

## ESTUDO MINERALÓGICO E ANALÍTICO DE ALGUNS SOLOS PARA FINS DE BASE DE PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA

Nílso Barelli \*  
Max Brandt Neto \*

BARELLI, N. & BRANDT NETO, M. Estudo mineralógico e analítico de alguns solos para fins de pavimentação rodoviária. *Ecl. Quím.*, São Paulo, 5:7-15, 1980.

**RESUMO:** Estudou-se, pela distribuição granulométrica, difração de raios-X e microscopia eletrônica de varredura, alguns solos do Estado de São Paulo, Brasil, os quais foram usados como base de pavimento rodoviário. Determinou-se que os solos estão divididos em dois grupos, um deles tendo uma distribuição granulométrica característica, com uma mudança brusca da parte grossa (areia) para a parte fina (argila — principalmente caulinita) e uma microestrutura de maneira compacta com a argila em formato globular (pipoca). O outro grupo não possui uma mudança brusca na granulometria, tendo uma distribuição de partículas mais homogênea, e a microestrutura possui a argila em forma placóide.

Os testes mecânicos e experimentais mostraram que o primeiro grupo é melhor que o segundo para o uso de base de pavimentos rodoviários.

**UNITERMOS:** Distribuição de tamanho de partículas, mineralogia e microestrutura de argilas em solos usados como base de pavimentos rodoviários.

### INTRODUÇÃO

É importante para o desenvolvimento do País a necessidade de uma rede de estradas vicinais, as quais se entroncam às rodovias principais, dando condições para o escoamento de produções, ligando os centros produtores aos consumidores.

Fácil é compreender a importância de uma rede de estradas que permita chegar realmente ao destino, ou iniciar seguramente uma viagem sem os agravos tão comuns ainda hoje, da eventualidade de uma chuva que isole o produtor, o agricultor e sua família praticamente do resto do mundo.

\* Departamento de Química Tecnológica e de Aplicação — Instituto de Química — UNESP — "Campus" de Araraquara.

Muito se fala na fixação do homem ao campo, mas uma das condições primordiais a ser satisfeita para esta fixação é exatamente a garantia de liberdade de movimentos em qualquer estação do ano, evitando dramas rotineiros das perdas por falta de possibilidade de circulação.

O método convencional adotado pelo DNER na pavimentação rodoviária, emprega presentemente, um sistema dispendioso e todo ele baseado em tecnologia estrangeira.

O DER-SP, dentro de uma política de baixos custos, vem aplicando e com sucessos, os próprios recursos naturais na construção destas rodovias vicinais.

Este método baseia-se no uso de deturminados solos, com características geotécnicas próprias, os quais são compactados e impermeabilizados com uma camada asfáltica (1,2 a 1,4 l/m<sup>2</sup>), constituindo isto a base do pavimento rodoviário. O resultado desta técnica de baixos custos, pode ser comprovado em 144,2 km de rodovias vicinais já construídas (1) as quais se acham em péssimas condições mesmo após mais de cinco anos de tráfego.

Este trabalho objetiva estudar as amostras de solos dentro das características geotécnicas da constituição mineralógica, granulométrica e microestrutural, para se estabelecer a adequação para o uso como base ou sub-base de pavimentos rodoviários.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram coletadas pelo DER-SP, Seção de Araraquara, dentro de critérios por eles estabelecidos. De 95 amostras estudadas, todas do Estado

de São Paulo, selecionamos dez, cuja discriminação a seguir mostra a procedência de cada uma:

DER. 1 — Jazida de Trabiçu — Acesso à Trabiçu Km 4 + 844 m — Profundidade entre 0,50 — 4,00 m.

DER. 2 — Jazida do Náutico — Rodovia Araraquara — Ribeirão Preto Km 63 + 300 m.

DER. 3 — Jazida de Cabaceiras — Rodovia Araraquara-Rio Mogi — antes do Rio Cabaceiras.

DER. 4 — Estrada de Araçatuba — trecho de Piacatu — esta- ca 280 lado direito.

DER. 5 — Marginal de São Carlos — São Carlos.

DER. 6 — Rodovia Pres. Castelo Branco — Km 29 + 100 m, SP 280 lado esquerdo.

DER. 7 — Rodovia Fernão Dias — Km 18 — São Paulo — Belo Horizonte.

DER. 8 — Rodovia dos Bandeirantes (via Norte) — solo da camada abaixo da linha de seisos — profundidade entre 0,30 a 1,50 m.

DER. 9 — Rodovia dos Bandeirantes (via Norte) — solo da camada abaixo da linha de seisos — profundidade entre 1,50 a 4,50 m.

DER. 10 — Rodovia dos Bandeirantes (via Norte) — solo da profundidade de 14,00 m.

As amostras foram quarteadas, para que se tenha uma porção a ser analisada, realmente representativa (2) e a seguir foram submetidas às análises granulométricas, difratométricas e de microscopia eletrônica de varredura.

Na análise granulométrica efetuou-se combinação de métodos, de modo que os sedimentos de maiores diâmetros (2,00 — 0,062mm) fossem separados por peneiramento, enquanto que os sedimentos de diâmetros menores (0,062 — 0,0005mm) foram separados pelo método da pipetagem, baseado na lei de Stokes. Usou-se como limite das frações grossas e finas a granulação de 0,062 mm, porque esta, de acordo com a classificação de Wertworth (2) corresponde ao extremo inferior da fração areia.

A constituição mineralógica de cada amostra foi analisada pela difratometria de raios-X, em difratômetro horizontal Phillips PW 1380, usando-se radiação de Cuk $\alpha$  ( $\lambda = 1.54\text{Å}$ ), em lâmina de cavidade, sendo o registro feito entre  $2\theta = 3^\circ$  e  $2\theta = 70^\circ$ .

A leitura do ângulo  $2\theta$  na carta, possibilita a obtenção dos d'shkl, os quais foram comparados com os padrões do ASTM (3) conjuntamente com as intensidades.

O microscópio eletrônico de varredura JSM-P15 operando com 15 Kv foi usado para obter-se as fotomicrografias para o estudo da microestrutura das amostras.

De cada amostra foram retirados corpos de prova e estes foram recobertos com película de carbono e depois ouro, com as amostras colocadas a  $90^\circ$  da base (metalização a  $90^\circ$ ) em vaporizador a vácuo JEOL JEE-SS com pres-

são de  $10^{-6}$  tor. Os corpos de prova já metalizados são colocados no microscópio eletrônico e focalizados na tela, sendo sua superfície varrida com aumentos desejados. Os aumentos utilizados no microscópio eletrônico foram de 5000 vezes, com ampliação fotográfica de 1,2 vezes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise granulométrica

Os resultados da análise granulométrica mostram que as dez amostras estudadas podem ser divididas em dois grupos, fig. 1 e 2.

As amostras da figura 1 apresentam uma distribuição granulométrica bem característica, havendo um salto entre a fração areia e a fração argila, ocorrendo muito pouco a fração silte. Já as amostras da fig. 2 apresentam uma distribuição granulométrica homogênea em todo o material, não havendo predominância de uma ou outra fração granulométrica.

### Análise mineralógica

A análise mineralógica das amostras evidenciou a presença dos argilos minerais caulinita, gibsita e haloisita.

A tabela 1 mostra os resultados da análise das amostras em suas várias granulometrias.

### Microscopia eletrônica de varredura

A microestrutura dos solos estudados por microscopia eletrônica de varredura, revela também que as amostras estão divididas em dois grupos:

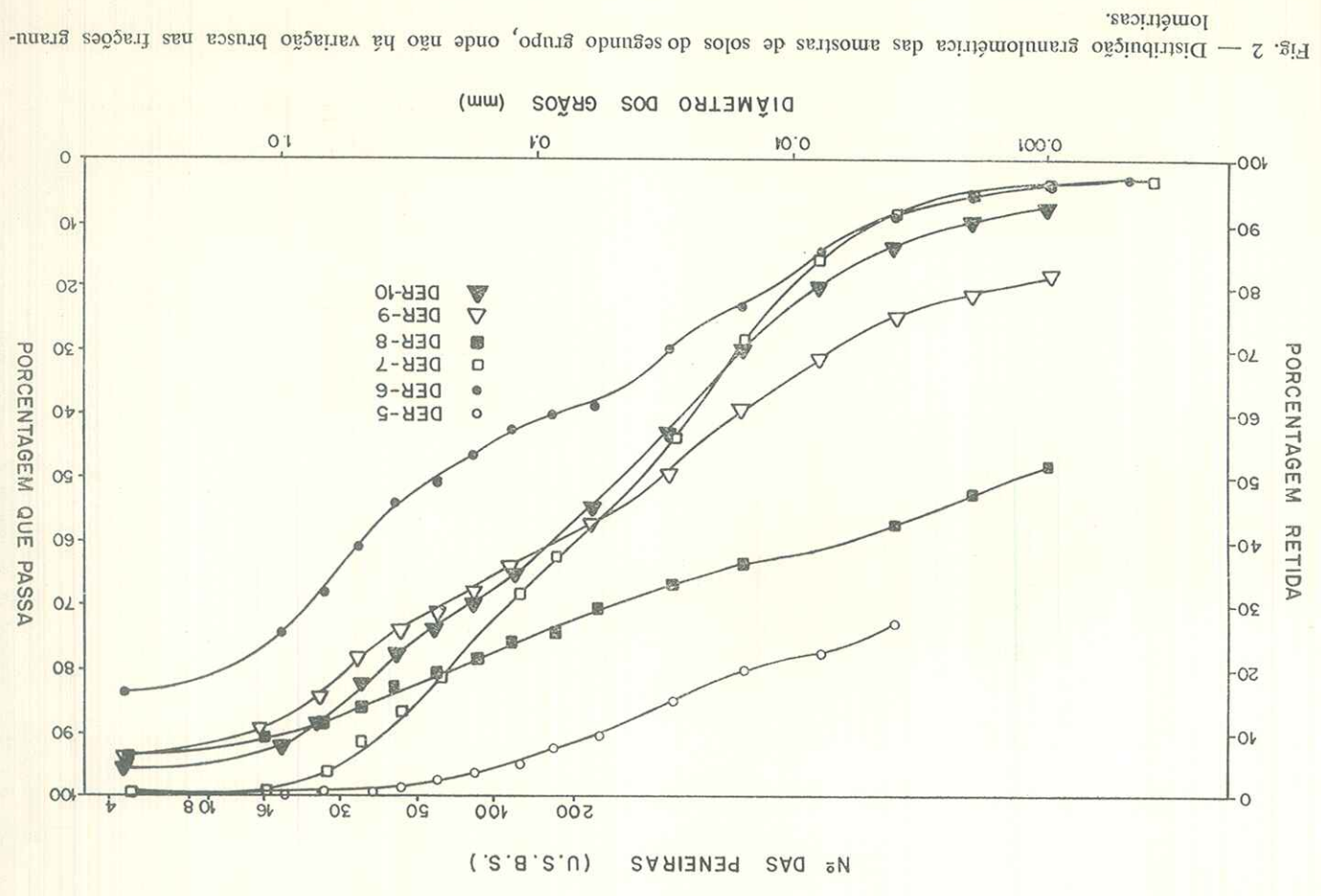
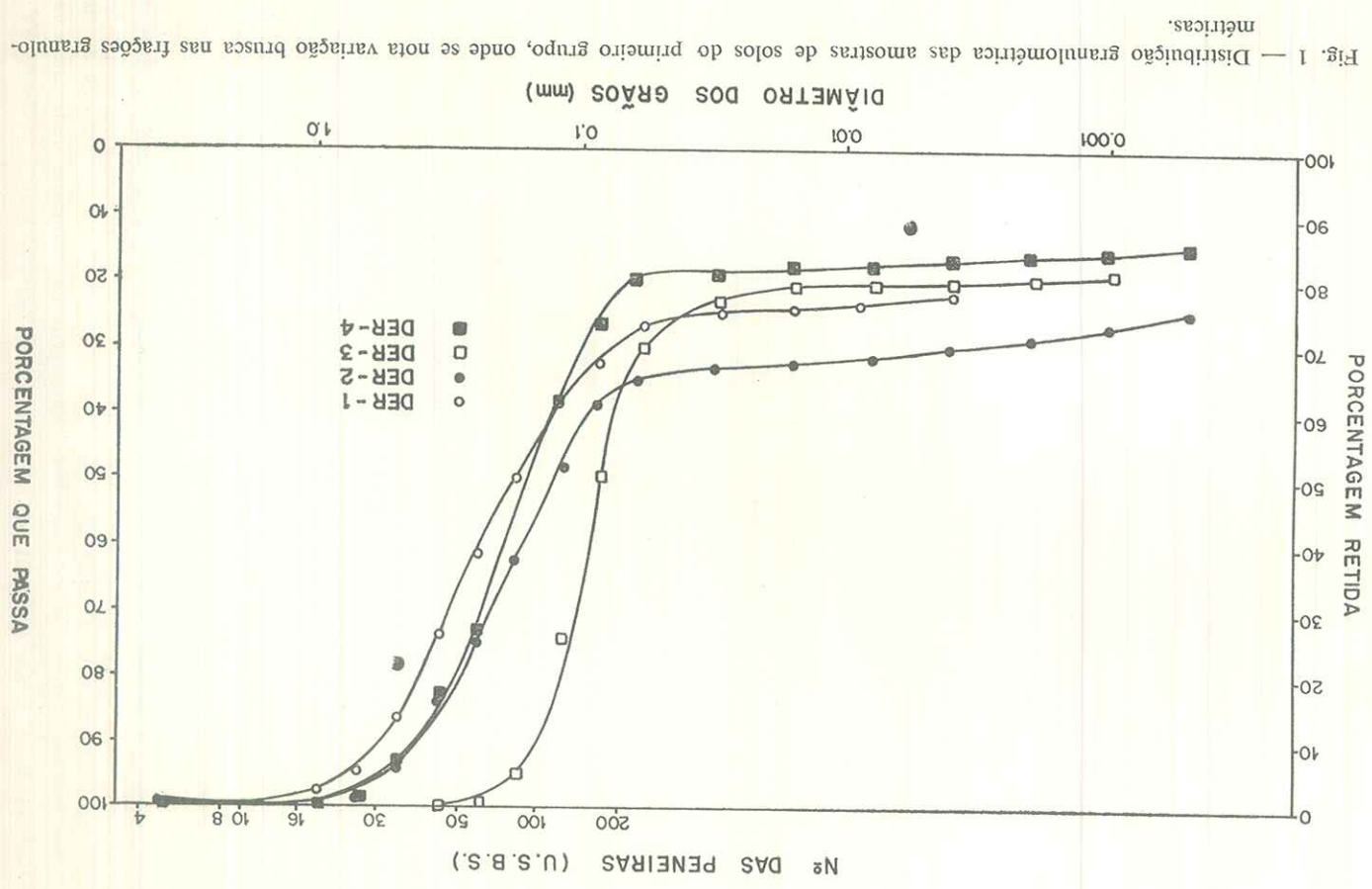


TABELA 1

Constituição Mineralógica das amostras de solos estudadas.

| <i>Amostra</i> | <i>Granulometria (mm)</i>  | <i>Material identificado</i>   |
|----------------|--|--|
| DER. 1         | 0,016 — 0,008<br>< 0,004   | Caulinita — Magnetita — Goetita — Quartzo —  |
| DER. 2         | 0,062 — 0,031<br>0,016 — 0,008<br>0,008 — 0,004<br>< 0,004       | Caulinita — Gibsita — Goetita — Magnetita — Quartzo<br>" " " " " "<br>" " " " " "<br>" " " " " "   |
| DER. 3         | 0,16 — 0,008<br>< 0,004  | Caulinita — Gibsita — Magnetita — Quartzo —  |
| DER. 4         | 0,016 — 0,008<br>0,002 — 0,001                                   | Caulinita — Magnetita — Haloisita<br>" " " "   |
| DER. 5         | 0,062 — 0,031<br>0,016 — 0,008<br>< 0,004                        | Caulinita — Gibsita — Goetita — Magnetita — Quartzo<br>" " " " " "<br>" " " " " "                  |
| DER. 6         | 0,062 — 0,031<br>0,016 — 0,008<br>0,004 — 0,002<br>0,002 — 0,001 | Caulinita — Haloisita — Muscovita — Goetita — Quartzo<br>" " " " " "<br>" " " " " "<br>" " " " " " |
| DER. 7         | 0,062 — 0,031<br>0,016 — 0,008                                   | Caulinita — Haloisita — Muscovita — Magnetita — Quartzo<br>" " " " " "                             |
| DER. 8         | 0,016 — 0,008<br>0,002 — 0,001                                   | Caulinita — Haloisita — Muscovita — Goetita<br>" " " " " "   |
| DER. 9         | 0,016 — 0,008<br>0,002 — 0,001                                   | Caulinita — Haloisita — Muscovita — Goetita<br>" " " " " "   |
| DER. 10        | 0,016 — 0,008<br>0,002 — 0,001                                   | Caulinita — Haloisita — Muscovita — Goetita<br>" " " " " "   |

Em um dos grupos a microestrutura apresenta-se compacta, mostrando buracos entre as massas de argilos-minerais e estes predominantemente em formato de nódulos ou esférulas, fig. 3. No outro grupo, a microestrutura já não se apresenta de forma compacta e os argilos-minerais se mostram com formato de placas isoladas, fig. 4 ou mesmo podendo ocorrer o empacotamento dessas placas, fig. 5.

CONCLUSÃO

Os testes de laboratório e de tráfico (4) efetuados sobre os solos de tipo das figs. 1 e 3, mostraram que são os mais adequados para o leito de pavi-

mentação rodoviária, pois a mudança brusca entre as granulometrias, poderá facilitar um preenchimento dos espaços entre os grãos maiores (areia) por material mais fino (argilo mineral caulinita) que agiria como um ligante explicando a boa compactação e a alta resistência à penetração, própria desse tipo de solo.

Isto não ocorreria com os solos das figs. 2, 4 e 5 onde não existe uma diferenciação entre as granulometrias, além do fato das amostras apresentarem os argilos minerais em forma de placa onde poderá haver uma fácil penetração de água, tornando o solo frágil frente a esforços.

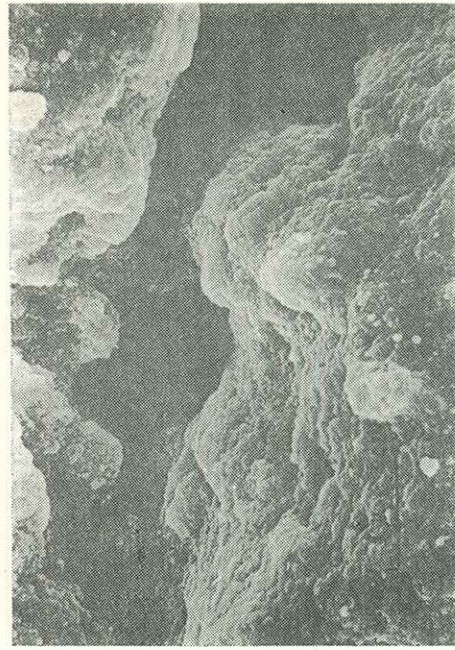


Fig. 3 — Fotomicrografia de varredura, mostrando a forma compacta e nodular dos argilos-minerais (caulinita) característicos de solos do primeiro grupo da distribuição granulométrica.

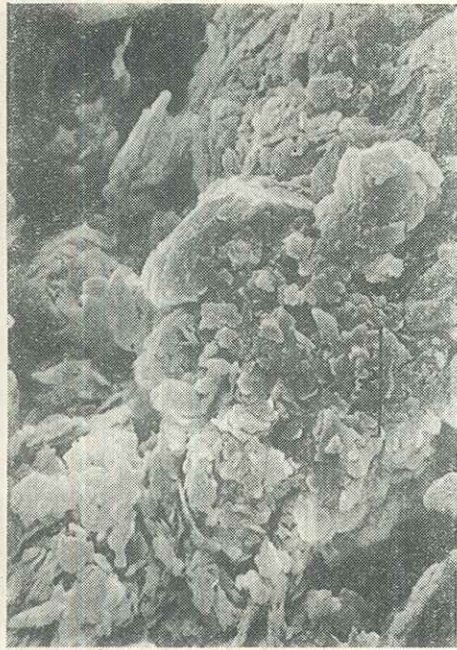


Fig. 4 - Fotomicrografia de varredura, mostrando a forma placóide dos argilo-minerais próximos de solos do segundo grupo da distribuição granulométrica (solo hidromórfico).

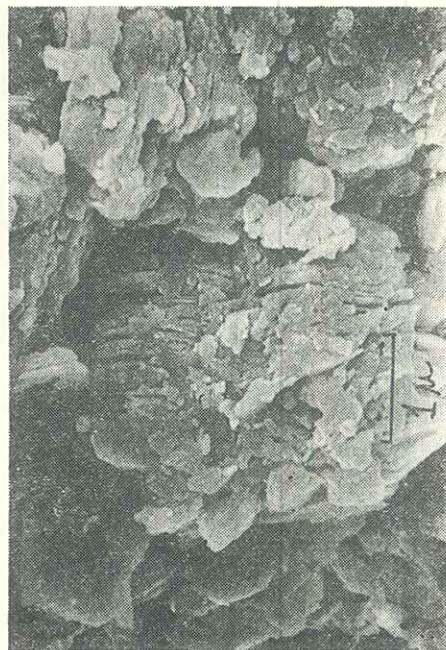


Fig. 5 — Fotomicrografia de varredura, mostrando a presença do empacotamento dos argilos minerais (sanduíche) característico de solos do segundo grupo da distribuição granulométrica (solo hidromórfico).

#### AGRADECIMENTOS

Expressamos os agradecimentos ao Instituto de Física e Química de São Carlos, USP, na pessoa do chefe do Departamento de Física e Ciências dos Materiais, Prof. Dr. Milton Ferreira de Souza, pelo uso do difratômetro horizontal Phillips PW 1380.

— Trabalho apresentado na 8.<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Cristalografia — 18-21 julho de 1979 — Recife — PE.

BARELLI, N. & BRANDT NETO, M. Mineralogical and analytical studies of same soils used as road foundation. *Ecl. Quím.*, São Paulo, 5:7-15, 1980.

**ABSTRACT:** It was studied some soils of São Paulo State, Brazil, used as road foundation, by granulometric distribution, x-ray diffraction and scanning electron microscopy.

It was determined that the soils are divided into two groups, one of them having a characteristic granulometric distribution, with a sudden change from large particles (sand) to fine ones (clays, chiefly Kaolinite and a microstructure in a compact manner with the clays in globular (pop corn) form. The other one do not have a sudden change in granulometric distribution, having a constant particles distribution and a microstructural part where the clays are on planquet form. The mechanics and experimental tests shows that the first group is better than the second for use as road foundation.

**UNITERMS:** Particle size distribution, mineralogy and microstructure of clays in soils used as road foundation.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. UTIYAMA, H. et al., *Rev. DER*, 1975/1977 (124).
2. SUGUIO, K. *Introdução à sedimentologia*. Edgard Blucher, São Paulo, 1973.
3. ASTM. Joint Committee on Powder Diffraction Standards. *The Powder Diffraction File*, Philadelphia, Pen., 1967.
4. VILLIBOR, D. F. *Utilização de solo arenoso fino na execução de bases para pavimentos de baixo custo*. Escola de Engenharia de São Carlos da USP, São Carlos, 1974. [Tese-Mestrado].
5. SOUZA SANTOS, P. *Tecnologia de argilas: fundamentos*. Edgard Blucher, São Paulo, 1975.

Recebido para publicação em 10-05-80