

LUÍS TARCÍSIO SALGADO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE UM PERFIL DE TERRA ROXA
ESTRUTURADA DO MUNICÍPIO DE PERDÕES, MG.**

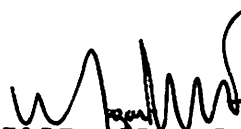
Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do grau de Mestre.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1 9 8 3

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE UM PERFIL DE TERRA ROXA
ESTRUTURADA DO MUNICÍPIO DE PERDÕES, MG.

APROVADA:


Prof. MOZART MARTINS FERREIRA
Orientador


Prof. HÉLCIO ANDRADE


Prof. JEZÉA CARDOSO FREIRE

Aos meus pais

À minha esposa e

À meu filho

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) e em especial ao Departamento de Ciência do Solo da ESAL, pela oportunidade concedida para realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE), pelo auxílio financeiro para a datilografia e impressão desta dissertação.

Ao professor Mozart Martins Ferreira, pela eficiente e dedicada orientação.

Aos professores Jeziel Cardoso Freire e Hércio Andrade pelas críticas e sugestões.

Ao professor Geraldo Aparecido de Aquino Guedes, pela versão do resumo para o inglês.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo e em especial a Delanne Ribeiro e Eláise Barbosa dos Santos, pela amizade e colaboração.

Ao Centro de Processamento de Dados, nas pessoas dos pro
fessores Paulo César Lima e José Vitor da Silveira e Sr. Marco An
tônio Torres, pelo auxílio na análise estatística.

À Biblioteca Central da ESAL, nas pessoas do Sr. Dorval
Botelho dos Santos e Marília Ferreira de Carvalho, pelas corre -
ções das referências bibliográficas.

Aos colegas de turma, pela amizade.

BIOGRAFIA DO AUTOR

LUÍS TARCÍSIO SALGADO, filho de Necésio Salgado e Herondina de Carvalho Salgado, nasceu em Itumirim, Estado de Minas Gerais, aos 02 de julho de 1948.

Concluiu o primeiro grau, no Colégio Estadual de Itumirim e o segundo grau no Colégio Nossa Senhora Aparecida, Lavras, Minas Gerais. Em 1970, ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), graduando-se em Agronomia em 1973.

Em 1974, ingressou na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG), onde trabalhou como extensionista nos municípios de São Gotardo, Campanha e Coqueiral, até fevereiro de 1980.

Iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia na área de concentração de "Solos e Nutrição de Plantas" na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) em março de 1980.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Participação da textura, matéria orgânica e óxidos de ferro livres na retenção de água pelo solo.. ..	03
2.2. Influência da estrutura e densidade do solo na dis- ponibilidade de água para as plantas	06
2.3. Curvas características de retenção de água	09
2.4. A superfície específica e a retenção de água pelo solo	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Solo	14
3.2. Métodos	20
3.2.1. Coleta das amostras	20
3.2.2. Preparo das amostras	20
3.2.3. Caracterização das amostras	20
3.2.3.1. Métodos físicos de análise	21
3.2.3.1.1. Análise textural	21
3.2.3.1.2. Argila dispersa em água e índice de floculação.	21
3.2.3.1.3. Superfície específica total do solo	22

	Página
3.2.3.1.4. Densidade do solo	22
3.2.3.1.5. Densidade de partículas	23
3.2.3.1.6. Volume total de poros.. ..	23
3.2.3.2. Métodos químicos de análise	23
3.2.3.2.1. Carbono orgânico	23
3.2.3.2.2. Óxidos de ferro livres.. ..	24
3.2.3.2.3. Ataque pelo ácido sulfúrico	24
3.2.3.2.4. pH em água e em cloreto de potássio	24
3.2.3.2.5. Complexo sortivo	25
3.3. Retenção de água pelo solo	26
3.3.1. Amostras utilizadas e tensões empregadas ...	26
3.3.2. Retenção de água em amostras originais com estrutura deformada, dos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} , B_{21l} , B_{22l} e B_{23l}	26
3.3.3. Retenção de água em amostras com estrutura indeformada, dos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} , B_{21l} , B_{22l} e B_{23l}	27
3.3.4. Retenção de água em amostras dos horizontes A_1 e B_{21l} , com matéria orgânica oxidada.....	28
3.3.5. Capacidade de retenção de água da Terra Roxa Estruturada, Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho Amarelo	28
3.4. Análise estatística	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Caracterização física e química do solo.....	30
4.2. Retenção de água em amostras deformadas dos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} , B_{21l} , B_{22l} e B_{23l}	37

4.3. Retenção de água em amostras indeformadas dos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} , B_{21l} , B_{22l} e B_{23l}	37
4.4. Comparação entre retenção de água em amostras deformadas e indeformadas	47
4.5. Retenção de água em amostras dos horizontes A_1 e B_{21l} com matéria orgânica oxidada.....	48
4.6. Correlações simples e regressão múltipla	52
4.6.1. Correlações entre óxidos de ferro livres , superfície específica, matéria orgânica , argila e volume total de poros.....	52
4.6.2. Correlações entre os parâmetros analisados e a retenção de água em amostras deformadas nas tensões desde 0,001 atm até 15 atm e em amostras indeformadas nas tensões desde 0,001 atm até 0,1 atm.	53
4.6.3. Equações de regressão múltipla que estimam as retenções de água em amostras deformadas e indeformadas.....	56
4.7. Capacidade de retenção de água da Terra Roxa Estruturada, Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho Amarelo	59
5. CONCLUSÕES	62
6. RESUMO	64
7. SUMMARY	67
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Caracterização física das amostras dos horizontes do perfil estudado (média de 3 repetições).....	34
2	Caracterização química das amostras dos horizontes do perfil estudado (média de 3 repetições).....	35
3	Complexo sortivo das amostras dos horizontes do perfil estudado (média de 3 repetições)	36
4	Graus de umidade expressos em % de T.F.S.E., das amostras deformadas originais dos horizontes do perfil estudado, nas tensões desde 0,001 atm até 15 atm (média de 3 repetições)	38
5	Graus de umidade expressos em % de T.F.S.E., de amostras indeformadas dos horizontes do perfil, nas tensões desde 0,001 atm até 0,1 atm (média de 3 repetições).....	50
6	Graus de umidade expressos em % de T.F.S.E., das amostras deformadas dos horizontes A ₁ e B _{21g} com matéria orgânica oxidada nas tensões desde 0,001 atm até 15 atm (média de 2 repetições)	51
7	Correlações entre óxidos de ferro livres (Fe ₂ O ₃), superfície específica total (St), matéria orgânica (M.O.), argila (Arg.) e volume total de poros (VTP)	53

Quadro		Página
8	Correlações entre os parâmetros analisados e a retenção de água em amostras deformadas	54
9	Correlações entre os parâmetros analisados e a retenção de água em amostras indeformadas	56
10	Equações de regressão múltipla para as tensões estudadas, onde y = grau de umidade em % retida em amostras deformadas e x_1 = Fe_2O_3 livres em %; x_2 = superfície específica total m^2/g ; x_3 = matéria orgânica em %; x_4 = argila em % e x_5 = volume total de poros em %	57
11	Equações de regressão múltipla para as tensões estudadas, onde y = grau de umidade em % retida em amostras indeformadas e x_1 = Fe_2O_3 livres em %; x_2 = superfície específica total em m^2/g ; x_3 = matéria orgânica em %; x_4 = argila em % e x_5 = volume total de poros em %	58
12	Capacidade de retenção de água da Terra Roxa Estruturada, Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho Amarelo.	60

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Situação geográfica do município de Perdões, Estado de Minas Gerais	15
2	Vista frontal do perfil de Terra Roxa Estruturada , localizado no Município de Perdões-MG.....	16
3	Vista da paisagem de Terra Roxa Estruturada, localizada no Município de Perdões-MG.....	17
4	Curvas características de umidade dos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} , B_{21l} , B_{22l} e B_{23l} obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada	39
5	Curvas características de umidade do horizonte A_1 , obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada, indeformada e com matéria orgânica oxidada	40
6	Curvas características de umidade do horizonte B_1 , obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada e indeformada	41
7	Curvas características de umidade do horizonte B_{2t} , obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada e indeformada	42

Figura		Página
8	Curvas características de umidade do horizonte B_{21l} , obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada, indeformada e com matéria orgânica oxidada	43
9	Curvas características de umidade do horizonte B_{22l} obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada e indeformada	44
10	Curvas características de umidade do horizonte B_{23l} obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada e indeformada	45
11	Curvas características de umidade de amostras indeformadas dos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} , B_{21l} , B_{22l} e B_{23l}	46

1. INTRODUÇÃO

Dos solos mapeados na região sob influência do Reservatório de Furnas, segundo o M.A. (5), aqueles que constituem a unidade de Terra Roxa Estruturada, são os mais aproveitados na agricultura, estimando-se que 80% da área destes solos seja utilizada com culturas perenes e anuais.

Do ponto de vista de fertilidade natural, este solo, pode ser considerado como de fertilidade média a alta. As suas características químicas revelam tratar-se de solo que apresenta teor relativamente elevado em bases trocáveis (principalmente cálcio), e médio teor de matéria orgânica. No entanto pouco se conhece a respeito do comportamento de suas características e propriedades físicas.

Dentre os fatores de produção do solo, a água, é sem dúvida, um dos mais importantes. Sem a sua presença não haverá possibilidade de aparecerem e se desenvolverem microorganismos e muito menos os organismos superiores por melhores que sejam todas as outras condições, tais como temperatura, elementos nutritivos, arejamento.

De acordo com VILELA & RAMALHO (41), as maiores precipitações no município de Lavras, ocorrem nos meses de novembro a fevereiro, sendo responsáveis por 66,77% da precipitação total do município, dado que pode ser extrapolado para o vizinho município de Perdões. Esta má distribuição de chuvas evidencia a necessidade de se usar mais racionalmente a água do solo, complementando com irrigação nos meses de deficiência hídrica.

Para o emprego racional da prática de irrigação, são necessários estudos sobre a água do solo, visando o conhecimento de fenômeno solo-água deste solo. Como a quantidade de água retida sob determinada tensão é variável de solo para solo e constitui uma característica específica de cada um, e ainda considerando-se que pouco se conhece a respeito do comportamento das características e propriedades físicas da Terra Roxa Estruturada, o presente trabalho tem como objetivo fazer a caracterização do ponto de vista físico e hídrico da unidade Terra Roxa Estruturada, situada no município de Perdões, Estado de Minas Gerais, bem como verificar o seu comportamento com relação à capacidade de retenção de água, em confronto com outros grandes grupos de solos de ocorrência na região.

2. REVISÃO DE LITERATURA

São várias as características e propriedades que podem influir no comportamento físico e hídrico de determinado solo. Do ponto de vista da física do solo, pode-se citar: quantidade e natureza da fração argila, estrutura, umidade, tamanho e distribuição de poros, matéria orgânica, óxidos de ferro livres e ainda a superfície específica.

No presente capítulo, se procurará caracterizar as diferentes modalidades de participação dos fatores acima referidos, nas mais diversas variações de interação solo-água.

2.1. Participação da textura, matéria orgânica e óxidos de ferro livres na retenção de água pelo solo.

Em função do grande número de trabalhos desenvolvidos neste campo, muitas são as informações a respeito da participação destes componentes na retenção de água pelo solo. Com o intuito de melhorar o entendimento destas participações, procurar-se-á a seguir, discutir os principais trabalhos relativos às mesmas.

Pesquisando as características de umidade dos principais solos do Estado de São Paulo, GROHMANN & MEDINA (22), concluíram

que nos solos com baixo teor de argila não há praticamente, variação no teor de umidade sob tensões de 3, 8, 15 e 20 atm . Os autores constataram também que quando o perfil é homogêneo em relação à textura, observa-se a influência da matéria orgânica na retenção de água pelo solo.

Em latossolos com variação de textura desde média até argilosa, PIERANTONI (34), obteve alta correlação entre teor de argila e as retenções de umidade a 1/3 e 15 atm . Este resultado concorda com FREITAS JUNIOR (15), que estudando a retenção e disponibilidade de água em Latossolo Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo, encontrou que estimativas sobre os valores de retenção e disponibilidade de água para as plantas poderão ser obtidas através de equações de regressão, onde a variável dependente é o teor de argila do solo.

A existência de correlação positiva significativa entre os teores de argila e óxidos de ferro livres com a água retida nas tensões desde 0,2 a 15 atm, foi constatada por BARBOSA (1), ao estudar a retenção de água por um perfil alfissolo do município de Lavras, Estado de Minas Gerais. Por outro lado FREIRE (13), trabalhando com um perfil oxissol do mesmo município, encontrou correlações negativas entre teor de argila e as retenções de umidade nas tensões desde 0,001 até 15 atm .

Nas curvas características de retenção de água de três solos apresentados por FERREIRA (10), observa-se que para o Latossolo Roxo Distrófico, a retenção de água, nos diversos horizontes , apresenta-se de maneira uniforme para uma dada tensão. Nas Séries Sertãozinho (Regossol) e Luiz de Queiroz (Terra Roxa Estruturada),

observa-se, para todas as tensões, uma nítida tendência de aumento da retenção de água com a profundidade. O autor atribuiu esse aumento na retenção ao incremento da fração argila ao longo do perfil dessas duas últimas umidades de solo.

A influência da matéria orgânica e dos óxidos de ferro livres na retenção de água foi estudada por GROHMANN & CAMARGO (21), os quais observaram que a espessura da camada e o teor de água higroscópica, quando se destroi a matéria orgânica, são maiores em relação ao solo original, pois segundo os autores a presença de matéria orgânica prejudicou a adsorção de água. Entretanto, após a eliminação dos óxidos de ferro livres, tanto a espessura como o teor de água higroscópica diminuíram. Por outro lado, PREBBLE & STIRK (35), ao remover os óxidos de ferro livres, encontraram aumentos da retenção de água na faixa de 1/3 atm até 15 atm. Os autores atribuíram estes aumentos à dispersão do solo durante o tratamento e afirmam que esse efeito aumenta com o teor de argila. Resultados semelhantes foram encontrados por FREIRE (13) e BARBOSA (1).

Estudando a influência da matéria orgânica na retenção de água em solos sob diferentes coberturas vegetais (mata, eucalipto, pasto e cultura anual, FREIRE et alii (14), observaram que com exceção do solo coberto por mata, todos apresentaram maior retenção de água nas camadas subsuperficiais. Como o teor de limo + argila foi sempre inferior na camada superficial, ao contrário da matéria orgânica, concluíram que a capacidade de retenção depende mais da percentagem de limo + argila que da matéria orgânica.

BARBOSA (1), demonstrou que a diferença entre a retenção de água dos horizontes A e B de um perfil alfissolo é devida à maior participação da fração mineral que a orgânica. Observou ainda que a maior influência da matéria orgânica na retenção de água ocorre à baixas tensões, concordando com FREIRE (13), que estudou a retenção de umidade por um perfil oxissol.

PETERSEN, CUNNINGHAM & MATELSKI (33), encontraram associação entre carbono orgânico e retenção de umidade a 15 atm, mas não encontraram a 1/3 atm. A explicação dada pelos autores se prende ao fato do carbono orgânico favorecer a agregação do solo e a formação de poros grandes, os quais retém pouca água.

Para GROHMANN & CAMARGO (21), os óxidos de ferro livres aumentam, de maneira geral, a retenção de água, sendo que o grau de cristalinidade dos mesmos possivelmente influe nos fenômenos de adsorção.

BARBOSA (1), verificou que a argila e óxidos de ferro livres exercem maior influência na retenção de água nas tensões superiores a 0,2 atm. Por outro lado, FREIRE (13), encontrou uma mínima participação da argila, limo, óxidos de ferro livres e superfície específica total, como responsáveis pelas variações na retenção de água entre horizontes de um oxissol.

2.2. Influência da estrutura e densidade do solo na disponibilidade de água para as plantas.

A estrutura do solo é um dos fatores que mais afeta a disponibilidade de água para as plantas e sua influência se faz sentir mais diretamente na quantidade de água retida, nos poros gran

des e médios do solo, justamente os mais afetados pelas mudanças estruturais.

MARTINS & COELHO (29), encontraram que o pastejo provocou acréscimo na densidade do solo e decréscimo no valor da porosidade total, acarretando diminuição no teor de água retido, especialmente na faixa de 0 a 0,06 atm de tensão, por outro lado CARVALHO (6), constatou que o pisoteio aumentou a densidade do solo e a água retida a 0,06 atm .

A análise de regressão múltipla mostrou que a densidade do solo associou-se fortemente com retenção de umidade a 1/3 atm em amostras indeformadas e o conteúdo de argila associou-se a retenção à 15 atm em amostras peneiradas com diâmetro menor que 2 mm , PETERSEN, CUNNINGHAM & MATELSKI (33).

A influência da estrutura na retenção de água é diferente quando os solos apresentam diferentes texturas. Assim, SCARDUA (38), constatou que em um regossol, por possuir partículas grosseiras, a estrutura só influenciou até 0,1 atm, ao passo que na Terra Roxa Estruturada, que possuía textura mais fina, a estrutura influenciou até 0,2 atm .

Para SCARDUA (38), as alterações provocadas pela deformação das amostras de solo causam variações sensíveis na retenção de água à baixas tensões. A observação dos dados indica que as amostras deformadas devem ser evitadas para avaliar retenções de umidade abaixo de 0,2 atm. Dados semelhantes foram obtidos por COELHO (7), o qual afirma que os conteúdos de umidade determinados em amostras destorroadas não devem ser empregados no cálculo de água disponível, pois acarretarão superestimativas de valores, especialmente

te na faixa de 0 a $1/3$ de atm .

Sérios erros podem resultar de valores de umidade retida a $1/3$ de bar, quando obtidas por amostras peneiradas. O maior conteúdo de água retido por amostras peneiradas, é causado pelo aumento no volume total de poros, YOUNG & DIXON (44).

O efeito dos agregados pequenos retendo mais água à altas tensões e menos água à baixas tensões, foi observado por FREIRE (13). O autor afirma ainda que a retenção de água na faixa de altas tensões é devida a capacidade de adsorção do solo e é menos influenciada pela estrutura do solo e mais pela textura e superfície específica.

MARCOS (28), constatou que a estrutura afetou a retenção de água nas tensões abaixo de 0,1 atm e a agregação afetou na faixa de 0,001 a 15 atm e ainda que o aumento no grau de agregação diminui o teor de água disponível. Acrescenta também que a um mesmo grau de agregação, solos de composição diferente podem apresentar características distintas quanto a retenção de água.

A verificação de que a estrutura é um fator fundamental, afetando as características de retenção de água de um perfil de solo cultivado e de um perfil de solo de mata, foi feita por RANDO (36). A maior retenção em amostras deformadas de um perfil de solo cultivado com menor teor de matéria orgânica, nas tensões de 0,1 e 15 atm, foi atribuída ao fato de que, solos com menor teor de matéria orgânica, tem seus agregados mais facilmente destruídos e com seus diâmetros reduzidos, alterando a distribuição do tamanho de poros e o efeito de capilaridade.

2.3. Curvas características de retenção de água

Cada solo e cada camada do mesmo poderá apresentar diferentes características quanto a retenção de água.

O conteúdo de água no solo é função do tamanho dos poros que contém água e, portanto, é função também da sucção mátrica . Tal função é em geral, avaliada experimentalmente e representada por uma curva conhecida pelo nome de curva de retenção de água do solo ou curva característica de água do solo.

As curvas de retenção de água do solo, sob várias tensões, mostram que há um aumento gradual de tensão com que a água é reti da à medida que a umidade diminui. Observando-se a representação gráfica de uma curva característica de água do solo, pode-se obter informações relativas à quantidade de "água disponível" para as plantas, bem como verificar a faixa de tensões onde ocorrem as maiores variações no teor de umidade.

Através de curvas características de umidade, WINKLER & GOEDERT (43), constataram que nos solos podzolizados não há praticamente água disponível às plantas sob tensão superior a 1 atm , enquanto nos planossolos isso se verifica sob tensões superiores a 3 atm . O solo gley apresenta praticamente, água disponível em toda faixa de tensões, ou seja desde 1/3 a 15 atm .

Os teores de água retidos pelos solos: Latossolo Vermelho Escuro e Podzólico Vermelho Amarelo, obtidos por FREIRE et alii (14), evidenciaram que as maiores variações na retenção de água , ocorreram nas tensões próximas da saturação, de 0,1 a 1 atm e que a quantidade de água disponível às plantas é mínima para tensões

acima de 10 atm . Resultados semelhantes foram constatados por GROHMANN & MEDINA (22), que observaram para solos do Estado de São Paulo, uma mínima disponibilidade de água para as plantas à tensões superiores a 8 atm e ainda que não há praticamente variação entre os teores de umidade sob tensões de 15 a 20 atm .

A observação de que os sub-horizontes B_{21t} e A₂, apresentaram respectivamente a maior e a menor capacidade de retenção de água, foi feita por BARBOSA (1). O autor acrescenta que deve-se trabalhar com todos os sub-horizontes e tensões empregados, devido às diferenças significativas obtidas para todas as curvas características estabelecidas. Esta constatação está de acordo com MOTA (32), que estudando a retenção de água em um perfil alfissol , verificou haver diferença significativa na retenção de água entre horizontes e sub-horizontes genéticos, bem como entre tensões e interação horizonte/tensão.

Segundo FREIRE (13), para o estudo de retenção de umidade em oxissolo, a coleta de uma amostra para cada horizonte genético, é suficiente para representar o comportamento de retenção das amostras do perfil do solo. O autor constatou também que os teores de umidade para retenção acima de 5 atm , não diferiram significativamente entre si em todos os horizontes, sendo mínima a quantidade de umidade para as plantas para tensões acima de 8 atm . As maiores variações de umidade ocorreram nas tensões abaixo de 0,3 atm e as menores acima de 3 atm .

2.4. A superfície específica e a retenção de água pelo solo.

As propriedades físico-químicas do solo são grandemente influenciadas pela superfície específica de seus constituintes minerais e orgânicos.

De acordo com KIEHL (26), importantes propriedades dos solos, tais como adsorção de fosfatos, capacidade de troca de cá tions e retenção de água, correlacionam direta e positivamente com superfície específica dos mesmos.

GROHMANN (17), trabalhando com dois solos, um B textural e um B latossólico, verificou a existência de uma estreita correlação entre superfície específica e retenção de água a 1 e 15 atm, sendo que os coeficientes de correlação apresentados pelos dois solos variam muito pouco. Também MORIN & JACOBS (30), obtiveram alta correlação entre superfície específica e conteúdo de água a 1/3, 1,4 e 15 atm de tensão. Acrescentam ainda que a correlação aumenta à medida que se caminha de 1/3 atm para 15 atm.

Correlacionando superfície específica e retenção de água nas tensões desde 0,001 até 15 atm, FREIRE (13), observou tendência de correlação positiva para as tensões de 0,06; 0,08; 10 e 15 atm e correlação negativa para as tensões 0,001; 0,005; 0,01; 0,02; 0,04; 0,1; 0,33; 0,7; 1; 3; 5 e 8 atm. Por outro lado, BARBOSA (1), encontrou correlações significativas e positivas entre superfície específica e teores de água no intervalo de tensões de 0,001 a 0,02 atm.

A superfície específica dos solos varia significativamente com a textura, tipo de matéria orgânica e óxidos de ferro livres.

Apesar dos teores de matéria orgânica serem baixos nos solos tropicais, os valores de superfície específica do solo são grandemente influenciados pela sua presença. Ao estudar a influência da matéria orgânica sobre a superfície específica do solo, GROHMANN (20), constatou que a eliminação da matéria orgânica reduziu de maneira significativa o valor da superfície específica tanto de um horizonte A como de um horizonte B.

A área exposta pelas partículas de solo será tanto maior quanto menor forem essas partículas, por esta razão é que a fração argila contribui com a maior participação do valor da superfície específica do solo.

Ao estudar a influência do teor de argila na superfície específica do solo, GROHMANN (19), observou para solos com horizonte B textural, um valor de superfície específica para o horizonte A de $21,60 \text{ m}^2/\text{g}$, enquanto para o horizonte B, o valor atingiu $47,40 \text{ m}^2/\text{g}$, refletindo bem a diferença de textura desses horizontes. Alta correlação entre superfície específica e teor de argila dos solos, foi obtida também por MORTLAND (31) e MORIN & JACOBS (30).

Os valores de superfície específica da fração argila, sem óxidos de ferro e matéria orgânica, de horizontes A e B, de perfis com B textural, são respectivamente $146,50 \text{ m}^2/\text{g}$ e $171,30 \text{ m}^2/\text{g}$. Estes valores são bem mais elevados que os apresentados

pelos perfis com B latossólico, que são de 95,80 e 100,80 m²/g, para o horizonte A e B, respectivamente, conforme GROHMANN (20).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Solo

As amostras de material solo utilizadas no trabalho, foram coletadas num perfil localizado no município de Perdões, Estado de Minas Gerais. Perdões situa-se na região Oeste do Estado de Minas Gerais, a uma altitude de 767 m, 21°05'20" de latitude sul e 45°05'50" de longitude WG, (Figura 1).

O perfil descrito pertence a unidade taxonômica Terra Roxa Estruturada Eutrófica, argila de atividade baixa, A moderado, muito argiloso, segundo ANDRADE*, ou Oxic Tropudalf, de acordo com o USDA (39). Nas figuras 2 e 3 pode-se observar uma vista frontal do perfil e uma vista da paisagem.

A seguir são apresentadas as características morfológicas do perfil descrito:

Classificação - Terra Roxa Estruturada Eutrófica, argila de atividade baixa, A moderado, muito argiloso, ou Oxic Tropudalf.

Localização - Perfil à margem direita da Rodovia Fernão Dias, a 6,5 km de Perdões, em direção a Belo Horizonte.

*ANDRADE, H. Professor Assistente do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

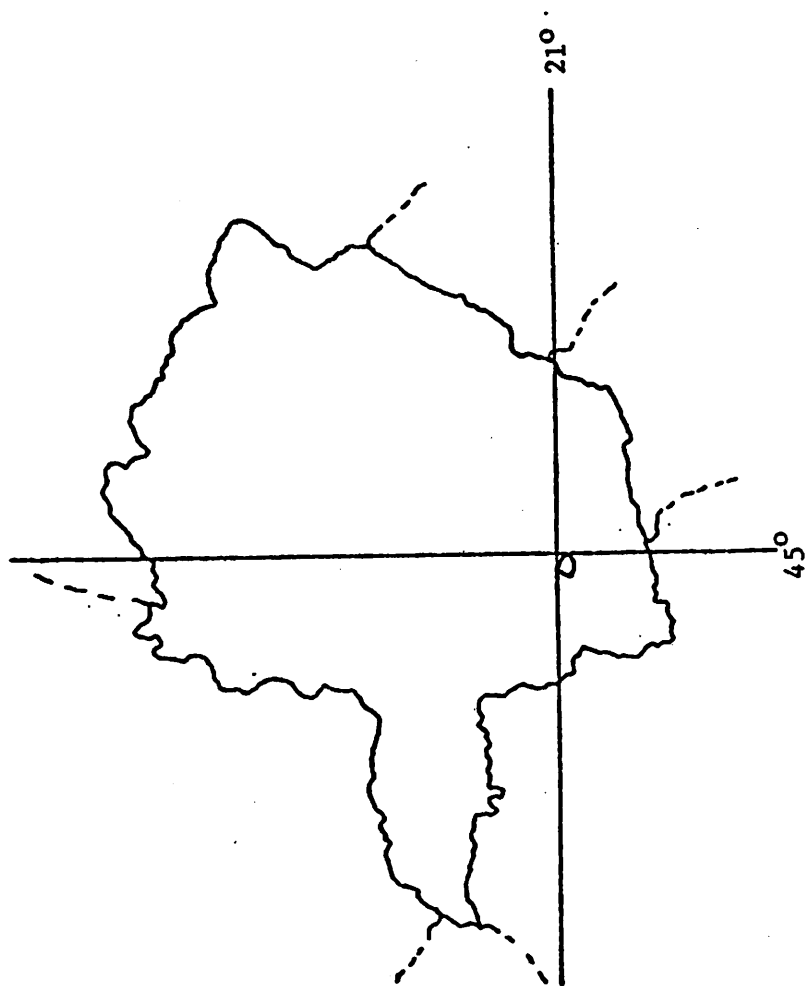


FIGURA 1. Situação geográfica do município de Perdões, Estado de Minas Gerais.

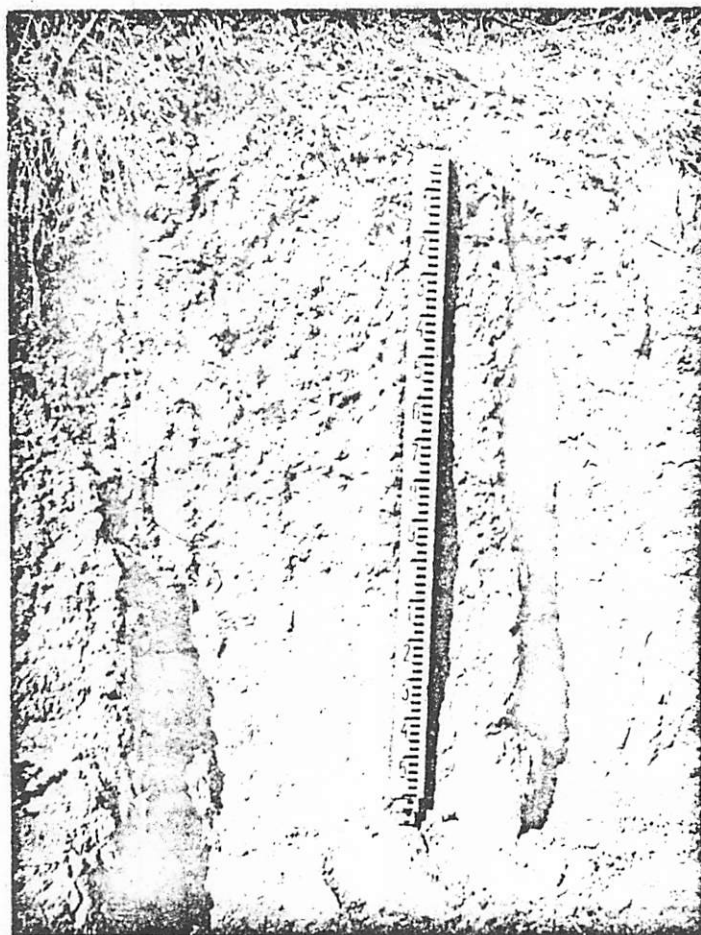


FIGURA 2. Vista frontal do perfil de Terra Roxa Estruturada ,
localizado no Município de Perdões-MG.



FIGURA 3. Vista da paisagem de Terra Roxa Estruturada, localizada no Município de Perdões-MG.

Situação e declive - Corte de estrada situado em meia encosta de elevação, com 30% de declive.

Altitude - 980 m

Material originário - Gabro

Relêvo - Forte ondulado

Erosão - Laminar ligeira a moderada

Drenagem - Bem drenado

Vegetação - Floresta Tropical semicaducifólia

Uso atual - Local - Pastagem de capim gordura

Regional - Culturas de café, milho, arroz, feijão e fumo.

A₁ - 0 - 25 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6 seco, úmido e amassado); muito argiloso; forte muito pequena, pequena e média granular; poros pequenos e médios; duro, friável, muito plástico e pegajoso; transição plana e gradual; raízes fasciculadas, comuns; pH 5,91.

B₁ - 25 - 45 cm; vermelho (2,5 YR 4/6 úmido), vermelho (2,5 YR 4/8 seco); muito argiloso; moderada muito pequenos e pequenos blocos desfazendo-se em muito pequenos e médios granular; poros comuns, pequenos e médios; cerosidade comum e moderada; duro friável, muito plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes fasciculadas finas, poucas; pH 6,20.

B_{2t} - 45-75 cm; vermelho (2,5 YR 4/6 úmido), vermelho (2,5 YR 5/6 seco); muito argiloso; moderada média prismática desfazendo-se em muito pequenos pequenos e médios blocos; poros comuns, pequenos; cerosidade abundante e moderada; ligeiramente duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e difusa; raízes fasciculadas finas, raras; pH 6,31.

B_{21ℓ}* - 75 - 110 cm; vermelho (10 R 4/6 úmido), vermelho (2,5 YR 4/8 seco); muito argiloso; moderada pequenos e médios blocos; muitos poros pequenos e muito pequenos; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes fasciculadas finas, raras; pH 6,27.

B_{22ℓ} - 110 - 150 cm; vermelho (2,5 YR 4/6 úmido); vermelho (2,5 YR 4/8 seco); muito argiloso; fraca pequenos médios e grandes blocos desfazendo-se em muito pequenos granular; muitos poros pequenos e muito pequenos; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa; raízes fasciculadas finas, raras; pH 6.46.

* O símbolo ℓ está sendo usado para representar a camada latossólica, segundo proposição do SNLCS, que possivelmente será adotada.

B_{23e} - 150 - 200 cm+; vermelho (2,5 YR 4/6 úmido), vermelho (2,5 YR 4/8 seco); muito argiloso; fraca pequenos médios e grandes blocos desfazendo-se em muito pequenos granular; muitos poros pequenos e muito pequenos; macio, muito friável, plástico e pegajoso; raízes fasciculadas finas, raras, pH 6,5.

Observações: Constatou-se a presença de galerias biológicas no horizonte A₁.

3.2. Métodos

3.2.1. Coleta das amostras

Coletou-se amostras representativas dos seis horizontes do perfil com estrutura deformada e indeformada, sendo as últimas obtidas sob a forma de torrões. Coletou-se também três anéis volumétricos por horizonte (volume do anel = 49 cm³)

3.2.2. Preparo das amostras

As amostras com estrutura deformada e indeformada foram secas ao ar. As amostras deformadas foram passadas em peneira de 1 mm de malha, constituindo-se desta forma a terra fina seca ao ar (T.F.S.A.).

3.2.3. Caracterização das amostras

Para a caracterização física e química das amostras utilizou-se dos seguintes métodos:

3.2.3.1. Métodos físicos de análise

3.2.3.1.1. Análise textural

Efetuuou-se pelo método da pipeta, realizando-se a dispersão da amostra correspondente a 10 g de terra fina seca em estufa (T.F.S.E.), em suspensão contendo 10 ml de calgon (NaPO_3) 0,5 N e 20 g de areia grossa (0,5 - 1,0 mm de diâmetro), conforme DAY (9), submetendo-se à agitação lenta durante 8:00 horas, conforme GROHMANN e VAN RAIJ (23). Para o cálculo do tempo de sedimentação empregou-se a lei de Stokes, de acordo com BAVER, GARDNER & GARDNER (2). A classificação das frações separadas na análise textural foi feita através do sistema adotado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (U.S.D.A.), conforme GAVANDE (16).

3.2.3.1.2. Argila dispersa em água e índice de floculação.

A argila dispersa em água foi também obtida pelo método da pipeta, somente sem a utilização do agente químico dispersante.

A partir dos dados de argila total, dispersa com calgon, e argila dispersa em água, determinou-se o índice de floculação (I.F.), empregando-se a expressão:

$$\text{I.F. \%} = \frac{\% \text{ argila total} - \% \text{ argila dispersa em água}}{\% \text{ argila total}} \times 100$$

3.2.3.1.3. Superfície específica total do solo

Empregou-se o método proposto por HEILMAN, CARTER & GONZALES (24). Para tal, as amostras foram previamente tamizadas em peneiras de 60 "meshs" (0,246 mm de malha), após serem saturadas com cálcio utilizando-se cloreto de cálcio 1N. Em 0,5 g de amostra do solo saturada com cálcio, adicionou-se 0,5 ml de éter monoetílico do etilenoglicol (2-etoxietanol) (E.M.E.G.), e colocou-se em dessecador contendo cloreto de cálcio pelo período de 8:00 horas, para saturação das amostras. Para secagem até peso constante, as amostras foram submetidas à vácuo menor que 0,2 mm de Hg em dessecador contendo P₂O₅. O cálculo da superfície específica foi feito pela fórmula utilizada por GROHMANN (19).

$$ST \text{ m}^2/\text{g} = \frac{\text{mg E.M.E.G./g de solo}}{2,86 \cdot 10^{-4} \text{ g/m}^2} = \text{mg E.M.E.G./g de solo} \times 3,495$$

3.2.3.1.4. Densidade do solo

Efetuuou-se esta determinação, utilizando-se anéis volumétricos de 49 cm³, que foram introduzidos em cada horizonte através de marretas de madeira. Removido o anel, retirou-se o excesso de solo que o acompanhava, transferindo-se a seguir a amostra obtida para marmitas previamente taradas e identificadas. No laboratorio as amostras foram secas em estufa à temperatura de 105 a 110°C, pelo tempo de 24 horas. Obtido o peso seco da amostra, foi feito o cálculo da densidade do solo, através da relação entre o

peso seco do solo e o volume de anel volumétrico. O procedimento adotado foi descrito por BLAKE (3).

3.2.3.1.5. Densidade de partículas

Obteve-se pelo método do picnômetro, conforme descrito por BLAKE (4), Para tal, tomou-se 5 g de T.F.S.E. acondicionada em picnômetros e água destilada desaeerada sob vácuo.

3.2.3.1.6. Volume total de poros

Calculou-se o volume total de poros (VTP) através dos valores de densidade do solo (D_s) e densidade de partículas (D_p), empregando-se a equação proposta por VOMOCIL (42).

$$VTP \% = \frac{D_p - D_s}{D_p} \times 100$$

3.2.3.2. Métodos químicos de análise

3.2.3.2.1. Carbono orgânico

Adotou-se o procedimento de combustão por via úmida inicialmente proposto por Tiurim e modificado por VETTORI (40). O método consiste na oxidação da matéria orgânica por intermédio de ácido crômico 0,4 N e posterior titulação com sulfato ferroso amoniacal em meio ácido 0,05 N.

3.2.3.2.2. Óxidos de ferro livres

Após oxidação da matéria orgânica de 1 g de T.F.S.E., foi feita a redução do ferro com ditionito de sódio e complexação pelo citrato de sódio 0,3 M e bicarbonato de sódio 1,0 M. A seguir o extrato foi tratado com cloreto de sódio. Para desenvolvimento da cor empregou-se o ácido ascórbico, orto-fenantrolina a 0,25% e solução de citrato de sódio a 25%, sendo a leitura realizada em fotocolorímetro em comprimento de onda de 530 nm, conforme JACKSON (25).

3.2.3.2.3. Ataque pelo ácido sulfúrico

Submeteu-se o equivalente a 2,0 g de T.F.S.E., à fervura sob refluxo durante uma hora em presença de 50 ml de H_2SO_4 $d=1,47$, determinando-se os teores de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 e P_2O_5 , segundo VETTORI (40). Os resultados obtidos permitiram calcular as relações moleculares SiO_2/Al_2O_3 (Ki), $SiO_2/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ (Kr) e Al_2O_3/Fe_2O_3 .

3.2.3.2.4. pH em água e em cloreto de potássio

Foram determinados na suspensão solo-água e solo-KCl 1N de relação 1:2,5 com tempo de contato de meia hora e agitação imediatamente antes da leitura, realizando-se a leitura em potenciômetro com eletrôdo de calomelano, segundo VETTORI (40).

3.2.3.2.5. Complexo sortivo

Os elementos componentes do complexo sortivo, Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , H^+ e Al^{+++} foram determinados conforme VETTORI (40). O cálcio mais magnésio e alumínio foram extraídos com KCl 1N. Na de terminação do cálcio mais magnésio, a titulação foi feita com EDTA 0,025 N em presença de negro de eriochromo como indicador. O alumínio foi titulado com NaOH 0,025N tendo como indicador o azul de bromotimol. O potássio e sódio foram extraídos com solução con tendo H_2SO_4 0,025N e HCl 0,05 N, sendo a determinação por fotometria de chama. O acetado de cálcio 1N ajustado a pH 7, foi o ex trator para o hidrogênio juntamente com alumínio, que foram titu lados com hidróxido de sódio 1N, utilizando-se solução alcóolica de fenolftaleína a 5% como indicador. Conhecido o valor do alumínio, o valor do hidrogênio foi obtido por diferença. A soma das ba ses (S) foi determinada indiretamente pelo somatório dos cátions trocáveis, cálcio, magnésio, potássio e sódio. O valor da capacidade de troca de cátions (T) pelo somatório da soma de bases (S) com hidrogênio e alumínio e a CTC efetiva pelo somatório de Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ e Al^{+++} . A saturação de bases (V%), foi determinada pe la fórmula:

$$V\% = \frac{100 \cdot S}{T}$$

3.3. Retenção de água pelo solo

3.3.1. Amostras utilizadas e tensões empregadas

A retenção de água foi determinada em amostras deformadas e indeformadas representativas dos seis horizontes do perfil. As amostras deformadas com partículas de diâmetro máximo de 1 mm (amostras originais que refere-se a TFSA que não sofreu oxidação de matéria orgânica e amostras com matéria orgânica oxidada), foram submetidas a 17 tensões. Empregou-se tensões desde 0,001 atm tomado como unidade de saturação, até 15 atm considerado como ponto de murcha permanente. As tensões foram assim distribuídas: 0,001; 0,005; 0,01; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,1; 0,20; 0,33; 0,70; 1,00; 3,00; 5,00; 8,00; 10,00 e 15 atm. As amostras com estrutura indeformada foram submetidas a 8 tensões, desde 0,001 até 0,1 atm. As determinações foram realizadas em três repetições para amostras deformadas originais e para amostras indeformadas e em 2 repetições para amostras com matéria orgânica oxidada.

3.3.2. Retenção de água em amostras originais com estrutura deformada, dos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} , $B_{21\ell}$, $B_{22\ell}$ e $B_{23\ell}$.

A retenção de água foi determinada utilizando-se a unidade de sucção empregada por GROHMANN (18), para as tensões de 0,001 até 0,1 atm e o método da placa porosa sob pressão proposto por RICHARDS & FIREMAN (37) para as tensões superiores a 0,1 atm.

As amostras e suas respectivas repetições foram saturadas com água destilada por 24 horas, em seguida submetidas a cada tensão simultaneamente, permanecendo nos aparelhos até atingir o equilíbrio, sendo em seguida pesadas e secas em estufa à temperatura de 105 a 110°C até peso constante de solo seco. Os teores de umidade retidos foram determinados em termos de percentagem em peso de solo seco. Esta metodologia foi também utilizada para se determinar a retenção de água nos demais tipos de amostras empregadas nesta pesquisa.

O procedimento adotado neste trabalho quanto ao funcionamento dos aparelhos foi o mesmo empregado por FREIRE (13).

3.3.3. Retenção de água em amostras com estrutura indeformada, dos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} , B_{21l} , B_{22l} e B_{23l} .

Com o objetivo de verificar a influência da estrutura na retenção de água à baixas tensões, utilizou-se amostras indeformadas sob a forma de torrões. Os torrões foram submetidos a um banho de parafina a 60°C, conforme procedimento adotado por BLAKE (3). Após parafinados, foram cortados na base e no ápice, deixando-se uma proteção lateral de parafina, com a finalidade de evitar o destorroamento durante a saturação com água. Os torrões foram cortados mantendo-se uma altura uniforme de aproximadamente 3 cm, procurando-se desta forma uniformizar ao máximo as condições experimentais.

Após saturados e submetidos às respectivas tensões, retirou-se dos torrões a camada protetora de parafina, para se determinar o teor de água retido.

3.3.4. Retenção de água em amostras dos horizontes A_1 e $B_{21\ell}$, com matéria orgânica oxidada.

Realizou-se a oxidação da matéria orgânica objetivando-se determinar a influência desta na retenção de água pelo solo. Os horizontes selecionados para verificar esta influência foram os horizontes A_1 por apresentar o maior conteúdo de matéria orgânica e $B_{21\ell}$ por apresentar um dos mais baixos teores.

Realizou-se a oxidação por intermédio de água oxigenada a 130 vol. P.A. com ataques à frio e à quente, acidulando-se a suspensão com ácido acético 1 N, para intensificar o ataque da água oxigenada. Terminada a reação à quente, utilizou-se hidróxido de amônio P.A., para eliminar o excesso de água oxigenada, conforme JACKSON (25). Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 60°C, destorroadas em gral de porcelana, tamizadas em peneiras de 1 mm de malha e determinado o teor de água retido.

3.3.5. Capacidade de retenção de água da Terra Roxa Estruturada, Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho Amarelo.

A capacidade de retenção de água da Terra Roxa Estruturada foi avaliada em confronto com a do Latossolo Roxo e a do Podzólico Vermelho Amarelo, solos estes que ocorrem na mesma região fi

siográfica. A mesma comparação foi feita para o parâmetro "água para irrigação", aqui utilizado em substituição à expressão água disponível, de acordo com a proposição de RANDO (36). A capacidade de campo de cada solo foi representada por parâmetros de laboratório de acordo com o seguinte critério: para o Latossolo Roxo as retenções à 0,13; 0,12; 0,15; 0,10 e 0,086 atm para os horizontes A_p , A_{12} , A_3 , B_{21} e B_{22} respectivamente, de acordo com FREIRE (11); para o Podzólico Vermelho Amarelo, as retenções à 0,33 ; 0,12; 0,35; 0,60; 0,088 atm respectivamente para os horizontes A_p , B_{11t} , B_{12t} , B_{21t} e B_{22t} , conforme FREIRE (12). Para a Terra Roxa Estruturada adotou-se os mesmos critérios utilizados para o Podzólico Vermelho Amarelo. Em todos os solos o ponto de murcha permanente foi representado pela retenção à 15 atm .

3.4. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de correlação simples e análise de regressão múltipla.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização física e química do solo

Os resultados das análises físicas e químicas são apresentados nos quadros 1, 2 e 3. Com relação às análises físicas (Quadro 1), observa-se que há um nítido acréscimo de argila do horizonte A_1 para o B_1 , caracterizando-se desta forma um gradiente textural. A presença de cerosidade nos horizontes B_1 e B_{2t} , constatada na análise morfológica, evidencia translocação de argila iluvial para estes horizontes. O maior teor da fração areia é encontrado no horizonte eluvial A_1 , os demais horizontes apresentam teores irregulares.

A argila dispersa em água comporta-se de maneira distinta nos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} e nos horizontes B_{21e} , B_{22e} , B_{23e} . Teores altos neste parâmetro podem ser observados para os três primeiros horizontes e teores desprezíveis para os últimos. Observa-se também que o ΔpH apresenta valor negativo em todo perfil, com tendência de aproximar-se de zero nos horizontes cujos teores de argila dispersa em água foram desprezíveis (Quadro 2). Estes resultados mostram uma associação entre argila dispersa em

água e ΔpH , concordando com RANDO (36), que obteve alta correlação entre estas variáveis.

Observa-se também que a densidade do solo é maior na camada de 0-75 cm, não apresentando variação nos horizontes desta camada. A partir de 75 cm, ou seja a partir do horizonte $B_{21\ell}$, nota-se um sensível decréscimo na densidade, o que é explicado pela diferença de estruturação destas duas camadas, pois a partir de 75 cm tem-se uma massa latossólica, na qual a porosidade total é comumente maior. Este resultado concorda com o M.A. (5), o qual afirma que na Terra Roxa Estruturada a quantidade de poros aumenta com a profundidade.

A densidade de partículas varia pouco ao longo do perfil. Fato que pode ser compreendido levando-se em conta que a densidade de partículas dos solos minerais não sofre muita variação, devido a constituição dos mesmos, que em sua maioria são formados de quartzo, feldspatos e silicatos coloidais, que possuem densidade compreendida na faixa de 2,6 a 2,8 g. cm⁻³. O horizonte A_1 apresenta uma densidade de partículas um pouco menor que os demais horizontes, o que pode ser atribuído ao maior teor de matéria orgânica deste horizonte (Quadro 2).

Com relação à superfície específica, nota-se que o horizonte A_1 é aquele que apresenta o menor valor para este parâmetro. A este resultado atribui-se o menor teor de argila encontrado neste horizonte, uma vez que estes dois parâmetros se correlacionam significativamente (Quadro 7).

Observando-se os resultados do quadro 3, verifica-se que o solo ora estudado possui valores médios de soma de bases (S) , nível bom para o índice de saturação de bases (V), CTC (T) com valores médios na camada de 0-110 cm e baixos a partir de 100 cm, de acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (8).

Maiores valores de soma de bases, são encontrados nos horizontes A_1 e B_1 , e a partir do horizonte B_{2t} , nota-se um decréscimo no valor deste parâmetro. Em todos os horizontes é nítida a contribuição do cálcio na soma total das bases, chegando a contribuir com mais de 80% nos horizontes A_1 e B_1 .

A CTC efetiva, decresce ao longo do perfil. O mesmo comportamento observa-se com relação à matéria orgânica (Quadro 2) , o que sugere uma influência desta na CTC efetiva do solo estudado, concordando com LOPES (27), que encontrou em amostras com pH acima de 5,5 um significativo aumento na CTC efetiva, com níveis mais altos de matéria orgânica. Ressalta-se que o solo estudado apresenta pH acima de 5,5 em todos os horizontes (Quadro 2).

A saturação de bases (V) aumentou sensivelmente em profundidade, com valores variando de 56,30% a 80,06% nos horizontes A_1 e $B_{23\ell}$ respectivamente. Os menores valores de soma de bases (S) e CTC (T) são encontrados no horizonte $B_{23\ell}$. No entanto, este horizonte possui o maior valor de saturação de bases, o que torna relativo o conceito generalizado de solos eutróficos e distróficos.

Os resultados do ataque sulfúrico, conteúdo de óxidos de ferro livres e pH do solo, encontram-se no quadro 2. Com relação aos valores de K_i e K_r , nota-se um acréscimo do horizonte A_1 para o B_1 , seguido de um decréscimo com o aumento de profundidade. Na camada de 0-75 cm são encontrados valores ligeiramente superiores que os da camada abaixo de 75 cm, o que evidencia uma dessilicatização mais intensa nesta última camada.

A relação molecular Al_2O_3/Fe_2O_3 no horizonte A_1 é da ordem de 2,0 e nos demais horizontes 2,2 aproximadamente. Uma tendência de menor relação pode ser observada na camada de 0-75 cm. De acordo com o M.A. (5), valores mais baixos de relação molecular Al_2O_3/Fe_2O_3 são mais típicos da unidade Terra Roxa Estrutura-da.

Observa-se em todos os horizontes do perfil, teores altos e uniformes de óxidos de ferro livres, com valores variando de 13,06 a 13,90. Os altos valores observados para este parâmetro é atribuído ao material de origem básico do solo estudado.

Os valores de pH em água, revelam acidez média no horizonte A_1 e acidez fraca nos demais horizontes, conforme a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (8).

QUADRO 1. Caracterização física das amostras dos horizontes do perfil estudado (média de 3 repetições)

Horizonte	Profundidade cm	Areia grossa muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Areia total	Limo	Argila	Argila Dispersa H ₂ O	Índice de Floculação	Ds	Dp	VTP	St
A ₁	0-25	0,00	3,75	7,74	7,59	2,18	21,26	9,82	68,92	43,30	37,17	1,17	2,72	56,97	104,96
B ₁	25-45	0,00	1,98	4,34	3,98	1,89	12,19	10,10	77,71	55,30	28,84	1,14	2,77	59,00	136,30
B _{2t}	45-75	0,00	1,71	5,41	4,41	1,42	12,95	8,71	78,34	52,30	33,24	1,14	2,80	59,44	145,36
B _{2L}	75-110	0,00	1,00	7,33	4,99	1,80	15,12	11,73	73,15	0,17	99,77	1,00	2,77	64,26	134,51
B _{2L}	110-150	0,00	0,66	6,53	4,90	1,63	13,72	9,04	77,24	0,17	99,78	0,94	2,78	66,14	123,57
B _{2L}	150-200+	0,00	1,64	5,76	4,88	1,78	14,06	8,32	77,62	0,00	100,00	0,92	2,76	66,58	138,94

QUADRO 2. Caracterização química das amostras dos horizontes do perfil estudado (média de 3 repetições).

Horizonte	Profundidade	M.O.*	Fe ₂ O ₃ livres	Ataque por H ₂ SO ₄ d = 1,47					Ki	Kr	Al ₂ O ₃		pH		ΔpH
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅			Fe ₂ O ₃	H ₂ O	KCl		
	cm			% TFSE											
A ₁	0- 25	2,64	13,30	18,10	20,00	15,67	0,84	0,07	1,54	1,00	2,00	5,91	5,00	-0,91	
B ₁	25- 45	1,62	13,82	24,90	24,87	17,37	0,94	0,07	1,70	1,15	2,25	6,20	5,30	-0,90	
B _{2t}	45- 75	1,02	13,90	24,40	24,80	17,57	0,83	0,07	1,67	1,13	2,22	6,31	5,70	-0,61	
B _{21ℓ}	75-110	0,67	13,06	24,00	25,40	17,80	0,88	0,08	1,61	1,09	2,24	6,27	5,90	-0,37	
B _{22ℓ}	110-150	0,59	13,61	22,64	24,90	17,20	0,92	0,08	1,55	1,05	2,27	6,46	6,00	-0,46	
B _{23ℓ}	150-200+	0,51	13,55	20,60	26,30	18,30	0,92	0,07	1,33	0,90	2,26	6,50	6,30	-0,20	

* M.O. = matéria orgânica.

QUADRO 3. Complexo sortivo das amostras dos horizontes do perfil estudado (média de 3 repetições).

Horizonte	Profundidade	Ca	Mg	Al	K	Na	H	S	T	CTC efetiva	V	P
	cm	eq. mg/100					cm ³				%	ppm
A ₁	0- 25	3,37	0,87	0,1	0,12	0,024	3,30	4,38	7,78	4,46	56,30	1
B ₁	25- 45	3,37	0,97	0,1	0,05	0,016	2,60	4,41	7,11	4,49	62,02	1
B _{2t}	45- 75	2,87	0,87	0,1	0,03	0,021	1,90	3,39	5,79	3,87	65,46	1
B _{21l}	75-110	2,50	1,27	0,1	0,02	0,016	1,30	3,81	5,21	3,89	73,13	1
B _{22l}	110-150	1,50	1,17	0,1	0,03	0,013	1,10	2,71	3,91	2,80	69,31	1
B _{23l}	150-200+	1,01	1,40	0,1	0,14	0,024	0,54	2,57	3,21	2,65	80,06	1

4.2. Retenção de água em amostras deformadas dos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} , B_{21l} , B_{22l} e B_{23l} .

Os resultados de retenção de água encontram-se no quadro 4 e as curvas características de umidade são apresentadas nas figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10. Verifica-se através das curvas que o horizonte A_1 retém menos água em toda a faixa de tensão, em comparação com os horizontes subsuperficiais. Atribui-se a menor retenção de água pelo horizonte A_1 , ao conteúdo de argila sensivelmente menor neste horizonte, o que está de acordo com FERREIRA (10). O teor de matéria orgânica é maior no horizonte A_1 , no entanto, não é suficiente para compensar o menor teor de argila e promover assim maior retenção de água que os horizontes subsuperficiais.

Observa-se ainda que os horizontes subsuperficiais (B_1 , B_{2t} , B_{21l} , B_{22l} e B_{23l}) apresentam retenções de água praticamente iguais em toda a faixa de tensão. Este comportamento pode ser atribuído à uniformidade destes horizontes com relação a aqueles fatores que afetam a retenção de água pelo solo, tais como teor de argila, óxidos de ferro livres e matéria orgânica.

4.3. Retenção de água em amostras indeformadas dos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} , B_{21l} , B_{22l} e B_{23l} .

Os resultados da retenção de água obtidos com amostras indeformadas encontram-se no quadro 5 e representados pelas curvas características de umidade (Figura 11). Observando-se estes

QUADRO 4. Graus de umidade expressos em % de T.F.S.E., das amostras deformadas originais dos horizontes do perfil estudado, nas tensões desde 0,001 atm até 15 atm (média de 3 repetições).

Tensões atm Horizonte	0,001	0,005	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,2	0,33	0,7	1	3	5	8	10	15
A ₁	66,60	61,35	56,88	50,98	43,36	37,52	35,66	33,56	30,05	27,94	25,71	24,71	24,72	23,35	21,98	20,16	20,05
B ₁	66,91	60,46	59,36	54,80	49,00	44,17	41,69	41,47	37,03	34,74	30,68	30,88	30,35	28,83	27,40	26,03	26,31
B _{2c}	66,10	63,57	60,20	56,58	52,21	47,15	45,43	43,57	39,77	37,02	32,86	30,61	30,10	28,71	27,93	27,63	27,64
B _{21ℓ}	69,21	63,57	62,89	58,27	52,27	47,99	46,13	44,65	36,85	36,72	29,19	28,95	28,80	27,61	26,34	25,73	26,06
B _{22ℓ}	72,01	69,58	66,62	62,03	52,39	47,60	45,31	40,42	33,50	29,23	29,98	30,32	30,14	29,15	28,21	26,46	25,40
B _{22ℓ}	70,14	67,61	65,38	61,22	57,41	52,49	41,42	45,32	36,58	32,12	31,11	30,17	29,25	28,91	27,86	27,41	27,44

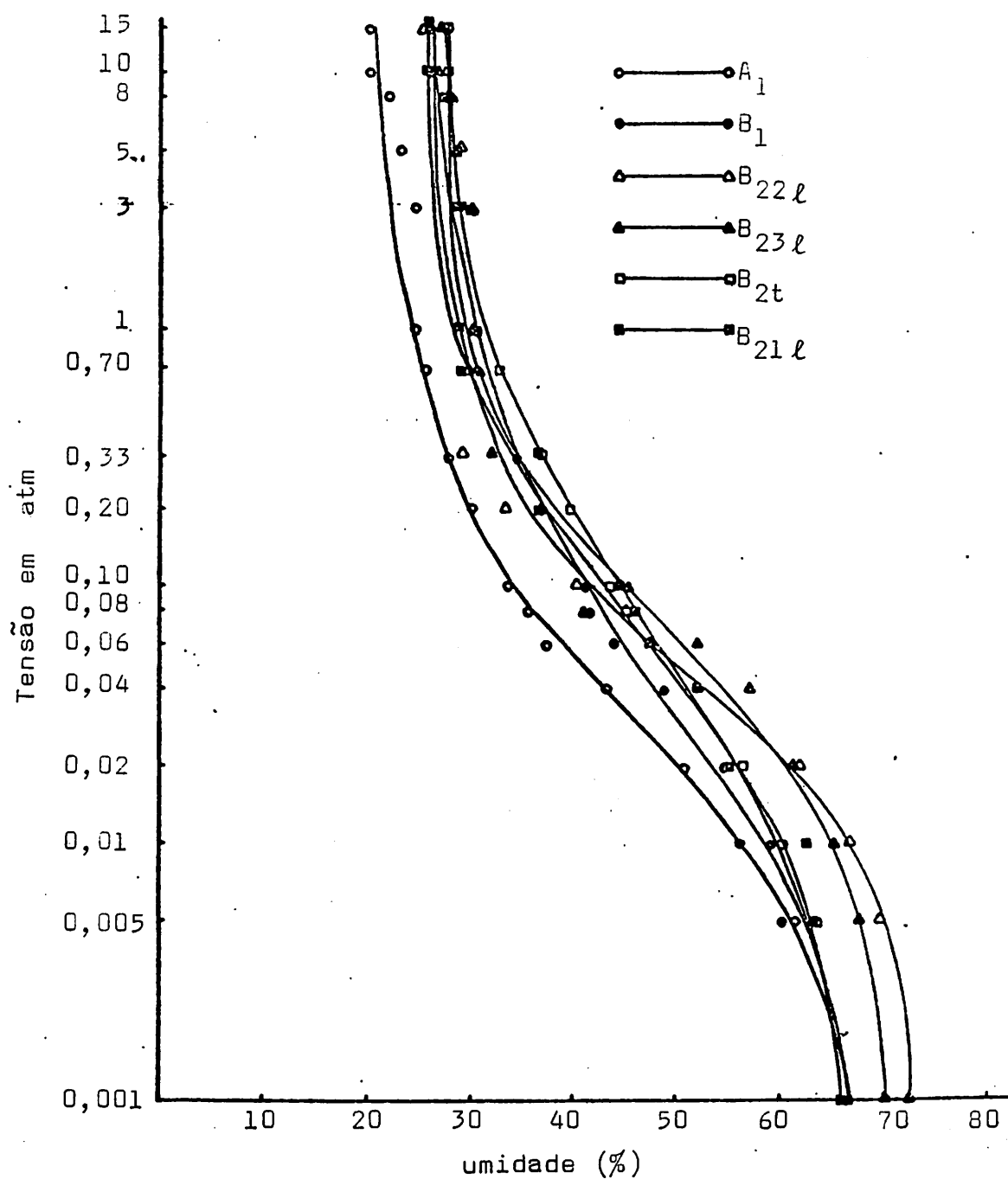


FIGURA 4. Curvas características de umidade dos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} , B_{21l} , B_{22l} e B_{23l} obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada.

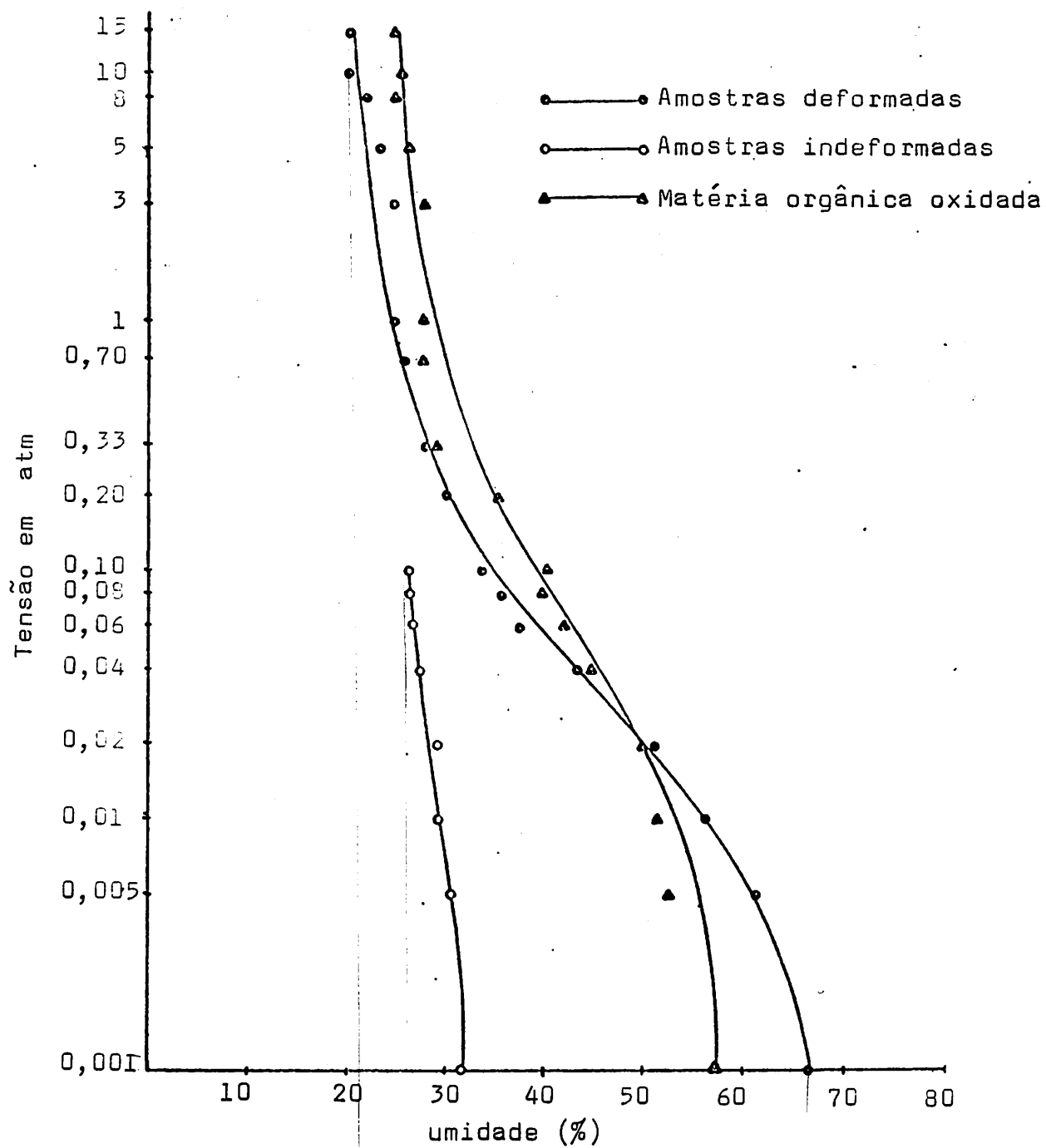


FIGURA 5. Curvas características de umidade do Horizonte A_1 , obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada, indeformada e com matéria orgânica oxidada.

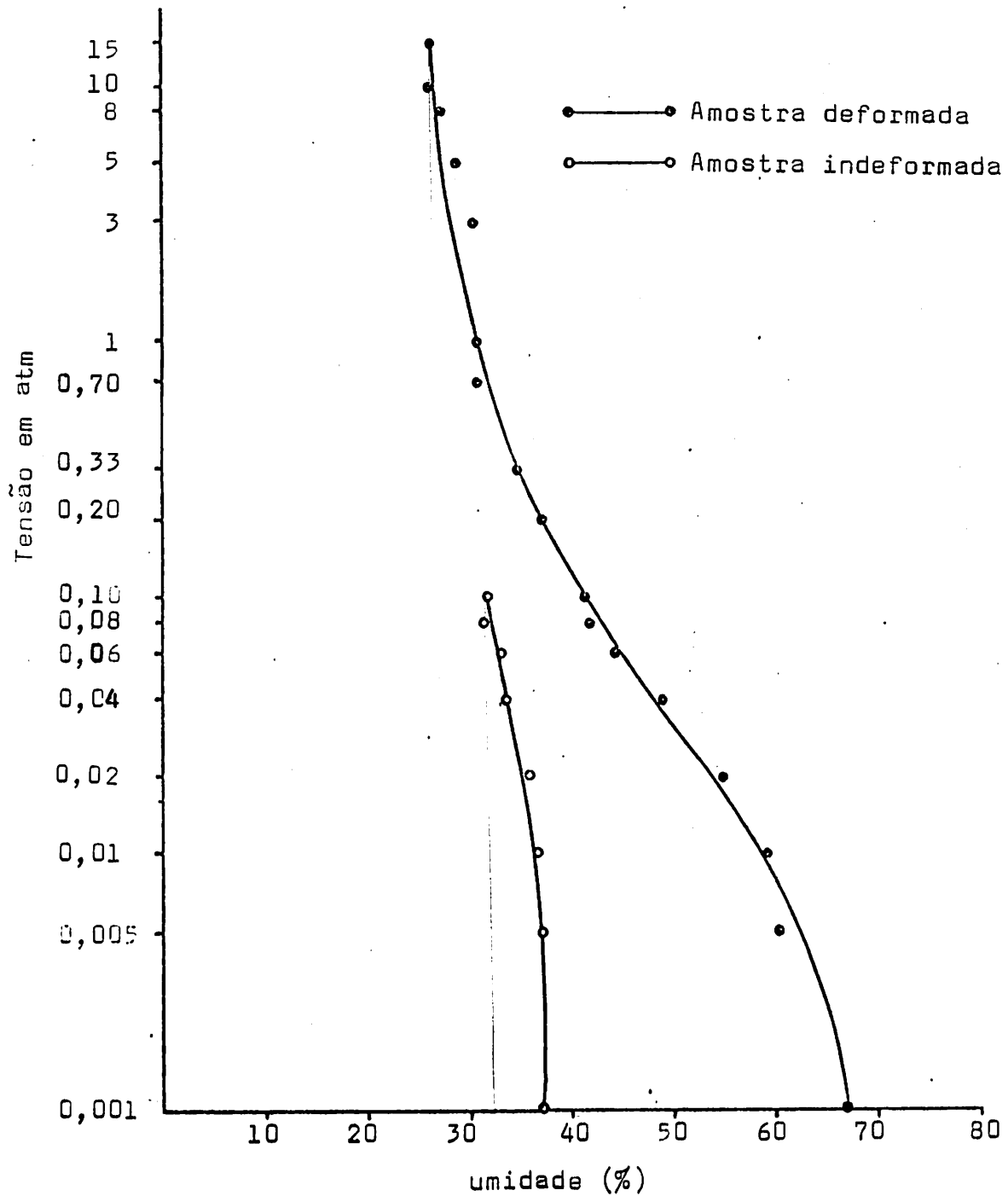


FIGURA 6. Curvas características de umidade do horizonte B₁, obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada e indeformada.

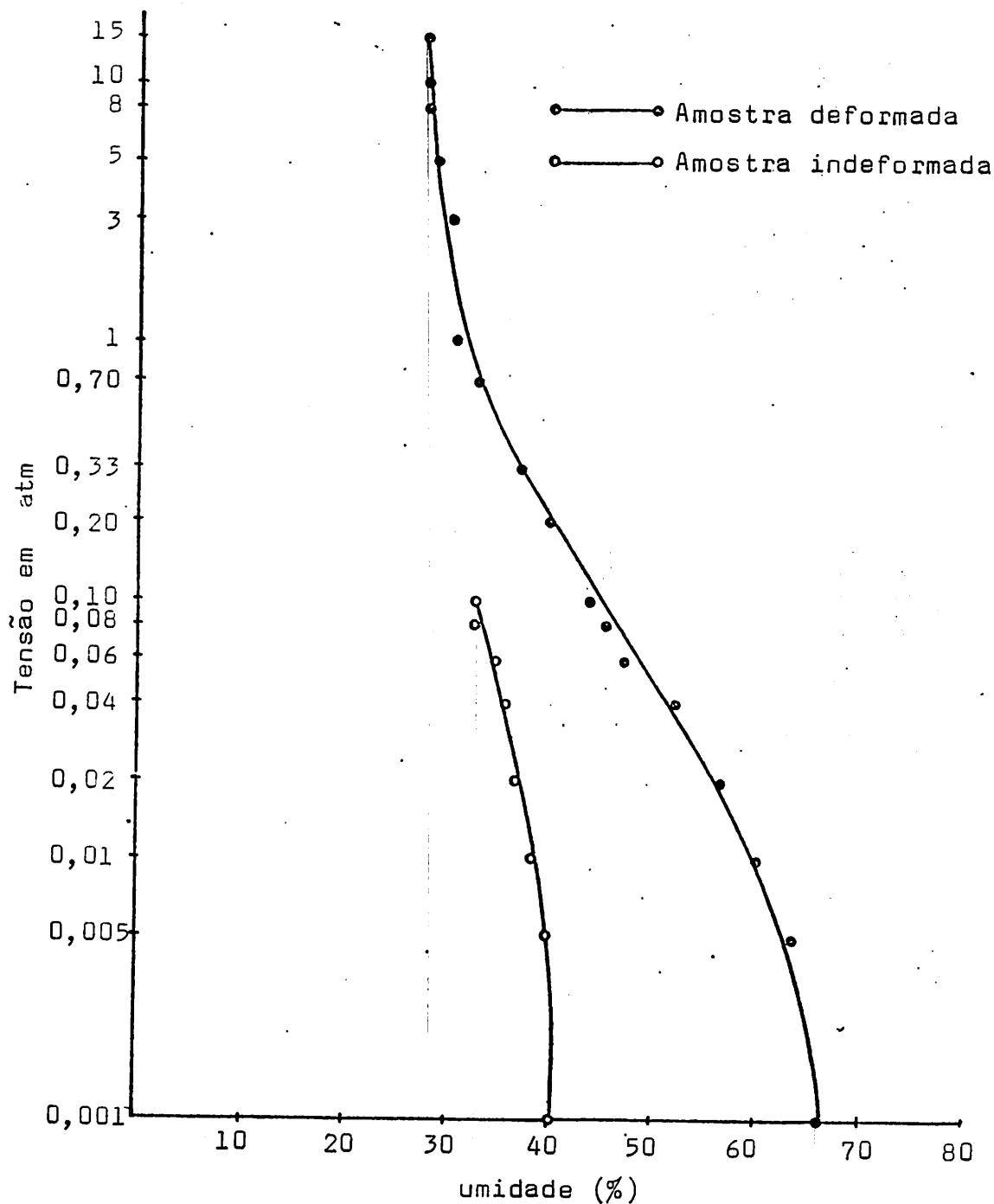


FIGURA 7. Curvas características de umidade do horizonte B_{2t}, obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada e indeformada.

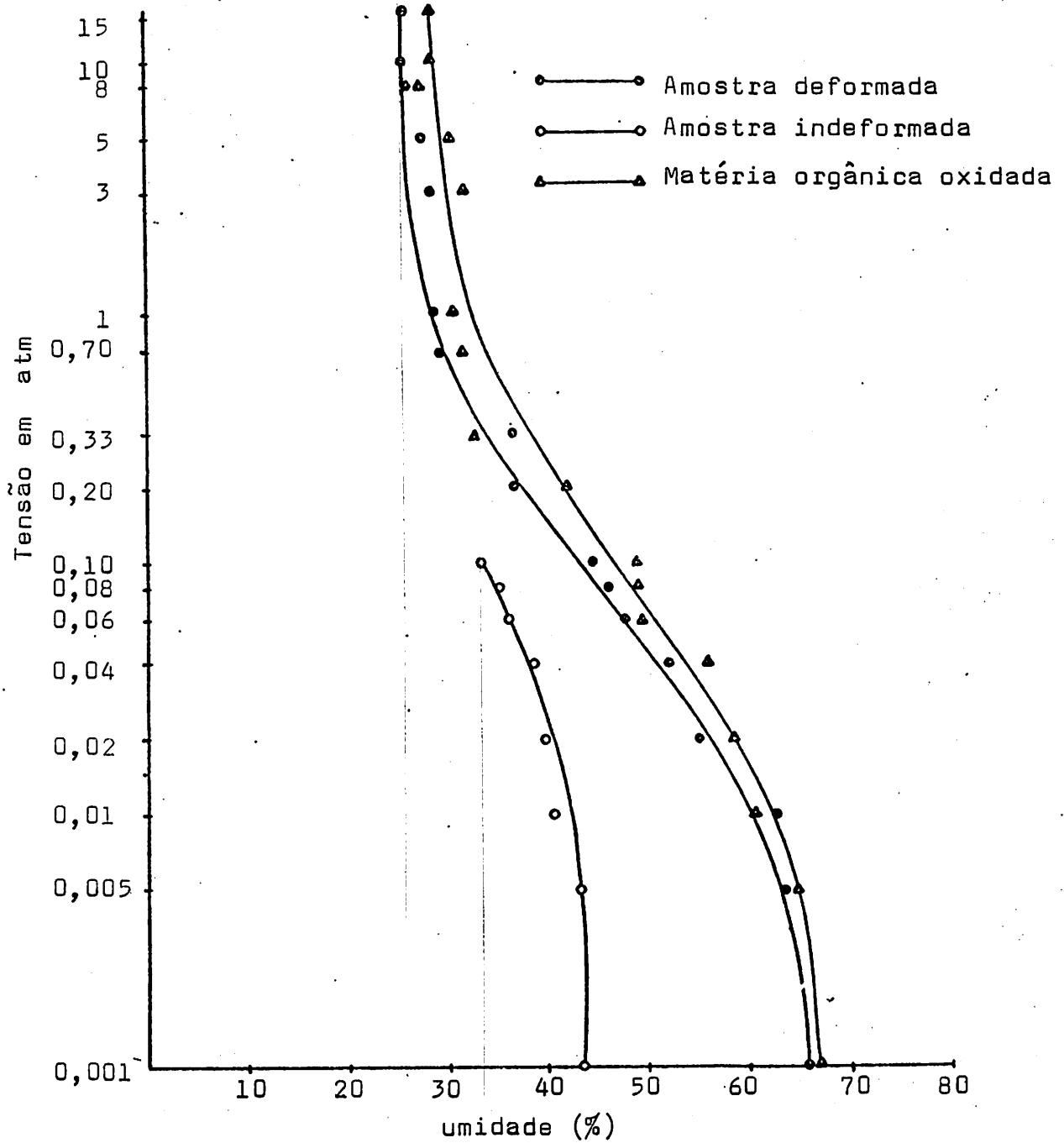


FIGURA 8. Curvas características de umidade do horizonte $B_{21\ell}$, obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada, indeformada e com matéria orgânica oxidada.

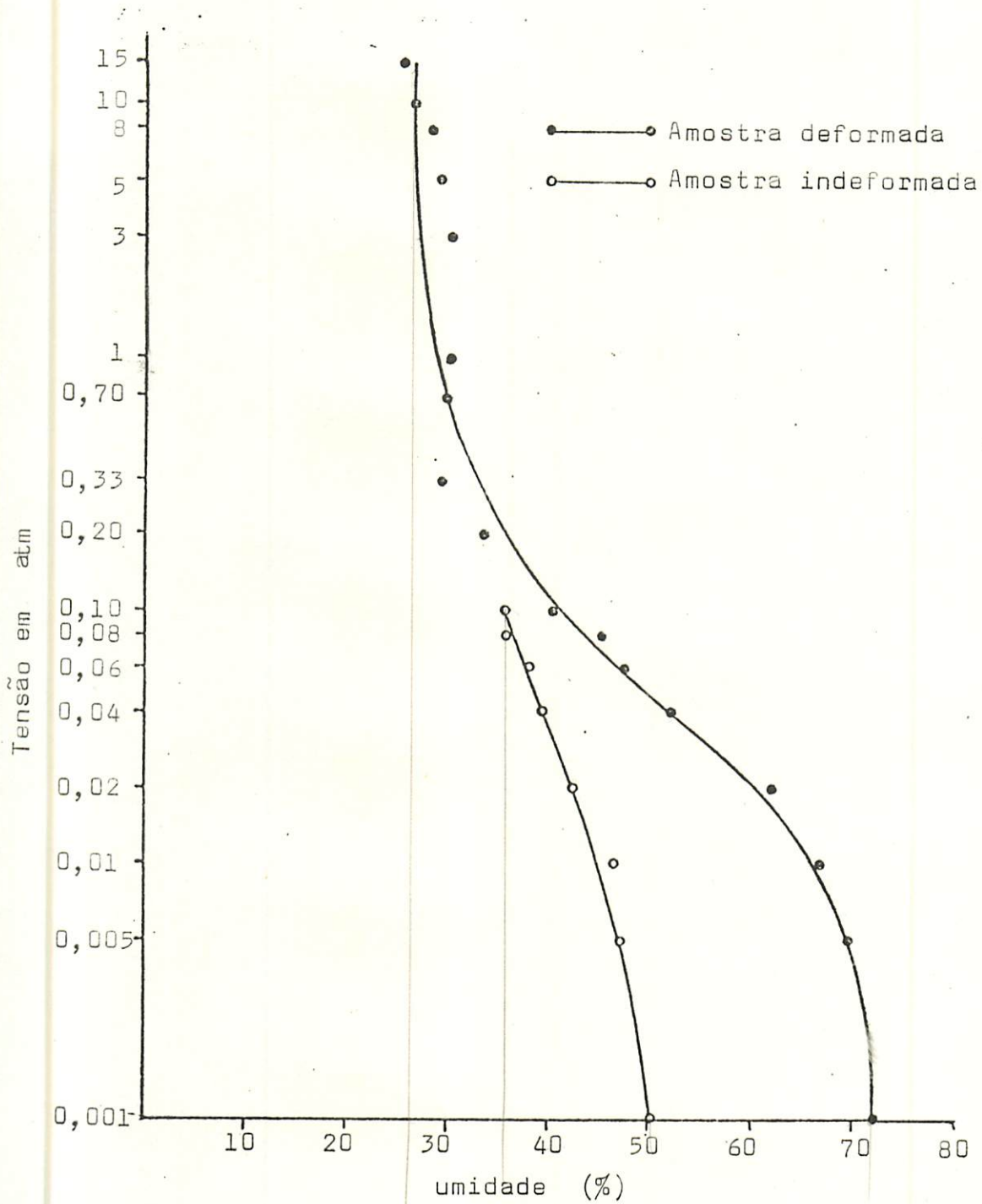


FIGURA 9. Curvas características de umidade do horizonte B_{22l} obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada e indeformada.

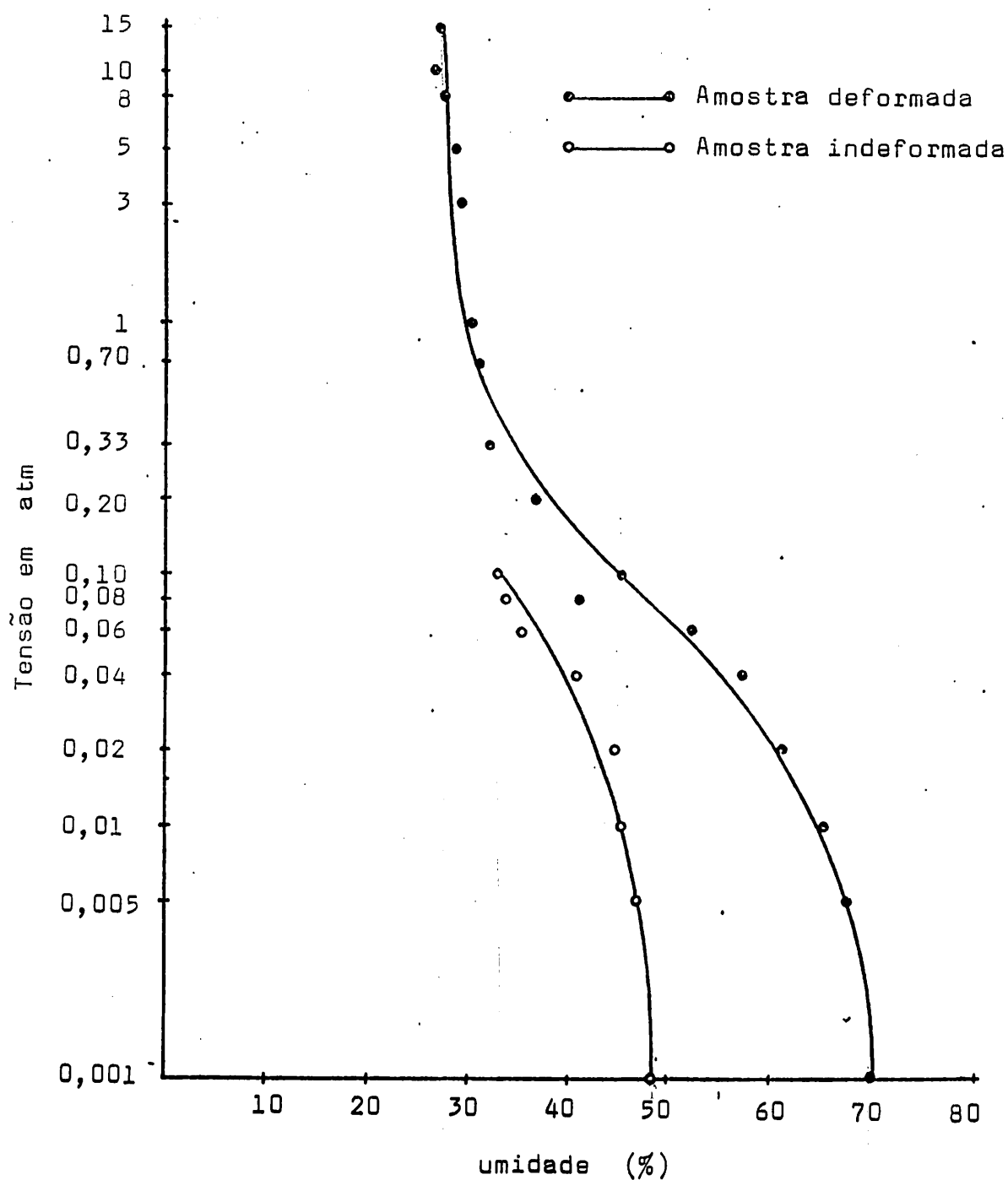


FIGURA 10. Curvas características de umidade do horizonte B_{23l} obtidas por secagem de amostras originais com estrutura deformada e indeformada.

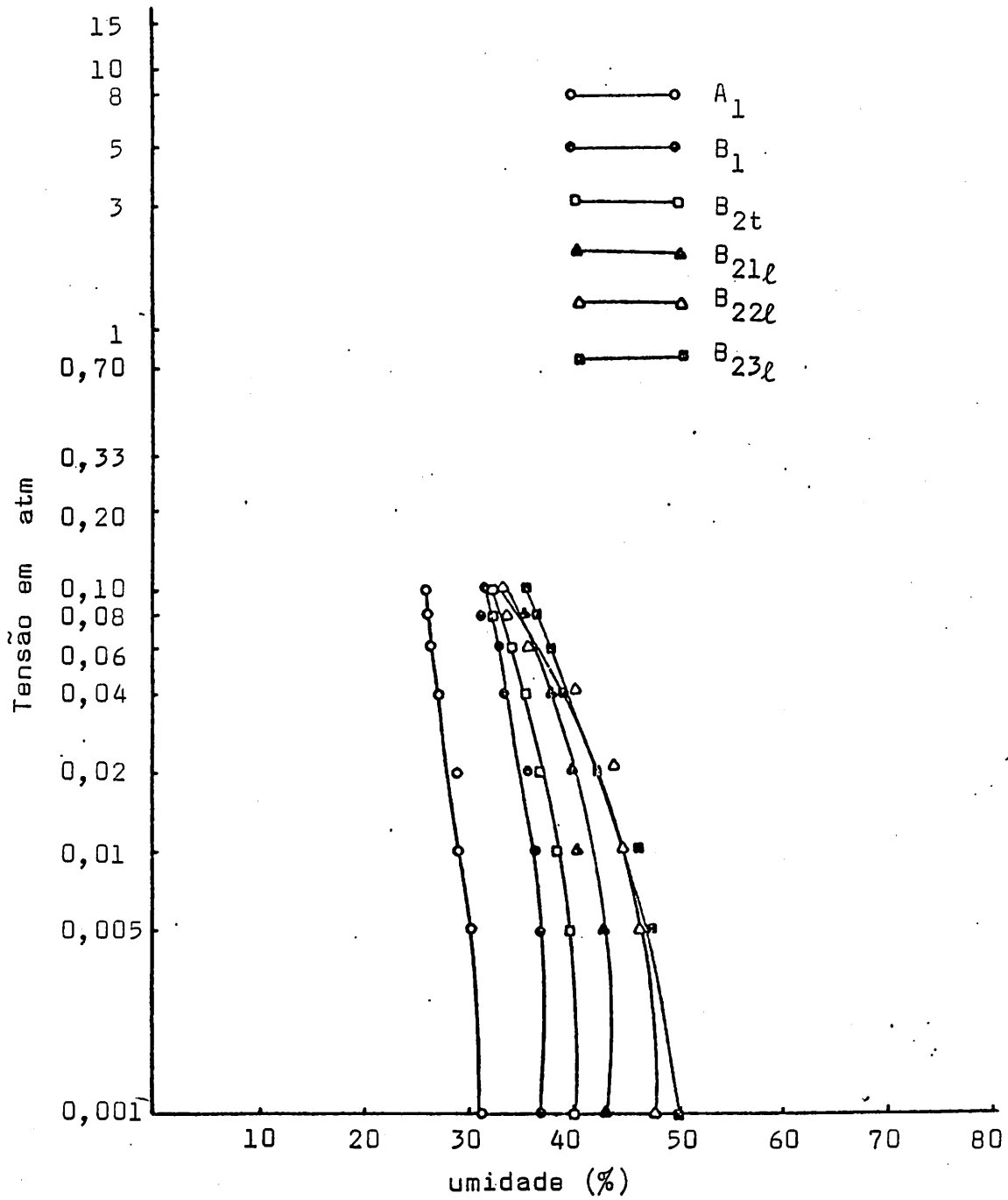


FIGURA 11. Curvas características de umidade de amostras indeformadas dos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} , B_{21l} , B_{22l} e B_{23l} .

dados constata-se que a retenção de água aumenta do horizonte A_1 até o horizonte $B_{23\ell}$. Este comportamento é análogo a aquele referente ao volume total de poros destes horizontes.

4.4. Comparação entre retenção de água em amostras deformadas e indeformadas.

As curvas características de retenção de água em amostras deformadas e indeformadas dos horizontes A_1 , B_1 , B_{2t} , $B_{21\ell}$, $B_{22\ell}$ e $B_{23\ell}$ podem ser observadas nas figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10. Nota-se para todos os horizontes uma retenção de água nítidamente menor na faixa de tensão de 0,001 atm até 0,1 atm, quando utilizou-se amostras indeformadas. Esta diferença é atribuída ao maior volume de poros bloqueados existentes nas amostras indeformadas. Com a deformação das amostras há um rompimento dos poros bloqueados e em consequência há um aumento no volume total de poros e logicamente na umidade de saturação, o que promove uma maior retenção à baixas tensões. Esta observação está de acordo com YOUNG & DIXON (44), os quais afirmam que o maior conteúdo de água retido por amostras peneiradas é causado pelo aumento do volume total de poros.

Observando-se as curvas de retenção de água em amostras indeformadas na tensão 0,001 atm (tomada como umidade de saturação), verifica-se que a umidade de saturação aumenta do horizonte A_1 para o $B_{23\ell}$ enquanto o teor de matéria orgânica diminui (Quadro 2). Comparando-se as figuras 5 e 8, constata-se que a área

compreendida entre as curvas com amostras deformadas e indeformadas do horizonte A_1 é sensivelmente maior que a área compreendida pelas curvas do horizonte $B_{21\ell}$. Como o horizonte A_1 possui um conteúdo de matéria orgânica sensivelmente superior que o $B_{21\ell}$ e considerando ainda que a matéria orgânica contribui para a obstrução dos poros do solo, é razoável admitir que esta diferença seja devida à maior quantidade de poros bloqueados do horizonte A_1 em relação ao horizonte $B_{21\ell}$.

A deformação das amostras de solo causou um sensível acréscimo na retenção de água até 0,1 atm, indicando que amostras deformadas não devem ser utilizadas para avaliar retenção de água à baixas tensões. Esta observação está de acordo com SCARDUA (38), MARCOS (28), COELHO (7) e RANDO (36).

4.5. Retenção de água em amostras dos horizontes A_1 e $B_{21\ell}$ com matéria orgânica oxidada.

Os resultados de retenção de água encontram-se no quadro 6 e são representados pelas figuras 5 e 8. Observa-se que com a oxidação da matéria orgânica, a retenção de água do horizonte A_1 diminuiu nas tensões abaixo de 0,02 atm e aumentou nas tensões superiores a 0,02 atm. Para o horizonte $B_{21\ell}$ constata-se um aumento da retenção em toda faixa de tensões, em relação às amostras originais. A menor retenção de água observada para o horizonte A_1 após a oxidação da matéria orgânica, está de acordo com FRÉIFFRE (13) e BARBOSA (1), os quais constataram influência da ma

téria orgânica na retenção de água na faixa de baixas tensões. Os aumentos de retenção de água observados para o horizonte A₁ nas tensões superiores à 0,02 atm e em toda faixa de tensões para o horizonte B_{21l}, pode ser atribuído à dispersão do solo ocorrida durante a oxidação da matéria orgânica. Esta evidência concorda com PREBBLE & STIRK (35), os quais atribuíram ao tratamento para remoção dos óxidos de ferro livres, os aumentos na retenção de água a 1/3 atm e 15 atm. Também FREIRE (13), observou aumento na retenção de água na faixa de 0,04 atm até 15 atm, após a oxidação da matéria orgânica do horizonte B₂₂ de um oxissol. O fato foi atribuído pelo autor à destruição dos agregados presentes na amostra original durante a oxidação da matéria orgânica, o que provocou a diminuição dos diâmetros dos mesmos. Resultados semelhantes foram obtidos por BARBOSA (1) e GROHMANN & CAMARGO (21).

QUADRO 5. Graus de umidade expressos em % de T.F.S.E., de amostras indeformadas dos horizontes do perfil, nas tensões desde 0,001 atm até 0,1 atm (média de 3 repetições).

Tensões atm	0,001	0,005	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
Horizonte								
A ₁	31,94	30,84	29,46	29,13	27,47	26,78	26,33	26,17
B ₁	37,30	36,50	36,93	35,94	33,51	33,00	31,44	31,78
B _{2t}	40,17	39,75	38,37	36,96	35,74	34,85	32,52	32,81
B _{21l}	43,53	43,37	40,78	39,98	38,77	36,09	35,20	33,30
B _{22l}	50,46	48,23	46,63	42,55	39,37	38,03	38,32	35,67
B _{23l}	48,48	46,88	45,38	44,71	40,70	35,29	33,85	32,89

QUADRO 6. Graus de umidade expressos em % de T.F.S.E., das amostras deformadas dos horizontes A₁ e B_{21L} com matéria orgânica oxidada nas tensões desde 0,001 atm até 15 atm (média de 2 repetições).

Horizonte	Tensões atm																
	0,001	0,005	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,2	0,33	0,7	1	3	5	8	10	15
A ₁	57,41	52,59	51,47	50,46	44,78	41,70	39,65	40,40	35,32	29,50	27,59	27,51	27,91	26,02	27,87	25,30	24,55
B _{21L}	66,00	64,46	60,64	58,92	56,05	49,60	49,16	49,27	42,20	32,89	31,60	30,88	32,01	30,70	27,50	28,04	28,58

4.6. Correlações simples e regressão múltipla

4.6.1. Correlações entre óxidos de ferro livres, superfície específica, matéria orgânica, argila e volume total de poros.

Os teores de óxidos de ferro livres, matéria orgânica e argila; a superfície específica e o volume total de poros, foram correlacionados entre si, e os coeficientes de correlação encontram-se no quadro 7. Verifica-se coeficiente de correlação negativo (-0,6528) entre as variáveis matéria orgânica e fração argila. Este resultado pode ser atribuído ao comportamento inverso destas variáveis ao longo do perfil, ou seja, o teor de matéria orgânica diminui em profundidade, enquanto o teor de argila aumenta. Em consequência disto, observa-se que a matéria orgânica e argila influenciam de maneira inversa as demais variáveis, assim a matéria orgânica correlacionou-se negativamente com superfície específica e com volume total de poros, por outro lado a argila correlacionou-se positivamente com esses parâmetros. Altas correlações entre superfície específica e teor de argila dos solos, foram também encontradas por GROHMANN (19), MORTLAND (31) e MORIN & JACOBS (30).

QUADRO 7. Correlações entre óxidos de ferro livres (Fe_2O_3), su perfície específica total (St), matéria orgânica (M.O), argila (Arg.) e volume total de poros (VTP).

	Fe_2O_3	St	M.O.	Arg.	VTP
Fe_2O_3	-	0,3652	-0,0513	0,5787	-0,1878
St	-	-	-0,6663	0,7742	0,3262
M.O.	-	-	-	-0,6528	-0,8640
Arg.	-	-	-	-	0,3898

4.6.2. Correlações entre os parâmetros analisados e a re ten são de água em amostras deformadas nas ten sões desde 0,001 atm até 15 atm e em amostras inde for ma da s nas ten sões desde 0,001 atm até 0,1 atm.

Utilizando-se de amostras deformadas, observa-se no qua dro 8, que a superfície específica correlacionou-se positivamente com re ten ção de água nas ten sões superiores a 0,1 atm, com coe f icientes de correlação variando de 0,7812 a 0,9545. GROHMANN (17), MORIN & JACOBS (30) e KIEHL (26), também encontraram correlação po s iti va na faixa de altas ten sões. No entanto FREIRE (13), não ob te ve coeficientes de correlação significativos nas ten sões de 0,001 atm até 15 atm, enquanto BARBOSA (1), apenas encontrou cor re l ação na faixa de ten sões de 0,001 atm até 0,02 atm.

A matéria orgânica correlacionou-se negativamente com a re ten ção de água nas ten sões desde 0,001 atm até 15 atm. Este resultado concorda com BARBOSA (1) e discorda de FREIRE (13). Es

QUADRO 8. - Correlações entre os parâmetros analisados e a retenção de água em amostras deformadas.

Tensão (atm)	Umidade x % Fe ₂ O ₃	Umidade x St m ² /g	Umidade x % M.O	Umidade x % Argila	Umidade x % VTP
0,001	-0,1286	-0,0213	-0,6231	0,2652	0,8591
0,005	0,0455	0,1183	-0,7091	0,3359	0,8252
0,01	-0,0318	0,3238	-0,8817	0,4981	0,9546
0,02	0,0434	0,4442	-0,9376	0,6138	0,9194
0,04	0,1551	0,7201	-0,9249	0,6975	0,8166
0,06	0,1067	0,7250	-0,9405	0,6915	0,8045
0,08	0,1255	0,6646	-0,8230	0,6073	0,5286
0,1	0,1105	0,9018	-0,8580	0,6680	0,6118
0,2	0,4030	0,9545	-0,5848	0,7220	0,1639
0,33	0,1454	0,8083	-0,4017	0,4267	-0,0169
0,7	0,5934	0,9040	-0,6824	0,9185	0,3122
1	0,5247	0,8225	-0,7450	0,9395	0,4557
3	0,5191	0,7812	-0,7271	0,8929	0,4182
5	0,4645	0,7966	-0,8273	0,9223	0,5811
8	0,5046	0,7890	-0,8403	0,9082	0,5839
10	0,4236	0,8793	-0,8617	0,8986	0,5699
15	0,4104	0,9265	-0,8210	0,8667	0,5003

ta correlação negativa encontrada pode ser explicada pelo fato de que o conteúdo de matéria orgânica diminui em profundidade ao passo que a retenção aumenta. Apesar de ser patente a contribuição da matéria orgânica na retenção de água pelos solos, o aumento de retenção ora verificado se deve ao incremento da fração argila ao longo do perfil. Esta observação vem de encontro com os resultados de FREIRE et alii (14), que constataram que a capacidade de retenção de água depende mais da percentagem de limo + argila do que da matéria orgânica. GROHMANN & MEDINA (22) e MOTA (32), observaram que quando o perfil é homogêneo em relação à textura, a correlação entre matéria orgânica e retenção de água é direta.

Ao contrário da matéria orgânica, a fração argila correlacionou-se positivamente com o conteúdo de água nas tensões acima de 0,7 atm, concordando com BARBOSA (1), PIERANTONI (34) e FREITAS JÚNIOR (15), os quais verificaram a existência de correlação positiva e significativa à altas tensões.

Verifica-se estreita correlação entre volume total de poros e retenção de água na faixa de tensão desde 0,001 atm até 0,06 atm, haja visto, os altos coeficientes de correlação observados nesta faixa. Resultados semelhantes foram obtidos por MARTINS & COE LHO (29), ao observarem que o pisoteio decresceu o valor da porosidade total e acarretou diminuição no teor de água retido nas tensões de 0 a 0,06 atm .

Com amostras indeformadas (Quadro 9), constata-se altos coeeficientes de correlação entre a retenção de água e as variáveis matéria orgânica e volume total de poros, em toda a faixa de tensão . Considerando-se que estas variáveis estejam intimamente ligadas à

estrutura, e que esta seja responsável pela geometria do espaço poroso do solo, pode-se atribuir os altos coeficientes de correlação obtidos para estes parâmetros, ao efeito da estrutura na retenção de água à baixas tensões, o que está de acordo com MARCOS (28), o qual constatou que a estrutura afeta a retenção de água nas tensões abaixo de 0,1 atm.

QUADRO 9. Correlações entre os parâmetros analisados e a retenção de água em amostras indeformadas.

Tensão (atm)	Umidade \times % F_2O_3	Umidade \times St m^2/g	Umidade \times % M.O.	Umidade \times % Argila	Umidade \times % VTP
0,001	0,0706	0,3788	-0,9036	0,5398	0,9191
0,005	-0,0129	0,4471	-0,9480	0,5846	0,9346
0,01	0,1153	0,4758	-0,9240	0,6344	0,9018
0,02	0,0583	0,5550	-0,9499	0,6484	0,9246
0,04	0,0140	0,5920	-0,9662	0,6129	0,8803
0,06	0,1496	0,5957	-0,9402	0,7024	0,7713
0,08	0,0276	0,4420	-0,9004	0,5712	0,8230
0,1	0,2283	0,6209	-0,9210	0,7533	0,7503

4.6.3. Equações de regressão múltipla que estimam as retenções de água em amostras deformadas e indeformadas

As equações de regressão múltipla que estimam as retenções de água nas tensões estudadas, em amostras deformadas e indeformadas, encontram-se nos quadros 10 e 11, respectivamente. Observa-se para amostras deformadas, que na faixa de 0,001 atm até 0,01 atm,

QUADRO 10. Equações de regressão múltipla para as tensões estudadas, onde y = grau de umidade em % retida em amostras deformadas e $x_1 = \text{Fe}_2\text{O}_3$ livres em %; x_2 = superfície específica total m^2/g ; x_3 = matéria orgânica em %; x_4 = argila em % e x_5 = volume total de poros em %.

Tensões (atm)	Equações de regressão múltipla	R^2
0,001	$y = 31,2433 + 0,5109 x_5 - 0,0981 x_2 + 0,2408 x_4$	0,89
0,005	$y = 19,4608 + 0,7233 x_5$	0,68
0,01	$y = - 14,4623 + 0,8799 x_5 + 1,6051 x_1$	0,93
0,02	$y = 35,2976 - 3,9277 x_3 - 0,1132 x_2 + 0,3456 x_4 + 0,2468 x_5$	0,98
0,04	$y = 57,2550 - 5,2322 x_3$	0,85
0,06	$y = 52,8786 - 5,7222 x_3$	0,88
0,08	$y = 93,0827 - 6,9325 x_3 - 0,6820 x_5$	0,80
0,1	$y = 38,0224 + 0,2200 x_2 - 2,7807 x_3 - 0,2914 x_4$	0,95
0,2	$y = 47,9693 + 0,1670 x_2 - 0,5014 x_5 - 2,5777 x_3$	0,97
0,33	$y = 30,4411 + 0,3070 x_2 - 0,4978 x_4$	0,75
0,7	$y = - 16,4260 + 0,2744 x_4 + 0,0844 x_2 + 1,0770 x_1$	0,95
1	$y = - 6,2557 + 0,48066 x_4 - 0,6472 x_3$	0,91
3	$y = - 9,2630 + 0,5053 x_4$	0,79
5	$y = - 0,1783 + 0,3864 x_4 - 1,0547 x_3$	0,93
8	$y = - 12,2003 + 0,2416 x_4 - 1,6473 x_3 + 1,6627 x_1$	0,96
10	$y = - 8,4209 + 0,2133 x_4 - 1,5490 x_3 + 0,0548 x_2 + 0,9265 x_1$	0,97
15	$y = - 0,8411 + 0,0968 x_2 - 1,0113 x_3 + 0,1969 x_4$	0,95

QUADRO 11. Equações de regressão múltipla para as tensões estudadas, onde y = grau de umidade em % retida em amostras indeformadas e $x_1 = \text{Fe}_2\text{O}_3$ livres em %; x_2 = superfícies específica total em m^2/g ; x_3 = matéria orgânica em %; x_4 = argila em % e x_5 = volume total de poros em %.

Tensões (atm)	Equações de regressão múltipla	R^2
0,001	$y = -126,9261 + 1,6319 x_5 + 4,9943 x_1$	0,90
0,005	$y = 12,7023 - 6,4319 x_3 - 0,1567 x_2 + 0,3977 x_4 + 0,4225 x_5$	0,98
0,01	$y = 33,2289 - 7,6260 x_3 - 0,1902 x_2 + 0,5306 x_4$	0,92
0,02	$y = -29,3427 - 2,1588 x_3 + 0,7426 x_5 + 0,3179 x_4$	0,96
0,04	$y = 42,7539 - 5,8109 x_3$	0,93
0,06	$y = 39,2930 - 4,4981 x_3$	0,88
0,08	$y = 49,3835 - 5,3674 x_3 - 0,0775 x_2$	0,85
0,1	$y = 18,8252 - 2,8890 x_3 + 0,2208 x_4$	0,88

a variável que melhor se associou à retenção de água foi o volume total de poros, na faixa de 0,02 atm até 0,08 atm a melhor associação foi obtida com a matéria orgânica e na faixa de 0,1 atm a 0,33 com superfície específica. Nas tensões de 0,7 atm até 15 atm o parâmetro que melhor explica a retenção de água é a argila, sendo seguida pela matéria orgânica, óxidos de ferro livres e superfície específica. PETERSEN, CUNNINGHAM & MATELSKI (33), também encontraram associação entre conteúdo de argila e retenção de água à 15 atm e não encontraram associação entre carbono orgânico e retenção de água a 1/3 atm e sim a 15 atm.

Com relação às equações de regressão múltipla que estimam as retenções de água em amostras indeformadas (Quadro 11), nota-se que o volume total de poros e a matéria orgânica são as variáveis que melhor se associaram à retenção de água em toda faixa de tensões.

Do exposto, observa-se que, tanto em amostras deformadas como em indeformadas, na faixa de baixas tensões, o volume total de poros e matéria orgânica são as variáveis que melhor explicam a retenção de água na Terra Roxa Estruturada e à altas tensões as variáveis superfície total, argila, matéria orgânica e óxidos de ferro livres, o que está de acordo com os resultados das correlações simples anteriormente discutidos.

4.7. Capacidade de retenção de água da Terra Roxa Estruturada, Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho Amarelo.

No quadro 12, confronta-se os resultados de água para irrigação (AI = CC - PMP) da Terra Roxa Estruturada, Latossolo Roxo

QUADRO 12. Capacidade de retenção de água da Terra Roxa Estruturada, Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho Amarelo.

Terra Roxa Estruturada				Latossolo Roxo*				Podzólico Vermelho Amarelo**			
Hori- zonte	CC	PMP 15 atm	AI	Hori- zonte	CC	PMP 15 atm	AI	Hori- zonte	CC	PMP 15 atm	AI
A ₁	27,94	20,05	7,89	Ap	31,00	20,00	11,00	Ap	26,18	18,05	8,13
B ₁	40,50	26,31	14,19	A ₁₂	28,92	20,83	8,09	B _{11t}	29,18	20,55	8,63
B _{2t}	36,50	27,64	8,86	A ₃	30,00	22,73	7,27	B _{12t}	28,83	21,37	7,46
B _{21l}	30,50	26,06	4,44	A ₂₁	33,00	25,00	8,00	B _{21t}	27,41	20,89	6,52
B _{22l}	36,00	25,48	10,52	A ₂₂	33,64	22,73	10,91	B _{22t}	31,35	21,98	9,37
B _{23l}	46,50	27,44	19,06	-	-	-	-	-	-	-	-

FONTE: * FREIRE (11)
 ** FREIRE (12)

e do Podzólico Vermelho Amarelo. Observa-se que para todos os so los, os valores de AI são praticamente iguais. Em valores absolu- tos a situação é diferente. O Podzólico Vermelho Amarelo apresen- ta as retenções na capacidade de campo e no ponto de murcha perma- nente inferiores que aos demais solos e essa diferença se faz sen- tir com maior intensidade na retenção à 15 atm. Este comportamento sugere que o Podzólico Vermelho Amarelo apresenta a mesma disponi- bilidade de água que os demais solos, o que na prática não é verda- deiro. Esta evidência põe em discussão mais uma vez, a validade do conceito de "água disponível para as plantas" determinado através da diferença entre a água retida na capacidade de campo e aquela retida no ponto de murcha permanente. Comparativamente, a Terra Ro- xa Estruturada é aquela que apresenta a maior capacidade de reten- ção de água, sendo seguida pelo Latossolo Roxo e por último pelo Podzólico Vermelho Amarelo. Considerando que a retenção de água na faixa de AI seja função principalmente da capacidade de adsorção do solo, este resultado pode ser explicado, levando-se em conta os teores de argila e valores de superfície específica apresentados pelos referidos solos, os quais podem ser observados para a Terra Roxa Estruturada no quadro 1, para o Latossolo Roxo em FREIRE (11) e para o Podzólico Vermelho Amarelo em FREIRE (12).

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o presente trabalho, os resultados obtidos, permitiram as seguintes conclusões:

1. Apesar do horizonte A_1 apresentar maior conteúdo de matéria orgânica, sua retenção de água foi menor que a retenção dos horizontes subsuperficiais. Esta evidência deveu-se à presença de gradiente textural entre os referidos horizontes.

2. A deformação da amostra modifica a retenção de água na faixa de 0,001 atm a 0,1 atm, sendo esta retenção sensivelmente menor em amostras indeformadas em comparação com amostras deformadas.

3. A dispersão do solo ocorrida durante a oxidação da matéria orgânica, foi responsável pelo aumento da retenção de água no horizonte A_1 nas tensões superiores à 0,02 atm e no horizonte B_{21} em toda faixa de tensão.

4. A retenção de água pela Terra Roxa Estruturada correlacionou-se positivamente com a argila e superfície específica nas tensões acima de 0,7 atm e 0,1 atm respectivamente; negativamente com a matéria orgânica em toda a faixa de tensões e positivamente com o volume total de poros na faixa de 0,001 atm a 0,06 atm.

5. A análise de regressão múltipla mostrou que as variáveis que melhor se associam à retenção de água à baixas tensões são o volume total de poros e a matéria orgânica e à altas tensões a su perfície específica total, argila, matéria orgânica e óxidos de ferro livres.

6. A capacidade de retenção de água da Terra Roxa Estruturada estudada é superior à do Latossolo Roxo e à do Podzólico Ver melho Amarelo, ambos de ocorrência no município de Lavras.

6. RESUMO

Caracterizou-se do ponto de vista físico e hídrico um perfil de Terra Roxa Estruturada (Oxic Tropudalf), situado no município de Perdões, Estado de Minas Gerais. Para a caracterização das amostras coletadas em seis horizontes do perfil, utilizou-se das seguintes análises: análise textural; argila dispersa em água; superfície específica total; densidade do solo; densidade de partículas; carbono orgânico, óxidos de ferro livres; ataque sulfúrico; pH em água e em KCl e complexo sortivo.

Determinou-se a retenção de água em amostras deformadas com diâmetro máximo de 1 mm e em amostras indeformadas sob a forma de torrões dos seis horizontes do perfil. As amostras deformadas, foram submetidas à 17 tensões, desde 0,001 atm até 15 atm e as amostras indeformadas foram submetidas à 8 tensões, desde 0,001 atm até 0,1 atm. As determinações foram realizadas por secagem de amostras saturadas, utilizando-se a unidade de sucção empregada por GROHMANN, para as tensões desde 0,001 atm até 0,1 atm e o método da placa porosa sob pressão proposto por Richards e Fireman para as tensões superiores a 0,1 atm.

A matéria orgânica de amostras do horizonte A_1 e B_{21l} foi eliminada, com o objetivo de verificar a influência desta na retenção de água.

Estabeleceram-se correlações simples e análise de regressão múltipla entre os graus de umidade e: óxidos de ferro livres; superfície específica total, matéria orgânica; argila e volume total de poros.

Comparou-se a capacidade de retenção de água do solo estudado em confronto com outros solos de ocorrência na região.

Os resultados obtidos mostram que a retenção de água na faixa de 0,001 a 0,1 atm é sensivelmente menor em amostras indeformadas em comparação com a retenção de amostras deformadas, o que é atribuído ao maior volume de poros bloqueados nas amostras indeformadas. Apesar do horizonte A_1 apresentar o maior conteúdo de matéria orgânica, sua retenção de água é menor do que a retenção dos horizontes subsuperficiais devido à presença do gradiente textural.

A retenção de água em amostras deformadas correlacionou-se positivamente com argila e superfície específica total nas tensões superiores à 0,7 atm e 0,1 atm respectivamente; negativamente com matéria orgânica em toda faixa de tensões e positivamente com porosidade total na faixa de tensões desde 0,001 a 0,06 atm. A análise de regressão múltipla revelou que as variáveis que melhor se associam à retenção de água à baixas tensões são o volume total de poros e a matéria orgânica e à altas tensões são a superfície total, argila, matéria orgânica e óxidos de ferro livres.



A capacidade de retenção de água da Terra Roxa Estruturada (Oxic Tropudalf) é superior à de outros solos de ocorrência na região.

7. SUMMARY

Physic and hydric characterization of Terra Roxa Estruturada (Oxic Tropudalf) at Perdões, Minas Gerais State, Brazil.

Physic and hydric characteristics of an Oxic Tropudalf (Terra Roxa Estruturada) from Perdões, Minas Gerais State, were studied. Soil samples were collected from six horizons and were analysed for water disperse clay, total specific surface, bulk density; particle density; organic carbon; iron free oxides; sulfuric acid digestion; pH in water and KCl, and CEC.

Water retention was determined in disturbed samples with maximum diameter of 1 mm and in undisturbed soil cores from the six horizons. The disturbed samples were submitted to 17 tensions, from 0,001 atm to 15 atm, and the undisturbed samples to 8 tensions, from 0,001 to 0,1 atm. The determinations were performed by drying a water saturated sample, through the suction unit suggested by Grohmann, for tensions from 0,001 to 0,1 atm, and by the porous plate method under pressure, according to Richards and Fireman, for tensions higher than 0,1 atm.

The organic matter from A₁ and B_{21c} horizons was eliminated with the objective of verifying its influence on water retention.

Single correlations and multiple regression analysis were studied between the water content at each tension and free iron oxides; total specific surface; organic matter; clay, and the total voids volume.

Water retention data obtained for this soil were compared with those for soils occurring in the same region.

The results obtained suggested that the water retention in the range from 0,001 to 0,1 atm was markedly lower in the disturbed than in the undisturbed samples. This result may be explained by the highest number of blocked pores in the undisturbed samples. The water retention by the A₁ horizon was lower than in the deeper horizons. In spite of the A₁ horizon present higher organic matter content, this behavior may be explained by the presence of a textural gradient.

Water retention in the disturbed samples was positively correlated with total specific surface at tensions higher than 0,1 atm; negatively correlated with organic matter for all tensions studied; positively correlated with clay content at tensions higher than 0,7 atm, and with total porosity at tensions from 0,001 to 0,06 atm. The multiple regression analysis indicated that at lower tensions the variables total voids volume, organic matter were better associated with water retention, whereas at higher tensions total specific surface, clay content, organic matter, and free iron oxides, presented the best association.

The water retention capacity in the Oxic Tropudalf (Terra Roxa Estruturada) was higher than in others soils of the same region.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBOSA, R.O. Retenção de água de um perfil alfissolo do município de Lavras, M.G. Lavras, ESAL, 1978. 103 p. (Tese MS).
2. BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Soil physics. 4ed New York, J. Wiley, 1972. 498 p.
3. BLACKÉ, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt. 1, p. 374-90.
4. _____. Particle density. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties; including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt. 1, p. 371-3.
5. BRASIL. Ministério da Agricultura. Comissão de Solo. Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de Furnas. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas, 1962. 462 p. (Boletim, 13).

6. CARVALHO, S.R. Influência de dois sistemas de manejo de pastagens na compactação de uma terra roxa estruturada. Piracicaba, ESALQ, 1976. 89 p. (Tese MS).
7. COELHO, M.A. Características de umidade de alguns solos de aluvião; normais, sódicos e sódicos-salinos. Rio de Janeiro, ENA, 1971. 113 p. (Tese MS).
8. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, Lavras. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3ª aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 79 p.
9. DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt. 1, p. 545-67.
10. FERREIRA, M.M. O ponto de inflexão da curva característica de umidade como estimativa da capacidade de campo do solo. Piracicaba, ESALQ, 1980. 55 p. (Tese MS).
11. FREIRE, J.C. Condutividade hidráulica e capacidade de campo de Latossolo Roxo distrófico não saturado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 3(2):73-7, maio/ago., 1979.

12. FREIRE, J.C. Condutividade hidráulica e capacidade de campo de Podzólico Vermelho Amarelo equivalente eutrófico não saturado. Ciência e Prática, Lavras, 3(2):188-99, jul./dez. , 1979.
13. _____. Retenção de umidade em perfil oxissol do município de Lavras. Piracicaba, ESALQ, 1975. 76 p. (Tese MS).
14. _____ et alii. Água disponível em dois solos do município de Lavras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p. 75-80.
15. FREITAS JÚNIOR, E. de. Retenção e disponibilidade de água em dois solos da Amazônia Central. Piracicaba, ESALQ, 1981 . 78 p. (Tese MS).
16. GAVANDE, S.A. Física de suelos; principios y aplicaciones. México, Limusa, 1976. 351 p.
17. GROHMANN, F. Correlação entre superfície específica e outras propriedades de solos de São Paulo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1(1):9-12, jan./abr. 1977.
18. _____. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 19(21) : 319-28, abr. 1960.

19. GROHMANN, F. Superfície específica do solo de unidades de mapeamento do Estado de São Paulo. I. Estudo de perfis com horizonte B textural e B latossólico. Bragantia, Campinas, 31(13):145-65, abr. 1972.
20. _____. Superfície específica do solo de unidade de mapeamento do Estado de São Paulo. II. Influência da matéria orgânica, dos óxidos de ferro livres e dos cátions trocáveis, na superfície específica total do solo. Bragantia, Campinas, 31(14):167-84, abr. 1972.
21. _____ & CAMARGO, O.A. Influência dos óxidos de ferro livres e da matéria orgânica na adsorção da água pelo solo. Bragantia, Campinas, 32(10):203-22, jun. 1973.
22. _____ & MEDINA, H.P. Características de umidade dos principais solos do estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 21(18):285-95, mar. 1962.
23. _____ & VAN RAIJ, B. Influência dos métodos de agitação na dispersão da argila do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14. Santa Maria, 1974. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974, p. 123-32.
24. HEILMAN, M.D., CARTER, D.J. & GONZALES, C.L. The ethylene glycol monoethyl ether (E.C.M.E.) technique for determining soil surface area. Soil Science, Baltimore, 100(6):409-13, June, 1965.

25. JACKSON, M.L. Soil chemical analysis; advanced course. 2 ed .
Madison, University of Wisconsin, 1969. 895 p.
26. KIEHL, E.J. Superfície específica. In: _____. Manual de eda
fologia. São Paulo, Ceres, 1979. p. 135-44.
27. LOPES, A.S. A survey of the fertility states of soils under
"cerrado" vegetation in Brasil. Raleigh, North Carolina Sta
te, 1975. 137 p. (Thesis MS).
28. MARCOS, Z.Z. Estrutura, agregação e água no solo. Piracicaba,
ESALQ, 1968. 55 p. (Tese Doutorado).
29. MARTINS, P.F. da S. & COELHO, M.A. Efeito do manejo da vegeta
ção sobre retenção e movimento da água do solo. Revista Bra
sileira de Ciência do Solo, Campinas, 4(2):67-71, maio/ago.
1980.
30. MORIN, R.E. & JACOBS, H.S. Surface area determination of soils
by adsorption of ethylene glycol vapor. Soil Science Socie
ty of America Proceedings, Madison, 28(2):190-4, Mar./Apr .
1964.
31. MORTLAND, M.M. Specific surface and its relationships to some
physical and chemical properties of soil. Soil Science ,
Baltimore, 78(5):343-7, Nov. 1954.
32. MOTA, F.O.B. Retenção de água em perfil de alfissol do municí
pio de Mossoró, RN. Piracicaba, ESALQ. 1976. 70 p. (Tese MS).

33. PETERSEN, G.W.; CUNNINGHAM, R.L. & MATELSKI, R.P. Moisture characteristics of Pennsylvania soils: I. Moisture retention as related to texture. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 32(2):271-5, Mar./Apr. 1968.
34. PIERANTONI, H. Correlações entre argila e constantes hídricas em latossolos do Sul de Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. Vitória, 1971. Resumos... Vitória, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1973. p. 22.
35. PHEBBLE, R.E. & STIRK, G.B. Effect of free iron oxide on range of available water in soils. Soil Science, Baltimore, 38(4):213-7, Apr. 1959.
36. RANDO, E.M. Alterações nas características e propriedades físicas de um latossolo roxo distrófico, ocasionadas pelo cultivo convencional. Lavras, ESAL, 1981. 160 p. (Tese MS).
37. RICHARDS, L.A. & FIREMAN, M. Pressure plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. Soil Science, Baltimore, 56:395-404, 1943.
38. SCARDUA, R. Porosidade livre de água de dois solos do município de Piracicaba, SP. Piracicaba, ESALQ, 1972. 83 p. (Tese MS).

39. U.S. Department of Agriculture. Soil Conservation Service .
Soil taxonomy; a basic system of soil classification for
making and interpreting soil surveys, soil survey staff .
Washington, 1975. 2 v. (Agriculture Handbook, 436).
40. VETTORI, L. Métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, Mi
nistério da Agricultura, 1969. 24 p. (Boletim Técnico, 7).
41. VILELA, E.A. & RAMALHO, M.A.P. Análise das temperaturas e pre
cipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais. Ciência
e Prática, Lavras, 3(1):71-9, jan./jun. 1979.
42. VOMOCIL, J.A. Porosity. In: BLACK, C.A. Methods of soil ana
lysis; physical and mineralogical properties including sta
tistics of measurement and sampling. Madison, American So
ciety of Agronomy, 1965. pt. 1, p. 299-314.
43. WINKLER, E. I. G. & GOEDERT, W.J. Características hídricas dos
solos de Pelotas, Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuá
ria Brasileira; Série Agronomia, Rio de Janeiro, 7:1-4, 1972.
44. YOUNG, K.K. & DIXON, J.D. Overestimation of water content at
field capacity from sieved sample data. Soil Science, Bal
timore, 101(2):104-7, Feb. 1966.