UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES - STT

**CARACTERIZAÇÃO DA FRAÇÃO FINA DE SOLOS TROPICAIS
ATRAVÉS DA ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO**

Glauco Tulio Pessa Fabbri

Orientador: Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Transportes.

São Carlos, Fevereiro de 1994

DEDICATÓRIA

À Sandra e ao Bruno,
minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória, pela amizade, liberdade e confiança dados a mim durante a execução deste trabalho;

Ao Prof. Dr. José Bernardes Felex que, como chefe do STT, forneceu todo o apoio material necessário à execução desta pesquisa e, enquanto colega, deu todo o incentivo e pôs à disposição materiais e equipamentos particulares;

Ao Prof. Dr. Fernando Custódio Corrêa (in Memoriam) e ao Prof. Dr. Alexandre Benetti Parreira, pelo incentivo e ajuda dados no início da pesquisa;

Aos técnicos do Laboratório de Estradas do STT, Sr. Roberto Antonio Morasco e Sr. Antonio Carlos de Oliveira pela realização dos ensaios e, em especial, ao Sr. Antonio Carlos Gigante, pela gerência, supervisão e processamento de todos os ensaios aqui utilizados;

À Prof^a. Teresinha de Jesus Bonuccelli, à Geol^a. Noris Costa Diniz Coelho de Souza e ao Prof. Dr. Marcos Antonio Garcia Ferreira, pela cessão dos dados e amostras de solos;

Ao Prof. Alfredo d'Ávila, pela gentileza em ceder seus dados e amostras, e pelo sacrifício de tê-los trazido, pessoalmente, de Pelotas, RS;

À empresa Lenc, Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C Ltda, em especial ao Eng. Alexandre Zuppolini Neto, pela cessão das amostras e dados e pelo apoio logístico a mim fornecidos;

Ao Eng. Eduardo Goulart Collares e ao Prof. Dr. Orêncio Monje Villar pelo auxílio prestado durante parte do desenvolvimento desta pesquisa;

Ao Convênio DER-SP/EESC-USP N° 1353/88 pelo apoio financeiro dado para a realização de alguns ensaios;

Ao Eng. Marcelo Assumpção Pereira da Silva, do IFQSC, pela execução dos ensaios de Microscopia Eletrônica de Varredura e à Fapesp pela possibilidade de utilização deste equipamento;

Ao Sr. José Augusto Lopez da Rocha, técnico do Laboratório de Raio X do Grupo de Cristalografia do IFQSC, pelos ensaios realizados.

RESUMO

Esta tese apresenta uma proposta para caracterização da fração fina de solos tropicais, baseada na superfície específica dos argilo-minerais nela presentes. A partir da superfície específica, determinada pela adsorção do corante azul de metileno, são estabelecidos graus de atividade para os solos analisados. Essa atividade é então comparada com a previsão de comportamento dos solos, obtida da classificação MCT (Miniatura, Compactado e Tropical).

Para tanto, é feita uma avaliação dos fatores que influem nos ensaios de adsorção de azul de metileno (método da mancha) e, são comparados, exaustivamente, para 297 amostras de solos, os resultados da adsorção de azul de metileno com a previsão de comportamento dada pela MCT.

Conclui-se que a utilização da adsorção de azul de metileno é promissora para a caracterização da fração fina de solos tropicais, permitindo estabelecer, com razoável segurança, a atividade dos argilo-minerais presentes e que existe uma boa concordância entre os resultados da adsorção de azul de metileno e os fornecidos pela classificação MCT.

ABSTRACT

A strategy to identify the thin fraction of tropical soils, based on the specific surfaces of its clay minerals, is presented in this work. The specific surface, obtained through the adsorption of methylene blue, helps to establish the activity levels of the studied soils. These levels are compared with the expected behavior of the same soils, obtained from the MCT classification (Miniature, Compacted, Tropical).

The factors that can affect the adsorption tests made with methylene blue (using the spot test) are evaluated and 297 soil samples are exhaustively tested and compared with the expected behavior defined in the MCT classification.

The main conclusion of the work is that the activity levels found with methylene blue adsorption seem to be a promising strategy for the identification of the thin fraction of tropical soils. It helps to assert, with a good degree of confidence, the activity levels of the mineral clay portions, showing a good agreement with the results of the MCT classification.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1 - Micro-fotografia de solo laterizado, obtida com utilização de microscópio eletrônico de varredura (MEV). Solo da Pequena Holanda, SP-310, Est. 2033D.
- Figura 2.2 - Curva de diferença de penetração versus número de golpes e determinação do MCV, apud Parsons e Bolden (1979).
- Figura 2.3 - Curva de calibração: Moisture Condiction Value (MCV) versus teor de umidade, apud Parsons e Bolden (1979).
- Figura 2.4 - Ábaco para a classificação MCT, proposta por Nogami e Villibor(1981, 1985), apud Nogami et alii(1993).
- Figura 2.5 - Curvas de afundamento versus número de golpes (ou Mini-MCV) para o solo do entroncamento da SP-333, em Ribeirão Preto, e determinação do coeficiente c' .
- Figura 2.6 - Família de curvas de compactação do solo do entroncamento da SP-333, em Ribeirão Preto e determinação do índice d' .
- Figura 2.7 - Curva de perda de peso por imersão versus o índice Mini-MCV para o solo do entroncamento da SP-333, em Ribeirão Preto
- Figura 3.1 - Variação do consumo de corante em misturas de argilas, apud Lan(1980).
- Figura 3.2 - Diagrama granulométrico segundo Bourguet et alii(1985), sem escala.
- Figura 3.3 - Diagrama de sensibilidade à água, $SE \times \bar{X}$, segundo Bourguet et alii(1985).
- Figura 3.4 - Variação do Índice de Nocividade em função da quantidade de montmorilonita e caulinita na mistura, apud Lautrin(1987).
- Figura 3.5 - Diagrama de nocividade dos solos, apud Lautrin(1987).
- Figura 3.6 - Proposta de classificação de solos finos segundo Magnan e Youssefian(1989).
- Figura 3.7 - Relação sílica-sesquióxidos (Kr) versus quantidade de azul de metileno consumida no ensaio, segundo Autret e Lan(1983).
- Figura 3.8 - Coeficiente de atividade da fração granulométrica menor que 0,005 mm versus índice e' da classificação MCT, para pH normal da solução, segundo Fabbri e Sória(1991).
- Figura 3.9 - Coeficiente de atividade da fração granulométrica menor que 0,002 mm versus índice e' da classificação MCT, para pH normal da solução, segundo Fabbri e Sória(1991).
- Figura 3.10 - Coeficiente de atividade da fração granulométrica menor que 0,005 mm versus índice e' da classificação MCT, para pH ácido(pH = 3), segundo Fabbri e Sória(1991).
- Figura 3.11 - Coeficiente de atividade da fração granulométrica menor que 0,002 mm versus índice e' da classificação MCT, para pH ácido(pH = 3), segundo Fabbri e Sória(1991).

- Figura 3.12 - Comparação da capacidade de troca catiônica obtida pelo método do Instituto Agrônomo de Campinas e pelo método de adsorção do azul de metileno, segundo Pejon(1992).
- Figura 3.13 - Variação do valor de azul do solo (V_b), em função do teor de argila, para solos de comportamento laterítico e não laterítico, segundo Pejon(1992).
- Figura 3.14 - Variação do valor de azul da fração granulométrica argila dos solos (A_{cb}), em função do teor de argila, para solos de comportamento laterítico e não laterítico, segundo Pejon(1992).
- Figura 4.1 - Equipamentos utilizados na execução do ensaio de adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha.
- Figura 4.2 - Exemplos do teste de Mancha de Azul de Metileno.
- Figura 5.1 - Histograma de distribuição das amostras segundo origem e classe MCT.
- Figura 5.2 - Distribuição das amostras na carta de classificação MCT.
- Figura 5.3 - Coeficiente de atividade obtido com pH normal ($CA\ 5\ N$) da suspensão solo+água versus coeficientes de atividades para pH ácido ($CA\ 5\ A$) e básico ($CA\ 5\ B$), para fração granulométrica ativa menor que 0,005 mm.
- Figura 5.4 - Coeficiente de atividade obtido com pH normal ($CA\ 2\ N$) da suspensão solo+água versus coeficientes de atividades para pH ácido ($CA\ 2\ A$) e básico ($CA\ 2\ B$), para fração granulométrica ativa menor que 0,002 mm.
- Figura 5.5 - Variação dos coeficientes de atividade em função do diâmetro da fração ativa considerada, para ensaios executados com pH normal da suspensão solo+água.
- Figura 5.6 - Coeficiente de atividade versus índice e' da classificação MCT.
- Figura 5.7 - Porcentagem de argila (fração < 0,005 mm) versus Valor de Azul - V_a .
- Figura 5.8 - Porcentagem de argila (< 0,005 mm) versus valores de azul.
- Figura 5.9 - Localização das amostras do Prof. Alfredo na carta MCT.
- Figura 5.10 - Valor de azul versus porcentagem de argila para as amostras cedidas pelo Prof. Alfredo.
- Figura 5.11 - Localização das amostras da EESC na carta MCT.
- Figura 5.12 - Valor de azul versus porcentagem de argila para as amostras da EESC.
- Figura 5.13 - Localização das amostras da LENC na carta MCT.
- Figura 5.14 - Valor de azul versus porcentagem de argila para as amostras da LENC.
- Figura 5.15 - Localização das amostras da Geol^a. Noris na carta MCT.
- Figura 5.16 - Valor de azul versus porcentagem de argila para as amostras da Geol^a. Noris.
- Figura 5.17 - Localização das amostras da Prof^a. Teresinha na carta MCT.
- Figura 5.18 - Valor de azul versus porcentagem de argila para as amostras da Prof^a. Teresinha.
- Figura 5.19 - Localização das amostras da UFSCAR na carta MCT.
- Figura 5.20 - Valor de azul versus porcentagem de argila para as amostras da UFSCAR.
- Figura 6.1 - Histograma dos valores de massa específica dos sólidos.

Figura 6.2 - Influência da adoção de valor constante ($2,65 \text{ g/cm}^3$) para a massa específica dos sólidos nas porcentagens de argila ($\phi < 0,005 \text{ mm}$).

Figura 6.3 - Diâmetros das partículas após 1 e 4 horas do início do ensaio de sedimentação.

Figura 6.4 - Ábaco para caracterização da atividade da fração argila dos solos.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1 - Resumo dos resultados de um ensaio de MCV, para um teor de umidade (26,5%), apud Parsons e Bolden (1979).
- Tabela 2.2 - Semelhanças e diferenças entre os ensaios MCV (Parsons e Bolden, 1979) e Mini-MCV (Sória e Fabbri, 1980).
- Tabela 2.3 - Carta de propriedades segundo o método M 196/89, “Classificação de Solos Tropicais segundo a Classificação MCT”, do DER-SP.
- Tabela 2.4 - Resultados da repetição de ensaios para o solo do Linhão do Broa.
- Tabela 2.5 - Resultados da repetição de ensaios para o solo do Parque Itaipu.
- Tabela 2.6 - Resultados da repetição de ensaios para o solo da Castelo Branco.
- Tabela 3.1 - Determinação da superfície específica de montmorilonitas com saturação de diversos cátions pelo método do azul de metileno, apud Brindley e Thompson(1970).
- Tabela 3.2 - Superfície específica de alguns argilo-minerais, apud LCPC(1979).
- Tabela 3.3 - Superfície específica de argilas, apud Lan(1980).
- Tabela 3.4 - Carta de classificação de solos da RTR (Recommandation pour les Terrassements Routiers) com os valores de V_b , apud Lan(1981).
- Tabela 3.5 - Classificação RTR acrescida do valor de azul, segundo Schaeffner(1989).
- Tabela 5.1 - Distribuição das amostras segundo classe MCT e origem.
- Tabela 5.2 - Valores de azul, V_a e coeficientes de atividade, CA , em função da superfície específica medida pelo azul de metileno. Valores retirados de Lan(1980).
- Tabela 5.3 - Resultados possíveis do confronto entre a Classificação MCT e a adsorção de azul de metileno, em função da posição da coleta dos solos no perfil vertical.
- Tabela 6.1 - Variação dos valores da massa específica dos sólidos dos solos ensaiados.
- Tabela 6.2 - Atividade dos argilo-minerais em função do coeficiente de atividade.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
 CAPÍTULO 2: O SOLO ARENOSO FINO E AS CLASSIFICAÇÕES DE SOLO PARA FINALIDADES RODOVIÁRIAS	 4
2.1. Introdução	4
2.2. O Solo Arenoso Fino - Pequeno Histórico	4
2.3. O Sistema de Classificação MCT	8
2.3.1. Histórico - O Ensaio Moisture Conduction Value (MCV)	8
2.3.2. O Ensaio Mini-MCV	11
2.3.3. O Ensaio de Perda de Peso por Imersão	12
2.3.4. A Classificação MCT	13
2.4. Considerações Adicionais Acerca da Classificação MCT	17
2.5. Comentários Finais	23
 CAPÍTULO 3: A UTILIZAÇÃO DO AZUL DE METILENO NA CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS	 25
3.1. Histórico	25
3.2. Caracterização de Argilas para Cerâmica	25
3.3. Classificações de Solos	27
3.4. Caracterização de Solos Tropicais	37
3.5. Conclusões	44

CAPÍTULO 4: COLETA DE AMOSTRAS, ENSAIO DE ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO, PELO MÉTODO DA MANCHA, E ENSAIOS REALIZADOS	46
4.1. Introdução	46
4.2. Coleta de Amostras	46
4.2.1. Generalidades	46
4.2.2. Descrição Suscinta das Amostras por Origem	47
4.2.2.1. Amostras do Prof. Alfredo D'avila	47
4.2.2.2. Amostras da EESC	47
4.2.2.3. Amostras da Lenc	48
4.2.2.4. Amostras da Eng ^a . Noris Costa Diniz Coelho de Souza	48
4.2.2.5. Amostras da Prof ^a . Teresinha de Jesus Bonuccelli	48
4.2.2.6. Amostras da UFSCAR	49
4.3. Ensaio de Adsorção de Azul de Metileno pelo Método da Mancha	49
4.3.1. Aparelhagem e Materiais	49
4.3.2. Preparação da Amostra	50
4.3.3. Execução do Ensaio	51
4.3.4. Resultados	52
a) Valor de Azul	52
b) Coeficiente de Atividade	53
4.4. Ensaaios Realizados	53
4.4.1. Introdução	53
4.4.2. Classificação MCT	53
4.4.3. Massa Específica dos Sólidos	54
4.4.3. Granulometria Conjunta - Peneiramento + Sedimentação	54
4.4.4. Adsorção de Azul de Metileno	54
4.4.5. Ensaios Complementares	55
a) Microscopia Eletrônica de Varredura	55
b) Difractometria de Raios X pelo Método do Pó	56

CAPÍTULO 5: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA	57
5.1. Introdução	57
5.2. Distribuição das Amostras segundo a Classificação MCT	58
5.3. Resultados dos Ensaio de Adsorção de Azul de Metileno pelo Método da Mancha	60
5.3.1. Generalidades	60
5.3.2. Influência do pH da Suspensão Solo+Água no Ensaio de Adsorção de Azul de Metileno	60
5.3.3. Influência do Diâmetro da Fração Ativa no Coeficiente de Atividade	62
5.3.4. Fixação do pH para o Ensaio de Adsorção de Azul de Metileno e do Diâmetro que Define a Fração Ativa do Solo para Cálculo do Coeficiente de Atividade	64
5.4. Confronto entre os Resultados dos Ensaio de Adsorção de Azul de Metileno com a Classificação MCT	64
5.4.1. Generalidades	64
5.4.2. Coeficiente de Atividade CA versus Índice e' da Classificação MCT	65
5.4.3. Valor de Azul - Va	66
5.4.4. Discussão dos Resultados da Adsorção de Azul de Metileno Versus a Classificação MCT, em Função da Origem das Amostras	70
5.4.4.1. Amostras do Prof. Alfredo	70
5.4.4.2. Amostras da EESC	72
5.4.4.3. Amostras da LENC	74
5.4.4.4. Amostras da Geol ^a . Noris	76
5.4.4.5. Amostras da Prof ^a . Teresinha	77
5.4.4.6. Amostras da UFSCAR	79
5.5. Conclusões	81

CAPÍTULO 6: PROPOSTA DE CARACTERIZAÇÃO DA FRAÇÃO FINA DE SOLOS TROPICAIS ATRAVÉS DA ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO, PELO MÉTODO DA MANCHA	83
6.1. Introdução	83
6.2. Propostas para Simplificação do Ensaio de Sedimentação	83
6.2.1. Determinação da Massa Específica dos Sólidos	84
6.2.2. Ensaio de Sedimentação	86
6.3. Procedimento para a Caracterização da Fração Fina de Solos Tropicais Através da Adsorção de Azul de Metileno	87
6.3.1. Métodos de Ensaio Utilizados	87
6.3.2. Caracterização da Fração Fina de Solos Tropicais	88
6.4. Comentários Finais	90
CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES	91
7.1. Introdução	91
7.2. Principais Conclusões	91
7.2.1 Quanto à Classificação MCT	91
7.2.2 Quanto ao Ensaio de Adsorção de Azul de Metileno pelo Método da Mancha	92
7.2.3. Quanto ao Processo de Determinação da Atividade da Fração Fina dos Solos	93
7.3. Desenvolvimentos Futuros	95
BIBLIOGRAFIA	97
ANEXO 1: IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS, CLASSIFICAÇÃO MCT, MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS, GRANULOMETRIA, VALORES DE AZUL PARA pH ÁCIDO, NORMAL E BÁSICO E COEFICIENTES DE ATIVIDADE PARA pH ÁCIDO, NORMAL E BÁSICO DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS MENORES QUE 0,005 E 0,002 mm.	

ANEXO 2: FOTOGRAFIAS NO MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA.

ANEXO 3: CLASSIFICAÇÃO MCT, RESULTADOS DOS ENSAIOS DE AZUL DE METILENO E ARGILO-MINERAIS DETECTADOS PELA DIFRAÇÃO DE RAIOS X.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas houve uma mudança radical no entendimento e uso de classificações geotécnicas, principalmente, no que diz respeito aos solos tropicais.

Já foi provado que as classificações ditas tradicionais, que se baseiam na distribuição granulométrica e nos índices físicos (I_L e I_p), como a HRB e a USCS, são ineficientes para a previsão de propriedades desses solos. Nogami e Villibor(1980) demonstraram, experimentalmente, que solos lateríticos e saprolíticos, que possuem propriedades completamente diferentes, podem ocupar mesma posição nessas classificações.

Mais recentemente, Sória(1985) demonstrou, utilizando preceitos estabelecidos na lógica formal, que tais classificações são, ou tautológicas, ou padecem da figura da falácia do conseqüente. Ou seja, que elas apenas fornecem um novo nome a um solo ao classificá-lo, ou ainda, só permitem afirmar que "dois solos idênticos possuem mesmo índice classificatório" porém, não permitem afirmar que "solos com mesmo índice classificatório são idênticos".

Muito tem sido feito para solver esses problemas. Das propostas existentes, cabe citar as mais relevantes, na opinião do autor, como o sistema MCT de classificação de solos, desenvolvido por Nogami e Villibor(1980, 1981, 1985), e a tentativa, feita por Silveira(1985, 1989), em estabelecer um novo índice classificatório.

Nogami e Villibor(1980, 1981, 1985) mostraram que existem diferenças importantes entre os solos tropicais, em função de seu grau de evolução pedológico. Essas diferenças ocorrem desde a microestrutura típica desses solos, que reflete o estágio de evolução, até a natureza e quantidades dos materiais que compõem suas diversas frações granulométricas.

Para caracterizar essas diferenças, esses autores desenvolveram um sistema classificatório empírico, denominado MCT (de Miniatura, Compactado e Tropical) que, por meio de ensaios de laboratório, tais como compactação e imersão em água, mimetizam, de certa forma, as situações a que os solos são submetidos quando compactados e utilizados em obras viárias. A partir dos resultados, os solos foram classificados, segundo seus comportamentos, em lateríticos e não lateríticos.

O sistema de classificação MCT vem sendo aperfeiçoado desde a sua primeira apresentação e é hoje, o melhor, senão o único, capaz de identificar as diferenças entre os diversos tipos de solos tropicais e lhes atribuir suas reais qualidades.

Silveira(1985, 1989) propôs a investigação de um novo índice, o Grau de Argilosidade, que caracterizaria tanto a natureza, quanto a quantidade da fração fina presente nos solos, à semelhança

da Atividade Coloidal desenvolvida por Skempton(1953). Para a classificação dos solos, dispendo-se do Grau de Argilosidade, bastariam considerações adicionais quanto à fração grossa, do ponto de vista da sua composição e distribuição, já que a fração ativa estaria caracterizada por meio do índice proposto.

O Grau de Argilosidade foi pesquisado por Bonuccelli(1992). Os resultados, porém, se restringiram mais aos aspectos ligados aos métodos empregados para a sua obtenção, do que à sua capacidade de distinguir as diferenças existentes entre os diversos tipos de solos tropicais. Não se concluiu se o Grau de Argilosidade é ou não eficiente na execução desta tarefa. Entretanto, a idéia é muito boa, pois utiliza (ou utilizaria) a distribuição granulométrica como parâmetro classificatório, que é, sem dúvida, a característica mais notável e utilizada dos solos, do ponto de vista de seu emprego em obras de engenharia.

Nesta tese também buscou-se estabelecer índices classificatórios, que fossem capazes de refletir as diferenças entre os vários solos, no universo de solos tropicais. Esta busca, no entanto, baseou-se nas idéias lançadas por Lan(1977, 1980, 1981) e outros, utilizadas, com sucesso, na França, pelo Laboratoires des Ponts et Chaussées.

Lan(1977, 1980, 1981) propôs a caracterização dos solos a partir da quantificação da sua superfície específica, ou área por unidade de massa. Quanto maior a superfície específica, maior a atividade dos argilo-minerais presentes no solo e, conseqüentemente, piores as suas características. Essa quantificação foi feita através da adsorção de corante pelos solos, ou seja, fixação de moléculas de corante orgânico - azul de metileno - na superfície dos solos.

No caso dos solos tropicais, essa experiência não pôde ser simplesmente transposta, pois existem algumas diferenças nos solos, inerentes ao processo evolutivo que sofreram. Os solos tropicais podem apresentar, além dos argilo-minerais usuais, também encontrados nos franceses, um tipo característico e exclusivo dos climas tropical e sub-tropical, que é aqui denominado de laterizado. E devido à existência deste tipo, ocorrem as diferenças de propriedades encontradas nos solos tropicais, não caracterizadas pelas classificações tradicionais.

Nesta tese, portanto, testou-se a possibilidade da utilização da adsorção de azul de metileno para a caracterização dos solos tropicais. Esse teste foi realizado confrontando-se os resultados da adsorção de azul de metileno com os obtidos da classificação MCT.

Quanto à organização, a tese contém mais seis Capítulos e três Anexos, com os seguintes conteúdos:

No Capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica, descrevendo, sob o ponto de vista do autor, os fatos que levaram ao surgimento da classificação MCT. É feito também um pequeno experimento para avaliar a reprodutibilidade dos parâmetros utilizados nessa classificação, que até então

não havia sido realizado por outro autor. Cabe ressaltar que o autor teve a oportunidade de acompanhar, de perto, toda a história da classificação MCT, e que, orgulha-se em ter podido, por algumas vezes, colaborar para o seu desenvolvimento.

No Capítulo 3 é feita uma revisão bibliográfica sobre a utilização da adsorção de corantes, em especial, do azul de metileno, para a caracterização de materiais, tanto para uso em indústrias cerâmicas, como para a classificação de solos. São apresentados, também, os fatores que influem nos resultados obtidos.

No Capítulo 4 é feita uma breve descrição dos critérios que nortearam a coleta de amostras utilizadas nos experimentos e dos métodos de ensaio adotados.

Já no Capítulo 5 são estabelecidos graus de atividade para os diversos solos ensaiados e faz-se o confronto dos resultados da pesquisa de adsorção de azul de metileno com os obtidos da aplicação da classificação MCT. Os resultados são apresentados por grupos de amostras, reunidos segundo sua origem e, discutidos, quando há discordância, caso a caso.

No Capítulo 6 são apresentados, duas propostas para simplificação dos ensaios envolvidos na determinação da atividade dos solos, uma descrição resumida do procedimento de caracterização resultante e o ábaco para essa caracterização.

O Capítulo 7 traz as conclusões obtidas desta pesquisa, as perspectivas de uso e limitações do sistema de caracterização da fração fina de solos tropicais aqui desenvolvido, e as sugestões para pesquisas futuras.

Os Anexos 1, 2 e 3 contêm, respectivamente, os resultados dos ensaios de granulometria, classificação MCT e adsorção de azul de metileno de todas as amostras utilizadas nesta tese, as fotografias obtidas no microscópio eletrônico de varredura de algumas amostras e as famílias de argilo-minerais identificados em algumas amostras, a partir da difração de raios X, pelo método do pó.

CAPÍTULO 2

O SOLO ARENOSO FINO E AS CLASSIFICAÇÕES DE SOLOS PARA FINALIDADES RODOVIÁRIAS

2.1. INTRODUÇÃO

Pretende-se, neste capítulo, mostrar a influência que a utilização do solo arenoso fino, como base de pavimentos, causou no entendimento das classificações de solos tradicionais; como aconteceram as pesquisas no sentido de qualificar esses solos do ponto de vista da laterização e sanar as deficiências nos sistemas classificatórios de uso corrente. Serão ainda mostrados detalhes do ensaio que originou o ensaio Mini-MCV, o próprio ensaio Mini-MCV, a classificação MCT e os parâmetros que a compõem e seus significados.

Será dada ênfase especial para a classificação MCT, uma vez que as informações dela obtidas serão utilizadas posteriormente para teste e validação dos resultados obtidos através do método de caracterização proposto neste trabalho.

2.2. O SOLO ARENOSO FINO - PEQUENO HISTÓRICO

Em 1967 foi construído o primeiro trecho de estrada (Villibor, 1974 e Corrêa, 1976) onde se utilizou, experimentalmente, um solo arenoso fino como base do pavimento. Tratava-se de uma variante situada no entroncamento da SP-310 com a SP-331, denominada Trecho Experimental do Periquito, com VDM previsto de 3200 veículos (50% comerciais) e construída para uma utilização temporária de 90 dias, após o que o tráfego seria desviado para o traçado definitivo. Foi utilizado, na sua construção, um solo arenoso existente na região. Este solo, classificado como A-2-4 segundo a HRB-AASHO, apresentava um índice de suporte igual a 80%, expansão nula e índice de plasticidade de 9%. Apesar do elevado valor de índice de suporte constatado, o mesmo não se enquadrava nas especificações correntes que o qualificariam como material para base estabilizada granulometricamente (os requisitos, granulometria e índices plásticos não eram atendidos). Sobre a camada de base foi construído um revestimento constituído de tratamento superficial simples, com aproximadamente 0,5 cm de espessura.

Conforme o planejado, com o término da construção da pista principal, o tráfego foi desviado para a mesma e foram feitas observações no trecho experimental que servira como variante. Após inspeção visual minuciosa (Corrêa, 1976), não se constataram deformações na superfície do pavimento ou escorregamentos de capa. Os únicos defeitos visíveis eram pequenos

afundamentos nos locais onde, por ocasião do controle de compactação da base, haviam sido executados furos para determinação do grau de compactação e teor de umidade.

Devido ao sucesso da solução adotada no Trecho Experimental do Periquito e frente à necessidade de construção de uma nova variante, esta no entroncamento da SP-310 com a SP-326, optou-se por repetir a mesma solução, ou seja, utilizou-se novamente o referido solo arenoso fino na construção da base do pavimento. Esta nova variante, denominada Trecho Experimental do Cambuy (Villibor, 1974 e Corrêa, 1976), foi construída também em 1967, tendo sido utilizada por aproximadamente 100 dias (3200 veículos/dia), após o que o tráfego foi desviado para o traçado definitivo. Procedeu-se então, uma inspeção visual minuciosa, não se tendo observado a ocorrência de defeitos significativos.

Em 1968, as Centrais Elétricas de São Paulo, CESP, juntamente com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, IPT, construíram um trecho experimental de 1000 m de extensão na rodovia que liga Pereira Barreto a Ilha Solteira. Foi utilizado na construção da base um solo A-4 (HRB-AASHO) com CBR igual a 132%. Este trecho foi observado por muitos anos (Villibor, 1974; Corrêa, 1976 e Villibor, 1981), não apresentando nenhum defeito digno de nota, estando em serviço até a presente data. Deve-se ressaltar que neste caso, além do solo não atender às especificações correntes de materiais para bases estabilizadas granulometricamente, a previsão de seu comportamento como subleito, obtida a partir do uso da classificação HRB-AASHO, é de médio a ruim.

Assim, as experiências com o solo arenoso fino como material de base foram se multiplicando, com a sua utilização em acostamentos, pavimentos urbanos e estradas de pequeno tráfego (Villibor, 1974), visando sempre o melhor conhecimento de suas características.

Villibor(1974), em sua dissertação de mestrado, mostrou a distribuição desses solos quanto à ocorrência geológica, indicando as unidades onde sua presença era comprovada (formações Bauru, Botucatu e Piramboia); afirmou ainda serem esses materiais lateríticos, ou seja, materiais que haviam sofrido processo pedológico de evolução específico, com enriquecimento do conteúdo de óxidos de ferro e hidróxidos de alumínio numa proporção muito maior do que aquela encontrada nas rochas de origem meramente caolinizadas (Buchanan, 1807 e Schellmann, 1983 in Melfi et alii, 1985); apresentou também um estudo efetuado a partir de 1309 amostras de solos provenientes de 200 jazidas próximas da Divisão Regional do DER de Araraquara, correlacionando valores de CBR com porcentagem passada na peneira #200, CBR com Ip, etc. Apresentou ainda a primeira tentativa de especificação de materiais para base de solo arenoso fino. Deve-se notar que o termo laterítico não havia sido ainda incorporado ao nome do "solo arenoso fino", mas apenas utilizado juntamente com a ocorrência geológica, para justificar as diferenças de propriedades ("peculiaridades") neles encontradas, com relação àquelas previstas pela classificação de solos usualmente utilizada no meio rodoviário até então.

Nogami(1974, 1976, 1978) já alertava para a incapacidade da classificação HRB-AASHO em prever adequadamente o comportamento dos solos lateríticos. Este autor citava, como exemplo,

as formações de solos originados da decomposição de gnaisses e pertencentes ao grupo A-7 da classificação HRB-AASHO, onde distinguem-se, freqüentemente, dois sub-universos de solos com comportamentos distintos em um mesmo perfil vertical: um que propicia a obtenção de valores de CBR elevados, correspondente ao horizonte pedologicamente laterizado e outro que propicia a obtenção de valores de CBR menores, correspondente ao horizonte de alteração subjacente. Nessas regiões, é comum, na construção de estradas, a utilização de uma camada de argila laterítica A-7-5 capeando um solo A-2-4, por esta apresentar suporte melhor e expansão menos elevada quando comparada a este solo.

Através dos convênios efetuados entre o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo e a Escola de Engenharia de São Carlos, representada pelo IPAI, Instituto de Pesquisas e Aperfeiçoamento Industrial, e com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, as pesquisas acerca do solo arenoso fino foram sendo intensificadas. No convênio DER-SP/IPT utilizaram-se ensaios de difratometria de raios X para determinação dos minerais constituintes desses solos e microscopia eletrônica de varredura (MEV) para a observação de sua microestrutura. Com isso, foi possível identificar a composição desses materiais quanto à mineralogia: a caulinita é o principal argilo-mineral encontrado, acompanhada de goetita, hematita e, freqüentemente, gibsitita. Já se sabia então, que esta caulinita apresentava-se revestida por uma camada amorfa de óxidos de ferro e hidróxidos de alumínio, formando uma crosta que lhe proporcionava a aparência de uma "pipoca", conforme é mostrado na fotografia apresentada na Figura 2.1.

Figura 2.1 - Micro-fotografia de solo laterizado, obtida com utilização de microscópio eletrônico de varredura (MEV). Solo da Pequena Holanda, SP-310, Est. 2033D. Aumento de 10.000 x.

No convênio DER-SP/IPAI utilizaram-se ensaios para a quantificação das propriedades mecânicas dos solos arenosos finos utilizados como base de pavimentos, tais como: ensaios de avaliação de índice de suporte Mini-CBR, conforme desenvolvido por Nogami(1972), em diversas condições de umidade e sobrecarga, medida de expansão com e sem sobrecarga, medida de contração, permeabilidade com carga variável e absorção d'água por sucção capilar. Foram feitos também ensaios de Mini-CBR "in situ" para avaliar o suporte dessas bases quando em serviço. Havia então, uma grande preocupação em se "achar" uma maneira simples de se caracterizar um solo como sendo ou não laterítico, pelo menos para a finalidade de pavimentação, que não dependesse de informações associadas à localização da ocorrência e de um conhecimento profundo de pedologia por parte do técnico. O autor se recorda que sua primeira tarefa como estagiário do convênio, no início de 1976, foi tabular valores dos produtos LI versus porcentagem que passa na peneira #200 e Ip versus porcentagem que passa na peneira #200, para mais de 1000 amostras, com o intuito de verificar a existência de alguma diferença nesses produtos que pudesse distinguir solos lateríticos dos não lateríticos.

Em 1978, em relatório de apreciação dos serviços prestados ao convênio 042/77 DER-SP/IPAI, Sória(1978) propôs o uso de um índice baseado em parâmetros de resistência, que possibilitava a distinção entre solos de comportamento laterítico e não laterítico. Para o experimento, orientado pelos Professores Nogami e Villibor, foram montadas duas "famílias" de solos, uma com matriz argilosa de origem laterítica e outra com matriz argilosa não laterítica (montmorilonítica), variando-se a porcentagem das frações areia e silte + argila, para um mesmo tipo de areia (quartzosa). Verificou-se que nos solos cuja matriz argilosa era não laterítica, havia um acentuado decréscimo da capacidade de suporte medida através do ensaio de Mini-CBR, obtido após 24 horas de imersão, em relação ao obtido na umidade de moldagem, o que não acontecia com aqueles cuja matriz argilosa era de origem laterítica.

Dessa forma, foi proposta a "Relação entre Índices de Suporte", ou RIS, que é a relação, expressa em porcentagem, entre o valor obtido do ensaio de Mini-CBR após 24 horas de imersão, com sobrecarga, e o valor do Mini-CBR obtido na umidade de moldagem, com sobrecarga, para as condições de umidade ótima e massa específica aparente seca máxima, obtida na energia de compactação intermediária. Posteriormente, Villibor(1981) apresentou um estudo mostrando que todos os solos arenosos finos lateríticos utilizados como materiais para base de pavimentos, até aquela data, possuíam um valor de RIS acima de 50%, ou seja, a perda de suporte devido à imersão era menor do que 50%, sendo então esse valor sugerido como valor mínimo para a escolha de materiais para base. Atualmente, ainda se utiliza a mesma relação, agora na forma $(1 - RIS)$, para se avaliar diretamente a perda de suporte devido à imersão, sendo que esta forma foi adotada oficialmente pelo DER-SP e faz parte das suas especificações para materiais para base de solo arenoso fino laterítico (DER-SP, 1991).

Mesmo com a proposição do RIS, permanecia a preocupação com o fato da classificação de solos HRB-AASHO, usualmente utilizada no meio rodoviário, não conseguir fazer uma previsão

adequada das propriedades mecânicas dos solos, principalmente quando se tratava de solos lateríticos. Essa classificação substituiu tais propriedades e, em muitos casos, obrigava a utilização de materiais piores (do ponto de vista de comportamento como camada de pavimento) em detrimento daqueles lateríticos, de características comprovadamente melhores (Nogami, 1976).

Além disso, pesava o fato do sistema HRB-AASHO de classificação de solos estar baseado em ensaios (LL, Lp) de baixa reprodutibilidade, principalmente quando são ensaiados solos laterizados, onde, aparentemente, o tempo e o esforço de homogeneização do teor de umidade da amostra (umedecimento e espátulação) implica em uma variação muito grande de resultados, conforme encontrado nos relatórios da pesquisa interlaboratorial patrocinada pelo IPT, em Villibor(1981) e em Ignitius(1990).

Assim sendo, o grupo de pesquisas do convênio IPAI/DER-SP 42/77 continuou a procurar ensaios que pudessem fornecer subsídios para a caracterização de solos quanto à história pedológica, pelo menos com vistas para a aplicação desses solos em pavimentação. Estas pesquisas levaram então à Classificação MCT, que será descrita no próximo item.

2.3. O SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO MCT

2.3.1. HISTÓRICO - O ENSAIO MOISTURE CONDICTION VALUE (MCV)

Em meados de 1979, o Professor Job Shuji Nogami, então engenheiro do DER-SP engajado no convênio 42/77 do IPAI/DER-SP, apresentou, à equipe técnica do convênio sediada no laboratório da DR-4 em Araraquara, o ensaio de MCV, Moisture CondiCTION Value, desenvolvido por Parsons(1976) e uma classificação de solos baseada nos resultados deste ensaio (Parsons e Bolden, 1979). Apresentou também a sua proposta de adaptação desse ensaio para que fosse possível a sua execução a partir de corpos de prova de dimensões reduzidas obtidos utilizando-se o equipamento de compactação e cilindro do ensaio Mini-CBR. O ensaio realizado nessas condições foi denominado pelo seu autor de Mini-MCV.

Segundo Parsons(1976), o ensaio MCV baseia-se no princípio fundamental da compactação, onde a densidade obtida é função somente do teor de umidade e do esforço de compactação dispendido. Foi originalmente desenvolvido com a finalidade de medir um "valor" associado à condição de umidade que o solo contém e é utilizado para verificar, rapidamente, no campo, o teor de umidade do solo e as condições de trabalhabilidade associadas a esse teor de umidade.

Esse ensaio consiste na compactação contínua de amostras de 1,5 kg de solo, em vários teores de umidade, em moldes de 100 mm de diâmetro e 125 mm de altura, com um soquete compactador de 6,8 kg e 97 mm de diâmetro, caindo em queda livre de uma altura de 250 mm. Para cada teor de umidade são anotadas as penetrações do soquete no cilindro de compactação correspondentes a cada um dos números de golpes, segundo a sequência mostrada na Tabela 2.1.

O término do ensaio, para um dado teor de umidade, dá-se quando não há mais ganho significativo de densidade durante o processo de compactação, ou seja, quando houver pequena ou nenhuma penetração do soquete no molde de compactação com a aplicação dos golpes, traduzido pela repetição de valores muito semelhantes durante três leituras consecutivas, no mínimo.

Tabela 2.1 - Resumo dos resultados de um ensaio de MCV, para um teor de umidade (26,5%), apud Parsons e Bolden (1979).

Número de Golpes do Soquete (n)	Penetração do soquete no Molde (mm)	Diferença de Penetração entre n e 4n golpes (mm)
1	41,0	33,5
2	57,5	33,0
3	67,0	33,5
4	74,5	26,5
6	84,0	17,0
8	90,5	10,5
12	100,5	0,5
16	101,0	-
24	101,0	-
32	101,0	-
48	101,0	-

Com os resultados das medidas de penetração do soquete, calculam-se as diferenças de penetração entre os golpes "n" e "4n" (por exemplo, $a_1 - a_4$, $a_2 - a_8$, etc), conforme é mostrado na última coluna da Tabela 2.1. Os valores das diferenças de penetração do soquete são lançados em um gráfico, contra o logaritmo do número de golpes, conforme ilustrado na Figura 2.2.

O índice MCV, para um determinado teor de umidade, é obtido a partir da expressão 2.1, ou seja:

$$MCV = 10 \log (n) \quad (2.1)$$

onde n é o número de golpes correspondente a uma diferença de penetração de 5 mm.

Repetindo-se esse processo para vários teores de umidade distintos, torna-se possível a obtenção de uma curva de calibração teor de umidade versus MCV, para o solo estudado, conforme é mostrado na Figura 2.3. Desta curva, através da aproximação dos pontos por uma reta, Parsons e Bolden(1979) determinam dois parâmetros, a saber: "*a*" que é o coeficiente linear da reta ou seja, o intercepto com o eixo das diferenças de penetração e "*b*" que é o coeficiente angular da referida reta.

Figura 2.2 - Curva de diferença de penetração versus número de golpes e determinação do MCV, apud Parsons e Bolden (1979).

Figura 2.3 - Curva de calibração: Moisture Condition Value (MCV) versus teor de umidade, apud Parsons e Bolden (1979).

A partir dos coeficientes a e b , Parsons e Bolden(1979) propuseram uma classificação de solos, onde a graduação e a plasticidade são inferidas em função da posição do par de parâmetros a e b do solo, obtidos do ensaio de MCV, em uma carta de classificação.

Parsons e Bolden(1979) correlacionaram também o MCV com a resistência ao cisalhamento não drenado de argilas de média e alta plasticidade, com a perda de produtividade na construção de aterros e cortes devido a afundamento do equipamento utilizado na compactação, com a velocidade média de trabalho das máquinas e com o afundamento do pneu da máquina numa única passada sobre o terrapleno.

2.3.2. O ENSAIO MINI-MCV

A primeira tentativa de padronização do ensaio Mini-MCV, conforme o idealizado pelo Prof. Nogami, a partir do ensaio MCV de Parsons(1976), foi proposta por Sória e Fabbri(1980), a pedido do referido professor. As principais diferenças e semelhanças entre o ensaio original e o de Mini-MCV são listadas na Tabela 2.2.

Este novo ensaio, o Mini-MCV, apesar de reduzir a quantidade de solo usada na compactação (utilizando 200 g de solo por teor de umidade, totalizando no máximo 1000 g), e o esforço dispendido na sua realização (pois utiliza um soquete de 2270 g), manteve os outros procedimentos do ensaio original, permitindo a obtenção de parâmetros a' e b' da curva de calibração teor de umidade versus Mini-MCV, similares aos a e b de Parsons e Bolden(1979).

Além dos parâmetros originais do ensaio MCV, o Mini-MCV possibilita ainda a obtenção de uma família de curvas de compactação do solo (massa específica aparente seca versus teor de umidade de compactação). Tais curvas são calculadas a partir das alturas parciais atingidas pelo corpo de prova durante a aplicação da sequência de golpes pré-estabelecida, abrangendo desde energias inferiores à normal até além da intermediária. O Mini-MCV permite ainda que sejam realizados, após a moldagem dos corpos de prova, ensaios de medida de capacidade de suporte tipo Mini-CBR e outros da mesma família, para a condição sem imersão ou umidade de moldagem, conforme ressaltam Nogami e Villibor(1980).

Inicialmente, o ensaio de Mini-MCV era executado com massas diferentes conforme o tipo de solo analisado (Nogami e Villibor, 1981, 1985). Se o solo fosse argiloso, o ensaio deveria ser executado com massa úmida igual a 200 g, caso fosse arenoso, com 220 g. Posteriormente, devido a dificuldades na sua execução, pois corria-se o risco de executar o ensaio com uma massa não apropriada para o tipo de solo analisado e então ter que repetir o ensaio com a massa correta, o procedimento de ensaio foi simplificado, passando a ser realizado somente com amostras de 200 g para qualquer tipo de solo, e normalizado pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER-SP, 1988).

Tabela 2.2 - Semelhanças e diferenças entre os ensaios MCV (Parsons e Bolden, 1979) e Mini-MCV (Sória e Fabbri, 1980).

Ensaio	MCV	Mini_MCV
Característica		
Diâmetro do molde	100 mm	50 mm
Massa de solo	1500 g	200 ou 220 g*
Massa do soquete	6800 g	2270 g
Altura de queda do soquete	250 mm	305 mm
O que é medido	Penetração do soquete em relação ao topo do cilindro	Altura do corpo de prova diretamente
Diferença de Penetração/Altura p/ cálculo do MCV/Mini-MCV	5 mm	2 mm
Forma de cálculo do MCV/Mini-MCV	10 log (n)	10 log (n)
Geratriz	n - 4n	n - 4n
Término do ensaio	3 leituras consecutivas de penetração do soquete semelhantes	- ocorrência de exsudação - diferença entre leituras menor que 0,1 mm - ao se atingir 256 golpes

* mudado posteriormente para somente 200 g, como será visto no item 2.3.3.

2.3.3. O ENSAIO DE PERDA DE PESO POR IMERSÃO

Nogami e Villibor(1980) propuseram a realização de um ensaio para a determinação do comportamento do solo quando imerso em água, posteriormente denominado "*Perda de Peso por Imersão*" ou simplesmente "*Perda de Peso*", executado com os corpos de prova que resultam do ensaio de Mini-MCV. Esse ensaio é uma adaptação de um ensaio utilizado anteriormente pelos mesmos autores para avaliação da erodibilidade de solos (Nogami e Villibor, 1979) e é descrito a seguir.

Após a execução do ensaio de Mini-MCV, cada corpo de prova, correspondente a um determinado teor de umidade de compactação, é parcialmente extrudado do molde, de modo que o seu topo fique 1,0 cm para fora do cilindro. Em seguida, o conjunto cilindro-corpo de prova é imerso em água, com seu eixo de simetria na posição horizontal, por um período mínimo de 12 horas. A porção de solo que eventualmente se desprender é coletada para posterior determinação da *Perda de Peso por Imersão*, que é a relação, expressa em porcentagem, entre a massa seca

eventualmente desprendida e a massa seca correspondente a 1,0 cm do corpo de prova no final da compactação, calculada a partir da massa específica aparente seca obtida do ensaio.

Caso não haja nenhum desprendimento de solo, a *Perda de Peso* será zero para o teor de umidade correspondente; caso parte considerável do corpo de prova se desprenda, causando uma concavidade para dentro do cilindro, a *Perda de Peso* será, conseqüentemente, maior que 100%. Havendo desprendimento de blocos cilíndricos ainda coesos, multiplica-se o valor da *Perda de Peso* obtida por um fator igual a 0,5.

Com os resultados da *Perda de Peso por Imersão* para cada teor de umidade (ou valor de Mini-MCV), traça-se uma curva *Perda de Peso* contra o índice Mini-MCV, lançando-se as *Perdas de Peso* em ordenadas, e os valores de Mini-MCV correspondentes, em abscissas. Dessa curva é extraído um parâmetro P_i , que traduz a *Perda de Peso* característica do solo, e é utilizado para fins de classificação, conforme será visto mais adiante.

Segundo Nogami e Villibor(1981, 1985), a *Perda de Peso por Imersão* é determinada para o índice Mini-MCV igual a 10, quando o solo ensaiado é argiloso (massa de ensaio igual a 200 g) e para o índice Mini-MCV igual a 15, quando o solo ensaiado é arenoso (massa de ensaio igual a 220 g). Atualmente, como o ensaio é realizado somente com 200 g, a *Perda de Peso* é determinada, através da curva de *Perda de Peso* versus Mini-MCV, para o índice Mini-MCV igual a 10 ou 15, conforme a altura do corpo de prova no final da compactação. Caso o corpo de prova, para Mini-MCV igual a 10, apresente altura final inferior a 48 mm, indicando alta massa específica, a *Perda de Peso* é determinada para o índice Mini-MCV igual a 15; caso contrário, determina-se a *Perda de Peso* correspondente ao índice Mini-MCV igual a 10 (DER, 1988).

2.3.4. A CLASSIFICAÇÃO MCT

A partir dos resultados obtidos dos ensaios de Mini-MCV e *Perda de Peso por Imersão*, Nogami e Villibor(1981) propuseram um sistema de classificação de solos denominado MCT, abreviação de Miniatura, Compactado e Tropical que, entre outras características, permite agrupar os solos em duas grandes classes, conforme seu comportamento quando compactado, a saber: laterítico (L) e não laterítico (N).

A classe de solos de comportamento não laterítico foi subdividida em 4 grupos: areias não lateríticas (NA), solos arenosos não lateríticos (NA'), solos siltosos não lateríticos (NS') e solos argilosos não lateríticos (NG'). Já a classe de solos de comportamento laterítico foi subdividida somente em três grupos: areias lateríticas (LA), solos arenosos lateríticos (LA') e solos argilosos lateríticos (LG'), uma vez que nos solos lateríticos não há ocorrência de solos com parcela significativa de fração silte. O ábaco da classificação MCT é mostrado na Figura 2.4.

Para utilizar a classificação MCT são necessários dois índices obtidos dos ensaios anteriormente citados. O primeiro, índice c' , é obtido do ensaio de Mini-MCV e corresponde à

inclinação da curva de diferença de altura versus o índice Mini-MCV, para o valor do índice Mini-MCV igual a 10 (expresso em mm). Nos casos onde o ensaio não fornece uma curva para o índice Mini-MCV igual a 10, deve-se fazer a devida interpolação para a obtenção deste parâmetro. Um exemplo da determinação do índice c' é mostrado na Figura 2.5.

O segundo índice necessário para a classificação MCT, índice e' , é calculado segundo a seguinte expressão:

$$e' = \sqrt[3]{\frac{20}{d'} + \frac{Pi}{100}} \quad (2.2)$$

onde:

d' : coeficiente angular da parte mais inclinada do ramo seco da curva de compactação correspondente a 12 golpes, expresso em $\text{kg/m}^3\%$;

Pi : *Perda de Peso* característica do solo, determinada segundo a massa específica (altura) obtida para o índice Mini-MCV igual a 10, durante o ensaio de Mini-MCV, expressa em %.

Figura 2.4 - Ábaco para a classificação MCT, proposta por Nogami e Villibor (1981, 1985), apud Nogami et alii (1993). Em abscissas é utilizado o índice c' , que traduz a argilosidade do solo e em ordenadas o índice e' , que caracteriza o "caráter" laterítico do solo.

Figura 2.5 - Curvas de afundamento versus número de golpes (ou Mini-MCV) para o solo do entroncamento da SP-333, em Ribeirão Preto, e determinação do coeficiente c' .

Figura 2.6 - Família de curvas de compactação do solo do entroncamento da SP-333, em Ribeirão Preto e determinação do índice d' .

Na Figura 2.6 é apresentado um exemplo de como é feita a determinação do índice d' , que é o coeficiente angular da parte mais inclinada do ramo seco da curva de compactação correspondente a 12 golpes ($\times 1000$), obtida durante o processo de compactação, no ensaio de Mini-MCV. Já a Figura 2.7 mostra um resultado típico de curva de *Perda de Peso por Imersão* versus o valor Mini-MCV e a determinação do parâmetro P_i . Nesta figura, a *Perda de Peso por Imersão* foi determinada para o índice Mini-MCV igual a 15, pois o solo apresenta massa específica aparente seca alta na condição de umidade correspondente ao índice Mini-MCV igual a 10 (altura menor que 48 mm).

Figura 2.7 - Curva de *Perda de Peso por Imersão* versus o índice Mini-MCV para o solo do entroncamento da SP-333, em Ribeirão Preto. Teores de umidade utilizados no ensaio estão indicados entre parêntesis.

A título de exemplo, considerando os resultados dos ensaios do solo utilizado nos exemplos mostrados nas figuras 2.5, 2.6 e 2.7, tem-se:

$$e' = \sqrt[3]{\frac{20}{60,2} + \frac{106,08}{100}} = 1,12$$

e

$$c' = 1,82$$

Portanto, reportando-se à Figura 2.4, a classificação do solo do entroncamento da SP-333, em Ribeirão Preto, é LG', ou seja, um solo argiloso laterítico.

Se, durante o processo de classificação, a localização do solo na carta de classificação da Figura 2.4, obtida através dos índices c' e e' , for próxima da borda dos grupos separados pela linha

descontínua, torna-se necessário a utilização de considerações complementares. Para o solo ser considerado laterítico devem ocorrer as seguintes condições: a) a curva índices Mini-MCV versus teor de umidade deve conter uma parte curvilínea entre os valores Mini-MCV 10 e 15, com a diminuição da inclinação com o crescimento do Mini-MCV e b) o valor da *Perda de Peso por Imersão* deve decrescer com o crescimento do índice Mini-MCV entre os valores Mini-MCV 10 e 15. Caso estas duas condições não sejam satisfeitas, deve-se lançar mão de ensaios apropriados para determinar diretamente as características do solo em questão (Nogami e Villibor, 1985).

Determinada a classe do solo é então possível fazer previsões de suas características a partir da carta de propriedades físicas dos grupos de solos da classificação MCT (Nogami e Villibor, 1985 e DER-SP, 1988), que é mostrada na Tabela 2.3. Nesta carta são apresentados os intervalos de variação dos valores de algumas propriedades dos solos analisados, tais como Mini-CBR sem embebição, perda de suporte por embebição, expansão, contração, permeabilidade, plasticidade e granulometrias típicas em função da classe/grupo ocupado pelo solo na classificação MCT.

2.4. CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS ACERCA DA CLASSIFICAÇÃO MCT

Parece não haver dúvida, no meio técnico, quanto à importância do surgimento da classificação MCT para solos tropicais, sobretudo se for considerada a quantidade de artigos, dissertações e teses onde ela é citada ou que dela fazem uso para caracterização de solos, mapeamentos geotécnicos, etc.. Como foi discutido anteriormente, ela veio preencher uma lacuna deixada pelas classificações chamadas ortodoxas por Carvalho et alii(1985), que utilizam granulometria e índices físicos, tais como a HRB-AASHO e a USCS. Estas classificações, originárias de países de clima temperado, foram desenvolvidas para os solos lá encontrados, não sendo adaptadas para os solos tropicais, mesmo depois de algumas tentativas de introdução de índices auxiliares tais como atividade da argila e outros, como pode ser encontrado em Vargas(1982) e Silveira (1989).

A dificuldade de classificar os solos tropicais, onde o processo de laterização tem importância vital nas suas propriedades mecânicas, parece residir, na maioria das classificações, na incapacidade de se prever o comportamento desses materiais quando submetidos à ação da água. Para a previsão do comportamento de um solo, como camada integrante de um pavimento, é necessário que se saiba se este solo, quando em contato com a água, expande e, conseqüentemente, descompacta e perde suporte, se ele é resiliente, ou seja, se apresenta deformações elásticas apreciáveis quando submetido à ação do tráfego, se ele apresenta coesão suficiente para garantir uma fácil trabalhabilidade no campo e se ele garante a manutenção, ao longo do tempo, das características obtidas na sua compactação, etc..

Tabela 2.3 - Carta de propriedades segundo o método M 197/88, "Classificação de Solos Tropicais Segundo a Classificação MCT", do DER-SP.

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GRUPOS DE SOLOS									
CLASSES				S - SOLOS DE COMPORTAMENTO "NÃO LATERÍTICO"				L - SOLOS DE COMPORTAMENTO "LATERÍTICO"	
GRUPOS				NA AREIAS	NA' ARENOSOS	NS' SILTOSOS	NG' ARGILOSOS	LA AREIAS	LA' ARENOSOS LG' ARGILOSOS
GRANULOMETRIAS TÍPICAS (minerais) (1)				areias, areias siltosas, siltes (q)	areias siltosas, areias argilosas (q)	siltes (k,m), siltes arenosos e argilosos	argilas, argilas arenosas, argilas siltosas	areias com pouca argila	areias argilosas, argilas arenosas
MINI-CBR SEM EMBEBIÇÃO (%) (2)	MUITO ALTO ALTO MÉDIO BAIXO	> 30 12-30 4-12 < 4		ALTO A MÉDIO	ALTO	MÉDIO A ALTO	ALTO	ALTO	ALTO A MUITO ALTO
PERDA DE SUPORTE POR EMBEBIÇÃO (%) (2)	ALTA MÉDIA BAIXA	> 70 40-70 < 40		MÉDIA A BAIXA	BAIXA	ALTA	ALTA	BAIXA	BAIXA
EXPANSÃO (%) (2)	ALTA MÉDIA BAIXA	> 3,0 0,5-3,0 < 0,5		BAIXA	BAIXA	ALTA	ALTA A MÉDIA	BAIXA	BAIXA
CONTRAÇÃO (%) (2)	ALTA MÉDIA BAIXA	> 3,0 0,5-3,0 < 0,5		BAIXA A MÉDIA	BAIXA A MÉDIA	MÉDIA	ALTA A MÉDIA	BAIXA	BAIXA A MÉDIA
PERMEABILIDADE log(K(cm/s))	ALTA MÉDIA BAIXA	> (-3) (-3)-(-6) < (-6)		MÉDIA A ALTA	BAIXA	MÉDIA A BAIXA	BAIXA A MÉDIA	MÉDIA A BAIXA	BAIXA
PLASTICIDADE	ALTA MÉDIA BAIXA	IP(%) > 30 7-30 < 7	LL(%) > 70 30-70 < 30	BAIXA A NP	MÉDIA A NP	MÉDIA A ALTA	ALTA	NP A BAIXA	BAIXA A MÉDIA

(1) q = quartzo, m = mica, k = caulinita (2) Corpos de prova compactados na umidade ótima, energia normal, com sobrecarga padrão quando pertinente.

Sob o aspecto da sensibilidade do solo frente a ação da água, a classificação MCT resolveu bem a questão com a utilização do ensaio de *Perda de Peso por Imersão*, que possibilita avaliar, indiretamente, a resultante da expansão diferencial do solo, considerando-se que parcela do corpo de prova esta confinada e parcela não, juntamente com sua coesão permanente, uma vez que o ensaio é feito totalmente imerso em água.

O índice e' tem embutido em si, além da "medida" do conjunto expansão + coesão (P_i), a facilidade de ganho de massa específica com a compactação e, conseqüentemente, a graduação e o tipo de mineralogia da fração areia contida no solo, assim como a quantidade de argila nele presente (d'). Já com relação à resiliência, ainda não houve sucesso na tentativa de correlacionar os grupos da classificação MCT com comportamentos típicos bem definidos, conforme encontrado em DNER(1990).

Por outro lado, a classificação MCT apresenta algumas restrições quanto ao seu uso, devido aos processos de ensaios. Essas restrições não estão relacionadas àquelas referentes à limitação a solos que passam quase que integralmente na peneira #2,00 mm, pois esta pode ser facilmente contornada pela análise visual ou mecânica da parte grosseira associada à classificação da parte mais fina (que passa nesta peneira), como também não estão relacionadas à previsão, um pouco imprecisa, das propriedades de solos pré-adensados ou tipicamente transportados (Nogami e Villibor, 1985).

Para a classificação de um solo são necessários 5 corpos de prova compactados em diferentes teores de umidade. A compactação exige, em média, 424 golpes de soquete de 2,27 kg. São realizadas ainda 67 medidas de altura, 213 operações aritméticas para cálculo das diferenças de altura e das massas específicas aparentes secas obtidas, 5 determinações de *Perda de Peso por Imersão*, 5 determinações de teor de umidade, construção de 4 gráficos, determinação de 3 parâmetros por interpolação e ainda o cálculo de um índice. Esse processo todo é composto por 3 métodos de ensaios, relativamente complexos e de difícil assimilação por parte de quem os executa.

Além disso, até o momento, não existem estudos sobre a reprodutibilidade dos índices e parâmetros obtidos dos ensaios que compõem a classificação MCT, ou seja, se um determinado ensaio for feito, qual a dispersão de resultados encontrada? Este fato levou o autor a programar e executar algumas séries de repetições de ensaios para alguns solos e verificar a variação encontrada nos resultados. Para isso, foram selecionados três (03) solos dentre os já ensaiados pelo autor e disponíveis em quantidade suficiente no Laboratório de Estradas do STT. Foram feitos dez (10) ensaios de classificação MCT com cada um dos solos escolhidos, tomando-se o cuidado de utilizar sempre o mesmo técnico de laboratório.

Após a execução dos ensaios, as planilhas de cálculo foram fornecidas, com os teores de umidade, diferenças de alturas, massas específicas e *Perdas de Peso por Imersão* já devidamente calculados por computador, a mais duas pessoas, além do próprio autor, habitadas com os procedimentos de traçado dos gráficos e determinação dos parâmetros para análise e classificação,

sem contudo serem feitas observações quanto à forma de executar essa tarefa, para que pudesse ser avaliado o grau de subjetividade associado a estas operações.

Dessa maneira, teve-se a intenção de determinar, além da dispersão dos resultados de ensaios executados com um mesmo solo (mesmo operador e mesma pessoa para traçar e analisar os resultados), a influência do traçado dos gráficos nos resultados obtidos (mesmo operador e pessoas diferentes para traçar e analisar os resultados). A seguir são relatados os resultados obtidos neste programa de investigação.

O primeiro solo ensaiado foi o proveniente da jazida do Linhão do Broa, material este utilizado na base do Acesso ao Broa (rodovia vicinal com 13 km). Segundo a pedologia, trata-se de um Latossol Vermelho e Amarelo fase arenosa (LVa). Esse material, um solo arenoso fino laterítico, apresenta facilidade de execução dos ensaios para classificação MCT. Os resultados das determinações dos parâmetros, feitas pelo autor e mais dois colaboradores, encontram-se na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Resultados da repetição de ensaios para o solo do Linhão do Broa.

Amostra	Parâmetros				
	c'	d'	Pi	e'	Classe
01	1,55/1,50/1,60	101/98/100	0/0/0	0,58/0,59/0,58	LG'/LA'/LG'
02	1,33/1,45/1,40	135/125/119	24/32/0	0,73/0,78/0,55	LA'/LA'/LA'
03	1,42/1,40/1,50	67/117/63	0/0/0	0,67/0,55/0,68	LA'/LA'/LA'
04	1,30/1,42/1,40	122/117/118	42/40/20	0,83/0,83/0,72	LA'/LA'/LA'
05	1,52/1,50/1,60	153/157/118	25/22/3	0,72/0,70/0,58	LG'/LA'/LG'
06	1,32/1,40/1,34	112/113/111	32/32/5	0,79/0,79/0,61	LA'/LA'/LA'
07	1,46/1,45/1,58	123/155/118	78/75/70	0,95/0,96/0,95	LA'/LA'/LG'
08	1,41/1,45/1,48	100/94/100	45/43/25	0,87/0,86/0,77	LA'/LA'/LA'
09	1,45/1,45/1,53	128/124/125	60/60/45	0,91/0,91/0,85	LA'/LA'/LG'
10	1,53/1,50/1,55	242/240/222	56/42/40	0,86/0,80/0,79	LG'/LA'/LG'
Valor Mínimo	1,30/1,40/1,34	67/94/63	0/0/0	0,58/0,55/0,55	- / -
Valor Máximo	1,55/1,50/1,60	242/240/222	78/75/70	0,95/0,96/0,95	- / -
Valor Médio	1,43/1,45/1,50	128,3/134,0/119,4	36,2/34,6/20,8	0,79/0,78/0,71	- / -
Desvio Padrão	0,09/0,04/0,09	46,21/40,37/40,23	25,23/22,36/24,17	0,12/0,12/0,13	- / -
Coef. Variação (%)	6,30/2,48/6,12	36,01/30,13/33,69	69,69/64,61/116,20	14,54/15,96/18,69	- / -
Result. Originais *	1,08	55,67	102,42	1,11	LA'

* Resultados obtidos no início da pesquisa, em 1991, pelo autor.

Pela análise da Tabela 2.4 pode-se verificar que a variação dos índices classificatórios (c' e e') é pequena (coeficientes de variação de 2,5% a 6,5% e de 14,5% a 18,7%, respectivamente), sendo perfeitamente aceitável, considerando-se que se tratam de ensaios de laboratório. Por outro

lado, como era de se esperar, a variação da *Perda de Peso por Imersão* é consideravelmente maior (entre 65% e 116%), indicando que esse procedimento pode produzir resultados com uma certa variação para esse solo, porém, não influenciando demasiadamente os índices finais uma vez que a forma de cálculo do e' impõe a extração de uma raiz cúbica, o que minimiza a influência dessa variação. Com relação aos resultados originais, obtidos pelo autor em 1991, talvez a variação encontrada se deva a diferenças de materiais ensaiados, já que foi necessária uma segunda coleta desse solo durante a pesquisa. Com as variações encontradas, as classificações obtidas, a partir dos vários ensaios, mantiveram-se em duas classes da MCT: LA' e LG'. Originalmente, o solo era classificado como LA'.

O segundo solo ensaiado foi o proveniente do Parque Itaipu, nas proximidades de São Carlos, oriundo de uma mancha de Terra Roxa Estruturada (TE), que também apresentava facilidade de execução dos ensaios da MCT. Os resultados das determinações dos parâmetros encontram-se na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Resultados da repetição de ensaios para o solo do Parque Itaipu.

Amostra	Parâmetros				
	c'	d'	P_i	e'	Classe
01	1,67/1,71/1,69	45/45/41	4/0/15	0,78/0,77/0,86	LG'/LG'/LG'
02	2,05/2,20/2,18	34/54/34	65/65/72	1,07/1,01/1,09	LG'/LG'/LG'
03	1,96/2,25/2,14	39/41/41	2/8/15	0,81/0,83/0,86	LG'/LG'/LG'
04	1,72/2,01/1,97	40/40/41	10/0/15	0,84/0,80/0,86	LG'/LG'/LG'
05	1,91/2,09/2,10	41/41/41	1/0/2	0,99/0,79/0,80	LG'/LG'/LG'
06	1,99/2,00/2,11	34/35/33	2/8/22	0,85/0,86/0,94	LG'/LG'/LG'
07	2,10/2,15/2,10	44/43/42	1/5/1	0,77/0,80/0,79	LG'/LG'/LG'
08	2,05/2,00/2,00	36/34/33	54/57/50	1,03/1,05/1,03	LG'/LG'/LG'
09	2,15/2,05/2,20	59/61/53	2/5/20	0,71/0,72/0,83	LG'/LG'/LG'
10	2,15/2,15/2,10	42/42/38	5/10/15	0,80/0,83/0,88	LG'/LG'/LG'
Valor Mínimo	1,67/1,71/1,69	34/34/33	1/0/1	0,71/0,72/0,79	- / -
Valor Máximo	2,15/2,25/2,20	59/61/53	65/65/72	1,07/1,05/1,09	- / -
Valor Médio	1,98/2,06/2,06	41,4/43,6/39,7	14,6/15,8/22,7	0,87/0,85/0,89	- / -
Desvio Padrão	0,17/0,14/0,15	7,27/8,22/5,91	23,95/24,16/21,91	0,12/0,10/0,10	- / -
Coef. Variação (%)	8,59/6,93/7,17	17,57/18,86/14,88	164,07/152,94/96,52	13,79/11,70/10,96	- / -
Result. Originais *	2,14	30,45	96,83	1,17	NG'

* Resultados obtidos no início da pesquisa, em 1991, pelo autor.

Analisando-se a Tabela 2.5 verifica-se que a variação dos índices classificatórios (c' e e') é da mesma ordem de grandeza da obtida para o solo do Linhão do Broa (coeficientes de variação de

7,0% a 8,5% e 11% a 13,8%, respectivamente). Por outro lado, a variação dos resultados da *Perda de Peso por Imersão* é consideravelmente maior, da ordem de 97% a 160%, indicando que neste caso, o método é bem menos preciso e pode produzir variações consideráveis nos resultados. Esse fato deve-se, em parte, à característica do ensaio de *Perda de Peso por Imersão* que, no caso desse solo, ora produz desprendimento de blocos coesos, demandando a utilização do fator de correção para o peso coletado (multiplica-se por 0,5), ora não produz desprendimento algum ou então muito pequeno e ora produz uma massa desprendida que não se apresenta na forma cilíndrica (nesse caso é não coeso, não necessitando de fator de correção). O solo que era classificado, originalmente, como NG', na segunda fase do experimento apresentou-se como LG', sendo que o autor não conseguiu explicação plausível para a mudança de classe encontrada. Deve ser ressaltado, neste caso, que tanto o ensaio original como os realizados na segunda fase utilizaram material resultante de uma única coleta.

O terceiro solo ensaiado foi um saprolito de granito proveniente da Rodovia Castelo Branco. Este solo é siltoso, de cor esverdeada, com grande quantidade de mica e apresenta dificuldades para a execução dos ensaios da classificação MCT. Os resultados obtidos para este solo são apresentados na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Resultados da repetição de ensaios para o solo da Castelo Branco.

Amostra	Parâmetros				
	c'	d'	Pi	e'	Classe
01	0,92/1,14/0,92	2,54/2,81/1,8	302/307/302	2,22/2,17/1,69	NS'/NS'
02	1,02/1,10/1,02	- / - /8,7	331/325/331	- / - /1,78	- / - /NS'
03	0,73/1,16/0,73	2,97/3,06/2,97	327/320/326	2,15/2,13/2,15	NS'/NS'/NS'
04	0,90/1,10/0,90	- / - /7,0	326/320/326	- / - /1,83	- / - /NS'
05	0,85/1,15/0,85	- / - / -	328/325/328	- / - / -	- / - / -
06	0,81/1,10/0,81	- / - /4,5	329/330/329	- / - /1,98	- / - /NS'
07	0,70/1,15/0,70	- / - / -	326/325/326	- / - / -	- / - / -
08	0,95/1,10/0,95	- / - / -	330/330/330	- / - / -	- / - / -
09	0,73/1,05/0,73	2,02/1,69/3,3	321/320/321	2,36/2,47/2,10	NS'/NS'/NS'
10	0,88/1,10/0,88	- / - /4,8	341/340/341	- / - /1,96	- / - /NS'
Valor Mínimo	0,70/1,05/0,70	2,02/1,69/1,80	302/307/302	2,15/2,13/1,69	- / - / -
Valor Máximo	1,02/1,16/1,02	2,97/3,06/7,00	341/340/341	2,36/2,47/2,15	- / - / -
Valor Médio	0,85/1,11/0,85	2,51/2,52/4,72	326,1/324,2/326,1	2,24/2,26/1,93	- / - / -
Desvio Padrão	0,10/0,03/0,10	- / - / -	9,89/8,17/9,89	- / - / -	- / - / -
Coef. Variação (%)	11,78/2,87/11,78	- / - / -	3,03/2,52/3,03	- / - / -	- / - / -
Result. Originais *	0,78	17,50	323,62	1,63	NA'

* Resultados obtidos no início da pesquisa, em 1991, pelo autor.

Como era de se esperar, esse tipo de solo apresenta dificuldades na execução do ensaio de compactação, pois o ramo seco das curvas não são muito bem definidos. Muitas vezes, o ramo seco da curva de compactação não apresenta queda de massa específica com o decréscimo do teor de umidade e outras, apresenta flutuações no valor das massas específicas obtidas, o que impede que o ramo seco seja bem definido. Conseqüentemente, é prejudicada a determinação do parâmetro d' para fins da classificação MCT. Nesse caso específico, em dez ensaios executados, com sete teores de umidade cada um, só foi possível determinar o valor d' em apenas 3 deles, para duas das três pessoas que participaram do experimento.

Por outro lado, os resultados da *Perda de Peso por Imersão* apresentaram variação muito pequena, indicando que, no caso de solos com *Perda de Peso por Imersão* elevada como o ensaiado, existe uma tendência de boa reprodutibilidade dos resultados.

Cabe ainda ressaltar que os resultados originais (feitos em 1991) apresentados na Tabela 2.6, para fins de comparação, são produto de uma segunda realização do ensaio. O primeiro ensaio realizado não permitiu que fosse feita a classificação devido à impossibilidade da determinação do d' . Mesmo no segundo ensaio, onde foi possível a determinação do d' , ocorreram flutuações da massa específica no ramo seco da curva de compactação correspondente à energia de 12 golpes.

Os exemplos aqui apresentados servem para ilustrar que a classificação MCT, apesar de ser eficiente e capaz de separar solos lateríticos dos não lateríticos, também apresenta alguns problemas, tais como: procedimentos de ensaio bastante complexos e trabalhosos, dificuldade de determinação da classe de alguns solos devido à própria característica desses materiais e dos ensaios envolvidos e ainda alguma dispersão de resultados no caso específico de alguns materiais, no que diz respeito à determinação da *Perda de Peso por Imersão*, sendo que esse ensaio parece ser mais adequado à qualificação do que à quantificação de propriedades de materiais.

2.5. COMENTÁRIOS FINAIS

Como já foi ressaltado anteriormente, a classificação MCT resolve, de maneira satisfatória, o problema da classificação de solos tropicais, fornecendo previsões adequadas a respeito de seu comportamento, quando utilizado como material integrante de pavimentos. Porém, essa classificação ainda carrega alguns problemas devido à sua complexidade. Esta complexidade parece ser admitida pelos próprios autores da MCT, uma vez que os mesmos continuam pesquisando na tentativa de proporcionar meios mais simples e/ou mais rápidos e econômicos para determinação das classes MCT de solos analisados.

Como exemplos dessa tentativa, pode-se citar Nogami e Villibor(1985), que propuseram o ensaio S-MCV, um ensaio executado com um equipamento sub-miniatura (cilindro de 26 mm de diâmetro), que tem as mesmas características do ensaio Mini-MCV e permite, através de algumas correlações, determinar a classe MCT de um solo nele compactado.

Outro exemplo é o trabalho de Merighi e Nogami(1991), que propuseram algumas alterações na forma de determinação do teor de umidade e no cálculo das massas específicas, utilizando os princípios estabelecidos por Hilf(1959), acelerando a execução do ensaio S-MCV e tornando-o mais viável para utilização no controle de obras viárias.

Anteriormente, também nessa mesma linha de simplificação, Nogami e Cozzolino(1985) propuseram um conjunto de ensaios baseado em procedimentos simples, onde se utiliza corpos de prova moldados em anéis de PVC rígido submetidos ao encharcamento e posterior secagem para observação de seu comportamento frente à absorção d'água e secagem. Fortes e Nogami(1991) complementaram esse trabalho, propondo uma maneira de se obter a classe MCT de solos a partir da observação de certas características desses solos, quando submetidos a esses procedimentos (encharcamento e secagem), tais como: inchamento, trincamento, consistência, contração e plasticidade.

No presente trabalho, tem-se como objetivo principal estabelecer um processo simples, econômico e rápido para caracterizar solos para fins de aplicação em obras viárias, que leve em consideração características peculiares aos solos tropicais.

Tendo isso em mente, o autor optou por desenvolver sua pesquisa sobre classificações de solos nos moldes das classificações ditas ortodoxas, utilizando a distribuição granulométrica como parâmetro classificatório, uma vez que a granulometria é bastante difundida e de fácil assimilação por parte dos técnicos envolvidos na área rodoviária. Foram abandonados os índices plásticos (Ll e Ip), que são, sabidamente, inadequados para a representação das características dos solos tropicais, além de apresentarem baixa reprodutibilidade.

Assim sendo, o autor buscou, na literatura, ensaios que pudessem substituir os índices físicos Ll e Ip, mas que mantivessem a mesma idéia original, ou seja, ensaios que pudessem qualificar a parte fina do solo analisado e, conjuntamente com a granulometria, inferir o comportamento do solo como um todo. Isto foi parcialmente conseguido recorrendo-se ao ensaio de adsorção de azul de metileno pelo método da mancha, utilizado na França para caracterização de materiais para pavimentação, e que será descrito, com detalhes, no próximo Capítulo.

CAPÍTULO 3

A UTILIZAÇÃO DO AZUL DE METILENO NA CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS

3.1. HISTÓRICO

Na década de 30 começou-se a utilizar corantes para a determinação de superfície específica (SE) e capacidade de troca catiônica (CTC) de solos. Segundo Chen et alii(1974), Paneth foi o primeiro pesquisador que testou, em 1929, o uso de corantes para a determinação de superfície específica de materiais. Ele utilizou os corantes azul de metileno, verde de metila e amarelo de naftol para determinação da SE de sais insolúveis de chumbo, de SE conhecida, em solução aquosa. Chegou à conclusão que havia a formação de uma camada monomolecular, quase que completa, de moléculas de azul de metileno adsorvidas pelos sais de chumbo.

Mitchell et alii(1950) utilizaram o azul de metileno em areias quartzosas, concluindo que o pH da solução tem influência fundamental no consumo de corante e que as areias recobertas com óxidos de ferro ou cromo apresentam menor adsorção de corante.

Kipling e Wilson(1960) utilizaram o azul de metileno em esferas de carbono não porosas, e calcularam a área ocupada pela molécula do corante, obtendo um valor que varia de 102 a 108 Å². Concluíram ainda que o azul de metileno não fornece resultados precisos para a determinação da SE de materiais compostos de carbono.

Vários outros pesquisadores usaram corantes, em especial o azul de metileno, para a caracterização de argilas utilizadas em indústrias cerâmicas, como será visto a seguir.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DE ARGILAS PARA CERÂMICA

A caracterização de argilas para utilização em cerâmica exige uma série de ensaios que são, muitas vezes, de alto custo e de difícil execução. Assim, a partir da década de 50, muitos pesquisadores passaram a testar o azul de metileno para determinar a SE e a CTC de argilas e correlacionar os resultados com propriedades de interesse à indústria cerâmica.

Nevins e Weintritt(1967) utilizaram o ensaio de mancha de azul de metileno para a determinação da CTC de algumas argilas bentoníticas e compararam os resultados com os obtidos com o método do acetato de amônio. Os resultados indicaram que o ensaio de mancha de azul de

metileno é uma forma rápida, barata, simples e precisa para a determinação da CTC de argilo-minerais.

O ensaio de mancha de azul de metileno consiste, basicamente, da titulação de uma suspensão de solo+água com uma solução de azul de metileno padronizada, em meio intensamente agitado; após a adição de uma certa quantidade de corante, retira-se uma gota de solução corante+água+solo, que é pingada em um papel de filtro padronizado. Se a figura formada pela difusão da gota no papel apresentar uma aura azulada ou esverdeada, significa que há excesso de corante na solução, caso contrário, adiciona-se outro tanto de corante e repete-se o teste da mancha até atingir-se o ponto onde há excesso (ponto de viragem). A partir da quantidade adicionada de corante pode-se calcular a SE e, conseqüentemente, a CTC do material ensaiado. Maiores detalhes deste ensaio serão descritos no próximo capítulo.

Faruqi et alii(1967) estudaram a adsorção do azul de metileno por diversas caulinitas com variação do pH da solução. Concluíram que quanto maior o pH, maior a adsorção do azul de metileno pela caulinita e que o ensaio de azul de metileno não é suficientemente preciso para a determinação da SE e da CTC.

Phelps e Harris(1968) correlacionaram os resultados dos ensaios de azul de metileno com a SE, CTC e módulo de ruptura de 29 argilas utilizadas para cerâmica. Os resultados permitiram prever, com boa precisão, o módulo de ruptura das argilas a partir da CTC determinada com o ensaio de azul de metileno.

Hang e Brindley(1970) determinaram a SE e CTC de 2 caulinitas, 1 ilita e 1 montmorilonita sódica com o azul de metileno, pelo método colorimétrico. Este método consiste do tratamento da amostra com uma solução de azul de metileno cuja concentração é conhecida; após o ataque, a solução é filtrada e a densidade óptica da solução resultante (azul de metileno restante + água) é medida com um colorímetro. Através da comparação desta densidade óptica com a curva de calibração, isto é, densidade óptica versus concentração de azul de metileno na solução, torna-se possível a determinação da quantidade de corante adsorvida pelo material ensaiado. Desta pesquisa, Hang e Brindley(1970) concluíram que a face da molécula de azul de metileno, que é adsorvida pelo solo, possui uma área entre 130 e 135 Å², sendo um paralelogramo de lados com dimensões aproximadas de 17,0x7,6x3,5 Å. Concluíram ainda que, em condições favoráveis, pode-se medir a SE e a CTC de argilo-minerais com o método do azul de metileno.

Brindley e Thompson(1970) determinaram a SE e a CTC de diversas montmorilonitas do Texas e do Wyoming, para diferentes tipos de saturação de cátions, com o azul de metileno através do método colorimétrico. Foram estudadas argilas saturadas com os seguintes cátions: Li⁺, Na⁺, K⁺, Mg⁺², Ca⁺², Ba⁺², Fe⁺³, Co⁺², Ni⁺² e Cu⁺². Os resultados de superfície específica obtidos pelos autores são apresentados na Tabela 3.1.

Chen et alii(1974) fizeram a determinação da SE e da CTC de algumas argilas brasileiras com o método da mancha de azul de metileno e correlacionaram os resultados com as seguintes propriedades tecnológicas: composição química (teores de SiO₂, Al₂O₂, Fe₂O₃, TiO₂, K₂O, Na₂O,

MgO, CaO), umidade de prensagem, retração linear, tensão de ruptura, absorção d'água, porosidade aparente e perda ao fogo. Concluíram que o ensaio de azul de metileno é promissor para a caracterização de argilas e que seus resultados permitem a previsão de algumas propriedades tecnológicas utilizadas na indústria cerâmica.

Tabela 3.1 - Determinação da superfície específica de montmorilonitas com saturação de diversos cátions pelo método do azul de metileno, apud Brindley e Thompson(1970).

Superfície Específica (m ² /g) Cátion de saturação	Montmorilonita do Texas	Montmorilonita do Wyoming
Li ⁺	750	746
Na ⁺	750	746
K ⁺	615	650
Mg ⁺²	556	290
Ca ⁺²	532	274
Ba ⁺²	493	150
Fe ⁺³	368-540	203-570
Co ⁺²	570	-
Ni ⁺²	587	-
Cu ⁺²	540	-

3.3. CLASSIFICAÇÕES DE SOLOS

Lan(1977), do LCPC (Laboratoires des Ponts et Chaussées), estudou o ensaio de mancha de azul de metileno, considerando-o promissor para a caracterização de solos. Correlacionou os resultados desse ensaio com o índice de plasticidade e com o equivalente areia, que são dois outros tipos de ensaios muito utilizados naquela instituição, na fase de caracterização de materiais para construção de pavimentos.

A partir deste primeiro trabalho, as pesquisas no LCPC sobre a utilização do ensaio de mancha de azul de metileno evoluíram, transformando-o em uma ferramenta de caracterização de materiais para construção em geral e, particularmente, para pavimentação. Em outubro de 1979, o LCPC publicou o anteprojeto de padronização do método de ensaio de mancha de azul de metileno, fixando o procedimento para sua realização, assim como os índices a serem determinados.

Foi definido o coeficiente de atividade das frações granulométricas dos solos como a razão entre o "valor de azul do solo multiplicado por 100 e a porcentagem que o solo possui na peneira em

análise". Assim, o coeficiente de atividade para a fração granulométrica menor que 0,002 mm é calculado segundo a expressão:

$$CA_2 = \frac{V_b \times 100}{\% < 2 \mu m} \quad (3.1)$$

onde:

CA_2 : coeficiente de atividade do solo para a fração menor que 0,002 mm;

V_b : valor de azul do solo (quantidade de azul de metileno consumida no ensaio) e,

$\% < 2 \mu m$: porcentagem do solo menor que 0,002 mm.

O valor de azul - V_b (*Valeur de bleu*) foi definido como a quantidade de solução padronizada de azul de metileno consumida por 100 g de solo. Dessa forma, segundo o LCPC(1979), pode-se avaliar o grau de poluição de areias e de materiais granulares pelas argilas, assim como a argilosidade de solos dentro do domínio da geotecnia, em função do consumo de corante ou da superfície específica do material analisado, que é determinada indiretamente por este processo. Na Tabela 3.2 estão os valores de superfície específica de alguns argilo-minerais típicos apresentados nesse anteprojeto.

Tabela 3.2 - Superfície específica de alguns argilo-minerais, apud LCPC(1979).

Tipo de Argila	Superfície Específica (m ² /g)
Montmorilonita	800
Vermiculita	200
Ilita	40-60
Caulinita	5-20

Lan(1980) apresentou alguns resultados das pesquisas com o azul de metileno, correlacionando-os com o índice de plasticidade e o equivalente areia de solos; comparou ainda medidas de superfície específica obtidas pelos métodos BET e do etilenoglicol com os obtidos pelo método da mancha de azul de metileno. Esses resultados são mostrados na Tabela 3.3.

O citado autor apresentou ainda dados muito interessantes sobre a variação do consumo de azul de metileno por misturas artificiais de argilas, tendo sido experimentadas misturas com variação de teor de 0 a 100% de bentonita + ilita, bentonita + caulinita e ilita + caulinita. Esses resultados são apresentados na Figura 3.1. Ressaltou também que mesmo a presença de grande quantidade de elementos inertes num solo não tem influência na adsorção de azul de metileno.

Tabela 3.3 - Superfície específica de argilas, apud Lan(1980).

Método Utilizado	Superfície Específica (m ² /g)			Tipo de Superfície Medida
	Caulinita	Ilita	Montmorilonita	
BET	22	113	82	Externa
Etilinoglicol	45	90	750-800	Interna + Externa
Azul de Metileno	48	74	860	Interna + Externa

Figura 3.1 - Variação do consumo de corante em misturas de argilas, apud Lan(1980).

Kergoet e Cimpelli(1980) avaliaram o comportamento de amostras de areias contaminadas por argilas e concluíram que existe correlação entre o valor V_b e a massa específica aparente seca máxima obtida do ensaio de compactação na energia normal.

Denis et alii(1980) utilizaram o ensaio de mancha de azul de metileno para medir a capacidade de absorção d'água e expansão de solos e rochas, concluindo que o V_b de um solo ou rocha representa a medida da superfície na qual a água pode ser absorvida. Isso indica, no caso de solos, seu grau de argilosidade, que é responsável por parcela considerável de seu comportamento geotécnico e, no caso de rochas, seu grau de fissuração e porosidade que, por sua vez, respondem pela alteração das qualidades mecânicas do material em presença d'água.

Tabela 3.4 - Carta de classificação de solos da RTR (Recommandation pour les Terrassements Routiers) com os valores de V_b , apud Lan(1981).

					Classe	Vb
					A ₀	< 0,1
Solos finos	D < 50 mm passado na # 0,080 mm > 35%	Ip < 10%			A ₁	0,1-1,5
		10% < Ip < 20%			A ₂	1,5-5
		20% < Ip < 50%			A ₃	5-9
		Ip > 50%			A ₄	> 9
Solos arenosos e pedregulhos com finos	D < 50 mm passado na # 0,080 mm entre 5 e 35%	5% < 0,080 mm < 12%	retido na #2 mm < 30 %	ES > 35%	B ₁	< 0,1
				ES < 35%	B ₂	0,1-0,5
			retido na #2 mm > 30 %	ES > 25%	B ₃	< 0,1
				ES < 25%	B ₄	0,1-0,5
		12% < 0,080 mm < 35%	Ip < 10%		B ₅	0,5-1,5
			Ip > 10%		B ₆	1,5-5
Solos com materiais finos e grossos	D > 50 mm passado na # 0,080 mm > 5%	% na # 0,080 mm elevada			C ₁	> 1,5
		% na # 0,080 mm pequena	D < 250 mm		C ₂	0,1-1,5
			D > 250 mm		C ₃	0,1-1,5
Solos e rochas insensíveis à água	passado na # 0,080 mm < 5%	D < 50 mm	retido na # 2 mm < 30%		D ₁	< 0,1
			retido na # 2 mm > 30%		D ₂	< 0,1
		50 mm < D < 250 mm			D ₃	< 0,1
		D > 250 mm			D ₄	< 0,1
Rochas evolutivas	Material de estrutura fina, frágil, com pouca ou nenhuma argila				E ₁	< 1,5
	Material de estrutura grossa, com pouca ou nenhuma argila				E ₂	< 1,5
	Material evolutivo argiloso				E ₃	> 1,5

Obs.: D significa diâmetro máximo das partículas.

Lan(1981) considerou os tipos de argilo-minerais existentes na natureza, em função de sua estrutura cristalina, ressaltando que apesar da existência de apenas três tipos distintos de estruturas cristalinas, encontram-se argilo-minerais com comportamentos bastante diversos, mesmo entre os de mesma família. Descreveu, com detalhes, o ensaio de mancha de azul de metileno e o coeficiente V_b calculado a partir do resultado desse ensaio. Apresentou ainda correlações entre V_b e o

coeficiente de atividade de Skempton e expos a sua proposta de complementação da classificação de solos RTR (Recommandation pour les Terrassements Routiers) com a introdução do ensaio de mancha de azul de metileno. Nesta classificação, os solos são agrupados em 6 classes principais, das quais 5 são apresentadas na Tabela 3.4. Essas classes são sub-divididas em várias sub-classes, de acordo com sua sensibilidade à água. A sexta classe (F) é composta por solos orgânicos, resíduos industriais, etc..

Lan(1981) concluiu que a utilização do ensaio de mancha de azul de metileno, como um critério para identificação e classificação de solos, traz simplicidade e assegura mais rigor ao processo, pois não se trata de um ensaio empírico, tendo um significado bastante preciso. Acrescentou ainda que a interpretação dos resultados seria facilitada pelas correlações com os resultados obtidos dos ensaios tradicionais.

Boust e Prive(1984) utilizaram o ensaio de mancha de azul de metileno para medir SE de sedimentos marinhos; concluíram que a utilização desse ensaio, em materiais que contém matéria orgânica, é muito crítica e que, apesar disso, os resultados são muito bons, tendo sido obtida precisão melhor que 10% em relação aos métodos usualmente empregados.

Bourguet et alii(1985) propuseram um sistema de classificação de solos baseado nos resultados dos ensaios de mancha de azul de metileno e de granulometria. Do ensaio de mancha de azul de metileno, a partir do consumo de corante, é calculada a SE do material analisado que permite avaliar sua sensibilidade à água. Já do ensaio de granulometria, são determinados alguns parâmetros estatísticos que representam a forma da curva, chamados índices granulométricos de Rivière, a saber: índice de grossura, $\bar{X}$ (que é a média dos logaritmos das dimensões equivalentes das partículas ao longo da curva granulométrica, ou simplesmente, a dimensão média equivalente das partículas expressa em logaritmo) e índice de evolução, N (que é a curvatura máxima da curva granulométrica calculada a partir de 4 pontos sucessivos da curva granulométrica - 4 diâmetros de peneiras sucessivos).

A classificação de solos proposta por Bourguet et alii(1985) é composta de 2 diagramas ou cartas de classificação. O primeiro diagrama, mostrado na Figura 3.2, reflete as características granulométricas do material analisado e é construído com os 2 parâmetros granulométricos $\bar{X}$ e N, descritos anteriormente. Nesse diagrama os solos são sub-divididos em 5 classes, segundo suas características granulométricas, a saber: pedregulhos, pedregulhos poluídos com argila, areias, areias poluídas com argila e solos finos. Segundo os autores, entre outras características, esse diagrama permite determinar a evolução sofrida por um sedimento.

Já o segundo diagrama, mostrado na Figura 3.3, baseia-se nos resultados de SE obtidos a partir dos ensaios de mancha de azul de metileno e no índice de grossura ($\bar{X}$). Esse diagrama permite avaliar a sensibilidade dos solos à água, classificando-os como: insensíveis, com sensibilidade do tipo dos solos silteosos e com sensibilidade do tipo dos solos argilosos.

Bourguet et alii(1985) concluíram que a utilização dos índices granulométricos de Rivière e da superfície específica (SE), obtida do ensaio de mancha de azul de metileno, permite estabelecer

uma classificação de solos baseada em ensaios simples, cujos resultados são representativos e confiáveis. Enfatizaram, no entanto, que devem ser feitos pequenos ajustes nos limites das divisões entre as classes, para melhor adequar a classificação aos materiais existentes.

Figura 3.2 - Diagrama granulométrico segundo Bourguet et alii(1985), sem escala.

Figura 3.3 - Diagrama de sensibilidade à água, $SE \times \bar{X}$, segundo Bourguet et alii(1985).

Lautrin(1987) estudou 99 amostras de solos contendo proporções variadas de argilo-minerais e definiu um método para identificação do tipo preponderante, a partir do ensaio de mancha de azul de metileno. Este autor definiu um índice, designado índice de nocividade, baseado no valor de azul da fração menor que 0,002 mm do solo, segundo a expressão apresentada a seguir:

$$N = \frac{100 \times Vb}{C_2} \quad (3.2)$$

onde:

N: índice de nocividade;

Vb: valor de azul, para 100 g de solo, conforme já definido anteriormente;

C₂: porcentagem do solo que passa na # 0,002 mm.

Segundo Lautrin(1987), para argilo-minerais puros, encontram-se os seguintes valores do índice de nocividade: 1 a 2 para as caulinitas, 4 a 5 para as ilitas e 18 a 20 para as montmorilonitas. Para o caso de solos com presença de mais de um argilo-mineral, o autor apresenta gráficos do índice de nocividade contra a proporção do argilo-mineral na mistura, que permitem avaliar a quantidade de cada componente na mistura. A título de exemplo, um desses gráficos é reproduzido na Figura 3.4.

Figura 3.4 - Variação do Índice de Nocividade em função da quantidade de montmorilonita e caulinita na mistura, apud Lautrin(1987).

Dessa forma, Lautrin(1987) definiu um diagrama de nocividade de solos em função do índice de nocividade, que é apresentado na Figura 3.5.

Figura 3.5 - Diagrama de nocividade dos solos, apud Lautrin(1987). Em ordenadas, à direita, está o índice de nocividade (N) e, à esquerda, a porcentagem de montmorilonita no solo (M(%)).

Lautrin(1987) concluiu que o ensaio de mancha de azul de metileno é um ensaio fundamental para a caracterização de solos, pois fornece um meio simples de qualificar sua fração fina.

Higgs(1988) utilizou o ensaio de mancha de azul de metileno para verificar a presença de argilo-minerais em rochas sedimentares e materiais provenientes de brechas. Utilizou amostras moídas e passadas na # 200 (0,074 mm), tratadas com uma solução de azul de metileno com concentração de 4,5 g/l, concluindo que o limite de adsorção de azul de metileno para as argilas do grupo das esmectitas é de 15 ml de solução para 1 g de amostra.

Magnan e Youssefian(1989) propuseram uma classificação de solos finos baseada nos resultados dos ensaios de mancha de azul de metileno e na granulometria dos solos, à semelhança do proposto por Bouguet et alii(1985). Propuseram ainda o abandono dos ensaios de limite de liquidez e índice de plasticidade, que foram substituídos, nesta classificação, pelos resultados dos ensaios de azul de metileno. O ábaco da classificação proposta por Magnan e Youssefian(1989) é apresentado na Figura 3.6.

Figura 3.6 - Proposta de classificação de solos finos segundo Magnan e Youssefian(1989).

Ainda segundo Magnan e Youssefian(1989), os solos finos foram classificados em 6 classes, segundo sua distribuição granulométrica e potencial de atividade, a saber:

- A_{pa}: argila pouco ativa;
- A_{ma}: argila medianamente ativa;
- A_{ta}: argila muito ativa;
- L_{pa}: silte pouco ativo;
- L_{ma}: silte medianamente ativo;
- L_{ta}: silte muito ativo.

Tourenq e Lan(1989) descreveram o princípio do ensaio de azul de metileno. Apresentaram um levantamento bastante completo do que já fora feito com esse ensaio: sua aplicação na caracterização de rochas, no controle de misturas estabilizadas granulometricamente, tanto para

bases como para misturas betuminosas, na avaliação da argilosidade de solos e no controle de qualidade de agregados para construção. Descreveram ainda, com detalhes, os ensaios de mancha e o turbidimétrico com o azul de metileno e apresentam a classificação de solos RTR, já acrescida do índice *Vb* (valor de azul).

Huet(1989) utilizou o ensaio de mancha de azul de metileno para a qualificação de "filler" para misturas asfálticas, e estabeleceu que, para garantir um produto de boa qualidade, o agregado utilizado deve possuir um equivalente areia superior a 60% ou um *Vb* inferior a 1.

Benaben et alii(1989) avaliaram a influência do teor de argila na resistência de misturas solo-cimento. O estudo foi elaborado a partir da introdução, nas misturas solo-cimento, de quantidades conhecidas de argilas dos tipos: caulinita, ilita, montmorilonita e misturas caulinita+montmorilonita. O grau de "poluição" foi medido através do *Vb*, mostrando que, para a previsão da queda de resistência, esse índice é melhor que o equivalente areia, utilizado até então.

Schaeffner(1989) faz a apresentação da nova RTR, ilustrada na Tabela 3.5, já acrescida do valor de azul (*Vb*), nos mesmos moldes daquela já apresentada anteriormente por Lan(1981).

Tabela 3.5 - Classificação RTR acrescida do valor de azul, segundo Schaeffner(1989).

Classe RTR	Designação	Parâmetros de identificação considerados				Sub-Classe
A	Solos finos	Dmáx < 50 mm	Vb < 2,5			A ₁
		% # 0,080 mm	12 < Ip < 25 ou 2,5 < Vb < 6 (1)			A ₂
		> 35 %	25 < Ip < 40 ou 6 < Vb < 8 (1)			A ₃
		Ip > 40 ou Vb > 8 (1)			A ₄	
B	Solos arenosos e pedregulhos com finos	Dmáx < 50 mm	% # 0,080 mm > 12%	% #2 mm > 70%	Vb < 0,2	B ₁
		% # 0,080 mm < 35 %		% #2 mm < 70%	Vb > 0,2	B ₂
		Vb > 0,1			Vb < 0,2	B ₃
					Vb > 0,2	B ₄
			% # 0,080 mm de 12 a 35%		Vb < 1,5	
				Vb > 1,5		B ₆
C	Solos com finos e grossos	Dmáx > 50 mm	% # 50 mm superior a 60 a 80%			C ₁
		Vb > 0,1	% # 50 mm inferior a 60 a 80%			C ₂
D	Solos insensíveis à água	% # 0,080mm < 12%	Dmáx < 50 mm	% # 2,00 mm > 70%		D ₁
		% # 2,00 mm < 70%		D ₂		
		Vb < 0,1	Dmáx > 50 mm			D ₃
(1) Para esses solos, preferível identificação a partir do Ip						

Cabe salientar novamente, que a classificação RTR estabelece 6 classes de solos, de A até F, tendo sido apresentadas, na Tabela anterior, apenas 4 delas (A a D). Das outras, a classe E compreende materiais oriundos de decomposição de rochas e a classe F engloba solos com matéria orgânica, resíduos industriais e outros materiais não naturais.

3.4. CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS TROPICAIS

A utilização do ensaio de azul de metileno, para caracterização e classificação de solos tropicais, não parece ter sido muito difundida, considerando-se que há poucos trabalhos publicados sobre o assunto.

Autret e Lan(1983) estudaram 50 amostras de laterítas provenientes de Alto-Volta, Argentina, África do Sul, Brasil, Costa do Marfim, Gabão, Guiana, Niger, Mali e Senegal. Foram executados ensaios de limite de liquidez, limite de plasticidade, granulometria (por sedimentação com densímetro ou com o sedígrafo), azul de metileno nas frações menores que 2, 0,40 e 0,08 mm e difração de raios X para determinação dos minerais constituintes. Foram ainda determinados o coeficiente de atividade de Skempton, os coeficientes de atividade para os ensaios de adsorção de azul de metileno, o pH da solução solo+água e a relação sílica-sesquióxidos (Kr).

Segundo Autret e Lan(1983), existe uma boa correlação entre o coeficiente de atividade obtido dos ensaios de azul de metileno e a relação sílica-sesquióxidos, índice este muito utilizado para caracterizar laterítas. Na Figura 3.7 é apresentada a variação do Kr versus a quantidade de azul de metileno consumida no ensaio, segundo esses autores.

Figura 3.7 - Relação sílica-sesquióxidos (Kr) versus quantidade de azul de metileno consumida no ensaio, segundo Autret e Lan(1983).

Ainda segundo Autret e Lan(1983), os resultados obtidos dos ensaio de azul de metileno, traduzidos pelos valores dos coeficientes de atividade, não têm boa correlação com os valores de limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade, o que é atribuído à grande variação do pH das suspensões solo+água, que variaram de 4,3 até 8,2.

Portanto, para esses autores, a utilização do ensaio de azul de metileno, para a caracterização de laterítas, deve ser condicionada à fixação de um pH constante da solução solo+água, pois a variação do pH pode influir na forma como as moléculas de azul de metileno são adsorvidas na superfície dos argilo-minerais. Segundo Autret e Lan(1983), *"a adsorção do azul de metileno pelas partículas de argila se dá de duas formas: sobre as cargas interfoliares das argilas, que são negativas e invariáveis e advêm das substituições isomórficas ocorridas no retículo cristalino, por exemplo, substituição do Al^{+3} por Si^{+4} , etc. e pelas cargas laterais existentes nas placas ou folhas dos argilo-minerais, devido à ruptura das ligações de valência. Neste caso, a carga das bordas é positiva em meio ácido ($pH < 7$) e negativa em meio básico"*.

Casanova(1986) apresentou um estudo com 35 solos tropicais para fins de caracterização e controle de qualidade aplicados à pavimentação. Foram estudados solos lateríticos com razão sílica-alumina (Ki) entre 0,37 e 1,97 e razão sílica-sesquióxidos (Kr) variando de 0,27 a 1,93. Nesses solos foram determinadas a SE e a CTC pelos métodos tradicionais e os resultados foram comparados com os obtidos a partir de ensaios com mancha de azul de metileno. Os resultados indicaram que existe uma boa correlação entre a CTC obtida pelos métodos tradicionais e a obtida pelo método do azul de metileno, sendo que, para todos os solos analisados, a CTC pelo método do azul de metileno foi sempre menor que a obtida pelo método tradicional.

Casanova(1986) afirmou ainda que não há uma completa adsorção do azul de metileno pela matéria orgânica humidificada, que os materiais paracristalinos e amorfos adsorvem pequena quantidade de azul de metileno e que não há adsorção do azul de metileno pelos óxidos livres de ferro e alumínio.

O autor concluiu que o ensaio de mancha de azul de metileno deve ser adotado como meio de caracterização dos solos lateríticos, uma vez que ele propicia uma maneira rápida, simples e eficaz de determinar as propriedades químicas e físico-químicas de superfície dos solos lateríticos.

Fabbri e Sória(1991) utilizaram o ensaio de mancha de azul de metileno para fins de classificação de solos, tendo sido ensaiadas 45 amostras de solos provenientes de diversos locais do estado de São Paulo, com a finalidade de verificar a variação do consumo de corante em função da classe dos solos na classificação MCT. O procedimento utilizado foi semelhante ao desenvolvido por Lan(1981), com as seguintes modificações:

- foi ensaiado 1 g da fração do solo que passa na # 0,074 mm;
- solução de azul de metileno com concentração de 1 g de sal anidro por litro;
- papel de filtro com velocidade de filtração média;

Para a avaliação da "atividade" dos argilo-minerais presentes nos solos, foi definido um coeficiente de atividade, CA , nos moldes do índice de nocividade, já mostrado anteriormente (vide Lautrim, 1987, etc.), conforme a expressão apresentada a seguir:

$$CA = 100 \frac{VT}{P_F} \quad (3.3)$$

onde:

CA : coeficiente de atividade;

P_F : porcentagem, em peso, que o solo contém da fração que se quer avaliar a atividade;

VT : volume total de azul de metileno consumido por 1 g de amostra de solo integral.

Como o ensaio é executado com 1 g da fração do solo que passa na #0,074 mm, para o cálculo do volume total (VT), torna-se necessário levar em consideração a porcentagem que o solo tem nesta peneira e o teor de umidade que ele possui no momento do ensaio. Este cálculo é feito segundo a seguinte expressão:

$$VT = V \times \frac{P_{200}}{100} \times \left(1 + \frac{w}{100}\right) \quad (3.4)$$

onde:

VT : volume total de azul de metileno consumido por 1 g de amostra de solo integral;

V : volume de azul de metileno adicionado à suspensão durante o ensaio;

P_{200} : porcentagem que o solo possui na # 0,074 mm (peneira #200);

w : teor de umidade do solo.

Para a avaliação da influência do pH no consumo de corante, foi planejada a execução de ensaios nas seguintes condições: pH normal, isto é, aquele obtido quando da adição do solo à água destilada; pH igual a 3,0 (meio ácido), conseguido através da adição de ácido clorídrico à solução e pH igual a 11,0 (meio básico), obtido através da adição de hidróxido de sódio à solução. No caso dos ensaios com pH básico, ocorreram problemas de interpretação do ponto de viragem durante a titulação; não se conseguia uma aura bem definida que indicasse o ponto de viragem, como será visto no próximo capítulo. Esse fenômeno foi atribuído, na época, à qualidade do papel de filtro utilizado, supondo-se que ele não tivesse capacidade de retenção das partículas de argila do solo, que se encontrariam dispersas, devido ao alto valor do pH da solução e, portanto, com dimensões muito pequenas.

Quanto à atividade, foram calculados os coeficientes de atividade para 2 frações granulométricas, a saber: fração menor que 0,005 mm e fração menor que 0,002 mm. A porcentagem que cada solo tem nessas frações granulométricas foi determinada através de ensaios de granulometria com sedimentação, utilizando hexametáfosfato de sódio como agente dispersante.

Os coeficientes de atividade, obtidos para cada fração granulométrica e pH de ensaio, foram então lançados em gráfico contra o índice e' da classificação MCT, a fim de possibilitar a avaliação

de uma possível correlação entre eles. Nas Figuras 3.8 a 3.11 são apresentados os resultados obtidos nessa pesquisa.

Figura 3.8 - Coeficiente de atividade da fração granulométrica menor que 0,005 mm versus índice e' da classificação MCT, para pH normal da solução, segundo Fabbri e Sória(1991).

Figura 3.9 - Coeficiente de atividade da fração granulométrica menor que 0,002 mm versus índice e' da classificação MCT, para pH normal da solução, segundo Fabbri e Sória(1991).

Figura 3.10 - Coeficiente de atividade da fração granulométrica menor que 0,005 mm versus índice e' da classificação MCT, para pH ácido (pH = 3), segundo Fabbri e Sória(1991).

Figura 3.11 - Coeficiente de atividade da fração granulométrica menor que 0,002 mm versus índice e' da classificação MCT, para pH ácido (pH = 3), segundo Fabbri e Sória(1991).

Admitindo-se que os solos de comportamento laterítico (Nogani e Villibor, 1981) possuem e' menor que 1,15 (excetuada a classe LA) e analisando-se as Figuras 3.8 a 3.11, concluiu-se que existe uma tendência do coeficiente de atividade, conforme definido pela expressão 3.3, em separar tais solos dos de comportamento não laterítico. Para um valor arbitrário do coeficiente de atividade, por exemplo 10, verificou-se que existe uma boa concordância entre o índice e' e o coeficiente de atividade (CA) proposto por Fabbri e Sória(1991), tanto para ensaios com variação de pH como para os diferentes diâmetros que definem a fração ativa.

Pejon(1992), em sua tese de doutoramento, mostrou que o ensaio de azul de metileno pode ser uma maneira simples e rápida para caracterizar solos para fins de mapeamento geotécnico. Foi utilizado o ensaio de mancha, com características semelhantes ao desenvolvido por Lan(1977), apenas com modificações na fração granulométrica ensaiada, que foi a passada na #2,00 mm e na concentração da solução de azul de metileno, que foi reduzida para 1,5 g/l, devido à baixa adsorção do corante pelos solos tropicais.

Com os resultados dos ensaios, foram calculados a capacidade de troca catiônica (CTC), a superfície específica (SE), o valor de azul do solo (V_b) e o valor de azul da fração argila (A_{cb}). A CTC obtida do ensaio de azul de metileno foi comparada, para 53 amostras, com a obtida pelo método utilizado no Instituto Agronômico de Campinas, tendo sido conseguida uma boa correlação, como pode ser visto na Figura 3.12.

Figura 3.12 - Comparação da capacidade de troca catiônica obtida pelo método do Instituto Agronômico de Campinas e pelo método de adsorção do azul de metileno, segundo Pejon(1992).

Pejon(1992) utilizou ainda o V_b , juntamente com os resultados da classificação MCT, para avaliar o comportamento laterítico ou não dos solos. O valor de azul - V_b , ou seja, a quantidade de azul de metileno, em peso, consumida por 100 g de solo, foi lançada em gráfico versus o teor de argila do solo (fração menor que 0,002 mm), conforme é mostrado na Figura 3.13.

Figura 3.13 - Variação do valor de azul do solo (V_b), em função do teor de argila, para solos de comportamento laterítico e não laterítico, segundo Pejon(1992).

Segundo Pejon(1992), este gráfico permite afirmar que, para as amostras analisadas (em número de 108), o V_b distingue, com uma probabilidade de 85% de acerto, os solos de comportamento laterítico dos de comportamento não laterítico.

Ainda, segundo esse autor, no caso de solos que apresentam V_b menor que 1,0 ou V_b maior que 2,5, o grau de certeza quanto à previsão do comportamento aumenta muito, chegando próximo de 100%. O maior grau de incerteza incide naqueles solos cujo V_b está entre 1,5 e 2,5, pois existem, em número equivalente, materiais com comportamento laterítico e não laterítico. Nesses casos, segundo o autor, deve-se recorrer a outras técnicas para a previsão de seu comportamento.

Pejon(1992) sugere ainda, a utilização do valor de azul da fração argila do solo - A_{cb} , ou seja, da quantidade de azul de metileno, em peso, consumida por 100 g da fração argilosa do solo, para avaliar a atividade do argilo-mineral presente. Os resultados de A_{cb} versus teor de argila são apresentados na Figura 3.14, onde estão discriminados os solos de comportamento laterítico dos de comportamento não laterítico, segundo a classificação MCT.

Figura 3.14 - Variação do valor de azul da fração granulométrica argila dos solos (*Acb*), em função do teor de argila, para solos de comportamento laterítico e não laterítico, segundo Pejon(1992).

Quanto às discrepâncias de resultados encontradas para algumas amostras, Pejon(1992) justificou-as afirmando que a classificação MCT avalia o "comportamento" laterítico dos solos e não o grau de laterização do ponto de vista pedológico. Mostra, como exemplo, o caso de uma amostra de solo que tem comportamento laterítico (LA), segundo a MCT, e que possui *Acb* elevado, indicando a presença de argilo-mineral do grupo 2:1, presença essa que foi confirmada através de um ensaio de difração de raios X.

O autor concluiu que o ensaio de adsorção de azul de metileno é uma maneira simples de identificar o comportamento laterítico dos solos e que, quando aliado ao ensaio de granulometria com sedimentação, permite ainda a obtenção de informações complementares acerca da mineralogia de sua fração argilosa.

3.5. CONCLUSÕES

Através da revisão bibliográfica apresentada neste Capítulo e da apresentada no Capítulo anterior, sobre o solo arenoso fino laterítico, pode-se concluir que a utilização do ensaio de adsorção de azul de metileno é, no mínimo, promissora para fins de caracterização e classificação de solos. Tal afirmação baseia-se nos resultados das pesquisas aqui apresentadas e podem ser resumidas por três asserções, a saber:

- a adsorção de azul de metileno pelos principais argilo-minerais se dá na seguinte ordem, da menor para a maior: caulinita, illita, vermiculita e montmorilonita (ver LCPC, 1979, e outros);
- solos com óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio adsorvem menor quantidade de corante (ver Mitchell et alii, 1950; Casanova, 1986);
- solos lateríticos e muitos daqueles de comportamento laterítico, segundo a classificação MCT, têm como principal argilo-mineral constituinte a caulinita revestida por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio;

Assim sendo, pode-se admitir a priori, que solos lateríticos possuem menor capacidade de adsorção do corante azul de metileno que a dos solos não lateríticos, pelo menos quando a comparação é feita para proporções equivalentes de fração argila. Assim, o coeficiente de atividade proposto por Fabbri e Sória(1991) deve refletir a atividade média dos argilo-minerais presentes nos solos. Resta, portanto, testar essas hipóteses frente aos resultados de ensaios de laboratório para validá-las ou não, o que será feito nos próximos Capítulos.

CAPÍTULO 4

COLETA DE AMOSTRAS, ENSAIO DE ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO, PELO MÉTODO DA MANCHA, E ENSAIOS REALIZADOS

4.1. INTRODUÇÃO

Neste Capítulo são apresentados os critérios que nortearam a coleta de amostras, uma breve descrição dessas amostras, agrupadas por origem, e os ensaios realizados durante a pesquisa.

Para a coleta, baseou-se na premissa que a superfície específica, determinada pelos ensaios de adsorção de azul de metileno, é capaz de refletir a atividade dos argilo-minerais contidos na fração fina dos solos e que, a partir dessa atividade, pode-se, tanto inferir os tipos de argilo-minerais presentes, como prever, de maneira grosseira, sua influência no comportamento desses solos. Admitiu-se também, que a classificação MCT reflete, de alguma forma, essa atividade, quando separa os solos em solos de comportamento laterítico e não laterítico. Assim, procurou-se trabalhar com o maior número e diversidade de amostras, para que fosse estabelecido um confronto confiável entre essas duas técnicas de caracterização.

Dessa forma, minimizou-se os ensaios realizados, restringindo-os aos de classificação MCT, quando necessários, aos de adsorção de azul de metileno (escopo desta pesquisa), aos complementares, tais como massa específica dos sólidos e granulometria conjunta e, aos especiais, tais como microscopia eletrônica de varredura e difração de raios X, utilizados para dirimir dúvidas surgidas do confronto entre a adsorção de corante e a classificação MCT.

Foi elaborado um banco de dados para armazenar e manipular os dados resultantes da coleta de amostras e dos resultados de ensaios já existentes. Esse banco de dados, além de armazenar a localização, a procedência e os resultados dos ensaios considerados pertinentes, permitiu que fossem feitas pesquisas e geração de arquivos para alimentação de programas computacionais, de análise estatística e de confecção de gráficos.

4.2. COLETA DE AMOSTRAS

4.2.1. GENERALIDADES

Na coleta de amostras, o autor deu preferência àquelas já conhecidas, que haviam sido ou seriam utilizadas por pesquisadores, em trabalhos desenvolvidos junto ao Departamento de

Transportes da EESC ou que estavam, de alguma maneira, a ele ligados. Mais particularmente, foram selecionadas amostras que possuíam, pelo menos, resultados de ensaios de classificação MCT.

Assim sendo, foram utilizadas neste trabalho, um total de 297 amostras de solos, cedidas pelo Prof. Alfredo d'Avila, da Universidade Federal Rio Grande do Sul; pela Geol^a. Noris Costa Dinis Coelho de Souza e utilizadas em Souza(1992); pela Prof^a. Teresinha de Jesus Bonnucelli, da Universidade Federal de Ouro Preto, e utilizadas em Bonnucelli(1992); pelo Prof. Marcos Antonio Garcia Ferreira, da Universidade Federal de São Carlos, e utilizadas em Ferreira(1993); pela empresa Lenc, Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C, e utilizadas em Lenc(1991a, 1991b, 1991c, 1991d, 1991e, 1991f, 1991g, 1991h e 1991i), além de amostras já existentes no próprio Laboratório de Estradas do Departamento de Transportes da EESC e já utilizadas por Fabbri e Sória(1991).

4.2.2. DESCRIÇÃO SUSCINTA DAS AMOSTRAS POR ORIGEM

4.2.2.1. AMOSTRAS DO PROF. ALFREDO d'AVILA

Foram utilizadas 64 amostras cedidas pelo Prof. Alfredo, que serão objeto de estudo em sua tese de doutoramento, em andamento. Essas amostras são provenientes de materiais empregados como revestimento primário em estradas de terra no município de Pelotas e proximidades, no estado do Rio Grande do Sul.

São solos podzolizados, de origem de granito e gnaiss, de cor bastante variada, desde pretos até brancos, de granulometria grosseira, tendo uma quantidade considerável de material retido na peneira #4,76 mm e que possuem mica, detectável visualmente, tanto na fração areia ($> 0,074$ mm) como na fração fina.

Os ensaios de classificação MCT e de Mini-CBR foram executados na Universidade Federal Rio Grande do Sul. As classificações MCT foram obtidas a partir de ensaios com apenas 3 ou 4 teores de umidade de compactação, o que, por vezes, prejudica a qualidade dos resultados, por implicar na extrapolação de valores. Os valores de Mini-CBR foram obtidos de corpos de prova compactados segundo o método MCT e, por conseguinte, não existe constância de energia de compactação por unidade de volume, como é padronizado nos ensaios de compactação. De qualquer forma, todos os ensaios aproveitados foram retraçados e revisados pelo autor. Esses solos são identificados, neste trabalho, como tendo por origem "Alfredo" (vide, por exemplo, Anexo 1).

4.2.2.2. AMOSTRAS DA EESC

Foram utilizadas 25 amostras de solos existentes no Laboratório de Estradas do Departamento de Transportes da EESC, provenientes do interior do estado de São Paulo e já utilizadas e descritas, anteriormente, por Fabbri e Sória(1991). Dentre essas amostras, estão algumas conhecidas e aproveitadas por outros autores, tal como em Villibor(1981), Soria(1985), Nogami e Villibor(1980, 1981), Fabbri(1986), Corrêa(1976, 1989), etc.. Neste trabalho, esses solos são referenciados como tendo por origem "EESC".

Cabe ressaltar que os ensaios de adsorção de azul de metileno foram refeitos, pois o método utilizado nesta tese foi modificado pelo autor após sua primeira apresentação, em 1991.

4.2.2.3. AMOSTRAS DA LENC

Foram utilizadas 160 amostras de solos cedidas pela empresa LENC, Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C, oriundas de projetos geotécnicos de pavimentação implantados em conjuntos habitacionais na periferia da cidade de São Paulo, estado de São Paulo, conforme apresentado em Lenc(1991a, 1991b, 1991c, 1991d, 1991e, 1991f, 1991g, 1991h e 1991i).

São solos, na sua maioria, micáceos, finos (passam integralmente na #2,00 mm) e que apresentam as mais diversas cores, variando do branco ao cinza escuro. Neste trabalho, essas amostras são referenciadas como tendo por origem "LENC".

4.2.2.4. AMOSTRAS DA GEÓLOGA NORIS COSTA DINIZ COELHO DE SOUZA

Foram utilizadas 20 amostras de solos cedidas pela Geol^a. Noris Costa Diniz Coelho de Souza, retiradas da região correspondente à Folha Topográfica de Aguaí, estado de São Paulo, segundo Souza(1992). Os ensaios de classificação MCT e de granulometria conjunta (peneiramento e sedimentação) foram executados pelos técnicos do Laboratório de Estradas do Departamento de Transportes da EESC, sob supervisão do autor.

Essas amostras são aqui referenciadas como tendo por origem "Noris".

4.2.2.5. AMOSTRAS DA PROF^a. TERESINHA DE JESUS BONUCCELLI

Foram utilizadas 8 amostras de solos cedidas pela Prof^a. Teresinha de Jesus Bonnucelli, da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais. São solos provenientes da própria cidade de

Ouro Preto, conforme descrito em Bonuccelli(1992). Os ensaios de classificação MCT foram realizados pelos técnicos do Laboratório de Estradas do Departamento de Transportes da EESC.

Essas amostras são aqui referenciadas como tendo por origem "Teresinha".

4.2.2.6. AMOSTRAS DA UFSCAR

Foram utilizadas 20 amostras de solos cedidas pelo Prof. Marcos Antonio Garcia Ferreira, da Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR. Esses solos foram utilizados em sua tese de doutoramento (Ferreira, 1993), tendo sido colhidos aos pares, em 10 taludes de cortes de estradas pavimentadas, num mesmo perfil vertical, acima e abaixo da linha de seixos. A finalidade disso foi avaliar, do ponto de vista estatístico, as diferenças de propriedades entre solos de comportamento laterítico (acima da linha de seixos) e de comportamento não laterítico (abaixo), segundo a classificação MCT.

Os ensaios de classificação MCT foram realizados pelo laboratório de solos da Universidade Federal de São Carlos. Estranhamente, não foram encontradas diferenças significativas entre os pares de solos provenientes de um mesmo perfil vertical, tanto do ponto de vista da variação de propriedades como mini-CBR, expansão, RIS, etc. e, mesmo segundo a classificação MCT. A maioria das amostras foi classificada como de comportamento laterítico. Essa aparente incongruência será discutida, oportunamente, no próximo Capítulo.

Essas amostras de solos são aqui referenciadas como tendo por origem "UFSCAR".

4.3. ENSAIO DE ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO PELO MÉTODO DA MANCHA

4.3.1. APARELHAGEM E MATERIAIS

Para a execução do ensaio de adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha, são necessários os seguintes materiais:

- peneiras de malha quadrada de 0,074 mm;
- equipamento para destorroamento de solos;
- agitador magnético para soluções aquosas, com possibilidade de regulação do número de rotações;
- cronômetro, com resolução de segundos;
- bureta de vidro piróx de 25 ml de capacidade e graduada de 0,1 em 0,1 ml;
- suporte para bureta;

- baguete cilíndrica de vidro, com aproximadamente 8 mm de diâmetro e 250 mm de comprimento;
- becker de vidro piréx de 250 ml de capacidade;
- provetas de vidro piréx com capacidade 100 e 1000 ml;
- papel de filtro circular, com diâmetro entre 120 e 150 mm, para micro-cristais, com teor de cinzas inferior a 0,01%, do tipo Reagen R-42, Whatman 42 ou similar;
- solução aquosa padrão de azul de metileno, com concentração de 1,00 g de sal anidro por litro de solução;
- solução aquosa de hidróxido de sódio com normalidade igual a 0,1 N, para ensaios com alteração do pH da suspensão solo+água para básico (para obtenção de pH = 11 na suspensão);
- solução aquosa de ácido clorídrico com normalidade igual a 0,1 N, para ensaios com alteração do pH da suspensão solo+água para ácido (para obtenção de pH = 3 na suspensão);
- água destilada;
- medidor de pH, para os ensaios onde o pH da suspensão solo+água será alterado para ácido ou básico.

A Figura 4.1 mostra os equipamentos necessários para a execução do ensaio de adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha.

Figura 4.1 - Equipamentos utilizados na execução do ensaio de adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha.

4.3.2. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra de solo a ser ensaiada deve ser seca ao ar, destorroada e peneirada, a seco, na peneira #200 (0,074 mm). Após o peneiramento, deve-se determinar o teor de umidade (w) da fração passada nessa peneira. O ensaio de mancha de azul de metileno é realizado nessa fração.

4.3.3. EXECUÇÃO DO ENSAIO

A execução do ensaio de adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha, segue os seguintes passos:

- a) pesar 1,00 g da fração do solo passada na #200 e coloca-lo no becker de 250 ml;
- b) adicionar 100 ml de água destilada ao becker;
- c) colocar o becker contendo a suspensão solo+água destilada, no agitador magnético e ligá-lo;
- d) adicionar, ao becker, por meio da bureta graduada, 1,0 ml de solução padrão de azul de metileno e acionar o cronômetro;
- e) aguardar 1 minuto;
- f) introduzir a baguete de vidro na suspensão, sem desligar o agitador magnético, capturar uma gota de suspensão e pingá-la em uma folha de papel de filtro;
- g) observar a difusão da gota no papel de filtro. Deverá aparecer uma mancha circular, composta de um núcleo escuro que contém as partículas sólidas da suspensão (solo), circundada por uma borda de cor mais clara, correspondente à fase líquida da suspensão filtrada pelo papel de filtro (ver Figura 4.2, mancha à esquerda);
 - se houver, após a difusão da água, o aparecimento de uma áura azulada ou esverdeada em torno da borda que circunda o núcleo escuro da mancha (ver Figura 4.2, mancha à direita), esperar por mais 3 minutos e repetir os itens f) e g). Se a áura persistir, após passados os 3 minutos, significa que há excesso de corante na solução e o ponto de viragem foi atingido;
 - se não houver o aparecimento da áura, ou esta desaparecer após os 3 minutos de espera, repetir a operação a partir do item d), até que o teste da mancha persista por 3 minutos ou mais, conforme observado acima;
- h) anotar o volume de solução padrão de azul de metileno (V) correspondente ao ponto de viragem do teste de mancha.

Quando se deseja executar o ensaio de azul de metileno, pelo método da mancha, com o pH da suspensão solo+água básico ou ácido, deve-se adicionar, respectivamente, hidróxido de sódio ou ácido clorídrico, de 1,0 em 1,0 ml e medir o pH resultante da solução, com a ajuda de um medidor de pH, até que se obtenha pH igual a 11,0 (básico) ou 3,0 (ácido), conforme o caso.

Figura 4.2 - Exemplos do teste da Mancha de Azul de Metileno.

4.3.4. RESULTADOS

a) Valor de Azul - V_a

De posse do volume de solução padrão de azul de metileno adicionada à suspensão (V), do teor de umidade da fração do solo ensaiada (w) e da porcentagem que o solo possui na #200 (P_{200}), calcular o Valor de Azul para a amostra integral, conforme se segue:

$$V_a = V \times \frac{P_{200}}{100} \times \left(1 + \frac{w}{100}\right) \quad (4.1)$$

Dessa forma, o Valor de Azul, V_a , corresponde à quantidade de azul de metileno consumida por 1 g de amostra de solo integral, cuja unidade pode ser expressa em ml de solução padrão por grama de solo ou, mais apropriadamente, por 10^{-3} g de azul de metileno por g de solo (10^{-3} g/g de solo).

Deve-se ressaltar que a nomenclatura proposta originalmente por Fabbri e Sória(1991), para o Valor de Azul foi VT - Volume Total de azul de metileno, conforme mostrado no Capítulo 3, expressão 3.4. Esse valor tem o mesmo significado físico, aqui apresentado.

b) Coeficiente de Atividade

O coeficiente de atividade (CA) de uma fração granulométrica de um solo, abaixo de um determinado diâmetro arbitrado, é definido como sendo a razão entre o volume de azul de metileno consumido por 1 g de solo seco (V_a) e a porcentagem que o solo contém desta fração (P_F), ou seja:

$$CA = 100 \frac{V_a}{P_F} \quad (4.2)$$

Geralmente, o coeficiente de atividade é determinado para a fração considerada mais ativa do solo, correspondendo à fração argila (fração menor que 0,005 ou 0,002mm). Isso também é feito pelo coeficiente de Skempton, mas, desta outra forma, não possui os defeitos decorrentes da utilização dos ensaios de limites físicos, conforme já ressaltado no Capítulo 2. Ainda contra o coeficiente de Skempton pesa o fato dos ensaios de limites serem realizados com a fração que passa na #0,42 mm, que tem, freqüentemente, muito material inerte. Isto faz com que os resultados dos ensaios não reflitam a "atividade" do material fino presente no solo.

4.4. ENSAIOS REALIZADOS

4.4.1. INTRODUÇÃO

Considerando que havia intenção de se obter o maior número possível de informações sobre cada solo e que se desejava minimizar os recursos alocados para a execução desta pesquisa, os ensaios executados ficaram restritos aos indispensáveis. Assim, foram feitos: classificação MCT, determinação da distribuição granulométrica e da massa específica dos sólidos do solo e também, alguns ensaios complementares, tais como, microscopia eletrônica de varredura (MEV) e difração de raios X, utilizados para esclarecer dúvidas quanto aos resultados incongruentes ou duvidosos.

Dessa forma, todas as outras informações acerca de propriedades de solos, aqui apresentadas, advêm da coleta de dados efetuada juntamente com a obtenção das amostras utilizadas neste trabalho.

4.4.2. CLASSIFICAÇÃO MCT

Os ensaios de classificação MCT foram realizados segundo o método de ensaio M 197/88, do Departamento de Estradas de Rodagem do estado de São Paulo, DER-SP. Foram executados aproximadamente 95 ensaios de classificação MCT, incluindo os apresentados no Capítulo 2,

utilizados para avaliar a reprodutibilidade da classificação MCT. Os outros resultados de ensaios foram provenientes da coleta de dados.

4.4.3. MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS

A determinação da massa específica dos sólidos das amostras foi feita segundo o método de ensaio "Densidade Real de Solos" - ME 93-64, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, DNER. Esses ensaios foram executados em 5 temperaturas diferentes e, os resultados apresentados, foram calculados para a temperatura de 20° C. Ao todo, foram realizados 256 ensaios de determinação de massa específica dos sólidos.

4.4.3. GRANULOMETRIA CONJUNTA - PENEIRAMENTO + SEDIMENTAÇÃO

As curvas de distribuição granulométrica dos solos foram obtidas segundo o método de ensaio "Análise Granulométrica de Solos" - ME 51-64, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, DNER.

Para a sedimentação, as amostras foram dispersadas com hexametáfosfato de sódio e o tempo de duração dos ensaios foi de 8 h, como normalmente é feito no Laboratório de Estradas do STT, tendo como objetivo a obtenção de diâmetros de sedimentação próximos a 0,002 mm. Foram realizados 256 ensaios de granulometria conjunta.

4.4.4. ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO

Em todas as amostras apresentadas neste trabalho (em número de 297), foram realizados ensaios de determinação de adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha, segundo o roteiro apresentado no item 4.3, para as seguintes condições de pH da suspensão solo+água:

- pH ácido (pH = 3,0), obtido a partir da adição de ácido clorídrico à suspensão;
- pH normal da suspensão, ou seja, obtido da simples adição do solo à água destilada;
- pH básico (pH = 11,0), obtido através da adição de hidróxido de sódio à suspensão.

Os valores de azul, V_a , foram calculados para as três condições de pH definidas acima, e foram denominados, $V_a A$, $V_a N$ e $V_a B$, referentes, respectivamente, a pH ácido, pH normal e pH básico da suspensão solo+água.

Os coeficientes de atividade, *CA*, foram calculados para as três condições de pH citadas e duas frações "argila" (fração menor que 0,005 mm e fração menor que 0,002 mm). Dessa forma, foram determinados seis coeficientes de atividade a saber:

- *CA 5 A*: para pH = 3,0 e fração menor que 0,005 mm;
- *CA 5 N*: para pH normal e fração menor que 0,005 mm;
- *CA 5 B*: para pH = 11,0 e fração menor que 0,005 mm;
- *CA 2 A*: para pH = 3,0 e fração menor que 0,002 mm;
- *CA 2 N*: para pH normal e fração menor que 0,002 mm;
- *CA 2 B*: para pH = 11,0 e fração menor que 0,002 mm.

Pretendeu-se, dessa forma, avaliar a influência do pH da suspensão solo+água e da fração granulométrica que define a argila (menor que 0,005 mm ou menor que 0,002 mm) nos resultados dos Valores de Azul, *Va*, e nos Coeficientes de Atividade, *CA*. A finalidade foi estabelecer qual a condição mais favorável para a execução dos ensaios de adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha, em termos da qualidade dos resultados encontrados.

Cabe ressaltar que nos ensaios de sedimentação com duração de 8 horas, normalmente não se obtêm diâmetros inferiores a 0,002 mm e que, quando isso ocorreu, as porcentagens que os solos possuem abaixo desse diâmetro foram obtidas por extrapolação das curvas de distribuição granulométrica.

4.4.5. ENSAIOS COMPLEMENTARES

Utilizaram-se ainda, alguns ensaios para esclarecer dúvidas quanto à "qualidade" dos resultados dos ensaios da classificação MCT ou dos próprios ensaios de azul de metileno, quando eles foram discordantes entre si, ou seja, quando a classificação MCT indicava comportamento de solo laterítico e a adsorção de azul de metileno acusava um consumo alto de corante, indicando superfície específica incompatível com a previsão desta classificação, ou vice-versa. Tais ensaios foram:

a) Microscopia Eletrônica de Varredura

Para a obtenção das fotografias da microestrutura das amostras de solo foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura da marca Zeiss, modelo DFM 960, pertencente ao Departamento de Ciências dos Materiais do Instituto de Física e Química de São Carlos da USP.

As amostras fotografadas foram previamente peneiradas a seco, na peneira #0,074 mm, coladas ao suporte apropriado e recobertas por uma camada de carbono obtida por vaporização a quente e depois, por uma camada de ouro, de 15 nm de espessura, obtida através de vaporização de plasma (sputter).

As regiões representativas das amostras foram escolhidas pelo autor e fotografadas utilizando aumentos de 1.500, 3.000 e 10.000x, em filme branco e preto, de formato 110 (6 x 7). Posteriormente, as ampliações em papel foram digitalizadas por intermédio de um "scanner" de mão, marca Genius, modelo B-105 (256 tons de cinza), com resolução de 100 dpi (pontos por polegada), e os resultados impressos em impressora laser. As fotografias digitalizadas resultantes são apresentadas no Anexo 2, juntamente com um breve comentário acerca da microestrutura visualizada, segundo a interpretação do autor.

b) Difratometria de Raios X pelo Método do Pó

Os ensaios de difratometria de raios X foram executados no Departamento de Ciências dos Materiais do Instituto de Física e Química de São Carlos da USP, Grupo de Cristalografia, Laboratório de Raios X. Foi utilizado um equipamento de raios X de goniômetro horizontal, marca Rigako, modelo Rotaflex e um gerador marca Rigako, modelo Gergflex.

As amostras foram peneiradas na peneira #0,074 mm e submetidas ao ensaio de difratometria de raios X pelo método do pó, no equipamento descrito acima. Utilizou-se tubo de raios X de cobre, corrente de 40 mA, diferença de potencial de 40 kV e velocidade de varredura de 8º por minuto. A interpretação dos resultados é apresentada no Anexo 3.

CAPÍTULO 5

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA

5.1. INTRODUÇÃO

Nesse Capítulo são apresentados os resultados da pesquisa, traduzidos em termos das classificações MCT das amostras e das atividades das frações argila nelas presentes, inferidas pela adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha.

Da classificação MCT foram utilizadas, basicamente, duas grandes classes de solos, uma de comportamento laterítico e outra de comportamento não laterítico. Admitiu-se, a priori, que os solos de comportamento laterítico devem ter em sua constituição uma maioria de argilo-minerais laterizados e, que os de comportamento não laterítico devem ter, principalmente, os não laterizados. Essas suposições são bastante razoáveis, se bem que nem sempre verdadeiras, como será discutido mais adiante.

A partir dos resultados dos ensaios de adsorção de azul de metileno são feitas inferências quanto ao tipo ou família de argilo-minerais presentes nos solos, em função dos valores de azul ou coeficientes de atividade encontrados. Os solos foram separados em duas classes, segundo a adsorção de azul de metileno: uma onde a adsorção é compatível com aquela de solos lateríticos (comportamento laterítico obtido da MCT), indicando baixa atividade, e outra, onde o volume adsorvido é compatível com o de famílias de argilo-minerais que não sofreram o processo de laterização e, conseqüentemente, têm superfície específica considerável (medida pelo azul de metileno), sendo portanto, ativos ou muito ativos.

Do confronto entre a classificação MCT e a adsorção de azul de metileno tem-se 4 situações possíveis, a saber: a) solo de comportamento laterítico e atividade compatível com a de argilo-minerais lateríticos; b) solo de comportamento não laterítico e atividade compatível com a de argilo-minerais não lateríticos; c) solo de comportamento laterítico e atividade compatível com a de argilo-minerais não lateríticos e, finalmente, d) solo de comportamento não laterítico e atividade compatível com a de argilo-minerais lateríticos.

Das quatro possibilidades, as duas primeiras, a) e b), representam concordância entre as duas técnicas utilizadas e não serão objeto de discussão. As duas últimas, c) e d), refletem discordância entre previsões e, portanto, serão objeto de investigação complementar para identificação do processo mais apropriado para a caracterização da fração fina de solos tropicais.

Nessa investigação complementar foram utilizados resultados de dois outros tipos de ensaios. Um deles, o ensaio de difração de raios X, foi executado pelo autor ou utilizado os resultados existentes na bibliografia consultada, e permitiu qualificar os argilo-minerais presentes nas amostras. O outro foi o ensaio de microscopia eletrônica de varredura, executado pelo autor, que permitiu visualizar a microestrutura dos solos e identificar, a partir dela, a que família(s) pertencem os argilo-minerais presentes.

5.2. DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS SEGUNDO A CLASSIFICAÇÃO MCT

Foram utilizadas 297 amostras de solos cedidas por diversos pesquisadores, conforme já explicitado no Capítulo anterior. Essas amostras são provenientes de diversos locais, tanto do estado de São Paulo (160 da capital e 65 do interior), como de outros estados (72).

Na Tabela 5.1 é apresentado um resumo da origem das amostras, classificadas por "origem" (quem cedeu a amostra) e por classe MCT e, na Figura 5.1, é apresentado um histograma com a frequência absoluta das amostras, separadas por classe e origem, para melhor visualização da distribuição.

Tabela 5.1 - Distribuição das amostras segundo classe MCT e origem.

Classe MCT	LA	LA'	LG'	NA	NA'	NG'	NS'	Total
Origem								
Alfredo	07	07	08	07	19	11	05	64
EESC	-	06	10	01	01	05	02	25
LENC	-	06	58	01	25	32	38	160
Noris	-	02	07	01	01	03	06	20
Teresinha	-	-	-	-	-	03	05	08
UFSCAR	-	03	14	-	01	02	-	20
Total	07	24	97	10	47	56	56	297

Observando-se a Tabela 5.1 e a Figura 5.1, pode-se constatar que, segundo a classificação MCT, a amostragem não é homogênea, existindo classes com número de amostras significativamente superior às demais. Como exemplo, tem-se a classe LG' - solos argilosos de comportamento laterítico - quando relacionada às classes LA ou LA', de mesmo comportamento típico, ou quando relacionada às de comportamento não laterítico, como a NA.

Apesar desta heterogeneidade, a distribuição parece refletir a incidência de classes encontrada no dia a dia de trabalho, segundo a experiência adquirida pelo autor, na utilização da classificação MCT, por mais de 10 anos, e como responsável pelo Laboratório de Estradas do

Departamento de Transportes da EESC. Assim sendo, acredita-se que este fato não prejudica os resultados da pesquisa como um todo, embora reconheça-se que, para algumas classes, as conclusões são restritas às amostras efetivamente ensaiadas.

Figura 5.1 - Histograma de distribuição das amostras, segundo origem e classe MCT.

Figura 5.2 - Distribuição das amostras na carta de classificação MCT.

Na Figura 5.2, são apresentadas as posições das amostras dentro da carta de classificação MCT. Observando-se esta Figura constata-se, mais uma vez, que a amostragem não é homogênea, tanto do ponto de vista do número de amostras por classe, como de suas localizações dentro de cada classe.

Outro fato bastante interessante de se notar na distribuição das amostras, dentro da carta de classificação MCT, é a concentração nas proximidades das interfaces divisórias entre as classes de comportamento laterítico e não laterítico, tais como LG' e NG', LA' e NA'. Essa proximidade dificulta, em alguns casos, a identificação precisa das classes a que as amostras pertencem, pois o critério de decisão, nesses casos, é algo complicado, conforme já descrito no Capítulo 2.

5.3. RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO PELO MÉTODO DA MANCHA

5.3.1. GENERALIDADES

Os ensaios de adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha, foram executados para diversas condições, tendo como objetivos, além de caracterizar a atividade dos argilo-minerais presentes nos solos (objetivo principal), testar a influência do pH da suspensão solo+água nos resultados dos ensaios e definir o diâmetro da fração granulométrica da fração argila dos solos ($< 0,005$ ou $< 0,002$ mm) para o cálculo do coeficiente de atividade.

Assim, são apresentadas, primeiramente, as influências da variação do pH e do diâmetro da fração argila no ensaio de adsorção de azul de metileno, que permitiram definir um método padrão e, posteriormente, é feito o confronto desses resultados com os obtidos através da classificação MCT.

5.3.2. INFLUÊNCIA DO PH DA SUSPENSÃO SOLO+ÁGUA NO ENSAIO DE ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO

De acordo com o estabelecido no Capítulo 4, os ensaios de adsorção de azul de metileno foram executados em 3 condições distintas de pH da suspensão solo+água, a saber: pH ácido, pH normal e pH básico. Os coeficientes de atividade foram calculados para dois diferentes diâmetros da fração argila dos solos: menor que 0,005 mm e menor que 0,002 mm. Dessa forma, obtiveram-se 6 diferentes coeficientes de atividade, cada um correspondendo a uma das combinações dos fatores que foram variados.

Nas Figuras 5.3 e 5.4 são apresentados os resultados da variação do pH da suspensão solo+água para as 297 amostras ensaiadas, em termos dos coeficientes de atividade obtidos para cada condição de pH e diâmetro da fração granulométrica considerada. Assim, a Figura 5.3 apresenta os resultados para o diâmetro da fração argila igual a 0,005 mm e a Figura 5.4, para o diâmetro igual a 0,002 mm.

Analisando-se as Figuras 5.3 e 5.4 pode-se concluir que, independente do diâmetro considerado para a fração ativa do solo ($< 0,005$ ou $< 0,002$ mm), os coeficientes de atividade, obtidos para as diversas condições de pH, mantêm uma relação linear entre si, sendo numericamente menores, os obtidos para a condição de pH ácido e maiores, os obtidos para pH básico. Os coeficientes de atividade resultantes dos ensaios com pH normal da suspensão, isto é, pH que a suspensão atinge quando do simples acréscimo do solo à água, apresentam valores intermediários entre esses dois.

Dessa forma, parece claro que os ensaios de adsorção de azul de metileno devem ser executados com o pH natural (ou normal) da suspensão solo+água, uma vez que a variação deste não introduz mudanças significativas nos resultados dos ensaios. Esta, ainda é a condição mais favorável para a sua realização, já que não há a necessidade da adição de qualquer outro produto à suspensão, como também não é preciso medir e o controlar o pH, o que aumenta o tempo de execução do ensaio.

Figura 5.3 - Coeficiente de atividade obtido com pH normal (CA 5 N) da suspensão solo+água versus coeficientes de atividades para pH ácido (CA 5 A) e básico (CA 5 B), para fração granulométrica ativa menor que 0,005 mm.

Figura 5.4 - Coeficiente de atividade obtido com pH normal (CA 2 N) da suspensão solo+água versus coeficientes de atividades para pH ácido (CA 2 A) e básico (CA 2 B), para fração granulométrica ativa menor que 0,002 mm.

Cabe ainda ressaltar que, devido à diferença de magnitude entre os valores dos coeficientes de atividade das diversas amostras, obtidos para a fração ativa menor que 0,002 mm, a visualização do gráfico apresentado na Figura 5.4 fica um pouco prejudicada. Nota-se que há uma concentração muito grande de pontos próxima ao cruzamento dos eixos, mascarando o número de ensaios executados. Mesmo assim, o autor optou por não utilizar uma escala que corrigisse este problema (escala bi-logarítmica, por exemplo), para evitar diferenças na forma de apresentação dos resultados.

5.3.3. INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO DA FRAÇÃO ATIVA NO COEFICIENTE DE ATIVIDADE

Na Figura 5.5 são apresentados os coeficientes de atividade calculados para fração ativa menor que 0,005 mm, em abscissas, e menor que 0,002 mm, em ordenadas, obtidos de ensaios executados para pH normal da suspensão solo+água.

Essa Figura mostra que os valores dos coeficientes de atividade, calculados para as diferentes frações ativas do solo, CA 5 N e CA 2 N, mantêm, aparentemente, uma relação linear

entre si, a menos de alguns pontos isolados. O coeficiente de atividade da fração menor que 0,002 mm (*CA 2 N*) é, aproximadamente, 1,5 vezes o valor do obtido para a fração menor que 0,005 mm (*CA 5 N*).

Os pontos isolados correspondem, provavelmente, às características peculiares de alguns solos, que possuem quantidades muito diferentes nas duas frações granulométricas consideradas. Essa diferença pode ser devida à existência de uma quantidade de material, na fração menor que 0,005 mm, consideravelmente maior que a contida na fração menor que 0,002 mm, ou ainda, a imperfeições na execução dos ensaios de sedimentação. Em qualquer uma das hipóteses, os valores dos coeficientes de atividade *CA 5 N* e *CA 2 N*, pela forma como foram definidos, sofrem forte influência das quantidades encontradas nessas duas frações.

Figura 5.5 - Variação dos coeficientes de atividade em função do diâmetro da fração ativa considerada, para ensaios executados com pH normal da suspensão solo+água. Em abscissas *CA 5 N* e, em ordenadas, *CA 2 N*.

Também é interessante notar, que as amostras que se encontram fora da tendência geral, ou seja, apresentam *CA 2 N* muito maior que *CA 5 N*, referem-se a solos de comportamento não laterítico, segundo a classificação MCT, como pode ser verificado através de sua localização na Figura 5.5 e da observação dos resultados da classificação MCT apresentados no Anexo 1.

Tendo em vista que as diferenças entre os coeficientes de atividade para as frações ativas consideradas não são significativas, o autor julga que é melhor utilizar o coeficiente obtido para a

fração menor que 0,005 mm, uma vez que assim, o tempo de duração dos ensaios de sedimentação pode ser reduzido substancialmente, conforme será visto no próximo Capítulo. Com isso, evitam-se, ainda, os inconvenientes da extrapolação de valores, nos casos onde o ensaio padrão de sedimentação (8 h de duração) não atinge diâmetro menor ou igual a 0,002 mm.

5.3.4. FIXAÇÃO DO pH PARA O ENSAIO DE ADSORÇÃO E DO DIÂMETRO QUE DEFINE A FRAÇÃO ATIVA DO SOLO

Considerando o exposto nos dois itens anteriores e os dados apresentados nas Figuras 5.3, 5.4 e 5.5, conclui-se que não há influência significativa do pH da suspensão solo+água nos resultados dos ensaios de adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha, e que também não há vantagem adicional em se utilizar fração ativa diferente da menor que 0,005 mm, para o cálculo dos coeficientes de atividade dos solos.

Assim sendo, daqui em diante todos os valores de azul (V_a) apresentados referem-se a resultados de ensaios executados para a condição de pH normal (ou natural) da suspensão solo+água e os coeficientes de atividade (CA), são os calculados para a fração ativa menor que 0,005 mm, nessa mesma condição de ensaio.

5.4. CONFRONTO ENTRE OS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO COM A CLASSIFICAÇÃO MCT

5.4.1. GENERALIDADES

Os resultados dos ensaios de adsorção de azul de metileno, expressos em termos dos valores de azul (V_a , Expressão 4.1) e coeficientes de atividade (CA , Expressão 4.2) são confrontados com os obtidos da classificação MCT. Pretende-se, com isto, estabelecer a existência (ou não) de relações entre o comportamento do solo previsto pela classificação MCT e a atividade dos argilo-minerais presentes, inferida pelo consumo de corante no ensaio de azul de metileno, ou pelos coeficientes dele derivados que, de maneira indireta, "medem" a superfície específica dos argilo-minerais e conseqüentemente, sua atividade potencial.

Nos casos onde esse confronto for discordante, ou seja, quando as previsões quanto ao comportamento obtido pela MCT divergirem das inferidas pelo azul de metileno, lança-se mão dos resultados de microscopia eletrônica de varredura, apresentados no Anexo 2, e dos resultados da difração de raios X, apresentados no Anexo 3.

5.4.2. COEFICIENTE DE ATIVIDADE CA VERSUS ÍNDICE e' DA CLASSIFICAÇÃO MCT

Na Figura 5.6 são apresentados os valores dos coeficientes de atividade versus o índice e' da classificação MCT. Este formato de apresentação já foi utilizado por Fabbri e Sória(1991), conforme mostrado no Capítulo 3. Nesta Figura, os solos encontram-se codificados segundo seu comportamento, obtido da MCT.

Figura 5.6 - Coeficiente de atividade versus índice e' da classificação MCT.

Analisando-se a Figura 5.6, percebe-se que não existe uma separação muito clara entre os solos de comportamento laterítico e os de comportamento não laterítico, proporcionada pelos coeficientes de atividade, conforme constataram Fabbri e Sória(1991), anteriormente. O que se pode concluir é que, praticamente, não existem solos de comportamento não laterítico com CA abaixo de 11,0 (tracejado arbitrado), porém, existem solos de comportamento laterítico, segundo a MCT, cujos valores de CA se encontram acima deste valor.

Esta aparente ineficiência do coeficiente de atividade, em prever o comportamento dos solos, pode estar vinculada ao tipo de gráfico utilizado, que tem embutido em si, tanto o consumo de corante, como a quantidade de fração fina que o consumiu, expressos pelo coeficiente de atividade, CA.

Assim sendo, optou-se por abandonar este tipo de apresentação e utilizar uma outra, onde seja possível visualizar o volume de corante consumido e a quantidade da fração que efetivamente o consumiu, tornando mais fácil a comparação com a MCT.

5.4.3. VALOR DE AZUL - V_a

O valor de azul - V_a , conforme definido no Capítulo 4, expressão 4.1, é a quantidade de corante azul de metileno, expressa em ml de solução padrão ou, em 10^{-3} g de azul de metileno, consumida por 1,0 g de amostra integral de solo. Assim, talvez a melhor forma de utilizar esse "valor" seja consorciá-lo à quantidade de fração ativa (argila) presente no solo, em um gráfico cartesiano, de maneira semelhante às apresentadas por Magnan e Youssefian(1989) e Pejon(1992).

Na Figura 5.7 são lançados os valores de azul versus a porcentagem de argila ($< 0,005$ mm). Os pontos estão codificados segundo seu comportamento previsto pela classificação MCT.

Figura 5.7 - Porcentagem de argila (fração $< 0,005$ mm) versus Valor de Azul - V_a .

Na Figura 5.7 está lançada também uma linha divisória, que separa solos de comportamento laterítico dos de comportamento não laterítico, arbitrada pelo autor e correspondente ao coeficiente de atividade igual a 11,0. Os de comportamento laterítico, segundo a MCT, têm a tendência de se situarem abaixo da linha arbitrada ($CA = 11,0$) e, os de comportamento não laterítico, acima desta linha. Nesta Figura, o coeficiente de atividade é a relação entre o valor da ordenada de um ponto e o valor da abscissa correspondente ou ainda, no caso da reta arbitrada, seu coeficiente angular, expresso em porcentagem.

Cabe observar que esta forma de apresentação, apesar de semelhante à utilizada por Pejon(1992), difere na maneira como é feita a separação entre solos de comportamento laterítico e os de comportamento não laterítico.

Pejon(1992) utilizou uma reta horizontal para efetuar esta separação (vide Figura 3.13, Capítulo 3), o que, na visão do autor, consiste em um equívoco. Ora, se se admite, a priori, que o consumo de corante se dá apenas (ou quase que exclusivamente) pela fração argila do solo (fração

ativa), para um mesmo tipo de argilo-mineral, o consumo deveria variar linearmente com a sua quantidade no solo. Assim sendo, esta reta divisória deve, necessariamente, passar pela origem (porcentagem de argila igual a zero implica em consumo igual ou muito próximo de zero).

Este tipo de apresentação pode ainda ser enriquecido, se for acrescido dos valores de azul correspondentes aos principais tipos de argilo-minerais existentes. Isto pode ser feito através da transformação dos valores das superfícies específicas dos argilo-minerais, apresentados na Tabela 3.3, Capítulo 3, em valores correspondentes de Va ou CA (inclinação da reta que passa pela origem). Esta transformação pode ser feita utilizando-se a expressão 5.1:

$$S = \frac{A \times N \times C}{M \times 1000} \quad (5.1)$$

onde:

S = superfície específica do argilo-mineral medida pelo azul de metileno, em m^2/g ;

A = área da face do azul de metileno que é adsorvida pelo argilo-mineral, igual a $130 \text{ \AA}^2$;

N = número de Avogadro;

C = concentração da solução padrão de azul de metileno (1 g/l);

M = massa molecular do azul de metileno anidro ($319,9g$).

Através da expressão 5.1 tem-se que, para cada ml de solução padrão de azul de metileno consumida no ensaio, corresponde uma superfície específica (medida pelo azul de metileno) equivalente de $2,45 \text{ m}^2$. Portanto, basta dividir as superfícies específicas listadas na Tabela 3.3 pelo valor $2,45$ para transformá-las em coeficientes de atividade.

Se for considerado que o material a analisar é composto unicamente de fração argila ($100\% < 0,005 \text{ mm}$), o valor de azul (Va) é numericamente igual ao coeficiente de atividade (CA). Os coeficientes de atividade e os valores de azul assim obtidos são apresentados na Tabela 5.2, juntamente com os graus de atividades atribuídos, pelo autor, aos principais grupos de argilo-minerais, através de adaptação do que foi encontrado em LCPC(1979), Lan(1980), Lautrin(1987) e Magnan e Yossefian(1989). No caso do grupo dos Laterizados (incluindo os inertes), os valores referem-se ao $CA = 11$, tendo sido feito o cálculo inverso, a título de exemplo, para a determinação da superfície específica que o azul de metileno é capaz de medir nesses solos.

Deve-se ressaltar que os valores de superfície específica medidos pelo azul de metileno, no caso dos solos laterizados, difere dos obtidos pelos métodos tradicionais (é substancialmente menor) devido à impossibilidade do azul de metileno ser adsorvido pelos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio livres (Casanova, 1986 e Mitchell et alii, 1950).

Com os dados apresentados na Tabela 5.2 pode-se definir três graus de atividade para os grupos de argilo-minerais, segundo seus coeficientes de atividade, a saber: muito ativos ($CA > 80$), ativos ($11 < CA < 80$) e pouco ativos ($CA < 11$).

Os muito ativos abrangem argilo-minerais dos grupos das montmorilonitas, vermiculitas, etc. Os ativos, argilo-minerais dos grupos das caulinitas e/ou ilitas, ou ainda combinações destes com os de grupos mais ativos e de grupos menos ativos, desde que em proporções compatíveis com

o CA encontrado. Os pouco ativos abrangem desde materiais inertes até argilo-minerais laterizados ou ainda combinações entre estes e os de outros grupos mais ativos, desde que em proporções compatíveis, também, com o valor de CA (neste caso, pequenas proporções).

Tabela 5.2 - Valores de azul, V_a e coeficientes de atividade, CA, em função da superfície específica medida pelo azul de metileno. Valores retirados de Lan(1980).

Grupos de Argilo-Minerais	Superfície Específica (m ² /g)	CA (10 ⁻³ g/g%)	V _a ¹ (10 ⁻³ g/g)	Grau de Atividade
Montmorilonitas	860	350	350	Muito Ativo
Vermiculitas ²	200	82	82	
Ilitas	74	30	30	Ativo
Caulinitas	48	20	20	
Laterizados ³	27	11	11	Pouco Ativo

1 - Valores de azul para 1 grama de fração argila. 2 - Superfície específica segundo LCPC(1979). 3 - Superfície específica para CA = 11.

Estabelecidos esses três graus de atividade, pode-se reconstruir o gráfico da Figura 5.7, conforme mostra a Figura 5.8, agora com maiores informações acerca das características preponderantes da fração argila presente nos solos.

Figura 5.8 - Porcentagem de argila (< 0,005 mm) versus valores de azul. As amostras encontram-se codificadas segundo sua classe na MCT.

Na Figura 5.8 vêm-se 3 áreas, definidas pelas retas pontilhadas, que correspondem, de cima para baixo, aos valores de azul para argilo-minerais muito ativos (montmorilonitas, vermiculitas, etc), ativos (ilitas, caulinitas, etc) e pouco ativos (inertes, laterizados, etc). As duas primeiras áreas referem-se aos valores das superfícies específicas retirados da pesquisa bibliográfica e adaptados pelo autor, enquanto que a terceira, foi arbitrada de forma que englobe, da melhor maneira possível, os solos de comportamento laterítico, segundo dados obtidos da classificação MCT.

Para entender este gráfico, tome-se como exemplo o ponto de abscissa igual a 50% e ordenada igual a 50,3, correspondente ao solo proveniente da Serra de Ribeirão Bonito, origem EESC, conforme dados do Anexo 1. Ele situa-se na área correspondente a argilo-minerais muito ativos, o que indica que ele deve possuir montmorilonita, vermiculita ou ainda combinação destes com argilo-minerais de outros grupos. Essa amostra foi fotografada no microscópio eletrônico de varredura e as fotografias são apresentadas no Anexo 2, página 25. Pela simples inspeção das fotografias, verifica-se que a área fotografada mostra a estrutura de um argilo-mineral pertencente ao grupo das montmorilonitas (esmectitas).

Tomando-se mais dois exemplos: coordenadas (9,00 , 5,72) e (13,00 , 5,21) correspondentes, respectivamente, aos solos Castelo Branco Verde e Castelo Branco Rosa, origem EESC, conforme Anexo 1. O primeiro tem $CA = 63,5$ e situa-se na área que caracteriza argilo-minerais ativos e portanto, deve ter argilo-minerais do grupo das ilitas ou caulinitas não laterizadas ou ainda, combinação entre grupos que proporcionem CA compatível. Nesta amostra foi detectada a presença de mica (ilita), através da microscopia eletrônica de varredura, conforme pode ser verificado nas fotografias apresentadas nas páginas 22 e 23 do Anexo 2.

Já o segundo, com $CA = 40,1$, situa-se na mesma área do anterior (ativos) e as fotografias feitas no MEV revelam, entretanto, um magnífico "pacote" de caulinitas hexagonais muito bem formadas e de grandes dimensões (não laterizadas), também confirmando a previsão. Deve-se ainda levar em consideração que, ao fazer as fotografias, o autor ainda não sabia o que procurar, uma vez que os resultados dos ensaios de adsorção de azul de metileno não se achavam terminados, e ainda que, no caso desta amostra, o autor ficou tentado a fotografar esta área devido à sua beleza intrínseca.

Reconhece-se entretanto, que o resultado da microscopia eletrônica de varredura só assegura a existência de um determinado tipo de argilo-mineral no solo, se o operador conseguir localizá-lo e identificá-lo durante a busca. Caso contrário, não se pode dizer nada a respeito da sua presença ou ausência.

Isto posto, passa-se à discussão das divergências entre os resultados obtidos da classificação MCT e da atividade dos argilo-minerais presentes nos solos, inferida através dos ensaios de adsorção de azul de metileno. Este confronto será feito separando-se e analisando-se as amostras por origem. Assim, diminui-se o número de pontos a serem verificados a cada vez, tornando o gráfico *% de argila x Va* mais "limpo" e, ao mesmo tempo, de uma certa maneira, trabalha-se com amostragem mais homogênea, pelo menos do ponto de vista da origem.

5.4.4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO VERSUS A CLASSIFICAÇÃO MCT, EM FUNÇÃO DA ORIGEM DAS AMOSTRAS

Para efeito de análise, são apresentadas sempre duas Figuras, a saber: a primeira é uma carta de classificação MCT com a localização das amostras codificadas segundo o grau de atividade dos argilo-mineral presentes, inferido pelo azul de metileno, e a segunda, um gráfico % de argila x V_a , com os pontos codificados segundo a previsão de comportamento dada pela MCT. Dessa forma, torna-se mais fácil a observação da concordância ou discordância entre os dois métodos.

5.4.4.1. AMOSTRAS DO PROF. ALFREDO

Na Figura 5.9 são apresentadas as localizações das amostras, cedidas pelo Prof. Alfredo, na carta de classificação MCT, codificadas segundo o grau de atividade obtido da adsorção de azul de metileno.

Figura 5.9 - Localização das amostras do Prof. Alfredo na carta MCT.

A Figura 5.10 apresenta o gráfico % de argila x V_a , para essas amostras, codificadas segundo o comportamento previsto pela classificação MCT.

Analisando-se as Figuras 5.9 e 5.10 nota-se, em primeiro lugar, que segundo os resultados da adsorção de azul de metileno, não há nenhuma amostra com argilo-minerais pouco ativos.

Mesmo aquelas de comportamento laterítico, segundo a MCT, apresentaram consumo elevado de corante, indicando argilo-minerais ativos, dos tipos caulinitas e/ou ilitas ou combinações entre outros grupos. Ao todo, são 22 amostras de comportamento laterítico, que discordam da previsão feita pela adsorção de azul de metileno, em termos do tipo de argilo-mineral presente, incluindo aquelas que estão próximas da linha divisória.

Nessas 22 amostras foram feitos 14 ensaios de difratometria de raios X (Anexo 3) e 12 de microscopia eletrônica de varredura (Anexo 2), sendo que em 4 delas foram executados os dois ensaios.

Figura 5.10 - Valor de azul versus porcentagem de argila para as amostras cedidas pelo Prof. Alfredo.

Nos ensaios de raios X foi detectada a presença de argilo-minerais dos grupos das montmorilonitas (esmetctitas, no Anexo 3) e/ou ilitas (micas) em todas as 14 amostras; em 13 delas a presença de montmorilonitas, em 13 a presença de ilitas, em 4 a presença de vermiculitas, em 5 a presença de cloritas, etc., conforme Anexo 3.

Por outro lado, nos 12 ensaios de microscopia eletrônica de varredura, o autor identificou, em todas as amostras, a presença de caulinita não laterizada, em 3 a presença de ilitas (micas) e em 1 a presença de haloisita, conforme pode ser constatado através das fotografias expostas no Anexo 2, páginas 1 a 13.

Por que a discordância entre a previsão da MCT e os resultados da adsorção de azul de metileno? A favor do azul de metileno estão os ensaios de microscopia eletrônica e de raios X, que confirmaram, pelo menos para essas amostras, os resultados dos ensaios de adsorção.

Deve-se também levar em consideração que na microscopia eletrônica fotografa-se o que se vê, mas só se consegue quantificar grosseiramente a presença de determinado tipo de argilo-mineral, porém, procura-se fotografar o(s) de maior(es) ocorrência(s) na amostra analisada. Ressalta-se ainda que, os ensaios de raios X executados também foram qualitativos, não permitindo a quantificação dos argilo-minerais detectados.

Por outro lado, durante os ensaios de granulometria, foi detectada a presença maciça de mica, tanto nas frações grossas como nas mais finas, conforme já foi alertado anteriormente, durante a descrição sucinta das amostras, no Capítulo 4. Este fato também apoia os resultados obtidos nos ensaios de adsorção de azul de metileno.

A justificativa para explicar a discordância entre os resultados da MCT e os da adsorção de azul de metileno pode estar ligada ao fato da distribuição granulométrica desses solos terem características peculiares, quais sejam: granulometria bastante grosseira, curva contínua e pequena quantidade de finos. Isso pode levar a classificação MCT a não medir o efeito deletério dos argilo-minerais presentes, por estar baseada em ensaios de compactação, onde a relação entre a quantidade de finos e o volume de vazios tem importância fundamental, ou ainda, a quantidade de finos não é suficientemente grande, a ponto de implicar em comportamento indesejável e, por isso mesmo, não implicar em comportamento não laterítico.

5.4.4.2. AMOSTRAS DA EESC

Nas Figuras 5.11 e 5.12 são apresentadas as posições dessas amostras, respectivamente, na carta de classificação MCT, codificadas segundo o grau de atividade, e no gráfico % de Argila x V_a , codificadas segundo o comportamento previsto pela MCT.

Analisando-se estas Figuras, nota-se que existem 3 amostras de comportamento laterítico cuja adsorção de azul de metileno acusa atividade de argilo-minerais dos grupos das caulinitas e/ou ilitas (ativos). Para essas amostras, os CA s variaram de 11,5 a 12,9, valores esses próximos da linha divisória entre ativos e pouco ativos.

Os ensaios de raios X dessas três amostras acusaram a presença de argilo-minerais dos grupos das montmorilonitas e das ilitas, conforme Anexo 3. Duas das três amostras foram fotografadas no microscópio eletrônico de varredura (páginas 14 a 16 do Anexo 2) e, segundo juízo do autor, existe, em ambas, a presença de caulinita finamente dividida e não laterizada.

Ocorre também uma amostra de comportamento não laterítico cuja atividade, obtida da adsorção de azul de metileno, é compatível com a dos solos de comportamento laterítico ($CA < 11$). Esta amostra foi analisada através do MEV e as fotografias aparentam uma microestrutura de solo laterizado (página 17, Anexo 2).

Deve-se ressaltar que três das quatro amostras que apresentaram previsões conflitantes, ocupam posição na carta de classificação MCT bastante próximas da linha divisória entre comportamento laterítico e não laterítico.

Figura 5.11 - Localização das amostras da EESC na carta MCT.

Figura 5.12 - Valor de azul versus percentagem de argila para as amostras da EESC.

5.4.4.3. AMOSTRAS DA LENC

Os resultados da classificação MCT e da adsorção de azul de metileno, para as amostras cedidas pela LENC, encontram-se nas Figuras 5.13 e 5.14. Nessas Figuras, a codificação dos pontos é feita da mesma maneira que a dos itens anteriores.

Analisando-se os dados contidos nessas Figuras, verifica-se que há várias discordâncias entre as previsões, quanto ao comportamento feitas pela MCT e quanto à atividade dos argilo-minerais presentes, inferidos pela adsorção de azul de metileno.

No total, são 20 pontos discordantes, 10 de comportamento laterítico com adsorção compatível com argilo-minerais dos tipos ativos e 10 de comportamento não laterítico com adsorção compatível com argilo-minerais do tipo pouco ativos. Destes 20 pontos, 8 encontram-se muito próximos da linha divisória entre solos de comportamento laterítico e não laterítico da MCT.

Dos pontos discordantes, 12 amostras foram submetidas à difração de raios X, conforme Anexo 3, sendo 7 da classe LG' (CA variando de 11,2 a 20,6) e 5 da classe NG' (CA de 10 a 10,8). Nessas amostras foi encontrada a presença de argilo-minerais dos grupos das caulinitas (11), montmorilonitas (10), ilitas (12), etc.

É interessante notar que foi encontrada gibsitita em 2 amostras LG' e em 2 NG'. Esse argilo-mineral é característico de solos em adiantado grau de evolução pedológica (laterizados). Nestes casos, os CAs variaram de 11,2 a 11,3 para os de comportamento laterítico e de 10,0 a 10,2 para os de comportamento não laterítico, valores muito próximos do limite entre pouco ativos e ativos, segundo a adsorção de azul de metileno.

Foram feitos ainda 11 ensaios de microscopia eletrônica nas amostras com resultados discordantes. Destas, 8 são LG' e 3 são NG', segundo a MCT.

Nas da classe LG', em 6 (CA entre 11,3 a 16,3) foram identificadas microestruturas semelhantes à da caulinita não laterizada (páginas 26 a 30, Anexo 2); em 1 (CA = 17,3) com microestrutura semelhante à das micas (páginas 32 e 33, Anexo 2) e em 1 (CA = 11,1), as fotografias revelaram uma aparência intermediária, com parte das fotografias exibindo material "laterizado" e parte exibindo caulinita não laterizada (página 31, Anexo 2).

Já nas fotografias das amostras pertencentes à classe NG' (CA de 8,6 a 10,1) foram encontradas microestruturas típicas de solos francamente laterizados, com aparência de "pipoca", ou seja, impermeável, sem material folhado ou estratificado onde a água possa penetrar (páginas 34 a 36, Anexo 2).

Figura 5.13 - Localização das amostras da LENC na carta MCT.

Figura 5.14 - Valor de azul versus percentagem de argila para as amostras da LENC.

5.4.4.4. AMOSTRAS DA GEOL^a. NORIS

As Figuras 5.15 e 5.16 apresentam, respectivamente, a distribuição das amostras na carta MCT e o gráfico % de Argila $\times$ V_a , para as amostras cedidas pela Geol^a. Noris. Os pontos seguem a mesma codificação das Figuras anteriores.

Figura 5.15 - Localização das amostras da Geol^a. Noris na carta MCT.

Com apenas 2 amostras, das 20 ensaiadas, ocorreu conflito entre a classe MCT e a atividade dada pela adsorção de azul de metileno. Uma é LG', com $CA = 13,9$ e a outra é NG', com $CA = 9,77$. Ambas são descritas em Souza(1992) como solos residuais jovens, de gnaiss e de migmatito, respectivamente.

A microscopia eletrônica indicou uma microestrutura característica de caulinita não laterizada, para a amostra da classe LG' (página 37, Anexo 2) e de solo laterizado, para a amostra NG' (página 38, Anexo 2).

Para as demais amostras, as previsões, tanto da classificação MCT, quanto da adsorção de azul de metileno, são compatíveis entre si e com as descrições encontradas em Souza(1992).

Figura 5.16 - Valor de azul versus porcentagem de argila para as amostras da Geol^a. Noris.

5.4.4.5. AMOSTRAS DA PROF^A. TERESINHA

As Figuras 5.17 e 5.18 apresentam os resultados dos ensaios efetuados nas amostras cedidas pela Prof^a. Teresinha.

Destas amostras, apenas uma apresenta discordância entre os resultados da classificação MCT e os da adsorção de azul de metileno. Trata-se da amostra denominada, por Bonuccelli(1992), Santa Efigênia Vermelho, pertencente a classe NA' da MCT e com CA = 9,2, portanto com adsorção de solo laterizado (pouco ativo).

Esta amostra foi submetida à microscopia eletrônica e, as fotografias acham-se no Anexo 2, página 39. Nelas pode ser vista uma microestrutura característica de solo laterizado.

Foi fotografada também, a título de curiosidade, a amostra designada Itacolomi, segundo Bonuccelli(1992), pertencente à classe NS' da MCT e de CA = 17,9 (página 40, Anexo 2). Nas fotografias notam-se estruturas similares às da caulinita e/ou ilita, placóides e estratificadas, confirmando a previsão dada pela adsorção de azul de metileno (argilo-minerais ativos).

Figura 5.17 - Localização das amostras da Profª. Teresinha na carta MCT.

Figura 5.18 - Valor de azul versus percentagem de argila para as amostras da Profª. Teresinha.

5.4.4.6. AMOSTRAS DA UFSCAR

Nas Figuras 5.19 e 5.20 são apresentados os resultados obtidos para as amostras cedidas pela UFSCAR.

Figura 5.19 - Localização das amostras da UFSCAR na carta MCT.

Figura 5.20 - Valor de azul versus porcentagem de argila para as amostras da UFSCAR.

A coleta de amostras executada por Ferreira(1993), conforme dito anteriormente, foi feita em 10 perfis verticais, de forma que se tivessem 2 amostras por perfil, uma acima e outra abaixo da linha de seixos, supostamente de comportamentos laterítico e não laterítico segundo a classificação MCT. Estranhamente, das 10 amostras colhidas abaixo da linha, apenas 3 foram classificadas como de comportamento não laterítico.

Da adsorção de azul de metileno, obtiveram-se 11 amostras com atividade de argilo-minerais do tipo "laterizados" (pouco ativos) e 9 ativos ou não laterizados.

Admitindo-se que amostras de solos colhidas acima da linha de seixos deveriam ter comportamento laterítico, segundo a MCT (o que pode não ser sempre verdadeiro), e observando-se mais detalhadamente os resultados, pode-se verificar que, das oito possibilidades resultantes do confronto *Classificação MCT x Adsorção de Azul de Metileno*, em função da posição da coleta no perfil, tem-se a situação mostrada a Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Resultados possíveis do confronto entre a Classificação MCT e a adsorção de azul de metileno, em função da posição da coleta dos solos no perfil vertical.

Posição no Perfil	Comportamento segundo a MCT	Valor de CA	Resultado do Confronto	Número de Amostras nessa Situação
Acima da LS	Laterítico	< 11	Concordante	7
	Laterítico	> 11	Discordante	2
	Não Laterítico	< 11	Incerto	-
	Não Laterítico	> 11	Concordante ¹	1
Abaixo da LS	Não Laterítico	< 11	Discordante	-
	Não Laterítico	> 11	Concordante	2
	Laterítico	< 11	Concordante ²	4
	Laterítico	> 11	Incerto	4

1 - Solo acima provavelmente não laterizado. 2 - Solo abaixo provavelmente laterizado. Ambos indicam erro de avaliação na coleta.

Segundo os dados mostrados na Tabela 5.3, ficam caracterizadas, para essas amostras, apenas dois casos de divergência entre a classificação MCT e os resultados da adsorção de azul de metileno.

No primeiro caso, existem dois solos colhidos acima da linha de seixos, com comportamento laterítico, segundo a MCT, e valores de CA acima de 11,0, indicando discordância de previsão. Nessas duas amostras foram feitos ensaios de difratometria de raios X, um pelo autor e outro por Ferreira(1993), sendo encontrados argilo-minerais do grupo das montmorilonitas nas duas amostras e ainda, dos grupos das ilitas e das vermiculitas em uma delas.

Já no segundo caso, os solos foram colhidos abaixo da linha de seixos (4 amostras), seus comportamentos são lateríticos, segundo a MCT, e as adsorções de azul de metileno são compatíveis com as de solos lateríticos (pouco ativos).

Neste caso, há incerteza quanto ao critério de previsão correto, pois esperava-se que, sendo solos retirados abaixo da linha de seixos, seus comportamentos fossem de solos não lateríticos. Por outro lado, o fato de terem sido retirados abaixo da linha de seixos não implica, necessariamente, em comportamento não laterítico, porém, a adsorção indica a presença de argilo-minerais bastante ativos que, supõem-se, serem característicos de solos não lateríticos.

Para essas 4 amostras, também existem resultados de difração de raios X e, em todas, foram encontrados argilo-minerais do grupo das montmorilonitas, em 2 delas também do grupo das ilitas, em 2 do grupo das caulinitas e em 1 dos grupos das vermiculitas e das cloritas. Cabe lembrar que, destes 4 ensaios de difratometria, 3 foram executados por Ferreira(1993) e 1 pelo autor, conforme explicitado no Anexo 3.

Como pode ser visto até agora, existe uma concordância bastante grande entre os resultados da classificação MCT e os da adsorção de azul de metileno (242 em 297 ou 81,5%); já nos casos onde há discordância de resultados (ou previsões), existe uma tendência da adsorção de azul de metileno fazer uma previsão mais acertada quanto ao tipo de argilo-mineral presente na fração fina dos solos, conforme confirmado pelos dados obtidos da difração de raios X e/ou da microscopia eletrônica de varredura.

5.5. CONCLUSÕES

Conclui-se, baseado nos resultados apresentados, que a adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha, produz resultados tão bons, ou até melhores, que os obtidos da classificação MCT, quanto à capacidade de identificar o tipo de argilo-mineral presente na fração fina dos solos.

Isto, entretanto, não implica em imprecisão da classificação MCT, pois ela foi desenvolvida visando qualificar comportamento de solos, quando compactados e não, tipos de argilo-minerais nele presentes. No comportamento influem, tanto o tipo do argilo-mineral, quanto sua quantidade, pois pode-se ter, eventualmente, argilo-minerais muito ativos (deletérios) em pequenas quantidades, que seus efeitos não se fazem sentir quando o solo é compactado.

Esta característica peculiar da MCT, de qualificar comportamento do solo quando compactado, não pode ser reproduzida somente pelos resultados da adsorção de azul de metileno, pelo menos, não até o momento. Ainda não se sabe até que nível de atividade pode ser tolerado na fração fina do solo, sem que haja comprometimento de seu desempenho, quando utilizado em determinado tipo de obra de engenharia.

Isto só será possível quanto for descoberta a relação ideal entre a atividade admissível da fração argila (seja expressa em termos do coeficiente de atividade ou do valor de azul), a quantidade

de argila e a distribuição granulométrica do solo, que deve ter importância decisiva na fixação dos limites para os outros dois fatores citados anteriormente.

De qualquer forma, existe uma forte convicção por parte do autor, que a utilização do ensaio de adsorção de azul de metileno pelo método da mancha é promissora para a caracterização da fração fina de solos tropicais. As pesquisas, nesse sentido, devem ser incentivadas para que, num futuro próximo, obtenha-se um sistema de classificação baseado na adsorção de azul de metileno e na distribuição granulométrica, o que facilita sobremaneira a compreensão e uso de classificações de solos.

CAPÍTULO 6

PROPOSTA DE CARACTERIZAÇÃO DA FRAÇÃO FINA DE SOLOS TROPICAIS ATRAVÉS DA ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO, PELO MÉTODO DA MANCHA

6.1. INTRODUÇÃO

Neste Capítulo é feita a descrição de um método de caracterização da fração fina de solos tropicais através da adsorção de azul de metileno, resultante das pesquisas realizadas nesta tese. A fim de tornar este método mais simples, do ponto de vista de sua execução, são feitas duas propostas de simplificação dos procedimentos para o ensaio de sedimentação, cujos resultados são necessários para a caracterização.

Como produto deste método, são apresentados um ábaco para a caracterização da fração fina presente nos solos e uma tabela de graus de atividade, ambos de finalidades semelhantes. O ábaco é baseado na *% de argila* e no *Valor de Azul* e a tabela, nos valores dos *Coefficientes de Atividade*.

Além disso discutem-se a utilização dos resultados, em termos do uso do ábaco e dos coeficientes de atividade, as limitações quanto à possibilidade de previsão dos argilo-minerais presentes nos solos e as falhas existentes no processo desenvolvido.

6.2. PROPOSTAS PARA SIMPLIFICAÇÃO DO ENSAIO DE SEDIMENTAÇÃO

Para a determinação da atividade da fração argila dos solos, quer na forma de seu coeficiente de atividade ou valor de azul, necessita-se, além dos ensaios de adsorção de azul de metileno, de ensaios de granulometria conjunta.

A obtenção desses resultados exige a execução, embora parcial, dos ensaios de peneiramento e de sedimentação. No caso da sedimentação, o ensaio é algo trabalhoso, pois, além da execução do ensaio em si, necessita-se da massa específica dos sólidos do solo em análise para o cálculo das porcentagens e diâmetros.

Propõe-se aqui, a utilização de um valor constante da massa específica dos sólidos, para qualquer solo a ser analisado, baseando-se nos resultados colhidos durante este trabalho e ainda, uma forma reduzida de procedimento para o ensaio de sedimentação. Essas propostas visam

simplificar os processos envolvidos e minimizar o tempo para a obtenção dos parâmetros, sem perda significativa de qualidade dos resultados.

6.2.1. DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS

Durante o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados resultados de 297 ensaios de sedimentação e massa específica dos sólidos. Destes, 256 foram executados pelo Laboratório de Estradas do STT, sob supervisão do autor.

Os valores de massa específica dos sólidos, reunidos em um banco de dados, permitiram avaliar, do ponto de vista estatístico, a sua variação para o elenco de amostras ensaiadas. Permitiram ainda avaliar se existe diferença significativa dos valores médios em função da classe MCT dos solos, isto é, se há diferença significativa da massa específica dos sólidos em função dos solos possuírem ou não comportamento laterítico.

Na Figura 6.1 é apresentado o histograma com a frequência absoluta dos valores das massas específicas dos sólidos encontrados nesta pesquisa.

Figura 6.1 - Histograma dos valores de massa específica dos sólidos.

Percebe-se, pela observação da Figura 6.1, que há uma concentração muito grande de amostras com massa específica dos sólidos entre 2,5 e 2,7 g/cm³. Para se ter uma idéia mais precisa da variação destes valores, são apresentados na Tabela 6.1, os valores máximos, mínimos e médios, desvios padrões e coeficientes de variação obtidos para o conjunto de ensaios.

Tabela 6.1 - Variação dos valores da massa específica dos sólidos dos solos ensaiados.

Conjunto de Amostras	Valores				
	Mínimo (g/cm ³)	Máximo (g/cm ³)	Médio (g/cm ³)	Desvio (g/cm ³)	Coef. Variação (%)
Comportamento Laterítico (128)	2,467	3,222	2,666	0,122	4,57
Comportamento não Laterítico (169)	2,401	3,070	2,651	0,118	4,45
Todas as Amostras (297)	2,401	3,222	2,657	0,120	4,52

Pelos dados apresentados na Figura 6.1 e na Tabela 6.1 pode-se concluir que não há variação significativa da massa específica dos sólidos entre os solos de comportamento laterítico e os de comportamento não laterítico. Nota-se também que existe uma diferença bastante grande entre os valores mínimo e máximo. Porém, a maior concentração de pontos se dá em torno do valor correspondente à massa específica do quartzo (de 2,65 a 2,67 g/cm³).

Recomenda-se portanto, à luz dos resultados apresentados, a adoção do valor 2,65 g/cm³ para a massa específica dos sólidos, para fins do cálculo da porcentagem de argila (fração < 0,005 mm) de todos os solos que são submetidos ao ensaio de sedimentação.

Figura 6.2 - Influência da adoção de valor constante (2,65 g/cm³) para a massa específica dos sólidos nas porcentagens de argila ($\phi < 0,005$ mm).

A fim de avaliar o impacto desta adoção no processo de caracterização da fração fina dos solos, foi construído o gráfico apresentado na Figura 6.2. Nele estão lançados, em abscissa, os

valores originais das porcentagens de argila das amostras e, em ordenada, os valores das porcentagens de argila recalculados para a massa específica dos sólidos igual a $2,65 \text{ g/cm}^3$.

Nota-se, pela posição dos pontos nessa Figura, que a fixação da massa específica dos sólidos em $2,65 \text{ g/cm}^3$ não tem, praticamente, nenhuma influência nos valores das porcentagens de argila obtidos. Não havendo mudança significativa nos valores das porcentagens de argila, não há também mudança nos coeficientes de atividade dos solos ou na posição que eles ocupam no gráfico de caracterização *% de Argila x Va*.

Assim, conclui-se que é perfeitamente admissível a adoção de massa específica dos sólidos constante e igual a $2,65 \text{ g/cm}^3$ para fins de utilização nos ensaios de sedimentação, os quais fazem parte do processo de caracterização da fração fina dos solos tropicais, através da adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha.

6.2.2. ENSAIO DE SEDIMENTAÇÃO

A sedimentação, efetuada nos moldes tradicionais, exige, no mínimo, 8 horas para a sua execução, além de demandar, em média, 14 determinações da densidade da suspensão solo+água, seja ela executada pelo método do densímetro ou por pipetagem.

Isto faz com que o processo seja caro, demorado e de baixa produtividade, pois o técnico que o faz não consegue executar mais de 10 ensaios por dia, devido à rigidez e proximidade dos intervalos de tempo entre leituras, que devem ser obedecidos.

Considerando que o processo, aqui desenvolvido, para a caracterização da fração fina dos solos, exige apenas a porcentagem de solo menor que $0,005 \text{ mm}$, equivalente ao teor de argila nele contido, procurou-se verificar se é possível a execução de um ensaio de sedimentação simplificado. Investigou-se, então, se são suficientes apenas duas leituras da densidade da suspensão e ainda, quais os tempos nos quais essas leituras devem ser efetuadas, para que permitam a obtenção do diâmetro e da porcentagem desejados.

As sedimentações (256) executadas no Laboratório de Estradas do STT, para esta pesquisa, também encontram-se armazenadas em um banco de dados, que contém, além das porcentagens e diâmetros obtidos dos ensaios, os tempos nos quais as leituras foram efetuadas. Esses tempos foram lançados contra os diâmetros obtidos e concluiu-se que as duas leituras podem ser feitas após 1 e 4 horas do início da sedimentação. Na Figura 6.3 são apresentados os diâmetros das partículas obtidos após esses intervalos de tempo.

Conforme pode ser visto na Figura 6.3, para tempos de sedimentação de 1 hora, obtiveram-se diâmetros sempre maiores que $0,005 \text{ mm}$ (média = $0,0069 \text{ mm}$) e, para 4 horas, diâmetros sempre menores que $0,005 \text{ mm}$ (média = $0,0040 \text{ mm}$).

Assim sendo, pode-se executar o ensaio de sedimentação com apenas 2 leituras da densidade da suspensão solo+água, uma após 1 h e a outra, após 4 horas do início do ensaio. De posse dos

diâmetros e porcentagens calculados a partir dessas leituras, determina-se a porcentagem de argila contida no solo (fração menor que 0,005 mm), por meio de interpolação em papel mono-log ou analiticamente.

Figura 6.3 - Diâmetros das partículas após 1 e 4 horas do início do ensaio de sedimentação.

Cabe esclarecer que a oscilação dos valores dos diâmetros para um mesmo tempo de sedimentação, como mostra a Figura 6.3, deve-se, basicamente, a dois fatores: variação da temperatura ambiente entre ensaios, que altera a viscosidade e a densidade da água e diferença no valor da massa específica dos sólidos, de um solo para outro. Além desses, certamente a forma das partículas tem influência na velocidade de sedimentação, porém, nos métodos de cálculo usuais, isto não é levado em consideração.

6.3. PROCEDIMENTO PARA A CARACTERIZAÇÃO DA FRAÇÃO FINA DE SOLOS TROPICAIS ATRAVÉS DA ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO

6.3.1. MÉTODOS DE ENSAIO UTILIZADOS

Durante a caracterização da fração fina dos solos são necessários três valores, a saber: dois dados granulométricos, referentes às porcentagens passadas nas peneiras 0,074 e 0,005 mm, e o volume de solução padrão de azul de metileno consumido pela fração granulométrica do solo, menor que 0,074 mm.

Para a obtenção desses valores, são necessários dois ensaios: o de adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha e o de granulometria conjunta (peneiramento e sedimentação simplificada). A adsorção de azul de metileno deve seguir o método de ensaio descrito no Capítulo 4 desta tese, item 4.3 e sub-itens.

Quanto à granulometria conjunta, deve-se realizar o ensaio usual de sedimentação com as simplificações aqui propostas. Isto é, adoção de massa específica dos sólidos constante e igual a $2,65 \text{ g/cm}^3$ para qualquer amostra e, apenas 2 leituras da densidade da suspensão durante o ensaio (após 1 e 4 horas do seu início). Isto permite a determinação da quantidade de fração argila ($< 0,005 \text{ mm}$) existente na amostra. Terminado o ensaio, submete-se a suspensão a peneiramento na peneira #0,074 mm (lavagem), a fim de determinar a porcentagem nela passada.

Com esses procedimentos simples dispõem-se de todos os dados necessários (*Va* e % de Argila ou ainda *CA*) para a caracterização da fração fina dos solos, através da adsorção de azul de metileno, pelo método da mancha.

6.3.2. CARACTERIZAÇÃO DA FRAÇÃO FINA DE SOLOS TROPICAIS

Determinados o Valor de Azul - *Va* e a % de argila, utiliza-se o ábaco apresentado na Figura 6.4 para a identificação dos argilo-minerais presentes na fração fina do solo analisado, bastando para isso localizar o par de coordenadas % de argila e *Va* neste ábaco.

Se o ponto cair entre a primeira linha e o eixo das abscissas, os argilo-minerais presentes na fração argila do solo são **pouco ativos**, ou ainda, laterizados. Se cair entre a primeira e a segunda linhas são **ativos**, podendo ser uma combinação de argilo-minerais dos grupos das caulinitas e ilitas, por exemplo. Se cair na terceira área, isto é, acima da segunda linha, os argilo-minerais presentes no solo são **muito ativos**, devendo ter, em sua fração argila, argilo-minerais do grupo das montmorilonitas, por exemplo.

Caso haja dificuldade de localização dos pontos no ábaco de caracterização, ou ainda, haja preferência, pode-se calcular o coeficiente de atividade da fração fina do solo (*CA*) e compará-lo com os valores indicados na tabela apresentada na Tabela 6.2.

Ressalta-se, entretanto, que o coeficiente de atividade não deve ser utilizado de forma desvinculada da % de argila contida no solo, pois isso pode levar a erros de previsão. Cita-se, como exemplo, os solos cedidos pelo Prof. Alfredo d'Avila. Alguns apresentaram fração argila ativa e, no entanto, pertencem a classe LA da MCT, dos quais se espera, portanto, comportamento similar aos dos solos lateríticos. Essa aparente incongruência é explicada pela posição que esses solos ocupam no ábaco de caracterização, onde se verifica que eles possuem pequena quantidade de argila, o que talvez não proporcione comportamento indesejável.

Figura 6.4 - Ábaco para caracterização da atividade da fração argila dos solos.

Tabela 6.2 - Atividade dos argilo-minerais em função do coeficiente de atividade.

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

É evidente que não é possível estabelecer qual ou quais argilo-minerais compõem um solo, somente com os resultados da adsorção de azul de metileno, ou com a posição que ele ocupa no ábaco de caracterização. Não é essa a intenção deste trabalho.

O que se pretende é medir ou quantificar a atividade da fração argila do solo e compará-la com valores de outros materiais, cuja composição é conhecida, e dos quais também se conhece o comportamento ou desempenho em obras de engenharia. Se, por exemplo, as posições de dois solos, no ábaco de caracterização, forem próximas, indicando graus de atividade semelhantes e as

distribuições granulométricas também o forem, espera-se, por similaridade, que os comportamentos também o sejam.

Imagina-se portanto, que o processo proposto quantifique a atividade do conjunto de argilo-minerais presente no solo, ou seja, que o valor de azul corresponda ao somatório dos consumos de corante dos argilo-minerais que compõem a fração argila do solo, ou ainda, que o coeficiente de atividade corresponda à média ponderada das atividades dos argilo-minerais existentes, proporcionalmente à sua quantidade. Assim sendo, nada impede que determinada amostra tenha fração argila pouco ativa e nela existam traços de argilo-minerais ativos e/ou muito ativos e, vice versa.

Por outro lado, este tipo de caracterização permite o estabelecimento de bases lógicas para a previsão do comportamento dos solos, como por exemplo: *"se a fração fina do solo é ativa (CA elevado) e, se ela existe em quantidade considerável (posição no ábaco), então haverá comportamento indesejável do solo"*.

6.4. COMENTÁRIOS FINAIS

O processo, aqui proposto para a caracterização da fração fina de solos tropicais, é fruto de extensiva comparação entre os resultados obtidos da adsorção de azul de metileno e as previsões de comportamento dos solos, obtidas da classificação MCT. Esta classificação é atualmente o sistema de maior sucesso no país, senão o único existente, que é capaz de reconhecer as características peculiares de alguns solos tropicais, notadamente aqueles lateríticos ou de comportamento laterítico, e lhes atribuir sua real qualidade.

Reconhece-se ainda que existem discordâncias entre os resultados da adsorção de azul de metileno e os da classificação MCT e, atribui-se essas discordâncias, principalmente, às diferenças de propósitos de cada um dos processos. A MCT avalia o comportamento dos solos quando compactados, e os classifica segundo semelhanças com materiais lateríticos ou não lateríticos, cujas propriedades mecânicas e hidráulicas são conhecidas.

Já a adsorção de azul de metileno avalia a superfície específica da fração fina dos solos e, a partir da sua magnitude, infere o tipo ou tipos de argilo-minerais nele presentes. Em função dos argilo-minerais presentes, pode-se ter uma idéia, razoavelmente precisa, do comportamento desses solos, desde que se conheçam quais os limites ou quantidades toleráveis de cada grupo de argilo-minerais na sua composição, o que ainda não foi feito.

Apesar desta pesquisa não ter gerado um sistema de classificação na sua totalidade, ela permite mostrar que existem outras formas efetivas para se caracterizar solos, baseadas em idéias simples e de fácil compreensão. Acredita-se, portanto, que foi dado um passo no sentido de se estabelecerem novos processos para a classificação de solos, principalmente os tropicais, que permitam ou facilitem a compreensão e previsão de seus comportamentos em obras de engenharia.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

7.1. INTRODUÇÃO

Neste Capítulo são apresentadas as principais conclusões obtidas durante a realização desta tese. Essas conclusões são arroladas na mesma ordem dos fatos que pertenceram seu assentamento, não expressando, portanto, ordem de importância relativa.

Ressalte-se também que as conclusões aqui apresentadas restringem-se às amostras de solos efetivamente ensaiadas, devido à natureza do problema estudado e à forma como a pesquisa foi desenvolvida (Sória, 1985).

São apresentadas também, na visão do autor, propostas de pesquisas para desenvolvimento e complementação do sistema para caracterização da fração fina dos solos tropicais aqui apresentado.

7.2. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

7.2.1. QUANTO À CLASSIFICAÇÃO MCT

Baseando-se nos dados apresentados no Capítulo 2 desta tese, pode-se concluir que:

- a) não houve variação significativa do índice c' (coeficientes de variação entre 2,5 e 11,8%), para os solos estudados no programa de repetição de ensaios, indicando uma boa reprodutibilidade deste índice;
- b) o índice d' apresenta coeficientes de variação de 14,9 a 36%, indicando que há uma maior variabilidade na sua determinação, o que porém, parece não implicar em maiores problemas, devido à forma como este índice é utilizado dentro da classificação MCT;

- c) no caso do solo da Castelo Branco, um solo siltoso e micáceo, ocorreram problemas na determinação do índice e' devido à impossibilidade da determinação da inclinação do ramo seco da curva de compactação. Esse fato, segundo experiência do autor, confirma as dificuldades encontradas, com frequência, durante a classificação de solos semelhantes;
- d) a *Perda de Peso por Imersão*, P_i , apresentou coeficientes de variação significativamente maiores (entre 2,5 e 164%) em relação aos demais parâmetros utilizados na classificação MCT. As maiores variações se deram para os solos com baixa *Perda* (coesivos e lateríticos nesse caso) e as menores, para o solo com alto valor de *Perda* (pouco coesivo e não laterítico nesse caso). Apesar dessa variação, os resultados finais não foram muito afetados, devido também à forma como este parâmetro é utilizado nessa classificação;
- e) o índice e' apresentou pequena variação (coeficientes de variação entre 11 e 18,7%), indicando boa reprodutibilidade nos casos onde foi possível a sua determinação. Deve-se lembrar que para o solo da Castelo Branco, em alguns ensaios, não foi possível a determinação do d' e portanto, também não foi possível o cálculo do índice e' ;
- f) para os três solos estudados no programa de repetição de ensaios, apenas um apresentou mudança de classe devido à variação dos índices classificatórios. Essa mudança se deu para o solo do Broa, que ora foi classificado como LA', ora como LG';

7.2.2. QUANTO AO ENSAIO DE ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO PELO MÉTODO DA MANCHA

A partir dos resultados apresentados no Capítulos 5 e 6, pode-se concluir:

- a) o pH da suspensão solo+água tem influência na adsorção do azul de metileno durante a execução do ensaio;
- b) o menor consumo de azul de metileno se dá para pH ácido ($\text{pH} = 3$) da suspensão solo+água, o maior se dá para pH básico ($\text{pH} = 11$). Para o pH natural (ou normal) da suspensão, ou seja,

aquele obtido da simples adição do solo à água, têm-se consumos intermediários entre os dois anteriores;

- c) existe clara correlação entre os consumos de corante obtidos para os três valores de pH da suspensão solo+água testados, o que indica que não há necessidade de alteração do pH para a execução do ensaio de adsorção de azul de metileno pelo método da mancha;
- d) a fixação do diâmetro que define a fração argila (ativa) tem influência tanto nos *Valores de Azul, Va*, quanto nos *Coeficientes de Atividades, CA*, dos solos analisados;
- e) para fração argila definida como menor que 0,002 mm têm-se *Va* e *CA* maiores que os obtidos para fração argila menor que 0,005 mm;
- f) à semelhança do ocorrido para a variação de pH, existe correlação nítida entre os coeficientes de atividade obtidos para as frações argila menores que 0,002 mm e menores que 0,005 mm. Este fato indica que se pode definir a fração argila do solo, para efeito deste ensaio, como sendo aquela menor que 0,005 mm;
- g) é possível utilizar valor de massa específica dos sólidos constante e igual a 2,65 g/cm³ para os ensaios de sedimentação, para fins da determinação dos graus de atividade da fração fina dos solos, sem compromisso da qualidade dos resultados obtidos;
- h) pode-se executar ensaios de sedimentação com apenas duas leituras da densidade da suspensão solo+água, para a determinação da quantidade da fração granulométrica correspondente a argila (< 0,005 mm) dos solos, com a finalidade de calcular a atividade da fração fina, sem comprometer a qualidade dos resultados.

7.2.3. QUANTO AO PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE DA FRAÇÃO FINA DOS SOLOS

A partir dos resultados obtidos nos Capítulos 5 e 6 pode-se concluir que:

- a) existe uma boa concordância (em torno de 82%) entre os graus de atividade, determinados pela adsorção de azul de metileno, e a previsão de comportamento dada pelas classes de solos da classificação MCT;
- b) geralmente, para os solos pouco ativos ($CA < 11$) correspondem solos de comportamento laterítico segundo a MCT; para solos ativos ($11 < CA < 80$) e solos muito ativos ($CA > 80$) correspondem solos de comportamento não laterítico segundo a MCT;
- c) nos casos onde houve discordância entre os graus de atividade (azul de metileno) e as previsões de comportamento dadas pela MCT, existe uma tendência da atividade estar mais coerente com os argilo-minerais presentes na fração fina dos solos, tendência esta confirmada pelos ensaios complementares (MEV e Raios X);
- d) não é possível determinar, com certeza, os grupos de argilo-minerais presentes nos solos a partir dos resultados dos ensaios de adsorção de azul de metileno. O que é possível é estabelecer faixas de atividade e, a partir delas, inferir o comportamento dos materiais através de comparação com outros conhecidos;
- e) não foram encontrados indícios de que a classificação MCT não seja adequada para a finalidade proposta originalmente pelos seus autores. Nos casos onde ela classifica solos não lateríticos como lateríticos ou vice-versa, existe embutido nos resultados a previsão de comportamento dos solos e não simplesmente seu grau de evolução pedológico;
- f) o processo aqui desenvolvido não é um sistema de classificação de solos. Restringe-se a apenas uma maneira de se caracterizar a fração fina presente nos solos e, a partir da atividade dessa fração, torna-se possível inferir o comportamento provável dos solos, por similaridade, através da comparação com outros de comportamentos conhecidos e de graus de atividade semelhantes.

Acredita-se que com esta tese foi apresentada uma nova forma para caracterizar a fração fina dos solos tropicais que, apesar de não ser nova, praticamente não havia ainda sido testada, como o foi, para a finalidade proposta.

Reconhece-se entretanto que o processo proposto é limitado, permitindo, por enquanto, somente a caracterização da fração fina dos solos. Porém, acredita-se também que ele é promissor e

que, com as devidas complementações, poderá constituir-se num sistema completo para a classificação de solos, tornando-se uma maneira simples, eficiente e barata para a caracterização e classificação de solos tropicais para uso em engenharia.

7.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Para transformar o processo aqui proposto, de caracterização da fração fina de solos tropicais, numa classificação de solos, necessita-se ainda esclarecer algumas dúvidas, das quais pode-se citar: qual a influência da natureza e quantidade da fração grossa no comportamento dos solos; como variam as propriedades mecânicas e hidráulicas dos solos em função do teor de argila presente, para diversos graus de atividade; qual é a atividade limite para materiais com fração fina inerte; a atividade é uma propriedade aditiva ou não, etc.. Para tanto, sugere-se que sejam pesquisados, inicialmente, os seguintes temas:

- a) execução de programas de montagens de solos artificiais, com variação do teor e da composição da fração fina para uma mesma fração grossa (areia). Assim, variando-se o teor de uma mesma de fração fina, tem-se coeficiente de atividade constante (trabalha-se sobre uma reta no ábaco de caracterização). Repetindo-se o processo para diferentes composições da fração fina pode-se compreender a influência do teor e da composição dessa fração nas propriedades tecnológicas dos solos;
- b) execução de programas similares aos citados acima, porém variando-se a natureza e distribuição granulométrica da fração grossa (areia) dos solos montados. Isso permite estabelecer graus de atividade limites (ou posições no ábaco de caracterização) em função das propriedades tecnológicas encontradas;
- c) determinação da atividade de misturas de argilo-minerais (com quantidades e atividades individuais conhecidas) para saber se a atividade é uma propriedade aditiva, ou seja, se a atividade global é a soma das atividades individuais dos componentes ou, se a presença de algum componente pode alterar, de alguma outra forma, a atividade resultante;

- d) determinação da atividade de materiais inertes com a finalidade de estabelecer o limite inferior para solos com fração fina pouco ativa;
 - e) investigação das causas da não adsorção do azul de metileno pelos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.
-

BIBLIOGRAFIA

- Autret, P.; Lan, T. N - *Application de l'essai au Bleu de Méthylène aux Graveleux Latéritiques*. Revue Générales des Routes et des Aérodrômes. N° 586. Paris, França. 1983.
- Benaben, J. P.; Chi, N. D.; Tourenq, C. - *Identification des Argiles Polluant les Graves-Ciment par le Bleu de Méthylène - Une Meilleure Approche du Problème de la Propreté des Sables*. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. N° 164. França. 1989.
- Bonuccelli, T. J. - *Contribuição ao Estudo de um Novo Parâmetro para Classificação dos Solos: O Grau de Argilosidade*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da USP. São Carlos, SP. 1992.
- Bourguet, J. L.; Broquet, P.; Rousseau, J. - *Essai de Classification des Sols pour les Terrassements*. Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur. N° 31. França. 1985.
- Boust, D.; Privé, P. - *Mesure des Surface Spécifiques de Sédiments Marins par la Méthode au Bleu de Méthylène*. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. N° 134. França. 1984.
- Brindley, G. W.; Thompson, T. D. - *Methylene Blue Absorption by Montmorillonites - Determinations of Surface Areas and Exchange Capacities with Different Initial Cation Saturations (Clay-Organic Studies XIX)*. Israel Journal of Chemistry. N° 3. Vol. 8. Israel. 1970.
- Carvalho, J. B. Q.; Medina, J.; Nogami, J. S. - *Characterization, Identification and Classification of Tropical Lateritic and Saprolitic Soils for Geotechnical Purposes - Topic 1.3: Geotechnical Classifications*. Committee on Tropical Soils of the ISSMFE, Theme 1: Characterization, Identification and Classification of Tropical Soils - Progress Report 1981-1985. 1985.
- Casanova, F. J. - *O Ensaio de Azul de Metileno na Caracterização de Solos Latéritos*. Anais da XXI Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. Salvador, BA. 1986.
- Chen, T. J.; Santos, P. S.; Ferreira, H. C.; Calil, S. F.; Zandonadi, A. R.; Campos, L. V. - *Determinação da Capacidade de Troca de Cátions e da Área Específica de Algumas Argilas e Caulins Cerâmicos Brasileiros pelo Azul de Metileno e sua Correlação com Algumas Propriedades Tecnológicas*. Cerâmica. Vol XX. N° 79. São Paulo, SP. 1974.
- Corrêa, F. C. - *Contribuição à Estabilização do Latossolo Roxo*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos da USP. 1989.
- Corrêa, F. C. - *Comportamento de Trechos Experimentais com Bases de Solo Arenoso Fino*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da USP. São Carlos, SP. 1976.

- Denis, A.; Tourenq, C.; Lan, T.N. - *Capacite d'Adsorption d'Eau des Sols et des Roches*. Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingenieur. N° 22. Krefeld. França. 1980.
- Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo - *Manual de Ensaio de Laboratório*. São Paulo. 1992.
- Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo - *Manual de Normas de Pavimentação*. São Paulo. 1991.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - *Relatório Final da Pesquisa sobre Solos Tropicais*. DNER. Rio de Janeiro, RJ. 1990.
- Fabbri, G. T. P.; Sória, M. H. A. - *Aplicação do Ensaio de Azul de Metileno à Classificação de Solos - Uma Primeira Aproximação*. Anais da XXV Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. São Paulo, SP. 1991.
- Fabbri, G. T. P. - *Drenagem de Baixo Custo Através de Canaletas de Solo-Cimento Plástico*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da USP. 1986.
- Faruqi, F. A.; Susumu, O.; Willianson, W. O. - *Chemisorption of Methylene Blue by Kaolinite*. Clay Minerals. N° 7. Vol. 19. 1967.
- Ferreira, M. A. G. - *Características Físicas de Solos Tropicais e Comportamento nos Pavimentos*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos da USP. São Carlos, SP. 1993.
- Fortes, R. M.; Nogami, J. S. - *Método Expedito de Identificação do Grupo MCT de Solos Tropicais Utilizando-se Anéis de PCV Rígido*. 25ª Reunião Anual de Pavimentação. Belém, PA. 1991.
- Hang, P. T.; Brindley, G. W. - *Methylene Blue Absorption by Clay Minerals - Determination of Surface Areas and Cation Exchange Capacities (Clay-Organic Studies XVIII)*. Clays and Clay Minerals. Vol. 18. Inglaterra. 1970.
- Higgs, N. B. - *Methylene Blue Adsorption as a Rapid and Economical Method of Detecting Smectite*. Geotechnical Testing Journal, ASTM. N° 1. Vol. 11. USA. 1988.
- Hilf, J. W. - *A Rapid Method of Construction Control for Embankment of Cohesive Soils*. Engineering Monograph. N° 26. Denver. United States Department of Interior, USA. 1959.
- Huet, M. - *Incidence de la Variation de la Valeur de Bleu sur Certaines Caractéristiques des Fines et des Enrobés*. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. N° 161. França. 1989.
- Ignatius, S. G. - *Limites de Atterberg, Granulometria e Classificação MCT de Solos Tropicais*. IX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações.
- Kergoet, M.; Cimpelli, C. - *Appréciation d'un Comportement de Sable Fin Pollué par l'Essai au Bleu de Méthylène*. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. N° 108. França. 1980.
- Kipling, J. J.; Wilson, R. B. - *Adsorption of Methylene Blue in the Determination of Surface Areas*. Journal of Applied Chemistry. N° 10. 1960.
- Laboratoires des Ponts et Chaussées et Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie - *L'Essai au Bleu de Méthylène - Avant-Projet de Mode Opératoire*. 1979.

- Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C Ltda - *Projeto Geotécnico do Pavimento - Conjunto Habitacional Parque Europa II*. Documento Técnico nº 1832. São Paulo, SP. Agosto 1991(a).
- Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C Ltda - *Projeto Geotécnico do Pavimento - Conjunto Habitacional Parque Europa I*. Documento Técnico nº 1836. São Paulo, SP. Agosto 1991(b).
- Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C Ltda - *Projeto Geotécnico do Pavimento - Conjunto Habitacional Recanto dos Humildes*. Documento Técnico nº 1834. São Paulo, SP. Agosto 1991(c).
- Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C Ltda - *Projeto Geotécnico do Pavimento - Conjunto Habitacional Jardim Planalto*. Documento Técnico nº 1820. São Paulo, SP. Agosto 1991(d).
- Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C Ltda - *Projeto Geotécnico do Pavimento - Conjunto Habitacional Santa Etelvina, Trecho VII*. Documento Técnico nº 1848. Volumes I e II. São Paulo, SP. Agosto 1991(e).
- Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C Ltda - *Projeto Geotécnico do Pavimento - Conjunto Habitacional Santa Etelvina, Trecho IIA*. Documento Técnico nº 1838. Volumes I e II. São Paulo, SP. Agosto 1991(f).
- Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C Ltda - *Projeto Geotécnico do Pavimento - Conjunto Habitacional Santa Etelvina, Trecho IIB, Área 1 e 2*. Documento Técnico nº 1842. São Paulo, SP. Agosto 1991(g).
- Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C Ltda - *Projeto Geotécnico do Pavimento - Conjunto Habitacional Santa Etelvina, Trecho IIB, Área 3*. Documento Técnico nº 1843. São Paulo, SP. Agosto 1991(h).
- Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C Ltda - *Relatório Geotécnico - Loteamento Horto do Ipê*. Documento Técnico nº 1844. Volumes I, II e III. São Paulo, SP. Agosto 1991(i).
- Lan, T. N. - *Un Nouvel Essai d'Identification des Sols - L'Essai au Bleu de Méthylène*. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. N° 88. França. 1977.
- Lan, T. N. - *L'Essai au Bleu de Méthylène - Un Progrès dans la Mesure et le Contrôle de la Propreté des Granulats*. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. N° 107. França. 1980.
- Lan, T. N. - *Utilisation de l'Essai au Bleu de Méthylène en Terrassement Routier*. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. N° 111. França. 1981.
- Lautrin, D. - *Une Procédure Rapide d'Identification des Argiles*. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. N° 152. França. 1987.
- Magnan, J. P. ; Youssefian, G. - *Essai au Bleu de Méthylène et Classification Géotechnique des Sols*. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. N° 159. França. 1989.
- Melfi, A. J.; Carvalho, A.; Chauvel, A.; Rodrigues e Silva, F. B.; Nóbrega, M. T. - *Characterization, Identification and Classification of Tropical Lateritic and Saprolitic Soils for Geotechnical Purposes - Topic 1.2: Characterization and Identification*. Committee on

- Tropical Soils of the ISSMFE, Theme 1: Characterization, Identification and Classification of Tropical Soils - Progress Report 1981-1985. 1985.
- Merighi, J. V.; Nogami, J. S. - *Método S-MCV Rápido para Classificação de Solos*. 25ª Reunião Anual de Pavimentação. Belém, PA. 1991.
- Mitchell, G.; Poole, P.; Segrove, H. D. - *Adsorption of Methylene Blue by High-Silica Sands*. Nature. N° 26. 1955.
- Nevins, M. J.; Weintritt, D. J. - *Determination of Cation Exchange Capacity by Methylene Blue Adsorption*. Ceramic Bulletin. N° 6. Vol. 46. 1967.
- Nogami, J. S.; Cozzolino, V. M. N. - *Identificação de Solos Tropicais: Dificuldades e Proposta de um Método Preliminar*. Anais da XX Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. Fortaleza. 1985.
- Nogami, J. S.; Villibor, D. F. - *Uma Nova Classificação de Solos para Finalidades Rodoviárias*. Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia. Rio de Janeiro, RJ. 1981.
- Nogami, J. S.; Villibor, D. F.; Sória, M. H. A.; Fabbri, G. T. P. - *Pavimentação com Solos Lateríticos*. Anais do Encontro de Solos do Interior do Estado de São Paulo, ABMS. São Carlos, SP. 1993.
- Nogami, J. S.; Villibor, D. F. - *Caracterização e Classificação Gerais de Solos para Pavimentação: Limitações do Método Tradicional, Apresentação de uma Nova Sistemática*. Anais da XV Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. Belo Horizonte, MG. 1980.
- Nogami, J. S.; Villibor, D. F. - *Soil Characterization of Mapping Units for Highway Purposes in a Tropical Area*. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. N° 19. Krefeld. Alemanha. 1979.
- Nogami, J. S.; Villibor, D. F. - *Additional Considerations about a New Geotechnical Classification for Tropicals Soils*. TropicalS'85, ABMS. 1985.
- Nogami, J. S. - *As Limitações do Procedimento Usual de Reconhecimento de Solos ao Longo de Rodovias*. Anais do V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos. Vol. II. São Paulo, SP. 1974.
- Nogami, J. S. - *A Tecnologia Rodoviária e as Peculiaridades dos Nossos Solos*. Anais do II Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. São Paulo, SP. 1978.
- Nogami, J. S. - *Necessidade de Adequada Caracterização Genética dos Solos para Finalidades Rodoviárias*. Anais do I Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. São Paulo, SP. 1976.
- Nogami, J. S. - *Determinação do Índice de Suporte Califórnia com Equipamento de Dimensões Reduzidas (Ensaio Mini-CBR)*. II Reunião das Organizações Rodoviárias. Brasília. 1972.
- Parsons, A. W.; Bolden, J. B. - *The Moisture Condition Test and its Potential Application in Earthworks*. Transport and Research Board - Supplementary Report N° 522. 1979.
- Parsons, A. W. - *The Rapid Measurement of the Moisture Condition of Earthwork Material*. Transport and Road Research Laboratory, Report N° 750. 1976.

- Pejon, O. J. - *Mapeamento Geotécnico Regional da Folha de Piracicaba-SP (escala 1:100.000): Estudo de Aspectos Metodológicos, de Caracterização e de Apresentação de Atributos*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos da USP. 1992.
- Phelps, G. W.; Harris, D. L. - *Specific Surface and Dry Strength by Methylene Blue Adsorption*. Ceramic Bulletin. N° 12. Vol. 47. 1968.
- Schaeffner, M. - *Introduction de la Valeur de Bleu de Méthylène d'un Sol dans la Classification des Sols de la Recommandation pour les Terrassements Routiers*. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. N° 163. França. 1989.
- Silveira, A - *O Impacto do Estudo dos Solos Tropicais*. Publicação Interna do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da USP, N° STT/006/04/85. São Carlos, SP. 1985.
- Silveira, A. - *The Impact of Study of Tropical Soils on Present Classification Systems*. In "DE MELLO VOLUME, a Tribute to Prof. Victor F. C. de Mello", Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, SP. 1989.
- Skempton, A. W.; Northey, R. D. - *The Colloidal Activity of Clays*. Proceedings of Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Vol. I. 1953.
- Sória, M. H. A. - *Relatório Técnico de Avaliação de Programa Desenvolvido Dentro do Convênio DER-IPAI 44/77 - "Estudo Comparativo das Características Geotécnicas de Solo Laterítico e Solo Residual Saprolítico a Partir de Solos Montados em Laboratório em Função da Granulometria"*. São Carlos, SP. 1978.
- Sória, M. H. A. - *Reflexões Lógicas sobre Classificações de Solos*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos da USP. 1985.
- Sória, M. H. A.; Fabbri, G. T. P. - *O Ensaio Mini-MCV - um Ensaio de MCV, Moisture Condition Value, com Corpos de Prova de Dimensões Reduzidas*. 15ª Reunião Anual de Pavimentação. Belo Horizonte, MG. 1980.
- Souza, N. C. D. C. - *Mapeamento Geotécnico Regional da Folha de Aguai: com Base na Compartimentação por Formas de Relevo e Perfis de Alteração*. 2 Volumes. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da USP. 1992.
- Tourenq, C.; Lan, T. N. - *Mise en Évidence des Argiles par l'Essai au Bleu de Méthylène - Application aux Sols, Roches et Granulats*. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées. N° 159. França. 1989.
- Vargas, M. - *O Uso dos Limites de Atterberg na Classificação dos Solos Tropicais*. Anais do VII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. Olinda-Recife. 1982.
- Villibor, D. F. - *Pavimentos Econômicos. Novas Considerações*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos da USP. São Carlos, SP. 1981.
- Villibor, D. F. - *Utilização de Solo Arenoso Fino Laterítico na Execução de Bases de Pavimento de Baixo Custo*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da USP. São Carlos, SP. 1974.

Anexo 1

**Identificação das Amostras, Classificação MCT, Massa Específica dos Sólidos,
Granulometria, Valores de Azul para pH Ácido, Normal e Básico e Coeficientes
de Atividade para pH Ácido, Normal e Básico das Frações Granulométricas
Menores que 0,005 e 0,002 mm**

Anexo 1 - Classificação MCT, Massa Específica dos Sólidos e Granulometria

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	δ	#4,76	#2,00	#1,19	#0,59	#0,42	#0,297	#0,149	#0,074	#0,050	#0,005	#0,002
PR-49	ALFREDO			LA	0.44	54.00	100.0	1.11	2.575	97.33	90.44	83.65	67.12	59.02	53.16	32.53	21.22	15.30	8.55	7.45
PR-23	ALFREDO			LA	0.60	62.86	120.0	1.15	2.573	100.00	99.70	94.44	70.40	58.64	50.13	35.38	23.00	16.40	5.31	3.00
PR-21	ALFREDO			LA	0.43	44.76	125.0	1.19	2.630	96.00	85.00	74.00	52.00	42.14	35.00	25.00	19.00	16.00	6.00	5.00
PR-47	ALFREDO			LA	0.34	23.75	105.0	1.24	2.545	100.00	89.71	83.31	71.51	65.81	61.69	45.30	26.00	19.00	3.50	1.90
PR-14	ALFREDO			LA	0.40	19.17	117.0	1.30	2.660	96.00	87.00	80.00	63.00	51.40	43.00	27.00	17.00	13.00	6.00	5.00
PR-12	ALFREDO			LA	0.40	30.71	160.0	1.31	2.650	100.00	90.00	83.00	70.00	59.56	52.00	34.00	21.00	17.00	7.00	5.00
PR-45	ALFREDO			LA	0.44	77.50	160.0	1.33	2.558	100.00	96.23	90.75	71.93	64.03	58.32	38.91	21.00	16.70	4.16	2.50
PR-42	ALFREDO			LA'	1.24	75.88	5.0	0.68	2.506	100.00	86.72	79.64	69.93	64.59	60.73	46.81	30.00	26.50	14.75	14.75
PR-41	ALFREDO			LA'	1.20	35.86	0.0	0.82	2.650	89.59	58.51	54.73	51.17	49.24	47.85	40.43	28.00	21.10	18.00	18.00
PR-05	ALFREDO			LA'	0.64	54.55	55.0	0.97	2.680	100.00	74.00	71.00	48.00	42.78	39.00	31.00	25.00	21.00	5.00	2.00
PR-50	ALFREDO			LA'	0.96	33.33	55.0	1.05	2.586	97.94	86.36	75.81	60.16	53.64	48.93	36.53	24.00	20.00	13.00	12.26
PR-02	ALFREDO			LA'	0.88	33.86	90.0	1.14	2.604	100.00	88.59	75.67	56.29	51.36	47.79	38.78	26.00	20.60	6.20	5.67
PR-18	ALFREDO			LA'	0.72	37.40	95.0	1.14	2.654	98.58	89.83	83.06	70.80	63.38	58.02	41.98	26.00	22.00	7.93	5.66
PR-13	ALFREDO			LA'	0.82	42.14	100.0	1.14	2.610	97.00	63.00	53.00	44.00	39.36	36.00	29.00	23.00	20.00	10.00	8.00
PR-48	ALFREDO			LG'	1.60	84.54	0.0	0.61	2.568	99.70	85.74	78.02	71.08	68.25	66.20	59.88	51.00	48.00	42.00	42.00
PR-36	ALFREDO			LG'	1.66	62.00	0.0	0.68	2.592	99.52	90.09	85.34	78.38	75.03	72.60	63.95	55.50	49.00	36.50	36.00
PR-26	ALFREDO			LG'	1.60	76.40	40.0	0.87	2.663	100.00	88.38	82.21	73.52	68.88	65.52	54.89	44.00	38.60	25.60	23.68
PR-57	ALFREDO			LG'	1.84	25.83	18.0	0.98	2.597	100.00	97.00	95.40	92.00	88.05	85.20	73.03	67.50	62.00	51.60	47.84
PR-35	ALFREDO			LG'	1.56	26.64	30.0	1.02	2.600	90.33	66.86	61.25	55.72	53.10	51.20	43.07	33.03	27.00	18.00	16.00
PR-39	ALFREDO			LG'	1.52	127.14	105.0	1.06	2.623	100.00	95.48	92.90	83.73	80.03	77.35	66.25	54.00	51.00	36.50	33.75
PR-08	ALFREDO			LG'	1.60	57.25	100.0	1.11	2.680	100.00	89.73	82.82	67.04	60.83	56.34	46.88	36.00	32.10	21.02	17.10
PR-54	ALFREDO			LG'	1.68	68.57	110.0	1.12	2.614	98.10	97.97	97.04	93.38	88.96	85.77	69.61	54.90	52.20	35.80	32.04
PR-59	ALFREDO			NA	0.60	10.00	90.0	1.42	2.602	62.04	32.32	26.43	20.04	17.66	15.94	11.70	6.00	3.45	0.90	0.15
PR-37	ALFREDO			NA	0.34	17.21	235.0	1.52	2.578	100.00	100.00	99.97	99.85	97.41	95.65	44.31	14.00	9.50	6.00	5.97
PR-22	ALFREDO			NA	0.28	8.00	140.0	1.57	2.650	97.00	92.00	86.00	66.00	50.91	40.00	19.00	9.00	7.00	3.00	2.00
PR-46	ALFREDO			NA	0.28	8.77	180.0	1.60	2.577	100.00	96.69	94.80	79.07	67.11	58.45	32.69	13.00	9.50	4.70	3.95
PR-51	ALFREDO			NA	0.52	5.55	75.0	1.63	2.514	99.54	76.37	65.02	51.04	46.97	44.03	34.90	21.00	17.00	10.00	8.89
PR-63	ALFREDO			NA	0.16	9.59	290.0	1.71	2.509	24.63	24.31	24.06	23.59	23.23	22.97	18.53	12.50	11.00	7.94	7.50
PR-31	ALFREDO			NA	0.22	7.36	250.0	1.73	2.665	100.00	91.00	85.79	71.88	62.76	56.17	30.35	8.00	4.55	1.54	0.29
PR-38	ALFREDO			NA'	1.04	42.10	110.0	1.16	2.663	97.63	95.82	95.63	95.23	93.45	92.17	96.38	35.00	29.30	22.16	20.24
PR-01	ALFREDO			NA'	1.52	38.44	110.0	1.17	2.660	100.00	80.00	72.00	64.00	59.94	57.00	53.00	46.00	43.00	22.00	17.00
PR-10	ALFREDO			NA'	1.32	56.79	130.0	1.18	2.640	100.00	91.62	82.65	68.00	62.33	58.22	45.77	31.50	26.15	15.04	11.68
PR-16	ALFREDO			NA'	0.96	24.93	83.0	1.18	2.650	97.00	77.00	64.00	49.00	41.46	36.00	26.00	19.00	17.00	7.00	4.00
PR-04	ALFREDO			NA'	0.84	18.15	60.0	1.19	2.670	74.00	44.00	36.00	28.00	24.52	22.00	18.00	14.00	12.00	4.00	3.00
PR-20	ALFREDO			NA'	1.08	73.75	150.0	1.21	2.620	100.00	96.00	91.00	77.00	69.46	64.00	54.00	45.00	40.00	16.00	12.00
PR-34	ALFREDO			NA'	1.46	21.64	90.0	1.22	2.599	100.00	96.84	92.79	77.81	67.85	60.65	41.59	27.50	22.70	9.00	5.87
PR-29	ALFREDO			NA'	1.16	30.74	120.0	1.23	2.589	100.00	97.36	94.09	81.37	74.95	70.31	56.07	42.00	38.70	13.80	8.40
PR-09	ALFREDO			NA'	1.40	32.46	130.0	1.24	2.690	85.00	74.00	67.00	59.00	52.04	47.00	37.00	30.00	26.00	13.00	10.00
PR-27	ALFREDO			NA'	0.80	18.07	85.0	1.25	2.616	86.51	62.89	53.97	41.34	36.47	32.95	23.68	13.00	9.40	1.96	1.10
PR-33	ALFREDO			NA'	1.40	17.77	110.0	1.30	2.648	100.00	99.56	98.61	90.33	84.63	80.50	69.93	58.00	50.40	22.09	16.91

Anexo 1 - Classificação MCT, Massa Específica dos Sólidos e Granulometria

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	δ	#4,76	#2,00	#1,19	#0,59	#0,42	#0,297	#0,149	#0,074	#0,050	#0,005	#0,002
PR-66	ALFREDO			NA'	0.72	14.21	85.0	1.31	2.518	100.00	89.83	88.30	83.75	75.85	70.14	46.69	29.00	22.00	6.30	1.76
PR-43	ALFREDO			NA'	0.72	45.65	185.0	1.32	2.525	100.00	95.70	91.13	77.66	70.58	65.45	48.09	30.00	24.00	8.00	5.60
PR-15	ALFREDO			NA'	0.88	12.77	80.0	1.33	2.735	92.05	83.99	76.58	58.96	52.36	47.58	35.23	22.00	16.70	7.32	2.92
PR-44	ALFREDO			NA'	0.70	22.30	175.0	1.38	2.555	99.41	95.33	92.73	88.01	82.79	79.02	60.34	40.00	35.50	12.00	8.80
PR-58	ALFREDO			NA'	0.68	10.43	75.0	1.39	2.570	100.00	100.00	99.17	97.10	96.22	95.59	93.64	88.00	83.70	64.00	55.90
PR-19	ALFREDO			NA'	0.68	16.20	245.0	1.54	2.680	96.00	86.00	77.00	62.00	59.68	58.00	36.00	27.00	24.00	11.00	8.00
PR-61	ALFREDO			NA'	0.88	6.77	100.0	1.58	2.551	100.00	94.72	90.97	87.08	85.41	84.20	36.12	22.50	19.50	9.27	6.85
PR-53	ALFREDO			NA'	0.64	5.55	0.6	1.62	2.583	100.00	100.00	93.40	77.60	71.75	67.52	56.45	23.00	16.50	3.50	3.30
PR-11	ALFREDO			NG'	1.80	62.11	130.0	1.17	2.680	100.00	81.00	75.00	69.00	64.36	61.00	54.00	47.00	44.00	29.00	26.00
PR-40	ALFREDO			NG'	1.84	43.20	120.0	1.18	2.602	100.00	87.86	83.61	77.23	73.61	70.99	61.30	49.00	43.40	29.81	27.48
PR-03	ALFREDO			NG'	2.32	60.25	140.0	1.20	2.730	100.00	94.00	88.00	76.00	70.20	66.00	59.00	52.00	49.00	29.00	24.00
PR-07	ALFREDO			NG'	1.84	36.34	120.0	1.20	2.710	97.00	90.00	83.00	73.00	67.78	64.00	56.00	48.00	45.00	30.00	26.00
PR-24	ALFREDO			NG'	1.56	18.58	110.0	1.29	2.800	100.00	98.39	97.38	94.87	87.88	82.83	66.95	53.00	47.00	24.00	15.39
PR-06	ALFREDO			NG'	1.56	19.93	114.0	1.29	2.710	100.00	96.00	90.00	83.00	78.36	75.00	68.00	61.00	57.00	35.00	29.00
PR-32	ALFREDO			NG'	1.80	22.24	140.0	1.32	2.645	100.00	97.61	95.74	88.16	84.68	82.17	72.20	54.00	49.40	38.37	36.12
PR-28	ALFREDO			NG'	2.04	30.26	162.0	1.32	2.614	100.00	100.00	99.92	99.56	99.45	99.37	98.91	89.00	86.00	63.00	59.00
PR-55	ALFREDO			NG'	1.88	14.36	135.0	1.40	2.511	100.00	100.00	100.00	98.80	94.52	91.43	73.05	55.00	48.50	29.00	22.08
PR-25	ALFREDO			NG'	1.80	11.85	122.0	1.43	2.710	97.00	91.00	85.00	78.00	73.94	71.00	64.00	56.00	52.00	33.00	31.00
PR-52	ALFREDO			NG'	2.12	12.13	215.0	1.56	2.777	100.00	100.00	99.86	99.66	99.51	99.40	97.41	90.00	86.00	61.00	49.40
PR-60	ALFREDO			NS'	1.48	14.33	185.0	1.48	2.605	100.00	96.52	94.72	92.65	91.88	91.32	86.89	71.50	62.00	24.20	18.77
PR-17	ALFREDO			NS'	0.96	14.06	260.0	1.59	2.730	96.00	87.00	77.00	62.00	54.46	49.00	40.00	33.00	30.00	14.00	8.00
PR-30	ALFREDO			NS'	1.24	10.88	250.0	1.63	2.674	100.00	98.87	98.78	98.52	98.39	98.30	97.87	90.00	85.50	41.50	29.00
PR-56	ALFREDO			NS'	0.80	5.91	280.0	1.84	2.597	100.00	98.48	97.51	94.23	90.08	87.07	74.05	65.00	61.00	49.00	46.00
PR-62	ALFREDO			NS'	1.40	1.34	170.0	2.55	2.666	100.00	99.94	99.73	98.01	96.94	96.17	94.07	88.00	84.00	60.00	50.46
DOIS CORREGOS ARENOSO ABAIXO DA LS	EESC			LA'	1.38	80.72	58.5	0.94	2.689	100.00	100.00	100.00	99.00	96.00	90.00	52.00	29.00	22.50	22.00	21.00
JAZIDA DO NAUTICO	EESC			LA'	1.34	82.75	87.0	1.03	2.659	100.00	100.00	99.90	97.00	91.00	81.00	49.00	26.00	24.00	24.00	23.00
DOIS CORREGOS ARENOSO ACIMA DA LS	EESC			LA'	0.94	56.87	90.9	1.08	2.767	99.00	99.00	99.00	98.00	94.00	86.00	44.00	19.00	16.00	15.00	15.00
RIBEIRAO PRETO ARENOSO	EESC			LA'	0.75	62.85	102.7	1.10	2.707	100.00	100.00	100.00	99.80	98.50	95.00	57.00	23.00	20.50	18.00	16.50
LINHAO DO BROA	EESC			LA'	1.08	55.67	102.4	1.11	2.619	100.00	99.80	98.00	95.00	89.00	78.00	47.00	21.00	19.00	18.00	17.00
BORACEIA ACIMA DA LS	EESC			LA'	0.88	48.75	107.6	1.14	2.619	100.00	100.00	100.00	99.00	92.62	88.00	46.00	22.00	19.00	18.50	16.00
DOIS CORREGOS ARGILOSO ACIMA DA LS	EESC			LG'	2.07	65.83	0.0	0.67	2.880	100.00	100.00	99.00	98.00	98.00	95.00	78.00	61.00	58.00	48.00	42.00
CHIBARRO	EESC			LG'	1.89	53.90	0.0	0.71	3.040	100.00	100.00	100.00	99.00	97.84	97.00	90.00	72.00	67.00	49.00	40.00
ITAJOBI A NOVO HORIZONTE	EESC			LG'	1.51	90.27	24.3	0.77	2.699	100.00	100.00	99.60	99.60	99.00	95.00	61.00	28.50	24.00	23.00	20.00
TREVO DE IBATE ACIMA DA LS	EESC			LG'	1.84	68.00	35.1	0.86	2.641	100.00	99.90	99.70	96.00	89.00	81.00	57.00	36.00	33.00	29.00	23.00
ENTRONCAMENTO SP-310 X SP-330	EESC			LG'	1.90	86.30	64.2	0.95	3.027	100.00	99.90	99.80	99.70	99.40	98.90	94.00	84.00	81.00	67.00	62.00
GAVIAO PEIXOTO	EESC			LG'	1.52	86.36	66.8	0.96	2.701	100.00	100.00	99.90	98.00	94.00	86.00	58.00	30.00	28.00	28.00	27.00
ACESSO A DUMONT	EESC			LG'	2.16	71.95	66.6	0.98	3.002	100.00	100.00	99.80	99.40	98.94	98.60	96.30	85.00	78.00	51.00	44.00
FARTURA	EESC			LG'	1.98	32.90	70.0	1.09	2.857	100.00	100.00	99.80	99.30	99.00	98.40	96.00	71.00	68.50	58.00	52.00
SP-333 RIBEIRAO PRETO	EESC			LG'	1.82	60.20	106.1	1.11	3.222	100.00	100.00	100.00	99.70	99.50	99.20	98.20	83.00	77.00	60.00	53.00
DESCALVADO	EESC			LG'	1.93	48.93	107.0	1.13	2.726	100.00	99.90	99.70	98.70	95.10	92.50	68.90	52.00	48.00	38.00	34.00

Anexo 1 - Classificação MCT, Massa Específica dos Sólidos e Granulometria

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	δ	#4,76	#2,00	#1,19	#0,59	#0,42	#0,297	#0,149	#0,074	#0,050	#0,005	#0,002
SP-310 KM 222+800M	EESC			NA	0.30	32.22	291.0	1.52	2.642	100.00	100.00	99.50	96.00	92.00	87.00	42.00	10.00	6.50	6.00	5.00
DOIS CORREGOS ARGILOSO ABAIXO DA LS	EESC			NA'	1.42	32.50	118.5	1.21	2.837	100.00	100.00	99.90	99.80	99.50	99.30	65.00	88.00	85.00	54.00	44.00
TREVO DE IBATE ABAIXO DA LS	EESC			NG'	2.04	46.66	110.1	1.15	2.638	100.00	100.00	99.00	95.00	89.00	79.00	59.00	47.00	44.00	40.00	36.00
PARQUE ITAIPU	EESC			NG'	2.14	30.45	96.8	1.17	2.960	100.00	99.00	99.00	98.60	98.50	97.00	85.00	71.00	69.00	61.00	55.00
FAZENDA SANTA MARIA	EESC			NG'	1.80	45.00	116.8	1.17	3.060	100.00	99.90	99.90	99.70	99.50	99.20	96.50	85.00	82.00	60.00	53.00
SERRA DE RIBEIRAO BONITO	EESC			NG'	2.00	6.67	279.3	1.79	2.984	100.00	100.00	99.80	99.00	99.00	98.00	96.00	76.00	70.00	50.00	35.00
CONTORNO DE ITAPETININGA	EESC			NG'	1.72	5.00	244.8	1.86	2.653	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.50	94.00	89.00	31.00	24.00
CASTELO BRANCO VERDE	EESC			NS'	0.78	17.50	323.6	1.68	2.648	100.00	100.00	94.00	88.00	85.10	83.00	77.00	63.00	58.00	9.00	1.00
CASTELO BRANCO ROSA	EESC			NS'	1.13	3.52	306.6	2.05	2.435	100.00	99.50	97.00	91.00	89.26	88.00	84.00	74.00	70.00	13.00	2.00
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-03 ST-03	II-B A 1/2	LA'	1.40	50.00	50.0	0.96	2.586	100.00	96.98	93.62	86.03	83.92	82.39	75.92	58.00	53.40	46.40	41.22
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-07A ST-07	II-B A 1/2	LA'	1.48	41.67	80.0	1.08	2.573	100.00	96.09	93.11	84.31	81.68	79.77	72.16	54.50	49.60	41.85	37.28
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01 ST-01	II-B A 1/2	LA'	1.25	39.16	80.0	1.09	2.627	100.00	90.30	75.37	47.24	41.66	37.63	30.35	18.00	14.70	11.00	9.22
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-03 ST-03		LA'	1.28	42.68	90.0	1.11	2.560	100.00	98.34	95.53	84.93	78.59	74.00	59.37	48.00	45.30	36.22	32.00
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-02 ST-02	II-B A 1/2	LA'	1.50	70.00	110.0	1.11	2.655	100.00	96.01	91.38	79.65	76.35	73.97	65.36	56.00	52.30	44.80	39.38
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05 ST-05	VII	LA'	1.30	50.00	110.0	1.14	2.667	100.00	99.64	99.33	98.22	97.33	96.68	88.35	66.00	57.74	45.14	40.20
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-06 ST-06		LG'	1.96	84.62	20.0	0.44	2.701	100.00	99.36	97.63	85.66	79.07	74.31	57.90	44.00	41.90	39.10	36.34
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-13 ST-13	II-A	LG'	2.10	106.79	0.0	0.57	2.701	100.00	97.36	94.45	79.64	74.62	70.99	62.40	46.96	44.35	34.15	31.44
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-11A ST-11	II-A	LG'	2.30	103.13	0.0	0.58	2.621	100.00	98.73	98.06	95.44	94.35	93.56	89.06	79.50	76.00	69.80	66.93
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-01 ST-01		LG'	2.16	98.27	0.0	0.59	2.576	100.00	99.33	98.89	97.59	96.51	95.72	86.14	63.32	58.20	45.43	43.60
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-09 ST-09		LG'	2.24	82.73	0.0	0.62	2.600	100.00	99.63	98.68	96.11	90.36	86.20	65.13	52.00	48.10	42.60	41.12
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-13A ST-13	II-A	LG'	2.10	77.94	0.0	0.63	2.653	100.00	99.21	98.58	97.09	96.43	95.95	93.18	87.57	84.71	77.74	73.12
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-16A ST-16	II-A	LG'	2.46	76.59	0.0	0.64	2.693	100.00	98.41	97.57	95.25	93.67	92.53	86.97	79.00	75.00	64.40	60.83
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-09 ST-09	II-A	LG'	2.00	67.00	0.0	0.67	2.983	100.00	99.00	98.83	98.45	98.22	98.06	95.95	84.50	78.66	70.00	66.76
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05 ST-05	II-A	LG'	2.12	87.40	45.0	0.68	2.544	100.00	98.66	97.85	96.40	95.77	95.32	91.33	81.50	76.50	72.33	68.29
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-08 ST-08		LG'	2.08	56.33	0.0	0.71	2.570	100.00	98.60	95.77	86.74	80.54	76.05	61.56	52.83	52.00	48.09	45.44
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04 ST-04	II-A	LG'	2.48	142.40	30.0	0.76	2.565	100.00	96.04	95.23	93.56	92.72	92.12	87.58	75.00	71.20	63.70	62.16
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-06A ST-06		LG'	2.12	42.61	0.0	0.78	2.704	100.00	99.21	97.31	88.18	82.17	77.83	62.31	51.80	50.00	45.61	44.64
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-03 ST-03	II-A	LG'	2.48	112.42	30.0	0.78	2.475	100.00	96.37	93.86	88.84	86.84	85.40	79.73	71.55	66.80	62.63	59.72
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-16 ST-16	II-A	LG'	2.40	40.31	0.0	0.79	2.661	100.00	100.00	99.88	99.77	99.61	99.49	97.29	90.00	85.60	77.90	71.89
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-17 ST-17	II-A	LG'	2.50	83.33	32.0	0.82	2.692	100.00	99.00	98.47	96.72	95.75	95.05	89.94	79.21	74.50	62.40	59.13
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-03 ST-03		LG'	2.14	44.83	10.0	0.82	2.480	100.00	99.32	98.60	96.78	95.53	94.63	83.35	63.00	55.70	42.90	39.95
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-06 ST-06	II-A	LG'	1.60	53.85	20.0	0.82	2.485	100.00	96.91	95.82	93.75	92.86	92.22	87.42	76.00	72.50	64.35	62.51
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-15 ST-15	II-A	LG'	2.10	70.85	30.0	0.84	2.656	100.00	98.33	97.59	95.70	94.74	94.05	89.29	78.00	74.87	67.13	63.61
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-02 ST-02		LG'	2.08	32.06	0.0	0.85	2.735	100.00	99.73	99.29	98.29	97.52	96.97	87.47	76.00	51.25	41.40	38.00
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-18 ST-18	II-A	LG'	2.15	54.60	25.0	0.85	2.647	100.00	99.39	99.18	98.32	97.79	97.41	95.34	89.94	86.70	80.60	76.60
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-08A ST-08	II-B A 1/2	LG'	1.80	70.00	50.0	0.92	2.625	100.00	96.60	93.71	88.84	87.41	86.37	79.92	62.00	55.20	47.78	43.61
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-08A ST-08		LG'	2.60	23.33	0.0	0.95	2.478	100.00	99.59	98.18	89.55	83.41	78.97	65.07	58.40	56.40	52.50	49.26
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-12 ST-12	II-A	LG'	2.04	44.90	40.0	0.95	2.684	100.00	99.31	99.02	98.64	97.87	97.31	91.42	82.70	78.00	67.90	64.71
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-08 ST-08	II-A	LG'	2.08	95.52	80.0	1.00	2.622	100.00	98.68	97.70	95.28	94.30	93.59	89.39	81.74	79.79	67.70	63.66
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-11 ST-11	II-A	LG'	2.30	125.40	88.0	1.01	2.730	100.00	97.35	95.36	90.09	88.26	86.94	81.33	71.50	66.90	54.20	51.29

Anexo 1 - Classificação MCT, Massa Específica dos Sólidos e Granulometria

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	δ	#4,76	#2,00	#1,19	#0,59	#0,42	#0,297	#0,149	#0,074	#0,050	#0,005	#0,002
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-14 ST-14	II-A	LG'	2.16	73.80	76.0	1.01	2.767	99.53	94.21	91.43	86.84	84.72	83.19	81.88	63.50	58.90	44.50	40.61
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-01A ST-01		LG'	2.30	57.33	70.0	1.02	2.661	100.00	98.11	94.23	81.97	74.94	69.86	55.59	45.40	41.20	35.50	32.80
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01 ST-01	II-A	LG'	2.50	54.48	72.0	1.02	2.511	100.00	98.69	98.16	95.99	94.89	94.09	90.00	75.20	72.12	66.20	62.91
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-06 ST-06	II-B A 1/2	LG'	2.00	40.00	55.0	1.02	2.572	100.00	98.53	96.46	90.56	88.94	87.76	81.43	64.50	60.50	50.03	45.65
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-16 ST-16	VII	LG'	2.10	57.78	75.0	1.03	2.634	100.00	99.49	98.88	96.95	96.13	95.54	89.91	68.00	62.20	55.65	52.30
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05A ST-05	II-B A 1/2	LG'	2.20	60.00	80.0	1.04	2.676	100.00	97.82	94.99	89.33	87.72	86.55	81.20	68.13	65.30	53.94	49.14
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-01 ST-01		LG'	1.88	91.38	95.0	1.05	2.608	100.00	97.28	93.64	80.32	72.48	66.81	51.25	41.50	38.60	30.66	28.25
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-07 ST-07	II-A	LG'	2.06	77.40	90.0	1.05	2.618	100.00	99.19	98.39	96.38	95.43	94.74	89.72	80.00	73.40	64.80	61.60
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-09 ST-09	II-B A 1/2	LG'	1.55	55.00	80.0	1.05	2.657	100.00	98.45	94.98	77.37	72.08	68.26	58.52	41.00	35.70	24.10	21.88
HORTO DO IPE	LENC	AM-14A P-14		LG'	2.00	50.92	80.0	1.06	2.510	100.00	98.21	96.37	89.34	83.60	78.09	60.42	50.50	47.50	42.32	39.10
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-02 ST-02	II-A	LG'	2.26	44.87	75.0	1.06	2.751	99.35	94.11	92.72	90.06	88.74	87.78	82.10	68.00	64.60	55.50	53.37
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-04 ST-04		LG'	1.76	50.87	80.0	1.06	2.627	100.00	98.83	98.11	96.13	95.02	94.21	84.07	62.24	54.42	43.40	38.76
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-07 ST-07		LG'	2.14	59.50	86.0	1.06	2.538	100.00	96.44	91.60	80.39	74.50	70.24	56.14	50.38	46.00	36.66	32.63
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-03A ST-03	II-A	LG'	1.78	32.52	60.0	1.07	2.666	100.00	99.72	99.57	98.98	98.28	97.77	93.00	77.50	73.39	60.00	56.78
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-08A ST-08		LG'	2.56	56.04	87.0	1.07	2.489	100.00	98.63	98.25	95.05	93.83	92.94	83.53	65.33	60.40	50.79	45.38
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-05A ST-05		LG'	2.36	64.04	90.0	1.07	2.615	100.00	100.00	99.86	98.96	98.04	97.37	91.70	79.74	75.20	65.90	62.31
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01A ST-01	II-B A 1/2	LG'	2.00	75.00	100.0	1.08	2.687	100.00	98.72	95.05	86.86	84.54	82.87	75.77	59.00	51.70	40.05	37.77
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-08 ST-08	II-B A 1/2	LG'	1.58	40.00	80.0	1.09	2.718	100.00	96.34	91.48	83.07	80.92	79.36	73.79	50.00	43.20	30.82	27.42
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04 ST-04	VII	LG'	1.62	50.00	90.0	1.09	2.548	100.00	98.59	97.64	95.60	94.83	94.28	90.28	81.21	79.10	69.50	64.41
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-07 ST-07	II-B A 1/2	LG'	1.80	48.39	90.0	1.09	2.504	100.00	97.95	96.15	93.32	92.24	91.46	84.77	68.41	61.70	51.18	46.51
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-02 ST-02		LG'	1.88	80.00	107.0	1.10	2.667	100.00	99.29	97.98	90.90	87.40	84.86	63.42	34.00	28.50	23.11	19.00
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04A ST-04	II-A	LG'	1.52	70.47	105.0	1.10	2.582	100.00	96.29	95.45	93.54	92.62	91.96	87.21	79.00	74.41	65.50	62.79
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-06A ST-06	II-B A 1/2	LG'	1.84	35.00	75.0	1.10	2.693	100.00	99.14	97.96	94.20	92.80	91.79	85.76	69.00	65.03	53.70	48.94
HORTO DO IPE	LENC	AM-27A P-27		LG'	1.70	78.79	110.0	1.11	2.591	100.00	90.22	85.99	77.03	72.50	68.14	53.95	39.00	36.60	25.48	22.50
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-08 ST-08		LG'	2.60	61.86	105.0	1.11	2.467	100.00	98.93	98.14	96.22	95.22	94.50	81.91	60.00	53.50	38.80	33.00
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-09 ST-09		LG'	1.68	62.24	104.0	1.11	2.554	100.00	98.79	97.85	95.41	94.40	93.67	83.95	64.93	59.20	48.70	42.98
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-16 ST-16		LG'	2.60	60.33	110.0	1.13	2.677	100.00	96.63	94.45	90.99	89.81	88.95	79.21	58.00	50.26	39.73	33.68
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-10 ST-10	II-A	LG'	2.02	40.60	95.0	1.13	2.697	100.00	99.28	98.60	96.36	95.31	94.55	89.52	77.00	71.50	60.00	57.23
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-06 ST-06		LG'	1.88	45.50	105.0	1.14	2.593	100.00	98.47	97.95	94.72	92.38	90.69	78.79	58.00	50.10	38.00	34.00
HORTO DO IPE	LENC	AM-13A P-13		LG'	2.16	45.00	104.0	1.14	2.650	100.00	98.41	96.69	88.93	82.60	77.06	60.42	48.00	46.50	36.00	31.74
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-06A ST-06		LG'	2.04	42.93	107.0	1.15	2.542	100.00	97.22	93.91	88.50	86.57	85.18	73.79	46.80	41.20	33.00	29.00
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04 ST-04	II-B A 1/2	LG'	1.62	36.80	100.0	1.15	2.660	100.00	98.76	97.09	94.00	92.87	92.06	86.36	71.00	64.20	53.70	48.25
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-01 ST-01		LG'	1.78	60.70	120.0	1.15	2.557	100.00	93.49	85.15	69.84	66.47	64.03	50.72	33.62	28.50	21.62	19.84
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05A ST-05	VII	NA	0.50	15.00	275.0	1.59	2.578	100.00	99.63	99.13	97.73	97.05	96.55	85.13	56.00	50.10	24.17	18.09
HORTO DO IPE	LENC	AM-23A P-23		NA'	1.16	42.42	105.0	1.15	2.607	100.00	96.72	92.92	81.50	74.20	67.06	48.31	34.50	31.00	15.00	10.00
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-04 ST-04		NA'	1.40	49.17	115.0	1.16	2.649	100.00	96.17	90.38	80.19	77.08	74.83	58.04	33.50	25.00	19.11	17.80
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05 ST-05	II-B A 1/2	NA'	1.32	27.77	90.0	1.17	2.611	100.00	93.87	87.48	77.13	70.64	65.94	55.13	42.00	36.30	25.60	22.90
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-04A ST-04		NA'	1.06	30.42	230.0	1.20	2.571	98.35	96.22	92.93	73.85	68.08	63.91	55.47	47.87	45.20	24.20	6.97
HORTO DO IPE	LENC	AM-26A P-26		NA'	1.00	21.20	84.0	1.21	2.737	100.00	94.98	92.60	84.53	80.00	76.08	64.12	46.50	41.00	10.00	7.00
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-03 ST-03		NA'	1.30	1.25	153.0	1.25	2.508	100.00	97.63	94.69	89.52	86.85	84.92	63.82	35.50	28.00	21.00	16.00

Anexo 1 - Classificação MCT, Massa Específica dos Sólidos e Granulometria

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	δ	#4,76	#2,00	#1,19	#0,59	#0,42	#0,297	#0,149	#0,074	#0,050	#0,005	#0,002
HORTO DO IPE	LENC	AM-20A P-20		NA'	1.00	22.32	115.0	1.27	2.604	100.00	99.55	98.86	93.46	87.70	81.69	57.81	39.50	36.80	17.50	13.80
HORTO DO IPE	LENC	AM-21 P-21		NA'	1.36	14.15	68.0	1.28	2.665	100.00	92.05	88.03	78.49	73.20	68.26	52.64	38.50	35.00	21.18	15.80
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-05 ST-05		NA'	0.92	20.14	117.0	1.29	2.724	98.37	94.63	91.72	76.89	66.69	59.31	40.79	27.00	24.40	10.74	8.14
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-03A ST-03		NA'	1.24	24.14	135.0	1.30	2.656	100.00	99.04	97.17	88.52	82.29	77.79	61.91	51.00	47.50	23.78	18.37
HORTO DO IPE	LENC	AM-22A P-22		NA'	1.34	17.59	112.0	1.31	2.563	100.00	99.36	98.18	91.20	85.00	79.02	60.73	45.50	40.00	21.00	14.00
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-04 ST-04		NA'	1.14	18.78	120.0	1.31	2.707	100.00	98.01	94.81	81.24	73.97	68.71	52.14	42.00	36.40	16.12	5.44
HORTO DO IPE	LENC	AM-18B P-18		NA'	1.14	14.63	105.0	1.34	2.614	100.00	99.80	99.21	92.31	83.20	74.19	48.48	31.05	26.60	8.30	4.53
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-07 ST-07		NA'	1.28	15.93	120.0	1.35	2.703	100.00	99.21	97.80	86.79	78.52	72.54	56.35	47.40	44.20	16.46	6.79
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-07A ST-07	II-A	NA'	0.69	55.26	289.0	1.48	2.573	100.00	100.00	99.88	99.58	99.23	98.98	79.36	43.00	30.40	5.00	2.00
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-10 ST-10	VII	NA'	0.76	20.00	225.0	1.48	2.660	100.00	99.61	99.27	96.49	94.70	93.40	79.47	54.00	47.40	21.23	14.68
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-06 ST-06		NA'	0.92	23.17	260.0	1.51	2.691	99.51	98.16	96.26	84.66	76.07	69.86	51.91	38.00	34.70	13.50	5.49
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-03A ST-03		NA'	1.00	33.06	284.0	1.51	2.500	100.00	99.28	98.58	97.38	95.64	94.38	70.68	38.87	29.45	10.70	7.38
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-03A ST-03	II-B A 1/2	NA'	0.72	20.00	260.0	1.53	2.701	100.00	99.76	99.40	97.82	96.72	95.92	87.56	56.00	45.50	11.60	7.80
HORTO DO IPE	LENC	AM-17A P-17		NA'	0.92	28.76	286.0	1.53	2.556	100.00	99.14	97.67	90.73	79.90	79.26	59.65	46.10	41.60	23.00	18.06
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04A ST-04	VII	NA'	0.53	10.00	225.0	1.62	2.450	100.00	99.77	99.56	98.62	97.91	97.40	85.67	56.05	49.30	18.10	14.04
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-11A ST-11	VII	NA'	0.41	10.00	225.0	1.62	2.683	100.00	99.80	99.58	99.06	98.08	97.37	80.70	49.60	42.20	14.00	10.20
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-14 ST-14	VII	NA'	0.70	10.00	249.0	1.65	2.736	100.00	99.43	98.57	96.41	95.32	94.53	82.09	55.79	46.50	19.73	17.77
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-08 ST-08	VII	NA'	0.60	10.00	270.0	1.67	2.725	100.00	100.00	99.66	98.75	98.00	97.46	84.09	58.72	50.60	17.99	13.62
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-03 ST-03	VII	NA'	0.61	10.00	275.0	1.68	2.514	100.00	99.69	99.42	98.21	97.35	96.72	79.49	51.50	42.00	15.00	12.14
HORTO DO IPE	LENC	AM-14B P-14		NG'	2.32	32.99	100.0	1.17	2.670	100.00	99.45	98.23	93.49	89.70	85.71	71.37	62.00	58.41	45.00	41.00
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05A ST-05	II-A	NG'	1.96	50.00	120.0	1.17	2.597	100.00	98.89	98.51	97.87	97.14	96.62	92.01	81.17	73.00	43.51	34.45
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-02 ST-02	VII	NG'	2.10	31.70	100.0	1.18	2.717	100.00	98.10	97.00	94.74	93.96	93.40	86.74	67.50	59.60	47.70	42.49
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-11 ST-11	VII	NG'	1.66	30.00	100.0	1.18	2.721	100.00	99.01	98.48	97.56	96.78	96.21	90.47	72.00	64.60	51.60	48.35
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05 ST-05	II-B A 3	NG'	2.16	40.61	114.0	1.18	2.716	100.00	95.88	93.50	89.48	86.83	84.92	78.72	64.50	57.37	45.90	40.19
HORTO DO IPE	LENC	AM-25A P-25		NG'	1.68	25.23	90.0	1.19	2.683	100.00	99.44	99.09	95.41	91.00	86.71	72.61	64.00	58.08	52.00	48.30
HORTO DO IPE	LENC	AM-25C P-25		NG'	2.00	26.97	96.0	1.19	2.471	100.00	98.48	97.39	91.70	86.50	80.96	63.27	52.50	49.00	37.00	33.00
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-14 ST-14		NG'	1.98	25.87	90.0	1.19	2.665	100.00	98.83	98.02	96.50	95.68	95.08	84.74	62.00	54.20	44.20	38.50
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-18 ST-18	VII	NG'	1.94	34.70	110.0	1.19	2.740	100.00	96.99	96.24	94.88	93.82	93.05	87.26	67.00	59.00	43.80	39.40
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-06 ST-06		NG'	2.04	37.80	120.0	1.20	2.561	100.00	93.58	90.31	85.93	82.97	80.83	65.26	38.09	30.70	23.55	20.11
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-10 ST-10		NG'	2.28	33.54	130.0	1.24	2.623	100.00	98.20	96.60	93.04	91.32	90.08	77.61	55.39	49.50	38.20	33.69
HORTO DO IPE	LENC	AM-19B P-19		NG'	2.12	19.81	100.0	1.26	2.531	100.00	99.05	97.66	90.45	84.80	78.82	62.79	51.50	49.00	41.54	38.00
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-13 ST-13		NG'	2.06	39.71	156.0	1.27	2.730	100.00	98.33	97.36	95.61	94.84	94.28	83.60	58.00	53.00	41.80	33.50
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-11 ST-11		NG'	2.36	31.97	170.0	1.32	2.439	100.00	99.02	98.37	96.84	96.01	95.41	84.71	67.20	59.20	43.70	37.00
HORTO DO IPE	LENC	AM-19A P-19		NG'	1.88	19.17	130.0	1.33	2.624	100.00	97.59	95.97	90.38	87.70	85.23	69.86	53.00	50.50	35.80	31.00
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-17 ST-17		NG'	1.80	24.04	154.0	1.33	2.564	100.00	96.89	92.61	86.82	85.21	84.04	73.18	44.00	36.50	29.52	25.00
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-05 ST-05		NG'	1.62	22.58	155.0	1.35	2.553	100.00	97.69	93.04	83.23	79.50	76.80	57.17	28.50	22.50	17.00	14.10
HORTO DO IPE	LENC	AM-28A P-28		NG'	1.50	13.40	100.0	1.36	2.695	100.00	98.38	97.20	92.26	88.40	83.89	67.90	55.50	51.76	39.50	35.00
HORTO DO IPE	LENC	AM-18A P-18		NG'	2.44	12.40	100.0	1.38	2.651	100.00	99.15	98.59	94.02	88.80	83.82	66.30	52.00	49.30	36.00	32.00
HORTO DO IPE	LENC	AM-13B P-13		NG'	2.24	15.73	142.0	1.39	2.608	100.00	99.81	99.71	97.14	98.00	88.22	72.34	60.50	59.20	43.15	37.80
HORTO DO IPE	LENC	AM-30A P-30		NG'	1.64	14.49	150.0	1.42	2.584	100.00	99.06	98.39	90.93	85.30	80.35	62.07	44.00	41.50	27.50	22.00

Anexo 1 - Classificação MCT, Massa Específica dos Sólidos e Granulometria

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	δ	#4,76	#2,00	#1,19	#0,59	#0,42	#0,297	#0,149	#0,074	#0,050	#0,005	#0,002
HORTO DO IPE	LENC	AM-15A P-15		NG'	1.60	20.00	194.0	1.43	2.529	100.00	96.46	95.13	93.41	87.60	81.64	62.32	52.30	47.20	32.60	29.06
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-12 ST-12		NG'	1.52	36.63	240.0	1.43	2.433	100.00	99.75	99.62	98.86	98.33	97.95	88.40	66.95	60.50	31.70	25.89
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-02 ST-02		NG'	1.60	30.76	240.0	1.45	2.602	100.00	96.90	90.61	78.70	73.00	68.87	58.63	51.00	47.00	23.65	17.34
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-10 ST-10		NG'	1.92	8.70	103.0	1.49	2.454	100.00	99.71	99.05	90.95	85.51	81.57	72.99	47.00	44.60	35.40	33.23
HORTO DO IPE	LENC	AM-28B P-28		NG'	1.76	23.64	255.0	1.50	2.647	100.00	99.71	99.04	93.68	88.50	84.06	66.78	54.50	52.00	39.00	34.50
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-10B ST-10		NG'	1.80	8.10	100.0	1.50	2.608	100.00	98.29	96.18	86.28	78.91	73.58	59.39	49.00	45.22	34.01	31.30
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-07 ST-07		NG'	1.84	21.88	270.0	1.53	2.516	100.00	98.13	97.30	96.30	94.99	94.04	81.29	54.00	43.80	29.00	24.26
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-15A ST-15	II-A	NG'	1.68	23.48	310.0	1.58	2.826	100.00	99.46	99.16	98.06	96.84	95.95	79.09	50.00	42.10	10.94	7.51
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-15 ST-15		NG'	1.52	8.36	250.0	1.70	2.524	100.00	98.91	98.56	96.95	95.43	94.33	81.66	57.00	51.20	33.97	26.10
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01 ST-01	VII	NG'	1.76	5.10	100.0	1.70	2.533	100.00	97.72	96.19	93.90	93.13	92.57	87.17	71.00	61.70	48.26	44.22
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-17A ST-17	II-A	NG'	1.94	4.62	125.0	1.77	2.483	100.00	98.37	97.82	96.11	95.04	94.27	80.47	52.50	45.60	33.87	30.27
HORTO DO IPE	LENC	AM-29A P-29		NS'	1.28	1.00	250.0	1.35	2.668	100.00	99.44	98.67	93.15	87.60	81.59	62.18	45.00	42.00	18.20	13.00
HORTO DO IPE	LENC	AM-25B P-25		NS'	1.32	22.71	183.0	1.39	2.639	100.00	99.59	99.44	94.51	89.10	84.15	65.82	52.50	47.00	31.22	24.00
HORTO DO IPE	LENC	AM-16A P-16		NS'	1.20	16.49	183.0	1.45	2.445	100.00	99.53	98.95	93.04	88.30	82.82	64.02	51.00	45.15	27.10	23.05
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-09A ST-09	II-B A 1/2	NS'	1.35	30.00	250.0	1.47	2.688	100.00	97.77	96.98	96.30	95.60	95.09	89.61	71.84	64.60	43.54	40.44
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-06 ST-06	II-B A 3	NS'	1.05	16.78	220.0	1.50	2.489	100.00	92.16	88.45	78.66	73.07	69.03	59.11	46.00	39.60	14.60	11.53
HORTO DO IPE	LENC	AM-21A P-21		NS'	1.38	26.20	275.0	1.52	2.520	100.00	99.54	98.77	92.71	87.50	81.99	63.31	54.40	50.00	25.50	20.00
HORTO DO IPE	LENC	AM-19C P-19		NS'	1.14	7.57	100.0	1.54	2.722	100.00	99.73	98.46	89.66	82.90	76.34	53.88	38.00	35.00	13.17	9.00
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-04 ST-04		NS'	1.04	15.16	240.0	1.55	2.664	100.00	96.11	90.19	70.23	64.44	60.25	51.76	44.00	40.15	21.28	10.65
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04A ST-04	II-B A 1/2	NS'	1.10	10.00	270.0	1.55	2.656	100.00	100.00	99.65	96.05	76.49	62.34	86.01	47.35	28.80	5.20	3.49
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-06B ST-06	II-B A 1/2	NS'	1.25	20.00	270.0	1.55	2.716	100.00	99.80	99.43	98.14	97.28	96.66	92.05	70.50	61.50	17.50	12.17
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05A ST-05	II-B A 3	NS'	1.00	19.00	300.0	1.59	2.738	100.00	98.68	97.87	95.26	93.48	92.20	82.54	56.02	48.71	8.05	4.93
HORTO DO IPE	LENC	AM-24A P-24		NS'	1.24	16.12	290.0	1.61	2.499	100.00	98.64	97.95	94.67	85.00	75.53	53.08	41.15	35.90	10.42	5.56
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-05 ST-05		NS'	1.14	6.74	125.0	1.62	2.687	100.00	99.80	99.22	92.74	86.41	81.83	63.56	46.00	38.62	18.95	7.84
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-02 ST-02	II-B A 3	NS'	0.92	15.00	290.0	1.62	2.733	100.00	98.90	97.20	90.25	86.86	84.41	75.20	60.00	53.53	22.68	17.47
HORTO DO IPE	LENC	AM-12A P-12		NS'	1.28	11.26	250.0	1.62	2.567	100.00	99.39	98.62	94.10	89.00	84.78	67.78	54.00	48.60	25.00	17.05
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-03 ST-03	II-B A 3	NS'	0.80	15.00	290.0	1.62	2.775	100.00	99.84	99.69	98.92	96.70	95.10	80.83	49.50	42.60	9.33	6.47
HORTO DO IPE	LENC	AM-15B P-15		NS'	1.18	12.00	180.0	1.63	2.712	100.00	99.81	99.38	97.53	96.00	94.61	88.49	75.50	70.00	26.96	17.90
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-12 ST-12	VII	NS'	1.03	12.50	300.0	1.66	2.558	100.00	100.00	99.77	99.06	98.27	97.70	75.11	42.42	32.00	10.00	4.71
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01A ST-01	II-B A 3	NS'	0.70	10.00	270.0	1.67	2.732	100.00	99.41	99.15	97.86	96.06	94.76	80.92	55.00	47.10	4.10	3.25
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-15 ST-15	VII	NS'	0.80	10.00	270.0	1.67	2.743	100.00	99.77	99.48	97.94	96.91	96.17	82.03	45.00	36.10	6.10	2.87
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-07 ST-07	VII	NS'	1.10	11.82	295.0	1.67	2.665	100.00	100.00	99.85	99.46	98.81	98.34	87.57	60.07	51.30	16.40	12.23
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-03 ST-03		NS'	1.08	9.69	266.0	1.68	2.471	100.00	97.84	95.16	80.23	71.28	64.81	46.96	36.52	33.20	12.60	5.74
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-06A ST-06	II-B A 3	NS'	0.82	10.00	280.0	1.69	2.619	100.00	99.66	99.51	98.64	97.85	97.28	89.99	66.00	51.70	7.50	5.23
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04 ST-04	II-B A 3	NS'	0.80	10.00	300.0	1.71	2.778	100.00	99.82	99.42	98.18	97.14	96.38	88.54	62.39	55.40	7.55	2.84
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-02A ST-02	VII	NS'	0.86	10.00	305.0	1.72	2.545	100.00	100.00	99.92	98.83	98.11	97.59	78.14	45.00	36.50	11.50	6.81
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-02 ST-02		NS'	1.14	8.81	290.0	1.73	2.660	99.04	95.70	92.77	84.49	79.07	75.15	61.20	49.85	44.40	19.80	11.54
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-18A ST-18	II-A	NS'	0.82	9.00	303.0	1.74	2.608	100.00	99.86	99.76	99.41	98.80	98.36	88.24	58.53	44.00	7.00	3.25
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-01 ST-01		NS'	1.44	7.00	250.0	1.75	2.676	98.95	96.18	93.64	83.73	76.44	71.17	54.32	40.00	36.35	17.30	9.23
HORTO DO IPE	LENC	AM-27B P-27		NS'	1.06	6.53	300.0	1.82	2.401	100.00	100.00	100.00	99.38	96.50	94.15	72.67	57.50	52.50	20.00	11.50

Anexo 1 - Classificação MCT, Massa Específica dos Sólidos e Granulometria

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	δ	#4,76	#2,00	#1,19	#0,59	#0,42	#0,297	#0,149	#0,074	#0,050	#0,005	#0,002
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-13 ST-13	VII	NS'	0.90	5.45	280.0	1.86	2.750	100.00	99.92	99.83	98.98	98.02	97.32	77.33	44.00	34.80	6.92	4.23
HORTO DO IPE	LENC	AM-26B P-26		NS'	1.36	4.26	185.0	1.87	2.612	100.00	100.00	99.70	96.28	92.00	87.40	66.48	47.00	42.50	13.00	9.70
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-18A ST-18	VII	NS'	0.90	4.54	250.0	1.90	2.734	100.00	99.58	98.97	97.63	96.93	96.43	84.00	58.00	47.10	19.20	17.31
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-02A ST-02	II-A	NS'	1.04	3.77	263.0	1.99	2.703	100.00	99.45	99.10	97.86	96.04	94.73	84.60	57.00	46.60	13.62	8.89
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05B ST-05	II-A	NS'	0.62	3.70	270.0	2.01	2.718	100.00	99.78	99.38	97.85	97.04	96.46	81.86	48.00	38.60	11.10	9.37
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-14A ST-14	II-A	NS'	1.28	3.03	245.0	2.08	2.614	100.00	98.09	96.89	94.64	93.72	93.06	88.27	81.00	72.90	64.00	62.63
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01 ST-01	II-B A 3	NS'	0.75	2.67	270.0	2.17	2.625	100.00	99.16	98.14	91.94	85.76	81.29	64.94	50.00	48.00	41.84	38.20
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-17 ST-17	VII	NS'	1.10	2.50	290.0	2.21	2.654	100.00	100.00	99.92	99.56	98.78	98.21	76.49	48.77	39.00	13.60	11.08
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01A ST-01	II-A	NS'	0.60	0.84	250.0	2.97	2.485	100.00	99.89	99.71	98.23	97.41	96.81	77.63	41.00	33.30	11.60	5.85
PONTO 253	Noris			LA'	1.30	77.30	31.0	0.83	2.656	100.00	100.00	94.00	77.50	69.67	64.00	52.00	30.00	29.00	22.00	19.00
PONTO 009	Noris			LA'	1.18	46.00	67.2	1.03	2.652	100.00	100.00	100.00	97.00	89.17	83.50	42.50	24.00	22.00	18.00	18.00
PONTO 272	Noris			LG'	1.99	60.50	33.9	0.87	3.008	100.00	100.00	100.00	99.00	97.50	94.00	81.00	67.50	64.00	54.00	48.00
PONTO 123	Noris			LG'	2.02	53.60	71.2	1.03	2.665	100.00	100.00	100.00	91.00	89.50	85.00	79.00	64.00	62.00	51.00	43.00
PONTO 109	Noris			LG'	2.22	62.50	79.4	1.04	2.698	100.00	98.00	96.00	90.00	87.00	84.00	75.00	62.00	58.50	50.50	48.00
PONTO 101	Noris			LG'	1.98	73.80	102.5	1.09	2.980	100.00	100.00	100.00	100.00	99.50	98.00	90.00	76.00	72.00	63.50	55.00
PONTO 078	Noris			LG'	1.96	47.20	93.5	1.11	2.721	100.00	100.00	99.00	96.00	92.50	88.00	74.50	62.50	59.00	49.00	43.50
PONTO 055	Noris			LG'	2.00	42.10	102.3	1.14	2.610	100.00	100.00	100.00	99.00	98.00	97.00	91.00	66.00	59.00	37.00	32.00
PONTO 211	Noris			LG'	2.32	43.00	104.7	1.15	2.605	100.00	100.00	100.00	96.00	91.00	85.50	73.00	63.00	61.00	53.50	48.00
PONTO 248	Noris			NA	0.20	52.50	243.4	1.41	2.648	100.00	100.00	100.00	97.00	90.00	78.00	31.00	16.00	14.00	6.00	0.10
PONTO 193	Noris			NA'	0.78	23.70	130.6	1.29	2.628	100.00	100.00	100.00	98.00	96.00	89.00	53.00	30.00	24.50	12.00	5.50
PONTO 271	Noris			NG'	1.92	17.10	54.9	1.19	2.760	100.00	100.00	98.00	93.50	90.50	87.50	81.00	73.00	68.50	53.50	46.00
PONTO 217-A	Noris			NG'	2.10	12.50	107.5	1.39	2.689	100.00	100.00	95.00	86.00	84.00	81.00	74.00	66.00	63.00	46.00	37.00
PONTO 070-B	Noris			NG'	1.85	51.70	246.2	1.42	2.604	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.00	80.00	54.00	48.00	27.00	21.50
PONTO 220	Noris			NS'	1.40	29.90	203.0	1.39	2.669	100.00	100.00	96.50	91.00	87.50	84.00	78.00	66.00	61.00	26.00	9.50
PONTO 217-B	Noris			NS'	1.00	18.50	265.8	1.55	2.695	100.00	100.00	100.00	99.00	98.00	96.00	65.00	39.00	31.00	19.00	14.00
PONTO 213	Noris			NS'	1.02	10.40	252.8	1.65	2.501	100.00	100.00	100.00	89.00	81.00	73.00	56.50	44.00	38.00	12.50	7.50
PONTO 285	Noris			NS'	0.75	12.30	305.0	1.67	2.682	100.00	100.00	96.00	86.50	81.00	75.00	63.00	50.00	44.00	10.00	5.00
PONTO 024	Noris			NS'	1.32	9.60	317.8	1.74	2.826	100.00	100.00	98.00	88.00	83.00	76.00	62.00	44.00	40.00	16.00	5.50
PONTO 128	Noris			NS'	1.10	7.73	280.1	1.75	2.695	100.00	100.00	98.00	86.50	83.00	78.00	67.00	56.00	49.00	16.00	4.00
FILITO - BOCOROCA	Teresinha			NG'	1.75	15.79	83.1	1.28	2.650	99.00	96.00	95.00	94.00	91.68	90.00	91.00	86.00	74.00	46.00	37.00
APIAI - VALE DO RIBEIRA	Teresinha			NG'	1.70	8.43	106.2	1.51	3.070	100.00	99.00	99.00	98.00	96.26	95.00	89.00	79.00	72.00	42.00	27.00
SANTA EFIGENIA - AMARELO	Teresinha			NG'	1.68	8.50	122.9	1.53	2.890	100.00	99.00	99.00	99.00	98.42	98.00	98.00	95.00	77.00	50.00	43.00
SANTA EFIGENIA - VERMELHO	Teresinha			NA'	1.25	17.00	77.3	1.25	2.790	100.00	100.00	99.72	99.05	98.70	98.45	95.20	83.00	71.50	56.00	49.79
PADRE FARIA	Teresinha			NS'	1.40	10.11	94.4	1.43	2.960	99.00	95.00	95.00	93.00	91.26	90.00	83.00	70.00	65.00	41.00	35.00
ESCADINHA	Teresinha			NS'	0.50	5.11	349.3	1.95	2.780	98.00	96.00	95.00	94.00	92.26	91.00	83.00	74.00	60.00	7.00	3.00
ITACOLOMI	Teresinha			NS'	0.85	3.16	327.8	2.12	3.020	100.00	99.67	99.40	98.36	97.47	96.83	94.58	93.40	92.50	31.50	3.77
SANTA EFIGENIA - PRETO	Teresinha			NS'	1.20	2.70	295.3	2.18	2.720	98.00	94.00	93.00	90.00	88.84	88.00	80.00	74.00	71.00	42.00	25.00
SP-310 KM 316+800 ACIMA DA LS	UFSCAR			LA'	1.49	53.33	0.0	0.72	2.711	100.00	100.00	99.50	99.00	36.00	87.00	51.00	36.00	32.00	29.00	27.00
DOIS CORREGOS ARENOSO ABAIXO DA LS	UFSCAR			LA'	1.38	82.72	58.5	0.99	2.703	100.00	100.00	100.00	99.00	95.00	86.00	46.00	26.00	22.50	20.00	19.00
DOIS CORREGOS ARENOSO ACIMA DA LS	UFSCAR			LA'	0.86	56.00	109.3	1.13	2.675	100.00	100.00	99.50	99.00	95.00	85.00	40.50	19.00	18.00	16.00	15.00

Anexo 1 - Classificação MCT, Massa Específica dos Sólidos e Granulometria

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	δ	#4,76	#2,00	#1,19	#0,59	#0,42	#0,297	#0,149	#0,074	#0,050	#0,005	#0,002
DOIS CORREGOS ARGILOSO ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	2.07	65.83	0.0	0.67	2.958	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	97.00	93.00	55.00	39.80
SP-326 KM 328+500 ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	2.06	85.63	17.1	0.74	2.748	100.00	100.00	100.00	99.00	93.00	87.00	66.00	51.00	47.00	43.00	40.00
SP-305 ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	1.81	37.78	0.0	0.81	2.716	100.00	100.00	100.00	99.00	97.00	90.50	61.00	43.00	38.00	31.50	30.50
SP-310 KM 355+800 ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	1.88	81.67	31.6	0.82	2.701	100.00	100.00	100.00	99.50	98.00	92.00	58.50	36.00	31.00	26.50	24.50
MONTE ALTO - TAQUARITINGA ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	1.74	38.57	9.0	0.85	2.719	100.00	100.00	100.00	91.00	97.00	98.50	56.00	36.00	33.00	28.00	26.50
SP-305 ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	2.40	42.65	17.2	0.86	2.741	100.00	100.00	100.00	99.00	97.00	92.50	74.00	59.00	53.50	44.50	40.00
SP-326 KM 328+500 ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	2.10	84.62	61.8	0.95	2.758	100.00	100.00	100.00	98.00	92.00	85.00	63.00	49.00	44.00	41.50	39.00
SP-310 KM 355+500 ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	2.03	56.86	64.8	0.99	2.741	100.00	100.00	100.00	100.00	98.00	100.00	100.00	99.00	87.00	35.00	29.00
BORACEIA ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	2.12	93.30	75.0	0.99	2.740	100.00	100.00	100.00	99.00	94.94	92.00	64.00	39.00	33.50	28.50	27.00
SP-310 KM 316+800 ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	1.82	99.17	90.8	1.04	2.701	100.00	100.00	100.00	99.00	94.00	84.00	53.00	36.00	32.00	26.00	21.00
SP-310 KM 355+800 ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	1.80	91.53	97.4	1.06	2.695	100.00	100.00	100.00	99.00	97.00	90.50	56.00	38.00	31.00	24.50	22.00
BORACEIA ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	2.21	95.71	6.9	1.06	2.741	100.00	100.00	100.00	99.00	94.94	92.00	62.00	40.00	34.00	28.50	26.00
MONTE ALTO - TAQUARITINGA ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	1.90	36.25	70.8	1.08	2.736	100.00	100.00	100.00	99.00	97.00	88.50	59.00	42.00	36.00	26.50	23.00
SP-310 KM 355+500 ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	2.03	80.00	104.3	1.09	2.700	100.00	100.00	100.00	99.00	98.00	90.00	58.00	36.00	31.50	24.00	21.00
DOIS CORREGOS ARGILOSO ABAIXO DA LS	UFSCAR			NA'	1.42	32.50	118.5	1.21	3.040	100.00	100.00	100.00	99.00	99.00	97.00	88.00	77.00	73.00	57.00	45.00
SP-323 ACIMA DA LS	UFSCAR			NG'	2.15	96.97	154.1	1.20	2.672	100.00	100.00	99.00	94.50	85.00	75.00	54.50	37.00	32.00	26.00	24.00
SP-323 ABAIXO DA LS	UFSCAR			NG'	1.80	20.50	93.3	1.24	2.676	100.00	100.00	99.50	93.50	74.00	63.50	44.00	34.00	32.50	24.00	20.50

Anexo 1 - Classificação MCT e Resultados dos Ensaio de Azul de Metileno

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	#0,005	#0,002	Va A	CA 5 A	CA 2 A	Va N	CA 5 N	CA 2 N	Va B	CA 5 B	CA 2 B
PR-49	ALFREDO			LA	0.44	54.00	100.0	1.11	8.55	7.45	1.78	20.8	23.8	2.66	31.2	35.8	5.10	59.7	68.5
PR-23	ALFREDO			LA	0.60	62.86	120.0	1.15	5.31	3.00	2.11	39.7	70.3	3.28	61.8	109.4	5.62	105.9	187.5
PR-21	ALFREDO			LA	0.43	44.76	125.0	1.19	6.00	5.00	1.92	32.1	38.5	2.89	48.1	57.7	5.39	89.8	107.8
PR-47	ALFREDO			LA	0.34	23.75	105.0	1.24	3.50	1.90	1.05	30.1	55.5	1.84	52.7	97.0	3.95	112.9	207.9
PR-14	ALFREDO			LA	0.40	19.17	117.0	1.30	6.00	5.00	2.42	40.4	48.5	3.46	57.7	69.2	5.54	92.3	110.7
PR-12	ALFREDO			LA	0.40	30.71	160.0	1.31	7.00	5.00	1.38	19.8	27.7	2.13	30.4	42.6	4.26	60.8	85.1
PR-45	ALFREDO			LA	0.44	77.50	160.0	1.33	4.16	2.50	1.72	41.4	68.9	3.01	72.4	120.5	5.81	139.7	232.4
PR-42	ALFREDO			LA'	1.24	75.88	5.0	0.68	14.75	14.75	2.56	17.3	17.3	4.16	28.2	28.2	8.31	56.3	56.3
PR-41	ALFREDO			LA'	1.20	35.86	0.0	0.82	18.00	18.00	2.04	11.3	11.3	3.49	19.4	19.4	6.40	35.6	35.6
PR-05	ALFREDO			LA'	0.64	54.55	55.0	0.97	5.00	2.00	1.52	30.4	75.9	2.53	50.6	126.5	4.30	86.0	215.1
PR-50	ALFREDO			LA'	0.96	33.33	55.0	1.05	13.00	12.26	2.06	15.9	16.8	3.09	23.8	25.2	6.19	47.6	50.5
PR-02	ALFREDO			LA'	0.88	33.86	90.0	1.14	6.20	5.67	2.11	34.0	37.1	3.16	51.0	55.7	4.47	72.2	78.9
PR-18	ALFREDO			LA'	0.72	37.40	95.0	1.14	7.93	5.66	1.60	20.2	28.3	2.67	33.6	47.1	5.07	63.9	89.6
PR-13	ALFREDO			LA'	0.82	42.14	100.0	1.14	10.00	8.00	2.12	21.2	26.5	2.82	28.2	35.3	4.71	47.1	58.8
PR-48	ALFREDO			LG'	1.60	84.54	0.0	0.61	42.00	42.00	5.71	13.6	13.6	8.57	20.4	20.4	16.56	39.4	39.4
PR-36	ALFREDO			LG'	1.66	62.00	0.0	0.68	36.50	36.00	6.33	17.4	17.6	8.64	23.7	24.0	15.55	42.6	43.2
PR-26	ALFREDO			LG'	1.60	76.40	40.0	0.87	25.60	23.68	2.86	11.2	12.1	3.82	14.9	16.1	7.16	28.0	30.2
PR-57	ALFREDO			LG'	1.84	25.83	18.0	0.98	51.60	47.84	8.05	15.6	16.8	11.71	22.7	24.5	23.42	45.4	48.9
PR-35	ALFREDO			LG'	1.56	26.64	30.0	1.02	18.00	16.00	3.29	18.3	20.6	4.76	26.4	29.7	9.15	50.8	57.2
PR-39	ALFREDO			LG'	1.52	127.14	105.0	1.06	36.50	33.75	7.32	20.1	21.7	12.95	35.5	38.4	25.35	69.4	75.1
PR-08	ALFREDO			LG'	1.60	57.25	100.0	1.11	21.02	17.10	3.43	16.3	20.1	5.34	25.4	31.2	7.25	34.5	42.4
PR-54	ALFREDO			LG'	1.68	68.57	110.0	1.12	35.80	32.04	9.49	26.5	29.6	11.86	33.1	37.0	23.12	64.6	72.2
PR-59	ALFREDO			NA	0.60	10.00	90.0	1.42	0.90	0.15	0.73	81.5	489.2	0.98	108.7	652.3	1.90	210.6	1263.8
PR-37	ALFREDO			NA	0.34	17.21	235.0	1.52	6.00	5.97	0.72	11.9	12.0	1.29	21.5	21.6	2.43	40.6	40.8
PR-22	ALFREDO			NA	0.28	8.00	140.0	1.57	3.00	2.00	0.27	9.1	13.6	0.45	15.1	22.6	0.91	30.2	45.3
PR-46	ALFREDO			NA	0.28	8.77	180.0	1.60	4.70	3.95	2.56	54.4	64.7	3.63	77.3	91.9	6.86	145.9	173.6
PR-51	ALFREDO			NA	0.52	5.55	75.0	1.63	10.00	8.89	1.13	11.3	12.7	2.03	20.3	22.8	4.05	40.5	45.6
PR-63	ALFREDO			NA	0.16	9.59	290.0	1.71	7.94	7.50	2.92	36.8	38.9	4.12	51.8	54.9	7.96	100.3	106.2
PR-31	ALFREDO			NA	0.22	7.36	250.0	1.73	1.54	0.29	0.32	21.0	111.3	0.48	31.4	166.9	1.05	68.1	361.7
PR-38	ALFREDO			NA'	1.04	42.10	110.0	1.16	22.16	20.24	7.83	35.3	38.7	11.18	50.5	55.2	23.11	104.3	114.2
PR-01	ALFREDO			NA'	1.52	38.44	110.0	1.17	22.00	17.00	4.22	19.2	24.8	7.03	32.0	41.4	13.12	59.6	77.2
PR-10	ALFREDO			NA'	1.32	56.79	130.0	1.18	15.04	11.68	3.27	21.8	28.0	4.91	32.6	42.0	10.47	69.6	89.6
PR-16	ALFREDO			NA'	0.96	24.93	83.0	1.18	7.00	4.00	3.14	44.8	78.5	4.71	67.3	117.7	9.81	140.1	245.2
PR-04	ALFREDO			NA'	0.84	18.15	60.0	1.19	4.00	3.00	1.14	28.5	38.0	1.85	46.3	61.8	3.56	89.1	118.8
PR-20	ALFREDO			NA'	1.08	73.75	150.0	1.21	16.00	12.00	5.54	34.7	46.2	8.78	54.9	73.2	18.02	112.6	150.1
PR-34	ALFREDO			NA'	1.46	21.64	90.0	1.22	9.00	5.87	2.27	25.2	38.7	3.41	37.9	58.1	6.25	69.4	106.4
PR-29	ALFREDO			NA'	1.16	30.74	120.0	1.23	13.80	8.40	3.40	24.6	40.5	5.10	37.0	60.7	9.78	70.8	116.4
PR-09	ALFREDO			NA'	1.40	32.46	130.0	1.24	13.00	10.00	4.63	35.6	46.3	6.18	47.5	61.8	12.36	95.0	123.6
PR-27	ALFREDO			NA'	0.80	18.07	85.0	1.25	1.96	1.10	1.06	54.3	96.7	1.73	88.2	157.2	3.32	169.6	302.2
PR-33	ALFREDO			NA'	1.40	17.77	110.0	1.30	22.09	16.91	6.61	29.9	39.1	9.01	40.8	53.3	17.42	78.9	103.0

Anexo 1 - Classificação MCT e Resultados dos Ensaio de Azul de Metileno

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	#0,005	#0,002	Va A	CA 5 A	CA 2 A	Va N	CA 5 N	CA 2 N	Va B	CA 5 B	CA 2 B
PR-66	ALFREDO			NA'	0.72	14.21	85.0	1.31	6.30	1.76	1.46	23.3	83.2	2.34	37.2	133.2	4.98	79.1	283.0
PR-43	ALFREDO			NA'	0.72	45.65	185.0	1.32	8.00	5.60	3.09	38.6	55.2	5.25	65.7	93.8	10.82	135.2	193.1
PR-15	ALFREDO			NA'	0.88	12.77	80.0	1.33	7.32	2.92	4.33	59.2	148.3	6.38	87.2	218.6	12.99	177.5	445.0
PR-44	ALFREDO			NA'	0.70	22.30	175.0	1.38	12.00	8.80	3.70	30.9	42.1	5.76	48.0	65.4	11.93	99.4	135.5
PR-58	ALFREDO			NA'	0.68	10.43	75.0	1.39	64.00	55.90	6.44	10.1	11.5	9.20	14.4	16.5	17.48	27.3	31.3
PR-19	ALFREDO			NA'	0.68	16.20	245.0	1.54	11.00	8.00	4.12	37.5	51.6	6.05	55.0	75.6	11.82	107.5	147.8
PR-61	ALFREDO			NA'	0.88	6.77	100.0	1.58	9.27	6.85	2.53	27.3	36.9	3.45	37.2	50.3	7.12	76.9	104.0
PR-53	ALFREDO			NA'	0.64	5.55	0.6	1.62	3.50	3.30	2.34	66.8	70.8	3.27	93.5	99.2	6.31	180.3	191.2
PR-11	ALFREDO			NG'	1.80	62.11	130.0	1.17	29.00	26.00	6.90	23.8	26.5	9.37	32.3	36.0	18.73	64.6	72.0
PR-40	ALFREDO			NG'	1.84	43.20	120.0	1.18	29.81	27.48	4.12	13.8	15.0	6.69	22.4	24.3	12.86	43.2	46.8
PR-03	ALFREDO			NG'	2.32	60.25	140.0	1.20	29.00	24.00	9.25	31.9	38.6	17.42	60.1	72.6	32.66	112.6	136.1
PR-07	ALFREDO			NG'	1.84	36.34	120.0	1.20	30.00	26.00	10.78	35.9	41.5	16.43	54.8	63.2	31.32	104.4	120.5
PR-24	ALFREDO			NG'	1.56	18.58	110.0	1.29	24.00	15.39	6.84	28.5	44.5	10.27	42.8	66.7	20.53	85.6	133.4
PR-06	ALFREDO			NG'	1.56	19.93	114.0	1.29	35.00	29.00	7.62	21.8	26.3	10.16	29.0	35.0	21.58	61.7	74.4
PR-32	ALFREDO			NG'	1.80	22.24	140.0	1.32	38.37	36.12	8.58	22.4	23.8	12.59	32.8	34.9	23.46	61.1	64.9
PR-28	ALFREDO			NG'	2.04	30.26	162.0	1.32	63.00	59.00	22.31	35.4	37.8	31.04	49.3	52.6	63.05	100.1	106.9
PR-55	ALFREDO			NG'	1.88	14.36	135.0	1.40	29.00	22.08	7.31	25.2	33.1	10.12	34.9	45.8	18.55	64.0	84.0
PR-25	ALFREDO			NG'	1.80	11.85	122.0	1.43	33.00	31.00	8.90	27.0	28.7	13.05	39.6	42.1	25.51	77.3	82.3
PR-52	ALFREDO			NG'	2.12	12.13	215.0	1.56	61.00	49.40	13.87	22.7	28.1	19.42	31.8	39.3	36.98	60.6	74.9
PR-60	ALFREDO			NS'	1.48	14.33	185.0	1.48	24.20	18.77	17.69	73.1	94.3	23.84	98.5	127.0	46.15	190.7	245.9
PR-17	ALFREDO			NS'	0.96	14.06	260.0	1.59	14.00	8.00	4.73	33.8	59.2	6.76	48.3	84.5	13.18	94.2	164.8
PR-30	ALFREDO			NS'	1.24	10.88	250.0	1.63	41.50	29.00	26.98	65.0	93.0	37.57	90.5	129.6	77.08	185.7	265.8
PR-56	ALFREDO			NS'	0.80	5.91	280.0	1.84	49.00	46.00	4.66	9.5	10.1	7.32	14.9	15.9	13.97	28.5	30.4
PR-62	ALFREDO			NS'	1.40	1.34	170.0	2.55	60.00	50.46	28.45	47.4	56.4	37.94	63.2	75.2	73.97	123.3	146.6
DOIS CORREGOS ARENOSO ABAIXO DA LS	EESC			LA'	1.38	80.72	58.5	0.94	22.00	21.00	1.47	6.7	7.0	2.36	10.7	11.2	4.71	21.4	22.4
JAZIDA DO NAUTICO	EESC			LA'	1.34	82.75	87.0	1.03	24.00	23.00	0.93	3.9	4.1	1.86	7.8	8.1	3.47	14.4	15.1
DOIS CORREGOS ARENOSO ACIMA DA LS	EESC			LA'	0.94	56.87	90.9	1.08	15.00	15.00	0.78	5.2	5.2	1.94	12.9	12.9	3.88	25.9	25.9
RIBEIRAO PRETO ARENOSO	EESC			LA'	0.75	62.85	102.7	1.10	18.00	16.50	0.70	3.9	4.3	1.41	7.8	8.5	2.58	14.4	15.7
LINHAO DO BROA	EESC			LA'	1.08	55.67	102.4	1.11	18.00	17.00	0.64	3.6	3.8	1.29	7.2	7.6	2.36	13.1	13.9
BORACEIA ACIMA DA LS	EESC			LA'	0.88	48.75	107.6	1.14	18.50	16.00	0.78	4.2	4.9	1.57	8.5	9.8	3.80	20.5	23.7
DOIS CORREGOS ARGILOSO ACIMA DA LS	EESC			LG'	2.07	65.83	0.0	0.67	48.00	42.00	2.53	5.3	6.0	5.05	10.5	12.0	10.75	22.4	25.6
CHIBARRO	EESC			LG'	1.89	53.90	0.0	0.71	49.00	40.00	1.47	3.0	3.7	2.94	6.0	7.3	7.34	15.0	18.4
ITAJOBÍ A NOVO HORIZONTE	EESC			LG'	1.51	90.27	24.3	0.77	23.00	20.00	1.47	6.4	7.4	2.65	11.5	13.2	5.30	23.0	26.5
TREVO DE IBATE ACIMA DA LS	EESC			LG'	1.84	68.00	35.1	0.86	29.00	23.00	1.29	4.4	5.6	2.58	8.9	11.2	4.79	16.5	20.8
ENTRONCAMENTO SP-310 X SP-330	EESC			LG'	1.90	86.30	64.2	0.95	67.00	62.00	2.15	3.2	3.5	4.30	6.4	6.9	9.45	14.1	15.3
GAVIAO PEIXOTO	EESC			LG'	1.52	86.36	66.8	0.96	28.00	27.00	0.92	3.3	3.4	1.84	6.6	6.8	7.07	25.2	26.2
ACESSO A DUMONT	EESC			LG'	2.16	71.95	66.6	0.98	51.00	44.00	2.17	4.3	4.9	4.35	8.5	9.9	10.43	20.5	23.7
FATURA	EESC			LG'	1.98	32.90	70.0	1.09	58.00	52.00	4.44	7.7	8.5	7.40	12.8	14.2	22.92	39.5	44.1
SP-333 RIBEIRAO PRETO	EESC			LG'	1.82	60.20	106.1	1.11	60.00	53.00	2.54	4.2	4.8	5.09	8.5	9.6	9.33	15.6	17.6
DESCALVADO	EESC			LG'	1.93	48.93	107.0	1.13	38.00	34.00	1.06	2.8	3.1	2.12	5.6	6.2	4.78	12.6	14.0

Anexo 1 - Classificação MCT e Resultados dos Ensaio de Azul de Metileno

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	#0,005	#0,002	Va A	CA 5 A	CA 2 A	Va N	CA 5 N	CA 2 N	Va B	CA 5 B	CA 2 B
SP-310 KM 222+800M	EESC			NA	0.30	32.22	291.0	1.52	6.00	5.00	0.46	7.6	9.2	0.81	13.6	16.3	1.53	25.5	30.6
DOIS CORREGOS ARGILOSO ABAIXO DA LS	EESC			NA'	1.42	32.50	118.5	1.21	54.00	44.00	15.82	29.3	36.0	27.91	51.7	63.4	55.83	103.4	126.9
TREVO DE IBATE ABAIXO DA LS	EESC			NG'	2.04	46.66	110.1	1.15	40.00	36.00	4.76	11.9	13.2	8.08	20.2	22.5	16.17	40.4	44.9
PARQUE ITAIPU	EESC			NG'	2.14	30.45	96.8	1.17	61.00	55.00	11.90	19.5	21.6	17.85	29.3	32.5	29.76	48.8	54.1
FAZENDA SANTA MARIA	EESC			NG'	1.80	45.00	116.8	1.17	60.00	53.00	1.73	2.9	3.3	3.46	5.8	6.5	10.39	17.3	19.6
SERRA DE RIBEIRAO BONITO	EESC			NG'	2.00	6.67	279.3	1.79	50.00	35.00	31.36	62.7	89.6	50.34	100.7	143.8	99.85	199.7	285.3
CONTORNO DE ITAPETININGA	EESC			NG'	1.72	5.00	244.8	1.86	31.00	24.00	4.75	15.3	19.8	7.60	24.5	31.7	16.15	52.1	67.3
CASTELO BRANCO VERDE	EESC			NS'	0.78	17.50	323.6	1.68	9.00	1.00	3.18	35.3	317.7	5.72	63.5	571.8	6.99	77.7	698.8
CASTELO BRANCO ROSA	EESC			NS'	1.13	3.52	306.6	2.05	13.00	2.00	2.98	22.9	148.8	5.21	40.1	260.4	7.44	57.2	372.0
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-03 ST-03	II-B A 1/2	LA'	1.40	50.00	50.0	0.96	46.40	41.22	1.80	3.9	4.4	4.20	9.1	10.2	7.81	16.8	18.9
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-07A ST-07	II-B A 1/2	LA'	1.48	41.67	80.0	1.08	41.85	37.28	1.65	4.0	4.4	3.30	7.9	8.9	5.51	13.2	14.8
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01 ST-01	II-B A 1/2	LA'	1.25	39.16	80.0	1.09	11.00	9.22	0.63	5.8	6.9	1.09	9.9	11.8	1.99	18.1	21.6
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-03 ST-03		LA'	1.28	42.68	90.0	1.11	36.22	32.00	1.45	4.0	4.5	2.90	8.0	9.1	7.24	20.0	22.6
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-02 ST-02	II-B A 1/2	LA'	1.50	70.00	110.0	1.11	44.80	39.38	1.70	3.8	4.3	3.40	7.6	8.6	6.24	13.9	15.8
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05 ST-05	VII	LA'	1.30	50.00	110.0	1.14	45.14	40.20	2.01	4.5	5.0	3.35	7.4	8.4	5.37	11.9	13.4
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-06 ST-06		LG'	1.96	84.62	20.0	0.44	39.10	36.34	1.59	4.1	4.4	3.17	8.1	8.7	5.90	15.1	16.2
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-13 ST-13	II-A	LG'	2.10	106.79	0.0	0.57	34.15	31.44	1.70	5.0	5.4	3.39	9.9	10.8	6.79	19.9	21.6
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-11A ST-11	II-A	LG'	2.30	103.13	0.0	0.58	69.80	66.93	3.25	4.7	4.9	6.51	9.3	9.7	12.19	17.5	18.2
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-01 ST-01		LG'	2.16	98.27	0.0	0.59	45.43	43.60	2.88	6.3	6.6	5.76	12.7	13.2	12.16	26.8	27.9
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-09 ST-09		LG'	2.24	82.73	0.0	0.62	42.60	41.12	1.84	4.3	4.5	3.69	8.7	9.0	6.85	16.1	16.7
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-13A ST-13	II-A	LG'	2.10	77.94	0.0	0.63	77.74	73.12	3.54	4.6	4.8	7.08	9.1	9.7	12.39	15.9	17.0
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-16A ST-16	II-A	LG'	2.46	76.59	0.0	0.64	64.40	60.83	3.63	5.6	6.0	7.26	11.3	11.9	13.70	21.3	22.5
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-09 ST-09	II-A	LG'	2.00	67.00	0.0	0.67	70.00	66.76	3.42	4.9	5.1	6.83	9.8	10.2	12.81	18.3	19.2
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05 ST-05	II-A	LG'	2.12	87.40	45.0	0.68	72.33	68.29	3.73	5.2	5.5	7.46	10.3	10.9	13.26	18.3	19.4
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-08 ST-08		LG'	2.08	56.33	0.0	0.71	48.09	45.44	1.64	3.4	3.6	3.27	6.8	7.2	7.62	15.9	16.8
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04 ST-04	II-A	LG'	2.48	142.40	30.0	0.76	63.70	62.16	4.63	7.3	7.5	6.95	10.9	11.2	13.12	20.6	21.1
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-06A ST-06		LG'	2.12	42.61	0.0	0.78	45.61	44.64	1.59	3.5	3.6	3.18	7.0	7.1	6.89	15.1	15.4
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-03 ST-03	II-A	LG'	2.48	112.42	30.0	0.78	62.63	59.72	2.89	4.6	4.9	5.79	9.2	9.7	9.40	15.0	15.8
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-16 ST-16	II-A	LG'	2.40	40.31	0.0	0.79	77.90	71.89	3.63	4.7	5.1	7.26	9.3	10.1	13.61	17.5	18.9
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-17 ST-17	II-A	LG'	2.50	83.33	32.0	0.82	62.40	59.13	3.24	5.2	5.5	6.48	10.4	11.0	13.78	22.1	23.3
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-03 ST-03		LG'	2.14	44.83	10.0	0.82	42.90	39.95	3.81	8.9	9.5	6.99	16.3	17.5	13.97	32.6	35.0
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-06 ST-06	II-A	LG'	1.60	53.85	20.0	0.82	64.35	62.51	3.11	4.8	5.0	5.45	8.5	8.7	8.56	13.3	13.7
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-15 ST-15	II-A	LG'	2.10	70.85	30.0	0.84	67.13	63.61	3.54	5.3	5.6	7.07	10.5	11.1	13.36	19.9	21.0
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-02 ST-02		LG'	2.08	32.06	0.0	0.85	41.40	38.00	4.65	11.2	12.3	8.53	20.6	22.5	17.84	43.1	47.0
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-18 ST-18	II-A	LG'	2.15	54.60	25.0	0.85	80.60	76.60	2.76	3.4	3.6	5.52	6.9	7.2	11.95	14.8	15.6
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-08A ST-08	II-B A 1/2	LG'	1.80	70.00	50.0	0.92	47.78	43.61	1.57	3.3	3.6	3.13	6.6	7.2	6.26	13.1	14.4
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-08A ST-08		LG'	2.60	23.33	0.0	0.95	52.50	49.26	1.47	2.8	3.0	2.94	5.6	6.0	7.65	14.6	15.5
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-12 ST-12	II-A	LG'	2.04	44.90	40.0	0.95	67.90	64.71	3.02	4.5	4.7	6.91	10.2	10.7	13.82	20.4	21.4
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-08 ST-08	II-A	LG'	2.08	95.52	80.0	1.00	67.70	63.66	2.93	4.3	4.6	5.86	8.7	9.2	10.04	14.8	15.8
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-11 ST-11	II-A	LG'	2.30	125.40	88.0	1.01	54.20	51.29	2.19	4.0	4.3	4.37	8.1	8.5	8.02	14.8	15.6

Anexo 1 - Classificação MCT e Resultados dos Ensaio de Azul de Metileno

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	#0,005	#0,002	Va A	CA 5 A	CA 2 A	Va N	CA 5 N	CA 2 N	Va B	CA 5 B	CA 2 B
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-14 ST-14	II-A	LG'	2.16	73.80	76.0	1.01	44.50	40.61	2.93	6.6	7.2	5.87	13.2	14.4	11.73	26.4	28.9
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-01A ST-01		LG'	2.30	57.33	70.0	1.02	35.50	32.80	1.40	3.9	4.3	3.26	9.2	9.9	5.58	15.7	17.0
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01 ST-01	II-A	LG'	2.50	54.48	72.0	1.02	66.20	62.91	3.78	5.7	6.0	7.57	11.4	12.0	13.62	20.6	21.7
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-06 ST-06	II-B A 1/2	LG'	2.00	40.00	55.0	1.02	50.03	45.65	1.95	3.9	4.3	3.25	6.5	7.1	7.16	14.3	15.7
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-16 ST-16	VII	LG'	2.10	57.78	75.0	1.03	55.65	52.30	2.75	5.0	5.3	4.82	8.7	9.2	9.65	17.3	18.5
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05A ST-05	II-B A 1/2	LG'	2.20	60.00	80.0	1.04	53.94	49.14	1.72	3.2	3.5	4.12	7.6	8.4	8.23	15.3	16.8
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-01 ST-01		LG'	1.88	91.38	95.0	1.05	30.66	28.25	1.49	4.9	5.3	2.98	9.7	10.6	5.53	18.1	19.6
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-07 ST-07	II-A	LG'	2.06	77.40	90.0	1.05	64.80	61.60	4.04	6.2	6.6	7.28	11.2	11.8	12.95	20.0	21.0
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-09 ST-09	II-B A 1/2	LG'	1.55	55.00	80.0	1.05	24.10	21.88	1.25	5.2	5.7	2.08	8.6	9.5	4.56	18.9	20.9
HORTO DO IPE	LENC	AM-14A P-14		LG'	2.00	50.92	80.0	1.06	42.32	39.10	2.03	4.8	5.2	4.07	9.6	10.4	6.61	15.6	16.9
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-02 ST-02	II-A	LG'	2.26	44.87	75.0	1.06	55.50	53.37	3.48	6.3	6.5	6.26	11.3	11.7	10.43	18.8	19.6
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-04 ST-04		LG'	1.76	50.87	80.0	1.06	43.40	38.76	3.20	7.4	8.3	5.77	13.3	14.9	10.89	25.1	28.1
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-07 ST-07		LG'	2.14	59.50	86.0	1.06	36.66	32.63	1.81	4.9	5.6	3.62	9.9	11.1	6.21	16.9	19.0
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-03A ST-03	II-A	LG'	1.78	32.52	60.0	1.07	60.00	56.78	2.36	3.9	4.2	4.72	7.9	8.3	7.87	13.1	13.9
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-08A ST-08		LG'	2.56	56.04	87.0	1.07	50.79	45.38	1.97	3.9	4.3	3.94	7.8	8.7	8.54	16.8	18.8
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-05A ST-05		LG'	2.36	64.04	90.0	1.07	65.90	62.31	2.82	4.3	4.5	5.65	8.6	9.1	10.48	15.9	16.8
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01A ST-01	II-B A 1/2	LG'	2.00	75.00	100.0	1.08	40.05	37.77	1.49	3.7	3.9	2.98	7.4	7.9	4.76	11.9	12.6
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-08 ST-08	II-B A 1/2	LG'	1.58	40.00	80.0	1.09	30.82	27.42	1.52	4.9	5.5	2.52	8.2	9.2	4.04	13.1	14.7
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04 ST-04	VII	LG'	1.62	50.00	90.0	1.09	69.50	64.41	4.18	6.0	6.5	6.69	9.6	10.4	12.54	18.1	19.5
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-07 ST-07	II-B A 1/2	LG'	1.80	48.39	90.0	1.09	51.18	46.51	2.08	4.1	4.5	4.85	9.5	10.4	9.70	19.0	20.9
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-02 ST-02		LG'	1.88	80.00	107.0	1.10	23.11	19.00	1.03	4.5	5.4	2.06	8.9	10.9	4.13	17.9	21.7
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04A ST-04	II-A	LG'	1.52	70.47	105.0	1.10	65.50	62.79	3.63	5.5	5.8	7.26	11.1	11.6	13.72	20.9	21.8
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-06A ST-06	II-B A 1/2	LG'	1.84	35.00	75.0	1.10	53.70	48.94	2.08	3.9	4.3	4.16	7.8	8.5	7.64	14.2	15.6
HORTO DO IPE	LENC	AM-27A P-27		LG'	1.70	78.79	110.0	1.11	25.48	22.50	1.37	5.4	6.1	2.74	10.8	12.2	4.30	16.9	19.1
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-08 ST-08		LG'	2.60	61.86	105.0	1.11	38.80	33.00	1.54	4.0	4.7	3.07	7.9	9.3	5.53	14.2	16.7
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-09 ST-09		LG'	1.68	62.24	104.0	1.11	48.70	42.98	1.63	3.4	3.8	3.27	6.7	7.6	9.15	18.8	21.3
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-16 ST-16		LG'	2.60	60.33	110.0	1.13	39.73	33.68	2.36	5.9	7.0	3.54	8.9	10.5	8.25	20.8	24.5
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-10 ST-10	II-A	LG'	2.02	40.60	95.0	1.13	60.00	57.23	2.72	4.5	4.8	6.22	10.4	10.9	12.44	20.7	21.8
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-06 ST-06		LG'	1.88	45.50	105.0	1.14	38.00	34.00	3.59	9.5	10.6	6.59	17.3	19.4	12.58	33.1	37.0
HORTO DO IPE	LENC	AM-13A P-13		LG'	2.16	45.00	104.0	1.14	36.00	31.74	2.19	6.1	6.9	3.90	10.8	12.3	6.34	17.6	20.0
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-06A ST-06		LG'	2.04	42.93	107.0	1.15	33.00	29.00	1.18	3.6	4.1	2.36	7.2	8.1	5.66	17.2	19.5
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04 ST-04	II-B A 1/2	LG'	1.62	36.80	100.0	1.15	53.70	48.25	2.87	5.4	6.0	5.75	10.7	11.9	10.05	18.7	20.8
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-01 ST-01		LG'	1.78	60.70	120.0	1.15	21.62	19.84	1.03	4.8	5.2	2.05	9.5	10.3	4.79	22.2	24.1
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05A ST-05	VII	NA	0.50	15.00	275.0	1.59	24.17	18.09	1.71	7.1	9.4	3.41	14.1	18.9	7.39	30.6	40.9
HORTO DO IPE	LENC	AM-23A P-23		NA'	1.16	42.42	105.0	1.15	15.00	10.00	1.04	7.0	10.4	2.09	13.9	20.9	3.13	20.9	31.3
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-04 ST-04		NA'	1.40	49.17	115.0	1.16	19.11	17.80	1.69	8.9	9.5	2.71	14.2	15.2	4.06	21.2	22.8
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05 ST-05	II-B A 1/2	NA'	1.32	27.77	90.0	1.17	25.60	22.90	1.69	6.6	7.4	2.97	11.6	13.0	5.51	21.5	24.1
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-04A ST-04		NA'	1.06	30.42	230.0	1.20	24.20	6.97	1.93	8.0	27.7	3.86	16.0	55.4	6.76	27.9	96.9
HORTO DO IPE	LENC	AM-26A P-26		NA'	1.00	21.20	84.0	1.21	10.00	7.00	0.94	9.4	13.4	1.87	18.7	26.8	3.28	32.8	46.9
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-03 ST-03		NA'	1.30	1.25	153.0	1.25	21.00	16.00	1.78	8.5	11.1	3.21	15.3	20.0	5.34	25.5	33.4

Anexo 1 - Classificação MCT e Resultados dos Ensaio de Azul de Metileno

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	#0,005	#0,002	Va A	CA 5 A	CA 2 A	Va N	CA 5 N	CA 2 N	Va B	CA 5 B	CA 2 B
HORTO DO IPE	LENC	AM-20A P-20		NA'	1.00	22.32	115.0	1.27	17.50	13.80	1.58	9.1	11.5	2.77	15.8	20.1	4.36	24.9	31.6
HORTO DO IPE	LENC	AM-21 P-21		NA'	1.36	14.15	68.0	1.28	21.18	15.80	1.56	7.4	9.9	2.73	12.9	17.3	4.69	22.1	29.7
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-05 ST-05		NA'	0.92	20.14	117.0	1.29	10.74	8.14	0.68	6.4	8.4	1.36	12.7	16.8	2.18	20.3	26.8
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-03A ST-03		NA'	1.24	24.14	135.0	1.30	23.78	18.37	2.06	8.7	11.2	3.09	13.0	16.8	5.66	23.8	30.8
HORTO DO IPE	LENC	AM-22A P-22		NA'	1.34	17.59	112.0	1.31	21.00	14.00	1.38	6.6	9.9	2.76	13.2	19.7	4.60	21.9	32.9
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-04 ST-04		NA'	1.14	18.78	120.0	1.31	16.12	5.44	1.90	11.8	35.0	2.54	15.8	46.7	4.66	28.9	85.6
HORTO DO IPE	LENC	AM-18B P-18		NA'	1.14	14.63	105.0	1.34	8.30	4.53	0.93	11.3	20.6	1.56	18.8	34.4	2.18	26.3	48.1
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-07 ST-07		NA'	1.28	15.93	120.0	1.35	16.46	6.79	1.90	11.5	28.0	3.32	20.2	49.0	4.75	28.9	69.9
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-07A ST-07	II-A	NA'	0.69	55.26	289.0	1.48	5.00	2.00	1.08	21.6	54.0	2.16	43.2	107.9	3.45	69.1	172.7
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-10 ST-10	VII	NA'	0.76	20.00	225.0	1.48	21.23	14.68	1.90	8.9	12.9	3.25	15.3	22.1	5.42	25.5	36.9
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-06 ST-06		NA'	0.92	23.17	260.0	1.51	13.50	5.49	1.53	11.4	27.9	2.68	19.9	48.9	4.22	31.2	76.8
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-03A ST-03		NA'	1.00	33.06	284.0	1.51	10.70	7.38	0.97	9.1	13.2	1.56	14.6	21.1	3.51	32.8	47.5
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-03A ST-03	II-B A 1/2	NA'	0.72	20.00	260.0	1.53	11.60	7.80	1.69	14.5	21.6	3.37	29.1	43.2	7.30	63.0	93.7
HORTO DO IPE	LENC	AM-17A P-17		NA'	0.92	28.76	286.0	1.53	23.00	18.06	1.86	8.1	10.3	3.25	14.1	18.0	5.57	24.2	30.9
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04A ST-04	VII	NA'	0.53	10.00	225.0	1.62	18.10	14.04	1.41	7.8	10.1	2.83	15.6	20.1	4.52	25.0	32.2
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-11A ST-11	VII	NA'	0.41	10.00	225.0	1.62	14.00	10.20	1.25	8.9	12.3	2.00	14.3	19.6	3.50	25.0	34.3
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-14 ST-14	VII	NA'	0.70	10.00	249.0	1.65	19.73	17.77	1.96	9.9	11.0	3.36	17.0	18.9	6.16	31.2	34.7
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-08 ST-08	VII	NA'	0.60	10.00	270.0	1.67	17.99	13.62	2.06	11.5	15.2	3.54	19.7	26.0	7.07	39.3	51.9
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-03 ST-03	VII	NA'	0.61	10.00	275.0	1.68	15.00	12.14	1.55	10.3	12.8	3.10	20.7	25.6	4.65	31.0	38.3
HORTO DO IPE	LENC	AM-14B P-14		NG'	2.32	32.99	100.0	1.17	45.00	41.00	3.15	7.0	7.7	5.03	11.2	12.3	9.44	21.0	23.0
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05A ST-05	II-A	NG'	1.96	50.00	120.0	1.17	43.51	34.45	3.74	8.6	10.9	7.48	17.2	21.7	14.12	32.5	41.0
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-02 ST-02	VII	NG'	2.10	31.70	100.0	1.18	47.70	42.49	2.05	4.3	4.8	4.10	8.6	9.7	9.57	20.1	22.5
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-11 ST-11	VII	NG'	1.66	30.00	100.0	1.18	51.60	48.35	2.55	4.9	5.3	5.83	11.3	12.1	9.47	18.4	19.6
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05 ST-05	II-B A 3	NG'	2.16	40.61	114.0	1.18	45.90	40.19	2.30	5.0	5.7	4.60	10.0	11.4	9.85	21.5	24.5
HORTO DO IPE	LENC	AM-25A P-25		NG'	1.68	25.23	90.0	1.19	52.00	48.30	3.29	6.3	6.8	5.91	11.4	12.3	9.20	17.7	19.1
HORTO DO IPE	LENC	AM-25C P-25		NG'	2.00	26.97	96.0	1.19	37.00	33.00	2.12	5.7	6.4	3.70	10.0	11.2	6.88	18.6	20.9
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-14 ST-14		NG'	1.98	25.87	90.0	1.19	44.20	38.50	2.49	5.6	6.5	4.37	9.9	11.3	10.60	24.0	27.5
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-18 ST-18	VII	NG'	1.94	34.70	110.0	1.19	43.80	39.40	2.03	4.6	5.2	4.73	10.8	12.0	10.82	24.7	27.5
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-06 ST-06		NG'	2.04	37.80	120.0	1.20	23.55	20.11	1.54	6.5	7.6	2.69	11.4	13.4	5.00	21.2	24.8
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-10 ST-10		NG'	2.28	33.54	130.0	1.24	38.20	33.69	3.10	8.1	9.2	5.07	13.3	15.0	10.14	26.5	30.1
HORTO DO IPE	LENC	AM-19B P-19		NG'	2.12	19.81	100.0	1.26	41.54	38.00	2.65	6.4	7.0	4.76	11.5	12.5	7.41	17.8	19.5
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-13 ST-13		NG'	2.06	39.71	156.0	1.27	41.80	33.50	3.56	8.5	10.6	5.34	12.8	15.9	11.86	28.4	35.4
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-11 ST-11		NG'	2.36	31.97	170.0	1.32	43.70	37.00	3.37	7.7	9.1	6.07	13.9	16.4	12.14	27.8	32.8
HORTO DO IPE	LENC	AM-19A P-19		NG'	1.88	19.17	130.0	1.33	35.80	31.00	2.71	7.6	8.7	4.87	13.6	15.7	8.12	22.7	26.2
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-17 ST-17		NG'	1.80	24.04	154.0	1.33	29.52	25.00	2.23	7.6	8.9	3.58	12.1	14.3	7.60	25.8	30.4
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-05 ST-05		NG'	1.62	22.58	155.0	1.35	17.00	14.10	1.29	7.6	9.2	2.01	11.8	14.3	3.45	20.3	24.5
HORTO DO IPE	LENC	AM-28A P-28		NG'	1.50	13.40	100.0	1.36	39.50	35.00	2.54	6.4	7.3	4.52	11.5	12.9	7.92	20.0	22.6
HORTO DO IPE	LENC	AM-18A P-18		NG'	2.44	12.40	100.0	1.38	36.00	32.00	2.64	7.3	8.2	4.22	11.7	13.2	6.85	19.0	21.4
HORTO DO IPE	LENC	AM-13B P-13		NG'	2.24	15.73	142.0	1.39	43.15	37.80	3.06	7.1	8.1	4.89	11.3	13.0	8.57	19.9	22.7
HORTO DO IPE	LENC	AM-30A P-30		NG'	1.64	14.49	150.0	1.42	27.50	22.00	2.22	8.1	10.1	3.99	14.5	18.2	7.10	25.8	32.3

Anexo 1 - Classificação MCT e Resultados dos Ensaio de Azul de Metileno

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	#0,005	#0,002	Va A	CA 5 A	CA 2 A	Va N	CA 5 N	CA 2 N	Va B	CA 5 B	CA 2 B
HORTO DO IPE	LENC	AM-15A P-15		NG'	1.60	20.00	194.0	1.43	32.60	29.06	2.11	6.5	7.3	3.69	11.3	12.7	5.79	17.8	19.9
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-12 ST-12		NG'	1.52	36.63	240.0	1.43	31.70	25.89	2.35	7.4	9.1	4.03	12.7	15.6	6.71	21.2	25.9
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-02 ST-02		NG'	1.60	30.76	240.0	1.45	23.65	17.34	2.57	10.9	14.8	4.63	19.6	26.7	7.20	30.5	41.5
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-10 ST-10		NG'	1.92	8.70	103.0	1.49	35.40	33.23	2.52	7.1	7.6	4.03	11.4	12.1	8.06	22.8	24.3
HORTO DO IPE	LENC	AM-28B P-28		NG'	1.76	23.64	255.0	1.50	39.00	34.50	2.46	6.3	7.1	4.38	11.2	12.7	7.12	18.3	20.6
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-10B ST-10		NG'	1.80	8.10	100.0	1.50	34.01	31.30	1.98	5.8	6.3	3.47	10.2	11.1	7.92	23.3	25.3
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-07 ST-07		NG'	1.84	21.88	270.0	1.53	29.00	24.26	2.17	7.5	8.9	3.25	11.2	13.4	5.96	20.5	24.6
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-15A ST-15	II-A	NG'	1.68	23.48	310.0	1.58	10.94	7.51	1.25	11.5	16.7	2.01	18.3	26.7	4.01	36.7	53.4
RECANTO DOS HUMILDES	LENC	AM-15 ST-15		NG'	1.52	8.36	250.0	1.70	33.97	26.10	2.29	6.7	8.8	3.43	10.1	13.1	9.15	26.9	35.1
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01 ST-01	VII	NG'	1.76	5.10	100.0	1.70	48.26	44.22	2.51	5.2	5.7	5.01	10.4	11.3	11.46	23.8	25.9
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-17A ST-17	II-A	NG'	1.94	4.62	125.0	1.77	33.87	30.27	2.14	6.3	7.1	3.75	11.1	12.4	6.97	20.6	23.0
HORTO DO IPE	LENC	AM-29A P-29		NS'	1.28	1.00	250.0	1.35	18.20	13.00	1.83	10.0	14.0	3.65	20.1	28.1	6.39	35.1	49.1
HORTO DO IPE	LENC	AM-25B P-25		NS'	1.32	22.71	183.0	1.39	31.22	24.00	2.40	7.7	10.0	4.28	13.7	17.8	6.95	22.3	29.0
HORTO DO IPE	LENC	AM-16A P-16		NS'	1.20	16.49	183.0	1.45	27.10	23.05	1.79	6.6	7.8	3.07	11.3	13.3	4.60	17.0	20.0
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-09A ST-09	II-B A 1/2	NS'	1.35	30.00	250.0	1.47	43.54	40.44	2.90	6.7	7.2	5.80	13.3	14.3	12.31	28.3	30.5
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-06 ST-06	II-B A 3	NS'	1.05	16.78	220.0	1.50	14.60	11.53	1.62	11.1	14.0	2.77	19.0	24.0	5.08	34.8	44.1
HORTO DO IPE	LENC	AM-21A P-21		NS'	1.38	26.20	275.0	1.52	25.50	20.00	2.75	10.8	13.8	4.40	17.3	22.0	7.71	30.2	38.5
HORTO DO IPE	LENC	AM-19C P-19		NS'	1.14	7.57	100.0	1.54	13.17	9.00	1.34	10.1	14.8	2.29	17.4	25.4	3.81	29.0	42.4
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-04 ST-04		NS'	1.04	15.16	240.0	1.55	21.28	10.65	2.22	10.4	20.8	3.54	16.7	33.3	6.20	29.1	58.2
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04A ST-04	II-B A 1/2	NS'	1.10	10.00	270.0	1.55	5.20	3.49	0.95	18.3	27.2	1.90	36.5	54.4	3.32	63.9	95.2
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-06B ST-06	II-B A 1/2	NS'	1.25	20.00	270.0	1.55	17.50	12.17	2.12	12.1	17.4	4.24	24.2	34.8	8.48	48.5	69.7
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05A ST-05	II-B A 3	NS'	1.00	19.00	300.0	1.59	8.05	4.93	1.13	14.0	22.9	1.69	21.0	34.3	2.82	35.0	57.1
HORTO DO IPE	LENC	AM-24A P-24		NS'	1.24	16.12	290.0	1.61	10.42	5.56	1.44	13.9	26.0	2.89	27.7	51.9	4.54	43.5	81.6
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-05 ST-05		NS'	1.14	6.74	125.0	1.62	18.95	7.84	1.85	9.8	23.7	2.78	14.7	35.5	5.56	29.4	70.9
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-02 ST-02	II-B A 3	NS'	0.92	15.00	290.0	1.62	22.68	17.47	1.81	8.0	10.4	3.03	13.3	17.3	5.45	24.0	31.2
HORTO DO IPE	LENC	AM-12A P-12		NS'	1.28	11.26	250.0	1.62	25.00	17.05	2.17	8.7	12.7	3.79	15.2	22.3	5.96	23.9	35.0
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-03 ST-03	II-B A 3	NS'	0.80	15.00	290.0	1.62	9.33	6.47	1.25	13.4	19.3	1.99	21.4	30.8	4.48	48.1	69.3
HORTO DO IPE	LENC	AM-15B P-15		NS'	1.18	12.00	180.0	1.63	26.96	17.90	2.65	9.8	14.8	4.55	16.9	25.4	6.82	25.3	38.1
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-12 ST-12	VII	NS'	1.03	12.50	300.0	1.66	10.00	4.71	1.28	12.8	27.1	2.13	21.3	45.2	3.83	38.3	81.4
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01A ST-01	II-B A 3	NS'	0.70	10.00	270.0	1.67	4.10	3.25	1.10	26.9	34.0	2.21	53.8	67.9	4.41	107.7	135.8
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-15 ST-15	VII	NS'	0.80	10.00	270.0	1.67	6.10	2.87	0.95	15.6	33.2	1.91	31.3	66.4	3.34	54.7	116.3
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-07 ST-07	VII	NS'	1.10	11.82	295.0	1.67	16.40	12.23	2.41	14.7	19.7	4.82	29.4	39.4	9.65	58.8	78.9
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-03 ST-03		NS'	1.08	9.69	266.0	1.68	12.60	5.74	1.29	10.2	22.5	2.21	17.5	38.5	4.05	32.2	70.6
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-06A ST-06	II-B A 3	NS'	0.82	10.00	280.0	1.69	7.50	5.23	1.65	22.1	31.6	2.65	35.3	50.6	4.63	61.7	88.5
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04 ST-04	II-B A 3	NS'	0.80	10.00	300.0	1.71	7.55	2.84	1.56	20.7	55.1	2.50	33.2	88.1	4.38	58.0	154.2
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-04 ST-04	II-B A 3	NS'	0.80	10.00	300.0	1.71	7.55	2.84	1.56	20.7	55.1	2.50	33.2	88.1	4.38	58.0	154.2
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-02A ST-02	VII	NS'	0.86	10.00	305.0	1.72	11.50	6.81	1.14	9.9	16.7	1.82	15.8	26.7	3.18	27.7	46.7
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-02 ST-02		NS'	1.14	8.81	290.0	1.73	19.80	11.54	2.01	10.2	17.4	3.52	17.8	30.5	6.04	30.5	52.3
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-18A-ST-18	II-A	NS'	0.82	9.00	303.0	1.74	7.00	3.25	1.18	16.8	36.3	1.77	25.3	54.4	3.54	50.5	108.8
PARQUE EUROPA II	LENC	AM-01 ST-01		NS'	1.44	7.00	250.0	1.75	17.30	9.23	1.61	9.3	17.5	3.22	18.6	34.9	4.83	27.9	52.4

Anexo 1 - Classificação MCT e Resultados dos Ensaio de Azul de Metileno

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	#0,005	#0,002	Va A	CA 5 A	CA 2 A	Va N	CA 5 N	CA 2 N	Va B	CA 5 B	CA 2 B
HORTO DO IPE	LENC	AM-27B P-27		NS'	1.06	6.53	300.0	1.82	20.00	11.50	1.74	8.7	15.1	3.48	17.4	30.3	5.80	29.0	50.4
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-13 ST-13	VII	NS'	0.90	5.45	280.0	1.86	6.92	4.23	1.10	15.9	26.1	2.21	31.9	52.2	3.09	44.6	73.0
HORTO DO IPE	LENC	AM-26B P-26		NS'	1.36	4.26	185.0	1.87	13.00	9.70	1.18	9.1	12.1	2.36	18.1	24.3	4.24	32.6	43.7
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-18A ST-18	VII	NS'	0.90	4.54	250.0	1.90	19.20	17.31	1.75	9.1	10.1	3.49	18.2	20.2	5.82	30.3	33.6
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-02A ST-02	II-A	NS'	1.04	3.77	263.0	1.99	13.62	8.89	1.72	12.6	19.4	2.87	21.1	32.3	4.59	33.7	51.6
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05B ST-05	II-A	NS'	0.62	3.70	270.0	2.01	11.10	9.37	1.20	10.9	12.9	2.41	21.7	25.7	3.85	34.7	41.1
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-14A ST-14	II-A	NS'	1.28	3.03	245.0	2.08	64.00	62.63	4.09	6.4	6.5	7.36	11.5	11.8	14.71	23.0	23.5
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01 ST-01	II-B A 3	NS'	0.75	2.67	270.0	2.17	41.84	38.20	3.03	7.3	7.9	5.05	12.1	13.2	10.61	25.4	27.8
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-17 ST-17	VII	NS'	1.10	2.50	290.0	2.21	13.60	11.08	1.96	14.4	17.7	3.43	25.2	31.0	6.37	46.8	57.5
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01A ST-01	II-A	NS'	0.60	0.84	250.0	2.97	11.60	5.85	1.03	8.9	17.6	2.06	17.8	35.2	3.30	28.4	56.4
PONTO 253	Noris			LA'	1.30	77.30	31.0	0.83	22.00	19.00	0.75	3.4	4.0	1.51	6.9	7.9	3.32	15.1	17.5
PONTO 009	Noris			LA'	1.18	46.00	67.2	1.03	18.00	18.00	0.61	3.4	3.4	1.22	6.8	6.8	2.44	13.5	13.5
PONTO 272	Noris			LG'	1.99	60.50	33.9	0.87	54.00	48.00	1.37	2.5	2.8	2.73	5.1	5.7	6.14	11.4	12.8
PONTO 123	Noris			LG'	2.02	53.60	71.2	1.03	51.00	43.00	2.62	5.1	6.1	4.58	9.0	10.7	9.17	18.0	21.3
PONTO 109	Noris			LG'	2.22	62.50	79.4	1.04	50.50	48.00	3.82	7.6	8.0	7.00	13.9	14.6	13.37	26.5	27.8
PONTO 101	Noris			LG'	1.98	73.80	102.5	1.09	63.50	55.00	2.30	3.6	4.2	3.84	6.0	7.0	6.90	10.9	12.5
PONTO 078	Noris			LG'	1.96	47.20	93.5	1.11	49.00	43.50	1.89	3.9	4.4	3.78	7.7	8.7	7.56	15.4	17.4
PONTO 055	Noris			LG'	2.00	42.10	102.3	1.14	37.00	32.00	2.35	6.4	7.3	3.35	9.1	10.5	6.71	18.1	21.0
PONTO 211	Noris			LG'	2.32	43.00	104.7	1.15	53.50	48.00	1.94	3.6	4.0	3.23	6.0	6.7	5.80	10.9	12.1
PONTO 248	Noris			NA	0.20	52.50	243.4	1.41	6.00	0.10	0.64	10.7	641.0	1.12	18.7	1121.7	2.40	40.1	2403.6
PONTO 193	Noris			NA'	0.78	23.70	130.6	1.29	12.00	5.50	1.20	10.0	21.9	1.80	15.0	32.8	3.31	27.6	60.1
PONTO 271	Noris			NG'	1.92	17.10	54.9	1.19	53.50	46.00	2.99	5.6	6.5	5.23	9.8	11.4	11.20	20.9	24.3
PONTO 217-A	Noris			NG'	2.10	12.50	107.5	1.39	46.00	37.00	4.01	8.7	10.8	7.35	16.0	19.9	15.36	33.4	41.5
PONTO 070-B	Noris			NG'	1.85	51.70	246.2	1.42	27.00	21.50	3.82	14.2	17.8	7.09	26.3	33.0	14.73	54.6	68.5
PONTO 220	Noris			NS'	1.40	29.90	203.0	1.39	26.00	9.50	3.30	12.7	34.8	5.29	20.3	55.7	10.57	40.7	111.3
PONTO 217-B	Noris			NS'	1.00	18.50	265.8	1.55	19.00	14.00	2.75	14.5	19.6	5.88	31.0	42.0	12.16	64.0	86.8
PONTO 213	Noris			NS'	1.02	10.40	252.8	1.65	12.50	7.50	1.99	15.9	26.5	3.54	28.3	47.2	7.52	60.1	100.2
PONTO 285	Noris			NS'	0.75	12.30	305.0	1.67	10.00	5.00	1.76	17.6	35.2	3.52	35.2	70.5	7.55	75.5	151.0
PONTO 024	Noris			NS'	1.32	9.60	317.8	1.74	16.00	5.50	6.48	40.5	117.9	11.58	72.4	210.5	22.23	139.0	404.2
PONTO 128	Noris			NS'	1.10	7.73	280.1	1.75	16.00	4.00	3.93	24.6	98.3	6.74	42.1	168.4	14.04	87.7	350.9
FILITO - BOCOROCA	Teresinha			NG'	1.75	15.79	83.1	1.28	46.00	37.00	3.52	7.7	9.5	5.28	11.5	14.3	7.03	15.3	19.0
APIAI - VALE DO RIBEIRA	Teresinha			NG'	1.70	8.43	106.2	1.51	42.00	27.00	6.50	15.5	24.1	9.75	23.2	36.1	23.56	56.1	87.3
SANTA EFIGENIA - AMARELO	Teresinha			NG'	1.68	8.50	122.9	1.53	50.00	43.00	4.86	9.7	11.3	7.77	15.5	18.1	11.65	23.3	27.1
SANTA EFIGENIA - VERMELHO	Teresinha			NA'	1.25	17.00	77.3	1.25	56.00	49.79	3.43	6.1	6.9	5.15	9.2	10.3	7.72	13.8	15.5
PADRE FARIA	Teresinha			NS'	1.40	10.11	94.4	1.43	41.00	35.00	2.85	6.9	8.1	4.98	12.1	14.2	9.24	22.5	26.4
ESCADINHA	Teresinha			NS'	0.50	5.11	349.3	1.95	7.00	3.00	1.48	21.2	49.4	2.22	31.8	74.2	2.97	42.4	98.9
ITACOLOMI	Teresinha			NS'	0.85	3.16	327.8	2.12	31.50	3.77	3.76	12.0	99.8	5.64	17.9	149.8	8.47	26.9	224.6
SANTA EFIGENIA - PRETO	Teresinha			NS'	1.20	2.70	295.3	2.18	42.00	25.00	3.91	9.3	15.6	6.25	14.9	25.0	9.38	22.3	37.5
SP-310 KM 316+800 ACIMA DA LS	UFSCAR			LA'	1.49	53.33	0.0	0.72	29.00	27.00	0.93	3.2	3.4	1.48	5.1	5.5	3.34	11.5	12.4
DOIS CORREGOS ARENOSO ABAIXO DA LS	UFSCAR			LA'	1.38	82.72	58.5	0.99	20.00	19.00	0.80	4.0	4.2	1.60	8.0	8.4	3.46	17.3	18.2

Anexo 1 - Classificação MCT e Resultados dos Ensaio de Azul de Metileno

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	c'	d'	Pi	e'	#0,005	#0,002	Va A	CA 5 A	CA 2 A	Va N	CA 5 N	CA 2 N	Va B	CA 5 B	CA 2 B
DOIS CORREGOS ARENOSO ACIMA DA LS	UFSCAR			LA'	0.86	56.00	109.3	1.13	16.00	15.00	0.78	4.9	5.2	1.36	8.5	9.1	2.72	17.0	18.2
DOIS CORREGOS ARGILOSO ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	2.07	65.83	0.0	0.67	55.00	39.80	2.96	5.4	7.4	5.92	10.8	14.9	12.83	23.3	32.2
SP-326 KM 328+500 ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	2.06	85.63	17.1	0.74	43.00	40.00	1.30	3.0	3.3	3.13	7.3	7.8	6.78	15.8	17.0
SP-305 ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	1.81	37.78	0.0	0.81	31.50	30.50	1.78	5.6	5.8	3.11	9.9	10.2	6.22	19.8	20.4
SP-310 KM 355+800 ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	1.88	81.67	31.6	0.82	26.50	24.50	2.24	8.5	9.2	4.11	15.5	16.8	7.48	28.2	30.5
MONTE ALTO - TAQUARITINGA ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	1.74	38.57	9.0	0.85	28.00	26.50	1.68	6.0	6.3	2.99	10.7	11.3	6.35	22.7	24.0
SP-305 ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	2.40	42.65	17.2	0.86	44.50	40.00	4.33	9.7	10.8	7.41	16.7	18.5	14.21	31.9	35.5
SP-326 KM 328+500 ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	2.10	84.62	61.8	0.95	41.50	39.00	1.51	3.6	3.9	3.02	7.3	7.7	7.04	17.0	18.1
SP-310 KM 355+500 ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	2.03	56.86	64.8	0.99	35.00	29.00	3.59	10.3	12.4	7.19	20.5	24.8	14.38	41.1	49.6
BORACEIA ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	2.12	93.30	75.0	0.99	28.50	27.00	1.19	4.2	4.4	2.38	8.3	8.8	4.76	16.7	17.6
SP-310 KM 316+800 ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	1.82	99.17	90.8	1.04	26.00	21.00	1.12	4.3	5.3	2.24	8.6	10.6	4.47	17.2	21.3
SP-310 KM 355+800 ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	1.80	91.53	97.4	1.06	24.50	22.00	2.36	9.7	10.8	3.94	16.1	17.9	7.88	32.2	35.8
BORACEIA ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	2.21	95.71	6.9	1.06	28.50	26.00	1.42	5.0	5.5	2.43	8.5	9.4	5.28	18.5	20.3
MONTE ALTO - TAQUARITINGA ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	1.90	36.25	70.8	1.08	26.50	23.00	3.57	13.5	15.5	6.24	23.6	27.2	12.04	45.4	52.4
SP-310 KM 355+500 ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	2.03	80.00	104.3	1.09	24.00	21.00	2.28	9.5	10.8	4.55	19.0	21.7	8.72	36.4	41.5
DOIS CORREGOS ARGILOSO ABAIXO DA LS	UFSCAR			NA'	1.42	32.50	118.5	1.21	57.00	45.00	7.26	12.7	16.1	13.72	24.1	30.5	26.63	46.7	59.2
SP-323 ACIMA DA LS	UFSCAR			NG'	2.15	96.97	154.1	1.20	26.00	24.00	1.94	7.5	8.1	3.49	13.4	14.6	7.76	29.8	32.3
SP-323 ABAIXO DA LS	UFSCAR			NG'	1.80	20.50	93.3	1.24	24.00	20.50	4.26	17.8	20.8	7.46	31.1	36.4	15.63	65.1	76.3

Anexo 2

Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
PR-49	-	-	Alfredo	LA	2,66	8,55	31,1

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
PR-21	-	-	Alfredo	LA	2,89	6,00	48,1

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de mica e caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
PR-21	-	-	Alfredo	LA	2,89	6,00	48,1

Aumento de 1.500 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita empacotada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
PR-14	-	-	Alfredo	LA	3,46	6,00	57,7

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de mica e caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
PR-45	-	-	Alfredo	LA	3,01	4,16	72,4

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de mica, feldspato e caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
PR-41	-	-	Alfredo	LA'	3,49	18,00	19,4

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
PR-50	-	-	Alfredo	LA'	3,09	13,00	23,8

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
PR-18	-	-	Alfredo	LA'	2,67	7,93	33,6

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
PR-48	-	-	Alfredo	LG'	8,57	42,00	20,4

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
PR-26	-	-	Alfredo	LG'	3,82	25,60	14,9

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada e haloisita.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
PR-08	-	-	Alfredo	LG'	5,34	21,02	25,4

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
PR-54	-	-	Alfredo	LG'	11,86	35,8	33,1

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
PR-63	-	-	Alfredo	NA	4,12	7,94	51,8

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação o MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Dois Corregos Arenoso Ac. Linha de Seixos	-	-	EESC	LA'	1,94	15,00	12,9

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Fartura	-	-	EESC	LG'	7,40	58,00	12,7

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Fartura	-	-	EESC	LG'	7,40	58,00	12,7

Aumento de 20.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Fazenda Santa Maria	-	-	EESC	NG'	3,46	60,00	5,8

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a aparência de solo laterizado.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Linhão do Broa	-	-	EESC	LA'	1,29	18,00	7,2

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a aparência de solo laterizado.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
SP-333 Ribeirão Preto	-	-	EESC	LG'	5,09	60,00	8,5

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a aparência de solo laterizado.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Trevo de Ibaté Ac. Linha de Seixos	-	-	EESC	LG'	2,58	29,00	8,9

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a aparência de solo laterizado.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Trevo de Ibaté Ab. Linha de Seixos	-	-	EESC	NG'	8,08	40,00	20,2

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Castelo Branco Verde	-	-	EESC	NS'	5,72	9,00	63,5

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de mica e caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Castelo Branco Verde	-	-	EESC	NS'	5,72	9,00	63,5

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de mica e caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Castelo Branco Rosa	-	-	EESC	NS'	5,21	13,00	40,1

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar o empacotamento de caulinita não laterizada perfeitamente hexagonal.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Serra de Ribeirão Bonito	-	-	EESC	NG'	50,34	50,00	100,7

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Observações: Notar a presença de montmorilonita.

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação o MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Jardim Planalto	AM-01 ST-01		LENC	LG'	5,76	45,43	12,7

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Jardim Planalto	AM-03 ST-03-	-	LENC	LG'	6,99	42,90	16,3

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada e haloisita.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Conj. Habitacional Santa Etelvina	AM-01 ST-01	II-A	LENC	LG'	7,57	66,20	11,4

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita "empacotada".

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Conj. Habitacional Santa Etelvina	AM-02 ST-02	II-A	LENC	LG'	6,26	55,50	11,28

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Jardim Planalto	AM-04 ST-04	-	LENC	LG'	5,77	43,40	13,3

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Cunj. Habitacional Santa Etelvina	AM-04A ST-04	II-A	LENC	LG'	7,26	65,50	11,1

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a aparência intermediária entre solo laterizado e não laterizado.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Jardim Planalto	AM-06 ST-06	-	LENC	LG'	6,59	38,00	17,3

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada e/ou mica.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Jardim Planalto	AM-06 ST-06	-	LENC	LG'	6,59	38,00	17,3

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada e/ou mica.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Conj. Habitacional Santa Etelvina	AM-02 ST-02	VII	LENC	NG'	4,10	47,70	8,6

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a aparência de solo laterítico.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Recanto dos Humildes	AM-14 ST-14	-	LENC	NG'	4,37	44,20	9,9

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a aparência de solo laterítico.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Recanto dos Humildes	AM-15 ST-15	-	LENC	NG'	3,43	33,97	10,1

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificaçã o MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Ponto 109	-		Noris	LG'	7,00	50,50	13,9

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a presença de caulinita não laterizada.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Ponto 271	-	-	Noris	NG'	5,23	53,50	9,77

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Observações: Notar a aparência de solo laterítico.

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação o MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Santa Efigênia Vermelho	-		Teresinha	NG'	5,15	56,00	9,2

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Observações: Notar a aparência de solo laterítico.

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
Itacolomi	-	-	Teresinha	NS'	5,64	31,50	17,9

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Observações: Notar a presença de mica e caulinita não laterizada.

Anexo 2 - Fotografias no Microscópio Eletrônico de Varredura

Nome	Amostra	Trecho	Executor	Classificação o MCT	Va (10 ⁻³ /g)	< #0,005 mm (%)	CA (10 ⁻³ g/g%)
SP-310 Km 355+500m, Ac. da LS	-		UFSCAR	LG'	7,19	35,00	24,8

Aumento de 1.500 x

Aumento de 3.000 x

Observações: Notar a aparência de solo laterítico.

Anexo 3

**Classificação MCT, Resultados dos Ensaios de Azul de Metileno e Argilo-
Minerais Detectados pela Difração de Raios X**

Anexo 3 - Classificação MCT, Resultados dos Ensaio de Azul de Metileno e Argilo-Minerais detectados pela Difração de Raios X

NOME	ORIGEM	AMOSTRA	TRECHO	MCT	e'	e'	#0,005	Va N	CA 5 N	Gibsite	Caulinitas	Esmectitas	Micas	Vermiculitas	Cloritas	Sepiolitas-Paligorsquitas	Serpentinas	Oxidos de Ferro
PR-23	ALFREDO			LA	0.60	1.15	5.31	3.28	61.8				X		X			
PR-47	ALFREDO			LA	0.34	1.24	3.50	1.84	52.7			X	X	X	X			
PR-14	ALFREDO			LA	0.40	1.30	6.00	3.46	57.7			X	X				X	
PR-12	ALFREDO			LA	0.40	1.31	7.00	2.13	30.4			X	X					
PR-42	ALFREDO			LA'	1.24	0.68	14.75	4.16	28.2			X	X					X
PR-41	ALFREDO			LA'	1.20	0.82	18.00	3.49	19.4			X	X					
PR-05	ALFREDO			LA'	0.64	0.97	5.00	2.53	50.6			X			X			
PR-02	ALFREDO			LA'	0.88	1.14	6.20	3.16	51.0		X	X	X				X	
PR-13	ALFREDO			LA'	0.82	1.14	10.00	2.82	28.2		X	X	X					
PR-36	ALFREDO			LG'	1.66	0.68	36.50	8.64	23.7			X	X		X			
PR-57	ALFREDO			LG'	1.84	0.98	51.60	11.71	22.7			X	X	X				X
PR-35	ALFREDO			LG'	1.56	1.02	18.00	4.76	26.4		X	X	X				X	
PR-39	ALFREDO			LG'	1.52	1.06	36.50	12.95	35.5			X	X	X	X		X	
PR-54	ALFREDO			LG'	1.68	1.12	35.80	11.86	33.1			X	X	X				
DOIS CORREGOS ARENOSO ACIMA DA LS	EESC			LA'	0.94	1.08	15.00	1.94	12.9			X	X	X			X	X
ITAJOBI A NOVO HORIZONTE	EESC			LG'	1.51	0.77	23.00	2.65	11.5			X	X					
FARTURA	EESC			LG'	1.98	1.09	58.00	7.40	12.8			X	X					X
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-01 ST-01		LG'	2.16	0.59	45.43	5.76	12.7		X	X	X	X	X			
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-16A ST-16	II-A	LG'	2.46	0.64	64.40	7.26	11.3		X	X	X			X	X	X
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-02 ST-02		LG'	2.08	0.85	41.40	8.53	20.6			X	X					
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-14 ST-14	II-A	LG'	2.16	1.01	44.50	5.87	13.2		X		X				X	X
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-07 ST-07	II-A	LG'	2.06	1.05	64.80	7.28	11.2	X	X	X	X				X	X
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-02 ST-02	II-A	LG'	2.26	1.06	55.50	6.26	11.3	X	X	X	X	X			X	X
JARDIM PLANALTO	LENC	AM-06 ST-06		LG'	1.88	1.14	38.00	6.59	17.3		X	X	X		X			
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-05 ST-05	II-B A 3	NG'	2.16	1.18	45.90	4.60	10.0		X	X	X					X
HORTO DO IPE	LENC	AM-25C P-25		NG'	2.00	1.19	37.00	3.70	10.0	X	X	X	X		X			X
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-18 ST-18	VII	NG'	1.94	1.19	43.80	4.73	10.8		X	X	X					X
PARQUE EUROPA I	LENC	AM-10B ST-10		NG'	1.80	1.50	34.01	3.47	10.2	X	X	X	X				X	
CONJUNTO HABITACIONAL SANTA ETELVINA	LENC	AM-01 ST-01	VII	NG'	1.76	1.70	48.26	5.01	10.4		X		X					X
SP-310 KM 355+800 ACIMA DA LS *	UFSCAR			LG'	1.88	0.82	26.50	4.11	15.5			X						
SP-305 ABAIXO DA LS *	UFSCAR			LG'	2.40	0.86	44.50	7.41	16.7			X						
SP-310 KM 355+500 ACIMA DA LS	UFSCAR			LG'	2.03	0.99	35.00	7.19	20.5			X	X	X				X
SP-310 KM 355+800 ABAIXO DA LS	UFSCAR			LG'	1.80	1.06	24.50	3.94	16.1		X	X	X	X	X		X	X
MONTE ALTO - TAQUARITINGA ABAIXO DA LS *	UFSCAR			LG'	1.90	1.08	26.50	6.24	23.6			X	X					
SP-310 KM 355+500 ABAIXO DA LS *	UFSCAR			LG'	2.03	1.09	24.00	4.55	19.0		X	X						

Grupo das Caulinitas: diquita, nacrita, caulinita, haloisita, endelita, etc..

Grupo das Esmectitas: montmorilonita, nontronita, hectorita, saponita, sauconita, beidelita, etc..

Grupo das Micas: illita, muscovita, biotita, sericita, glauconita, flogopita, paragonita, margarita, etc..

Grupo das Vermiculitas: vermiculita.

Grupo das Cloritas: cloritas, microcloritas, peninita, amosita, diabantita, ripidolita, etc..

Grupo das Sepiolitas-Paligorsquitas: sepiolita, paligorsquita, pirofilita, etc..

Grupo das Serpentinhas: crisotila, lizardita, antigorita, picriolita, etc..

* Resultados obtidos por Ferreira (1993)