



Fábio de Albuquerque Caldeira Brant

**Propriedades físicas, químicas, mineralógicas e mecânicas
de um perfil de solo residual basáltico localizado em um
corte da Ferrovia Norte-Sul, no estado de Tocantins**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Tácio Mauro Pereira de Campos

Co-Orientador: Prof. Franklin dos Santos Antunes

Rio de Janeiro

Maio de 2005



Fábio de Albuquerque Caldeira Brant

**Propriedades físicas, químicas, mineralógicas e mecânicas
de um perfil de solo residual basáltico localizado em um
corte da Ferrovia Norte-Sul, no estado de Tocantins**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio. Aprovada
pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Tácio Mauro Pereira de Campos

Presidente / Orientador
Departamento de Engenharia Civil / PUC-Rio

Prof. Franklin dos Santos Antunes

Co-Orientador
Departamento de Engenharia Civil / PUC-Rio

Prof. José Tavares Araruna Jr.

Departamento de Engenharia Civil / PUC-Rio

Prof. Sérgio Tibana

UENF

Prof. George de Paula Bernardes

UNESP-FEG

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 23 de maio de 2005

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Fábio de Albuquerque Caldeira Brant

Graduou-se em Engenharia Civil pela PUC-Rio em 2000. Ingressou no Curso de Mestrado em Engenharia Civil, na área de Geotecnia no ano de 2003, cujo interesse acadêmico está vinculado a Geotecnia Experimental.

Ficha Catalográfica

Brant, Fábio de Albuquerque Caldeira

Propriedades físicas, químicas, mineralógicas e mecânicas de um perfil de solo residual basáltico localizado em um corte da Ferrovia Norte-Sul, no estado de Tocantins / Fábio de Albuquerque Caldeira Brant; orientador: Tácio Mauro Pereira de Campos, Franklin dos Santos Antunes – Rio de Janeiro: PUC-Rio, Departamento de Engenharia Civil, 2005.

v., 153 f. :il. ; 29,7 cm.

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia civil – Teses. 2. Perfil intempérico. 3. Basalto. 4. Ensaios químicos, mineralógicos e geomecânicos. 5. Rocha de caráter básico. I. Campos, Tácio Mauro Pereira de. II. Antunes, Franklin dos Santos. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. IV. Título.

CDD: 624

DEDICATÓRIA

A Deus que sempre me guiou.
Aos meus pais e irmãos, pelo apoio e carinho.
A minha noiva, Rocío, que mesmo em
momentos distantes sempre me apoiou com
todo amor e compreensão.

Agradecimentos

Aos Professores Tacio Mauro Pereira de Campos e Franklin dos Santos Antunes pela orientação, apoio e companheirismo ao longo do curso.

A CAPES e ao Grupo Pronex pelo apoio financeiro.

A Valec Engenharia e Construções e Ferrovias SA, em especial a Diretoria por ter cedido informações e todo apoio logístico no local de estudo; e aos funcionários Luiz Raimundo de Azevedo, Jorge Mesquita, Luiz Antônio Barreto, Luiz Heleno Albuquerque e sua esposa Dona Siléia, Carlos Miguel Pires, Renato Lustosa, Jadilson, Francisco Amorim, Beatriz Barbosa, Ana lúcia Paixão, Genivaldo, Weden e Tampinha. A vocês meus amigos agradeço por todo companheirismo e apoio enquanto estive trabalhando na Ferrovia, até os dias de hoje.

Aos amigos da PUC, Bernardo Bastos, Julio Macías e Ricardo Soares, pela ajuda e amizade prestadas ao longo desse curso.

A todos Professores e Funcionários do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio, que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

Ao Ronaldo, funcionário do Laboratório de Difração de raio-X do DCMM, que sempre se mostrou disposto em colaborar.

Aos geólogos Ana Valéria, Luiz Carlos Bertolino e Joel Valença pelo apoio quanto à interpretação de lâminas de solo e rocha.

Ao engenheiro Jorge Pimentel, funcionário da CPRM, que se mostrou sempre solícito quando solicitado.

A todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento dessa dissertação.

Resumo

Brant, Fábio de Albuquerque Caldeira; de Campos, Tácio Mauro Pereira; Antunes, Franklin dos Santos. **Propriedades físicas, químicas, mineralógicas e mecânicas de um perfil de solo residual basáltico localizado em um corte da Ferrovia Norte-Sul, no estado de Tocantins.** Rio de Janeiro, 2005. 153p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Embora uma vasta área do Brasil esteja localizada em regiões que a formação de basalto se faz presente, são raros os estudos em perfis contendo solo e / ou rochas de caráter básico objetivando correlacionar características químicas e mineralógicas com características geotécnicas. A área do presente estudo localiza-se em um corte em solo na Ferrovia Norte-Sul, no Município de Arguanópolis-TO, em que durante sua execução ocorreram diversos escorregamentos. O maciço de solo do corte em questão é composto em sua maior parte por solos provenientes de alteração de basalto. O presente estudo foi realizado em duas etapas. A primeira refere-se à visita ao local do corte, onde foram realizadas coletas de amostras de solo de caráter indeformado e deformado, com as respectivas descrições morfológicas dos mesmos. A segunda refere-se aos trabalhos desenvolvidos nos laboratórios de Geotecnia e Meio Ambiente do DEC da PUC-Rio, EMBRAPA SOLOS e Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da UFRJ, abrangendo ensaios de caracterização; ensaios mineralógicos; análises químicas; obtenção das curvas características solo-água; ensaios de erodibilidade; ensaios especiais para a determinação de parâmetros de resistência e de compressibilidade. A partir dos resultados obtidos, espera-se que os mesmos proporcionem uma contribuição para o melhor entendimento de perfis intempéricos em rochas de caráter básico.

Palavras-chave

Perfil intempérico, basalto; ensaios químicos, mineralógicos e geomecânicos, rocha de caráter básico.

Abstract

Brant, Fábio de Albuquerque Caldeira; de Campos, Tácio Mauro Pereira (Advisor); Antunes, Franklin dos Santos (Advisor). **Physical, chemical, mineralogical and mechanical properties of a basaltic residual soil profile from a cut in the North-South Railway in the state of Tocantins.** Rio de Janeiro, 2005. 153p. MSc Dissertation - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In spite of the fact that basalt formations are found in several regions in Brazil, it is difficult to find investigations on the subject relating chemical and mineralogical characteristics with geotechnical ones. The site of the present study comprises a soil slope on the North-South Railroad, at Arguanópolis, Tocantins State. Several landslides occurred during the construction of the railway. The soil mass is mostly composed by soils resulting from basalt alterations. The present study was developed in two stages. The first stage comprised a visit to the site, when a morphologic description of profiles was made and undisturbed and remoulded soil samples were extracted. The second stage refers to works developed at the Geotechnical and Environmental Laboratory of PUC-Rio, at EMBRAPA Soils and at the Geology Department of the Institute of Geosciences of the UFRJ. Such works comprised soil characterization tests; mineralogical tests; chemical analyses; definition of soil-moisture characteristic curves; erodibility tests and special tests to determine strength and compressibility parameters. The results obtained provide a contribution to a better understanding of weathering profiles in rocks of basic character.

Keywords

Weathering profile, basalt; chemical, mineralogical and geomechanical laboratory tests, rock of basic character.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	21
1.1. Objetivo	21
1.2. Escopo do Trabalho	22
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1. Perfis de Solos Residuais de Rochas Ácidas e Intermediárias	23
2.2. Perfis de Solos de Rochas Básicas	26
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	32
3.1. Localização	32
3.2. Condições Climáticas do Local	34
3.3. Vegetação	35
3.4. Características Geológicas da Área	35
3.5. Solos	37
3.6. Algumas Considerações do Local de Estudo	37
4 ESTUDOS REALIZADOS E METODOLOGIAS ADOTADAS	40
4.1. Coleta de Amostras	40
4.2. Ensaios de Laboratório	48
4.2.1. Determinação de Índices Físicos	48
4.2.1.1. Ensaios de Caracterização	49
4.2.2. Análise Mineralógica	50
4.2.3. Caracterização Química	53
4.2.4. Curva Característica	55
4.2.4.1. Metodologia Utilizada	56
4.2.5. Erodibilidade	60
4.2.5.1. Metodologia do Ensaio de Desagregabilidade	61
4.2.6. Compressibilidade	62
4.2.6.1. Procedimento utilizado – Ensaio Edométrico	63
4.2.7. Avaliação de Expansibilidade	64

4.2.7.1. Inserção de Etilenoglicol	65
4.2.7.2. Ensaio de Expansão Axial com Confinamento Lateral e sem Sobrecarga Axial	66
4.2.8. Resistência ao Cisalhamento	66
4.2.8.1. Cisalhamento Direto	66
4.2.8.1.1. Preparação das Amostras	68
4.2.8.1.2. Metodologia Utilizada	69
4.2.8.2. Ensaio Triaxial Drenado	70
4.2.8.2.1. Preparação das Amostras	72
4.2.8.2.2. Metodologia Utilizada	73

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

	74
5.1. Ensaio de Caracterização	74
5.1.1. Índices físicos do estado natural	74
5.1.2. Granulometria	77
5.1.3. Limites de Atterberg	79
5.1.4. Atividade das Argilas e Classificação SUCS	80
5.2. Análises Mineralógicas	82
5.2.1. Lâminas Delgadas	82
5.2.2. Fração Fina (Silte e Argila)	88
5.2.3. Fração Areia	92
5.3. Análise Química	93
5.4. Curva Característica	95
5.5. Ensaio de Desagregabilidade	98
5.6. Ensaio de Adensamento	102
5.7. Avaliação de Expansibilidade	104
5.8. Ensaio de Cisalhamento Direto	105
5.8.1. Solo Coluvionar	105
5.8.2. Solo Residual 1	108
5.8.3. Solo Residual 2	111
5.8.4. Solo Residual 3	117
5.9. Ensaio Triaxial Drenado	119

6 ANÁLISE CONJUNTA DOS RESULTADOS	123
6.1. Análise Conjunta dos Resultados dos Ensaio de Caracterização, Mineralogia e Análises Químicas.	123
6.2. Ensaio de Desagregabilidade	129
6.3. Ensaio Edométrico	130
6.4. Avaliação de Expansibilidade	134
6.5. Ensaio de Resistência	134
7 CONCLUSÕES	142
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147

Lista de tabelas

Tabela 1 - Frações Granulométricas, G_s , limites de consistência e IA dos solos estudados por Tanaka (1975).	27
Tabela 2 – Índice de vazios iniciais e parâmetros efetivos de resistência de pico dos solos estudados por Tanaka (1975).	27
Tabela 3 – Frações Granulométricas, G_s , limites de consistência e IA dos solos estudados por Rigo (2002).	29
Tabela 4 - Índice de vazios iniciais e parâmetros efetivos de resistência de pico dos solos estudados por Rigo (2002).	29
Tabela 5 – Granulometria dos horizontes estudados por Lacerda et al. (2002).	30
Tabela 6 - Dados analíticos através de espectrometria de fluorescência de raios-X dos elementos maiores-óxidos constituintes, Lacerda et al. (2002).	30
Tabela 7 – Granulometria, limites de Atterberg, G_s , IA e parâmetros efetivos de resistência de pico do solo estudado pela EPC (1986).	31
Tabela 8 - Localização dos poços de coleta e inspeção.	44
Tabela 9 – Índices físicos dos solos estudados	75
Tabela 10 – Peso específico dos grãos de alguns minerais (modificado – Deer et al, 1981).	75
Tabela 11 – Resultados ensaios de granulometria dos solos em estudo.	78
Tabela 12 – Limites de consistência dos SR1, SR2 e SR3.	80
Tabela 13 – Resultado dos ensaios de complexo sortivo.	93
Tabela 14 – Resultado dos ensaios de pH e ataque sulfúrico.	93
Tabela 15 – Análise química semiquantitativa de óxidos para os solos SR1, SR2, SR3 e rocha alterada.	94
Tabela 16 – Índices físicos iniciais dos corpos de prova de solo SC para a obtenção da curvas características.	95
Tabela 17 - Índices físicos iniciais dos corpos de prova de solo SR1 para a obtenção da curvas características.	95
Tabela 18 - Índices físicos iniciais dos corpos de prova de solo SR2 para a	

obtenção da curvas características.	96
Tabela 19 - Índices físicos iniciais dos corpos de prova de solo SR3 para a obtenção da curvas características.	96
Tabela 20 – Índices físicos das amostras submetidas ao ensaio edométrico.	103
Tabela 21 – Índices físicos iniciais dos cp's submetidos ao ensaio de expansão.	104
Tabela 22 – Índices físicos iniciais dos Corpos de prova de solo SC submetidos ao cisalhamento direto drenado.	106
Tabela 23 – Tensões normais e tensões cisalhantes de ruptura observadas em ensaios no solo SC.	107
Tabela 24 - Índices físicos iniciais dos Corpos de prova de solo SR1 submetidos ao cisalhamento direto drenado.	109
Tabela 25 - Tensões normais e tensões cisalhantes de ruptura observadas em ensaios no solo SR1.	110
Tabela 26 - Índices físicos iniciais dos Corpos de prova de solo SR2 submetidos ao cisalhamento direto drenado.	113
Tabela 27 - Tensões normais e tensões cisalhantes de ruptura observadas em ensaios no solo SR2.	116
Tabela 28 - Índices físicos iniciais dos Corpos de prova de solo SR3 submetidos ao cisalhamento direto drenado.	118
Tabela 29 - Tensões normais e tensões cisalhantes de ruptura observadas em ensaios no solo SR3.	119
Tabela 30 – Índices físicos dos corpos de prova dos ensaios triaxiais.	120
Tabela 31 – Parâmetros de resistência dos ensaios triaxiais CD_{sat} .	122
Tabela 32 - Teores de Óxidos de Ferro e densidade dos grãos dos solos em estudo.	127
Tabela 33 - Tensões de Pré-Adensamento virtual e parâmetros Compressibilidade dos solos estudados	131
Tabela 34 – Tabela com faixa tensão de fechamento de fraturas e tensão virtual de pré-adensamento para os solos SR2 e SR3.	138
Tabela 35 – Parâmetros de resistência para os solos em estudo.	141

Lista de figuras

Figura 1- Mapa com o Traçado da Ferrovia Norte-Sul (fonte: Valec, 2004).	33
Figura 2 - Precipitações pluviométricas mensais (fonte: EPC,1986).	34
Figura 3 - Número de dias com chuva em um dado mês (fonte: EPC, 1986).	35
Figura 4 - Mapa geológico da área em estudo (Fonte: CPRM, 2004).	37
Figura 5 - Croqui com locação dos escorregamentos no emboque sul do corte 1 CESBE(2000).	38
Figura 6 - Deslizamento entre as estacas km 229 + 24 a 229 +060 LD	39
Figura 7 - Deslizamento, estaca km 229+ 120 LE.	39
Figura 8 – Fratura inclinada apresentando estrias de fricção no talude de solo residual.	41
Figura 9– Compartilhamentos de fraturas sub-horizontais e sub-verticais no solo residual jovem.	42
Figura 10– Solo coluvionar ou vestígio de capeamento antigo.	42
Figura 11- Arenito apresentando descontinuidades sub-horizontais e sub-verticais.	43
Figura 12- Corte 1, Emboque Sul, LD – Locais de onde foram retirado amostras.	44
Figura 13 – Perfil esquemático da distribuição dos solos	47
Figura 14 – Croquis do perfil longitudinal do eixo da Ferrovia no “Corte 1”, com a distribuição dos solos em estudo, bem como com as cotas dos níveis d’água.	47
Figura 15 – Amostras com fraturas sub-horizontais dispostas aleatoriamente.	59
Figura 16 - Amostras de SR2 apresentando redução de volume após secagem.	59
Figura 17 – SR2 apresentando trincas, após secagem ao ar.	59
Figura 18 – Amostras de SR1, SR2 e SR3, que seriam imersas em etilenoglicol.	65

Figura 19 – Prensa de Cisalhamento Direto pertencente ao Laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente do DEC da PUC–RIO.	67
Figura 20 - Prensa de Ensaio Triaxial pertencente ao Laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente do DEC da PUC–RIO.	71
Figura 21 – Moldagem de amostras do SR2, com fraturas com inclinação de 45°.	72
Figura 22 – Curvas granulométricas dos solos em estudo.	77
Figura 23 – Graus de potencialidade de expansão (Willians, 1958 e Van Der Merwe, 1975).	81
Figura 24 – Fotomicrografia da rocha diabásio com luz natural, em que (F) são os Feldspatos Calco-Sódicos e (P) são os piroxênios em processo de oxidação.	84
Figura 25 - Fotomicrografia da rocha de diabásio com luz polarizada em que (F) são os Feldspatos Calco-Sódicos e (P) são os piroxênios em processo de oxidação.	84
Figura 26 – Fotomicrografia do solo residual 3 (SR3), em que (F) são feldspatos calco-sódicos apresentando um microfraturamento.	85
Figura 27 – Fotomicrografia do solo residual 2 (SR2), mostrando os feldspatos calco-sódicos completamente argilizados.	85
Figura 28 – Fotomicrografia do solo residual 1 (SR1), mostrando o contacto com o solo coluvionar (acima), em que (Q) são grãos de quartzo pertencentes ao solo coluvionar.	86
Figura 29 – Detalhe de uma amígdala (A) presente no solo residual 1 (SR1).	86
Figura 30 – Detalhe do solo coluvionar (SC), apresentando diferenciações quanto a sua cimentação, sendo que (Q) são grãos de quartzo.	87
Figura 31 – Detalhe de um arenito presente no perfil, apresentando grãos de quartzo (Q) arredondados e facetados.	87
Figura 32– Difrátograma de Raios- X de argila do solo coluvionar.	89
Figura 33- Difrátograma de raios-x de argila do solo residual 1 – amostra natural.	89
Figura 34 - Difrátograma de raios-x de argila do solo residual 2 – amostra natural.	90

Figura 35 – Difratoograma de raios X de material esverdeado do solo SR2.	90
Figura 36 - Difratoograma de raios-x de argila do SR3 (natural e glicolada).	91
Figura 37 - Difratoograma de raios- X de silte do solo residual 3 (natural e glicolada).	91
Figura 38 – Curvas características de Grau de Saturação versus Sucção Mátrica para os solos em estudo.	97
Figura 39 - Curvas características de Umidade Volumétrica versus Sucção Mátrica para os solos em estudo.	97
Figura 40 - Curvas características de Umidade Gravimétrica versus Sucção Mátrica para os solos em estudo.	98
Figura 41 – Amostras submetidas ao ensaio de desagregabilidade com NA na base.	100
Figura 42- Amostras submetidas ao ensaio de desagregabilidade com NA 1/3 da altura das amostras.	100
Figura 43 - Amostras submetidas ao ensaio de desagregabilidade com NA 2/3 da altura das amostras.	101
Figura 44 - Amostras submetidas ao ensaio de desagregabilidade com NA igual a altura das amostras, após 2 h.	101
Figura 45 - Amostras submetidas ao ensaio de desagregabilidade com NA igual a altura das amostras, após 24h.	102
Figura 46 – Relações de $e \times \log \sigma'_v$ obtidas no ensaio edométrico para SC, SR1, SR2 e SR3.	103
Figura 47 – Gráfico de altura de amostra (mm) versus tempo (min).	104
Figura 48 – Curvas de tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h), para o solo coluvionar.	107
Figura 49 – Curvas de deslocamento horizontal (δ_h) versus deslocamento vertical (δ_v), para o solo coluvionar.	107
Figura 50 – Envoltória de resistência ao cisalhamento do solo coluvionar.	108
Figura 51 - Curvas de tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h), para o solo residual 1.	110

Figura 52 - Curvas de deslocamento horizontal (δ_h) versus deslocamento vertical (δ_v), para o solo residual 1.	110
Figura 53 - Envoltória de resistência ao cisalhamento do solo residual 1.	111
Figura 54 - Curvas de tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h), para o solo residual 2 utilizando rotina 1.	114
Figura 55 - Curvas de deslocamento horizontal (δ_h) versus deslocamento vertical (δ_v), para o solo residual 2 utilizando rotina 1.	114
Figura 56 - Curvas de tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h) para o solo residual 2 utilizando rotina 2.	115
Figura 57 - Curvas de deslocamento horizontal (δ_h) versus deslocamento vertical (δ_v) para o solo residual 2 utilizando rotina 2.	115
Figura 58 - Envoltória de resistência ao cisalhamento do solo residual 2 utilizando rotina 1 e 2.	116
Figura 59 - Curvas de tensão cisalhante versus deslocamento horizontal, para o solo residual 3.	118
Figura 60 - Curvas de deslocamento horizontal versus deslocamento vertical, para o solo residual 3.	118
Figura 61 - Envoltória de resistência ao cisalhamento do solo residual 3.	119
Figura 62 - Curvas de tensão desviadora (σ_d) versus deformação axial (ϵ_a) para os solos residuais SR3 e SR2.	121
Figura 63 - Curvas deformação volumétrica (ϵ_v) versus deformação axial (ϵ_a) para os solos residuais SR3 e SR2.	121
Figura 64 – Trajetória de tensões efetivas no diagrama q versus p'	122
Figura 65 - Curvas características de Umidade Volumétrica versus Sucção Mátrica para os solos em estudo.	129
Figura 66 – Gráficos de coeficiente de variação Volumétrica (m_v) versus Tensão efetiva para os solos SC, SR1, SR2 e SR3 obtidos através dos ensaios de adensamento edométricos.	131
Figura 67 – Curvas $\Delta e/(e_0+1)$ versus $\log(\sigma')$, obtidas através do ensaio edométrico	132

Figura 68 – Gráficos de $\log k$ versus $\log \sigma'$, obtidas através dos ensaios edométricos.	133
Figura 69 – Envoltórias de resistência de pico através das metodologia 1 e 2 obtidas para o solo SR2.	135
Figura 70 - Curvas $\Delta e/(e_0+1)$ versus $\log (\sigma')$, obtidas através do ensaio edométrico para os solos SR3 e SR2, além de resultados de adensamento obtidos nos ensaios de cisalhamento direto através da metodologia 1 e 2.	136
Figura 71 - Gráfico de tensão cisalhante versus tensão normal com os resultados de ensaio de cisalhamento direto (CD) do SR1, e resultados obtidos nos ensaios triaxiais.	137
Figura 72 - Gráfico de tensão cisalhante versus tensão normal com os resultados de ensaio de cisalhamento direto (CD) do SR2 e resultados obtidos nos ensaios triaxiais.	137
Figura 73 – Gráfico de tensão cisalhante versus tensão normal com os resultados de ensaio de cisalhamento direto (CD) do SR3, e resultados obtidos nos ensaios triaxiais.	138
Figura 74 – Envoltória de resistência para os solos SR2 e SR3 influenciada pelas fraturas.	139
Figura 75 – Envoltórias de resistências para os solos em estudo.	140

Lista de Abreviaturas

A: horizonte pedológico

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

Al: alumínio

Al^{+3} : cátion de Alumínio

B: horizonte Pedológico

BR: rodovia Federal

C: horizonte pedológico

c: coesão do solo

c': coesão efetiva do solo

Ca^{+2} : cátion de cálcio

cc: Índice de Compressibilidade

CD: Cisalhamento direto

CNPS: Centro Nacional de Pesquisa de Solos

Corte 1: Corte em solo, objeto desse estudo

CP: corpo de Prova

CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DEC: Departamento de Engenharia Civil

Depto.: Departamento

e: índice de vazios

e_i : índice de vazios inicial

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisas Agrárias

FA: fração argila

FF: fração de finos

FNS: Ferrovia Norte-Sul

GPS: Global Positioning System

GO: Goiás

G_s : densidade relativa dos grãos

H: horizontal

h: hora

H^+ : cátion de hidrogênio

IA : índice de atividade
IP : índice de Plasticidade
K: Coeficiente de permeabilidade
 K^+ : cátio de potássio
km : quilômetro
 km^2 : quilômetro quadrado
kg : kilograma
kPa : kilopascal
l: litro
LD: Lado direito
LE: Lado esquerdo
LL: limite de liquidez
log: logaritmo
LP: limite de plasticidade
MA: Maranhão
MG: Minas Gerais
 Mg^{+2} : cátion de magnésio
m: metro
min: minuto
ml: mililitro
mm: milímetro
 m_v : coeficiente de variação volumétrica
N : normal
n: porosidade
 n° : número
pH: potencial de hidrogenização
PIC: poço de inspeção e coleta
RS: Rio Grande do Sul
s: segundo
S: Grau de Saturação
 S_i : Grau de Saturação Inicial
SC: solo coluvionar
SR1: solo residual um

SR2: solo residual dois

SR3 : solo residual três

SUCS : Sistema Unificado de Classificação dos Solos

T: Capacidade de Troca Catiônica

t: tonelada

TO: Tocantins

V: Vertical

w_h : umidade higroscópica

w: umidade gravimétrica

%: porcentagem

°: graus

β : índice de lixiviação

δ_h : deslocamento horizontal

δ_v : deslocamento vertical

γ_d : peso específico aparente seco

γ_t : peso específico total

σ : tensão normal

σ' : tensão normal efetiva

σ_d : tensão normal desviadora

τ : tensão cisalhante

ϕ : ângulo de atrito interno

ϕ' : ângulo de atrito interno efetivo

ϵ_v : deformação volumétrica

ϵ_a : deformação axial