

# CARACTERIZAÇÃO DE GRUMUSSOLOS NO SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL. I. PROPRIEDADES FÍSICAS ADVERSAS AO USO<sup>1</sup>

WENCESLAU J. GOEDERT<sup>2</sup> e MARVIN T. BEATTY<sup>3</sup>

## Sinopse

Estudos de propriedades físicas, que dificultam o cultivo, foram efetuados em cinco pedons correspondentes às unidades de mapeamento Bagé, São Gabriel, Pirai, Hulha Negra e Aceguá. Com exceção do solo São Gabriel, os demais haviam sido classificados, provisoriamente, como Grumussolos, pela Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Esses solos ocorrem na Depressão Central do Rio Grande do Sul sobre argilitos e siltitos dos Grupos Geológicos Passa-Dois e Tubarão.

Todos os solos apresentam: a) altos índices de plasticidade, sendo classificados como materiais com limitações para obras de engenharia; b) alta densidade volumétrica e baixa porosidade; c) elevada expansão volumétrica (até 59%); d) granulometria fina, sendo especialmente ricos em argila fina ( $< 0,2 \mu$ ).

Algumas recomendações práticas são sugeridas, em face às propriedades adversas ao cultivo.

## INTRODUÇÃO

Grande área do sudoeste do Rio Grande do Sul está coberta por solos conhecidos como Terras Negras ou Grumussolos (Fig. 1). Esta zona é importante para a pecuária do Estado, pois nestes solos ocorrem boas pastagens naturais. Por outro lado, pequenas áreas são utilizadas para a agricultura da seguinte maneira:

a) nas partes mais elevadas, onde ocorrem os solos Aceguá e Hulha Negra, cultiva-se trigo e leguminosas forrageiras;

b) nas partes baixas, onde ocorrem os solos Bagé e São Gabriel, cultiva-se principalmente arroz irrigado.

Pelo uso dado a estes solos, e pela sua alta potencialidade natural, concluímos serem de enorme importância para nossa economia agrícola. Aliás, qualquer região que apresentasse clima semelhante e solos desta natureza seria, em princípio, economicamente importante. Apesar disto e de sua grande ocorrência (Fig. 2), os Grumussolos são ainda pouco conhecidos, especialmente no Brasil.

<sup>1</sup> Recebido 20 ago. 1969, aceito 10 jun. 1970.

Baseada em parte da tese apresentada pelo primeiro autor, para obtenção do grau de *Magister Scientiae* em Solos, Faculdade de Agronomia e Veterinária, Porto Alegre, 1968.

<sup>2</sup> Eng.º Agrônomo da Seção de Solos do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Sul (IPEAS), Caixa Postal E, Pelotas, Rio Grande do Sul.

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Solos do Convênio Universidade de Wisconsin-Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Estes solos apresentam vários problemas, em sua utilização, sendo os principais: o difícil preparo do terreno, a erosão, a drenagem interna impedida e as dificuldades na construção e manutenção de estradas e fundações (Dudal 1965, Lemos *et al.* 1967). Conseqüentemente, grandes áreas permanecem sem uso intenso ou eficiente. Com o rápido crescimento mundial, torna-se cada vez mais importante o estudo



FIG. 1. Localização dos perfis estudados, na região sudoeste do Rio Grande do Sul: (1) Solo Aceguá; (2) Solo Bagé; (3) Solo Hulha Negra; (4) Solo Pirai; (5) Solo São Gabriel.

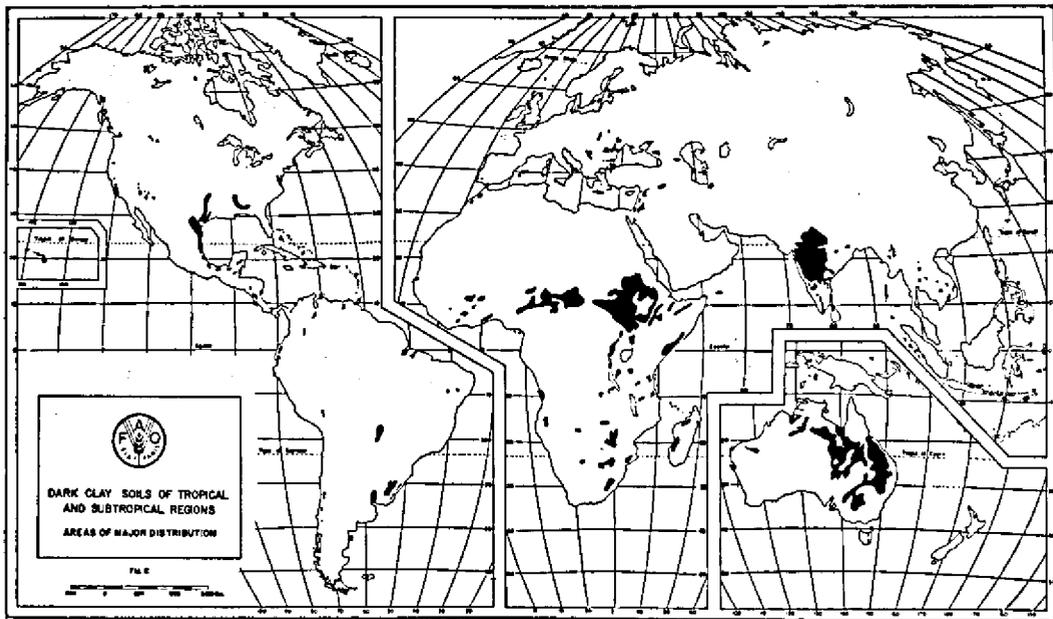


FIG. 2. Áreas de maior distribuição dos Grumusolos nas regiões tropical e subtropical (Duda! 1965).

da potencialidade dos solos, principalmente daqueles que apresentam condições propícias à produção agrícola.

Estudos básicos são necessários para orientar o uso e manejo dos solos. A aplicação dos resultados possibilitará inovações para o melhoramento da agricultura.

Os objetivos principais desta pesquisa são:

- a) caracterizar a granulometria, porosidade, expansão volumétrica e os limites de plasticidade;
- b) correlacionar esses dados com o comportamento dos solos e interpretá-los de maneira a buscar soluções a problemas ligados com o solo.

Os resultados podem ser usados no levantamento e mapeamento dos solos, recomendações de preparo do solo, controle da erosão, renovação e melhoramento de pastagens e orientação na construção de estradas e fundações.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Solos e rocha matriz*

Estudos de algumas propriedades físicas foram levados a efeito em cinco pedons da região sudoeste do Rio Grande do Sul. Estes perfis são os modais para fins de levantamento de solos (Lemos *et al.* 1967) constituindo as unidades de mapeamento Bagé, Aceguá, Hulha Negra, Pirai, São Gabriel (Fig. 1).

Estes cinco solos têm em comum as seguintes características gerais: a) cor preta; b) perfis não profundos (menos de 100 cm); c) alta plasticidade, com

presença de fendas no verão e de "slickensides"; d) transição ondulada, característica de movimento diferencial dentro do pedon; e) alta saturação de bases e, às vezes, presença de  $\text{CaCO}_3$  livre no horizonte C.

Os solos Aceguá, Hulha Negra, Pirai, ocorrendo sobre a formação geológica Rio do Rasto, do Grupo Passa-Dois (Fig. 3), apresentam morfologia, relevo e forma de paisagem semelhantes (Fig. 4 e 5). O horizonte A é bastante argiloso e não há um grande desenvolvimento morfológico. Os declives mais típicos são entre 3 e 8% e as oscilações de altitude são, em geral, de 3 a 10 metros. A paisagem se apresenta ondulada (Fig. 5).

O solo Bagé e o solo São Gabriel, por sua vez, são geomorfologicamente semelhantes entre si, com um horizonte A mais arenoso e um B textural (Fig. 6 e 7). Estes solos ocorrem sobre a formação geológica Palermo, os declives mais típicos são menores que 1% para a região do solo Bagé e de 1 a 3% para o solo São Gabriel. A paisagem se apresenta plana ou suavemente ondulada (Fig. 7), com variações de altitude de 1 a 3 metros.

A ocorrência das rochas matrizes na Depressão Central é mostrada na Fig. 3. O solo Bagé ocorre na parte mais central da região.

O solo Aceguá desenvolveu-se na formação Rio do Rasto, pertencente ao grupo Passa-Dois, do Permiano. Segundo Pinto (1966) esta formação consiste principalmente de arenitos de granulação fina e mui-

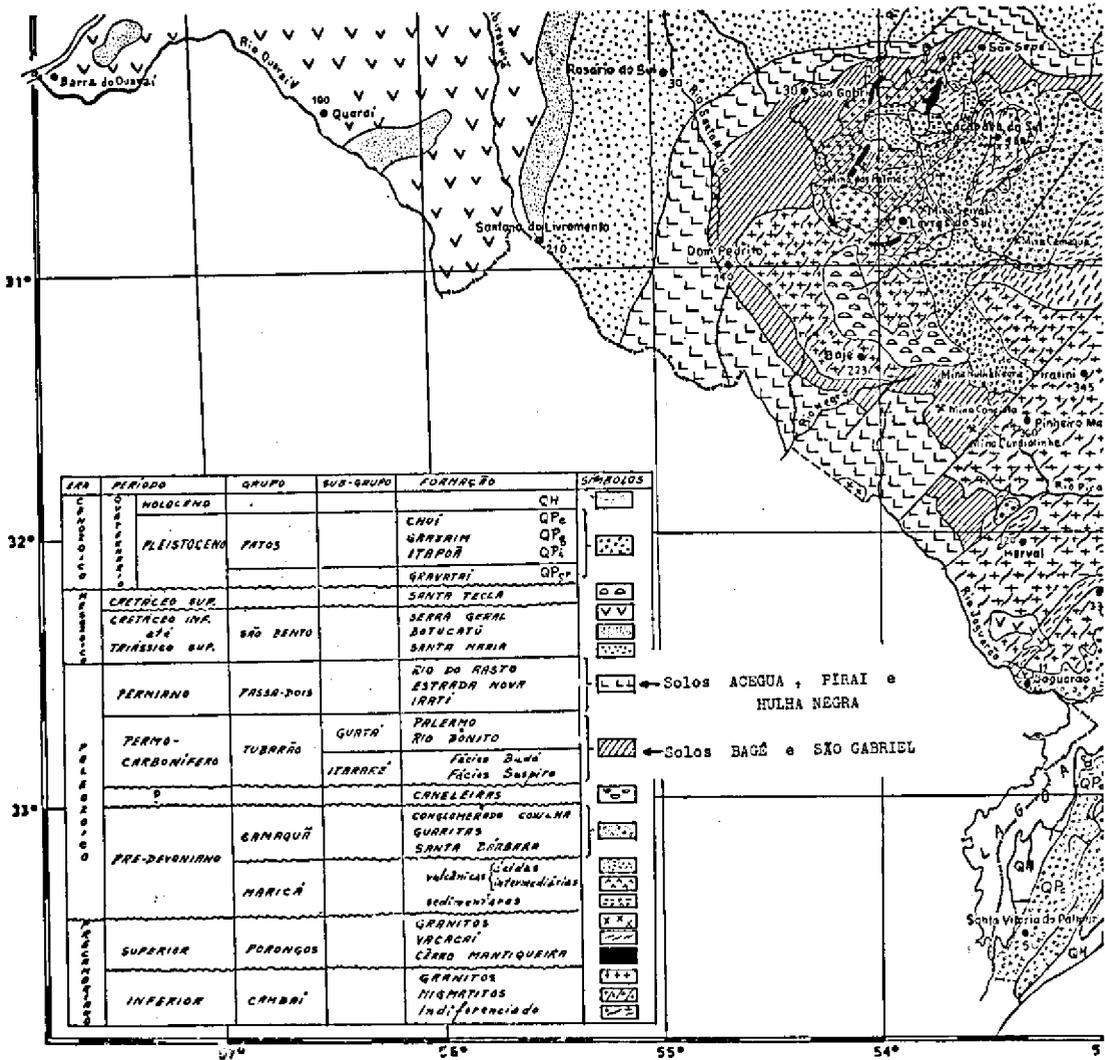


FIG. 3. Mapa geológico do Sudoeste do Rio Grande do Sul, mostrando os grupos Passa-Dois e Tubarão.

to argilosos, com coloração cinzento-avermelhada; também ocorrem siltitos em forma de folhelhos. Estes sedimentos são altamente micáceos, apresentando concreções impuras de calcário em alguns lugares.

A formação Palermo, onde ocorre o solo Bagé, pertence ao subgrupo Guatá, do Grupo Tubarão, do Permo Carbonífero. Ainda segundo Pinto (1966), esta formação está constituída por arenitos siltitos, argilitos cinza a pretos e verde-amarelados quando intemperizados. Na formação Palermo há uma predominância de montmorilonita, aparecendo secundariamente caulinita e illita (Formoso & Figueiredo 1966).

A altitude da região em aprêço varia entre 200 e 250 m.

#### Clima

A região de ocorrência destes solos, segundo a Secretaria da Agricultura (1967), apresenta os seguintes dados climáticos:

temperatura média máxima anual	23°C
temperatura média mínima anual	12°C
temperatura média anual	18°C
precipitação média anual	1380 mm
variação da precipitação anual	840 a 1980 mm

Embora a precipitação anual seja relativamente alta, segundo Mota e Goedert (1966) há um déficit hídrico no período de novembro a fevereiro (Fig. 8). Esta estiagem de verão permite que o solo fique seco, ocasionando o aparecimento de fendas (Fig. 4 e 6) pela contração dos minerais de argila.

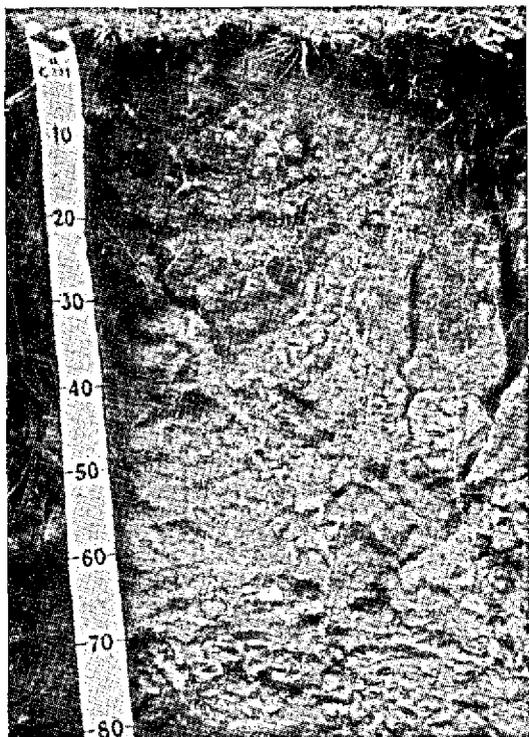


FIG. 4. Perfil modal do solo Acegud.

#### Métodos

A localização dos perfis modais foi feita com o auxílio de técnicos de levantamento de solos.

As amostras foram secadas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm.

Na análise granulométrica foi usado do hidrômetro (Day 1965) e o hexametáfosfato de sódio como dispersante.

Os limites de consistência (limite de liquidez e índice de plasticidade) foram determinados pelo processo clássico (Sovers 1965). Baseado no limite de liquidez, no índice de plasticidade e na análise granulométrica, foi feita a classificação para fins de engenharia, segundo os sistemas "Unified Soil Classification System" (U.S. Army 1953) e "Standard Specifications for Highway Materials and Methods of Sampling and Testing" (Soil Survey 1958).

As constantes volumétricas constaram de três determinações: densidade aparente ( $d_a$ ), densidade real ( $d_r$ ) e porosidade ( $P$ ). A primeira foi feita pelo método do torrão, secado ao ar, coberto com Saran (Brasher *et al.* 1966), a segunda pelo método do picnômetro (Blake 1965) e a porosidade foi calculada pela fórmula  $\% P = 100 (1 - d_a/d_r)$ .

A mudança de volume do solo (expansão e contração) foi realizada com blocos de solo coletados no



FIG. 5. Paisagem da região onde ocorre o solo Acegud.



FIG. 6. Perfil modal do solo Bagé.

campo e cobertos com Saran (Holtz 1965, Brasher *et al.* 1966).

Estes blocos foram trazidos ao laboratório, umedecidos e equilibrados numa coluna de água de 30 cm de altura, em funis com placa porosa. O volume dos blocos foi determinado quando úmidos e depois de secados a 110°C, pelo princípio de Arquimedes, através de pesagem, fora e dentro da água.

Com base na densidade aparente com o solo úmido equilibrado a 30 cm de altura ( $D_{au}$ ) e na densidade aparente com o solo secado ao ar ( $D_{as}$ ), foram calculados os índices de expansão linear pela fórmula (Grossman *et al.* 1968):

$$COLE = \sqrt[3]{\frac{D_{as}}{D_{au}}}$$

Deve-se notar que foram usados aqui limites maiores (secagem ao ar até 0,03 atm.) que os usados por Grossman *et al.* (1968) (Secagem ao ar até 0,3 atm.) mas os princípios gerais são os mesmos.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista que foram estudados vários aspectos, os mesmos serão discutidos separadamente.

##### *Análise granulométrica*

Pelas curvas de distribuição granulométrica (Fig. 9 e 10) dos solos Bagé e São Gabriel vemos que



FIG. 7. Paisagem da região onde ocorre o solo Bagé.

há uma diferenciação textural pronunciada. O horizonte A é de textura grosseira, sempre com menos de 20% de fração argila ( $< 2,0 \mu$ ). Apresentam um horizonte B com um relativo acúmulo de fração argila, especialmente de argila fina ( $< 0,2 \mu$ ). Parte da argila fina acumulada no B parece ter sido eluviada do horizonte A. No horizonte B destes solos, 80% da fração argila é argila fina. Sob este aspecto há uma boa correlação com Grumussolos americanos ("Houston Black Clay" e "San Saba Clay") citados por Kunze e Templin (1956) e por Nelson *et al.* (1960), respectivamente. Tal acúmulo de argila fina está ligado ao tipo de mineral, que, segundo Goedert (1967) é principalmente montmorilonita. A predominância de argila fina influi consideravelmente em algumas propriedades físicas, tais como consistência, permeabilidade, porosidade, variações de volume, as quais serão discutidas a seguir.

O solo Aceguá (Fig. 11) é o que apresenta menor diferenciação textural, sendo que apenas o horizonte A<sub>11</sub> mostra um início de lixiviação e eluviação de ar-

gila. Vê-se que o horizonte A<sub>12</sub> é o mais argiloso, concordando com o fato de não existir um B argílico. O teor de fração argila deste A<sub>12</sub> é superior a 70%, sendo mais da metade argila fina. Em outras palavras, a argila fina representa cerca de metade da fração sólida.

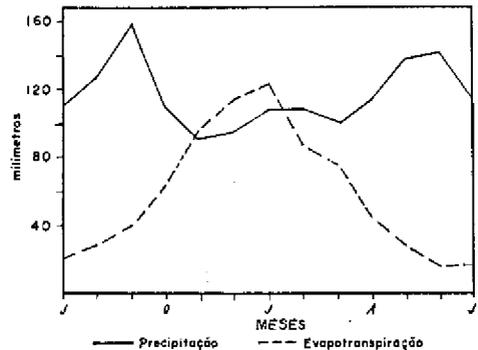


FIG. 8. Precipitação e evapotranspiração na Região da Campanha, RS (Mota & Goedert 1967).

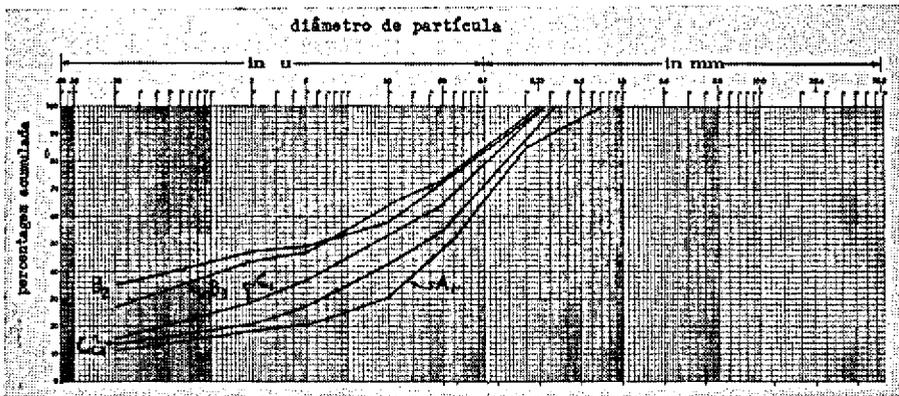


FIG. 9. Curvas de distribuição granulométrica dos diversos horizontes do solo Bagé.

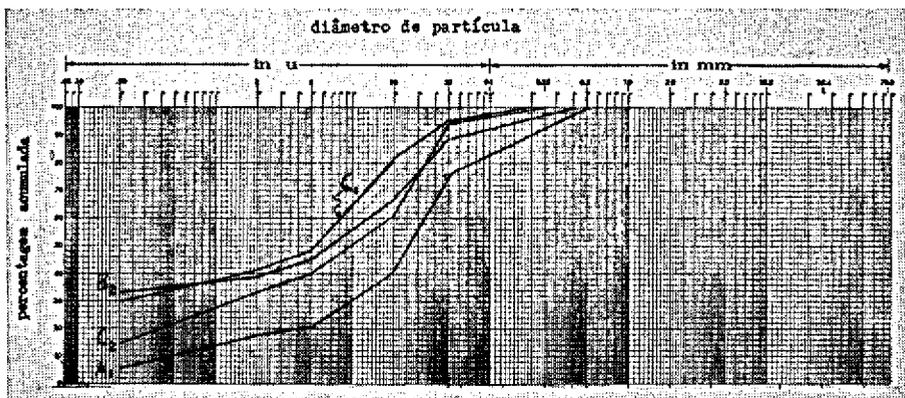


FIG. 10. Curvas de distribuição granulométrica dos diversos horizontes do solo São Gabriel.

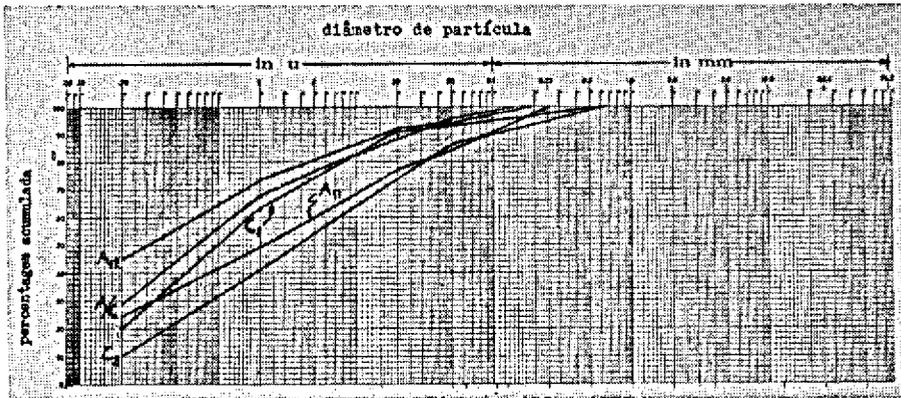


FIG. 11. Curvas de distribuição granulométrica dos diversos horizontes do solo Acegud.

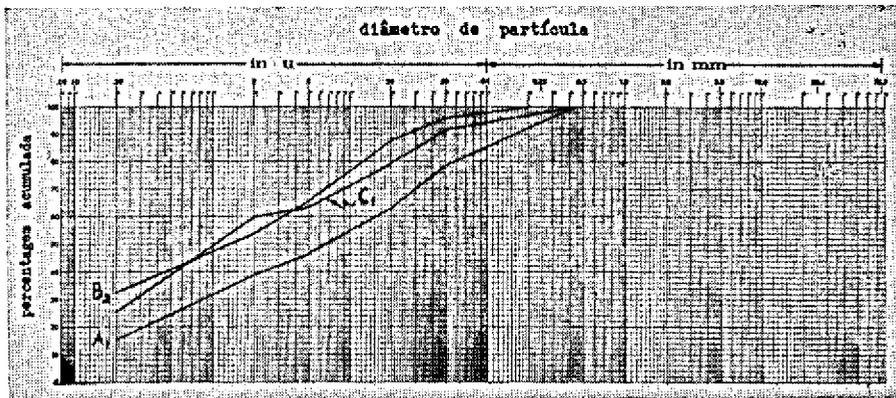


FIG. 12. Curvas de distribuição granulométrica dos diversos horizontes do solo Hulha Negra.

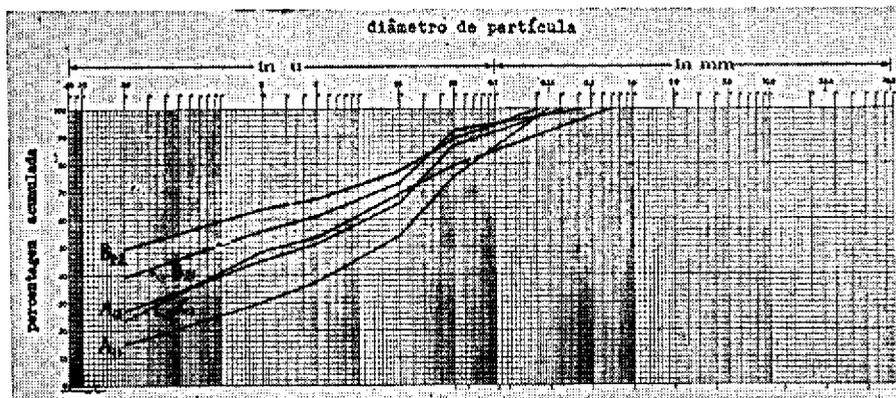


FIG. 13. Curvas de distribuição granulométrica dos diversos horizontes do solo Pirai.

Os solos Hulha Negra e Pirai apresentam uma diferenciação textural média (Fig. 12 e 13), especialmente o segundo.

Apesar de apresentarem um horizonte A de textura mais grosseira que os outros horizontes, esse A é relativamente mais pobre em fração areia, comparado ao dos solos Bagé e São Gabriel.

Pelas curvas de granulometria nota-se que todos os solos são abundantes em fração silte (50 a  $2\mu$ ). Isto é especialmente verdadeiro para os horizontes de transição com a rocha matriz, comprovando que esta é de textura fina, conforme Pinto (1966).

A forma das curvas de distribuição granulométrica, nos diversos solos, é diferente. Nos solos Bagé e São Gabriel (derivados da formação Palermo) a distribuição é segundo uma curva côncava enquanto nos outros solos (derivados da formação Rio do Rasto) é uma reta ou curva convexa. Estas diferentes formas de distribuição granulométrica se devem às dis-

tintas condições ambientais por ocasião da deposição das rochas sedimentais e da mineralogia das mesmas.

Numa comparação entre a granulometria dos cinco solos, pode-se afirmar que:

a) os solos Bagé e São Gabriel apresentam diferenciação textural entre horizontes mais pronunciada que os solos Pirai e Hulha Negra e este, mais que o solo Aceguá; estas diferenças serão evidenciadas quando tais solos forem classificados;

b) todos os solos possuem elevado teor de argila fina, fato que está relacionado à mineralogia e ao material de origem; esta textura fina é característica dos Grumusolos, como se pode constatar em Kunze e Templin (1956) e em Nelson *et al.* (1960);

c) todos os solos são ricos em fração silte em função da rocha matriz; tal característica distingue estes solos dos solos tropicais, Latossolos ou Oxissolos, que normalmente são pobres em silte.

#### Porosidade

Os valores de densidade real, densidade aparente e porosidade estão no Quadro 1.

QUADRO 1. Constantes volumétricas dos solos estudados

Solo	Horizonte	Prof. (cm)	Densidade real <sup>a</sup>	Densidade aparente <sup>b</sup>	Porosidade (%)
Bagé	A <sub>1</sub>	0-13	2,36	1,45	39
"	B <sub>2</sub>	13-42	2,45	1,82	26
"	B <sub>3</sub>	42-50	2,52	1,78	29
"	Cca	50-63	2,56	1,84	28
São Gabriel	A <sub>1</sub>	0-42	2,37	1,47	38
" "	B <sub>2</sub>	42-60	2,60	1,88	28
" "	B <sub>3</sub>	60-80	2,67	1,95	27
" "	C <sub>1</sub>	80-200	2,50	2,01	21
Pirai	A <sub>11</sub>	0-14	2,29	1,48	35
"	A <sub>12</sub>	14-28	2,48	1,72	31
"	B <sub>21</sub>	28-45	2,48	1,73	30
"	B <sub>22</sub>	45-65	2,52	1,86	26
H. Negra	A <sub>1</sub>	0-33	2,34	1,47	38
"	B <sub>2</sub>	33-60	2,38	1,66	31
"	C <sub>1</sub>	60-90	2,50	1,72	31
Aceguá	A <sub>11</sub>	0-20	2,30	1,47	36
"	A <sub>12</sub>	20-43	2,40	1,57	35
"	A/C	43-50	2,50	1,70	30
"	C <sub>1</sub>	50-62	2,40	1,68	30

<sup>a</sup> Média de 3 determinações.

<sup>b</sup> Solo secado ao ar.

A densidade real do horizonte A<sub>1</sub> de todos os solos é mais baixa, pela influência da matéria orgânica. Com exceção do solo São Gabriel, os demais apresentam uma densidade real em torno de 2,50, valor médio para os solos minerais. A densidade do solo São Gabriel é mais alta que a do quartzo (2,65). A mineralogia deste solo deve ser a responsável por tal fato.

A densidade aparente, de uma maneira geral, é muito alta quando comparada às densidades da maioria dos solos, que é em torno de 1,5. Também neste caso, o horizonte superficial apresenta valores um pouco inferiores, devido à ação estruturadora da matéria orgânica.

Dudal (1965) cita que os Grumussolos apresentam densidade aparente alta, sendo que no Texas, USA, valores de até 2,1 foram encontrados. Assim, os valores determinados estão de acordo com os de outros solos semelhantes.

A densidade aparente foi obtida com torrões secados ao ar, sendo válida para torrões. A densidade de um pedon naturalmente será menor, em vista dos espaços entre os blocos. Isto é especialmente verdadeiro para solos que variam de volume conforme o estado de umidade, como é o caso presente. Por outro lado, a densidade do solo em condições naturais de umidade nunca vai ser tão alta.

A dificuldade na penetração de raízes em solos com alta densidade tem sido verificada com fre-

qüência (Dudal 1965), o que explica a pouca adaptação de culturas, com sistema radicular profundo, neste tipo de solo.

A porosidade total, de um modo geral, é baixa em consequência da alta densidade aparente. No horizonte A a porosidade varia de 35 a 40% e, nos demais, é sempre inferior a 31%. Evidentemente, esta porosidade é baixa em torrões, devendo ser mais alta em pedons.

A baixa porosidade tem reflexos negativos na permeabilidade nas relações água-ar do solo. Isto é especialmente verdadeiro quando tais solos ocorrem em áreas planas ou em depressões, onde o excesso de água da chuva, não raro, permanece na superfície. A drenagem, tanto natural como artificial, é dificultada. A existência do mosqueado (cinza amarelado) é consequência dessa imperfeita drenagem interna. Nos solos Bagé e São Gabriel, o mosqueado ocorre a menor profundidade do que nos demais solos, visto que seu relevo é mais plano. Pelo Quadro 1 verifica-se que, coincidentemente, a camada com baixa porosidade, nestes dois solos, está a uma menor profundidade.

A baixa permeabilidade, associada à pobre estruturação na superfície, pode tornar estes solos muito susceptíveis à erosão, especialmente quando cultivados.

#### Variações de volume

No quadro 2 são apresentados os valores de expansão de alguns solos.

QUADRO 2. Expansão volumétrica e linear dos solos Bagé, Aceguá e Hulha Negra

Solo	Horizonte	Volume a 110°C (cm <sup>3</sup> )	Volume úmido (cm <sup>3</sup> ) <sup>a</sup>	Umidade (%)	Expansão volumétrica <sup>b</sup> (%)	Coefficiente expansão-linear (Cole)
Bagé	A	256	277	29	8	0,038
"	B	318	432	31	36	0,097
"	C	340	504	38	48	0,135
Aceguá	A	103	119	25	16	0,072
"	A/C	334	515	47	54	0,130
"	C	406	575	44	42	0,134
H. Negra	A	360	455	32	26	0,045
"	B	283	430	41	55	0,120
"	C	236	375	47	59	0,162

<sup>a</sup> Equilibrado com a tensão de uma coluna de água de 30 cm de altura.

<sup>b</sup> Baseado no volume seco a 110°C.

A expansão do horizonte A é mais baixa, especialmente no solo Bagé, que como foi visto possui textura arenosa.

As camadas subsuperficiais apresentam valores bastante altos, porém, normais para este tipo de solo. Johnston e Hill (1944) determinaram que o solo "Houston Black Clay" apresentava até 60% de expansão, quando o solo tinha 45% de umidade. Dudal (1965) citou que os Grumusolos apresentam, no mínimo, 25% de aumento de volume, podendo atingir valores superiores a 50%. Os solos Aceguá e Hulha Negra se enquadram bem nestas cifras.

As amostras que apresentam alta expansão volumétrica também mostram elevados índices de expansão linear. Segundo Grossman *et al.* (1968), solos que apresentam acima de 0,100 Cole são altamente expansivos.

Comparando os dados do Quadro 2 com as conclusões obtidas pela granulometria, vê-se que há uma correlação muito boa. O horizonte A do solo Bagé tem textura arenosa e apresenta uma baixa expan-

são. O horizonte A dos outros solos é mais argiloso e apresenta uma média expansão. Nos horizontes B e C predominava a fração argila fina, coloidal, e justamente estes horizontes apresentam alto índice de expansão.

Também a granulometria e a expansão estão relacionadas à mineralogia. Segundo Goedert (1967), nesses solos há predominância de argilas 2:1 expansivas.

Os altos índices de expansão e contração, aliados à seca de verão, causam aparecimento de fendas no solo (Fig. 4 e 6) e, conseqüentemente, dificultam a conservação de obras de engenharia. Também as raízes das plantas, especialmente as novas, estão sujeitas à danificação.

As variações de volume do solo podem causar a elevação da superfície do mesmo e mudar a distribuição de poros (White 1962). A elevação da superfície terá como conseqüência a formação de microrrelêvo em forma de "gilgai" (Edelman & Brinkman 1962). Apenas na região onde ocorre o solo Aceguá nota-se algum "gilgai".

QUADRO 3. Limites de consistência e classificação para fins de engenharia, segundo os sistemas A.A.S.H.O.<sup>a</sup> e Unified.<sup>b</sup>

Solo	Horizonte	Lim. Plast.	Lim. Liq.	Ind. Plast.	Classificação	
					A.A.S.H.O.	Unified
Bagé	A <sub>1</sub>	21.8	31.6	9.8	A — 4(1)	CL
"	B <sub>2</sub>	25.7	65.0	39.3	A — 7-6(18)	CH
"	B <sub>3</sub>	31.1	75.2	44.1	A — 7-5(20)	CH
"	Cca	34.6	63.2	28.6	A — 7-5(18)	CH
São Gabriel	A <sub>1</sub>	21.6	40.8	19.2	A — 7-6(12)	CL
" "	B <sub>2</sub>	30.1	71.0	40.9	A — 7-6(20)	CH
" "	B <sub>3</sub>	25.5	79.0	53.5	A — 7-6(20)	CH
" "	C <sub>1</sub>	19.4	79.0	59.6	A — 7-6(20)	CH
Aceguá	A <sub>11</sub>	31.3	54.8	23.5	A — 7-5(15)	CH
"	A <sub>12</sub>	37.5	78.0	40.5	A — 7-5(20)	CH
"	A/C	34.8	81.5	46.7	A — 7-5(20)	CH
"	C <sub>1</sub>	32.4	65.5	31.1	A — 7-5(20)	CH
"	C <sub>2</sub>	28.6	52.9	24.3	A — 7-6(16)	CH
II. Negra	A <sub>1</sub>	26.8	52.5	25.7	A — 7-6(17)	CH
"	B <sub>2</sub>	32.3	70.0	39.7	A — 7-6(20)	CH
"	C <sub>1</sub>	37.3	91.5	54.2	A — 7-5(20)	CH
Piraj	A <sub>11</sub>	31.4	57.0	25.6	A — 7-5(18)	CH
"	A <sub>12</sub>	32.2	61.5	28.3	A — 7-5(19)	CH
"	B <sub>12</sub>	32.8	70.5	37.7	A — 7-5(20)	CH
"	B <sub>22</sub>	31.0	93.0	62.0	A — 7-5(20)	CH
"	Cca	26.5	71.5	45.0	A — 7-5(20)	CH

<sup>a</sup> Baseado no sistema aprovado pela "American Association of State Highway Officials" (Soil Survey 1958).

<sup>b</sup> Baseado no sistema de classificação da "Unified Soil Classification System" (U.S. Army 1953).

As fendas têm um grande efeito no conteúdo de umidade do solo, visto que facilitam a evaporação superficial, mormente quando há ventos (Adams & Hanks 1964). O cultivo, mantendo uma camada superficial do solo bem solta, a qual fecharia as fendas na parte superior, talvez elimine este problema.

#### *Limites de Consistência*

Os limites de consistência, limite de plasticidade, limite de liquidez e índice de plasticidade são apresentados no Quadro 3.

O índice de plasticidade, calculado pela diferença entre o limite de plasticidade e o de liquidez, apresenta valores bastante altos. A faixa de umidade em que o solo permanece em estado pastoso é muito larga, devido ao alto poder de retenção desta água pelas partículas do solo, nos microporos.

Os valores mais altos do limite de liquidez foram encontrados no horizonte B ou no C. São estes horizontes que apresentam uma textura mais fina e uma maior expansão. O tipo de argila (montmorilonita) exerce grande influência, por ter alta força de retenção de água, em razão de sua grande superfície específica. Em alguns horizontes, o limite de liquidez se aproxima de 100, o que significa que um determinado peso de solo retém igual peso de água, sem perder as características do estado pastoso.

No Quadro 3 é também apresentada a classificação dos solos para fins de engenharia, segundo os sistemas A.A.S.H.O. e Unified.

Segundo o sistema A.A.S.H.O., os materiais classificados nas categorias A-1 até A-4 são geralmente bons para fins de obras de engenharia, enquanto que os classificados em A-5 até A-7 sempre apresentam algum problema. Estes usualmente são formados por argilas muito plásticas, de baixa força de coesão entre partículas quando o material está úmido. A classificação por esse sistema inclui ainda um número índice que varia de 0 a 20, sendo zero para o melhor material e 20 para o pior. Pelo Quadro 3 vê-se que, com exceção do horizonte A do solo Bagé, todos os demais são classificados como A-7. Além disto, mais de 50% dos horizontes apresentam um número índice de 20. Assim, estes solos são classificados como pobres para uso em engenharia.

Segundo o sistema Unified, tanto os materiais classificados como CL como os em CH são pobres para uso em fundações, sendo usados em centros impermeabilizantes. Máquinas especiais são necessárias para materiais com essas características. Usando qualquer das classificações, constata-se terem esses solos grandes limitações para trabalhos de engenharia, necessitando sempre cuidados especiais.

## CONCLUSÕES

Com base nas determinações feitas (análise granulométrica, porosidade, expansão e consistência), concluiu-se que os solos desenvolvidos sobre argilitos e siltitos das formações Rio do Rasto e Palermo, no sudoeste do Rio Grande do Sul, apresentam propriedades físicas adversas ao cultivo e à estabilidade de fundações.

Todos os solos possuem alta densidade, aparente, apresentando problemas quanto à penetração de raízes. A baixa porosidade é um dos fatores responsáveis pela pouca permeabilidade e pela má relação água-ar destes solos.

A alta expansão volumétrica causa o aparecimento de fendas, as quais facilitam a evaporação superficial e dificultam a conservação das obras de engenharia.

A alta consistência dificulta o trabalho mecânico, já que os solos são muito plásticos e pegajosos quando molhados e muito duros quando secos.

Com base no conhecimento dessas propriedades físicas adversas ao cultivo, recomenda-se:

- a) se possível, não perturbar toda a superfície do solo, e quando necessário, fazê-lo no momento em que o solo esteja com umidade adequada;
- b) usar, permanentemente, práticas conservacionistas adequadas; com respeito à pecuária, o controle do deslocamento dos animais pode auxiliar no combate à erosão;
- c) manter ou incrementar o teor de matéria orgânica, através de restos de culturas;
- d) diminuir o uso de máquinas pesadas no manejo do solo, para não formar uma camada superficial compacta; esta dificultaria a penetração de água da chuva, que assim tenderia a escorrer na superfície, causando a erosão.

## REFERÊNCIAS

- Adams, J.E. & Hanks, R.J. 1964. Evaporation from soil shrinkage cracks. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 28:281-284.
- Blake, G.R. 1965. Bulk density. p. 374-390. In Black, C.A. et al. (ed), *Methods of soil analysis*. Agronomy n.º 9. Am. Soc. Agron. Inc. Publ., Madison, Wis.
- Brasher, B.R., Franzmeir, D.P., Valassis, V. & Davidson, S. E. 1966. Use of saran resin to coat natural soil clods for bulk density and water retentions measurements. *Soil Sci.* 101(2):108-109.
- Day, P. R. 1965. Particle fractionation and particle-size analysis p. 545-566. In Black, C.A. et al. (ed), *Methods of soil analysis*. Agronomy n.º 9. Am. Soc. Agron. Inc. Publ., Madison, Wis.
- Dudal, R. 1963. Dark clay soils of tropical and subtropical regions F.A.O. Roma. 114 p.
- Edelman, C.H. & Brinkman, R. 1962. Physiography of gley soils. *Soil Sci.* 94(6):366-370.
- Formoso, M.L.L. & Figueiredo, P.M. 1966. Estudo sedimentológico do Grupo Guatá. *Publ. esp. n.º 12, Esc. Geol. Univ. Fed. Rio Grande do Sul, Porto Alegre.* 19 p.
- Goedert, W.J. 1967. Contribuição ao estudo das argilas dos solos do Rio Grande do Sul. *Pesq. agropec. bras.* 2:245-258.

- Grossman, R.B., Brasher, B.R., Franzmeier, D.P. & Walker, J.L. 1968. Linear extensibility as calculated from natural clod bulk density measurements. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 32(4):570-573.
- Holtz, W. G. 1965. Volume change. p. 448-465. In Black, C.A. et al. (ed.), *Methods of soil analysis*, Agronomy n.º 9, Am. Agron. Inc. Publ., Madison, Wis.
- Johnston, J.R. & Hill, H.O. 1944. A study of the shrinking and swelling properties of rendzina soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 9:24-29.
- Kunze, G.W. & Templin, E.H. 1956. Houston black clay, the type grumusol. II. Mineralogical and chemical characterization. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 20(1):91-96.
- Lemos, R.C., Abrão, P.U.R., Azolin, M.A.D., Carvalho, A.P., & Santos, M.C.L. 1967. O solo na cultura do trigo no Brasil. *Boim n.º 37*, Serv. Inf. Agric., Rio de Janeiro. 80 p.
- Mota, F.S. & Goedert, C.O. 1966. Evapotranspiração potencial do Rio Grande do Sul. *Pesq. agropec. bras.* 1:155-163.
- Nelson, L. A., Kunze, G. W. & Godfrey, C. L. 1960. Chemical and mineralogical properties of San Saba clay, a grumusol. *Soil Sci.* 89:122-131.
- Pinto, I.D. et al. 1966. Geology of the State of Rio Grande do Sul-Brasil (Synopsis). Publ. esp. n.º 11, Esc. Geol. Univ. Fed. Rio Grande do Sul, Pôrto Alegre. 21 p.
- Secretaria da Agricultura. 1967. Síntese de observações meteorológicas. *Serv. Ecol. Agric. Secret. Agric. Rio Grande do Sul.* 215 p.
- Soil Survey 1958. Brazos County Texas. *Soil Conserv. Serv. U.S. Depart. Agric. Washington, D.C.* 152 p.
- Sowers, G.F. 1965. Consistency, p. 391-399. In Black, C.A. et al. (ed.), *Methods of soil analysis*, Agronomy n.º 9, Am. Soc. Agron. Inc. Publ., Madison, Wis.
- U.S. Army 1953. Unified soil classification system. *Technical Memorandum n.º 3.357.* 12 p.
- White, E.M. 1962. Volume changes in some clay soils. *Sci.* 94:168-172.

## CHARACTERIZATION OF GRUMUSOLS OF SOUTHWESTERN RIO GRANDE DO SUL. I. PHYSICAL PROPERTIES LIMITING THEIR USE

### Abstract

A study of the physical properties that made cultivation difficult were made on five pedons of the soil units of Bagé, São Gabriel, Pirai, Hulha Negra and Aceguá. With the exception of the São Gabriel soil, they have been classified provisionally as Grumusols by the Division of Pedology and Soil Fertility. These soils occur in the central depression of Rio Grande do Sul on clays and silts of the geological groups Passa-Dois and Tubarão.

All of the soils had the following characteristics: (a) indication of high plasticity, being classified as materials with limitations for engineering work; (b) high bulk density and low porosity; (c) high volumetric expansion (up to 59%); (d) fine granulares being specially high in fine clay (< 0.2 micron).

Some practical recommendations are suggested based on the limitations of the physical properties of these soils for cultivations.