = 1,32707 + 0,130396C - 0,0158356C^2 + 0,000565291C^3$	0,979

porção de agregados estáveis do LE e LU, bem como à caulinita a menor estabilidade observada para a LA e LU. As mesmas observações não podem ser feitas, porém, quando se consideram os agregados das classes de diâmetro entre 0,210-0,105 mm e 0,105-0,053 mm. Todavia, é evidente que os latossolos gibbsíticos são mais resistentes à ação dos ciclos de umedecimento e secagem que os cauliniticos, uma vez que se encontravam numa condição inicial semelhante em termos de estabilidade estrutural.

Comparações de médias de porcentagens de agregados estáveis dos latossolos estudados em cada nível de ciclo de umedecimento e secagem avaliado confirmam as observações anteriormente realizadas (Quadros 6, 7, 8, 9 e 10) para cada classe de diâmetro.

É provável que as variações ocorridas nas porcentagens de agregados estáveis das classes de diâmetro avaliadas do LA e as das classes de diâmetro entre 1,00-0,50 mm e 0,50-0,210 mm do LU, além das propriedades mineralógicas semelhantes, estejam relacionadas com os elevados teores de areia de suas composições texturais. Pequenas quantidades de argila e material orgânico presentes entre grânulos de areia não foram capazes de promover uma agregação mais eficiente desses solos. Entretanto, mesmo nestas condições, partículas primárias estavam unidas e, de alguma forma, sofreram influências dos ciclos de umedecimento e secagem. Todavia, o método utilizado na avaliação da estabilidade de agregados em água (JUCKSCH, 1987) não foi sensível o suficiente para diferenciar as variações ocorridas. Comparando os

QUADRO 6 - Porcentagens Médias de Agregados Estáveis em Água dos Latossolos Estudados de Diâmetro entre 2,00-1,00 mm nos Ciclos de Umedecimento e Secagem Avaliados

Ciclos	Solos			
	LA	LE	LU	LV
0	2,40 C	5,32 B	2,94 C	6,42 A
3	2,19 C	4,56 B	1,74 C	5,46 A
6	2,78 B	5,02 A	1,88 C	5,49 A
9	2,58 B	4,63 A	1,56 C	5,34 A
12	2,25 C	5,94 B	2,35 C	7,01 A
15	2,65 C	6,60 A	2,24 C	5,83 B
18	2,34 B	5,28 A	2,41 B	5,22 A

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, nas linhas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

QUADRO 7 - Porcentagens Médias de Agregados Estáveis em Água dos Latossolos Estudados de Diâmetro entre 1,00-0,50 mm nos Ciclos de Umedecimento e Secagem Avaliados

Ciclos	Solos			
	LA	LE	LU	LV
0	7,38 C	13,49 B	6,83 C	16,96 A
3	7,73 B	13,97 A	6,36 B	14,89 A
6	7,60 B	15,13 A	6,65 B	14,17 A
9	7,94 B	15,54 A	6,51 B	14,38 A
12	7,57 B	16,43 A	7,09 B	15,85 A
15	7,35 B	15,10 A	6,53 B	13,85 A
18	7,54 B	14,18 A	6,83 B	13,58 A

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, nas linhas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

QUADRO 8 - Porcentagens Médias de Agregados Estáveis em Água dos Latossolos Estudados de Diâmetro entre 0,50-0,21 mm nos Ciclos de Umedecimento e Secagem Avaliados

Ciclos	Solos			
	LA	LE	LU	LV
0	2,98 D	30,89 A	8,05 C	21,71 B
3	2,92 D	33,34 A	8,17 C	27,59 B
6	2,77 D	29,75 A	7,97 C	25,15 B
9	2,75 D	30,68 A	8,19 C	27,80 B
12	1,87 D	36,19 A	8,30 C	25,59 B
15	2,84 C	30,84 A	8,14 B	28,37 A
18	2,95 D	29,34 A	8,22 C	24,18 B

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, nas linhas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

QUADRO 9 - Porcentagens Médias de Agregados Estáveis em Água dos Latossolos Estudados de Diâmetro entre 0,21-0,105 mm nos Ciclos de Umedecimento e Secagem Avaliados

Ciclos	Solos			
	LA	LE	LU	LV
0	1,02 D	7,47 A	3,51 C	5,71 B
3	1,04 D	7,22 A	3,47 C	5,08 B
6	1,06 D	7,38 A	3,29 C	4,92 B
9	1,03 D	6,87 A	3,37 C	4,78 B
12	1,12 D	6,57 A	3,90 C	4,47 B
15	1,04 D	7,19 A	3,88 C	4,71 B
18	0,99 D	6,65 A	3,60 C	5,03 B

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, nas linhas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

QUADRO 10 - Porcentagens Médias de Agregados Estáveis em Água dos Latossolos Estudados de Diâmetro entre 0,105-0,053 mm nos Ciclos de Umedecimento e Secagem Avaliados

Ciclos	Solos			
	LA	LE	LU	LV
0	0,59 C	1,51 A	1,37 AB	1,32 B
3	0,61 B	1,54 A	1,54 A	1,62 A
6	0,60 C	1,39 A	1,37 B	1,63 A
9	0,63 B	1,62 A	1,51 A	1,65 A
12	0,70 B	1,59 A	1,69 A	1,58 A
15	0,63 B	1,71 A	1,66 A	1,64 A
18	0,61 C	1,81 A	1,65 B	1,84 A

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, nas linhas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

resultados obtidos (Quadro 11) pelos métodos propostos por YODER (1936) e JUCKSCH (1987), observa-se que a intensidade de destruição do primeiro foi superior à do segundo. CARVALHO (1991) propõe alternativas para correção dessas distorções.

Mesmo assim, apesar do comportamento do LA e LU, comparações de médias indicam, pelo teste SNK e de modo geral, que existem diferenças significativas ($P < 0,05$) do anel superior em relação ao médio e inferior, nas classes de solo estudadas (Quadros 12, 13, 14 e 15). Agregados da classe de diâmetro entre 0,105-0,053 mm também confirmam as tendências anteriores, embora não se possa distinguir efeitos diferenciados por classes de solo (Quadro 16).

QUADRO 11 - Médias das Porcentagens de Agregados Estáveis em Água dos Latossolos Estudados de Cinco Classes de Diâmetro Avaliadas por Dois Métodos

Solos	Classes de Diâmetro (em mm)									
	2,00 - 1,00		1,00 - 0,50		0,50 - 0,250		0,250 - 0,105		0,105 - 0,053	
	A*	B**	A*	B**	A*	B**	A*	B**	A*	B**
LA	3,36	2,40	10,05	7,38	2,95	2,98	0,41	1,03	0,15	0,59
LE	19,61	5,32	25,78	13,49	30,96	30,89	0,23	7,47	0,07	1,51
LU	11,40	2,94	15,72	6,83	10,55	8,05	0,85	3,51	0,25	1,37
LV	13,34	6,42	23,28	16,96	23,46	21,71	0,12	5,71	0,18	1,32

* - Método proposto por YODER (1936)

** - Método proposto por JACKSCH (1987)

QUADRO 12 - Porcentagens Médias de Agregados Estáveis em Água dos Quatro Latossolos Estudados de Diâmetro entre 2,00-1,00 mm nos Três Anéis

Solos	Anel		
	Superior	Médio	Inferior
LA	3,01 Ac	2,13 Bc	2,23 Bc
LE	7,25 Aa	4,55 Bb	4,21 Bb
LU	2,37 Ad	2,17 Ac	1,94 Ad
LV	7,11 Ab	5,21 Ba	5,16 Ba

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

QUADRO 13 - Porcentagens Médias de Agregados Estáveis em Água dos Quatro Latossolos Estudados de Diâmetro entre 1,00-0,50 mm nos Três Anéis

Solos	Anel		
	Superior	Médio	Inferior
LA	7,62 Ac	7,66 Ac	7,49 Ac
LE	17,96 Aa	14,48 Ba	12,06 Cb
LU	6,54 Ad	6,86 Ad	6,65 Ad
LV	17,37 Ab	14,18 Bb	12,89 Ca

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

QUADRO 14 - Porcentagens Médias de Agregados Estáveis em Água dos Quatro Latossolos Estudados de Diâmetro entre 0,50-0,210 mm nos Três Anéis

Solos	Anel		
	Superior	Médio	Inferior
LA	2,53 Ad	3,04 Ad	3,03 Ad
LE	24,95 Ba	34,43 Aa	35,35 Aa
LU	6,72 Bc	8,63 Ac	9,08 Ac
LV	22,10 Bb	28,19 Ab	27,01 Ab

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

QUADRO 15 - Porcentagens Médias de Agregados Estáveis em Água dos Quatro Latossolos Estudados de Diâmetro entre 0,210-0,105 mm nos Três Anéis

Solos	Anel		
	Superior	Médio	Inferior
LA	7,25 Aa	4,55 Bc	4,21 Bc
LE	6,02 Cb	7,25 Ba	7,88 Aa
LU	3,82 Ad	3,45 Bd	3,45 Bd
LV	4,90 Ac	5,13 Ab	4,85 Ab

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

QUADRO 16 - Porcentagens Médias de Agregados Estáveis em Água de Diâmetro entre 0,105-0,053 mm nos Três Anéis Estudados

Anéis	Médias
Superior	1,40 a
Médio	1,33 b
Inferior	1,29 b

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

A maior ou menor proporção relativa de agregados de determinadas classes de diâmetro pode ser creditada à fragmentação e movimentação vertical de agregados de menor diâmetro para os anéis situados abaixo.

A fragmentação de agregados está relacionada com o umedecimento e com a ação seletiva que destrói os menos resistentes. RUSSELL (1938), HARRIS *et alii* (1966) e BAVER *et alii* (1972) atribuíram essa fragmentação tanto ao colapso interno, provocado pelo aprisionamento e compressão do ar existente nos microporos presentes nos agregados, como à própria instabilidade inerente aos agregados e à expansão desigual, os quais originam fraturas ao longo dos planos de ruptura.

O avanço da frente de umedecimento deve provocar o carreamento dos agregados originários da fragmentação e/ou

existentes, que se rearranjam nas camadas situadas abaixo. Dessa forma, a proporção relativa dos agregados das classes de diâmetro maiores tende a aumentar no anel superior, em virtude de sua maior concentração numa mesma massa de solo, enquanto agregados de menor diâmetro tendem a reduzir, em virtude de sua movimentação para os anéis situados abaixo. Nem todas as classes de diâmetro, porém, comportam-se dessa forma, pois algumas não apresentam diferenças significativas entre anéis, o que, entretanto, não invalida a hipótese anterior.

Os latossolos gibbsíticos, LE e LV, apresentaram comportamento bastante distintos entre os agregados das classes de diâmetro avaliadas. De modo geral, o efeito linear, negativo ou positivo, está relacionado com a redução da porcentagem de agregados das classes de diâmetro maiores devida à fragmentação destes pelo umedecimento e à elevação da porcentagem das classes de menor diâmetro.

Basicamente, os efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem poderiam ser representados por essas curvas. Entretanto, isto não ocorre, pois os demais efeitos, quadrático e cúbico, são resultantes da influência de comportamento que os agregados das diferentes classes de diâmetro têm entre si. A redução da porcentagem de agregados estáveis de determinada classe de diâmetro pode estar sendo compensada pela fragmentação mais intensa dos agregados das classes de diâmetro maiores. Como resultado final, obter-se-ia a elevação da porcentagem dos agregados estáveis no lugar de redução. Com este raciocínio, pode-se

compreender, facilmente, o comportamento dos agregados das diferentes classes de diâmetro avaliadas.

Para a classe de diâmetro entre 2,00-1,00 mm (Figura 5), o raciocínio anterior não se aplica, pois são os agregados de maior diâmetro existentes na coluna de solo. A elevação da porcentagem de agregados estáveis que se segue à redução pode ser explicada pela ação seletiva do umedecimento, que fragmenta, inicialmente, os menos resistentes. Em seguida, estes são carregados para os anéis situados abaixo, provocando a elevação da porcentagem relativa dos agregados de diâmetro entre 2,00-1,00 mm, pois a massa de solo, para este anel, apresenta maior quantidade de agregados dessa classe de diâmetro. Entretanto, a resistência desses agregados não suporta os efeitos cumulativos dos ciclos de umedecimento e secagem, propiciando, novamente, a redução da porcentagem de agregados estáveis em água.

O comportamento identificado para as variações ocorridas com os ciclos de umedecimento e secagem das porcentagens médias de agregados dessa classe de diâmetro, bem como as comparações de médias que envolvem classes de solo e anéis nas classes de diâmetro avaliadas, confirmou a hipótese anterior. Esse aspecto foi preponderante, uma vez que os efeitos, quando avaliados, consideraram toda a coluna de solo, e não somente o anel superior. Dessa forma, os agregados de classes de diâmetro menores, originários ou não da fragmentação, distribuíram-se linearmente na coluna de solo, dando origem, conseqüentemente, a diferenças significativas entre anéis. Por sua vez, os agregados da

$$\begin{aligned} \hat{Y}_1 &= 5,53254 - 0,736218C + 0,101454C^2 - 0,00343505C^3 & R^2 &= 0,708 \\ \hat{Y}_2 &= 3,64145 - 0,168399C + 0,029077C^2 - 0,00118371C^3 & R^2 &= 0,883 \\ \hat{Y}_3 &= 3,63054 - 0,244127C + 0,034671C^2 - 0,00123883C^3 & R^2 &= 0,660 \end{aligned}$$

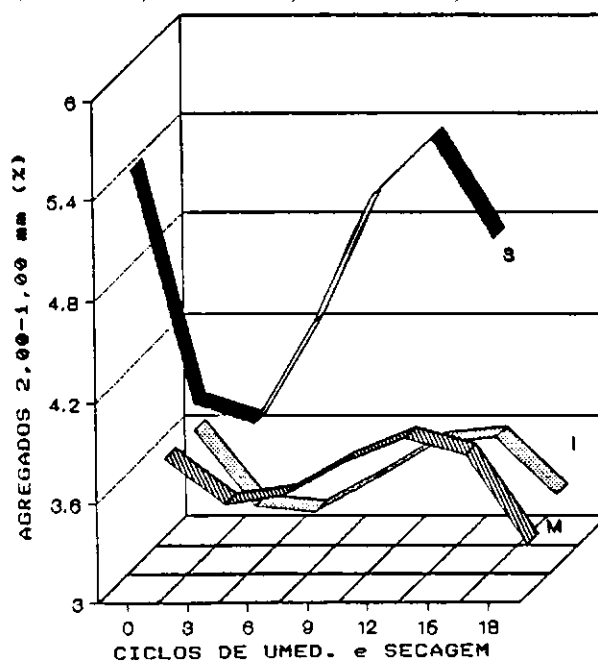


FIGURA 5 - Porcentagem de Agregados Estáveis em Água de Diâmetro entre 2,00-1,00 mm nos Três Anéis em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

classe de diâmetro entre 2,00-1,00 mm não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) nas quatro classes de solo estudadas, enquanto agregados de classes de menor diâmetro apresentaram, sendo mais evidentes nos latossolos gibbsíticos.

Estas observações confirmam a hipótese de que está havendo elevação da porcentagem de agregados estáveis de classe de diâmetro entre 2,00-1,00 mm e que este efeito está relacionado com o anel superior. Assim, à medida que o número de ciclos de umedecimento e secagem aumenta, a resistência dos agregados não-fragmentados que permaneceram na superfície é quebrada, provocando novamente a redução da proporção de agregados estáveis e a seleção dos mais resistentes.

As variações das porcentagens de agregados estáveis desta classe de diâmetro em cada anel avaliado, independentemente da classe de solo, tornam evidentes a maior intensidade dos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem no anel superior, também confirmada pelas comparações de médias (Quadro 17). Identificaram-se valores significativamente maiores ($P < 0,05$) no anel superior.

Pode-se atribuir ao método utilizado na montagem das colunas de solo a maior porcentagem de agregados estáveis da classe de diâmetro entre 2,00-1,00 mm, observada quando não se aplicaram ciclos de umedecimento e secagem. A tentativa de simulação do rearranjo natural pode ter provocado a segregação de agregados de classes de menor diâmetro que se acomodaram em profundidade.

QUADRO 17 - Porcentagens Médias de Agregados Estáveis em Água de Diâmetro entre 2,00-1,00 mm nos Anéis e Ciclos de Umedecimento e Secagem Avaliados

Ciclos	Anel		
	Superior	Médio	Inferior
0	5,62 A	3,64 B	3,55 B
3	3,76 A	3,34 A	3,36 A
6	4,71 A	3,50 B	3,16 B
9	3,99 A	3,49 AB	3,11 B
12	5,71 A	3,88 B	3,58 B
15	5,62 A	3,61 B	3,76 B
18	5,14 A	3,14 B	3,17 B

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, nas linhas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

4.2. Influência dos Ciclos de Umedecimento e Secagem sobre a Distribuição das Classes de Diâmetro de Poros dos Latossolos Estudados

Os resultados obtidos pela avaliação dos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre a porcentagem de poros, distribuídos em diferentes classes de diâmetro (Quadro 18), estiveram sujeitos a alterações provocadas por vários fatores, inerentes ao método adotado, a saber: os deslocamentos das colunas de solo, previstos como pressuposição para o uso do delineamento inteiramente casualizado; a precisão na estimativa da altura da coluna de solo, necessária para o cálculo da porosidade total, e as

QUADRO 18 - Médias das Porcentagens de Poros com Diâmetro abaixo de 0,03 mm, entre 0,03-0,05 mm, 0,05-0,074 mm e 0,074-0,15 mm, acima de 0,15 mm, Macro e Microporos dos Quatro Latossolos Estudados e Ciclos de Umedecimento e Secagem Avaliados

Classes de Diâmetro	Classes de Solo	Ciclos de Umedecimento e Secagem							
		0	3	6	9	12	15	18	\bar{X}
< 0,03 mm	LA	12,49	12,34	12,18	12,58	12,06	12,36	12,08	12,30
	LE	29,66	27,90	28,37	27,61	29,02	28,84	29,22	28,66
	LU	27,38	25,48	25,42	28,21	27,75	28,44	28,09	27,25
	LV	22,32	20,79	21,28	22,56	21,66	21,65	23,27	21,93
	\bar{X}	22,96	21,63	21,81	22,74	22,62	22,82	23,16	22,53
0,03-0,05 mm	LA	0,82	1,11	1,19	0,92	1,01	0,95	1,31	1,04
	LE	1,17	1,10	1,07	0,87	1,10	0,95	0,98	1,03
	LU	0,69	0,10	1,28	1,00	1,18	1,27	1,10	0,95
	LV	0,71	0,10	0,69	0,70	0,78	0,74	0,89	0,66
	\bar{X}	0,85	1,03	1,05	0,87	1,02	0,98	1,07	0,98
0,05-0,074 mm	LA	1,90	2,42	1,75	1,94	1,83	1,05	2,16	1,86
	LE	1,66	1,73	2,12	1,61	1,97	1,57	2,11	1,82
	LU	0,91	1,95	2,26	1,72	1,97	2,03	1,90	1,82
	LV	1,41	1,76	1,86	1,34	1,92	1,00	2,40	1,68
	\bar{X}	1,47	1,96	2,00	1,65	1,92	1,43	2,14	1,80
0,074-0,15 mm	LA	14,98	13,24	12,77	16,13	15,72	16,73	18,54	15,44
	LE	18,52	14,04	16,86	15,79	14,82	18,30	16,18	16,36
	LU	14,21	12,88	11,39	14,40	17,38	21,25	16,51	15,43
	LV	22,16	17,18	18,36	17,36	16,69	19,29	16,51	18,22
	\bar{X}	17,47	14,33	14,84	15,92	16,15	18,89	16,93	16,36
> 0,15 mm	LA	21,99	24,40	24,80	18,49	20,83	20,00	17,19	21,10
	LE	18,62	25,33	21,95	25,27	22,34	20,12	21,12	22,11
	LU	21,77	24,93	26,65	19,25	16,00	11,00	16,44	19,43
	LV	15,46	21,58	20,69	27,58	20,80	18,64	18,54	20,47
	\bar{X}	19,46	24,06	23,52	22,65	19,99	17,44	18,32	20,78
Macroporos	LA	38,87	40,06	39,32	36,56	38,38	37,78	37,89	38,41
	LE	38,80	41,10	40,93	42,67	39,13	39,98	39,40	40,29
	LU	36,89	39,76	40,30	35,36	35,35	34,28	34,85	36,68
	LV	39,03	40,52	40,91	46,28	39,41	39,01	37,45	40,37
	\bar{X}	38,40	40,36	40,36	40,22	38,07	37,76	37,40	38,94
Microporos	LA	13,30	13,46	13,38	13,50	13,07	13,31	13,39	13,34
	LE	30,83	29,00	29,44	28,48	30,12	29,79	30,20	29,69
	LU	28,06	26,44	26,70	29,22	28,93	29,71	29,18	28,32
	LV	23,03	21,75	21,95	23,25	22,44	22,39	24,16	22,71
	\bar{X}	23,81	22,66	22,87	23,61	23,64	23,00	24,23	23,52

limitações do método adotado (BOUMA, 1973) para determinar a distribuição dos poros em diferentes classes de diâmetro.

Apesar disso, os ciclos de umedecimento e secagem promoveram a redução da porcentagem dos macroporos (Figura 6), a qual foi acompanhada pela elevação dos microporos (Figura 7). O mesmo ocorreu quando se avaliou individualmente a distribuição dos poros em classes de diâmetro. Constatou-se que poros com diâmetro acima de 0,15 mm (Figura 8) apresentaram redução acentuada da porcentagem, principalmente no LA e LU, enquanto os de diâmetro entre 0,03-0,05 mm (Figura 9) aumentaram na mesma intensidade.

$$\bar{Y}_{LA} = \bar{Y}_{LE} = 38,41$$

$$\bar{Y}_{LE} = \bar{Y}_{LU} = 40,29$$

$$\hat{Y}_{LU} = 37,0713 + 1,52149C - 0,245822C^2 + 0,00863099C^3 \quad R^2 = 0,856$$

$$\hat{Y}_{LV} = 38,7627 + 0,93006C - 0,0577903C^2 \quad R^2 = 0,533$$

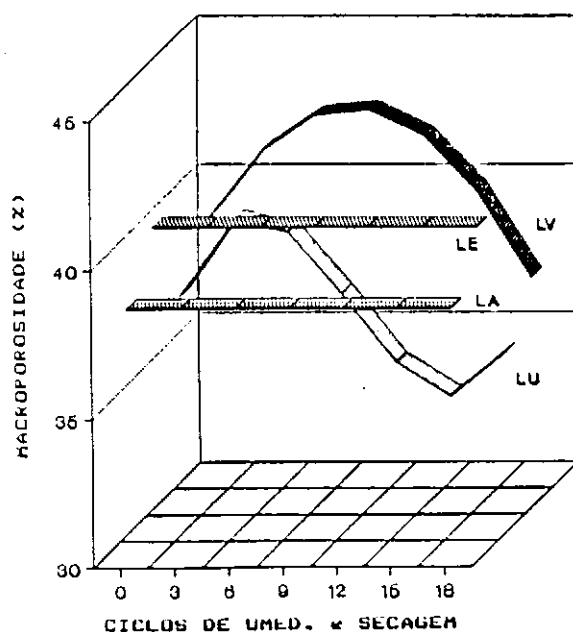


FIGURA 6 - Porcentagens de Macroporos nos Quatro Latossolos Estudados em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

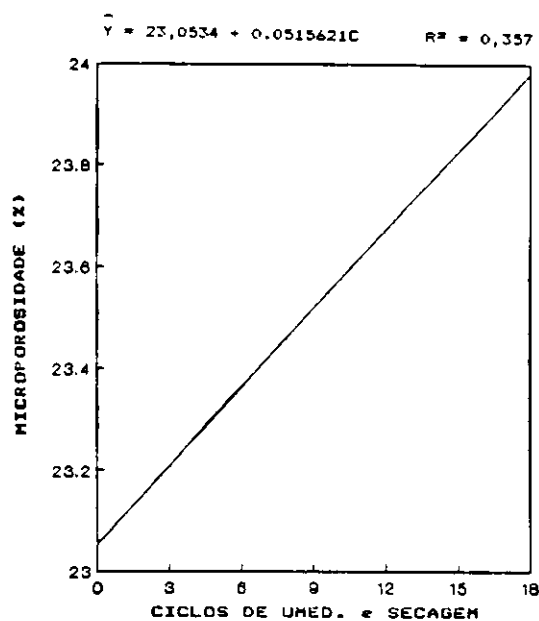


FIGURA 7 - Porcentagem de Microporos em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{LA} &= 24,0114 - 0,323543C & R^2 &= 0,541 \\ \hat{Y}_{LE} &= Y_{LE} = 22,11 \\ \hat{Y}_{LU} &= 21,2419 + 3,24774C - 0,553315C^2 + 0,0198132C^3 & R^2 &= 0,947 \\ \hat{Y}_{LV} &= 16,2411 + 1,58429C - 0,0857286C^2 & R^2 &= 0,600 \end{aligned}$$

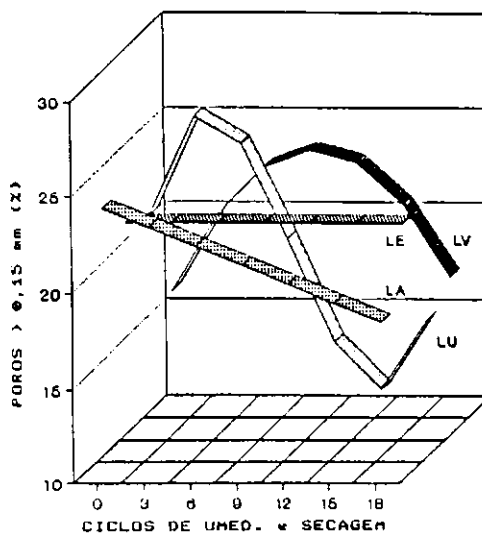


FIGURA 8 - Porcentagem de Poros com Diâmetro Superior a $\phi,15$ mm nos Quatro Latossolos Estudados em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

$$\begin{aligned}
 Y_{LA} &= 0,820052 + 0,159202C - 0,0229305C^2 + 0,000866275C^3 & R^2 &= 0,870 \\
 Y_{LE} &= Y_{LE} = 1,03 \\
 Y_{LU} &= 0,733005 + 0,08047C - 0,00331755C^2 & R^2 &= 0,711 \\
 Y_{LV} &= Y_{LV} = 0,78
 \end{aligned}$$

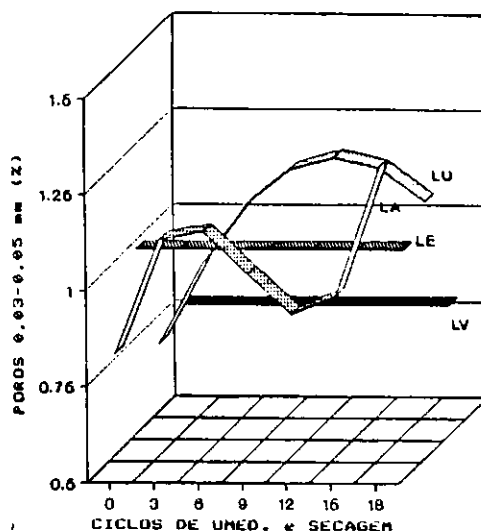


FIGURA 9 - Porcentagem de Poros com Diâmetro entre 0,03-0,05 mm nos Quatro Latossolos Estudados em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

Poros com diâmetro abaixo de 0,03 mm não apresentaram alterações que permitissem, nas condições deste estudo, inferir sobre alguma tendência de comportamento (Figura 10). Verificou-se, por outro lado, que poros com diâmetro entre 0,05-0,074 mm (Figura 11), no geral, aumentaram as porcentagens.

Alterações intensas foram identificadas no comportamento dos poros com diâmetro entre 0,074-0,15 mm, predominando, em grande parte dos ciclos de umedecimento e secagem avaliados, ligeira elevação da porcentagem, embora os valores finais estejam em patamares semelhantes aos iniciais (Figura 12).

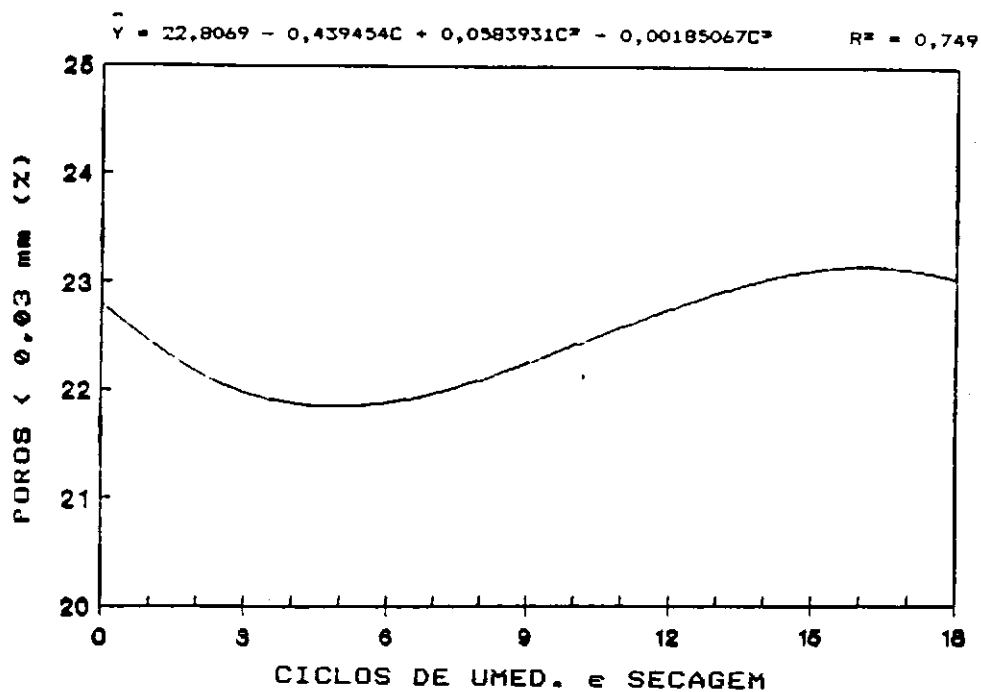


FIGURA 10 - Porcentagem de Poros de Diâmetro Menores que 0,03 mm em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

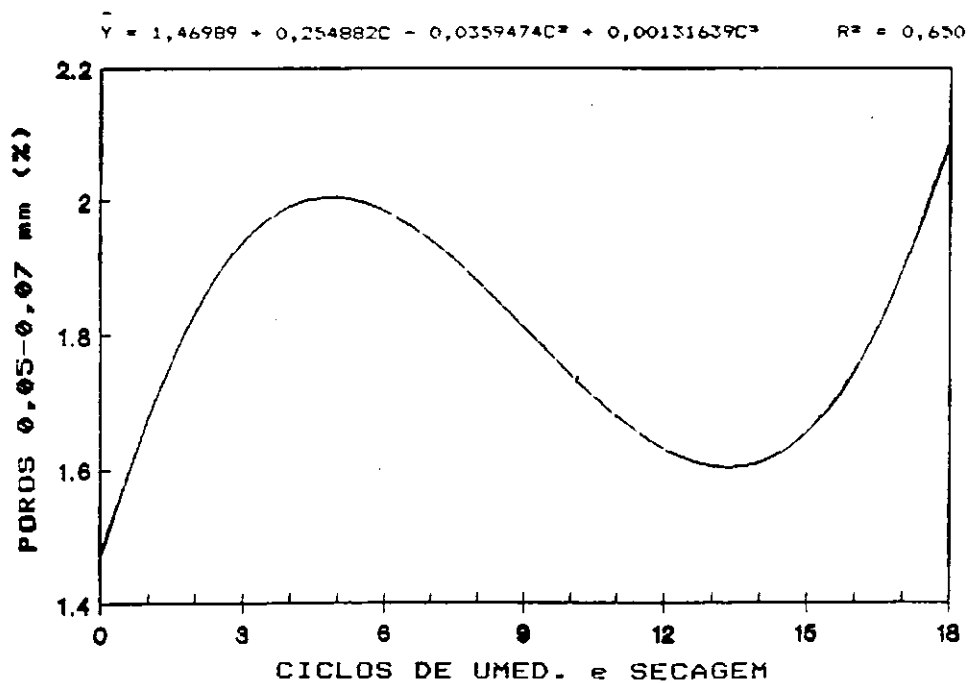


FIGURA 11 - Porcentagem de Poros com Diâmetro entre 0,05-0,07 mm em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

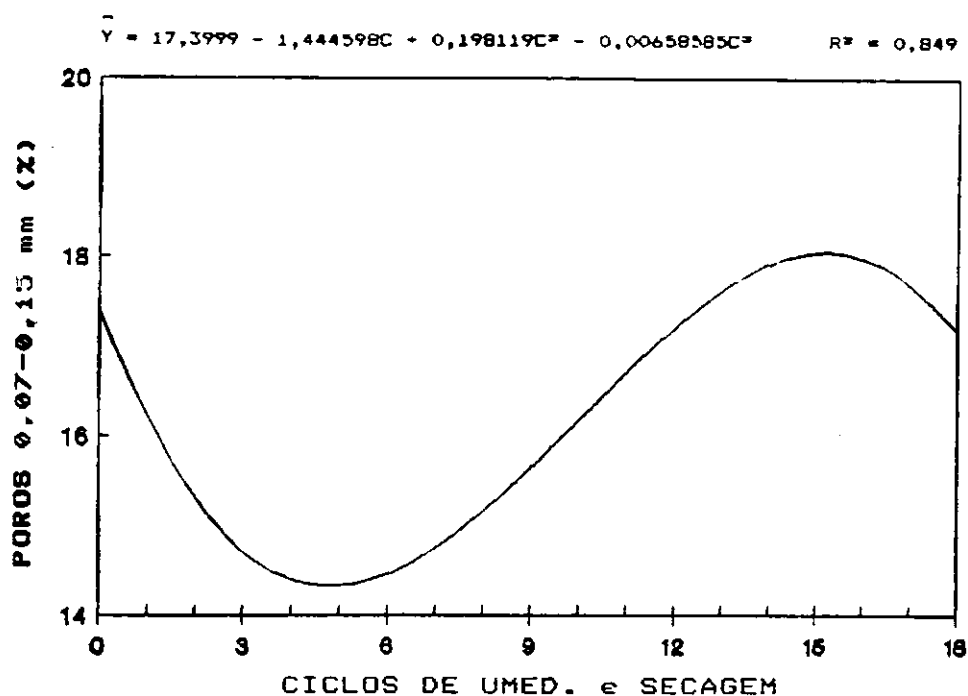


FIGURA 12 - Porcentagem de Poros com Diâmetro entre 0,07-0,15 mm em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

Os latossolos gibbsíticos, LE e LV, não foram afetados pelos ciclos de umedecimento e secagem tão acentuadamente quanto os cauliniticos, LA e LU. O que se pode inferir é que as variações não foram muito intensas e/ou o método adotado não foi sensível o suficiente para detectar as alterações ocorridas. Nos poros das classes de diâmetro entre 0,03-0,05 mm, tais solos não apresentaram qualquer alteração, enquanto nos de diâmetro acima de 0,15 mm, somente o LE não foi afetado. Essas alterações, no LV, tiveram um comportamento quadrático que, provavelmente,

deve estar relacionado com o rearranjo dos agregados na coluna de solo.

Os resultados permitem inferir que os latossolos cauliniticos apresentaram maior predisposicao aos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem e isto esta relacionado com as propriedades fisicas, quimicas e mineralogicas desses solos. Mesmo nas classes de diametro em que as alteracoes nao foram independentes da classe de solo, deve haver maior participacao dos efeitos ocorridos nesses latossolos.

A reducao do espaco poroso, nas condicoes estudadas, pode ser atribuıda a dois fenomenos, a acomodacao e o adensamento do solo. BUSTAMANTE (1975) definiu acomodacao como o movimento vertical descendente que ocorre na superficie do solo quando esta sendo umedecido. Nao esta implicito nesse conceito a movimentacao individualizada de particulas e/ou agregados, mas de toda massa de solo. Tal aspecto, associado aos dados obtidos da avaliacao da estabilidade de agregados em diferentes classes de diametro, torna evidente que a reducao do espaco poroso nao ocorre somente com a acomodacao do solo, mas tambem com a obstrucao de poros por particulas e/ou agregados que se translocaram verticalmente na coluna de solo. Assim sendo, a reducao do espaco poroso pode ser considerada um adensamento do solo, embora HARRIS (1971) classifique-a como compactacao do solo. Segundo Keller (1966), citado por BUSTAMANTE (1975), a compactacao provoca a reducao do espaco poroso quando pressoes sao exercidas sobre a superficie do solo, caso em que o movimento de particulas e/ou agregados no solo e

tridimensional. A diferença em relação ao adensamento é que a redução do espaço poroso ocorre em condições naturais, e não por pressões externas exercidas.

A intensidade com que o adensamento e a acomodação do solo ocorre, em decorrência dos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem, dependerá do movimento e rearranjo das partículas e/ou agregados do solo na coluna. Segundo HARRIS (1971), o rearranjo dependerá do arranjo, da superfície de contato, da distribuição por tamanho e do tipo de estrutura. Os resultados obtidos permitem acrescentar também a estabilidade dos agregados em água. A maior ou menor tendência de fragmentação dos agregados do solo altera substancialmente o rearranjo das partículas e/ou agregados do solo.

A redução do espaço poroso, a menor estabilidade dos agregados e a movimentação vertical descendente destes nos latossolos cauliniticos confirmam a observação anterior. Esses solos foram os que apresentaram os resultados mais significativos, pois a fragmentação em agregados, originando outros de menor diâmetro e até mesmo partículas primárias, alterou completamente o arranjo inicial. A reorientação dos agregados e/ou partículas na coluna de solo devida ao fluxo de água com o umedecimento caracteriza a acomodação do solo.

À medida que este fluxo se repete, há a movimentação vertical de agregados e/ou partículas de menor diâmetro, originários ou não da fragmentação promovida pelos ciclos de umedecimento e secagem. Quando em equilíbrio, ocupam os

espaços vazios existentes, reduzindo o diâmetro dos poros das diferentes classes de diâmetro.

Os latossolos gibbsíticos não apresentaram comportamento semelhante e de mesma intensidade, certamente pela maior estabilidade e menor superfície de contato, embora não se possa afirmar que não tenha havido alterações. Apesar da movimentação interna de agregados com diâmetros inferiores, não houve redução do espaço poroso detectável pelo método proposto por BOUMA (1973). A estrutura em blocos subangulares e angulares, típica dos latossolos cauliniticos (FERREIRA, 1988), apresenta superfície de contato maior que a granular dos latossolos gibbsíticos, o que leva à redução mais rápida, com o tempo, do espaço poroso total. Já a estrutura granular, com menor superfície de contato, não terá a mesma rapidez e, comparativamente, proporcionará grandes alterações, mesmo com o movimento de água devido ao umedecimento.

4.3. Influência dos Ciclos de Umedecimento e Secagem sobre as Propriedades Químicas dos Latossolos Estudados

Para algumas propriedades químicas analisadas, os dados obtidos não atenderam às pressuposições de análise de variância, nem mesmo com a transformação de dados. Entretanto, quando agrupadas e expressas por parâmetros que utilizaram os seus valores no método de cálculo, a avaliação estatística tornou-se possível, tal como a expressividade dos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , K^{+} e $\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$ através de SB, CTC total e efetiva. Assim, optou-se pela apresentação dos

resultados dessas propriedades (Quadro 19), uma vez que, indiretamente, estão-se avaliando os efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre as propriedades químicas das classes de solo estudadas, atendendo aos objetivos propostos.

Diante disto, a avaliação dos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem limitou-se a carbono orgânico, SB, V, CTC total e efetiva.

Inicialmente observa-se, pela Figura 13, que o aumento dos ciclos de umedecimento e secagem provocou a redução da porcentagem de carbono orgânico, atingindo um mínimo, após o qual se iniciou a elevação das porcentagens a patamares superiores aos iniciais. Comparações de médias das porcentagens de carbono orgânico tornam evidentes as diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os anéis estudados, confirmando a tendência geral observada e a maior intensidade dos ciclos de umedecimento e secagem da superfície da coluna de solo (Quadro 20).

Avaliando a SB, verifica-se que essa propriedade, nos latossolos em que houve diferenças significativas, assemelha-se ao observado para a porcentagem de carbono orgânico, embora seja identificada maior intensidade de efeitos no LA (Figura 14).

Em cada latossolo estudado, ocorreu a elevação dos valores de CTC total, à medida que os ciclos de umedecimento e secagem aumentaram (Figura 15), o mesmo ocorrendo quando se avaliaram as alterações ocorridas nesta propriedade individualmente por anel estudado (Figura 16). É evidente, também, que, de modo geral, os três anéis não diferiram

QUADRO 19 - Médias das Porcentagens de Carbono Orgânico, SB, V e dos Teores de CTC Total e Efetiva dos Latossolos Estudados nos Três Anéis e Ciclos de Umedecimento e Secagem Avaliados

Características Químicas	Ciclos de Umedecimento e Secagem	Classes de Solo																
		LA			\bar{X}	LE			\bar{X}	LU			\bar{X}	LV			\bar{X}	\bar{X}
		Anel				Anel				Anel				Anel				
		Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior		
Carbono Orgânico (X)	0	1,31	1,31	1,31	1,31	2,48	2,48	2,48	2,48	2,08	2,08	2,08	2,08	1,80	1,80	1,80	1,80	1,92
	3	0,62	0,41	0,45	0,49	2,23	2,13	2,20	2,19	2,38	2,05	1,94	2,12	1,79	1,88	1,68	1,78	1,65
	6	0,59	0,47	0,44	0,50	2,27	2,17	2,06	2,17	2,10	1,92	2,06	2,03	2,25	1,86	1,70	1,94	1,66
	9	0,54	0,46	0,64	0,55	1,90	2,04	1,76	1,90	1,99	1,59	1,75	1,77	1,53	1,77	1,75	1,68	1,48
	12	0,64	0,64	0,82	0,70	2,37	2,44	2,18	2,33	2,33	2,06	2,49	2,30	2,42	1,72	2,22	2,12	1,86
	15	0,68	0,61	0,58	0,62	2,11	2,41	2,32	2,28	2,39	2,00	1,99	2,13	1,75	1,92	2,01	1,89	1,73
	18	0,65	0,52	0,53	0,57	2,49	2,66	2,58	2,58	2,57	2,40	2,35	2,44	2,05	2,11	2,07	2,08	1,92
	\bar{X}	0,72	0,63	0,68	0,68	2,26	2,33	2,23	2,28	2,26	2,01	2,09	2,12	1,94	1,87	1,89	1,90	1,75
Soma de Bases (X)	0	1,34	1,34	1,34	1,34	0,44	0,44	0,44	0,44	0,77	0,77	0,77	0,77	0,19	0,19	0,19	0,19	0,69
	3	1,32	1,28	1,29	1,30	0,35	0,31	0,30	0,32	0,64	0,54	0,56	0,58	0,19	0,19	0,23	0,20	0,60
	6	1,05	1,00	1,02	1,03	0,22	0,21	0,22	0,21	0,48	0,49	0,50	0,49	0,16	0,12	0,14	0,14	0,47
	9	1,19	1,15	1,24	1,19	0,24	0,25	0,23	0,24	0,45	0,33	0,41	0,40	0,10	0,07	0,09	0,08	0,48
	12	1,21	1,04	1,11	1,12	0,29	0,31	0,29	0,30	0,69	0,51	0,51	0,57	0,29	1,42	0,23	0,65	0,66
	15	1,63	1,39	1,39	1,47	0,19	0,22	0,21	0,21	0,52	0,50	0,47	0,50	0,19	0,17	0,21	0,19	0,59
	18	1,45	1,25	1,31	1,34	0,32	0,32	0,36	0,33	0,94	0,83	0,91	0,90	0,32	0,19	0,37	0,29	0,72
	\bar{X}	1,31	1,21	1,24	1,26	0,29	0,29	0,29	0,29	0,64	0,57	0,59	0,60	0,21	0,34	0,21	0,25	0,60

Continua...

QUADRO 19, Cont.

Características Químicas	Ciclos de Umedecimento e Secagem	Classes de Solo																
		LA			X̄	LE			X̄	LU			X̄	LV			X̄	X̄
		Anel				Anel				Anel				Anel				
		Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior		
Capacidade de Troca Catiônica Total (meq/100 cm ³)	0	3,29	3,29	3,29	3,29	4,43	4,43	4,43	4,43	6,47	6,47	6,47	6,47	4,15	4,15	4,15	4,15	4,58
	3	3,12	3,02	3,03	3,06	4,37	4,45	4,54	4,44	5,80	5,70	5,60	5,70	4,64	4,81	4,43	4,63	4,46
	6	2,85	2,84	2,82	2,83	4,66	4,77	4,78	4,74	6,54	6,31	6,32	6,39	4,36	4,44	4,76	4,52	4,62
	9	3,05	2,95	3,10	3,03	4,68	4,81	4,91	4,84	6,51	6,39	6,65	6,52	4,65	4,81	5,01	4,82	4,79
	12	3,37	3,44	3,21	3,34	5,03	5,29	5,21	5,18	7,47	7,41	7,23	7,37	5,15	5,68	5,43	5,49	5,35
	15	3,73	3,28	3,22	3,41	4,81	4,72	4,59	4,71	6,52	6,35	6,35	6,41	4,48	4,49	4,56	4,51	4,76
	18	3,19	2,94	2,94	3,04	4,58	4,64	4,54	4,57	7,36	6,74	6,49	6,87	4,73	4,72	4,84	4,76	4,64
	X̄	3,23	3,10	3,06	3,14	4,65	4,73	4,70	4,70	6,67	6,48	6,44	6,53	4,59	4,73	4,77	4,74	4,77
Capacidade de Troca Catiônica Efetiva (meq/100 cm ³)	0	1,42	1,42	1,42	1,42	0,54	0,54	0,54	0,54	1,49	1,49	1,49	1,49	0,29	0,29	0,29	0,29	0,94
	3	1,32	1,28	1,29	1,30	0,45	0,41	0,44	0,42	1,14	1,04	1,06	1,06	0,19	0,19	0,23	0,20	0,75
	6	1,17	1,04	1,02	1,07	0,40	0,41	0,42	0,41	1,06	1,17	1,14	1,12	0,22	0,20	0,24	0,22	0,71
	9	1,19	1,17	1,24	1,20	0,42	0,45	0,43	0,43	1,17	1,17	1,27	1,20	0,19	0,23	0,23	0,22	0,76
	12	1,23	1,06	1,15	1,15	0,49	0,49	0,49	0,49	1,51	1,65	1,57	1,58	0,41	0,42	0,43	0,42	0,91
	15	1,65	1,41	1,41	1,49	0,37	0,40	0,39	0,39	1,08	1,08	1,01	1,06	0,29	0,27	0,31	0,29	0,81
	18	1,45	1,25	1,31	1,32	0,52	0,50	0,54	0,52	1,66	1,57	1,75	1,66	0,42	0,29	0,47	0,39	0,98
	X̄	1,35	1,23	1,10	1,28	0,46	0,46	0,46	0,46	1,30	1,31	1,33	1,31	0,29	0,23	0,31	0,26	0,84
Saturação de Bases (%)	0	40,7	40,7	40,7	40,7	10,0	10,0	10,0	10,0	11,9	11,9	11,9	11,9	4,5	4,5	4,5	4,5	16,8
	3	42,4	42,7	42,9	42,7	8,0	6,8	6,7	7,2	11,1	9,4	10,1	10,2	4,0	3,9	5,1	4,3	16,1
	6	36,9	35,6	36,2	36,3	4,7	4,3	4,6	4,5	7,4	7,0	7,9	7,7	3,7	2,8	3,1	3,2	12,9
	9	39,0	39,0	40,1	39,4	5,2	5,2	4,6	5,0	6,9	5,2	6,1	6,1	1,9	1,5	1,9	1,8	13,1
	12	36,0	30,4	34,5	33,6	5,8	5,8	5,7	5,8	9,3	6,9	7,1	7,0	5,7	3,9	4,1	4,6	12,9
	15	43,6	42,4	43,2	43,1	3,9	4,7	4,6	4,4	7,9	7,8	7,4	7,7	4,2	3,7	4,6	4,2	14,0
	18	45,4	43,1	45,4	44,6	7,0	7,0	7,9	7,3	12,0	12,4	14,1	13,1	6,8	3,9	7,7	6,1	17,0
	X̄	40,6	39,1	40,4	40,1	6,4	6,3	6,3	6,3	9,6	8,0	9,2	9,2	4,4	3,5	4,4	4,1	14,9

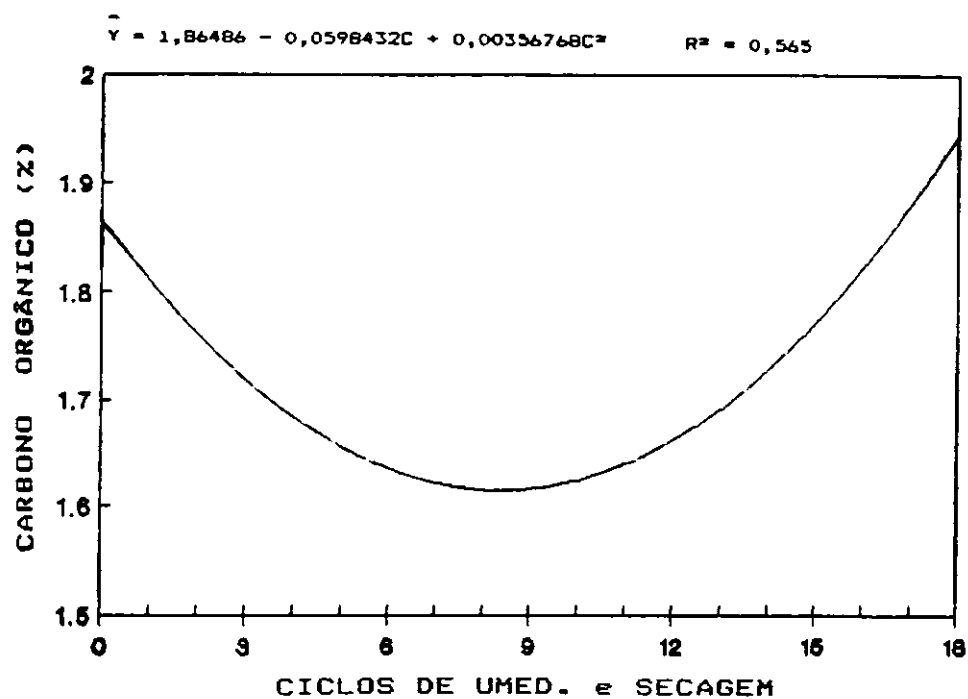


FIGURA 13 - Porcentagem de Carbono Orgânico em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

QUADRO 20 - Médias das Porcentagens de Carbono Orgânico nos Anéis Avaliados

Anel	Carbono Orgânico
Superior	1,80 a
Médio	1,71 b
Inferior	1,72 b

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK

$$\begin{aligned}
 Y_{LA} &= 1,33333 - 0,0462063C + 0,00286243C^2 & R^2 &= 0,563 \\
 Y_{LU} &= Y_{LE} = 0,29 \\
 Y_{LV} &= 0,780714 - 0,0081159C + 0,00469841C^2 & R^2 &= 0,844 \\
 Y_{LE} &= Y_{LV} = 0,23
 \end{aligned}$$

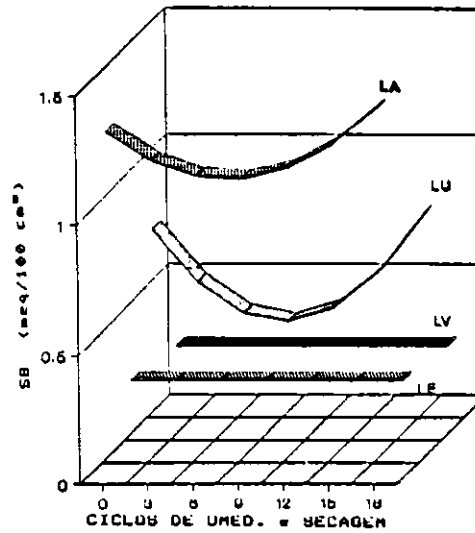


FIGURA 14 - Soma de Bases dos Quatro Latossolos Estudados em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

$$\begin{aligned}
 Y_{LA} &= 3,33727 - 0,22845C + 0,0331191C^2 - 0,00118774C^3 & R^2 &= 0,863 \\
 Y_{LU} &= 4,40691 + 0,00448083C + 0,0106253C^2 - 0,000584989C^3 & R^2 &= 0,777 \\
 Y_{LV} &= 6,32327 - 0,180623C + 0,0350051C^2 - 0,00132971C^3 & R^2 &= 0,478 \\
 Y_{LE} &= 4,1394 + 0,143841C - 0,00629276C^2 & R^2 &= 0,496
 \end{aligned}$$

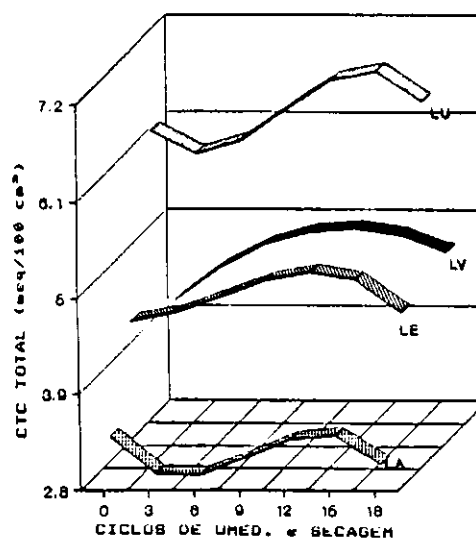


FIGURA 15 - CTC Total dos Quatro Latossolos Estudados em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

$$\begin{aligned} \hat{Y}_1 &= 4,57601 - 0,0762494C + 0,0176985C^2 - 0,000690679C^3 & R^2 &= 0,743 \\ \hat{Y}_2 &= 4,57794 - 0,093056C + 0,0225443C^2 - 0,000951943C^3 & R^2 &= 0,526 \\ \hat{Y}_3 &= 4,53023 - 0,0585288C + 0,0189406C^2 - 0,000863496C^3 & R^2 &= 0,631 \end{aligned}$$

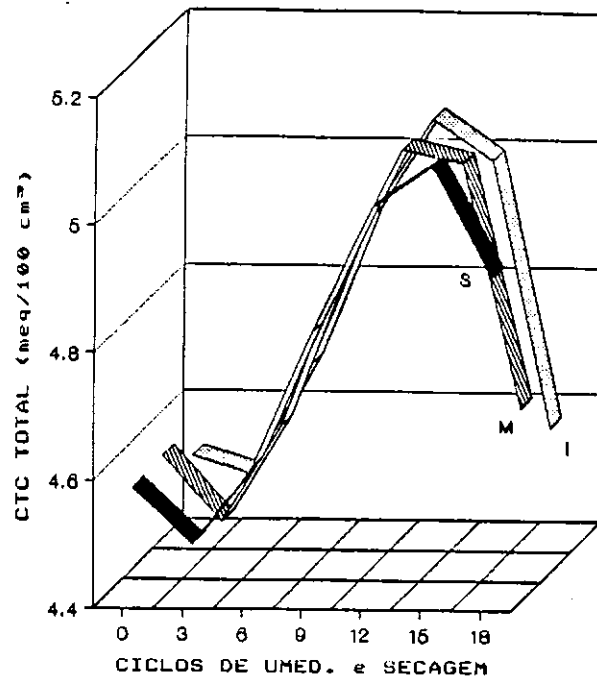


FIGURA 16 - CTC Total nos Três Anéis Avaliados em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

acentuadamente entre si. Entretanto, considerando somente as classes de solo estudadas e os três anéis, independentemente dos ciclos de umedecimento e secagem, os efeitos apresentaram diferenças significativas (Quadro 21). Os valores de CTC total do LA e LU foram significativamente ($P < 0,05$) maiores no anel superior, o que não ocorreu nos demais solos. O LE não apresentou diferenças significativas ($P > 0,05$), enquanto, no LV, a CTC total no anel superior apresentou os menores valores ($P < 0,05$). Com relação à CTC efetiva, observou-se uma redução inicial bem mais intensa

QUADRO 21 - Médias da CTC Total dos Quatros Latossolos Estudados nos Três Anéis Avaliados

Solos	Anel		
	Superior	Médio	Inferior
LA	3,34 Ad	3,10 Bc	3,09 Bd
LE	4,65 Ab	4,73 Ab	4,70 Ac
LU	6,67 Aa	6,48 Ba	6,45 Ba
LV	4,60 Bc	4,73 Ab	4,77 Ab

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúsculas, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

no LA e LU, enquanto, no LV e LE, isto não ocorreu. O efeito cúbico no LA e LU promoveu, de forma mais expressiva, a elevação da CTC efetiva, à medida que os ciclos de umedecimento e secagem aumentaram, não sendo observada essa mesma intensidade no LE e LU (Figura 17).

Nos três anéis, os ciclos de umedecimento e secagem apresentaram efeito cúbico sobre a CTC efetiva ($P < 0,05$), à semelhança do observado sobre a CTC total. A redução inicial foi mais intensa que a observada para a CTC total e, à semelhança do que ocorreu nesta, os três anéis apresentaram variações que não se diferenciaram acentuadamente um do outro (Figura 18). Comparações de médias dos três anéis e das classes de solo, independentemente dos ciclos de umedecimento e secagem avaliados, indicam que somente o LA apresentou diferenças

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{LA} &= 1,45197 - 0,1186C + 0,0130078C^2 - 0,000368243C^3 & R^2 &= 0,648 \\ \hat{Y}_{LV} &= 0,515 - 0,0215317C + 0,00116667C^2 & R^2 &= 0,437 \\ \hat{Y}_{LU} &= 1,42694 - 0,104649C + 0,010957C^2 - 0,000266747C^3 & R^2 &= 0,351 \\ \hat{Y}_{LV} &= 0,285026 - 0,0399857C + 0,00581831C^2 - 0,00018515C^3 & R^2 &= 0,577 \end{aligned}$$

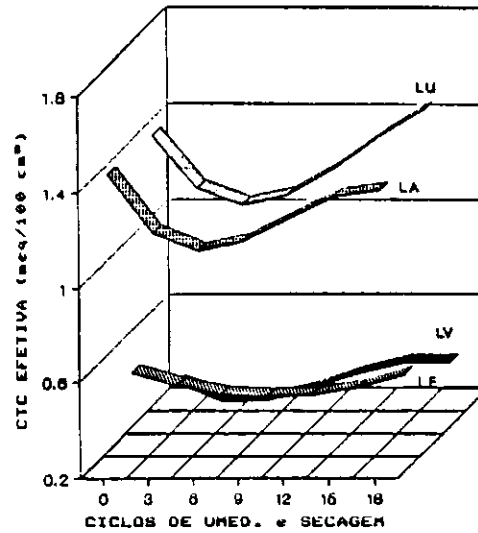


FIGURA 17 - CTC Efetiva nos Quatro Latossolos Estudados em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

$$\begin{aligned} \hat{Y}_a &= 0,930218 - 0,0732777C + 0,0077682C^2 - 0,000194898C^3 & R^2 &= 0,820 \\ \hat{Y}_m &= 0,922724 - 0,0064377C + 0,0103455C^2 - 0,000316786C^3 & R^2 &= 0,642 \\ \hat{Y}_i &= 0,915253 - 0,0638432C + 0,0065964C^2 - 0,000158897C^3 & R^2 &= 0,643 \end{aligned}$$

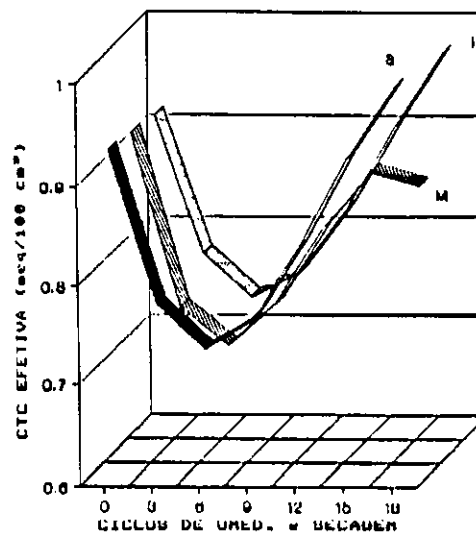


FIGURA 18 - CTC Efetiva nos Três Anéis em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

significativas do anel superior ($P < 0,05$), em relação ao médio e o inferior, caracterizando a maior expressividade dos ciclos de umedecimento e secagem neste solo (Quadro 22).

As variações observadas quanto a V são semelhantes às identificadas para SB, mais especificamente as ocorridas no LA e LU. Como são propriedades químicas afins, é provável que V represente melhor as alterações decorrentes de ciclos de umedecimento e secagem. Inicialmente, pôde-se constatar uma ligeira redução de V , seguida do aumento, que atingiu patamares próximos aos iniciais (Figura 19). A avaliação estatística, com base no efeito dos ciclos dentro

QUADRO 22 - Médias da CTC Efetiva dos Latossolos Estudados nos Três Anéis Avaliados

Solos	Anel		
	Superior	Médio	Inferior
LA	1,35 Aa	1,23 Bb	1,26 Bb
LE	0,46 Ac	0,46 Ac	0,46 Ac
LU	1,30 Ab	1,31 Aa	1,33 Aa
LV	0,29 Ad	0,27 Ad	0,32 Ad

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{LA} &= 41,4533 - 0,149345C - 0,09262C^2 + 0,00632999C^3 & R^2 &= 0,555 \\ \hat{Y}_{LU} &= 9,79174 - 1,00428C + 0,0475308C^2 & R^2 &= 0,856 \\ \hat{Y}_{LV} &= 11,9615 - 0,63894C - 0,00280808C^2 + 0,00368979C^3 & R^2 &= 0,940 \\ \hat{Y}_{LE} &= 4,83889 - 0,479206C + 0,0304409C^2 & R^2 &= 0,688 \end{aligned}$$

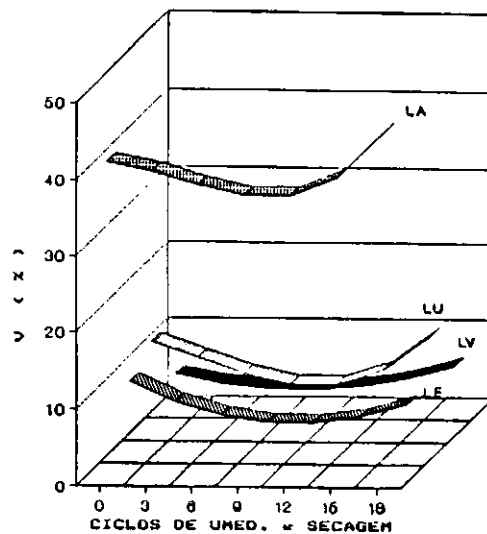


FIGURA 19 - Saturação de Bases dos Latossolos Estudados em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

de cada anel, identificou o efeito cúbico ($P < 0,01$ ou $P < 0,05$) predominante dos ciclos sobre a V dos latossolos estudados. As variações que ocorreram foram muito mais intensas, embora não haja diferenças significativas, no geral, entre anéis ao longo dos ciclos aplicados (Figura 20).

É provável que os principais responsáveis pelas alterações das propriedades químicas analisadas sejam o aumento da porcentagem de agregados de diâmetro reduzido em conjunto com as alternâncias de umidade, inerentes aos ciclos de umedecimento e secagem.

$$\begin{aligned}
 \bar{Y}_b &= 17,0837 - 0,594771C + 0,0049992C^2 + 0,0017179C^3 & R^2 &= 0,874 \\
 \bar{Y}_m &= 17,0469 - 0,747181C + 0,0096066C^2 + 0,00173856C^3 & R^2 &= 0,903 \\
 \bar{Y}_i &= 17,0118 - 0,482293C - 0,0285905C^2 + 0,00338941C^3 & R^2 &= 0,949
 \end{aligned}$$

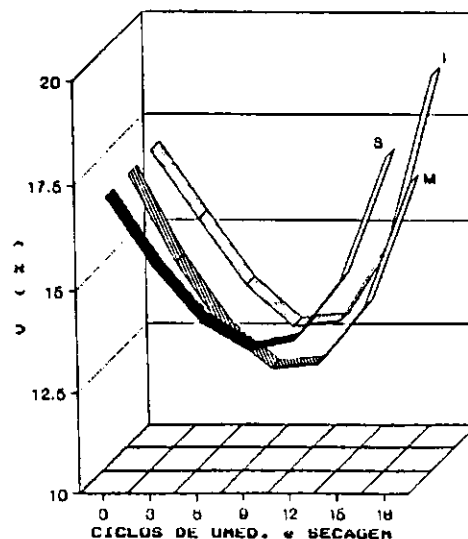


FIGURA 20 - Saturação de Bases dos Anéis em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem.

A redução inicial dos valores de SB, U, CTC total e efetiva talvez possa ser atribuída à imobilização de elementos químicos pela flora microbiana, principalmente bases trocáveis, que tiveram o seu crescimento estimulado após cada umedecimento, conforme estudos realizados por SOULIDES e ALLINSON (1961). Conseqüentemente, com uma população microbiana maior e em estado fisiologicamente mais ativo, a mineralização da matéria orgânica acelera-se, reduzindo, como observado, as porcentagens de carbono orgânico. Os autores constataram, através da evolução de CO_2 , um aumento de 20% e 40%, num período de 24 horas e 10 dias, respectivamente, sempre após a elevação de umidade, em solos submetidos a ciclos de umedecimento e secagem. SANCHEZ

(1981), posteriormente, confirmou o exposto, quando se referiu à mineralização mais rápida do carbono e nitrogênio e, citando Birch (1960), comentou que a relação C:N crítica, na qual a mineralização paralisa, sendo mais elevada nessas condições.

Associam-se esses resultados à maior acessibilidade da matéria orgânica, prontamente disponível, para microrganismos do solo, principalmente no intervalo de diâmetro de agregados utilizado na condução dos ensaios, bem como à fragmentação promovida pelos ciclos de umedecimento e secagem, que modificou a distribuição de agregados das diferentes classes de diâmetro. MENDONÇA (1988) encontrou uma relação inversamente proporcional entre diâmetro e conteúdo de matéria orgânica de agregados de um solo sob mata natural. Certamente este último fator, não muito intenso nos primeiros ciclos de umedecimento e secagem, deve ter tido uma participação secundária na expressividade dos resultados obtidos.

A fixação de elementos químicos pelo solo é outro fator que pode estar contribuindo para os resultados observados. MALAVOLTA (1976), citando estudos de Volki (1934), referiu-se ao aumento da fixação de potássio em 428 Kg/ha em um solo submetido ao umedecimento e secagem a 70°C, mantida a umidade constante. Entretanto, aspectos mais detalhados não poderão ser analisados, dadas as limitações impostas pelas condições experimentais e de avaliação estatística.

O crescimento estimulado da população microbiana reduz de intensidade à medida que os ciclos de umedecimento

e secagem aumentam, principalmente pelo efeito letal da secagem, segundo observações de SOULIDES e ALLINSON (1961). Cátions e ânions, integrantes da composição celular, são reincorporados ao sistema de troca ou solução do solo pela ação enzimática, proporcionando a elevação dos teores e das propriedades químicas relacionadas.

A redução da atividade microbiana, em conjunto com a maior disponibilidade de matéria orgânica pela redução do diâmetro dos agregados, condiciona a elevação da porcentagem de carbono orgânico.

Outro fator que deve estar contribuindo, significativamente, está associado aos resultados encontrados por MOURA FILHO e BUOL (1976). Esses autores verificaram que agregados de um LR eutrófico, quando triturados mecanicamente, apresentam conteúdos de Ca, Mg e P, bem como valores de pH em água e KCl, superiores aos mesmos mantidos em estado natural. Assim, espera-se que a fragmentação de agregados das classes de solo estudadas pelos ciclos de umedecimento e secagem propicie a elevação dos teores de cátions e ânions, refletindo nas propriedades químicas avaliadas.

A maior intensidade dos ciclos de umedecimento e secagem na superfície, aventada quando se avaliaram os efeitos sobre a distribuição porcentual das diversas classes de diâmetro de agregados, foi comprovada pelo maior conteúdo de carbono orgânico no anel superior da coluna de solo. Por outro lado, o mesmo não ocorreu com as demais propriedades químicas avaliadas, o que, provavelmente, deve estar relacionado com a movimentação vertical de

agregados de diâmetro reduzido com a frente de umedecimento, eliminando o efeito diferenciado das variações ocorridas nos anéis avaliados. Além desse fator, pode-se considerar a possibilidade de lixiviação de elementos químicos, liberados no anel superior. Como não foi possível a avaliação individualizada, o agrupamento não permitiu uma avaliação distinta dos efeitos ocorridos.

O distrofismo acentuado das classes de solo estudadas torna muito mais expressivas as variações ocorridas, evidenciando-se, assim, a dinâmica dos processos físico-químicos envolvidos, quando o solo é submetido a ciclos de umedecimento e secagem.

Dentro desse contexto, não se deve deixar de salientar a participação da temperatura do ar, no interior da casa-de-vegetação, nas alterações ocorridas com as propriedades químicas avaliadas. Constataram-se variações diárias máximas, acima de 42°C, e mínimas, abaixo de 14°C. FASSBENDER (1984) considerou, especificamente para a mineralização da matéria orgânica, a temperatura de 25°C como crítica e a velocidade máxima entre 30-40°C. Outro aspecto a ser salientado refere-se à contribuição quantitativa equivalente dos agregados dos horizontes A e B sobre a intensidade dos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem (Quadro 23). Não se pode atribuir à maior ou menor porcentagem de agregados de determinada classe de diâmetro e/ou horizonte a responsabilidade pelas alterações químicas ocorridas nas propriedades das classes de solo estudadas.

QUADRO 23 - Médias da Avaliação da Estabilidade em Água de Agregados dos Horizontes A e B dos Latossolos Estudados e da Mistura (1:1) Utilizada nos Ensaios

Classe de Solo	Horizontes ou Mistura	Classes de Diâmetro de Agregados (em mm)				
		2,00-1,00	1,00-0,50	0,50-0,210	0,210-0,105	0,105-0,053
LA	A	3,77	8,17	2,89	0,67	0,31
LA	B	1,04	6,46	3,05	1,42	0,99
LA	A + B	2,40	7,38	2,98	1,03	0,59
LE	A	8,75	18,40	28,44	5,45	1,09
LE	B	7,46	10,58	30,11	11,23	2,66
LE	A + B	5,32	13,49	30,89	7,47	1,51
LU	A	3,41	10,04	8,93	2,87	1,12
LU	B	1,73	3,73	6,68	5,54	2,63
LU	A + B	2,94	6,83	8,05	3,51	1,37
LV	A	5,57	18,17	24,81	4,33	1,28
LV	B	5,47	11,58	25,12	5,79	1,67
LV	A + B	6,24	16,96	21,71	5,71	1,32

4.4. Influência dos Ciclos de Umedecimento e Secagem sobre a Porcentagem de Argila Dispersa em Água dos Latossolos Estudados

Pela análise estatística conjunta dos dados de porcentagem de argila dispersa em água, detectou-se o efeito significativo ($P < 0,05$) da interação dos três fatores: ciclos de umedecimento e secagem, classes de solo e anéis estudados. Diante desses resultados, optou-se por uma avaliação individualizada dos ensaios, cujos dados médios são apresentados numericamente (Quadro 24) e na forma de gráficos (Figura 21), objetivando facilitar a identificação de tendências de comportamento.

O LU e LV são classes de solo que se destacaram, pois a porcentagem de argila dispersa em água apresentou variações abruptas, principalmente a partir dos seis e nove ciclos, respectivamente. No LU, identificaram-se a redução e o aumento sequencial da porcentagem, com os ciclos de umedecimento e secagem. O mesmo ocorreu no LV, mas somente no anel superior, enquanto, nos demais anéis, manteve-se a baixa porcentagem de argila dispersa em água.

No LA e LE, também se observaram alterações de porcentagem de argila dispersa em água devidas aos ciclos de umedecimento e secagem, apesar do pequeno intervalo de variação.

Comparações de médias nos ensaios em que a interação de classes de solo e anéis foi significativa ($P < 0,05$), confirmam os aspectos salientados anteriormente, pois podem ou não ser detectadas diferenças significativas ($P < 0,05$)

QUADRO 24 - Médias das Porcentagens de Argila Dispersa em Água dos Latossolos Estudados e Ciclos de Umedecimento e Secagem e Anéis Avaliados

Ciclos de Umedecimento e Secagem	Classes de Solo																
	LA			\bar{X}	LE			\bar{X}	LU			\bar{X}	LV			\bar{X}	\bar{X}
	Anel				Anel				Anel				Anel				
	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior		
0	21,12	16,85	19,91	19,29	0,31	0,10	0,15	0,19	34,85	31,73	32,44	33,01	18,74	17,49	19,37	18,53	17,75
3	19,33	18,69	18,72	18,91	0,05	0,08	0,58	0,05	37,07	34,56	32,79	34,81	14,57	13,24	13,29	13,70	16,87
6	20,28	20,28	19,61	19,91	0,07	0,83	1,26	0,72	37,85	32,90	34,10	34,95	19,72	7,23	0,13	9,03	16,15
9	19,65	19,39	19,80	19,61	0,29	1,23	1,05	0,86	32,57	0,67	0,18	11,14	13,52	0,09	0,06	4,56	9,04
12	19,31	18,37	18,30	18,66	1,83	1,70	1,64	1,72	0,04	0,03	0,04	0,04	0,37	0,12	0,07	0,19	5,15
15	21,04	20,35	19,81	20,40	0,26	0,84	0,87	0,66	35,32	33,59	34,03	34,31	16,29	0,17	0,21	5,56	15,23
18	20,87	19,64	19,70	20,07	0,28	0,76	0,93	0,66	31,91	26,59	27,81	28,77	16,01	0,13	0,14	5,43	13,73
\bar{X}	20,23	19,08	19,41	19,55	0,44	0,79	0,93	0,69	29,94	22,87	23,06	25,29	14,17	5,50	4,75	8,14	13,42

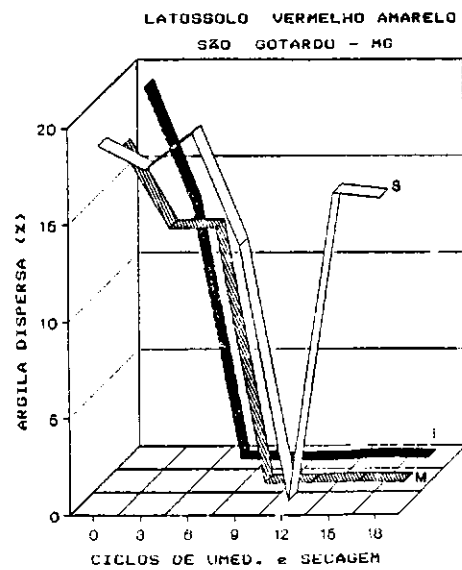
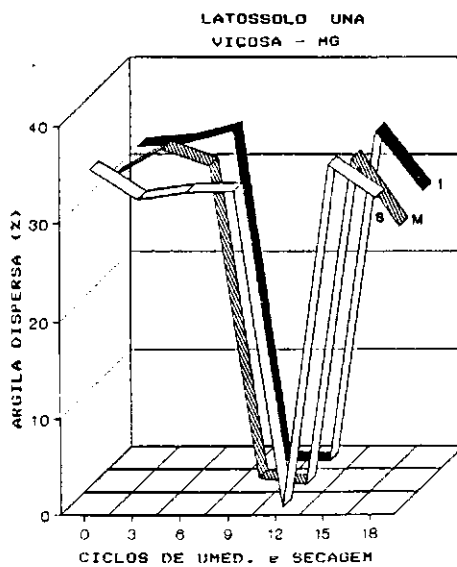
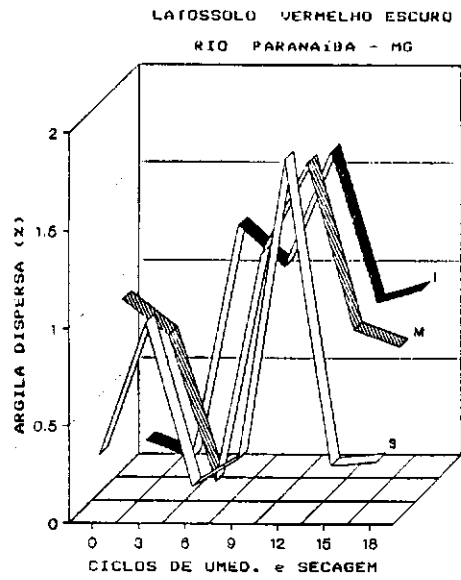
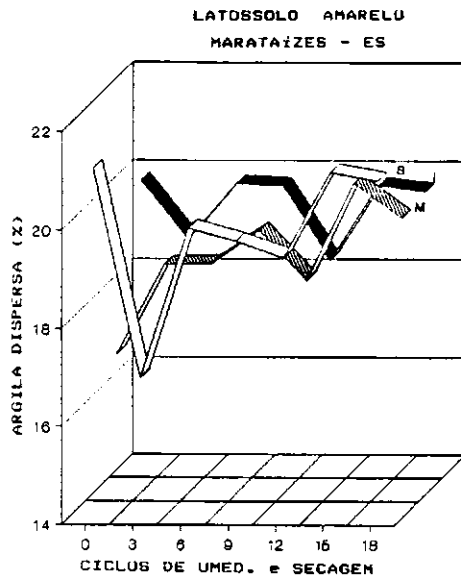


FIGURA 21 - Porcentagens Médias de Argila Dispersa em Água nos Quatro Latossolos Estudados em Três Anéis e Ciclos de Umedecimento e Secagem Avaliados.

entre anéis, à medida que os ciclos de umedecimento e secagem aumentam (Quadros 25, 26, 27 e 28).

De acordo com COSTA *et alii* (1984), a interação da superfície sólida e a solução do solo é um dos aspectos básicos das reações físico-químicas do solo e que exercem influência sobre uma série de fenômenos que ocorrem nesse ambiente, relacionados, entre outros, com a dispersão e com a floculação de colóides. Ainda segundo estes autores, as duas propriedades que melhor explicam a reatividade do solo são a superfície específica e as cargas elétricas dos colóides, que englobam, principalmente, a argila mineral e a matéria orgânica.

QUADRO 25 - Médias das Porcentagens de Argila Dispersa em Água dos Latossolos Estudados nos Três Anéis e em Seis Ciclos de Umedecimento e Secagem

Solos	Anel		
	Superior	Médio	Inferior
LA	20,28 Ab	19,61 Ab	19,85 Ab
LE	0,07 Ac	0,83 Ad	1,26 Ac
LU	37,85 Aa	32,90 Ba	34,10 ABa
LV	19,72 Ab	7,23 Bc	0,13 Cc

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

QUADRO 26 - Médias das Porcentagens de Argila Dispersa em Água dos Latossolos Estudados nos Três Anéis e em Nove Ciclos de Umedecimento e Secagem

Solos	Anel		
	Superior	Médio	Inferior
LA	19,65 Ab	19,39 Aa	19,80 Aa
LE	0,29 Ad	1,23 Ab	1,05 Ab
LU	32,57 Aa	0,67 Bbc	0,18 Bc
LV	13,52 Ac	0,09 Bc	0,06 Bc

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

QUADRO 27 - Médias das Porcentagens de Argila Dispersa em Água dos Latossolos Estudados nos Três Anéis e em Quinze Ciclos de Umedecimento e Secagem

Solos	Anel		
	Superior	Médio	Inferior
LA	21,04 Ab	20,35 Ab	19,81 Ab
LE	0,26 Ad	0,85 Ac	0,87 Ac
LU	35,32 Aa	33,59 Ba	34,03 Ba
LV	16,29 Ab	0,17 Bd	0,21 Bc

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

QUADRO 28 - Médias das Porcentagens de Argila Dispersa em Água dos Latossolos Estudados nos Três Anéis e em Dezoito Ciclos de Umedecimento e Secagem

Solos	Anel		
	Superior	Médio	Inferior
LA	20,87 Ab	19,64 Ab	19,70 Ab
LE	0,28 Ad	0,76 Ac	0,93 Ac
LU	31,91 Aa	26,59 Aa	27,81 Aa
LV	16,01 Ac	0,13 Bc	0,14 Bc

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste SNK.

Assim sendo, a discussão dos resultados obtidos na avaliação dos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre as porcentagens de argila dispersa em água enfoca, principalmente, as alterações ocorridas na quantidade de cargas elétricas líquida dos solos estudados. O comportamento do ponto de carga zero (PCZ) e da dupla camada difusa está intimamente relacionado com as mudanças ocorridas e que culminaram com as alterações observadas.

O LA apresentou, em todos os ensaios realizados, porcentagens de argila dispersa em água que não diferiram estatisticamente entre anéis. Tais resultados podem ser atribuídos, principalmente, ao tipo de argila e matéria orgânica e à composição textural desse solo.

SIQUEIRA (1985), estudando latossolos, encontrou correlação entre PCZ e teor de matéria orgânica. Verificou, porém, que, para solos com índices Ki mais altos, menor contribuição da matéria orgânica para redução de PCZ, quando comparada a perfis que possuem índices Ki baixos. Dessa forma, considerando os dados obtidos por FERREIRA (1988), espera-se que o PCZ do LA esteja em função, principalmente, da fração argila. RAIJ (1973) afirmou que óxidos de ferro e alumínio são responsáveis pela elevação do PCZ, enquanto a matéria orgânica e os minerais de argila silicatada concorrem para o seu abaixamento.

Nas condições deste estudo, somente foi possível a estimativa do PCZ, de acordo com Keng, citado por UEHARA (1979), considerando os horizontes coletados individualmente, a mistura na proporção utilizada nos ensaios e a não-aplicação de ciclos de umedecimento e secagem (Quadro 29). Apesar das limitações inerentes a qualquer estimativa, procurou-se obter, com esses dados, inferências a respeito das razões que levaram ao comportamento observado, sendo, porém, necessários estudos mais pormenorizados.

O PCZ estimado do LA e LU, ambos cauliníticos, apresenta os menores valores em comparação ao latossolos gibbsíticos, LE e LV, o que implica pequena quantidade de cargas elétricas. Esse fato, juntamente com a ligeira elevação da concentração de cátions e ânions, apesar do caráter endoálico, e a alta porcentagem de areia originaram condições para uma baixa neutralização de cargas elétricas que, conseqüentemente, irão aumentar a espessura da dupla

QUADRO 29 - Médias do pH em Água e em KCl, das Estimativas do Ponto de Carga Zero (PCZ) e Delta pH (Δ pH), das Porcentagens de Argila Dispersa em Água dos Horizontes A e B dos Latossolos Estudados e da Mistura dos Horizontes A+B (1:1) Utilizada nos Ensaio

Classes de Solo	Horizontes ou Mistura	pH em água	pH em KCl	PCZ	Δ pH	Argila Dispersa (%)
LA	A	5,9	4,5	3,1	-1,4	14,52
LA	B	5,0	3,9	2,8	-1,1	26,22
LA	A + B	5,5	4,2	2,9	-1,3	19,89
LE	A	5,4	4,2	3,1	-1,2	25,27
LE	B	5,5	5,0	4,6	-1,5	2,93
LE	A + B	5,5	4,5	3,6	-1,0	0,18
LU	A	4,9	3,8	2,7	-1,1	29,11
LU	B	4,8	4,2	3,7	-0,6	0,16
LU	A + B	5,0	4,0	3,0	-1,0	33,00
LV	A	5,6	4,4	3,2	-1,2	15,09
LV	B	5,5	4,7	3,9	-0,8	19,97
LV	A + B	5,7	4,6	3,5	-1,1	18,53

camada difusa, conforme várias teorias discutidas por TAN (1982). Dessa forma, a interface de contato entre camadas estará mais concentrada de cargas negativas ou positivas, de acordo com o predomínio dessas na fração mineral. Quando próximas, provocarão a repulsão das partículas por estarem com o mesmo tipo de cargas, aumentando a distância e formando uma suspensão estável de argila.

Com este raciocínio, compreendem-se também as diferenças que existem entre as porcentagens de argila dispersa em água dos horizontes A, B e da mistura utilizada nos ensaios. Pelo Quadro 29, a porcentagem de argila dispersa em água no horizonte A foi bem menor que a encontrada no horizonte B e intermediária na mistura. O que se pode inferir é que a matéria orgânica do horizonte A, menos estável em virtude das condições de gênese desse solo, apresentou menor quantidade de cargas elétricas, proporcionando condições para a menor dispersão, quando comparado à do horizonte B. Especificamente para esse solo, a matéria orgânica teve maior contribuição, quando correlacionada com o PCZ, pois apresentou grande quantidade de areia na composição granulométrica, em contraposição as observações de SIQUEIRA (1985).

O LU apresentou porcentagens de argila dispersa em água bastante diferenciadas, quando comparadas às dos horizontes A e B, o que reflete a maior participação da matéria orgânica, comparativamente ao LA, no abaixamento do PCZ, uma vez que a fração mineral não variou muito. Assim, a maior quantidade de cargas elétricas a serem neutralizadas

pelos íons presentes na solução do solo do horizonte A, originários da matéria orgânica e/ou da fração mineral, levam a uma maior espessura da dupla camada difusa e, conseqüentemente, à dispersão das partículas. Por outro lado, o horizonte B comporta-se de forma contrária, considerando principalmente, os menores teores de matéria orgânica, ou seja, a menor quantidade de cargas e espessura da dupla camada difusa, que faz com que as partículas fiquem mais próximas e, portanto, floculadas. A dispersão irá predominar na mistura de 1:1 dos horizontes A e B, pois cargas elétricas continuam sem ser neutralizadas.

O mesmo comportamento identificado em condições naturais foi observado em grande parte dos ensaios. Todavia, quando nove e doze ciclos foram aplicados, houve uma drástica mudança nas porcentagens de argila dispersa nos anéis avaliados. É provável que essa redução esteja relacionada com a mineralização da matéria orgânica mais ativa. Outro fator que pode ser atribuído é a elevação da concentração de íons, devida à fragmentação de agregados, conforme MOURA FILHO e BUOL (1976). Cargas elétricas foram eliminadas e/ou neutralizadas, elevando o PCZ e reduzindo a espessura da dupla camada difusa, o que possibilitou maior aproximação entre as partículas e o predomínio das forças de Van der Waals, culminando com a floculação da argila. Entretanto, a continuidade dos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem, fragmentando agregados e elevando o conteúdo de matéria orgânica, provocou nova dispersão da fração mineral, pois houve um desbalanceamento de cargas elétricas e a modificação da espessura da dupla camada

difusa, predominando com o número crescente de ciclos.

Ressalta-se que, com nove ciclos de umedecimento e secagem, o anel médio e o inferior apresentaram baixas porcentagens de argila dispersa em água, o que não ocorreu no anel superior. Provavelmente, o comportamento desses anéis está relacionado com a lixiviação de íons, que neutralizariam cargas elétricas, e favorecido pela menor intensidade dos ciclos de umedecimento e secagem, pela mineralização menos intensa da matéria orgânica, pela liberação de íons, pela fragmentação de agregados e pela dispersão no anel superior, que condiciona menor adsorção de íons e, conseqüentemente, a lixiviação. Dessa forma, o PCZ seria elevado por causa da maior neutralização de cargas e da redução da espessura de dupla camada difusa.

O LU apresenta, também, uma considerável proporção de areia na sua fração mineral e deve estar intimamente relacionado com o comportamento observado, como ocorrido com o LA. A redução do espaço poroso, mais acentuada nos latossolos cauliniticos, pode ter contribuído para o comportamento observado.

A estimativa do PCZ do LE e LV, nos horizontes A e B e na mistura utilizada nos ensaios, confirma as observações de RAIJ (1973), segundo a qual os óxidos de ferro e alumínio contribuem para a elevação do PCZ. Comparando o LA e LU, verifica-se que os valores estimados são relativamente maiores. Entretanto, não se deve esquecer a participação relevante da matéria orgânica no abaixamento do PCZ do LE e LU, caracteristicamente de índices K_i baixos, conforme SIQUEIRA (1985).

TAN (1982) ressaltou também a importância que as cargas positivas têm para os solos com altos teores de óxidos de ferro e alumínio. Essas cargas originam-se da protonação ou adição de íons H^+ a grupos hidroxílicos, mecanismo dependente do pH e da valência dos íons metálicos e que são muito significantes nos solos com propriedades semelhantes aos usados neste estudo. Segundo o mesmo autor, a gibbsita é carregada positivamente a pH 7,0 ou menos.

Os teores de argila dispersa em água variaram com o horizonte e mesmo com a mistura utilizada nos ensaios. Tais resultados, certamente, influenciaram todo o comportamento desses solos sob efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem.

O LE, com teor de matéria orgânica elevado no horizonte A, apresentou proporções elevadas de argila dispersa em água, o que já não ocorreu com o horizonte B. Os teores de matéria orgânica mais elevados no horizonte A, bem como a sua maior correlação com o PCZ, levaram à dispersão da argila, visto não serem os íons suficientes para a neutralização de todas as cargas elétricas. Por outro lado, o horizonte B, com menor teor de matéria orgânica, apresentou baixas proporções de argila dispersa em água, reflexo da maior quantidade de cargas positivas, elevando o PCZ próximo ao pH do solo, ou seja, no máximo de floculação.

O comportamento observado para a mistura de horizontes do LE utilizada nos ensaios manteve-se ao longo dos ciclos de umedecimento e secagem, porém, em alguns, ocorreram a redução e a elevação das porcentagens de argila dispersa em água. Estes resultados devem estar relacionados

com a fragmentação de agregados, liberando nutrientes, bem como a decomposição de matéria orgânica pela flora microbiana. A redução dos teores de argila dispersa em água, quando seis ciclos de umedecimento e secagem foram aplicados, associou-se à eliminação de cargas elétricas pela flora microbiana, por meio da decomposição da matéria orgânica, e à maior disponibilidade de íons neutralizadores, de acordo com MOURA FILHO e BUOL (1976).

O LV, de propriedades mineralógicas semelhantes ao LE, não apresentou porcentagens de argila dispersa dos horizontes A e B muito diferenciadas. O horizonte A apresentou uma porcentagem ligeiramente inferior ao B. Pressupõe-se que a maior quantidade de cargas negativas, originárias da matéria orgânica, esteja sendo compensada pelas cargas positivas do horizonte B, dando origem a uma menor dispersão da fração mineral e orgânica, ocorrendo o mesmo com a mistura de agregados dos horizontes A e B. Entretanto, ao longo dos ciclos de umedecimento e secagem, a redução dos teores de argila dispersa iniciou-se a partir de seis ciclos, atingindo o máximo a seis, nove e doze ciclos de umedecimento e secagem para os três anéis, inferior, médio e superior, respectivamente.

Os mesmos motivos que levaram aos resultados obtidos para o LE podem ser atribuídos ao LV, ou seja, liberação de nutrientes e decomposição de matéria orgânica em conjunto com a sua maior disponibilidade. Todavia, todo esse processo culminou com a neutralização de cargas elétricas e a floculação da argila dispersa em água. Condições de lixiviação de nutrientes devem ter contribuído para o efeito

observado em profundidade, de acordo com tendências constatadas para alguns íons. Essa condição, entretanto, não perdurou no anel superior, em decorrência dos efeitos mais intensos dos ciclos de umedecimento e secagem na superfície, provocando a elevação da quantidade de íons, cargas elétricas e material orgânico na superfície.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre propriedades físicas e químicas de quatro latossolos (LA, LE, LU e LV) dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Em ensaios conduzidos em casa-de-vegetação, utilizaram-se agregados dos horizontes A e B, coletados individualmente, de diâmetro no intervalo de 2,00-0,25 mm, separados por agitação mecânica. As colunas de solo montadas em tubos de PVC foram preenchidas com material proveniente dos horizontes coletados, na proporção de 1:1, e submetidas à 0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 ciclos de umedecimento e secagem. Esses ciclos foram definidos a partir da disponibilidade total de água, ou seja, a água disponível entre a capacidade de campo e o ponto de murcha, adotando-se um fator de disponibilidade de 0,70.

Dois tipos de colunas foram usados, sendo necessária a condução de dois ensaios paralelos, por causa,

principalmente, dos métodos propostos de avaliação das propriedades. Em ambos, adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições, tendo sido os tratamentos dispostos no esquema de parcelas subdivididas, no qual as quatro classes de solo foram representadas pelas parcelas e as subparcelas pelos três anéis (superior, médio e inferior), em que foram divididas as colunas de solo. O esquema anterior não se repetiu no segundo conjunto, pois a avaliação dos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre a distribuição de poros deveria ser realizada em colunas de solo indeformadas, situação que requereu a condução de ensaios paralelos. Os materiais de solo foram usados, mantendo-se as suas propriedades químicas naturais, não tendo sido submetidos a qualquer tratamento químico. Completado o número de ciclos de umedecimento e secagem, as colunas foram reumedecidas, separadas em anéis, secas ao ar e, a seguir, analisadas.

Os resultados permitiram concluir que os efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem são:

- Fragmentação seletiva de agregados que podem, também, movimentar-se verticalmente na coluna de solo, com reflexos nas demais propriedades, principalmente químicas.
- Redução do espaço poroso existente entre agregados, em decorrência da ocupação por agregados e/ou partículas primárias que se movimentaram em profundidade e da acomodação natural do solo devido ao umedecimento.
- Exposição de elementos químicos e matéria orgânica localizada no interior de agregados, em decorrência da

fragmentação, que alteram, conseqüentemente, o comportamento das propriedades químicas correlacionadas.

- Alterações na quantidade de cargas elétricas líquida, associadas ao ponto de carga zero e à dupla camada difusa, que provocaram variações nas porcentagens de argila dispersa em água, à medida que íons são liberados ou não pelas modificações originárias dos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem.

BIBLIOGRAFIA

6. BIBLIOGRAFIA

1. ALVAREZ, U.H. Análise Químicas do Solo. Viçosa, UFV, 1985. 77p. (Mimeografado).
2. AL-RAWI, J. & TAWFIC, I. Effect of different organic materials on water stability of soil aggregates. Iraq, Scientific Research Foundation, 1978. p.1-18. (Tech. Bull., 130).
3. BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARNER, W.R. Física de suelos. México, Union Tipográfica Hispano Americana, 1972. 529p.
4. BERNARDO, S. Manual de irrigação. 2.ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1982. 463p.
5. BOUMA, J. Guide to the study of water movement in soil pedons above the water table. Madison, University of Wisconsin Extension, 1973. 194p.
6. BOUYOUCOS, G.J. The influence of water on soil granulation. Soil Science, 18: 103-108, 1924.
7. BRAUNACK, M.V.; HEWITT, J.S.; DEXTER, A.R. Brittle fracture of soil aggregates and the compaction of aggregates beds. Journal of Soil Science, 30: 653-667, 1979.
8. BUSTAMANTE, F. Relacion entre el grado de application del agua del riegao y la estrutura del suelo. Revista Facultad Nacional de Agronomia, 30: 18-27, 1975.

9. CARVALHO, A.F. Emprego da agitação horizontal na avaliação de estabilidade de agregados de cinco solos da Região Sudeste. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1991. 75p. (Tese de Mestrado)
10. CHANEY, K. & SWIFT, R.S. Studies on aggregate stability. I. Re-formation of soil aggregates. Journal of Soil Science, 37: 329-335, 1986.
11. CHEPIL, W.S. & WOODRUFF, N.P. The physics of wind erosion and its control. Advances in Agronomy, 15: 211-302, 1963.
12. COSTA, L.M.; MORAIS, E.J.; RIBEIRO, A.C.; FONSECA, S. Cargas elétricas de um Latossolo Vermelho Amarelo com diferentes coberturas florestais. Revista Ceres, 37: 351-359, 1984.
13. DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. (ed.) Methods of soil analysis. Physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 1. p. 545-567.
14. DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. Análise química do solo: metodologia. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1981. 17p. (Boletim de Extensão, 29).
15. DEXTER, A.R.; KROESBERGEN, B.; KUIPERS, H. Some mechanical properties of aggregates of top soils from the IJsselmeer polders. 2. Remoulded soil aggregates and the effects of wetting and drying cycles. Netherlands Journal of Agricultural Science, 32: 215-227, 1984.
16. EMBRAPA Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1979. n.p.
17. FASSBENDER, H.W. Química de Suelos. con ênfase em Suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA, 1984. 422 p.
18. FERREIRA, M.M. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos Brasileiros. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1988. 79p. (Tese de Doutorado).
19. HAINES, W.B. The volume changes associated with variations of water content in soil. Journal of Agricultural Science, 13: 296-310, 1923.
20. HARRIS, R.F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O.N. Dynamics of soil aggregation. Advances in Agronomy, 18: 107-169, 1966.

21. HARRIS, W.L. The soil compaction process. In: BARNES, K.K.; CARLETON, W.M.; TAYLOR, H.M.; THROCKMORTON, R.I.; VANDENBERG, G.E. Compaction of Agricultural Soils. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 1971. p. 9-46.
22. HILLEL, D. Crust formation in loessial soils. In: INTERNACIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 1, 1960. Proceedings. s.n.t. p. 330-339.
23. HILLEL, D. Introduction to soil physics. New York, Academic Press, 1982. 364p.
24. HOFMAN, G. The influence of drying and storing soil samples on aggregate stability. Mededelingen van Faculteit Landbouwwetenschappen Rijks-universiteit Gent, 41: 101-106, 1976.
25. HORN, R. & DEXTER, A.R. Dynamics of soil aggregation in an irrigated desert loess. Soil & Tillage Research, 13: 253-266, 1989.
26. JUCKSCH, I. Calagem e dispersão de argila em amostra de um Latossolo Vermelho - Escuro. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1987. 37p. (Tese de Mestrado).
27. KEMPER, W.D.; EVANS, D.D.; HOUGH, H.W. Crust strength and cracking. In: CARY, J.W. & EVANS, D.D. (ed.) Soil crusts, s.o., Agricultural Experiment Station, University of Arizona, 1974. p. 31-38 (Tech. Bull., 214)
28. KEMPER, D. & ROSENAU, R.C. Soil cohesion as affected by time and water content. Soil Science Society of American Journal, 48: 1001-1006, 1984.
29. LARSEN, W.E. & ALLMARAS, R.R. Management factors and natural forces as related to compaction. In: Compaction of agricultural soils. St. Joseph, Michigan, U.S.A. American Society of Agricultural Engineers, 1971. (Monograph).
30. LEMOS, P. & LUTZ, J.F. Soil crusting and some factors affecting it. Soil Science Society of American Proceedings, 21: 485-491, 1957.
31. MALAVOLTA, E. Manual de Química Agrícola, Nutrição mineral de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1976. 528 p.
32. MAULOOD, A.O.; SALIH, R.O.; JACK, F.J. The influence of reed straw on some physical properties of a silty clay soil: 4th Science Conference, 23-28 Oct. Scientific Research Council, Iraq, 1: 27-34, 1986.

33. McGEORGE, W.T. Studies on soil structure: some physical characteristics of puddled soils Arizona, Arizona Agricultural Experiment Station, 1937 p. 122-127. (Bulletin, 67).
34. McHENRY, J.R. & RUSSELL, M.B. Elementary mechanics of soil aggregation of puddled materials. Soil Science Society of American Proceedings, 8: 71-78, 1943.
35. McKENZIE, B.M. & DEXTER, A.R. Mellowing and anisotropy induced by wetting of moulded soil samples. Australian Journal Science Research, 23: 37-47, 1985.
36. MENDONÇA, E.S. Matéria Orgânica e Características Químicas de Agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob Mata Natural, Seringueira e Pastagem. Vicosa, UFV, Imp. Univ., 1988. 78 p. (Tese de Mestrado).
37. MOURA FILHO, W. & BUOL, S.W. Studies of a Latosol Roxo (Eutrústox) in Brazil: micromorphology effect on ion release. Experientae, 21: 161-177, 1976.
38. NIJHAWAN, S.D. & OLMSTEAD, L.B. The effect of sample pre-treatment upon soil aggregation in wet-sieve analysis. Soil Science Society of American Proceedings, 12: 50-53, 1947.
39. PETERSON, J.B. Formation of water-stable structure in puddled soils. Soil Science, 55: 289-300, 1943.
40. RAIJ, B.V. Determinação do ponto de carga zero em solos. Bragantia, 32: 337-347, 1973.
41. RICHARDS, L.A. & FIREMAN, M. Pressure - plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. Soil Science, 56: 395-404, 1943.
42. RICHARDSON, S.J. Effect of artificial weathering cycles on the structural stability of a dispersed silt soil. Journal of Soil Science, 27: 287-294, 1976.
43. ROST, C.O. & ROWLES, C.A. A study of the factors affecting the stability of soil aggregates. Soil Science Society of American Proceedings, 5: 421-433, 1941.
44. ROVIRA, A.D. & GREACEN, E.L. The effect of aggregate disruption on the activity of microorganisms in the soil. Australian Journal of Agricultural Research, 8: 659-673, 1957.
45. RUSSELL, W.W. Soil structure. Imp. Bur. Sci. Tech. Commun., 37: 1-40, 1938.
46. SALIH, R.O. & MAULOOD, A.O. Influence of temperature and cycles of wetting and drying on modulus of rupture. Soil & Tillage Research, 11: 73-78, 1988.

47. SANCHEZ, P. Suelos Del Trópico; características y manejo. San José, Costa Rica, IICA, 1981. 606 p.
48. SILLANPÄÄ, M. & WEBBER, L.R. The effects of freezing-thawing and wetting-drying cycles on soil aggregation. Canadian Journal of Soil Science, 41: 182-187, 1961.
49. SIQUEIRA, C. Eletroquímica de Solos Tropicais de Carga Variável: Efeito da Matéria Orgânica. Seropédica, R.J. UFRRJ, 1985 (Tese de Doutorado)
50. SOULIDES, D.A. & ALLINSON, F.E. Effect of drying and freezing soils on carbon dioxide production, available mineral nutrients, aggregation and bacterial population. Soil Science, 91: 291-298, 1961.
51. TAN, K.H. Principles of Soil Chemistry New York, Marcel Dekker, 1982. 267 p.
52. TELFAIR, D.; GARDNER, M.R.; MIARS, D. The restoration of a structurally degenerated soil. Soil Science Society of American Proceedings, 21: 131-134, 1957.
53. UEHARA, G. Mineralo-chemical properties of oxisols. In: INTERNACIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 2, Malaysia, 1978. Proceedings... Bangkok, Soil Survey Division, Land Development Department, 1979. Part 1, p. 45-60.
54. UEHARA, G. & JONES, R.C. Bonding mechanisms for soil crusts: particle surfaces and cementing agents. In: CARY, J.W. & EVANS, D.D. (ed.) Soil crusts. Arizona, Arizona Agricultural Experiment Station, University of Arizona, 1974. p. 17-29. (Tech. Bull. number 214).
55. UTOMO, W.H. & DEXTER, A.R. Tilt mellowing. Journal of Soil Science, 32: 187-201, 1981.
56. UTOMO, W.H. & DEXTER, A.R. Changes in soil aggregate stability induced by wetting and drying cycles in non-saturated soil. Journal of Soil Science, 33: 623-637, 1982.
57. WILLIS, W.O. Freezing and thawing, and wetting and drying in soils treated with organic chemicals. Soil Science Society of American Proceedings, 19: 263-267, 1955.
58. WILTON, B. The use of high velocity times breaking clods. Journal of Agricultural Engineering Research, 8: 107-114, 1963.
59. WOODBURN, R. Aggregation of Houston clay in Mississippi. Soil Science Society of American Proceedings, 9: 30-36, 1944.

60. YODER, R.E. A direct method of agregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. Journal of the American Society of Agronomy. 28: 337-351, 1936.

APÊNDICE

APÊNDICE A

QUADRO 1A - Resumo da Análise de Variância Conjunta dos Dados de Estabilidade de Agregados em Água em Cinco Classes de Diâmetro, Argila Dispersa em Água, Carbono Orgânico, SB, CTC Total e Efetiva e V dos Quatros Latossolos nos Três Anéis e Ciclos de Umedecimento e Secagem Avaliados

Fonte de Variação	G.L.	Classes de Diâmetro (em mm)										Características Químicas				
		2,00-1,00	1,00-0,50	0,50-0,25	0,25-0,105	0,105-0,053	Carb.	SB	CTC Tot.	CTC Ef.	V	Argila Dispersa				
Ciclos (C)	6	8,7465**	9,5776ns	51,2698**	1,2570**	0,5387**	1,6185**	0,5640**	4,8769**	0,6654**	243,8255**	1,290,7150**				
Solos (S)	3	300,3232**	2,083,1040**	19,858,4880**	666,5129**	21,2292**	55,6276**	22,5543**	202,4349**	30,2835**	29,939,3540**	12,889,4300**				
C x S	18	3,2245**	9,7024*	39,8007**	1,2610**	0,1228**	0,4685ns	0,2864**	1,0680**	0,2728**	58,3931**	743,7526**				
Resíduo (a)	112	1,0650	4,6083	13,8544	0,3703	0,0441	0,2977	0,0998	0,0741	0,0198	7,5300	6,7131				
Anéis (A)	2	103,5428**	240,7355**	952,2031**	4,0713**	0,4693**	0,3024**	0,027ns	0,0467ns	0,0398**	20,1769**	810,6133**				
C x A	12	3,2997**	4,9085ns	6,3929ns	0,360ns	0,040ns	0,0938ns	0,0859ns	0,1951**	0,0164*	5,3164*	93,6653**				
S x A	6	15,4505**	85,0410**	209,6824**	10,0203**	0,0527ns	0,1595ns	0,1052ns	0,3433**	0,0377**	3,7424ns	244,9694**				
C x S x A	36	1,0649ns	3,3364ns	7,7346ns	0,3724ns	0,0434ns	0,0923ns	0,0976ns	0,0581ns	0,0091ns	2,2885ns	78,6782**				
Resíduo (b)	224	0,8544	3,6179	8,7447	0,2951	0,0589	0,0937	0,0916	0,0575	0,0071	2,2779	4,5533				
C Vp (X)	26,17	19,55	21,78	14,44	15,45	31,29	52,69	5,71	16,84	18,40	19,31					
C Vs (X)	23,44	17,32	17,30	13,07	18,09	17,55	50,48	5,03	10,00	10,12	15,90					

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.
 * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
 ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
 CVP Coeficiente de Variação da parcela.
 CVs Coeficiente de Variação da subparcela.

QUADRO 2A - Resumo da Análise de Variância Conjunta dos Dados de Porcentagem de Poros Distribuídos em Classes de Diâmetro dos Quatro Latossolos Estudados e Ciclos de Umedecimento e Secagem Avaliados

		Quadrados Médios (Q.M.)						
Fonte de Variação	G.L.	Diâmetro de Poros (em mm)					Macroporos	Microporos
		< 0,03	0,03-0,05	0,05-0,074	0,074-0,15	> 0,15		
Ciclos (C)	6	6,8524*	0,1576**	1,5522**	48,7201**	137,8723**	34,9866**	6,1959*
Solos (S)	3	1.923,9960***	0,6381**	0,2222ns	60,2368**	43,8997ns	107,7505**	1.929,7770***
C x S	18	2,5757ns	0,1046**	0,5122ns	19,5398ns	51,3246*	16,8318**	2,9757ns
Resíduo	112	2,4141	0,0336	0,7116	15,1898	27,0514	6,6472	2,6614
C.V. (%)		6,89	18,67	46,94	23,82	25,03	6,62	6,94

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 3A - Resumo da Análise de Variância dos Dados de Porcentagem de Argila Dispersa em Água dos Quatro Latossolos Estudados nos Três Anéis e Ciclos de Umedecimento e Secagem Avaliados

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios (Q.M.)						
		Ciclos de Umedecimento e Secagem						
		0	3	6	9	12	15	18
Solos (S)	3	2.720,6130**	3.492,2620**	3.281,8880**	1.016,2610**	1.225,3230**	3.484,2690**	2.531,3330**
Resíduo (a)	16	4,7559	17,7389	8,1694	1,3779	0,3379	2,2338	12,3781
Anéis (A)	2	25,2278**	12,6245*	174,5604**	836,1598**	0,8577ns	134,7641**	188,4106**
S x A	6	5,6701ns	4,6651ns	117,6726**	396,2714**	0,3042ns	101,2872**	91,1679**
Resíduo (b)	32	4,5110	2,9771	9,4736	1,3174	0,3998	0,9681	12,2274
CVp (%)		12,28	24,96	17,70	12,98	11,10	9,81	25,62
CVs (%)		11,96	10,23	19,06	12,69	12,07	6,46	25,47

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

CVp Coeficiente de Variação da parcela.

CVs Coeficiente de Variação da subparcela.

QUADRO 4A - Resumo da Análise de Variância dos Dados de Porcentagem de Poros com Diâmetro Abaixo de 0,03 mm, entre 0,05-0,074 mm e 0,074-0,15 mm em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios (Q.M.)			
		Diâmetro de Poros (em mm)			Microporos
		< 0,03	0,05-0,074	0,074-0,15	
Ciclos (C)	(6)	6,8524*	1,5522**	48,7201**	6,1959*
Efeito Linear	1	10,3511*	0,5707ns	55,4550ns	13,3995*
Efeito Quadrático	1	9,6597	0,0223ns	56,0883ns	9,2699ns
Efeito Cúbico	1	10,7922*	5,4600**	136,6661**	7,3516ns
Desvio	3	3,4371ns	1,0867ns	14,7038ns	2,5169ns
Solos (S)	3	1.923,9960**	0,2222ns	60,2368**	1.929,7770**
C x S	18	2,5757ns	0,5122ns	19,5398ns	2,9759ns
Resíduo	112	2,4141	0,7116	15,1898	2,6614

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 5A - Resumo da Análise de Variância dos Dados de Porcentagem de Carbono Orgânico em Função dos Ciclos de Umedecimento e Secagem

Fonte de Variação	G.L	Carbono Orgânico
		Quadrado Médios (Q.M.)
Ciclos (C)	(6)	1,6185**
Efeito Linear	1	0,2894ns
Efeito Quadrático	1	5,1962**
Efeito Cúbico	1	0,8246ns
Desvio	3	1,1336*
Solos (S)	3	55,6276**
C x S	18	0,4685ns
Resíduo (a)	112	0,2977
Anéis (A)	2	0,3024**
C x A	12	0,0938ns
S x A	6	0,1595ns
C x S x A	36	0,0923ns
Resíduo (b)	224	0,0937

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

QUADRO 6A - Resumo da Análise de Variância dos Dados de Estabilidade em Água de Agregados em Cinco Classes de Diâmetro, SB, CTC Total e Efetiva e V com Desdobramento da Interação de Ciclos de Umedecimento e Secagem e Classes de Solos Estudadas

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios (Q.M.)								
		Classes de Diâmetro (em mm)					Características Químicas			
		2,00-1,00	1,00-0,50	0,50-0,21	0,21-0,105	0,105-0,053	SB	CTC Total	CTC Efetiva	V
Solos (S)	3	380,3232**	2.083,1040**	19.858,0800**	666,5129**	24,2292**	22,5543**	262,4369**	30,2835**	29.939,3500**
Ciclos/LA	(6)	0,7191ns	0,6076ns	0,1163ns	0,0219ns	0,0184ns	0,2475*	0,6787**	0,3368**	232,2688**
Efeito Linear	1	0,0231ns	0,0485ns	0,0112ns	0,0008ns	0,0157ns	0,00005ns	0,0681ns	0,0309ns	54,2886**
Efeito Quadrático	1	0,4894ns	1,2440ns	0,5517ns	0,0567ns	0,0327ns	0,8362**	0,1125ns	0,9589**	622,1696**
Efeito Cúbico	1	0,0001ns	0,7745ns	0,0050ns	0,0245ns	0,0211ns	0,0041ns	3,3331**	0,3204**	96,3066**
Desvio	3	1,2673ns	0,5263ns	0,0434ns	0,0166ns	0,0137ns	0,2148ns	0,1863ns	0,2369**	206,8294**
Ciclos/LE	(6)	7,8744**	15,4601**	86,2954**	1,8685**	0,2752**	0,1014ns	0,9858**	0,0534**	61,1666**
Efeito Linear	1	12,7892**	17,1228ns	5,5961ns	5,9348**	1,0840**	0,0552ns	1,0580**	0,0011ns	83,6162**
Efeito Quadrático	1	0,4570ns	60,8405**	67,0922*	0,2732ns	0,2320*	0,3418ns	2,7272**	0,1389**	230,5726**
Efeito Cúbico	1	22,4422**	7,6407ns	75,3855*	0,0013ns	0,0109ns	0,0589ns	0,8084**	0,0130ns	3,7209ns
Desvio	3	3,8526*	2,3855ns	123,2328**	1,6672**	0,1082ns	0,0509ns	0,4404**	0,0557*	16,3634ns
Ciclos/LU	(6)	3,2996**	0,9276ns	0,1012ns	0,8535*	0,2630**	0,4577**	3,8711**	0,9792**	98,5870**
Efeito Linear	1	0,0067ns	0,3216ns	0,3412ns	1,5668*	1,0111**	0,0440ns	6,8532**	0,4534*	0,8868ns
Efeito Quadrático	1	10,7595**	0,2167ns	0,0095ns	0,0368ns	0,0019ns	2,2529**	0,0821ns	1,4389**	522,3875**
Efeito Cúbico	1	5,6850*	0,9363ns	0,0441ns	2,1860*	0,0684ns	0,0405ns	4,1774**	0,1681**	32,1604*
Desvio	3	1,1156ns	1,3627ns	0,2307ns	0,4437ns	0,1654*	0,1284ns	4,0381**	1,2715**	12,0291ns

Continua...

QUADRO 6A, Cont.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios (Q.M.)								
		Classes de Diâmetro (em mm)					Características Químicas			
		2,00-1,00	1,00-0,50	0,50-0,21	0,21-0,105	0,105-0,053	SB	CTC Total	CTC Efetiva	V
Ciclos/LV	(6)	6,5870**	21,6895**	84,0791*	2,2962**	0,3505**	0,6194**	2,5470**	0,1146**	27,0422**
Efeito Linear	1	0,9673ns	58,6662**	47,2546ns	5,6149**	1,2705**	0,3309ns	3,5328**	0,2472**	17,6917ns
Efeito Quadrático	1	0,0646ns	4,6376ns	205,8476**	7,3362**	0,0335ns	0,0147ns	4,0415**	0,0685ns	93,9177**
Efeito Cúbico	1	23,9551**	41,0133**	3,8410ns	0,0449ns	0,7550**	0,3737ns	0,1353ns	0,0810*	0,3610ns
Desvio	1	4,8449**	8,6066ns	82,5104*	0,2604ns	0,0147ns	0,9990**	2,5242**	0,0969*	16,7609ns
Resíduo (a)	112	1,0650	4,6083	13,8504	0,3703	0,0441	0,0998	0,0741	0,0198	7,5300
Anéis (A)	2	103,5428**	240,7355**	952,2031**	4,0713**	0,4603**	0,0277ns	0,0467ns	0,0398**	28,1769**
C x A	12	3,2997**	4,9085ns	6,3929ns	0,3600ns	0,0480ns	0,0059ns	0,1951**	0,0160*	5,3164*
S x A	6	15,4505**	85,0410**	209,6824**	10,0203**	0,0527ns	0,1052ns	0,3433**	0,0377**	3,7424ns
C x S x A	36	1,0649ns	3,3364ns	7,7346ns	0,3724ns	0,0434ns	0,0976ns	0,0581ns	0,0091ns	2,2885ns
Resíduo (b)	224	0,8544	3,6179	8,7447	0,2951	0,0589	0,0916	0,0575	0,0071	2,2779

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 7A - Resumo da Análise de Variância dos Dados de Porcentagem de Poros com Diâmetro entre 0,03-0,05 mm e Acima de 0,15 mm com Desdobramento da Interação entre Ciclos de Umedecimento e Secagem e Classes de Solo Estudadas

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios (Q.M.)		
		Diâmetro de Poros (em mm)		Macroporos
		0,03-0,05	> 0,15	
Solos (S)	3	0,6381**	43,8997ns	107,7505**
Ciclos/LA	(6)	0,1467**	40,6201ns	6,5425ns
Efeito Linear	1	0,1676*	131,8967*	12,7629ns
Efeito Quadrático	1	0,0072ns	13,3077ns	1,1841ns
Efeito Cúbico	1	0,5907**	10,6313ns	4,1773ns
Desvio	3	0,0382ns	29,2950ns	7,0437ns
Ciclos/LE	(6)	0,0540ns	31,3311ns	9,3049ns
Efeito Linear	1	0,1185ns	1,1563ns	0,8890ns
Efeito Quadrático	1	0,0371ns	73,9693ns	23,4091ns
Efeito Cúbico	1	0,0049ns	44,7368ns	10,3239ns
Desvio	3	0,0545ns	22,7081ns	7,0693ns
Ciclos/LU	(6)	0,2143**	149,8081**	29,3547**
Efeito Linear	1	0,5394**	530,8418**	86,6333**
Efeito Quadrático	1	0,3744**	11,4658ns	5,5604ns
Efeito Cúbico	1	0,0337ns	309,0417**	58,6452**
Desvio	3	0,1128*	15,8331ns	8,4298ns
Ciclos/LV	(6)	0,0565ns	70,0869*	40,2797**
Efeito Linear	1	0,0075ns	2,1367ns	15,2917ns
Efeito Quadrático	1	0,0432ns	250,0261**	113,6171**
Efeito Cúbico	1	0,0706ns	29,1033ns	1,6926ns
Desvio	3	0,0726ns	139,2550**	37,0256**
Resíduo	112	0,0336	27,0514	6,6472

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 8A - Resumo da Análise de Variância dos Dados de Estabilidade de Agregados em Água da Classe de Diâmetro entre 2,00-1,00 mm, CTC Total e Efetiva e V com Desdobramento da Interação entre Ciclos de Umedecimento e Secagem e Anéis Avaliados

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios (Q.M.)			
		Agregados	Característica Química		
		2,00-1,00mm	CTC Tot.	CTC Ef.	V
Ciclos (C)	6	8,7465**	4,8769**	0,6657**	243,8255**
Solos (S)	3	380,3232**	202,4369**	30,2835**	29.939,3500**
C x S	18	3,2245**	1,0686**	0,2728**	58,3931**
Resíduo (a)	112	1,0650	0,0741	0,0198	7,5300
Anéis (A)	2	103,5428**	0,0467ns	0,0398**	28,1769**
Ciclos/Anel S	(6)	12,9769**	1,4504**	0,2468**	68,2865**
Efeito Linear	1	7,6016**	4,8360**	0,2407**	2,0521**
Efeito Quadrático	1	10,3200**	0,1227**	0,8545**	355,9476**
Efeito Cúbico	1	37,1792**	1,5030**	0,1197**	9,9762*
Desvio	3	7,5869**	0,7469**	0,0887**	13,9144**
Ciclos/Anel M	(6)	1,0964**	2,0693**	0,1912**	83,7654**
Efeito Linear	1	0,2634**	2,3182**	0,0408**	9,0019**
Efeito Quadrático	1	1,1311**	1,3572**	0,4372**	435,1332**
Efeito Cúbico	1	4,4147**	2,8552**	0,3162**	9,5203*
Desvio	3	0,2565**	1,9618**	0,1177**	16,3123**
Ciclos/Anel I	(6)	1,2726**	1,7474**	0,2594**	102,4063**
Efeito Linear	1	0,0038ns	1,6644**	0,1980**	8,1601**
Efeito Quadrático	1	0,2036**	2,6030**	0,7237**	538,7866**
Efeito Cúbico	1	4,8356**	2,3492**	0,0796**	36,1900**
Desvio	3	0,8643**	1,2893**	0,1849**	10,4337**
Resíduo (comb.)		0,0264	0,0018	0,0003	0,1151
G.L. (comb.)		332	331	263	244

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.