

IVO JUCKSCH

Calagem e Dispersão de Argila em Amostra de
Um Latossolo Vermelho-Escuro

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
JULHO - 1987

IVO JUCKSCH

CALAGEM E DISPERSÃO DE ARGILA EM AMOSTRA DE UM
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Solos e Nu-
trição de Plantas, para Obtenção do
Título de "Magister Scientiae".

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
JULHO - 1987

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

T

J91c
1986 Jucksch, Ivo.
Calagem e dispersão de argila em amostra de um
latossolo vermelho-escuro. Viçosa, UFV, Impr.
Univ., 1986.
37p. ilustr.

Tese (M.S.) - UFV

1. Solos - Calagem. 2. Solos - Dispersão de ar-
gila. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Tít-
ulo.

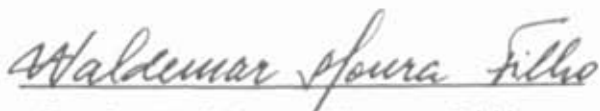
CDD 18.ed.: 631.821

CDD 19.ed.: 631.821

CALAGEM E DISPERSÃO DE ARGILA EM AMOSTRA DE UM
LATOSSOLO VERMELHO ESCURO

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Solos e Nu-
trição de Plantas, para Obtenção do
Título de "Magister Scientiae".

APROVADA: 03 de dezembro de 1986


Prof. Waldemar Moura Filho
(Conselheiro)


Prof. Antonio Carlos Ribeiro
(Conselheiro)


Prof. Adair José Regazzi


Prof. Roberto Ferreira Novais


Prof. Liovando Marciano da Costa
(Orientador)

A meu pai Arnaldo (in memoriam),
A minha mãe,
A minhas irmãs,
A Maria Marta, Arthur e Simone.

AGRADECIMENTOS

À Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária - EMPASC, à Universidade Federal de Viçosa e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, pela oportunidade e pelo apoio.

Ao Convênio UFV/SANOLI, pelo auxílio financeiro prestado.

Ao Professor Liovando Marciano da Costa, pela orientação e pela amizade.

Ao Professor Waldemar Moura Filho, pelos ensinamentos e pela amizade.

Ao Professor Antonio Carlos Ribeiro, pelo apoio e pela amizade.

Aos Professores Adair José Regazzi e Roberto Ferreira de Novais, pelos esclarecimentos e pelo estímulo.

Aos companheiros do Departamento de Solos da UFV, em especial aos amigos Silvio Brienza Jr. e Luiz Eduardo Dias, pelo apoio.

Aos funcionários do Departamento de Solos da UFV, em especial a Miguel Arcanjo dos Santos, pela colaboração.

Aos amigos "Acamarianos", pelo convívio agradável.

A Marta, Arthur e Simone, pelo apoio, pela força e pela paciência.

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

BIOGRAFIA

IVO JUCKSCH, filho de Arnaldo E. Jucksch e Ursula M. Staude Jucksch, nasceu em Curitiba-PR, em 3 de janeiro de 1952.

Em dezembro de 1975, graduou-se em Agronomia pelo Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Em janeiro de 1976, foi contratado pela Fundação Instituto Agronômico do Paraná, exercendo a Função de Pesquisador junto à área de Manejo e Conservação do Solo.

Em maio de 1977, foi contratado pelo Instituto de Terras e Cartografia do Estado do Paraná.

Em março de 1978, foi contratado pela Central de Abastecimento do Estado do Paraná S.A.

Em janeiro de 1980, ingressou na Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S.A., exercendo a Função de Pesquisador junto ao Programa de Solos.

Em março de 1984, iniciou o Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Viçosa, MG.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
3.1. Estudo do Material Lixiviado	11
3.2. Alteração no Solo do Anel Superior (Anel 1) ..	16
3.2.1. Argila Dispersa em Água	16
3.2.2. Agregados de 0,053 a 0,105 mm de Diâmetro Estáveis em Água	17
3.2.3. Agregados de 0,105 a 0,210 mm de Diâmetro Estáveis em Água	20
3.2.4. Agregados de 0,210 a 1,00 mm de Diâmetro Estáveis em Água	21
3.3. Alterações no Solo do Anel Intermediário (Anel 2)	21
3.3.1. Argila Dispersa em Água	21
3.3.2. Agregados de 0,053 a 0,105 mm de Diâmetro Estáveis em Água	25

3.3.3. Agregados de 0,105 a 0,210 mm de Diâmetro Estáveis em Água	26
3.3.4. Agregados de 0,210 a 1,00 mm de Diâmetro Estáveis em Água	28
3.4. Alterações do Solo no Anel Inferior (Anel 3) ...	28
3.4.1. Argila Dispersa em Água	28
3.4.2. Agregados de 0,053 a 0,105 mm, de 0,105 a 0,210 mm e de 0,210 a 1,00 mm de Diâmetro Estáveis em Água	30
3.5. Calagem, Manejo do Solo e suas Relações	31
4. RESUMO E CONCLUSÕES	33
BIBLIOGRAFIA	35

EXTRATO

JUCKSCH, I., M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 1987. Calagem e Dispersão de Argila em Amostra de um Latossolo Vermelho-Escuro. Professor Orientador: Liovando Marciano da Costa. Professores Conselheiros: Waldemar Moura Filho e Antonio Carlos Ribeiro.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as implicações do uso de carbonato de cálcio na dispersão de argila de uma amostra de um Latossolo Vermelho-Escuro Álico, textura argilosa. Para isso, utilizaram-se colunas constituídas de três anéis de PVC de 7,5 cm de diâmetro por 11 cm de altura, unidos com fita adesiva. O fundo das colunas foi confeccionado com isopor, tendo ao centro um orifício de 1,0 cm de diâmetro preenchido com gase, oferecendo passagem para o lixiviado. Os níveis de calagem, aplicados apenas nos dois anéis superiores e tendo como fonte o carbonato de cálcio p.a., na proporção de 0,0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 vezes a uma necessidade de calagem, e os três tempos de reação compuseram os tratamentos do ensaio no esquema fatorial 5 x 3, no delineamento

experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições.

As colunas receberam irrigações, por gotejamento, uma vez por semana, durante quatro, oito e 16 semanas (tempo de reação).

Foram avaliados, em cada anel, o conteúdo de argila dispersa em água e a estabilidade de agregados em função das alterações físico-químicas provocadas pela calagem nos tempos de reação.

Os resultados mostraram que a calagem provocou o aumento da argila dispersa em água em todos os tempos de reação, principalmente na profundidade de 10 a 20 cm. Nas profundidades de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, a estabilidade dos agregados decresceu em função dos tratamentos estudados. Os teores de alumínio e ferro e os valores da condutividade elétrica e do afastamento do pH em água, em relação ao ponto de carga zero, indicam o comportamento da dupla camada difusa, que se relaciona diretamente com o fenômeno de dispersão e floculação dos colóides do solo.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação de calcário, ou outras fontes de cálcio, é prática bastante remota na agricultura e tem trazido muitos benefícios à produção agrícola. Seus efeitos, geralmente, têm sido observados através das reações químicas que a calagem promove no solo. As modificações do pH, a neutralização do ferro e do alumínio trocável, a insolubilização do manganês, o fornecimento de cálcio e magnésio, as modificações da capacidade de troca catiônica, as alterações na disponibilidade de micronutrientes e outros efeitos produzidos pela calagem são normalmente estudados.

No Brasil, a prática da calagem faz-se presente em todos os quadrantes do País, principalmente nas áreas de maior atividade agrícola, normalmente áreas com o predomínio de latossolos. Estes solos, em sua grande maioria, são ácidos, têm baixa saturação de bases e elevados teores de alumínio trocável, são muito profundos e têm estrutura granular pequena e, geralmente, forte; porém, oferecem boas produções quando sua fertilidade é corrigida.

A agricultura efetuada sobre os latossolos exerce sobre o solo intensa pressão, por meio do uso de máquinas, do preparo do solo até a colheita. A essa pressão são atribuídos por muitos os insucessos agrícolas, em virtude da formação de camadas compactadas e endurecidas, que diminuem a permeabilidade do solo, colaborando, assim, para o aumento da sua erodibilidade.

Estudando os efeitos da calagem e da matéria orgânica na erodibilidade de um solo laterítico, PEELE et alii (1938) descrevem que a adição de calcário ao solo, em condições de campo, reduziu a permeabilidade e provocou efeito dispersante nos agregados do solo, esperando, dessa maneira, um aumento na suscetibilidade do solo à erosão. Por outro lado, a aplicação de matéria orgânica causou efeito pouco significativo no aumento da porosidade seis meses depois da aplicação. Também não houve efeito significativo na agregação ou na permeabilidade do solo oito meses depois da aplicação da matéria orgânica.

Estudo semelhante foi desenvolvido por ELSON e LUTZ (1940), também em solo laterítico. Os autores concluíram que a agregação é benéfica para reduzir o escoamento de água e a erosão e que a qualidade da matéria orgânica é mais importante que a quantidade para a formação de agregados. No solo estudado houve melhor agregação com ácidos húmicos e sesquióxidos do que com humatos de cálcio ou de magnésio. Ainda nesse estudo, os autores concluíram que houve decréscimo na agregação com a prática da calagem e com a aplicação de superfosfato. O efeito desagregador, neste caso, foi atribuído pelos autores ao cálcio presente no fertilizante fosfatado.

Utilizando colunas com misturas de areia e quantidades de argila, HALLSWORTH (1963) variou de 5 a 40% a quantidade de caulinita e estudou a sua migração em função da variação do pH. O referido autor mostrou que o aumento do pH e o

decréscimo do percentual de argila provocaram incremento da migração da argila.

O efeito da adsorção de cátions nas propriedades físicas de dois solos tropicais foi estudado por AHMED et alii (1969). Os pesquisadores estudaram um solo constituído predominantemente de caulinita e óxidos de ferro e outro constituído predominantemente de montmorilonita. Ambos os solos foram saturados com íons de Ca, Mg, K e Na, ou com a combinação deles. As determinações do limite de plasticidade não variaram em função da natureza da saturação de cátions, mas foi significativamente dependente do tipo de argila. A percentagem de agregados estáveis daqueles preparados artificialmente e a condutividade hidráulica foram afetadas pelos quatro cátions, na seguinte ordem: $Ca = Mg > K > Na$, e também houve efeito significativo do tipo de argila. Os autores comentaram ainda que os resultados confirmam o efeito prejudicial dos íons Na e que o K apresentou efeito similar ao do Na, quanto às propriedades investigadas, sugerindo que uma aplicação pesada de adubos potássicos, sem uma calagem adequada, pode deteriorar a estrutura do solo. Utilizando os mesmos solos, EL SWAIFY et alii (1970) determinaram os limites de liquidez, grau de dispersão e retenção de umidade em função da natureza dos cátions adicionados ao solo. As observações mostraram-se independentes da natureza da saturação de cátions para o solo com predomínio de caulinita e óxidos de ferro. As mesmas três propriedades observadas para o solo constituído predominantemente de montmorilonita foram dependentes do tipo de saturação de cátions, com o Na apresentando os maiores valores e o K, os menores. O Ca e o Mg tiveram valores iguais e intermediários entre o Na e o K.

Em pesquisas realizadas em alguns solos da Índia, HARIDASAN e CHIBBER (1971) estudaram os efeitos de propriedades físicas e químicas na erodibilidade dos solos. Os autores

relataram que a taxa de erosão teve correlação negativa com a relação argila/(silte + areia total), percentagem de agregados > 0,25 mm estáveis em água, percentagem de cálcio trocável no solo e com a relação $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$. Os autores também comentam que a estabilidade dos agregados representa importante papel no controle da infiltração de água do solo, principalmente após chuvas pesadas ou irrigação. Uma influência direta na dispersão das partículas do solo faz com que os agregados de se estruturarem-se facilmente e as partículas dispersas do solo provoquem a obstrução dos poros, reduzindo consideravelmente a permeabilidade. Em relação a este assunto, HUDSON (1977) comenta sobre o que o autor denomina de erosão vertical. O deslocamento de pequenas partículas, em razão da percolação da água no solo, pode provocar dois possíveis efeitos: as perdas de partículas finas em um ponto e o aumento de partículas em outro ponto. Em solos de areia grossa, o deslocamento de colóides e argila resultantes da erosão vertical pode reduzir a fertilidade e o efeito do material fino; em outro ponto, pode ser indesejável, quando o resultado é a formação de camadas menos permeáveis para água e raízes.

Os efeitos do calcário e do fosfato de potássio no ponto de carga zero (PCZ) e grau de floculação foram estudados por BUTIERRES (1980), em três solos do Rio Grande do Sul. Os resultados demonstraram que o uso da calagem aumentou o pH correspondente ao PCZ, e o fosfato provocou pequena diminuição do mesmo. Tanto o calcário quanto o fosfato diminuíram o grau de floculação.

DONG et alii (1983), estudando a dispersão de vários alfissolos e molissolos, encontraram significativa relação inversa entre o conteúdo de matéria orgânica e a dispersão de argila, indicando que o aumento do conteúdo de matéria orgânica poderá aumentar a estabilidade dos agregados nos solos minerais.

Algumas propriedades físicas e químicas de 10 solos brasileiros e suas relações com a erodibilidade foram estudadas por ANGULO (1983). Os resultados mostraram que não houve correlações significativas entre a erodibilidade e as propriedades químicas analisadas e que a agregação do solo, determinada pela estabilidade dos agregados em água, e a resistência ao impacto de gota foram as características que melhor se correlacionaram com a erodibilidade do solo obtida por métodos diretos.

As alterações em características físicas e químicas de um Latossolo Roxo Distrófico e de uma Terra Roxa Estruturada Eutrófica foram estudadas por ROSA Jr. (1984). Os resultados mostraram que para os dois solos houve tendência de alteração das características físicas, à medida que o tempo de uso aumentou. Avaliada através da densidade aparente, da distribuição de poros e da análise de agregados, a estrutura do solo tendeu a se modificar com o tempo de uso, principalmente para o Latossolo Roxo Distrófico. Neste solo, os valores do grau de floculação decresceram com o aumento dos teores de cálcio e magnésio trocáveis nas camadas superficiais.

O comportamento da dispersão em solos e suas relações com o efeito sódico ($RAS\ 5-100\ \mu\ mol^{-1/2}$), (pH 6,0-10,8), matéria orgânica e carbonato de cálcio foi estudado por GUPTA *et alii* (1984). Esse estudo revelou que, aumentando a alcalinidade ou a relação de adsorção de sódio (RAS), aumentou também a dispersão de argila. O carbonato de cálcio e a alta concentração eletrolítica obtidos mostraram-se bastante favoráveis à floculação. A elevação da alcalinidade na presença de substâncias húmicas aumentou a dispersão de argila. A adição de matéria orgânica no solo, quando a relação de adsorção de sódio (RAS) foi elevada de 15 para 20, aumentou a dispersão.

A formação de camadas compactadas no solo em diferentes profundidades foi observada por CENTURION e DEMATTE (1985)

em sistemas de preparo reduzido, convencional e superpreparo. Tais camadas, induzidas pelos sistemas de preparo, foram responsáveis pela menor taxa de infiltração de água no solo.

Conforme SHAINBERG e SINGER (1985), o encrostamento no solo ocorre quando a água com colóides em suspensão infiltra no solo. Este encrostamento reduz a taxa de infiltração de água. Os autores supramencionados, trabalhando com Alfissolo, relataram que a condutividade hidráulica saturada em encrostamentos feitos com partículas floculadas foi maior do que quando a crosta fora formada por partículas dispersas de silte e argila.

O presente estudo teve como propósito avaliar os efeitos da aplicação de carbonato de cálcio e suas implicações na dispersão de argila de um Latossolo Vermelho-Escuro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido, em laboratório, um ensaio montado em colunas de PVC, sendo utilizados agregados de diâmetro no intervalo de 0,210 a 1,00 mm de um material de Latossolo Vermelho-Escuro Álico, textura argilosa, coletado a uma profundidade de 20-40 cm, no Município de Sete Lagoas, Estado de Minas Gerais. O referido solo apresentou as seguintes características químicas: pH (H_2O) 4,2; pH (KCl) 3,7; fósforo, 3,0 ppm; potássio, 76 ppm; alumínio trocável, 1,6 meq/100 cm^3 ; cálcio trocável, 0,6 meq/100 cm^3 ; magnésio trocável, 0,1 meq/100 cm^3 , segundo metodologia de VETTORI (1969); carbono orgânico 4,85%, determinado segundo Walkley-Black (JACKSON, 1965); e físicas: areia grossa 6%, areia fina 26%, silte 12% e argila 56%, determinados conforme EMBRAPA (1979).

As colunas de 33 cm de altura e 7,5 cm de diâmetro receberam, na profundidade de 20-30 cm, solo sem tratamento; sobre este material, foi depositado solo contendo tratamentos com calagem. O fundo das colunas foi confeccionado com isopor, tendo ao centro um orifício de 1,0 cm de diâmetro,

preenchido com gás, oferecendo passagem para o lixiviado. As colunas ficaram assentadas em pratos com capacidade de armazenar todo o volume lixiviado em cada irrigação. As colunas receberam irrigações por gotejamento, com auxílio de equipamento usado para aplicação de soro em hospitais, uma vez por semana, durante quatro, oito e 16 semanas (tempos de reação). A quantidade de água deionizada, aplicada em cada coluna por ocasião da irrigação, foi de 260 ml, equivalente a uma lâmina de 60 mm.

Os níveis de calagem na proporção de 0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 vezes a necessidade de calagem, equivalente a 0; 2,2; 4,4; 9,0 e 18,0 toneladas de carbonato de cálcio por hectare, respectivamente, conforme a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1978), e os tempos de reação foram os tratamentos utilizados. A calagem foi efetuada com carbonato de cálcio p.a.

O ensaio, com os tratamentos constituindo fatorial 5 x 3, sendo cinco níveis de calagem (0,0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 vezes a necessidade de calagem) e três tempos de reação (4, 8 e 16 semanas), foi conduzido no delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições.

Após cada irrigação, foram coletadas amostras do lixiviado para a determinação do pH, condutividade elétrica e teores de cálcio.

Completado cada tempo de reação, as colunas foram divididas em três anéis (superior - anel 1, intermediário - anel 2 e inferior - anel 3) e secas ao ar. Após a secagem, o material contido em cada anel foi armazenado em sacos plásticos e, a seguir, analisado.

O pH em água e em KCl 1N, o fósforo e o potássio disponíveis, o cálcio, o magnésio e o alumínio trocáveis foram determinados segundo VETTORI (1969). Para a extração de ferro, foi utilizado o Mehlich-1. Além dessas avaliações, no

anel intermediário foram determinados os teores de carbono orgânico, conforme Walkley-Black (JACKSON, 1965), e a condutividade elétrica do extrato na relação solo:água 1:2, segundo SONNEVELT e VAN DEN ENDE (1971).

O ponto de carga zero (PCZ), segundo Keng, citado por UEHARA (1979), foi estimado pela equação $pH_o = 2 pH_{KCl} - pH_{H_2O}$, em que pH_o é o ponto de carga zero; pH_{KCl} , o pH determinado em KCl 1N; e pH_{H_2O} , o pH determinado em água.

O teor de argila dispersa em água foi determinado pelo método da pipeta, utilizando-se 30 g de material de solo 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 0,21 mm de malha. O material retido nessa peneira compreende os agregados de 0,21 a 1 mm de diâmetro estáveis em água. Após a lavagem do material retido na peneira (0,210 mm), completou-se o volume de 500 ml com água deionizada. Com auxílio de agitador manual, a suspensão de cada proveta foi agitada por um minuto, permanecendo posteriormente quatro horas em repouso. Após o tempo de repouso, foi retirada uma alíquota de 10 ml, a uma profundidade de 10 cm, para a determinação de argila dispersa em água. O material contido na proveta, após a retirada da alíquota, foi derramado em peneiras de 0,105 mm e 0,053 mm de malha, que selecionaram agregados de 0,105 a 0,210 mm e agregados de 0,053 a 0,105 mm de diâmetro estáveis em água. Esta metodologia para a determinação de argila dispersa em água foi desenvolvida com a finalidade de evitar a desestruturação dos agregados, por meio da utilização de agitadores do tipo coqueteleira, que trabalham com aproximadamente 12.000 rpm. Com as modificações feitas, a metodologia possibilitou determinações mais próximas da realidade, uma vez que a

agitação violenta não ocorre no solo em condições normais.

Para a análise estatística, utilizou-se a metodologia de superfície de resposta, considerando os seguintes modelos estatísticos:

$$(a) Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{1i}^2 + \beta_4 X_{2i}^2 + \beta_5 X_{1i} X_{2i} + e_i$$

$$(b) Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{1i}^{1/2} + \beta_4 X_{2i}^{1/2} + \\ + \beta_5 (X_{1i} X_{2i})^{1/2} + e_i$$

em que:

Y_i = características estudadas (variável dependente);

X_{1i} = níveis de calagem;

X_{2i} = tempos de reação;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ e β_5 = parâmetros a serem estimados; e

e_i = erro aleatório, suposto normal e independentemente distribuído com média zero e variância σ^2 .

Partindo dos modelos completos, o grau de ajustamento foi avaliado pelo coeficiente de determinação corrigido $\bar{R}^2$, pela significância dos coeficientes de regressão testados pelo teste "t", de Student, e pela significância da regressão e dos desvios da regressão testados pelo teste "F".

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Muitos dos resultados obtidos neste estudo, em virtude da aplicação de carbonato de cálcio, já eram esperados. Entretanto, a elevação do pH e dos teores de cálcio e o decréscimo dos teores de alumínio trocável e ferro no solo estudado (Quadros 1, 2 e 3) foram considerados importantes para as discussões dos resultados.

3.1. Estudo do Material Lixiviado

A condutividade elétrica e o teor de cálcio no material lixiviado (Figura 1) apresentaram comportamento semelhante em todos os tempos de reação. Houve decréscimo dos valores nas duas semanas iniciais, uma ascensão nas duas semanas seguintes e, novamente, um decréscimo, primeiro abrupto até a oitava semana e, depois, lento até a última observação. Nas primeiras observações, a condutividade elétrica, provavelmente, recebeu maior contribuição de outros íons mais lixiviáveis que o cálcio, dentre os quais o potássio, o magnésio

QUADRO 1 - Valores de pH em Água, pH em KCl 1N, Delta pH (ΔpH), Ponto de Carga Zero (PCZ), Afastamento (AFAS = $2\Delta pH$) e Teores de Alumínio, Cálcio e Magnésio Trocáveis, Fósforo, Potássio e Ferro em Relação aos Tratamentos, no Anel Superior

Tratamentos		pH_{H_2O}	pH_{KCl}	ΔpH	PCZ	AFAS	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	P	K^+	Fe
N.C.	T.R.						meq/100 cm^3			ppm		
0,0	4	4,67	4,13	-0,54	3,59	1,08	1,87	85	7	3	36	80
0,0	8	4,69	4,11	-0,58	3,53	1,16	2,20	117	7	2	24	72
0,0	16	4,84	4,17	-0,67	3,50	1,34	2,22	21	4	2	14	52
0,5	4	5,26	4,28	-0,98	3,30	1,96	1,05	377	12	3	56	83
0,5	8	5,10	4,25	-0,85	3,40	1,70	1,27	404	14	2	43	66
0,5	16	5,16	4,33	-0,83	3,50	1,66	1,35	202	10	3	32	51
1,0	4	5,36	4,48	-0,88	3,60	1,76	0,55	643	12	3	68	56
1,0	8	5,52	4,45	-1,07	3,38	2,14	0,75	653	15	2	50	62
1,0	16	5,48	4,53	-0,95	3,58	1,90	0,72	456	13	3	37	44
2,0	4	5,89	4,99	-0,90	4,09	1,80	0,25	1088	12	3	51	64
2,0	8	6,00	4,98	-1,02	3,96	2,04	0,22	1190	14	2	44	52
2,0	16	6,04	5,01	-1,03	3,98	2,06	0,20	902	12	2	35	36
4,0	4	6,69	6,03	-0,66	5,37	1,32	0,18	1492	5	2	44	69
4,0	8	6,73	5,98	-0,75	5,23	1,50	0,18	1960	10	2	38	45
4,0	16	6,69	5,94	-0,75	5,19	1,50	0,10	1564	8	2	31	33

N.C. = Níveis de calagem.

T.R. = Tempos de reação (semanas).

QUADRO 2 - Valores de pH em Água, pH em KCl IN, Delta pH (Δ pH), Ponto de Carga Zero (PCZ), Afastamento (AFAS = 2Δ pH), Teores de Alumínio, Cálcio e Magnésio Trocáveis, Fósforo, Potássio e Ferro, Condutividade Elétrica e Carbono Orgânico em Relação aos Tratamentos, no Anel Intermediário

Tratamentos		pH _{H₂O}	pHKCl	ΔpH	PCZ	AFAS	Al ³⁺	meq/100 cm ³					Fe	C.E. mS cm ⁻¹	C%
N.C.	T.R.							Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	K ⁺				
0,0	4	4,54	4,15	-0,39	3,76	0,78	2,20	101	6	3	46	88	0,145	5,01	
0,0	8	4,78	4,12	-0,66	3,46	1,32	2,20	117	9	2	29	67	0,065	5,09	
0,0	16	4,90	4,21	-0,69	3,52	1,38	2,32	21	4	2	19	52	0,032	5,35	
0,5	4	4,91	4,27	-0,64	3,63	1,28	1,37	345	10	3	63	79	0,152	4,74	
0,5	8	5,14	4,23	-0,91	3,32	1,82	1,30	356	14	2	47	66	0,047	4,89	
0,5	16	5,26	4,33	-0,93	3,40	1,86	1,40	207	10	2	36	52	0,025	4,96	
1,0	4	5,26	4,54	-0,72	3,82	1,44	0,77	558	10	3	64	72	0,127	4,47	
1,0	8	5,42	4,40	-1,02	3,38	2,04	0,72	616	15	3	53	61	0,037	4,86	
1,0	16	5,53	4,48	-1,05	3,43	2,10	0,77	435	11	2	43	50	0,020	5,16	
2,0	4	5,71	4,92	-0,79	4,13	1,58	0,30	982	10	2	64	59	0,097	4,90	
2,0	8	5,84	4,88	-0,96	3,92	1,92	0,20	1073	14	2	50	51	0,045	4,92	
2,0	16	5,95	4,93	-1,02	3,91	2,04	0,25	838	12	2	45	38	0,025	5,09	
4,0	4	6,67	5,61	-1,06	4,55	2,12	0,18	1726	4	2	59	50	0,122	4,95	
4,0	8	6,47	5,88	-0,59	5,29	1,18	0,12	1907	10	2	46	42	0,062	4,89	
4,0	16	6,70	5,93	-0,77	5,16	1,54	0,10	1548	8	2	41	30	0,027	4,81	

N.C. = Níveis de calagem.

T.R. = Tempos de reação (semanas).

QUADRO 3 - Valores de pH em Água, pH em KCl IN, Delta pH (ΔpH), Ponto de Carga Zero (PCZ), Afastamento (AFAS = $2\Delta pH$) e Teores de Alumínio, Cálcio e Magnésio Trocáveis, Fósforo, Potássio e Ferro em Relação aos Tratamentos, no Anel Inferior

Tratamentos	pH _{H₂O}	pH _{KCl}	ΔpH	PCZ	AFAS	Al ³⁺	meq/100 cm ³				P	K ⁺	Fe
							Ca ²⁺	Mg ²⁺	ppm				
N.C.	T.R.												
0,0	4	4,72	4,15	-0,57	3,58	1,14	1,75	234	14	3	86	80	
0,0	8	4,87	4,17	-0,70	3,47	1,40	1,60	244	14	2	54	67	
0,0	16	5,06	4,26	-0,80	3,46	1,60	1,95	117	10	2	36	51	
0,5	4	4,76	4,19	-0,57	3,62	1,14	1,65	223	10	2	68	74	
0,5	8	5,01	4,23	-0,78	3,45	1,56	1,20	420	14	2	60	64	
0,5	16	5,12	4,28	-0,84	3,44	1,68	1,60	212	11	2	44	57	
1,0	4	4,82	4,25	-0,57	3,68	1,14	1,47	282	8	2	58	67	
1,0	8	5,03	4,23	-0,80	3,43	1,60	1,32	361	13	2	55	67	
1,0	16	5,18	4,32	-0,86	3,46	1,72	1,50	228	9	2	42	51	
2,0	4	5,19	4,26	-0,93	3,33	1,86	1,35	340	8	2	48	74	
2,0	8	5,00	4,27	-0,73	3,54	1,46	1,37	318	11	2	38	56	
2,0	16	5,21	4,34	-0,87	3,47	1,74	1,37	308	8	2	36	52	
4,0	4	5,05	4,32	-0,73	3,59	1,46	1,02	510	6	2	52	69	
4,0	8	5,13	4,34	-0,79	3,55	1,58	1,10	409	10	2	34	62	
4,0	16	5,30	4,43	-0,87	3,56	1,74	1,05	371	6	2	30	51	

N.C. = Níveis de calagem.

T.R. = Tempos de reação (semanas).

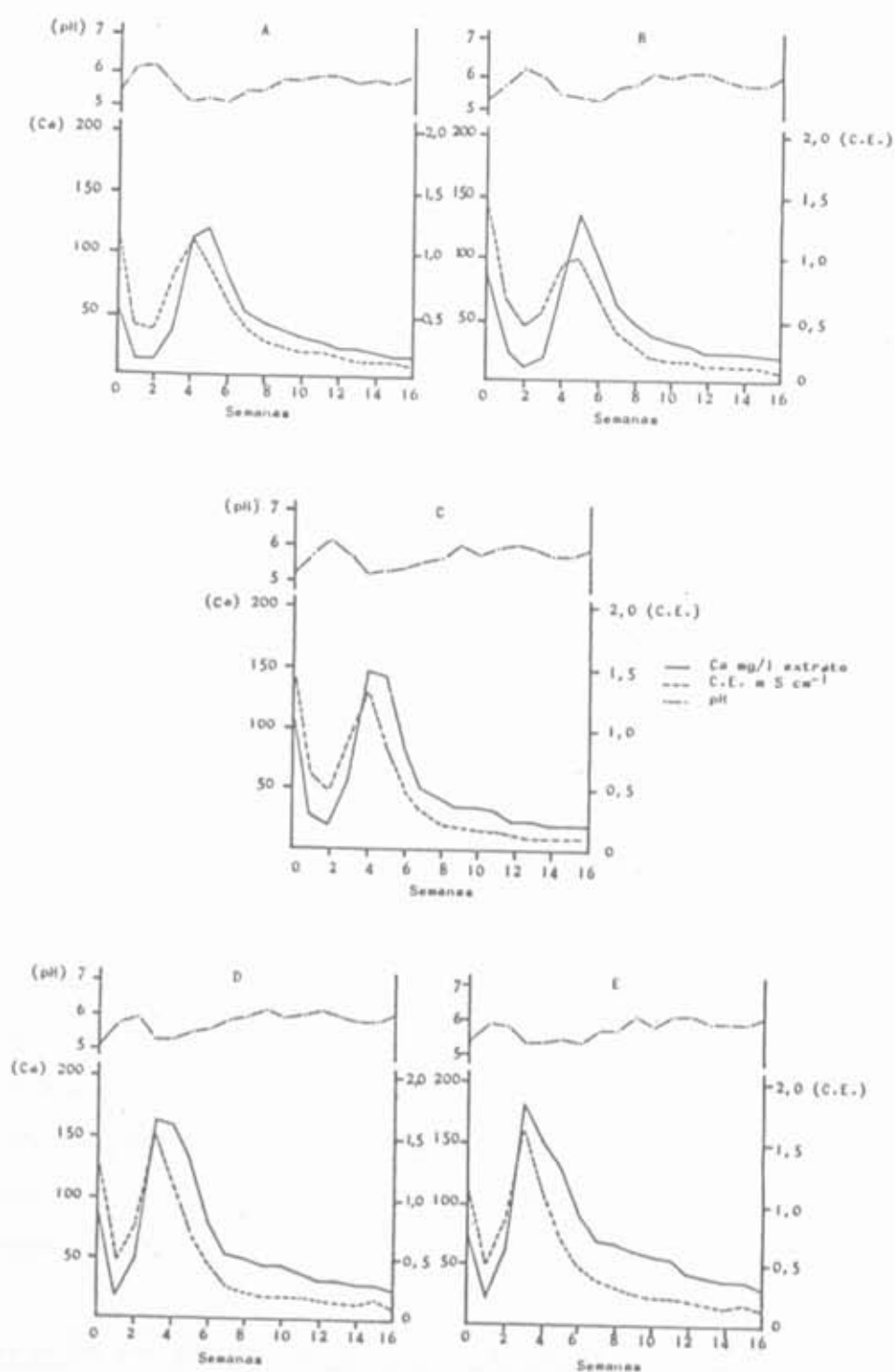


FIGURA 1 - Teores de Cálcio, pH e Condutividade Elétrica (C.E.) em Função dos Tempos de Reação para os Níveis de Calagem 0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0, para os Gráficos A, B, C, D e E, respectivamente.

e o sódio. A partir da ascensão máxima de cada curva, nos respectivos níveis de calagem, aproximadamente na quarta ou quinta semanas, a contribuição do cálcio para a condutividade elétrica do lixiviado parece ter sido maior, o que vem de acordo em consideração à série liotrópica que define a preferencialidade dos cátions nas reações de troca iônica.

O pH do lixiviado apresentou o mesmo comportamento para os cinco níveis de calagem estudados. Apenas no nível de calagem 4,0, a elevação inicial aconteceu uma semana antes em relação aos demais níveis, provavelmente em virtude da maior eficiência desse nível de calagem. Os menores valores de pH ocorreram na sexta semana, para o nível de calagem 0,5; na quarta, para os níveis 0,0 e 1,0; e na terceira semana, para os níveis de calagem 2,0 e 4,0. Após estas quedas, o pH voltou a elevar-se em todos os tratamentos, de maneira gradativa e atingindo valores acima de 6,0. Apenas no nível de calagem 0,0 o pH, apesar de ter-se elevado, não ultrapassou o valor 6,0. Tal fato indica a contribuição do carbonato de cálcio no comportamento do pH, em que só se atingiram valores acima de 6,0 na sua presença.

A concentração hidrogeniônica, em pH em torno de 6,0, é muito baixa, o que significa a sua pequena contribuição na condutividade elétrica. No entanto, o seu comportamento acompanhou a variação da condutividade elétrica, conforme mostrado pela curva do pH, que varia inversamente com a concentração hidrogeniônica.

3.2. Alteração no Material de Solo do Anel Superior (Anel I)

3.2.1. Argila Dispersa em Água

Observa-se que, para o tempo de quatro semanas, a variação do teor de argila foi muito pequena em resposta à

aplicação de carbonato (Quadro 4). Para os tempos de oito e 16 semanas, nota-se que os dados apresentam tendência de alterações nos teores de argila em relação aos níveis de calagem. Nesses tempos, os teores de argila dispersa tenderam a crescer até o nível 1,0 de calagem, voltando a decrescer no nível maior. Este comportamento mostra a importância do tempo influenciando no fenômeno estudado, além do efeito da calagem. Os valores de correlação obtidos para argila dispersa em água com ΔpH , magnésio, alumínio e ferro (Quadro 5) indicam que a dispersão do material do solo foi afetada pelos níveis de calagem. Com o aumento dos níveis de calagem, a concentração ativa de certos íons foi modificada, e tal modificação interferiu no comportamento da dupla camada difusa, que, por sua vez, controla o fenômeno de floculação e dispersão.

QUADRO 4 - Percentagem de Argila Dispersa em Água no Anel Superior, em Resposta aos Tratamentos Estudados

Níveis de Calagem	Tempos de Reação (Semanas)		
	4	8	16
0,0	20,52	17,05	20,00
0,5	21,08	21,28	20,13
1,0	19,75	25,73	23,42
2,0	19,72	23,68	23,97
4,0	21,38	22,12	21,16

3.2.2. Agregados de 0,053 a 0,105 mm de Diâmetro Estáveis em Água

Para todos os níveis de calagem ocorreram decréscimo da estabilidade dos agregados e efeito intensificado com o

QUADRO 5 - Correlação Simples entre os Valores de pH em Água, pH em KCl 1N, Delta pH (ΔpH), Afastamento (AFAS = $2 \Delta pH$), Condutividade Elétrica (C.E.), Cálcio, Alumínio, Ferro e Magnésio com Valores de Argila Dispersa em Água (ARG), Estabilidade de Agregados de 0,053 a 0,105 mm (AGR053); de 0,105 a 0,210 mm (AGR105) e de 0,210 a 1,00 mm (AGR210) de Diâmetro, Respectivamente, para os Anéis Superiores (Anel 1), Anéis Intermediários (Anel 2) e Anéis Inferiores (Anel 3)

Variáveis									
	pH _{H₂O}	pH _{KCl}	pH	AFAS	C.E.	Ca ²⁺	Al ³⁺	Fe	Mg ²⁺
Anel 1									
ARG	0,266	0,090	-0,748**	0,748**	-	0,217	-0,439	-0,428	0,665**
AGR053	-0,576*	-0,626*	-0,157	0,157	-	-0,500	0,266	0,733**	0,385
AGR105	-0,224	-0,151	0,321	-0,321	-	-0,083	0,277	0,605*	-0,167
AGR210	0,008	0,147	0,574*	-0,574*	-	0,135	0,186	0,246	-0,405
Anel 2									
ARG	0,555*	0,363	-0,762**	0,762**	-0,605*	0,419	-0,655**	-0,660**	0,541*
AGR053	-0,364	-0,300	0,305	-0,305	0,728**	-0,151	0,242	0,678**	-0,068
AGR105	-0,111	-0,000	0,379	-0,379	0,722**	0,159	0,032	0,555**	-0,081
AGR210	-0,234	-0,180	0,235	-0,235	0,068	-0,343	0,410	-0,038	-0,460
Anel 3									
ARG	0,384	0,265	-0,402	0,402	-	-0,021	-0,061	-0,548*	0,290
AGR053	-0,147	-0,063	0,179	-0,179	-	0,265	-0,230	0,312	-0,131
AGR105	-0,351	-0,217	0,385	-0,385	-	0,152	-0,052	0,375	-0,121
AGR210	-0,187	-0,163	0,174	-0,174	-	0,053	0,032	0,481	-0,231

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

aumento do tempo de reação (Figura 2). Também houve elevação dos valores de pH e dos teores de cálcio trocável e decréscimo dos teores de alumínio trocável e ferro (Quadro 1). Essas alterações mostraram correlações significativas com a estabilidade de agregados (Quadro 5). Os valores de pH em água e em KCl 1N apresentaram correlação negativa em relação à estabilidade desta classe de agregados, que se tornaram mais vulneráveis à desestruturação. Para o ferro, essa correlação foi positiva. Com o aumento do pH, a estabilidade dos agregados decresce, fazendo com que a calagem apresente-se como responsável por tal acontecimento. Em pH mais baixos, geralmente a dupla camada difusa está comprimida em razão da presença maior de cátions do que de ânions.

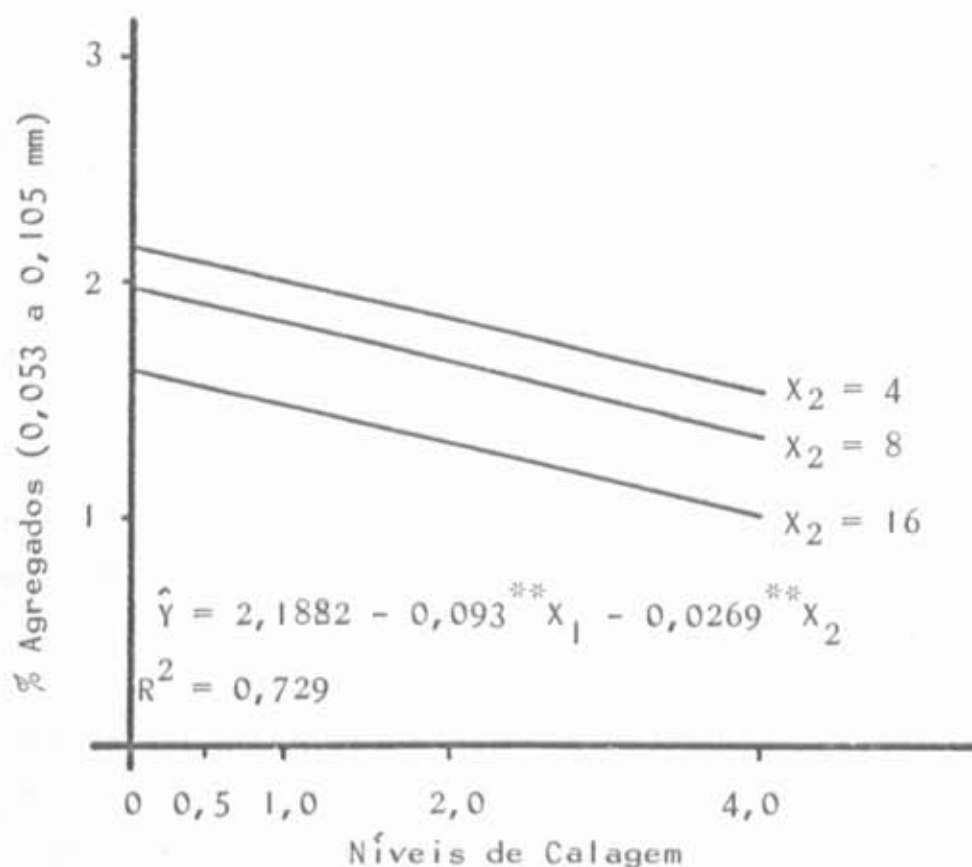


FIGURA 2 - Percentagem de Agregados de 0,053 a 0,105 mm de Diâmetro em Função dos Níveis de Calagem (X_1) e Tempo de Reação em Semanas (X_2).
 ** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

3.2.3. Agregados de 0,105 a 0,210 mm de Diâmetro Estáveis em Água

Esta classe de agregados não sofreu alterações na estabilidade provocadas pelos tratamentos estudados (Quadro 6). Para todos os modelos estatísticos testados, as regressões não foram significativas, indicando que para todas as combinações de tratamentos não existe diferença, isto é, $\hat{Y} = \bar{Y} = 4,22$. Tal fato pode indicar que esta classe de agregados possui alta estabilidade, e os tratamentos não conseguiram provocar alterações significativas na sua estabilidade. Das alterações químicas proporcionadas pelos tratamentos, apenas o ferro apresentou correlação positiva com a estabilidade desta classe de agregados (Quadro 5). Normalmente, os solos ricos em ferro possuem boa estrutura granular e forte, o que indica a importância da presença do ferro na estabilidade dos agregados.

QUADRO 6 - Agregados de 0,105 a 0,210 mm de Diâmetro Estáveis em Água, no Anel Superior, em Relação aos Tratamentos Estudados

Níveis de Calagem	Tempos de Reação (Semanas)		
	4	8	16
	----- % -----		
0,0	4,85	4,98	4,07
0,5	4,22	4,02	3,48
1,0	4,14	4,48	3,62
2,0	4,17	4,50	4,09
4,0	4,43	4,55	3,64

3.2.4. Agregados de 0,210 a 1,00 mm de Diâmetro Estáveis em Água

Os dados observados não apresentaram sequer tendências de algum efeito - causado pelos tratamentos - sobre a estabilidade em água desta classe de agregados. Isto pode apontar um comportamento não diferente dos agregados de 0,105 a 0,210 mm de diâmetro, o que sugere que esta classe de agregados apresenta-se bastante coesa.

QUADRO 7 - Agregados de 0,210 a 1,00 mm de Diâmetro Estáveis em Água, no Anel Superior, em Resposta aos Tratamentos Estudados

Níveis de Calagem	Tempos de Reação (Semanas)		
	4	8	16
	----- % -----		
0,0	64,83	69,76	66,35
0,5	63,61	68,23	65,85
1,0	66,70	62,60	62,80
2,0	66,97	67,23	61,81
4,0	68,25	67,00	65,92

3.3. Alterações no Solo do Anel Intermediário (Anel 2)

3.3.1. Argila Dispersa em Água

Para argila dispersa em água, o modelo raiz quadrada de regressão polinomial, a duas variáveis independentes, foi o que melhor se ajustou aos dados. O ponto estacionário da

superfície de resposta ajustada é um ponto de máximo, porém, localizando-se fora do intervalo estudado. Sendo assim, os resultados serão discutidos através de cortes na superfície ajustada, fixando-se o tempo de reação (Figura 3).

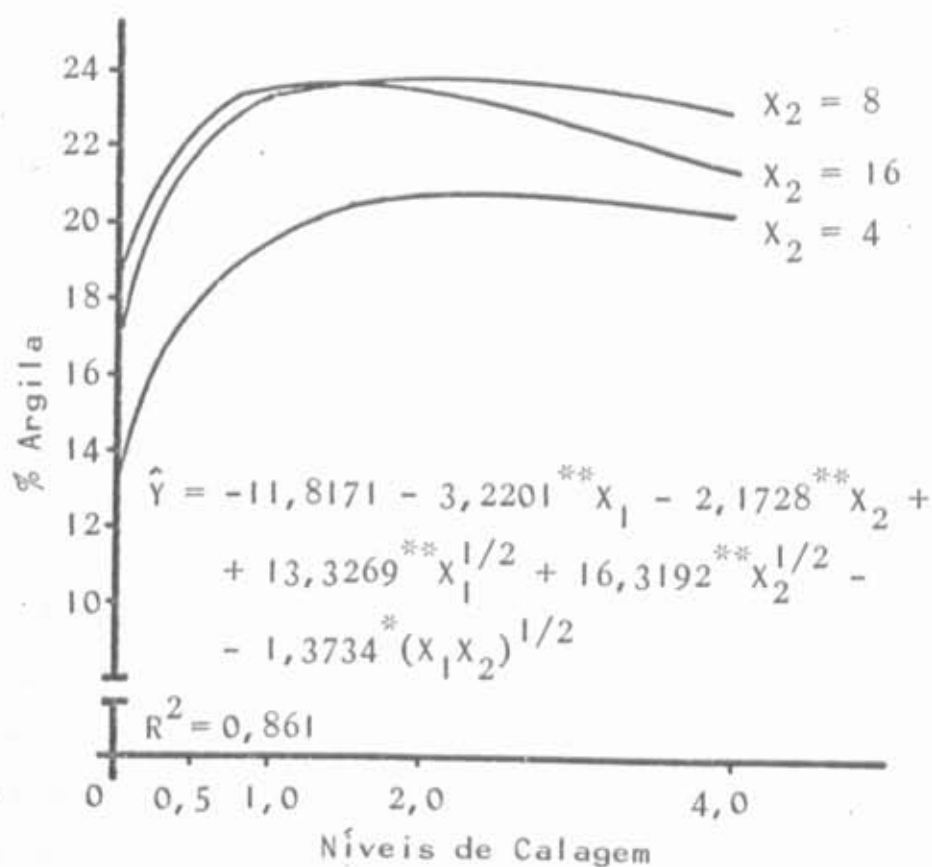


FIGURA 3 - Percentagem de Argila Dispersa em Água em Função dos Níveis de Calagem (X_1) e Tempo de Reação (X_2).

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Observa-se que para o nível 1,0 de calagem, em todos os tempos de reação, as tendências de cada curva referente à dispersão de argila em água foram semelhantes. Apesar da semelhança entre as curvas, os pontos de máxima dispersão mostraram-se diferentes para cada tempo de reação. Os pontos de máxima dispersão ocorreram para os níveis de calagem 2,69, 2,15 e 1,48, respectivamente, para os tempos de reação de quatro, oito e 16 semanas. Percebe-se que, além da calagem, o tempo também teve sua participação nas alterações relativas do fenômeno estudado, pois, à medida que se aumentou o tempo de reação, houve aumento na dispersão de argila, principalmente até o nível 1,0 de calagem. A calagem do solo, neste a nel intermediário, teve duplo efeito em relação à argila, dis persando inicialmente e tendo efeito floculante com níveis mais elevados, como foi o caso do nível 4,0 de calagem. Segundo Werwey e Overbeek, citados por KOENIGS (1961), o poder floculante dos cátions aumenta de acordo com a seqüência: mo no-di-trivalentes. Assim, para um mesmo efeito floculante, nesta mesma ordem, as concentrações desses cátions guardam esta relação $1:(1/2)^6:(1/3)^6$, o que indica maior quantidade de um cátion divalente para ocasionar o mesmo efeito de um cátion trivalente em menor quantidade. O ferro e, principalmente, o alumínio são cátions de grande poder floculante; a inativação do ferro e alumínio trocável via calagem retira estes dois elementos dos sítios de adsorção, cedendo lugar ao cálcio, cujo poder floculante é menor. As correlações negati vas, obtidas para os teores de alumínio e ferro em relação à dispersão de argila em água, auxiliam na comprovação de tal fenômeno. Conforme FASSBENDER (1984), a floculação depende da suscetibilidade do complexo de troca, das características da dupla camada difusa e dos cátions adsorvidos. Para os tipos de cátions adsorvidos, foi estabelecida a seguinte seqüência de floculação: $\text{cátion}^+ < \text{cátion}^{2+} < \text{cátion}^{3+}$. Dessa maneira,

até determinada concentração, colóides com cátions monovalentes adsorvidos apresentam-se dispersos, enquanto colóides adsorvidos com cátions trivalentes são facilmente floculáveis. A dupla camada difusa tem grande influência sobre os fenômenos de floculação e dispersão; a sua espessura é alterada pelas concentrações ou atividades iônicas na suspensão coloidal. Em ambientes de baixa concentração eletrolítica, a dupla camada difusa torna-se mais espessa, mantendo, dessa maneira, os colóides afastados e dispersos. O carbonato de cálcio tem efeito direto sobre o pH do solo; com a sua elevação, ocorre a redução da atividade iônica do alumínio e do ferro, alterando, assim, o comportamento da dupla camada difusa.

No presente estudo, inicialmente, os colóides encontravam-se floculados; com a neutralização dos cátions trivalentes, provocados pelas alterações químicas do carbonato de cálcio aplicado, a atividade iônica desses cátions diminuiu, favorecendo a expansão da dupla camada difusa. Com o aumento da concentração eletrolítica, conforme os níveis de calagem aplicados, os colóides mantiveram-se floculados, uma vez que tal aumento provoca compressão da dupla camada. O coeficiente de correlação simples entre os valores de argila e a condutividade elétrica foi significativo (Quadro 5). Essa correlação apresentou-se negativa, o que também indica que, com maior concentração eletrolítica no solo, há aumento da floculação de argila em água em função do comportamento da dupla camada difusa.

A dispersão de argila em água, conforme UEHARA (1979), decresce quando os valores absolutos $PCZ-pH_{H_2O}$ também decrescem. No presente trabalho, este valor, denominado afastamento (AFAS), também pode ser obtido, usando-se a expressão $AFAS = 2 \Delta pH$, em valor absoluto. Esta expressão baseia-se na estimativa do PCZ feita por Keng, citado por UEHARA (1979), isto é, com o aumento do afastamento, aumenta a argila dispersa

em água. Segundo MITCHELL (1976), as suspensões estáveis ou a dispersão de argila freqüentemente requerem condições de pH elevado. No entanto, apenas a elevação do pH, conforme os dados observados, pode não ser suficiente, se o ponto de carga zero acompanhar a elevação. Há necessidade, neste caso, de aumentar o pH e o afastamento para, assim, existirem suspensões estáveis ou dispersão de argila. Os estudos de correlações (Quadro 5) mostraram haver correlações positivas para o pH em água e para o afastamento com argila dispersa em água.

3.3.2. Agregados de 0,053 a 0,105 mm de Diâmetro Estáveis em Água

Apenas o tempo de reação alterou, de maneira linear e negativa, o comportamento dos agregados de 0,053 a 0,105 mm de diâmetro. De acordo com a equação de regressão estimada (Figura 4), conclui-se que, à medida que aumentou o tempo de reação, houve redução na percentagem desta classe de agregados, dando a mesma resposta para todos os níveis de calagem. A desagregação observada deverá, com o tempo, estabilizar-se com o novo equilíbrio do solo. Apesar de somente o tempo de reação ter causado efeito na desestruturação desta classe de agregados, o estudo de correlação mostrou uma relação positiva entre o teor de ferro e a estabilidade dos agregados, o que pode indicar que a presença de ferro é de grande importância na estruturação dos agregados do solo. Correlação positiva foi também encontrada entre a estabilidade dos agregados e a condutividade elétrica do extrato do solo. Com o aumento da condutividade elétrica, que indica aumento da concentração eletrolítica, a dupla camada difusa torna-se menos espessa, mantendo coesas as ligações dos constituintes dos agregados.

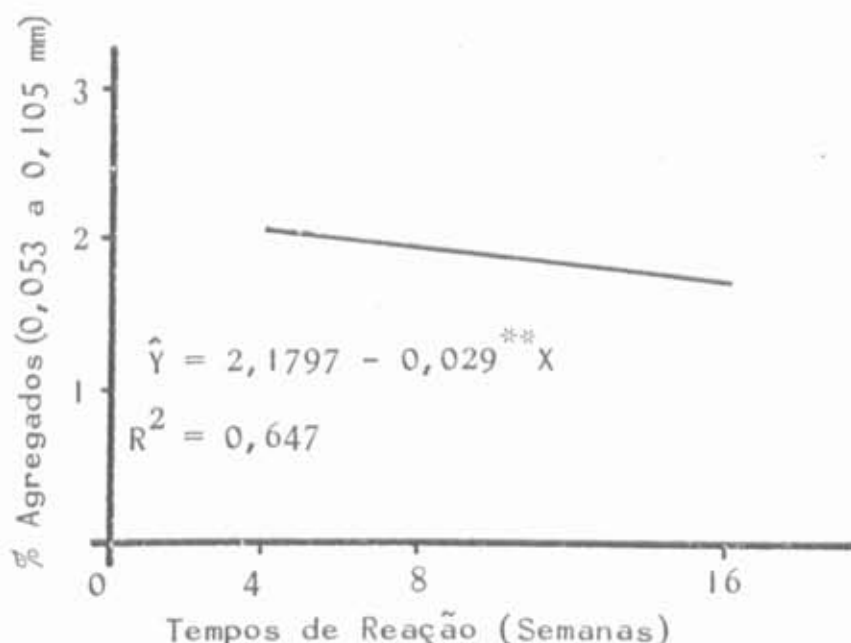


FIGURA 4 - Percentagem de Agregados de 0,053 a 0,105 mm de Diâmetro em Função do Tempo de Reação, em Semanas.

** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

3.3.3. Agregados de 0,105 a 0,210 mm de Diâmetro Estáveis em Água

Os tempos de reação tiveram bastante influência na de-sestabilização dos agregados (Figura 5). Com o aumento do tempo, a estabilidade dos agregados diminuiu com a adição do nível 1,0 de calagem, voltando a aumentar a partir dos pontos de mínima, com os níveis maiores. Isso sugere que houve alteração na dupla camada difusa, ou seja, na coesão dos microagregados que compõem agregados maiores, semelhante ao que aconteceu com agregados da classe de 0,053 a 0,105 mm de diâmetro. Correlações positivas entre a estabilidade desta classe de agregados em água com o ferro e a condutividade elétrica foram verificadas (Quadro 5).

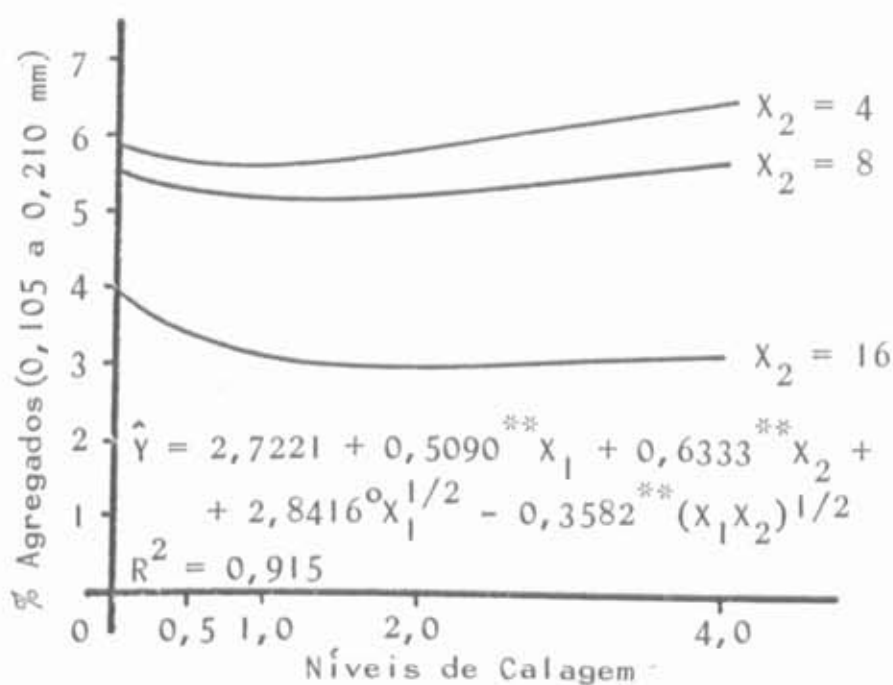


FIGURA 5 - Percentagem de Agregados de 0,105 a 0,210 mm de Diâmetro em Função dos Níveis de Calagem (X_1) e Tempo de Reação, em Semanas (X_2).

o = Significativo, ao nível de 10% de probabilidade, pelo teste t.

** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

3.3.4. Agregados de 0,210 a 1,00 mm de Diâmetro Estáveis em Água

Para todos os tratamentos investigados, o comportamento da estabilidade desta classe de agregados foi semelhante (Quadro 8). Houve influência do tempo de reação e dos níveis de calagem, no entanto, para estas características, nenhum dos modelos estatísticos testados ajustou-se aos dados, indicando que a classe em questão possui forte estabilidade em água, conforme a metodologia empregada na sua determinação.

QUADRO 8 - Agregados de 0,210 a 1,00 mm de Diâmetro Estáveis em Água, no Anel Intermediário, em Relação aos Tratamentos Estudados

Níveis de Calagem	Tempos de Reação (Semanas)		
	4	8	16
	----- % -----		
0,0	63,51	68,07	67,88
0,5	65,33	66,18	67,71
1,0	65,06	58,30	64,57
2,0	66,92	61,00	64,83
4,0	63,34	62,25	67,16

3.4. Alterações do Solo no Anel Inferior (Anel 3)

3.4.1. Argila Dispersa em Água

O anel inferior foi a parte da coluna que recebeu solo sem calagem. As alterações químicas e físicas que ocorreram

no solo deste anel ficaram muito dependentes do tempo de reação. Em função do tempo e dos níveis de calagem aplicados nos anéis superiores, os teores de cálcio e os valores de pH aumentaram e diminuíram, conseqüentemente, os teores de alumínio (Quadro 3). Pela lixiviação, houve movimentação de cálcio para profundidades maiores, possibilitando algumas alterações nas características químicas do solo. Houve influência do tempo de reação sobre a dispersão de argila (Figura 6). Verificou-se que houve aumento da dispersão de argila com o aumento do tempo de reação até o ponto de máxima (11,87 semanas). As modificações das características químicas do solo provocadas pela percolação em função do tempo de reação foram os fatores que aumentaram a dispersão de argila neste anel.

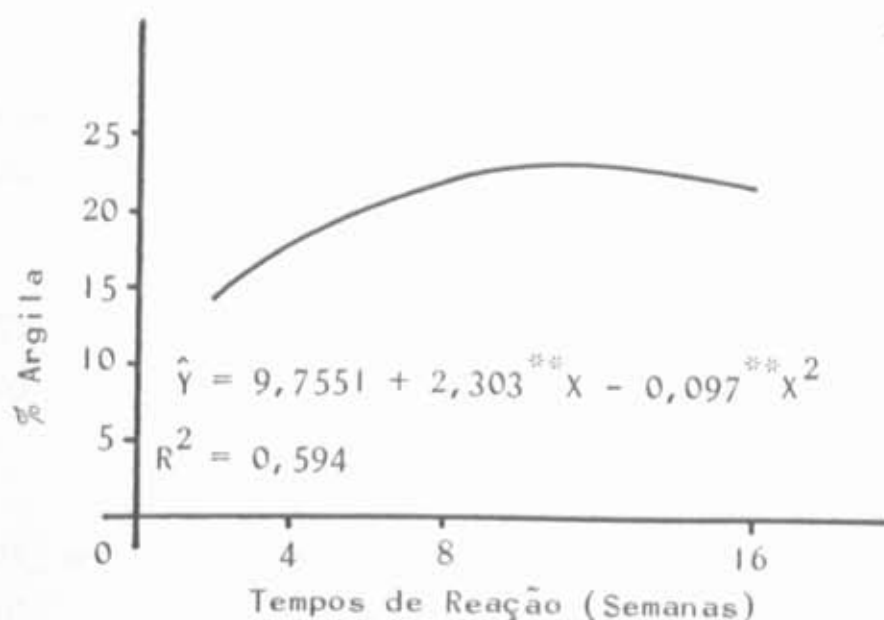


FIGURA 6 - Percentagem de Argila Dispersa em Água em Função do Tempo de Reação, em Semanas (X_2).
 ** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

3.4.2. Agregados de 0,053 a 0,105 mm, de 0,105 a 0,210 mm e de 0,210 a 1,00 mm de Diâmetro Estáveis em Água

Nenhum dos modelos estatísticos testados ajustou-se aos resultados obtidos para essas três classes de agregados estáveis em água, nos diferentes níveis de calagem e tempos de reação (Quadro 9). Para cada classe de agregados, os resultados apresentam-se próximos da média, indicando que, para todos os tratamentos, o comportamento dos agregados foi semelhante. Apesar de terem ocorrido modificações nas características químicas do solo, provocadas pela calagem e pela lixiviação em função do tempo de reação, estas não foram suficientes para modificar a estabilidade da estrutura das

QUADRO 9 - Agregados de 0,053 a 0,105 mm, de 0,105 a 0,210 mm e de 0,210 a 1,00 mm de Diâmetro Estáveis em Água, no Anel Inferior, em Relação aos Tratamentos Estudados

Classes de Agregados	Níveis de Calagem	Tempos de Reação (Semanas)		
		4	8	16
--- mm ---		----- % -----		
De 0,053 a 0,105	0,0	2,20	2,33	2,14
	0,5	2,74	2,07	1,89
	1,0	2,30	2,42	2,02
	2,0	2,81	3,16	1,97
	4,0	2,49	2,40	2,45
De 0,105 a 0,210	0,0	5,26	5,22	5,08
	0,5	5,90	4,36	4,24
	1,0	6,36	5,33	4,33
	2,0	6,40	7,66	4,44
	4,0	5,96	5,31	4,66
De 0,210 a 1,00	0,0	65,05	63,15	63,55
	0,5	66,09	66,39	65,46
	1,0	66,98	61,82	62,68
	2,0	67,18	57,90	62,98
	4,0	66,01	61,74	64,40

classes de agregados observadas. No entanto, considerando que inicialmente os agregados foram selecionados no intervalo de 0,210 a 1,00 mm de diâmetro e que foram observadas classes menores nos três anéis, verifica-se que houve desestabilização dos agregados selecionados que compuseram as colunas do experimento.

3.5. Calagem, Manejo do Solo e suas Relações

Os resultados apresentados permitiram avaliar os efeitos da aplicação de carbonato de cálcio e suas implicações em algumas propriedades físicas em amostra de um Latossolo Vermelho-Escuro. A dispersão de argila, em virtude das alterações provocadas pela calagem neste estudo, está de acordo com os resultados obtidos por PEELE et alii (1938), ELSON e LUTZ (1940), BUTIERRES (1980) e ROSA Jr. (1984).

Outros fatores relacionados com a dispersão de argila e desagregação no solo - que afetam algumas de suas características físicas - foram estudados por HALLSWORTH (1963), HARIDASAN e CHIBBER (1971) e SHAINBERG e SINGER (1985), referente a modificações na taxa de infiltração e permeabilidade do solo, em virtude da obstrução de poros em camada subsuperficial de material disperso ou desagregado, movimentado pela percolação. Esse fenômeno, ao qual HUDSON (1977) denomina erosão vertical, é ainda pouco conhecido e estudado, principalmente, em solos brasileiros.

Os resultados deste estudo possibilitam algumas inferências referentes à erosão vertical. Os materiais na profundidade de 0-20 cm, sobrepostos em materiais que não receberam previamente calagem, simulando condições de campo, tiveram modificadas as suas características químicas pela calagem, que alterou o comportamento da dispersão de argila no solo.

O material disperso foi percolado, passando de um ambiente favorável à dispersão para um favorável à floculação, ou seja, na profundidade de 0-20 cm, sob efeito da calagem, houve a inativação do alumínio e do ferro e aumento do pH, o que favoreceu o fenômeno da dispersão. Quando o material disperso é deslocado para a profundidade de 20-30 cm, este material encontra ambiente favorável à floculação graças à presença de alumínio, ferro e pH baixo, os quais pouco sofreram modificações, em virtude da não-aplicação da calagem.

A eluviação da argila dispersa e a refloculação de seu material indubitavelmente obstruirão os poros, diminuindo a infiltração e a porosidade e aumentando, conseqüentemente, a densidade do solo. Ciclos de umedecimento e secagem, associados com o aumento de densidade em camadas de subsuperfície, provocado pela desorganização do solo em função da calagem, podem ser algumas das causas da formação das camadas compactadas observadas em latossolos.

Fatos como esses mostram a complexidade existente no sistema solo, em que a solução para um problema pode ter efeitos colaterais muitas vezes irreversíveis.

A metodologia utilizada para determinar a argila dispersa em água mostrou-se apropriada para a avaliação dos efeitos causados pelos tratamentos estudados.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

As investigações para este trabalho foram realizadas em material de um Latossolo Vermelho-Escuro Álico, textura argilosa, em colunas de PVC compostas de três anéis, em que foram testados cinco níveis de calagem, aplicados nos dois anéis superiores, em três tempos de reação, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Após cada tempo de reação, as colunas foram divididas por anel e secas ao ar. Foram avaliadas em cada um dos anéis a dispersão da argila em água e da estabilidade dos agregados de 0,210 a 1,00 mm de diâmetro, em função das alterações químicas provocadas pelos tratamentos.

Os resultados obtidos nas investigações permitiram concluir que as alterações físico-químicas causadas pela calagem propiciam ao solo ambiente favorável à dispersão de argila, o que, por meio da eluviação, torna possível a obstrução de poros em camadas inferiores, modificando o movimento de água no solo.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- AHMED, S.; SWINDALE, L.D.; EL-SWAIFY, S.A. Effects of adsorbed cation on physical properties of tropical red earths and tropical black earths. 1. Plastic limit, percentage stable aggregates and hydraulic conductivity. J. Soil Sci., 20:255-68, 1969.
- ANGULO, J.R. Relações entre a erodibilidade e algumas propriedades de solos brasileiros. Curitiba, UFPR (SCA), 1983. 128 p. (Tese M.S.)
- BUTIERRES, M.F.M. Efeito do calcário e fosfato de potássio no ponto zero de carga (PZC) e grau de floculação em três solos do Rio Grande do Sul. Santa Maria, UFSMRS, 1980. 59 p. (Tese M.S.)
- CENTURION, J.F. & DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. R. Bras. Ci. Solo, 9:263-6, 1985.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 3. Aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80 p.

- DONG, A.; CHESTERS, G.; SIMSIMAN, G.V. Soil dispersibility. Soil Sci., 136:208-12, 1983.
- ELSON, J. & LUTZ, J.F. Factors affecting aggregation of cecil soil and effect of aggregation on run-off and erosion. Soil Sci., 50:265-75, 1940.
- EL SWAIFY, S.A.; AHMED, S.; SWINDALE, L.D. Effects of adsorbed cations on physical properties of tropical red and tropical black earths. II. Liquid limit, degree of dispersion and moisture retention. J. Soil Sci., 21:188-98, 1970.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. (s.n.p.)
- FASSBENDER, H.W. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA, 1984. 422 p.
- GUPTA, R.K.; BHUMBLA, D.K.; ABROL, I.P. Effect of sodicity, pH, organic matter and calcium carbonate on the dispersion behavior of soils. Soil Sci., 137:245-51, 1984.
- HALLSWORTH, E.G. An examination of some factors affecting the movement of clay in an artificial soil. J. Soil Sci., 14:360-71, 1963.
- HARIDASAN, M. & CHIBBER, R.K. Effect of physical and chemical properties on the erodibility of some soils of the Malwa Plateau. J. Indian Soc. Soil Sci., 19:293-8, 1971.
- HUDSON, N. Soil conservation. 2. ed. New York, Cornell University Press, 1984. 324 p.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis - Advanced course. Madison, 1965. 896 p.
- KOENIGS, F.F.R. The mechanical stability of clay soil as influenced by the moisture conditions and some factors. Wageningen Hol Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie, 1961. 171 p.

- MITCHELL, J.K. Fundamentals of soil behavior. Berkeley, University of California, John Wiley & Sons, Inc., 1976. 422 p.
- PEELE, T.C.; BEALE, O.W.; LATHAM, E.E. Effect of lime and organic matter on the erodibility of cecil clay. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 3:289-95, 1938.
- ROSA Jr., E.J. Efeito de sistema de manejo e tempo de uso sobre características físicas e químicas de dois solos no município de Ponta Porã. Viçosa, U.F.V., 1984. 89 p. (Tese M.S.)
- SHAINBERG, I. & SINGER, M.J. Effect of eletrolytic concentration on the hydraulic properties of depositional crust. Soil Sci. Soc. Am. J., 49:1260-3, 1985.
- SONNEVELT, C. & VAN DEN ENDE, J. Soil analysis by means of 1:2 volume extract. Plant and Soil, 35:505-16, 1971.
- UEHARA, G. Mineralo-chemical properties of oxisols. In: PROCEEDINGS OF SECOND INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP. Malaysia, 1978. Part I Bangkok; Thailand; Soil Survey Division, Land Development Department, 1979. p. 45-60.
- VETTORI, L. Métodos de análises do solo. Rio de Janeiro, E.P.F. - MA, 1969. 24 p. (Bol. Téc. N.º 7.)