

PEDOLOGIA.

OS SOLOS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (SEGUNDA PARTE)

JOSÉ SETZER

Em seu nº 20, correspondente a julho de 1955, publicou o Boletim Paulista de Geografia a primeira parte do estudo sobre os solos do município de São Paulo, de autoria do Engº JOSÉ SETZER, sócio efetivo da A. G. B. e consultor técnico em pedologia do Conselho Nacional de Geografia.

No presente número, aparece a segunda parte do referido estudo, em que são focalizadas as características físicas dos solos paulistanos, devendo a conclusão aparecer no próximo número.

Infelizmente, por motivos contrários à nossa vontade, não pudemos passar as 57 amostras, aqui apresentadas, por todos os ensaios físicos e químicos. Nas tabelas de resultados analíticos, núms. 2 a 15, figuram, porém numerosos dados. Já nos referimos à significação dos dados químicos. Trataremos a seguir dos físicos, na ordem em que aparecem nas tabelas.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SOLOS

Côr do solo: — Usamos a tabela "Munsell Color Chart", hoje universalmente adotada em geologia, pedologia, arqueologia e matérias afins que lidam com cores resultantes de misturas de amarelo e vermelho com branco e preto. Contém a tabela (16) uma sucessão de 264 cores, entre as quais muitas outras podem ser achadas por interpolação.

A primeira desinência vai desde 7½R (vermelho bastante vivo), passando por 10R (menos vivo), 2½YR (vermelho pouco amarelado), 5YR (muito amarelado), 7½YR (amarelo avermelhado), 10YR (amarelo um pouco avermelhado), 2½Y (amarelo puro) e finalmente 5Y (amarelo-canário, algo esverdeado).

A segunda desinência é grafada em forma de fração, cujo numerador vai de 1 (negro) a 10 (branco), enquanto o denomina-

TABELA N.º 2
Características físicas de 9 solos dos grupos 1 e 2

| Tipo de solo | 1-b | 1-c | 1-c | 1-c | 1-c | 1-d | 1-d | 2-a | 2-a |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------------|-------------------|--------------|----------------|--------------|---------------|
| N.º da amostra ... | T-269 | T-257 | T-258 | T-259 | T-260 | T-278 | T-792 | T-99 | T-899 |
| Horizonte genético. | A | A | A | A-B ₁ | A-B ₁ | A | A ₂ | A | A |
| Profundidade, cm.. | 0-25 | 0-30 | 0-30 | 0-30 | 0-30 ¹ | 0-30 | 0-30 | 0-35 | 0-35 |
| Côr (Munsell) | 2½Y 5/3 | 10YR 5½/3 | 10 YR 6/3 | 10YR 6/3 ½ | 7½YR 6/3 | 10YR 5,3½ | 5YR 6/7 | 10YR 4½/3 | 10YR 4½/2½ |
| Teor total % em peso | | | | | | | | | |
| Seixos | 10 | 9 | 5½ | 4 | 3 | 2 | 0,0 | 0,0 | 6 |
| Areia grossa | 57 | 49 | 51 | 50 | 47 | 48 | 39 | 34 | 36 |
| Areia fina | 17 | 20 | 21 | 23 | 25 | 24 | 28 | 29 | 23 |
| Silte | 7 | 10 | 9 | 8 | 10 | 12 | 15 | 18 | 13 |
| Argila | 9 | 12 | 13½ | 15 | 16 | 14 | 18 | 24 | 20 |
| Textura (Vageler) .. | AB | AL | AL | AL | BA | BA | BL | BL | BA |
| Módulo de finura .. | 248 | 267 | 274 | 280 | 291 | 298 | 312 | 327 | 303 |
| Arg. nat., % peso .. | 1,5 | 1,0 | 0,5 | 1,8 | 2,0 | 1,5 | 1,2 | 2,2 | 1,0 |
| Ativid. coloid., % .. | 16½ | 8,3 | 3,7 | 12 | 12½ | 10½ | 6½ | 9,2 | 5,0 |
| Pêso espe- cif. g/cm ³ | | | | | | | | | |
| { apa- { rente { real | 1,30 2,62 | 1,25 2,66 | — 2,65 | 1,30 2,64 | — 2,63 | 1,25 2,67 | — 2,69 | 1,16 2,71 | 1,22 2,69 |
| Porosida- de % vol. (mínima) | 50½ 33 | 49 34 | — 34 | 51 36 | — 37 | 53 36 | — 34 | 56½ 40 | 55 37 |
| Retenção água % em peso .. | | | | | | | | | |
| Seco ao ar .. | 2,2 | 2,0 | 2,1 | 2,5 | 2,6 | 1,7 | 1,9 | 4,0 | 2,9 |
| Higroscópica .. | 4,9 | 5,1 | 5,3 | 6,0 | 6,6 | 6,2 | 6,5 | 10 | 9,5 |
| Ag. indisponív. | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 13 | 15 | 17 | 17 |
| Umid. equival. | 16 | 18 | 17 | 20 | 20 | 19 | 22 | 29 | 26 |
| Lim. saturação .. | 25 | 29 | 27 | 32 | 34 | 28 | 35 | 41 | 40 |
| Água encon- trada | 12 | 14 | — | 16 | — | 15 | — | 20 | 19 |
| pC, atmosferas ... | 0,10 | 0,14 | — | 0,18 | — | 0,153 | — | 0,45 | 0,47 |
| pF (Índice) | 2,01 | 2,15 | — | 2,25 | — | 2,18 | — | 2,65 | 2,67 |
| Permeabilid mm/dia | 190 | 41 | — | 15 | — | 77 | — | 1,2 | 1,0 |
| Resist. à erosão .. | 23 | 25 | — | 28 | — | 31 | — | 35½ | 38 |
| Água combinada, % peso | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,3 | 5,7 | 11,6 | 18,1 | 16,0 |

dor vai de zero (ausência de coloração da primeira desinência) até 8 (côres vermelhas ou amarelas as mais vivas possíveis em solos).

Pessoalmente preferimos a antiga tabela de Ostwald, que emprega apenas 2 letras e um algarismo para cada côr. Últimamente, porém, generalizou-se o uso da tabela Munsell, considerada mais especializada para solos.

Pelo exame dos quadros aqui anexos vê-se que não há na região de São Paulo côres vermelhos isentas de tonalidade amarela, excetuando-se, evidentemente, as carapaças limoníticas, relíquias de antigo clima de extrema laterização. Os climas mais recentes mantiveram o sesquióxido de ferro em estado de considerável hidratação.

TABELA N.º 3

Características químicas de 9 solos dos grupos 1 c 2

| Tipo de solo | 1-b | 1-c | 1-c | 1-c | 1-c | 1-d | 1-d | 2-a | 2-a |
|---|--------------------------------------|-------|-------|------------------|------------------|-------|----------------|-------|-------|
| N.º da amostra | T-269 | T-257 | T-258 | T-259 | T-260 | T-273 | T-792 | T-99 | T-399 |
| Horiz. genético | A | A | A | A-B ₁ | A-B ₁ | A | A ₂ | A | A |
| Profundidade, cm. | 0-25 | 0-30 | 0-30 | 0-30 | 0-30 | 0-30 | 0-30 | 0-35 | 0-35 |
| Complexo coloidal mineral % em peso | Total | 17,3 | 18,4 | 19,9 | 21,5 | 22,8 | 32,7 | 29,2 | 31,1 |
| | SiO ₂ | 8,0 | 8,6 | 9,1 | 10,2 | 10,3 | 14,0 | — | 13,3 |
| | Al ₂ O ₃ | 7,2 | 7,4 | 8,1 | 8,5 | 9,0 | 12,6 | — | 11,2 |
| | Fe ₂ O ₃ | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 2,1 | 2,6 | 5,2 | — | 6,0 |
| | TiO ₂ | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | — | 0,6 |
| Índice molec. Sa | | 1,88 | 1,97 | 1,95 | 2,05 | 1,96 | 1,89 | — | 2,02 |
| | Saf | 1,64 | 1,69 | 1,67 | 1,77 | 1,65 | 1,49 | — | 1,59 |
| Húmus, % em peso | 3,0 | 1,7 | 1,6 | 2,0 | 2,5 | 3,6 | 0,95 | 4,5 | 3,2 |
| Azoto tot., % peso | 0,14 | 0,09 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,17 | 0,06 | 0,30 | 0,12 |
| C/N (índice) | 12½ | 11,0 | 11,6 | 11,6 | 12,0 | 12 | 9 | 13 | 15 |
| pH | internac. | 5,0 | 5,1 | 4,8 | 5,4 | 5,2 | 4,8 | 5,4 | 5,3 |
| | sol. salina | 4,3 | 4,4 | 4,3 | 4,5 | 4,3 | 4,4 | 4,4 | 4,4 |
| Milequivalentes por 100 g de solo seco ao ar (ME/100 g) | Cálcio troc. | 0,60 | 0,40 | 0,30 | 0,85 | 0,70 | 0,25 | 0,70 | 3,0 |
| | Potássio " | 0,10 | 0,08 | 0,10 | 0,07 | 0,12 | 0,06 | 0,09 | 0,08 |
| | Magnésio " | 0,03 | 0,06 | 0,05 | 0,10 | 0,06 | 0,04 | 0,24 | 0,30 |
| | Manganês " | 0,020 | 0,010 | 0,010 | 0,015 | 0,020 | 0,006 | 0,012 | 0,008 |
| | Amônio " | 0,020 | 0,005 | 0,005 | 0,010 | 0,015 | 0,025 | 0,010 | 0,025 |
| | Alumínio " | 1,2 | 1,1 | 1,9 | 0,6 | 0,95 | 2,5 | 1,1 | 0,7 |
| | Hidrogên. " | 8 | 6½ | 7 | 7 | 9 | 10 | 7 | 6 |
| | Soma bases " | 0,80 | 0,60 | 0,50 | 1,05 | 0,95 | 0,4 | 1,1 | 3,5 |
| Capac. troca | 10 | 8½ | 9,4 | 8,7 | 10,8 | 12,9 | 9¼ | 12¼ | |
| Saturação catiônica | 8,0 | 6,8 | 5,3 | 12 | 8,8 | 3,1 | 12 | 28½ | |
| Milequival. por 100 g solo seco | Fósforo troc. | 0,35 | 0,45 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,25 | 0,9 | 0,6 |
| | " dispon. | 0,07 | 0,15 | 0,10 | 0,25 | 0,15 | 0,05 | 0,11 | 0,30 |
| | " solúvel | 0,010 | 0,015 | 0,010 | 0,030 | 0,020 | 0,005 | 0,007 | 0,020 |
| | Sulfatos " | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | — | — | 0,002 |
| | Nitratos " | 0,005 | 0,003 | 0,002 | 0,008 | 0,005 | — | 0,010 | 0,015 |
| | Cloratos " | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | — | — | 0,000 |

É possível que as tonalidades amarelas indiquem também notável contribuição da alumina bem hidratada no complexo coloidal mineral.

Das 57 amostras, 25 deram primeira designação 10YR (amarelo pouco avermelhado), 14 deram 5YR (vermelho muito amarelado), 11 deram 2½Y (amarelo puro), 4 foram amarelas avermelhadas 7½YR, e finalmente 3 deram coloração vermelha amarelada (solos dos tipos 17-b e 17-c). Somente na profundidade de 3 ou 4 metros destes últimos podem ser notadas cores vermelhas vivas quase isentas de tonalidade amarela.

Todas estas cores são de solo seco ao ar. Quando úmido, ficam elas mais escuras e mais acentuadas, o cinzento passando a preto e o rosa a vermelho. O preto mascara então as tonalidades amarela e vermelha quando fracas. Assim, quando o numerador

TABELA N.º 5
Características químicas de 8 solos dos grupos 3 e 4

| Tipo de solo | 3-b | 3-b | 3-b | 3-b | 4-a | 4-a | 4-b | 4-b |
|--|--------------------------------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| N.º da amostra | T-242 | T-270 | T-271 | T-272 | T-42 | T-497 | T-744 | T-745 |
| Horiz. genético | A | A | A ₁ | A | A | A | A | A ₂ |
| Profundidade, cm | 0-25 | 0-30 | 0-30 | 0-25 | 0-30 | 0-25 | 0-30 | 0-30 |
| Complexo coloidal mineral % em peso | Total | 9,8 | 10,2 | 13,0 | 12,1 | 32 | 66 | — |
| | SiO ₂ | 4,2 | 4,8 | 6,8 | 5,9 | 12 | 22 | — |
| | Al ₂ O ₃ | 3,9 | 3,9 | 4,6 | 4,4 | 10 ½ | 23 | — |
| | Fe ₂ O ₃ | 1,5 | 1,3 | 1,4 | 1,6 | 7 | 18 | — |
| | TiO ₂ | 0,20 | 0,21 | 0,24 | 0,30 | 2,5 | 3,0 | — |
| Índice molec. Sa | | 1,83 | 2,11 | 2,51 | 2,28 | 1,94 | 1,36 | — |
| | Saf | 1,47 | 1,74 | 2,10 | 1,88 | 1,63 | 1,08 | — |
| Húmus, % em peso | 2,5 | 1,6 | 3,4 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,05 | 1,55 |
| Azoto tot. % em peso | 0,12 | 0,08 | 0,13 | 0,10 | 0,15 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |
| C/N (índice) | 12 | 11 ½ | 15 | 14 | 9,8 | 12 | 10,8 | 9,0 |
| pH | internac. | 4,8 | 4,7 | 4,4 | 4,6 | 4,7 | 5,3 | 5,1 |
| | sol. salina | 4,3 | 4,2 | 4,1 | 4,2 | 4,1 | 4,2 | 4,5 |
| Miliéquivalentes por 100 g de solo seco ao ar (ME/100 g) | Cálcio trocável | 0,50 | 0,55 | 0,10 | 0,65 | 0,75 | 1,7 | 0,95 |
| | Potássio | 0,09 | 0,09 | 0,04 | 0,07 | 0,15 | 0,22 | 0,18 |
| | Magnésio | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,08 | 0,12 | 0,36 | 0,14 |
| | Manganês | 0,018 | 0,007 | 0,006 | 0,005 | 0,008 | 0,012 | 0,015 |
| | Amônio | 0,005 | 0,005 | 0,010 | 0,015 | 0,015 | 0,030 | 0,010 |
| | Alumínio | 1,3 | 1,7 | 3,0 | 2,0 | 1,5 | 1,2 | 1,05 |
| | Hidrogênio | 6 | 5 | 9 | 8 | 11 | 11 | 7 ½ |
| | Soma bases | 0,70 | 0,75 | 0,23 | 0,85 | 1,1 | 2,5 | 1,4 |
| | Capac. troca | 8 | 7 ½ | 12 ¼ | 11 | 13 ½ | 14,7 | 11 ½ |
| | Saturação catiônica | 8,7 | 10 | 1,9 | 7,8 | 8 ¾ | 17 | 12 ¼ |
| Miliéquival. por 100 g solo seco | Fósforo troc. | 0,23 | 0,40 | 0,17 | 0,45 | 0,8 | 0,65 | 0,6 |
| | dispon. | 0,03 | 0,09 | 0,05 | 0,06 | 0,10 | 0,29 | 0,11 |
| | solúvel | 0,003 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,009 | 0,012 | 0,010 |
| | Sulfatos | 0,00 | 0,00 | 0,005 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Nitratos | 0,002 | 0,000 | 0,001 | — | 0,005 | 0,012 | 0,010 |
| | Cloratos | 0,000 | 0,000 | 0,00 | — | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Areia grossa = grânulos com diâmetro mínimo de 2 a 0,2 mm.

Areia fina = idem, de 0,2 a 0,02 mm.

Silte = idem, de 0,02 a 0,002 mm.

Argila = com diâmetro médio inferior a 0,002 mm.

Com o método de dispersão usado (2) procura-se destorroar todos os grumos, porém sem partir os grânulos individuais. Como costuma acontecer, os solos fortemente floculados pela acidez ou pela laterização (concrecionamento incipiente) resistiram ao método comum, certa parte das suas argilas aparecendo nos resultados como silte e mesmo como areia fina. Molhando neste caso os grânulos com água e passando o dedo com força, sobre azulejo ou porta-objeto de microscópio, verificamos que o solo dá pasta e não sobram grãos de areia visíveis sob aumento moderado. Não utilizámos,

TABELA N.º 6
Características físicas de 8 solos do tipo 17-a

| N.º da amostra | P-21 | P-21 | P-21 | P-21 | P-34 | P-34 | P-34 | P-34 |
|---|-----------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------|-----------------|-------------|-----------------|
| Horizonte genético | A ₁ | A ₂ | B ₁ | B ₂ | A ₁ | A ₂ | B | C |
| Profundidade, cm | 0-25 | 25-60 | 60-100 | 100-200 | 5-25 | 40-60 | 90-100 | 150-160 |
| Cór (Munsell Col. Ch.) | 7 1/2 YR 4/4 | 7 1/2 YR 5/6 | 5YR 4/6 | 5YR 5/7 | 2 1/2 Y 4 1/2/2 | 10YR 6/3 1/2 | 10YR 5/3 | 10YR 6/4 1/2 |
| Teor total % em peso | | | | | | | | |
| Seixos | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3 | 1,0 | 0,0 | 0,0 |
| Areia grossa | 30 | 31 | 30 | 25,8 | 25 | 35 | 28 | 26 |
| Areia fina | 46 | 37 | 29 | 26,2 | 47 | 43 | 35 | 37 |
| Silte | 13,3 | 17 | 12 | 12,0 | 14 | 13 | 15 | 16 |
| Argila | 10,2 | 15,0 | 29 | 36 | 11 | 18 | 22 | 21 |
| Textura (Vageler) | LA | LA | BL | BL | LA | LA | LA | LA |
| Módulo de finura | 303 | 316 | 340 | 358 | 305 | 313 | 331 | 332 |
| Argila nat. % peso | 0,9 | 0,5 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,0 |
| Ativid. coloidal, % | 8,8 | 3,3 | 1,0 | 0,3 | 7 1/2 | 2 | 2,3 | 0,0 |
| Peso especif. aparente g/cm ³ | 0,96 | 1,15 | 1,16 | 1,19 | 1,12 | 1,23 | 1,29 | 1,28 |
| { real | 2,67 | 2,72 | 2,73 | 2,79 | 2,60 | 2,64 | 2,67 | 2,69 |
| Porosidade natural % em vol. | 64 | 58 | 57 1/2 | 57 | 57 | 53 | 51 1/2 | 52 |
| { mínima | 38 1/2 | 40 | 39 | 37 | 40 | 39 1/2 | 38 1/2 | 39 |
| Retenção d'água % em peso | | | | | | | | |
| Solo seco ao ar | 5,0 | 4,4 | 4,2 | 3,9 | 2,1 | 2,7 | 2,9 | 2,1 |
| Higroscopicid. | 13,1 | 12,1 | 12,6 | 12,8 | 8,5 | 8,9 | 11,8 | 10,2 |
| Ag. indisponiv. | 16,9 | 16,0 | 17,2 | 18,4 | 11 1/2 | 12 1/2 | 16 | 17 |
| Um. equiv. | 26 | 23 | 26 | 28 1/2 | 18 | 19 | 26 | 28 |
| Lim. de saturação | 42 | 37 | 37 | 39 | 41 | 35 | 40 | 40 |
| Ag. encontrada | 17 | 20 | 24 | 30 | 12 1/2 | 14 1/2 | 19 | 22 1/2 |
| pC, atmosferas | 0,38 | 0,69 | 0,82 | 0,95 | 0,23 | 0,44 | 1,37 | 0,78 |
| pF (índice) | 2,43 | 2,84 | 2,91 | 2,98 | 2,36 | 2,64 | 3,14 | 2,89 |
| Permeabilidade, mm/dia | 6,2 | 1,7 | 1,1 | 0,5 | 5 1/2 | 2,5 | 0,044 | 0,16 |
| Resistên. à erosão (ind.) | 25 1/2 | 31 1/2 | 34 1/2 | 38 1/2 | 22 1/2 | 29 | 40 | 42 |
| Ag. combinada, % peso | 7,4 | 9,0 | 16 | 17,6 | 14,2 | 17,4 | 19,7 | 18,1 |

porém, método de dispersão mais violento, justamente por que nos interessa isolar os casos de resistência à dispersão, que é característica edáfica de notável valor prático.

Denominação da textura: Dêmo-la pelo sistema de Vageler, publicado em 1941 (1, diagr. 3). É tratamento interessante, mas demasiadamente matemático, da questão. Por isso damos nas figs. 1 e 2 comparação deste sistema com o oficial (fig. 2) do Ministério da Agricultura norte-americano (março de 1948) (17). Ambos usam o mesmo tamanho de partículas para a definição das frações da análise mecânica. Afim de achar nos diagramas o ponto que representa o solo, os resultados da análise mecânica são agrupados assim: 1) teor total de argila, 2) teor de limo = silte + areia fina, e 3) areia = areia grossa mais seixos.

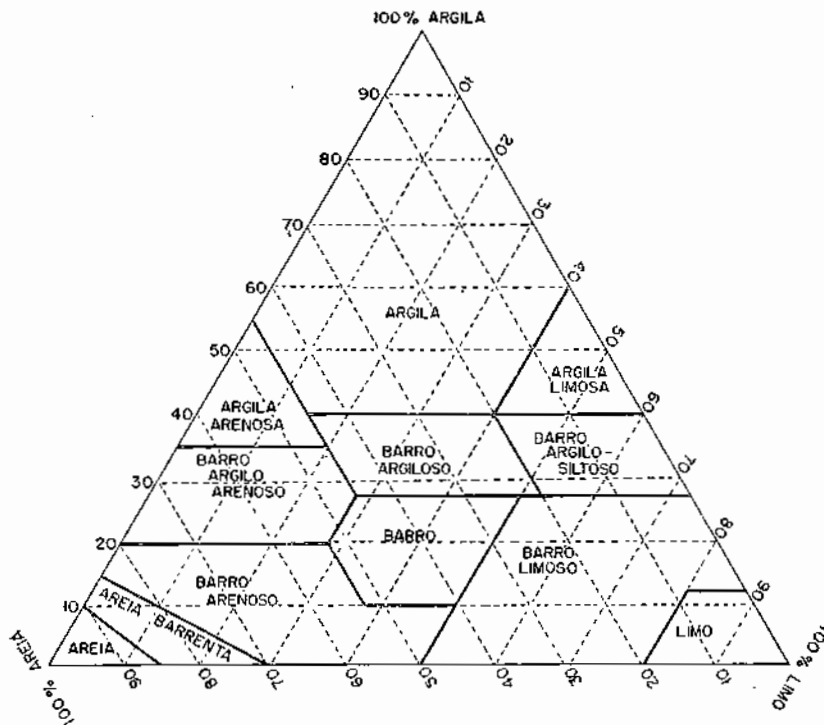


FIG. 2. — Classificação do solo pela textura (análise granulométrica) segundo o sistema do USDA (Ministério da Agricultura dos Estados Unidos) após a última modificação, de março de 1948.

TABELA N.º 7

Características químicas de 8 solos do tipo 17-a

| N.º da amostra | P-21 A ₁ | P-21 A ₂ | P-21 B ₁ | P-21 B ₂ | P-34 A ₁ | P-34 A ₂ | P-34 B | P-34 C | |
|---|--------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|-----------|-------|
| Horiz. genético | A ₁ | | B ₁ | | A ₁ | | C | | |
| Profundidade, cm | 0-25 | 25-60 | 60-100 | 100-200 | 5-25 | 40-60 | 90-100 | 150-160 | |
| Complexo coloidal mineral % em peso | Total | 53,6 | 57,6 | 59,4 | 59,2 | 23 | 34 | 40 ½ | 43 |
| | SiO ₂ | 10,3 | 9,5 | 8,6 | 11,5 | 6,7 | 13,2 | 14,7 | 15,8 |
| | Al ₂ O ₃ | 29,8 | 32,5 | 36,2 | 32,8 | 12,0 | 16,0 | 19 ½ | 20 ½ |
| | Fe ₂ O ₃ | 11,8 | 13,0 | 12,3 | 12,4 | 4,1 | 4,5 | 5,9 | 6,3 |
| | TiO ₂ | 1,7 | 2,6 | 2,3 | 2,5 | 0,23 | 0,31 | 0,4 | 0,44 |
| Índice molec. Sa | | 0,59 | 0,50 | 0,40 | 0,60 | 0,95 | 1,40 | 1,28 | 1,31 |
| | Saf | 0,47 | 0,40 | 0,33 | 0,48 | 0,78 | 1,19 | 1,07 | 1,09 |
| Húm. %, em peso | 2,58 | 1,17 | 0,68 | 0,28 | 1,89 | 1,14 | 1,42 | 0,51 | |
| Azoto tot. % em peso | 0,13 | 0,07 | 0,05 | 0,025 | 0,10 | 0,07 | 0,08 | 0,04 | |
| C/N (índice) | 11 ½ | 9,7 | 8,0 | 6,4 | 11 | 9 ½ | 10 ½ | 7 ½ | |
| pH | internad. | 4,05 | 4,50 | 4,92 | 5,45 | 4,5 | 4,6 | 4,8 | 4,9 |
| | sol. salina | 4,0 | 4,4 | 4,7 | 5,0 | 4,4 | 4,5 | 4,6 | 4,5 |
| Miliéquivalentes por 100 g de solo seco af (ML/100 g) | Calcio trocável .. | 0,25 | 0,35 | 0,50 | 0,80 | 0,4 | 0,22 | 0,15 | 0,10 |
| | Potássio .. | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,25 | 0,12 | 0,08 | 0,14 |
| | Magnésio .. | 0,20 | 0,15 | 0,12 | 0,14 | 0,12 | 0,03 | 0,06 | 0,07 |
| | Manganês .. | 0,030 | 0,015 | 0,020 | 0,035 | 0,025 | 0,020 | 0,018 | 0,015 |
| | Amônio .. | 0,015 | 0,010 | 0,005 | 0,001 | 0,035 | 0,020 | 0,015 | 0,005 |
| | Alumínio .. | 2,1 | 1,6 | 1,2 | 0,9 | 2,1 | 1,8 | 1,3 | 1,1 |
| | Hidrogên. .. | 9 | 7 | 5 | 3 | 7 ½ | 6 | 6 ½ | 5 |
| | Soma bases .. | 0,60 | 0,60 | 0,75 | 1,1 | 0,9 | 0,45 | 0,35 | 0,4 |
| | Capac. troca .. | 11,7 | 9,2 | 7,0 | 5,0 | 10 ½ | 8 ¼ | 8,2 | 6 ½ |
| | Saturação catiônica | 5,1 | 7,0 | 10,7 | 22 | 8,6 | 5,4 | 4,3 | 6,1 |
| Miliéquival. por 100 g solo seco | Fósforo troc. | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,8 |
| | " dispon. | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,13 | 0,08 | 0,11 | 0,08 |
| | " solúvel .. | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,005 | 0,002 | 0,000 |
| | Sulfatos .. | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | Nitratos .. | 0,006 | 0,003 | 0,001 | 0,000 | 0,008 | 0,003 | 0,002 | 0,000 |
| | Clorretos .. | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |

Pelo sistema simétrico de Vageler, quando uma destas 3 frações constitui mais que 75% do solo, dá diretamente o nome da textura, como, por exemplo, a amostra T-270 (tab. 4). Quando uma das 3 frações constitui mais que 50% e uma outra passa de 25%, esta fornece o adjetivo à primeira. Temos assim, no caso da amostra T-257 (tab. 2), AL ou areia limosa, por que areia grossa + seixos somam mais que 50%, e silte + areia fina somam mais que 25%. O solo anterior, T-269, é AB = areia barrenta, pois nenhuma das outras duas frações alcança 25%.

Quando nenhuma das 3 frações alcança 50%, temos "Barro", seguido pelo adjetivo correspondente à maior das 3 frações. Assim, na mesma tabela n.º 2, o solo T-260 é barro arenoso por que "areia" é a maior das 3 frações e não alcança 50%; na amostra T-792 é

TABELA N.º 8

Características físicas de 7 solos do tipo 17-b

| N.º da amostra | P-22 | P-22 | P-22 | P-22 | P-29 | P-29 | T-324 |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------|--------------|
| Horizonte genético | A ₂ | B ₁ | B ₂ | C ₁ | A ₂ | B | A |
| Profundidade, cm | 5-80 | 30-90 | 90-150 | 150-250 | 10-40 | 70-100 | 0-25 |
| Côr (Munsell Col. Ch.) .. | 5YR 4/4 | 5YR 5/6 | 2½ YR 4/6 | 2½ YR 5/6 | 10YR 6/8 | 10YR 7/6 | 10YR 3½/8 |
| Teor total % em peso | | | | | | | |
| { Seixos | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| { Areia grossa | 32 | 23½ | 21½ | 19,1 | 36 | 26 | 30 |
| { Areia fina | 33 | 30,4 | 33,4 | 29,6 | 31 | 33 | 32 |
| { Silte | 11½ | 15,7 | 11,5 | 12,3 | 15 | 16 | 11 |
| { Argila | 23 | 30,4 | 33,6 | 39 | 18 | 25 | 27 |
| Textura (Vageler) | BL | BL | BL | BL | BL | BL | BL |
| Módulo de finura | 324 | 352 | 357 | 371 | 315 | 340 | 335 |
| Argila nat. % peso | 0,7 | 0,4 | 0,1 | 0,0 | 0,6 | 0,2 | 1,0 |
| Anvid. coloidal, % | 3,5 | 1,3 | 0,3 | 0,0 | 3,3 | 0,8 | 3½ |
| Peso especif. { aparente | 0,98 | 1,10 | 1,14 | 1,16 | 1,22 | 1,28 | 0,89 |
| { real | 2,67 | 2,72 | 2,73 | 2,78 | 2,67 | 2,70 | 2,55 |
| Porosidade de { natural . | 63 | 59½ | 58 | 58 | 54 | 52½ | 65 |
| % em vol. { mínima . | 39 | 37 | 35 | 34 | 40 | 38 | 37 |
| Retenção d'água % em peso | | | | | | | |
| { Solo seco ao ar .. | 4,8 | 4,3 | 3,5 | 3,1 | 2,8 | 3,0 | 3,2 |
| { Higroscopicid. ... | 13,0 | 15,0 | 14,6 | 14,9 | 10,3 | 11,7 | 11,7 |
| { Ag. indisponív. ... | 16,8 | 17,3 | 17,2 | 18,9 | 13,1 | 15,0 | 17 |
| { Umid. equival. ... | 25 | 27 | 26 | 30 | 20 | 24 | 27 |
| { Lim. de saturação | 39 | 39 | 41 | 45 | 37 | 37 | 43 |
| { Ag. enconstrada .. | 19 | 29 | 31 | 39 | 15 | 20 | 23 |
| pC, atmosferas | 0,41 | 1,05 | 1,57 | 1,32 | 0,63 | 1,12 | 0,205 |
| pF (tudice) | 2,62 | 3,02 | 3,07 | 3,12 | 2,60 | 3,05 | 2,31 |
| Permeabilid., mm/dia ... | 7,7 | 0,65 | 0,26 | 0,07 | 0,96 | 0,21 | 21 |
| Resist. à erosão (ind.) .. | 26 | 32 | 34 | 38 | 29½ | 36½ | 23 |
| Água combinada, % peso | 23,0 | 24,3 | 20,5 | 16,0 | 17,1 | 17,8 | 24,6 |

o limo a maior fração (43%, sendo 28% de areia fina e 15% de silte), daí a denominação de BL = barro limoso.

Finalmente, quando as 3 frações são muito próximas entre si, todas compreendidas entre 30 a 33%, temos B = barro. Entre as 57 amostras aqui relatadas não houve um caso sequer deste tipo. A maioria foram de BL — 15 casos — e de LArg, limo argiloso, 17 casos. Isto mostra a grande predominância de terras argilosas. Em terceiro lugar temos LA, 7 casos. As denominações ArgL, BA, AL e AB tiveram 4 casos cada, e houve um só caso de A = areias.

Os defeitos desta nomenclatura são de ordem prática. Acontece que cada cultura mostra preferência por uma certa região do diagrama triangular que damos nas figs. 1 e 2. As necessidades de

TABELA N.º 9

Características químicas de 7 solos do tipo 17-b

| N.º da amostra | P-22 | P-22 | P-22 | P-22 | P-29 | P-29 | T-324 |
|---|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|-------|
| Horiz. genético | A ₂ | B ₁ | E ₂ | C ₁ | A ₃ | B | A |
| Profundidade, cm | 5-30 | 30-90 | 90-150 | 150-250 | 10-40 | 70-100 | 0-25 |
| Complexo coloidal mineral % em peso | Total | 49,1 | 51,8 | 53,1 | 59,6 | 51,2 | 38,6 |
| | SiO ₂ | 9,0 | 7,35 | 8,4 | 12,9 | 8,8 | 12 ½ |
| | Al ₂ O ₃ | 28,4 | 30,3 | 30,8 | 31,2 | 29,5 | 19 ½ |
| | Fe ₂ O ₃ | 10,1 | 11,7 | 11,5 | 12,6 | 10,9 | 5,4 |
| | TiO ₂ | 1,6 | 2,4 | 2,4 | 2,9 | 2,0 | 1,2 |
| Índice molec. Sa | | 0,54 | 0,41 | 0,46 | 0,70 | 0,51 | 1,09 |
| | Saf | 0,44 | 0,33 | 0,375 | 0,56 | 0,41 | 0,925 |
| Húmus, % em peso | 1,53 | 0,84 | 0,43 | 0,155 | 1,24 | 0,58 | 7,9 |
| Azoto tot. % em peso | 0,09 | 0,06 | 0,035 | 0,015 | 0,08 | 0,045 | 0,32 |
| C/N (índice) | 10,1 | 8,2 | 7,1 | 6,0 | 9,0 | 7,6 | 20,9 |
| pH { internac. | | 4,02 | 4,35 | 4,90 | 5,37 | 4,12 | 4,75 |
| | sol. salina | 4,0 | 4,3 | 4,6 | 5,0 | 4,1 | 4,0 |
| Miliequivalentes por 100 g de solo seco. ao ar (ME/100 g) | Calcio trocável | 0,20 | 0,25 | 0,45 | 0,75 | 0,30 | 0,12 |
| | Potássio | 0,06 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,04 |
| | Magnésio | 0,18 | 0,13 | 0,10 | 0,12 | 0,15 | 0,08 |
| | Manganês | 0,025 | 0,010 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,01 |
| | Amônio | 0,010 | 0,005 | 0,001 | 0,000 | 0,005 | 0,000 |
| | Alumínio | 2,0 | 1,4 | 1,0 | 0,7 | 1,9 | 1,1 |
| | Hidrogén. | 8 | 6 | 4 | 2 | 7 | 4 ½ |
| | Soma bases | 0,5 | 0,45 | 0,05 | 1,0 | 0,55 | 0,6 |
| | Capac. troca ... | 10 ½ | 7,9 | 5,6 | 3,7 | 9,5 | 6,2 |
| | Saturação cationica | 4,7 | 5,7 | 11 ½ | 27 | 5,8 | 9,7 |
| Miliequival. por 100 g solo seco | Fósforo troc. | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,8 | 0,35 | 0,45 |
| | " dispon. ... | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,13 |
| | " solúvel .. | 0,005 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,010 |
| | Sulfatos | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,008 |
| | Nitratos | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,007 | 0,000 | 0,000 |
| | Cloratos | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

matéria orgânica e de calcário, a retenção de certos adubos solúveis, a força de tração necessária para arar o solo com certos teores de água, e outras características desta ordem, variam muito com a textura do solo e, na prática, podem caracterizá-la. Assim, sendo, por exemplo, diferentes nas duas figuras as regiões de "argila arenosa", e solo com 42% de argila e iguais as 2 outras frações sendo na fig. 1 "barro argiloso", enquanto na fig. 2 é "argila", verifica-se no geral que as denominações do sistema americano correspondem melhor à realidade que as do sistema Vageler. Este porém, possui a vantagem de ser facilmente caracterizável, de modo que não necessitamos consultar constantemente o diagrama triangular para achar a denominação da textura do solo, trabalho a que somos sempre obrigados para achar a textura americana. Preferimos, por isso, usar

TABELA N.º 10
Características físicas de 9 solos do tipo 17-c e do grupo 18

| Tipo de solo | 17-c T-186 | 17-c P-35 | 17-c P-35 | 17-c P-35 | 17-c T-329 | 17-c T-338 | 18-a T-788 | 18-c T-789 | 18-c T-790 |
|---|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N.º da amostra ... | A | A | B | C | C | B-C | A | A | A |
| Horizonte genético. | A | A | B | C | C | B-C | A | A | A |
| Profundidade, em .. | 0-30 | 5-20 | 50-110 | 160-200 | 300-350 | 50-200 | 0-30 | 0-30 | 0-30 |
| Côr (Munsell) | 5YR 3/4 | 10YR 4/3 | 5YR 4½/6 | 5YR 4½/7 | 2½YR 4½/8 | 5YR 5/5 | 10YR 5/3½ | 5YR 5/5 | 5YR 5/4 |
| Teor total % em peso | | | | | | | | | |
| Seixos | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 2 | 10 | 15 |
| Areia grossa | 35 | 28 | 17 | 9 | 8 | 10 | 36 | 45 | — |
| Areia fina | 32 | 39 | 37 | 34 | 30 | 44 | 43 | 26 | — |
| Silte | 15 | 11 | 11 | 16 | 20 | 20 | 10 | 9 | — |
| Argila | 17 | 22 | 35 | 41 | 42 | 26 | 9 | 10 | — |
| Textura (Vageler) .. | BL | BL | BL | LArg | LArg | LArg | LA | AL | — |
| Módulo de finura .. | 312 | 327 | 364 | 389 | 396 | 362 | 288 | 264 | — |
| Arg.nat., % peso .. | 1,1 | 5½ | 1,3 | 0,2 | 0,0 | 3½ | 0,5 | 0,5 | 0,3 |
| Alivid. coloidal, % .. | 6½ | 25 | 3,7 | 0,5 | 0,0 | 13½ | 5 ½ | 5 | — |
| Peso espe- cif. g/cm ³ | | | | | | | | | |
| { apa- rente | 1,2 | 1,10 | 1,25 | 1,19 | 1,27 | — | 1,40 | 1,46 | — |
| { real | 2,72 | 2,65 | 2,78 | 2,78 | 2,77 | 2,73 | 2,67 | 2,65 | 2,69 |
| Porosidade (natural % em vol. (mínima) | 58 38 | 50 38 | 54 36 | 57 35 | 54 34 | 34 | 47½ 38 | 45 39 | — 40 |
| Retenção d'água % em peso | | | | | | | | | |
| Sêco ao ar | 4,7 | 3,0 | 3,6 | 4,5 | 3,2 | 5,4 | 1,45 | 1,55 | 1,05 |
| Higroscópico | 12,5 | 12½ | 13½ | 14 | 12 | 14½ | 3,0 | 3,4 | — |
| Ag. indisponív. | 15,4 | 16 | 17 | 18 | 17 | 22 | 6½ | 6,0 | — |
| Umíd. equival. | 24 | 24 | 25 | 27 | 25 | 33 | 9 | 8½ | — |
| Lim. saturação | 38 | 41 | 38 | 39 | 37 | 45 | 29 | 28 | 21 |
| Água encon- trada | 17 | 17 | 20 | 23 | 28 | — | 7½ | 7½ | — |
| pC, atmosferas | 0,96 | 0,63 | 1,53 | 1,28 | 1,11 | — | 0,060 | 0,067 | — |
| pF (índice) | 2,98 | 2,30 | 3,18 | 3,09 | 3,05 | — | 1,78 | 1,825 | — |
| Permeabilid. mm/dia | 0,5 | 1,1 | 0,13 | 0,90 | 0,81 | — | 170 | 100 | — |
| Resist. à erosão .. | 27½ | 30 | 39½ | 37½ | 40½ | — | 19,2 | 19,4 | — |
| Água combinada, % peso | 15,6 | 18,7 | 18,3 | 18,0 | 15,0 | 17,7 | 5,6 | 5,9 | 4,7 |

nas tabelas o sistema Vageler e a êle nos referiremos ao mencionar a textura de um solo.

Módulo de finura: — É a soma das percentagens acumuladas a partir da fração argila. É um índice geral de finura do solo. Quanto mais alto, tanto mais fina é a textura. Calcula-se o índice como se vê pela tabela n.º 16.

Os símbolos de textura e os índices de finura apresentaram entre si a correspondência, conforme o tipo de solo, como aparece na tabela n.º 17.

Devido à feição das curvas granulométricas (6, figs. 59-62), a fração *silte* foi menor que a fração *argila* em todas as amostras,

TABELA N.º 11
Características químicas de 9 solos do tipo 17-c e do grupo 18

| Tipo de solo | 17-c T-186 | 17-c P-35 | 17-c P-35 | 17-c P-35 | 17-c T-329 | 17-c T-338 | 18 a T-788 | 18-c T-789 | 18-c T-790 |
|--|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N.º da amostra | | | | | | | | | |
| Horiz. genético | A | A | B | C | C | B-C | A | A | A |
| Profundidade, cm. | 0-30 | 5-20 | 50-110 | 160-200 | 300-350 | 50-200 | 0-30 | 0-30 | 0-30 |
| Complexo coloidal mineral % em peso | Total | 45,5 | 42,8 | 51,3 | 63 | 66 ½ | 43,8 | — | 19,8 |
| | SiO ₂ | 7,3 | 10,5 | 11,4 | 13,1 | 13,3 | 10,5 | — | 5,8 |
| | Al ₂ O ₃ | 25 | 22 ½ | 25 ½ | 30 | 31 | 20,5 | — | 9,1 |
| | Fe ₂ O ₃ | 11 | 9,0 | 13 ½ | 18 ½ | 21 | 12,5 | — | 4,1 |
| | TiO ₂ | 2,2 | 0,8 | 1,2 | 1,4 | 1,2 | 1,3 | — | 0,8 |
| Índice molec. Sa | 0,55 | 0,80 | 0,76 | 0,74 | 0,73 | 0,87 | — | 1,08 | — |
| Índice molec. Saf | 0,39 | 0,63 | 0,57 | 0,53 | 0,51 | 0,63 | — | 0,84 | — |
| Húmus, % em peso | 2,6 | 1,82 | 0,93 | 0,33 | 0,24 | 0,69 | 0,93 | 1,04 | 0,92 |
| Azoto tot. % peso | 0,12 | 0,11 | 0,065 | 0,025 | 0,020 | 0,050 | 0,050 | 0,065 | 0,060 |
| C/N (índice) | 12,6 | 9 ½ | 8 ½ | 7 ½ | 7 | 8 | 10,8 | 9,3 | 8,9 |
| pH { internac. | 4,6 | 6,0 | 4,8 | 4,7 | 4,8 | 4,8 | 4,5 | 4,4 | 4,6 |
| { sol. salina | 4,5 | 4,8 | 4,7 | 4,6 | 4,7 | 4,7 | 4,4 | 4,3 | 4,3 |
| Miliequivalentes por 100 g de solo seco no ar (ME/100 g) | Calcio troc. | 0,25 | 2,2 | 0,3 | 0,15 | 0,15 | 0,65 | 0,6 | 0,5 |
| | Potássio | 0,06 | 0,19 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,22 | 0,09 | 0,11 |
| | Magnésio | 0,03 | 0,39 | 0,06 | 0,09 | 0,06 | 0,12 | 0,16 | 0,15 |
| | Manganês | 0,01 | 0,015 | 0,011 | 0,009 | 0,005 | 0,014 | 0,012 | 0,011 |
| | Amônio | 0,015 | 0,03 | 0,015 | 0,005 | 0,002 | 0,03 | 0,015 | 0,010 |
| | Alumínio | 2,5 | 0,5 | 1,0 | 1,2 | 0,9 | 2,7 | 1,2 | 1,5 |
| | Hidrogén. | 9 | 8 ½ | 7 | 6 ½ | 4 ½ | 7 | 11 | 9 |
| Soma bases | 0,40 | 2,9 | 0,46 | 0,30 | 0,32 | 1,2 | 0,95 | 0,95 | |
| Capac. troca | 11,9 | 12 | 8 ½ | 6,8 | 5,7 | 10,9 | 12 | 11 ½ | |
| Saturação catiônica | 3,4 | 24 | 5 ½ | 4 ½ | 5 ½ | 11 | 8 | 7 ½ | |
| Miliequival. por 100 g solo seco | Fósforo troc. | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 1,6 | 0,35 | 0,42 |
| | " dispon. | 0,10 | 0,15 | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,11 | 0,08 |
| | " solúvel | 0,010 | 0,009 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,003 | 0,003 |
| | Sulfatos | 0,003 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,021 | 0,000 | 0,001 |
| | Nitratos | 0,007 | 0,012 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,040 | 0,000 | 0,000 |
| Cloretos | 0,001 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,69 | 0,000 | 0,000 | |

menos na parte superficial dos solos dos tipos 3-b, 4-a, 17-a e 18-a; e somente nos solos muito argilosos, com módulo de finura superior a 410, o teor de silte não foi inferior ao de areia fina.

Teor alto de *seixos*, superior a 10%, só foi verificado em solos do grupo 3 e do tipo 18-c. O máximo constatado foi 19%. Isto indica notável percentagem do volume do solo completamente inútil às plantas.

Um solo do tipo 17-a deu 3% de *seixos*, principalmente por ser coluvial. De meio a 2% de *seixos* foram comuns no grupo 17, *seixos* estes representados por quartzo e concreções limoníticas nos solos coluviais, e somente por estas últimas nos solos eluviais. Mas muitos dos solos do grupo 17 possuem concreções limoníticas que não atingem o tamanho de *seixos*, principalmente nas camadas inferiores.

TABELA N.º 12
Características físicas de 7 solos dos tipos 20b, 20c e 21b

| Tipo de solo | 20-b | 20-b | 20-b | 20-c | 20-c | 20-c | 21-b |
|----------------------------------|-------------|--------------|-------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| N.º da amostra | T-307 | T-323 | T-330 | T-98 | T-323 | T-337 | T-399 |
| Horizonte genético | A | A | A ₂ -G | A | A | A | A |
| Profundidade, cm | 0-30 | 0-30 | 40-80 | 0-30 | 0-30 | 0-30 | 0-30 |
| Côr (Munsell) | 10YR 4/2 | 2½ Y 4½/2 | 10YR 4/1½ | 10YR 2/1 | 10YR 2½/1 | 10YR 3/1½ | 10YR 4½/2 |
| Teor total % em peso | | | | | | | |
| Seixos | 0,0 | 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 |
| Areia grossa | 4 | 7 | 6 | 5 | 4 | 1 | 11½ |
| Areia fina | 36 | 35 | 34 | 11 | 21 | 45 | 36 |
| Silte | 20 | 27 | 24 | 23 | 17 | 25 | 19 |
| Argila | 40 | 29 | 36 | 61 | 58 | 29 | 33 |
| Textura (Vageler) | LArg | LArg | LArg | ArgL | ArgL | LArg | LArg |
| Módulo de finura | 396 | 374 | 390 | 440 | 429 | 382 | 372 |
| Argila nat., % peso | 3½ | 9 | 3½ | 0,4 | 1,7 | 1,3 | 1,6 |
| Ativid. coloidal, % | 9 | 31 | 9,7 | 0,6 | 2,9 | 4,5 | 4,8 |
| Peso especif. { aparente | — | 0,62 | 0,58 | — | 0,35 | 0,22 | 0,88 |
| { real | 2,45 | 1,95 | 1,98 | 1,77 | 1,74 | 1,67 | 2,50 |
| Porosidade { natural | — | 68 | 71 | — | 80 | 87 | 65 |
| { mínima | 40 | 37 | 38 | 36 | 39 | 40 | 33 |
| Retenção d'água, % em peso | | | | | | | |
| Solo seco ao ar | 4,2 | 4,1 | 4,6 | 7,4 | 6,1 | 9,6 | 3,3 |
| Higroscopicid. | 12½ | 16½ | 16 | 15,9 | 18 | 20½ | 11½ |
| Ág. indisponív. | 27 | 33 | 32 | 32 | 34 | 42 | 22 |
| Umid. equival. | 40 | 53 | 47 | 51 | 50 | 62 | 34 |
| Lim. de saturação | 60 | 61 | 60 | 70 | 68 | 72 | 51 |
| Ág. encontrada | — | 35 | 39 | — | 68 | 109 | 23 |
| pC, atmosferas | — | 0,173 | 0,113 | — | 0,024 | 0,007 | 0,187 |
| pF (índice) | — | 2,24 | 2,05 | — | 1,38 | 0,84 | 2,27 |
| Permeabilid., mm/dia | — | 0,29 | 4,0 | — | 110 | 2960 | 4,2 |
| Resist. à erosão (ind.) | — | 30 | 27 | — | 15 | 10½ | 30 |
| Água combinada, % peso | 22,2 | 32,9 | 17,3 | 88,0 | 25,3 | 30,7 | 17,7 |

Os maiores teores de *areia grossa*, de 50 a 57%, foram encontrados nos solos do grupo 3 e nos dos tipos 1-a e 1-b. Os tipos 1-c e 1-d, mais profundos, apresentam geralmente de 45 a 50% de *areia grossa*; os do grupo 2, de 35 a 40%; os do grupo 17, apenas 25 a 30% quando coluviais (no tipo 17-a pode-se encontrar mesmo 35%), e de 20 a 25% quando eluviais.

Camadas profundas do tipo 17-c deram mesmo teores de 10%, quase só de concreções limoníticas: trata-se de verdadeiro argilito "terciário". Os teores mais baixos foram obtidos nos solos 20-d e 20-e: ao redor de 5% e descendo mesmo a 2%, este sendo o caso de sedimento argiloso preenchendo braço morto de rio divagante.

O fato que *areia grossa* existe no colúvio de argilitos significa que estes já estiveram capeados por arenitos.

TABELA N.º 13
Características químicas de 7 solos dos tipos 20b, 20e e 21b

| Tipo de solo | 20-b | 20-b | 20-b | 20-e | 20-e | 20-e | 21-b | |
|--|--------------------------------------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N.º da amostra | T-897 | T-823 | T-330 | T-98 | T-328 | T-337 | T-396 | |
| Horiz. genético | A | A | A _v -G | A | A | A | A | |
| Profundidade, cm | 0-39 | 0-30 | 40-80 | 0-30 | 0-30 | 0-30 | 0-30 | |
| Complexo coloidal mineral % em peso | Total | 52 | 47 | 51½ | 66 | 50½ | 30 | 47½ |
| | SiO ₂ | 24 | 21 | 21½ | 34 | 23 | 13 | 21 |
| | Al ₂ O ₃ | 18 | 18 | 16½ | 22 | 18 | 10½ | 17 |
| | Fe ₂ O ₃ | 9 | 7,2 | 12½ | 9 | 8,7 | 1,4 | 8,3 |
| | TiO ₂ | 1,0 | 0,8 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,1 | 1,2 |
| Índice molec. Sa | | 2,26 | 1,98 | 2,20 | 2,61 | 2,16 | 2,91 | 2,10 |
| | Saf | 1,72 | 1,58 | 1,60 | 2,08 | 1,66 | 2,69 | 1,60 |
| Húmus, % em peso | 6,2 | 4,8 | 4,70 | 13,0 | 22,5 | 24,8 | 5,1 | |
| Azoto tot. % em peso | 0,17 | 0,21 | 0,20 | 0,40 | 0,85 | 0,40 | 0,15 | |
| C/N (índice) | 21 | 13,3 | 13½ | 26½ | 37½ | 36 | 19½ | |
| pH | interna. | 5,1 | 7,1 | 4,9 | 4,4 | 4,9 | 4,2 | 4,9 |
| | sol. salina | 4,8 | 4,4 | 4,8 | 4,3 | 4,3 | 3,9 | 4,3 |
| Miliequivalentes por 100 g de solo seco ao ar (ME/100 g) | Cálcio trocável | 0,75 | 8,5 | 1,5 | 0,10 | 0,25 | 0,05 | 0,60 |
| | Potássio | 0,12 | 0,48 | 0,15 | 0,03 | 0,18 | 0,30 | 0,16 |
| | Magnésio | 0,10 | 0,36 | 0,20 | 0,06 | 0,07 | 0,12 | 0,25 |
| | Manganês | 0,015 | 0,030 | 0,006 | 0,004 | 0,012 | 0,014 | 0,010 |
| | Amônio | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,12 | 0,07 | 0,14 | 0,03 |
| | Soma bases | 1,05 | 9,6 | 1,9 | 0,33 | 0,55 | 0,65 | 1,1 |
| | Alumínio | 1,4 | 0,1 | 1,4 | 4,8 | 2,1 | 4,3 | 1,8 |
| | Hidrogén. | 16 | 7½ | 17½ | 31 | 33 | 43 | 14 |
| | Capac. troca | 18½ | 17 | 19½ | 36 | 35½ | 48 | 16,9 |
| | Saturação catiônica | 5,7 | 57 | 9,9 | 0,9 | 1,5 | 1,35 | 6,5 |
| Miliequival. por 100 g solo seco | Fósforo troc. | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 1,5 | 0,8 |
| | dispon. | 0,25 | 0,45 | 0,10 | 0,08 | 0,15 | 0,17 | 0,32 |
| | solúvel | 0,005 | 0,050 | 0,005 | 0,010 | 0,005 | 0,005 | 0,006 |
| | Sulfatos | — | 0,030 | 0,010 | 0,015 | 0,015 | 0,002 | 0,000 |
| | Nitratos | 0,030 | 0,14 | 0,035 | 0,035 | 0,045 | 0,04 | 0,002 |
| | Cloreto | — | 0,005 | 0,010 | 0,01 | 0,015 | 0,05 | — |

Nos grupos 1 a 4 o teor de areia fina é menor que o de areia grossa, variando geralmente de 15 a 25%. Os solos 1 e 3 apresentam de 15 a 20%, enquanto os dos grupos 2 e 4 apresentam 20 a 25%, e mesmo 30% quando se trata do tipo 4b, assim como o tipo 1d pode atingir 25%.

No grupo 17 o teor de areia fina não difere muito do de areia grossa. No tipo 17a ambos são da ordem de 30%, atingindo 35% nas encostas. No tipo 17b os teores de areia grossa são menores e o de areia fina começa a sobrepujar ao outro. No tipo 17c o de areia fina sobe a 35 e mesmo a 40%, enquanto o de areia grossa pode baixar a 25%. Mas é nas camadas inferiores de todo o grupo 17 que se nota grande redução da areia grossa, baixando a 10%, enquanto o teor de areia fina não diminui muito com a pro-

TABELA N.º 14
Características físicas de 9 solos do tipo 20-d

| N.º da amostra ... Horizonte genético. Profundidade, cm.. | T-97 A 0-30 | T-117 A 0-30 | T-322 A 10-35 | P-36 A 0-15 | P-36 G 40-60 | P-37 A 5-30 | P-37 G 50-70 | P-37 C 100-110 | T-336 A 0-25 |
|---|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| Côr (Munsell) | 10YR 2/1 | 10YR 3/t | 10YR 3/1 | 2½Y 3½/1 | 10YR 3½/1 | 2½Y 2½/1 | 2½Y 3/1 | 2½Y 3/1 | 2½Y 4/1 |
| Teor total % em peso | | | | | | | | | |
| Seixos | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Areia grossa | 7 | 4 | 4 | 12 | 5 | 2 | 1,0 | 0,5 | 39 |
| Areia fina | 16 | 11 | 45 | 36 | 40 | 43 | 28 | 42 | 21 |
| Silte | 28 | 33 | 19 | 13 | 16 | 18 | 25 | 23½ | 21 |
| Argila | 54 | 52 | 32 | 37 | 39 | 37 | 43 | 34 | 33 |
| Textura (Vageler) .. | ArgL | ArgL | LArg | LArg | LArg | LArg | LArg | LArg | LArg |
| Módulo de finura .. | 424 | 433 | 375 | 375 | 389 | 390 | 413 | 391 | 380 |
| Arg. nat., % peso .. | 0,5 | 0,5 | 4 | 1½ | 2,0 | 2,2 | 3½ | 0,7 | 1,5 |
| Ativid. coloidal, % .. | 0,9 | 1,0 | 12½ | 4,0 | 5,1 | 5,9 | 8,1 | 2,0 | 4,5 |
| Peso espe- cifi. g/cm³ | | | | | | | | | |
| — aparente | — | 0,31 | 0,39 | 0,63 | 0,35 | 0,60 | 0,30 | 0,75 | 0,32 |
| — real | 1,95 | 1,78 | 1,88 | 2,00 | 1,78 | 2,05 | 1,95 | 2,30 | 1,72 |
| Porosidade (natural % em vol. mínima) | — | 82½ | 79½ | 68½ | 80½ | 71 | 84½ | 68 | 81½ |
| — | 41 | 40 | 42 | 42 | 41 | 42 | 38 | 32 | 43 |
| Retenção d'água % em peso | | | | | | | | | |
| Solo seco ao ar | 6,7 | 6,2 | 5,8 | 5,0 | 5,2 | 6,2 | 3,9 | 2,3 | 5,6 |
| Higroscópico | 15,2 | 15,4 | 16,3 | 15½ | 17 | 17½ | 18½ | 15 | 19 |
| Ag. indisponív. | 30 | 29 | 37 | 30 | 33 | 35 | 38 | 24 | 39 |
| Umíd. equival. | 48 | 47 | 61 | 44 | 56 | 52 | 56 | 36 | 57 |
| Lim. saturação | 68 | 65 | 69 | 63 | 66 | 65 | 67 | 46 | 68 |
| Água encon- trada | — | 43 | 52 | 34 | 53 | 37 | 66 | 52 | 50 |
| pC, atmosferas ... | — | 0,010 | 0,027 | 0,147 | 0,021 | 0,163 | 0,014 | 0,225 | 0,021 |
| pF (índice) | — | 1,00 | 1,43 | 2,17 | 1,32 | 2,21 | 1,15 | 2,35 | 1,32 |
| Permeabilid. mm/dia | — | 2809 | 52 | 0,15 | 310 | 0,17 | 1400 | 17 | 230 |
| Resist. à erosão .. | — | 11 | 18 | 27½ | 16½ | 29½ | 13½ | 26½ | 15½ |
| Água combinada, % peso | 34,1 | 31,0 | 34,2 | 21,3 | 24,1 | 23,7 | 27,2 | 6,6 | 16,0 |

fundidade, reduzindo-se geralmente de 40 a 35%, no mínimo a 30% na profundidade de 1,5 a 2,5 metros.

Nos solos 20 e 21, sempre argilosos, o teor de areia fina é muito maior (10-20%) que o de areia grossa por que a textura do solo é essencialmente muito fina, de modo que os grânulos de areia fina constituem exceção menos rara que os de areia grossa. Ambos são principalmente concreções argilosas ou agregados muito duros de argila e não fragmentos de quartzo. Mas nos tipos a, b e c destes grupos de solo o teor de areia fina pode subir a 40% pela presença real de areia finíssima, principalmente em profundidades não atingidas pelas plantas.

TABELA N.º 15

Características químicas de 9 solos do tipo 20-d

| N.º da amostra | T-97 A | T-117 A | T-322 A | P-36 A | P-36 G | P-37 A | P-37 G | P-37 C | T-338 A | |
|---|--------------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------|
| Horiz. genético | | | | | | | | | | |
| Profundidade, cm. | 0-30 | 0-30 | 10-35 | 0-15 | 40-60 | 5-30 | 50-70 | 100-110 | 0-25 | |
| Complexo coloidal mineral % em peso | Total | 60 | 60½ | 42 | 42½ | 47 | 42 | 55½ | 52½ | 38½ |
| | SiO ₂ | 29 | 28 | 18 | 17½ | 23 | 20 | 24½ | 16½ | 16½ |
| | Al ₂ O ₃ | 20 | 20½ | 16,3 | 14½ | 19½ | 16½ | 28 | 35 | 15 |
| | Fe ₂ O ₃ | 10 | 11 | 7,1 | 9,8 | 4,0 | 5 | 2,5 | 1,7 | 6½ |
| | TiO ₂ | 1,1 | 1,0 | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 0,4 |
| Índice molec. Sa | 2,47 | 2,31 | 1,88 | 2,20 | 2,05 | 1,99 | 1,48 | 0,75 | 1,87 | |
| | Saf .. | 1,87 | 1,72 | 1,47 | 1,60 | 1,44 | 1,58 | 1,40 | 0,78 | 1,46 |
| Húmus, % em peso .. | 15,7 | 14,5 | 9,38 | 8,65 | 8,85 | 12,3 | 6,73 | 0,59 | 12,4 | |
| Azoto tot. % peso .. | 0,36 | 0,35 | 0,31 | 0,15 | 0,16 | 0,25 | 0,15 | 0,04 | 0,24 | |
| C/N (índice) | 25,3 | 24 | 17,7 | 33½ | 32 | 28½ | 28 | 8½ | 30 | |
| pH { internac. | 4,5 | 4,4 | 5,1 | 4,5 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 4,4 | 4,6 | |
| | { em sol. salina .. | 4,4 | 4,4 | 4,3 | 4,4 | 4,2 | 4,4 | 4,4 | 4,3 | |
| Miliéquivalentes por 100g de solo seco ao ar (ME/100 g) | Caício troc. | 0,20 | 0,10 | 0,60 | 0,12 | 0,10 | 0,15 | 0,13 | 0,08 | 0,10 |
| | Potássio " | 0,05 | 0,08 | 0,32 | 0,10 | 0,08 | 0,09 | 0,07 | 0,05 | 0,14 |
| | Magnésio " | 0,05 | 0,11 | 0,09 | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,03 |
| | Manganês " | 0,005 | 0,004 | 0,012 | 0,011 | 0,005 | 0,006 | 0,005 | 0,003 | 0,005 |
| | Amônio " | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,13 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,025 | 0,05 |
| | Soma bases " | 0,40 | 0,40 | 1,1 | 0,30 | 0,25 | 0,33 | 0,28 | 0,20 | 0,35 |
| | Alumínio " | 4,1 | 4,5 | 2,0 | 3,6 | 5,0 | 2,7 | 3,0 | 5,9 | 3,5 |
| | Hidrogén. " | 28 | 35 | 17 | 20 | 23 | 23 | 10 | 11½ | 23 |
| Capac. troca | 32½ | 40 | 20 | 24 | 28½ | 26 | 23¼ | 17,6 | 27 | |
| Saturação catiônica .. | 1,2 | 1,0 | 5½ | 1,3 | 0,9 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,3 | |
| Miliequiv. por 100 g solo seco | Fósforo troc. ... | 0,15 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,2 | 0,9 |
| | " dispon. | 0,05 | 0,09 | 0,12 | 0,42 | 0,10 | 0,08 | 0,09 | 0,02 | 0,17 |
| | " solúvel | 0,005 | 0,010 | 0,02 | 0,005 | 0,003 | 0,005 | 0,001 | 0,009 | 0,005 |
| | Sulfatos " | 0,010 | 0,005 | 0,010 | 0,006 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | 0,010 |
| | Nitratos " | 0,030 | 0,025 | 0,045 | 0,035 | 0,020 | 0,037 | 0,012 | 0,010 | 0,040 |
| | Cloretos " | 0,005 | 0,000 | 0,005 | 0,003 | 0,002 | 0,015 | 0,25 | 0,000 | 0,20 |

Os teores de *argila total* variaram de 7 a 14% nos solos do grupo 1, o tipo 1d sendo o mais argiloso. Os solos do grupo 3 apresentaram teores ainda menores, descendo a 5%. O tipo 2a, ao contrário, deu cerca de 20%. Nos solos eluviais do grupo 17 houve teores ainda mais altos, mas nos coluviais, quase sempre do tipo 17a, os teores de argila foram pouco maiores que 10%. Com a profundidade os três tipos do grupo 17 atingem teores de argila da ordem de 40%. É muito provável que todas as camadas com teor de argila muito inferior a 40% sejam quaternárias.

Os teores mais altos, de 50 e mesmo 60% de argila, foram constatados nos solos 20d e 20e, neste somente quando não muito turfoso. O tipo 20b vem em seguida com cerca de 40% de argila. Os tipos 20a e 20c apresentam geralmente de 30 a 40%, mas local-

TABELA n.º 16
 Percentagens acumuladas e índices de finura da análise mecânica

| Tipo de solo | 1-b | | 18-a | | 17-b | | 20-d | |
|------------------------|-------|-----|-------|-----|---------------------|------|-------|-----|
| N.º da amostra | T-269 | | T-768 | | P-22-A ₂ | | T-117 | |
| Símbolo de textura ... | AB | | LA | | BL | | ArgL | |
| Argila, % peso .. | 9 | 9 | 9 | 9 | 23 | 23 | 52 | 52 |
| Silte, " " .. | 7 | 16 | 10 | 19 | 11½ | 34½ | 33 | 85 |
| Areia fina " " .. | 17 | 33 | 43 | 62 | 33 | 67½ | 11 | 96 |
| Areia grossa " " .. | 57 | 90 | 36 | 98 | 32 | 99½ | 4 | 100 |
| Seixos " " .. | 10 | 100 | 2 | 100 | ½ | 100 | 0 | 100 |
| Totais | 100 | 246 | 100 | 288 | 100 | 324½ | 100 | 493 |

mente o tipo 20a pode dar mesmo apenas 20%, neste caso com altos teores de silte e areia fina e teores muito baixos de areia grossa.

Como as propriedades do solo derivam das argilas, considerando-se o solo como diluição de argilas por areias, quanto maior o teor de argila, tanto melhor é o solo, contanto que alto teor de argila não acarrete diminuição da permeabilidade. Em climas úmidos, solos argilosos pouco perturbados só não são impermeáveis quando ricos química e organicamente. Sendo fortemente perturbados pela intervenção humana, a impermeabilidade aparece com a perda de matéria orgânica e só pode ser freitada pelo enriquecimento químico.

Argila natural é a fração argila que se obtém sem usar o método químico de dispersão, mas apenas agitação mecânica violenta, mas curta, de um minuto apenas. Indicaria aquela parte da argila total que se acha dispersa naturalmente no solo. Quando este é agitado com água e a suspensão deixada em repouso, quanto mais suja permanece a água, maior é o teor de argila natural.

Nos climas tropicais úmidos, alto teor de argila natural é desejável, pois geralmente indica que o solo não é muito ácido e o teor de húmus é bom, visto que altos teores de bases trocáveis e de húmus condicionam altos teores de argila natural em relação à argila total. Em tais condições o solo possui vida microbiana intensa e é geralmente alto o teor de fósforo disponível em relação ao total.

Concernente à argila natural, os solos de outros climas comportam-se de modo completamente diverso, fato este que por vezes provoca opiniões errôneas de bons técnicos estrangeiros quando se pronunciam a respeito de solos brasileiros.

No mundo em geral (portanto, no contingente de uns 99% dos solos até hoje estudados) altos teores de bases trocáveis promovem floculação das argilas, por que o cálcio, que as flocula, predomina largamente no total das bases. Entre nós, devido à larga

TABELA N.º 17

Símbolos de textura e índices de finura nos vários tipos de solo do município de São Paulo

| Símbolo | N.º de casos | Tipos de solos | Índice de finura | |
|---------|--------------|--|-----------------------|-------|
| | | | extremos | médio |
| A | 1 | 8-b | 222 | 222 |
| AB | 4 | 1-b e 8-b (3 casos) | 232 a 248 | 240 |
| AL | 4 | 1-c, (3 casos) e 18-c | 264 a 280 | 271 |
| BA | 4 | 1-c, 1-d, 2-a e 4-a | 288 a 303 | 295 |
| LA | 7 | 17-a (6 casos) e 18-a | 288 a 332 | 313 |
| BL | 15 | 1-d, 2-a, 4-a, 17-b (7 casos), 17-a (horiz. B, 2 casos), 17-c (3 casos) | 312 a 371 | 337 |
| LArg | 17 | 4-b (2 casos), 17-c (horiz. C, 3 casos) 20-b (3 casos), 20-e, 21-b, 20-d (7 casos) | 346 a 413 | 361 |
| ArgL | 4 | 20-d (2 casos), 20-e (2 casos) | 424 a 440 | 331½ |
| | 56 | | Média ponderal: 337 ½ | |

insaturação do solo com bases (índices "V" inferiores a 20%), o cálcio, apesar de predominar igualmente entre as bases trocáveis, contanto que seja úmido o clima, não chega a flocular as argilas por que a acidez é elevada. Ao contrário, quanto mais baixo é o Ca trocável, tanto mais floculadas se acham as argilas. Trata-se, enfim, da ação acidificante do clima úmido combinado com altas temperaturas médias anuais. Estas tornam muito eficaz a umidade no sentido de fazer viver o solo, apressando todas as suas funções.

Como mostramos na fig. 3, a maior parte da curva que traduz a dispersão do solo em função do teor de cálcio, é constituída pelo ramo descendente. No Estado de S. Paulo, e principalmente nas proximidades da Serra do Mar, estamos sempre na parte mais baixa do ramo ascendente. Muitos técnicos estrangeiros até esquecem da existência desta parte ascendente da curva, não só por que ela é rara nos bons solos do clima temperado, mas também por que as curvas correspondentes ao potássio, ao sódio, ao hidrogênio, etc., não apresentam dois ramos, como a do cálcio.

Além dos tropicais úmidos, estão na parte inferior do ramo ascendente da curva de cálcio também os solos incultos ou dos pinheirais da Noruega, do norte da Suécia, da Finlândia, do Alasca, do clima, enfim, súper-úmido frio. Mas tais solos não foram mais estudados que os tropicais, de modo que também constituem casos raros na literatura mundial. E com razão, pois contribuem com parcela ínfima na produtividade agrícola do mundo.

A fig. 3 é muito interessante também quanto aos outros catiônios afora o cálcio.

O alumínio não precisa ser muito alto, em termos de ME, para que já tenhamos o solo inteiramente floculado. Geralmente bastam

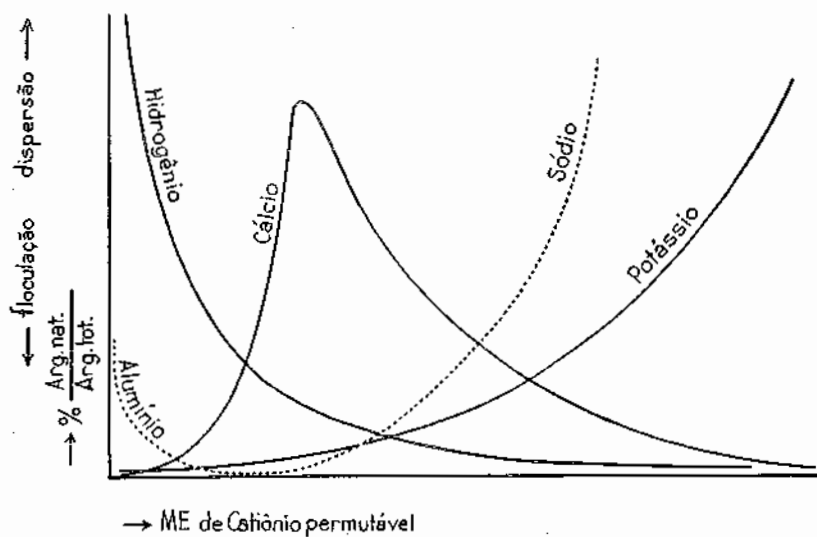


FIG. 3. — Relação entre a atividade coloidal das argilas (ordenadas) e o teor de diversos cátions permutáveis agindo isoladamente (abscissas), sejam eles úteis, inócuos (hidrogênio) ou nocivos (alumínio) às plantas cultivadas.

para isto valores da ordem de 3 ME. Quando o A1 desce a teores inferiores a 0,3 a dispersão das argilas aumenta rapidamente de modo que o A1 já é muito (pH superior a uns $6\frac{1}{2}$) com apenas 15 ou 20% da argila apresentando-se no estado de dispersão natural.

Mas para provocar completa floculação do solo como consequência exclusiva do teor de H trocável, este deve ser altíssimo, de 30 ou mesmo 40 ME, caso este que só se encontra em brejos turfosos, com o lençol freático quase aflorando.

O sódio, até uns 2 ME, em solos enxutos, não interfere, mas acima de uns 5 ME, isto é, já em clima semi-árido, como o do médio São Francisco à montante de Paulo Afonso, eleva a dispersão rapidamente aos mais altos valores possíveis. Atingido o pH $10\frac{1}{2}$ ou 11, temos 100% de dispersão, isto é, toda a argila do solo é argila natural (18). É claro que a fonte de sódio deve ser para isto o carbonato, pois o cloreto, dos solos litorâneos, não eleva o pH ao mesmo tempo que sobe no solo o teor de sódio.

A ação do potássio é semelhante, mas, graças à sua ligação forte com a matéria orgânica, seu excesso é menos dispersante, assim como teores da ordem de $\frac{1}{2}$ ME já se encontram em solos que por força da sua riqueza não podem estar muito floculados.

Apresentando a interdependência entre a floculação e um só catiônio por vez, a fig. 3 evidentemente não retrata a complexidade dos fatores que regem a floculação em casos concretos. O próprio teor e a natureza das argilas, bem como o teor de húmus interferem sempre modificando fortemente o aspecto da questão em cada caso.

Quase em todas as análises dos solos do município de São Paulo, o teor de argila natural constituiu percentagem ínfima do teor total, tanto mais baixa quanto menores o pH e o teor de húmus. Houve dois teores permutáveis que também influenciaram nitidamente o teor de argila natural: o cálcio e o alumínio. A parte ativa do total de argila mostrou-se tanto menor, quanto maior o teor de alumínio, e quanto menor o teor de cálcio.

Visto que o teor de húmus baixa muito com a profundidade do solo, quase em grau igual baixa também a percentagem de argila natural, mesmo que não diminuam muito o pH e o cálcio permutável e não aumente o alumínio permutável.

Bom teor de argila natural, em comparação com o teor total, é sinal de boas características físicas ou de possibilidades de melhoramento notável da estrutura do solo quando esta se acha em más condições, como, por exemplo, em consequência de compactação promovida pela pastagem ou por falta de arações frequentes em regime de muita queima.

Geralmente o teor de argila natural não constituiu mais que poucos por cento do teor de argila total. Mesmo nos solos altamente

humosos dos tipos 20d e 20e essa porcentagem dificilmente atingiu 10%, em vista de pH muito baixo, próximo a 4,5, e Al trocável alto, de várias unidades ME. Tal porcentagem foi mais facilmente atingida pelos solos dos grupos 1 e 2 de pH um pouco superior a 5, bom teor de húmus e o teor de Al permutável não superior a 1 ou 1,2 ME.

Apesar do poder coagulante do cálcio em relação às argilas, a várzea tratada com excesso de cal e bastante lixo apresentou a porcentagem mais alta de argila natural em relação à total: 31%. A explicação é que nos climas úmidos, que exercem ação acidificante sobre o solo, são necessárias quantidades de cálcio ainda maiores. Sem atingir tais limites altos, o Ca promove ação defloculante, pois neutraliza outro coagulante, o Al ácido. Tendo a várzea permanecido em condições de boa drenagem desde a primeira aplicação de cal, reboco e pedaços de cimento, o fato deste material não ter flocculado as argilas é sem dúvida uma prova da ação acidificante do clima.

O teor alto de húmus é freio contra a coagulação das argilas tanto pelo Ca nos climas secos, como pelo Al trocável nos úmidos. Mas no caso em questão, com teor de húmus abaixo de 5%, o excesso de cálcio era suficiente para elevar o pH acima de 7 e reduzir o Al permutável a 0,1 ME, mas insuficiente para coagular as argilas. Não há outra explicação, se não a de que o solo está submetido a regime de excesso de água, apesar da drenagem, isto é corresponde a um clima bem úmido.

Em tais tipos de clima a existência de alto teor de argila natural é benéfico. Pode ser, aliás, percebido com facilidade no campo: solo agitado com água, deixa-a bem turva apesar de repouso de um dia para outro.

O peso de um litro de solo natural, como se encontra no campo, sem contar a água (*peso específico aparente*), variou entre 1,25 e 1,40kg l no grupo 1, subiu a 1,45 no grupo 3, baixou a cerca de 1,2 no tipo 2a, tendo apresentado grande variação no grupo 17, desde 1,0 até 1,25 no caso de solo superficial, e desde 1,20 até 1,28 no caso de profundidade de 1 a 3 metros.

Não se tratando de solos eluviais e coluviais, os valores foram muito mais baixos: 0,6 a 0,8 nos tipos 20 a e 20b, 0,3 a 0,5 no tipo 20d e valores ainda mais baixos no tipo 20-e, atingindo mesmo 0,22 no caso de solos mais turfosos. Nas camadas não superficiais os valores do peso específico aparente são ainda mais baixos quando se trata de lençol muito argiloso encharcado de água e situado a pequena profundidade, mas podem subir a 0,7 quando em camadas profundas deste tipo, e mesmo a 0,8 quando o teor de areia fina é alto. Camadas profundas de areia grossa podem dar 1,3 e mesmo

1,5 se apresentarem bom teor de seixos rolados (antigos leitos fluviais).

Os solos do grupo 21 produzem valores de peso específico aparente cerca de 0,2 maiores que nos tipos correspondentes do grupo 20.

Quanto ao *peso específico real*, isto é, o peso teórico de 1 litro de solo não se contando os poros, portanto no limite teórico de compactação da matéria sólida, os valores dos solos aluviais oscilaram em torno de 1,9 nos tipos 20-d e 20-e, e 2,0 nos demais tipos do grupo 20 e nos do grupo 21. Nos grupos 1 e 2 a oscilação foi em torno de 2,63 na superfície e 2,68 na profundidade de 1 m, quando havia tal profundidade. Já os tipos 4-a e 4-b acusaram valores algo mais altos, em torno de 2,70. Estes só foram ultrapassados pelas camadas profundas de solos do grupo 17 laterizados, atingindo quase 2,80.

Os valores inferiores a 2,6 denotam altos teores de matéria orgânica ou de hidrargilita, enquanto os superiores a 2,7 indicam presença de limonita ou micas e, em grau menor, magnetita e ilmenita.

Não se contando a influência indireta da natureza mineralógica do solo, o peso específico real não indica diretamente qualidades ou defeitos do solo. É indispensável ao cálculo da porosidade que é característica importante no condicionamento da fertilidade "física" do solo.

Porosidade alta, superior a 60%, é necessária nos solos argilosos afim de condicionar a permeabilidade. Nos solos arenosos alta porosidade, superior a 50%, condicionaria permeabilidade excessiva. Mas valores baixos, próximos a 43%, ao mesmo tempo que tornam mais conveniente a permeabilidade dos solos arenosos à água, dificultam a penetração das raízes, para as quais a tangência entre si dos grânulos de areia é sério obstáculo.

No solo T-273, por exemplo (tab. 2), a porosidade de 53% não é propriamente baixa em vista do teor de argila de apenas 14%. Apesar dos baixos valores de pH e de bases permutáveis que impedem pulsação vigorosa da vida no solo e permitem que este fique facilmente compactado pela pastagem, o teor apreciável de húmus (tab. 3) mantém a porosidade num nível regular, graças à capacidade de retenção d'água e ao fato que esta realmente existe em virtude do clima sempre úmido da serra. Isto mostra a influência de diversas características físicas, coloidais e químicas do solo, e mesmo de fatores genéticos, no condicionamento da porosidade.

A *porosidade mínima* resulta de um teste de laboratório, pelo qual se obtém uma contração do solo que reproduz com certa fidelidade, já comprovada entre nós, a compactação sofrida em conse-

qüência do pisoteio de animais em condições de pastagem sobrecarregada e prolongada por muitos anos.

É claro que o valor da porosidade mínima reflete diversas características coloidais e químicas, além de depender diretamente da composição granulométrica e do teor de matéria orgânica (neste caso é proporcionalidade do tipo direto). Mas mais importante na prática é a simples consideração da diferença entre as porosidades natural e mínima, pois indica quão longe o solo se acha da compactação máxima possível no campo.

Tal compactação no nosso clima representa um mal, pois dificulta a penetração das raízes, e das águas pluviais no comêço da estação chuvosa, reduzindo assim a capacidade de armazenamento de umidade e a cubagem útil no sentido de disponibilidade dos nutrientes, ao mesmo tempo que a erosão fica agravada pela facilidade de formação de enxurradas. Corrige-se o mal pelas arações profundas e repetidas, principalmente com adubação verde, as quais obrigam ao dispêndio de trabalho, dinheiro e tempo.

Afim de dar ideia a respeito da *capacidade de retenção de água*, apresentamos nas tabelas de análises físicas diversas características.

O teor de água que o solo conserva apesar de *sêco ao ar* é uma característica firmemente esboçada por ser necessária grande quantidade de energia afim de diminuir nitidamente êste teor, e também em virtude do tipo de correlação que êle apresenta com as características capazes de influenciar a capacidade retentiva.

O solo T-273 que acabamos de citar, apresenta, quando sêco ao ar, teor de umidade mais baixo que o T-269 (tab. 2), apesar deste possuir teor mais baixo de argila. É que êste apresenta menos que metade do teor de alumínio daquele e mais que o dôbro do teor de cálcio, a diferença no teor de húmus sendo pequena. Porisso o T-269 apresenta pH mais alto. Mais significativo ainda é o fato que o pH em solução salina é mais baixo: indica atividade específica das argilas mais alta, isto é, melhor tipo genético, apesar de ambos os solos serem essencialmente de argilas caolíníticas. De fato, os índices "Sa" dos dois são praticamente iguais. Mas o índice "Saf", bem maior no solo T-269, indica claramente a razão da sua superioridade inata: o outro possui mais ferro livre, o qual lhe abaixa a qualidade da argila do ponto de vista coloidal e biológico.

Mas nas condições naturais, de teores de água muito maiores, como os demais tabelados, a finura e o teor de húmus prevalecem sôbre as outras características, apesar destas ainda exercerem nitidamente a sua influência. Assim o teor total de argila do solo T-269 não passa de 64% do teor do solo T-273, ao passo que a higroscopicidade alcança quase 80%, e o limite de saturação quase 90%.

A *higroscopicidade* ainda constitui teor de água tão baixo que o solo com tal teor parece completamente sêco ao tato, e não apresenta atividade biológica. Corresponde ao limite máximo de adsorção de umidade com desprendimento de calor. Significa que a extração da água de um solo úmido se processará com relativa facilidade até que o teor dela desça à higroscopicidade, ponto êste além do qual só podemos chegar mediante dispêndio de energia de outra ordem de grandeza, muito maior, e certamente além das possibilidades de qualquer planta.

Assim, solo submetido a sêca prolongada pode continuar a perder água depois que todas as plantas perecerem, mas quando o teor de umidade ficar reduzido ao valor da higroscopicidade, é muito provável que estacione durante certo tempo, antes que continue a diminuir, ao menos abaixo de alguns centímetro de profundidade, pois para quebrar a resistência do solo e continuar a ronbar-lhe água a soma de energia gasta pelas forças que promovem a evaporação terá que ultrapassar certo nível muito elevado. Em outros termos, a curva que traduz o processo da perda de água pelo solo em função da energia aplicada no dessecamento ou evaporação, apresenta certa inflexão no ponto higroscopicidade, coisa que não acontece com os pontos seguintes de que passamos a tratar.

"*Água não disponível*" é o teor (máximo) de umidade do solo suficientemente baixo para que comecem a murchar plantas não muito resistentes à sêca. O solo com êste teor ainda se apresenta sêco ao tato. Em consequência de sêca prolongada, o primeiro centímetro a partir da superfície pode ficar reduzido à higroscopicidade ou mesmo menos, mas se o "mato" comum não mostrar sinais nítidos de murchamento, será isto prova que no volume de solo de seu desenvolvimento radicular o teor médio de umidade ainda se acha acima da "água não disponível". Êste teor de água é superior ao "Permanent wilting point", o qual se dá quando murcham as plantas mais resistentes à sêca.

"*Umidade equivalente*" resulta de teste de laboratório que fornece o teor de água, acima do qual a umidade não se move mais no solo afim de satisfazer às forças de adsorção deste. Portanto, se movimento houver, será por simples força de gravidade, de cima para baixo, e só se moverá a água que exceder sôbre a umidade equivalente.

Êste é o teor de água, inerente ao solo, com que podemos contar na previsão da colheita máxima que as virtudes físicas do solo permitem. Solo arenoso, dotado portanto de baixa capacidade retentiva, permitirá, fisicamente, um nível baixo de colheita máxima. Solo argiloso, de alta umidade equivalente, permitirá colheita máxima alta. Deste modo, as colheitas possíveis nos solos arenosos deveriam ser

diversas vezes menores que as dos solos argilosos, mas isto felizmente não acontece, por que os solos arenosos são profundos, ao passo que os argilosos são rasos.

Nos solos arenosos baixa umidade equivalente é multiplicada por um volume grande afim de se obter a disponibilidade hídrica de um perfil de solo, enquanto no caso de solos argilosos alta umidade equivalente é multiplicada por uma profundidade escassa, podendo-se obter produto mais modesto que num perfil arenoso.

Logo depois de uma chuva o solo pode conter teor de água superior à umidade equivalente. Esta água é chamada "*gravitativa*" por que desce por gravidade, não sendo retida pelo solo. Ela pode ser benéfica, e então é chamada "*gravitativa disponível*", se não expulsar o ar dos poros, do qual as plantas cultivadas precisam em quantidades variáveis, conforme a cultura. É chamada "*nociva*" quando encharca o solo expulsando o ar quase completamente.

Tal nocividade resulta por falta de drenagem. Quando dura pouco, apresenta certas vantagens, como a renovação completa do ar que pode estar, antes do encharcamento completo, demasiadamente saturado de gas carbônico resultante da respiração das raízes, dos animais e dos microorganismos, ou proveniente da decomposição da matéria orgânica. Depois de chuva forte, mas passageira, a água gravitativa desce os capilares do solo promovendo sucção de ar fresco, bem oxigenado, que dá nova vida à rhizosfera e é especialmente útil do ponto de vista agrícola. O ar viciado escapa pelos condutos mais largos, galerias de animais (vermes e insetos principalmente) ou tubos das raízes apodrecidas.

Vê-se que tudo o que acontece no solo, possui seus prós e contras, sempre beneficiando uma espécie de vida em detrimento de outra.

O encharcamento ou saturação do solo não depende apenas da intensidade ou da duração das chuvas, mas é também característica do próprio solo. Quando partículas deste possuem alta retenção, envolvem-se com películas espessas de água, deixando pouco espaço dos poros livre para a passagem da água gravitativa (espaço "*livre de tensão*"). É o caso de solos argilosos. Nos arenosos a retenção é baixa; podemos ter alto volume livre de tensão, apesar de ser baixa a porosidade. Daí a utilidade da determinação do *limite de saturação*.

Este é um ensaio de laboratório que fornece o teor de água com o qual o solo fica saturado, com o ar quase inteiramente expulso, quando a porosidade se acha mais próxima do seu valor mínimo, que do valor natural. A expulsão completa é muito difícil, e propositalmente não é obtida no laboratório, visto que não se consegue na natureza. Este fato é auspicioso, pois se a expulsão completa do



ar fosse possível, morreriam todos os microorganismos aeróbios, que são os mais úteis à agricultura.

A *água encontrada* é o teor de umidade constatado no momento da tomada das amostras. Toma-se no campo volume conhecido de solo, seca-se no laboratório, em estufa, e pelo peso perdido verifica-se quantas gramas de água o solo possuía por unidade de volume. O peso de solo seco dá o peso específico aparente. Daí se calcula a porosidade, depois da determinação do peso específico real.

O símbolo "pC" que se encontra em seguida nas tabelas anexas de características físicas, é o símbolo de "potencial de capilaridade". Indica afinal a finura dos capilares médios do solo. Quanto mais finos eles são, maior é o potencial, maior é a retenção de água em relação à porosidade, e menor é o espaço livre de tensão. Nesta característica, portanto, a porosidade é levada em conta junto com a capacidade de retenção de água. A característica é dada em atmosferas. Multiplicada por mil, seria em centímetros de coluna de água, pois coluna de 10 m de altura dá a pressão de 1 atmosfera por cm^2 .

O símbolo seguinte, "pF" ("F" vem de "free energy"; em português pode-se dizer "potencial de Força") não passa de logaritmo do potencial de capilaridade em cm de coluna d'água. Quanto mais baixo o "pF", maior é a facilidade das plantas de retirarem água do solo. A "força" é portanto a desenvolvida pelo solo, que as plantas devem sobrepujar afim de serem capazes de absorver água pelas raízes.

No caso da amostra T-337 (tab. 12) que foi a que deu o mais alto teor de húmus (tab. 13) por ser a terra mais turfosa, de brejo mais úmido, o pF é o mais baixo desta coleção de amostras, com valor inferior à unidade (0,84).

Isto é o pF intrínseco do solo. Na mesma unidade de medida pode-se indicar o estado de saturação do solo com água (19). Assim o pF é igual a zero acima do limite de saturação. A umidade equivalente corresponde pF=2,7. A "água não disponível" é pF próximo de 4. O ponto de murchamento permanente é 4,2; a higroscopicidade é 4,5 e solo seco ao ar é cerca de 6.

Temos assim para qualquer solo uma curva contínua dos valores de pF em função dos teores de água. O mesmo pF resulta em solos arenosos com muito menos água que nos argilosos. As necessidades de irrigação, de drenagem, de certos teores de água para determinadas fases de crescimento dos vegetais, etc., podem ser dadas em termos de pF, sendo traduzidas em teores ou necessidades de água de acordo com a curva mencionada.

A *permeabilidade* que consta nas nossas tabelas, foi obtida por cálculo, complexo e demorado, porém nem sempre produzindo resultados exatos, pois se trata de curva em função de higroscopicidade

e porosidade que só num trecho funciona bem. No caso de altas higroscopicidades fornece valores de permeabilidade demasiadamente baixos, como nos solos T-99 e 399 (tab. 2). Com higroscopicidades baixas exagera a mais, podendo fornecer valores verdadeiramente absurdos, como no caso dos solos T-271 e 272 (tab. 4). Alta porosidade também pode resultar em valores absurdamente elevados, como nos solos do tipo 20-e (exemplo T-337, da tab. 12). Trata-se, pois, de cálculo, cujo resultado pode não passar de indicação qualitativa. Foi usado por não dispormos de aparelhagem de medição direta de permeabilidade no campo e nem mesmo no laboratório (permeâmetro). Os exageros do cálculo não deixam de ser, todavia, significativos e mesmo elucidativos. Prevêem que o solo possui dificuldades físicas dificilmente atenuáveis.

É freqüente a ideia errônea de identificar a permeabilidade com a porosidade. Realmente a permeabilidade depende, de maneira direta, do espaço livre de tensão, portanto daquela parte da porosidade que não se acha na esfera de adsorção hídrica das partículas edáficas. Em termos das tabelas físicas anexas, a permeabilidade depende diretamente da diferença entre a porosidade e a umidade equivalente, e assim mesmo a função é complexa. Quando a porosidade não é maior que a umidade equivalente, temos solo impermeável, mesmo com porosidade alta.

Visto que em qualquer solo podemos aumentar a porosidade natural por meio de aração, ou diminuir em consequência de acamamento ou de pisoteio da pastagem, pode-se obter por cálculo os dados da permeabilidade natural, máxima e mínima e peso específico aparente natural, máximo e mínimo. Aumento do teor de matéria orgânica ou de riqueza química mediante adubações resulta em pequeno acréscimo de higroscopicidade, que, portanto, também pode ser natural, máxima e mínima, valores estes também previsíveis, mas com mais dificuldade, por cálculos mais precários, pela simples razão que fórmulas matemáticas não comportam de uma só vez muitas variáveis. Convém, pois, executar muitos cálculos, mas apreciar os seus resultados de maneira essencialmente qualitativa, nunca esquecendo os exageros que podem trazer.

A *resistência contra a erosão* é obtida por cálculo, bem melhor, e indica característica intrínseca do solo, independente, pois, da topografia, da intensidade das chuvas e mesmo da profundidade do horizonte superficial. É claro que se este fôr de espessura escassa, sobreposto a camada quase impermeável, sua saturação quase completa é possível em períodos muito chuvosos, e então o excesso de chuva se porá a correr morro abaixo, por menor que seja a declividade, abrindo sulcos de enxurrada. Valores acima de 30 indicam

solos com bastante boa resistência contra a erosão. Mas já abaixo de 25 sérios cuidados de controle da erosão são necessários.

A última característica das tabelas físicas, *agua combinada*, já é de ordem coloidal. Indica o grau de hidratação das argilas e dá, portanto, alguma ideia sobre a natureza das argilas e sobre o estado de evolução delas, quando são conhecidas através da análise dos complexos (tabelas ímpares de n.º 3 a 15), roentgenografia de difração, termo-curvas ou outros meios.

A água combinada é a perda de água por calcinação do solo seco e isento de matéria orgânica. É importante seu quociente percentual sobre o teor total de argila. Valores altos, superiores a 70, geralmente indicam boa natureza das argilas do ponto de vista agrícola. A laterização abaixa fortemente este valor, principalmente se o solo já esteve submetido a longos períodos de movimento biológico fortemente deprimido por fatores adversos.

(Conclui no próximo número)