

**Ecidinéia Pinto Soares**

**CARACTERIZAÇÕES GEOTÉCNICA E MINERALÓGICA DE UM FILITO  
DOLOMÍTICO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO COM VISTAS AO ESTUDO  
DE ESTABILIDADE DE TALUDES INCORPORANDO A SUCCÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2008**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S676c  
2008

Soares, Ecidinéia Pinto, 1963-

Caracterizações geotécnica e mineralógica de um filito  
dolomítico do quadrilátero ferrífero com vistas ao estudo  
de estabilidade de taludes incorporando a sucção /  
Ecidinéia Pinto Soares. – Viçosa, MG, 2008.  
xix, 177f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Eduardo Antônio Gomes Marques.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 114-123.

1. Taludes (Mecânica de solo). 2. Avaliação de risco  
(Geologia). 3. Mineralogia do solo. 4. Deslizamento  
(Geologia). 5. Quadrilátero Ferrífero (MG) - Estudo de  
caso. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 624.15136

*“Há homens que lutam um dia e são bons.  
Há outros que lutam um ano e são melhores.  
Existem aqueles que lutam muitos anos e são muito bons  
mas há, porém, os que lutam toda uma vida...  
estes são os imprescindíveis.”*  
*Bertolt Brecht*

Ao Prof. Dario Cardoso de Lima,  
*Há, também, aqueles que nos incentivam a lutar...*  
mestre e ser humano imprescindível,  
muito obrigada.

*A Procura*

*“Andei pelos caminhos da vida.  
Caminhei pelas ruas do destino procurando  
meu signo.  
Bati na porta da fortuna,  
mandou dizer que não estava.  
Bati na porta da fama,  
falou que não podia atender.  
Procurei a casa da felicidade,  
a vizinha da frente me informou que ela tinha  
se mudado sem deixar novo endereço.  
Procurei a morada da fortaleza.  
Ela me fez entrar: deu-me veste nova,  
perfumou-me os cabelos,  
fez-me beber de seu vinho.  
Acertei o meu caminho.”*

*Cora Coralina*

Para Francelina e Ecídia

## **AGRADECIMENTO**

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela possibilidade de desenvolvimento deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela bolsa de estudo.

A Minerações Brasileiras Reunidas S/A – MBR / Companhia Vale do Rio Doce - Vale, pelo fornecimento dos dados necessários, em especial aos geólogos Germán Vinueza, Paulo Franca e Teófilo Costa, pela atenção e confiança dispensadas.

À Professora Maria Lúcia Calijuri, pelo exemplo de fortaleza e disciplina.

Ao Professor Enivaldo Minette, pela perseverança, incentivo e disponibilidade.

Aos Professores Carlos Alexandre, Paulo Sérgio Barbosa, José Luís Rangel e Márcio Marangon (Universidade Federal de Juiz de Fora) pelos exemplos de mestres, amizade e bons momentos compartilhados.

Ao Professor Eduardo Antônio Gomes Marques, pela orientação competente e tranqüila, e ao amigo, igualmente competente ao longo de tantos anos.

Ao Professor Benedito de Souza Bueno, responsável por me fazer acreditar e concretizar os sonhos.

Ao Professor Lúcio Flávio Souza Villar, pelo conhecimento transmitido e profissionalismo.

A Andréa C. Portes e Fábio Caldeira Campos, pela ajuda fundamental nos trabalhos desenvolvidos na UFMG.

A todos os amigos de vida, não de curso, que o transformaram em um trabalho de equipe, e em uma saudade, especialmente Flávio Crispim, Tathiana Lélis, Wander Silva, Gisele e Danilo, Simone Cristina, Taciano e a todos os professores, estudantes e funcionários do Setor de Geotecnia do Departamento de Engenharia Civil da UFV, Paulo Afonso, Jorge, Paulo Capelão e José Mario, pela constante disponibilidade, ajuda e amizade.

A Cristina Beatriz Costa e Júlio Carlos dos Santos, fundamentais na jornada percorrida.

A todos da BVP Engenharia pela compreensão e apoio, especialmente José Mário, Perseu Perucci e Guilherme Brito.

A Sérgio Maurício Pimenta Velloso (*em memória*), Sérgio C. Paraíso e Cláudia Maria Cunha Costa, da Geomec, onde tudo começou há 22 anos, exemplos indiscutíveis de amizade, profissionalismo e caráter.

A Antônio Ananias de Mendonça, por todas as horas de dedicação e aos motivos de tudo isso, Santiago e Cícero, por todas as lágrimas e saudades durante estes anos.

Ao meu pai, cuja ausência se tornou presença, sempre.

A Deus, por me conceder um anjo da guarda (ou vários), incansável, ao longo da minha estrada.

## **BIOGRAFIA**

ECIDINÉIA PINTO SOARES, filha de Cícero Soares e Francelina de Almeida Pinto Soares, nasceu em 7 de dezembro de 1963, na cidade do Rio de Janeiro/RJ.

Em julho de 1988, graduou-se em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, em Belo Horizonte. Em fevereiro de 1993, concluiu o Curso de Especialização em Engenharia de Barragens pela Universidade Federal de Ouro Preto, em Ouro Preto-MG. Em março de 1994, iniciou o Curso de Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração em Geotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em março de 1996 e, em março de 2003 iniciou o Curso de Doutorado em Engenharia Civil, área de concentração em Geotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG.

Desde janeiro de 1986 desenvolve trabalhos, na iniciativa privada e em instituições de ensino superior, relacionados à Geotecnia, com destaques para empresas de consultoria e auditorias, como a Geomec e Geoklock.

Atualmente integra o corpo técnico da BVP Engenharia com ênfase nas áreas de geotecnia em mineração e hidroenergia.

## SUMÁRIO

|   |      |
|---|------|
| LISTA DE QUADROS .....  | ix   |
| LISTA DE FIGURAS .....  | x    |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....   | xiv  |
| RESUMO .....  | xvi  |
| ABSTRACT .....  | xvii |
| <br>  |      |
| 1. APRESENTAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....                                   | 1    |
| 1.1. Introdução .....   | 1    |
| 1.2. Justificativas.....  | 3    |
| 1.3. Objetivos.....   | 4    |
| 1.3. Organização do Trabalho.....   | 4    |
| 2. ESTUDO DA SUCCÃO NA ESTABILIDADE DE TALUDES .....                              | 6    |
| 2.1. Considerações Iniciais .....   | 6    |
| 2.2.1. Sucção.....  | 7    |
| 2.2.2. Técnicas para Medição de Sucção .....                                      | 10   |
| 2.2. Resistência ao Cisalhamento de Solos não Saturados .....                     | 12   |
| 2.3. Importância da Sucção no Estudo da Estabilidade de Solos não Saturados ..... | 23   |
| 2.4. Mecanismos de Ruptura em Taludes .....                                       | 25   |
| 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM .....           | 28   |
| 3.1. Considerações Iniciais .....   | 28   |
| 3.2. Localização .....  | 32   |
| 3.3. Clima e Vegetação.....   | 33   |

|  |     |
|--|-----|
| 3.4. Histórico da Mineração no Estado de Minas Gerais .....                                | 34  |
| 3.4.1. O Pico do Itabirito .....   | 37  |
| 3.5. Aspectos Geológicos .....   | 39  |
| 3.6. Amostragem.....   | 43  |
| 4. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA E MINERALÓGICA.....   | 47  |
| 4.1. Considerações Iniciais .....  | 47  |
| 4.2. Ensaios de Caracterização Física.....   | 47  |
| 4.3. Determinação do Coeficiente de Permeabilidade .....                                   | 50  |
| 4.4. Ensaios de Compressão Edométrica.....   | 52  |
| 4.5. Ensaios de Cisalhamento Direto.....   | 53  |
| 4.6. Ensaios de Compressão Triaxial .....  | 66  |
| 4.7. Ensaios de Caracterização Mineralógica – Raios-X .....                                | 67  |
| 4.8. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) .....                                       | 72  |
| 5. CURVAS CARACTERÍSTICAS OU DE SUCÇÃO .....   | 77  |
| 5.1. Considerações Iniciais .....  | 77  |
| 5.2. Fatores que Influenciam a Curva Característica de Sucção .....                        | 79  |
| 5.3. Métodos para Obtenção da Curva Característica de Sucção .....                         | 80  |
| 5.3.1. Método do Papel Filtro.....   | 81  |
| 5.3.2. Equações para o Ajuste da Curva Característica .....                                | 82  |
| 5.4. Curvas Características de Sucção Obtidas .....  | 84  |
| 5.4.1. Fredlund e Xing (1994) .....  | 84  |
| 5.4.2. Van Genutchen.....  | 94  |
| 6. ESTABILIDADE DE TALUDES CONSIDERANDO OS ASPECTOS DE SUCÇÃO .....                        | 103 |
| 6.1. Aspectos Gerais.....  | 103 |
| 6.2. Estimativa da Resistência ao Cisalhamento não Saturada para o Filito Dolomítico ..... | 104 |
| 6.3. Análises de Estabilidade.....   | 108 |
| 7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS.....  | 111 |
| 7.1. Aspectos Gerais.....  | 111 |
| 7.2. Conclusões .....  | 111 |
| 7.3. Sugestões para Prosseguimento do Trabalho .....                                       | 112 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 114 |
| APÊNDICE.....  | 124 |

## LISTA DE QUADROS

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Quadro 2.1 | Classificação dos tipos de ensaios para a avaliação da sucção.   | 10  |
| Quadro 2.2 | Medidas de sucção em solos (adaptado de Lee et al., 1993; Fredlund e Rahardjo, 1993 e Marinho, 1997).....    | 11  |
| Quadro 3.1 | Posição brasileira nas reservas mundiais.....  | 33  |
| Quadro 3.1 | Localização e descrição das amostras indeformadas de filito dolomítico.....                                  | 44  |
| Quadro 4.1 | Resultados dos ensaios de caracterização.....  | 48  |
| Quadro 4.2 | Resultados dos ensaios de granulometria conjunta.....  | 50  |
| Quadro 4.3 | Resultados dos ensaios de permeabilidade a carga variável.....   | 50  |
| Quadro 4.4 | Resultados obtidos nos ensaios de compressão edométrica.....   | 53  |
| Quadro 4.5 | Resultados obtidos nos ensaios triaxiais CIU.....  | 53  |
| Quadro 4.6 | Resumo das tensões máximas obtidas nos ensaios de cisalhamento direto.....                                   | 61  |
| Quadro 4.7 | Resultados obtidos nos ensaios de cisalhamento direto em amostras naturais com inundação na etapa final..... | 66  |
| Quadro 4.8 | Resultados obtidos nos ensaios de cisalhamento direto em amostras inundadas.....                             | 66  |
| Quadro 4.9 | Simbologia dos argilo-minerais identificados.....  | 68  |
| Quadro 5.1 | Equações propostas para ajuste da curva característica de sucção.....  | 83  |
| Quadro 5.2 | Parâmetros obtidos das curvas características.....   | 95  |
| Quadro 6.1 | Litologias consideradas (modificado de Silva, 2006).....   | 104 |
| Quadro 6.2 | Parâmetros geotécnicos considerados e FS obtido.....   | 109 |

## LISTA DE FIGURAS

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 2.1 | Representação esquemática dos conceitos de sucção (Marinho, 1997).....  | 9  |
| Figura 2.2 | Comparação entre algumas técnicas de medição de sucção (Lee e Wray, 1995).....  | 10 |
| Figura 2.3 | Modelo de equilíbrio para solos não saturados (Lee et al., 1993).....   | 13 |
| Figura 2.4 | Envoltória de Mohr-Coulomb modificada (Fredlund e Rahardjo, 1993).....  | 17 |
| Figura 2.5 | Envoltória de resistência de um solo residual não saturado (de Campos, 1997).....   | 19 |
| Figura 2.6 | (a) Curva característica do solo - típica, (b) função hiperbólica e condições consideradas para a obtenção dos parâmetros $a$ e $b$ (Vilar, 2007).....                | 21 |
| Figura 2.7 | Variação do fator de segurança de uma encosta não saturada em função da sucção (Ignacius et al., 1991).....   | 24 |
| Figura 3.1 | Localização do Quadrilátero Ferrífero (Marshak e Alkmim, 1989).....   | 32 |
| Figura 3.2 | O Pico de Itabira visto do Norte; desenho de F. J. Stephan, (ca. 1840, litografia de A. Brandmeyer (in Martius, C. Ph. F. von, 1906), apud Rosière et al. (2005)..... | 38 |
| Figura 3.3 | Fotografia aérea com vista para o norte do Pico de Itabira e cava da Mina do Pico na Serra dos Trovões/Serra das Serrinhas, Foto MBR, apud Rosière et al. (2005)..... | 39 |
| Figura 4.1 | Resumo das umidades obtidas nos ensaios de caracterização..   | 49 |
| Figura 4.2 | Curva granulométrica dos blocos ensaiados.....  | 49 |
| Figura 4.3 | Ensaio de cisalhamento direto convencional para a amostra PIC 1A.....   | 57 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Figura 4.4  | Ensaio de cisalhamento direto convencional para a amostra PIC 2A.....      | 57 |
| Figura 4.5  | Ensaio de cisalhamento direto convencional para a amostra PIC 2B.....      | 58 |
| Figura 4.6  | Ensaio de cisalhamento direto convencional para a amostra PIC 4A.....      | 58 |
| Figura 4.7  | Ensaio de cisalhamento direto convencional para a amostra CMT 2A.....      | 59 |
| Figura 4.8  | Ensaio de cisalhamento direto convencional para a amostra CMT 2B.....      | 59 |
| Figura 4.9  | Ensaio de cisalhamento direto convencional para a amostra CMT 2C.....      | 60 |
| Figura 4.10 | Ensaio de cisalhamento direto convencional para a amostra CMT 2D.....      | 60 |
| Figura 4.11 | Envoltória de ruptura para a amostra PIC 1A.....                           | 62 |
| Figura 4.12 | Envoltória de ruptura para a amostra PIC 2A.....                           | 62 |
| Figura 4.13 | Envoltória de ruptura para a amostra PIC 2B.....                           | 63 |
| Figura 4.14 | Envoltória de ruptura para a amostra PIC 2C.....                           | 63 |
| Figura 4.15 | Envoltória de ruptura para a amostra CMT 2A.....                           | 64 |
| Figura 4.16 | Envoltória de ruptura para a amostra CMT 2B.....                           | 64 |
| Figura 4.17 | Envoltória de ruptura para a amostra CMT 2C.....                           | 65 |
| Figura 4.18 | Envoltória de ruptura para a amostra CMT 2D.....                           | 65 |
| Figura 4.19 | Difratograma total da amostra PIC 1A.....                                  | 68 |
| Figura 4.20 | Difratograma total da amostra PIC 2A.....                                  | 69 |
| Figura 4.21 | Difratograma total da amostra PIC 2B.....                                  | 69 |
| Figura 4.22 | Difratograma total da amostra PIC 4A.....                                  | 70 |
| Figura 4.23 | Difratograma total da amostra CMT 2A.....                                  | 70 |
| Figura 4.24 | Difratograma total da amostra CMT 2B.....                                  | 71 |
| Figura 4.25 | Difratograma total da amostra CMT 2C.....                                  | 71 |
| Figura 4.26 | Difratograma total da amostra CMT 2D.....                                  | 72 |
| Figura 4.27 | Foto por microscopia eletrônica com ampliação de 1.000 vezes – PIC 1A..... | 73 |
| Figura 4.28 | Foto por microscopia eletrônica com ampliação de 1.000 vezes – PIC 2A..... | 73 |
| Figura 4.29 | Foto por microscopia eletrônica com ampliação de 1.000 vezes – PIC 2B..... | 74 |
| Figura 4.30 | Foto por microscopia eletrônica com ampliação de 1.000 vezes – PIC 4A..... | 74 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Figura 4.31 | Foto por microscopia eletrônica com ampliação de 2.000 vezes – CMT 2A.....   | 75 |
| Figura 4.32 | Foto por microscopia eletrônica com ampliação de 1.000 vezes – CMT 2B.....   | 75 |
| Figura 4.33 | Foto por microscopia eletrônica com ampliação de 1.000 vezes – CMT 2C.....   | 76 |
| Figura 4.34 | Foto por microscopia eletrônica com ampliação de 1.000 vezes – CMT 2C .....  | 76 |
| Figura 5.1  | Diferentes formatos das curvas características de sucção dos solos em função da granulometria (adaptado de Fredlund e Xing, 1994)..... | 78 |
| Figura 5.2  | Principais pontos da curva de sucção (adaptado de Fredlund e Xing, 1994).....  | 78 |
| Figura 5.3  | Curvas de calibração para os papéis filtro Whatman nº 42 e Schleicher & Schuell nº 589 (Marinho, 1994).....                            | 82 |
| Figura 5.4  | Sucção x teor de umidade volumétrico – CMT 2A.....   | 84 |
| Figura 5.5  | Sucção x teor de umidade gravimétrico – CMT 2A.....  | 85 |
| Figura 5.6  | Sucção x grau de saturação – CMT 2A.....   | 85 |
| Figura 5.7  | Sucção x teor de umidade volumétrico – CMT 2C.....   | 86 |
| Figura 5.8  | Sucção x teor de umidade gravimétrico – CMT 2C.....  | 86 |
| Figura 5.9  | Sucção x grau de saturação – CMT 2C.....   | 87 |
| Figura 5.10 | Sucção x teor de umidade volumétrico – CMT 2D.....   | 87 |
| Figura 5.11 | Sucção x teor de umidade gravimétrico – CMT 2D.....  | 88 |
| Figura 5.12 | Sucção x grau de saturação – CMT 2D.....   | 88 |
| Figura 5.13 | Sucção x teor de umidade volumétrico – PIC 1A.....   | 89 |
| Figura 5.14 | Sucção x teor de umidade gravimétrico – PIC 1A.....  | 89 |
| Figura 5.15 | Sucção x grau de saturação – PIC 1A.....   | 90 |
| Figura 5.16 | Sucção x teor de umidade volumétrico – PIC 2A.....   | 90 |
| Figura 5.17 | Sucção x teor de umidade gravimétrico – PIC 2A.....  | 91 |
| Figura 5.18 | Sucção x grau de saturação – PIC 2A.....   | 91 |
| Figura 5.19 | Sucção x teor de umidade volumétrico – PIC 2B.....   | 92 |
| Figura 5.20 | Sucção x teor de umidade gravimétrico – PIC 2B.....  | 92 |
| Figura 5.21 | Sucção x grau de saturação – PIC 2B.....   | 93 |
| Figura 5.22 | Sucção x teor de umidade volumétrico – PIC 4A.....   | 93 |
| Figura 5.23 | Sucção x teor de umidade gravimétrico – PIC 4A.....  | 94 |
| Figura 5.24 | Sucção x grau de saturação – PIC 4A.....   | 94 |
| Figura 5.25 | Sucção x teor de umidade volumétrico – CMT 2A.....   | 95 |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Figura 5.26 | Sucção x teor de umidade volumétrico – CMT 2C.....           | 96  |
| Figura 5.27 | Sucção x teor de umidade volumétrico – CMT 2D.....           | 96  |
| Figura 5.28 | Sucção x teor de umidade volumétrico – PIC 1A.....           | 97  |
| Figura 5.29 | Sucção x teor de umidade volumétrico – PIC 2A.....           | 97  |
| Figura 5.30 | Sucção x teor de umidade volumétrico – PIC 2B.....           | 98  |
| Figura 5.31 | Sucção x teor de umidade volumétrico – PIC 4A.....           | 98  |
| Figura 5.32 | Sucção x razão de permeabilidade – CMT 2A.....               | 99  |
| Figura 5.33 | Sucção x razão de permeabilidade – CMT 2C.....               | 100 |
| Figura 5.34 | Sucção x razão de permeabilidade – CMT 2D.....               | 100 |
| Figura 5.35 | Sucção x razão de permeabilidade – PIC 1A.....               | 101 |
| Figura 5.36 | Sucção x razão de permeabilidade – PIC 2A.....               | 101 |
| Figura 5.37 | Sucção x razão de permeabilidade – PIC 2B.....               | 102 |
| Figura 5.38 | Sucção x razão de permeabilidade – PIC 4A.....               | 102 |
| Figura 6.1  | Perfil geológico da seção analisada.....                     | 103 |
| Figura 6.2  | Estimativa dos parâmetros de resistência CMT 2A.....         | 105 |
| Figura 6.3  | Estimativa dos parâmetros de resistência CMT 2C.....         | 105 |
| Figura 6.4  | Estimativa dos parâmetros de resistência CMT 2D.....         | 106 |
| Figura 6.5  | Estimativa dos parâmetros de resistência PIC 1A.....         | 106 |
| Figura 6.6  | Estimativa dos parâmetros de resistência PIC 2A.....         | 107 |
| Figura 6.7  | Estimativa dos parâmetros de resistência PIC 2B.....         | 107 |
| Figura 6.8  | Estimativa dos parâmetros de resistência PIC 4A.....         | 108 |
| Figura 6.9  | Resultado final das análises de estabilidade realizadas..... | 110 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

- $S_t$  = Sucção total.
- $S_m$  = Sucção mátrica.
- $S_o$  = Sucção osmótica.
- $S_g$  = Potencial gravitacional.
- $S_a$  = Potencial pneumático.
- $S_p$  = Potencial de adensamento.
- $u_a$  = Pressão do ar.
- $u_w$  = Pressão da água.
- $\sigma'$  = Tensão normal efetiva.
- $\sigma$  = Tensão normal total.
- $u$  = Poro-pressão.
- $\sigma_s$  = Tensão de contato entre os grãos.
- $A_s$  = Área de contato dos grãos.
- $u_w$  = Pressão da água.
- $u_a$  = Pressão do ar.
- $A_w$  = Área da superfície da água.
- $A_a$  = Área da superfície do ar.
- $A$  = Área total.

- $\sigma_s$  = Tensão de contato entre os grãos.  
 $\chi$  = Influência da sucção na tensão efetiva do solo.  
 $\tau_f$  = Resistência ao cisalhamento na ruptura.  
 $c'$  = Intercepto da coesão efetiva.  
 $\phi'$  = Ângulo de atrito efetivo.  
 $\phi^b$  = Taxa de ganho de ângulo de atrito do solo com relação à sucção matricial.  
 $c$  = Coesão.  
 $S_r$  = Grau de saturação do solo.  
 $a$  = Parâmetro de ajuste para a proposição de Vilar (2007).  
 $b$  = Parâmetro de ajuste para a proposição de Vilar (2007).  
 $\psi$  = Sucção mátrica para a proposição de Vilar (2007).  
 $\psi_b$  = Valor de entrada de ar.  
 $\psi_r$  = Sucção residual.  
 $c_{ult}$  = Valor residual da resistência ao cisalhamento.  
 $\tau_{ult}$  = Valor residual da resistência ao cisalhamento.  
 $c_m$  = Medida máxima obtida para a coesão para a proposição de Vilar (2007).  
 $\tau_m$  = Medida máxima obtida para a tensão de cisalhamento para a proposição de Vilar (2007).  
 $\psi_m$  = Máximo valor para a sucção mátrica para a proposição de Vilar (2007).  
 $LL$  = Limite de liquidez.  
 $LP$  = Limite de plasticidade.  
 $IP$  = Índice de plasticidade.  
 $\gamma_s$  = Massa específica dos grãos.  
 $w$  = Teor de umidade natural.  
 $\sigma'_v$  = Tensão de pré-adensamento.  
 $v$  = Velocidade de cisalhamento.  
 $d_r$  = Deslocamento na ruptura.  
 $t_r$  = Tempo de ruptura.  
 $t_{90}$  = Tempo necessário para que ocorra 90% do adensamento.  
 $U$  = Porcentagem de adensamento.  
 $\tau_{máx}$  = Tensão de ruptura.  
 $\varepsilon_h$  = Deslocamento no sentido do cisalhamento.

$\theta$  = Teor de umidade volumétrico.

$w$  = Teor de umidade gravimétrico.

$\theta_r$  = Teor de umidade volumétrico residual.

$k_r$  = Razão entre a permeabilidade para a condição não saturada e a permeabilidade saturada do solo.

## RESUMO

SOARES, Ecidinéia Pinto, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2008.  
**Caracterizações geotécnica e mineralógica de um filito dolomítico do Quadrilátero Ferrífero com vistas ao estudo de estabilidade de taludes incorporando a sucção.** Orientador: Eduardo Antônio Gomes Marques. Co-orientadores: Maria Lúcia Calijuri e Enivaldo Minette.

Este trabalho apresenta os estudos desenvolvidos para a caracterização do filito dolomítico presente na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil, com o objetivo de investigar seu comportamento em taludes de mineração para a condição não saturada. O filito dolomítico se caracteriza pela sua elevada anisotropia, em função da presença de uma foliação bem marcada e pela também elevada alterabilidade que faz com que materiais classificados como são, passem, em alguns meses, a materiais muito a extremamente alterados, o que piora sobremaneira suas propriedades geotécnicas. Quando muito alterado é constituído por lentes de material argiloso e lentes de areia. A amostragem constou de oito blocos indeformados, sendo que quatro foram retirados da Mina do Pico, localizada em Itabirito/MG e quatro blocos da Mina Capitão do Mato, localizada em Nova Lima/MG, ambas pertencentes à Companhia Vale do Rio Doce. Foram realizados ensaios de caracterização geotécnica e mineralógica e determinação das curvas de sucção por meio da técnica do papel filtro. Para a determinação da envoltória de resistência não saturada e verificação das curvas de sucção foram utilizados modelos empíricos. A partir dos resultados obtidos foi analisada a estabilidade dos taludes de uma seção típica, considerando a influência sobre os níveis de segurança

obtidos. A utilização de outros modelos e procedimentos é sugerida com o objetivo de fornecer subsídios para futuras discussões sobre tomadas de decisão e análises de risco para os empreendimentos localizados nesta região em particular.

## ABSTRACT

SOARES, Ecidinéia Pinto, D.Sc., Federal University of Viçosa, March, 2008.  
**Geotechnical and mineralogic characterizations of a dolomitic phyllites from Iron Quadrangle (MG) aiming to study the slopes stability incorporating the suction.** Advisor: Eduardo Antônio Gomes Marques. Co-advisors: Maria Lúcia Calijuri and Enivaldo Minette.

The present work presents the results of an extensive laboratory test study for the characterization of the behavior of a dolomitic phyllite under unsaturated conditions. This rock type is commonly found at Iron Quadrangle area, Brazil and is well known for its high anisotropy and weatherability. These properties impose a distinct behavior as sound rock changes to very to highly weathered materials in several months, with severe influence on its geotechnical properties. Eight undisturbed samples were collected in two open mine pits belonging to Vale (four at Pico mine and four at Capitão do Mato mine). Both mineralogical and geotechnical characterization of these material were done. Suction curves were determined through filter paper technique. Both unsaturated strength envelope and verification of suction curves were determined through empirical method. Resulting data was used into a slope stability study of a typical geological section from Pico mine, in order to evaluate its influence over safety. Use of other models and procedures is suggested to subsidy future discussion on risk analysis of open pit mining for this particular region.