



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FECIV - FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

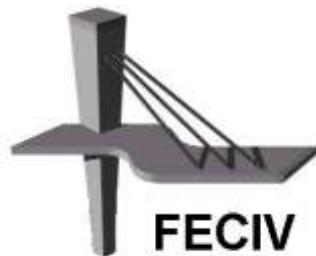


DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ESTUDO GEOTÉCNICO DOS SOLOS DE EROSÕES
RESULTANTES DE INTERVENÇÕES EM
RODOVIAS.**

João Andréa Molinero Junior

Uberlândia, 21 de Dezembro de 2010



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FECIV - FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



Nº 000

JOÃO ANDRÉA MOLINERO JUNIOR

**ESTUDO GEOTÉCNICO DOS SOLOS DE EROSÕES RESULTANTES DE
INTERVENÇÕES EM RODOVIAS.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil
da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Mestre em
Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia Urbana.

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ NISHIYAMA

CO-ORIENTADORA: PROFA DRA. MARIA ELISA BORGES REZENDE.

Uberlândia, 21 de dezembro de 2010



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA Nº: 077/2010

CANDIDATO: João Andrea Molinero Junior

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Nishiyama

TÍTULO: "Estudo geotécnico dos solos de erosões resultantes de intervenções em rodovias"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia Urbana

LINHA DE PESQUISA: Planejamento e Operação de Transportes

DATA DA DEFESA: 21 de dezembro de 2010

LOCAL: Sala de Reuniões da FECIV

HORÁRIO DE INÍCIO E TÉRMINO DA DEFESA: 15h30min - 16h15min

Após avaliação do documento escrito, da exposição oral e das respostas às argüições, os membros da Banca Examinadora decidem que o candidato foi:

APROVADO

REPROVADO

OBS:

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata que está assinada pelos membros da Banca:

Professor Orientador: **Prof. Dr. Luiz Nishiyama – IGUFU/UFU**

Membro externo: **Prof. Dr. Euclides Antônio Pereira de Lima – UNIUBE**

Membro: **Prof. Dr. Joaquim Mário Caleiro Acerbi – FECIV/UFU**

Uberlândia, 21 de Dezembro de 2010.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU , MG, Brasil

M722c Molinero Junior, João Andréa, 1953-
Estudo geotécnico dos solos de erosões resultantes de intervenções em
rodovias [manuscrito] / João Andréa Molinero Junior. - 2010.
117 f. : il.

Orientador: Luiz Nishiyama.
Co-Orientadora: Maria Elisa Borges Rezende.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
Inclui bibliografia.

I. Mecânica do solo - Teses. 2. Mecânica do solo - Aspectos ambientais - Teses. 3. Erosão - Teses. 4. Rodovias - Uberlândia - Teses. I. Nishiyama, Luiz. II. Rezende, Maria Elisa Borges. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU: 624.131

MOLINERO Júnior, J. A. Estudo geotécnico dos solos de erosões resultantes de intervenções em rodovias. 113 p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

RESUMO

O presente trabalho apresenta resultados da caracterização geotécnica dos solos extraídos de quatro erosões existentes na rodovia BR-050 resultantes das intervenções nela realizadas. A realização deste trabalho teve como objetivo geral identificar e caracterizar e avaliar os fatores intrínsecos do solo que resultaram na evolução das erosões ao longo dessa rodovia, visando identificar o conjunto de procedimentos de análise que mais se aplica à avaliação da erodibilidade dos solos da região, e assim contribuir para os futuros projetos de engenharia que possam causar passivos ambientais gerados por processos erosivos. O desenvolvimento do trabalho deu-se, inicialmente, por meio de análise de dados geotécnicos pré-existentes no acervo do DNIT, do trecho rodoviário compreendido entre Uberlândia e Uberaba. Com o intuito de buscar uma correlação entre os parâmetros geotécnicos e a erodibilidade dos solos nos pontos amostrados, foram realizados os ensaios: massa específica aparente; massa específica dos grãos; teor de umidade; granulometria (com e sem defloculante) e limites de Atterberg (LL, LP); ensaios da metodologia MCT, além dos ensaios alternativos para determinação da erodibilidade; e capacidade de troca catiônica (CTC); superfície específica e atividade de argilas pelos procedimentos propostos por Pejon (1992). Os resultados obtidos mostram que a classificação quanto à erodibilidade com base na carta de plasticidade, proposta por Silva (2009), se aplicou bem aos solos de comportamento não laterítico enquanto que os ensaios de erodibilidade propostos por Pejon (1992) deram resultados semelhantes aos obtidos pela dispersão entre as curvas granulométricas obtidas com e sem defloculante. Foi elaborada uma proposta para estudos geotécnicos preliminares.

Palavra Chave: BR-050; erosão; erodibilidade; metodologia MCT, Uberlândia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela oportunidade de ter participado desta pesquisa e pelo conhecimento adquirido ao longo deste trabalho.

Aos meus pais João Andréa e Margarida, que, com toda a dificuldade enfrentada, conseguiram fazer de seus nove filhos pessoas de bem, moldando em todos o caráter que hoje possuem e permitindo que cursassem uma Universidade, garantia de futuro a todos.

À minha esposa Wanilda por todos os momentos em que me animou quando a conclusão deste trabalho parecia um sonho cada vez mais distante.

Ao meu irmão Januário e meu sobrinho Giovanni pelo auxílio, principalmente no começo do trabalho, na pesquisa bibliográfica.

Aos meus filhos João Andréa Molinero Neto e Eduardo Henrique Siqueira Molinero por não me permitirem desistir.

À Dona Rosita pelas orações e pelo incentivo em todos os momentos em que um novo desafio se apresenta na minha vida.

A secretaria da Pós-graduação Sueli Maria Vidal da Silva pelo incentivo, atenção e companheirismo que tem com todos os alunos da pós-graduação e que nos acompanha desde a seleção até a defesa das dissertações.

Ao meu orientador Luíz Nishiyama e minha co-orientadora, Maria Elisa Borges Resende, pelas idéias, empenho, apoio e paciência no desenvolvimento da dissertação.

Agradeço a todos os meus amigos pela força e motivação durante este período de estudo.

Aos meus colegas do curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia e à Faculdade de Engenharia Civil, que forneceram o apoio necessário.

Às alunas da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, Camila Silva Maia, Fabiane Aparecida Ferrer da Silva, Karolyne Ribeiro Borges e Maria Antonia Macedo Franco pelo auxílio, notadamente no desenvolvimento dos ensaios de mecânica dos solos, coordenadas pela minha co-orientadora Profª Dra. Maria Elisa Borges Resende.

Aos técnicos do laboratório de Geotecnica da Faculdade de Engenharia Civil da UFU: José Antônio Veloso e Romes Aniceto da Silva, pelo acompanhamento nos ensaios laboratoriais.

Ao DNIT pelo fornecimento dos relatórios constantes do Projeto Final de Engenharia para Adequação de Capacidade e Restauração da BR-050/MG no trecho: Uberlândia – Rio Tejuco – Rio Cassu, notadamente seus Estudos Geotécnicos com os resultados de ensaios de mecânica dos solos.

À FAPEMIG pela disponibilização de equipamentos necessários à realização de ensaios constantes da metodologia MCT.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1 : Dados diversos dos grupos de solos integrantes do Sistema MCT	32
Figura 4.2 : Gráfico da classificação MCT.	33
Figura 4.3 : Componentes esquemáticos do balanço hidrológico próximo à superfície (CARSON & KIRKBY, 1975), modificada.	36
Figura 5.1 :Localização dos pontos onde foram coletadas as amostras dos solos para realização dos ensaios (GTM Trackmaker, 2009)	43
Figura 5.2 Situação atual do corte onde foram coletadas as amostras S8 e S9 no Km 153	44
Figura 5.3 :Erosão no Km 128 onde foram coletadas as amostras dos solos S10A, S10B, S10C e S10D.	44
Figura 5.4 : Talude do Km 131,5 onde foram coletadas as amostras S1, S2 e S3	45
Figura 5.5 : Talude do Km 131,2 onde foram coletadas as amostras dos Solos S4 e S5	45
Figura 5.6 : Fluxograma do ensaio de adsorção de azul de metileno pelo método do papel de filtro proposto por Pejon (1992).	50
Figura 5.7 : Esquema de execução do ensaio de absorção d'água proposto por Pejon (1992)	52
Figura 5.8 : Gráfico de absorção de água em função do tempo, para algumas amostras ensaiadas, utilizado na determinação do índice S, proposto por Pejon (1992).	53
Figura 6.1 : Diagrama Unifilar do tipo de solo de subleito no Lote 1	57
Figura 6.2 : Diagrama Unifilar do tipo de solo de subleito no Lote 2	58
Figura 6.3 : Erosão 1, localizada no Km 101,30, na margem direita da rodovia.	60
Figura 6.4 : Erosão 2, localizada no Km 108,50.	61
Figura 6.5 : Erosão 3, localizada no Km 109,46.	61
Figura 6.6 : Erosão 4, localizada no Km 111,00.	62
Figura 6.7 : Erosão 5, localizada no Km 126,77.	62
Figura 6.8 : Erosão 6, localizada no Km 127,60.	63
Figura 6.9 : Erosão 7, localizada no Km 128,30.	63
Figura 6.10 : Erosão 8, localizada no Km 128,50.	64
Figura 6.11 : Erosão 9, localizada no Km 131,20.	64
Figura 6.12 : Erosão 10, localizada no Km 131,25.	65
Figura 6.13 : Erosão 11, localizada no Km 132,50.	65
Figura 6.14 : Erosão 12, localizada no Km 133,00.	66
Figura 6.15 : Análise da erodibilidade para os solos de estudo	68
Figura 6.16 : Solos estudados no ábaco de classificação MCT	69

Figura 6.17 : Curva granulométrica – amostra S1	70
Figura 6.18 : Curva granulométrica – amostra S2	70
Figura 6.19 : Curva granulométrica – amostra S3	71
Figura 6.20 : Curva granulométrica – amostra S4	71
Figura 6.21 : Curva granulométrica – amostra S5	72
Figura 6.22 : Curva granulométrica – amostra S8	72
Figura 6.23 : Curva granulométrica – amostra S9	73
Figura 6.24 : Curva granulométrica – amostra S10A	73
Figura 6.25 :Curva granulométrica – amostra S10B	74
Figura 6.26 : Curva granulométrica – amostra S10C	74
Figura 6.27 Curva granulométrica – amostra S10D	75
Figura 6.28 : Potencial de erosão dos solos com base no Limite de Liquidez e no Índice de Plasticidade, proposto por Silva (2009).	78
Figura 6.29 : Diagrama da atividade das argilas pelo método do azul de metíleno (<i>apud</i> Lautrin, 1989)	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 : Critério de erodibilidade de acordo com Pejon (1992) – Resultado do ensaio	67
Tabela 6.2 : Coeficientes c' , d' , índice e' e o P_i dos solos estudados	69
Tabela 6.3 : Porcentagem de dispersão	75
Tabela 6.4 : Limites de consistência	75
Tabela 6.5 : Classificação dos solos - com defloculante	76
Tabela 6.6 : Cálculo da umidade e da massa seca para 4 g de solo úmido	76
Tabela 6.7 : Cálculo da CTC e da SE para cada solo pesquisado	77
Tabela 6.8 : Relação das argilas componentes de cada solo e suas propriedades	81
Tabela 9.1 : Dados geotécnicos entre os Kms 73,0 e 118,0 (Lote 1)	102
Tabela 9.2 : Dados geotécnicos entre os Kms 118,0 e 164,7 (Lote 2)	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 : Características mínimas para o cadastro de passivos ambientais.	24
Quadro 4.2 : Tipos de escoamentos em áreas de cabeceiras de bacias hidrográficas (DERBYSHIRE <i>et al.</i> 1979), modificada.	37
Quadro 6.1 : Características de grupos de solos da classificação M.C.T., <i>apud</i> Pejon (1992)	79
Quadro 6.2 : Resultado dos Ensaios	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABGE	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APP	Área de Preservação Permanente
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DER/SP	Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ES	Especificação de Serviço
FAPEMIG	Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FECIV	Faculdade de Engenharia Civil
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais
MCT	Miniatura, Compactado, Tropical
mini-MCV	Ensaio Moisture Condition Value com corpos de Prova reduzidos
NBR	Norma Brasileira Registrada
ONU	Organização das Nações Unidas
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RPA	Relevância do Passivo Ambiental
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SIAR	Sistema de Informações Ambientais Rodoviárias
SUCS	Sistema Unificado de Classificação de Solos
TRB	Transportation Research Board
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UNESP	Universidade Estadual Paulista
USP	Universidade de São Paulo
UNB	Universidade de Brasília.
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura.

LISTA DE SÍMBOLOS

Acb	Índice de Atividade da Fração Argilosa
c^{\wedge}	Coeficiente utilizado na classificação geotécnica MCT.
CTC	Capacidade de Troca de Cátions
d^{\wedge}	Coeficiente angular do ramo seco da curva de compactação correspondente a 12 golpes do ensaio de Mini-MCV.
D_r	Densidade relativa.
D	Diâmetro da partícula.
e_n	Índice de vazios natural.
e_L	Índice de vazios no limite de liquidez.
e^{\wedge}	Índice que define o comportamento laterítico do não laterítico.
ERA	Total da energia de impacto da chuva gasto por unidade de quantidade de chuva
ERR	Proporção de gasto da energia de impacto da chuva
H:V	Horizontal:Vertical
IP	Índice de Plasticidade.
IG	Índice de grupo.
K	Coeficiente de identificação de solos colapsíveis.
LL	Límite de liquidez.
LP	Límite de plasticidade.
Meq	Miliequivalente
Pi	Coeficiente de perda de massa por imersão.
SE	Superfície Específica
S_{r_n}	Grau de saturação natural.
t	Tempo percorrido pela partícula.
Wót	Umidade ótima.
W_n	Teor de umidade natural.
γ_d máx	Massa específica aparente seca máxima.
γ_w	Massa específica da água.
γ_s	Massa específica dos sólidos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
Considerações Iniciais	16
2 OBJETIVOS.....	18
2. 1 Objetivo Geral	18
2. 2 Objetivos específicos	18
3 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	19
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
4. 1 Aspectos gerais.....	20
4. 2 Erodibilidade	28
4. 3 Erosividade.....	33
4. 4 Erosão Marginal nas rodovias	39
4. 5 Programa de Gestão Ambiental do departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)	39
4.5.1 Composição do Plano	40
4.5.2 Programa de recuperação das áreas degradadas do Departamento Nacional de Infraestrutura (DNIT)	40
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
5. 2 Metodologia dos ensaios.....	46
5.2.1 Ensaio de Massa Específica Aparente ou Natural	46
5.2.2 Ensaio de teor de umidade pela norma NBR 6457 (ABNT, 1986)	46
5.2.1 Ensaio para determinação da massa específica aparente dos grãos menores que 4,8 mm	46
5.2.2 Ensaio de Granulometria	46

5.2.3 Ensaios de Índices Físicos	47
5.2.4 Caracterização da fração fina dos materiais inconsolidados pelo método da adsorção do azul de metileno	47
5.2.5 Ensaio de erodibilidade	51
5. 3 Avaliação da susceptibilidade à erosão	54
6 RESULTADOS E ANÁLISES	55
6. 1 características geotécnicas dos solos DE ACORDO COM ESTUDOS PRÉ-EXISTENTES	55
6. 2 Erosão na faixa de domínio	59
6. 3 Características geotécnicas das amostras ensaiadas.....	66
7 CONCLUSÕES.....	92
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
9 ANEXOS.....	101

1 INTRODUÇÃO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Com a implantação, restauração e/ou duplicação de rodovias, são realizadas profundas modificações no meio físico envolvendo seus componentes (solo, rocha, relevo, água e suas interações) por meio de cortes profundos, construção de aterros, exploração de jazidas de materiais de empréstimo, implantação de obras para drenagens das águas, remoção de capeamento de solos, mudanças nos caminhos das águas superficiais e subterrâneas, dentre outras. Como consequência são gerados impactos ambientais que, quando não mitigados, podem se caracterizar como passivos ambientais que necessitam ser recuperados.

Na maioria dos casos, as intervenções são realizadas sem o adequado cuidado com as características geotécnicas dos materiais inconsolidados que compõem o meio físico. A título de exemplo, pode-se citar a não atenção pelos setores responsáveis pelos projetos e obras rodoviárias quando se adota taludes de corte e aterro respectivamente de 1:1 e 3:2 (H:V), independentemente do tipo de solo no qual se está se implantando a rodovia. Para cortes em rocha, utiliza-se taludes de 1:10 e 1:8. Esses taludes são adotados nos projetos por serem aqueles mais usuais e, aparentemente, atendem às Normas aprovadas pelo DNIT.

Porém, a Norma DNIT 108/2009-ES, que especifica como deve ser executado um aterro determina que “a inclinação dos taludes de aterro, tendo em vista a natureza dos solos e as condições locais, deve ser fornecida pelo projeto de engenharia” (DNIT, 2009). Para os taludes de cortes a exigência pela Norma DNIT 106/2009-ES é que “devem apresentar, após a operação de terraplenagem, a inclinação indicada no projeto de engenharia, para cuja definição foram consideradas as indicações provenientes das investigações geológicas e geotécnicas” (DNIT, 2009).

Desta forma, há uma exigência normativa para a execução dos taludes de corte e de aterro que exige minucioso estudo das características dos solos a serem movimentados.

Apesar de todos os cuidados com o meio ambiente que vêm sendo adotados, principalmente nos últimos anos, a realidade é que a intervenção humana no meio físico, na maioria das vezes necessária para o desenvolvimento da nação, traz inúmeros problemas de natureza ambiental. Dentre todas as formas de uso e ocupação do meio físico podem-se citar as rodovias, que com a demanda crescente da circulação de pessoas, mercadorias e serviços, estas necessitam ser dotadas de maior capacidade de tráfego e de carga. A produção crescente de alimentos e a sua distribuição em todas as regiões do país fazem-se, portanto, necessária, assim como de outros bens essenciais à vida e ao bem estar de toda a população. O que se vê hoje no país é uma enorme dependência do transporte rodoviário, fruto do modelo de transporte adotado, em detrimento de outras modalidades como o ferroviário e hidroviário, para citar apenas os mais econômicos. No entanto, quando se trata de obras de implantação, restauração e/ou duplicação de rodovias, depara-se com enormes possibilidades de problemas ambientais por elas gerados e que precisam ser estudados e, quando se manifestam, mitigados. Assim, o profissional ou a equipe que estuda e planeja o uso e a ocupação do meio físico em uma determinada região, deve realizar o prognóstico, o diagnóstico, a caracterização e a avaliação dos problemas ambientais decorrentes para, então, propor e implementar as soluções com vistas à prevenção e mitigação aos problemas ambientais latentes ou em curso. A não consideração dos problemas ambientais nas fases de estudos, implantação de obras ou de operação, e a sua não mitigação na época oportuna, estes poderão ser considerados passivos ambientais.

2 OBJETIVOS

2. 1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a susceptibilidade erosiva de solos na BR-050 no trecho Uberlândia - Uberaba mediante a aplicação de um conjunto de procedimentos de ensaios geotécnicos e alternativos e, a partir dos resultados obtidos, buscar uma correlação entre os procedimentos de análise com a erodibilidade dos solos da região.

2. 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um levantamento, do ponto de vista geológico-geotécnico, dos problemas de erosão existentes na rodovia BR-050 – Trecho Uberlândia - Uberaba.
- Definir um conjunto de ensaios geotécnicos e ensaios alternativos para caracterização da erodibilidade de solos;
- Analisar os resultados obtidos nos ensaios geotécnicos e alternativos no sentido de buscar uma correlação entre as características geotécnicas dos solos ensaiados com a erodibilidade;
- Propor, a partir do estudo realizado, o conjunto de ensaios de laboratório e alternativos que permita identificar a susceptibilidade erosiva de solos em obras rodoviárias.
- Contribuir para os futuros projetos de engenharia rodoviária com vistas ao diagnóstico, caracterização, prevenção e atenuação de situações que possam implicar no desenvolvimento de feições erosivas decorrentes de obras rodoviárias.

3 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

A dissertação apresentada é constituída de 8 capítulos, organizados da seguinte maneira:

Capítulo 1: Faz-se uma explanação sobre passivo ambiental, bem como sobre os programas de gestão instituídos por órgãos públicos responsáveis pela manutenção de rodovias.

Capítulo 2: Definem-se os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

Capítulo 3: Faz-se uma breve apresentação do trabalho demonstrando, capítulo a capítulo o seu desenvolvimento.

Capítulo 4: Apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre as metodologias de trabalho mais utilizadas, uma breve revisão dos métodos utilizados, bem como procura-se demonstrar os parâmetros mais importantes necessários à sua elaboração.

Capítulo 5: Define os locais onde serão feitos os estudos, bem como os ensaios a serem realizados. Parte-se de levantamento já realizado pelo órgão responsável pela rodovia federal em questão (no caso a BR-050/MG).

Capítulo 6: Neste capítulo será feita uma análise dos resultados dos ensaios a serem executados, compará-los aos estudos geotécnicos já realizados pelo órgão e concluir sobre os pontos de erosão existentes.

Capítulo 7: Apresenta as conclusões do trabalho.

Capítulo 8: Apresenta as referências bibliográficas.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4. 1 ASPECTOS GERAIS

Tendo em vista os objetivos deste trabalho, faz-se necessário conceituar o meio ambiente em seus diversos pontos de vista.

O Dicionário Webster's define Meio Ambiente como:

As condições, influência ou forças que envolvem e influem ou modificam o processo de fatores climáticos, edáficos e bióticos que atuam sobre um organismo vivo ou uma comunidade ecológica e acabam por determinar sua forma e sua sobrevivência; a agregação das condições sociais e culturais (costumes, leis, idioma, religião e organização política e econômica) que influenciam a vida de um indivíduo ou de uma comunidade. (Dicionário Webster's *apud* DNIT, 2009)

O Banco Mundial considera o Meio Ambiente como “A soma das condições externas e influências que afetam a vida, o desenvolvimento e, em última análise, a sobrevivência de um organismo”. (DNIT, 2005)

As definições legais são feitas pelo Estado de Minas Gerais, através da Lei nº 7772 de 08/09/80 como: “... O espaço onde se desenvolvem as atividades humanas e a vida dos animais e vegetais”, enquanto a Lei 6938 de 31/08/91 define assim: “Meio ambiente – o conjunto de soluções, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. (DNIT, 2005)

Os elementos constituintes do Meio Ambiente são segundo o artigo 6º da Resolução CONAMA nº 001/86:

- a) o meio físico: o subsolo, o ar, as águas e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;
- b) o meio biológico e os ecossistemas naturais: a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;
- c) o meio socioeconômico: o uso e ocupação do solo, os usos da água e a socioeconomia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade

local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura destes recursos. (DNIT, 2008)

As intervenções promovidas pelo homem, na busca de desenvolvimento e bem estar das pessoas no que concerne ao deslocamento das mesmas, ou de bens e serviços, invariavelmente causam algum dano ao meio ambiente, mesmo porque a intervenção em uma rodovia, na maioria das vezes requer a supressão da vegetação que serve de *habitat* para inúmeras espécies da nossa fauna. Desta forma, faz-se necessário um planejamento tal que permita minimizar os danos ao ambiente causados pela atividade rodoviária. Essa minimização passa pela atitude de prevenir contra a produção de possíveis passivos ambientais e, em caso de impossibilidade dessa prevenção, deve-se considerar todas as possibilidades de recuperação dos passivos causados.

A ONU (ONU, 2001 *apud* Silva, 2005) define passivo ambiental como uma possível obrigação derivada de acontecimentos anteriores existente na data de fechamento do balanço, sendo que o resultado só se confirmará no caso de ocorrência no futuro de tais eventos ou de outros que escapem do controle da empresa.

Já Kraemer (KRAEMER, 2000 s.d., *apud* SILVA, 2005), considera que passivos ambientais referem-se a benefícios econômicos que serão sacrificados em função de obrigação contraída perante terceiros para preservação e proteção ao meio ambiente.

Ou seja, como bem define Antunes (ANTUNES, 2000 s.d., *apud* SILVA, 2005)

o passivo ambiental representa toda e qualquer obrigação de curto e longo prazos, destinados única e exclusivamente a promover investimentos em prol de ações relacionadas a extinção ou amenização dos danos causados ao meio ambiente, inclusive percentual do lucro do exercício, com destinação compulsória, direcionado a investimentos na área ambiental.

Ribeiro (RIBEIRO, 1995 s.d., *apud* SILVA, 2005), no entanto, considera que os passivos ambientais se constituem da expectativa de sacrifício dos benefícios futuros, sacrifício este, imposto por legislações e regulamentações ambientais, a exemplo de taxas, contribuições, multas e penalidades por infrações legais e, ainda, em decorrência de resarcimento a terceiros por danos provocados, estimativa de gastos para recuperação e restaurações de áreas degradadas, seja por iniciativa própria, seja exigido por lei ou terceiros. Enfim, quaisquer compromissos que impliquem em um provável

consumo de recursos futuros para fazer face às obrigações decorrentes de questões ambientais.

Os passivos ambientais verificados em rodovias poderiam ser evitados ou minimizados na fase de projeto de implantação e pavimentação e/ou de duplicação dessa via. Porém, se não houver um diagnóstico quanto ao aparecimento desses passivos ambientais na fase de projeto ou de implantação da via, há que se buscar detectá-lo no mais breve tempo possível após a sua construção, posto que se não for tratado com a brevidade exigida, esse passivo irá cada vez mais se pronunciar até o momento em que aconteçam perdas ambientais que demandem custos enormes para a sua recuperação, pois que o custo de tratamento de um passivo ambiental tem proporcionalidade direta com o tempo em que se leva para sua recuperação, ou seja, quanto mais se demorar a tratar o passivo, mais onerosa será a sua recuperação.

Além disso, o passivo ambiental apresenta um impacto visual que depõe contra os administradores daquele trecho de estrada, já que não há como se encontrar um bonito aspecto em uma voçoroca, ou mesmo em uma erosão em estado avançado, mesmo que esteja restrita à saia de um aterro. Nesse caso, com o tempo pode haver um rompimento total do maciço terroso, causando a interrupção de tráfego e, consequentemente, prejuízos para a comunidade afetada.

O Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER/SP, 2007) assume como Passivo Ambiental uma situação de degradação ambiental decorrente da construção e/ou operação de uma rodovia, dentro ou fora da faixa de domínio, bem como decorrente de ações de terceiros que afetam, ou podem afetar, a faixa de domínio de uma rodovia e considera, para efeito de cadastro, os tipos de passivo ambiental conhecidos como erosão, assoreamento, escorregamento ou deslizamento, alagamento, invasão de faixa de domínio, áreas de apoio não recuperadas e outros. E define:

Erosão: é o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais), podendo ser decorrentes de processo natural ou antrópico.

Há dois tipos principais: erosão laminar, ou em lençol, causada pelo escoamento difuso das águas das chuvas, resultando na remoção progressiva e uniforme dos horizontes superficiais do solo; e a erosão linear, causada pela concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial,

resultando em pequenas incisões na superfície do terreno, em forma de sulcos, que podem evoluir, por aprofundamento, para ravinhas e voçorocas.

Assoreamento: processo de acumulação de partículas sólidas e sedimentos em sistemas de drenagem ou cursos d'água naturais decorrentes de processo erosivos, execução inadequada de obras de terraplenagem, manejo inadequado de solo, entre outros.

Escorregamento: movimento rápido de massas de solo ou rocha em taludes naturais, de corte ou de aterro.

Alagamento: acúmulo de águas pluviais e/ou fluviais nas pistas de rolamento e/ou nas áreas de terceiros por ineficiência ou inexistência do sistema de drenagem da rodovia, ou proveniente de interferências no uso do solo e drenagens de propriedade de terceiros.

Invasão da Faixa de Domínio: ocupações irregulares na faixa de domínio da rodovia por edificações, permanentes ou temporárias, destinadas a moradia, comércio ou a outro uso.

Áreas de Apoio Não Recuperadas: áreas de empréstimo, de depósito de material excedente, canteiro de obras e instalações associadas, usinas de asfalto, entre outras, localizadas ou não na faixa de domínio, que não foram recuperadas após conclusão das atividades de construção ou conservação das rodovias”.

Segundo Kochen (2005) entre os estudos básicos para a quantificação de passivos ambientais em rodovias encontra-se a avaliação geológica e geomorfológica utilizando-se critérios de identificação de passivos ambientais, quando devem-se considerar os seguintes aspectos:

- Delimitação de mudanças abruptas nas condições de relevo
- Delimitação de regiões sujeitas à erosão na superfície do terreno natural
- Ocorrência de materiais susceptíveis à erosão em taludes de aterro e corte
- Ocorrência de materiais susceptíveis à desagregação em taludes.

Em cada um desses casos deve-se ter bem definido o grau de degradação que pode trazer ao ambiente contíguo à rodovia.

Como são várias as intervenções humanas e, principalmente, do próprio clima no ambiente, há que se ter uma forma de se identificar os problemas e estabelecer controle sobre eles. Para isso, o Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER/SP, 2007) institui alguns sistemas, quais sejam:

Sistema de Informações Ambientais Rodoviárias - SIAR: sistema de informações integrante do Sistema de Gestão Ambiental – SGA do DER/SP

que reúne informações ambientais e as disponibiliza para a tomada de decisões. O SIAR possui módulo específico para cadastramento de passivos ambientais.

Com base neste sistema, o DER/SP estabelece um índice denominado RPA (*Relevância do Passivo Ambiental – RPA*), que avalia o grau de risco proporcionado por um passivo ambiental; é calculado com base nas dimensões e características do próprio passivo ambiental bem como das características do ambiente onde se localiza.

A mesma instrução traz ainda os procedimentos para levantamento e cadastro de passivos ambientais na malha rodoviária sob jurisdição do DER/SP e estabelece as características mínimas para que o passivo ambiental seja considerado relevante e integre o cadastro do DER/SP apresentando os critérios para a caracterização do passivo e o cálculo da Relevância do Passivo Ambiental (RPA) conforme o Quadro 4.1 abaixo.

Quadro 4.1 : Características mínimas para o cadastro de passivos ambientais.

CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS PARA O CADASTRO DE PASSIVOS AMBIENTAIS	
TIPOS	DIMENSÕES
Erosão	Acima de 0,30m de profundidade, de 0,20m de largura ou de 3,00m de extensão.
Assoreamento	Acima de 2,00m de extensão perpendicular ao eixo da linha de drenagem; Franjas com mais de 2,00m de extensão em tanques e/ou reservatórios lindeiros à rodovia.
Escorregamento ou instabilidade de taludes	Taludes com mais de 3,00m de altura e trincas de tração com mais de 2,00m de extensão; Taludes com mais de 3,00m de altura apresentando: blocos rochosos em sua base, degrau de abatimento, cicatrizes de escorregamento, queda de blocos e/ou rastejo; Taludes em rocha distante a menos de 1,00m da borda do acostamento apresentando sinais de quedas de blocos e/ou blocos soltos.
Alagamento	Acima de 5,00m de extensão paralela ao eixo da rodovia e em trecho com alagamento com freqüência; Vestígios de material particulado em ponto baixo, com extensão acima de 3,00m.

Fonte: DER/SP (2007)

Não há características mínimas para os demais tipos de passivos, devendo ser integralmente cadastradas todas as ocorrências observadas (DER/SP, 2007). Fixa, ainda, a caracterização para o Passivo Ambiental, mostrando como ele deve ser estudado:

A fase consiste no preenchimento da Ficha de Descrição de Passivo Ambiental contendo a localização e dimensões da ocorrência, croquis e fotografias ilustrativas, indicações de causas e impactos ambientais observados e diretrizes para recuperação do passivo.

Para passivos ambientais de baixo índice de relevância, RPA $\leq 2,5$ a equipe técnica deverá preencher apenas os itens referentes à caracterização ambiental e registro fotográfico do passivo. O preenchimento completo da Ficha será feito para os passivos ambientais com índices RPA $> 2,5$. (DER/SP, 2007)

Segundo Kraemer (2000) “passivos ambientais referem-se a benefícios econômicos que serão sacrificados em função de obrigação contraída perante terceiros para preservação e proteção ao meio ambiente” (KRAEMER, 2000, s.d., *apud* SILVA, 2005). Ainda Antunes, 2000 define o passivo ambiental como “toda e qualquer obrigação de curto e longo prazos, destinados única e exclusivamente a promover investimentos em prol de ações relacionadas à extinção ou amenização dos danos causados ao meio ambiente, inclusive percentual do lucro do exercício, com destinação compulsória, direcionado a investimentos na área ambiental”. (KRAEMER, 2000, s. d., *apud* SILVA, 2005)

Ribeiro afirma que:

os passivos ambientais devem ser constituídos pela expectativa de sacrifício de benefícios futuros imposto por legislações e regulamentações ambientais, como taxas, contribuições, multas e penalidades por infrações legais e, ainda, em decorrência de resarcimento a terceiros por danos provocados, estimativa de gastos para recuperação e restaurações de áreas degradadas, seja por iniciativa própria, seja exigido por lei ou terceiros. Enfim, todos os compromissos que impliquem o provável consumo de recursos futuros para fazer face às obrigações decorrentes de questões ambientais (RIBEIRO, 1995, s.d., *apud* SILVA, 2005).

A identificação do passivo ambiental é feita por meio de vistorias de campo realizadas por pessoal habilitado, que percorre o trecho objeto de levantamento seguindo um roteiro de inspeções previamente traçado. O roteiro é estabelecido em escritório por meio da consulta a plantas topográficas do trecho, fotografias aéreas, registros de passivos ambientais existentes no SIAR, informações obtidas nas Divisões Regionais do DER/SP, e outras informações pertinentes. Deverão ser vistoriados os sistemas de drenagem, taludes de corte ou aterro, pontos baixos, Áreas de Preservação Permanente - APP, cursos de água que recebem as águas pluviais do sistema de drenagem da rodovia, áreas contíguas à faixa de domínio da rodovia, áreas de apoio, outros. (DER/SP, 2007)

Faz-se necessário ainda verificar que, o aparecimento dos Passivos Ambientais pode ocorrer (e ocorre), na maioria das vezes, por problemas de erosão causada pela

erodibilidade do terreno combinada com a erosividade da água da chuva tanto em sua queda quanto em seu escoamento.

A erosão, considerada um dos principais passivos ambientais, no conceito de Bertoni e Lombardo Neto (1990, p. 68), “é o processo de desprendimento e arraste das partículas do solo, causado pela água e pelo vento”. (BERTONI e Lombardo Neto, 1990 *apud* VITTE e MELLO, 2007)⁽⁵⁾

De acordo com Toy e Hadley, 1987 (*apud* VITTE e MELLO, 2007), a erosão dos solos é um processo “normal” no desenvolvimento da paisagem, sendo responsável pela remoção do material de superfície por meio do vento, do gelo ou da água. Sob tais condições, a erosão é considerada um processo natural. No entanto, a erosão acelerada dos solos, isto é, aquela que ocorre em intensidade superior à erosão “normal” é, usualmente, consequência dos resultados das atividades humanas sob determinadas condições de clima, vegetação, solo e relevo.

Cunha, 1997 (*apud* Vitte e Mello, 2007) destaca que a erosão dos solos é considerada normal, quando ocorre um equilíbrio entre os processos de formação do solo e seu desgaste natural, e admite que quando o processo erosivo é mais intenso, sendo mais veloz que a formação do solo, ocorre a erosão acelerada – chamada de erosão antrópica – caso tenha sido provocada pela ação humana. Tal situação ocorre quando são encontradas determinadas condições de solo, litologia e relevo que proporcionam o desencadeamento da substituição da vegetação natural por outro tipo de cobertura vegetal, o qual não proporciona proteção eficiente contra a erosão, dificultando o estabelecimento do processo pedogenético que recomporia a camada erodida:

Enquanto morfogênese, a erosão é responsável pela ocorrência da esculturação da crosta terrestre, sendo condicionada por fatores como o regime climático, o relevo, a cobertura vegetal e do tipo de solo. A erosão, enquanto processo, é resultante da dinâmica de um determinado sistema ambiental, ou seja, da dinâmica de uma dada paisagem entendida como sendo a síntese dos diversos componentes que a produzem (DOLLFUS, 1973), e que está em desequilíbrio, provocado por interferências naturais ou antrópicas em um ou mais de seus fatores. (VITTE e MELLO, 2007)

Esse desequilíbrio é resultado do balanço ecodinâmico de um determinado sistema ambiental (TRICART, 1977).

A erosão é causada por forças ativas, como as características da chuva, pois, a água pluvial exerce sua ação erosiva sobre o solo pelo impacto das gotas, que caem com velocidade e energia variáveis, dependendo do seu diâmetro, e pelo escoamento da enxurrada, a qual tem sua velocidade e volume variando segundo a declividade, o comprimento do declive do terreno e a capacidade que tem o solo de absorver água; e por forças passivas, como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água (determinada por diversas de suas

características ou propriedades físicas e químicas) e a densidade da cobertura vegetal (BERTONI; LOMBARDO NETO, 1990, p. 45).

Segundo Bertoni e Lombardo Neto, 1990 *apud* Vitte e Mello, 2007 “a chuva é um dos fatores de maior importância para a erosão, sendo que sua intensidade, sua duração e a sua freqüência são as propriedades mais importantes para o processo erosivo. Lal (1988, p. 141) aponta a erodibilidade do solo e a erosividade da chuva como sendo dois fatores físicos significantes para a magnitude e/ou intensidade da erosão do solo”. (VITTE e MELLO, 2007).

Para Molinero (2007) há um processo geodinâmico combinado com a intervenção humana que determinam o aparecimento de erosões nas rodovias, onde os fenômenos naturais e artificiais, em determinadas condições, podem refletir em uma maior ou menor alteração na dinâmica e no perfil da crosta terrestre. E adianta:

Assim, a erosão, processo geodinâmico que ocorre nos solos, e objeto de estudo desta pesquisa, é mais ou menos intensa em uma área a partir da combinação de alguns fatores como relevo local, formação geológica, volume de água existente na região, tanto superficial (em função da precipitação) quanto em sua subsuperfície (em função do nível freático), conjugados na grande maioria das vezes com a ação do homem naquele local.

Atualmente, devido ao processo de expansão da população e consequente necessidade de incremento nas dimensões das áreas urbanas, que na maioria das vezes é feita de maneira não planejada, com a destruição da vegetação local, por exemplo, que protege os solos dos agentes erosivos, processos de dinâmica externa, principalmente os de erosão têm se intensificado.

Por outro lado, o desenvolvimento econômico diferenciado entre as regiões do país provoca a necessidade de deslocamentos entre estas regiões no sentido do transporte de insumos e produtos industrializados. Desta maneira, vias têm de ser construídas para a acessibilidade tanto desses produtos, como de pessoas. Dentro dessa ótica vale ressaltar que as ligações entre cidades, através das rodovias, são implantadas sem o devido cuidado com o meio ambiente ao seu redor, influenciando ainda mais nos fatores responsáveis pelas erosões.

Assim, na medida em que o homem ocupa cada vez mais novas áreas verdes sem o devido planejamento, para realizar suas atividades sociais e econômicas, tem-se verificado que o impacto sobre o meio ambiente tem sido forte e em alguns casos irreversíveis. A ocupação inadequada do uso do solo gera uma série de problemas de toda ordem, dentre eles têm-se os problemas geotécnicos. A erosão é um desses problemas, que sempre traz consigo prejuízos à sociedade, sejam esses econômicos, sociais ou ambientais. Por exemplo, uma situação bastante preocupante para os especialistas da área de geotecnia é a erosão às margens dos leitos estradais, onde, principalmente no período chuvoso compromete os corredores rodoviários de transportes.

Considera ainda Molinero (2007), que há necessidade de um estudo mais aprofundado para a determinação dos taludes de corte e aterro nas rodovias, pois “estes são executados segundo as normas do extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagens - DNER, hoje Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes - DNIT, sem nenhum cuidado adicional com suas inclinações em função do comportamento geotécnico do maciço. Assim, as diferenciações de resistência do solo à erosão em função da sua formação geológica, por exemplo, quase sempre, não são levadas em consideração no dimensionamento das inclinações de taludes de cortes e aterros. Desta forma, os fluxos, muitas vezes concentrados, de água nesses taludes com alta declividade e grandes extensões de rampas, associados a solos de baixa resistência, culminam com surgimento de processos erosivos nesses locais”.

4. 2 ERODIBILIDADE

A erodibilidade do solo, segundo Lal (1988, p. 141), “é o efeito integrado de processos que regulam a recepção da chuva e a resistência do solo para desagregação de partículas e o transporte subsequente”. (LAL, 1988 *apud* VITTE e MELLO, 2007)

Esses processos são influenciados pelas propriedades do solo, assim como a distribuição do tamanho das suas partículas, estabilidade estrutural, conteúdo de matéria orgânica, natureza dos minerais de argila e constituintes químicos. Além desses, consideram-se que, os parâmetros do solo que afetam a sua estrutura, hidratação, e as características da circulação da água que afetam a erodibilidade do solo. (LAL, 1988 *apud* VITTE e MELLO, 2007)

Lal, 1988 *apud* Vitte e Mello, 2007 coloca que a força dirigente dos agentes de erosão, os quais causam a desagregação do solo e seu transporte é chamada de erosividade.

Ainda segundo Lal, 1988 *apud* Vitte e Mello, 2007

vários pesquisadores têm usado índices baseados em medidas rotineiras das propriedades do solo para avaliar a sua relativa suscetibilidade à erosão, tendo sido criados vários índices, como medidas de desagregação do solo ou de sua resistência à desagregação. Esses índices são baseados em propriedades que governam a agregação e a estabilidade de agregação, infiltração da água e propriedades de retenção, impacto das gotas da chuva, e processos termodinâmicos que governam o enfraquecimento e/ou a quebra de agregados. Tais índices são medidas relativas de desagregação e, sendo assim, talvez não refletem o comportamento de campo do solo, em resposta à chuva e ao seu uso e ocupação.

A escolha de um índice apropriado depende de muitos fatores; o mais importante deles está na sua relevância em relação aos processos que governam a erosão sob condições naturais ambientais (ULEESCHAWER; LAL; DE BOODT, 1978 *apud* LAL, 1988, p. 142).

Além disso, ressalta-se que um índice conveniente deve apresentar as seguintes características:

- a) ser simples e facilmente adaptado para medidas rotineiras;
- b) ser relacionável a outras propriedades quantificáveis do solo;
- c) ser facilmente usado para classificar solos dentro de categorias de erodibilidade.

À vista disto, talvez não exista um único índice que os pesquisadores possam usar para todos os solos na representação do comportamento de campo. Então, um fator composto ou a combinação de vários índices pode ser mais adequado para descrever, aproximadamente, o comportamento de campo. Desta forma, Wischmeier & Smith (1978) concluíram que:

alguns solos são mais facilmente erodidos que outros, mesmo que todos os fatores do processo permaneçam constantes. Essa diferença é devido às propriedades inerentes do solo, e é referida como a erodibilidade do solo, expressa pelo fator K da EUPS. As propriedades do solo que influenciam a erodibilidade são aquelas que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água, e aquelas que resistem às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escoamento. (FARINASSO, 2006)

Também Nogami e Vilibor (1995) definem a erodibilidade como o fator mais importante que caracteriza a suscetibilidade de um solo à ação erosiva atuante sobre ele, quando se analisa suas características geotécnicas. E citam que uma das maneiras de analisar a erodibilidade dos solos é se considerar a influência qualitativa das principais características dos solos à ação erosiva. Resultados mais representativos, entretanto, só podem ser obtidos mediante ensaios que reproduzem, no laboratório ou no campo, o processo erosivo. Esses ensaios, geralmente, são onerosos e demorados. E fixam, no caso do material a se considerar ser um solo, as suas características mais importantes:

a.1 – Granulometria e Constituição

De uma maneira geral, a granulometria afeta indiretamente a erodibilidade, a não ser em casos muito especiais. Assim, materiais pétreos com granulometria de pedra (diâmetro médio compreendido entre 7,5 cm e 25 cm) e de pedregulho (diâmetro médio compreendido entre 0,5 cm e 7,5 cm) são resistentes à erosão em quaisquer circunstâncias. Já as areias limpas são estáveis nos taludes, porém não o são às lâminas d'água com velocidade comum das valetas de obras viárias. Quanto aos siltos limpos, são instáveis em qualquer condição.

No que se refere a argilas texturais, isto é, com grãos inferiores a 2 μm , uma resposta simples não é possível, porquanto depende da constituição mineralógica e/ou química dos grãos e do ambiente em que se encontram. Assim, uma argila textural pode ser estável num talude natural, se tiver uma agregação desenvolvida e forte, mas passará a instável, se essa agregação for destruída por chuva de gotas com elevada energia cinética. O fator mineralógico influí grandemente no desenvolvimento da agregação e no seu comportamento, após a sua destruição e compactação. A laterização é um processo pedológico que atua simultaneamente na agregação e nas suas características mineralógicas.

a.2 – Estrutura e Macrofábrica

Observe-se que as pedras, pedregulhos e areias, sem ou com muito pouco finos, dão origem a uma estrutura designada de **granular simples**, que é considerada “não estruturada”, em pedologia.

Do ponto de vista do fenômeno erosivo, interessam sobretudo dois tipos de estrutura:

Decorrente da **agregação** dos grãos menores, sobretudo da fração argila... essa estrutura resulta sobretudo da atuação dos processos pedológicos, principalmente na parte mais superficial do perfil do subsolo. Geralmente, os manuais tradicionais de erosão de solos só consideram, em detalhe, esse tipo de estrutura;

Herdada da rocha matriz ou decorrente do **processo de sedimentação**. Esse tipo de estrutura influí sobretudo no processo erosivo, quando apresenta feições lineares, que podem controlar a formação de ravinas e sulcos. É um tipo genético de estrutura associado a forças coesivas muito variadas, dependendo de sua origem, e que podem ser designadas petrificações residuais, no caso de estruturas herdadas da rocha matriz, e diagenéticas, no caso de estruturas decorrentes do processo de sedimentação.

a.3 – Permeabilidade e Infiltrabilidade

Quase sempre, a permeabilidade e a infiltrabilidade da superfície do solo são resultantes da sua granulometria, da constituição mineralógica e química dos seus grãos e da estrutura que esses formam. A permeabilidade é uma propriedade que ocorre em meios saturados, ao passo que a infiltrabilidade ocorre em meios não saturados caracterizados por possuírem tensões capilares, ou de sucção, apreciáveis.

De uma maneira geral, interessam mais à erosão hídrica das superfícies expostas, nos climas tropicais úmidos, as propriedades dos solos ligados à infiltrabilidade, sobretudo o **coeficiente de sorção**. Esse coeficiente, contrastando com o de permeabilidade, indica uma propriedade que depende do tempo de atuação do fenômeno, sendo variável, aproximadamente, em função do inverso da raiz quadrada do tempo. Essa simplicidade, entretanto, não mais ocorre quando interfere na infiltrabilidade a pressão hidrostática. Essa pressão pode atuar aumentando ou diminuindo a quantidade de água infiltrada na superfície do solo.

O relacionamento da granulometria e da estrutura dos solos com a sua permeabilidade e infiltrabilidade é, em detalhe, bastante complexo.

Consequentemente, quase sempre é impossível avaliar os valores dos coeficientes de permeabilidade e de sorção, apenas pelo conhecimento da sua granulometria e estrutura. Uma das dificuldades no desenvolvimento do relacionamento considerado está na quantificação apropriada das referidas características. Nessas condições, somente uma avaliação qualitativa pode ser feita sobre os citados coeficientes, a partir do conhecimento da granulometria e da estrutura dos solos. Para se obter dados mais precisos, objetivando a previsão da erosão, frequentemente há necessidade de se recorrer à execução de ensaios apropriados.

O conhecimento suficientemente preciso das características de infiltrabilidade é muitas vezes indispensável na previsão da erodibilidade, porque regula a quantidade de escoamento superficial, responsável pela formação de lâmina d'água na superfície submetida à erosão...

a.4 – Coesão

A coesão é também uma propriedade que se correlaciona com a granulometria e a estrutura dos solos, porém de maneira complexa. Solos e outros materiais altamente coesivos, independentemente do seu teor de umidade, são inerodíveis, enquanto que aqueles pouco ou não coesivos, são altamente erodíveis, sob a ação das gotas das chuvas e da lâmina d'água corrente. Por isso, em muitas circunstâncias, há necessidade de se determinar a coesão, diretamente, mediante ensaios apropriados. A grande dificuldade em se desenvolver tais ensaios para determinação da coesão é que essa é uma propriedade que varia sensivelmente com a densidade e teor de umidade dos solos, que, nas superfícies sujeitas à erosão, variam continuamente nas condições tropicais. Outra dificuldade decorre da possibilidade de desenvolvimento de trincas e fissuras, cuja simulação experimental apresenta várias dificuldades. (NOGAMI e VILLIBOR, 1995)

Gray & Sotir (1996) *apud* Galvão (2006) mostram que a classificação SUCS dá um indicativo da erodibilidade do solo e revelam que “no caso da susceptibilidade à erosão, as propriedades geotécnicas básicas que devem ser consideradas são: análise granulométrica, índice de vazios, estrutura do solo, parâmetros de plasticidade (limite de liquidez e limite de plasticidade) e outros testes específicos (Inderbitzen, Pinhole, desagregação, etc.)”. Admitem que, na realidade, não existe um índice que mede a erodibilidade de solo, de maneira simples, padronizada e universal. E adiantam que o sistema de classificação americano “Unified Soil Classification System” sugere a seguinte hierarquia para medida da erodibilidade (sentido mais erodível para menos erodível), obtida através da análise granulométrica e em medidas de plasticidade em amostras de solos deformadas:

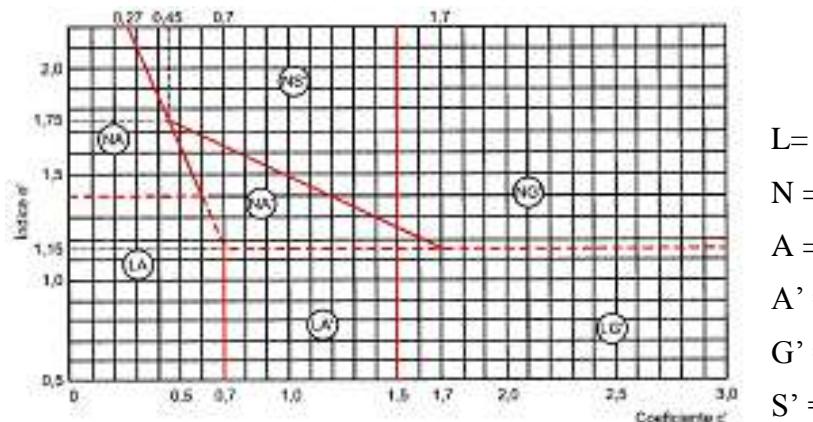
ML (silte de baixa plasticidade) > **SM** (areia siltosa) > **SC** (areia argilosa) > **MH** (silte de alta plasticidade) > **OL** (solo orgânico de plasticidade baixa) >> **CL** (argila de baixa plasticidade) > **CH** (argila de alta plasticidade) > **GM** (pedregulhoso siltoso) > **SW** (areia bem graduada) > **GP** (pedregulho pobramente graduado) > **GW** (pedregulho bem graduado)

Para a classificação dos solos tropicais de acordo com a Metodologia MCT, utiliza-se o gráfico da Figura 4.1 com as conseqüentes propriedades derivadas do índice c' que se correlaciona aproximadamente com a granulometria, podendo o solo ser caracterizado como argila e/ou solo argiloso (se c' for elevado, acima de 1,5), ou areia ou silte (c' abaixo de 1). Para os solos com o coeficiente c' entre 1 e 1,5 teremos as areias siltosas, areias argilosas, argilas arenosas, argilas siltosas, etc.

GRANULOMETRIAS TÍPICAS		argilas siltes (q,s)		areias siltosas		siltes (k,m) siltes arenosos		argilas argilas arenosas argilas siltosas siltes argilosos		areias siltosas		areias argilosas		argilas arenosas siltosas siltes argilosos															
Designações do TI-71 do DER-SP (equivalentes da Mississippi River Commission, USA)																													
k =caolinítico m =micáceo s =serícítico q =quartzoso																													
COMPORTAMENTO																													
GRUPO MCT																													
NA NA' NS' NG' LA LA' LG'																													
MINI-CBR (%) sem imersão perda por imersão																													
B, M E B, M E E B, M E E, EE E																													
EXPANSÃO																													
B B, M E B, M E B, M B, M B, M E																													
CONTRAÇÃO																													
COEF. DE PERMEABILIDADE (k)																													
M, E B B, M E B, M B, M B, M B, M E																													
COEFICIENTE DE SORÇÃO (s)																													
Corpos de prova compactados na massa específica aparente seca máxima da energia normal																													
EE = Muito Elevado (a) M = Médio (a) Vide Tabela III.3 para equivalente numérico																													
E = Elevado (a) B = Baixo (a)																													
Propriedades																													
Utilização																													
Base de pavimento																													
n 4° 5° n n 2° 1° 3°																													
Reforço do subleito compactado																													
4° 5° 7° 6° 2° 1° 3°																													
Subleito compactado																													
Aterro (corpo) compactado																													
4° 5° 6° 7° 2° 1° 3°																													
Proteção à erosão																													
n 3° n n 2° 1° 2°																													
Revestimento primário																													
5° 3° n n 4° 1° 2°																													
n = não recomendado																													
Grupos tradicionais obtidos de amostras que se classificam nos grupos MCT discriminados nos topo das colunas		USCS	SP SM	MS SC ML	SM, CL ML, MH	MH CH	SP SC	SC	MH ML CH																				
		AASHO	A - 2 A - 4 A - 7	A - 2 A - 4 A - 7 - 5	A - 4 A - 5 A - 7 - 5	A - 6 A - 7 - 5	A - 2	A - 2 A - 4	A - 6 A - 7 - 5																				

Figura 4.1 : Dados diversos dos grupos de solos integrantes do Sistema MCT
Fonte: Gray & Sotir, 1996 *apud* Galvão (2010)

Outro índice utilizado na classificação é o índice e' que indica o comportamento laterítico ou não laterítico do solo.



L = Laterítico
 N = Não laterítico
 A = Areia
 A' = Arenoso
 G' = Argiloso
 S' = Siltoso

Figura 4.2 : Gráfico da classificação MCT.

Fonte: Nogami & Villibor (1995)

4. 3 EROSIVIDADE

A erosividade da chuva é devida, segundo Lal (LAL, 1988 *apud* VITTE e MELLO, 2007), parte ao impacto direto das gotas de chuva, e parte ao escoamento que a chuva gera. A capacidade de a chuva causar erosão do solo é atribuída à proporção e distribuição dos pingos d'água, segundo a carga de energia da chuva. Ensina, enfim que, “a erosividade de uma chuva é atribuída à sua energia cinética ou momentum, parâmetros facilmente relacionados à intensidade da chuva ou à sua quantidade total”.

Define, ainda, o momentum como um produto da massa pela velocidade. Trata-se de uma medida da pressão exercida pela chuva sobre o solo. Pressão, ou força por unidade de área, a qual tem a natureza de um *stress* mecânico que causa a desagregação dos agregados do solo. A energia cinética da chuva, para Lal (LAL, 1988 *apud* VITTE e MELLO, 2007), é um dos principais fatores iniciantes da desagregação do solo. Medidas diretas da energia cinética de suas gotas podem ser feitas com o uso de aparelhos acústicos. A energia cinética também pode ser avaliada pela medição da distribuição do tamanho das gotas da chuva, assumindo velocidade terminal correspondente a um dado tamanho de gota.

Existem vários métodos de determinação da distribuição dos tamanhos das gotas, como, por exemplo, o de “pelota de farinha”, técnica da mancha, ou métodos de captura no

óleo. Além disso, muitas equações empíricas têm sido desenvolvidas relacionando energia cinética à intensidade da chuva ou ao total da chuva. Kinnel (1981) *apud* Lal (1988, p. 150) descreve a intensidade da energia cinética relacionando-a de duas maneiras:

- a) A proporção de gasto da energia de impacto da chuva (*rainfall kinetic energy*) (ERR), a qual tem as unidades de energia por unidade de área por unidade de tempo;
- b) O total da energia de impacto da chuva gasto por unidade de quantidade de chuva (ERA), a qual tem as unidades de energia por unidade de área por unidade de profundidade (mm).

ERA e ERR são relatadas a seguir:

ERA= C ERR I/1, onde I é a intensidade da chuva (mm/tempo) e C é uma constante empírica. Geralmente, usam-se equações algébricas que relacionam a energia de impacto e a intensidade da chuva:

$$\text{ERA} = a + b \cdot \log_{10} I$$

$$\text{ERA} = c(b - aI)^{1/2}$$

$$\text{ERA} = bI - a, \text{ onde } I \text{ é a intensidade da chuva e (a) e (b) são constantes empíricas.}$$

Carvalho (2009), analisa o assunto da seguinte forma:

A erosão hídrica inicia-se com a incidência das precipitações, onde parte do volume de água que cai é retido pela vegetação e o restante atinge a superfície do solo. Ao atingir o solo, as gotas transferem parte de sua energia para ele, causando o salpicamento (splash) de partículas e também o selamento de sua superfície, e com isso, reduz a capacidade de infiltração da água e aumenta o escoamento superficial. Quando a taxa de infiltração é ultrapassada, ocorre o empoçamento da água e depois de esgotada a capacidade de retenção superficial, a água começa a escoar, transportando as partículas desagregadas e depositando-as em outros locais. Dessa forma, durante o processo de erosão hídrica, têm-se as perdas decorrentes do salpicamento das partículas que estão estreitamente relacionadas com energia de impacto de gota no solo e por sua vez com o diâmetro dessa gota e aquelas perdas decorrentes do escoamento superficial, conhecidas como perdas por lavagem.

Segundo Bertoni e Lombardo Neto, 1990 *apud* Vitte e Mello, 2007 somente cerca de quarenta anos após diversos estudos realizados no campo e em laboratório, tornou-se clara a compreensão de que o impacto das gotas da chuva em um terreno descoberto e o consequente desprendimento das partículas do solo é, realmente, a principal causa da erosão provocada pela água.

De acordo com Guerra, 1999 *apud* Vitte e Mello, 2007 no momento em que as gotas de chuva atingem o solo, começa o splash, também conhecido como erosão por salpicamento, o qual se trata do estágio inicial do processo erosivo, em que as partículas que compõem o solo são preparadas para serem transportadas pelo escoamento superficial. Essa preparação se dá tanto pela ruptura dos agregados, como pela própria ação transportadora que o salpicamento provoca nas partículas. O splash pode variar em função da resistência do solo ao impacto das gotas da chuva e da energia cinética provocada por elas, que, em função de sua intensidade, como supracitado, provocarão a ruptura dos agregados.

As medições diretas da erosividade, segundo Lal (1988), envolvem monitoramento da carga de energia e splash simultaneamente.

O splash de grãos causados por uma chuva relaciona parâmetros monitorados simultaneamente, a saber: energia cinética (de impacto), momentum, tamanho médio das gotas, intensidade da chuva (LAL, 1988, p. 150).

Além do impacto direto das gotas, também é importante verificar que o escoamento superficial da água pluvial provoca erosão, conforme descrito por Nishiyama (1998)

Escoamento superficial é um importante agente de erosão uma vez que, ao mesmo tempo que realiza destacamento, transporta e deposita partículas do solo (LAL, 1990).

O volume de escoamento sobre uma superfície de solo é basicamente determinado pela quantidade de chuva, capacidade de infiltração e capacidade de detenção superficial (DUNE & LEOPOLD, 1978).

Melhor compreensão da distribuição, movimentos da água no solo e na superfície deste pode ser obtida a partir da Figura 4.3, apresentada por Carson & Kirkby (1975).



Figura 4.3 : Componentes esquemáticos do balanço hidrológico próximo à superfície (CARSON & KIRKBY, 1975), modificada.

Para CARSON e KIRKBY (1975), a água da chuva, ao alcançar a superfície do terreno se subdivide em vários componentes. Parte da chuva que é interceptada pela vegetação, permanece sobre a superfície foliar e é posteriormente evaporada, enquanto que o restante chega à superfície do solo por gotejamento, após sofrer um retardamento. Parte da água da chuva que atinge a superfície do terreno, direta ou indiretamente, preenche pequenas irregularidades da superfície, produzindo o armazenamento superficial; outra parte percola no solo; e uma terceira parcela acaba por constituir o escoamento superficial. A água que percola através da superfície do solo pode ser incorporada neste sob forma de umidade, ou então, continuar percolando até atingir a zona saturada. No entanto, ocorrem situações em que os horizontes do solo menos permeáveis ou ainda, o substrato rochoso está presente; nesse caso a água de percolação movimenta-se lateralmente, formando um fluxo subsuperficial (*throughflow*).

Diferentes tipos de fluxo podem ser identificados em uma bacia de drenagem, como os apresentados no Quadro 4.2 (DERBYSHIRE *et al.* 1979 *apud* Nishiyama, 1998).

De acordo com EVANS 1980 *apud* Nishiyama, 1998, o impacto das gotas da chuva compactam a superfície do solo, ao mesmo tempo em que o fenômeno de *splash* (impacto seguido de ejeção de água mais sólidos) e a água corrente movem as partículas

do solo; esses processos podem produzir um selamento (crosta) da superfície e assim diminuir a quantidade de infiltração. Se a quantidade de água precipitada for maior do que se pode infiltrar no solo, origina-se o escoamento superficial. Podem ser distinguidos dois tipos de escoamento superficial: escoamento laminar ou escoamento intersulcos e o escoamento em canais.

As situações em que a capacidade de infiltração de água no solo é superada pela quantidade de precipitação são extremamente variáveis. Um exemplo dessa situação é citado por THORNES (1980), quando um solo possuindo uma elevada taxa e capacidade de infiltração produz excesso muito rapidamente (minutos ou até mesmo segundos), em decorrência de uma drástica redução na taxa de infiltração após a capacidade de armazenamento ter sido esgotada.

Desse modo, o volume excedente irá provocar o escoamento superficial. Esse tipo de escoamento aumenta a erosão do solo ao transportar partículas destacadas pelo impacto das gotas para as porções a jusante, antes delas se acomodarem na superfície do solo (WEGGEL & RUSTOM, 1992 *apud* Nishiyama, 1998).

Vilar, 1987 *apud* Nishiyama, 1998 admite que:

O escoamento superficial pode se apresentar de diferentes e complexas maneiras. Em áreas relativamente pequenas e de superfície uniforme, o escoamento toma a forma de uma película uniforme que cobre praticamente toda essa superfície e se desloca na direção do maior gradiente, tanto para jusante como para as laterais. Pequenas variações na cota, inclinações ou mesmo marcas de implementos agrícolas e de cultivo concentram o escoamento da água superficial, que passa a escoar em canais ou sulcos (EMMET, 1970; FOSTER & MEYER, 1972b; MEYER & MONKE, 1965; YOUNG & MUTCHLER, 1969) *apud* VILAR (1987).

Quadro 4.2 : Tipos de escoamentos em áreas de cabeceiras de bacias hidrográficas (DERBYSHIRE *et al.* 1979), modificada.

TIPO DE ESCOAMENTO	CARACTERÍSTICAS	OCORRÊNCIA
Escoamento rápido		
escoamento superficial	quando a intensidade da chuva excede a capacidade de infiltração.	- regiões semi-áridas - regiões úmidas - adjacentes a canais fluviais ou em encostas convergentes

TIPO DE ESCOAMENTO	CARACTERÍSTICAS	OCORRÊNCIA
escoamento superficial saturado	quando o solo está saturado e a capacidade de infiltração não foi excedida.	- canais fluviais - locais onde o nível d'água aumenta rapidamente durante a chuva

Escoamento de restituição

escoamento subsuperficial	movimento de água no perfil de solo no sentido da parte baixa da vertente sob condições insaturadas.	Vertentes com solos bem drena-dos guiados por descontinuidades no perfil.
Escoamento subsuperficial saturado	escoamento lateral em solos sob condições saturadas.	Quando uma cunha saturada estende-se no sentido da parte alta da vertente do perfil de solo; o escoamento subsuperficial saturado ocorre imediatamente acima.
Escoamento translatório	escoamento lateral que ocorre por deslocamento da água armazenada devido a adição de "nova" água.	vertente de solo com zona satu-rada.
Escoamento interno	pode ser empregado como sinônimo de escoamento subsuperficial.	Vertente com nível d'água perma-nente e presença de desconti-nuidade para guiar o escoamento lateral.
Escoamento interno Saturado	ocorre sob condições saturadas.	Em locais com presença de uma cunha saturada abaixo da superfície e que se estende para a parte alta da vertente.
Escoamento em tubos (<i>pipe flow</i>)	fluxo através da rede subsuperficial de canais ou tubos (<i>pipes</i>) maiores do que os vazios do solo, podendo ultrapassar 1 metro em diâmetro.	Áreas variadas incluindo encostas íngremes, onde camadas erodíveis sobrejacentes a cama-das menos permeáveis.

Escoamento retardado

escoamento de água subterrânea	a água subterrânea movimenta-se em direção às partes baixas das vertentes e em direção à superfície em taxas determi-nadas pela pressão hidráulica	áreas onde a água subterrânea é armazenada.
--------------------------------	--	---

4. 4 EROSÃO MARGINAL NAS RODOVIAS

Segundo Nogami e Villibor (1995), os maiores problemas de erosão acontecem no entorno das rodovias, devido à necessária intervenção de desmatamento para a sua implantação. Em épocas passadas não havia a preocupação ambiental como hoje acontece. Nesses locais, a implantação das rodovias promove, além da impermeabilização do terreno, um acréscimo na velocidade da água superficial pelo terreno. E citam que “há que se considerar ainda que não se fazia a recomposição vegetal no entorno da pista estradal para que se tivesse uma maior proteção ao solo.

Hoje, mesmo com a maior preocupação ambiental existente, há projetos que não levam em consideração o caminho natural seguido pela água pluvial e, com isso, algumas saídas e descidas d’água são colocadas em locais impróprios, por onde a água passa e vai procurar o seu caminho natural. Desta forma, temos nesses locais as erosões nas saias de aterro que acontecem naturalmente em pontos onde deveriam existir descidas d’água.

Na faixa de domínio das rodovias a erosão é causada em maior parte pela falta de recobrimento vegetal combinada com a declividade acentuada nesses pontos. Até chegar ao vale, a água pluvial, se não for bem conduzida, desce com velocidade tipo de solo que encontra em seu caminho”.

4. 5 PROGRAMA DE GESTÃO AMBIENTAL DO DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT)

Foi elaborado pelo DNIT um Programa de Gestão Ambiental para cumprir condicionantes ambientais impostas pelo Instituto Nacional Colonização e Reforma Agrária, com o objetivo de “garantir a plena execução do empreendimento rodoviário com a necessária execução dos programas ambientais e das condicionantes do licenciamento ambiental, de forma a minimizar os impactos ambientais negativos decorrentes da execução da duplicação da rodovia BR-050/MG (DNIT, 2004)”.

4.5.1 Composição do Plano

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, o plano se compõe de fiscalização dos serviços de desmatamento, destocamento e de limpeza (limpeza da camada vegetal); fiscalização sistemática quanto à execução da recuperação ambiental das áreas utilizadas como caixas de empréstimo; de fiscalização da execução dos sistemas de drenagem, das atividades de estabilização e de recuperação de taludes em áreas que sofreram cortes e aterros, assim como o devido acompanhamento da execução de ações e medidas necessárias de modo a não permitir que tais intervenções gerem transporte ou carreamento de materiais que provocarão assoreamento de corpos hídricos; fiscalização das áreas de jazidas de materiais, que são licenciadas pelo órgão ambiental estadual, de forma a garantir a origem legal do material de construção, e que ao final de sua utilização serão recuperadas; fiscalização nos caminhos de serviço e nas vias de acesso, que via-de-regra constituem fontes de degradação ambiental, se não houver uma atuante supervisão ambiental; fiscalização dos bota-foras com respeito ao material de descarte e quanto à adequação do local para destinação final de resíduos; e, finalmente, de fiscalização sistemática nos canteiros de obras, acampamentos e instalações de apoio à empreiteira, verificando o rigoroso cumprimento de uma série de exigências quanto à preservação ambiental. (DNIT, 2004)

4.5.2 Programa de recuperação das áreas degradadas do Departamento Nacional de Infraestrutura (DNIT)

O Programa de Recuperação de Áreas Degradadas foi determinado pelo órgão federal que tem circunscrição sobre as rodovias federais (DNIT) atendendo às exigências contidas nas condicionantes da Licença de Instalação nº 172/2002 de 25/03/2002 impostas pelo IBAMA e referentes à duplicação da BR-050 no trecho compreendido entre Uberlândia e Uberaba.

Na área de estudo do DNIT, a BR-050, o desenvolvimento do programa de avaliação de passivos ambientais levantados com as respectivas propostas de intervenções para recuperação destes, bem como de medidas de controle e mitigação.

Portanto, as iniciativas do governo federal para solucionar os problemas decorrentes da geração de passivos ambientais nas rodovias brasileiras ainda são muito tímidas e baseiam-se mais na observação e fiscalização do que fruto de estudos detalhados,

deixando as soluções calcadas em critérios subjetivos e qualitativos e raramente quantitativos e pragmáticos. Desse modo, entende-se que é necessário dar um tratamento mais técnico aos procedimentos de diagnóstico, prevenção e controle, para que a geração desses passivos reduza ao seu nível mínimo, ou mesmo seja extinta.

Há que se observar que para a recuperação de um passivo ambiental necessita-se a aplicação de ativos financeiros quase sempre de grande monta, dependendo do grau de evolução que se encontra esse passivo. Os recursos necessários para essa recuperação serão tanto maiores quanto mais tempo se necessitar para recuperar o passivo ambiental.

Os impactos ambientais diagnosticados na fase de implantação da BR-050 e nos EIA/RIMA apresentado para o licenciamento ambiental da fase de duplicação, não levaram em conta os passivos ambientais decorrentes das intervenções.

Esses fatores influenciaram a realização da presente pesquisa de dissertação de mestrado, que se dispõe a estudar um dos principais passivos ambientais na BR-050, no trecho compreendido entre Uberlândia e Uberaba, que é a erosão acelerada, baseado em critérios técnicos de análise e avaliação.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Adotou-se como referência para o estudo dos solos com vistas caracterização de sua susceptibilidade erosiva, a faixa de domínio da Rodovia BR-050, no trecho compreendido entre Uberlândia e Uberaba. Neste trecho, em função da necessidade de se implantar uma pista adicional devido ao alto tráfego e à conseqüente redução na capacidade da via, restaram alguns passivos ambientais, alguns deles provenientes da própria duplicação e outros provenientes, ainda, da época de sua implantação.

Para tanto, inicialmente foi feito um levantamento dos estudos geotécnicos realizados no projeto de duplicação com o intuito de se obter as características do material constituinte do leito estradal e, principalmente, das áreas contíguas à rodovia e que estão mais sujeitas à ação dos agentes erosivos.

Partindo dos estudos já realizados pelo DNIT (BRASIL, 1993) naquela região, realizou-se um levantamento das principais erosões existentes no trecho Uberlândia-Uberaba. De posse dos locais levantados por aquele órgão, procedeu-se à verificação *in loco* da existência de erosões, bem como a sua gravidade dentro do sistema ambiental da rodovia, elaborou-se um diagrama unifilar do trecho onde constam os tipos de solo do sub-leito de acordo com a classificação TRB e os problemas de erosão associados.

A partir da análise desse diagrama, em comparação com as feições erosivas existentes foram escolhidos quatro pontos para coleta de material do solo para posterior análise no Laboratório de Geotecnia da UFU, visando avaliar o seu potencial erosivo.

A escolha dos locais de coleta dos materiais para ensaios foi feita tendo em vista a possibilidade de se ter solos com características de erodibilidade diferentes no mesmo local. Foram selecionados quatro pontos com características que indicavam para esse critério.

Estão representados abaixo os pontos onde foram coletadas as amostras para os ensaios. Esses pontos e suas respectivas identificações com os solos são:

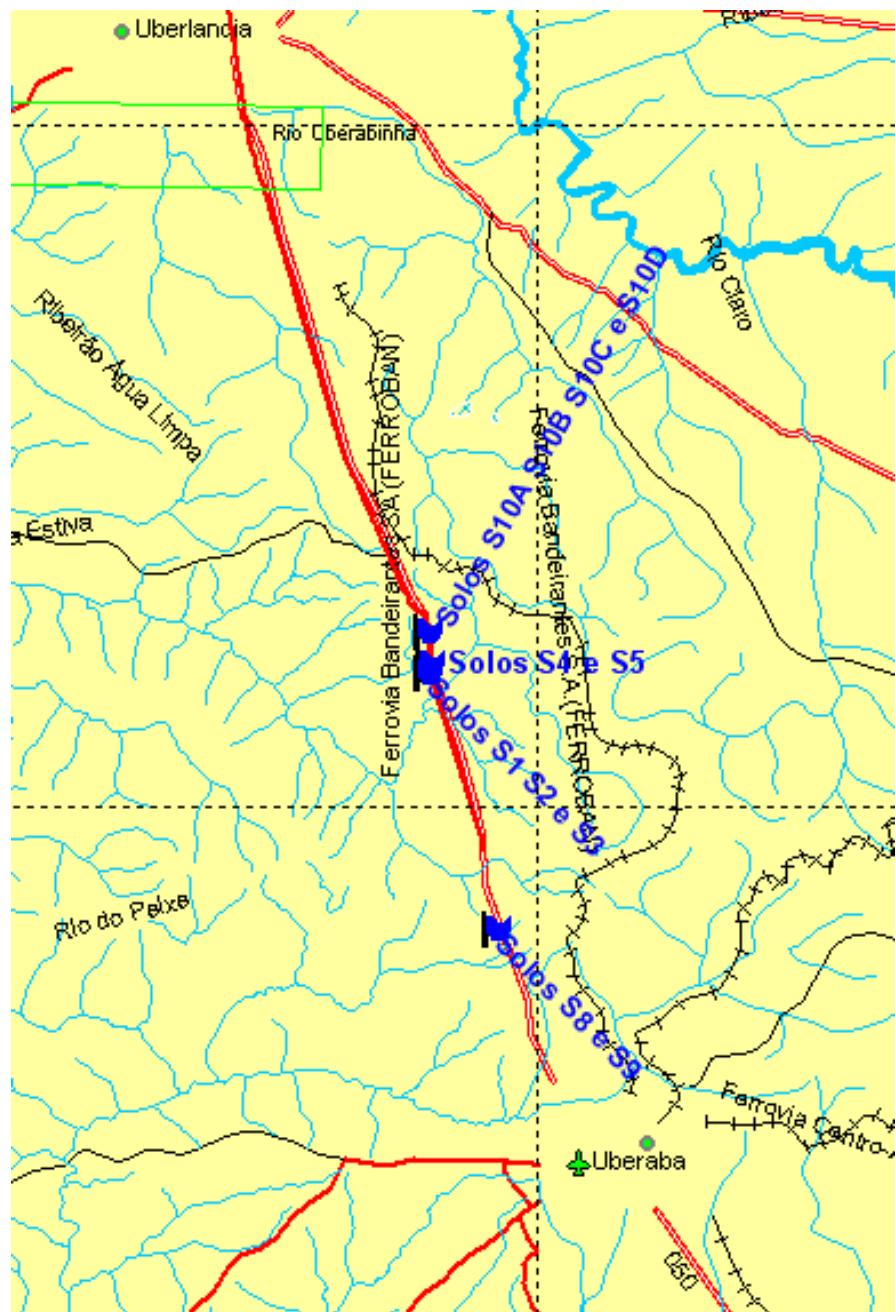


Figura 5.1 :Localização dos pontos onde foram coletadas as amostras dos solos para realização dos ensaios (GTM Trackmaker, 2009)

No Km 153 foram coletados os Solos S8 e S9 nas coordenadas Latitude: 19° 35' 33,08" S e Longitude: 48° 01' 41,69" W.



Figura 5.2 Situação atual do corte onde foram coletadas as amostras S8 e S9 no Km 153

No Km 128 foram coletados os Solos S10A, S10B, S10C e S10D nas coordenadas Latitude: 19° 22' 27,11" S e Longitude: 48° 04' 40,45" W.

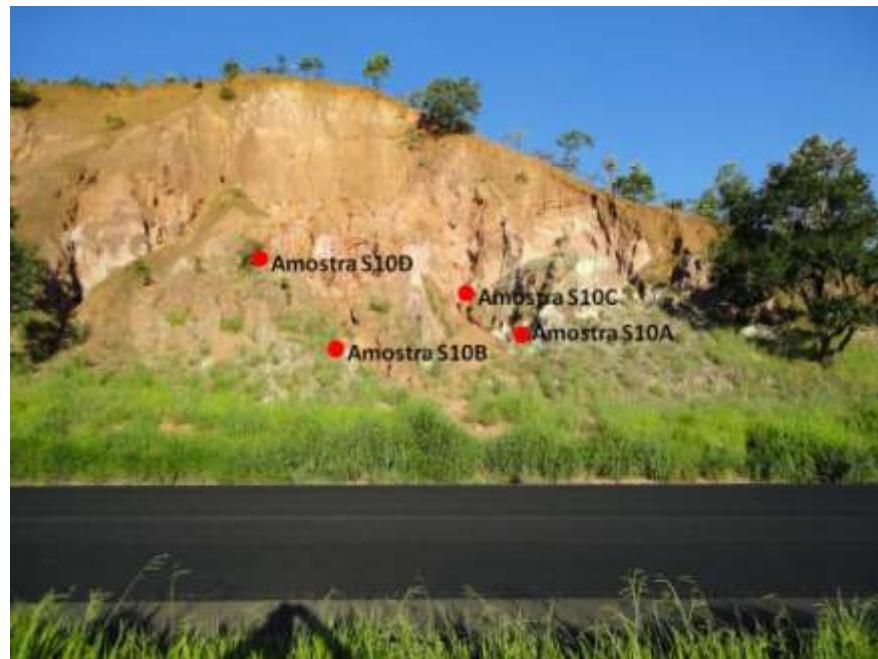


Figura 5.3 :Erosão no Km 128 onde foram coletadas as amostras dos solos S10A, S10B, S10C e S10D.

No Km 131,5 foram coletados os Solos S1, S2 e S3 nas coordenadas Latitude: 19° 24' 13,44" S e Longitude: 48° 04' 40,98" W.



Figura 5.4 : Talude do Km 131,5 onde foram coletadas as amostras S1, S2 e S3

No Km 128 foram coletados os Solos S4 e S5 nas coordenadas Latitude: 19° 23' 46,92" S e Longitude: 48° 04' 37,88" W.



Figura 5.5 : Talude do Km 131,2 onde foram coletadas as amostras dos Solos S4 e S5

Com a coleta de amostras feita nos locais definidos, foram realizados os ensaios de massa específica aparente ou natural, teor de umidade, granulometria realizada com e

sem uso de defloculante, índices físicos, limites de Atterberg (LL, LP) e o índice de plasticidade. Ainda, os ensaios Mini-MCV, perda de massa por imersão e azul de metileno foram realizados para caracterizar o comportamento laterítico ou não e determinar a classificação MCT. Neste sistema de classificação, dependendo do grupo a que pertencem, os solos apresentam maior ou menor susceptibilidade à erosão.

O ensaio de Granulometria com peneiramento e sedimentação é importante para a definição da erodibilidade. A sua realização sem defloculante permite determinar a dispersibilidade do solo, que é uma característica da fração fina do solo em apresentar maior ou menor tendência à dispersão em água destilada, associada ao processo de laterização do mesmo.

5. 2 METODOLOGIA DOS ENSAIOS

5.2.1 Ensaio de Massa Específica Aparente ou Natural

A massa específica natural de um solo é obtida coletando-se uma amostra do solo com auxílio de um cilindro de dimensões conhecidas. Empregou-se para obtenção de amostras do solo um cilindro de aço, que foi cravado manualmente no solo de forma a obter uma amostra bem ajustada ao volume interno do cilindro.

5.2.2 Ensaio de teor de umidade pela norma NBR 6457 (ABNT, 1986)

Os ensaios para determinação de umidade foram realizados de acordo com a norma ABNT - NBR6457/1986.

5.2.1 Ensaio para determinação da massa específica aparente dos grãos menores que 4,8 mm

Os ensaios para determinação da massa específica dos grãos menores que 4,8 mm obedeceram ao que determina a norma ABNT- NBR6458 (ABNT, 1984).

5.2.2 Ensaio de Granulometria

Os ensaios necessários à determinação da granulometria dos agregados foram realizados em obediência à norma ABNT - NBR7181 (ABNT, 1984)

5.2.3 Ensaios de Índices Físicos

A Determinação do Limite de Liquidez e do Limite de Plasticidade foram realizados conforme preconizam as normas ABNT - NBR 6459 (ABNT,1984) e ABNT - NBR 7180 (ABNT,1984), respectivamente.

5.2.4 Caracterização da fração fina dos materiais inconsolidados pelo método da adsorção do azul de metileno

5.2.4.1 Considerações básicas

A fração argilosa presente nos materiais inconsolidados é responsável, em grande parte, por seu comportamento. Não somente a quantidade, mas também as suas propriedades físico-químicas são importantes. Os ensaios clássicos da mecânica dos solos utilizados para classificar e caracterizar os solos, em geral não levam em conta as propriedades físico-químicas dos materiais inconsolidados. Nogami e Vilibor (1981 e 1985) demonstraram que os limites de consistência são inadequados para caracterizar a fração fina dos solos tropicais e propuseram uma nova classificação para esses materiais, chamada M.C.T. (Miniatura, Compactado, Tropical), que permite avaliar o comportamento laterítico dos solos tropicais, conforme referido anteriormente.

A classificação MCT vem se mostrando bastante eficiente, mas é trabalhosa, pois exige um tempo relativamente grande para a execução dos ensaios. Assim, principalmente em mapeamentos geotécnicos regionais envolvendo áreas extensas, onde o número de amostras a ensaiar pode ser elevado, faz-se necessário o uso de técnicas mais simples que permitam estimar as propriedades da fração fina dos materiais inconsolidados de maneira rápida e segura.

5.2.4.2 Métodos de execução do ensaio

O ensaio pode ser realizado pelo Método Colorimétrico ou pelo Método do papel de filtro.

Método colorimétrico

A intensidade de coloração de uma solução de azul de metileno é proporcional à sua concentração. Desta forma, obtendo-se a curva padrão para o azul de metileno e conhecendo-se a concentração inicial da solução, pode-se, após um intervalo de tempo de contato entre a solução de azul de metileno e uma solução aquosa de material argiloso ou de solo, determinar-se, por meio de um colorímetro a concentração de azul de metileno na solução restante, obtendo-se por diferença de concentração a quantidade de azul de metileno adsorvido.

O inconveniente deste método reside no fato de que, em concentrações elevadas, o azul de metileno sofre dimerização, ocasionando mudança de coloração (BERGMAN e O'KONSKI, 1963). Assim, apesar de muito preciso, só é viável para quantidades muito pequenas de material, sendo mais adequado aos estudos de argilas puras.

5.2.4.3 Método do papel de filtro

Segundo Lan (1980), este método foi desenvolvido por Jones em 1964 para o estudo de lamas bentoníticas utilizadas na perfuração de poços de petróleo. Apesar de menos preciso que o anterior tem uma série de vantagens, que são: a rapidez de execução, a simplicidade, a possibilidade de realização no campo e a necessidade de pequena quantidade de amostra. Por estes motivos, caracteriza-se como um método muito útil no caso de mapeamentos geotécnicos, onde se tem grande quantidade de amostras e muitas vezes a caracterização no campo dos materiais é importante.

Por estas razões adotou-se este método para a determinação da quantidade de azul de metileno adsorvido pelos materiais inconsolidados. A seguir descrevem-se os procedimentos do ensaio, que permite a determinação da capacidade de troca de cátions a da superfície específica.

a) Descrição do ensaio

O método utilizado baseia-se em linhas gerais no procedimento descrito por Lan (1977, 1980) e Beaulieu (1979). As modificações introduzidas dizem respeito à fração granulométrica utilizada para o ensaio e à concentração da solução de azul de metileno.

Os autores citados utilizam, para a realização do ensaio, amostras de materiais inconsolidados com partículas de dimensões inferiores a 0,50 mm. Neste trabalho foram utilizadas amostras que passam na peneira de 2,00 mm, de maneira a permitir a obtenção de um índice de adsorção do azul de metileno global, simplificando o ensaio e evitando a necessidade de execução do ensaio de granulometria.

Outra mudança efetuada diz respeito à concentração da solução de azul de metileno, de 10 g/l para 1,5 g/l, pelo fato dos solos de regiões tropicais apresentarem a fração argilosa constituída predominantemente por minerais de baixa capacidade de adsorção, permitindo assim maior precisão nas determinações (Pejon, 1992).

A seguir descrevem-se os procedimentos de preparação da amostra e a execução do ensaio, de acordo com os princípios adotados por Pejon (1992):

Preparação da amostra de solo:

- Passar a amostra na peneira 2,00 mm,
- Determinar a umidade,
- Pesar de 2 a 4 g de solo úmido,
- Preparar uma suspensão com o solo e 10 ml de água destilada.

OBS: não secar em estufa a amostra que será utilizada no ensaio.

Preparação da solução de azul de metileno:

- Determinar a perda de água a 105° C por 18 horas em estufa ventilada,
- Tomar uma massa correspondente a 1,5 g de azul de metileno,
- Dissolver em 1 litro de água destilada.

OBS: * Não utilizar soluções preparadas há mais de 3 dias, devido aos problemas de polimerização (CHEN *et alii*, 1974).

** não secar em estufa o azul de metileno que será utilizado para preparação da solução.

Execução do ensaio:

Para a execução do ensaio o material necessário é muito simples, consistindo em um agitador magnético, uma bureta graduada, um Becker, uma haste de vidro e papel de filtro para cristais finos (Whatmann's 42 ou similar). Na Figura 5.6 é apresentado um fluxograma da execução do ensaio.

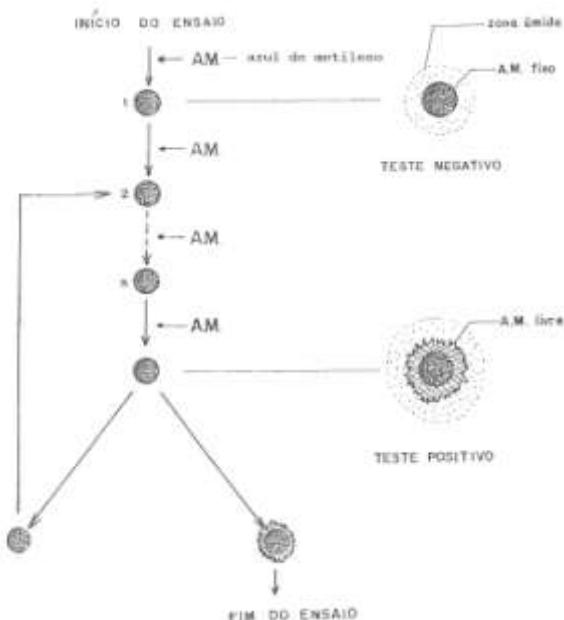


Figura 5.6 : Fluxograma do ensaio de adsorção de azul de metileno pelo método do papel de filtro proposto por Pejon (1992).

Durante a realização do ensaio, a suspensão de solo deve ser mantida em constante agitação. Adiciona-se uma quantidade da solução de azul de metileno e após um intervalo de três minutos procede-se a retirada, com haste de vidro, de uma gota da suspensão de solo, que é colocada sobre o papel filtro. Se ocorrer somente uma mancha azul escura, o teste é considerado negativo e, caso apareça uma auréola azul clara em torno da mancha azul escura, o teste é positivo. No primeiro caso adiciona-se nova quantidade da solução de azul de metileno até obter-se um resultado positivo. Quando isto acontecer, aguarda-se um intervalo de mais três minutos e se repete o teste. Se o resultado for positivo o ensaio está encerrado, caso contrário acrescenta-se metade da quantidade anteriormente adicionada, esperam-se mais três minutos e o procedimento é repetido até obtenção de resultado positivo.

No início do ensaio pode-se adicionar quantidades maiores de azul de metileno a cada vez, até o limite de 5 ml. No final do ensaio deve-se acrescentar de 1 em 1 ml, para melhor precisar o ponto de saturação.

O tempo de ensaio é variável de acordo com o solo, mas, em geral não ultrapassa 30 minutos, chegando ao máximo de 1 hora.

- Cálculo da Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e da Superfície Específica (SE)

A capacidade de troca de cátions pode ser obtida a partir da seguinte expressão (CHEN *et alii*, 1974):

- $\text{CTC} = \text{V.C.}100/\text{M}$ onde:
- CTC – CTC em meq/100 g
- V – Volume da solução de azul de metileno gasta (ml)
- C – Concentração da solução de azul de metileno (normalidade)
- M – Massa do solo seco (g)

Para a determinação da superfície específica (SE), faz-se necessário calcular qual a superfície recoberta por 1 ml de azul de metileno na concentração utilizada (Beaulieu, 1979):

$$S = (A.N.m)/M_{\text{am}}.1000 \quad \text{onde:}$$

- S – Superfície (m^2/ml)
- A – Área da face da molécula de azul de metileno (130 \AA^2)
- N – Número de Avogadro
- M – Massa de azul de metileno seco (g)
- M_{am} – Massa molecular do azul de metileno na forma anidra

Para avaliar as características da fração fina do solo, utilizar-se-á o ensaio de azul de metileno pelo método do papel filtro realizado de acordo com os procedimentos propostos por Pejon (1992).

5.2.5 Ensaio de erodibilidade

A avaliação da erodibilidade do solo também foi realizada pelo método por Pejon (1992).

O procedimento apresentado por Pejon (1992) é uma variação do ensaio proposto por Nogami e Villibor (1979) e está baseado em dois ensaios simples que utilizam amostras indeformadas (absorção de água e perda de peso por imersão). Estas são obtidas através da cravação de um cilindro de PVC rígido com a ponta biselada e dimensões de 40 mm de diâmetro por 20 mm de altura. Cada amostra deve ser mantida no cilindro para secagem ao ar e na sombra por um período de, no mínimo, sete dias quando deve ser submetida aos ensaios de absorção de água e perda de massa por imersão.

5.2.5.1 Ensaio de Absorção de água

Para a realização deste ensaio necessita-se de um equipamento simples que pode ser montado no próprio laboratório, consistindo de um recipiente cilíndrico, com as mesmas dimensões (25,4mm) do cilindro de amostragem, ligado a um tubo de vidro horizontal graduado. O conjunto é preenchido com água e na porção superior do recipiente adapta-se uma pedra porosa, que deve ser mantida saturada.

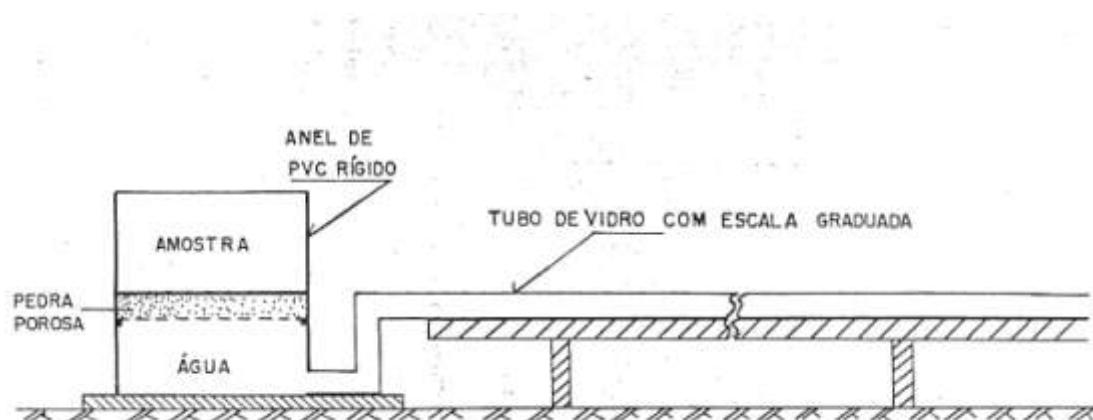


Figura 5.7 : Esquema de execução do ensaio de absorção d'água proposto por Pejon (1992)

A amostra, ainda no cilindro de amostragem, deve ser pesada e em seguida colocada sobre o conjunto de ensaio como mostrado na, iniciando-se neste momento a contagem de tempo, fazendo-se leituras do volume de água absorvida por intervalo de tempo, até que a água atinja o topo da amostra.

Para obtenção do índice de absorção (S) monta-se um gráfico do volume de água absorvida por unidade de área da base do corpo de prova (q) em função da raiz quadrada do tempo (\sqrt{t}), como mostrado na Figura 5.853. Como os pontos normalmente

se distribuem ao longo de uma linha reta, o índice S é o coeficiente angular desta reta, ou seja: $S=q/\sqrt{t}$.

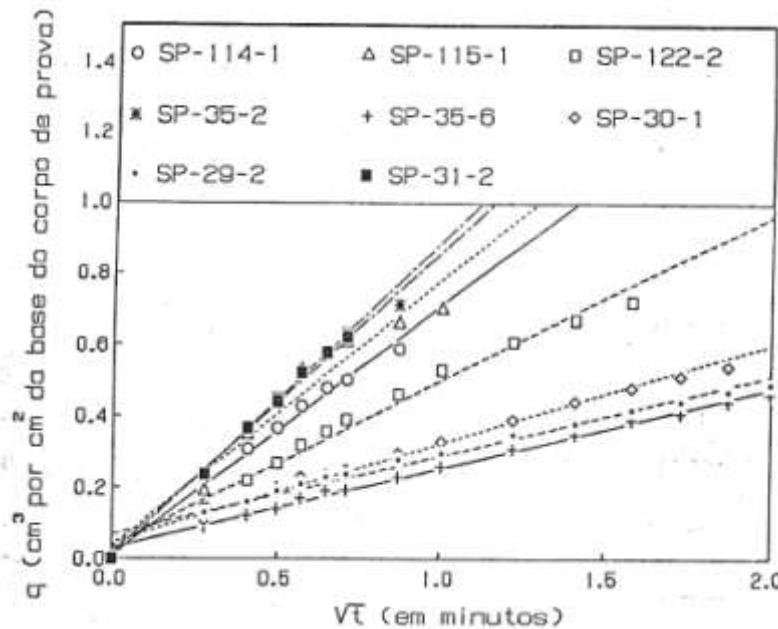


Figura 5.8 : Gráfico de absorção de água em função do tempo, para algumas amostras ensaiadas, utilizado na determinação do índice S, proposto por Pejon (1992).

5.2.5.2 Ensaio de perda de massa por imersão

Após a realização do ensaio de absorção de água coloca-se uma pedra porosa adequadamente presa à base do cilindro que contém a amostra e imerge-se o conjunto em um recipiente com água, até que o topo da amostra fique na horizontal e, aproximadamente, a 2,0 mm do nível da água. Mantém-se o conjunto nesta posição até que não existam mais modificações de umidade perceptíveis na superfície livre do topo da amostra. Suspende-se o conjunto e gira-se até que a superfície livre da amostra fique na vertical, imergindo-se em seguida o conjunto no recipiente com água. A parte inferior da superfície livre da amostra deve ficar a cerca de 30 mm do fundo do recipiente com água e dentro de um recipiente menor que permita a coleta do material desprendido desta superfície livre. Após 24 horas determina-se a perda de peso em porcentagem do peso inicial seco da amostra (P).

5.2.5.3 Cálculo do Índice de Erodibilidade E

O índice de erodibilidade proposto por Nogami & Villibor (1979) é calculado com a seguinte expressão: $E=52S/P$, onde S e P são os valores determinados. Se o valor de E é menor que 1, considera-se que o material inconsolidado tem alta erodibilidade.

Já Pejon (1992) propõe que esse índice seja $E=40P/S$

5. 3 AVALIAÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO

Com os resultados dos ensaios realizados foi avaliada a erodibilidade dos solos amostrados no trecho da BR-050, com base nas seguintes características: classes em que estes se enquadram nos 3 sistemas de classificação conhecidos; índices de erodibilidade obtidos pelo método preconizado por Pejon (1992) e na capacidade de dispersão.

Para tanto, os solos foram classificados pelos sistemas SUCS, TRB e MCT. De acordo com cada sistema de classificação foi avaliado o potencial de erosão de cada tipo. Os resultados foram comparados entre si e correlacionados com os demais resultados (índices de erodibilidade e dispersividade) e com as feições erosivas encontradas e o tipo de intervenção ao longo do trecho estudado.

6 RESULTADOS E ANÁLISES

6.1 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DOS SOLOS DE ACORDO COM ESTUDOS PRÉ-EXISTENTES

Existe uma avaliação geotécnica de solos realizada pelo DNIT (BRASIL, 1993) quando da elaboração do projeto de Adequação de Capacidade e Restauração da BR-050, no trecho compreendido entre as cidades de Uberlândia e Uberaba, também objeto do presente estudo, e que será utilizado como base do conjunto de informações necessárias à avaliação da erodibilidade.

As informações pré-existentes encontram-se resumidas na Tabela 6.1 e Tabela 6.2 que fazem parte do Anexo I, onde constam os dados de localização e geotécnicos completos. Dentre estes, foram utilizados aqueles mais significativos para o presente estudo, quais sejam: a estaca com a exata localização do furo de sondagem; porcentagem de material que passa nas peneiras 10 (#10) e 200 (#200); Limite de Liquidez (LL); Limite de Plasticidade (LP); Índice de Plasticidade (IP); Índice de Grupo (IG) e classificação TRB (antiga TRB); umidade ótima de compactação; Massa Específica Aparente Seca Máxima ($D_{máx}$).

As amostras foram extraídas ao longo do corpo estradal, algumas do lado direito (LD – Amostras S1, S2, S3, S8 e S9) e outras do lado esquerdo (LE – S4, S5, S10A, S10B, S10C e S10D), com profundidades que variam de 0,20 m a 3,00 m. A camada imediatamente superior do terreno (20 centímetros iniciais) foi desprezada neste estudo, uma vez que compõe-se de camada vegetal (orgânica) não representando, pois, o tipo de solo utilizado na execução dos serviços. Essa camada vegetal é separada para posterior aproveitamento de seu potencial orgânico para recompor o terreno remanescente da duplicação e/ou implantação.

O trecho foi estakeado a partir do Km 73 (onde se localizou a estaca 0) e, a partir desse ponto, marcado de 20 em 20 metros, definindo-se assim que cada quilômetro de rodovia

é composto por 50 estacas. Esse procedimento fornece, durante a execução da obra, a localização exata dos serviços realizados.

Na Tabela 6.1 do Anexo I, constam os dados geotécnicos do trecho compreendido entre os quilômetros 73,0 e 118,0 (Lote 1) e na Tabela 6.2 do Anexo I constam os dados geotécnicos do trecho compreendido entre os quilômetros 118 e 164,0 (Lote 2).

Os ensaios de granulometria conjunta que permitem determinar as porcentagens de argila, silte, areia e pedregulho foram executados em apenas alguns pontos e os resultados também estão representados nessas Tabelas.

De posse dos dados, foram elaborados os diagramas unifilares constantes da Tabela 6.12 e Tabela 6.13 constando a classificação do solo, de acordo com a classificação TRB onde foi implantada a duplicação da rodovia.

Também nos diagramas unifilares estão identificados 12 locais onde ocorreram erosões, sendo estes identificados pelos códigos alfa-numéricos E-1, E2, E3..., assim por diante.

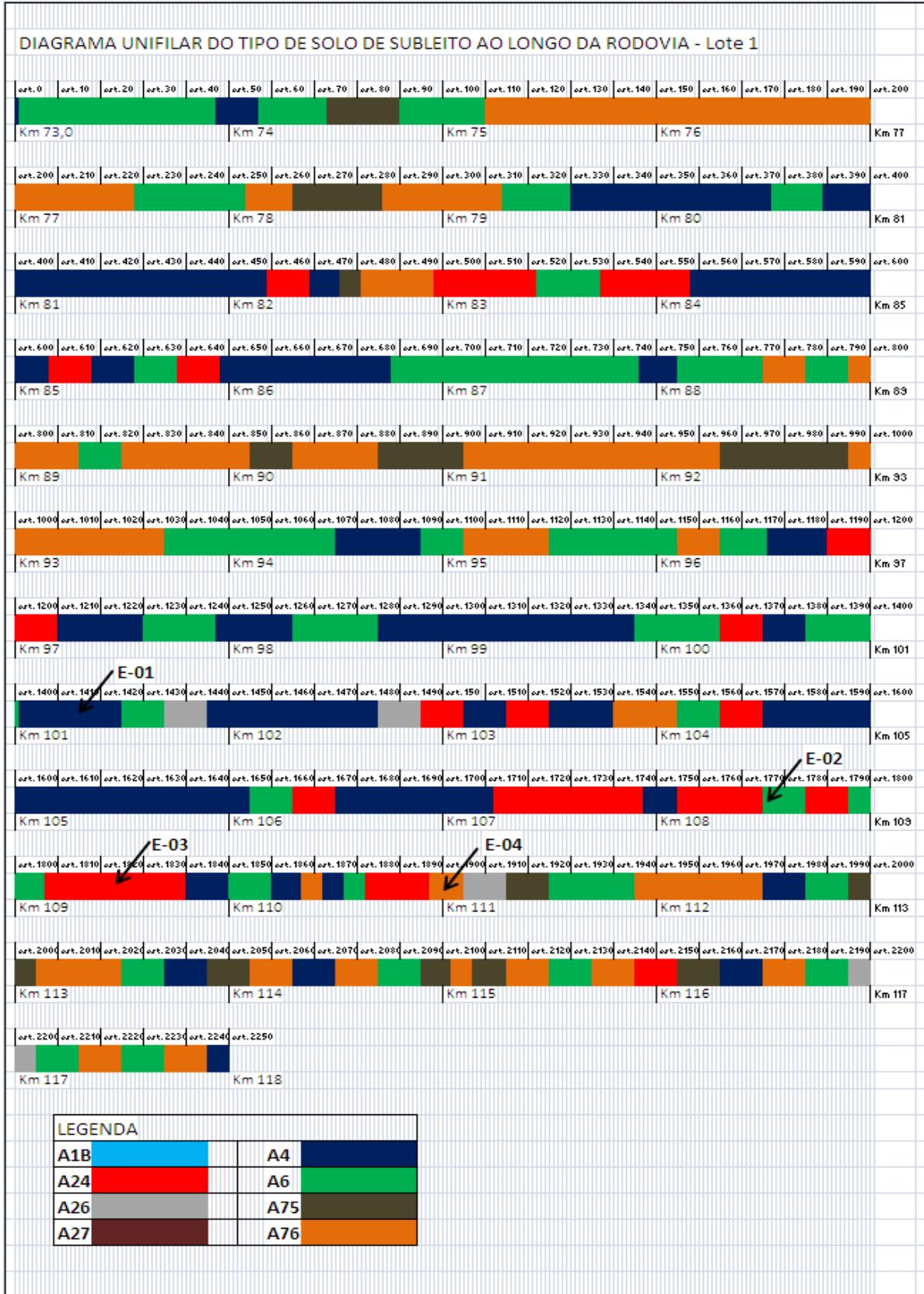


Figura 6.1 : Diagrama Unifilar do tipo de solo de subleito no Lote 1

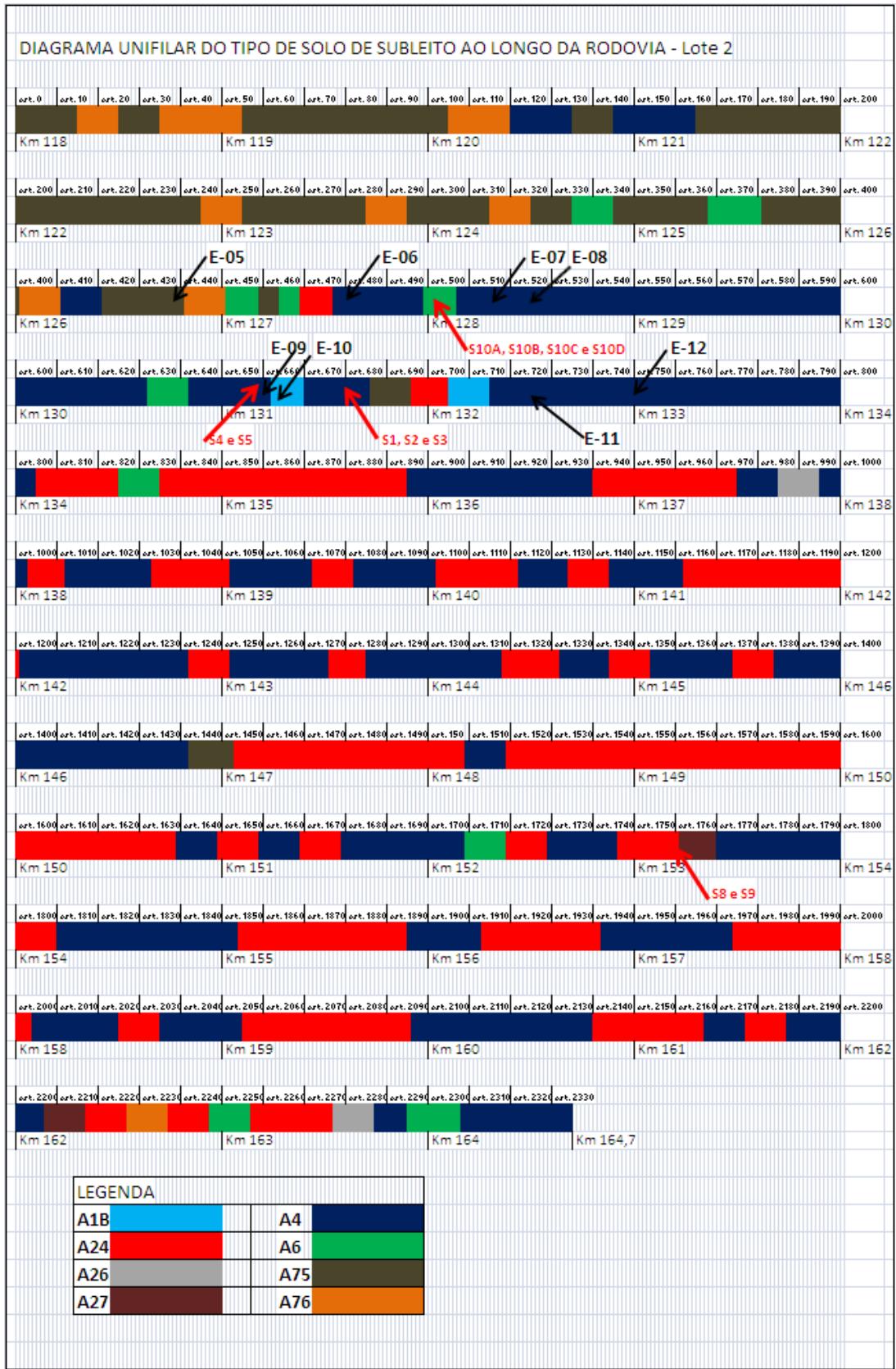


Figura 6.2 : Diagrama Unifilar do tipo de solo de subleito no Lote 2

6. 2 EROSÃO NA FAIXA DE DOMÍNIO

Os detalhes das erosões detectadas na faixa de domínio estão indicados no diagrama unifilar (Figura 6.1e Figura 6.2) são apresentados da Figura 6.3 à Figura 6.4.

Podem ser observados na Figura 6.3 processos erosivos como sulcos e ravinamentos tanto na base do talude quanto na margem do leito estradal.

A erosão apresentada na Figura 6.4 trata-se de uma saia de aterro, onde o sistema de drenagem superficial permite o surgimento de pequenos sulcos e ravinas.

Os sulcos e ravinas apresentados na Figura 6.5 compõem uma saia de aterro.

A Figura 6.6 apresenta outra saia de aterro com solo de textura siltosa e profundidade mediana onde podem ser observados alguns focos de erosão.

Um local onde o passivo ambiental já foi praticamente solucionado durante a duplicação da BR-050 é apresentado na Figura 6.7. A construção de valetas revestidas e muro de contenção à jusante da encosta contribuíram para a mitigação dos impactos ambientais.

Uma voçoroca de grandes dimensões cuja formação é anterior à duplicação da rodovia é mostrada na Figura 6.8. Ela recebe contribuição da água pluvial que percola ao longo dos morros que a circundam.

Um talude de corte com altura superior a 15 metros, apresentando sulcos, ravinamentos e sinais de desagregação superficial é mostrado na Figura 6.9.

Sulcos, ravinamentos e sinais de desagregação superficial apresentados na Figura 6.10 fazem parte do talude de corte, com altura em torno de 15 metros.

Uma área utilizada para empréstimo tem sinais visíveis de erosão, como se pode observar na Figura 6.11. O talude de corte a cerca de 30 metros de distância da pista apresenta pontos com forte instabilidade, culminando com o desmoronamento de solo.

O talude de corte com altura máxima de 8 metros apresentado na Figura 6.12 está situado a menos de 6 metros da pista. Sem proteção vegetal no talude vê-se o agravamento gradativo dos processos de erosão.

O talude de corte em rocha apresentado na Figura 6.13 mostra sinais avançados de erosão. O talude apresenta duas banquetas e muitos blocos de rochas soltas e instáveis.

Observa-se a presença de blocos de rochas soltas e instáveis no talude de corte mostrado na Figura 6.14.



Figura 6.3 : Erosão 1, localizada no Km 101,30, na margem direita da rodovia.
Fonte: BRASIL/DNIT, 2008

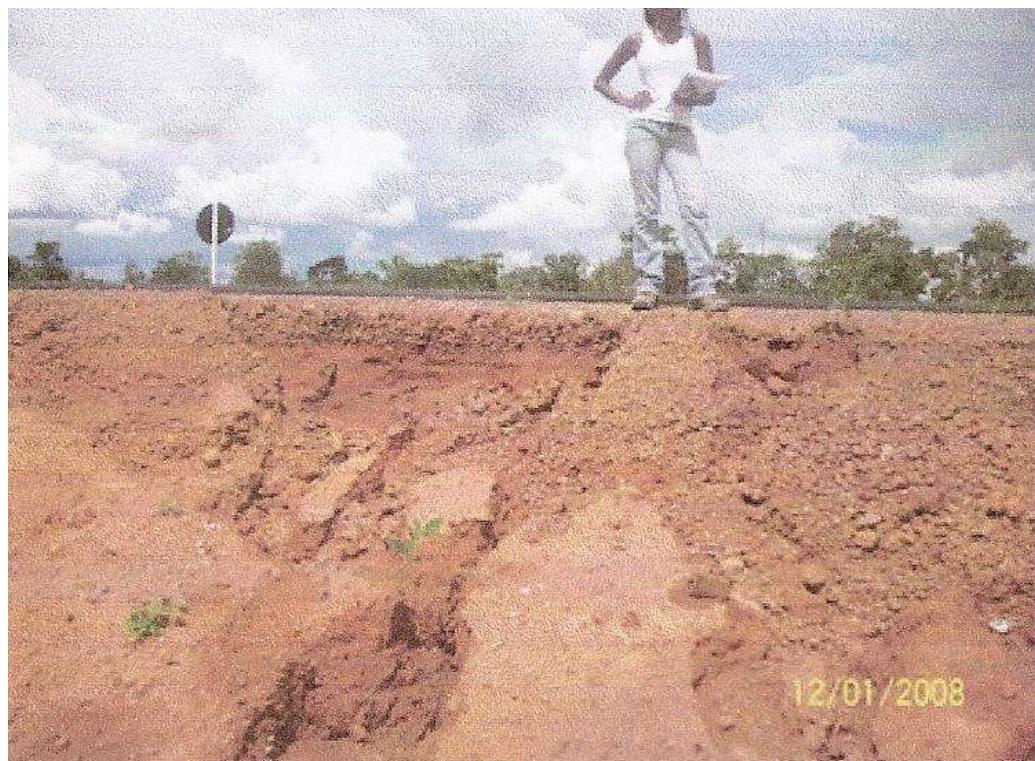


Figura 6.4 : Erosão 2, localizada no Km 108,50.

Fonte: BRASIL/DNIT, 2008



Figura 6.5 : Erosão 3, localizada no Km 109,46.

Fonte: BRASIL/DNIT, 2008



Figura 6.6 : Erosão 4, localizada no Km 111,00.

Fonte: BRASIL/DNIT, 2008



Figura 6.7 : Erosão 5, localizada no Km 126,77.

Fonte: BRASIL/DNIT, 2008



Figura 6.8 : Erosão 6, localizada no Km 127,60.

Fonte: BRASIL/DNIT, 2008

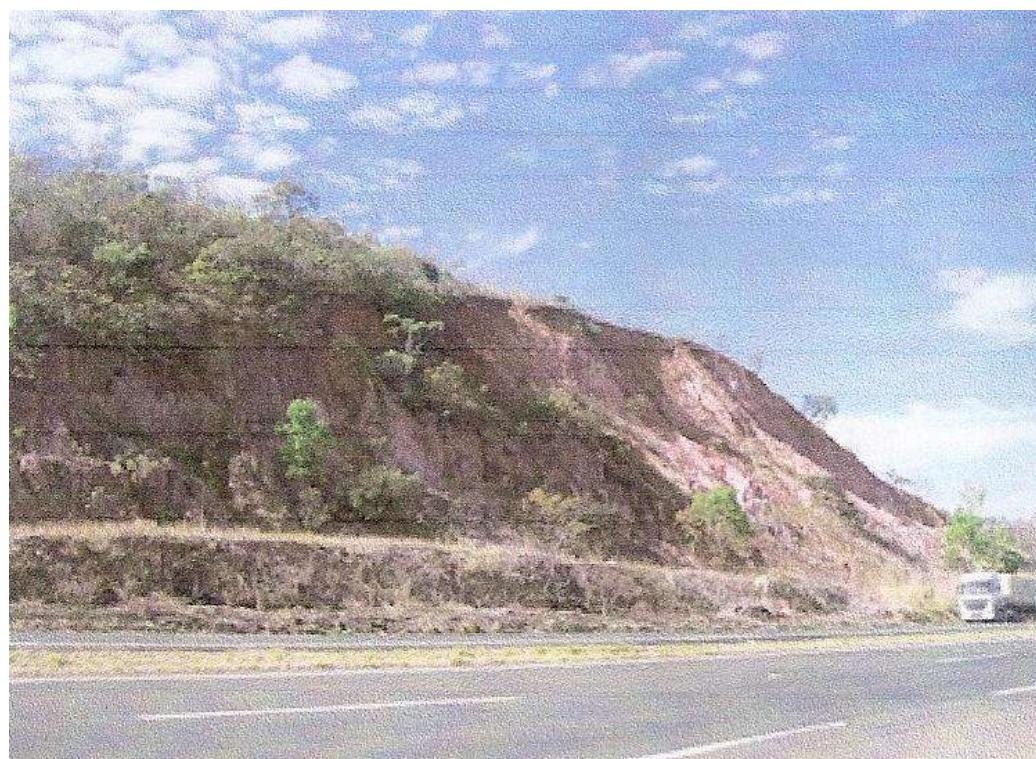


Figura 6.9 : Erosão 7, localizada no Km 128,30.

Fonte: BRASIL/DNIT, 2008



Figura 6.10 : Erosão 8, localizada no Km 128,50.

Fonte: BRASIL/DNIT, 2008



Figura 6.11 : Erosão 9, localizada no Km 131,20.

Fonte: BRASIL/DNIT, 2008



Figura 6.12 : Erosão 10, localizada no Km 131,25.

Fonte: BRASIL/DNIT, 2008



Figura 6.13 : Erosão 11, localizada no Km 132,50.

Fonte: BRASIL/DNIT, 2008



Figura 6.14 : Erosão 12, localizada no Km 133,00.

Fonte: BRASIL/DNIT, 2008

6. 3 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DAS AMOSTRAS ENSAIADAS

As características das amostras ensaiadas no Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Civil e do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia são apresentadas neste capítulo, de acordo com os ensaios previstos no Capítulo 5.

C.1. ENSAIOS DE ERODIBILIDADE (PEJON, 1992)

Os resultados do ensaio de Pejon (1992), que tem como objetivo medir a velocidade e a quantidade de água que penetra em camadas de solo, quando se tem a ocorrência de chuvas na fase de execução e/ou operação de pavimentos, e fornece os valores de coeficiente de sorção (S) e perda de massa por imersão (P_i), estão apresentados na Tabela 6.3.

O procedimento proposto por Pejon (1992) é baseado nos ensaios apresentados por Nogami e Villibor (1979) e consiste em dois ensaios com uma amostra indeformada: infiltrabilidade (medir a velocidade e a quantidade de água que penetra em camadas de

solo, quando se tem a ocorrência de chuvas na fase de execução e/ou operação de pavimentos) e perda de massa por imersão (para se determinar o potencial do solo em desagregar partículas quando imerso em água).

Nogami e Villibor (1979) desenvolveram a metodologia MCT, que consiste em ensaios aplicados principalmente para solos tropicais e subtropicais, utilizados em rodovias e estradas. Esta análise também é baseada nesses dois parâmetros: o coeficiente de sorção (S) obtido no ensaio de infiltrabilidade, e o coeficiente (P) obtido pelo ensaio de perda de massa por imersão.

Os resultados estão apresentados na Tabela 6.1 e na Figura 6.15.

Pode-se notar que a amostra de solo S5 não apresenta comportamento erosivo perante os ensaios de perda de massa por imersão e infiltrabilidade proposto por Pejon (1992).

Tabela 6.1 : Critério de erodibilidade de acordo com Pejon (1992) – Resultado do ensaio

Amostra	Nº Anel	S	S _{médio}	P	P _{médio}	E	E _{médio}
S1	15	0,187692		16,42457		0,457101	
	32	0,196667	0,182286	46,29381	31,44817	0,169929	0,277519
	22	0,1625		31,62614		0,205526	
S2	26	0,148485	0,148485	11,26394		0,527293	0,527293
	24	0,337143		36,95444		0,527293	
	11	0,305	0,305714	57,65819	45,13951	0,211592	0,336151
S3	29	0,275		40,80589		0,269569	
	27	0,408333		84,4755		0,19335	
	18	0,227273	0,289141	76,60788	85,87156	0,118668	0,136026
S4	12	0,231818		96,5313		0,096059	
	8	0,508333		5,164984		3,936766	
	14	0,416667	0,517424	17,76356	8,089514	0,93825	7,866557
S5	7	0,627273		1,339993		18,72465	
	28	0,171429	0,171429	54,2353	54,2353	0,126433	0,126433
	30	0,285	0,285	57,36307	57,36307	0,198734	0,198734
S10-A	16	0,361842	0,361842	71,13879	71,13879	0,203457	0,203457
	23	0,14		14,90626		0,375681	
	31	0,135385	0,155992	11,53511	19,3002	0,46947	0,363343
S10-C	2	0,192593		31,45923		0,244879	
	13	0,139535		35,45512		0,157421	
	19	0,15625	0,124521	7,008664	22,90492	0,891753	0,38923
S10-D	25	0,077778		26,25098		0,118514	

Na Figura 6.15 pode-se identificar a variação da erodibilidade nos pontos em estudo pelo critério adotado.

Ressalte-se que, para Pejon (1992) a relação entre P e S deve ser superior ao valor 40, para que os solos sejam classificados como erodíveis e para Nogami e Villibor (1979) deve ser superior a 52.

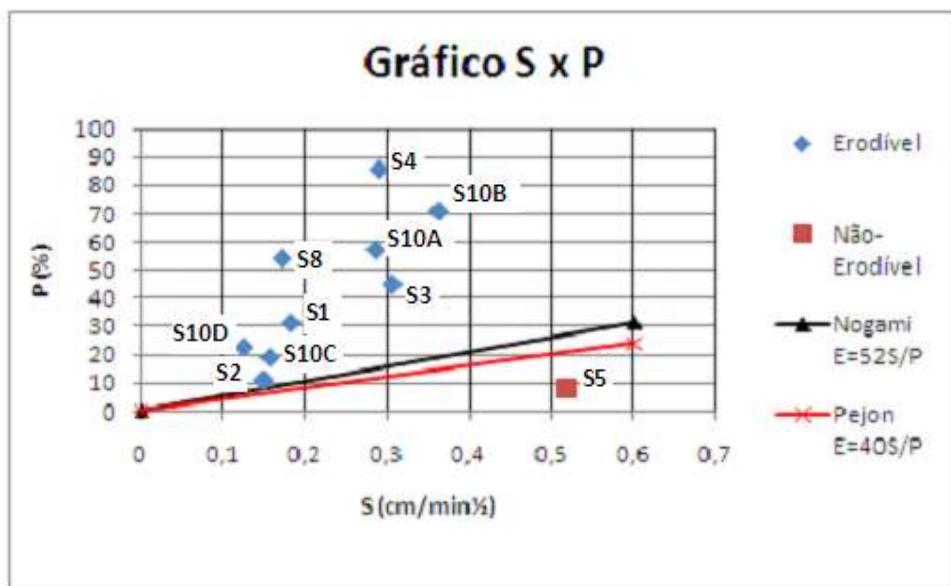


Figura 6.15 : Análise da erodibilidade para os solos de estudo

A partir da classificação obtida através do Ensaio de Pejon, pode se fazer a comparação das amostras quanto à erodibilidade, obtendo-se do mais erodível para o menos erodível a seguinte relação:

$$S8 > S4 > S10A > S10B > S1 > S3 > S10C > S10D > S2 > S5$$

C.2. ENSAIOS DE MINI-MCV

Os resultados dos ensaios de Mini-MCV estão apresentados na Tabela 6.4, através dos coeficientes classificatórios c' , d' , o índice e' e a perda de massa por imersão P_i . Na Figura 6.16 estão representados os solos no diagrama da classificação MCT, que comprovaram esses dados:

Tabela 6.2 : Coeficientes c' , d' , índice e' e o P_i dos solos estudados

Solo	c'	d'	e'	$P_i(%)$
S1	1,4	30	1,41	212,5
S2	0,78	75	1,46	283,5
S3	0,8	38,8	1,34	187,5
S4	0,8	21,49	1,33	142,5
S5	1,0	105,41	1,05	96
S8	0,83	42,55	1,27	160
S9	0,32	16,3	1,07	0,0
S10A	0,9	31,25	1,53	295
S10B	0,4	14,6	1,11	0,0
S10C	1,0	18,75	1,35	140
S10D	1,15	13,33	1,14	0,0

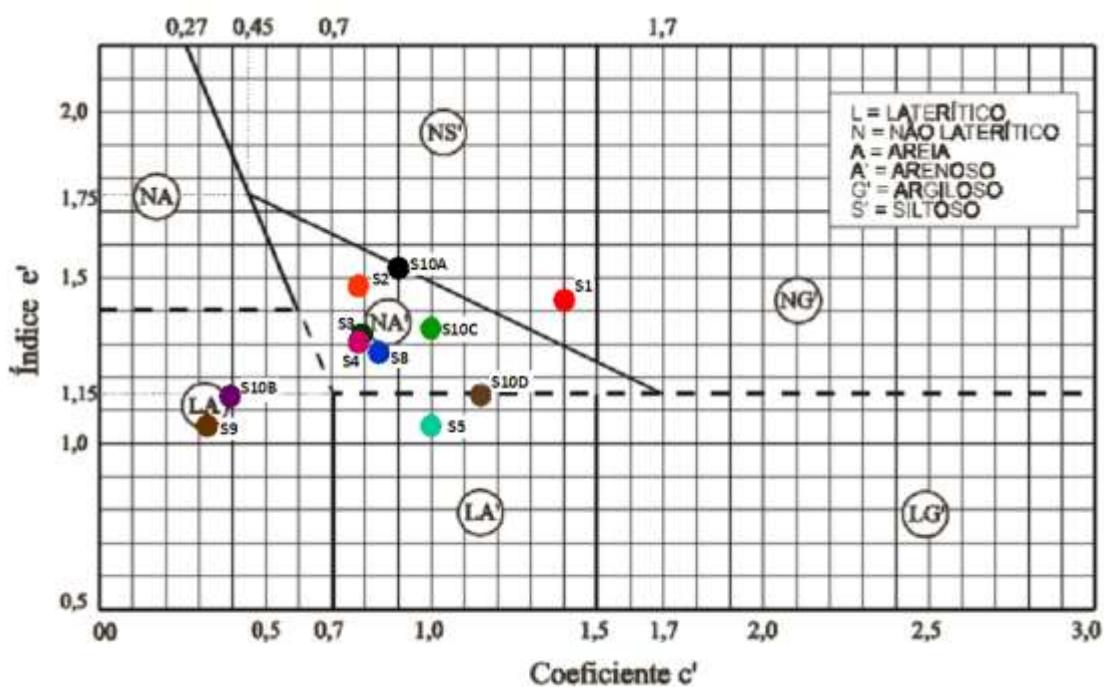
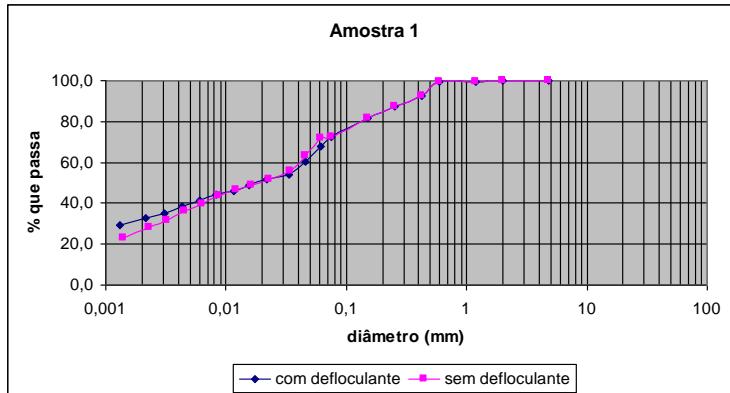


Figura 6.16 : Solos estudados no ábaco de classificação MCT

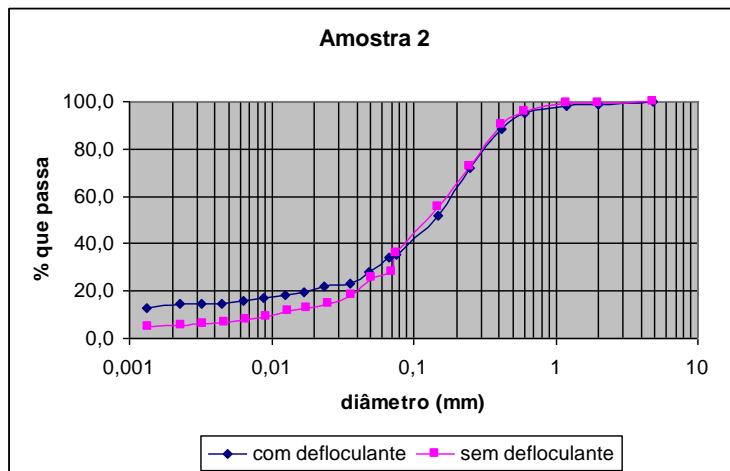
Este ensaio mostrou que os solos que apresentaram comportamento laterítico foram os solos S9 e S10B que pelos ensaios foram classificados com LA (areia laterítica quartzosa) e os solos S5 e S10D que são LA' (solo arenoso laterítico). Os solos que apresentaram comportamento não laterítico (saprolítico) S2, S3, S4, S8, S10A e S10C foram classificados como NA' (misturas de areias quartzosas com finos de

comportamento não laterítico, solos arenosos) e o solo S1 como NS' (solo siltoso não



laterítico).

C.3 ENSAIOS DE GRANULOMETRIA E CONSISTÊNCIA



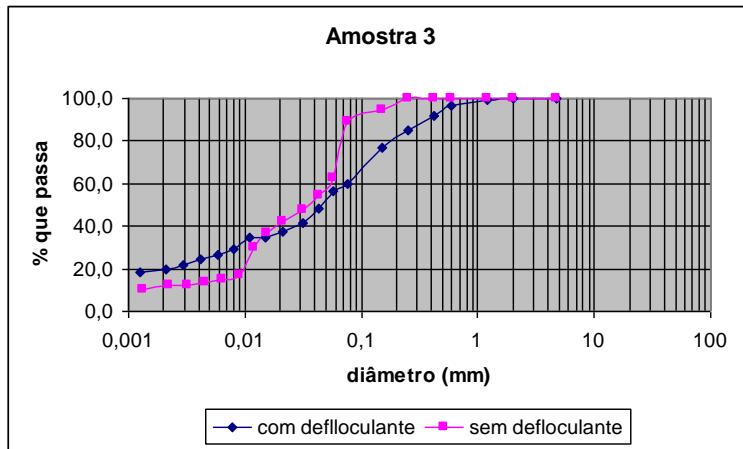
Os resultados dos ensaios de granulometria com e sem defloculante estão apresentados através das curvas granulométricas apresentadas da Figura 6.17 à Figura 6.27.

Observa-se pelo resultado da amostra S1 uma dispersibilidade de 93,75% da sua fração argila, o que indica alta tendência à erosão.

Figura 6.17 : Curva granulométrica – amostra S1

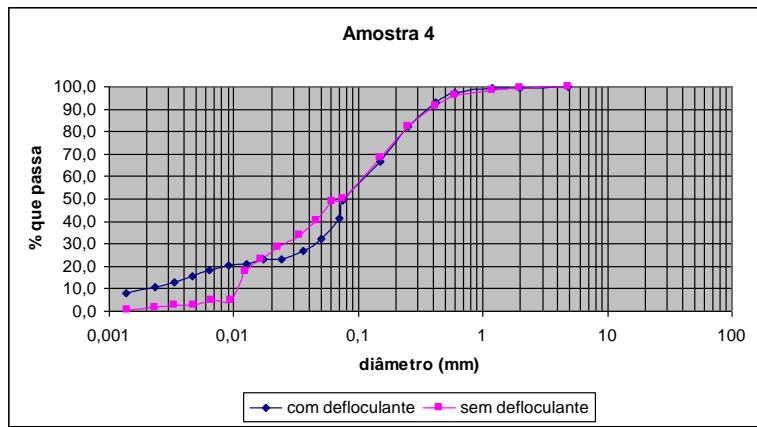
A amostra S2 apresentou dispersibilidade de 46,67% da sua fração argila, o que indica que a tendência à erosão desse solo é moderada.

Figura 6.18 : Curva granulométrica – amostra S2



O solo S3 apresentou dispersibilidade de sua fração argila de média para alta com o valor de 53,85%, conforme mostra a Figura 6.19.

Figura 6.19 : Curva granulométrica – amostra S3



A dispersibilidade medida da porção argila da amostra S4, demonstrou ser moderada com o valor de 28,13%, o que pode ser observado na Figura 6.20.

Figura 6.20 : Curva granulométrica – amostra S4

Com dispersibilidade nula para sua porção argila, o solo S5 apresenta-se como um solo de baixíssima erodibilidade, conforme demonstra a Figura 6.21.

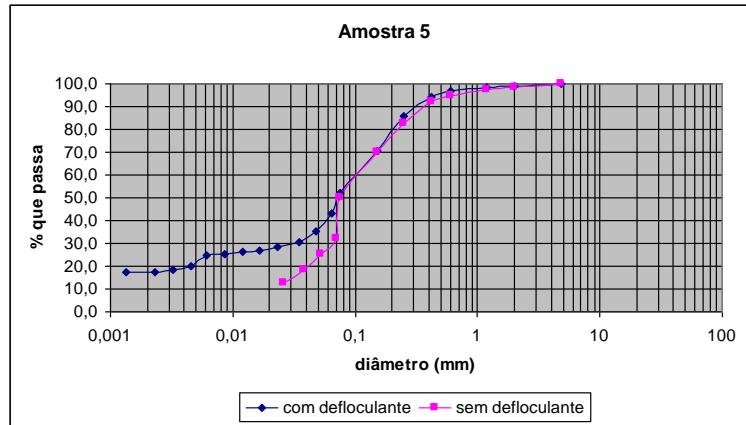


Figura 6.21 : Curva granulométrica – amostra S5

Com 100% de dispersão de sua fração argila, o solo S8 demonstra ser muito erodível, conforme demonstra a Figura 6.22.

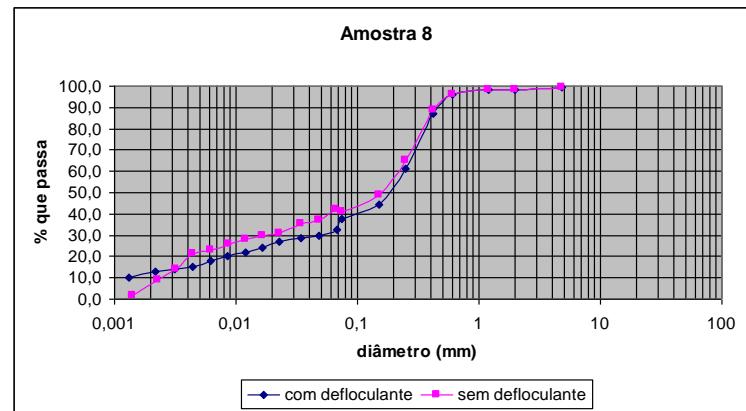


Figura 6.22 : Curva granulométrica – amostra S8

O solo S9 apresentou dispersão de 100% em sua fração argila, sendo classificado como muito erodível, conforme demonstra a Figura 6.23.

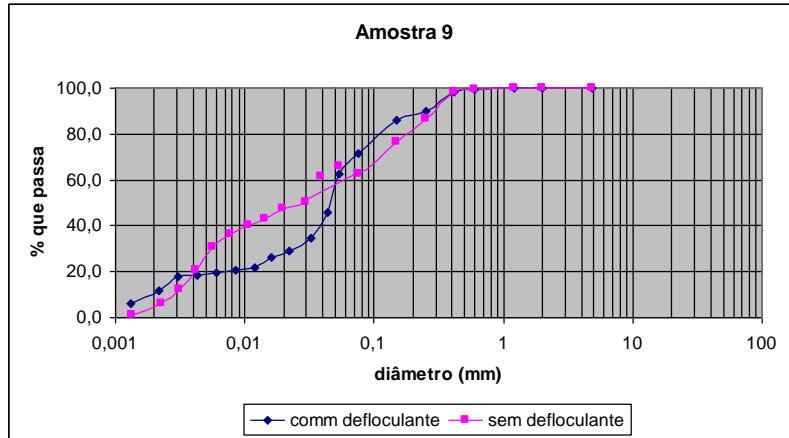


Figura 6.23 : Curva granulométrica – amostra S9

Com dispersibilidade total (100%), o solo S10A demonstra ser muito erodível, o que se pode constatar na Figura 6.24.

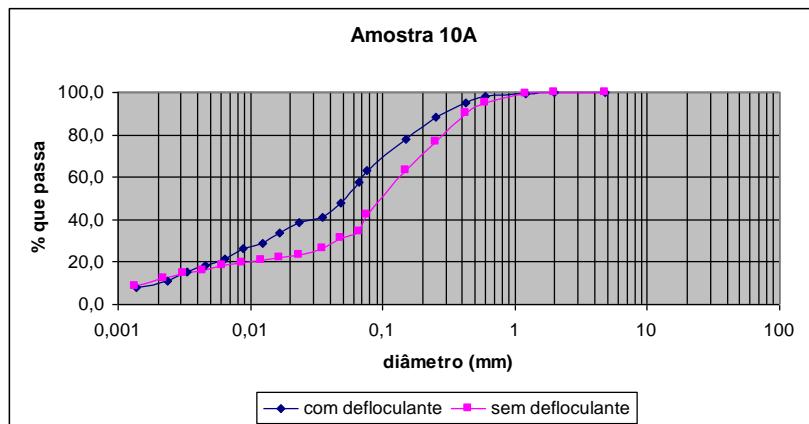


Figura 6.24 : Curva granulométrica – amostra S10A

A fração argila do solo S10B apresentou dispersibilidade de 100% o que atesta a sua alta erodibilidade, conforme mostra a Figura 6.25.

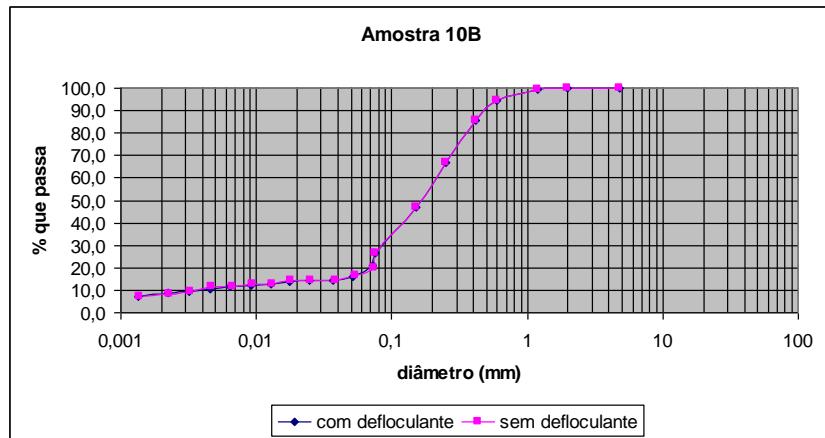


Figura 6.25 :Curva granulométrica – amostra S10B

A fração argila do solo S10C apresenta alta dispersibilidade, como demonstra a Figura 6.26 é considerado de alta erodibilidade.

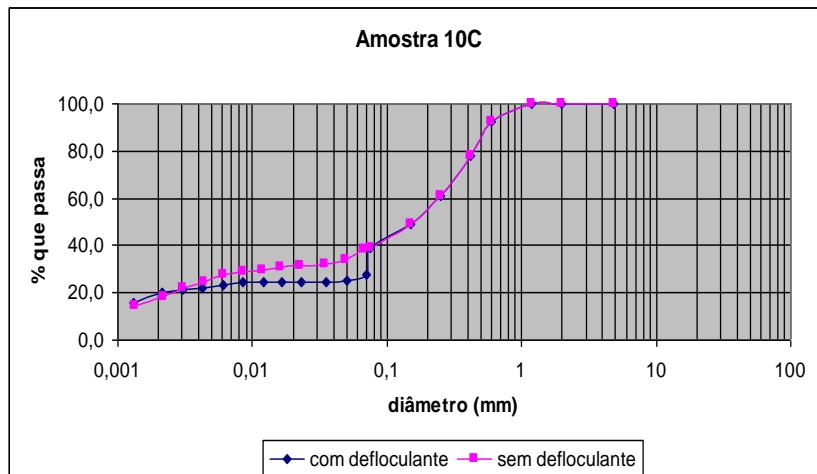


Figura 6.26 : Curva granulométrica – amostra S10C

O solo S10D apresentou dispersão de 76,53% em sua fração argila, sendo classificado como muito erodível, conforme demonstra a Figura 6.27.

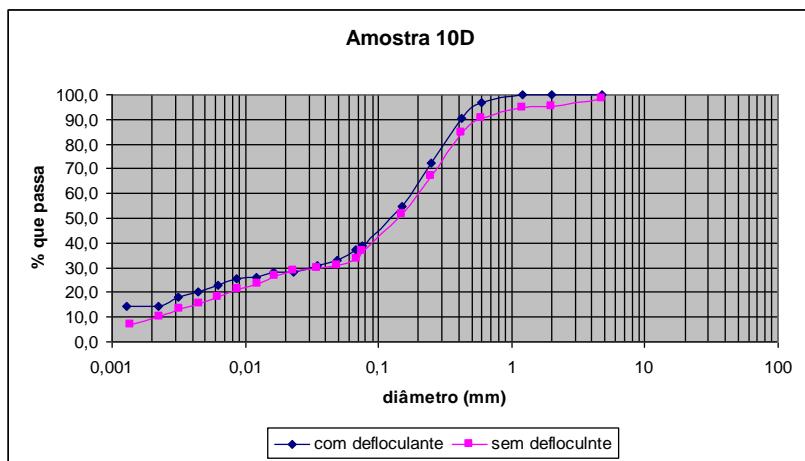


Figura 6.27 Curva granulométrica – amostra S10D

A partir desses resultados, foram determinadas as porcentagens de dispersão, apresentadas na Tabela 6.5.

Tabela 6.3 : Porcentagem de dispersão

Amostra	S1	S2	S3	S4	S5	S8	S9	S10A	S10B	S10C	S10D
% dispersão	93,75	46,67	53,85	28,13	0	100	100	97,18	100	100	76,53
Dispersibilidade	alta	Moderada	alta	moderada	Alta (imensurável)	alta	alta	alta	alta	alta	Alta

Os valores dos limites de consistência obtidos estão apresentados na Tabela 6.6:

Tabela 6.4 : Limites de consistência

Amostra	S1	S2	S3	S4	S5	S8	S9	S10A	S10B	S10C	S10D
LL	45,20	61,80	40,80	18,80	22,0	31,20	48,90	21,80	17,70	30,20	38,90
IP	15,20	23,80	19,80	NP	5,0	9,20	12,90	0,80	NP	11,20	10,90
Potencial de erosão	médio	médio	médio	alto	alto	alto	médio	alto	alto	médio	médio

Esses ensaios permitiram obter as classificações SUCS, TRB apresentadas na Tabela 6.7:

Tabela 6.5 : Classificação dos solos - com defloculante

Amostra	% passa # 200	LL	IP	IG	SUCS	TRB	Classificação granulométrica (NBR 6502/95)
S1	72,3	45,20	15,20	8	ML	A-7-5	Silte arenoso-argiloso
S2	35,2	61,80	23,80	3	SM	A-7-5/ A-2-7	Areia siltosa
S3	59,5	40,80	19,80	9	CL	A-7-5	Areia siltosa
S4	49,4	18,80	NP	0	SM	A-4	Areia siltosa
S5	51,9	22,00	5,00	3	CL-ML/ SC-SM	A-4	Areia siltosa
S8	37,4	31,20	9,20	0	SC	A-4/ A-2-4	Areia siltosa
S9	71,7	48,90	12,90	10	ML	A-7-5	Silte arenoso
S10 A	63,1	21,80	0,80	2	ML	A-4	Silte arenoso
S10 B	26,6	17,70	NP	0	SM	A-2-4	Areia fina a média
S10 C	38,7	30,20	11,20	1	SC	A-6	Areia argilosa
S10 D	38,9	38,90	10,90	1	SM	A-6	Areia argilosa

C.4. CARACTERIZAÇÃO DA FRAÇÃO FINA DO SOLO PELO ENSAIO DE ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO

As Tabelas 6.8 e 6.9 mostram o desenvolvimento do cálculo da umidade e da massa seca de cada solo caracterizado pelo ensaio de azul de metileno e o cálculo da CTC e da SE.

Tabela 6.6 : Cálculo da umidade e da massa seca para 4 g de solo úmido

Tipos de solos	S1	S2	S3	S4	S5	S8	S9	S10A	S10B	S10C	S10D
Nº cápsula	38	101	137	133	117	288	126	104	6	105	116
Tara (g)	19,41	21,01	21,5	19,89	20,63	20,56	20,81	20,7	21,29	20,4	21,54
mu + tara (g)	57,69	61,99	90,75	61,08	66,84	49,26	31,31	48,57	26,46	30,73	33,63
ms + tara (g)	56,03	60,79	89,05	60,9	66,53	47,98	30,71	48,37	26,42	30,54	33,21
m água (g)	1,66	1,2	1,7	0,18	0,31	1,28	0,6	0,2	0,04	0,19	0,42
ms (g)	36,62	39,78	67,55	41,01	45,9	27,42	9,9	27,67	5,13	10,14	11,67
umidade(%)	4,53	3,02	2,52	0,44	0,68	4,67	6,06	0,72	0,78	1,87	3,60

Ms	Massa de solo seco para 4g de solo úmido:									
	3,83	3,88	3,90	3,98	3,97	3,82	3,77	3,97	3,97	3,93

Tabela 6.7 : Cálculo da CTC e da SE para cada solo pesquisado

Tipos de solos	V	M	CTC	SE
S1	25	3,83	0,9791	23,9556
S2	30	3,88	1,1598	28,3763
S3	10	3,9	0,3846	9,4103
S4	15	3,98	0,5653	13,8317
S5	10	3,97	0,3778	9,2443
S8	25	3,82	0,9817	24,0183
S9	30	3,77	1,1936	29,2042
S10A	25	3,97	0,9446	23,1108
S10B	20	3,97	0,7557	18,4887
S10C	30	3,93	1,1450	28,0153
S10D	21	3,86	0,8161	19,9663

Com os resultados dos ensaios realizados foi feita a análise das características de cada solo estudado. Granulometricamente observa-se a predominância de características areno-siltosas ou silto-arenosas, o que dá um indicativo de caráter erodível. A análise da erodibilidade pela dispersão dos solos levou em consideração que quanto maior a dispersão, maior a erodibilidade, uma vez que uma baixa dispersão significa maior agregação das partículas seguindo-se um critério apresentado no trabalho de Silva (2009), em que os resultados são interpretados da seguinte maneira: se a porcentagem de dispersão for maior que 50% o solo é considerado altamente dispersivo; se estiver entre 20% e 50% é considerado moderadamente dispersivo e se for menor que 20%, é não dispersivo.

Foram desprezados os resultados dos ensaios de erodibilidade, desenvolvido segundo o estudo de Pejon (1992) e as análises de dispersão do Solo S9, pelo fato de que a amostra se perdeu e a porcentagem de dispersão da amostra S3 por ter apresentado resultado inconsistente.

Silva (2009) afirmou que a erodibilidade dos solos pode ser medida através de dois índices bastante conhecidos dos solos, o Limite de Liquidez e o Índice de Plasticidade. Definiu-se, então, que os solos que têm $LL < 30$ e $IP < 15$ são altamente erodíveis. Os solos com $30 < LL < 50$ e $15 < IP < 30$ são medianamente erodíveis. Os solos com $LL > 50$ e $IP > 30$ têm baixa erodibilidade. Para facilitar as análises, essas informações foram sintetizadas no gráfico da Figura 6.28.

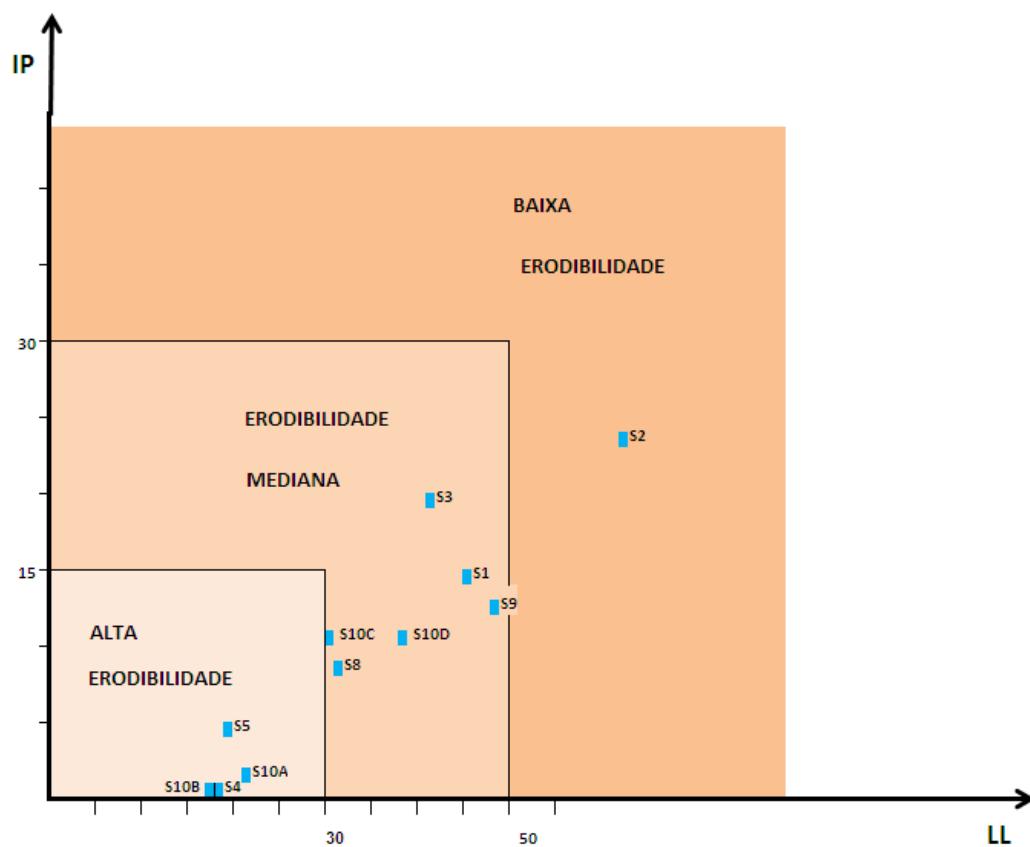


Figura 6.28 : Potencial de erosão dos solos com base no Limite de Liquidez e no Índice de Plasticidade, proposto por Silva (2009).

A análise da erodibilidade dos solos com base nos limites de Atterberg segue a sugestão de Silva (2009) apresentada na Figura 6.28, onde estão indicadas as características das amostras ensaiadas.

Com base na Classificação SUCS, seguiu-se a proposta de Gray & Sotir (1996), que indica a sequência de erodibilidade decrescente: ML, SM, SC, MH, OL, CL, CH, GM, SW, SP, GW.

Conforme Pejon (1992) os solos têm características definidas de acordo com a sua classificação MCT. Observa-se essas características relatadas no Quadro 6.1, que os solos lateríticos possuem maior resistência à erosão.

Quadro 6.1 : Características de grupos de solos da classificação M.C.T., *apud* Pejon (1992)

LG' -	Argilas ou argilas lateríticas, muito plásticas a muito coesivas. Infiltrabilidade e permeabilidade baixas. Muito contrátil por secagem, com intenso desenvolvimento de trincas. Baixa expansibilidade. Superfícies expostas muito resistentes ao amolecimento e a desagregação. Agregados naturais ou resultantes de compactação bastante resistentes, proporcionando razoável estabilidade mesmo em estado solto e encharcado.
LA' -	Areias argilosas lateríticas, muito plásticas e pouco coesivas. Infiltrabilidade e permeabilidade baixas. Contraí por secagem, com desenvolvimento moderado de trincas. Superfícies expostas moderadamente resistentes ao amolecimento e à desagregação. Variedades menos coesivas desmancham-se facilmente quando solto e encharcado, podendo escoar com facilidade pela ação da água corrente. Geralmente aumenta consideravelmente de resistência à erosão quando bem compactado.
LA -	Areias com muito pouco finos (argilas e siltos) lateríticos, pouco coesivas e pouco plásticas. Infiltrabilidade elevada a média; permeabilidade média. Contraí muito pouco por secagem, com trincamento ausente ou pouco desenvolvido. Geralmente desfaz-se quando solto e encharcado, podendo escoar facilmente pela ação da água corrente. De maneira geral, predominam condições em que se comporta com grau elevado de erodibilidade.
NC' -	Argilas ou argilas siltosas, muito coesivas e muito plásticas. Permeabilidade baixa. Infiltrabilidade média devido ao desenvolvimento de trincas. Geralmente bastante resistentes à ação da água corrente quando compactado e úmido. Expansibilidade e contração elevadas, com intenso desenvolvimento de trincas. Quando solto e seco, submetido ao encharcamento, desagrega intensamente, dando origem a lama.
NS' -	Solos de comportamento siltoso contendo siltos pouco coesivos e pouco plásticos. Permeabilidade e infiltrabilidade médias. Superfície exposta amolece e desagrega facilmente. Não contraí ou contraí muito pouco, com trincamento eventual pouco intenso. Quase sempre expansivo, porém com baixa pressão de expansão. Comportamento variado quando encharcado em estado solto, havendo variedades com agregados de finos (torrões), resistentes e outros com agregados não resistentes ao encharcamento. Geralmente com grau elevado de erodibilidade em quase todas as circunstâncias.
NA' -	Areias argilosas ou siltosas, pouco plásticas e pouco coesivas, com finos não lateríticos de expansibilidade média a elevada. Infiltrabilidade e permeabilidade baixas a médias. Pequena contração por secagem com trincamento moderado. Superfície exposta resistente a pouco resistente. (amolece e desagrega). Quando solto seco, desmancha-se com o encharcamento, podendo liquefazer pela ação de água corrente. De maneira geral possui erodibilidade difícil de ser prevista apenas pelo conhecimento do grupo MCT.
NA -	Areias limpas, não coesivas ou muito coesivas, não plásticas. Permeabilidade e infiltrabilidade elevadas. Superfície exposta amolece e desagrega facilmente. Praticamente não contraí quando seco, não desenvolvendo trincas. Desmorona facilmente quando encharcado em estado solto, podendo liquefazer-se facilmente pela ação de água corrente. Muito erodível pela ação de água corrente, que, entretanto, não se forma às suas superfícies expostas. A não ser na ocasião de chuvas muito intensas, devido a sua elevada capacidade de infiltração.

Obs: Quando as condições não estiverem especificadas, as características referem-se ao estudo compactado e úmido

A análise pelo resultado do ensaio de azul de metileno considera a sua atividade coloidal determinada pelo parâmetro Acb e pela porcentagem de argila (fração menor que 0,002 mm) conforme Figura 6.29.

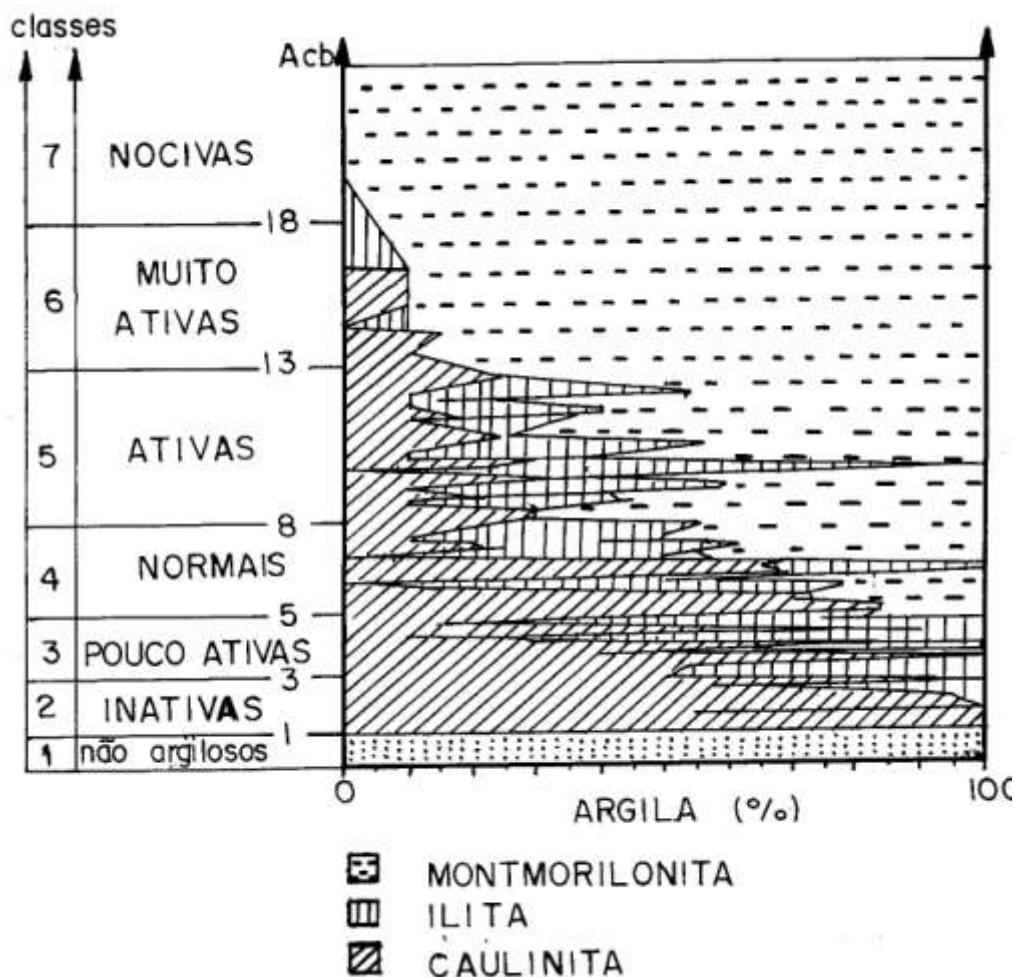


Figura 6.29 : Diagrama da atividade das argilas pelo método do azul de metileno (*apud* Lautrin, 1989)

Com base na Figura 6.29, pode-se apresentar as características das argilas componentes de cada amostra estudada, bem como a sua porcentagem na constituição do solo, que estão classificadas na Tabela 6.8.

Tabela 6.8 : Relação das argilas componentes de cada solo e suas propriedades

SOLO	% ARGILA	TIPO DE ARGILA	ATIVIDADE DA ARGILA
S1	32,7	Caulinita	Inativa
S2	14,4	Caulinita	Normal
S3	20,0	Caulinita	Inativa
S4	10,5	Caulinita	Inativa
S5	17,2	Caulinita	Inativa
S8	13,1	Caulinita	Normal
S9	11,7	Ilita	Ativa
S10A	11,0	Caulinita	Ativa
S10B	8,8	Caulinita	Ativa
S10C	20,3	Caulinita	Normal
S10D	14,4	Caulinita	Normal

SOLO S1

Na análise feita segundo o método desenvolvido por Pejon (1992), trata-se do solo mais erodível entre todos os solos estudados. O Índice de erodibilidade neste método é diretamente proporcional ao índice de absorção de água e inversamente proporcional à perda de peso por imersão.

Conforme os resultados de ensaios de granulometria e consistência, encontrou-se para o Solo S1 na classificação SUCS, a classe ML que, segundo Gray & Sotir (1989) *apud* Galvão (2006), é o solo mais erodível da classificação SUCS, sendo composto por siltes inorgânicos e areias muito finas, alteração de rocha, areias finas siltosas ou argilosas com pequena plasticidade. No caso do solo estudado, trata-se de um solo A-7-5 segundo a classificação TRB, com LL=45,2 e IP=15,2 o que confere a esse solo uma erodibilidade alta de acordo com a classificação de Silva (2009), na qual utiliza a Carta de Plasticidade. Esse caráter erodível também é confirmado pela sua alta percentagem de dispersão (93,75%).

A classificação MCT atribuiu para esse solo os valores de $c'=1,40$ e $e'=1,41$, classificando-o como solo siltoso não laterítico (NS'). De acordo com estudo realizado por Pejon (1992), esse tipo de solo apresenta elevado grau de erodibilidade em quase todas as circunstâncias (Quadro 6.1), mesmo compactado não o garante proteção contra erosão Quadro 4.1.

O índice c' indica que o solo tem uma elevada porcentagem de finos (72,3%), porém, em quase sua totalidade esses finos são compostos de silte, o que justifica a elevada erodibilidade apesar da granulometria fina (pobre em argilas). Isso é confirmado pela classificação apresentada por Pejon (1992), na Figura 6.29, que leva em conta o Acb (Índice de atividade da fração argilosa), cujo valor é de 2.87 g/100g_{argila}, e a fração de argila (32,7%), resultando em uma Caulinita inativa.

Esses resultados não deixam dúvida que esse solo é altamente erodível.

O solo S1, analisado pelo ensaio de adsorção de azul de metileno, registrou valores de CTC=0,98 meq/100g_{solo}; SE=23,96 m²/ml e Acb= 2,87 g/100g_{argila}. Resultados encontrados e analisados, a baixa capacidade de troca de cátions (CTC) permite afirmar que o solo estudado possui argila inativa em sua constituição, pois, conforme Pejon (1992), “a Capacidade de Troca de Cátions dos solos, é representada quase que exclusivamente pela fração argilosa, visto que os demais componentes do solo têm baixa capacidade de adsorção do azul de metileno”. Assim, se a fração argila do solo é mineralogicamente inativa, esperada baixa coesão da sua fração fina e, consequentemente, mais erodível.

SOLO S2

O solo S2 apresenta uma característica de solo medianamente erodível em relação aos solos estudados, com o índice de erodibilidade (E) igual a 0,53 obtido pela equação proposta por Pejon (1992).

O solo S2 é classificado pelo SUCS, apresenta-se como um solo SM (areia siltosa). Este solo é o segundo na escala em erodibilidade, conforme Gray & Sotir (1989) *apud* Galvão (2006), sendo um solo arenoso. O sistema TRB classifica o solo S2 como um solo A-7-5/A-2-7 com LL=61,8 e IP=23,8 o que, segundo a classificação de Silva

(2009), indica baixa erodibilidade. Com 46,67% de dispersão, o solo S2 é classificado como moderadamente erodível.

Porém, pela Metodologia MCT obteve-se para esse solo os valores de $c'=0,78$ e $e'=1,46$ como arenoso não laterítico (NA') que nos estudos de Pejon (1992) concluiu-se ser difícil a sua previsão de erodibilidade apenas pela Classificação MCT (Quadro 6.1). O baixo índice c' indica que este solo possui uma quantidade de finos (que passa na #200) de 35,9% e baixa argilosidade. Por esse motivo o solo S2 é o segundo solo mais erodível de toda a escala; porém, é medianamente erodível segundo a escala de Pejon (1992).

O solo S2 possui uma baixa CTC (1,1598meq/100g_{solo}), uma baixa percentagem de argila (14,4%), uma superfície específica de 28,3763 m²/ml e Acb (Índice de atividade da fração argilosa) de 7,79 g/100g_{argila}. Estes valores aproximam-se de uma Caulinita de atividade normal, conforme classificação apresentada na Figura 6.29.

Dessa forma, há um consenso que o solo S2 é medianamente erodível.

SOLO S3

Ensaiado pelo Método proposto por Pejon (1992), o solo S3 mostrou-se bastante erodível, com um índice E=0,28.

O solo S3 foi classificado no sistema SUCS como CL, ou seja, argila de baixa plasticidade, com LL=40,8 e IP=19,8. De acordo com a classificação de Silva (2009), , o solo S3 é classificado como medianamente erodível, tratando-se de um solo A-7-5 com elevada percentagem de material passante na #200 (59,5%). Os ensaios de granulometria apontaram 53,85% de dispersão o que classifica esse solo como de moderada a alta erodibilidade.

Embora a Metodologia MCT apresente o solo S3 com $c'=0,80$ e $e'=1,34$ arenoso laterítico (LA'), menos suscetível à erosão, está no limite entre o solo LA' e o NA', conforme Figura 6.28, o que sugere pouca agregação da partículas. Esta condição, associada à quantidade de finos siltosos leva a uma tendência de maior erodibilidade. Em razão de no método desenvolvido por Pejon (1992), o solo S3 ter apresentado uma

alta erodibilidade, provavelmente a sua classificação deve ser NA', cuja erodibilidade dificilmente pode ser prevista apenas pelo conhecimento das características obtidas pelo ensaio MCT (Quadro 6.1).

O solo S3 tem uma das menores superfícies específicas dentre todos os solos estudados ($9,4103\text{ m}^2/\text{ml}$) e também uma das menores capacidades de troca de cátions ($0,3846\text{ meq}/100\text{g}_{\text{solos}}$). Evidencia-se, com base nos ensaios de granulometria, que dos 89,1% de material fino (passante na #200), apenas 20,0% corresponde a fração argila. Esse resultado combinado com um $\text{Acb}=1,87\text{ g}/100\text{g}_{\text{argila}}$ indica, pela classificação apresentada na Figura 6.29, ser uma Caulinita inativa. Sendo inativa, a coesão desse solo é pequena, o que contribui para a maior erodibilidade do solo estudado. Solos dessa natureza, mesmo classificados como NA', de difícil previsão quanto à erodibilidade, o solo S3 pode ser considerado bastante erodível quando analisado pelo conjunto dos ensaios realizados.

SOLO S4

Índice de erodibilidade calculado através do Método desenvolvido por Pejon (1992), o solo S4 mostrou elevado potencial de erosão, com índice $E=0,136$.

O solo S4 foi classificado pelo SUCS como SM (mesma classificação do solo S2), que é o segundo solo mais erodível na escala apresentada por Gray & Sotir (1989) *apud* Galvão (2006), porém diferenciando daquele no valor significativamente menor para o LL (18,8%) e por ser um solo não plástico (NP), pela classificação de Silva (2009), é um solo muito erodível. O solo S4 apresentou uma dispersão de 28,13% sendo considerado moderadamente dispersivo conferindo a esse solo uma moderada erodibilidade.

A Classificação MCT apresenta o solo S4 como NA' (não laterítico arenoso) com $c'=0,8$ e $e'=1,33$, cuja característica em termos de erodibilidade é difícil de ser prevista apenas com a classificação MCT, conforme Pejon (1992) (Quadro 6.1).

O solo S4 tem uma pequena superfície específica ($13,8317\text{ m}^2/\text{ml}$) e também uma pequena capacidade de troca de cátions ($0,5653\text{ meq}/100\text{g}_{\text{solos}}$). Com base nos ensaios de granulometria, verifica-se que dos 49,4% de material fino (passante na #200), apenas

10,5% corresponde a argila. Esse resultado combinado com um $Acb = 5,34 \text{ g}/100\text{g}_{\text{argila}}$ indica pela classificação da Figura 6.29, ser uma Caulinita inativa. Confirma-se então que, mesmo sendo um solo NA' de difícil previsão quanto à erodibilidade, o solo S4 pode ser considerado como de moderada a alta erodibilidade quando analisado pelo conjunto dos ensaios realizados.

SOLO S5

O solo S5, segundo Pejon (1992), apresenta características nitidamente definidas de solo não erodível, com índice de erodibilidade $E=7,87$.

Foi classificado pelo sistema SUCS como um solo argilo-siltoso de baixa compressibilidade (CL-ML), possui apenas 51,9% passando na #200, ou seja, é próximo de uma classificação SC-SM (areia silto-argilosa). Pela escala de Gray & Sotir (1996) é de média a alta erodibilidade. Pelo sistema TRB, o solo S5 foi classificado como A4 com $LL=22,0$ e $IP=5,0$ o que lhe confere, segundo a classificação de Silva (2009), uma alta erodibilidade. Sua dispersibilidade é nula e o classifica como um solo não erodível, confirmado sua laterização, o que lhe confere uma grande resistência à erosão, também confirmada pelo ensaio de Pejon (1992).

A metodologia MCT indica que se trata de um solo com $c'=1,0$ e $e'=1,05$ caracterizado como LA', ou arenoso laterítico. Segundo Pejon (1992), esses solos aumentam consideravelmente a sua resistência à erosão quando bem compactados (Quadro 6.1).

O solo S5 tem a menor superfície específica dentre todos os solos estudados ($9,2443 \text{ m}^2/\text{ml}$) e também a menor capacidade de troca de cátions ($0,3778 \text{ meq}/100\text{g}_{\text{solo}}$). Pode-se afirmar com base nos ensaios realizados que dos 51,9% de material fino (passante na #200), 17,2% corresponde a argila. Esse resultado combinado com um $Acb = 2,17 \text{ g}/100\text{g}_{\text{argila}}$ define, pela classificação de Lautrin (1989), apresentada na Figura 6.29, como uma Caulinita inativa. Porém, por ser um solo laterítico, a agregação das partículas pelo óxido de ferro aumenta a sua resistência à erosão. Observa-se que as análises que levam em consideração os limites de Atterberg, SUCS e Silva (2009), apontam para um solo de média a alta erodibilidade, no entanto, seu caráter laterítico lhe confere maior agregação dos grãos e o torna não erodível, fato confirmado pelos ensaios Pejon (1992) e pela dispersibilidade.

SOLO S8

O solo S8 apresenta a mais alta erodibilidade dentre todos os solos estudados de acordo com o Método desenvolvido por Pejon (1992), pelo SUCS por tratar-se de um solo arenoso (SC), também de moderada erodibilidade ao indicar o valor do índice $E=0,13$.

O sistema TRB o classifica como um solo A4, no limite com o A-2-4 com valores de LL=31,2 e IP=9,2 o que coloca o solo S8 no limite entre os solos muito erodíveis e os solos medianamente erodíveis segundo a classificação de Silva (2009). Com 100% de dispersão este solo demonstra ser erodível.

Os índices $c'=0,83$ e $e'=1,27$ conferem ao solo S8 a classificação MCT como NA' (arenoso não laterítico), o que, segundo Pejon (1992), torna difícil a previsão de erodibilidade do mesmo considerando apenas a classificação MCT (Quadro 6.1).

O solo S8 tem pequena superfície específica ($24,0183\text{ m}^2/\text{ml}$) e também uma pequena capacidade de troca de cátions ($0,9818\text{ meq}/100\text{g}_{\text{solo}}$). Podemos afirmar com base nos ensaios realizados que, dos 37,4% de material fino (passante na #200), apenas 13,1% corresponde a argila. Esse resultado combinado com um $\text{Acb}=7,14\text{ g}/100\text{g}_{\text{argila}}$ indica pela Figura 6.29 ser uma Ilita ou Caulinita de atividade normal. Desta forma, mesmo que tenha uma fração argila de atividade normal, provavelmente é um solo bastante erodível por conter pequena percentagem de argila.

Conclui-se que é um solo de alta erodibilidade.

SOLO S9

Pela classificação SUCS trata-se de um solo ML, ou seja, silte de baixa plasticidade, altamente erodível. Classificado pelo sistema TRB como A-7-5 possui LL=48,9 e IP=12,9 o que o classifica como um solo medianamente erodível, conforme pode-se confirmar pela classificação de Silva (2009). Pela percentagem de dispersão calculada em 100% o solo S9 demonstra ser erodível.

As características MCT com $c'=0,32$ e $e'=1,07$ classificam o solo S9 como areia laterítica (LA) que, segundo Pejon (1992), neste tipo de solo predominam características que determinam elevado grau de erodibilidade (Quadro 6.1).

O solo S9 tem a mais alta superfície específica ($29,2042\text{ m}^2/\text{ml}$) dentre todos os solos estudados mas, mesmo assim, sua superfície específica é pequena em relação a alguns tipos de argilas ativas. Possui, ainda, uma pequena capacidade de troca de cátions ($1,1936\text{ meq}/100\text{g}_{\text{solô}}$). Pode-se afirmar com base nos ensaios de granulometria que dos 62,8% de material fino (passante na #200), apenas 11,7% corresponde a argila. Esse resultado combinado com um $\text{Acb}=9,64\text{ g}/100\text{g}_{\text{argila}}$ indica, pela classificação de Lautrin (1989) apresentada na Figura 6.29, ser uma Ilita ativa. Porém, essa percentagem pequena de argila na composição do solo S9 deve ser insuficiente para promover uma coesão entre seus grãos que de certa forma, aumente a resistência contra a ação dos processos. Da análise do conjunto de ensaios, pode-se concluir pela elevada erodibilidade deste solo.

SOLO S10A

É o solo que obteve o terceiro maior índice de erodibilidade segundo o Método sugerido por Pejon em 1992, com o índice de erodibilidade $E=0,199..$

Classificado através do sistema SUCS como um solo ML (silte de baixa compressibilidade), portanto, dentro desta escala, é o solo mais erodível dentre todas as classes, segundo Gray & Sotir (1989) *apud* Galvão (2006). Pelo sistema TRB é classificado como A4 com $\text{LL}=21,8$ e $\text{IP}=0,8$ o que lhe confere uma alta erodibilidade, com base na classificação de Silva (2009). Pela percentagem de dispersão calculada em 97,18% o solo S10A indica ser erodível.

Pela Metodologia MCT obtiveram-se os índices $c'=0,9$ e $e'=1,53$, classificando esse solo no limite entre NA' e NS', e indicam que o solo S10A tem comportamento que tende para alta erodibilidade segundo estudos de Pejon (Quadro 6.1).

O solo S10A tem pequena superfície específica ($23,1108\text{ m}^2/\text{ml}$) e também uma pequena capacidade de troca de cátions ($0,9446\text{ meq}/100\text{g}_{\text{solô}}$). Pode-se afirmar com base nos ensaios de granulometria que, dos 63,1% de material fino (passante na #200),

apenas 11,0% corresponde a argila. Esse resultado combinado com um $Acb = 8,54 \text{ g}/100\text{g}_{\text{argila}}$, indica, através da classificação de Lautrin (1989) e apresentada na Figura 6.29, ser uma Caulinita ativa. Desta forma, o solo S10A, devido à pequena percentagem de argila, mesmo que ativa, demonstra nos demais ensaios ser um solo bastante erodível.

SOLO S10B

Também obteve elevado índice de erodibilidade semelhante ao solo S10A, tendo como resultado um valor de $E=0,203$.

Classificado como solo areno-siltoso (SM) pelo sistema SUCS, é um solo muito erodível segundo Gray & Sotir (1989) *apud* Galvão (2006). Pelo sistema TRB é classificado como A-2-4 com $LL=17,7$ e nenhuma plasticidade (NP). Essas características o colocam com um solo de alto índice de erodibilidade quando analisado à luz da classificação de Silva (2009). Pela percentagem de dispersão calculada em 100% o solo S10B também demonstra ser erodível.

A metodologia MCT apontou os índices $c'=0,4$ e $e'=1,11$ fazendo com que o solo S10B seja classificado como areia laterítica (LA), que se comporta com alto índice de erodibilidade (Quadro 6.1), segundo Pejon (1992), comprovando os resultados dos outros ensaios.

O solo S10B tem pequena superfície específica ($18,4887 \text{ m}^2/\text{ml}$) e também uma pequena capacidade de troca de cátions ($0,7557 \text{ meq}/100\text{g}_{\text{solo}}$). Uma característica deste material classificado como A-2-4 pela TRB é a pequena quantidade de finos (passantes na #200), apenas 26,6%. Deste total de finos apenas 8,8% corresponde a argila. Esse resultado combinado com um $Acb = 8,48 \text{ g}/100\text{g}_{\text{argila}}$ indica, através da classificação da Figura 6.29, ser uma Caulinita ativa. Desta forma, o solo S10B, devido à pequena percentagem de argila, mesmo que ativa, demonstra nos demais ensaios ser um solo bastante erodível.

SOLO S10C

O solo S10C apresentou no ensaio realizado pelo método desenvolvido por Pejon (1992) um valor de $E=0,36$, caracterizando-se como um solo erodível.

Classificado no sistema SUCS como um solo argiloso (SC) de moderada a alta erodibilidade. Sendo um solo A6 pela classificação TRB, o solo S10C possui $LL=30,2$ e $IP=11,2$ o que confirma a sua característica de alta erodibilidade, de acordo com a classificação de Silva (2009). Pela percentagem de dispersão calculada em 100% o solo S10C demonstra ser erodível.

Sua classificação MCT é de um solo NA' (arenoso não laterítico), cujos índices encontrados foram $c'=1,0$ e $e'=1,35$. Esse tipo de solo, segundo Pejon (1992), é de difícil previsão de erodibilidade quando se observa apenas sua classificação MCT (Quadro 6.1).

O solo S10C tem pequena superfície específica ($28,0153\text{ m}^2/\text{ml}$) e também uma pequena capacidade de troca de cátions ($1,145\text{ meq}/100\text{g}_{\text{solo}}$). Uma característica deste material classificado como A6 pela TRB é a pequena quantidade de finos (passantes na #200), apenas 38,7%. E deste total de finos 20,3% corresponde a argila. Porém, sua atividade é pequena, com base na classificação da Figura 6.29. Considerando o valor de $Acb=5,55\text{ g}/100\text{g}_{\text{argila}}$, indica tratar-se de uma Caulinita de atividade normal. Assim, a parte argilosa presente no solo S10C, não é suficiente para garantir uma boa resistência à erosão para esse solo, o que provavelmente o torna erodível.

SOLO S10D

O solo S10D apresenta, também, alto índice de erodibilidade quando analisado segundo o Método proposto por Pejon (1992) com $E=0,39$.

Sendo um solo SM (areno-siltoso) segundo a classificação SUCS, o solo S10D pertence ao grupo dos solos classificado como o segundo mais erodível de todos. Como um solo A6 classificado pelo sistema TRB, apresenta valores de 38,9 para o Limite de Liquidez e 10,9 para o Índice de Plasticidade, o que o define como um solo medianamente erodível, de acordo com a classificação de Silva (2009). Pela percentagem de dispersão calculada em 76,53 % o solo S10D demonstra ser erodível.

Com valores dos índices $c'=1,15$ e $e'=1,14$ o solo S10D é classificado como LA' (arenoso laterítico), cuja característica é de aumentar consideravelmente a sua resistência à erosão quando compactado (Quadro 6.1), de acordo com Pejon (1992). Embora seja LA' (arenoso laterítico), no ábaco de classificação encontra-se próximo ao limite com o solo NA', o que pode indicar um grau de laterização menor.

O solo S10D apresenta pequena superfície específica ($19,9663\text{ m}^2/\text{ml}$) e também uma pequena capacidade de troca de cátions ($0,8161\text{ meq}/100\text{g}_{\text{solo}}$). Uma característica deste material classificado como A6 pela TRB é a pequena quantidade de finos (passantes na #200), apenas 38,9%, muito parecido com o solo S10C. Deste total de finos 14,4% corresponde a argila. Porém, sua atividade é pequena, o que podemos comprovar por na Figura 6.29 quando consideramos o valor de $\text{Acb}=5,46\text{ g}/100\text{g}_{\text{argila}}$ indicando se tratar de Caulinita normal. Assim, a parte argila presente no solo S10D, não é suficiente para garantir uma boa resistência à erosão para esse solo, o que o torna erodível.

Os principais resultados dos ensaios realizados estão apresentados no Quadro 6.2.

Quadro 6.2 : Resultado dos Ensaios

SOLO	GRANULOMETRIA E ÍNDICES FÍSICOS						MCT		PEJÓN	AZUL DE METILENO	
	LL	IP	#200 (s/ def)	#200 (c/ def)	IG	SUCS	C'	E'		E (Pejon)	CTC
S1	45,2	15,2	72,4	72,3	8	ML	1,40	1,41	0,280	0,98	23,96
S2	61,8	23,8	35,9	35,9	3	SM	0,78	1,46	0,530	1,16	28,38
S3	40,8	19,8	89,1	89,1	9	CL	0,80	1,34	0,340	0,38	9,41
S4	18,8	NP	49,8	49,8	0	SM	0,80	1,33	0,140	0,57	13,83
S5	22,0	5,0	50,0	50,0	3	CL-ML	1,00	1,05	7,870	0,38	9,24
S8	31,2	9,2	41,2	41,8	0	SC	0,83	1,27	0,130	0,98	24,02
S9	48,9	12,9	62,8	62,8	10	ML	0,32	1,07	X	1,19	29,20
S10A	21,8	0,8	42,3	63,1	2	ML	0,90	1,53	0,199	0,94	23,11
S10B	17,7	NP	26,6	26,6	0	SM	0,40	1,11	0,203	0,76	18,49
S10C	30,2	11,2	38,7	38,7	1	SC	1,00	1,35	0,360	1,15	28,02
S10D	38,9	10,9	36,4	38,9	1	SM	1,15	1,14	0,390	0,82	19,97

Observa-se as principais características dos solos estudados relativamente aos ensaios realizados de Caracterização, Granulometria, Índices Físicos, Erodibilidade segundo

Pejon (1992), Mini-MCV e Caracterização da fração fina do solo pelo ensaio de adsorção de azul de metileno.

7 CONCLUSÕES

Dos dados coletados e analisados através do Projeto Executivo de Engenharia pode-se verificar que há uma variedade de solos componentes do corpo estradal da rodovia, entre os quais predominam os solos A4, A6 e A-7-6 no Lote 1 (Km 73 – Km 118) com ligeira predominância para o solo A4 que compõe 29,62% do total do subleito neste lote. No Lote 2 (Km 118 – Km 164,7) predominam os solos A-2-4 e A4 com percentuais de 31,79% e 42,37% respectivamente.

Analizando de forma geral os dois trechos, observa-se que o solo A4 compõe 36,08% do total, enquanto o solo A-2-4 está presente em 21,98% do trecho.

Os principais pontos de erosão estão localizados principalmente onde predominam os solos do tipo A4 pela classificação TRB, como se pode observar na Figura 6.1e Figura 6.2.

Os solos analisados representam bem as características dos solos encontrados no trecho em estudo.

Os solos S1, S2 e S3 coletados em um mesmo local no Km 131,5 da BR-050 tiveram os resultados dos diferentes ensaios confirmando sua erodibilidade. Isto também se verifica no local onde podem ser observados os sulcos provocados pela ação das águas (Figura 5.4).

Da mesma forma os solos S8 e S9 confirmaram, através dos ensaios realizados, a sua alta erodibilidade (Figura 5.2).

Ainda outro grupo de solos coletados em um mesmo local os solos S10A, S10B, S10C e S10D tiveram resultados semelhantes quanto à elevada erodibilidade (Figura 5.3).

O solo S5 teve comportamento diferente dos outros e, apesar de ser arenoso, mostrou-se com baixa erodibilidade por todos os critérios (Figura 5.5). Sendo um solo considerado de comportamento laterítico pela metodologia MCT, conclui-se que a agregação de suas

partículas decorrente de seu processo de evolução pedogênica aumentou a sua resistência à erosão.

Com relação à erodibilidade dos solos finos, conclui-se que pode ser alta tendo em vista duas situações:

- Os finos deste solo possuem muita argila inativa, mostrando que apesar da quantidade, não conseguem promover uma coesão maior entre as partículas.
- Os finos deste solo possuem pouca argila, porém normal ou ativa, mostrando que embora tenha certa atividade, a quantidade é insuficiente para promover uma coesão maior.

Com relação aos solos grossos, o processo de laterização pode conferir a eles maior agregação, reduzindo a sua erodibilidade. Pela granulometria, observa-se que se tratam de solos com características areno-siltosas, naturalmente suscetíveis à erosão.

Tomando-se como referência os ensaios de Pejon (1992):

- Os resultados dos ensaios mostram que a classificação de Silva (2009), com base na Carta de Plasticidade obteve boa correspondência com os resultados obtidos, notadamente quando se analisam solos não lateríticos.
- Os resultados dos ensaios que indicaram a erodibilidade do solo através da dispersão entre a granulometria obtida com e sem a utilização de defloculante foram muito semelhantes aos obtidos pelo método de Pejon (1992) e pela Metodologia MCT.

A proposta de Gray & Sotir (1998) *apud* Galvão 2010) para avaliar a erodibilidade pela classificação SUCS não ofereceu boa correlação com os resultados obtidos.

Propõe-se para futuros trabalhos que seja coletado maior número de amostras no sentido de se ter um mapeamento representativo de cada microrregião, com definição das características geotécnicas existentes do terreno natural onde possa haver qualquer intervenção com risco de promover passivo ambiental, principalmente erosão.

Considerando que:

- os ensaios tradicionais mostraram-se eficientes para avaliar a erodibilidade de solos de comportamento não laterítico pela proposta de Silva (2009);

- esses ensaios são simples e amplamente executados em todos os estudos geotécnicos;
- uma vez detectado que o solo não é de comportamento laterítico, ficaria fácil avaliar sua erodibilidade;
- que a dispersão entre as curvas granulométricas obtidas nos ensaios de granulometria com e sem defloculante mostraram-se eficientes na definição do comportamento laterítico;
- existe ainda o método expedito das pastilhas para classificação MCT do solo;
- que o número de amostras ensaiadas é um tanto reduzido.

Sugere-se realizar um maior número de ensaios utilizando solos de outras erosões para confirmar essas conclusões. Essa confirmação abriria uma perspectiva interessante para se levar em conta nos projetos, de uma forma bem simples, a questão da erodibilidade, com base nos estudos geotécnicos preliminares.

Para tanto bastaria incluir na programação de ensaios geotécnicos preliminares, o ensaio de classificação MCT, que poderia ser o expedito, ou o de granulometria com ou sem defloculante. Nos casos em que não fosse laterítico, se aplicaria a proposta de Silva (2009) e nos casos em que fosse laterítico, a sua classificação daria um indicativo ou ainda, se for usado o de granulometria, analisar-se-ia a sua dispersão.

Cabe também salientar a importância de se aplicar a metodologia MCT para a classificação dos solos nos estudos geotécnicos preliminares de rodovias, lembrando ainda que esta classificação pode ainda indicar soluções alternativas de baixo custo para o pavimento.

Propõe-se ainda para futuros trabalhos que seja coletado maior número de amostras no sentido de se ter um mapeamento representativo de cada microrregião, com definição de características geotécnicas existentes do terreno natural onde possa haver qualquer intervenção com risco de promover passivo ambiental, principalmente erosão.

Propõe-se que esses novos dados de erodibilidade sejam analisados em conjunto com a geologia, a topografia e outros atributos do terreno, no sentido de se fazer uma carta de suscetibilidade à erosão.

Propõe-se ainda que esses resultados sejam comparados com o resultado de outros métodos de avaliação da erodibilidade, como o Gráfico de Erodibilidade proposto por Wischmeier, ou pelo método de Inderbtizen principalmente em áreas lindeiras às faixas de domínio das rodovias federais em virtude de verificação recente de acidentes geotécnicos (queda de barreiras) agravados durante os períodos chuvosos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984) - Norma: Solo - Análise granulométrica: Terminologia (NBR 7181/84)

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1986) - Norma: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização (NBR 6457/86)

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1996) – Norma: Solo - Avaliação da dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio sedimentométrico comparativo – Ensaio de dispersão SCS: Terminologia (NBR 13602)

ARAÚJO, R.C. **Estudo da erodibilidade de um solo da formação barreiras.** 2000. 147 f. Dissertação (Mestrado em Geotécnica) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: solo – determinação do limite de liquidez – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: solo – determinação do limite de plasticidade – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

BASTOS, C. A. B.: *Estudo geoténico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados.* Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Rio Grande - 1999.

BRASIL/DNIT. (1993). **Projeto Final de Engenharia para Adequação de Capacidade e Restauração da BR-050/MG:** Trecho: Uberlândia – Rio Tejuco – Rio Caçu. Volume # - Estudos Geotécnicos. Brasília-DF: DNIT, 1993.

BRASIL/DNIT. (2004). **Rodovia BR-050/MG:** Programa de Gestão Ambiental. Brasília-DF: DNIT, 2004.

BRASIL/DNIT. (2005). **Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambientais.** 2 ed. Rio de Janeiro: Publicação IPR – 711, 2005. Disponível em:

<http://ipr.dnit.gov.br/manuais/manual_rod_conserv_monit_controle_ambientais_.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2010.

BRASIL/DNIT. (2008). **Serviços de elaboração de projeto executivo de engenharia e de supervisão das obras de contenção de encostas e de recuperação de passivos ambientais na rodovia BR-050/MG:** relatório de andamento nº 02 (RA-02). Brasília-DF: DNIT, 2008. 72 p. Apostila.

CARVALHO, J. C. et al. (Orgs). **Processos erosivos no centro-oeste brasileiro.** Brasília: Finatec, 2006. 464 p.

CARVALHO, M. F. ; TARQUI, J. L. Z. ; MACEDO, I. S. ; LOBO, B. R. H. ; SILVA, V. S. (2009). Determinação do diâmetro médio e da energia cinética das gotas produzidas pelo simulador de chuva fel 3 da UCSAL. In: **IV Simpósio sobre Solos Tropicais e Processos Erosivos do Centro -Oeste e de Minas Gerais**, 2009, Uberlândia. IV Simpósio sobre Solos Tropicais e Processos Erosivos do Centro -Oeste e de Minas Gerais, 2009. v. 1.

CHUQUIPIONDO, I.G.V. **Avaliação da estimativa do potencial de erodibilidade de solos nas margens de cursos de água.** 2007. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000. 184 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 258: Solos compactados com equipamento miniatura – Mini-MCV, 1994.

_____. DNER-ES 106/2009: Terraplenagem – Cortes – Especificação de Serviço, 2009.

_____. DNER-ES 108/2009: Terraplenagem – Aterros – Especificação de Serviço, 2009.

_____. DNER-ME 228: Solos – Compactação em Equipamento Miniatura, 1994.

- _____. DNER-ME 256: Solos compactados com equipamento miniatura – Determinação da perda de massa por imersão, 1994.
- _____. DNER-PRO 003: Coleta de amostras deformadas de solos, 1994.
- DER/SP-Diretoria de Ensgenharia. (2007) **IP-DE-S00-006:** Levantamento Cadastro Passivo Ambiental. São Paulo: DER/SP, 2007. 11p. Apostila.
- FÁCIO, J.A. (1991). **Proposição de uma Metodologia de Estudo da Erodibilidade dos Solos do Distrito Federal.** Dissertação de Mestrado em Geotecnica, UnB, Brasília, DF, 120 p.
- FARINASSO, M et. al. (2006) Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da eups – equação universal de perdas de solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na Região do Alto Parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia, Uberlândia-MG,** Ano 7, n. 2, 2006, p. 73-85. Disponível em: http://www.ugb.org.br/artigos/SEPARATAS_RBG_Ano_7_n_2_2006/RBG_Ano_7_n_2_2006_73_85.pdf. Acesso em: 22 fev. 2010.
- FRAGASSI, P.F.M. (2001) **Estudo da Erodibilidade dos Solos Residuais de Gnaiss da Serra de São Geraldo e de Viçosa.** Dissertação de Mestrado em Geotecnica, UFV, Viçosa, MG.
- GALVÃO, Terezinha Cássia de Brito. (2010). **Geotecnia Ambiental aplicada ao Controle de Áreas Degradadas.** Disponível em: <<http://www.cemac-ufla.com.br/trabalhospdf/Palestras/palestra%20terezinha.pdf>> Acesso em: 15 mar. 2010.
- KOCHEN, Roberto. (2010). **Passivos ambientais em PPP's.** Disponível em: <http://www.geocompany.com.br/ftp/passivos_ppps.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2010.
- LIMA, M.C. (2003). **Degradação físico-química e mineralógica de maciços junto às voçorocas.** Tese de Doutorado, Publicação G. TD-17^a/03, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília: UnB, DF, 336p.

MOLINERO, G. R. (2007). **Modelagem de Previsão de Processos Erosivos.** Brasília. Tese de Doutorado, Publicação GTD-046/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília: Brasília, DF, 162p.

NISHIYAMA, L. (1998). **Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000: aplicação no município de Uberlândia - MG.** São Carlos: UFSCar, 1998. (Tese de doutorado).

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. **Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos.** São Paulo: Villibor, 1995.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F.: Soil Characterization of Mapping Units for Highway Purposes in Tropical Areas". - **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, Krefeld – 1979.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F.; BELINGNI M.; CINCERRE J. R.: **Pavimentos com solos lateríticos e gestão de manutenção de vias urbanas.** ed.São Paulo-SP – 2000.

NOGAMI, Job Shuji Nogami; VILLIBOR, Douglas Fadul. (1995). **Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos.** São Paulo: Villibor, 1995. Disponível em:<<http://www.portaldetecnologia.com.br/wp-content/uploads/2009/12/Pavimentação-de-Baixo-Custo-com-Solos-Lateríticos-1ª-PARTE.zip>>; <<http://www.portaldetecnologia.com.br/wp-content/uploads/2009/12/Pavimentação-de-Baixo-Custo-com-Solos-Lateríticos-2ª-PARTE.zip>>. Acesso em: 15 mar. 2010.

PEJON, O.L.: Mapeamento Geotécnico de Piracicaba.. *1:100.000: Estudo de Aspectos Metodológicos de Caracterização e de Apresentação dos Atributos.* Tese de Doutorado. São Carlos, EESC/USP – 1992.

PORTAL DA TECNOLOGIA. Disponível em <<http://portaldetecnologia.com.br/pavimentacao-obra/ensaio-de-compactacao-mini-mcv/><

SANTOS, R.M.M. (1997) **Caracterização Geotécnica e Análise do Processo Evolutivo das Erosões no Município de Goiânia.** Dissertação de Mestrado em Geotecnia, UnB, Brasília, Distrito Federal.

-
- SILVA, Carlos Alberto. (2010). **Passivos ambientais.** Disponível em: <http://www.abrasca.org.br/eventos/ativos_passivos/Carlos_Alberto_Silva.ppt>. Acesso em 22 fev. 2010.
- SKEMPTON. A. W (1953). The colloidal activity of clays.III ICSMFE. Vol 1 pág 143-147 .
- VARGAS, M. (1978). **Introdução à mecânica dos solos:** Editora MacGraw Hill, São Paulo, SP
- VITTE, Antônio Carlos; MELLO, Juliano Pereira de Mello. (2007) Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas consequências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro-SP, v. 2, n. 2, julho/dezembro 2007, p. 107-132. Disponível em:<<http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/climatologia/article/view/775/960>>. Acesso em: 08 dez. 2009.

9 ANEXOS

Tabela 9.1 : Dados geotécnicos entre os Kms 73,0 e 118,0 (Lote 1)

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
2	LD	97,9	48,0	29,2	20,4	8,8	3	A4		15,0	1.736,0	13,7	0,1				
12	LE	99,4	68,3	40,3		15,2	10	A6		23,2	1.550,0	14,6	0,1				
22	LE	99,5	75,2	39,1		14,1	10	A6		22,3	1.558,0	13,7	0,2				
32	LE	99,8	71,1	35,9		12,3	8	A6		22,7	1.544,0	17,2	0,1				
42	LE	98,9	66,9	36,2		10,2	7	A4		19,8	1.589,0	20,8	0,4				
52	LE	99,8	60,9	38,7		12,7	7	A6		21,5	1.521,0	15,5	0,3				
75	LE	99,8	82,4	52,9		19,2	15	A75		25,8	1.480,0	14,2	0,1				
85	LE	99,9	74,4	38,6		11,9	9	A6		24,5	1.447,0	10,7	0,2				
95	LE	99,3	79,4	36,8		17,0	11	A6		25,5	1.449,0	14,2	0,3				
105	LE	100,0	86,0	40,8		13,4	10	A76		26,1	1.448,0	12,4	0,2				
115	LE	100,0	81,8	52,6		24,7	17	A76		26,4	1.469,0	12,7	0,1				
125	LE	99,8	87,0	49,0		21,5	15	A76		25,8	1.447,0	14,1	0,1				
135	LE	99,8	86,1	53,0		24,7	17	A76		26,8	1.391,0	13,4	0,1				
160	LE	99,6	80,2	42,3		12,6	10	A76		26,6	1.430,0	12,6	0,1				
187	LE	99,8	86,2	40,0		12,7	10	A76		24,0	1.414,0	11,9	0,1				
197	LE	99,8	83,3	41,9		14,9	11	A76		25,9	1.430,0	12,9	0,1				
239	LE	96,4	70,5	39,1		11,8	8	A6		22,6	1.519,0	19,7	0,2				
249	LE	97,8	84,7	52,6		24,1	17	A76		24,0	1.503,0	17,0	0,1				
259	LE	99,8	85,6	56,8		24,6	14	A75		27,0	1.429,0	19,2	0,2				
269	LD	99,8	91,9	55,8		26,0	17	A75		28,0	1.434,0	14,1	0,1				
274	LD	99,8	85,7	46,8		17,3	12	A75		27,0	1.471,0	12,5	0,1				
279	LE	99,8	81,0	50,6		22,0	12	A76		28,1	1.421,0	7,4	0,1				
289	LD	99,4	72,6	40,9		15,6	11	A76		25,1	1.516,0	11,2	0,2				
299	LD	99,9	75,2	42,8		18,1	12	A76		22,1	1.513,0	12,8	0,3				
309	LD	99,3	61,3	36,0		11,7	6	A6		21,4	1.585,0	8,4	0,2				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
332	LD	99,2	48,8	28,3		5,9	3	A4		15,9	1.742,0	7,4	0,1				
342	LD	98,2	53,1	28,9		9,3	4	A4		17,6	1.603,0	15,4	0,2				
352	LD	99,5	59,4	30,8		10,0	5	A4		17,0	1.664,0	16,5	0,1				
362	LD	99,8	47,4	27,5		8,4	2	A4		17,3	1.711,0	13,7	0,2				
372	LD	99,8	56,9	36,3		15,5	6	A6		19,1	1.673,0	13,3	0,1				
382	LD	99,3	56,2	33,8		12,7	4	A6		17,2	1.668,0	8,1	0,2				
396	LD	99,6	49,7	27,7		9,1	3	A4		15,6	1.711,0	13,2	0,1				
399	LE	98,2	43,7	25,5		8,3	2	A4		13,0	1.760,0	11,9	0,2				
404	LE	99,3	51,1	32,1		10,0	3	A4		17,0	1.694,0	8,8	0,1				
414	LD	99,3	62,8	32,4		9,6	6	A4		20,6	1.604,0	12,1	0,2				
424	LE	99,7	38,3	23,7		8,6	1	A4		14,6	1.814,0	16,8	0,1				
434	LD	99,4	42,6	25,4		7,5	2	A4		13,9	1.818,0	16,9	0,1				
444	LE	100,0	38,6	23,9		8,8	2	A4		13,1	1.829,0	12,6	0,2				
454	LE	87,3	27,4	19,7		5,1	0	A24		14,6	1.906,0	34,5	0,1				
464	LE	85,8	45,2	32,2		7,8	2	A4		16,0	1.775,0	15,8	0,7				
469	LD	96,7	83,6	52,7		19,8	13	A75		32,8	1.392,0	21,6	0,4	25,0	40,0	35,0	
474	LE	77,5	64,8	42,2		15,0	9	A76		23,9	1.596,0	22,6	0,1				
502	LD	40,0	18,1	26,5		7,8	0	A24		11,0	1.985,0	28,5	0,1				
523	LE	99,4	50,9	30,8		11,7	3	A6		16,8	1.676,0	14,2	0,3				
532	LD	67,8	23,6	0,0		0,0	0	A24		10,4	1.981,0	37,3	0,1				
533	LE	64,4	21,8	22,2		6,0	0	A24		10,3	2.004,0	51,8	0,0	10,0	7,0	50,0	33,0
543	LE	99,0	23,2	0,0		0,0	0	A24		9,7	1.913,0	27,0	0,2	11,0	7,0	82,0	
553	LD	95,6	41,9	21,7		7,3	1	A4		9,5	1.880,0	24,9	0,1				
563	LD	99,4	39,0	25,9		9,2	1	A4		14,7	1.798,0	19,2	0,1				
573	LD	99,9	43,4	25,7		9,5	2	A4		12,6	1.860,0	16,1	0,1				
583	LE	99,8	36,8	20,3		4,7	0	A4		13,7	1.849,0	16,6	0,1				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
593	LE	99,8	38,2	23,4		8,0	1	A4		13,8	1.827,0	11,8	0,1				
603	LE	99,8	37,3	20,3		6,7	0	A4		13,0	1.822,0	12,2	0,1				
613	LD	99,9	32,1	19,4		7,2	0	A24		12,8	1.850,0	9,0	0,1				
623	LE	99,8	43,3	26,1		9,4	2	A4		13,9	1.722,0	15,0	0,1				
633	LD	99,9	46,5	31,7		11,6	3	A6		14,7	1.695,0	19,6	0,2				
643	LE	99,9	33,5	28,6		9,5	0	A24		15,0	1.743,0	12,7	0,1				
653	LD	99,9	42,2	26,5		9,8	2	A4		13,8	1.809,0	8,5	0,1				
663	LE	99,8	47,9	28,6		10,4	3	A4		14,9	1.755,0	17,5	0,1				
673	LD	99,8	51,1	31,0		9,5	3	A4		16,5	1.673,0	14,2	0,1				
683	LD	99,9	53,2	35,8		14,0	6	A6		15,5	1.660,0	17,1	0,2				
693	LE	100,0	61,0	38,1		13,3	6	A6		18,2	1.657,0	12,7	0,1				
703	LD	99,8	58,6	36,6		14,6	8	A6		20,5	1.617,0	14,8	0,1				
713	LE	99,9	53,8	31,8		12,2	5	A6		19,2	1.637,0	16,4	0,1				
723	LD	99,8	54,4	32,8		11,1	4	A6		16,0	1.679,0	12,1	0,2				
750	LE	99,8	53,3	31,3		10,3	4	A4		20,4	1.619,0	11,1	0,1				
760	LD	99,9	53,3	33,4		11,2	5	A6		17,9	1.663,0	5,6	0,1				
770	LE	99,8	49,6	37,8		12,3	4	A6		17,2	1.682,0	7,2	0,1				
780	LD	99,9	70,4	41,7		13,7	9	A76		20,0	1.503,0	13,0	0,2				
790	LE	99,9	66,6	37,5		14,8	9	A6		21,3	1.509,0	8,2	0,2				
800	LD	99,9	54,9	40,8		14,5	6	A76		19,3	1.555,0	13,5	0,1				
810	LE	100,0	71,7	42,6		14,4	9	A76		21,6	1.546,0	14,8	0,1				
820	LD	99,8	73,8	38,5		13,2	10	A6		22,9	1.503,0	11,6	0,2				
830	LE	99,8	78,7	42,8		15,1	12	A76		25,0	1.471,0	9,7	0,2				
840	LD	99,9	96,0	42,4		16,3	11	A76		24,0	1.469,0	9,7	0,2				
850	LE	100,0	81,0	42,7		15,0	12	A76		26,2	1.421,0	7,8	0,1				
860	LD	99,8	84,2	47,3		16,2	12	A75		24,3	1.423,0	18,8	0,1				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
870	LE	98,6	75,2	42,5		13,8	11	A76		22,9	1.410,0	7,4	0,1				
880	LE	100,0	82,1	43,1		16,7	11	A76		26,4	1.351,0	6,5	0,1				
890	LE	99,8	82,0	43,6		14,2	11	A75		25,9	1.421,0	16,1	0,3				
920	LE	99,9	80,0	42,7		14,9	12	A76		27,5	1.440,0	11,8	0,1				
930	LE	100,0	82,4	40,9		13,6	10	A76		24,0	1.473,0	15,3	0,1				
940	LE	99,9	72,5	45,4		17,9	12	A76		24,6	1.455,0	11,9	0,1				
950	LD	99,9	83,0	44,4		16,1	12	A76		26,5	1.428,0	8,9	0,1				
960	LE	99,9	84,9	43,5		15,3	11	A76		28,0	1.422,0	7,6	0,3				
970	LD	99,8	85,4	49,2		16,6	13	A75		29,2	1.393,0	10,1	0,3				
980	LE	99,0	86,0	46,0		16,0	12	A75		26,2	1.434,0	20,7	0,1				
990	LD	99,9	86,0	47,8		18,4	13	A75		23,3	1.430,0	9,6	0,1				
1000	LE	100,0	86,4	46,8		18,4	12	A76		26,1	1.436,0	8,0	0,2				
1010	LE	99,9	84,9	48,0		19,4	14	A76		27,6	1.445,0	13,8	0,2				
1020	LD	99,8	84,7	46,4		16,2	12	A76		26,2	1.437,0	10,5	0,2				
1030	LE	99,5	77,8	41,8		15,3	11	A76		12,6	1.725,0	11,9	0,3				
1040	LD	99,8	68,9	39,8		15,1	10	A6		22,8	1.513,0	15,4	0,1				
1050	LE	99,9	61,2	36,2		10,4	6	A6		20,7	1.534,0	25,1	0,1				
1060	LE	98,9	41,9	26,0		10,7	1	A6		12,1	1.789,0	23,7	0,1				
1090	LE	99,8	38,5	25,1		8,5	1	A4		14,2	1.800,0	12,8	0,2				
1100	LE	99,7	41,8	35,5		14,7	3	A6		15,5	1.681,0	14,6	0,1				
1110	LD	99,9	69,9	41,9		13,3	9	A76		19,5	1.535,0	9,0	0,1				
1120	LE	100,0	86,0	43,1		15,6	12	A76		21,5	1.495,0	17,7	0,1				
1130	LD	99,9	84,4	28,7		10,8	2	A6		11,2	1.775,0	9,8	0,4				
1140	LE	99,8	54,8	33,9		11,6	5	A6		15,9	1.744,0	11,8	0,1				
1150	LD	99,6	47,3	33,5		11,2	2	A6		16,2	1.692,0	16,5	0,1				
1160	LD	95,3	48,7	42,0		17,1	5	A76		15,5	1.736,0	17,6	0,1	21,0	18,0	58,0	3,0

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
1160	LE	99,0	36,3	35,2		14,0	10	A6		18,8	1.621,0	9,5	0,2				
1168	LD	98,2	49,1	33,5		12,2	4	A6		18,1	1.689,0	21,0	0,1	13,0	21,0	64,0	2,0
1185	LE	99,5	34,9	21,6		7,0	0	A4		11,6	1.859,0	19,9	0,0				
1195	LE	99,9	31,7	22,4		7,2	0	A24		13,0	1.809,0	16,4	0,1				
1205	LE	99,8	29,2	0,0		0,0	0	A24		10,9	1.843,0	13,7	0,1				
1215	LE	99,9	38,4	21,1		6,0	1	A4		11,0	1.906,0	29,4	0,1				
1225	LE	99,6	37,0	23,2		7,7	0	A4		13,6	1.759,0	10,7	0,2				
1235	LE	99,0	38,0	27,2		11,2	2	A6		11,7	1.700,0	15,5	0,3				
1260	LD	98,8	36,2	23,6		9,0	0	A4		12,1	1.740,0	15,4	0,2	15,0	15,0	69,0	1,0
1270	LE	99,2	37,2	36,7		13,1	1	A6		13,0	1.801,0	14,1	0,9	15,0	18,0	66,0	1,0
1270	LD	99,1	39,5	32,8		10,6	2	A6		14,3	1.724,0	14,1	0,2				
1300	LE	99,2	35,7	29,8		9,4	0	A4		12,1	1.745,0	15,2	0,3				
1310	LD	99,0	38,0	25,8		9,4	1	A4		14,7	1.735,0	12,2	0,2				
1320	LE	99,5	36,9	32,2		10,3	0	A4		11,3	1.801,0	9,9	0,4				
1330	LD	99,8	38,7	23,1		8,7	1	A4		14,8	1.769,0	7,2	0,1				
1340	LE	99,3	42,0	30,8		9,4	1	A4		12,7	1.705,0	15,2	0,2				
1350	LD	99,1	50,0	38,1		13,3	4	A6		15,1	1.647,0	19,2	0,1				
1360	LE	99,5	45,7	32,8		13,7	3	A6		18,5	1.592,0	14,5	0,4				
1370	LD	99,9	35,0	20,3		7,0	0	A24		13,3	1.808,0	8,7	0,1				
1380	LD	99,2	39,0	26,3		9,9	1	A4		13,9	1.765,0	19,7	0,2				
1390	LD	99,4	36,3	32,6		11,1	0	A6		13,2	1.802,0	11,9	0,3				
1412	LD	99,6	37,3	25,9		8,7	0	A4		14,2	1.785,0	9,9	0,3	14,0	14,0	71,0	1,0
1416	LE	98,3	39,6	18,8		6,2	1	A4		9,5	1.857,0	17,9	0,2	16,0	11,0	73,0	
1420	LD	99,1	36,2	30,7		9,9	0	A4		13,9	1.764,0	9,6	0,3				
1430	LE	99,3	39,4	31,0		10,6	2	A6		14,5	1.740,0	9,8	0,2				
1440	LE	99,8	33,8	35,3		13,1	0	A26		13,4	1.762,0	12,4	0,2				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
1450	LE	99,3	39,5	28,2		9,6	1	A4		14,4	1.759,0	10,5	0,1				
1459	LE	99,1	35,3	19,3		5,8	0	A4		13,2	1.710,0	17,0	0,1				
1480	LD	99,2	36,6	32,3		8,8	0	A4		13,5	1.770,0	11,8	0,2	11,0	21,0	67,0	1,0
1490	LD	99,8	34,9	35,4		14,6	1	A26		14,2	1.730,0	11,6	0,2	12,0	12,0	76,0	
1500	LD	99,5	31,9	0,0		0,0	0	A24		10,2	1.862,0	34,0	0,1	11,0	11,0	78,0	
1510	LD	98,9	38,1	24,8		10,0	1	A4		13,3	1.590,0	13,8	0,2	11,0	9,0	80,0	
1520	LD	99,9	22,2	0,0		0,0	0	A24		10,5	1.809,0	23,0	0,1	12,0	11,0	77,0	
1530	LD	99,2	35,7	25,8		8,0	0	A4		14,0	1.770,0	13,7	0,1				
1550	LD	99,9	45,5	41,3		14,3	3	A76		19,1	1.682,0	20,5	0,2				
1560	LE	99,8	53,9	38,5		12,7	6	A6		21,9	1.607,0	14,8	0,3				
1570	LD	99,1	31,5	23,6		8,5	0	A24		13,2	1.690,0	13,2	0,2				
1580	LE	98,6	40,0	28,2		9,3	1	A4		18,8	1.668,0	12,0	0,3				
1590	LD	99,1	38,3	29,1		8,7	1	A4		15,3	1.720,0	20,8	0,3				
1600	LE	98,9	38,5	30,0		9,0	1	A4		14,2	1.690,0	14,2	0,1				
1610	LE	98,8	40,1	28,8		9,0	1	A4		13,1	1.692,0	16,4	0,1				
1620	LE	99,6	35,5	27,4		5,2	0	A4		14,0	1.760,0	10,8	0,2				
1630	LE	99,9	37,8	20,5		7,1	1	A4		13,7	1.822,0	13,8	0,3				
1640	LE	99,8	39,3	25,0		9,2	1	A4		13,3	1.741,0	19,2	0,2				
1650	LE	99,1	39,4	24,0		8,9	1	A4		14,5	1.749,0	12,6	0,3				
1660	LE	99,4	36,3	30,0		11,4	0	A6		14,4	1.800,0	14,7	0,2				
1670	LD	99,1	34,6	30,4		10,3	0	A24		18,7	1.651,0	10,1	0,3				
1680	LE	99,0	36,8	27,9		7,4	0	A4		18,8	1.582,0	12,1	0,2				
1690	LE	99,2	38,6	28,1		5,7	1	A4		17,2	1.605,0	12,6	0,1				
1735	LD	99,1	34,8	36,1		10,1	0	A24		18,1	1.650,0	17,0	0,1				
1745	LD	99,5	34,8	26,4		7,1	0	A24		16,9	1.635,0	11,0	0,2				
1750	LD	97,3	38,6	27,4		8,3	1	A4		17,4	1.582,0	9,0	0,2				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
1760	LD	99,6	28,3	0,0		0,0	0	A24		10,2	1.871,0	16,3	0,1				
1770	LE	97,1	22,3	0,0		0,0	0	A24		9,9	1.874,0	23,2	0,1				
1780	LD	99,4	37,0	29,8		11,1	0	A6		18,4	1.635,0	12,7	0,1				
1790	LE	99,2	31,8	0,0		0,0	0	A24		10,8	1.851,0	36,8	0,1				
1800	LE	98,8	35,9	32,1		10,9	0	A6		19,5	1.720,0	12,0	0,2				
1815	LD	99,4	30,9	19,4		5,4	0	A24		12,8	1.816,0	26,1	0,1				
1825	LE	99,2	34,2	32,8		8,4	0	A24		20,8	1.642,0	11,3	0,1				
1835	LD	68,1	33,5	23,6		5,2	0	A24		15,7	1.693,0	16,5	0,3				
1845	LE	99,5	37,1	29,0		9,3	0	A4		12,6	1.665,0	16,5	0,2				
1855	LD	99,7	40,8	30,9		11,9	2	A6		15,2	1.667,0	18,2	0,3				
1865	LE	98,9	37,7	24,7		6,4	1	A4		13,3	1.735,0	15,5	0,1				
1870	LD	99,7	47,8	42,8		14,6	6	A76		18,9	1.585,0	14,3	0,2	26,0	12,0	61,0	1,0
1875	LE	99,2	38,0	28,3		7,4	1	A4		12,8	1.732,0	14,8	0,2	20,0	10,0	69,0	1,0
1880	LE	75,8	40,3	32,4		10,5	2	A6		14,1	1.801,0	12,1	0,3				
1895	LE	53,4	27,3	24,2		7,6	0	A24		8,9	1.902,0	50,4	0,2				
1900	LD	79,1	60,5	43,0		16,3	9	A76		17,0	1.548,0	11,2	0,4				
1910	LD	99,6	35,0	34,8		10,6	0	A26		12,0	1.801,0	9,8	0,1				
1920	LD	99,4	47,0	42,0		15,9	4	A75		19,7	1.555,0	16,1	0,2				
1930	LD	99,8	52,0	38,1		10,8	4	A6		22,1	1.600,0	10,1	0,3				
1940	LD	99,4	53,2	38,1		11,1	5	A6		17,0	1.580,0	11,7	0,2				
1950	LD	99,2	67,4	43,6		17,5	8	A76		24,1	1.482,0	15,5	0,2				
1960	LD	96,0	48,1	43,5		15,6	6	A76		16,8	1.533,0	15,2	0,2				
1970	LD	99,4	65,6	43,6		15,4	10	A76		22,7	1.575,0	10,0	0,3				
1980	LD	99,1	37,3	30,0		8,3	0	A4		12,7	1.748,0	13,2	0,3				
1990	LD	99,9	50,2	31,4		10,7	4	A6		19,8	1.575,0	13,7	0,3				
2000	LD	100,0	85,0	46,7		14,2	11	A75		27,9	1.389,0	12,9	0,1				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
2010	LD	99,2	68,8	45,4		17,9	11	A76		17,5	1.570,0	13,7	0,2				
2020	LE	100,0	87,9	44,0		14,5	12	A76		26,6	1.400,0	17,3	0,1				
2030	LD	99,9	52,9	39,2		14,1	6	A6		22,6	1.509,0	9,9	0,1				
2040	LD	99,5	38,7	28,4		8,9	1	A4		12,1	1.751,0	13,0	0,4				
2050	LD	99,7	70,5	44,0		12,8	10	A75		27,3	1.391,0	15,0	0,2				
2060	LD	98,8	72,0	45,6		16,8	11	A76		26,1	1.368,0	9,0	0,3				
2070	LD	99,3	37,2	31,0		9,8	0	A4		13,4	1.724,0	12,6	0,3				
2080	LD	99,7	86,3	45,3		17,9	12	A76		26,3	1.405,0	8,9	0,1				
2090	LE	99,7	50,7	39,1		14,1	5	A6		20,7	1.620,0	12,5	0,4				
2100	LD	99,8	86,6	52,8		17,5	14	A75		25,0	1.413,0	12,6	0,2				
2105	LE	99,5	52,5	41,4		13,6	5	A76		17,2	1.625,0	12,5	0,1				
2110	LD	100,0	84,7	47,6		17,9	13	A75		27,3	1.408,0	16,2	0,2				
2120	LD	99,5	38,1	42,5		15,8	3	A76		19,8	1.622,0	9,8	0,1				
2130	LD	98,0	41,2	34,8		13,7	2	A6		13,0	1.790,0	12,0	0,2				
2140	LD	99,5	68,7	45,3		15,5	11	A76		24,6	1.515,0	17,2	0,2				
2150	LD	99,1	32,1	28,5		8,7	0	A24		10,8	1.770,0	13,7	0,1				
2160	LD	99,6	72,8	46,8		17,1	12	A75		27,8	1.385,0	11,2	0,2				
2170	LD	99,6	44,1	29,1		9,4	2	A4		11,0	1.720,0	11,8	0,1				
2180	LD	99,6	87,6	48,9		22,5	16	A76		24,7	1.361,0	12,3	0,2				
2190	LD	99,7	46,4	37,2		15,7	4	A6		18,3	1.576,0	14,6	0,2				
2200	LD	99,2	33,9	32,8		11,2	0	A26		12,4	1.762,0	12,0	0,1				
2210	LD	99,2	51,6	35,6		11,3	4	A6		18,0	1.583,0	18,2	0,3				
2220	LD	100,0	88,1	48,1		18,8	14	A76		24,8	1.410,0	11,7	0,1				
2230	LD	99,0	51,7	36,4		14,4	5	A6		17,2	1.600,0	16,2	0,2				
2240	LD	99,8	50,5	41,1		15,6	5	A76		17,3	1.548,0	12,2	0,2				
2249	LD	99,7	42,4	32,5		9,7	1	A4		18,3	1.692,0	11,6	0,2				

Tabela 9.2 : Dados geotécnicos entre os Kms 118,0 e 164,7 (Lote 2)

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
0	LD	100,0	85,0	44,0		13,0	10	A75		28,9	1.366,0	16,0	0,50				
10	LD	100,0	82,0	47,0		11,0	10	A75		27,9	1.306,0	17,0	0,72				
20	LD	100,0	78,0	42,0		15,0	10	A76		25,2	1.435,0	22,0	0,20				
30	LD	99,0	71,0	48,0		14,0	10	A75		16,2	1.519,0	14,0	0,38				
40	LD	100,0	78,0	44,0		17,0	11	A76		27,3	1.336,0	12,0	0,70				
50	LD	100,0	78,0	39,0		11,0	8	A76		24,1	1.183,0	12,0	0,66				
60	LD	100,0	86,0	50,0		17,0	13	A75		22,7	1.430,0	15,0	0,66				
70	LD	100,0	87,0	49,0		16,0	12	A75		28,8	1.375,0	13,5	0,60				
80	LD	100,0	82,0	48,0		15,0	12	A75		28,4	1.325,0	12,9	0,50				
90	LD	100,0	82,0	49,0		18,0	13	A75		28,0	1.316,0	14,0	0,56				
100	LD	100,0	85,0	53,0		16,0	13	A75		15,4	1.436,0	13,0	0,32				
110	LD	100,0	87,0	62,0		38,0	20	A76		22,8	1.325,0	14,0	0,42				
130	LD	95,0	80,0	0,0		0,0	8	A4		14,2	1.448,0	11,5	0,31				
140	LD	100,0	85,0	49,0		16,0	12	A75		27,7	1.304,0	13,5	0,52				
150	LD	100,0	37,0	0,0		0,0	0	A4		22,3	1.402,0	11,5	0,52				
160	LD	100,0	88,0	27,0		10,0	4	A4		23,0	1.442,0	21,0	0,60				
170	LD	100,0	86,0	53,0		18,0	14	A75		20,2	1.476,0	15,5	0,64				
180	LD	100,0	86,0	50,0		15,0	12	A75		23,3	1.456,0	16,0	0,74				
190	LD	96,0	72,0	42,0		11,0	8	A75		30,9	1.367,0	18,0	0,65				
200	LD	95,0	72,0	50,0		15,0	12	A75		31,3	1.403,0	22,0	0,17				
210	LD	100,0	86,0	53,0		19,0	14	A75		30,0	1.345,0	14,5	0,25				
220	LD	100,0	84,0	59,0		20,0	16	A75		28,2	1.240,0	11,0	0,80				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
230	LD	97,0	77,0	54,0		16,0	13	A75		30,2	1.356,0	19,5	0,90				
240	LD	100,0	84,0	54,0		21,0	15	A75		29,7	1.390,0	18,0	0,70				
250	LD	97,0	53,0	45,0		16,0	6	A76		27,5	1.417,0	14,0	0,50				
260	LD	100,0	81,0	53,0		17,0	13	A75		28,2	1.296,0	13,0	0,40				
270	LD	100,0	87,0	50,0		17,0	13	A75		19,6	1.445,0	15,0	0,52				
280	LD	100,0	88,0	52,0		21,0	15	A75		15,2	1.392,0	19,0	0,39				
290	LD	98,0	94,0	42,0		14,0	10	A76		17,5	1.345,0	12,0	0,66				
300	LD	100,0	87,0	53,0		18,0	14	A75		33,7	1.409,0	18,5	0,26				
310	LD	100,0	86,0	49,0		16,0	12	A75		21,3	1.425,0	16,0	0,64				
320	LD	100,0	90,0	41,0		13,0	9	A76		19,4	1.455,0	16,0	0,70				
330	LD	100,0	87,0	55,0		16,0	13	A75		11,9	1.597,0	15,0	0,23				
340	LD	100,0	84,0	39,0		14,0	10	A6		31,7	1.285,0	13,5	0,68				
350	LD	100,0	81,0	58,0		20,0	15	A75		25,7	1.420,0	13,0	0,45				
360	LD	99,0	85,0	49,0		16,0	12	A75		19,4	1.495,0	13,0	0,48				
376	LD	100,0	90,0	34,0		15,0	10	A6		30,5	1.274,0	13,8	0,64				
386+10	LD	100,0	90,0	52,0		19,0	14	A75		32,5	1.404,0	14,0	0,64				
396+10	LD	95,0	88,0	46,0		16,0	11	A75		14,0	1.417,0	15,0	0,32				
406+10	LD	100,0	84,0	43,0		15,0	11	A76		27,3	1.416,0	15,0	0,50				
416+10	LD	82,0	46,0	0,0		0,0	2	A4		24,7	1.470,0	15,0	0,58				
426+10	LD	100,0	55,0	54,0		18,0	8	A75		26,0	1.405,0	10,5	0,76				
436+10	LD	100,0	90,0	55,0		25,0	10	A75		30,4	1.297,0	12,0	0,60				
446+10	LD	94,0	60,0	44,0		15,0	7	A76		23,1	1.562,0	18,0	0,60				
456+10	LD	96,0	52,0	39,0		13,0	5	A6		17,4	1.514,0	14,7	0,50				
462+10	LD	83,0	61,0	47,0		16,0	9	A75		15,8	1.536,0	12,7	0,52				
467	LD	98,0	56,0	28,0		13,0	5	A6		18,0	1.670,0	19,0	0,38				
472	LD	98,0	26,0	31,0		9,0	0	A24		12,8	1.777,0	19,0	0,27				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
482	LD	79,0	42,0	26,0		6,0	1	A4		18,3	1.730,0	11,0	0,80				
496	LD	77,0	38,0	22,0		5,0	1	A4		14,7	1.806,0	25,5	0,32				
502	LD	87,0	36,0	33,0		13,0	1	A6		19,5	1.705,0	18,0	0,52				
512	LD	96,0	49,0	0,0		0,0	3	A4		20,3	1.692,0	17,9	0,55				
520	LD	94,0	49,0	0,0		0,0	3	A4		17,7	1.655,0	15,9	0,60				
567	LD	93,0	54,0	0,0		0,0	4	A4		14,0	1.731,0	15,8	0,39				
577	LD	99,0	56,0	0,0		0,0	4	A4		12,5	1.825,0	14,0	0,16				
587	LD	100,0	54,0	24,0		0,0	4	A4		14,0	1.850,0	22,0	0,36				
597	LD	98,0	61,0	0,0		0,0	5	A4		12,3	1.710,0	18,0	0,28				
607	LD	94,0	74,0	27,0		0,0	8	A4		13,5	1.870,0	14,0	0,25				
628	LD	97,0	68,0	0,0		0,0	7	A4		12,0	1.932,0	9,0	0,26				
637	LD	92,0	48,0	27,0		14,0	4	A6		14,5	1.763,0	14,0	0,42				
647	LD	98,0	49,0	29,0		10,0	3	A4		13,2	1.862,0	10,0	0,32				
657	LD	74,0	44,0	0,0		0,0	2	A4		13,3	1.828,0	16,0	0,29				
667	LD	94,0	50,0	27,0		7,0	3	A1B		12,6	1.862,0	12,8	0,25				
674	LD	92,0	18,0	0,0		0,0	0	A4		11,5	1.850,0	27,0	0,36				
681	LD	98,0	60,0	0,0		0,0	5	A4		15,0	1.766,0	19,0	0,38				
692	LD	96,0	64,0	46,0		14,0	8	A75		15,9	1.705,0	14,0	0,27				
701	LD	94,0	25,0	27,0		0,0	0	A24		12,6	1.837,0	16,5	0,19				
710	LD	57,0	17,0	0,0		0,0	0	A1B		9,5	1.950,0	38,0	0,15				
720	LD	100,0	52,0	0,0		0,0	0	A4		14,8	1.836,0	18,0	0,26				
790	LD	100,0	38,0	0,0		0,0	1	A4		13,8	1.709,0	14,5	0,22				
800	LD	100,0	39,0	0,0		0,0	1	A4		14,3	1.787,0	12,0	0,48				
810	LD	58,0	26,0	0,0		0,0	0	A24		11,1	1.913,0	16,5	0,22				
820	LD	100,0	34,0	0,0		0,0	0	A24		12,0	1.816,0	15,0	0,52				
830	LD	97,0	45,0	0,0		16,0	4	A6		18,8	1.657,0	16,0	0,16				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
840	LD	92,0	32,0	0,0		0,0	0	A24		15,5	1.845,0	21,0	0,31				
870	LD	100,0	29,0	0,0		0,0	0	A24		10,3	1.830,0	19,5	0,17				
880	LD	98,0	21,0	0,0		0,0	0	A24		12,7	1.858,0	18,0	0,28				
890	LD	80,0	29,0	0,0		0,0	0	A24		11,7	1.855,0	12,0	0,24				
900	LD	87,0	77,0	0,0		0,0	8	A4		13,0	1.795,0	19,0	0,32				
910	LD	98,0	50,0	0,0		0,0	3	A4		12,0	1.845,0	18,0	0,28				
920	LD	93,0	42,0	0,0		0,0	1	A4		12,0	1.775,0	19,0	0,23				
930	LD	100,0	59,0	0,0		0,0	1	A4		11,1	1.895,0	28,0	0,28				
950	LD	100,0	32,0	0,0		0,0	0	A24		11,8	1.877,0	21,0	0,24				
960	LD	100,0	32,0	0,0		0,0	0	A24		14,4	1.839,0	19,5	0,26				
970	LD	100,0	22,0	0,0		0,0	0	A24		20,8	1.730,0	23,0	0,44				
980	LD	99,0	36,0	0,0		0,0	0	A4		11,2	1.905,0	19,5	0,23				
990	LD	68,0	29,0	0,0		13,0	0	A26		11,3	1.970,0	16,0	0,21				
1000	LD	93,0	38,0	0,0		0,0	1	A4		10,5	1.832,0	16,0	0,24				
1007	LD	99,0	25,0	0,0		0,0	0	A24		10,7	1.731,0	13,5	0,31				
1017	LD	98,0	45,0	0,0		0,0	2	A4		14,8	1.760,0	13,0	0,26				
1028	LD	88,0	42,0	0,0		0,0	1	A4		13,8	1.787,0	12,5	0,32				
1038	LD	97,0	31,0	0,0		0,0	0	A24		11,5	1.865,0	24,0	0,24				
1047	LD	100,0	14,0	0,0		0,0	0	A24		11,5	1.887,0	19,0	0,20				
1057	LD	94,0	52,0	0,0		0,0	3	A4		12,8	1.860,0	13,0	0,18				
1067	LD	62,0	36,0	0,0		0,0	0	A4		12,5	1.795,0	28,0	0,29				
1077	LD	100,0	30,0	0,0		0,0	0	A24		10,8	1.841,0	19,0	0,22				
1087	LD	100,0	39,0	0,0		0,0	1	A4		14,1	1.830,0	19,0	0,33				
1097	LD	100,0	42,0	0,0		0,0	1	A4		12,5	1.767,0	13,0	0,30				
1107	LD	99,0	31,0	0,0		0,0	0	A24		12,7	1.860,0	17,0	0,30				
1117	LD	100,0	31,0	0,0		0,0	0	A24		12,0	1.870,0	20,0	0,26				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
1127	LD	100,0	56,0	0,0		0,0	4	A4		13,7	1.758,0	20,7	0,26				
1142	LD	100,0	26,0	0,0		0,0	0	A24		11,3	1.869,0	18,0	0,30				
1147	LD	100,0	43,0	0,0		0,0	2	A4		13,2	1.796,0	11,5	0,30				
1157	LD	100,0	37,0	0,0		0,0	0	A4		12,8	1.829,0	20,5	0,28				
1167	LD	100,0	30,0	0,0		0,0	0	A24		10,7	1.812,0	20,0	0,36				
1182	LD	100,0	34,0	0,0		0,0	0	A24		14,4	1.791,0	18,0	0,28				
1196	LD	80,0	33,0	0,0		0,0	0	A24		11,8	1.863,0	16,0	0,50				
1206	LD	100,0	36,0	0,0		0,0	0	A4		13,0	1.880,0	18,0	0,20				
1226	LD	100,0	41,0	0,0		0,0	1	A4		12,4	1.876,0	17,0	0,24				
1236	LD	98,0	39,0	0,0		0,0	1	A4		11,2	1.920,0	21,0	0,24				
1249	LD	97,0	28,0	0,0		0,0	0	A24		11,4	1.935,0	38,9	0,26				
1255	LD	99,0	41,0	0,0		0,0	1	A4		14,2	1.768,0	18,0	0,42				
1271	LD	93,0	42,0	0,0		0,0	1	A4		14,2	1.807,0	12,0	0,85				
1281	LD	98,0	24,0	0,0		0,0	0	A24		10,5	1.850,0	14,0	0,22				
1290	LD	96,0	56,0	0,0		0,0	4	A4		14,6	1.775,0	14,0	0,26				
1300	LD	94,0	52,0	28,0		0,0	3	A4		13,9	1.736,0	15,0	0,26				
1312	LD	100,0	47,0	0,0		0,0	2	A4		15,2	1.832,0	19,5	0,33				
1325	LD	96,0	25,0	0,0		0,0	0	A24		10,3	1.850,0	16,0	0,26				
1339	LD	90,0	40,0	0,0		0,0	1	A4		16,8	1.781,0	13,0	0,44				
1349	LD	100,0	29,0	0,0		0,0	0	A24		13,7	1.836,0	17,0	31,00				
1359	LD	100,0	39,0	0,0		0,0	1	A4		11,3	1.852,0	18,0	30,00				
1369	LD	96,0	43,0	0,0		0,0	2	A4		13,0	1.798,0	13,5	39,00				
1379	LD	100,0	32,0	0,0		0,0	0	A24		12,3	1.756,0	12,0	22,00				
1389	LD	96,0	38,0	0,0		0,0	1	A4		12,0	1.825,0	15,0	30,00				
1398	LD	99,0	48,0	0,0		0,0	3	A4		12,8	1.835,0	23,0	0,30				
1408	LD	97,0	51,0	0,0		0,0	3	A4		11,6	1.752,0	11,0	0,24				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
1419	LD	99,0	47,0	0,0		0,0	2	A4		12,9	1.844,0	14,0	0,25				
1429	LD	100,0	43,0	0,0		0,0	2	A4		13,0	1.844,0	16,0	0,31				
1437	LD	100,0	49,0	0,0		0,0	3	A4		11,0	1.876,0	23,0	0,25				
1447	LD	100,0	46,0	42,0		12,0	3	A75		13,3	1.834,0	14,0	0,26				
1459	LD	87,0	18,0	0,0		0,0	0	A24		11,5	1.900,0	19,0	0,32				
1504	LD	95,0	28,0	0,0		0,0	0	A24		10,8	1.870,0	14,5	0,30				
1514	LD	100,0	36,0	0,0		0,0	0	A4		12,7	1.745,0	17,0	0,22				
1524	LD	100,0	28,0	0,0		0,0	0	A24		13,3	1.903,0	17,8	0,29				
1534	LD	100,0	32,0	0,0		0,0	0	A24		12,5	1.830,0	14,0	0,24				
1544	LD	100,0	33,0	0,0		0,0	0	A24		12,3	1.875,0	13,5	0,27				
1554	LD	99,0	28,0	0,0		0,0	0	A24		14,7	1.725,0	16,0	0,29				
1573	LD	100,0	32,0	0,0		0,0	0	A24		12,4	1.848,0	19,0	0,27				
1583	LD	99,0	33,0	0,0		0,0	0	A24		11,7	1.836,0	15,0	0,28				
1614	LD	98,0	35,0	0,0		0,0	0	A24		13,3	1.772,0	18,4	0,23				
1624	LD	96,0	29,0	0,0		0,0	0	A24		11,5	1.812,0	18,0	0,31				
1634	LD	100,0	28,0	0,0		0,0	0	A24		11,4	1.885,0	14,8	0,24				
1644	LD	100,0	36,0	0,0		0,0	0	A4		12,0	1.865,0	20,0	0,26				
1654	LD	95,0	30,0	0,0		0,0	0	A24		13,5	1.796,0	17,0	0,26				
1664	LD	98,0	65,0	0,0		0,0	6	A4		14,4	1.709,0	12,5	0,24				
1674	LD	82,0	31,0	0,0		0,0	0	A24		10,9	1.881,0	18,7	0,22				
1685	LD	89,0	41,0	0,0		0,0	1	A4		11,6	1.737,0	17,6	0,46				
1694	LD	98,0	63,0	0,0		0,0	6	A4		14,5	1.767,0	15,0	0,41				
1704	LD	100,0	48,0	0,0		0,0	3	A4		12,3	1.811,0	14,0	0,20				
1715	LD	83,0	41,0	31,0		14,0	2	A6		14,7	1.816,0	17,0	0,27				
1725	LD	99,0	33,0	0,0		0,0	0	A24		15,3	1.683,0	9,9	0,70				
1734	LD	91,0	69,0	0,0		0,0	7	A4		14,5	1.616,0	17,0	0,26				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
1758	LD	95,0	65,0	37,0		14,0	8	A6		16,3	1.713,0	14,5	0,30				
1765	LD	80,0	35,0	48,0		22,0	2	A27		17,1	1.678,0	15,0	0,60				
1775	LD	97,0	47,0	0,0		0,0	2	A4		12,4	1.771,0	14,8	0,26				
1785	LD	95,0	43,0	38,0		0,0	2	A4		17,6	1.689,0	18,0	0,40				
1796	LD	99,0	56,0	24,0		0,0	4	A4		12,2	1.809,0	18,0	0,15				
1805	LD	100,0	29,0	0,0		0,0	0	A24		15,8	1.800,0	18,7	0,30				
1815	LD	100,0	36,0	0,0		0,0	0	A4		14,6	1.752,0	15,4	0,35				
1825	LD	99,0	45,0	0,0		0,0	2	A4		13,5	1.742,0	18,2	0,50				
1835	LD	99,0	51,0	0,0		0,0	3	A4		13,3	1.723,0	18,0	0,66				
1845	LD	99,0	41,0	0,0		0,0	1	A4		13,9	1.760,0	11,5	0,28				
1863	LD	100,0	33,0	0,0		0,0	0	A24		12,8	1.845,0	18,0	0,19				
1873	LD	100,0	29,0	0,0		0,0	0	A24		14,2	1.852,0	18,0	0,32				
1881	LD	99,0	28,0	0,0		0,0	0	A24		11,6	1.895,0	16,5	0,26				
1891	LD	99,0	31,0	0,0		0,0	0	A24		11,0	1.914,0	14,0	0,22				
1900	LD	91,0	38,0	0,0		0,0	1	A4		15,2	1.795,0	15,0	0,25				
1927	LD	98,0	29,0	0,0		0,0	0	A24		15,0	1.821,0	14,0	0,36				
1937	LD	90,0	28,0	0,0		0,0	0	A24		13,5	1.785,0	20,0	0,38				
1947	LD	100,0	36,0	0,0		0,0	0	A4		14,1	1.784,0	22,4	0,28				
1957	LD	100,0	43,0	0,0		0,0	2	A4		17,0	1.737,0	17,0	0,52				
1969	LD	100,0	36,0	0,0		0,0	0	A4		14,4	1.745,0	9,0	0,31				
1979	LD	100,0	32,0	0,0		0,0	0	A24		13,5	1.800,0	19,5	0,32				
1989	LD	100,0	25,0	0,0		0,0	0	A24		13,3	1.796,0	16,0	0,28				
1999	LD	100,0	29,0	0,0		0,0	0	A24		13,3	1.736,0	18,0	0,28				
2010	LD	100,0	53,0	0,0		0,0	4	A4		12,6	1.817,0	17,0	0,28				
2020	LD	100,0	37,0	0,0		0,0	0	A4		10,4	1.880,0	19,0	0,26				
2030	LD	100,0	34,0	0,0		0,0	0	A24		10,5	1.900,0	23,0	0,29				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
2040	LD	92,0	43,0	0,0		0,0	2	A4		16,3	1.770,0	11,0	0,40				
2050	LD	100,0	41,0	0,0		0,0	1	A4		12,3	1.895,0	18,0	0,26				
2060	LD	100,0	26,0	0,0		0,0	0	A24		16,2	1.803,0	18,0	0,23				
2071	LD	100,0	26,0	0,0		0,0	0	A24		20,5	1.633,0	13,5	0,58				
2081	LD	100,0	34,0	0,0		0,0	0	A24		14,4	1.858,0	15,0	0,33				
2091	LD	100,0	35,0	0,0		0,0	0	A24		13,0	1.925,0	18,5	0,29				
2101	LD	100,0	52,0	0,0		0,0	3	A4		17,4	1.668,0	16,5	0,36				
2111	LD	100,0	36,0	0,0		0,0	0	A4		11,6	1.932,0	14,5	0,18				
2121	LD	90,0	40,0	0,0		0,0	1	A4		11,5	1.800,0	17,5	0,24				
2136	LD	94,0	45,0	0,0		0,0	2	A4		15,5	1.752,0	16,0	0,38				
2145	LD	100,0	33,0	0,0		0,0	0	A24		13,5	1.731,0	18,0	0,34				
2162	LD	100,0	31,0	0,0		0,0	0	A24		14,4	1.760,0	12,0	0,40				
2172	LD	100,0	43,0	0,0		0,0	2	A4		12,4	1.780,0	19,0	0,24				
2182	LD	100,0	33,0	0,0		0,0	0	A24		13,6	1.815,0	16,0	0,26				
2192	LD	100,0	38,0	0,0		0,0	1	A4		13,8	1.730,0	19,0	0,24				
2202	LD	100,0	37,0	0,0		0,0	0	A4		10,7	1.780,0	18,2	0,22				
2212	LD	60,0	24,0	30,0		14,0	0	A27		18,0	1.905,0	16,5	0,40				
2222	LD	60,0	30,0	0,0		0,0	0	A24		11,6	1.730,0	15,0	0,26				
2232	LD	96,0	47,0	42,0		14,0	4	A76		18,0	1.650,0	14,5	0,44				
2242	LD	95,0	25,0	0,0		0,0	0	A24		12,5	1.830,0	17,0	0,23				
2252	LD	100,0	55,0	40,0		14,0	6	A6		19,5	1.595,0	12,0	0,50				
2262	LD	100,0	33,0	0,0		0,0	0	A24		16,6	1.830,0	19,0	0,34				
2272	LD	99,0	26,0	0,0		0,0	0	A24		16,3	1.695,0	13,0	0,46				
2282	LD	62,0	24,0	28,0		11,0	0	A26		13,0	1.800,0	13,9	0,41				
2292	LD	100,0	36,0	0,0		0,0	0	A4		15,6	1.751,0	17,2	0,32				
2298	LD	97,0	49,0	35,0		11,0	3	A6		19,5	1.603,0	18,0	0,64				

ESTACA	POS.	# 10	# 200	LL	LP	IP	IG	TRB	SUCS	HÓT	DMAX	CBR	EXP	% ARG	% SIL	% ARE	% PEDRE
2304	LD	99,0	56,0	36,0		11,0	5	A6		21,3	1.700,0	15,8	0,40				
2312	LD	100,0	50,0	34,0		10,0	3	A4		20,5	1.690,0	14,3	0,50				