


MARIA DA GLÓRIA BASTOS DE FREITAS MESQUITA


DISPERSÃO DA FRAÇÃO ARGILA E ESTABILIDADE DE
AGREGADOS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO
E GESSO AGRÍCOLA EM LATOSSOLO DA REGIÃO DOS
CAMPOS DAS VERTENTES (MG), CULTIVADO COM
ANDROPOGON E ESTILOSANTES



Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Lavras, como parte das
exigências do curso de Pós-Graduação
em Agronomia, Área de concentração em
Solos e Nutrição de Plantas, para obten-
ção do título de "MESTRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1992

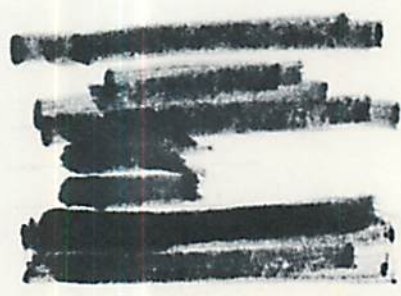


REPUBLICA DE PORTUGAL
MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
E DO REPARTAMENTO
DE AGRICULTURA
E DO REPARTAMENTO
DE AGRICULTURA

MARIA DA GLÓRIA BASTOS DE FREITAS MESQUITA

DISPERSÃO DA FRAÇÃO ARGILA E ESTABILIDADE DE
AGREGADOS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO
E GESSO AGRÍCOLA EM LATOSSOLO DA REGIÃO DOS
CAMPOS DAS VERTENTES (MG), CULTIVADO COM
ANDROPOGON E ESTILOBANTES

Investigação apresentada à Faculdade Superior
de Agricultura de Lavras, como parte das
exigências do curso de Pós-Graduação
em Agronomia, área de concentração em
Soja e Função de Plantas, para obten-
ção do título de "MESTRE".



ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1992




DISPERSÃO DA FRAÇÃO ARGILA E ESTABILIDADE DE AGREGADOS
EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA EM LATOSSOLO
DA REGIÃO DOS CAMPOS DAS VERTENTES (MG), CULTIVADO COM ANDROPOGON
E ESTILOSANTES.

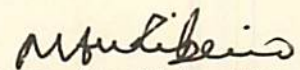
APROVADA:



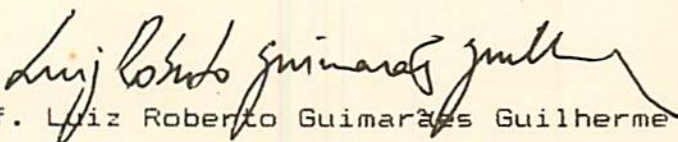
Prof. Mozart Martins Ferreira
Orientador.



Prof. Nilton Curi



Prof. Marco Aurélio Vitorino Ribeiro



Prof. Luiz Roberto Guimarães Guilherme

A minha mãe (D. Nica),
aos meus sogros (Sr. João e D. Conceição)
pela compreensão, apoio e
exemplo de conquistas

OFEREÇO

Ao meu esposo (Zezé)
pelo companheirismo, carinho
e por acreditar

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença e força constante.

A Escola Superior de Agricultura de Lavras, em especial ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realizar o curso.

A CAPES e CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao prof. Mozart Martins Ferreira, pela orientação, amizade e sobretudo pela concretização deste trabalho.

Aos prof. Nilton Curi, Marco Aurélio V. Ribeiro, Luiz Roberto G. Guilherme, pelas colaborações e ensinamentos.

Aos demais professores e funcionários do DCS, por se mostrarem sempre dispostos a contribuir.

Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos, pela convivência, em especial ao Bila, Zão, Décio, Celé, José Antônio e Célia, pela solidariedade.

Aos acadêmicos Luiz Henrique Arimura e Marcelo D. Farias, pela colaboração na fase experimental.

Aos colegas Joel Carlos Pereira e Geraldo César de Oliveira, pelas colaborações, questionamentos e principalmente pela amizade.

Aos demais colegas de curso pela alegre convivência.

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMARIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISAO DE LITERATURA	3
2.1. Caracterização da Região dos Campos das Vertentes	3
2.2. O Fenômeno da Dispersão e sua Relação com a Aplicação de Calcário e Gesso	6
2.3. Influência da Aplicação de Calcário e Gesso na Estabilidade de Agregados do Solo	15
2.4. Influência da Vegetação na Estabilidade de Agregados do Solo	17
2.5. Calagem e Gessagem e as Forrageiras Andropogon e Estilosantes	19
3. MATERIAL E METODOS	21
3.1. Material de Solo utilizado	21
3.2. Calagem, Gessagem e Adubação	21
3.3. Determinações Químicas	24
3.4. Determinações Físicas	24
3.5. Condução Experimental	26

4. RESULTADOS E DISCUSSAO	28
4.1. Propriedades Químicas do Solo após Aplicação e Incubação dos Calcários e Gesso	28
4.2 Propriedades Químicas do Solo após o Cultivo	
4.2.1. Andropogon	30
4.2.2. Estilosantes	34
4.3. Análises Físicas do Solo após o Cultivo	
4.3.1. Andropogon	38
4.3.1.1. Argila Dispersa em Agua	38
4.3.1.2. Indice de Floculação	49
4.3.1.3. Estabilidade de Agregados do Solo em Agua	53
4.3.1.4. Retenção de Umidade	55
4.3.2. Estilosantes	58
4.3.2.1. Argila Dispersa em Agua	58
4.3.2.2. Indice de Floculação	69
4.3.2.3. Estabilidade de Agregados do Solo em Agua	75
4.3.2.4. Retenção de Umidade	77
4.4. Produção de Matéria Seca: parte aérea e sistema radicular	79
5. CONCLUSOES	83
6. RESUMO	84
7. SUMMARY	86

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 88

APENDICE 100

LISTA DE QUADROS

QUADRO	Página
Quadro 1. Características Químicas, Físicas e Mineralógicas do LU estudado	22
Quadro 2. Características dos Calcários e Gesso utilizados	23
Quadro 3. Níveis e Doses de Calcário e Gesso utilizados	23
Quadro 4. Propriedades Químicas do Solo 85 dias após aplicação de Calcário e Gesso	29
Quadro 5. pH em Água, pH em KCl, Ca, Mg, Al, S-SO ₄ ⁻ , V e M.O. no Solo obtidos após o Cultivo de Andropogon, em função dos tipos de Calcário e níveis de Gesso nos Anéis Superior e Inferior das Colunas de Solo (média de 4 repetições) ...	32
Quadro 6. Correlações Simples entre os Valores de pH em Água, pH em KCl, Ca ⁺² , Mg ⁺² , Al ⁺³ , S-SO ₄ ⁻ , V e M.O. com as Doses de Gesso aplicadas nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon	33
Quadro 7. pH em Água, pH em KCl, Ca, Mg, Al, S-SO ₄ ⁻ , V e M.O. no Solo obtidos após o Cultivo de	

Estilosantes, em função dos tipos de Calcário e níveis de Gesso nos Anéis Superior e Inferior das Colunas de Solo (média de 4 repetições) ... 36

- Quadro 8. Correlações Simples entre os Valores de pH em Água, pH em KCl, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Al^{+3} , S-SO_4^- , V e M.O. com as Doses de Gesso aplicadas nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes .. 37
- Quadro 9. Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) em função dos tipos de Calcário, Níveis de Gesso, nos Anéis Superior e Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon (média de 4 repetições) 39
- Quadro 10. Correlações Simples entre os Valores de pH em Água, pH em KCl, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Soma de Bases (S), Saturação por Bases (V), Saturação por Alumínio (m), CTC a pH 7,0 (T), Matéria Orgânica (M.O.), Sulfato (S-SO_4^-), e Doses de Gesso com valores de Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon 40
- Quadro 11. Correlações Simples entre os Valores de pH em Água, pH em KCl, Cálcio, Magnésio, Alumínio,

	Soma de Bases (S), Saturação por Bases (V), Saturação por Alumínio (m), CTC a pH 7,0 (T), Matéria Orgânica (M.O.), Sulfato ($S-SO_4^-$) e Doses de Gesso com Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Floculação (IF). Diâme- tro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umi- dade (RU) no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon	43
Quadro 12.	Correlações Simples entre os Valores de pH em Água, pH em KCl, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Soma de Bases (S), Saturação por Bases (V), Saturação por Alumínio(m), CTC a pH 7,0 (T), Matéria Orgânica (M.O.), Sulfato ($S-SO_4^-$), e Doses de Gesso com Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retençãao de Umi- dade (RU) no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon	44
Quadro 13.	Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) em fun- ção dos tipos de Calcário, Níveis de Gesso, nos Anéis Superior e Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes (média de 4 repetições)	59

- Quadro 14. Correlações Simples entre os Valores de pH em Agua, pH em KCl, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Soma de Bases (S), Saturação por Bases (V), Saturação por Alumínio (m), CTC a pH 7,0 (T), Matéria Orgânica (M.O.), Sulfato ($S-SO_4^-$) e Doses de Gesso com valores de Argila Dispersa em Agua (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes 60
- Quadro 15. Correlações simples entre os valores de Argila Dispersa em Agua e alguns parâmetros químicos nos Anéis das Colunas de Solo e em presença dos tipos de Calcário, após o Cultivo de Estilosantes 64
- Quadro 16. Correlações Simples entre os Valores de pH em Agua, pH em KCl, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Soma de Bases (S), Saturação por Bases (V), Saturação por Alumínio (m), CTC a pH 7,0 (T), Matéria Orgânica (M.O.), Sulfato ($S-SO_4^-$) e Doses de Gesso com Argila Dispersa em Agua (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes 65
- Quadro 17. Correlações Simples entre os Valores de pH

em Agua, pH em KCl. Cálcio, Magnésio, Alumí- nio, Soma de Bases (S), Saturação por Bases (V), Saturação por Alumínio (m), CTC a pH 7,0 (T), Matéria Orgânica (M.O.), Sulfato ($S-SO_4^-$) e Doses de Gesso com Argila Dispersa em Agua (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes	66
Quadro 18. Correlações simples entre os valores de Índice de Floculação e alguns parâmetros químicos nos Anéis das Colunas de Solo e em presença dos tipos de Calcário, após o cul- tivo de Estilosantes	73
Quadro 19. Equações de Regressão Relativas à Produção de Matéria Seca da Parte Aérea das Culturas e a Aplicação de Calcário e Gesso e seus Coeficientes de Determinação	80
QUADRO 20. Produção de Matéria Seca da Parte Aérea das Culturas de Andropogon e Estilosantes em Função dos Tipos de Calcário e Níveis de Gesso (média de 4 repetições)	81
QUADRO 21. Produção de Matéria Seca do Sistema Radicular das Culturas de Andropogon e Estilosantes em Função dos tipos de Calcário e Níveis de Gesso nos Anéis das Colunas de Solo (média de 4 re- petições)	82

LISTA DE FIGURAS

Página

- Figura 1. Localização da Microrregião Campos da Mantiqueira, Região Campos das Vertentes, no Estado de Minas Gerais 4
- Figura 2. Argila Dispersa em Água em Função das Doses de Gesso no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon 46
- Figura 3. Argila Dispersa em Água em Função das Doses de Gesso no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon 46
- Figura 4. Argila Dispersa em Água em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Calcítico 48
- Figura 5. Argila Dispersa em Água em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Dolomítico ... 48
- Figura 6. Índice de Floculação em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Calcítico 51
- Figura 7. Índice de Floculação em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de

Andropogon, na presença de Calcário Dolomítico ...	52
Figura 8. Índice de Floculação em Função das Doses de Gesso no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon	52
Figura 9. Índice de Floculação em Função das Doses de Gesso no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon	53
Figura 10. Diâmetro Médio Geométrico dos Agregados do Solo em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Calcítico	54
Figura 11. Diâmetro Médio Geométrico dos Agregados do Solo em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Dolomítico	55
Figura 12. Retenção de Umidade em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Calcítico ...	57
Figura 13. Retenção de Umidade em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Dolomítico ..	57
Figura 14. Argila Dispersa em Água em Função das Doses de Gesso no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico	61

- Figura 15. Argila Dispersa em Agua em Função das Doses de Gesso no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico 62
- Figura 16. Argila Dispersa em Agua em Função das Doses de Gesso no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico 63
- Figura 17. Argila Dispersa em Agua em Função das Doses de Gesso no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico 63
- Figura 18. Argila Dispersa em Agua em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico . 68
- Figura 19. Argila Dispersa em Agua em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico. 68
- Figura 20. Índice de Flocculação em Função das Doses de Gesso no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico 70
- Figura 21. Índice de Flocculação em Função das Doses de Gesso no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico 70

- Figura 22. Índice de Flocculação em Função das Doses de Gesso no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico 71
- Figura 23. Índice de Flocculação em Função das Doses de Gesso no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico 72
- Figura 24. Índice de Flocculação em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico 74
- Figura 25. Índice de Flocculação em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico 75
- Figura 26. Diâmetro Médio Geométrico dos Agregados do Solo em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas do Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico 76
- Figura 27. Diâmetro Médio Geométrico dos Agregados do Solo em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo, após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico 77
- Figura 28. Retenção de Umidade em Função dos Níveis de Gesso, nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes,

na presença de Calcário Calcítico	78
Figura 29. Retenção de Umidade em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico	78

1. INTRODUÇÃO

A calagem e a gessagem são técnicas desenvolvidas para a correção de condições do solo, adversas ao bom desenvolvimento das culturas.

Dentre os efeitos da calagem, destacam-se os seguintes: eleva o pH; adiciona Ca e, algumas vezes, Mg ao solo; aumenta a atividade microbiana e a liberação de nutrientes tais como N, P, S pela decomposição da matéria orgânica; aumenta as cargas dependentes do pH, aumentando, conseqüentemente, a CTC do solo. Dentre os efeitos da gessagem, destacam-se sua ação fertilizante pela adição de Ca e S ao solo e sua habilidade condicionadora das camadas subsuperficiais do solo ao maior desenvolvimento radicular. Contudo, relativamente poucos estudos têm sido conduzidos no sentido de verificar os efeitos dessas práticas sobre as propriedades físicas do solo, principalmente no tocante a uma avaliação posterior ao cultivo de uma espécie vegetal qualquer.

O desenvolvimento dos agregados do solo resulta de um processo complexo, ainda não conhecido com precisão, que envolve a interação entre agentes ligantes e as partículas unitárias do solo. Embora os agregados ocorram naturalmente, encontram-se na literatura referências segundo as quais a aplicação de adubos e

corretivos no solo pode levar tanto à formação quanto à destruição dos mesmos.

Sabe-se também que as raízes são fatores que concorrem decisivamente para a restauração física dos solos, de maneira que qualquer limitação ao seu desenvolvimento pode redundar em comprometimento no processo de agregação do solo.

É importante o estudo do efeito dessas práticas corretivas nas propriedades dos solos quando se considera a aplicação de doses elevadas de calcário e gesso e a dificuldade de uma distribuição homogênea, podendo ocorrer locais onde a concentração se eleva acima da recomendada.

Logo, o melhor entendimento dos mecanismos que promovem alterações físicas no solo, através de calagem e gessagem, auxiliará na determinação de práticas de manejo que permitirão obter maiores rendimentos das culturas, sem que haja degradação física do solo.

Constitui objetivo deste estudo, verificar a dispersão da fração argila e a estabilidade de agregados de um Latossolo variação Una, cultivado com andropogon e estilósantes na Microrregião dos Campos da Mantiqueira, Região dos Campos das Vertentes (MG), em função da aplicação de calcário e gesso agrícola.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterização da Região dos Campos das Vertentes

A região dos Campos das Vertentes está posicionada praticamente no centro do triângulo formado pelos grandes centros urbanos Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro (Figura 1). Este posicionamento gera, ao mesmo tempo, efeitos positivos e negativos sobre a região, sendo que os primeiros se relacionam com sua proximidade a grandes centros de consumo. Contudo, esta mesma proximidade pode ser considerada negativa na medida que através da concorrência, estes centros consumidores requerem recursos financeiros e humanos, que poderiam ser direcionados à região em estudo.

Segundo a FUNDAÇÃO JOAO PINHEIRO(1977), na maioria dos municípios da região dos Campos das Vertentes a agropecuária, como atividade básica, apresenta baixo desenvolvimento, tendo como único produto de exportação o leite.

A região oferece boas condições para o cultivo de lavouras e para a criação de gado, bastante favorecida pela existência de grandes extensões de campos. Assim, ao lado das primeiras plantações agrícolas introduzidas ainda nos tempos da mineração do ouro, aparecem também os primeiros rebanhos, que encontraram nas pastagens naturais um espaço propício para sua reprodução e

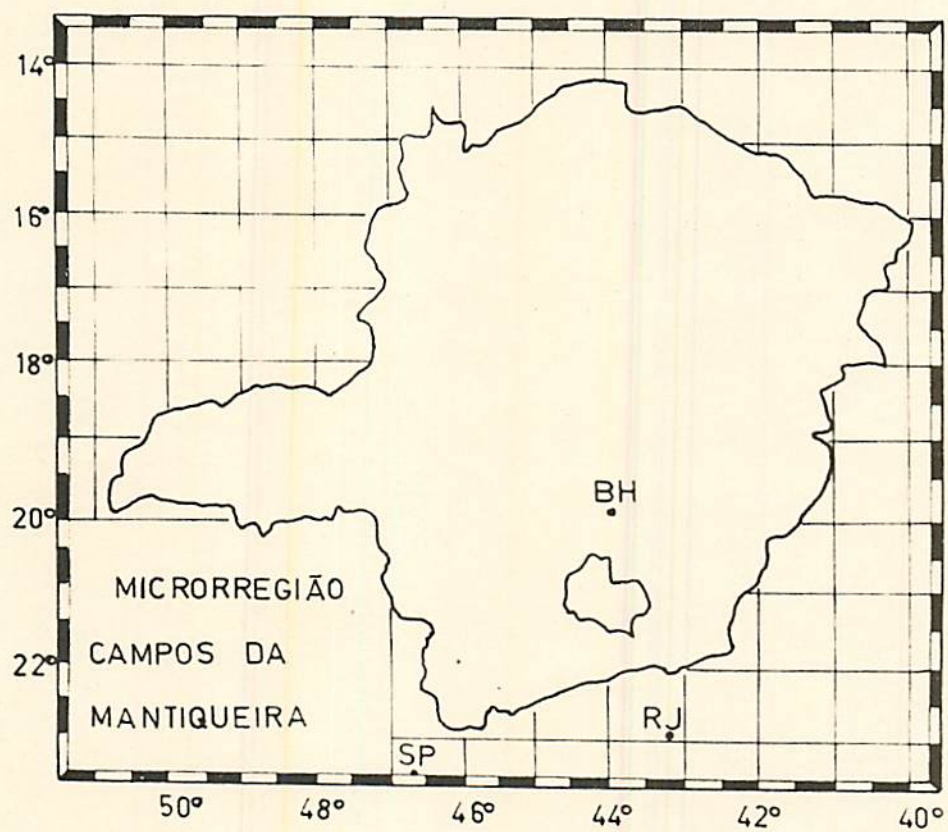


FIG. 1. Localização da Microrregião Campos da Mantiqueira, Região Campos das Vertentes, no Estado de Minas Gerais

expansão. As mais antigas referências a uma exploração econômica regular da agricultura na região, datadas de princípio do século XIX, apontavam como principais culturas a cana-de-açúcar, o milho e o algodão. Entretanto, entre os produtos mais cotados nas exportações predominavam os de origem animal, notadamente a carne e os laticínios, e hoje, a pecuária leiteira continua a representar a base da produção rural nos Campos das Vertentes. Um histórico mais abrangente da região pode ser observado em FUNDAÇÃO JOAO PINHEIRO (1977).

Observa-se que a área ocupada por pastagens na região, representa em torno de 80% do total da área de exploração agropecuária. Verifica-se então que uma reduzida porcentagem da área total está ocupada por lavouras, o que torna a região quase que essencialmente pecuária.

O estado atual da vegetação e solos da região é o reflexo do uso predatório a que vêm sendo submetidos ao longo dos anos. Os solos da região são predominantemente pobres, com problemas de erosão, consistindo nos principais obstáculos ao modelo primitivo de agricultura praticado. Esse modelo primitivo de agricultura se caracteriza pelo baixo nível tecnológico e o não emprego de capital para o melhoramento e manutenção das condições do solo. Estudos realizados (PURCINO, 1980; HADDAD, 1983; CARVALHO, 1985 e OATES & CALDWELL, 1985) mostram que as possibilidades de aproveitamento agrícola melhoram bastante com o emprego de sistemas de manejo envolvendo práticas simples, dentre as quais citam-se a calagem e a gessagem.

2.2. O Fenômeno da Dispersão e sua Relação com a Aplicação de Calcário e Gesso

Os fenômenos de dispersão e floculação são controlados pela espessura da dupla camada difusa. Esta é constituída no solo pela presença de cargas na superfície da argila em suspensão, cargas estas que, de um modo geral, são eletronegativas e assim podem atrair cátions da solução do solo. A camada de cargas da superfície da argila e a camada de íons aglomerados a ela é que formam a chamada dupla camada difusa. Considerações sobre o comportamento desta dupla camada são feitas por GAVANDE (1976), TAN (1982) e FASSBENDER (1986), entre outros.

Uma maior espessura da dupla camada difusa leva a uma maior dispersão da argila; o contrário ocorre quando a espessura da dupla camada é diminuída, ou seja, procede-se uma floculação da argila. De acordo com BAVER et alii (1972), esta espessura é determinada pela valência e concentração de íons de sinais opostos àqueles existentes na superfície das partículas. Assim, quanto maior a valência e concentração, maior será a compressão da dupla camada, levando à floculação. Por outro lado, em baixo conteúdo eletrolítico na solução do solo, a dupla camada torna-se mais espessa e os colóides dispersos. Geralmente, tem-se que em concentrações eletrolíticas equivalentes, cátions monovalentes em posição de troca levam a maior espessura da dupla camada do que cátions divalentes. Neste contexto, cátions trivalentes propiciam então, uma menor espessura da dupla camada, o que favoreceria a floculação dos colóides. Isto pode ser explicado devido a tendência dos íons à difusão, sendo que esta tendência decresce

na ordem: íons monovalentes > divalentes > trivalentes, conforme TAN (1982).

Em oposição às forças de repulsão, a argila em suspensão está também sujeita à força de atração entre partículas. VAN OLPHEN (1977) atribui a atração entre partículas dispersas, em geral, às forças de Van-der-Waals. Estas forças somente são efetivas a distâncias muito pequenas, e decrescem rapidamente com a distância. Entretanto, explica o referido autor, desde que haja aditividade entre pares de átomos, a atração potencial entre partículas contendo um grande número de átomos é igual à soma de todas as forças atrativas entre todos os átomos de uma partícula e todos os átomos de outra partícula. A medida que decresce a distância entre as partículas, predominam as forças de Van-der-Waals e ocorre a floculação entre as partículas (VAN OLPHEN, 1977 e TAN, 1982).

A dispersão é favorecida pelo pequeno tamanho das partículas coloidais, pelo raio iônico e pelo grau de hidratação dos íons, conforme BRADY (1989). Esse autor afirma ainda, haver uma tendência do Na^+ , que é um íon altamente hidratável, em favorecer a dispersão dos colóides do solo, e do Ca^{+2} em favorecer sua floculação, e que quanto mais próximos os íons estiverem da superfície dos colóides, maior será a sua energia de retenção. Por outro lado, os íons que se tornam hidratados em solução, terão um raio efetivo maior do que na forma não hidratada, e assim favorecerão a dispersão, e em mesma valência o Na^+ favorece mais a dispersão do que o K^+ .

É possível reduzir a eletronegatividade das argilas pelo

abaixamento do pH ou pela simples adição de sais, os quais aumentarão a concentração dos cátions ao redor da argila, e assim, dificultarão a dispersão. De acordo com BRADY (1989), o abaixamento no pH ocasiona redução das cargas negativas das partículas de argila, o que favorece a aproximação e a floculação das mesmas. Por outro lado, a elevação do pH ocasiona aumento das cargas negativas, aumento da repulsão entre partículas e conseqüentemente aumento da dispersão. O autor menciona ainda que a capacidade dos cátions para flocular colóides do solo segue a ordem: $H > Al > Ca > Mg > K > Na$.

De acordo com FASSBENDER (1986), solos que apresentam em sua constituição óxidos e hidróxidos de Si, Fe e Al, em condições de pH baixo, mantêm seus colóides dispersos, dispersão esta que se deve às cargas positivas superficiais que produzem uma espécie de repulsão entre as partículas. Ao se variar as condições, por um aumento no pH do solo, se alcança o PCZ (ponto de carga zero), no qual desaparecem as cargas elétricas externas e as partículas coloidais coagulam, agrupando-se e perdendo seu caráter de suspensão. Se o pH continuar a aumentar, mais cargas negativas serão criadas, tornando a ocorrer a dispersão das partículas. Essas considerações feitas por FASSBENDER (1986) propõem um modelo teoricamente aceitável, mas falta entretanto, comprovar este modelo nos Latossolos brasileiros, os quais apresentam predomínio de caulinita e de óxidos (termo inclusivo para óxidos, hidróxidos e oxi-hidróxidos) de Fe e Al na sua fração argila e uma alta taxa de floculação, mesmo a pH baixos.

O tipo de colóide, de acordo com diversos autores, é importante no fenômeno da dispersão e floculação. BUTIERRES

(1980) estudou a influência da aplicação de calcário e adubação fosfatada na floculação da argila de solos com predomínio de argilominerais do tipo 2:1 e também com predomínio de óxidos. Inicialmente o autor observou que calcário e fósforo apresentaram efeitos similares, favorecendo a dispersão. Com relação ao tipo de material presente, o autor detectou que o solo com minerais de argila predominantemente do tipo 2:1 foi o menos afetado pela aplicação de calcário e fósforo quando comparado com aquele com predomínio de óxidos.

Resultados opostos aos de BUTIERRES (1980) foram encontrados anteriormente por EL-SWAIFY et alii (1970) que estudaram os efeitos dos cátions adsorvidos sobre algumas propriedades físicas de dois solos tropicais. O limite de liquidez, o grau de dispersão e a retenção de umidade de um dos solos constituído predominantemente de caulinita e óxidos de Fe na fração argila, mostraram-se independentes da natureza do cátion saturante. Estas mesmas três propriedades avaliadas em outro solo constituído predominantemente de montmorilonita na argila foram, ao contrário, influenciadas pela natureza do cátion saturante, com o Na^+ exercendo a maior influência no sentido de aumentar as propriedades avaliadas e o K^+ desfavorecendo estas propriedades. Ca^{+2} e Mg^{+2} comportaram-se intermediariamente e exerceram influências iguais entre si. Os efeitos envolvendo os quatro íons foram explicados em termos do balanço entre as forças atrativas e repulsivas nas soluções e pastas de solo. Já o comportamento anômalo da saturação com K^+ foi explicado por sua adsorção específica.

Os efeitos da sodicidade, pH, matéria orgânica e carbonato de cálcio no comportamento da dispersão do solo foram estudados por GUPTA et alii (1984). Os autores verificaram que a quantidade de argila dispersa em água decresceu com o aumento da concentração eletrolítica e que a presença de CaCO_3 além de reduzir a dispersão de argila, apresentou um efetivo poder floculante. O estudo mostra ainda que a matéria orgânica e a elevação da alcalinidade juntas aumentaram a dispersão da argila.

Em estudo sobre as alterações em características físicas e químicas de um Latossolo Roxo distrófico (LRd) e uma Terra Roxa Estruturada eutrófica (TEe) causadas pelo manejo e tempo de utilização, ROSA Jr. (1984) concluiu que os valores do grau de floculação decresceram, para ambos os solos, com o aumento dos níveis de Ca^{+2} e Mg^{+2} nas camadas superficiais. Verificou ainda que com adubações anuais e calagens periódicas, houve elevação do pH, o que promoveu o aumento das cargas negativas dependentes do pH, que aliado ao maior teor de matéria orgânica das camadas superficiais, desfavoreceu, dessa forma, a estabilidade da ligação entre partículas.

O fato de o aumento dos níveis de Ca^{+2} e Mg^{+2} no solo reduzir ou aumentar o grau de floculação e a dispersão natural do solo, assim como outras observações, sugere que tanto a prática da calagem como a gessagem podem influenciar esses fenômenos. Um aspecto que deve ser observado é se os íons adicionados ao solo terão o mesmo comportamento, mesmo se provenientes de fontes diferentes. De acordo com JUCKSCH et alii (1986) em estudos utilizando um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (LEd) com diferentes níveis de calagem e fontes de cálcio em tubos de PVC,

a calagem contribuiu para a dispersão da fração argila do solo. Observaram que a presença de carbonato afetou sensivelmente a dispersão do solo; onde as fontes de corretivos foram os carbonatos de cálcio e de magnésio, o fenômeno de dispersão foi evidente em todos os anéis que receberam correção. Tal fato também ocorreu onde as fontes de corretivos utilizadas foram o carbonato e o sulfato juntos. No entanto, nas colunas de solo em que as fontes utilizadas foram o sulfato em maior proporção que o carbonato, a dispersão foi praticamente nula. Não ficou evidenciada também a dispersão, quando se utilizaram cloretos como corretivos. Assim, concluem os autores, que foi devido ao uso de carbonatos de cálcio e magnésio a dispersão ocorrida.

O uso do fosfogesso, segundo SHAINBERG & SINGER (1985), condiciona uma rápida penetração de água no solo por dois mecanismos: 1) o gesso se dissolve mais rapidamente que o carbonato e libera eletrólitos, os quais floculam as partículas de solo por efeito de concentração; e 2) o gesso libera íons Ca, os quais diminuem a dispersão da argila. Os autores notaram ainda que o efeito do gesso foi maior no solo cuja concentração eletrolítica foi mantida em altos valores.

SOPRANO (1986) com o objetivo de estudar os efeitos da adição de diferentes sais de cálcio e de diferentes profundidades de incorporação destes nos solos, constatou grande dispersão de argila quando foi utilizado o carbonato, e com base nos dados relativos a pH, sugere que as causas da dispersão são devidas principalmente a variações nas cargas elétricas superficiais dos colóides do solo. Ao usar gesso e cloreto, o pH permaneceu com

valores próximos ao original, não sendo constatada nestes casos a dispersão da argila.

Em amostras dos horizontes A₁ e B₂₁ de um Latossolo Roxo distrófico (LRd), MORELLI & FERREIRA (1987) estudaram o efeito do CaCO₃ e (NH₄)₂HPO₄ nas cargas elétricas e parâmetros relacionados com a estrutura. Os autores observaram que no horizonte A₁, tanto o CaCO₃ como o (NH₄)₂HPO₄ causaram diminuição no grau de floculação do solo, decréscimo na porcentagem de agregados menores que 0,5 mm e alterações no índice de percolação. No horizonte B₂₁, os tratamentos causaram diminuição no grau de floculação e aumento na porcentagem de agregados menores que 0,5mm. Os autores acreditam que o efeito do CaCO₃ e do (NH₄)₂HPO₄ na estrutura do solo depende do teor de matéria orgânica. Quando este teor for baixo, prevalecerão os efeitos diretos dos tratamentos, ou seja, efeitos de ordem eletroquímica, os quais aumentarão a carga líquida negativa dos colóides (óxidos e caulinita), provocando um aumento da repulsão entre partículas, com prejuízo para a estrutura do solo. Quando o teor de matéria orgânica for alto, poderá prevalecer o efeito indireto dos tratamentos, ou seja, haverá um aumento na atividade microbiana, que promoverá a agregação do solo.

Estudando o efeito da calagem sobre um Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa), não cultivado, em colunas de solo, JUCKSCH (1987) concluiu que as alterações físico-químicas causadas pela calagem promoveram a dispersão da argila, resultando em eluviação do material disperso e refloculação nas porções inferiores da coluna de solo, obstruindo os poros, diminuindo a infiltração e a porosidade e aumentando a densidade do solo.

Os efeitos da aplicação de gesso e de soluções eletrolíticas na condutividade hidráulica dos solos foram estudados por MELO et alii (1988) em colunas de solos. Esses autores verificaram que a aplicação de gesso aumentou a condutividade hidráulica dos solos, mas que este aumento foi menor do que o aumento proporcionado pelo uso da água com maior concentração eletrolítica. Os autores justificaram estes resultados citando Quirk & Schofield e Rahman et alii, os quais atribuem o aumento da condutividade hidráulica à floculação das argilas e à não obstrução dos poros condutores.

Numa publicação mais recente, SHAINBERG et alii (1989) resumem os efeitos do uso do gesso nos fenômenos de dispersão e floculação dos solos, bem como os fatores que influenciam estes fenômenos. Segundo os autores o gesso possui ampla aplicação agrônômica por causa de seu efeito favorável nas propriedades físicas (em solos dispersos) e propriedades químicas (em solos ácidos). Sugerem ainda realizações de pesquisas exploratórias do potencial total do gesso, principalmente em solos de regiões tropicais.

Comparando os efeitos do CaCO_3 e do CaSO_4 na dispersão da argila e infiltração em um Oxisol brasileiro, ROTH & PAVAN (1991) constataram que o CaCO_3 promoveu maior dispersão da argila e menor infiltração de água no solo do que o CaSO_4 .

A influência da calagem nas propriedades físicas de Latossolos do Rio Grande do Sul foi constatada por SIQUEIRA (1991), ao verificar efeitos significativos no aumento do grau de dispersão das argilas. Em contrapartida, foram observados aumentos na formação de macroagregados estáveis em água, em

aumentos na formação de macroagregados estáveis em água, em detrimento dos agregados de menor diâmetro. Foi observado também no solo, aumento do teor de polissacarídeos solúveis em água, em função da calagem. Estas substâncias, segundo o autor, atuam como agregadoras das partículas do solo, explicando os efeitos observados.

SUMNER (1992) sugere que o gesso pode melhorar marcadamente as propriedades físicas de solos ácidos, além do efeito benéfico em propriedades químicas de subsolos. Para o autor, a argila da camada superficial de muitos solos ácidos (particularmente os que receberam calagem) é rapidamente dispersa em água desde que haja impactos de energia mecânica (gotas de chuva) disponíveis; o gesso atuará suprindo o eletrólito necessário para promover a floculação e assim minimizar a dispersão da argila.

Pelo fato do gesso precisar dissolver-se muito rapidamente para prevenir a dispersão, apenas subprodutos seriam apropriados para essa aplicação (SHAINBERG et alii, 1989).

Comparando os resultados obtidos pela aplicação de fosfogesso em solos de várias regiões do globo, SUMNER (1992) constatou que o fosfogesso favoreceu a dispersão da argila apenas em um Oxisol brasileiro. Para os solos das demais regiões o fosfogesso aplicado na superfície do solo promoveu a floculação da argila, aumentando a taxa de infiltração e diminuindo as perdas de solo.

2.3. Influência da Aplicação de Calcário e Gesso na Estabilidade de Agregados do Solo

A importância da agregação do solo, entre outras, está em promover um ambiente mais favorável ao desenvolvimento vegetal. A estabilidade de agregados do solo e a sua distribuição por tamanho influem no comportamento físico do solo, como nas taxas de erosão e infiltração, retenção de água, aeração, atividade microbiana e resistência à penetração de raízes.

Segundo GROHMANN (1960), deve-se entender como agregados do solo, o resultado da agregação das partículas unitárias ou elementares (areia, silte e argila).

Para que haja agregação é necessário além de argila flocculada, a presença de agentes cimentantes que atuando sobre a argila flocculada formam os agregados do solo.

Entre os fatores que controlam a produção e degradação dos agregados citam-se: sistemas de cultivo, tipo de vegetação, resíduos vegetais, microrganismos, compostos e cimentantes orgânicos e inorgânicos, teor de argila, íons trocáveis, animais, ar, temperatura, pressão e água (Mc CALLA & HASKINS, 1961; GRIFFITHS, 1965; HARRIS et alii, 1966 e GAVANDE, 1976).

Com o propósito de verificar o estado de agregação de uma Terra Roxa pela aplicação de calcário, esterco e adubação mineral, QUEIROZ NETO & GROHMANN (1963) verificaram que o aumento da quantidade de matéria orgânica do solo tendeu a aumentar o diâmetro médio dos agregados; a adição de esterco juntamente com calcário não teve o mesmo efeito. Os autores assumem que a ação da matéria orgânica aplicada tenha sido contrabalançada pela do

calcário e do adubo mineral. Apontam ainda que as práticas de cultivo, as quais modificam a distribuição dos agregados por classe de tamanho, atuam principalmente nos agregados maiores, quebrando-os, ou nos menores, reagregando-os.

Os mesmos tratamentos anteriores (esterco, calcário e adubo mineral) foram aplicados em um Latossolo Roxo por GROHMANN et alii (1966). Os autores verificaram uma maior estabilidade de agregados na parcela que recebeu somente esterco e que a diminuição da estabilidade pela aplicação do calcário junto ao esterco foi menor do que a provocada pela adubação mineral.

Os efeitos da aplicação superficial de calcário e gesso na estabilidade de agregados de Latossolo Roxo distrófico (LRd) foram estudados por ROTH et alii (1986). Os autores observaram que a calagem e gessagem apresentaram efeitos similares e positivos na agregação do solo.

O efeito positivo da aplicação de calcário na agregação do solo foi também comprovado por CASTRO (1989). Neste estudo compararam-se os efeitos de um calcário calcítico com um dolomítico aplicados superficialmente em um Latossolo Vermelho-Escuro (LE). Os resultados mostraram que o efeito do Ca^{+2} na agregação foi maior que o do Mg^{+2} .

Avaliando os fatores responsáveis pela estabilidade de agregados de um Latssolo Roxo distrófico (LRd), ROTH et alii (1991) verificaram que a calagem proporcionou um aumento na estabilidade dos agregados. Os autores ressaltam que, de modo semelhante ao que ocorre em solos com cargas permanentes das regiões temperadas, a estabilidade de agregados do solo estudado

foi influenciada principalmente pelo teor de matéria orgânica, mais especificamente, pela fração dos ácidos húmicos. O segundo fator importante foi o conteúdo de Ca^{+2} e, somente na faixa ácida do solo, o Al^{+3} torna-se um fator importante.

2.4. Influência da Vegetação na Estabilidade de Agregados do Solo

Na literatura é amplamente discutida a influência das condições do solo sobre o desenvolvimento dos vegetais. Reportam-se também, mas com menor ênfase, as ações desses vegetais sobre os solos.

Elevada taxa de agregação do solo e alta estabilidade de agregados com o cultivo de pastagens foram atribuídas, segundo AINA (1979), à grande proliferação de raízes que teriam favorecido a granulação do solo. TISDALL & OADES (1980) também consideram que vegetações com sistemas radiculares extensos e abundantes possam favorecer a estabilidade dos agregados.

CINTRA & MIELNICZUK (1983) analisaram o potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. Os autores comprovaram a eficiência de sistemas radiculares extensos, pivotantes e também de espécies com capacidade de fixar nitrogênio que garantem baixa relação C/N e aceleram a decomposição das raízes após o fim do ciclo da planta.

A estabilidade de agregados do solo em água e a sua distribuição por tamanho influem tanto no comportamento físico do solo, quanto nas taxas de erosão, infiltração, retenção de água,

aeração e resistência à penetração de raízes. Valores de diâmetro médio ponderado de agregados do solo estáveis em água, de acordo com NUERNBERG et alii (1986), revelaram diferenças significativas entre sucessões de culturas. O autor atribui estas diferenças a variações de volume e capacidade de penetração das raízes, à maior ou menor proteção superficial oferecida ao solo contra a ação desagregadora das gotas de chuva e à população microbiana, sendo esta última associada à quantidade e qualidade da biomassa produzida pela cultura. O autor verificou ainda, que a aplicação de calcário, embora sem promover mudanças nos valores dos agregados do solo, incrementou a população e a atividade microbiana, provavelmente devido à quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos produzidos. Observou também que as plantas forrageiras utilizadas formaram verdadeiras redes que mantêm mais estáveis em água os agregados de maior diâmetro.

Em um Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), cultivado com pastagens, DADALTO et alii (1989) observaram sensível redução da estabilidade dos agregados tanto em água como por via seca com o cultivo do solo. Os autores atribuem estes resultados à redução do teor de matéria orgânica e ao efeito desagregante do pisoteio e do impacto das gotas de chuva. Esta desagregação reduziu a porosidade total e a macroporosidade do solo estudado.

As plantas se diferenciam quanto à atuação sobre a estrutura do solo. CARPENEDO & MIELNICZUK (1990) comparando sistemas de manejo em LR, evidenciaram o grande potencial do uso da pastagem para recuperação dos solos degradados, e com estudos mais detalhados da estrutura interna dos agregados mostraram que estes se formaram por forças de compressão e não por ação biológica das

raízes e microrganismos. A melhor estrutura do solo sob pastagem pôde ser observada pelos autores, através da redução da porcentagem de agregados nas classes de menor diâmetro e aumento nas de maior diâmetro.

2.5. Calagem e Gessagem e as Forrageiras *Andropogon* e *Estilosantes*

A grande maioria dos solos brasileiros apresenta baixos teores de cálcio e magnésio e alta saturação por alumínio, tanto nas camadas superficiais como nas subsuperficiais, logo, a calagem faz-se necessária em larga escala. Além da deficiência anteriormente citada e também da deficiência de enxofre nos solos tropicais, estes ainda estão sujeitos a um clima que é caracterizado por uma estação chuvosa, intercalada por períodos secos, chamados "veranicos", e uma estação seca bem definida. Assim, a gessagem torna-se uma prática importante como condicionadora das camadas subsuperficiais favorecendo maior desenvolvimento dos sistemas radiculares e maior exploração do solo em profundidade (MALAVOLTA et alii, 1979; LOPES, 1987 e PAOLINELLI et alii, s.d.).

A correção da acidez do solo para formação de pastagens, de modo geral, apresenta poucos benefícios. Contudo, de acordo com CARVALHO (1985), há situações em que a aplicação de calcário se faz necessária. Uma delas, segundo a autora, é quando os níveis de Ca^{+2} e Mg^{+2} no solo são muito baixos. Nesses casos, a aplicação de pequenas doses de calcário dolomítico deve ser feita para corrigir essas deficiências. Também, em solos com alto poder

de fixação de P, a calagem pode contribuir para melhorar o aproveitamento do P aplicado.

A introdução de novas espécies forrageiras se torna uma das alternativas de melhoria das pastagens. ARONOVICH & ROCHA (1985) em estudos sobre forrageiras de importância no Brasil pecuário, destacam o gênero *Andropogon*, representado por uma variedade da espécie *A. gayanus*, e o gênero *Stylosanthes*, leguminosa tropical, ambos com boa adaptação a solos pobres e a secas.

Caracterizando a espécie *Andropogon gayanus*, MATTOS et alii (1985) descrevem seu sistema radicular como profundo e denso, o que justifica sua habilidade em retirar os nutrientes minerais para sua nutrição, em solos pobres. O gênero *Stylosanthes*, segundo FERREIRA & COSTA (1970), é constituído por subarbustos eretos, raízes espessadas, longas, geralmente com nódulos bacterianos.

Considerações são feitas por vários autores, sobre a introdução de leguminosas em pastagens de gramíneas proporcionando uma maior produção de forragem. O andropogon, por possuir hábito cespitoso, permite sua associação com leguminosas; e entre estas, o estilosantes é uma das espécies que se associa bem com andropogon em solos de baixa fertilidade, segundo MATTOS et alii (1985).

Observação efetuada por GOEDERT et alii (1985) em experimento com capim *Andropogon gayanus*, em LE, mostrou que esta espécie vegetal tem capacidade de desenvolver sistema radicular abundante e profundo e que este desenvolvimento está diretamente correlacionado com o nível de cálcio trocável no solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material de Solo utilizado

Utilizaram-se amostras de um Latossolo variação Una distrófico (LUd), textura argilosa, relevo plano, situado no distrito de São Sebastião da Vitória, município de São João del Rei, Microrregião dos Campos da Mantiqueira, Região dos Campos das Vertentes, Estado de Minas Gerais.

As características químicas, físicas e mineralógicas do solo estudado são apresentadas no Quadro 1.

3.2. Calagem, Gessagem e Adubação

Na calagem utilizaram-se calcários calcítico e dolomítico. Na gessagem utilizou-se o gesso agrícola.

As quantidades de calcário aplicadas foram calculadas pelo método da saturação por bases (QUAGGIO, 1983), objetivando-se elevar a saturação por bases a 50%. A quantidade de gesso utilizada foi determinada em função da textura do solo, conforme LOPES & GUIMARAES (1989). As características e as quantidades de calcário e gesso utilizados são apresentadas nos Quadros 2 e 3.

Após aplicação dos tratamentos, os solos foram submetidos a um período de incubação de 85 dias, e sob condições de umidade

controlada.

A adubação, igual para as culturas, consistiu de 150ppm de N (NH_4NO_3), parcelado 1/3 no plantio e o restante em duas coberturas: 200ppm de P ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) e 150ppm de K (KH_2PO_4); 1,5ppm de Cu ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); 5ppm de Zn no plantio e 1ppm em cobertura (ZnCl_2); 0,5ppm de B (H_3BO_3) e 0,1ppm de Mo, na forma de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

QUADRO 1. Características Químicas, Físicas e Mineralógicas do LU estudado.

Características	Profundidade (cm)
	0 - 30
pH em água	4,9
pH em KCl	4,4
P (ppm)	2,0
K (ppm)	58,0
Ca (meq/100 cc)	0,4
Mg "	0,2
Al "	0,2
H+Al "	5,0
S "	0,7
t "	0,8
T "	5,7
m (%)	12,0
V (%)	13,0
Mat. org. (%)	3,7
S-SO ₄ ⁻ (ppm)	3,74
Areia (%)	33,0
Limo (%)	30,0
Argila (%)	37,0
Arg. Dispersa em Água (%)	11,0
Índice de Flocculação (%)	51,0
Ds (g/cc)	1,27
Dp "	2,63
Caulinita na fração argila desferrificada (%)	15,0
Gibbsita na fração argila desferrificada (%)	49,0
Fe ₂ O ₃ (%)	11,8
Al ₂ O ₃ (%)	30,8

QUADRO 2. Características dos Calcários e Gesso utilizados

	CaO	MgO	PRNT
		%	
- Calcário calcítico	53,28	1,61	111,57
- Calcário dolomítico	40,38	13,30	89,68
- Gesso	11,22	1,61	-

QUADRO 3. Níveis e Doses de Calcário e Gesso utilizados

	Níveis (%)	Doses (t/ha)
- Gesso	0	0
	25	0,375
	50	0,750
	75	1,125
	100	1,500
- Calcário		
- Calcítico	-	1,300
- Dolomítico	-	1,600

3.3. Determinações Químicas

i. pH em água e em KCl 1N: determinados segundo VETTORI (1969).

ii. Complexo Sortivo: as determinações dos cátions integrantes do complexo sortivo obedeceram à metodologia descrita por VETTORI (1969) e EMBRAPA (1979).

iii. Sulfato: seguiu-se a metodologia descrita por BLANCHARD et alii (1965).

iv. Matéria Orgânica: obtida por colorimetria, segundo RAIJ et alii (1987).

3.4. Determinações Físicas

i. Análise Textural e Argila Dispersa em Água

Utilizou-se o método do densímetro indicado por BOUYOCOS (1962) e introduzida a proveta desenvolvida por FONTES (1982), com agitação mecânica rápida (6000 rpm) por 20 minutos. Na análise textural a dispersão foi auxiliada quimicamente por 10 ml de NaOH 0,5N.

ii. Índice de Flocculação

Foi calculada pela expressão:

$$\text{IF}(\%) = \frac{\text{Arg. Total} - \text{Arg. Dispersa em Água}}{\text{Argila Total}} \times 100$$

iii. Distribuição do Tamanho de Agregados Estáveis em Água

Nesta análise, a distribuição dos agregados do solo em função de seu diâmetro seguiu a técnica descrita por KEMPER & CHEPIL (1965). Esta envolve a separação dos agregados em vários tamanhos pelo tamizamento das amostras através de um jogo de peneiras adaptado a um dispositivo mecânico que apresenta um movimento de oscilação vertical (cerca de 30 oscilações por minuto) dentro de um recipiente com água, conforme descreve GROHMANN (1960).

As amostras de agregados do solo foram submetidas ao pré-umedecimento lento por meio de atomização com água, duas horas antes da análise.

Desta maneira, obtiveram-se agregados com os seguintes diâmetros (mm): 4 a 2; 2 a 1; 1 a 0,5; 0,5 a 0,25; 0,25 a 0,105; e < 0,105.

O Diâmetro Médio Geométrico dos agregados foi calculado pela seguinte equação, proposta por MAZURAK (1950):

$$DMG = \text{antilog} \left[\frac{\sum(n \log d)}{\sum n} \right], \quad \text{onde:}$$

n = % de agregados obtidos nas diversas classes de peneiras;

d = valor médio dos diâmetros limites de cada classe.

iv. Retenção de Umidade no Solo

Obtida com o uso do extrator de placa porosa de acordo com RICHARDS & FIREMAN (1943), pela diferença entre as porcentagens

de água retida nas tensões de -0,10 e -15 atm.

v. Densidade do Solo (D_s)

Seguiu-se a metodologia descrita por BLAKE (1965).

vi. Densidade de Partículas (D_p)

Determinada pelo método do balão volumétrico, com álcool etílico, conforme EMBRAPA (1979).

3.5. Condução Experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da ESAL, utilizando-se colunas de PVC com 30cm de altura e 20cm de diâmetro. As colunas foram divididas em dois anéis de 15cm, tendo o anel inferior recebido solo sem tratamento e o anel superior com tratamentos. Na parte inferior do anel subjacente fizeram-se orifícios para permitir a passagem do lixiviado.

A quantidade de água aplicada na irrigação correspondeu à precipitação média mensal da Região dos Campos das Vertentes de acordo com dados fornecidos pelo 5º Distrito de Meteorologia - Belo Horizonte (MG). Para esses cálculos foram utilizados as precipitações dos meses de junho a março dos últimos cinco anos. A precipitação média mensal foi transformada em diária.

Foram cultivadas duas forrageiras:

- Leguminosa: *Stylosanthes macrocephala* M.B., Ferr et Souza
Costa Cv Pioneiro.

- Gramínea: *Andropogon gayanus* KUNTH var. *bisquamulatus*.

As sementes de ambas culturas foram pré-germinadas antes do plantio. As diferentes espécies foram cultivadas por um período de seis meses. Efetuou-se na leguminosa dois cortes da parte aérea (aos 120 e 180 dias após o plantio) e na gramínea, três cortes (aos 45, 120 e 180 dias após o plantio).

Foram avaliados dados relativos à produção de matéria seca da parte aérea (nos diferentes cortes) e do sistema radicular em ambas culturas.

O esquema experimental seguiu o delineamento em blocos casualizados, sendo um fatorial de 2 (tipos de calcário) X 5 (níveis de gesso), com 4 repetições.

Os dados resultantes das determinações físicas, químicas e de produção, foram submetidos a análises estatísticas de variância, de regressão e correlação, usando o Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) e o Sistema de Análise Estatística (SANEST).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Propriedades Químicas do Solo Após Aplicação e Incubação dos Calcários e Gesso

No Quadro 4 são apresentados os valores das propriedades químicas do solo após a aplicação e incubação dos calcários e gesso. Nota-se, quanto aos valores de pH do solo, uma tendência de aumento ao se comparar com o pH natural do solo, ou seja, antes da aplicação de calcário e gesso (Quadro 1), aumento este, maior quando se aplicou calcário dolomítico. O fato dos calcários promoverem uma elevação do pH dos solos e diminuição da acidez dos mesmos é bem conhecido (MORELLI et alii, 1971; ALMEIDA & BORNEMISZA, 1977 e LOPES, 1987). Ao adicionar gesso, diminuições nos valores de pH dos solos têm sido observadas (PAVAN et alii, 1984; SOPRANO, 1986 e FERREIRA, 1991), tal como os resultados encontrados neste estudo, na presença principalmente de calcário calcítico.

Maiores valores de Ca^{+2} com a aplicação do calcário calcítico e de Mg^{+2} com a aplicação de calcário dolomítico já eram esperados, dada a quantidade dos mesmos nos produtos utilizados. O mesmo se admite para aumentos nos teores de sulfato no solo nas maiores doses de gesso aplicadas (Quadro 4).

QUADRO 4. Propriedades Químicas do solo 85 dias após a aplicação de Calcário e Gesso.

	Níveis de Gesso (%)	pH em água	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	Valor S	S-SO ₄ ⁼ ppm	Valor V	Valor m
			----- meq/100cc -----						--- % ---	
Calcário	0	5,8	1,5	0,3	0,1	3,4	2,2	2,87	42	4,0
Calcítico	25	5,9	1,5	0,6	0,1	3,2	2,6	10,85	45	3,0
	50	5,9	1,5	0,6	0,1	3,2	2,9	22,64	47	3,0
	75	5,6	1,5	0,9	0,1	3,6	2,8	30,43	48	5,0
	100	5,7	1,5	0,7	0,1	3,2	2,8	28,61	47	3,0
média (C)		5,8	1,5	0,6	0,1	3,3	2,6	19,08	45	4,0
Dolomítico	0	5,9	1,0	0,8	0,1	3,2	2,1	3,62	40	4,0
	25	5,9	1,0	0,7	0,1	3,4	2,2	10,85	39	4,0
	50	5,9	1,1	0,8	0,1	3,4	2,4	21,00	41	4,0
	75	5,9	1,2	0,7	0,1	3,6	2,4	34,00	40	4,0
	100	5,9	1,1	0,6	0,1	3,6	2,2	24,38	44	4,0
média (D)		5,9	1,1	0,7	0,1	3,4	2,3	18,77	41	4,0

Constata-se, no Quadro 4, com relação ao Quadro 1, uma elevação dos valores de soma de bases e saturação por bases com a adição de calcários e gesso ao solo, também responsáveis pela diminuição da saturação por alumínio no solo, consequência da liberação de bases e reações dos calcários e gesso incorporados ao solo.

4.2. Propriedades Químicas do Solo Após o Cultivo

4.2.1. Andropogon

O Quadro 1A evidencia as análises de variância das propriedades químicas do solo após o cultivo de andropogon.

Pelo Quadro 1A observa-se inicialmente que as propriedades do solo se mostraram significativamente diferentes entre os anéis superior e inferior, exceto com relação ao conteúdo de matéria orgânica. O Quadro 5 mostra que os elementos relativos ao complexo sortivo se apresentam em maiores quantidades no anel superior, pois foi aquele que recebeu calagem, gessagem e adubação

Com relação ao tipo de calcário utilizado, observa-se, pelo Quadro 1A, que as diferenças encontradas são estatisticamente significativas, exceto quanto aos valores de pH em KCl, teores de Ca^{+2} , e S-SO_4^- . Exceto com relação ao pH em água, o calcário dolomítico proporcionou melhores condições químicas ao solo, quando comparado ao calcário calcítico, após o cultivo da gramínea (Quadro 5).

O Quadro 1A mostra ainda, que a aplicação de gesso afetou

significativamente todas as propriedades químicas do solo, exceto o pH em KCl e teores de Ca^{+2} . De modo geral, as maiores doses de gesso proporcionaram maiores valores nas propriedades químicas do solo, salvo pH em água (Quadro 5). Os estudos de correlação (Quadro 6) mostram que a aplicação do gesso contribuiu para a elevação do teor de enxofre e abaixamento do pH do solo, tanto em água quanto em KCl, embora neste último caso não tenha sido detectada diferença estatística significativa, conforme comentado anteriormente.

As interações significativas observadas entre anel e calcário. (Quadro 1A), podem ser melhores visualizadas pelo Quadro 5, onde notam-se teores mais elevados no anel superior, evidenciando que a maior parte do que foi aplicado permaneceu no anel superior.

QUADRO 5. pH em Água, pH em KCl, Ca, Mg, Al, S-SO₄, V e M.O.

no solo obtidos após o cultivo de *Andropogon*, em função dos tipos de Calcário e níveis de Gesso nos Anéis Superior e Inferior das Colunas de Solo (Média de 4 repetições).

	pH água	pH KCl	Ca ----meq/100cc----	Mg	Al	S-SO ₄ ⁼ ppm	V ----- % -----	MO
Anel Superior								
C0	5,5	4,6	1,1	0,3	0,1	3,89	24	4,0
C25	5,6	4,6	1,1	0,2	0,2	3,21	22	4,0
C50	5,5	4,6	1,2	0,2	0,2	6,90	23	4,1
C75	5,4	4,4	0,6	0,3	0,2	12,21	15	4,1
C100	5,4	4,6	1,2	0,4	0,1	12,30	23	4,0
Média (C)	5,5	4,6	1,0	0,3	0,2	7,68	22	4,0
Anel Inferior								
D0	5,5	4,6	1,2	0,6	0,1	2,91	28	4,1
D25	5,5	4,6	1,2	0,5	0,1	3,68	27	4,2
D50	5,3	4,6	1,2	0,4	0,1	7,82	26	4,2
D75	5,4	4,6	1,1	0,7	0,1	12,36	27	4,3
D100	5,3	4,6	1,1	0,7	0,1	15,40	28	4,3
Média (D)	5,4	4,6	1,2	0,6	0,1	8,43	27	4,2
Anel Superior								
C0	5,4	4,5	0,5	0,3	0,2	2,32	18	4,0
C25	5,5	4,6	0,5	0,2	0,2	4,01	13	4,2
C50	5,4	4,5	0,7	0,2	0,2	5,03	14	3,9
C75	5,4	4,6	1,2	0,2	0,2	5,42	21	4,1
C100	5,3	4,5	0,8	0,3	0,2	8,77	19	4,1
Média (C)	5,4	4,5	0,7	0,2	0,2	5,11	17	4,1
Anel Inferior								
D0	5,4	4,5	0,6	0,3	0,2	2,92	19	4,1
D25	5,5	4,5	0,6	0,2	0,2	2,93	15	4,5
D50	5,3	4,5	0,6	0,2	0,2	4,27	15	4,2
D75	5,4	4,5	0,7	0,3	0,2	6,29	18	4,2
D100	5,2	4,5	0,6	0,3	0,2	7,92	16	4,3
Média (D)	5,3	4,5	0,6	0,2	0,2	4,87	15	4,3

Onde: C = calcário calcítico; D = calcário dolomítico e 0; 25; 50; 75 e 100 porcentagens da recomendação de gesso utilizada.

QUADRO 6. Correlações Simples entre os Valores de pH em Água, pH em KCl, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Al^{+3} , S-SO_4^- , V e M.O. com as doses de Cesso aplicadas nas Colunas de Solo, após o Cultivo de Andropogon.

Variáveis	pH água	pH KCl	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Al^{+3}	S-SO_4^-	V	MO
Gesso	-0,4086 ^{**}	-0,1920 [*]	0,0725	0,1536	0,1178	0,5868 ^{**}	-0,0101	0,1986 [*]

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

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



Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

4.2.2. Estilosantes

Pela análise de variância, nota-se os efeitos da aplicação de calcário e gesso nas propriedades químicas do solo após o cultivo de estilosantes (Quadro 2A).

Com exceção do pH em água e matéria orgânica, as demais propriedades químicas no solo apresentaram diferenças significativas entre os anéis superiores e inferiores das colunas de solo cultivadas com estilosantes, o que é melhor evidenciado pelo Quadro 7. Observa-se, para estas propriedades, valores maiores no anel superior, o que pode ser justificado, como comentado anteriormente nos resultados após o cultivo da gramínea, pela incorporação dos calcários, gesso e adubos somente nos anéis superiores das colunas de solo, evidenciando pequena movimentação de cátions nessas colunas.

O uso de calcário, calcítico ou dolomítico, refletiu diferentemente nos valores de pH em KCl, teores de Mg^{+2} , Al^{+3} , e V (Quadro 2A). Similarmente às alterações ocorridas após o cultivo de andropogon verifica-se o maior favorecimento das propriedades químicas, acima citadas, pelo uso do calcário dolomítico, também após o cultivo de estilosantes (Quadro 7).

O pH em água não mostrou variação devido ao uso de tipos diferentes de calcário após o cultivo da estilosantes (Quadro 2A), contrariamente ao que ocorreu após o cultivo de andropogon.

O Quadro 2A mostra ainda que o uso do gesso afetou significativamente o pH em água, mas em uma relação inversa, como pode ser notado no Quadro 8, nos estudos de correlação. Já os teores de Mg^{+2} , Al^{+3} e $S-SO_4^-$ aumentaram com a aplicação do gesso

(Quadro 8)

O potencial de esgotamento dos nutrientes do solo pelo andropogon e estilosantes cultivados apresenta-se, de modo geral, com tendências similares, o que pode ser evidenciado ao se comparar as médias gerais obtidas antes e após os cultivos de andropogon e estilosantes (Quadros 4, 5 e 7).

QUADRO 7. pH em Água, pH em KCl, Ca, Mg, Al, S-SO₄, V e M.O. no Solo, obtidos após o Cultivo de Estilosantes, em função dos tipos de Calcário e níveis de Gesso nos Anéis Superior e Inferior das Colunas de solo (Média de 4 repetições).

	pH _{Água}	pH _{KCl}	Ca ---meq/100cc---	Mg	Al	S-SO ₄ ppm	V ---- % ----	MO
Anel Superior								
C0	5,6	4,5	1,0	0,2	0,2	2,60	23	4,0
C25	5,6	4,5	0,9	0,3	0,2	2,97	22	3,9
C50	5,4	4,5	0,9	0,3	0,2	4,94	22	4,0
C75	5,3	4,5	1,0	0,4	0,2	6,64	25	4,1
C100	5,4	4,5	0,9	0,4	0,2	7,84	23	3,9
Média (C)	5,5	4,5	0,9	0,3	0,2	4,99	23	4,0
Anel Superior (D)								
D0	5,7	4,6	1,0	0,4	0,1	2,60	27	4,1
D25	5,6	4,6	1,0	0,4	0,1	3,29	26	4,1
D50	5,5	4,6	0,9	0,5	0,2	4,21	25	4,1
D75	5,5	4,6	1,0	0,6	0,1	6,86	28	4,0
D100	5,4	4,6	1,0	0,7	0,1	9,00	28	4,2
Média (D)	5,6	4,6	1,0	0,5	0,1	5,19	27	4,1
Anel Inferior								
C0	5,7	4,6	0,5	0,3	0,1	2,25	18	4,0
C25	5,6	4,6	0,6	0,2	0,2	2,97	17	4,1
C50	5,5	4,5	0,5	0,2	0,2	3,31	16	4,1
C75	5,6	4,5	0,5	0,2	0,2	4,78	19	4,2
C100	5,4	4,5	0,8	0,2	0,2	5,34	16	4,1
Média (C)	5,6	4,5	0,6	0,2	0,2	3,73	17	4,1
Anel Inferior (D)								
D0	5,7	4,6	0,7	0,2	0,1	2,94	18	4,0
D25	5,6	4,5	0,7	0,1	0,2	3,12	15	4,0
D50	5,4	4,5	0,6	0,2	0,2	3,49	17	4,2
D75	5,4	4,5	0,6	0,4	0,2	4,60	18	4,2
D100	5,4	4,6	0,6	0,4	0,2	6,27	19	4,1
Média (D)	5,5	4,5	0,6	0,3	0,2	4,08	17	4,1

Onde: C = Calcário Calcítico; D = Calcário Dolomítico e 0; 25; 50; 75 e 100 porcentagens da recomendação de gesso utilizadas.

QUADRO 8. Correlações Simples entre os Valores de pH em Água, pH em KCl, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Al^{+3} , S-SO_4^- , V e M.O., com as doses de Gesso aplicadas nas Coluna de Solo após o Cultivo de Estilosantes.

Variáveis	pHágua	pHKCl	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Al^{+3}	S-SO_4^-	V	M.O.
Gesso	-0,5549**	-0,1686	-0,0461	0,3800**	0,2509*	0,7690**	0,0701	-0,0946

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

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

4.3. Análises Físicas do Solo após o Cultivo

4.3.1. Andropogon

Os Quadros 3A, 9 e 10 refletem os comportamentos das propriedades físicas do solo após o cultivo de Andropogon .

4.3.1.1. Argila Dispersa em Água

Os resultados do Quadro 3A evidenciam influência altamente significativa do tipo de calcário utilizado na porcentagem de argila dispersa em água após o cultivo de andropogon. Pelo Quadro 9 verifica-se que o cultivo de andropogon com calcário calcítico resultou em maior dispersão da fração argila quando comparado com o calcário dolomítico.

De um modo geral, trabalhos realizados visando estudar os efeitos da calagem sobre a dispersão da fração argila dos solos são conduzidos por um tempo inferior a dezesseis semanas, tempo este considerado como ideal para a reação dos corretivos no solo. Assim, trabalhos relatados pela literatura, também utilizando plantas, têm mostrado que, via de regra, detectam-se aumentos no conteúdo de argila dispersa em água e deterioração da estrutura do solo (MORELLI & FERREIRA, 1987 e ROTH & PAVAN, 1991). JUCKSCH (1987), não usando plantas, também observou deterioração da estrutura do solo com a prática da calagem. O presente trabalho sendo realizado por um período de trinta e oito semanas,

QUADRO 9. Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU), em Função dos tipos de Calcário e Níveis de Gesso nos Anéis Superior e Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon (Média de 4 repetições).

	ADA (%)	IF (%)	DMG (mm)	RU (%)

Anel Superior				
C0	14	61	2,605	10,4
C25	18	49	2,545	9,5
C50	11	72	2,740	9,8
C75	12	66	2,285	12,4
C100	14	64	2,712	11,8

Média (C)	14	62	2,577	8,8

D0	12	66	2,628	11,5
D25	14	66	2,625	10,7
D50	8	78	2,665	12,4
D75	10	72	2,642	7,6
D100	10	73	2,542	7,8

Média (D)	11	71	2,620	10,0

Anel Inferior				
C0	14	62	2,685	8,6
C25	16	57	2,615	9,2
C50	12	66	2,805	11,1
C75	18	56	2,398	11,7
C100	9	75	2,728	11,6

Média (C)	13	63	2,646	10,4

D0	10	72	2,665	8,9
D25	11	72	2,625	10,6
D50	9	75	2,695	7,8
D75	13	65	2,730	7,8
D100	8	79	2,708	7,0

Média (D)	10	73	2,687	8,4

Onde: .C = Calcário Calcítico; D = Calcário Dolomítico e 0; 25; 50; 75 e 100 porcentagens da recomendação de gesso utilizada.

QUADRO 10. Correlações Simples entre Valores de pH em Água, pH em KCl, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Soma de Bases (S), Saturação por Bases(V), Saturação por Alumínio (m), CTC a pH 7,0 (T), Matéria Orgânica (M.O.), Sulfato ($S-SO_4^-$) e Doses de Gesso com valores de Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) nas colunas de solo após o cultivo de Andropogon.

Variáveis	ADA	IF	DMG	RU
pH em água	0,3788**	-0,3815**	0,0355	0,1577
pH em KCl	-0,0286	-0,0441	0,0139	-0,0303
Ca ⁺²	0,1287	-0,1104	-0,0119	0,2559**
Mg ⁺²	-0,1687	0,2052*	0,0317	0,1244
Al ⁺³	0,0790	-0,0815	0,0151	-0,0782
S	0,0104	0,0217	0,0078	0,1179
V	-0,0234	0,0469	-0,0131	0,0817
m	0,0174	-0,0345	0,0092	-0,1048
T	0,1588	-0,1279	0,0991	0,2443*
M.O.	-0,1779	0,1879*	0,0580	-0,2167*
S-SO ₄ ⁼	-0,1991*	0,2092*	-0,0553	0,0303
GESSO	-0,2479*	0,2809**	-0,0183	-0,0547

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

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

propiciou maior tempo para que ocorressem as reações do calcário e do gesso no solo além da absorção dos nutrientes pelo cultivo de andropogon, e mostra o pequeno efeito dispersante dos calcários utilizados, o que pode ser compensado ainda pelo cultivo, o qual favorece à floculação, fato este observado ao se comparar a porcentagem de argila dispersa em água do solo antes da incorporação dos calcários e gesso (Quadro 1), com os valores do Quadro 9, após a incorporação dos calcários e gesso e cultivo de andropogon.

Conforme relatado por GHANI et alii (1955), ao se aplicar CaCO_3 , no solo, ocorre inicialmente dispersão, com o aumento do tempo de reação passa a prevalecer a agregação dos colóides do solo.

Segundo GAVANDE (1976), o poder floculante dos cátions aumenta de acordo com a sequência: mono<di<trivalentes. As quantidades relativas necessárias para que se produza floculação são da ordem aproximada de $100 \text{ Na}^+ : 2 \text{ Ca}^{+2} : 0,04 \text{ Al}^{+3}$, o que indica que maior quantidade de um cátion divalente pode ocasionar o mesmo efeito de um cátion trivalente em menor quantidade. Uma das características do solo estudado é seu baixo teor de Al^{+3} (Quadro 1). Mesmo assim, a calagem e a gessagem poderiam estar promovendo a retirada do Al^{+3} do complexo de troca (Quadro 4), o que favoreceria a dispersão da fração argila. Por outro lado, os calcários e o gesso adicionados ao solo não estariam provocando um aumento significativo nas cargas negativas dos colóides, os quais possuem predominantemente cargas dependentes de pH, inferidas pela mineralogia da fração argila deste solo, segundo CURI (1991), e pelo Quadro 5 verifica-se pequena variação nos

lores de pH em água do solo, não promovendo assim, a redução das ligações entre os colóides e a conseqüente dispersão, que normalmente ocorre, segundo literatura existente, em pH superior a 6,5. Observa-se neste estudo, que o pH do solo, em todos os tratamentos não ultrapassou o valor 5,6 (Quadro 5).

Após o cultivo da gramínea os maiores valores de pH do solo foram detectados com o uso do calcário calcítico (Quadro 5). Observa-se também (Quadro 10) correlação positiva significativa entre pH em água e argila dispersa em água, reafirmando o maior efeito do calcário calcítico em favorecer a dispersão do que o calcário dolomítico.

Observa-se, comparando os Quadros 1, 4 e 5 que as concentrações de Ca^{+2} e Mg^{+2} foram elevadas com a adição dos calcários, e conforme relata a literatura, maiores concentrações resultam em menor espessura da dupla camada difusa e assim em menor dispersão da fração argila do solo.

No anel superior da coluna de solo foi verificada correlação negativa significativa (Quadro 11) entre teor de Mg^{+2} e argila dispersa em água, confirmando a menor porcentagem de argila dispersa em água com o uso de calcário dolomítico do que com o uso do calcário calcítico. No anel inferior no entanto, esta correlação não ocorreu significativamente, havendo correlação positiva significativa com os teores de Ca^{+2} (Quadro 12). Comparando-se o Quadro 5 (anel inferior) com o Quadro 1, nota-se que houve aumento no teor de Ca^{+2} evidenciando uma translocação maior de Ca^{+2} . Acredita-se, que o uso do gesso aplicado junto com os calcários, além de diminuir o efeito dos calcários como corre-

QUADRO 11. Correlações Simples entre os Valores de pH em Água, pH em KCl, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Soma de Bases (S), Saturação por Bases (V), Saturação por Alumínio (m). CTC a pH 7,0 (T), Matéria Orgânica (M.O.), Sulfato ($S-SO_4^-$) e doses de Gesso com Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) no Anel Superior das Colunas de Solo após Cultivo de Andropogon.

Variáveis	ADA	IF	DMG	RU
pH em água	0,2784*	-0,2953*	-0,0844	0,1187
pH em KCl	-0,1679	0,1574	0,3366*	-0,3369*
Ca ⁺²	-0,0722	0,0677	0,3572*	-0,2082
Mg ⁺²	-0,2672	0,3215*	0,0861	-0,3223*
Al ⁺³	0,1841	-0,2013	-0,2083	0,0559
S	-0,2485	0,2851*	0,2993*	-0,3597*
V	-0,2378	0,2650*	0,3069*	-0,3571*
m	0,1879	-0,2177	-0,3110*	0,2272
T	-0,1301	0,1500	0,1121	-0,0358
M.O.	-0,2279	0,2427	0,0921	-0,3667**
S-SO ₄ ⁻	-0,2329	0,2593	-0,0285	-0,0882
Gesso	-0,2753*	0,3126*	-0,0483	-0,1898

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

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

QUADRO 12. Correlações Simples entre os Valores de pH em Água, pH em KCl, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Soma de Bases (S), Saturação por Bases (V%), Saturação por Alumínio (m), CTC a pH 7,0 (T), Matéria Orgânica (M.O.), Sulfato ($S-SO_4^-$) e doses de Gesso com Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon.

Variáveis	ADA	IF	DMG	RU
pH em água	0,5215**	-0,5084**	0,3035*	0,1146
pH em KCl	0,0347	0,0008	-0,2066	0,0037
Ca ⁺²	0,3088*	-0,2660*	-0,1765	0,4169**
Mg ⁺²	-0,1779	0,1915	0,1514	0,2623
Al ⁺³	0,0957	-0,0813	0,0854	0,1046
S	0,2261	-0,1754	-0,0952	0,2341
V	0,0934	-0,0643	-0,2196	0,1321
m	-0,0101	-0,0010	0,1081	-0,0042
T	0,3485*	-0,3122*	0,2827*	0,2560
MO	-0,1438	0,1497	0,0276	-0,1176
S- SO_4^-	-0,2398	0,2192	-0,0052	0,0171
Gesso	-0,2231	0,2505	0,0166	0,0706

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

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

tivos da acidez do solo, restringindo a elevação do pH, conforme BORKERT et alii (1987), promoveu aumento no teor de cálcio e outros cátions em profundidade.

A influência das doses de gesso na porcentagem de argila dispersa em água foi relativamente diferente entre os dois anéis das colunas de solo (Quadro 3A) e pode ser visualizada nas Figuras 2 e 3. A Figura 2 mostra que a tendência desta influência no anel superior das colunas de solo, segue uma relação linear, onde se verifica menores porcentagens de argila dispersa em água com as maiores doses de gesso, após o cultivo de andropogon, evidenciando assim, a correlação negativa significativa observada entre argila dispersa em água e gesso, verificada no Quadro 10. No anel inferior, não foram verificadas correlações significativas entre argila dispersa em água e o uso do gesso (Quadro 12).

Os coeficientes de correlação, embora significativos, foram baixos e indicam uma tendência à diminuição da argila dispersa em água com as maiores doses de gesso.

Conforme sugere SUMNER (1992), a dispersão da fração argila pode ser diminuída com a aplicação de gesso, o qual irá suprir no solo o eletrólito necessário para promover a floculação. O gesso tendo maior solubilidade, se dissolve mais rapidamente, liberando eletrólitos e sais de cálcio, os quais diminuem a tendência da argila dispersar (SHAINBERG & SINGER, 1985 e PAVAN & VOLKWEISS, 1986).

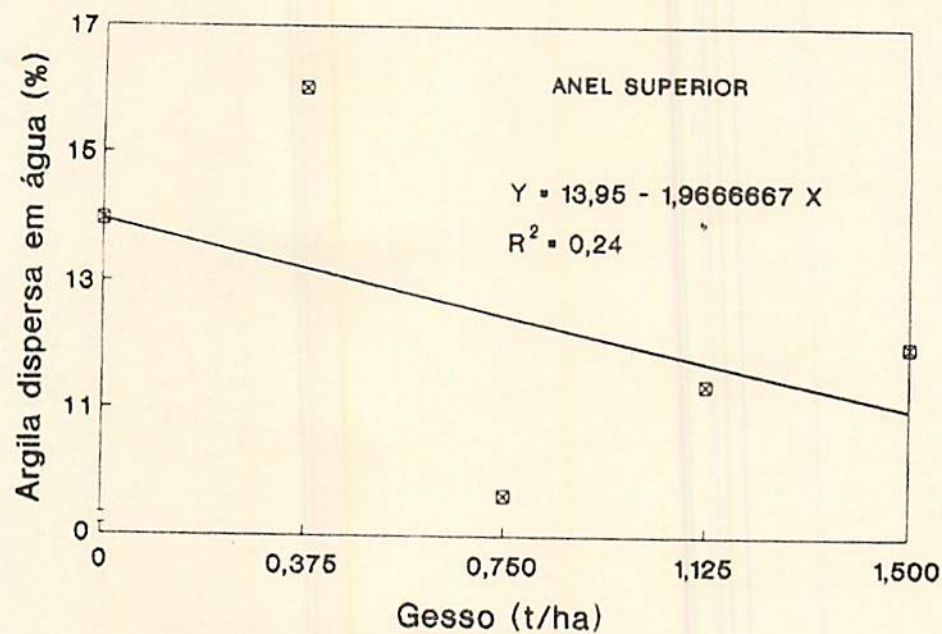


FIGURA 2. Argila Dispersa em Água em Função das Doses de Gesso no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon.

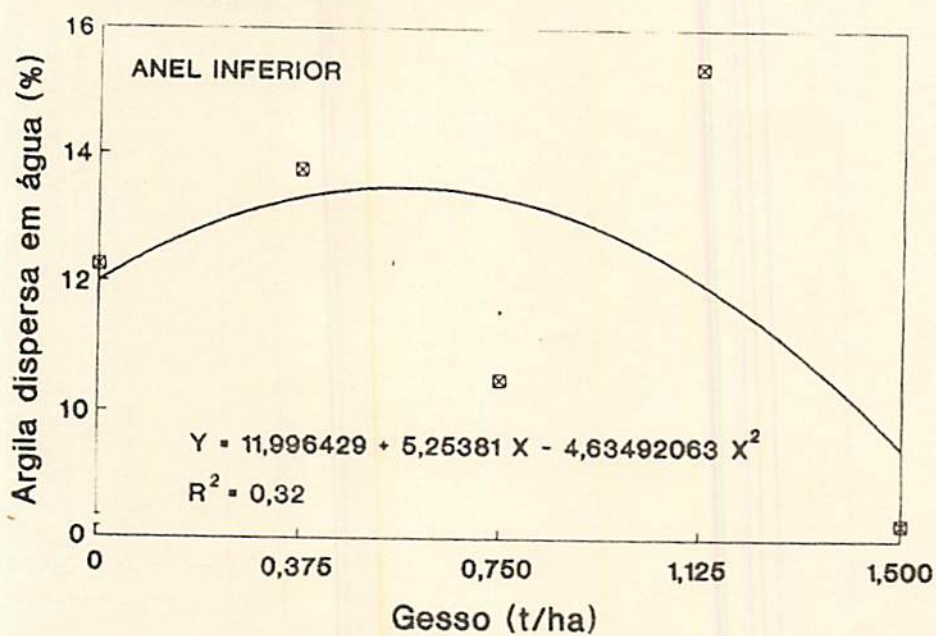


FIGURA 3. Argila Dispersa em Água em Função das Doses de Gesso no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon.

Correlação negativa altamente significativa entre gesso e pH em água (Quadro 6), corroboram com as teorias que expõem relação direta entre pH do solo e argila dispersa em água (FASSBENDER, 1986 e BRADY, 1989). No presente estudo o gesso não favoreceu a elevação do pH do solo, logo não favoreceu a dispersão da fração argila do solo. Confirma-se também a ação do gesso aplicado ao solo contrária à dispersão da argila pela correlação negativa significativa observada entre sulfato e argila dispersa em água (Quadro 10) e, verifica-se também a relação direta entre gesso e teor de sulfato no solo (Quadro 6).

As Figuras 4 e 5 mostram o efeito do calcário e gesso na porcentagem de argila dispersa em água. Nota-se um acréscimo de argila dispersa em água, embora não significativa (Quadro 3A), no anel inferior, em relação ao anel superior, somente nos níveis 50 e 75% de gesso, independente do tipo de calcário utilizado. De modo geral, observa-se semelhança entre os efeitos dos diferentes tipos de calcário e níveis de gesso. Porém, o uso do calcário calcítico levou a maiores valores de argila dispersa, donde pode-se inferir sobre o maior efeito do Ca^{+2} em dispersar as partículas de solo.

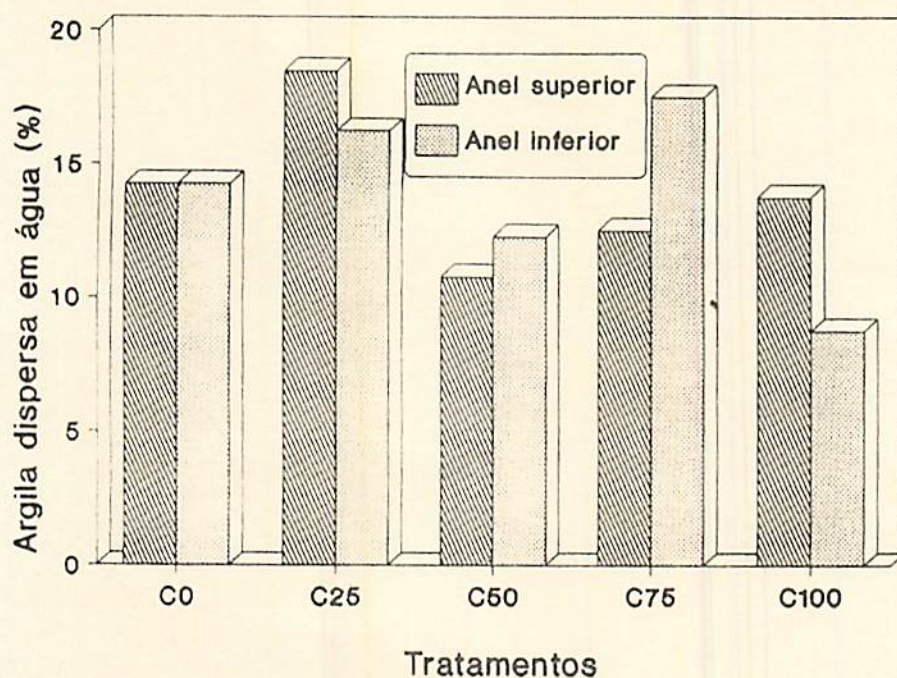


FIGURA 4. Argila Dispersa em Água em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Calcítico.

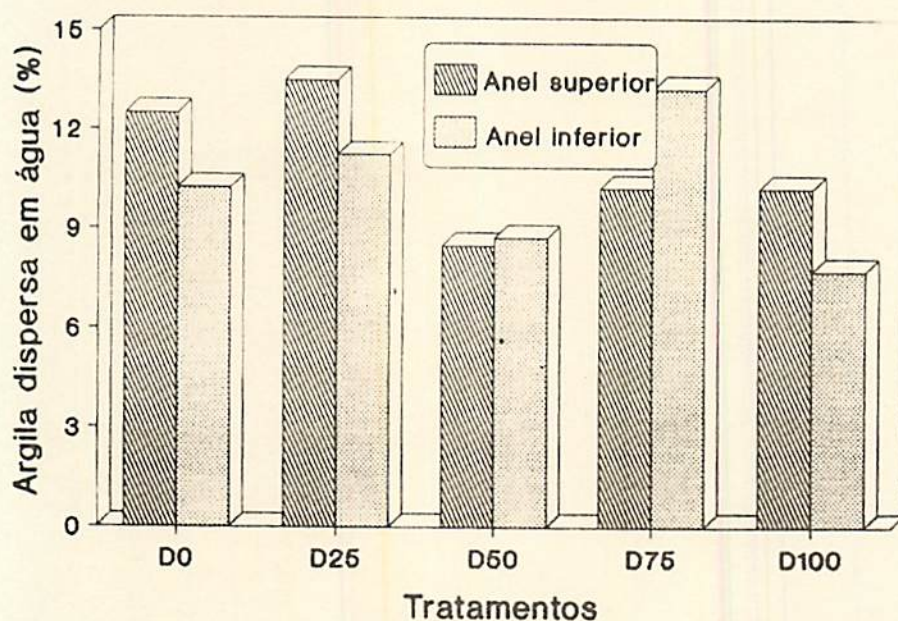


FIGURA 5. Argila Dispersa em Água em Função dos Níveis de Gessó nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Dolomítico.

4.3.1.2. Índice de Floculação

Pelo Quadro 3A, verifica-se influência do tipo de calcário no índice de floculação do solo, após o cultivo de *Andropogon*. Pelo Quadro 9, observa-se o maior efeito na floculação do solo pelo uso do calcário dolomítico.

De acordo com a literatura existente, observa-se também, neste trabalho, que variando a saturação por cátions, ou seja, a concentração eletrolítica da solução do solo, favorece-se a floculação dos colóides.

O fenômeno de floculação, segundo VAN OLPHEN (1977), se inicia com as partículas de argila dispersas se colidindo; as forças de atração entre as partículas são atribuídas às forças de Van-der-Waals entre todos os átomos de uma partícula e todos os átomos de outra partícula. Se um sal for adicionado à solução, as partículas começam a se juntar e aglomerados se desenvolvem na suspensão. Se houver uma redução no conteúdo salino da solução, esta voltará a se dispersar. A elevadas concentrações eletrolíticas, a possibilidade de aproximação das partículas é maior, devido à compressão da dupla camada difusa; nestas condições, a atração de Van-der-Waals pode superar as forças repulsivas e a floculação das partículas pode ocorrer.

A correlação negativa significativa observada entre pH em água e índice de floculação (Quadro 10) evidencia que a diminuição do pH em água pode levar a uma floculação, mas como em todos os tratamentos o pH não foi grandemente alterado, não se constata a dispersão da fração argila do solo. Após o cultivo da

gramínea, os menores valores de pH do solo foram constatados com o uso do calcário dolomítico (Quadro 5), sendo este calcário então, responsabilizado pela maior floculação do solo. Nota-se uma correlação positiva entre Mg^{+2} e índice de floculação (Quadro 10), confirmando o maior efeito do calcário dolomítico sobre o calcítico na floculação da fração argila do solo. Correlação esta que também foi verificada ao se analisar o anel superior da coluna de solo (Quadro 11). No anel inferior esta correlação deixa de existir (Quadro 12); há uma correlação com o Ca^{+2} , provavelmente devido ao uso do gesso, o qual promove aumento da concentração de cátions a maiores profundidades, principalmente de Ca^{+2} .

O índice de floculação teve uma correlação positiva com o teor de matéria orgânica (Quadro 10), e este pode ter sido incrementado devido à calagem e à gessagem, que propiciam melhores condições para o desenvolvimento vegetal e atividades microbianas, os quais promovem a floculação das partículas coloidais do solo (GRIFFITHS, 1965; HARRIS et alii, 1966; GAVANDE, 1976 e LOPES, 1987), evidenciando o efeito cimentante da matéria orgânica.

Pelo Quadro 5 observam-se aumentos nos teores de matéria orgânica em função do aumento das doses de gesso, os quais foram mais evidentes com a aplicação do calcário dolomítico, confirmando maior floculação do solo sob aplicação do calcário dolomítico.

As Figuras 6 e 7 mostram a variação nos índices de floculação em função do tipo de calcário e níveis de gesso

aplicados, após o cultivo de andropogon (Figuras 6 e 7).

O uso do gesso proporcionou um acréscimo no índice de floculação do solo (Quadro 9). No anel superior, o comportamento do gesso pode ser visualizado na Figura 8. A medida que se aumenta as doses de gesso aumenta-se o índice de floculação. Isto mais uma vez confirma que a concentração eletrolítica, sendo elevada, promove maior floculação dos colóides do solo. No anel inferior (Figura 9), observa-se a mesma tendência do anel superior (Figuras 8 e 9)

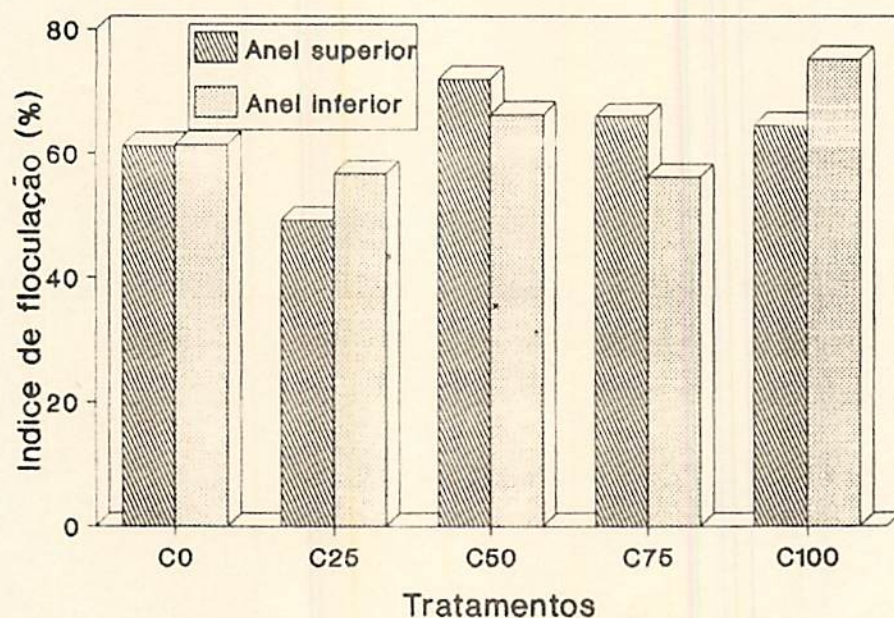


FIGURA 6. Índice de Floculação em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Calcítico.

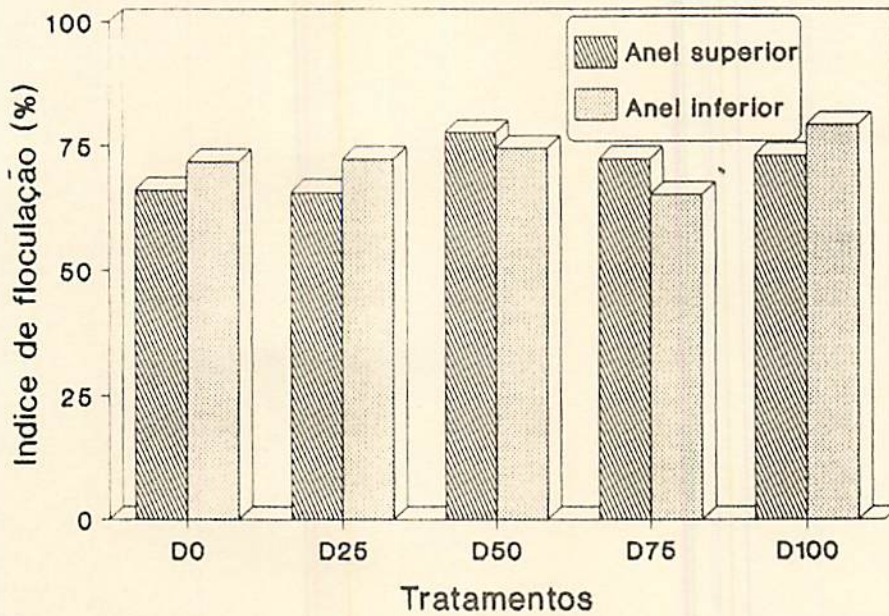


FIGURA 7. Índice de Flocculação em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Dolomítico

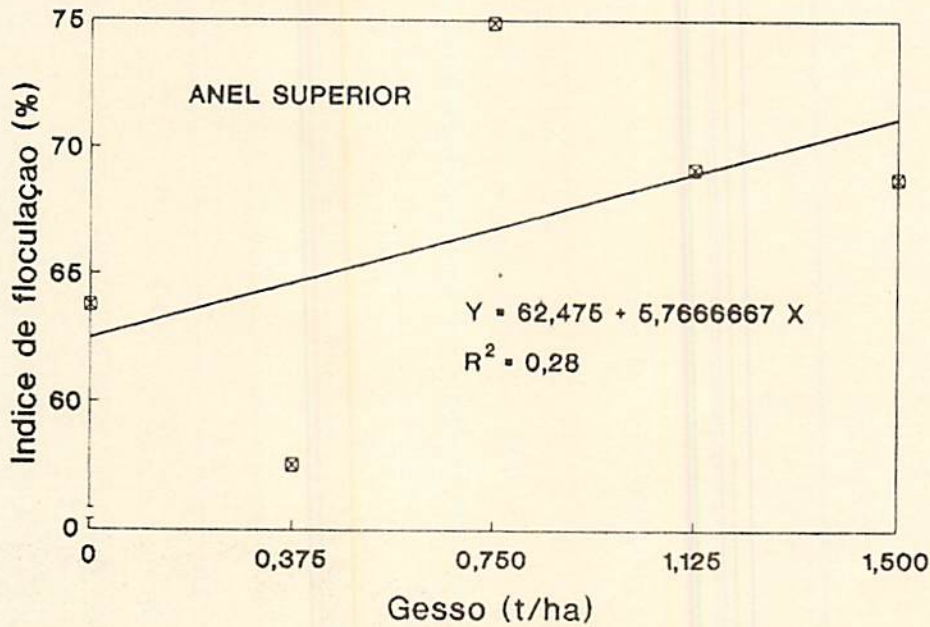


FIGURA 8. Índice de Flocculação em Função das Doses de Gesso no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon.

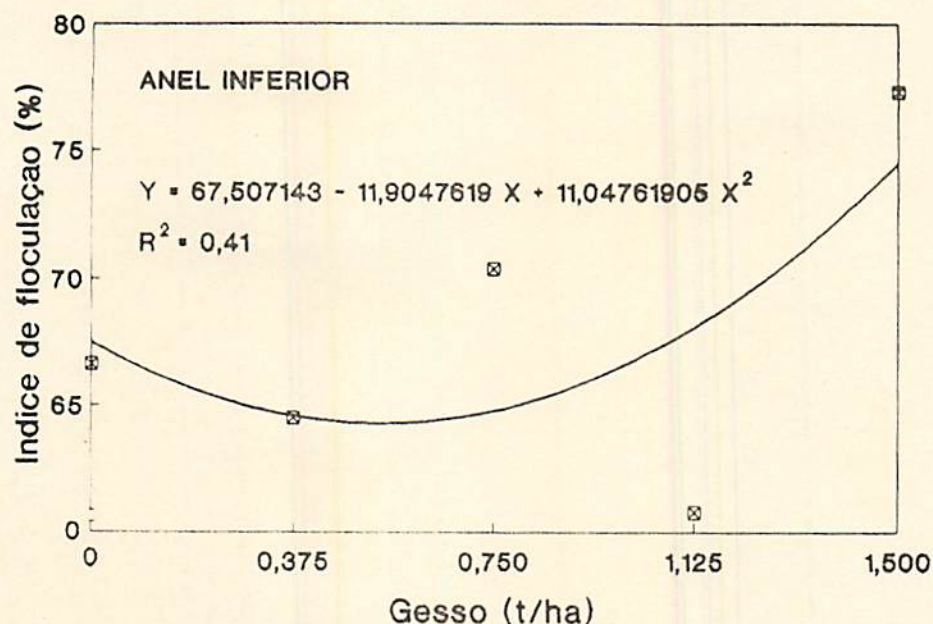


FIGURA 9. Índice de Floculação em Função das Doses de Gesso no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon.

4.3.1.3. Estabilidade de Agregados do Solo em Água

A estabilidade de agregados do solo em água será discutida em função do Diâmetro Médio Geométrico (DMG), considerado como um índice de agregação.

Observa-se pelo Quadro 3A que o diâmetro médio geométrico dos agregados do solo não foi alterado pelos calcários e doses de gesso aplicados. Tal fato indica que o uso de calcários e gesso não conseguiu provocar alterações significativas na estabilidade dos agregados do solo estudado, após o cultivo de Andropogon.

Nas Figuras 10 e 11 são apresentados os diâmetros médios

geométricos com relação ao tipo de calcário e níveis de gesso aplicados.

Observa-se que mesmo favorecendo a floculação da fração argila do solo, o calcário e o gesso não foram suficientes para favorecer a agregação. Logo, a floculação apesar de ser um pré-requisito necessário para a agregação não é por si só o suficiente.

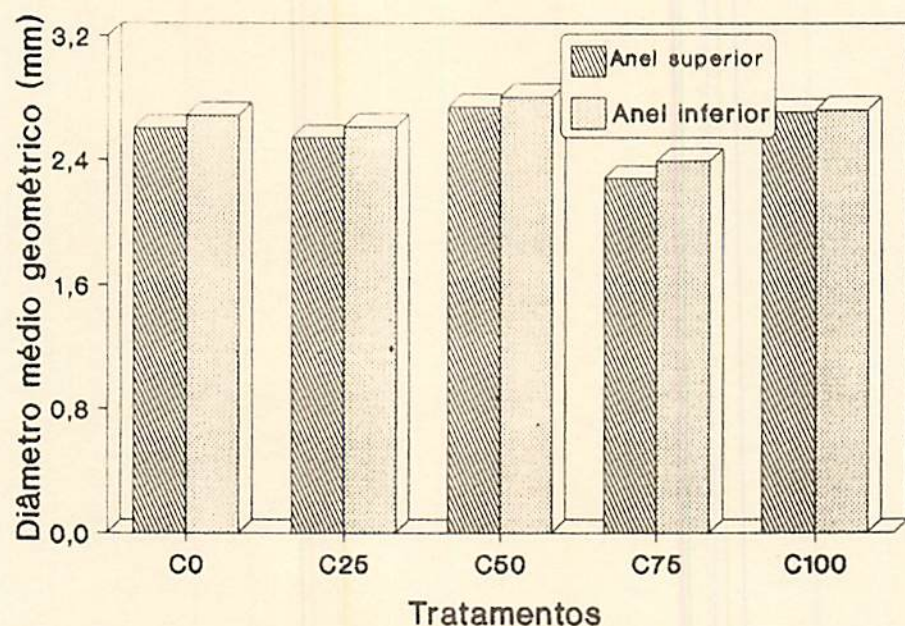


FIGURA 10. Diâmetro Médio Geométrico dos Agregados do Solo em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Calcítico.

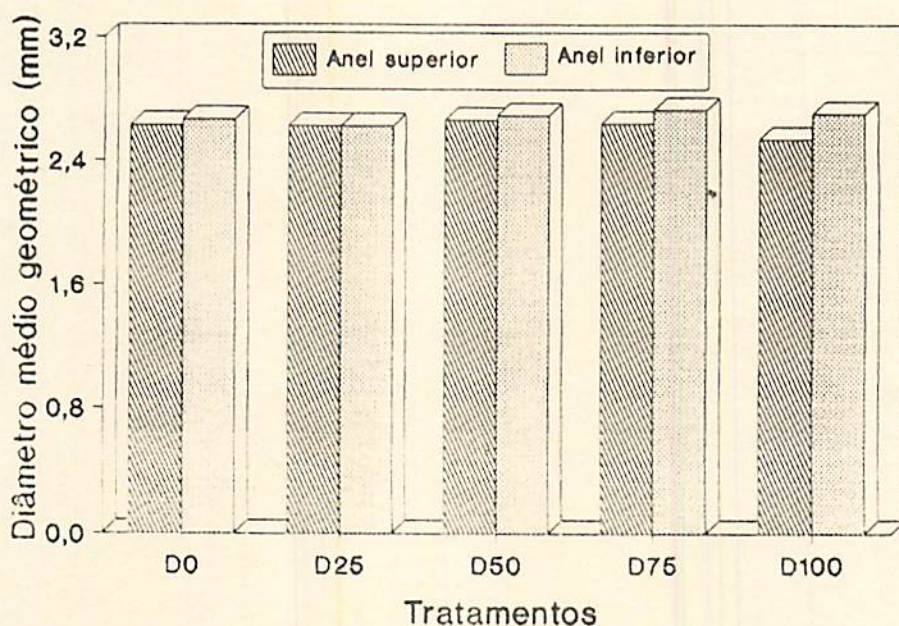


FIGURA 11. Diâmetro Médio Geométrico dos Agregados do Solo em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Dolomítico.

4.3.1.4. Retenção de Umidade

No Quadro 3A nota-se o efeito significativo da interação entre anel e calcário e gesso após o cultivo de andropogon na retenção de umidade pelo solo.

Com o uso do calcário calcítico, somente quando não se aplicou gesso, é que foram verificadas diferenças entre os anéis da coluna de solo em reter a umidade, sendo o anel superior o que

reteve maior porcentagem de umidade. Nas demais doses de gesso a diferença entre os anéis não foi estatisticamente significativa, o que melhor se visualiza pela Figura 12.

Quando se usou o calcário dolomítico (Figura 13), o anel superior apresentou maiores retenções de umidade nos níveis de 0 e 50% de gesso. No anel superior e ao nível de 50% de gesso é que se observou os maiores teores de umidade retida pelo solo.

A medida que o nível de gesso aumentou, as maiores retenções de umidade foram observadas com o uso do calcário calcítico.

Nota-se uma maior retenção de umidade pelo solo correspondente aonde foi verificado também, de modo geral, uma menor floculação.

A aplicação de calcário no solo não promoveu a dispersão da fração argila, e assim não ocorreu, como propõe JUCKSCH (1987), movimento da argila dispersa para os poros, obstruindo-os, e favorecendo a retenção de umidade pelo solo.

Como era esperado, não houve correlação significativa entre retenção de umidade e aplicação de gesso (Quadro 10), embora de acordo com a literatura existente, a aplicação de gesso leva a menores valores de retenção de água nos solos (SHAINBERG & SINGER, 1985; ROTH et alii, 1986; PAVAN & VOLKWEISS, 1986; MELO et alii, 1988; SHAINBERG et alii, 1989 e SUMNER, 1992).

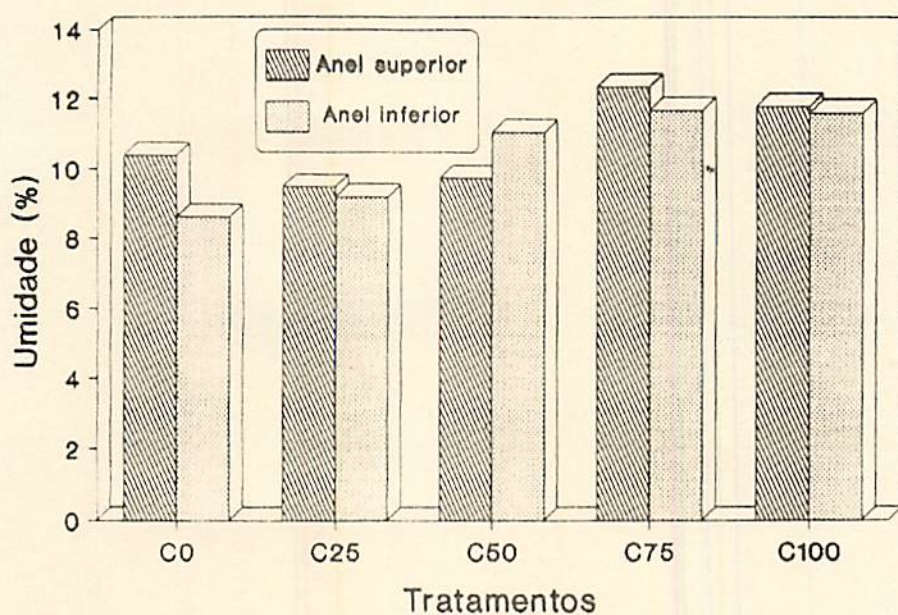


FIGURA 12. Retenção de Umidade em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Calcítico.

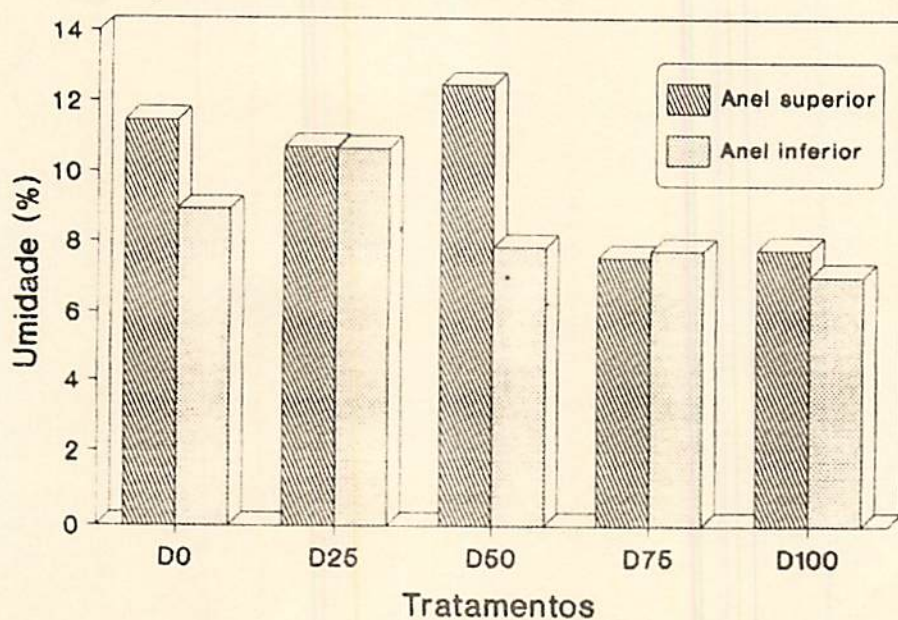


FIGURA 13. Retenção de Umidade em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Andropogon, na presença de Calcário Dolomítico.

4.3.2. Estilosantes

Os Quadros 6A. 13 e 14 refletem os comportamentos das propriedades físicas do solo após o cultivo de estilosantes.

4.3.2.1. Argila Dispersa em Água

Pelo Quadro 6A verifica-se uma interação significativa entre anel e calcário e gesso após o cultivo de estilosantes.

No anel superior das colunas de solo, onde a porcentagem de argila dispersa em água foi maior (Quadro 13), o efeito da combinação entre tipos de calcários e doses de gesso utilizados foram inversos (Figuras 14 e 15), ou seja, ao se utilizar o calcário calcítico, as porcentagens de argila dispersa em água aumentam seguindo uma relação quadrática positiva com o aumento das doses de gesso. Com o uso do calcário dolomítico, a relação permanece quadrática, porém negativa.

A porcentagem de argila dispersa em água aumenta em presença do calcário calcítico, à medida em que se utiliza as maiores doses de gesso, no anel superior das colunas de solo. Com o uso do calcário dolomítico a maior porcentagem de argila dispersa em água foi encontrada ao se utilizarem as menores doses de gesso, porém, não coincidindo com a não aplicação de gesso, ou seja, ausência de gesso. Observando o Quadro 13 em relação ao Quadro 1, verifica-se que o calcário calcítico sozinho leva à floculação e

QUADRO 13. Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Flocculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) em função dos tipos de Calcário, Níveis de Gesso, nos Anéis Superior e Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes.

	ADA (%)	IF (%)	DMG (mm)	RU (%)
Anel superior				
C0	9,0	75	2,460	11,2
C25	9,0	75	2,462	10,1
C50	9,5	74	2,512	10,7
C75	10,0	73	2,572	9,5
C100	13,0	66	2,517	9,6
Média (C)	10,0	73	2,505	10,2
Anel inferior				
D0	12,0	70	2,517	9,9
D25	13,0	68	2,592	9,9
D50	11,5	70	2,492	9,5
D75	7,0	78	2,247	10,3
D100	7,0	80	2,567	9,5
Média (D)	10,0	73	2,484	9,8
Anel superior				
C0	7,5	78	2,510	9,4
C25	7,5	78	2,522	8,9
C50	10,0	74	2,530	8,9
C75	10,0	74	2,510	9,4
C100	12,0	69	2,567	9,0
Média (C)	9,0	75	2,528	9,1
Anel inferior				
D0	12,0	70	2,537	9,1
D25	13,0	67	2,577	9,0
D50	6,5	79	2,477	9,2
D75	8,0	78	2,497	9,5
D100	8,0	78	2,675	9,5
Média (D)	9,5	74,4	2,553	9,3

Onde: C = Calcário Calcítico; D = Calcário Dolomítico e 0; 25; 50; 75 e 100 porcentagens da recomendação de gesso utilizada.

QUADRO 14. Correlações Simples entre Valores de pH em Água, pH em KCl, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Soma de Bases (S) Saturação por Bases (V), Saturação por Alumínio (m), CTC a pH 7,0 (T), Matéria Orgânica (M.O.), Sulfato ($S-SO_4^-$) e doses de Gesso com valores de Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) nas colunas de solo após o cultivo de Estilosantes.

	ADA	IF	DMG	Ret
pH em água	0,2013*	-0,1631	0,0722	0,2277*
pH em KCl	0,1216	-0,1418	-0,1137	0,1570
Ca ⁺²	0,1561	-0,1163	0,1000	0,1919*
Mg ⁺²	-0,1296	0,0811	-0,1012	0,1219
Al ⁺³	0,0039	-0,1058	0,0767	-0,1482
S	0,0445	-0,0359	-0,0726	0,2576**
V	0,0205	0,0102	-0,0358	0,2649**
m	-0,0101	-0,0656	0,0875	-0,2295*
T	0,1000	-0,1526	-0,0754	0,0187
M.O.	0,0313	-0,0369	-0,0697	-0,0368
S- SO_4^-	-0,1692	0,1255	-0,0624	-0,1539
Gesso	-0,1465	0,1091	0,0518	-0,0793

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

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

que o calcário dolomítico floclula com as maiores doses de gesso, evidenciando a ação dos calcários como agentes floclulantes das partículas de solo, e ainda, o efeito mais expressivo do calcário dolomítico.

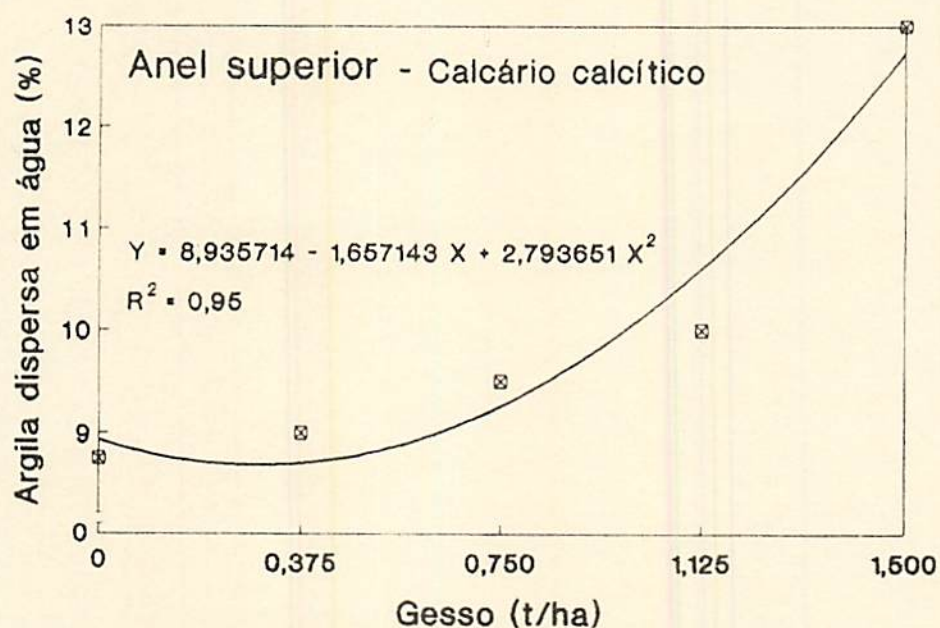


FIGURA 14. Argila Dispersa em Água em Função das Doses de Gesso no Anel Superior das Colunas de solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico.

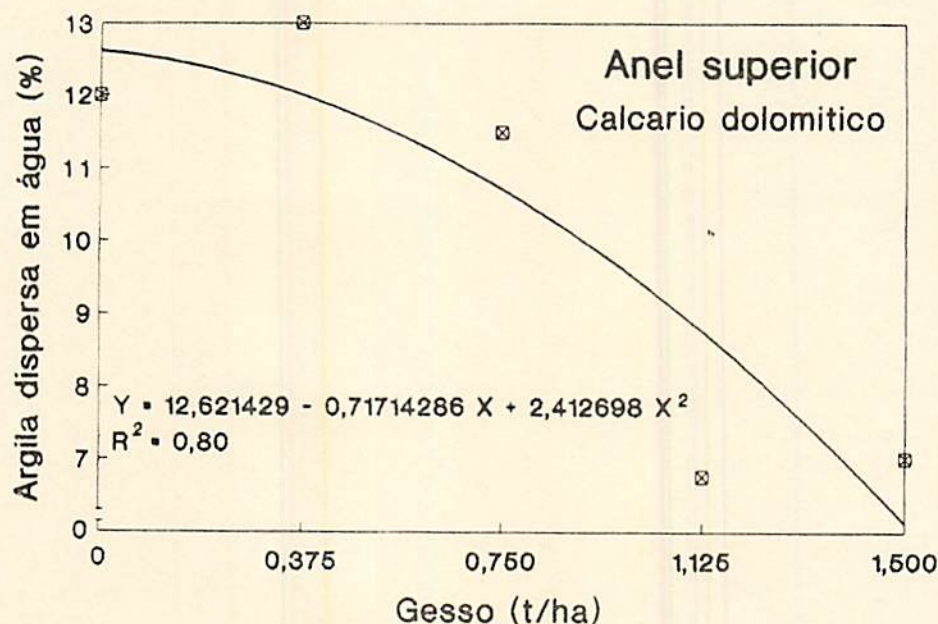


FIGURA 15. Argila Dispersa em Água em Função das Doses de Gesso no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico

No anel inferior, a tendência da variação da porcentagem de argila dispersa em água é similar à verificada no anel superior (Figuras 16 e 17). Nota-se como diferença que a relação que melhor representa a variação quando se utilizou calcário calcítico e gesso, agora é linear, e quando se utilizou calcário dolomítico e gesso, a concavidade da curva representativa foi inversa à do anel superior. Em linhas gerais, segue-se a mesma tendência de variação entre os anéis superior e inferior das colunas de solo e a combinação calcário-gesso.

Estudos de correlação (Quadro 15) confirmam os resultados visualizados nas Figuras 14, 15, 16 e 17. Verifica-se a influência

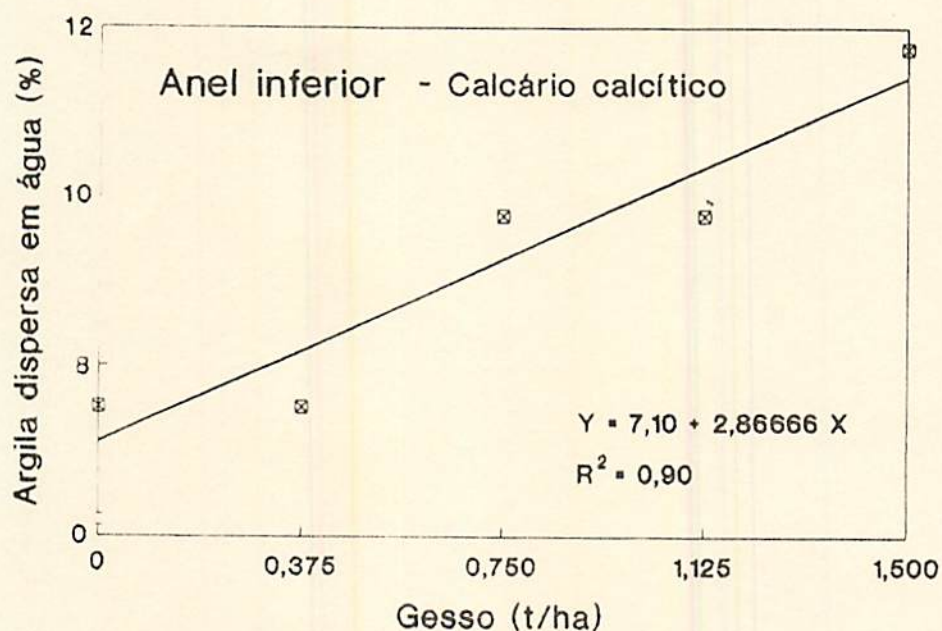


FIGURA 16. Argila Dispersa em Água em Função das Doses de Gesso no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico.

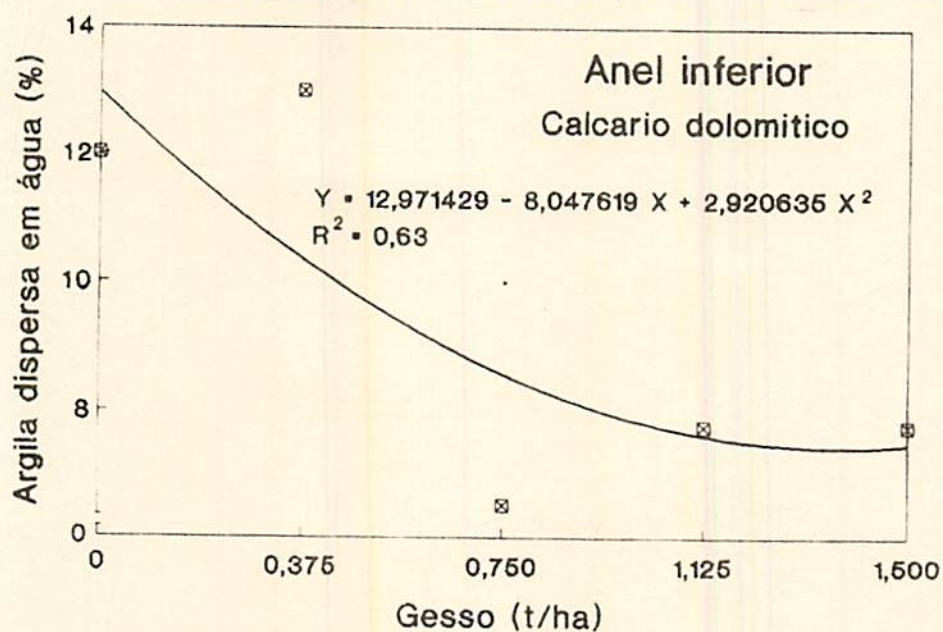


FIGURA 17. Argila Dispersa em Água em Função das Doses de Gesso no Anel Inferior das Colunas de Solo, após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico.

das maiores doses de gesso, e conseqüentemente, do sulfato, no acréscimo da porcentagem de argila dispersa em água em presença do calcário calcítico e no desfavorecimento da dispersão da argila com o aumento dos níveis de gesso na presença de calcário dolomítico.

QUADRO 15. Correlações simples entre os valores de Argila Dispersa em Água e alguns parâmetros químicos nos Anéis das Colunas de Solo e em presença dos tipos de Calcário, após o cultivo de Estilosantes.

Calcário	Anel	pH _{água}	pHKCl	Ca	Mg	Ca/Mg	S-SO ₄ ⁻²	Gesso
Calcítico	superior	-0,0994	-0,0167	-0,3233	0,5698 ^{††}	-0,5653 ^{††}	0,6122 ^{††}	0,7825 ^{††}
	inferior	-0,4016 [†]	-0,4348 [†]	0,2681	-0,4641 [†]	0,4468 ^{††}	0,5857 ^{††}	0,8141 ^{††}
Dolomítico	superior	0,6725 ^{††}	-0,2387	-0,0092	-0,4198 [†]	0,2924	-0,8129 ^{††}	-0,8204 ^{††}
	inferior	0,6533 ^{††}	0,2119	0,3529	-0,5429 ^{††}	0,5455 ^{††}	-0,5402 ^{††}	-0,7177 ^{††}

† Significativo ao nível de 5%, pelo teste t.

†† Significativo ao nível de 1%, pelo teste t.

Estes resultados, similares aos ocorridos com o cultivo de andropogon evidenciam o maior efeito do calcário calcítico na dispersão da fração argila do solo comparado ao calcário dolomítico, o qual, age contrariamente à dispersão.

Pelo Quadro 17 observa-se uma correlação positiva significativa entre os teores de Ca⁺² e argila dispersa em água e uma correlação negativa significativa entre Mg⁺² e argila dispersa em água, no anel inferior das colunas de solo, o que

QUADRO 16. Correlações Simples entre os Valores de pH em Água, pH em KCl, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Soma de Bases (S), Saturação por Bases (V), Saturação por Alumínio (m), CTC a pH 7,0 (T), Matéria Orgânica (MO), Sulfato ($S-SO_4^-$) e doses de Gesso com Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes.

Variáveis	ADA	IF	DMG	RU
pH em água	0,2944*	-0,2338	0,0899	0,4245**
pH em KCl	-0,1168	0,1931	0,0747	-0,0275
Ca ⁺²	-0,1350	0,2170	0,2687*	-0,1718
Mg ⁺²	-0,0784	0,0059	-0,0826	-0,0826
Al ⁺³	-0,1304	0,0338	-0,0812	0,0486
S	-0,1141	0,0861	0,1227	0,1661
V	-0,1604	0,1938	0,1881	-0,0534
m	-0,1225	0,0344	-0,1167	0,1103
T	0,0538	-0,1361	-0,0498	-0,2335
M.O.	-0,1474	0,2203	0,1114	-0,5737**
S-SO ₄ ⁻	-0,3121*	0,2387	-0,0972	-0,3236*
Gesso	-0,2054	0,1774	-0,0062	-0,2051

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

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

QUADRO 17. Correlações Simples entre os Valores de pH em Água, pH em KCl, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Soma de Bases (S), Saturação por Bases (V), Saturação por Alumínio (m), CTC a pH 7,0 (T), Matéria Orgânica (MO), Sulfato ($S-SO_4^-$) e doses de Gesso com Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) no Anel Inferior das Colunas de Solo após o cultivo de Estilosantes.

Variáveis	ADA	IF	DMG	RU
pH em água	0,1435	-0,1268	0,0120	0,0974
pH em KCl	0,1554	-0,1908	-0,2026	0,1836
Ca ⁺²	0,3023*	-0,2482	0,0938	0,0187
Mg ⁺²	-0,5116**	0,4734**	0,0384	0,1325
Al ⁺³	0,2217	-0,3369*	0,2275	-0,1725
S	-0,2926*	0,3484*	-0,0269	0,2612
V	-0,2564	0,3266*	0,0046	0,1833
m	0,2729*	-0,3744**	0,1579	-0,1932
T	0,0313	-0,0738	-0,0026	-0,0047
M.O.	0,0800	-0,1117	-0,1876	0,1066
S- SO_4^-	-0,0916	0,0853	0,1637	-0,1440
Gesso	-0,0911	0,0439	0,1535	0,0450

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

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



Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

A large table with multiple columns and rows of faint, illegible text, likely a ledger or data record.

Faint text at the bottom of the page, possibly a signature or footer.

justifica os resultados encontrados e aponta o menor efeito flocculante do Ca^{+2} em relação ao Mg^{+2} . Este comportamento, melhor visualizado nas Figuras 18 e 19, pode ter ocorrido em função da aplicação do gesso ter promovido uma maior translocação de Ca^{+2} (quando da aplicação de calcário calcítico) e Mg^{+2} (quando da aplicação de calcário dolomítico), como pode ser observado comparando-se os Quadros 7 e 1.

Estes resultados discordam dos obtidos por CASTRO (1989) que detectou maior efeito flocculante do íon Ca^{+2} .

[REDACTED]

... de resultados... e...
... em relação ao...
... nas figuras 15 e 16, pode ser observado...
... de acordo com...
... de...
... de...
... resultados...
... de...

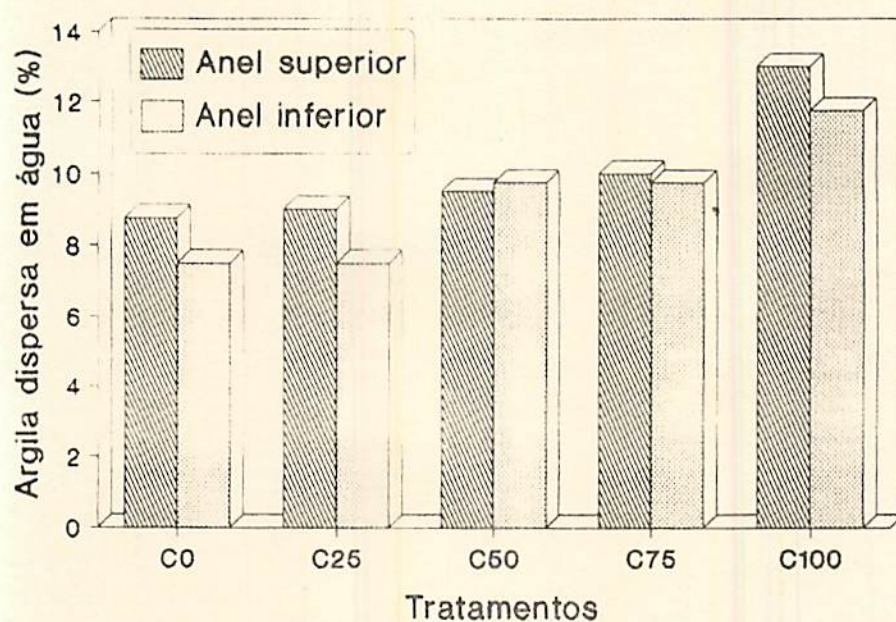


FIGURA 18. Argila Dispersa em Agua em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico

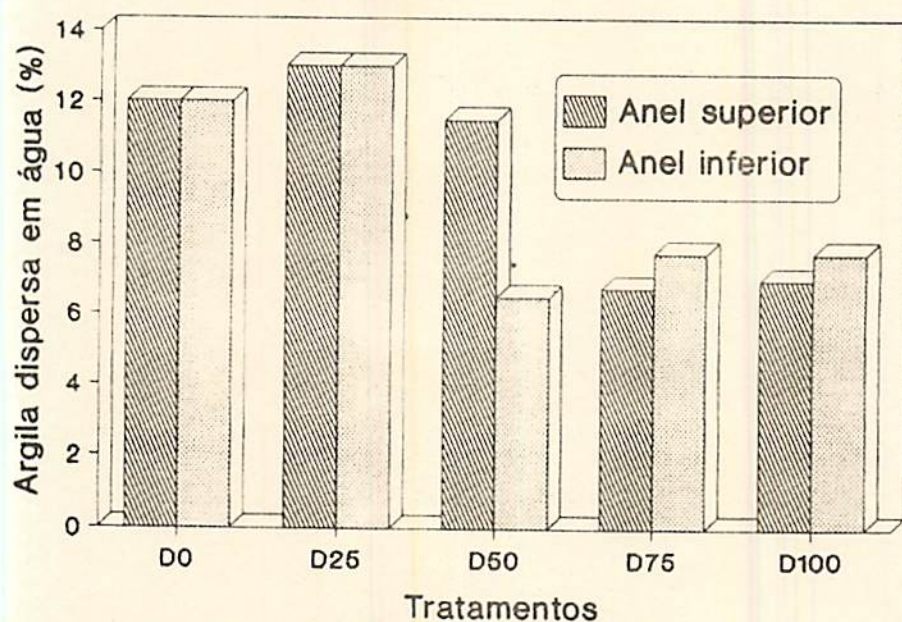


FIGURA 19. Argila Dispersa em Agua em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico.

4.3.2.2. Índice de Floculação

Pelo Quadro 6A observa-se que para o índice de floculação a interação anel e calcário e gesso foi altamente significativa.

O anel superior da coluna de solo apresentou o menor índice de floculação (Quadro 13). Com o uso do calcário calcítico observam-se também menores índices de floculação, nas maiores doses de gesso. Tais resultados eram esperados, pois, como apresentado anteriormente, no anel superior e com o uso do calcário calcítico, obtiveram-se as maiores porcentagens de argila dispersa em água com o aumento das doses de gesso utilizadas. Como o fenômeno da dispersão é oposto ao de floculação, evidenciam-se mais uma vez os efeitos do calcário e gesso no solo, favorecendo a floculação, principalmente na presença de calcário dolomítico.

As Figuras 20 e 21 representam, no anel superior, as diferenças entre os tipos de calcário em função das doses de gesso aplicadas, após o cultivo de estilosantes. Nota-se a eficiência marcante do calcário dolomítico nas maiores doses de gesso em promover maiores índices de floculação. O contrário se observa com o uso do calcário calcítico. Resultados contrários a este foram verificados por CASTRO (1989) e ainda por GROHMANN (1960). Já ROTH et alii (1986) e ROTH & PAVAN (1991) verificaram o efeito positivo da calagem e gessagem na floculação dos solos, atribuindo este efeito ao aumento da concentração eletrolítica da solução do solo.

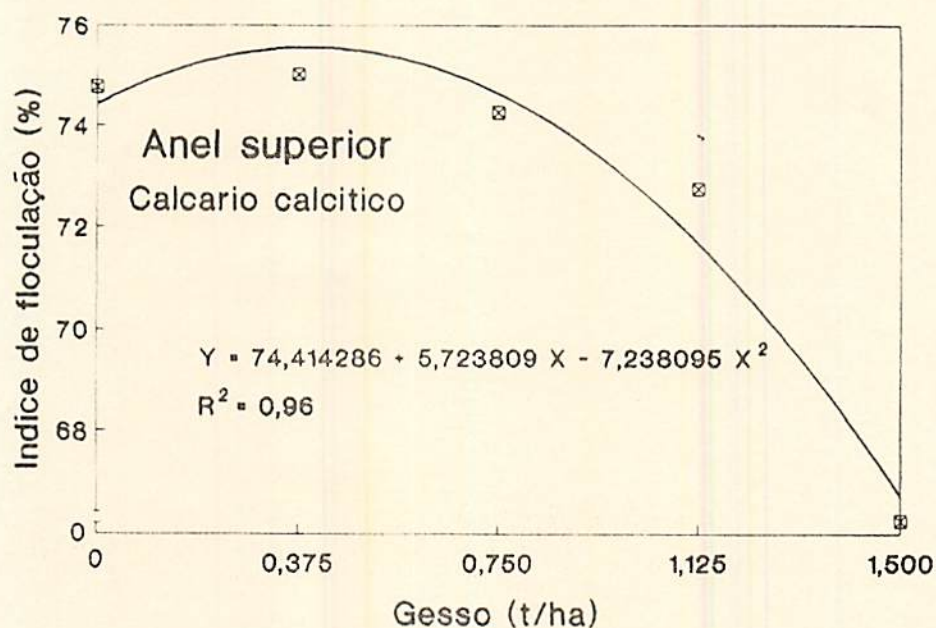


FIGURA 20. Índice de Floculação em Função das Doses de Gesso no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico.

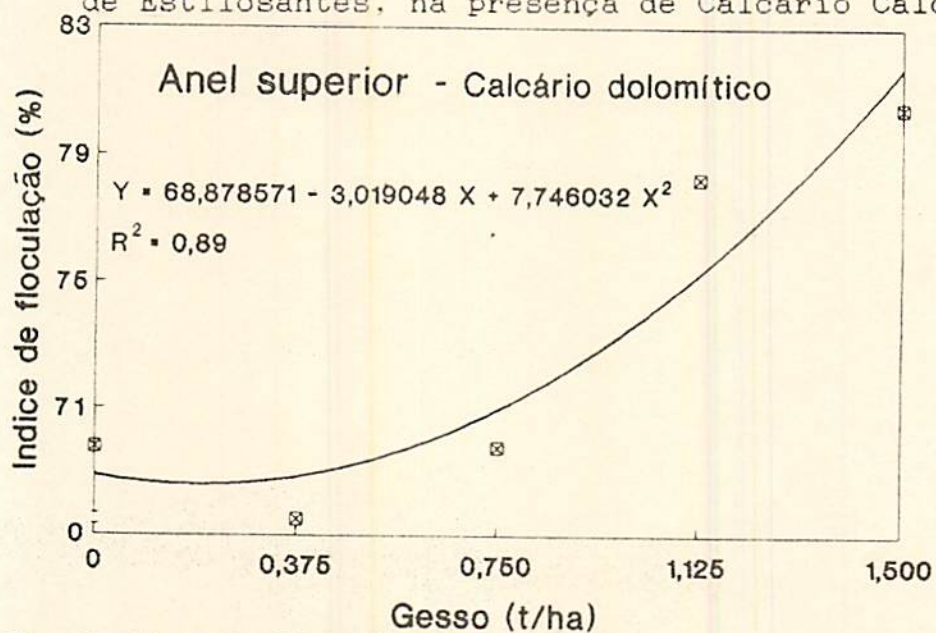


FIGURA 21. Índice de Floculação em Função das Doses de Gesso no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico.

No anel inferior das colunas de solo, a tendência à floculação é a mesma observada no anel superior, porém, a equação que melhor se correlaciona com os índices de floculação e as doses de gesso, nos diferentes tipos de calcários, mostra uma relação linear (Figuras 22 e 23).

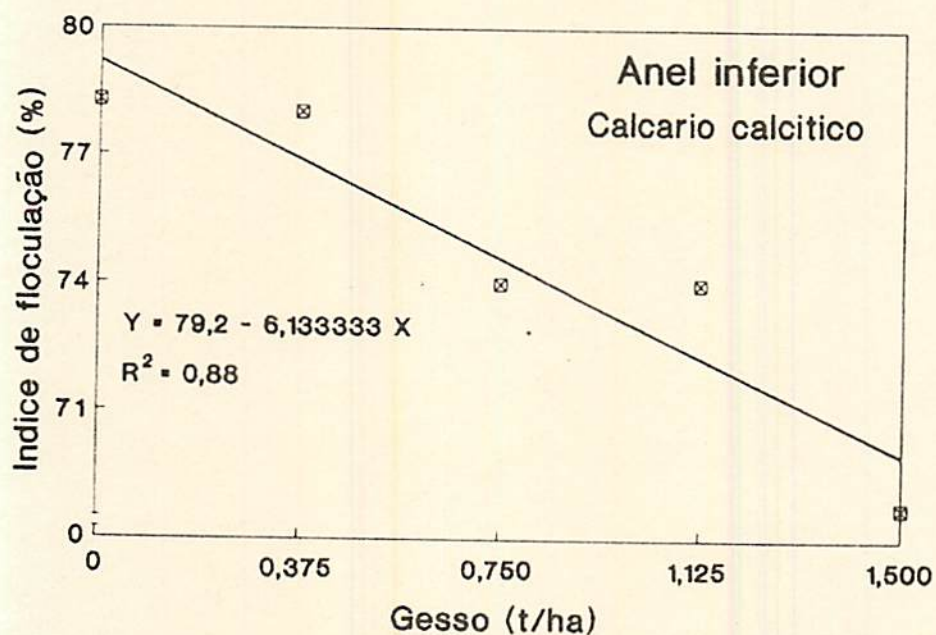


FIGURA 22. Índice de Floculação em Função das Doses de Gesso no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico.

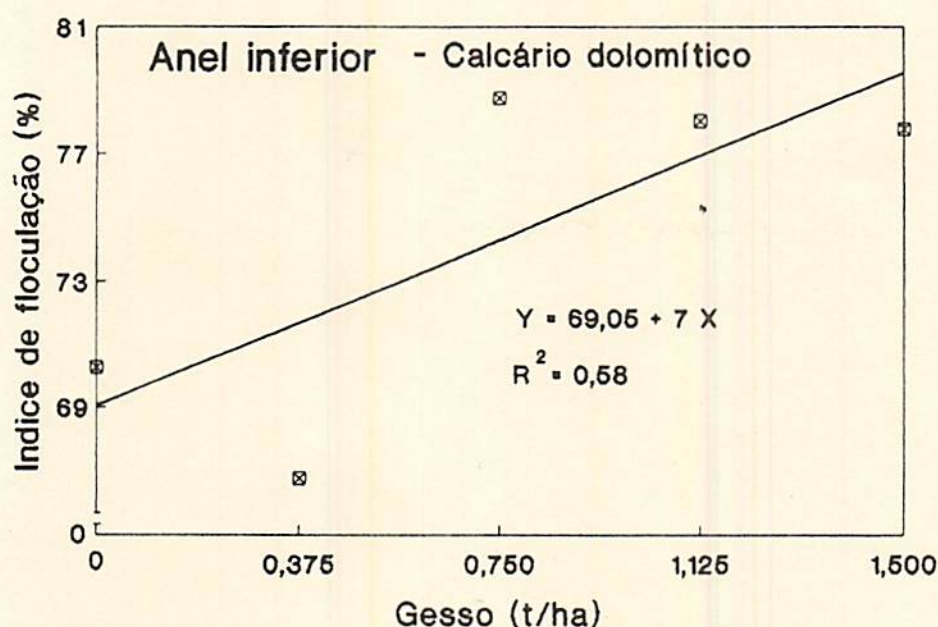


FIGURA 23. Índice de Flocculação em Função das Doses de Gesso no Anel Inferior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico.

A variação do índice de flocculação com o aumento dos níveis de gesso na presença de tipos diferentes de calcário após o cultivo de estilosantes fica evidenciada também com a análise de correlação simples, onde observa-se (Quadro 18) que o gesso e o sulfato na presença de calcário calcítico inibem a flocculação, representado por uma correlação negativa. Estas correlações tornam-se positivas em presença do calcário dolomítico.

QUADRO 18. Correlações simples entre os valores de Índice de Flocculação e alguns parâmetros químicos nos anéis das colunas de solo e em presença dos tipos de Calcário, após o cultivo de Estilosantes.

Calcário	Anel	pH _{água}	pHKCL	Ca	Mg	Ca/Mg	S-SO ₄ ⁻	Gesso
Calcítico	superior	0,1563	0,0297	0,3324	-0,5814 ^{††}	0,5519 ^{††}	-0,5906 ^{††}	-0,7020 ^{††}
	inferior	0,3092	0,3439	-0,2643	0,5570 ^{††}	-0,5380 ^{††}	-0,5457 ^{††}	-0,7212 ^{††}
Dolomítico	superior	-0,6338 ^{††}	0,3236	0,1475	0,2627	0,1142	0,6925 ^{††}	0,7348 ^{††}
	inferior	-0,5794 ^{††}	-0,2626	-0,2449	0,4491 [†]	-0,4820 [†]	0,5502 ^{††}	0,6338 ^{††}

[†] Significativo ao nível de 5%, pelo teste t.

^{††} Significativo ao nível de 1%, pelo teste t.

O efeito do calcário dolomítico e maiores doses de gesso em promover maiores índices de flocculação quando comparado ao calcário calcítico pode residir no fato de se observarem maiores concentrações de Ca⁺², Mg⁺², S-SO₄⁻ e também maiores porcentagens de saturação por bases, (Quadro 7), com o uso do calcário dolomítico e gesso. Além da correlação altamente significativa negativa observada entre doses de gesso e pH em água (Quadro 8), ou seja, o uso de gesso tenderia a diminuir o pH em água, esta diminuição favoreceria a flocculação, conforme mostram os estudos de correlação (Quadros 14 e 16), onde o pH em água mantém relação direta com a dispersão dos colóides.

Ao se adicionarem, portanto, calcários e gesso no solo eleva-se a concentração eletrolítica da solução do solo e esta

leva a menores espessuras da dupla camada difusa e a maiores floculações, o que estaria de acordo com as considerações feitas por BAVER et alii (1972), GAVANDE (1976) VAN OLPHEN (1977), TAN (1982), SHAINBERG et alii (1989) e SUMNER (1992).

As Figuras 24 e 25 retratam mais claramente os índices de floculação, nos diferentes anéis das colunas de solo, em função do tipo de calcário e doses de gesso aplicados após o cultivo de estilosantes.

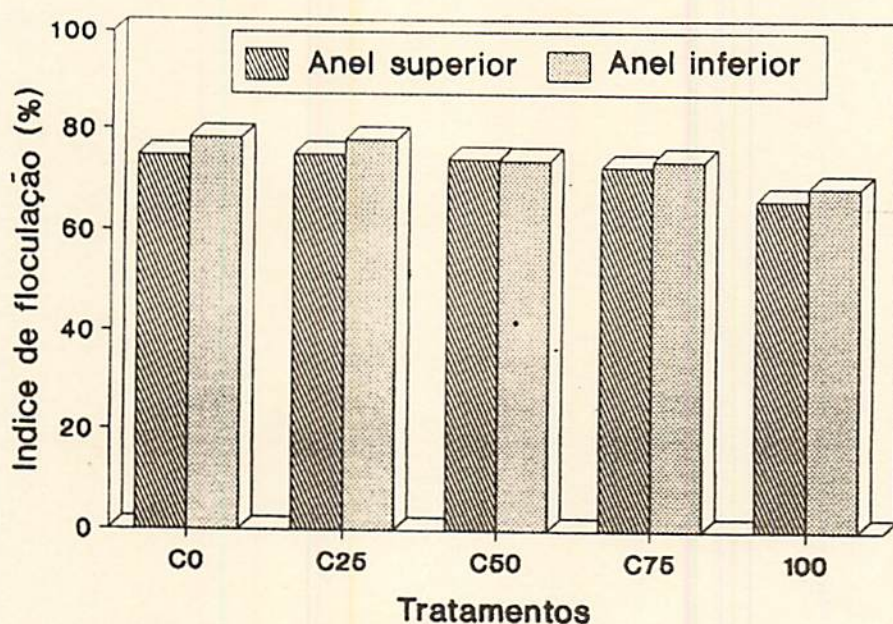


FIGURA 24. Índice de Floculação em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico.

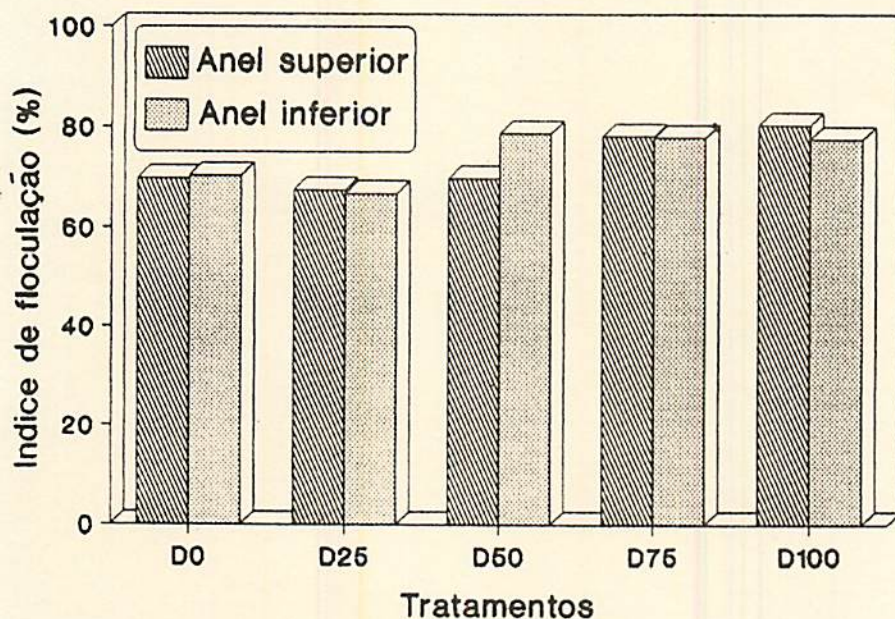


FIGURA 25. Índice de Floculação em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico.

4.3.2.3. Estabilidade de Agregados do Solo em Água.

A estabilidade de agregados do solo foi avaliada em função do diâmetro médio geométrico dos agregados do solo, após o cultivo de estilosantes.

O uso de calcário e gesso não levou a alterações significativas no diâmetro médio geométrico dos agregados do solo (Quadro 6A). Análises de correlação simples também não evidenciaram influência das doses de gesso no diâmetro médio

geométrico (Quadro 14).

As Figuras 26 e 27 mostram resultados obtidos para os diâmetros médios geométricos em ambos os anéis das colunas de solo, com os dois tipos de calcário e as doses de gesso aplicadas. Estes resultados são semelhantes aos obtidos após o cultivo de *Andropogon*.

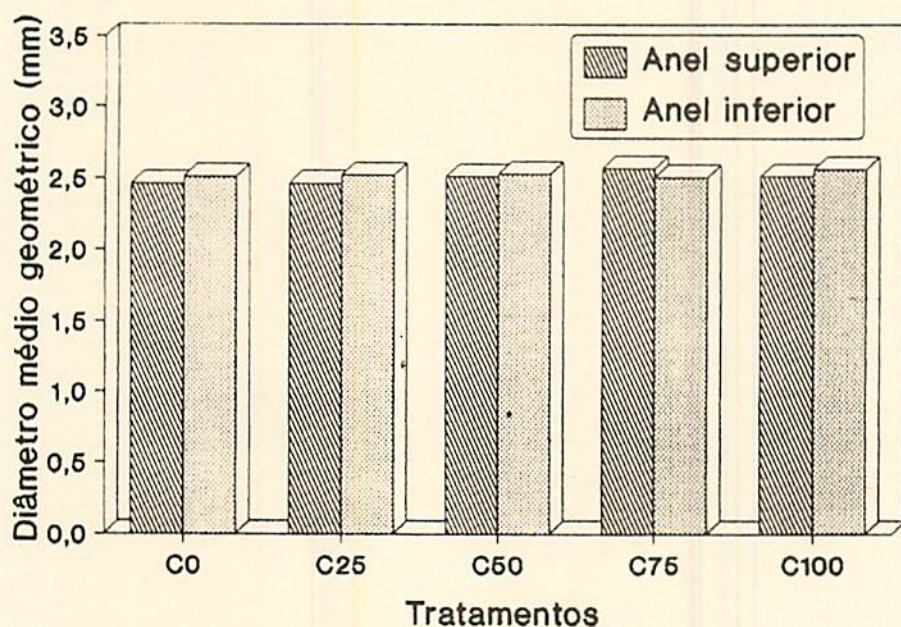


FIGURA 26. Diâmetro Médio Geométrico dos Agregados do Solo em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico.

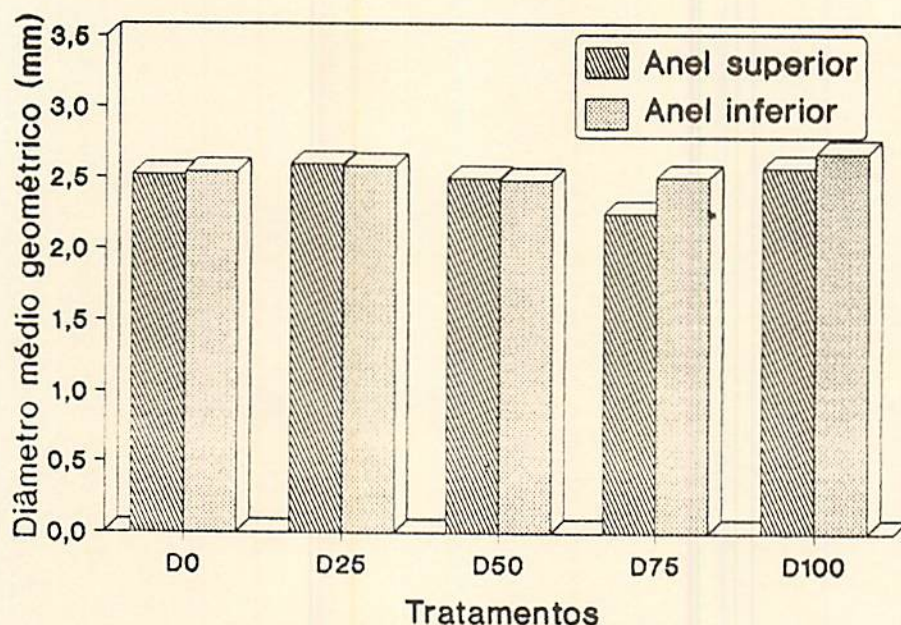


FIGURA 27. Diâmetro Médio Geométrico dos Agregados do Solo em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico.

4.3.2.4. Retenção de Umidade.

A diferença entre a porcentagem de água retida a $-0,10$ atm e a -15 atm, definida como retenção de umidade, não foi influenciada pelo tipo de calcário e doses de gesso aplicadas, após o cultivo de estilosantes (Quadro 6A). Porém, no anel superior das colunas de solo nota-se uma maior retenção de umidade (Quadro 13). As Figuras 28 e 29 ilustram a maior retenção de umidade no anel superior, anel este, que recebeu os calcários e o gesso.

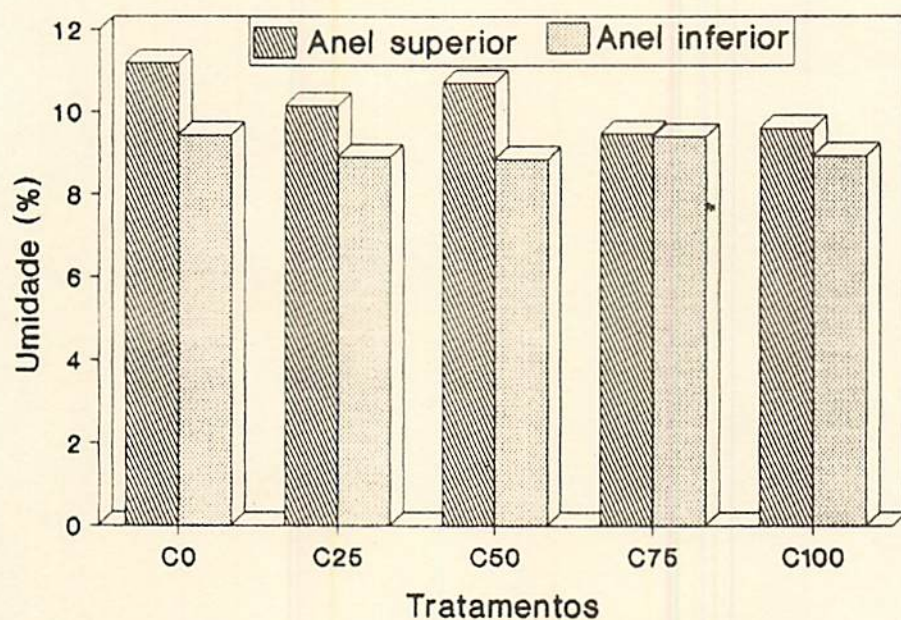


FIGURA 28. Retenção de Umidade em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Calcítico.

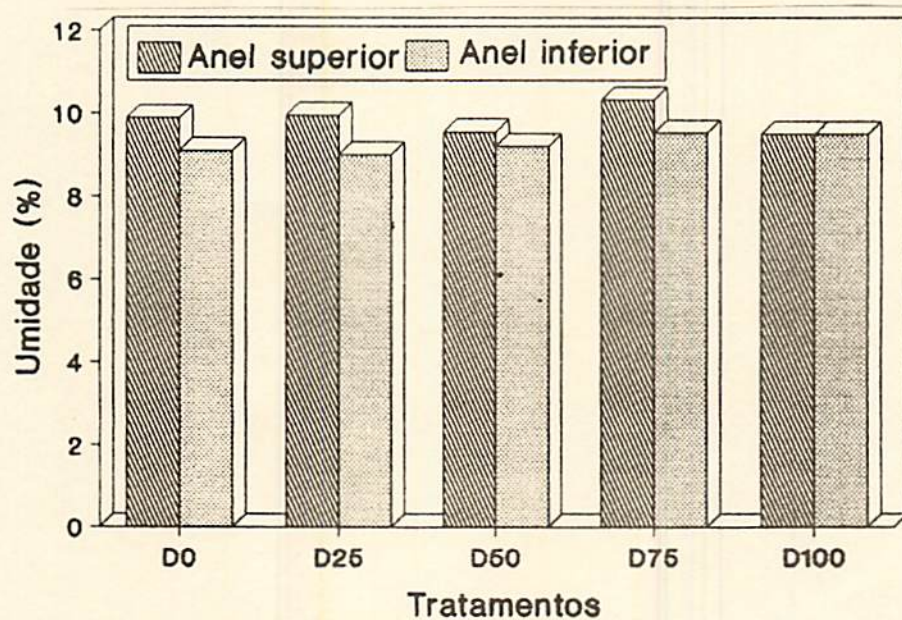


FIGURA 29. Retenção de Umidade em Função dos Níveis de Gesso nas Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes, na presença de Calcário Dolomítico.

4.4. Produção de Matéria Seca: parte aérea e sistema radicular

Os Quadros 9A e 10A apresentam os resumos das análises de variância para produção de matéria seca da parte aérea das culturas de andropogon e estilosantes, respectivamente. No caso de ambas forrageiras verificou-se influência do tipo de calcário utilizado. A produção de estilosantes foi somente afetada pelos níveis de gesso aplicados, enquanto que a do andropogon além dos níveis de gesso, verificaram-se variações significativas entre os cortes e a interação calcário e níveis de gesso.

As doses de gesso promoveram efeitos semelhantes em ambas forrageiras, ou seja, a variação na produção de matéria seca da parte aérea segue, como tendência, uma relação quadrática em função do aumento das doses de gesso (Quadro 19). Na gramínea, o calcário dolomítico promoveu maior produção de matéria seca da parte aérea do que o calcário calcítico.

Estes resultados corroboram com a literatura existente, HADDAD (1983), CARVALHO (1985), OATES & CALDWELL (1985) e SILVA (1990), onde se justificam os maiores valores de produção das forrageiras com o uso de calcário e gesso. No entanto, conforme BORKERT et alii (1987), a aplicação do calcário e gesso ao mesmo tempo ao solo diminui marcantemente o efeito do calcário como corretivo da acidez do solo, pois o gesso satura a solução do solo com cálcio, diminuindo a velocidade da reação de hidrólise do carbonato de cálcio.

QUADRO 19. Equações de Regressão Relativas à Produção de Matéria Seca da Parte Aérea das Culturas e a Aplicação de Calcário e Gesso e seus Coeficientes de Determinação.

CULTURA	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO PARA NIVEIS DE GESSO	R ²
Andropogon:	Com uso de calcário calcítico $y = 13,8986 + 14,1846x - 7,0993x^2$	0,4846
	Com o uso de calcário dolomítico $y = 14,7080 + 12,1143x - 5,9869x^2$	0,4889
Estilosantes:	$y = 18,3069 + 9,8132x - 4,3498x^2$	0,8713

Os Quadros 24A e 25A mostram a influência marcante do gesso na produção de matéria seca do sistema radicular de ambas espécies, tanto tomando os dados do sistema radicular total desenvolvido em toda a coluna do solo, como quando separam-se os anéis superior e inferior. Estes resultados já eram esperados, pois é bem conhecido o efeito benéfico do gesso como condicionador do solo para o adequado desenvolvimento do sistema radicular, principalmente pelo fornecimento de Ca^{+2} à solução do solo (GOEDERT et alii, 1985; SOPRANO, 1986 e LOPES, 1987).

QUADRO 20. Produção de Matéria Seca da Parte Aérea das Culturas de Andropogon e Estilosantes em Função dos Tipos de Calcário e Níveis de Gesso (Média de 4 repetições).

	ANDROPOGON			ESTILOSANTES	
	1º corte	2º corte	3º corte	1º corte	2º corte
C0	5,212	11,663	15,108	15,345	17,954
C25	8,285	17,132	23,572	22,137	22,376
C50	9,752	16,429	22,347	22,421	23,250
C75	11,004	18,256	21,782	22,697	20,964
C100	8,904	17,670	21,525	24,156	23,148
D0	4,706	12,016	14,802	15,491	19,976
D25	9,509	18,145	24,939	22,130	22,425
D50	10,244	17,910	23,646	22,151	24,504
D75	7,152	16,423	21,220	24,310	23,355
D100	9,111	17,303	24,558	24,291	23,492

Onde: C = calcário calcítico; D = calcário dolomítico.

0, 25, 50, 75 e 100 = porcentagens da recomendação de gesso indicada.

QUADRO 21. Produção de Matéria Seca do Sistema Radicular das Culturas de Andropogon e Estilosantes em Função dos Tipos de Calcário e Níveis de Gesso nos Anéis das Colunas de Solo (Média de 4 repetições).

	ANDROPOGON		ESTILOSANTES	
	ANEL	ANEL	ANEL	ANEL
	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
C0	7,807	5,970	3,151	4,270
C25	19,330	12,381	4,030	4,761
C50	20,731	18,265	3,555	4,411
C75	14,853	10,390	3,920	4,320
C100	17,350	19,606	3,951	4,269
D0	9,682	6,990	3,471	3,981
D25	13,942	9,304	3,880	4,290
D50	15,460	11,551	4,105	4,941
D75	20,150	13,542	4,403	4,525
D100	18,933	11,710	3,906	3,656

Onde: C = calcário calcítico; D = calcário dolomítico.

0, 25, 50, 75 e 100 = porcentagens da recomendação de gesso indicada.

5. CONCLUSOES:

Nas condições em que foram realizados os experimentos, os resultados obtidos permitem concluir que:

- as alterações nas propriedades físicas estudadas seguiram uma mesma tendência após o cultivo de andropogon e estilosantes, sendo mais evidentes após o cultivo de estilosantes;

- o calcário dolomítico apresentou um efeito mais expressivo sobre as propriedades físicas estudadas, quando comparado com o calcítico;

- a influência do gesso nas propriedades físicas foi totalmente dependente do tipo de calcário aplicado;

- a estabilidade dos agregados do solo não foi afetada pela aplicação dos tipos de calcário e doses de gesso;

- as aplicações de calcário e gesso aumentaram a produção de matéria seca de ambas forrageiras.

6. RESUMO:

A região dos Campos das Vertentes caracteriza-se pela exploração pecuária de baixa produtividade principalmente em função da baixa fertilidade natural dos solos, problemas de erosão, baixa qualidade das forragens e baixo nível tecnológico empregado.

No sentido de melhorar a produtividade da região tem-se sugerido a introdução de forrageiras mais produtivas e a melhoria das condições químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso.

O presente estudo teve por objetivo verificar a influência da aplicação de calcário e gesso, na presença de uma gramínea (andropogon) e uma leguminosa (estilosantes), sobre algumas propriedades físicas de um Latossolo variação Una distrófico, textura argilosa, relevo plano, de ocorrência expressiva na região. O solo foi acondicionado em colunas de PVC com 20 cm de diâmetro e 30 cm de altura, seccionadas em dois anéis de 15 cm. Nos anéis superiores das colunas foram aplicados dois tipos de calcário (calcítico e dolomítico) na presença de cinco doses de gesso agrícola (0; 0,375; 0,75; 1,125 e 1,5 t/ha). As colunas foram dispostas, em casa de vegetação, em delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial com 4

repetições. Estilosantes e Andropogon foram cultivados por seis meses, após o que procederam-se avaliações físicas e químicas do solo e da produção das forrageiras.

Os resultados obtidos mostraram que ambos tipos de calcário influenciaram as propriedades físicas do solo tendo o calcário dolomítico uma atuação mais expressiva. O uso do gesso promoveu um aumento na floculação da fração argila do solo, com reflexos negativos na retenção de umidade. A estabilidade dos agregados do solo não foi afetada pela aplicação de calcário e gesso. As aplicações de calcário e gesso aumentaram a produção de matéria seca de ambas forrageiras.

7. SUMMARY

DISPERSION OF CLAY FRACTION AND STABILITY OF AGGREGATES AS FUNCTION OF APPLICATION OF AGRICULTURAL LIME AND GYPSUM IN LATOSOL (OXISOL) OF THE REGION OF CAMPOS das VERTENTES (MG), CULTIVATED WITH ANDROPOGON AND STYLOSANTHES.

The region of Campos das Vertentes is characterized by cattle exploration with low productivity mainly as function of low soils natural fertility, erosion problems, low quality of forages and low techonogical level employed.

In terms of improving the productivity of the region it has been suggested the introduction of more productive forages and the improving chemical conditions of the soil through application of agricultural lime and gypsum.

The present study had as objective to verify the influence of application of agricultural lime and gypsum, in the presence of grass (andropogon) and legume (stylosanthes), upon some physical properties of a dystrophic Una variant Latosol (Oxisol), clay texture, plain relief, having expressive occurrence in the region. The soil material was conditioned in PVC columns with 20cm of diameter and 30cm of height, sectioned into two rings of 15cm each. At the superior rings of the columns were applied two

types of agricultural lime (calcitic and dolomitic) in the presence of five doses of agricultural gypsum (0; 0.375; 0.75; 1.125 and 1.5t/ha). The columns were disposed, at greenhouse, in experimental design in randomized blocks in a factorial scheme with four replications. Stylosanthes and andropogon were cultivated during six months, and after that it were made physical and chemical evaluations of soil and of production of forages.

The obtained results showed that both agricultural limes influenced the physical properties of soil, having the dolomitic lime a more expressive influence. The use of agricultural gypsum promoted an increase in flocculation of clay fraction of soil, with negative reflections on moisture retention. The stability of aggregates of soil was not affected by application of agricultural lime and gypsum. The application of agricultural lime and gypsum increased the production of dry matter of both forages.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. AINA, P.O. Soil charges resulting from long-term management practices in western Nigeria. *Soil Science Society American Journal*, Madison, 43:173-7, 1979.
02. ALMEIDA, M.A. de & BORNEMISZA, E. Efecto del encalado sobre las cargas eléctricas y otras propiedades químicas de tres Inceptisoles de Costa Rica. *Turrialba*, Turrialba, 27 (4):333-42, Oct/Dic, 1977.
03. ARONOVICH, S. & ROCHA, G.L. da. Gramíneas e leguminosas forrageiras de importância no Brasil Central pecuário. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 11(132):3-13, dez. 1985.
04. BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, H.R. *Soil physics*. 4. ed. New York, John Wiley, 1972. 498p.
05. BLAKE, L. D. Bulk density. In: BLACK, C.A. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. part 1. p. 374-90.

06. BLANCHAR, R. W.; REHM, G. & CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acids. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 29(1): 71-2, Jan/Feb. 1965.
07. BORKERT, C.M.; PAVAN, M.A. & LANTMANN, A.F. *Considerações sobre o uso de gesso na agricultura (I)*. Piracicaba, POTAFOS, 1987 3p. (Informações Agronômicas, 40).
08. BOUYOUCOS, C.J. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal*, Madison, 54 (5):464-5, Sep/Oct. 1962.
09. BRADY, N.C. *Natureza e propriedade dos solos*. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989. 647p.
10. BUTIERRES, M.F.M. *Efeito do calcário e fosfato de potássio no ponto de carga zero (PCZ) e grau de floculação em tres solos do Rio Grande do Sul*. Santa Maria, UFSMRS, 1980. 59p (Tese MS).
11. CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade dos agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 14:99-105, 1990.

12. CARVALHO, M.M. de. Melhoramento de produtividade das pastagens através da adubação. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte 11(132):23-32, dez. 1985.
13. CASTRO, O.M. de. Efeito de dois tipos de calcário em alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho Escuro e de um Podzólico Vermelho Amarelo. Piracicaba, ESALQ, 1989. 63p. (Tese MS).
14. CINTRA, F.L.D. & MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 7:197-201, 1983.
15. CURI, N. Relações solo-pastagens nos Campos das Vertentes (MG). Lavras, ESAL, 1991. 24p. (Relatório apresentado à EMBRAPA /CNPGL).
16. DADALTO, G.G.; COSTA, L.M. da. & MOURA FILHO, W. Alterações em características físicas de solos cultivados com pastagens. *Revista Ceres*, Viçosa, 36(206):317-29, 1989.
17. 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. *Journal of Soil Science*, London, 21:188-98, 1970.

18. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. **Manual de Métodos de Levantamento e Conservação de Solos**, 1979. n.p.
19. FASSBENDER, H.W. **Química de suelos**. 5.ed. Turrialba, Matilde de la Cruz, 1986. 340p.
20. FERREIRA, I. **Nutrição mineral e produção de matéria seca de milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivados sob diferentes combinações de calcário e gesso**. Lavras, ESAL, 1991. 140p. (Tese MS).
21. FERREIRA, M.B. & COSTA, N.M.S. **O gênero *Stylosanthes* no Brasil**. Belo Horizonte, EPAMIG. 1970. 107p.
22. FONTES, L.E.F. **Nova proveta para sedimentação da suspensão do solo na determinação da fração argila por densimetria**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 6(2): 152-4, mai/ago, 1982.
23. FUNDAÇÃO JOAO PINHEIRO. **Microrregião dos Campos das Vertentes**. Estudo preliminar e diretrizes de desenvolvimento, Belo Horizonte, 1977. V.1, 147p.
24. GAVANDE, S.A. **Física de Suelos: principios y aplicaciones**. Mexico, Limura, 1976. 351p.

25. GHANI, M.O.; HASAN, K.A. & KHAN, M.F.A. Effect of lime on aggregation noncapillary pore space and permeability of a Lateritic soil. *Soil Science, Maryland*, 80:469-78, 1955.
26. GOEDERT, W.J.; RITCHEY, K.D. & SANZONOWICZ, C. Desenvolvimento radicular do capim andropogon e sua relação com o teor de cálcio no perfil do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, 9:89-91, 1985.
27. GRIFFITHS, E. Microorganisms and soil structure. *Biological Review, Cambridge*, 40:129-42, 1965.
28. GROHMANN, F. Análise de agregados de solos. *Bragantia, Campinas*, 19(13):201-13, 1960.
29. _____ ; OLIVEIRA, J.B. de. & QUEIROZ NETO, J.P. de. Influência da adubação nas características dos agregados do solo da série Chapadão (Latosolo Roxo). *Bragantia, Campinas*, 25(24):263-75, 1966..
30. 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 Science, Maryland*, 137:245-51, 1984.

31. HADDAD, C.M. Efeito de enxofre, aplicado na forma de gesso, sobre a produção e qualidade do capim colonião (*Panicum maximum* JACQ.). Piracicaba, ESALQ, 1983. 115p. (Tese de Doutorado).
32. HARRIS, R.F.; CHESTER, S.G. & ALLEN, O.N. Dynamics of soil aggregation. *Advances in Agronomy*, New York, 18:107-69, 1966.
33. JUCKSCH, I. Calagem e dispersão de argila em amostra de um Latossolo Vermelho Escuro. Viçosa, UFV, 1987. 37p. (Tese MS).
34. _____ ; COSTA, L.M. da; MOURA FILHO, W.; RIBEIRO A.C. & SOPRANO, E. Efeito da calagem na dispersão de argila de um Latossolo Vermelho Escuro. *Revista Ceres*, Viçosa, 33 (189):456-60, 1986.
35. KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribuição of aggregation In: BLACK, C.A. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt 1, cap. 39. p.449-510. (Agronomy, 9).

36. LOPES, A.S. Calagem e gesso agrícola como fatores de produtividade dos solos sob "Cerrados". In: SEMINARIO DE FERTILIDADE DO SOLO, 2, São Paulo, 1987. **Trabalho apresentado...** São Paulo, Cooperativa Agrícola de Cotia, 1987. 59p.
37. _____ & GUIMARAES, P.T.G., coord. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 4ª Aproxiação.** Lavras, 1989. 159p.
38. McCALLA, T.M. & HASKINS, F.A. Microorganisms and soil structure. **Missouri Agr. Exp. Stat Research Bulletin, 756.** 1961.
39. MALAVOLTA, E.; ROMERO, J.P.; LEIM, T.H. & VITTI, G.G. **Gesso agrícola - seu uso na adubação e correção do solo.** São Paulo, ULTRAFERTIL, 1979. 30p. (Boletim Técnico).
40. MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T. & MALAVOLTA, E. **Calagem e adubação de pastagens.** Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1985. 476p.
41. MAZURAK, A.P. Effect of gaseous phase on water - stable aggregates. **Soil Science, Maryland, 69:135-48,** 1950.

42. MELO, F.B.; COELHO, M.A. & FERREYRA, H. Efeitos do gesso e da concentração salina da água na condutibilidade hidráulica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 12:89-92, 1988.
43. MORELLI, M. & FERREIRA, E.B. Efeito do carbonato de cálcio e do fosfatodiamônico em propriedades eletroquímicas e físicas de um Latossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 11:1-6, 1987.
44. _____ ; IGUE, K. & FUENTES, R. Efecto del encalado em el complejo de cambio y movimiento de calcio y magnesio. *Turrialba*, Turrialba, 21(3):317-22, jul/set. 1971.
45. NUERNBERG, N.J.; STAMMEL, J.G. & CABEDA, M.S.V. Efeito de sucessão de culturas e tipos de adubação em características de um solo da encosta basáltica sul Rio-Grandense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10:185-90, 1986.
46. OATES, K.M. & CALDWELL, A.G. Use of by product gypsum to alleviate soil acidity. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 49(4):915-8, Jul/Aug. 1985.
47. PAOLINELLI, M.T.; OLIVEIRA, P.M.; SA SANTOS, P.R.R.; LEANDRO, V. P. & MORAIS, W.V. *Gesso Agrícola*. São Paulo, PETROBRAS, s.d. (Informe Técnico).

48. PAVAN, M.A.; BINGHAN, F.T. & PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminium following lime or gypsum applications to a brazilian Oxisol. *Soil Science American Journal*, Madison, 48:33-8, 1984.
49. _____ & VOLKWEISS, S.J. Efeitos do gesso nas relações solo-planta: princípios. In: SEMINARIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. *Anais...*, Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.107-18.
50. PURCINO, A.A.C. Em debate, a tecnologia no estabelecimento de pastagens. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 6(71): 63-6, 1980.
51. QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para a determinação da necessidade de calagem em solos. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15; acidez e calagem no Brasil, Campinas, 1982. *Trabalhos apresentados...*, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.33-48.
52. QUEIROZ NETO, J.P. & GROHMANN, F. Estado de agregação da Terra Roxa (série Chapadão) num ensaio de adubação de milho. *Bragantia*, Campinas, 22(50):635-46, 1963.
53. RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargil, 1987. 170p

54. RICHARDS, L.A. & FIREMAN, M. Pressure plate apparatuses for measuring moisture sorption and transmission by soils. *Soil Science*, Baltimore, 56:395-404, 1943.
55. 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, UFV, 1984. 89P. (Tese MS).
56. ROTH, C.H.; CASTRO, C. de. & MEDEIROS, G.B. de. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 15:241-8, 1991.
57. _____ & PAVAN, M.A. Effects of lime and gypsum on clay dispersion and infiltration in samples of a Brazilian Oxisol. *Geoderma*, Amsterdam, 48:351-61, 1991.
58. _____ ; _____ ; MEYER, B. & FREIRE, H.G. Efeitos das aplicações de calcário e gesso sobre a estabilidade de agregados e infiltrabilidade de água em um Latossolo Roxo cultivado com cafeeiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10:163-6, 1986.

59. SHAINBERG, I. & SINGER, M.J. Effect of eletrolytic concentration on the hydraulic properties of depositional crust
Soil Science Society American Journal, Madison, 49:1260-3, 1985.
60. _____ ; SUMMER, M.E.; MILLER, W.P.; FARINA, M.P.W.; PAVAN, M.A. & FEY, M.V. Use of gypsum on soils: A review.
Advance soil Science, 9:1-111, 1989.
61. SILVA, A. de A. Efeito de relações $\text{CaCO}_3/\text{CaSO}_4$ no movimento de nutrientes no solo e no desenvolvimento do algodoeiro (*Gosseypium hirsutum*). Lavras, ESAL, 1990. 80p. (Tese MS).
62. SIQUEIRA, O.J.F. Efeito da calagem sobre as propriedades físicas de Latossolos do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 23, Porto Alegre, 1991.
Resumos..., Porto Alegre, 1991. p.64.
63. SOPRANO, E. Movimentação de íons e crescimentos de café em função da aplicação de sais de cálcio em colunas de solo. Viçosa, UFV, 1986. 92p. (Tese MS).
64. SUMNER, M.E. Uso atual do gesso no mundo em solos ácidos. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. *Anais...*, Uberaba, IBRAFOS, 1992. p.7-40.

65. TAN, K.H. Principles of soil chemistry. New York, Marcel
Rekker. 1982. 267p.
66. TISDALL, J.M. & OADES, J.M. The effect of crops rotation on
aggregation in a red-brown earth. Australian Journal of
Soil Research, Victoria, 18:423-33, 1980.
67. VAN OLPHEN, H. An introduction to clay colloid chemistry.
2. ed. New York, Welley-Interscience publication, 1977.
318p.
68. VETTORI, L. Métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, E-
quipe de pedologia e fertilidade do solo. Ministério da
Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 9).



1961 J. H. PRINCIPLES OF SOIL CHEMISTRY New York, Macmillan

1962 J. H. PRINCIPLES OF SOIL CHEMISTRY New York, Macmillan

1963 J. H. PRINCIPLES OF SOIL CHEMISTRY New York, Macmillan

1964 J. H. PRINCIPLES OF SOIL CHEMISTRY New York, Macmillan

1965 J. H. PRINCIPLES OF SOIL CHEMISTRY New York, Macmillan

1966 J. H. PRINCIPLES OF SOIL CHEMISTRY New York, Macmillan

1967 J. H. PRINCIPLES OF SOIL CHEMISTRY New York, Macmillan

1968

1969 J. H. PRINCIPLES OF SOIL CHEMISTRY New York, Macmillan

1970 J. H. PRINCIPLES OF SOIL CHEMISTRY New York, Macmillan

1971 J. H. PRINCIPLES OF SOIL CHEMISTRY New York, Macmillan

APENDICE

QUADRO 1A. Resumo das análises de variâncias para pH em água, pH em KCl, cálcio, magnésio, alumínio, sulfato, saturação por bases (V), matéria orgânica nas colunas de solo após o cultivo de Andropogon.

CV	GL	Quadrados Médios							
		pH água	pH KCl	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	S-SO ₄ ⁻	V	M.O
Anel	1	0,0781 [†]	0,1201 ^{**}	3,2401 ^{**}	0,6845 ^{**}	0,1201 ^{**}	188,1296 ^{**}	1140,0500 ^{**}	0,0012
Calcário	1	0,1051 [†]	0,0211	0,0011	0,4205 ^{**}	0,0211 ^{**}	1,2749	125,0000 ^{**}	0,7412 ^{**}
Gesso	4	0,1208 ^{**}	0,0080	0,0111	0,0867 ^{**}	0,0108 ^{**}	196,6604 ^{**}	30,5188 ^{**}	0,1241 [†]
Anel#Cal	1	0,0012	0,0451 ^{**}	0,2531 ^{**}	0,3380 ^{**}	0,0211 ^{**}	5,0001	204,8000 ^{**}	0,0061
Anel#Ges	4	0,0028	0,0095	0,3595 ^{**}	0,0226	0,0001	31,9439 [†]	54,7062 ^{**}	0,0683
Cal#Ges	4	0,0242	0,0079	0,0155	0,0180	0,0018	1,4524	7,7188	0,0114
Anel#Cal#Ges	4	0,0052	0,0132	0,1906 ^{**}	0,0024	0,0024	4,9539	33,0812 ^{**}	0,0202
Biocos	3	0,0675 [†]	0,0071	0,0175	0,0103	0,0001	152,1404 ^{**}	0,2167	0,0178
Residuo	57	0,0184	0,0055	0,0077	0,0188	0,0025	10,5769	3,7781	0,0343
Total	79								

* Significativo ao nível de 5%

** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 2A. Resumo das análises de variâncias para pH em água, pH em KCl, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Sulfato, Saturação por Bases (V%) e Matéria Orgânica, nas colunas de solo após o cultivo de Estilosantes.

CV	GL	Quadrados Médios							M.O.
		pH água	pH KCl	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	S-SO ₄ ⁻	V	
Anel	1	0,0244	0,0102 [*]	2,5561 ^{**}	0,5120 ^{**}	0,0281 ^{**}	28,3339 ^{**}	1110,0500 ^{**}	0,0362
Calcário	1	0,0179	0,0362 ^{**}	0,0011	0,2205 ^{**}	0,0151 [*]	1,5097	45,0000 ^{**}	0,0370
Gesso	4	0,1925 ^{**}	0,0017	0,0211	0,0942 ^{**}	0,0069 [*]	56,7598 ^{**}	17,2062 ^{**}	0,0339
Anel+Calc.	1	0,1126 ^{**}	0,0210 ^{**}	0,0001	0,1279 ^{**}	0,0211 ^{**}	0,1194	57,8000 ^{**}	0,0470
Anel+Gesso	4	0,0170	0,0054 [*]	0,0164	0,0295	0,0069 [*]	5,4179 ^{**}	1,1438	0,0339
Calc.+Gesso	4	0,0036	0,0027	0,0208	0,0486 ^{**}	0,0008	0,9556	5,5938	0,0061
Anel+Calc+Ges	4	0,0118	0,0002	0,0129	0,0123	0,0030	0,3567	2,2062	0,0173
Blocos	3	0,1844 ^{**}	0,0104 ^{**}	0,0737 ^{**}	0,0655 ^{**}	0,0031	7,9673 ^{**}	9,2831	0,5704 ^{**}
Resíduos	57	0,0118	0,0018	0,0087	0,0123	0,0025	1,0549	3,8009	0,0392
Total	79								

* Significativo ao nível de 5%

** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 3A. Resumo das análises de variância para argila dispersa em água (ADA), índice de floculação (IF), diâmetro médio geométrico (DMG), e retenção de umidade (RU) nas colunas de solo após o cultivo de *Andropogon*.

Causas de Variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios			
		ADA	IF	DMG	RU
Anel	1	4,0500	24,2000	0,0878	17,5315**
Calcário	1	211,2500**	1584,2000**	0,0332	38,2679**
Gesso	4	71,0938**	442,2688**	0,1022	1,0978
Anel*Cal	1	1,8000	5,0000	0,0001	7,5950*
Anel*Ges	4	36,1438**	213,8562**	0,0031	3,2551**
Cal*Ges	4	4,3438	64,2938	0,1303	30,2935**
Anel*Cal*Ges	4	3,7688	14,4062	0,0077	7,2646**
Blocos	3	7,3667	54,7958	0,3592	0,5336
Residuo	57	9,3053	53,3528	0,0642	0,8673
Total	79				

** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 4A. Resumo das análises de variância para Argila Dispersa em água (ADA), Índice de floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) no anel superior das colunas de solo após o cultivo de Andropogon.

CV	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		ADA	IF	DMG	RU
Calcário	1	87,0250**	705,6000**	0,0185	5,8831**
Gesso	4	45,5875**	340,4125**	0,0606	2,7973**
Calc*gesso	4	3,4625	44,4125	0,0799	22,9588**
Blocos	3	6,6250	52,0005	0,2007	0,3206
Resíduo	27	10,0324	52,8703	0,0801	0,5971
Total	39				

** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 5A. Resumo das análises de variância para Argila Dispersa em Água (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU), no anel inferior das colunas de solo após o cultivo de *Andropogon*.

CV	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		ADA	IF	DMG	RU
Calcário	1	126,0250**	883,6000**	0,0148	39,9801**
Gesso	4	61,6500**	315,7125**	0,0447	1,5556
Calc*Gesso	4	4,6500	34,2875	0,0581	14,5993**
Blocos	3	5,8250	47,2000	0,1620	0,3279
Resíduo	27	9,0472	54,8296	0,0550	1,2211
Total	39				

** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 6A. Resumo das Análises de variância para Argila Dispersa em Agua (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) nas colunas de solo após o cultivo de Estilosantes.

QUADRADO MEDIO

CV	GL	QUADRADO MEDIO			
		ADA	IF	DMG	RU
Anel	1	10,5125**	49,6125**	0,0428	14,0867**
Calcário	1	0,1125	0,3125	0,0000	0,2867
Gesso	4	9,8438**	33,3938**	0,0344	0,5988
Anel*Cal	1	0,1125	3,6125	0,0108	1,4019
Anel*Ges	4	4,1688**	12,2688	0,0060	0,7459
Cal*Ges	4	69,8312**	287,7812**	0,0463	1,0379
Anel*Cal*Ges	4	9,2062**	33,7062**	0,0244	0,6908
Blocos	3	4,04558**	67,1812**	0,2355**	37,4704**
Resíduos	57	0,8441	8,6703	0,0292	0,6350
Total	79				

* Significativo ao nível de 5%

** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 7A. Resumo das análises de variância para Argila Dispersa em Agua (ADA), Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) no Anel Superior das Colunas de Solo após o Cultivo de Estilosantes.

CV	GL	QUADRADO MEDIO			
		ADA	IF	DMG	RU
Calcário	1	0,0000	3,0250	0,0046	1,4783
Gesso	4	8,0375**	21,8750*	0,0212	1,0113
Cal*Ges	4	38,5625**	166,6500**	0,0632	1,5180*
Blocos	3	3,9000**	42,7579**	0,2135**	19,4646**.
Resíduo	27	0,6592	6,9991	0,0406	0,5436
Total	39				

* Significativo ao nível de 5%

** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 8A. Resumo das análises de variância para Argila Dispersa em Água (ADA). Índice de Floculação (IF), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Retenção de Umidade (RU) no Anel Inferior das Colunas de Solo após o cultivo de Estilosantes.

CV	GL	QUADRADO MEDIO			
		ADA	IF	DMG	RU
Calcário	1	0.2250	0,900	0.0062	0,2102
Gesso	4	5,9750**	23,7875	0,0192	0,3334
Cal*Ges	4	40.4750**	154,8375**	0,0076	0,2108
Blocos	3	1,4917	32,3677*	0,1060**	18,4489**
Resíduo	27	0,9731	10,4221	0,0118	0,7478
Total	39				

** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 9A. Resumo da análise de variância da produção de matéria seca da parte aérea da cultura de Andropogon.

CV	GL	QM
Calcário	1	1,1345
Gesso	4	235,5398**
Corte	2	3163,9514**
Calc.*Gesso	4	104,5498**
Calc.*Corte	2	1,3873
Gesso*Corte	8	9,9964
Calc.*Gesso*Corte	8	31,9843
Blocos	3	113,1623**
Resíduo	87	20,8183
Total	119	

** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 10A. Resumo da análise de variância da produção de matéria seca da parte aérea da cultura de Estilosantes.

CV	GL	QM
Calcário	1	24,8864
Gesso	4	93,6787**
Corte	1	1,6184
Calc.*Gesso	4	3,3268
Calc.*Corte	1	0,1828
Gesso*Corte	4	10,8368
Calc.*Gesso*Corte	4	1,0875
Blocos	3	16,5437
Resíduo	57	7,05445
Total	79	

** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 11A. Resumo das análises de variância para produção de matéria seca do sistema radicular da cultura de Andropogon nas colunas de solo e nos anéis das colunas.

CV	GL	QUADRADO MEDIO		
		COLUNA	ANEL	
		TOTAL	SUPERIOR	INFERIOR
Calcário	1	166,3009	18,9195	73,0079
Gesso	4	395,0655*	109,1295*	107,19877**
Calc.*Gesso	4	175,0853	53,0625	45,5201
Blocos	3	73,6993	31,0473	10,5342
Resíduo	27	98,9075	36,6544	20,7530
Total	39			

* Significativo ao nível de 5%

** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 12A. Resumo das análises de variância para produção de matéria seca do sistema radicular da cultura de Estilosantes nas colunas de solo e nos anéis das colunas.

CV	GL	QUADRADO MEDIO		
		COLUNA	ANEL	
		TOTAL	SUPERIOR	INFERIOR
Calcário	1	0,0081	0,2250	0,1476
Gesso	4	2,3043*	0,8678**	0,6905
Calc.*Gesso	4	0,8899	0,1369	0,4635
Blocos	3	0,4269	0,0178	0,4382
Resíduo	27	0,7107	0,1868	0,46064
Total	39			

* Significativo ao nível de 5%

** Significativo ao nível de 1%