

# 1 CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (TEXTO COMPLEMENTAR)

## 1.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

O solo tem sido estudado e interpretado de diferentes maneiras, de acordo com o uso que dele se faz. As interpretações e definições são muitas e discordantes, pois as ciências ligadas ao solo envolvem conhecimentos variados, estendendo-se desde a gênese do solo até o mecanismo da alimentação vegetal. São muitos os ramos da ciência que estão ligados ao solo, podendo-se citar Geologia, Engenharia de Minas, Engenharia Civil, Mecânica dos Solos, Pedologia, Engenharia Agrônômica, Biologia, dentre outros.

O interesse que cada um desses ramos possui pelo solo varia, sendo portanto diferentes os sistemas de classificação dos solos por eles elaborados. Dessa forma, um sistema de classificação de solos deverá ser utilizado para a finalidade que foi proposto.

## 1.2 O SIGNIFICADO DE UMA CLASSIFICAÇÃO

Para se classificar determinado objeto, faz-se necessária a determinação das qualidades ou características peculiares a tal objeto. Classificar é reconhecer um objeto pelos seus atributos. São escolhidos um ou mais atributos que servirão de base para a classificação. Dessa forma, dado determinado objeto a ser classificado, determinam-se seus atributos e realiza-se a classificação.

Uma vez determinada a classe a que pertence o objeto examinado, deve-se saber o significado disso em termos de conseqüências da ação. Ou seja, além da classificação, deve haver um processo de inferência indutiva que servirá de informação para orientar a ação.

A classificação isoladamente é tautológica. Faz-se necessário correlacionar cada classe de objetos com informações, que servirão de base para a ação. Nesse ponto realiza-se um processo de inferência, onde a experiência sobre o assunto adquire papel fundamental. Associam-se propriedades que foram observadas ou medidas e que serviram para a determinação da classe do objeto com outras propriedades que não foram medidas, fazendo-se dessa forma previsões.

Quanto aos solos, sua classificação tem o objetivo de inferir características não medidas, a partir da medida de índices classificatórios, através de um processo de inferência indutiva, que não pode ser justificado pela lógica formal e depende, portanto, do acúmulo de informações pela experiência. A classificação deve estar de acordo com o conhecimento existente e deve se modificar acompanhando a evolução desse conhecimento.

### 1.3 SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS

A classificação dos solos surgiu quando o homem se interessou pelo seu cultivo, como uma forma de tentar distinguir suas características com relação à produtividade. Os critérios empregados eram empíricos e geralmente associavam a produtividade com outra característica mais visível, como cor, textura, etc.

A história das civilizações agrícolas demonstra que as terras eram utilizadas de acordo com a sua produtividade. Na China, 6.500 anos AC, a produtividade serviu de base para a divisão dos solos em nove classes, com finalidade de cobrança de imposto territorial e determinação do tamanho das propriedades.

Várias têm sido as classificações apresentadas, variando de acordo com o interesse do grupo de pessoas para o qual cada classificação é elaborada. Foram propostas classificações petrográficas, baseadas nos materiais que deram origem aos solos; classificações com base na textura do solo; classificações geológicas aliadas às

geográficas; classificações baseadas no processo químico de humificação e mineralização da matéria orgânica e outras.

No último quartel do século XIX foram introduzidas as bases para as classificações pedológicas de caráter científico. O perfil de solo passou a ser considerado um corpo autônomo da superfície da crosta terrestre, com origem vinculada ao clima, sendo dessa forma conceituada a ‘lei da zonalidade climática’, segundo a qual a distribuição dos diferentes tipos de solo do mundo se daria em zonas que se sucederiam dos pólos ao equador, da mesma forma que as grandes zonas climáticas.

Essa classificação genético-natural foi largamente difundida e divide os solos em três ordens, zonal, intrazonal e azonal. Na ordem zonal estão incluídos solos bem amadurecidos, resultantes da atuação de fatores ativos como clima e vegetação. Na ordem intrazonal são colocados solos que apresentam características pedogenéticas mais ou menos desenvolvidas, resultantes de fatores como material originário e topografia. Foram denominados solos azonais aqueles que aparecem com as mesmas características em qualquer região, não obedecendo à ‘lei da zonalidade climática’, pois o fator tempo não foi suficiente para imprimir características ao solo. Tratam-se de solos jovens ou imaturos.

Depois da Segunda Guerra Mundial, o potencial agrícola das nações menos desenvolvidas tornou-se alvo de interesse e um melhor sistema de classificação de solos passou a ser necessário, a fim de que os conhecimentos existentes sobre alguns solos pudessem ser transferidos entre localidades com solo e meio-ambiente similares. Além disso fazia-se necessário organizar o crescente conhecimento sobre solos.

Desenvolveu-se a taxonomia de solos – um sistema amplo de classificação de solos – não somente com a finalidade de aplicar as informações existentes na área de agronomia, mas também com a finalidade de servir aos interesses de uso do solo como material de construção, como fundação de construções, como referência para tributação e como base para uso e ocupação.

A razão prática para o seu desenvolvimento foi a descoberta de que solos com propriedades similares em meios também similares respondem do mesmo modo a práticas de gerência semelhantes, permitindo a transferência de experiência.

### **1.3.1 Classificações do solo para uso rodoviário**

Para utilização do solo como material de construção em rodovias, constituindo aterros, base, sub-base e reforço de subleito de pavimentos, faz-se necessário classificá-lo, com o objetivo de inferir preliminarmente suas propriedades geotécnicas.

Foi a partir das classificações de solos utilizadas em agronomia que se desenvolveram aquelas voltadas para a engenharia civil, com o objetivo de prever o comportamento tecnológico dos solos quando empregados em obras viárias ou utilizados em seu estado natural.

Segundo CASAGRANDE (1947), as classificações inicialmente baseavam-se apenas em critérios granulométricos, sendo inadequadas para solos argilosos, uma vez que suas características geotécnicas mostram-se mais estritamente relacionadas com as propriedades plásticas do que com as propriedades granulométricas.

Apesar das limitações das classificações texturais, seu grande uso deriva da simplicidade de sua utilização. Nos Estados Unidos, as classificações texturais originais eram baseadas na porcentagem relativa das frações areia, silte e argila. A representação dessas classificações pode ser facilmente realizada através de diagramas triangulares. A classificação textural triangular mais largamente utilizada foi a U.S.Bureau, na qual os solos são divididos em 10 grupos, sendo aplicável somente à fração do solo com partículas de diâmetro menor que 2 mm.

O princípio do diagrama triangular consiste em que cada ponto representa um número em cada uma das três escalas (areia, silte e argila), correspondente à porcentagem daquela fração presente no solo. Entretanto, para classificar um solo, basta entrar com os valores dos percentuais existentes das frações areia e silte, que determinam um ponto no diagrama triangular. O uso de tais diagramas deve ser realizado com muito cuidado, pois segundo CASAGRANDE (1947) já foram constatadas sérias discrepâncias entre os nomes derivados dos diagramas triangulares e as propriedades físicas realmente apresentadas pelos solos.

O desenvolvimento das técnicas laboratoriais para a determinação da distribuição granulométrica tem levado à utilização de curvas granulométricas para a classificação de solos. Entretanto, a distribuição granulométrica isoladamente não tem se mostrado suficiente para avaliação das características físicas apresentadas pelos solos.

Entre os anos de 1927 e 1929, foi desenvolvida a classificação do United States Bureau of Public Road (PR – 29), a partir de estudos realizados para uso de solos na construção de rodovias secundárias. A definição original dos grupos estava fundamentada nas características de estabilidade dos solos quando submetidos ao carregamento das rodas. Se no início baseava-se quase exclusivamente na análise granulométrica, após 1930 foi complementada pelo uso dos limites propostos por Atterberg, incluindo critérios de plasticidade.

Em 1939 foi desenvolvida outra classificação no “Texas Highway Department”, baseando-se nas características de graduação e plasticidade do solo. Esta classificação foi desenvolvida para solos do Texas, a fim de que materiais naturais pudessem ser satisfatoriamente utilizados na construção de rodovias

Casagrande apresenta seu estudo inicial de classificação de solos em 1943, na reunião da “American Society of Civil Engineers”. Nessa época surge a “Airfield Classification System” (AC), constituindo-se de uma modificação da PR-29, com inclusão do exame visual e táctil dos solos. Esta classificação seria publicada em

1945, por Middlebrooks, engenheiro do United States Army Engineers (USAE), sendo conhecida tanto por “Airfield Classification” como por classificação “de Casagrande”.

Em 1944 surge o “Civil Aeronautics Administration (CAA) Soil Classification System”, estabelecido para classificação de solos com finalidade de uso como subleito de pavimentos para aeroportos. Este sistema baseia-se na análise mecânica, nas características de plasticidade, na expansividade e no ensaio CBR (California Bearing Ratio).

Em 1945 é publicada a classificação que ficou conhecida como HRB (Highway Research Board), baseada em ensaios de granulometria e limites de Atterberg. A HRB, constituindo-se numa revisão da PR-29, foi adotada com algumas alterações pela “American Association for State Highway Officials” (AASHO) como M-145.

O sistema de classificação AASHO (M 145) não classifica os solos por tipo (como areias, argilas etc) mas simplesmente os divide em sete grupos principais. Embora esse sistema divida o solo em material granular e material silto-argiloso, a distinção é menos clara do que a existente no sistema de Casagrande. Não há uma distinção clara entre siltes e argilas e além disso solos orgânicos não são incluídos na classificação. Entretanto o sistema deve ser julgado com base em seus objetivos, que são especificamente avaliar a adequação dos solos para uso como subleito de pavimentos; os grupos com números mais altos são progressivamente menos adequados. Desse modo, o sistema é mais restrito e mais interpretativo do que o sistema de Casagrande, uma vez que não apenas classifica solos em grupos com propriedades similares mas também infere sobre a qualidade dos solos em cada grupo. Um melhor refinamento do sistema da AASHO nesse aspecto é o uso do índice de grupo, para avaliar a qualidade do subleito.

Em 1947 Casagrande publicou a classificação USCS (Unified Soil Classification System), que se fundamenta na determinação de parâmetros relacionados à granulometria e limites de Atterberg. A sistemática USCS tem como vantagem a

possibilidade de inclusão de mais grupos de solo, fornecendo um refinado grau de classificação, caso necessário. Baseada nesta última, foi publicada na Inglaterra em 1950 a “British Soil Classification”. Em 1965 Schon publica, na França, uma sistemática também baseada na USCS.

A American Association for Testing and Materials adotou o Sistema Unificado como base para a classificação de solos ASTM, denominada ‘Standart Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes’, designada D2487. Embora a apresentação seja diferente do Sistema Unificado, o método utilizado para classificação é praticamente o mesmo.

O sistema de classificação British Standard (BS 5930) também está baseado na classificação de Casagrande, mas as definições de areia e pedregulho são totalmente diferentes e os solos finos são divididos em cinco classes de plasticidade, ao invés das duas divisões propostas originalmente por Casagrande. Além disso, um considerável número de sub-grupos foi introduzido.

Embora o sistema de Casagrande classifique os solos com base em suas propriedades de engenharia, ele não é interpretativo, uma vez que não classifica o solo como sendo bom ou ruim para determinado uso. Entretanto pode ser utilizado com o acréscimo de tabelas e gráficos que relacionem as classes de solo definidas pelo sistema de Casagrande com as propriedades apresentadas pelos solos. A maioria dos países adotou classificações de solos diretamente baseadas na USCS, publicada por Casagrande.

Entretanto, as classificações tradicionais foram desenvolvidas para solos de países de clima temperado, não sendo geralmente apropriadas para solos tropicais. Dessa forma, vários estudos têm sido realizados, no sentido de desenvolver um método simples e rápido, capaz de identificar as diferenças entre os vários tipos de solos tropicais e estimar suas propriedades de interesse como material integrante de um pavimento.

VERTAMATTI (1988) discutiu as dificuldades do uso das classificações tradicionais e apresentou uma relação de propostas de diversos autores, que incluem a consideração de aspectos como Índice de Atividade de Skempton; características pedogenéticas dos solos; relações moleculares sílica/alumina e sílica/sesquióxidos; resistência ao impacto, ao esmagamento e capacidade de troca catiônica; potencial eletro-resistivo; grau de intemperismo da rocha matriz; geomorfologia de solos lateríticos; peso específico e índice de vazios; absorção de água por lateritas; porosimetria; resistividade à cal, dentre outros.

No Brasil, temos a proposta de MEDINA & PREUSSLER (1980), que apresentaram uma classificação que permite a obtenção do módulo resiliente do solo a partir de índices classificatórios tradicionais e o sistema de classificação MCT (Miniatura, Compactado, Tropical), desenvolvido por NOGAMI & VILLIBOR (1981, 1985), capaz de identificar as diferenças entre os vários tipos de solos tropicais e prever seu comportamento, quando compactados, como parte integrante de um pavimento. Destacam-se também os trabalhos de SÓRIA (1985) e VERTAMATTI (1988) sobre classificação de solos.

### **1.3.2 Solos tropicais**

Segundo NOGAMI & VILLIBOR (1995), a conscientização das peculiaridades dos solos tropicais, como material de construção rodoviária no Brasil, ocorreu a partir de 1930, quando foi criada a Seção de Solos de Fundação no IPT/SP. Ao longo dos anos, a experiência foi demonstrando que o estudo tradicional de solos, baseado na consideração de LL, IP, granulometria por peneiramento e outros índices, não atribuía aos solos tropicais qualidades correspondentes ao seu real desempenho.

Em geral, as normas tradicionais limitam superiormente o Limite de Liquidez (LL) em 25% e o Índice de Plasticidade (IP) em 6%, com a finalidade de controlar a variação de volume dos solos compactados, conseqüente da variação do teor de umidade por secagem ou imersão em água. Entretanto a experiência tem demonstrado que tais limites não se aplicam aos solos tropicais, pois existem vários

exemplos de solos tropicais com elevados LL e que se expandem muito pouco quando compactados segundo as normas tradicionais e imersos em água. Por outro lado, existem exemplos de solos que sofrem elevada expansão, apesar de apresentarem LL e IP de acordo com os limites impostos, significando que tais limites não são adequados para previsão do comportamento expansivo dos solos tropicais.

Consequentemente, o Gráfico de Plasticidade não deve ser aplicado a solos tropicais, o que anula a validade das classificações geotécnicas nele baseadas, como AASHO/HRB e USCS.

O excelente desempenho apresentado por trechos experimentais de pavimentos construídos com utilização de solo arenoso fino laterítico como base comprovou, no final da década de 60 e início da década de 70, as limitações dos critérios tradicionais para escolha de solos, quando aplicados a solos tropicais (VILLIBOR, 1981). Uma vez que os critérios tradicionais consideravam os solos arenosos finos lateríticos inadequados para a construção de pavimentos e estando comprovado o excelente desempenho por eles apresentado, tornou-se evidente a necessidade do desenvolvimento de novos critérios de escolha, que pudessem ser aplicados aos solos tropicais. Tais critérios deveriam estar relacionados com as propriedades mecânicas e hidráulicas dos solos compactados.

A busca por tais critérios originou o desenvolvimento, no início da década de 80, do método MCT de classificação de solos tropicais, por NOGAMI & VILLIBOR (1980,1981,1985). Tal método tem sido amplamente utilizado e sua eficácia foi comprovada, segundo NOGAMI & VILLIBOR (1995), pelo bom desempenho de mais de 5000 Km de rodovias vicinais com base de solo arenoso fino laterítico e mais de 400Km de rodovias de tráfego pesado com base de solo laterítico com brita descontínua.

FABBRI (1994) apresentou um relato sobre o histórico do sistema de classificação MCT. Segundo este autor, o Professor Job Shuji Nogami apresentou em 1979 o

ensaio MCV, Moisture Condition Value, desenvolvido por PARSONS (1976), e uma classificação de solos baseada nos resultados deste ensaio (PARSONS & BOLDEN, 1979). Nessa ocasião propôs uma adaptação desse ensaio, com utilização de corpos de prova de dimensões reduzidas. Esse ensaio, denominado mini-MCV, seria realizado com utilização do equipamento de compactação e cilindro do ensaio mini-CBR.

A pedido do Prof. Nogami, SÓRIA & FABBRI (1980) realizaram uma primeira tentativa de padronização do ensaio mini-MCV. Com a finalidade de avaliar o comportamento do solo quando imerso em água, NOGAMI & VILLIBOR (1980) propuseram um ensaio executado com os corpos de prova que resultam do ensaio mini-MCV, ensaio este posteriormente denominado “Perda de Peso por Imersão”.

O sistema de classificação de solos MCT (Miniatura, Compactado e Tropical) foi proposto por NOGAMI & VILLIBOR (1981), com base nos resultados dos ensaios mini-MCV e Perda de Peso por Imersão. Tal sistema é capaz de identificar o comportamento laterítico dos solos. A previsão das características dos solos pode ser feita através da carta de propriedades da classificação MCT (NOGAMI & VILLIBOR, 1985).

Entretanto, a sistemática MCT apresenta algumas dificuldades referentes à complexidade e morosidade dos ensaios envolvidos e cálculos a serem realizados. Outra restrição se refere à dúvida existente quanto à repetibilidade dos índices e parâmetros obtidos dos ensaios que compõem a classificação MCT. PEIXOTO, FABBRI & NOGUEIRA (1996) calcularam os valores de repetibilidade dos parâmetros que compõem a classificação MCT, para níveis de confiança de 90 e 95%, utilizando os resultados de FABBRI (1994). Dos resultados obtidos a partir da análise de três amostras de solos, concluiu-se que, de modo geral, os parâmetros que compõem a classificação MCT são não-repetíveis, independentemente do modelo e do nível de confiança adotados.

Procurando solucionar as dificuldades da classificação MCT, têm sido desenvolvidos diversos estudos. Os próprios autores propuseram o ensaio S-MCV (NOGAMI & VILLIBOR, 1985), executado com equipamento sub-miniatura (cilindro de 26 mm de diâmetro), com a finalidade de reduzir a quantidade de amostra utilizada e facilitar sua utilização em campo.

FABBRI (1994), procurando estabelecer um processo simples, econômico e rápido para caracterizar solos, considerando as características peculiares dos solos tropicais, desenvolveu um trabalho sobre classificação de solos utilizando como parâmetros a distribuição granulométrica e o ensaio de absorção de azul de metileno pelo método da mancha, sendo este último para qualificar a parte fina do solo analisado.

### **1.3.3 Caracterização de solos através da utilização do ensaio de adsorção de azul de metileno**

Várias pesquisas têm sido conduzidas no sentido da utilização do ensaio da mancha de azul de metileno na caracterização e classificação de solos. O ensaio de azul de metileno mede a superfície da fração argilosa ativa, que depende da natureza do argilo-mineral presente no solo. A quantidade total de azul de metileno adsorvida por uma mistura de vários tipos de argilo-minerais é igual à soma das quantidades de azul de metileno consumidas por cada um dos tipos de argilo-minerais presentes na mistura.

KERGOET & CIMPELLI (1980) estudaram o comportamento de areias contaminadas por argila, realizando ensaios de granulometria por peneiramento e sedimentação, equivalente de areia, proctor normal e azul de metileno. Esses autores chegaram a correlações entre o valor de azul e a massa específica aparente seca máxima obtida do ensaio de compactação na energia normal, concluindo que existe real possibilidade de se introduzir o valor de azul nas classificações atuais de solos, desde que complementado por critérios granulométricos indispensáveis.

O ensaio da mancha de azul de metileno é capaz, inclusive, de caracterizar solos lateríticos. Uma vez que solos lateríticos ou de comportamento laterítico possuem como principal argilo-mineral constituinte a caulinita revestida por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e sendo pequena a adsorção do corante azul de metileno por solos com tais características, resulta que solos lateríticos ou de comportamento laterítico possuem menor capacidade de adsorção deste corante do que solos de comportamento não-laterítico, considerando-se proporções equivalentes de fração argila.

Dessa forma, um índice como o coeficiente de atividade (CA) proposto por FABBRI & SÓRIA (1991), expresso pela relação entre a quantidade de azul de metileno consumida, em gramas, por um grama da amostra de solo integral e a porcentagem em peso que o solo contém da fração cujo grau de atividade se quer avaliar, será menor para solos lateríticos do que para solos não lateríticos, refletindo a atividade média dos argilo-minerais presentes.

FABBRI(1994) mostrou, através de ensaios realizados em 297 amostras, que o ensaio de adsorção de azul de metileno pelo método da mancha é capaz de identificar o tipo de argilo-mineral presente na fração fina dos solos. No referido trabalho, foi apresentado um ábaco de caracterização da fração fina e uma tabela de graus de atividade, reproduzidos na FIGURA 1 e na TABELA 1, respectivamente. O referido autor ressalta, entretanto, que o coeficiente de atividade não deve ser utilizado de forma desvinculada da porcentagem de argila contida no solo, pois esta última influenciará de forma significativa o comportamento do mesmo.

TABELA 1 – Atividade dos argilo-minerais em função do coeficiente de atividade (FABBRI, 1994).

Coeficiente de Atividade – CA ( $10^{-3}$ g/g)	Atividade dos Argilo-Minerais Presentes no Solo
CA<11	Pouco Ativos
11<CA<80	Ativos
CA>80	Muito Ativos

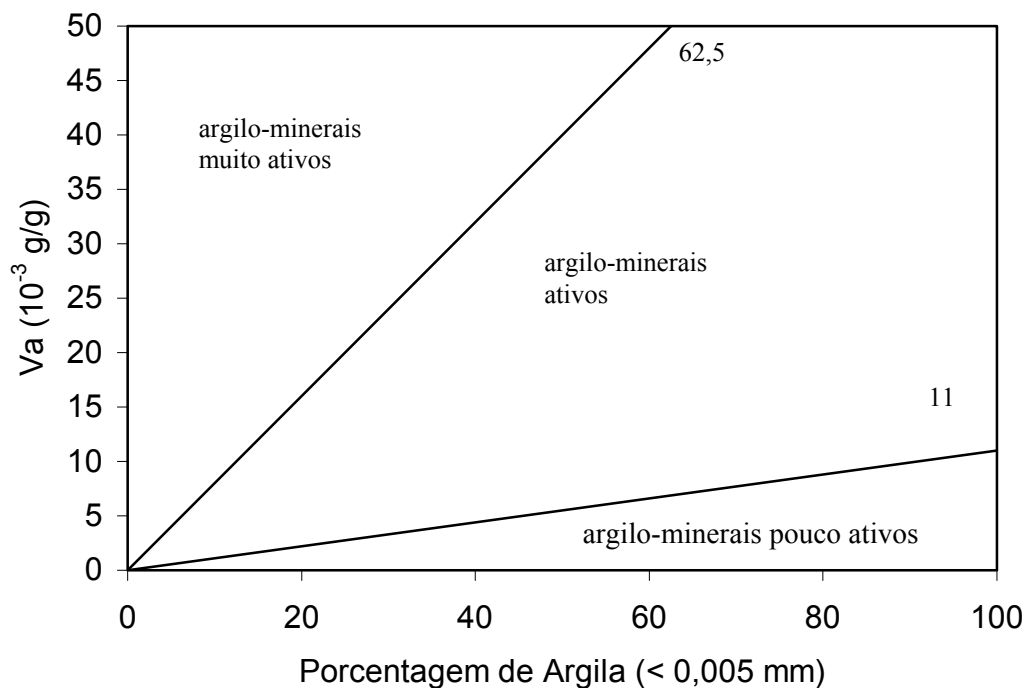


FIGURA 1 – Ábaco para caracterização do grau de atividade da fração argila dos solos (FABBRI, 1994).

Uma vez quantificada a atividade da fração argila do solo, pode-se compará-la com valores de outros materiais, que possuam composição e comportamento conhecidos. Dessa forma, se os graus de atividade e as distribuições granulométricas de dois solos forem semelhantes, pode-se inferir que tais solos se comportem de forma também semelhante.

Para que o processo de caracterização da fração fina de solos tropicais, proposto por FABBRI (1994), possa ser transformado em uma classificação de solos, devem ser introduzidos dados referentes à variação das propriedades tecnológicas dos solos em função do tipo e teor das frações finas e grossas. Estudos relativos a essas variações têm sido realizados através da utilização de solos artificiais.

A montagem de solos artificiais em laboratório é um recurso que possibilita o estudo de características específicas dos solos, pois permite a obtenção de solos diferindo entre si apenas quanto ao parâmetro escolhido para ser analisado.

A técnica de montagem de solos artificiais tem se mostrado muito útil, pois permite que sejam obtidos solos de difícil seleção na natureza. Além disso, os estudos realizados com solos montados em laboratório têm demonstrado que os resultados obtidos de ensaios realizados com tais solos são semelhantes aos obtidos de ensaios realizados com solos naturais, de mesmas características.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASAGRANDE, A. (1947). Classification and identification of soils. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. *Proceedings*. p.783-810.
- FABBRI, G.T.P. (1994). *Caracterização da fração fina de solos tropicais através da adsorção de azul de metileno*. São Carlos. 101p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- FABBRI, G.T.P. e SÓRIA, M.H.A. (1991). Aplicação do ensaio de azul de metileno à classificação de solos - Uma primeira aproximação. In: ANAIS DA XXV REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, ABPV, 1991. *Anais*. São Paulo, SP.
- KERGOET, M.; CIMPELLI, C. (1980). Appréciation d'un comportement de sable fin pollué par léssai au bleu de méthylène. *Bulletin de Liaison de Laboratoires des Ponts et Chaussées*, n.108, p. 89-90.
- MEDINA, J.; PREUSSLER, E. S.(1980). Características resilientes de solos em estudos de pavimentos. *Solos e Rochas*, v.3, nº1, p. 3-26. Rio de Janeiro, ABMS.
- NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. (1980). Caracterização e classificação gerais de solos para pavimentação: limitação do método tradicional, apresentação de uma nova sistemática. In: ANAIS DA XV REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, ABPV, 1980. Belo Horizonte, MG.
- NOGAMI, J.S.e VILLIBOR, D.F. (1981). Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA. COPPE/UFRJ; CNPq; ABMS. Rio de Janeiro, RJ.
- NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. (1985). Peculiarities of fine grained stabilized lateritics soils. *TropicalLS'85, ABMS*, p. 327-337.
- NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. (1995). *Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos*. São Paulo.
- PARSONS, A.W.(1976). *The rapid measurement of the moisture condition of earthwork material*. Transportation and Road Research Laboratory, Report, n.750.
- PARSONS, A.W; BOLDEN, J.B.(1979). Transportation and Road Research Board – Supplementary Report , n.522.

- PEIXOTO, A.S.P., FABBRI, G.T.P. e NOGUEIRA, J.B. (1996). Uma Avaliação da Repetibilidade dos Parâmetros que Compõem a Classificação MCT. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. ABGE,8. v.1. Rio de Janeiro. p.251-259.
- SÓRIA, M.H.A. (1985). *Reflexões lógicas sobre classificação de solos*. São Carlos. 209p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SÓRIA, M.H.A.; FABBRI, G.T.P.(1980). O ENSAIO Mini-MCV – um ensaio de MCV, Moisture Condition Value, com corpos de prova de dimensões reduzidas. REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 15. Belo Horizonte, MG.
- VERTAMATTI, E.(1988). Novas considerações geotécnicas sobre solos tropicais amazônicos de textura fina. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 23. *Anais*, p.533-564. Florianópolis.
- VILLIBOR, D.F. (1981). *Pavimentos econômicos. Novas considerações*. São Carlos. 224p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.