

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ESTIMATIVA DE CURVAS CARACTERÍSTICAS DE SOLOS  
TROPICAIS BRASILEIROS VIA MÉTODOS INDIRETOS**

**FERNANDO CAROLINO DA SILVA**

**ORIENTADOR: JOSÉ CAMAPUM DE CARVALHO**

**CO-ORIENTADOR: GILSON DE F. N. GITIRANA JR.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM GEOTECNIA**

**PUBLICAÇÃO: N° 372/2022**

**BRASÍLIA / DF: JUNHO / 2022**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ESTIMATIVA DE CURVAS CARACTERÍSTICAS DE SOLOS  
TROPICAIS BRASILEIROS VIA MÉTODOS INDIRETOS**

**FERNANDO CAROLINO DA SILVA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.**

**APROVADA POR:**

---

**JOSÉ CAMAPUM DE CARVALHO, Dr. (UnB)  
(ORIENTADOR)**

---

**GILSON DE F. N. GITIRANA JR., Ph.D. (UFG)  
(CO-ORIENTADOR)**

---

**JUAN FÉLIX RODRIGUEZ REBOLLEDO, D.Sc. (UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**ORENCIO MONJE VILAR, D.Sc. (USP)  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**BRASÍLIA/DF, 30 DE JUNHO DE 2022.**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

SILVA, FERNANDO CAROLINO DA

**Estimativa de Curvas Características de Solos Tropicais Brasileiros Via Métodos Indiretos.**

[Distrito Federal] 2022.

xx, 236p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Geotecnia, 2022)

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Curva Característica                      2. Modelos de Previsão

3. Solos Tropicais                            4. Banco de Dados

I. ENC/FT/UnB                                II. Mestre

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

SILVA, F. C. (2022). Estimativa de Curvas Características de Solos Tropicais Brasileiros Via Métodos Indiretos. Dissertação de Mestrado, Publicação - 372/2022, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 236p.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: Fernando Carolino da Silva

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Estimativa de Curvas Características de Solos Tropicais Brasileiros Via Métodos Indiretos.

GRAU/ANO: Mestre/2022

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Fernando Carolino da Silva  
Avenida Assis Chateaubriand -1805 – Setor Oeste  
74130-012 - Goiânia/GO - Brasil  
fernandocarolinodasilva@hotmail.com

## **DEDICATÓRIA**

**A DEUS POR SEMPRE ESTAR AO MEU LADO**

“Grandes coisas fez o SENHOR por nós, pelas quais estamos alegres (Salmos 126:3)”

Aos meus amados pais Antônio Fernando e Luciana Silva por serem tudo em minha vida,

Ao meu irmão Tiago Carolino,

Ao Professor José Camapum, Gilson Gitirana e Renato Cabral pela oportunidade,

A todos os funcionários de FURNAS,

A todos os professores da UnB e UEG pelos ensinamentos,

Aos meus amigos.

## AGRADECIMENTOS

Me faltam palavras para agradecer a Deus por ter me ajudado a finalizar mais esta etapa em minha carreira profissional, e ter consigo chegar até aqui o término do mestrado em Geotecnia. Como agradecer a um Deus tão grandioso e que cuidou tão bem de mim e minha família neste tempo de pandemia e por ter me ajudado e cuidado nos momentos mais difíceis que passamos.

Agradeço aos meus pais Antônio Fernando e Luciana pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Obrigado por estarem ao meu lado em todos os momentos sendo bons ou ruins. A vocês dois eu dedico esta vitória, pois sempre acreditei em mim. Mãe e Pai, vocês me fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente, e por isso agradeço por todos ensinamentos e correções que me deram, pois hoje vejo que valeu a pena. Os senhores me ensinaram a viver com honradez e a servir a Deus e eu amo vocês. Aos meus familiares que estiveram em oração para que eu pudesse terminar esse trabalho. Em especial minhas avós Maria Silva (*in memoriam*) e Benedita Costa.

Ao meu irmão Tiago Carolino que mesmo desde o dia que entrou no hospital me ensinou a ver a vida com outros olhos, e me ensinou a ter um amor incondicional. A você meu irmão eu dedico este trabalho e quero dizer que onde você esteja eu sempre estarei com você.

Aos meus orientadores José Camapum e Gilson Gitirana, pela orientação, confiança, apoio e pela imensa paciência em ensinar e corrigir em todos os aspectos da vida. Obrigado por acreditar sempre que eu era capaz de realizar esse trabalho. Obrigado por terem me ensinado tanto essa área que eu amo que é a Geotecnia. Obrigado pelos puxões de orelha, pelas reuniões e por tudo que me transmitiram ao longo desta pesquisa. Que Deus continue os abençoando em tudo.

Agradeço ao meu professor e amigo Renato Cabral e família por terem me incentivado a chegar até aqui e não ter desistido dos meus sonhos. Que Deus continue o abençoando em tudo. E em nome do Renato, agradeço a todo pessoal de Furnas: Diógenes, Helmar, Joaquim, Silvio, Engenheiro Emídio, Engenheira Marta, Engenheiro Marlon e a todos aqueles cujo nome não citei, desde a recepção aos demais blocos, o meu muito obrigado pelos ensinamentos que desde a minha graduação sempre me incentivaram a buscar o melhor de mim nos estudos.

Agradeço a Universidade de Brasília e todos os professores pelos ensinamentos repassados, hoje posso dizer que tive a honra de aprender o pouco que ainda sei com os melhores professores do Brasil e do mundo. Agradeço ao CNPQ pelo apoio financeiro e a Universidade Estadual de Goiás.

Além de todos esses agradecimentos, há alguns amigos de mestrado que foram essenciais nesta conquista: Gabriella Vieira, Raísla Martins, Barbara Mourão, Roberto Dutra, Jaqueline Costa, Dan, Paulo Costa, Thiago Brienne, Rógenes, Joaquim Araújo, Moisés Lemos, Giovanna Alelvan. Obrigado por toda ajuda neste período que passamos juntos.

Agradeço também a pessoas muito especiais que estiveram comigo além desta etapa de mestrado: Alexia Regina, Gabriel Meira, Maria Clara, Pedro Mesquita, Aurélio, Joathan, João Guilherme, Pedro Ricardo. Sem o apoio de vocês e o carinho eu não haveria conseguido finalizar este trabalho, e que nossa amizade e companheirismo continue por longas datas.

E por fim agradeço a todos da empresa em que trabalho Geoestrutural Consultoria: Antônio Carlos, William Faria, Raul Sabadini, Laila Moreira, Maria Clara, Lucas Furtado, Djalma, Ana Carolina, Débora Soares, Guilherme Ascensão. Obrigado pela oportunidade de mostrar o conhecimento adquirido ao longo desse tempo. Agradeço também as pessoas que conheci nas empresas Kinross, JMN e Ferro+.

## RESUMO

As curvas características solo-água (CCSAs) têm um papel importante na determinação das propriedades e comportamento hidromecânico dos solos não saturado. A sua determinação experimental possui procedimentos rigorosos e tempo elevado para se obter os resultados, necessitando de um treinamento especializado dos técnicos que irão executar os ensaios e a depender do ensaio, de equipamentos especiais. Por isso vários métodos foram propostos na literatura para a estimativa de CCSAs a partir das propriedades físicas, em especial de dados de distribuição granulométrica do solo. Estes modelos se adequam bem aos solos utilizados pelos autores. Para averiguação da adequabilidade destes modelos aos solos tropicais, embora cada um tenha suas particularidades, nesta dissertação foram escolhidos quatro modelos de previsão físico-empíricos: Arya e Paris (1981), Arya e Dierolf (1989), Aubertin *et al.* (2003) e Wang *et al.* (2017), para averiguação de como estes modelos se comportam ao se utilizar dados de solos tropicais do Brasil. Um banco de dados com 95 tipos de solos foi elaborado e utilizado nesta pesquisa. Como os modelos não indicam qual tipo de metodologia que deveria ser utilizada ao se determinar a curva granulométrica do material, para as análises utilizou-se dados de granulometria determinada com e sem defloculante embora, caiba ressaltar, nem o com defloculante consegue individualizar todas as partículas contidas nos solos tropicais, nem o sem defloculante consegue preservar todas as agregações neles presentes (Roseno e Camapum de Carvalho, 2007). Verificou-se que nenhum dos quatro modelos, quando utilizados em sua forma original, não prediz bem as curvas características dos solos do banco de dados. Observou-se que todos os modelos apresentaram  $R^2$  médio negativos e RMSE próximos a 0,10, indicando assim que as previsões são pouco confiáveis para os solos tropicais analisados. Uma vez que os modelos preditivos não apresentaram bons resultados, esta dissertação buscou avaliar conceitos geotécnicos específicos que não são considerados nos modelos e que podem ter um grande impacto nas previsões que se busca fazer. Estas avaliações específicas foram em busca da compreensão dos parâmetros empíricos utilizados nos modelos, influência do índice de vazios nos modelos, histerese, perfil de intemperismo do solo, sucção osmótica e metodologias de determinação de curvas granulométricas e como elas influenciam nos modelos. Portanto, este estudo buscou elucidar e ajudar no entendimento de conceitos geotécnicos para o desenvolvimento de modelos de predição futuros.

**Palavras-chave:** Solos não saturados, Modelos de Predição, Curvas Granulométricas.



## ABSTRACT

The characteristic soil-water curves (CCSAs) play an important role in determining the properties and hydro-mechanical behavior of unsaturated soils. Their experimental determination has rigorous procedures and high time to obtain the results, requiring specialized training of the technicians that will perform the tests and, depending on the test, special equipment. Therefore, several methods have been proposed in the literature for the estimation of CCSAs from physical properties, especially from soil particle size distribution data. These models are well suited to the soils used by the authors. To ascertain the suitability of these models to tropical soils, although each one has its particularities, in this dissertation four physical-empirical prediction models were chosen: Arya and Paris (1981), Arya and Dierolf (1989), Aubertin et al. (2003) and Wang et al. (2017), to ascertain how these models behave when using data from tropical soils in Brazil. A database of 95 soil types was developed and used in this research. As the models do not indicate the type of methodology that should be used when determining the size distribution curve of the material, for the analysis we used data of particle size determined with and without deflocculant, although it should be noted that neither the model with deflocculant can individualize all the particles contained in tropical soils, nor the model without deflocculant can preserve all the aggregates present in them (Roseno and Camapum de Carvalho, 2007). It was verified that none of the four models, when used in their original form, does not predict well the characteristic curves of the database soils. It was observed that all models showed negative average  $R^2$  and RMSE close to 0.10, thus indicating that the predictions are unreliable for the tropical soils analyzed. Since the predictive models did not show good results, this dissertation sought to evaluate specific geotechnical concepts that are not considered in the models and that can have a great impact on the predictions that are sought. These specific evaluations were in search of understanding the empirical parameters used in the models, the influence of the voids index in the models, hysteresis, soil weathering profile, osmotic suction, and methodologies for determining particle size curves and how they influence the models. Therefore, this study sought to elucidate and aid in the understanding of geotechnical concepts for the development of future prediction models.

**Keywords:** Unsaturated Soils, Prediction Models, Granulometric Curves.

## **PREFÁCIO**

Esta pesquisa foi realizada sob a supervisão dos professores e doutores José Camapum de Carvalho e Gilson de Farias Neves Gitirana Junior. Durante a escrita da dissertação de mestrado, foi possível a publicação do seguinte artigo científico no congresso internacional: 7<sup>th</sup> International Conference on Geotechnical Research and Engineering (ICGRE'22). O artigo publicado tem a seguinte referência:

Silva, F.C., Camapum de Carvalho, J., Gitirana Jr., G. F. N., Alves, R. D., Souza, J. C., Cabral, R. C. “Evaluation of Soil-Water Characteristic Curve Prediction Models with Emphasis on Tropical Soils” (in English), ICGRE 2022, Virtual.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 MOTIVAÇÃO DA PESQUISA.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 RETENÇÃO DE ÁGUA EM SOLOS TROPICAIS.....</b>	<b>13</b>
2.1.1 <i>Propriedades Físicas e Químico-Mineralógico dos Perfis de Intemperismo de Solos de Regiões Tropicais.....</i>	<i>13</i>
2.1.2 <i>Estrutura dos Solos Tropicais .....</i>	<i>18</i>
2.1.3 <i>Efeito da compactação nos Solos Tropicais.....</i>	<i>19</i>
2.1.4 <i>Classificação e Modelos de Ajustes de Dados Experimentais .....</i>	<i>21</i>
<b>2.2 MODELOS DE PREVISÃO DA CCSA .....</b>	<b>25</b>
2.2.1 <i>Modelo de Arya e Paris (1981).....</i>	<i>28</i>
2.2.2 <i>Modelo de Arya e Dierolf (1989).....</i>	<i>31</i>
2.2.3 <i>Modelo de Aubertin et al. (2003).....</i>	<i>32</i>
2.2.4 <i>Modelo de Wang et al. (2017) .....</i>	<i>38</i>
2.2.5 <i>Modelo de Curva Característica de Sucção Transformada.....</i>	<i>39</i>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>42</b>
<b>3.1 PREMISSAS ADOTADAS.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2 BANCO DE DADOS.....</b>	<b>46</b>
3.2.1 <i>Região Sul.....</i>	<i>48</i>
3.2.2 <i>Região Sudeste.....</i>	<i>49</i>
3.2.3 <i>Região Centro-Oeste.....</i>	<i>52</i>
<b>3.3 VARIABILIDADE DO BANCO DE DADOS .....</b>	<b>57</b>
3.3.1 <i>Mineralogia .....</i>	<i>57</i>
3.3.2 <i>Curvas Granulométricas .....</i>	<i>60</i>

3.3.3	<i>Triângulo Textural</i> .....	63
3.3.4	<i>Carta de Plasticidade</i> .....	65
3.3.5	<i>Curvas Características Solo-Água</i> .....	66
<b>4.</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>71</b>
<b>4.1</b>	<b>AVALIAÇÕES GERAIS DOS MODELOS DE PREVISÕES</b> .....	<b>71</b>
4.1.1	<i>Avaliação Global dos Ajustes</i> .....	72
4.1.2	<i>Avaliação dos Ajustes em Termos dos Parâmetros Físicos das CCSAs</i> .....	81
<b>4.2</b>	<b>AVALIAÇÕES ESPECÍFICAS VOLTADAS AOS MODELOS DE PREVISÕES</b> 88	
4.2.1	<i>Avaliação dos Parâmetros Empíricos Utilizados nos Modelos de AP (1981) e AD (1989)</i> 88	
4.2.2	<i>Influência do índice de vazios nos modelos de previsão</i> .....	94
4.2.3	<i>Avaliação da Histerese</i> .....	98
4.2.4	<i>Avaliação do Perfil de Intemperismo do Solo</i> .....	101
4.2.5	<i>Avaliação da Sucção Osmótica no Solo</i> .....	104
4.2.6	<i>Influência da metodologia de determinação da Curva Granulométrica no desempenho dos modelos de previsão</i> .....	106
<b>4.3</b>	<b>PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO DO MODELO DE ARYA E PARIS (1981) PARA SOLOS TROPICAIS</b> .....	<b>108</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES</b> .....	<b>112</b>
<b>5.1</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>112</b>
<b>5.2</b>	<b>SUGESTÕES</b> .....	<b>114</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>116</b>
	<b>ANEXO 01 – PREMISA 01: INFORMAÇÕES DOS DADOS COLETADOS</b> .....	<b>126</b>
	<b>ANEXO 02 – PREMISA 02 A: PARÂMETROS DE AJUSTE DA CURVA GRANULOMÉTRICA</b> .....	<b>133</b>
	<b>ANEXO 03 – PREMISA 02 B: PARÂMETROS DE AJUSTE DA CURVA CARACTERÍSTICA SOLO-ÁGUA</b> .....	<b>137</b>
	<b>ANEXO 04 – PREMISA 04: RESUMO DA GRANULOMETRIA (LIMITES USDA)</b>	

<b>ANEXO 05 – PREMISSA 05: RESUMO DA GRANULOMETRIA DOS DADOS INTERPOLADOS (LIMITES USDA).....</b>	<b>156</b>
<b>ANEXO 06 – RESUMO DOS ÍNDICES FÍSICOS COLETADOS .....</b>	<b>162</b>
<b>ANEXO 07 – CURVAS CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTAIS E PREDITAS.....</b>	<b>167</b>
<b>ANEXO 08 – AVALIAÇÕES ESTATÍSTICAS DOS MODELOS DE PREVISÕES DA CCSA .....</b>	<b>187</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Curva Característica Solo-Água.....	7
Figura 2.2. Efeito do Histórico de Tensão e método de preparação da amostra ao determinar a CCSA (modificado – Fredlund et al. 2012).....	10
Figura 2.3. Componentes de Sucção do Solo (modificado – Fredlund et al., 2012).....	11
Figura 2.4. (a) Esboço Conceitual Mostrando a Histerese da CCSA; (b) Efeito do Ângulo de Contato; (c) Efeito do “Gargalo da Garrafa” (modificado Tuller e Or 2003 e Han et al. 2019). .....	12
Figura 2.5. Tipos de Minerais Argiloso e Intensidade de Lixiviação (modificado Huat et al. 2013).....	16
Figura 2.6. Mineralogia do Perfil do Campus Experimental da Universidade de Brasília (Rodrigues, 2017).....	17
Figura 2.7. Microestrutura dos Solos ao Longo do Perfil de Intemperismo: solos profundamente intemperizados (a, b, c); solos moderadamente intemperizados (d); solos pouco intemperizados (e, f) (modificado – Camapum de Carvalho e Gitirana Jr. 2021).....	19
Figura 2.8. Triângulo Textural de Solos (modificado USDA, 1999).....	22
Figura 2.9. Modelo de Ajuste da Curva Granulométrica: (a) Unimodal e (b) Bimodal (modificado – Fredlund et al. 2000).....	23
Figura 2.10. Ajuste das Curvas Características: (a) Unimodais e (b) Bimodal (modificado de Gitirana Junior e Fredlund, 2004). ....	24
Figura 2.11. Hipóteses Simplificadoras de Modelos de Predição da CCSA (modificado Guereta et al. 2021). ....	26
Figura 2.12. Representação das células unitárias: (a) cúbica, $\sigma = 90^\circ$ ; (b) intermediário, $\sigma = 75^\circ$ ; (c) romboédrico, $\sigma = 60^\circ$ ; (d, e, f) armazenamento pendular mais funicular; (g, h, i) armazenamento funicular (modificado Alves et al. 2020).....	27
Figura 2.13. Curvas Granulométricas dos Materiais Estudados pelos Autores (modificado de Arya e Paris, 1981).....	31
Figura 2.14. Curvas (a) $pF \times S_r$ e (b) $e \times pF \times S_r$ (Camapum de Carvalho e Leroueil (2004). .	41
Figura 3.1. Esquema do Desenvolvimento da Pesquisa .....	42
Figura 3.2. Ajuste da Curva Granulométrica Segundo o Modelo Proposto por Fredlund et al. (2000).....	44
Figura 3.3. Ajuste da Curva Característica Segundo o Modelo Proposto por Gitirana Junior e Fredlund (2004).....	45

Figura 3.4. Exemplo de Curva Granulométrica Com Defloculante (do Banco de Dados Coletado).....	46
Figura 3.5. Curvas Granulométricas Sem Defloculante – Solos Brasileiros. ....	61
Figura 3.6. Curvas Granulométricas Com Defloculante – Solos Brasileiros. ....	62
Figura 3.7. Curvas Granulométricas – Solos Brasileiros.....	62
Figura 3.8. Classificação Textural – Sem Defloculante. ....	63
Figura 3.9. Classificação Textural – Com Defloculante.....	64
Figura 3.10. Classificação Textural – Solos Tropicais Brasileiros. ....	64
Figura 3.11. Carta de Plasticidade (modificado ASTM-D2487/00). ....	65
Figura 3.12. Carta de Plasticidade – Solos Tropicais Brasileiros. ....	66
Figura 3.13. Curvas Características Experimentais – Amostras Indeformadas – Trajetórias de Secagem. ....	67
Figura 3.14. Curvas Características Experimentais – Amostras Indeformadas – Trajetórias de Umedecimento. ....	67
Figura 3.15. Curvas Características Experimentais – Amostras Indeformadas – Trajetórias Mistas.....	68
Figura 3.16. Curvas Características Experimentais – Amostras Compactadas – Trajetórias de Secagem. ....	68
Figura 3.17. Curvas Características Experimentais – Amostras Compactadas – Trajetórias de Umedecimento. ....	69
Figura 3.18. Curvas Características Experimentais – Amostras Compactadas – Trajetórias Mista. ....	69
Figura 3.19. Curvas Características Solo – Água dos Solos Tropicais Brasileiros.....	70
Figura 4.1. Região Sul: (a) Timbé do Sul - SC - Indeformada; (b) São José dos Ausentes - RS - Indeformada; (c) Coronel Barros - RS - Compactada; (d) Pelotas- RS – Compactada. ....	73
Figura 4.2. Região Sudeste: (a) Tinguá - SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá - RJ- Indeformada; (b) Bauru - Vargem Limpa - Campus UNESP (1m) - SP - Indeformada; (c) Campus USP - SP - Compactada; (d) Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP) - SP – Compactada.....	73
Figura 4.3. Região Centro-Oeste: (a) DF - Campus Experimental UnB - (2m) - Indeformada; (b) DF - Campus Experimental UnB - (12m) - Indeformada; (c) DF - Campus Experimental UnB - (2m) – Proctor Normal - Compactada; (d) DF - Campus Experimental UnB - (12m) – Proctor Normal - Compactada. ....	74
Figura 4.4. Amostras Indeformadas e CCSA's Experimentais Bimodais. Condição Dispersa: (a) valor de entrada de ar previsto x experimental, (b) declividade do trecho de dessaturação	

previsto x experimental; Condição Não Dispersa: (a) valor de entrada de ar previsto x experimental, (b) declividade do trecho de dessaturação previsto x experimental.....	84
Figura 4.5. Amostras Compactadas e CCSA's Experimentais Bimodais. Condição Dispersa: (a) valor de entrada de ar previsto x experimental, (b) declividade do trecho de dessaturação previsto x experimental; Condição Não Dispersa: (a) valor de entrada de ar previsto x experimental, (b) declividade do trecho de dessaturação previsto x experimental.....	86
Figura 4.6. Amostras Indeformada e CCSA's Experimentais Unimodais. Condição Dispersa: (a) valor de entrada de ar previsto x experimental, (b) declividade do trecho de dessaturação previsto x experimental; Condição Não Dispersa: (a) valor de entrada de ar previsto x experimental, (b) declividade do trecho de dessaturação previsto x experimental.....	88
Figura 4.7. Regressão Não Linear dos Parâmetros Empíricos $\alpha$ e $\alpha^*$ . (a) Solo Bimodal (D: $\alpha$ padrão = 1,16; $\alpha$ modificado = 1,25) e (ND: $\alpha$ padrão = 1,15; $\alpha$ modificado = 1,35) ; (b) Solo Unimodal (D e ND: $\alpha$ padrão = 1,15; $\alpha$ modificado = 1,2); c) Solo Bimodal (D: $\alpha^*$ padrão = 0,938; $\alpha^*$ modificado = 0,2) e (ND: $\alpha^*$ padrão = 0,938; $\alpha^*$ modificado = 0,5); d) Solo Unimodal (D: $\alpha^*$ padrão = 0,938; $\alpha^*$ modificado = 0,02) e (ND: $\alpha^*$ padrão = 0,938; $\alpha^*$ modificado = 0,5).	90
Figura 4.8. Avaliação da Influência da Porosidade nos Modelos de Previsão: (a) Modelo de Arya e Paris (1981); (b) Modelo de Arya e Dierolf (1989); (c) Modelo de Aubertin et al. (2003) – Para Solos Granulares; (d) Modelo de Aubertin et al. (2003) – Para Solos Finos; (e) Modelo de Wang et al. (2017).	97
Figura 4.9. Avaliação da Histerese no Banco de Dados Coletado. (a) AI– Timbé do Sul; (b) AI – São José dos Ausentes; (c) AI – Colúvio de Tinguá; (d) AI – Pampulha; (e) AI – São Carlos; (f) AC – UNESP.....	99
Figura 4.10. Curvas características Representativas do Perfil de Intemperismo do Campo Experimental da UnB (Amostras Indeformadas).	102
Figura 4.11. Curvas características do Campus Experimental da UnB, Amostra Compactada 5 m.....	103
Figura 4.12. Sucção Osmótica – Perfil de Intemperismo Campus UnB: (a) e (a') Amostra 2m; (b) e (b') Amostra 8m; (c) e (c') Amostra 12m. ....	105
Figura 4.13. Curvas Granulométricas – Amostra 2m – Campus Experimental UnB. ....	107
Figura 4.14. Curvas Granulométricas – Amostra 4,6 a 4,9m – Campus Experimental Furnas. ....	107
Figura 4.15. Previsões da Curva Característica Através do Método de Arya e Paris (1981) – Amostra Indeformada de 4,6 a 4,9m (Furnas).	109



Figura 4.16. Previsões da Curva Característica Através do Método de Arya e Paris (1981) – Amostra Indeformada de 2m (UnB).....	109
Figura 4.17. Melhores Previsões das Curvas Características do Campus Experimental de Furnas. ....	110
Figura 4.18. Análises por Trechos da Curva Característica – Amostra 2m – Campus Experimental UnB.....	111

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Vantagens e desvantagens de várias designações para quantidade de água no solo (Fredlund et al. 2002). .....	8
Tabela 2.2. Principais processos de intemperismo (Conciani et al. 2015). .....	13
Tabela 2.3. Valores do Parâmetro $\alpha$ (Arya e Paris, 1999). .....	31
Tabela 3.1. Informações Sobre o Banco de Dados Utilizados. ....	47
Tabela 3.2. Mineralogia dos Solos Tropicais Brasileiros. ....	58
Tabela 4.1. Legenda Referente aos Gráficos de Modelos de Previsões. ....	72
Tabela 4.2. Avaliação Global do Desempenho dos Modelos de Previsão – Amostras Indeformadas. ....	75
Tabela 4.3. Avaliação Global do Desempenho dos Modelos de Previsão – Amostras Compactadas. ....	78
Tabela 4.4. Parâmetro $\alpha$ Modificado do Modelo de Arya e Paris (1981) – Amostras Indeformadas. ....	91
Tabela 4.5. Parâmetro $\alpha$ Modificado do Modelo de Arya e Paris (1981) – Amostras Compactadas. ....	91
Tabela 4.6. Parâmetro $\alpha^*$ Modificado do Modelo de Arya e Dierolf (1989) – Amostras Indeformadas. ....	93
Tabela 4.7. Parâmetro $\alpha^*$ Modificado do Modelo de Arya e Dierolf (1989) – Amostras Compactadas. ....	93
Tabela 5.1. Resumo dos Medidores de Aderência Encontrados para cada Modelo de Previsão. ....	112

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

AC.....	Amostra Compactada
AI.....	Amostra Indeformada
$\beta_w$ .....	Altura capilar da água
$h_c$ .....	Altura capilar da água
$\sigma$ .....	Ângulo de acondicionamento
$\Theta$ .....	Ângulo de contato no modelo de Arya e Paris (1981)
$A_G$ .....	Área grãos sólidos
$A_v$ .....	Área dos vazios
$h_{co}$ .....	Ascensão capilar equivalente
ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CD.....	Com defloculante
$R^2$ .....	Coefficiente de Determinação
$C_U$ .....	Coefficiente de uniformidade
CCSA.....	Curva Característica Solo-Água
$\rho_s$ .....	Densidade das partículas
USDA.....	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
$D_{10}$ .....	Diâmetro correspondente a 10% passante na curva granulométrica
$D_{60}$ .....	Diâmetro correspondente a 60% passante na curva granulométrica
$g$ .....	Gravidade
$S_r$ .....	Grau de Saturação
$e_w$ .....	Índice de água
$e$ .....	Índice de vazios
$e_{macroporos}$ .....	Índice de vazios macroporos
$e_{mesoporos}$ .....	Índice de vazios mesoporos
$e_{microporos}$ .....	Índice de vazios microporos
$\alpha^*$ .....	Parâmetro empírico de Arya e Dierolf (1989)
$\alpha$ .....	Parâmetro empírico de Arya e Paris (1981)
$\gamma_w$ .....	Peso específico da água
RMSE.....	Raiz do erro quadrático médio
SD.....	Sem defloculante
$\Psi_r$ .....	Sucção residual

$T_s$ .....Tensão superficial da água  
 $w$ .....Teor de Umidade Gravimétrico  
 $\theta$ .....Teor de Umidade Volumétrico

## 1. INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos em mecânica dos solos, conhecida como mecânica dos solos clássica, focaram no comportamento de solos saturados, ou seja, considerando uma poropressão positiva no solo (Fredlund *et al.*, 2012). De acordo com Fredlund *et al.* (2012) o conceito para a mecânica dos solos saturados foi desenvolvido a partir de solos formados em regiões temperadas e frias, onde a ocorrência de solos saturados é abundante e o nível do lençol freático é alto.

Entretanto, em regiões tropicais, como o Brasil, a condição não saturada do solo é muito significativa, tornando inadequada a utilização apenas de conceitos e teorias iniciais abordadas na mecânica dos solos clássica (Camapum de Carvalho *et al.*, 2015). Os solos nestas regiões têm características estruturais especiais que são difíceis de compreender e nem sempre atingem uma saturação completa. Neles, não raro uma parte encontra-se saturada, as agregações e microagregações, e uma parte em estado não saturado, abrindo espaço para o uso do termo parcialmente saturado. Além disso, para o comportamento dos solos compactados, residuais, expansivos ou colapsíveis, ou como são conhecidos “solos-problemáticos”, é necessário um arcabouço teórico que abranja toda a gama de comportamento dos solos não saturados.

Para que a mecânica dos solos não saturados percorresse seu caminho na prática da engenharia geotécnica, pesquisadores de todo o mundo desenvolveram teorias, medições laboratoriais, e métodos para resolver problemas práticos de engenharia, reduzindo custos e riscos de obras geotécnicas e tornando uma abordagem mais sustentável ambientalmente.

Nas diversas pesquisas científicas realizadas, os pesquisadores identificaram que a Curva Característica Solo-Água (CCSA) é a propriedade do solo mais importante ao lidar com condições não saturadas, pois a partir dela podem ser obtidas diversas propriedades de solos não saturados, como por exemplo, a condutividade hidráulica e resistência. Portanto, a CCSA forneceu o elo necessário para a aplicação da ciência da mecânica dos solos não saturados, e esta propriedade fornece uma compreensão conceitual, através de uma relação inversamente proporcional, entre a quantificação de água no solo e o estado de energia da fase água, conhecido como sucção. Cabe destacar, que estas percepções estão voltadas para a sucção matricial onde a química do meio não está a passar por grandes alterações, no entanto, cabe frisar que nos casos em que a química do meio passa por modificações requer-se que se analise melhor o impacto da sucção osmótica nas propriedades e comportamento dos solos, o que não constitui objeto do presente estudo.

Ao se referir a esta propriedade dos solos não saturados, sucção matricial, deve-se atentar para a terminologia utilizada na literatura. A nomenclatura mais comum é Soil-Water Characteristic Curve (SWCC), ou Soil-Water Retention Curve (SWRC), ou Retention Curve (RC), ou Curva Característica Solo-Água (CCSA). A terminologia utilizada neste trabalho será Curva Característica ou Curva Característica Solo-Água (CCSA).

A determinação da CCSA é feita a partir de métodos que vão desde a medição direta dessa propriedade até a sua estimativa (indireta) com base nas propriedades de um solo:

- Existem vários tipos de equipamentos e procedimentos de ensaios laboratoriais usados para determinar a CCSA. Um ou mais desses procedimentos deve ser o método utilizado no Projeto Executivo de uma obra geotécnica, pois se bem definido e aplicado, permite obter a melhor aproximação. No entanto, laboratórios técnicos de ensaios em solos, não estão acostumados a realizar ensaios cujos procedimentos possuem caráter rigorosos de execução ou possuem tempo elevado para obter os resultados, necessitando de um treinamento especializado dos técnicos que irão executar os ensaios e, além disso muitas das vezes guardam a ideia de que são mais caros que os ensaios convencionais. No entanto, se ponderados a importância da pesquisa ou o custo da obra e sua durabilidade, deve-se concluir que tais argumentos não se sustentam e, mesmo que existam em alguns casos, são plenamente superáveis com o devido planejamento dos estudos. Com base nesses argumentos, são necessárias soluções práticas para a determinação de propriedades dos solos não saturados, aplicáveis em especial aos estudos prévios de caráter mais estimativo.
- Métodos Indiretos: existem diversos modelos de predição da CCSA na literatura, que têm sido propostos e estudados por pesquisadores como uma fonte alternativa para obtenção de propriedades dos solos não saturados. Na literatura, as técnicas de estimativa da CCSA se enquadram em três grandes categorias, que são baseadas em: (i) estimativas estatísticas dos teores de umidade volumétrica em várias sucções do solo (Gupta e Larson, 1979), (ii) estimativa de parâmetros de solo para uma função algébrica para a CCSA (Rawls e Brakensiek, 1985; Vereecken *et al.*, 1989; Scheinost *et al.*, 1997), e (iii) modelos físico-empíricos em que curvas de distribuição de tamanho de partículas e outras propriedades físicas do solo são usadas em previsões da CCSA. Esses modelos de predição são baseados em bancos de dados de solos muito limitados, e não há muitos estudos na literatura que validem o desempenho desses modelos para solos tropicais, principalmente com foco no Brasil. Vale lembrar também que o uso de modelos preditivos só deve ser empregado de forma preliminar, não descartando a

necessidade de determinar a CCSA experimental para a execução de projetos geotécnicos. O uso desses modelos ainda é relevante quando se pretende estimar o efeito da mudança de parâmetros (como porosidade) na CCSA, o que muitas vezes experimentalmente requer novos ensaios ou outros modelos de predição.

Além disso, deve-se considerar o número de fatores que controlam a determinação da CCSA, pois eles podem alterar seu formato, a saber:

- Quantificação de água no solo (Fredlund *et al.*, 2012);
- Sucção mensurada (Fredlund *et al.*, 2012);
- O estado inicial da amostra (Fredlund *et al.*, 2012);
- O histórico de tensões (Fredlund *et al.*, 2012);
- O método de preparação da amostra, a deformabilidade, efeito de pré-adensamento, estrutura natural ou compactada (Fredlund *et al.*, 2012);
- Efeito da histerese no solo nos trabalhos de Hillel (1971) e Lu e Khorshidi (2015);
- Granulometria, a relação entre a curva granulométrica e a CCSA é tão importante que existem vários modelos que preveem a CCSA como abordado por Gitirana Junior *et al.* (2015);
- Fenômenos capilares e forças de adsorção para o potencial matricial abordado nos trabalhos de Tuller *et al.* (1999, 2005);

Diversos são os estudos referentes a curva característica de um solo, entre eles alguns são considerados extremamente importantes como:

- Predeterminação das propriedades (mecânicas e hidráulicas) de solos não saturados por meio da CCSA pode ser observada nos trabalhos de Mualem (1976), Zhou *et al.* (2016), Li *et al.* (2014) e Chen *et al.* (2019);
- Efeito de agregações estáveis e instáveis no comportamento da estrutura do solo por meio da CCSA, conforme abordado por Kühn *et al.* (2019);
- Diversidade das equações empíricas, para melhor ajustar os dados obtidos em laboratório para determinar a CCSA, conforme listado por Fredlund *et al.* (2012).

Portanto, propor um modelo de predição para prever a CCSA incorporando todos estes conceitos de solos não saturados ainda é um desafio na engenharia geotécnica, necessitando de estudos para a melhoria destes modelos.

## 1.1 MOTIVAÇÃO DA PESQUISA

Ainda são poucos os estudos que incorporam avaliações de desempenho dos modelos de predição da CCSA propostos na literatura para aplicação em solos tropicais brasileiros. Portanto, na busca do conhecimento e entendimento desses modelos quando aplicados aos solos do Brasil, é responsabilidade do engenheiro geotécnico utilizar, de forma reflexiva e cuidadosa, técnicas de estimativa que apontem para uma maior precisão e representatividade das análises. A importância da aplicação de modelos de predição aos solos tropicais se dá devido aos seguintes fatores:

- Contribuir na busca do entendimento mais baseado na compreensão do fenômeno do que nos simples resultados apresentados em pesquisas comportamentais;
- Permite compreender melhor a interpretação e uso de resultados obtidos experimentalmente ou estimados de modelos de previsão CCSA;
- Possibilita melhorar o conhecimento sobre como aplicar ou não modelos preditivos ao lidar com bancos de dados completamente diferentes daqueles usados para construir os modelos.

## 1.2 OBJETIVOS

Diante do exposto, o objetivo geral desta dissertação é avaliar o desempenho de modelos propostos na literatura para a predição de curvas características solo-água, quanto à sua capacidade de prever curvas de solos tropicais brasileiros, e sugerir ajustes para as técnicas analisadas. Para alcançar este objetivo geral definiu-se como objetivos específicos:

- Avaliar o desempenho de quatro modelos físico-empíricos propostos na literatura para a prever a CCSA. Os modelos escolhidos são: Arya e Paris (1981), Arya e Dierolf (1989), Aubertin *et al.* (2003), Wang *et al.* (2017). Os modelos físico-empíricos foram escolhidos porque levam em consideração aspectos físicos do solo, pois essas informações são mais fáceis de se encontrarem ou determinarem. Estudos sobre a validação ou não desses modelos para os solos tropicais brasileiros, servirá como referência para o esforço a ser seguido como parte deste trabalho de dissertação;
- Criar um banco de dados de CCSA de solos tropicais brasileiros. Isso inclui obter dados da literatura, converter o banco de dados em um formato de fácil manipulação, selecionar variáveis de interesse para este trabalho de pesquisa e identificar e eliminar



dados em princípio inconsistentes com os objetivos do estudo. Nesta tarefa, foi realizada uma busca por trabalhos publicados na literatura contendo as seguintes informações: CCSA's determinadas experimentalmente, curvas granulométricas, propriedades de índices físicos e, quando necessário e disponível informações químico-mineralógicas do solo.

- Comparar e avaliar estatisticamente as CCSA's determinadas experimentalmente com as preditas pelos modelos utilizados. Nesta etapa é necessária realização de uma interpolação dos dados medidos e previstos para uma correta avaliação dos medidores de aderência estatísticos:  $R^2$ , RMSE.
- Buscar o entendimento dos modelos de predição nos casos que em princípio não foram adequados aos solos tropicais do Brasil e na medida do possível foram propostas melhorias para as análises.

Para cumprir-se todos esses objetivos, uma vasta busca na literatura foi realizada para se compreender sobre os fenômenos envolvidos em cada um dos modelos utilizados. Um banco de dados não muito grande, mas com informações privilegiadas dos solos coletados foi utilizado para avaliar as predições dos modelos. A busca do entendimento dos modelos de predições foi realizada na CCSA completa do solo, mas também em partes quando se tratava de solos com comportamento bimodal, ou seja, como se deu o comportamento na zona de macroporos e mesoporos e microporos do material em estudo.

### **1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos, da seguinte forma:

- Capítulo 1: Apresentar e contextualizar o estudo, o porquê da sua importância e quais os objetivos e motivações que nascem desta temática.
- Capítulo 2: Revisão da Literatura. O capítulo inicia com uma breve revisão da conceituação de curvas características e suas principais definições. Posteriormente, buscou-se fornecer referências mais atualizadas na literatura sobre comportamento de solos tropicais, macro e microestrutura e compreensão da compactação desses solos. A revisão também apresenta a teoria dos modelos utilizados nesta dissertação e as simplificações adotadas em cada modelo. Por fim, são apresentadas as teorias dos quatro modelos de predição utilizados nesta dissertação, e apresenta-se também o modelo de curva característica transformada e  $x$  pF.

- O Capítulo 3 apresenta as informações do banco de dados coletado e utilizado para esta dissertação. Este capítulo inclui todo o processo de aquisição de dados, conversão do banco de dados para um formato mais fácil, seleção de parâmetros apropriados e necessários para este trabalho de pesquisas e remoção de dados que apresentem inconsistências quanto aos objetivos propostos. O banco de dados coletado é composto apenas dos solos tropicais brasileiros.
- O Capítulo 4 apresenta e analisa os resultados da validação e avaliação da aplicação dos quatro modelos de previsão da CCSA usando os bancos de dados coletado e apresentados no Capítulo 3. Além disso fornece algumas sugestões para melhoria dos modelos de predições assim como considerações sobre o uso destes modelos quando aplicados aos solos tropicais.
- Capítulo 5: Apresenta as conclusões e recomendações com base nos resultados obtidos nesta pesquisa. Este capítulo também fornece algumas perspectivas sobre as dificuldades encontradas e como se pode melhorar o tratamento do tópico de modelos de previsão de CCSA.
- Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para apoiar o desenvolvimento desta pesquisa.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

A curva característica solo-água representa graficamente a relação entre a quantidade de água presente nos vazios do solo e a energia necessária para remover essa água (Gitirana Junior *et al.*, 2015). Marinho (2005) mostra que a variação dessa energia com a variação de umidade do solo fornecida pela CCSA é fundamental para a compreensão dos fenômenos relacionados com fluxo, variações volumétricas, transportes de contaminantes, resistência e compressibilidade de solos não saturados na engenharia geotécnica.

A Figura 2.1 apresenta um esquema de como pode ser representada uma curva característica solo-água e apresenta os seus principais parâmetros e todos eles possuem significados físicos bem definidos.

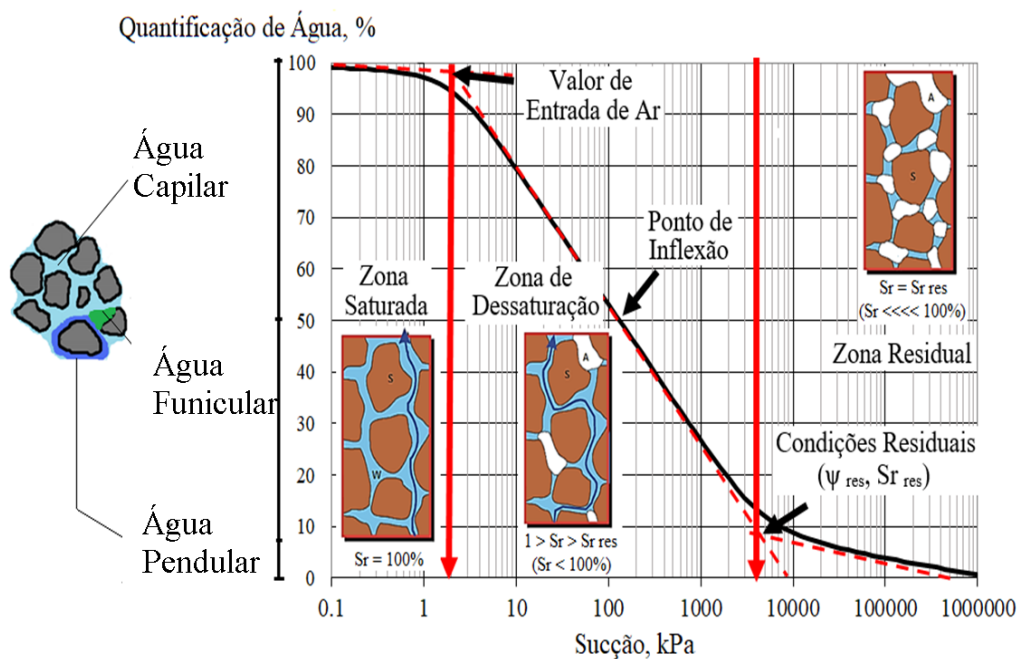


Figura 2.1. Curva Característica Solo-Água.

O primeiro conceito importante de uma curva característica é a sua representação, que tem a ver com as diferentes formas de apresentar a quantidade de água armazenada no solo e sua sucção. As variáveis mais utilizadas para definir a quantidade de água no solo são: (i) teor de umidade gravimétrico  $w$ , (ii) teor de umidade volumétrico  $\theta$ , (iii) grau de saturação  $S_r$ . De acordo com Fredlund *et al.* (2012), as propriedades de solos não saturados podem ser estimadas usando qualquer uma das três medidas de teor de água no solo se o solo exibir pouca alteração de volume à medida que a sucção do solo é alterada. Por outro lado, se os solos apresentam

mudanças de volume significativas à medida que sua sucção muda, então maior cuidado deve ser exercido ao estabelecer quais variáveis-chave são relevantes ao comportamento de solos não saturados.

O teor de umidade gravimétrico com a sucção do solo é a relação mais fácil de se medir e mais usual na engenharia geotécnica e, para muitas aplicações, como no caso de solos arenosos, é mais apropriada para expressar a CCSA. A relação grau de saturação versus sucção fornece um valor definido para o valor de entrada de ar de solos argilosos, que pode sofrer considerável variação volumétrica antes da sua dessaturação. No entanto, se a variação volumétrica do solo for pequena, a relação umidade versus sucção pode ser usada para determinar a entrada de ar e o teor de umidade residual do solo. Enquanto o teor de umidade gravimétrico não requer medição de volume em laboratório, o grau de saturação e o teor de umidade volumétrico requerem o conhecimento de volume da amostra do solo. E por fim, o teor de umidade volumétrico é a grandeza mais utilizada para representar a água armazenada em solos não saturados, pois leva em consideração o volume total do solo, parâmetro muito importante na determinação da CCSA. Cada uma dessas grandezas tem suas vantagens e desvantagens quando utilizadas na mecânica dos solos, e são apresentados na Tabela 2.1. Todos esses conceitos são apresentados em Fredlund *et al.* (2012), e para este trabalho foram utilizadas as três grandezas de armazenamento de água no solo.

Tabela 2.1. Vantagens e desvantagens de várias designações para quantidade de água no solo (Fredlund *et al.* 2002).

Designação	Vantagens	Desvantagens
Teor de Umidade Gravimétrico ( $w$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais Usual em Geotecnia</li> <li>• Meios de medição mais comuns</li> <li>• Não requer medição de volume</li> <li>• O valor de referência é uma “massa de solo” constante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não diferencia variação de volume e variação de grau de saturação</li> <li>• Não determina corretamente entrada de ar quando o solo varia de volume após a secagem</li> </ul>
Teor de Umidade Volumétrico ( $\theta$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deriva da percolação transiente e armazenamento de fluido em solos não saturados</li> <li>• Usual na criação de banco de dados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requer uma medição de volume</li> <li>• Requer uma medição de volume a cada sucção do solo</li> <li>• Pouco usado no meio geotécnico</li> </ul>
Grau de Saturação ( $S_r$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defini valor de entrada de ar</li> <li>• Controla melhor as funções de propriedade do solo não saturado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requer uma medição de volume</li> <li>• Não quantifica a mudança geral de volume</li> </ul>

Observa-se também na Figura 2.1 três principais zonas de armazenamento de água em uma CCSA, que são: i) zona saturada do material; ii) zona de dessaturação e iii) zona residual. Essas regiões são delimitadas a partir da presença de água no solo e são classificadas de acordo com seu mecanismo de retenção nos poros, dividindo-se em água livre (ou capilar, região em que os poros do material estão preenchidos com água, ou seja, zona saturada), água funicular (zona dessaturada do material, região em que os maiores poros do material começam a ser drenados e a água pendular é a região em que quase toda água foi removida dos poros do material, restando apenas água quimicamente ou fisicamente adsorvida, essa região é conhecida como zona dos microporos. A energia de remoção dessa água é crescente da zona saturada para a zona residual.

Outros dois conceitos físicos bem definidos apresentados na Figura 2.1 referem-se ao valor de entrada de ar do material e ao ponto de inflexão da curva característica. Segundo Gitirana Junior *et al.* (2015) o primeiro trecho da curva característica corresponde ao intervalo de sucção para o qual o material se encontra completamente saturado e este trecho estende-se até o valor de sucção, conhecido como “valor de entrada de ar”, cujo significado físico do valor de entrada de ar seria a máxima sucção que os maiores poros do material são capazes de suportar sem serem drenados. E outro conceito importante é o ponto de inflexão da CCSA que fornece uma medida da taxa na qual a água é removida do solo conforme a sucção é aumentada para além do valor de entrada de ar, ou seja, a inclinação da reta entre a entrada de ar do material até a zona residual do mesmo (Fredlund *et al.*, 2012).

Como já citado nesta dissertação, existe muitos fatores que controlam a determinação da CCSA, e que podem alterar seu formato. Três deles serão apresentados, com mais detalhes, pois nenhum dos modelos de predição de curva característica utilizado nesta dissertação levam em consideração essas condições.

O primeiro fator que não é levado em consideração nos modelos de previsão da CCSA é a compressibilidade e o efeito do histórico de tensão do solo. A avaliação de compressibilidade do material é realizada através da deformação do solo mediante às variações na sua sucção (Fredlund *et al.*, 2012). Segundo os autores, as areias por exemplo, são consideradas como indeformáveis devido à sua baixa compressibilidade. Já as argilas podem ser deformáveis ou não deformáveis, dependendo do seu teor de umidade inicial, histórico de tensões e a natureza dos minerais presente na argila. A Figura 2.2 mostra o efeito dessas considerações ao se determinar uma curva característica experimental e como ela é influenciada devido a compressibilidade do material e ao modo de preparo da amostra. O estado inicial da amostra de solo deve ser registrado sempre que a CCSA for determinada. E ao se construir um

banco de dados de curvas características, devem ser classificados nas seguintes categorias: lama, compacto ou indeformados. Nesta dissertação utilizou-se apenas solos indeformados e compactados.

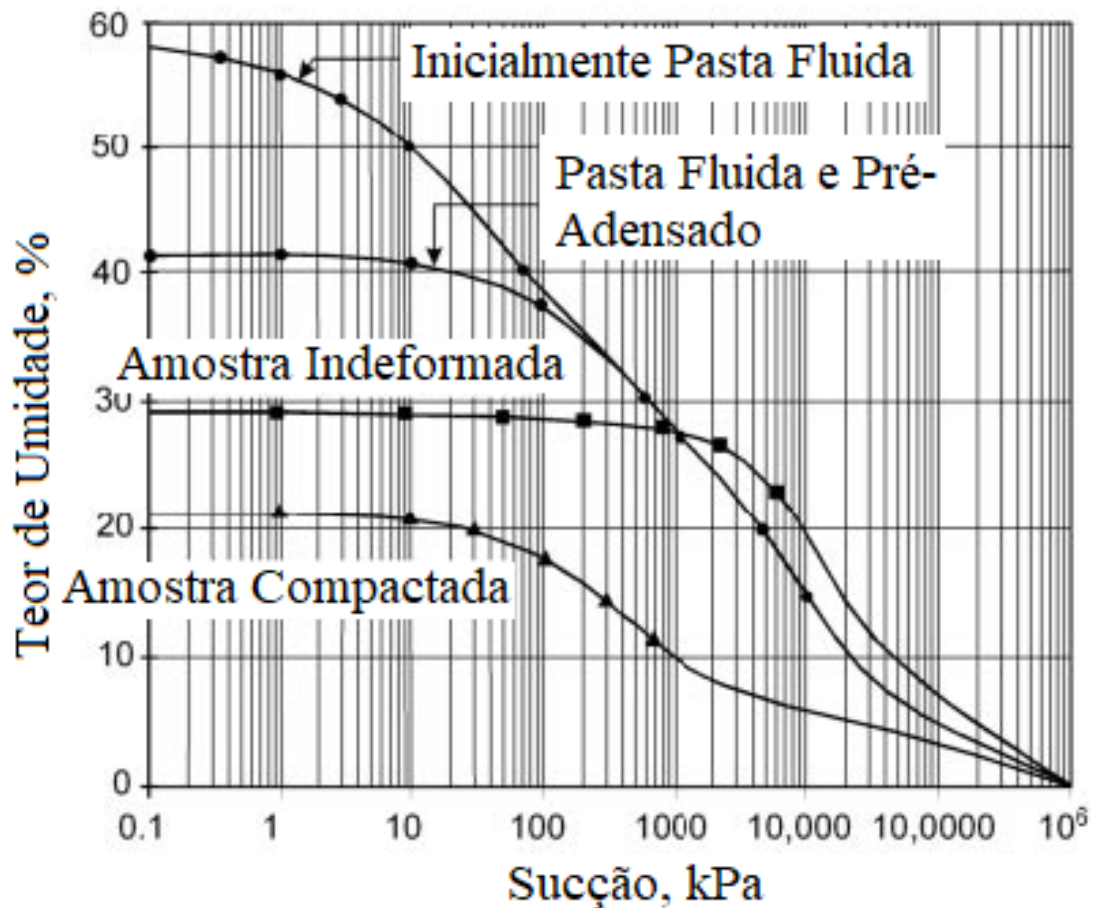


Figura 2.2. Efeito do Histórico de Tensão e método de preparação da amostra ao determinar a CCSA (modificado – Fredlund *et al.* 2012).

Outro fator não considerado nos modelos de predição da curva característica é o tipo de sucção utilizado. O termo “sucção do solo” é usado para designar a sucção matricial, a sucção osmótica e a sucção total (que é uma somatória das outras duas parcelas).

Segundo Machado e Vilar (2015), define-se as parcelas de sucções como:

- Denomina-se de potencial matricial (ou sucção mátrica) o efeito conjunto dos fenômenos de capilaridade e de adsorção sobre a energia livre da água do solo;
- Os solutos possuem o que é costumeiramente denominado de propriedades coligativas. Isso significa que a adição de solutos à água tende a tornar as suas moléculas mais próximas, de forma que a magnitude das forças de coesão entre as moléculas de uma

água pura será menor do que aquelas desenvolvidas para o caso de soluções aquosas, e tais aspectos estão relacionados ao potencial osmótico do solo.

- O potencial total da água no solo (ou sucção total) é a soma das duas parcelas anteriores.

Os modelos de previsão da CCSA levam em consideração apenas a sucção matricial do solo, o que é aceitável até certo ponto, uma vez que a maioria dos processos de engenharia geotécnica estão associados a sucção matricial na faixa mais inferior (exemplo, permeabilidade e resistência ao cisalhamento). Mas ao observarmos a Figura 2.3, verifica-se que na faixa de sucção mais alta (voltado a problemas de evaporação) ou em análises onde a química do solo deve ser considerada, a sucção total e osmótica deve ser avaliada.

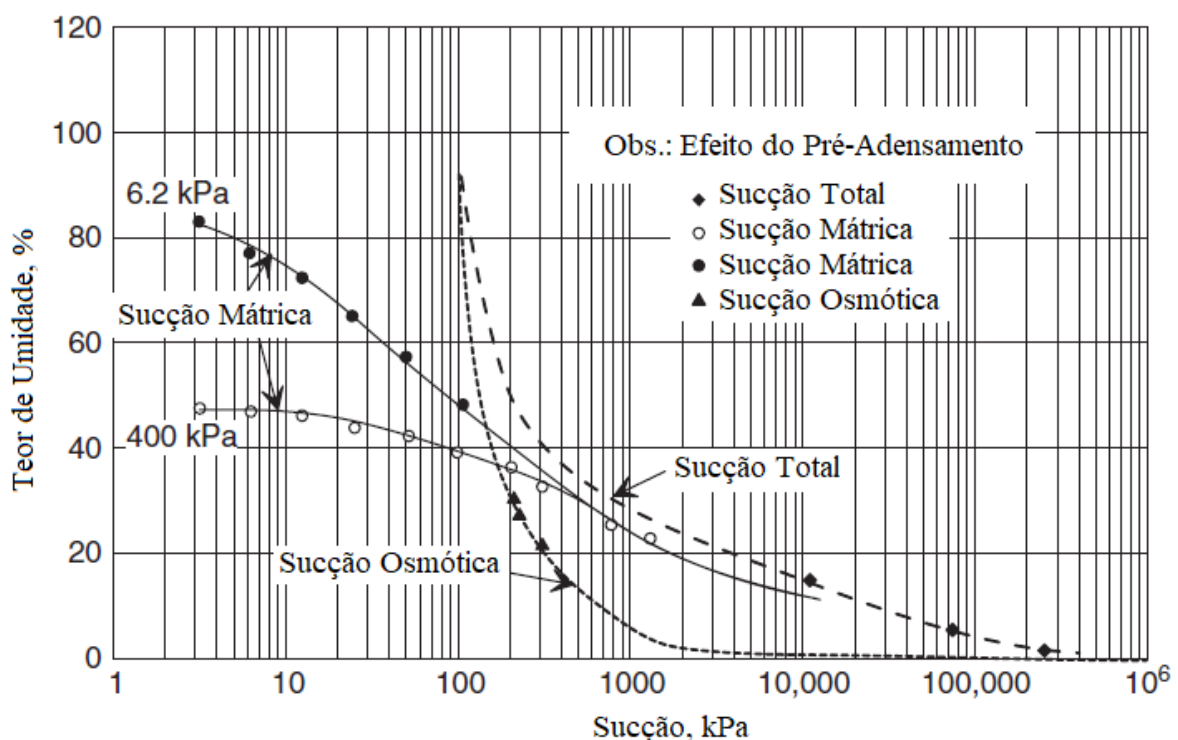


Figura 2.3. Componentes de Sucção do Solo (modificado – Fredlund *et al.*, 2012).

Por fim, um último fator não considerado na maioria dos modelos de previsão da CCSA, é histerese da curva característica (Figura 2.4a). As CCSA's podem ser determinadas através de trajetórias de secagem e umedecimento do solo, em que ambas são diferentes e, em muitos casos, é necessário diferenciar as propriedades do solo relacionadas a estas curvas. Segundo Tuller e Or (2003), a histerese na curva característica pode estar relacionada a diversos fenômenos, incluindo: i) os diferentes ângulos de contato líquido-sólido para avanço e recuo de meniscos de água (Figura 2.4b); ii) efeito do “gargalo da garrafa” resultante da não uniformidade na forma e tamanho dos poros, em que a secagem é governada pelo menor raio

do poro  $r$ , e a molhabilidade é dependente do maior raio  $R$  (Figura 2.4c); iii) ar aprisionado em um solo recém umedecido; e iv) expansão e contração do solo sob umedecimento e secagem. O papel de cada um desses fatores são assuntos de bastante discussão no meio geotécnico e devem ser levados em consideração ao se desenvolver um modelo de previsão de CCSA.

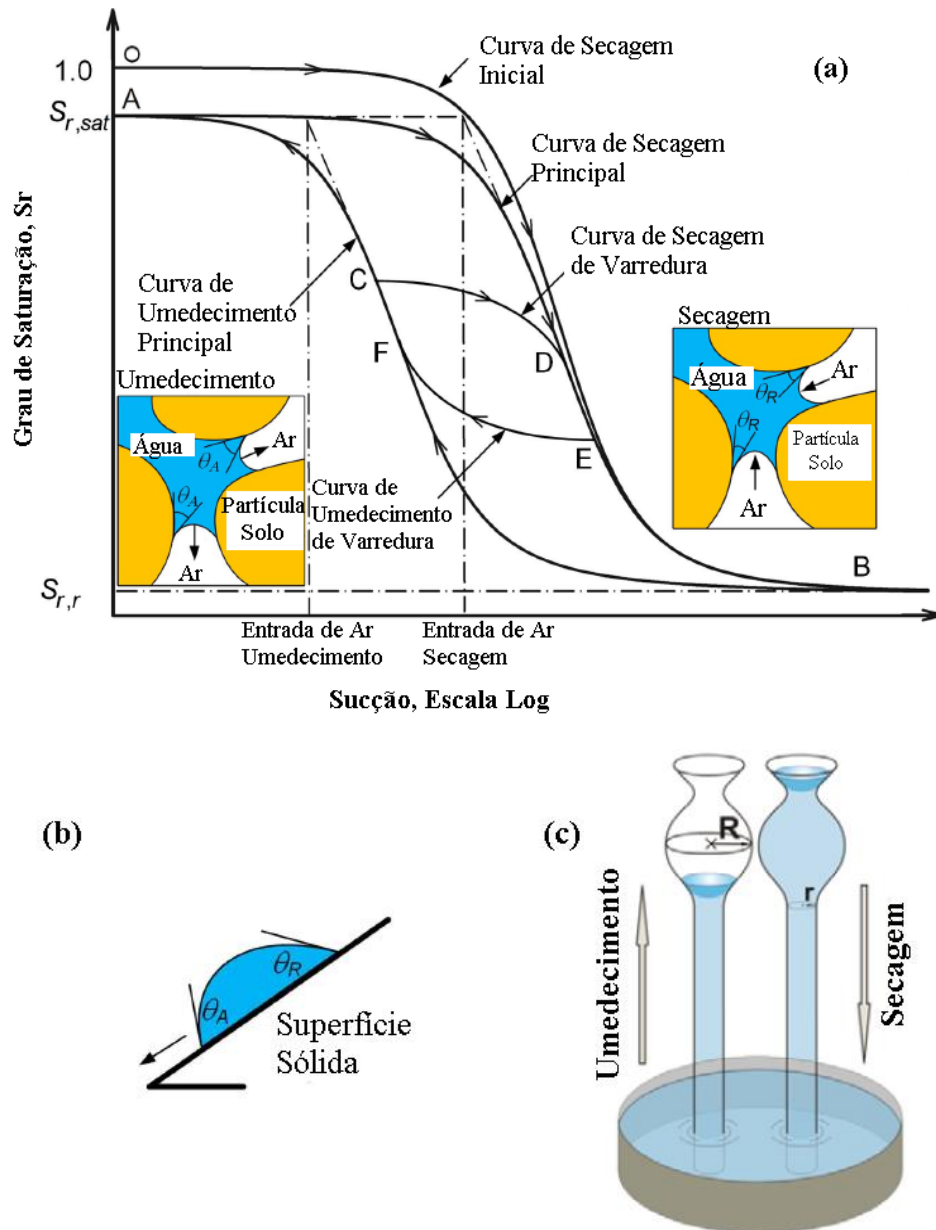


Figura 2.4. (a) Esboço Conceitual Mostrando a Histerese da CCSA; (b) Efeito do Ângulo de Contato; (c) Efeito do "Gargalo da Garrafa" (modificado Tuller e Or 2003 e Han *et al.* 2019).



## 2.1 RETENÇÃO DE ÁGUA EM SOLOS TROPICAIS

Quando tratamos de solos de regiões de clima tropical deve ser utilizado os conceitos para solos não saturados. Esses conceitos devem considerar características específicas do comportamento destes solos, mais especificamente aquelas relacionadas às propriedades físicas e químico-mineralógica dos solos, sua estrutura e possíveis efeitos de compactação (ou pré-adensamento), em que os dois últimos temas estão relacionados à porosidade destes materiais. Portanto, os tópicos a seguir buscam descrever um pouco sobre esses conceitos voltados a solos de região de clima tropical.

### 2.1.1 *Propriedades Físicas e Químico-Mineralógico dos Perfis de Intemperismo de Solos de Regiões Tropicais*

Os processos de intemperismo podem ser agrupados em processos químicos e físicos, e ambos agem em conjunto (Conciani *et al.* 2015), conforme apresentado na Tabela 2.2. Logo os perfis de intemperismo formados em regiões tropicais dependem de fatores como clima, microclima, geologia, geologia estrutural, hidrogeologia, geomorfologia e condições de drenagem (Camapum de Carvalho e Gitirana Jr., 2021).

Tabela 2.2. Principais processos de intemperismo (Conciani *et al.* 2015).

<b>Químicos</b>	<b>Físicos</b>
Hidrólise	Desagregação
Hidratação	Expansão por alívio de tensão
Oxidação	Crescimento de cristais estranhos à rocha
Carbonatação	Expansão térmica
Quelação	Ação de organismos
Trocas de Bases	

De todos os fatores apresentados anteriormente o clima exerce uma maior influência no intemperismo, especialmente, quando relacionado a umidade relativa do local de estudo, precipitação e temperatura. Em regiões tropicais além de haver mais água disponível para reações químicas e percolação, o calor ajuda a aumentar a quantidade dessas reações que ocorrem (Conciani *et al.* 2015). Portanto o intemperismo influencia diretamente à formação do

solos regiões de clima tropical, não sendo viável analisar suas propriedades físicas, química e mineralógicas de maneira convencional conforme estipulados na mecânica dos solos clássicas.

Segundo Camapum de Carvalho e Gitirana Jr. (2021) as características físicas geralmente consideradas em estudos de solos tropicais, são: i) peso específico dos grãos; ii) distribuição granulométrica; iii) estrutura dos poros; iv) limites de Atterberg; v) porosidade; e vi) teor de umidade gravimétrica, a seguir são apresentadas algumas considerações levantadas pelos autores:

- “O peso específico das partículas corresponde à composição químico-mineralógica do solo. Esta associação é particularmente relevante em solos tropicais profundamente intemperizados (isto é, solos lateríticos) e deve considerar sua textura. O peso específico das partículas também muda com o nível de hidratação dos minerais argilosos expansivos, que geralmente estão presentes em solos tropicais levemente intemperizados (isto é, solos saprolíticos). Deve-se levar em conta também que agregados e microagregados presentes em solos tropicais profundamente intemperizados possuem poros internos que não estão ligados ao ambiente externo, gerando assim uma diminuição no valor do peso específico das partículas. Além disso, o conceito de peso específico “aparente” das partículas é útil na interpretação do comportamento de solos profundamente intemperizados contendo vazios no interior dos agregados, incluindo sua CCSA e seu comportamento hidromecânico geral.”
- “Informações importantes sobre as características estruturais dos solos tropicais que afetam seu comportamento podem ser obtidas a partir da distribuição granulométrica. As metodologias de análise granulométrica e a interpretação dos resultados devem considerar o uso do solo, sucções e dinâmica temporal. Por esta razão, as análises granulométricas de solos tropicais devem sempre incluir ensaios com e sem uso de ultrassom e/ou defloculantes e o tipo de preparo da amostra em estudo.”
- “Os Limites de Atterberg dos solos tropicais são fortemente afetados pelo estado de agregação do solo, composição química e mineralogia. Os autores mostram que dependendo da estabilidade dos agregados, pode ocorrer alguma alteração volumétrica no solo.”
- “O estudo e análise das propriedades e comportamento dos solos tropicais requerem a consideração da porosidade efetiva e do teor de umidade efetiva, pois estes são os parâmetros efetivos que definem o comportamento hidromecânico do solo. O índice de vazios ( $e$ ) e o teor de umidade global ( $w$ ) são baseados no peso e volume de sólidos

secos a 105 °C. O índice de vazios efetivo ( $e'$ ) e o teor de umidade efetivo ( $w'$ ) podem ser calculados seguindo: a) para solos com agregações, devem ser considerados apenas os vazios interagregados e o teor de umidade. Dependendo do teor de umidade e sucção, os agregados podem ser considerados saturados e a água neles contida pode ser incorporada no peso e volume dos sólidos; b) para os argilominerais ativos, deve-se excluir o volume de vazios e o teor de umidade correspondente à água de hidratação, reduzindo assim suas densidades.”

Portanto as análises apresentadas por Camapum de Carvalho e Gitirana Jr. (2021) mostram que a determinação das propriedades físicas de solos de regiões tropicais, muitas das vezes não podem ser determinadas como estipuladas em normativas brasileiras e necessitam de avaliações específicas para compreender fenômenos intrínsecos a esses solos.

Além de acelerar o processo de intemperismo, ambientes quentes e úmido aceleram a dissolução química dos minerais de silicato formadores de rocha, a formação de novos minerais e a decomposição da matéria orgânica. Os íons solúveis são carregados por lixiviação, enquanto pequenas partículas são eluviadas por lavagem física. Além disso, a lixiviação devido a agentes quelantes como os ácidos húmicos, no entanto, é rara, pois o acúmulo de compostos ácidos devido a lenta decomposição da vegetação é restrito. Como consequência, geralmente, as bases (potássio, sódio, cálcio, magnésio) e a sílica são lixiviadas e redepositados mais abaixo no perfil do solo, enquanto o ferro e o alumínio permanecem insolúveis à medida que a decomposição ocorre em condições quase neutras abaixo da profundidade de agentes quelantes ácidos confinados mais perto da pequena cobertura de húmus superficial (Huat *et al.* 2013).

Uma série de processos de intemperismo e reações químicas resultam em produtos de decomposição, como minerais argilosos (caulinita, esmectita, illita, montmorilonita), outros filossilicatos (mica, clorito e muscovita), além do acúmulo de materiais residuais como óxidos, hidróxidos e sílica livre. De acordo com Huat *et al.* (2013) esse processo também é chamado de ferralização, termo que indica a importância da presença de ferro insolúvel, muitas vezes responsável pela cor avermelhada do solo. O quartzo, outro mineral comum no solo, é resistente ao ataque químico e, portanto, é resistente aos processos de intemperismo. Os minerais secundários que resultam de minerais primários no intemperismo dependem das condições climáticas, e a Figura 2.5 mostra a sequência de alteração associadas à precipitação e a subsequente lixiviação, mostrando o desenvolvimento progressivo de diferentes argilas e óxidos.

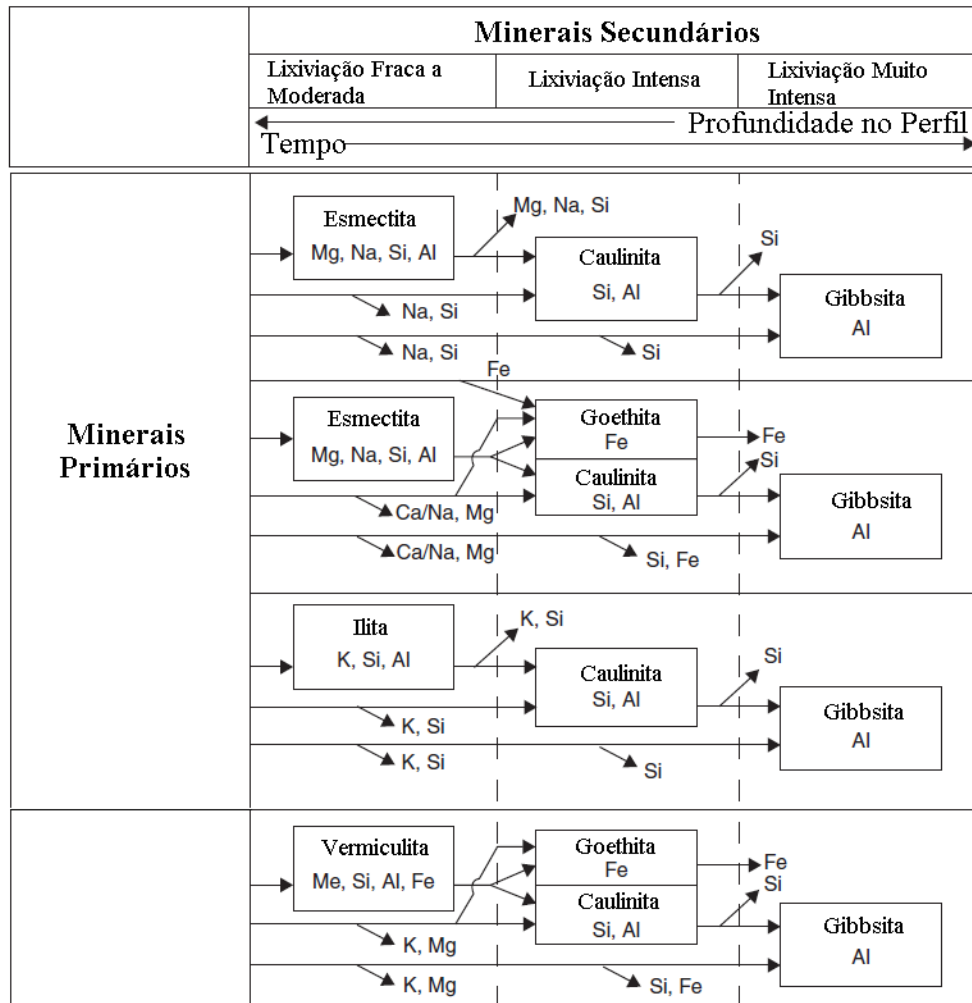


Figura 2.5. Tipos de Minerais Argiloso e Intensidade de Lixiviação (modificado Huat *et al.* 2013).

Um exemplo típico e bastante estudado no meio geotécnico refere-se ao perfil de intemperismo tropical do Distrito Federal, Brasil, mais especificamente o campus experimental do programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília. A Figura 2.6 apresenta a composição mineralógica do perfil da UnB e tal estudo foi realizado por Rodrigues (2017). Segundo Camapum de Carvalho e Gitirana Jr. (2021) o teor de gibbsita, que é maior próximo à superfície do solo, permanece constante entre 2 m e 4 m de profundidade e depois diminui com a profundidade e o comportamento oposto é observado para a caulinita. A caulinita, neste caso, é provavelmente originada do intemperismo da muscovita. Deve-se notar que em solos sedimentares recentemente depositados, formados por processos erosivos atuantes em solos tropicais intemperizados que se formaram ao longo de séculos e milênios, o perfil mineralógico mostrado na Figura 2.6 é geralmente invertido. Os autores discorrem também sobre a grande similaridade entre o teor de quartzo e gibbsita, ao longo de todo o perfil. Na condição neoformada, o quartzo está presente em quantidades significativas no interior das agregações,

como observado nas lateritas do Distrito Federal. Os minerais presentes no solo nessas condições não influenciam o comportamento hidromecânico do solo, o que relativiza a importância da composição mineralógica no estudo do comportamento de solos tropicais não saturados e na definição da própria curva característica solo-água.

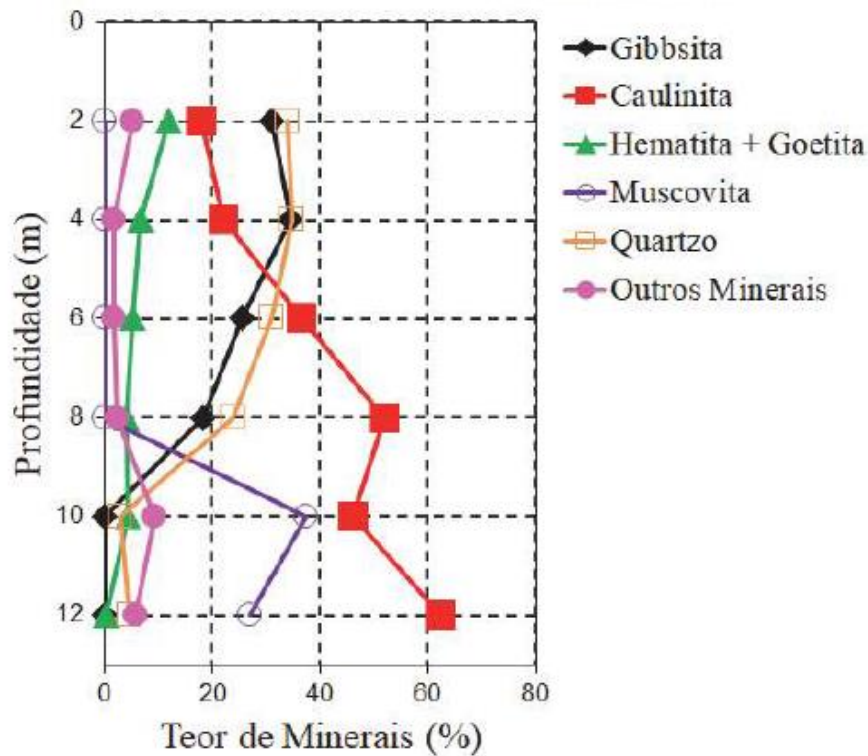


Figura 2.6. Mineralogia do Perfil do Campus Experimental da Universidade de Brasília (Rodrigues, 2017).

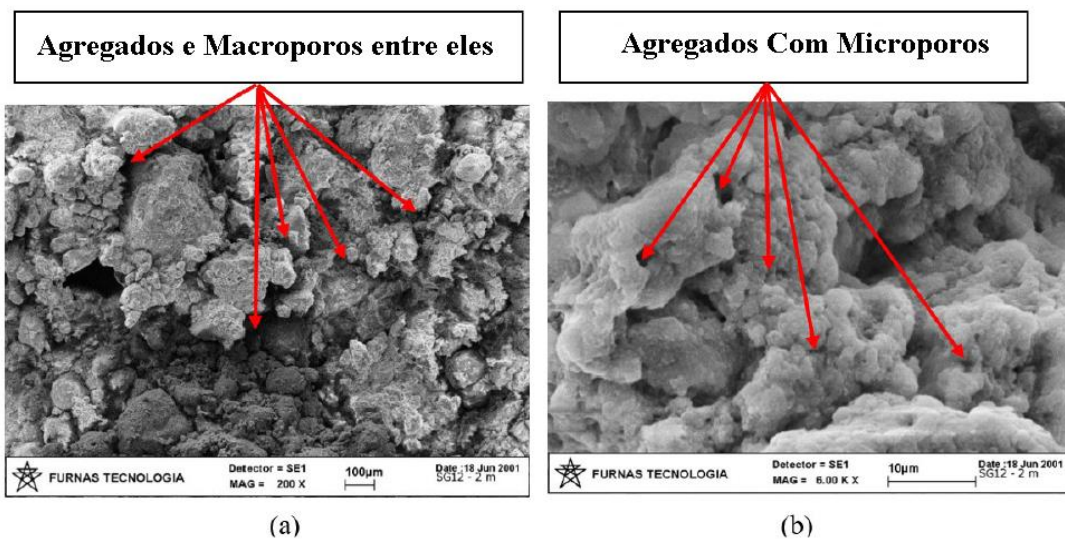
Por fim, de acordo com Camapum de Carvalho *et al.* (2015), os minerais mais granulares e menos ativos, como o quartzo, a retenção de água assume natureza predominantemente física, dando origem ao denominado efeito capilar. Já nos minerais menores e mais ativos, como os argilominerais, de um modo geral, a retenção de água assume natureza predominantemente química, com energia de adsorção significativa, o que dá origem à sucção propriamente dita. Nos solos de um modo geral, coexistem os efeitos capilar e de sucção, sendo ambos os termos frequentemente adotados indistintamente, embora, saber distingui-los assume muitas vezes grande relevância.

Os fatores discutidos ao longo deste tópico não são considerados em modelos de previsão da curva característica e são conceitos muito importantes. Talvez por essa conceituação conter muitas variáveis, ainda deva ser mais bem avaliado e estudado como essas informações entrarão em modelos preditivos futuros.

### 2.1.2 Estrutura dos Solos Tropicais

O comportamento hidromecânico dos solos, seja no estado saturado, seja no estado não saturado, está diretamente associado à composição químico-mineralógica e às características estruturais que apresentam (Camapum de Carvalho *et al.*, 2015). Neste tópico então será abordado questões relacionadas a aspectos estruturais dos solos tropicais.

A seguir será apresentado microestruturas típicas de perfis de solos submetidos ao processo de intemperismo tropical, em que tal exemplo refere-se ao Campus Experimental da Universidade de Brasília. O estudo é apresentado em Camapum de Carvalho e Gitirana Jr. (2021). Nas Figura 2.7 (a, b, c) são ilustradas as microestruturas de um solo profundamente intemperizado, de um solo com grau intermediário de intemperismo (Figura 2.7d) e de um solo levemente intemperizado (Figura 2.7e, f). Segundo os autores o que se pode observar na Figura 2.7(a), o solo coletado mais superficialmente a 2m de profundidade, existe a predominância de agregados com macroporos entre eles, e esses agregados possuem microporos como apresentado nas Figura 2.7(b, c). A 5m de profundidade (Figura 2.7c) é possível observar que os agregados ainda estão presentes mais em menor quantidade. No solo de transição (Figura 2.7d) a 8m de profundidade, os agregados diminuem de tamanho e são encontradas partículas independentes e minerais primários. A 10 e 12m de profundidade (Figura 2.7e, f) refere-se ao horizonte de solo levemente intemperizado, pois é possível verificar a presença de pacotes de argila e até mesmo frações mais significativas de minerais primários.





expulsando o ar que ocupa os poros. No entanto, esse processo não consegue eliminar todo o ar presente, permanecendo bolhas de ar ocluso no interior da massa de solo, o que confere ao material um estado de não saturação (QUEIROZ, 2015). Portanto, a compactação de solos tropicais requer o entendimento do comportamento não saturado e saturado.

Segundo Morais *et al.* (2021), modelar o comportamento da argila é uma tarefa desafiadora porque muitas das características microscópicas ainda são desconhecidas, incluindo forças interpartículas e associação de partículas, o que pode explicar os diferentes comportamentos da argila quando submetida a cargas hidromecânicas. Os autores usaram amostras de caulinita em seu estudo, compactadas a altas tensões verticais e com auxílio de ensaios de granulometria a laser investigaram a aglomeração das partículas do material. Eles concluíram que a associação de partículas formando agregações na amostra ocorre devido a forças de van der Waals, e isso foi inferido principalmente a partir da observação de que a agregação ocorreu mesmo quando as amostras compactadas foram preparadas com solução dispersante (que transforma as forças coulômbicas atrativas em repulsivas).

Portanto, dadas as particularidades dos solos tropicais, Camapum de Carvalho e Gitirana Jr. (2021) abordam alguns pontos que merecem destaque ao referir a compactação destes materiais:

- “Devido à presença de diferentes níveis de agregação e estabilidade de agregados, solos profundamente intemperizados podem apresentar curvas de compactação com dois picos de peso específico seco”;
- “A quebra dos agregados durante o processo de compactação afeta a distribuição e estrutura dos poros, as CCSAs resultantes e as sucções que atuam no solo e o peso específico seco do material”;
- “Em solos profundamente intemperizados (isto é, solos lateríticos), onde o teor de umidade de compactação preenche parcialmente os macroporos, a sucção é relativamente pequena. Como resultado, observa-se pouco efeito da sucção na compactação e comportamento mecânico do solo”.
- “Em solos levemente intemperizados (isto é, solos saprolíticos), as CCSAs são geralmente unimodais. A influência da sucção no processo de compactação e no comportamento do solo dependerá do tamanho e distribuição dos poros”.
- “A teoria de Lambe sobre a influência do teor de umidade e da energia de compactação na estrutura do solo só se aplica a solos saprolíticos. A orientação das partículas não ocorre em solos agregados tropicais altamente intemperizados”.



Portanto ao estudar a compactação de um solo tropical, deve-se atentar as variações do peso específico das partículas, estabilidade dos agregados e expansão estrutural e/ou mineralógica do solo.

#### 2.1.4 Classificação e Modelos de Ajustes de Dados Experimentais

Os solos são tipicamente classificados com base em uma propriedade física específica, como por exemplo sua textura. Um dos sistemas mais utilizados para classificação dos solos é a Classificação do *United States Department of Agriculture* (USDA, 1999), que classifica os materiais com base em sua textura.

O USDA (1999) define 13 principais classificações de textura do solo (areia, areia franca, franco arenosa, franca, franco siltosa, silte, franco argiloso arenosa, franco argilosa, franco argilo siltosa, argilo arenosa, argila, argilo siltosa e muito argilosa). Segundo este departamento, as texturas do solo são classificadas pelas frações de areia, silte e argila do material, e as classificações são tipicamente definidas pelo tamanho de partícula do primária ou uma combinação dos tamanhos de partículas mais abundantes.

Para agrupar essa quantidade de classificação do solo, o USDA (1999) definiu o triângulo textural do material no qual é baseado no tamanho do grão, que é a distribuição de areia, silte e argila em um solo, conforme apresentado na Figura 2.8. E segundo este departamento, os seguintes limites para delimitações das faixas granulométricas dos materiais são:

- Argila a Silte: diâmetro das partículas menores que 0,002 mm;
- Silte a Areia: diâmetro das partículas entre 0,002 e 0,05 mm;
- Areia e Pedregulhos: diâmetro das partículas entre 0,05 e 2,0 mm;
- Pedregulhos e Cascalhos: diâmetro das partículas entre 2,0 mm e 76,2 mm.

A utilização da terminologia Franco nas classificações dos solos ainda é pouco conceituada no meio geotécnico. Observa-se na literatura brasileira o uso dos termos franco e lemo, enquanto na literatura de origem inglesa utiliza-se o termo *loam*, representativo do mesmo material. Leme (1997) define a terminologia *loam* como sendo termo genérico aplicado a solos férteis, contendo matéria orgânica e constituídos por areia, silte e argila, sendo muitas das vezes denominado *TOPSOIL*, isto é, solo superficial. Portanto, nesta dissertação utiliza-se ambas as terminologias: franco (origem brasileira) e loam (origem inglesa), lembrando que se refere ao mesmo material.

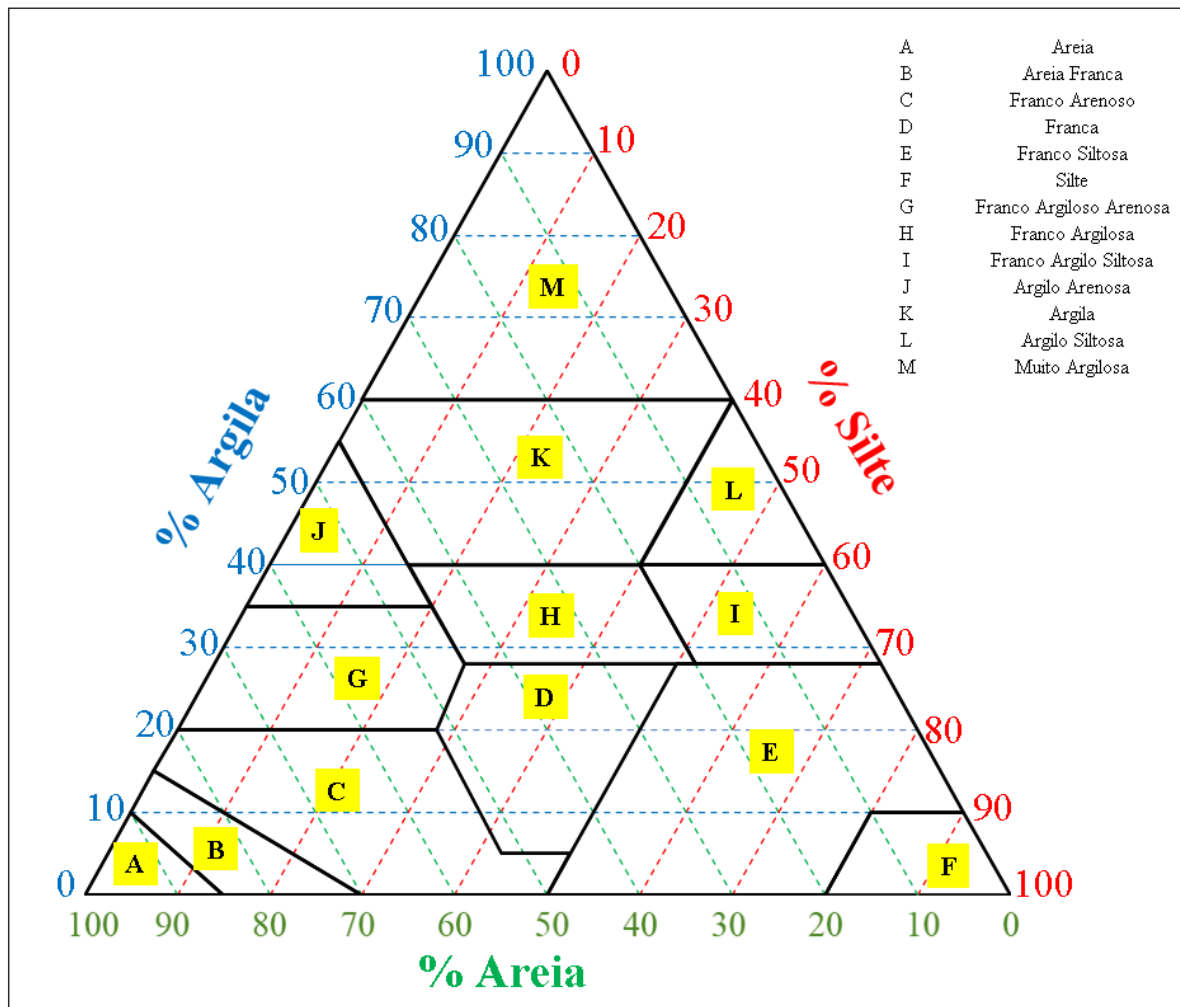


Figura 2.8. Triângulo Textural de Solos (modificado USDA, 1999).

Dois modelos apresentados na literatura geotécnica são comumente utilizados para ajustar os dados experimentais obtidos em laboratório. O primeiro modelo, proposto por Fredlund *et al.* (2000), ajusta os dados experimentais da curva granulométrica. Enquanto o segundo modelo, proposto por Gitirana Junior e Fredlund (2004), ajusta os dados experimentais da curva característica. Um breve resumo de tais modelos será apresentado a seguir, e as formulações matemáticas podem ser encontradas nos modelos.

Fredlund *et al.* (2000), propuseram duas formulações matemáticas para representar curvas de distribuição granulométrica do solo, a saber, uma forma unimodal (Figura 2.9a) e uma forma bimodal (Figura 2.9b). Os autores modificaram o modelo originalmente proposto por Fredlund e Xing (1994). As equações propostas no modelo de ajuste representam com precisão solo uniforme e bem graduado, bem como solo gradualmente descontínuo. De acordo com Fredlund *et al.* (2000), a curva granulométrica pode ser vista como tamanhos de partícula incrementais do menor ao maior, e, portanto, uma vez que toda a curva granulométrica é

analisada de forma incremental, técnicas de sobreposição podem ser usadas para combinar as CCSAs individuais e fornecer a CCSA para todo o solo.

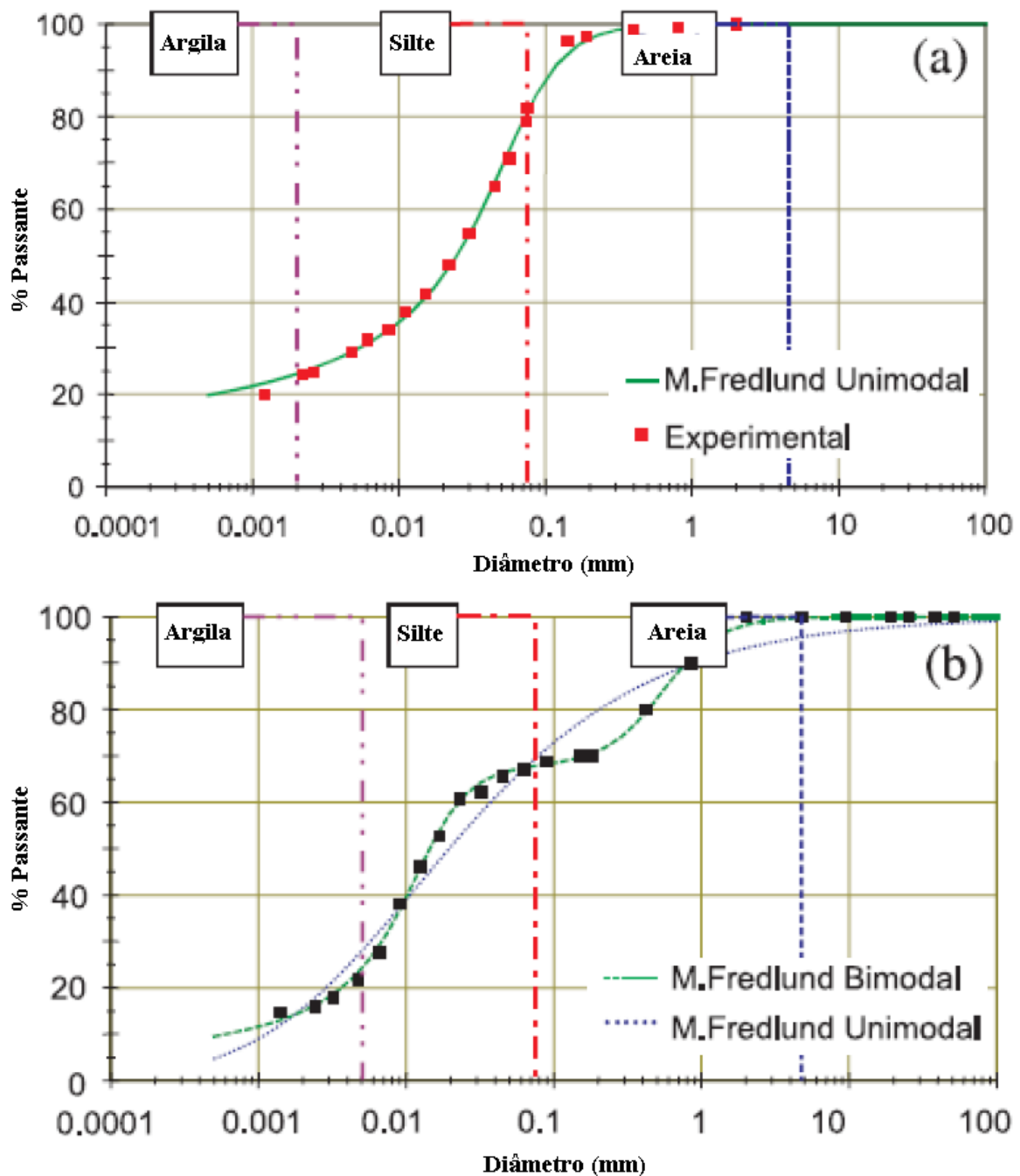


Figura 2.9. Modelo de Ajuste da Curva Granulométrica: (a) Unimodal e (b) Bimodal (modificado – Fredlund *et al.* 2000).

Gitirana Junior e Fredlund (2004) propuseram uma equação com parâmetros físicos independentes para a curva característica. A equação é uma combinação de duas hipérbolas rotacionadas e transladadas. Três tipos de equações foram propostos para se adequar às várias formas de uma curva característica:

- Uma equação unimodal com um ponto de flexão (Figura 2.10a);
- Uma equação unimodal com dois pontos de flexão (Figura 2.10a);
- Uma equação bimodal (Figura 2.10b).

As equações são baseadas na equação hiperbólica geral e os parâmetros da equação são definidos como as coordenadas onde as assíntotas da hipérbole se encontram. Segundo os autores, existe uma relação geométrica consistente entre a forma da curva e os parâmetros da equação.

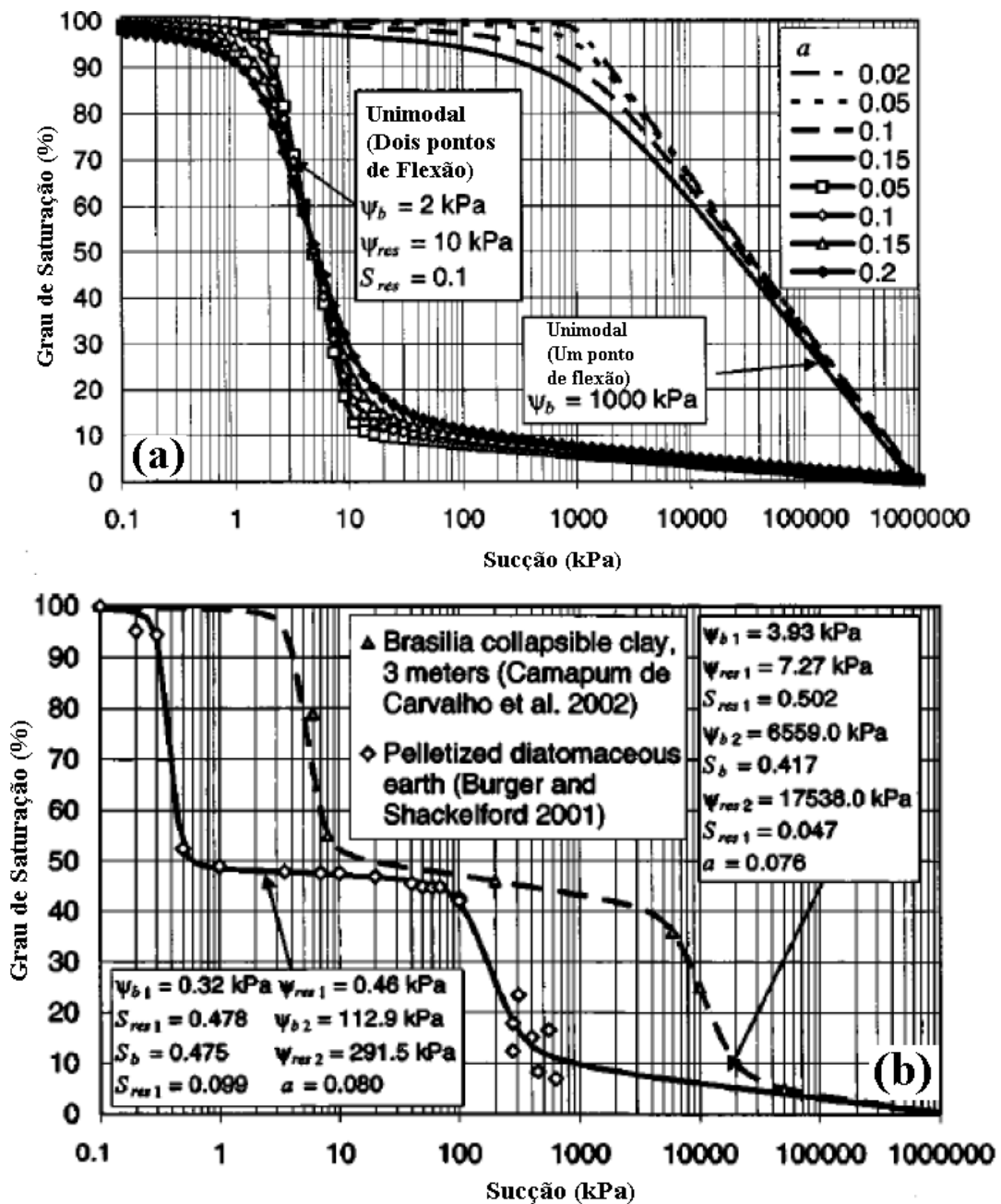


Figura 2.10. Ajuste das Curvas Características: (a) Unimodais e (b) Bimodal (modificado de Gitirana Junior e Fredlund, 2004).

## 2.2 MODELOS DE PREVISÃO DA CCSA

Esta dissertação aborda quatro modelos físico-empíricos que tentam estimar a CCSA de solos tropicais a partir de análises baseadas em conceitos físicos do solo, que relacionam a distribuição de granulométrica de um material com suas propriedades físicas e distribuição de tamanhos de poros. Os modelos utilizados foram de Arya e Paris (1981), Arya e Dierolf (1989), Aubertin *et al.* (2003), Wang *et al.* (2017).

Antes de adentrar na descrição dos modelos de predição utilizados nesta pesquisa, alguns pontos merecem atenção. O primeiro deles refere-se sobre a influência da distribuição de poros de um solo que reflete em propriedades da CCSA. Em materiais granulares (por exemplo areia) a determinação direta da curva granulométrica do material determina a distribuição de poros do material e, portanto, a CCSA, pois o único fenômeno de retenção de água envolvida é o fenômeno capilar. Para solos argilosos, é mais complexo avaliar a distribuição de poros usando apenas análises granulométricas do material, pois neste caso forças de adsorção, interação entre partículas e outros devem ser levados em consideração na retenção de água (Gitirana Junior *et al.*, 2015).

Segundo Chan e Govindaraju (2003), determinar a geometria do solo é muito complexo. A maioria dos estudos considera geometrias idealizadas, para simplificar as operações matemáticas. Eles usam esferas como os blocos básicos de construção de meios porosos enquanto tentam preservar as propriedades do solo. O empacotamento de esferas uniformes pode ser caótico ou repetitivo, ou seja, geometricamente sistemático, podendo ser estruturas cúbicas ou rômbricas. Segundo os autores, um afastamento significativo da realidade é que essas esferas podem se cruzar formando aglomerados que podem representar agregados de solo. Isso tem duas ramificações significativas: i) se as esferas se sobrepõem leva a uma representação mais realista da geometria das partículas do solo; ii) o espaço dos poros interagregados entraria em colapso se essas esferas não pudessem se cruzar.

Por causa dos fatores elucidados anteriormente, e por causa da semelhança entre a curva característica e a curva granulométrica de qualquer material, os autores de modelos de predição da CCSA utilizam hipóteses simplificadoras para descrever a geometria das partículas e dos poros dos solos, conforme apresentado na Figura 2.11.

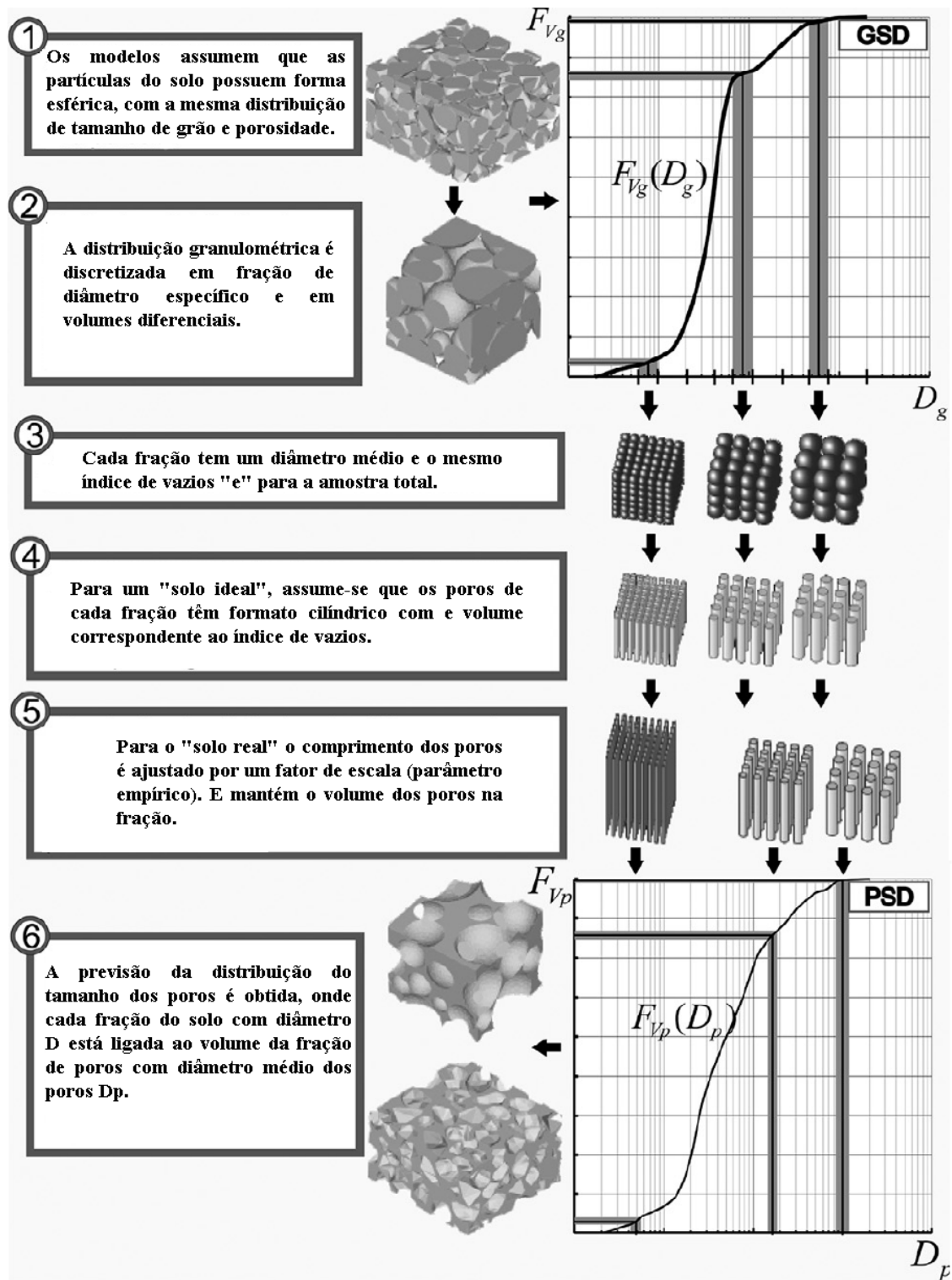


Figura 2.11. Hipóteses Simplificadoras de Modelos de Predição da CCSA (modificado Guereta *et al.* 2021).

Modelos mais rebuscados para representar a geometria dos poros dos solos podem ser vistos em Alves *et al.* (2020). Os autores utilizam o conceito de células unitárias para analisar da escala dos poros e aproximações tridimensionais da geometria. Alves *et al.* (2020) define como célula unitária à menor estrutura que descreve a geometria do solo na escala dos poros,

incluindo todas as fases e seus diversos estados. A célula unitária ideal compartilha as mesmas características e propriedades do material que representa e é utilizada para representar qualquer fração de tamanho de grão individualmente. Uma célula unitária pode ser vista com os seguintes arranjos conforme apresentado na Figura 2.12. As Figura 2.12 (a) - (c) apresentam células unitárias no arranjo mais fofo ( $\sigma = 90^\circ$ ), intermediário ( $\sigma = 75^\circ$ ) e mais compactado ( $\sigma = 60^\circ$ ), respectivamente e as características de armazenamento de água no material (d - i). Segundo os autores a variável é definida como o ângulo de acondicionamento, e esta célula unitária é composta por oito esferas parciais representadas em cinza escuro e é obtida conectando os centros das esferas.

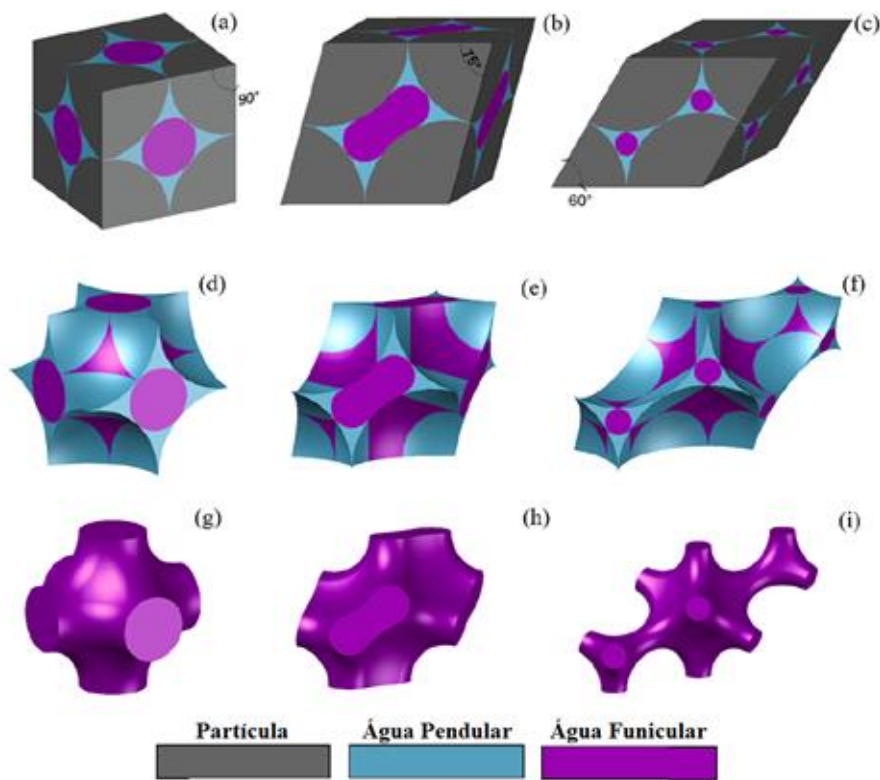


Figura 2.12. Representação das células unitárias: (a) cúbica,  $\sigma = 90^\circ$ ; (b) intermediário,  $\sigma = 75^\circ$ ; (c) romboédrico,  $\sigma = 60^\circ$ ; (d, e, f) armazenamento pendular mais funicular; (g, h, i) armazenamento funicular (modificado Alves *et al.* 2020).

Tal conceituação de células unitárias não é utilizado pelos modelos avaliados nesta dissertação, e foi apresentado como forma de conhecimento que deve ser levado em consideração ao desenvolver um modelo de predição da curva característica. A seguir serão descritos os modelos de previsão utilizados neste trabalho.

### 2.2.1 Modelo de Arya e Paris (1981)

Arya e Paris (1981) apresentaram o primeiro método físico-empírico para estimar a CCSA. O modelo usa informações da curva granulométrica do solo, parâmetro de densidade relativa do solo e densidade das partículas. Segundo os autores, a ideia do modelo proposto vem da observação da similaridade entre a forma de distribuição granulométrica e a CCSA do solo. No entanto, essa similaridade pode não existir dependendo da metodologia utilizada para determinar a curva granulométrica do solo, tópico que será discutido mais adiante nesta dissertação.

O modelo primeiro traduz uma distribuição de tamanho de partícula em uma distribuição de tamanho de poro, e a tarefa principal envolve encontrar o volume de poro e o raio de poro representativo correspondente a cada fração de tamanho de partícula na curva granulométrica do solo. Para tanto, o método considera que a curva granulométrica pode ser dividida em  $n$  frações arbitrárias. Cada fração possui um determinado diâmetro médio do poro e uma respectiva curva característica idealizada, e essa “curva característica ideal” representativa de cada fração é definida pelo seu valor de entrada de ar e por uma drenagem total e abrupta. Conforme cada nova fração é drenada, uma percentagem dos vazios do solo é drenada.

Os autores mostraram que dividindo a curva granulométrica em  $n$  frações, as partículas em cada tamanho acondicionam em um domínio discreto, e quando todos os domínios são somados, o conjunto resultante tem a densidade relativa medida da amostra de estrutura natural. A partir disso, o volume de poros de uma partícula para uma determinada fração de tamanho pode ser calculada da seguinte forma:

$$V_{vi} = \left( \frac{m_{si}}{\rho_s} \right) e \quad (2.1)$$

onde  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $m_{si}$  é a massa das partículas de cada fração, considerando uma quantidade total de massa de solo unitária;  $e$  é o índice de vazios; e  $\rho_s$  é a densidade das partículas. O valor  $m_{si}$  é igual à porcentagem gravimétrica de partículas pertencentes à fração  $i$ , obtida da curva granulométrica ( $m_{si} = P_{i+1} - P_i$ ).

Admite-se a hipótese de que os poros são preenchidos de água de forma progressiva em função do seu tamanho (ou seja, o primeiro tamanho de poro a ser drenado é o maior e assim



consecutivamente, até chegar no menor tamanho de poro) e que a umidade volumétrica do solo, acumulada até a fração n, pode ser obtida da seguinte forma:

$$\theta_{vi} = \sum_{j=1}^i \frac{V_{vj}}{V} = \sum_{j=1}^i V_{vj} \rho_{dry} \quad (2.2)$$

Onde  $V_{vj}$  é o valor obtido pela Eq. 2.1;  $V$  é o volume total de solo da fração ( $V = \Sigma m_{si} / \rho_{dry} = 1 / \rho_{dry}$ ); e  $\rho_{dry}$  é a densidade seca do solo.

A umidade volumétrica referente ao ponto central de cada fração de solo é dada por:

$$\theta_{vi}^* = \frac{(\theta_{vi} + \theta_{vi+1})}{2} \quad (2.3)$$

É necessário determinar a sucção matricial correspondente à cada fração. Para isso, Arya e Paris (1981) consideram que cada fração de solo é formada por  $n_i$  partículas esféricas, resultando em um volume de sólidos,  $V_{si}$ , e volume de vazios,  $V_{vi}$ , expressos pelas seguintes equações.

$$V_{si} = \frac{n_i 4\pi R_i^3}{3} = \frac{m_{si}}{\rho_s} \quad (2.4)$$

$$V_{vi} = \pi r_i^2 h_i = \left( \frac{m_{si}}{\rho_s} \right) e \quad (2.5)$$

Onde  $R_i$  é o raio médio das partículas de cada fração;  $r_i$  é o raio médio dos poros de cada fração e  $h_i$  é o comprimento total do poro.

Os autores recomendam que se iguale o comprimento total do poro ao número de partículas alinhadas ao longo do poro, multiplicado pelo comprimento contribuído por cada partícula. Admitindo-se uma configuração cúbica de esferas idênticas, o comprimento do poro seria  $n_i 2R_i$ . Os autores sugerem a inclusão de um parâmetro empírico  $\alpha$ , para considerar a não esfericidade das partículas, resultando em  $n_i^\alpha 2R_i$ . Os valores de  $n_i$  podem ser obtidos utilizando-se a Eq. 2.4. Com isso, equiparando as Eqs. 2.4 e 2.5, considerando a parcela  $n_i^\alpha 2R_i$ , tem-se:

$$r_i = R_i \sqrt{\frac{4e n_i^{1-\alpha}}{6}} \quad (2.6)$$

Uma vez que os raios dos poros são obtidos, a pressão de água no solo equivalente (ou sucção) pode ser obtida a partir da equação de capilaridade:

$$\Psi_i = \frac{2T_s \cos \theta}{\rho_w g r_i} \quad (2.7)$$

onde  $\psi_i$  é a pressão da água no solo,  $T_s$  é a tensão superficial da água,  $\theta$  é o ângulo de contato,  $\rho_w$  é a densidade da água,  $g$  é a aceleração da gravidade, e  $r_i$  é o raio dos poros. A tensão superficial e a densidade da água dependem da temperatura, enquanto o ângulo de contato pode variar dependendo do teor de matéria orgânica no solo. Arya e Paris (1981) assumiram uma temperatura de 25°C e um ângulo de contato de 0°. Além dessa adoção, diversas hipóteses simplificadoras são adotadas pelo modelo e listadas em Gitirana Jr. e Camapum de Carvalho (2006), são apresentadas a seguir:

- A massa específica do solo é constante e é a mesma para todas as  $n$  frações;
- As partículas de cada fração podem ser consideradas esféricas e com diâmetro igual ao diâmetro médio de cada fração;
- O volume dos poros de cada fração pode ser idealizado como sendo um tubo capilar cilíndrico cujo raio é associado ao raio médio das partículas da fração;
- A equação de capilaridade de Kelvin pode ser aplicada a cada fração;
- Histerese e seus mecanismos geradores não são considerados.

O parâmetro empírico  $\alpha$  foi avaliado por Arya e Paris (1981) para diferentes solos com diferentes texturas e valores entre 1,35 e 1,40 foram encontrados, e na maioria dos casos, seu valor tende a se manter em torno de 1,38. Como forma de conhecimento os materiais que os autores usaram para determinar esses valores de  $\alpha$  foram: i) perfil de um solo *loam*; ii) misturas argilo-siltosas expansiva e areia *loam*. As curvas granulométricas para esses materiais e misturas são mostradas na Figura 2.13.

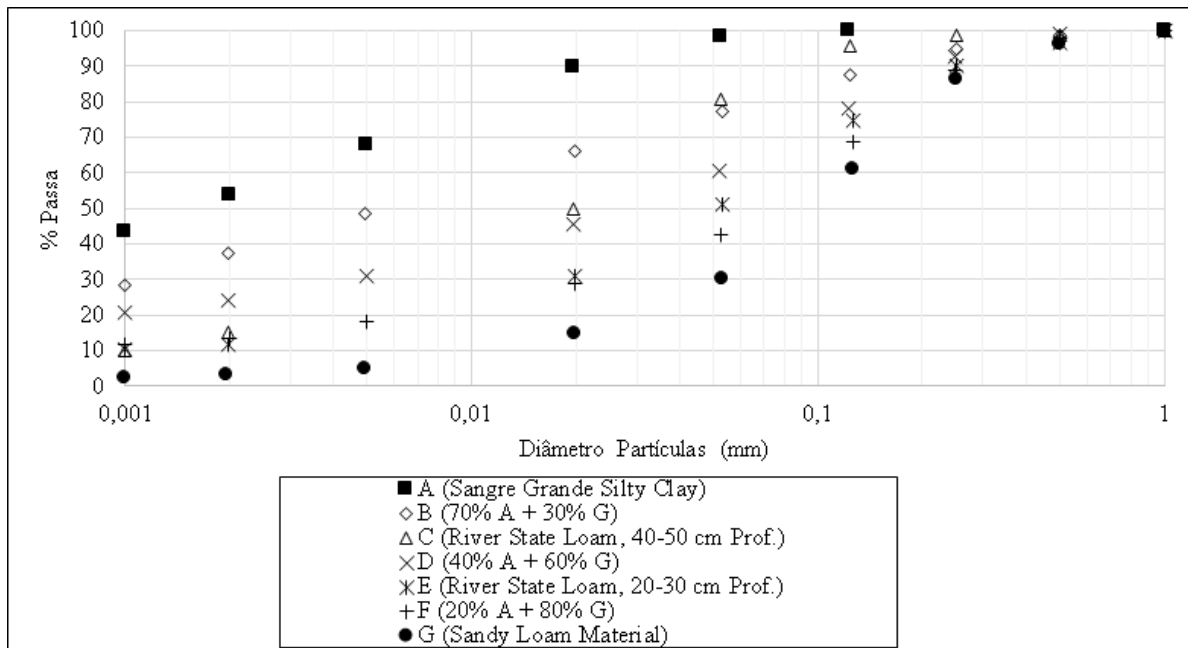


Figura 2.13. Curvas Granulométricas dos Materiais Estudados pelos Autores (modificado de Arya e Paris, 1981).

Os autores retro avaliaram o parâmetro  $\alpha$ . No modelo original de 1981, o valor  $\alpha$  para todas as texturas dos solos avaliados eram constantes (1,38). Posteriormente, em 1999,  $\alpha$  é então definido como  $\alpha_i = (\log N_i / \log n_i)$ , onde  $n_i$  é o número de partículas esféricas na  $i^{\text{th}}$  fração granulométrica, determinada pela fração massa sólida ( $w_i$ ) e raio médio da partícula ( $R_i$ ), e  $N_i$  é o número de partículas esféricas de raio  $R_i$  necessárias para traçar o comprimento de poro gerado pela mesma massa sólida em uma matriz de solo de estrutura natural. A aplicação desta formulação ocorreu em 23 solos com texturas distintas, e os valores de  $\alpha$  obtidos são apresentados na Tabela 2.3 abaixo.

Tabela 2.3. Valores do Parâmetro  $\alpha$  (Arya e Paris, 1999).

Tipo de Solo	Parâmetro $\alpha$
Areia	1,285
Areia Loam	1,459
Loam	1,375
Silte Loam	1,150
Argila	1,160

### 2.2.2 Modelo de Arya e Dierolf (1989)

O modelo de predição da CCSA proposto por Arya e Dierolf (1989) reavalia o modelo original de Arya e Paris (1981). O uso do parâmetro  $\alpha$  como uma potência em  $n_i$  não tinha uma

base física conhecida, exceto que o parâmetro funcionava melhor como uma forma de estimar o comprimento total dos poros. Portanto, a formulação do modelo original que relaciona os raios dos poros aos raios das partículas, foi melhorada, utilizando o parâmetro empírico  $\alpha^*$ , que representa o comprimento de poro efetivo de cada fração, como pode ser visto na seguinte formulação:

$$h_i = n_i \alpha^* \quad (2.8)$$

Em que  $h_i$  é comprimento total do poro e  $n_i$  o número de partículas.

Combinando as Equações 2.4, 2.5 e 2.8, a seguinte equação é obtida para  $r_i$ :

$$r_i = \sqrt{\frac{4eR_i^3}{3\alpha^*}} \quad (2.9)$$

Em que  $r_i$  é o raio do poro,  $R_i$  é o raio da partícula e  $e$  é o índice de vazios.

A Equação 2.9 não tem relação com o número de partículas  $n_i$  e, por isso, os autores sugerem que a sensibilidade do modelo que aplica o valor de  $\alpha^*$  é reduzida quando comparada ao modelo que aplica a variável  $\alpha$ .

O parâmetro  $\alpha^*$  foi avaliado usando os mesmos solos publicados por Arya e Paris (1981). Os valores encontrados pelos autores para o parâmetro  $\alpha^*$  variam entre 0,3 e 1,5 cm, representando a faixa molhada e seca das curvas características para umidade de três solos texturalmente diferentes. Os autores desse método observaram que um valor médio de 0,911 para  $\alpha^*$  produziu excelente concordância entre curvas características medidas e previstas para dois solos diferentes, e para todo o conjunto de dados um valor de 0,938 foi que produziu melhores ajustes. No entanto, a sensibilidade da curva característica prevista para variações no parâmetro  $\alpha^*$ , apresentou-se bastante baixa.

### 2.2.3 Modelo de Aubertin *et al.* (2003)

Aubertin *et al.* (2003) propuseram um conjunto de equações para prever a CCSA do solo. Os autores modificaram o modelo original de Kovács (1981) para definir claramente todos os seus parâmetros de entrada e estendeu sua aplicação a vários meios porosos, incluindo solos com uma granulação mais grosseira e solos com uma granulação fina. O modelo foi desenvolvido apenas para materiais isotrópicos e homogêneos, sob uma trajetória de secagem, e que fatores de influência como microestruturas internas, anisotropia e variações volumétricas não são levados em consideração. Além disso, o modelo proposto assume que a retenção de água resulta do efeito combinado das forças capilares e de adesão.

O modelo original proposto por Kovács (1981) pressupunha uma distinção entre forças capilares e de adesão, que atuam simultaneamente para induzir a sucção. No entanto, este modelo em sua versão original não foi facilmente aplicável às aplicações práticas de engenharia, pois alguns parâmetros-chave necessários para seu uso não foram totalmente definidos. Aubertin et al. (2003) modificaram o modelo original de Kovács (daí o nome Kovács Modificado ou modelo MK), e em 2003 os autores estenderam o modelo MK para aplicação geral em uma variedade de materiais, desde areia grossa até alguns solos finos.

O modelo MK proposto por Aubertin *et al.* (2003) mantém o conceito físico do modelo original desenvolvido por Kovács (1981). Modificações introduzidas pelos autores no modelo são utilizadas para generalizar as funções estatísticas utilizadas para descrever a distribuição do tamanho dos poros do meio presente no componente capilar, e alguns parâmetros constitutivos são mais bem definidos em função das propriedades básicas do solo.

O modelo MK faz uso de um parâmetro definido como a ascensão capilar equivalente,  $h_{co}$ , no meio poroso. Este parâmetro é derivado da conhecida expressão usada para a altura capilar da água ( $h_c$ ) em um tubo capilar de diâmetro  $d$ , e seu valor é dado por:

$$h_c = \frac{4T_s \cos \beta_w}{\gamma_w d} \quad (2.10)$$

onde  $T_s$  é a tensão superficial da água ( $T_s = 0,073$  N/m a  $20$  °C),  $\beta_w$  é o ângulo de contato entre a água e a superfície do tubo ( $\beta_w = 0$  ° para quartzo e vidro), e  $\gamma_w$  é o peso específico da água ( $\gamma_w = 9,8$  kN/m<sup>3</sup> a  $20$  °C).

A Equação 2.10 indica que a elevação capilar é inversamente proporcional ao diâmetro do tubo. Em solos, no entanto, o tamanho dos poros não é uniforme, então  $h_c$  não é facilmente definido com esta equação, logo este sistema de poros foi substituído por um sistema de canais regulares com um diâmetro expresso como o diâmetro de poro hidráulico equivalente,  $d_{eq}$  [L], definido como:

$$d_{eq} = 4 \frac{V_v}{A_v} \quad (2.11)$$

onde  $V_v$  e  $A_v$  são o volume e a área dos vazios, respectivamente. Na prática,  $A_v$  corresponde aproximadamente à área superficial,  $A_G$ , dos grãos sólidos. Relacionando  $A_G$  com a área superficial específica mássica  $S_m$ , a Equação 2.11 pode ser transformada em:

$$d_{eq} = 4 \frac{e}{\rho_s S_m} \quad (2.12)$$

A altura capilar equivalente ( $h_{co}$ ) em um solo é obtido substituindo  $d$  (na Eq. 2.10) por  $d_{eq}$ , e pode, portanto, ser expresso como:

$$h_{co} = \frac{T_s \cos \beta_w}{\gamma_w} \frac{\rho_s S_m}{e} \quad (2.13)$$

Na maioria dos casos práticos, o valor de  $S_m$  não estão prontamente disponíveis para aplicação na Eq. 2.13. Portanto, para solos de granulação grosseira,  $S_m$  pode ser estimada a partir da distribuição do tamanho do grão usando a seguinte expressão (Kovács, 1981):

$$S_m = \frac{\alpha}{\rho_s D_H} \quad (2.14)$$

onde  $\alpha$  é um fator de forma ( $6 \leq \alpha \leq 18$ );  $\alpha = 10$  foi sugerido por Aubertin *et al.* (2003), e  $D_H$  é um diâmetro de partícula equivalente para uma mistura heterogênea. Segundo os autores  $D_H$  para uma mistura heterogênea de partículas representa teoricamente o diâmetro de uma mistura homogênea (com um único tamanho) que possui a mesma  $S_m$  que a heterogênea. A Equação 2.13 pode, portanto, ser reescrita como:

$$h_{co,G} = \frac{T_s \cos \beta_w}{\gamma_w} \frac{\alpha}{e D_H} \quad (2.15)$$

onde o subscrito G representa materiais granulares (baixa plasticidade, baixa coesão).

Para aplicações geotécnicas práticas, o valor de  $D_H$  também pode ser aproximado usando a seguinte função (Aubertin *et al.* 2003):

$$D_H = [1 + 1,17 \log(C_U)] D_{10} \quad (2.16)$$

onde  $D_{10}$  é o diâmetro correspondente a 10% passante na curva granulométrica e  $C_U$  é o coeficiente de uniformidade ( $C_U = D_{60} / D_{10}$ ).

Para o aumento capilar equivalente em solos granulares, a eq. 2.15 é então expressa da seguinte forma:

$$h_{co,G} = \frac{b}{e D_{10}} \quad (2.17)$$

com

$$b = \frac{\alpha T_s \cos \beta_w}{[1,17 \log(C_U) + 1] \gamma_w} \quad (2.17a)$$

Substituindo os valores de  $\alpha = 10$ ,  $T_s = 0,000073$  kN/m,  $\beta_w = 0^\circ$  e  $\gamma_w = 9,8$  kN/m<sup>3</sup>, a equação (2.17a) torna-se:

$$b = \frac{0,75}{1,17 \log(C_U) + 1} \quad (2.17b)$$

Aubertin *et al.* (2003), mostram que para alguns solos coesivos com comportamento plástico, as equações acima não fornecem estimativas confiáveis de  $S_m$  e  $h_{co}$ , particularmente quando o limite de liquidez,  $w_L$  (%), varia entre 30% e 40%. Para esses solos,  $S_m$  é melhor estimado usando a relação com o  $w_L$  do material, e a seguinte expressão empírica é utilizada:

$$S_m = \lambda w_L^\chi \quad (2.18)$$

onde  $\lambda$  e  $\chi$  são parâmetros empíricos do material, e foram estabelecidos que  $\lambda \approx 0,2 \text{ m}^2/\text{g}$  e  $\chi \approx 1,45$  para materiais com  $22 \text{ m}^2/\text{g} \leq S_m \leq 433 \text{ m}^2/\text{g}$  e  $18\% \leq w_L \leq 127\%$ .

Combinando as Eqs. 2.13 e 2.18 obtém-se:

$$h_{co,P} = \frac{\xi}{e} w_L^{1,45} \quad (2.19)$$

onde o subscrito P significa materiais plásticos e o parâmetro  $\xi$  pode ser expresso como:

$$\xi = \frac{T_s \cos \beta_w}{\gamma_w} \lambda \rho_s \quad (2.20a)$$

E com os valores estipulados de  $T_s$ ,  $\beta_w$ ,  $\gamma_w$ ,  $\lambda$ , a Eq. 2.20a torna-se:

$$\xi = 0,15 \rho_s \quad (2.20b)$$

O modelo MK utiliza o parâmetro  $h_{co}$  como referência para definir a relação entre a quantificação de água no solo,  $S_r$  ou  $\theta$  e a sucção matricial,  $\psi$ . Como já mencionado anteriormente, o modelo original de Kovács (1981) e o modelo MK desenvolvido por Aubertin *et al.* (2003) assumiram que a água é retida por forças capilares, responsáveis pela saturação capilar,  $S_c$ , e por forças de adesão, responsáveis pela saturação por adesão,  $S_a$ . Nesses modelos, esses dois componentes atuam simultaneamente e, portanto, são incluídos nas medições feitas para determinar a relação  $\theta - \psi$ .

A equação que define o componente  $S_c$  é obtida a partir da função de distribuição cumulativa do tamanho dos poros, enquanto a equação  $S_a$  é dada por uma lei de interação de atração do tipo van der Waals entre a superfície do grão e os dipolos de água. O componente  $S_c$  é mais importante em valores de sucção relativamente baixos, enquanto o componente  $S_a$  domina em sucção mais alta quando a maior parte da água capilar foi extraída.

O modelo MK define como sendo o grau de saturação do solo da seguinte forma:

$$S_r = \frac{\theta}{n} = S_c + S_a^*(1 - S_c) \quad (2.21)$$

Aubertin *et al.* (2003) truncam o componente de adesão,  $S_a^*$ , para garantir que o componente não exceda a unidade em baixa sucção ( $0 \leq S_a^* \leq 1$ ), e é expresso como:

$$S_a^* = 1 - \langle 1 - S_a \rangle \quad (2.22)$$

onde  $\langle \rangle$  representa os colchetes de Macauley ( $\langle y \rangle = 0,5(y + |y|)$ ); para  $S_a \geq 1$ ,  $S_a^* = 1$ , e para  $S_a < 1$ ,  $S_a^* = S_a$  (definido abaixo).

As contribuições dos componentes capilares e de adesão para o grau de saturação total são definidas como funções de  $h_{co}$  e  $\psi$  usando Equações 2.23 a 2.25.

$$S_c = 1 - \left[ \left( \frac{h_{co}}{\psi} \right)^2 + 1 \right]^m \exp \left[ -m \left( \frac{h_{co}}{\psi} \right)^2 \right] \quad (2.23)$$

$$S_a = a_c C_\psi \frac{(h_{co}/\psi_n)^{2/3}}{e^{1/3} (\psi/\psi_n)^{1/6}} \quad (2.24)$$

$$C_\psi = 1 - \frac{\ln(1 + \psi/\psi_r)}{\ln(1 + \psi_0/\psi_r)} \quad (2.25)$$

De acordo com Aubertin *et al.* (2003) a Equação 2.23 fornece uma expressão para avaliar  $S_c$  ( $0 \leq S_c \leq 1$ ), uma generalização da equação desenvolvida por Kovács (1981) na qual a função estatística exponencial é expandida para melhor refletir a influência da distribuição do tamanho dos poros através do parâmetro de distribuição  $m$ . Na CCSA, o parâmetro  $m$  afeta o valor de entrada de ar  $\psi_a$  (ou AEV), que teoricamente corresponde à sucção em que os maiores poros começam a drenar, e também a taxa de inclinação além de  $\psi_a$  na faixa capilar (Aubertin *et al.* 2003). Para aplicações práticas, o valor de  $m$ , no modelo MK é expresso em função de propriedades geotécnicas básicas.

A equação 2.24, segundo Aubertin *et al.* (2003) foi baseada nos desenvolvimentos de Kovács (1981), desenvolvida a partir de aproximações usadas na física teórica, em que uma hipérbole de sexta ordem é usada para relacionar a saturação de adesão (devido a película de água adsorvida nas superfícies dos grãos) e à sucção. Nesta equação,  $a_c$  é o coeficiente de adesão (adimensional) e  $\psi_n$  é um parâmetro de normalização introduzido para consistências unitárias ( $\psi_n = 1$  cm quando  $\psi$  é dado em cm, correspondendo a  $\psi_n \approx 10^{-3}$  atmosferas). O parâmetro  $C_\psi$  (Equação 2.25), foi retirado de Fredlund e Xing (1994), em que força o teor de água a zero



quando  $y$  atinge um limite imposto pelo equilíbrio termodinâmico ( $\theta = 0$  em  $\psi = \psi_0 = 10^7$  cm de água, correspondendo aproximadamente ao material totalmente seco). Na equação (2.25),  $\psi_r$  representa a sucção no teor de água residual. Como será mostrado a seguir,  $\psi_r$  também foi definido a partir de propriedades básicas do solo (como é o caso de  $\psi_a$  e  $h_{co}$ ).

A sucção residual  $\psi_r$  introduzida na Equação 2.25, para materiais granulares, foi determinada pela seguinte relação:

$$\psi_r = \frac{0,42}{(eD_H)^{1,26}} \quad (2.26)$$

Os autores também estabeleceram uma relação simples entre  $\psi_r$  e a ascensão capilar equivalente,  $h_{co,G}$ , para materiais granulares:

$$\psi_r = 0,86h_{co,G}^{1,2} \quad (2.27)$$

A sucção residual  $\psi_r$  introduzida na Equação 2.25, para materiais plásticos, foi determinada pela seguinte relação:

$$\psi_r = 0,86 \left( \frac{\xi}{e} \right)^{1,2} w_L^{1,74} \quad (2.28)$$

Vale lembrar que as correlações encontradas nas Equações 2.26 a 2.28 foram determinadas para o banco de dados utilizado pelos autores. Os dados experimentais usados aqui para materiais granulares foram retirados de várias investigações realizadas em areias, sedimentos de baixa plasticidade e rejeitos, além de materiais coesivos plásticos. Uma vez que  $\psi_r$  foi determinado para cada material no banco de dados, os autores definiram os parâmetros restantes ( $a_c$  e  $m$ ) a partir de propriedades geotécnicas básicas.

Para solos granulares, o valor do parâmetro de distribuição de tamanho de poro  $m$  pode ser aproximado pelo inverso do coeficiente de uniformidade:  $m = 1 / C_U$ . E para esses mesmos materiais granulares, os autores mostraram que  $a_c$  pode ser considerado aproximadamente constante, com  $a_c = 0,01$ .

Para solos de granulação fina (coesivos plásticos), os valores  $m$  e  $a_c$  podem ser considerados constantes (com  $m = 3 \times 10^{-5}$  e  $a_c = 7 \times 10^{-4}$ ) nas aplicações preditivas. Nesse caso, a influência da distribuição do tamanho do grão parece ser de alguma forma substituída pelo efeito dominante da atividade de superfície (definida no modelo por meio da dependência  $w_L$ ).

#### 2.2.4 Modelo de Wang et al. (2017)

O método proposto por Wang *et al.* (2017) para prever a CCSA é baseado na suposição de que as partículas são esféricas e que os poros podem ser simplificados como formas cilíndricas. O modelo é baseado no modelo de ajuste da CCSA de van Genuchten (1980). No modelo de van Genuchten, a CCSA é expressa em termos de grau de saturação como apresentando a seguir:

$$S_r = \left( 1 + \left( \frac{\psi}{\alpha} \right)^n \right)^{\frac{1}{n} - 1} \quad (2.29)$$

onde  $\psi$  é a sucção do solo,  $\alpha$  é um parâmetro relacionado ao valor de entrada de ar e  $n$  é um parâmetro relacionado à inclinação da CCSA.

Os autores utilizaram a análise dimensional para propor as seguintes equações para as variáveis  $n$  e  $\alpha$ , do modelo de van Genuchten, e que estão relacionadas a  $D_{60}$  e  $C_U$  dos materiais, respectivamente:

$$n = \frac{C_1}{\log_{10}(C_U)} + 1 \quad (2.30)$$

$$\alpha = \frac{C_2 T_s}{D_{60}} \quad (2.31)$$

onde  $C_1$  e  $C_2$  são parâmetros de ajustes,  $T_s$  é a tensão superficial da água e  $C_U$  o coeficiente de uniformidade do solo, expresso pela relação  $(D_{60}/D_{10})$  retirados da curva granulométrica do solo. Um banco de dados de 78 materiais granulares foi utilizado para estabelecer os parâmetros  $C_1$  e  $C_2$ . Os valores obtidos foram 1,07 e 12,07, respectivamente.

Estes parâmetros básicos da granulometria do solo,  $D_{60}$  e o  $C_U$ , são empregados nestas funções em duas condições idealizadas: i) o cenário de tamanho uniforme de partículas; ii) e a condição extremamente polidispersa das partículas. Os dois cenários extremos considerados pelos autores, são para esclarecer os valores limite do parâmetro  $n$ . O primeiro cenário trata-se de um material granular de tamanho uniforme de partículas. Nesse caso, os poros no meio granular têm uma faixa de tamanho relativamente estreita. Elas podem ser consideradas células unitárias com aberturas conectadas e quando a sucção atinge o valor de entrada de ar governado pelo tamanho da abertura, a maioria das células começa a drenar a água. Isso faz com que a

inclinação da CCSA seja muito acentuada (portanto,  $C_U = 1$  e  $n \rightarrow \infty$ ). O segundo cenário trata do material é extremamente polidisperso. Isso significa que todos os poros são preenchidos com partículas mais finas que tornam o solo muito difícil de dessaturar. Portanto, a inclinação da CCSA será uma forma bastante plana e o valor mínimo do parâmetro  $n$  será reduzido e se aproxima de 1 ( $C_U \rightarrow \infty$  e  $n \rightarrow 1$ ).

#### 2.2.5 *Modelo de Curva Característica de Sucção Transformada*

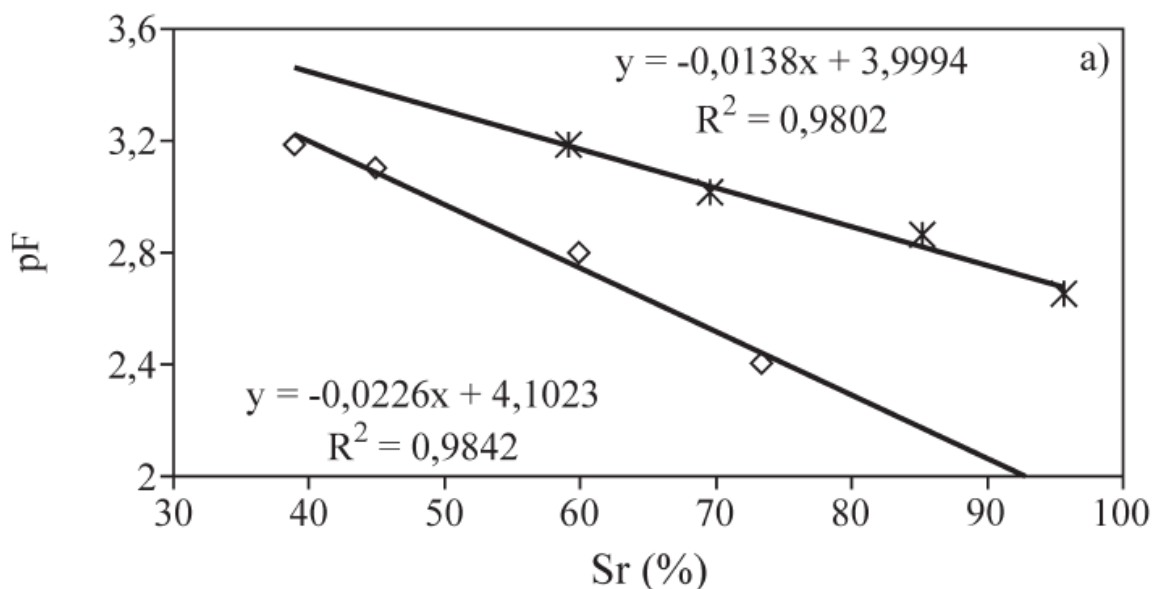
Com o objetivo de promover a pesquisa e o uso de conceitos de solos não saturados em projetos científicos e engenharia, Camapum de Carvalho e Leroueil (2004) desenvolveram um modelo de transformação da CCSA em função do índice de vazios. Para integrar os aspectos físicos (índice de vazios) e químicos (interação da água-mineral, portanto umidade), os autores propõem um método que simplifica a análise do comportamento dos solos não saturadas a partir da definição da CCSA transformada em relação ao índice de vazios. Esta CCSA transformada ajuda a analisar o comportamento de solos não saturados, pois gera uma função de validade generalizada única para mesma distribuição de poros para o solo. Os autores utilizam a unidade pF como opção para representar a sucção da CCSA, que é o logaritmo da sucção em centímetros de coluna d'água. Para avaliar e validar o modelo, este estudo analisou os resultados apresentados na literatura por diferentes autores. Esses resultados são obtidos para solos de diferentes origens nos estados natural e compactado.

Segundo o estudo de Camapum de Carvalho e Leroueil (2004), o mecanismo de intemperismo e acidez do solo tropical é a razão para a formação dos agregados de partículas cimentadas causados pelos óxidos e/ou hidróxidos de alumínio e/ou ferro. O agregado é ligado a outros agregados através dessas mesmas pontes de cimento ou argila, resultando em uma distribuição bimodal de poros. Esses poros são: i) microporos que caracterizam a estrutura interna do agregado; ii) e macroporos são os vazios entre os agregados. Em solos contendo finos, a adição de água durante o processo de compactação pode agrupar as partículas finas e formar grumos. Os grumos são compostos por microporos, e entre eles os macroporos. Esta discussão coloca em evidência a necessidade de se levar em conta a equivalência na distribuição de poros imposta ao solo pela preparação de amostra natural e pela compactação em laboratório e no campo, ao se analisar o comportamento mecânico dos solos compactados não saturados.

Camapum de Carvalho e Leroueil (2004) apresentam uma equação que mostra uma relação direta entre sucção e distribuição de poros. No âmbito do estudo proposto pelos autores, tenta-se lidar com a CCSA mais simples, que é a distribuição de poros bem graduada,

assumindo que para sucções maiores que a correspondente à pressão de entrada de ar, o índice de vazios e a microestrutura do solo permanecem inalterados. No entanto, a eficácia do modelo proposto não se limita a este tipo de curva, mas pode ser aplicada a CCSA obtida para distribuição bimodal de poros.

Os autores mostram que a relação entre pF e saturação ( $S_r$ ) e entre pF e teor de umidade ( $w$ ) segue comportamento semelhante. Em um dado solo, se a densidade dos grãos  $G_s$  é constante, e para o mesmo índice de vazios ( $e$ ), há uma razão constante. Verifica que a curva (pF versus  $S_r$ ) em relação à curva (pF versus  $w$ ) se desloca, multiplicado pelo coeficiente  $G_s/e$ . Ao passar da CCSA (pF versus  $w$ ) para a curva (pF versus  $S_r$ ), o eixo  $w$  é normalizado em relação ao índice de vazios ( $e$ ), mantendo assim a lei de comportamento, ou seja, se é linear continua linear, se for logaritmo continua logaritmo e assim por diante. Observando os índices de vazios de duas amostras do mesmo solo inicialmente diferentes, e quando o índice de vazios não varia mais, o parâmetro  $e_w = eS_r$ , torna-se constante. Portanto, CCSA com distribuição dos poros bem graduada pode, até próximo ao grau de saturação residual do solo, ser expressa pela seguinte fórmula:  $pF_i = a_i \times S_{ri} + b_i$ , onde  $a_i$  é o coeficiente angular de aumento de  $pF_i$  em função das variações do grau de saturação ( $S_{ri}$ ) e  $b_i$  corresponde à pressão de entrada de ar. Multiplicando-se esta equação por índice de vazios “ $e_i$ ” obtém-se a CCSA transformada. A curva representada por esta equação é única para um determinado solo, independentemente do índice de vazios. A análise comparativa mostra que a relação entre o valor experimental e o valor calculado em kPa da sucção apresenta resultados satisfatórios. Alguns exemplos de curvas características transformadas obtidas pelos autores são apresentadas na Figura 2.14.



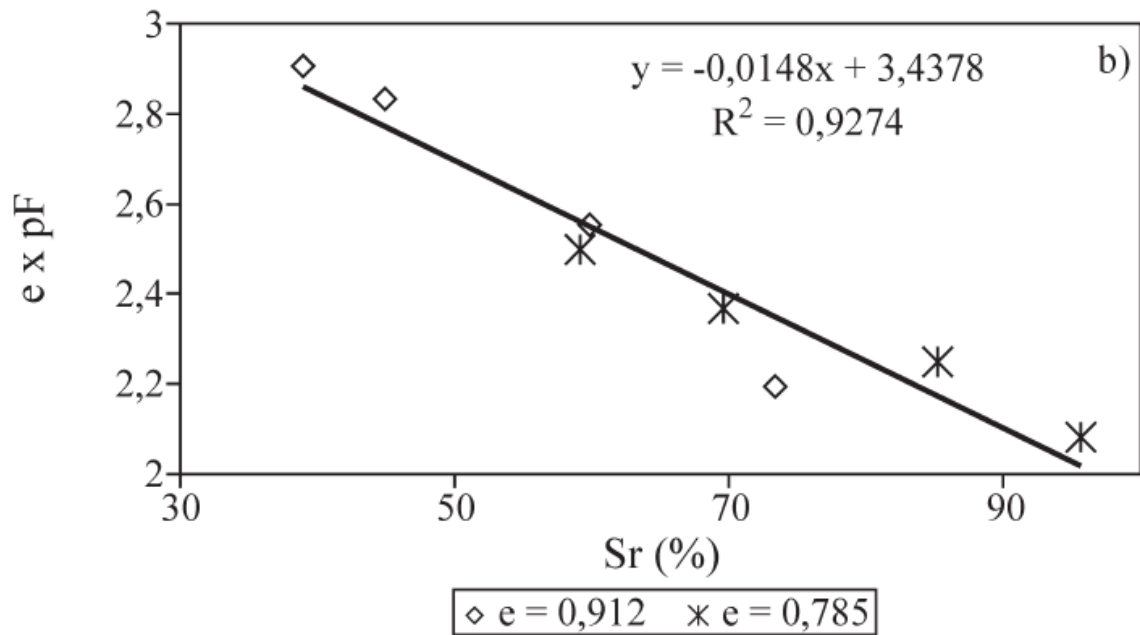


Figura 2.14. Curvas (a)  $pF \times S_r$  e (b)  $e \times pF \times S_r$  (Camapum de Carvalho e Leroueil (2004)).

Portanto, do ponto de vista prático, o modelo de transformação da CCSA proposto é muito importante, pois conhecer a CCSA do solo pode determinar a sucção para diferentes índices de vazios sem medir ou monitorar variações da sucção do solo. À medida que o modelo se afasta da distribuição inicial dos poros, a aplicação torna-se menos precisa. No entanto, pode ser usado como um método aproximado para fornecer precisão satisfatória na ausência de um ensaio mais confiável ou um ensaio que considere as diferentes condições do solo para mudanças na umidade e índice de vazios. Para considerar a sucção fora do domínio representado, o modelo pode ser acoplado às equações propostas na literatura ou estabelecidas em cada caso segundo a forma da CCSA.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo descreverá as premissas usadas para o desenvolvimento do trabalho e uma descrição do banco de dados usado na pesquisa. Os passos a serem seguidos para a realização da pesquisa (discutidos posteriormente) são definidos de acordo com o diagrama mostrado na Figura 3.1.

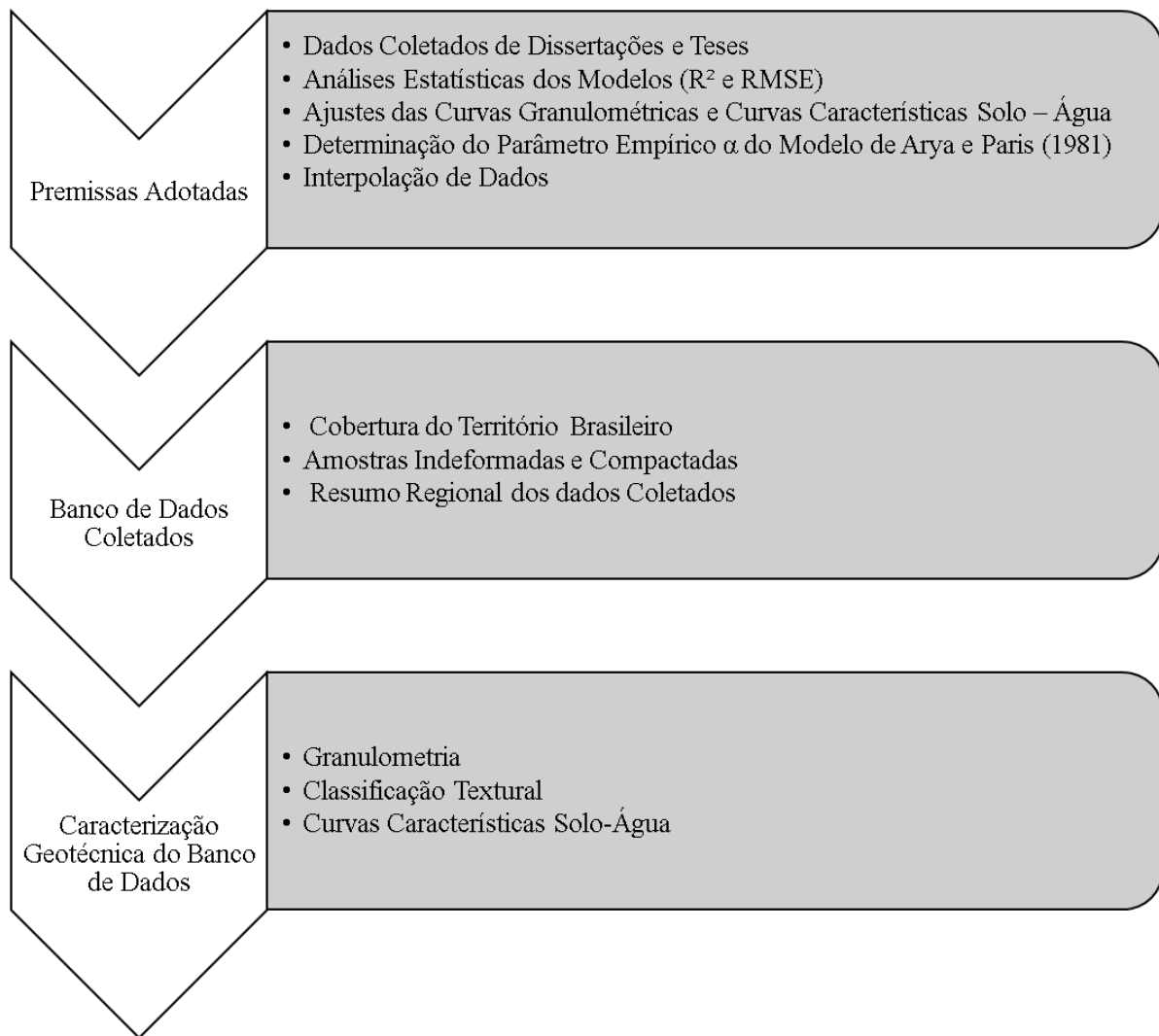


Figura 3.1. Esquema do Desenvolvimento da Pesquisa

#### 3.1 PREMISSAS ADOTADAS

A primeira premissa adotada para o desenvolvimento desta dissertação foi quais trabalhos científicos deveriam ser considerados para a coleta de dados. Foi realizada uma busca e revisão geral das publicações de todos os programas de pós-graduação em geotecnia de todo

o Brasil. Para tanto, foram selecionadas e avaliadas teses e dissertações com temas de solos não saturados e curvas características. Foram coletadas informações apenas de amostras indeformadas e compactadas, portanto não foi objeto desta dissertação avaliar os modelos em solos remoldados em condições especiais e não convencionais, tais como solos remoldados a partir de um estado de lama. Esse critério de escolha ocorre porque as teses e dissertações contêm dados mais completos das características do solo e, portanto, não foram considerados artigos científicos publicados em periódicos e congressos.

A segunda premissa de trabalho refere-se a como medir o desempenho dos modelos de previsões utilizados neste trabalho, ou seja, a comparação entre os dados experimentais coletados da curva característica solo-água e os dados previstos pelos modelos. Para isso, são utilizados dois medidores de aderência:  $R^2$  e RMSE, calculados com base nos desvios entre a umidade medida experimentalmente e a prevista, ao longo da curva. Ao avaliar o desempenho dos modelos de predição, é útil calcular ambos os medidores de aderência.

O  $R^2$  (Coeficiente de Determinação) é uma medida estatística que calcula qual variância que pode ser prevista pelo modelo de regressão linear e, portanto, nos diz o quão próximo as medidas experimentais estão dos valores encontrados pelos modelos de previsão. Matematicamente, o  $R^2$  é calculado usando a seguinte equação:

$$R^2 = 1 - \frac{\text{Variância}_{\text{Residual}}}{\text{Variância}_{\text{Total}}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_i^P)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_i^M)^2} \quad (3.1)$$

Onde:  $y_i$  = representa o valor real experimental,  $y_i^P$  = representa o valor predito e  $y_i^M$  = representa o valor médio das amostras. O  $R^2$  varia de valores negativo até 1. Um valor alto calculado para o  $R^2$ , próximo a 1, é uma indicação de que o modelo se ajusta muito bem aos dados. Entretanto quando o  $R^2$  tem um valor negativo, ou seja, se a linha de regressão for pior do que usar o valor médio, então modelo teve ajustes precários. Um melhor detalhamento referente ao  $R^2$  negativo pode ser encontrado em *Fairly Nerdy* (2019).

O RMSE (Raiz do erro quadrático médio) calcula quão próximos os pontos de dados experimentais reais estão dos valores previstos pelo modelo e é uma medida do desvio padrão dos resíduos. O RMSE é usado para agregar esses resíduos em uma única medida de capacidade preditiva e é calculado usando a seguinte equação:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( y_i^P - y_i \right)^2} \quad (3.2)$$

Onde:  $y_i$  = representa o valor real experimental,  $y_i^P$  = representa o valor predito. Quanto menor o RMSE, melhor o modelo se ajusta a um conjunto de dados.

A terceira premissa deste trabalho refere-se aos ajustes e classificação de todo o banco de dados coletado. A classificação de todos os materiais coletados foi realizada de acordo com sistema de classificação de solos proposto pelo Soil Taxonomy – ST (USDA, 1999), além disso foi utilizado o Triângulo Textural que agrupa os solos em 13 classes texturais. E através do modelo de ajuste proposto por Fredlund *et al.* (2000) todas as curvas granulométricas do banco de dados coletado foram reajustadas (conforme podemos averiguar um exemplo apresentado na Figura 3.2). Além disso, todas as curvas características do banco de dados foram ajustadas com base no modelo proposto por Gitirana Jr. e Fredlund (2004) (conforme podemos averiguar um exemplo apresentado na Figura 3.3).

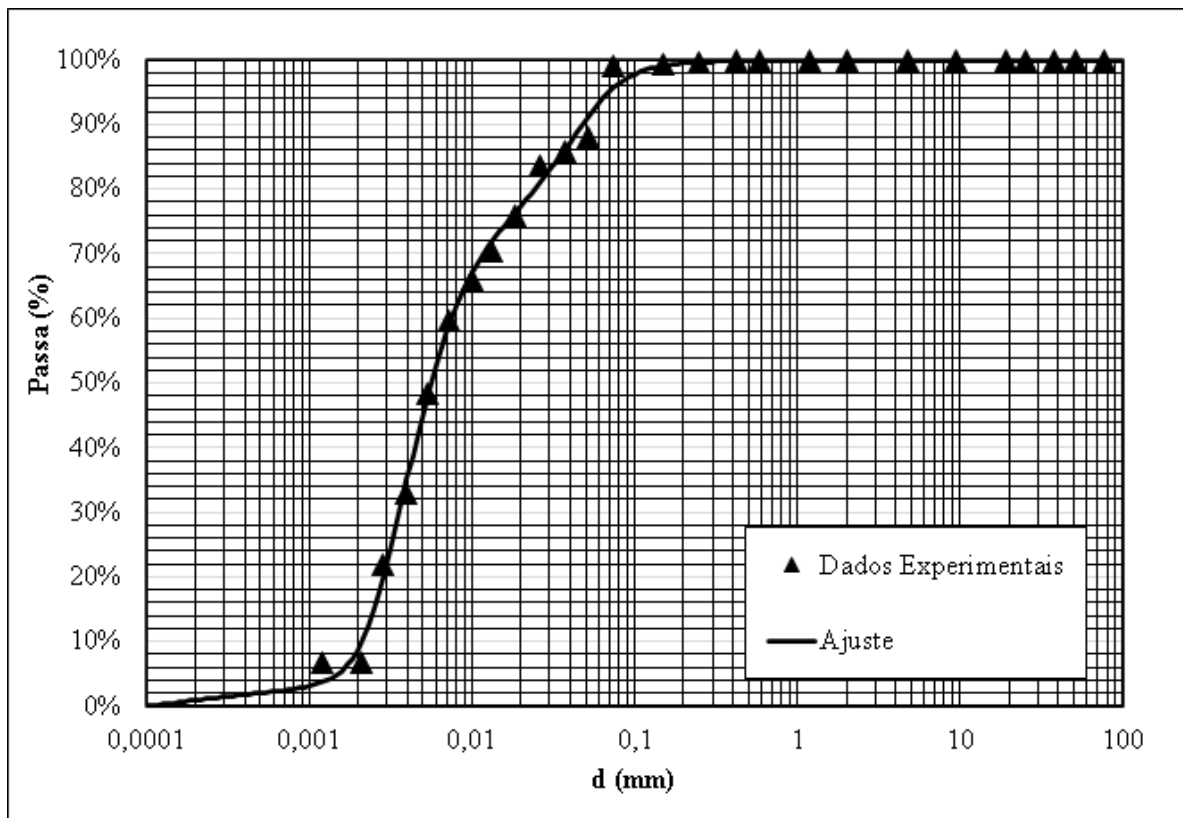


Figura 3.2. Ajuste da Curva Granulométrica Segundo o Modelo Proposto por Fredlund *et al.* (2000).



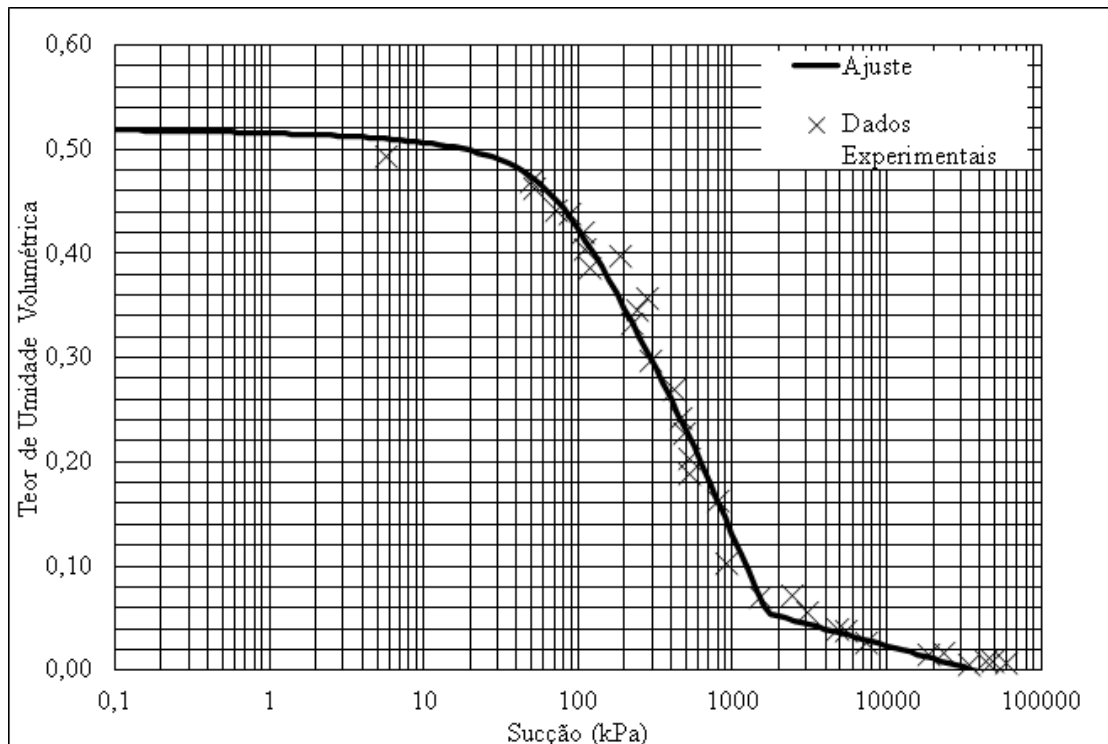


Figura 3.3. Ajuste da Curva Característica Segundo o Modelo Proposto por Gitirana Junior e Fredlund (2004).

A quarta premissa desta dissertação diz respeito à determinação do parâmetro empírico  $\alpha$  utilizado no modelo de Arya e Paris (1981). Como pode ser visto na Tabela 2.3, o parâmetro  $\alpha$  foi estabelecido para os seguintes materiais: Areia ( $\alpha = 1,285$ ), Areia Loam ( $\alpha = 1,459$ ), Loam ( $\alpha = 1,375$ ), Silte Loam ( $\alpha = 1,150$ ) e Argila ( $\alpha = 1,160$ ). Portanto, a escolha de qual parâmetro  $\alpha$  deve ser utilizado, foi determinado através do resumo granulométrico estabelecido pelos Limites USDA. Assim, solos com mais de 50% de areia são considerados  $\alpha$  para material arenoso, solos com cerca de 50% de areia e 50% de material fino (silte e argila) são considerados o  $\alpha$  da areia loam ou loam (avaliava-se o melhor ajuste), solos com alta porcentagem de silte ou argila eram utilizados o  $\alpha$  referente ao silte loam ou a argila respectivamente. A quinta e última premissa desta dissertação refere-se aos modelos de previsão da CCSA proposto por Aubertin *et al.* (2003) e Wang *et al.* (2017). Ambos os modelos têm como parâmetros de entradas dados retirados das curvas granulométricas, como:  $D_{10}$  (diâmetro correspondente a 10% passante na curva granulométrica),  $D_{60}$  (diâmetro correspondente a 60% passante na curva granulométrica) e  $C_U$  (coeficiente de uniformidade, a relação entre o  $D_{60}/D_{10}$ ). Entretanto, na base de dados utilizada, várias curvas granulométricas não apresentaram o parâmetro  $D_{10}$ , principalmente aquelas determinadas com defloculante (ver Figura 3.4). Para resolver este problema e poder aplicar todos os dados nos modelos, é necessário a realização de uma extrapolação dos dados, a partir do ajuste realizado pelo modelo

de Fredlund *et al.* (2000), onde o diâmetro mínimo de todas as amostras é limitado a 0,0001 mm. Essa limitação ocorre porque a menor partícula na classificação USDA é da argila (0,002 mm), portanto, não terá partículas menores após 0,0001 mm.

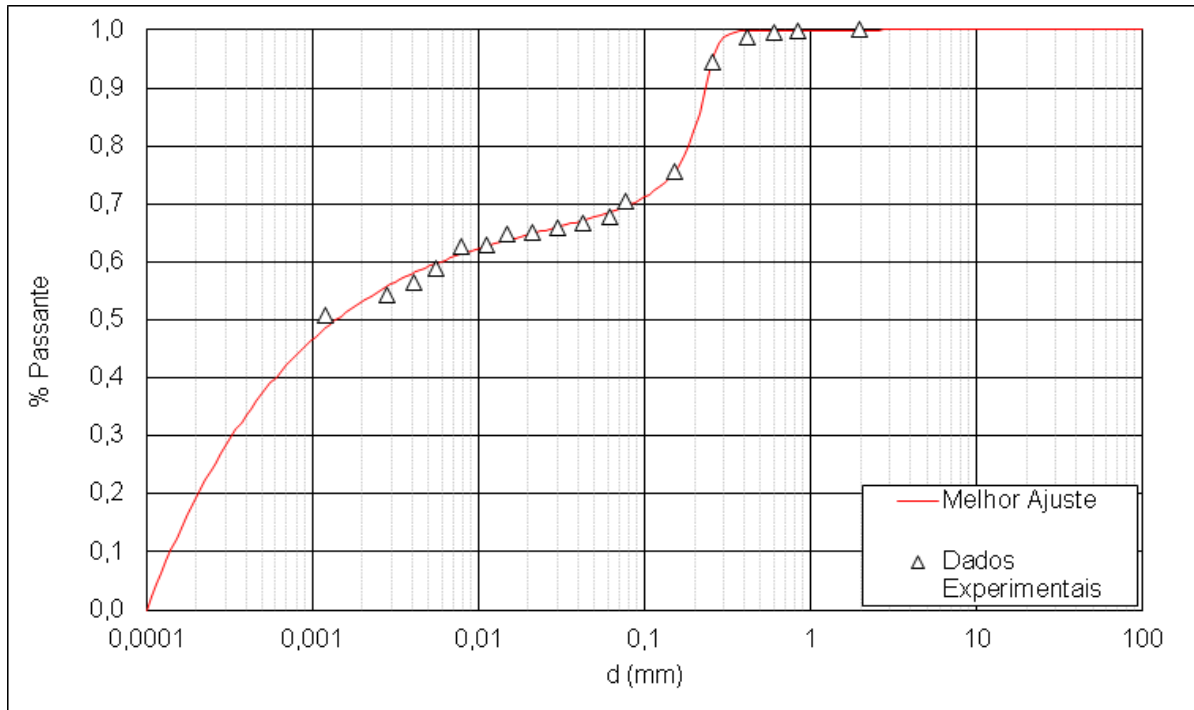


Figura 3.4. Exemplo de Curva Granulométrica Com Defloculante (do Banco de Dados Coletado).

Definido então todas as premissas de projeto para esta dissertação o banco de dados foi estabelecido e será apresentado no tópico seguinte.

### 3.2 BANCO DE DADOS

Para o desenvolvimento desta dissertação, foi realizado uma coleta manual, contemplando dados de solos em escalas regionais, cobrindo três regiões do nosso território brasileiro: Região Sul, Região Sudeste e Região Centro-Oeste. A base de dados coletada foi organizada em planilhas do software Microsoft Excel®.

A Tabela 3.1 fornece informações sobre a base dados utilizada neste estudo. Um total de 95 dados foram coletados contemplando solos com diferentes características físicas e morfológicas, classes texturais e mineralogia nas três regiões.

Dos 95 dados coletados, 62 amostras são do tipo indeformadas e 33 do tipo compactada. Para que os dados fossem considerados adequados e introduzidos na base de dados, foi

necessário que eles apresentassem, pelo menos, os seguintes índices físicos do solo: massa específica dos grãos, limites de liquidez e plasticidade e índice de vazios do material. Além disso, tais estudos deveriam fornecer curvas granulométricas com e sem o uso de defloculante e curvas características experimentais bem definidas.

Observa-se também na Tabela 3.1 que nos trabalhos encontrados, são utilizados para determinação da curva característica em sua grande maioria a trajetória mista (com 39 dados), seguido da trajetória de umedecimento (37 dados) e menos usual a trajetória de secagem (com 19 dados). Além disso, este trabalho inclui dois locais de estudos que utilizam métodos não convencionais para determinar as curvas granulométricas do solo (denominadas Granulometrias Especiais), localizados Campus Experimental da Universidade de Brasília (Brasília – DF) e no Campus Experimental de Furnas (Aparecida de Goiânia – GO).

Tabela 3.1. Informações Sobre o Banco de Dados Utilizados.

<b>Total de Dados</b>				
<b>Amostras Indeformadas</b>	62			
<b>Amostras Compactadas</b>	33			
<b>Total</b>	95			
<b>Amostras Indeformadas</b>		<b>Região Sul</b>	<b>Região Sudeste</b>	<b>Região Centro Oeste</b>
<b>Secagem - Bimodal</b>	14	2	8	4
<b>Umedecimento - Bimodal</b>	20	2	8	10
<b>Mista - Bimodal</b>	9	-	3	6
<b>Secagem - Unimodal</b>	2	-	1	1
<b>Umedecimento - Unimodal</b>	7	-	5	2
<b>Mista - Unimodal</b>	10	-	2	8
<b>Total</b>	<b>62</b>	<b>4</b>	<b>27</b>	<b>31</b>
<b>Amostras Compactadas</b>		<b>Região Sul</b>	<b>Região Sudeste</b>	<b>Região Centro Oeste</b>
<b>Secagem - Bimodal</b>	3		2	1
<b>Umedecimento - Bimodal</b>	7	6	1	
<b>Mista - Bimodal</b>	12	4		8
<b>Secagem - Unimodal</b>	0			
<b>Umedecimento - Unimodal</b>	3	3		
<b>Mista - Unimodal</b>	8			8
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>17</b>

Um breve resumo sobre os materiais utilizados nesta dissertação, será apresentado a seguir. A discussão se dará no âmbito de conhecimento regional dos dados coletados.

### 3.2.1 Região Sul

Para os dados coletados da região sul, foram utilizados os seguintes trabalhos científicos: Feuerharmel, 2007; Pecapedra, 2016; Santos, 2016; Bernardi, 2018.

Feuerharmel (2007) em sua pesquisa caracterizou dois solos coluvionares. A área de estudo da autora está localizada na divisa dos municípios de Timbé do Sul (Santa Catarina – Solo AV) e São José dos Ausentes (Rio Grande do Sul – Solo RO). O Solo RO é um colúvio de rocha vulcânica (basalto), enquanto o Solo AV é um colúvio oriundo do intemperismo e erosão de uma camada de arenito intertrapp. A autora realizou a coleta de amostras indeformadas para a caracterização física e mineralógica do material.

Ambos os materiais estudados por Feuerharmel (2007) são identificados como solos argilosos (granulometria com uso de defloculante) e arenosos (granulometria sem uso de defloculante), averiguando-se que em seu estado natural, são compostos por partículas de argila agregadas de tal maneira que se assemelham em tamanho às de areia ou silte. Na análise mineralógica do solo, a autora mostra que para condição natural do material, o solo AV apresenta os seguintes argilominerais (caulinita e quartzo), enquanto o solo RO apresenta os seguintes argilominerais (caulinita, gibsitita e quartzo). A determinação da curva característica experimental, para amostra indeformada, contemplou o uso das seguintes metodologias: Papel Filtro e Placa de Sucção, nas trajetórias de secagem e umedecimento e ambos os materiais tiveram formato bimodal.

Pecapedra (2016) e Bernardi (2018) estudaram solos localizados na cidade de Florianópolis, Santa Catarina, em suas pesquisas. Os locais de estudo de ambas as autoras distavam de aproximadamente 20 km de distância. De acordo com ambas as autoras o local de estudo é constituído pelo domínio geológico Granito Ilha, cortado por diques de diabásio. Pecapedra (2016) estudou locais, incluindo diques de diabásio e granitos, e coletou amostras deformadas de solo residual de cada uma dessas formações rochosas. Bernardi (2018) coletou amostras deformadas apenas na região do dique de diabásio. Ambas as autoras caracterizam apenas fisicamente os materiais em estudo. Para determinar a curva granulométrica, as autoras utilizaram apenas o método com defloculante. A determinação das curvas características experimentais foi realizada em amostras compactadas no ramo seco, umidade ótima e ramo úmido da curva de compactação, utilizando a metodologia do papel filtro, determinando a trajetória de umedecimento e formato bimodal para todos os materiais.

Santos (2018) selecionou para sua pesquisa quatro jazidas de solo em diferentes regiões do Rio Grande do Sul, localizados nas cidades de Pelotas, Coronel Barros e Santa Maria. Os

seguintes códigos foram usados para descrever os materiais estudados (solos PE, CB, TR e RS). Amostras deformadas foram coletadas para caracterização do material em estudo. A autora caracterizou fisicamente todos os materiais, mas nenhuma informação referente a mineralogia dos materiais estava disponível neste estudo. As curvas granulométricas dos materiais foram determinadas com e sem o uso do defloculante. As curvas características experimentais foram determinadas pelo método do papel filtro, com corpos de prova moldados próximo à umidade ótima do Proctor Normal, seguindo trajetórias mistas e a forma da curva para todos os materiais foram bimodais.

### 3.2.2 *Região Sudeste*

Para os dados coletados da região sudeste, as pesquisas científicas contemplavam os três maiores estados: Rio de Janeiro [Soares (2005); Caso (2014); Advincula (2016); Motta (2016), Silva (2017)], Minas Gerais [Futai (2002); Lopes (2006); Neto (2019)] e São Paulo [Georgetti (2010, 2014); Menezes (2010); Campos (2014); Fagundes (2014); Saab (2016); Barros (2018); Furman (2019)].

Soares (2005) e Advincula (2016) realizaram estudos em um solo maduro, coluvionar, argilo-arenoso, localizado na encosta do Campus Experimental II da Universidade PUC-Rio (Rio de Janeiro). Amostras indeformadas foram coletadas para a caracterização do material. A análise granulométrica do material considera os métodos com e sem o defloculante. A partir da análise mineralógica do material, foram encontrados seguintes minerais (quartzo, granada alterada e muito alterada, agregados ferruginosos, magnetita, caulinita e goetita). A curva característica experimental da amostra indeformada foi determinada pela metodologia do papel filtro, seguindo trajetória mista e obtendo um formato bimodal.

Caso (2014), Advincula (2016) e Motta (2016) estudaram materiais da Reserva Biológica de Tinguá, município de Nova Iguaçu. Os autores optaram por coletar amostras indeformadas de dois tipos de solos característicos da região: o primeiro em um local com a presença de solo residual jovem (SRJ-T) e, o segundo, um solo coluvionar (CT). Motta (2016) realizou a análise mineralógica destes materiais, e no solo residual jovem de Tinguá observou-se a presença predominante da caulinita e do quartzo, enquanto no colúvio de Tinguá verificou-se a presença da gibsitita, da caulinita e do quartzo. Foi realizada a caracterização física dos materiais e a caracterização granulométrica contemplou a metodologia com e sem defloculante. Caso (2014) utilizou o método do papel filtro para determinar curvas características experimentais do material indeformado, seguindo trajetória de umedecimento e obtendo formato bimodal. Motta (2016) também determinou curvas características experimentais para

amostras indeformadas, utilizando as metodologias do papel filtro, funil e WP4C, com trajetórias mistas e formato bimodal. Advincula (2016) não determinou as curvas características dos materiais, mas os dados coletados servirão para complementar dados expostos pelos outros autores.

Motta (2016) além dos materiais provenientes da Reserva Biológica de Tinguá, município de Nova Iguaçu, estudou também o solo coletado no Condomínio do Lago, de Nova Friburgo (RJ). Amostra indeformada também foi coletada no Condomínio do Lago, e caracterização física foi realizada. A análise granulométrica do material foi realizada com e sem defloculante. A autora realizou também a análise mineralógica do solo residual jovem de Friburgo que apresentou a caulinita como mineral predominante, com presença da goetita e gibsitita, em concentrações similares. As curvas características experimentais, para amostras indeformadas, foram determinadas utilizando as metodologias do papel filtro, funil e WP4C, com trajetórias mistas e com formato unimodal.

Silva (2017) estudou materiais proveniente do talude localizado aos fundos da Casa de Retiro dos Padres Anchieta em São Conrado (RJ). A partir da coleta de amostras indeformadas, em três pontos distintos da área, sendo elas constituídas por solo residual com diferentes graus de intemperismo (Solo Residual Maduro – SRM, Solo Residual de Transição – SRT e Solo Residual Jovem – SRJ), o material foi caracterizado fisicamente e a sua determinação granulométrica foi realizada com e sem o uso de defloculante. Para as amostras indeformadas, as curvas características experimentais, foram determinadas pelo método do papel filtro, seguindo a trajetória de secagem, com formatos bimodais (SRT e SRM) e unimodal (SRJ). No estudo, nenhuma informação mineralógica foi fornecida para os materiais.

Futai (2002) realizou sua pesquisa no distrito de Santo Antônio do Leite próximo à cidade de Ouro Preto, Minas Gerais. Amostras indeformadas foram coletadas nas profundidades de 1, 2, 3, 5, 6 e 7m, ou seja, representando todo o perfil do local de estudo. Foram determinadas as propriedades físicas de todos os materiais, e a determinação da curva granulométrica incluiu métodos com e sem defloculante. O autor realizou a análise mineralógica do material e concluiu que os minerais presentes no perfil são caulinita, gibsitita, goetita e ilita. Para amostras indeformadas, curvas características experimentais foram determinadas utilizando a metodologia do papel filtro, seguindo a trajetória de umedecimento, com forma bimodal na profundidade de 1 a 3m e unimodal na profundidade de 5 a 7m.

Lopes (2006) realizou sua pesquisa em um local da região metropolitana de Belo Horizonte denominado Conjunto Taquaril. Segundo a autora, a área é considerada uma área crítica da cidade, pois se refere ao desencadeamento de processos geodinâmicos,

principalmente devido às suas características geológicas e geotécnicas (como taludes de grande declividade, litologia composta basicamente por filito semidesconfinados). A amostra do estudo da autora, denominada Solo Residual de Filito 3 (SRF 3), trata-se de uma amostra menos intemperizada, foi caracterizada fisicamente e sua granulometria foi determinada apenas com o uso de defloculante. A análise mineralógica do material indicou que os principais minerais encontrados são caulinita, mica/ilita e quartzo. A curva característica experimental da amostra indeformada foi determinada pelo método do papel filtro, seguindo trajetória mista e formato unimodal.

Neto (2019) realizou sua pesquisa nas dependências do Campus Pampulha na Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais. Segundo o autor, o local de coleta da amostra, representa um solo residual tropical do Complexo Belo Horizonte com comportamento colapsível. Uma amostra indeformada foi coletada para caracterização física do material, e a determinação da granulometria contemplou as metodologias com e sem defloculante. Além disso, o autor determinou a mineralogia do material, observando a predominância de dois minerais, a muscovita e a caulinita. Para amostra indeformada, as curvas características experimentais, foram determinadas pela metodologia do papel filtro, seguindo trajetórias de secagem e umedecimento, ambas com formato unimodal.

Georgetti (2010, 2014) e Menezes (2010) utilizaram solos coletados no Campus 2 da Universidade de São Paulo em São Carlos, São Paulo. Ambos os autores caracterizaram fisicamente o material e determinaram a curva granulométrica utilizando apenas metodologia com defloculante. Informações mineralógicas do material não foram estudadas pelos autores. Georgetti (2010, 2014) determinou a curva característica do material, para amostra compactada a 95% do Proctor Normal e para amostra indeformada, utilizando as metodologias de funil de placa porosa e papel filtro, seguindo trajetórias de secagem e obtendo um formato bimodal. Menezes (2010) determina a curva característica experimental da amostra indeformada, utilizando as metodologias do papel filtro, funil de placa e câmara de pressão, seguindo trajetória de secagem e obtendo um formato bimodal. Além do solo da cidade de São Carlos, Menezes (2010) também estudou material coletado na cidade de São Pedro, São Paulo.

Campos (2014), Fagundes (2014), Saab (2016) e Barros (2018) realizaram seus estudos científicos na cidade de Bauru, Campus Unesp, São Paulo. Alguns destes autores estudaram amostras indeformadas, enquanto outros compactadas. A caracterização física do material foi realizada e as curvas granulométricas foram determinadas em todos os estudos somente com o uso do defloculante. Informações mineralógicas do material não foram estudadas pelos autores.

As curvas características experimentais foram determinadas utilizando diversas metodologias, seguindo trajetórias de secagem e umedecimento e todas com formato bimodal.

Furman (2019) realizou seu estudo na região da Serra Pelada, a qual integra a cadeia montanhosa da Serra do Mar entre os estados de São Paulo e Paraná. A área está localizada no município de Barra do Turvo – SP. Os solos estudados foram amostrados na forma de blocos indeformados, e contemplou a caracterização de dois materiais: Solo Residual (RD), Colúvio (CO). A caracterização física do material foi realizada e a determinação granulométrica do material foi com e sem defloculante. A curva característica experimental foi determinada pela metodologia do papel filtro, seguindo trajetória de umedecimento e obteve formato bimodal. Não foi realizado estudo para descrição mineralógica do material.

### *3.2.3 Região Centro-Oeste*

A região Centro-Oeste possui um amplo arcabouço de dados e pesquisas referentes ao tema não de solos não saturados. Para os dados coletados da região Centro-Oeste, as pesquisas científicas escolhidas foram: Guimarães (2002), Silva (2009), Borges (2010), Araujo (2010), Angelim (2011), Calle (2013), Carvalho (2013), Jesus (2013), Almeida (2014), Borges (2014), Laguna (2015), Lopera (2016), Rodrigues (2017), Silva (2018) e Castro (2020). Nas regiões Sul e Sudestes apresentadas anteriormente, buscou-se apresentar as informações coletadas em ordem cronológica, mas para a região Centro-Oeste os dados serão apresentados por onde mais pesquisas científicas foram desenvolvidas.

Castro (2020) realizou seu estudo em uma região das margens do reservatório da UHE Itumbiara, Goiás. Amostras indeformadas foram coletadas para caracterização física do material e a determinação granulométrica do material foi realizada com e sem o uso de defloculante. A análise mineralógica do material foi realizada e os seguintes minerais foram encontrados: predominância de picos quartzo e secundariamente de gibbsita e caulinita. As curvas características experimentais, de amostras indeformadas, foram determinadas utilizando a metodologia do papel filtro, seguindo trajetórias de molhagem e secagem e com formato unimodal. Vale um adendo neste dado coletado, pois as curvas características determinadas por secagem e molhagem buscavam simular alto potencial erosivo devido ao impacto de ondas do reservatório, e, portanto, durante a contínua umidificação e secagem do solo.

Calle (2013) realizou seu estudo na Estrada Parque Taguatinga (EPTG), localizado em Brasília. O autor realizou a coleta de amostras indeformadas para caracterização física do material e a determinação granulométrica do material contemplou uso das metodologias com e



sem defloculante. A análise mineralógica do material foi determinada e os seguintes minerais foram encontrados: quartzo, hematita, goethita, gibbsita, caulinita. A curva característica experimental do material, para amostra indeformada, foi determinada através da metodologia de Translação de eixo, célula osmótica, placa de sucção e papel filtro, seguindo trajetória de secagem e com formato bimodal.

Almeida (2014) realizou seu estudo com dois tipos de solos diferentes. Uma amostra de Cambissolo foi extraída no município de Senador Canedo – Goiás, e uma amostra de Latossolo foi extraída no município de Bonfinópolis – Goiás. Segundo o autor, essas áreas de estudos têm ocorrência de solos mais jovens (Cambissolo) e outra em que os processos de intemperismo agiram mais intensamente (Latosolo). Amostras indeformadas foram coletadas e caracterizadas e a distribuição granulométrica destes materiais foram realizadas com e sem o uso de defloculante. O autor realizou a caracterização mineralógica do material e observou a partir da análise do difratograma da amostra de Cambissolo a presença dos seguintes minerais: quartzo, caulinita, illita, rutilo, muscovita, anortita, biotita, sepiolita, vermiculita e gibbsita, e dentre os minerais encontrados observa-se a ocorrência tanto de minerais primários (quartzo e illita) quanto secundários (caulinita e gibbsita). Para a amostra de Latossolo, os minerais presentes foram: quartzo, gibbsita, goethita, caulinita, vermiculita, rutilo, anatásio e zircão, e poucos minerais primários foram encontrados como o quartzo, e apresentou diversos minerais secundários (goethita e gibbsita). As curvas características experimentais, para amostras indeformadas, foram determinadas pela metodologia do papel filtro e WP4C, seguindo trajetória de molhagem e com formato unimodal.

Jesus (2013) realizou seu estudo na cidade de Anápolis, Goiás, buscando compreender alguns fenômenos relacionados a voçorocas nas regiões da cidade, e elas foram denominadas da seguinte forma: Voçoroca Túnel (VT-S), Voçoroca Geovane Braga (VGB-S), Voçoroca Cidade Jardim (VCJ-S) e a sigla S refere-se a solos saprólitos. A autora realizou a coleta de amostras indeformadas e realizou sua caracterização física e a determinação granulométrica dos materiais contemplaram as metodologias com e sem uso de defloculante. Além disso a caracterização mineralógica de todos os materiais fora realizada e os seguintes minerais encontrados: VT-S (maior intensidade de quartzo, seguido de caulinita, gibbsita e illita e com menor intensidade muscovita, seguida de hematita); VGB-S (quartzo, caulinita, illita com picos de maior intensidade, microclíneo em menor); VCJ-S (quartzo como predominante e em menor proporção muscovita, caulinita e hematita). As curvas características experimentais, de amostras indeformadas, foram determinadas pela metodologia do papel filtro e WP4C, seguindo trajetória mista e formato unimodal.

Angelim (2011) e Laguna (2015) realizaram seus estudos na barragem de terra do Ribeirão João Leite, localizada em Goiânia, Goiás. Os autores realizaram coleta de amostras indeformadas e deformadas para caracterização do material e a determinação das curvas granulométricas contemplou o uso da metodologia com e sem defloculante. Angelim (2011) determinou a caracterização mineralógica dos materiais coletados, e os principais minerais encontrados foram: para amostra à 3,15 m (Gibbsita, Quartzo, Hematita, Caulinita, Sepiolita e Ilita) e para amostra à 4,15 m (Gibbsita, Quartzo, Hematita, Caulinita e Ilita). Angelim (2010) determinou curvas características experimentais, para amostras indeformadas, utilizando a metodologia do papel filtro, seguindo trajetória de molhagem e com formato bimodal. Enquanto, Laguna (2015) determinou curvas características experimentais, para amostras compactadas no Proctor Normal, utilizando metodologias de tempe cell e papel filtro, seguindo a trajetória de secagem e com formato bimodal.

Araujo (2010) realizou também seu estudo na cidade de Goiânia, Goiás, mas especificamente no bairro Jardim Atlântico. Amostras indeformadas foram coletados pelo autor, para caracterização física do material, nas profundidades de 1, 2 e 3m e a granulometria dos materiais foram determinadas utilizando a metodologia com e sem defloculante. Informações mineralógicas do material não foram apresentadas. As curvas características das amostras indeformadas foram determinadas utilizando a metodologia do papel filtro, seguindo trajetória de umedecimento e formatos bimodais. Vale um adendo neste dado coletado, pois a curva característica determinada pela trajetória de secagem buscou simular poços de infiltrações estudados pela autora, ou seja, a condição do solo quando submetido a processos de umidificação.

Carvalho (2013) realizou sua pesquisa no campus experimental da Universidade Federal de Goiás (Campus 2) na cidade de Goiânia, Goiás. A autora realizou a coleta de amostra indeformada, na profundidade de 1m, para a caracterização física do material e a determinação das curvas granulométricas contemplou o uso da metodologia com e sem defloculante. Além disso, a mineralogia do material foi determinada, e os principais minerais presentes na amostra foi: Gibbsita (mineral principal), Quartzo, Caulinita, Hematita, Espinélio (minerais secundários). A curva característica experimental da amostra indeformada foi determinada utilizando a metodologia do papel filtro, seguindo trajetória de umedecimento e com formato unimodal. A autora estudou poços de infiltração, como foi estudado em Araujo (2010).

Borges (2010) realizou sua pesquisa no Campus Experimental do Laboratório de Furnas na cidade de Aparecida de Goiânia, Goiás. Amostras indeformadas foram coletadas nas profundidades 1,0 a 1,5, 2,0 a 2,4 e 4,6 a 4,9m, e a caracterização física das amostras foram

realizadas. As curvas características experimentais das amostras indeformadas foram determinadas pela metodologia do papel filtro, seguindo trajetórias de molhagem, secagem e mista, e os formatos obtidos foram bimodais e unimodais. Vale destacar sobre as curvas características, pois o foco principal do estudo de Borges (2010) refere às variações de umidade do solo durante ciclos de molhagem e secagem, situação típica para os solos próximos da superfície do terreno, e por isso a importância da determinação pelas três trajetórias (mista, secagem e umedecimento).

Borges (2010) não realizou a determinação da mineralogia das amostras. Ensaios de granulometria foram realizados com e sem o uso de defloculante. A autora também realizou ensaios especiais para determinação da granulometria do material. Nesses ensaios especiais, é utilizado a metodologia do granulômetro a laser, no qual variações na preparação das amostras e diferentes técnicas de execução do ensaio são aferidas nas amostras para se determinar a granulometria do material. Segundo a autora as variações de forma de execução são as mais numerosas, pois o granulômetro a laser oferece diferentes alternativas com a combinação de defloculação química e defloculação mecânica por ultrassom. As seguintes variações adotadas nos ensaios utilizando o granulômetro a laser reportados no trabalho de Borges (2010), foram: Com secagem prévia ao ar e com defloculante e com ultrassom (wscdca), Com secagem prévia ao ar e com defloculante e sem ultrassom (wscdsu), Com secagem prévia ao ar e sem defloculante e com ultrassom (wssdca), Com secagem prévia ao ar e sem defloculante e sem ultrassom (wssdsu), Com secagem prévia em estufa (60°C) e com defloculante e com ultrassom (wecdca), Com secagem prévia em estufa (60°C) e com defloculante e sem ultrassom (wecdsu), Com secagem prévia em estufa (60°C) e sem defloculante e com ultrassom (wescdca), Com secagem prévia em estufa (60°C) e sem defloculante e sem ultrassom (wescdsu), Sem secagem prévia ao ar e com defloculante e com ultrassom (wncdca), Sem secagem prévia ao ar e com defloculante e sem ultrassom (wncdsu), Sem secagem prévia ao ar e sem defloculante e com ultrassom (wnsdca), Sem secagem prévia ao ar e sem defloculante e sem ultrassom (wnsdsu). A utilização dessas variações de ensaio ajuda no entendimento a respeito da quantidade de agregações presentes no solo e a respeito da estabilidade destas agregações frente aos variados mecanismos desagregadores.

Guimarães (2002), Silva (2009), Borges (2014), Lopera (2016), Guimarães (2017), Rodrigues (2017) e Silva (2018) e diversos outros autores estudaram o perfil de solo referente ao Campus Experimental da Universidade de Brasília, na cidade de Brasília, mais especificamente na Asa Norte, Distrito Federal. Amostras indeformadas e deformadas foram coletadas para caracterização geotécnica dos materiais variando nas profundidades de 2, 4, 5,

6, 8, 9, 10 e 12m. O perfil de intemperismo do Campus Experimental, segundo Guimarães (2002), é dividido em três horizontes: i) solo residual laterítico (0 a 8,80m), sendo constituído por uma argila arenosa vermelho escura (0 a 5,00m) e uma argila pedregulho arenosa vermelho escura (5,00 a 8,80m); ii) horizonte de transição (8,80 a 10,30m), sendo constituído por um predomínio de solo laterítico (8,80 a 9,80m) e poucas estruturas reliquias (9,80 a 10,30m); iii) horizonte de solo saprolítico de metarritimito (10,30 a 15,00m), sendo constituído por uma intercalação de quartzo (10,30 a 11,30m) e um silte argiloso vermelho (11,30 a 15,00m).

Guimarães (2002), Lopera (2016) e Rodrigues (2017) realizaram uma descrição minuciosa referente a mineralogia do perfil de solo da Universidade de Brasília. Os seguintes minerais, apresentados em ordem decrescente, foram encontrados em suas respectivas profundidades: 2m (gibbsita, caulinita, quartzo, hematita, anatásio, ilmenita, maghemita, espinélio, muscovita, vermiculita); 4m (gibbsita, caulinita, quartzo, hematita, anatásio, muscovita, vermiculita); 5m (Gibbsita, Caulinita, Quartzo, Hematita, Anastásio, Rutilo); 6m (gibbsita, caulinita, quartzo, ilita, hematita, anastásio, rutilo, muscovita, vermiculita); 8m (gibbsita, caulinita, quartzo, ilita, hematita, anastásio, rutilo, muscovita, vermiculita, ulvospinela); 9m (caulinita, quartzo, hematita, anastásio, ilita), 10m (Caulinita, Quartzo, Goethita, Rutilo, Muscovita, Ilita, Alofana, Paligorsquita, Eastonite (Mica), Paragonite (Mica)); 12m (Caulinita, Quartzo, Hematita, Ilmenita, Muscovita, Alofana, Paligorsquita, Eastonite (Mica), Paragonite (Mica)).

Silva (2009), Lopera (2016) e Silva (2018) determinaram curvas características experimentais para o perfil de solo da UnB. A primeira autora, Silva (2009), determinou curvas para amostra compactada no Proctor Normal, em três índices de vazios diferentes, todos no ramo seco, de uma amostra coletada na profundidade de 2m, utilizando a metodologia do papel filtro, seguindo a trajetória mista e obteve formato bimodal. Já os outros dois autores, Lopera (2016) e Silva (2018) determinaram curvas para amostras indeformadas, para todas as amostras (2, 4, 5, 6, 8, 9, 10 e 12m de profundidade), utilizando a metodologia de placa de sucção, papel filtro e WP4C, seguindo trajetórias mistas e com formatos para as amostras de 2 a 9 m bimodal e 10 e 12 m unimodal. Lopera (2016) além das curvas para amostras indeformadas também determinou para amostras compactadas no Proctor Normal, Intermediário e Modificado para amostras nas profundidades de 2, 5, 9 e 12m.

Em relação a determinação granulométrica dos materiais do campus experimental da UnB, contemplou-se granulometrias com e sem o uso de defloculante. Entretanto, Roseno e Camapum de Carvalho (2007) e Guimarães (2017) apresentaram curvas granulométricas determinadas usando a metodologia do granulômetro a laser. Ambos os autores analisam a

estabilidade dos agregados presentes no perfil de solo de Brasília por meio do uso de defloculante químico e de ultrassom e mostram que no perfil de solo analisado existem agregações que se desfazem pela ação química do defloculante e outras pela ação física do ultrassom.

A seguir será apresentado então a variabilidade do banco de dados quando o assunto se refere a solos tropicais, especialmente do nosso país Brasil.

### **3.3 VARIABILIDADE DO BANCO DE DADOS**

As informações sobre as propriedades índices, como índices físicos dos materiais coletados, estão apresentadas em anexo nesta dissertação. Neste tópico será apresentado um resumo referente a mineralogia, gráficos de granulometria, triângulo textural e curvas características experimentais do banco de dados em estudo. Estas informações são fundamentais para se averiguar a variabilidade dos solos tropicais, e que isso geralmente pode ser considerado como um ponto complexo no desenvolvimento de um modelo de previsão da curva característica.

#### *3.3.1 Mineralogia*

A mineralogia apresentada em todos os trabalhos compreende a técnica de difração de Raio X. A Tabela 3.2 apresenta um resumo dos principais minerais encontrados nos solos tropicais. O primeiro ponto a ser avaliado é que as pesquisas científicas coletadas para região sudeste, referente ao estado de São Paulo, não apresentavam informações mineralógicas dos materiais estudados.

Os minerais quartzo, caulinita e gibbsita foram observados como os mais comuns no banco de dados. Também pode-se verificar que minerais do tipo 2:1, pertencentes ao grupo esmectita, ou seja, minerais expansivos como a montmorilonita, beidelita, nontronita, saponita, sauconita e hectorita, não estão presentes no banco de dados. Portanto, o banco de dados não contém materiais com características expansivas.

Tabela 3.2. Mineralogia dos Solos Tropicais Brasileiros.

Região	Local	Descrição da Mineralogia
S	Timbé do Sul (Santa Catarina)	Caulinita e Quartzo
	São José dos Ausentes (Rio Grande do Sul)	Caulinita, Gibbsita e Quartzo
	Florianópolis (Santa Catarina)	Sem Informação
	Pelotas (Rio Grande do Sul)	Sem Informação
	Coronel Barros (Rio Grande do Sul)	Sem Informação
	Santa Maria (Rio Grande do Sul)	Sem Informação
SE	Campus 2 PUC Rio (Rio de Janeiro)	Quartzo, Granada Alterada e Muito Alterada, Agregados Ferruginosos, Magnetita, Caulinita e Goethita
	SRJ-T - Reserva Biológica de Tinguá (Nova Iguaçu - RJ)	Caulinita e Quartzo
	CT - Reserva Biológica de Tinguá (Nova Iguaçu - RJ)	Gibbsita, Caulinita e Quartzo
	Nova Friburgo (RJ)	Caulinita, Goethita e Gibbsita
	São Conrado (RJ)	Sem Informação
	Ouro Preto (Minas Gerais)	Caulinita, Gibbsita, Goethita e Ilita
	Belo Horizonte (MG)	Caulinita, Mica/Ilita e Quartzo
	Pampulha (MG)	Muscovita e a Caulinita
	São Paulo	Sem Informação
CO	Senador Canedo (Cambissolo)	Quartzo, Caulinita, Ilita, Rutilo, Muscovita, Anortita, Biotita, Sepiolita, Vermiculita e Gibbsita. Minerais Primários (quartzo e ilita) e Secundários (caulinita e gibbsita)
	Bonfinópolis (Latossolo)	Quartzo, Gibbsita, Goethita, Caulinita, Vermiculita, Rutilo, Anatásio e Zircão. Minerais Primários (pouca quantidade de quartzo) e Secundários (grande quantidade de Goethita e Gibbsita)
	Itumbiara - Goiás	Quartzo, Gibbsita e Caulinita
	Anápolis, GO - VT-S	Maior Intensidade: Quartzo, Caulinita, Gibbsita e Ilita; Menor Intensidade: muscovita e hematita

<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Descrição da Mineralogia</b>
	Anápolis, GO - VGB-S	Maior Intensidade: Quartzo, Caulinita e Ilita; Menor Intensidade: Microclíneo;
	Anápolis, GO - VCJ-S	Maior Intensidade: Quartzo; Menor Intensidade: Muscovita, Caulinita e Hematita
	Taguatinga, Distrito Federal	Quartzo, Hematita, Goethita, Gibbsita, Caulinita
	Goiânia, Goiás - Barragem do João Leite (3,15m)	Gibbsita, Quartzo, Hematita, Caulinita, Sepiolita e Ilita
	Goiânia, Goiás - Barragem do João Leite (4,15m)	Gibbsita, Quartzo, Hematita, Caulinita e Ilita
	Goiânia, Goiás - Jardim Atlântico	Sem Informação
	Goiânia, Goiás - Campus 2 UFG	Gibbsita (mineral principal); Quartzo, Caulinita, Hematita, Espinélio (minerais secundários)
	Aparecida de Goiânia, Goiás - Campus Furnas	Sem Informação
	Brasília, Distrito Federal - Campus UnB - 2m	Gibbsita, Caulinita, Quartzo, Hematita, Anatásio, Ilmenita, Maghemita, Espinélio, Muscovita, Vermiculita
	Brasília, Distrito Federal - Campus UnB - 4m	Gibbsita, Caulinita, Quartzo, Hematita, Anatásio, Muscovita, Vermiculita
	Brasília, Distrito Federal - Campus UnB - 5m	Gibbsita, Caulinita, Quartzo, Hematita, Anastásio, Rutilo
	Brasília, Distrito Federal - Campus UnB - 6m	Gibbsita, Caulinita, Quartzo, Ilita, Hematita, Anastásio, Rutilo, Muscovita, Vermiculita
	Brasília, Distrito Federal - Campus UnB - 8m	Gibbsita, Caulinita, Quartzo, Ilita, Hematita, Anastásio, Rutilo, Muscovita, Vermiculita, Ulvospinela
	Brasília, Distrito Federal - Campus UnB - 9m	Caulinita, Quartzo, Hematita, Anastásio, Ilita

Região	Local	Descrição da Mineralogia
	Brasília, Distrito Federal - Campus UnB - 10m	Caulinita, Quartzo, Goethita, Rutilo, Muscovita, Ilita, Atofana, Paligorsquita, Eastonite (Mica), Paragonite (Mica)
	Brasília, Distrito Federal - Campus UnB - 12m	Caulinita, Quartzo, Hematita, Ilmenita, Muscovita, Atofana, Paligorsquita, Eastonite (Mica), Paragonite (Mica)

### 3.3.2 Curvas Granulométricas

No Brasil a normativa que regulamenta a determinação granulométrica de solos é a ABNT NBR 7181 de 2016, em que as formas de preparação da amostra podem ser realizadas com e sem secagem prévia ao ar ou com e sem a utilização do defloculante. Como já citado, foram utilizados dados que contemplassem as curvas granulométricas com e sem o uso de defloculante para avaliação dos modelos de previsão da curva característica. Os parâmetros de ajuste da curva granulométrica, de todo banco de dados, pelo modelo de Fredlund *et al.* (1997, 2000) são apresentados nos anexos desta dissertação, bem como os resumos granulométricos (% de materiais encontrados segundo limites USDA, coeficientes de uniformidade e curvatura).

As Figura 3.5, Figura 3.6 e Figura 3.7 apresentam gráficos consolidados das distribuições granulométricas do banco de dados coletado. Na Figura 3.5 observa-se as curvas granulométricas determinadas pela metodologia sem defloculante. Observa-se na figura que os solos são formados por dois limites, um inferior e um superior, quando utilizado tal metodologia. Segundo os limites USDA, o limite inferior apresenta uma fração granulométrica de 73,4 % de areia, 23,9% de pedregulho e apenas 2,7% de material fino (silte e argila). E para o limite superior a fração é 97% de material fino (silte e argila) e apenas 3% de areia.



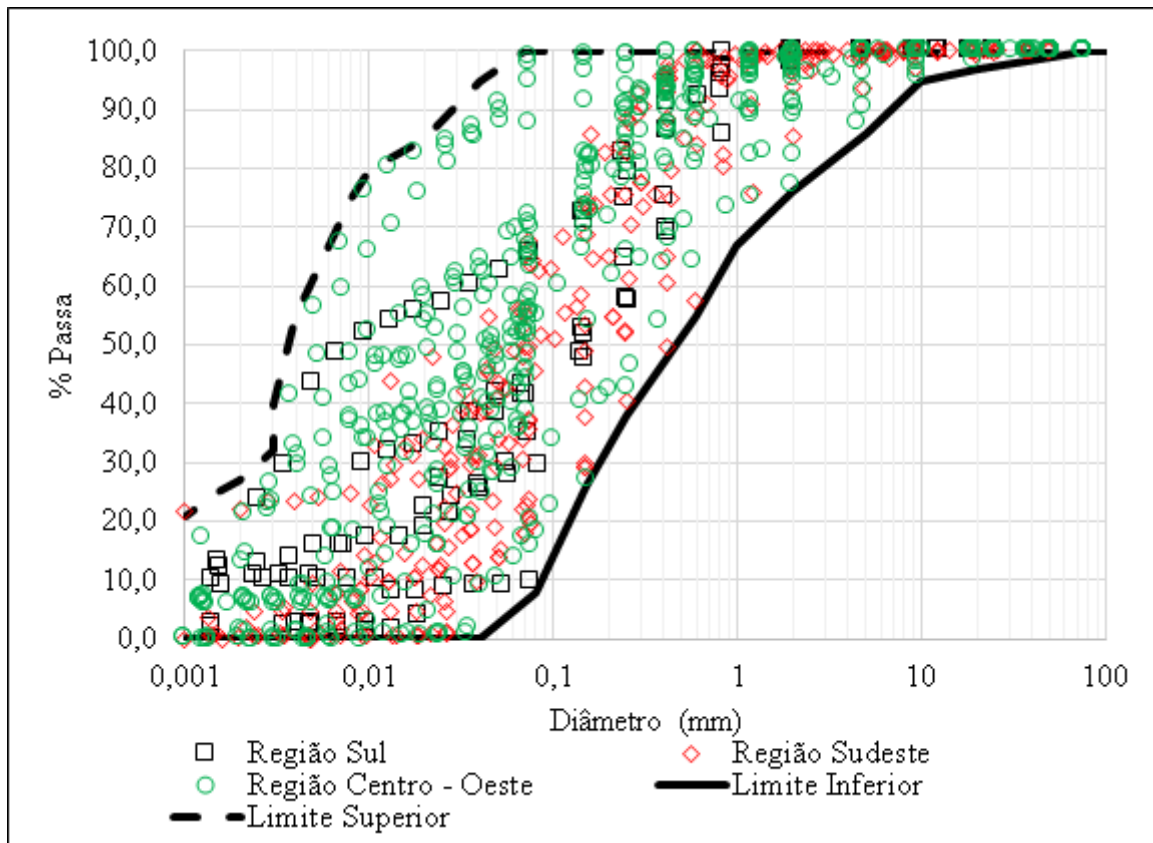


Figura 3.5. Curvas Granulométricas Sem Defloculante – Solos Brasileiros.

Na Figura 3.6 observa-se as curvas granulométricas determinadas pela metodologia com defloculante. Ambos os limites inferiores e superiores são identificados. Para o limite inferior, segunda o USDA, as frações granulométricas são 62,4 % de areia, 23,9 % de pedregulho e 13,7 % de material fino (silte e argila) e para o limite superior as frações são 98,2% de material fino (silte e argila) e 1,8 % de areia.

Verifica-se claramente uma variabilidade (Figura 3.7) altíssima tratando-se dos resultados de granulometria dos solos tropicais, além disso, observa-se como o uso ou não do defloculante pode aferir na determinação granulométrica do material. Observa-se também que a premissa adotada para interpolar as curvas granulométricas até o menor diâmetro de partículas sendo 0,0001 mm é aceitável.

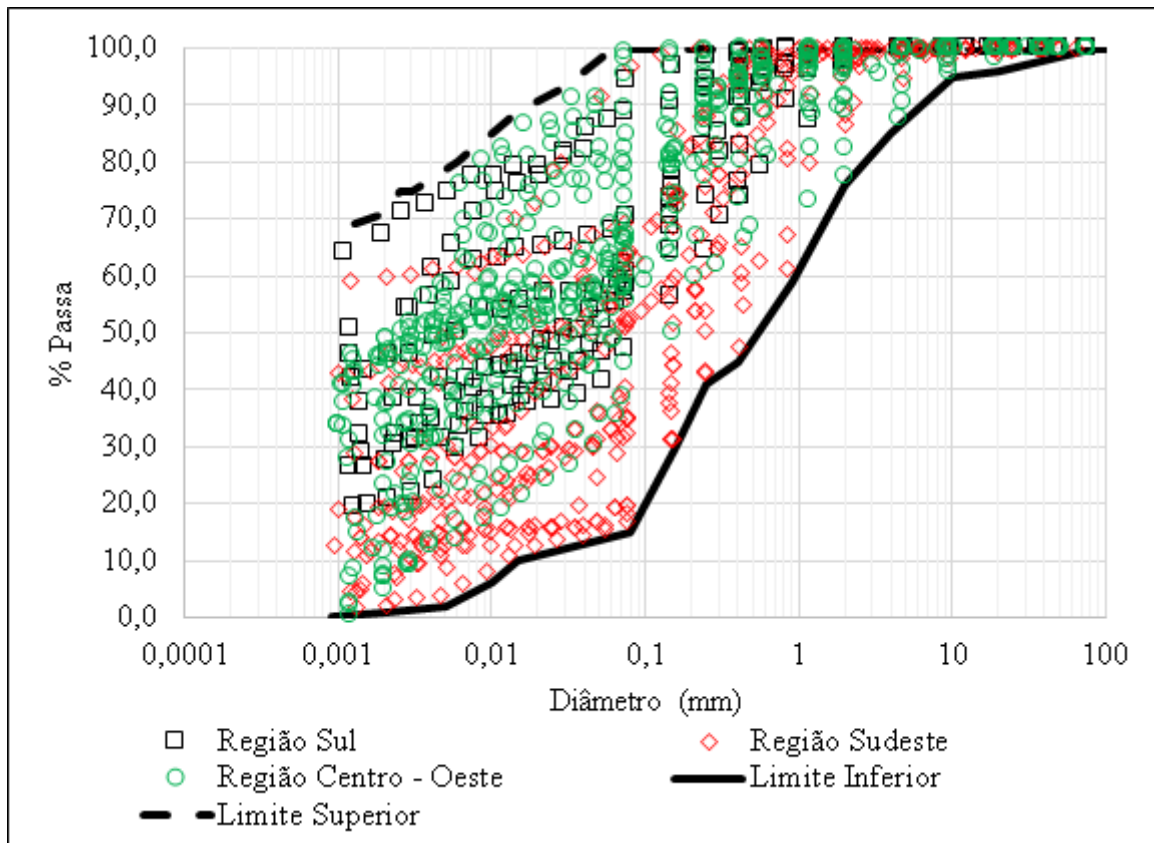


Figura 3.6. Curvas Granulométricas Com Defloculante – Solos Brasileiros.

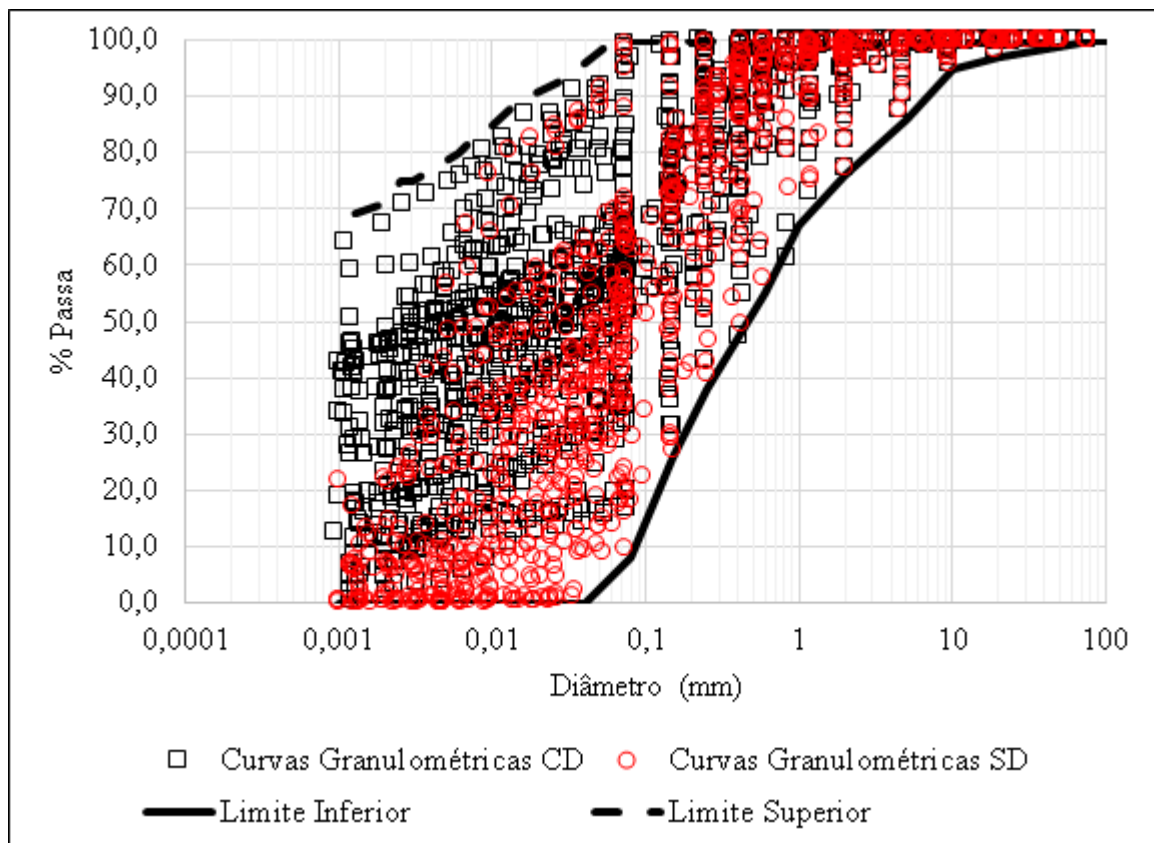


Figura 3.7. Curvas Granulométricas – Solos Brasileiros.

### 3.3.3 Triângulo Textural

A avaliação textural de solos é fundamental para compreender o seu comportamento e geralmente deve ser uma das primeiras propriedades a ser determinada para caracterizar o material. Após a determinação das porcentagens das frações areia, silte e argila, o solo é classificado quanto à sua textura utilizando-se o triângulo textural, segundo o qual os solos podem ser agrupados em 13 classes texturais. A avaliação é muito simples de ser realizada, pois cada lado do triângulo representa a porcentagem de material (argila, silte e areia) variando numa escala de 0 a 100%.

As Figura 3.8, Figura 3.9 e Figura 3.10 apresentam gráficos consolidados da classificação textural do banco de dados coletado. Observa-se na Figura 3.8 que os solos têm característica que varia entre uma areia (classificação A) até um Franco Argiloso Arenosa (Classificação G), ou seja, quando a granulometria dos materiais é determinada sem a presença de defloculante o comportamento em sua grande maioria é de um material mais arenoso.

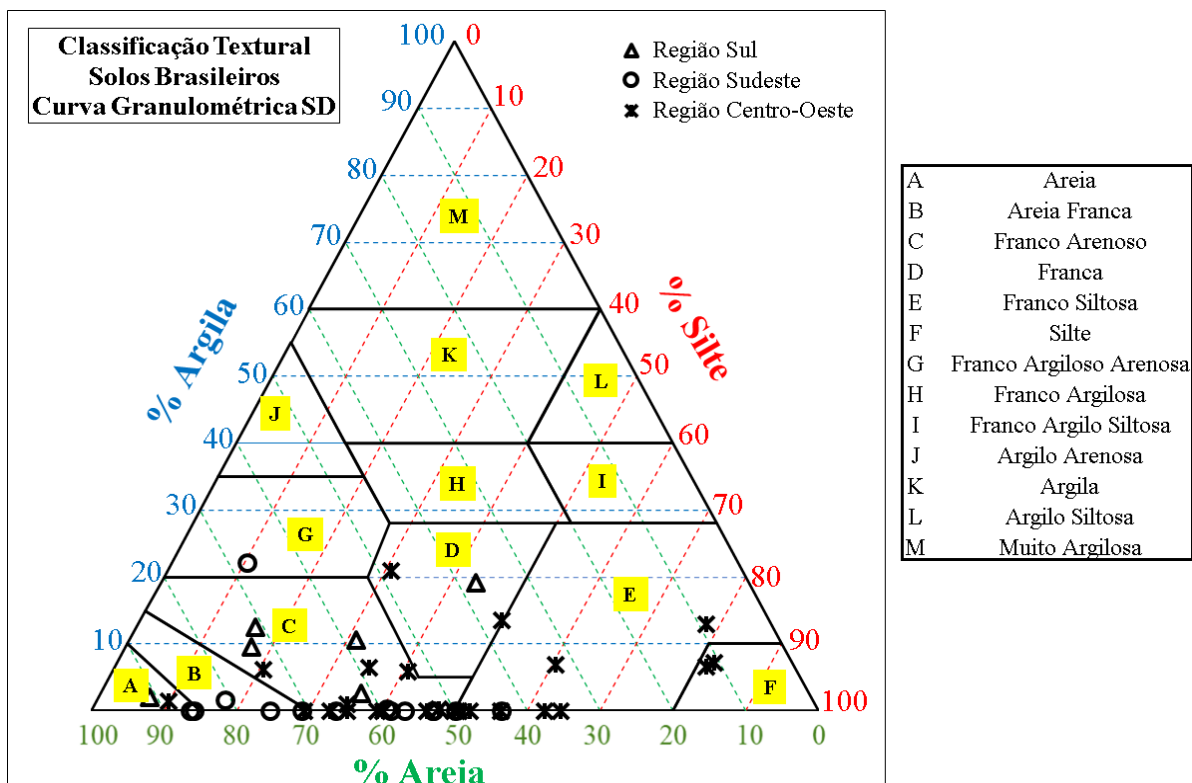


Figura 3.8. Classificação Textural – Sem Defloculante.

Entretanto quando utilizamos o defloculante para determinar a granulometria dos materiais, agregações que estão presentes no solo começam a se desfazer, e, portanto, a textura

dos solos compreende todas as classificações (A ao M), como observa-se na Figura 3.9. A Figura 3.10 mostra uma consolidação dos dados com e sem uso de defloculante.

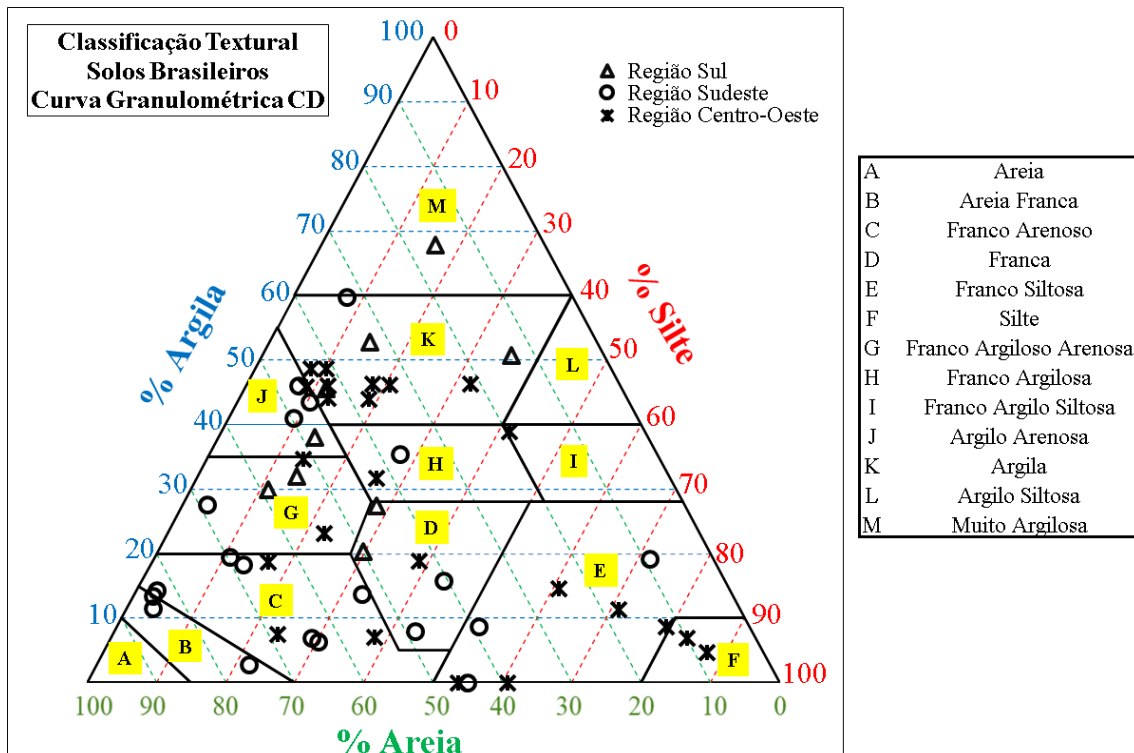


Figura 3.9. Classificação Textural – Com Defloculante.

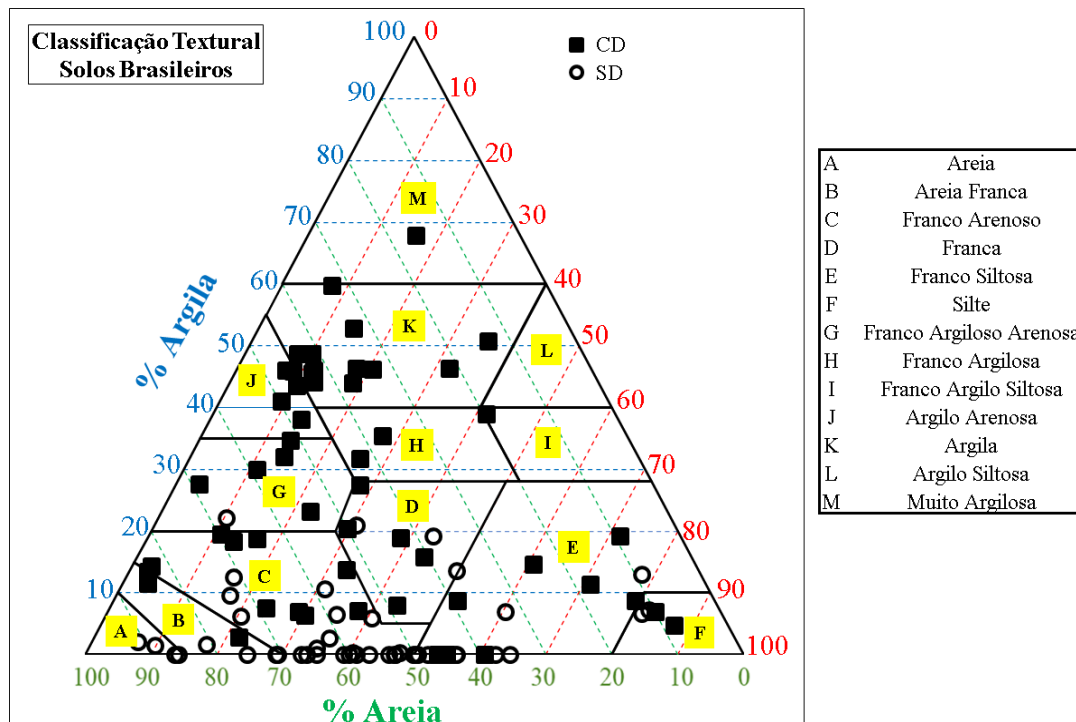


Figura 3.10. Classificação Textural – Solos Tropicais Brasileiros.

### 3.3.4 Carta de Plasticidade

A Carta de Plasticidade (Figura 3.11) de solos é definida pela ASTM (D2487/00) e apresenta a variação do índice de plasticidade em função do limite de liquidez. A carta é dividida em regiões delimitadas pelas: Linha A que separa argila dos siltes, a linha B separa os solos de alta e baixa compressibilidade, e a linha U é determinada empiricamente como o limite superior para solos naturais. Nem todos as pesquisas científicas que foram utilizadas nesta dissertação apresentavam informações referentes ao Limites de Atterberg do solo, por isso, na Figura 3.12 são apresentados os dados que foram coletados.

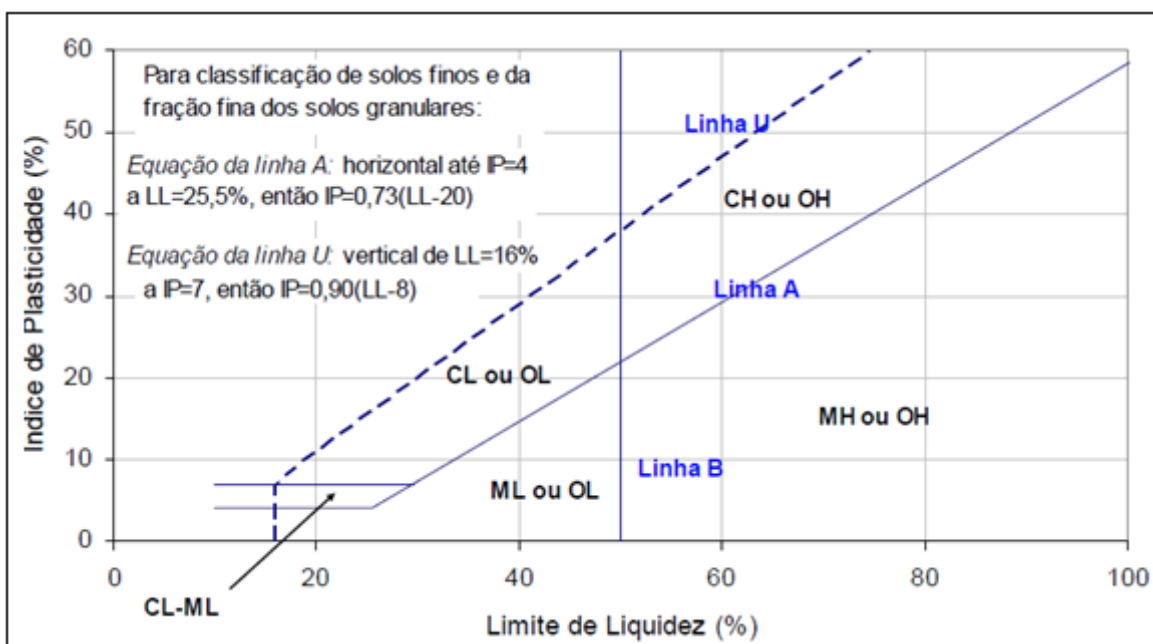


Figura 3.11. Carta de Plasticidade (modificado ASTM-D2487/00).

É possível observar na Figura 3.12 a carta de plasticidade representativa dos solos brasileiros. Observa-se que a maioria dos dados coletados estão nas regiões ML (siltes inorgânicos de baixa compressibilidade) ou OL (siltes inorgânicos de mediana compressibilidade e siltes orgânicos) e MH ou OH (siltes inorgânicos de alta compressibilidade e argilas orgânicas). Em menor quantidade, observa-se dados nas regiões CL ou OL (argilas inorgânicas de baixa compressibilidade) e CH ou OH (argilas inorgânicas de altíssima compressibilidade).

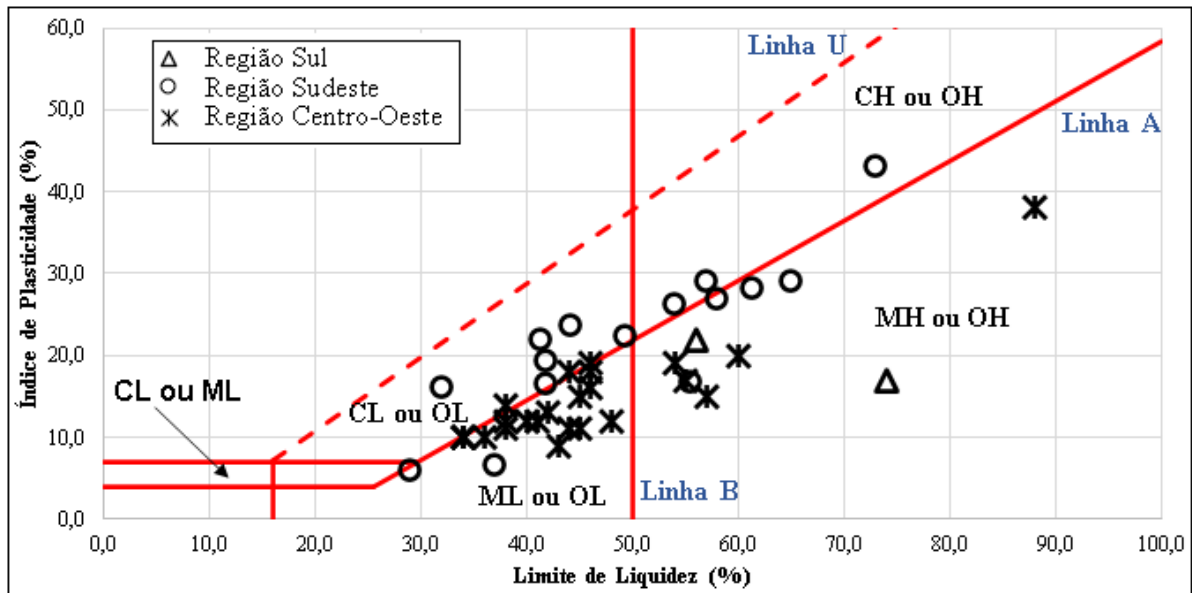


Figura 3.12. Carta de Plasticidade – Solos Tropicais Brasileiros.

### 3.3.5 Curvas Características Solo-Água

As curvas características da base de dados coletada são apresentadas, a seguir, em duas categorias principais e em três subcategorias menores. As duas categorias principais correspondem aos tipos de amostras: indeformadas e compactadas, e as três subcategorias correspondem ao tipo de trajetória (secagem, umedecimento ou molhagem, mista) utilizada para definir a curva experimental.

Nas Figura 3.13, Figura 3.14 e Figura 3.15 são apresentadas as curvas características experimentais para as amostras indeformadas. A partir dos dados coletados observa-se a variabilidade dos principais parâmetros: valores de entrada de ar dos macro e microporos, formatos bimodais e unimodais das curvas, variação dos teores de umidade volumétricos saturados. E nas Figura 3.16, Figura 3.17 e Figura 3.18, pode-se observar que a variabilidade é muito alta também quando trata-se de amostras compactadas.

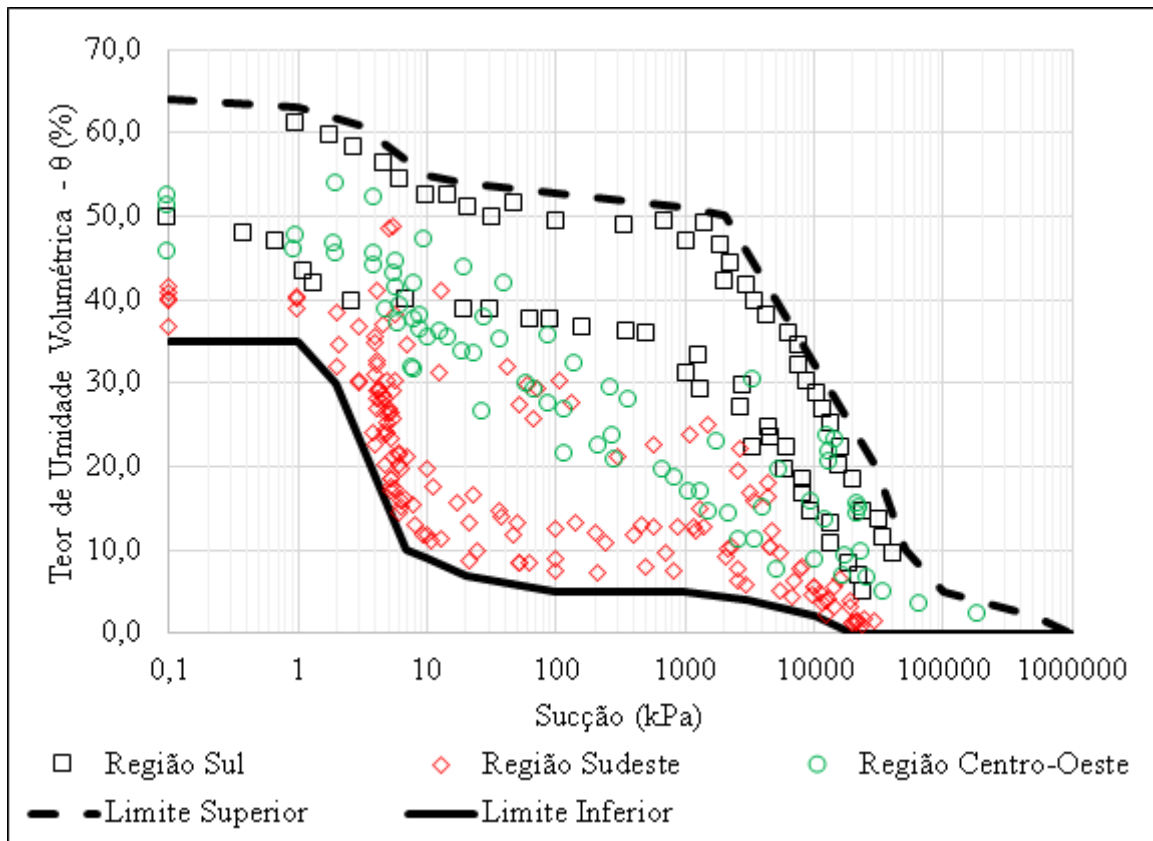


Figura 3.13. Curvas Características Experimentais – Amostras Indeformadas – Trajetórias de Secagem.

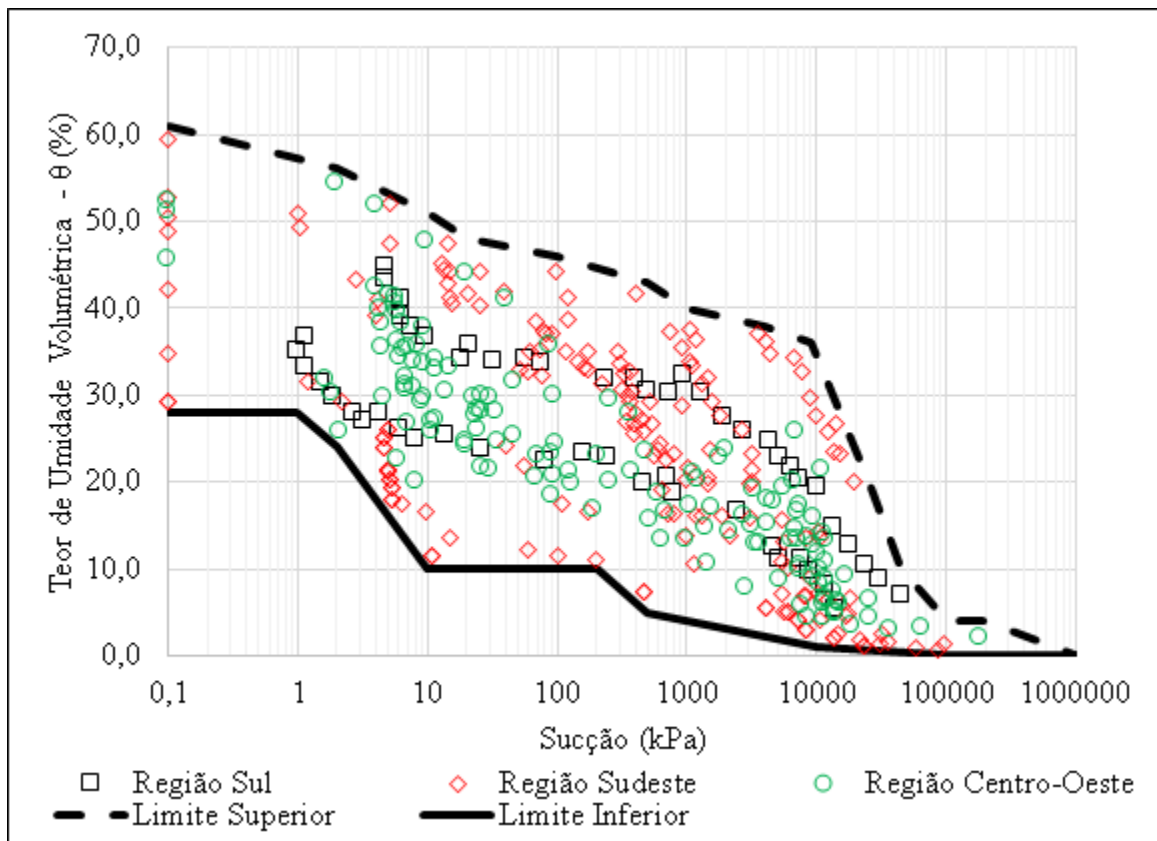


Figura 3.14. Curvas Características Experimentais – Amostras Indeformadas – Trajetórias de Umedecimento.

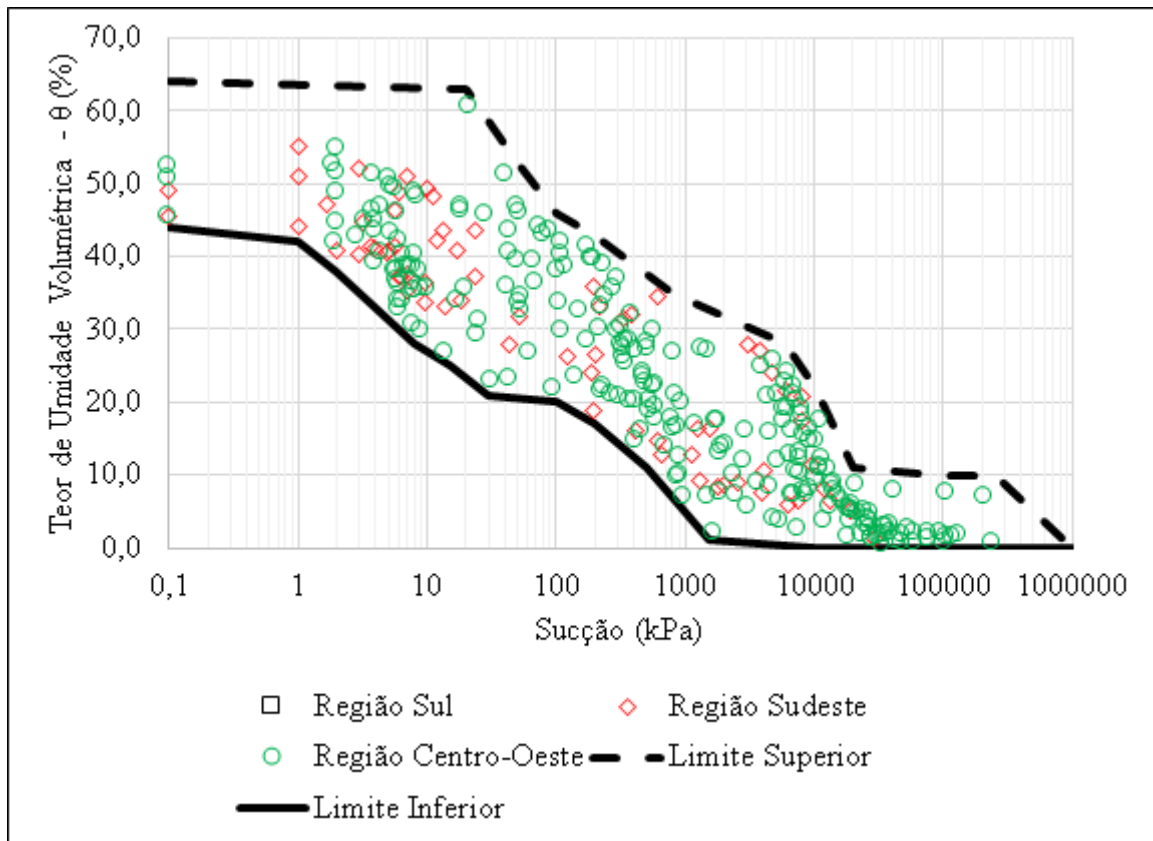


Figura 3.15. Curvas Características Experimentais – Amostras Indeformadas – Trajetórias Mistas.

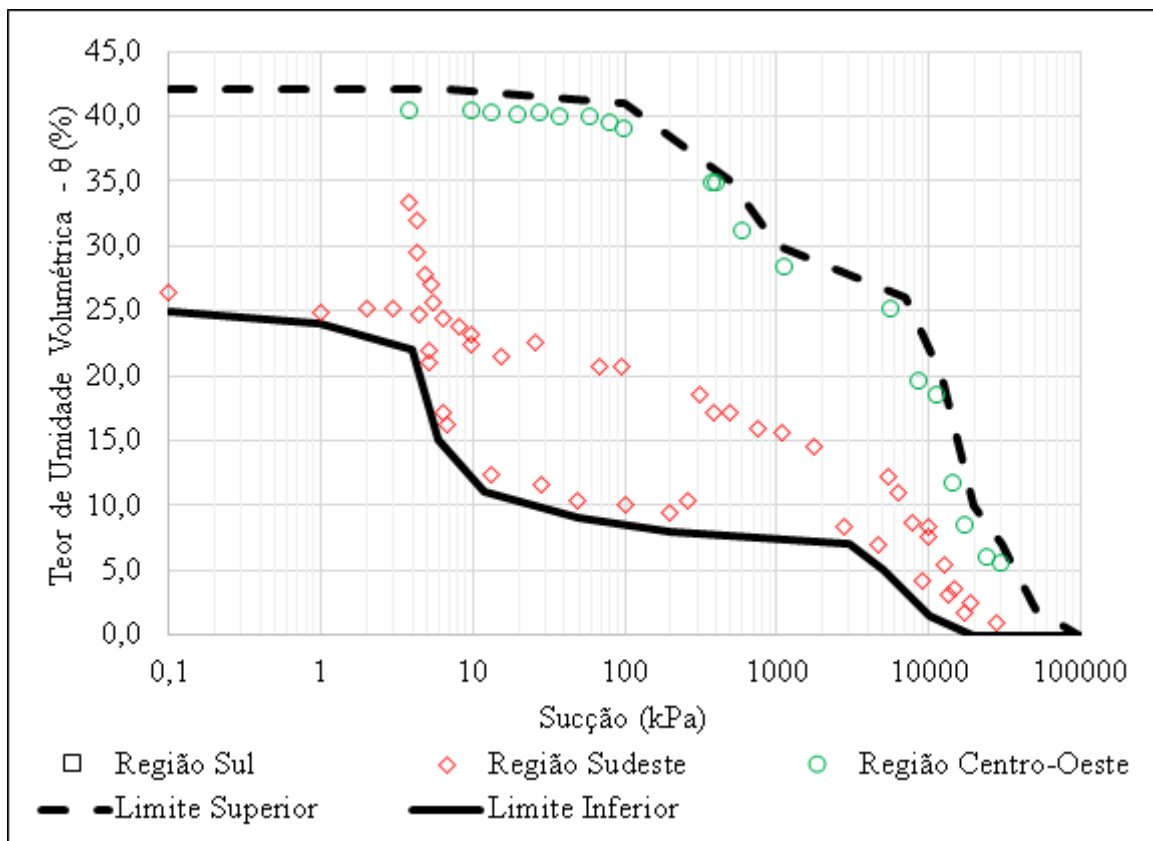


Figura 3.16. Curvas Características Experimentais – Amostras Compactadas – Trajetórias de Secagem.



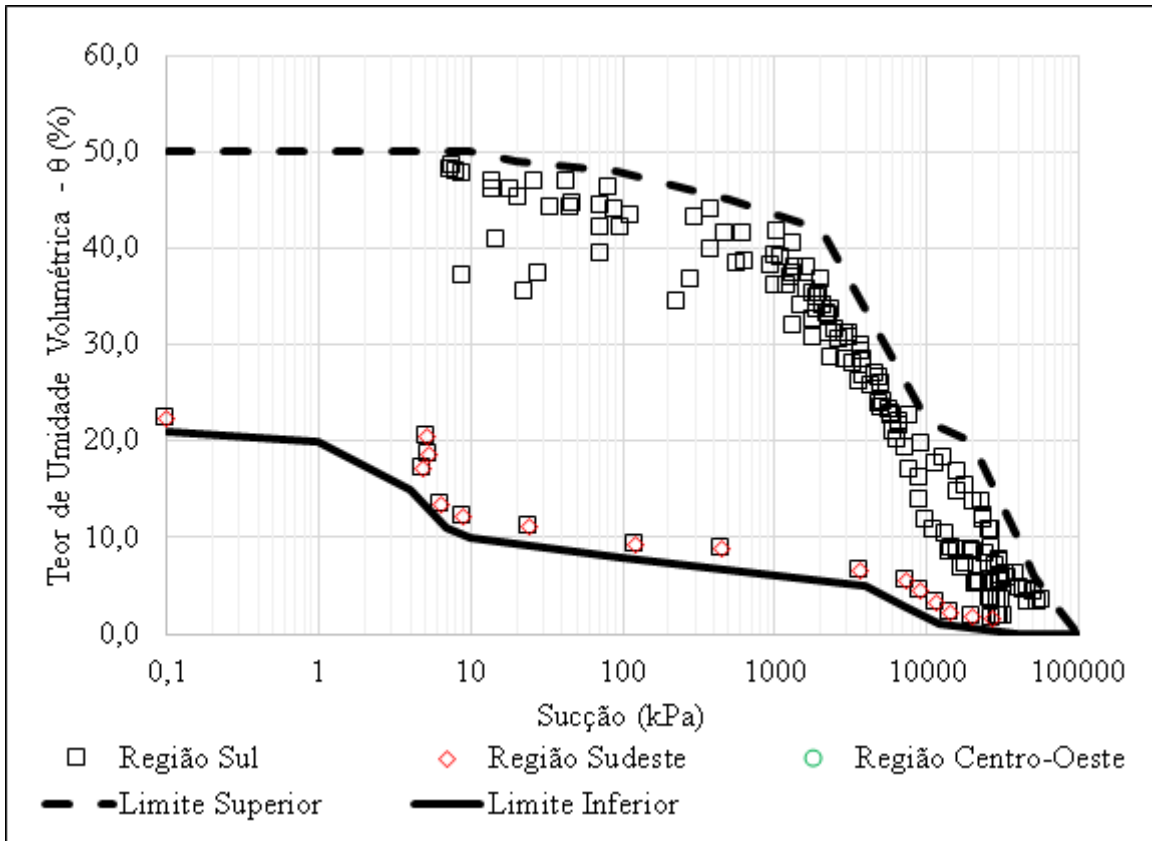


Figura 3.17. Curvas Características Experimentais – Amostras Compactadas – Trajetórias de Umedecimento.

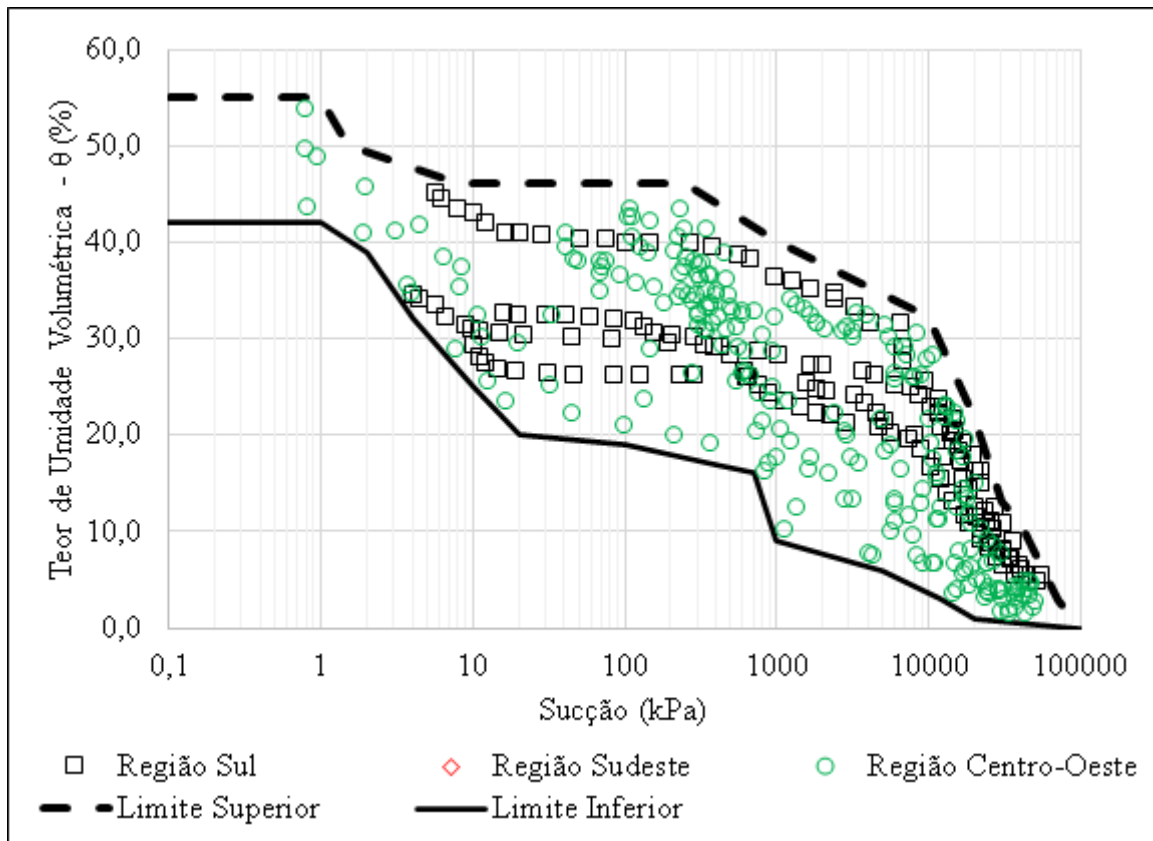


Figura 3.18. Curvas Características Experimentais – Amostras Compactadas – Trajetórias Mista.

Plotando as curvas separadamente como foram apresentadas anteriormente observa-se que a variabilidade dos dados é bastante elevada. Entretanto ao observar todas as imagens anteriores, verifica-se que essa dispersão dos dados diminui consideravelmente quando estamos na região dos microporos. Portanto, ao plotar todas as curvas anteriores um único gráfico, desconsiderando o tipo de trajetória (secagem, umedecimento ou mista) obtém-se a Figura 3.19.

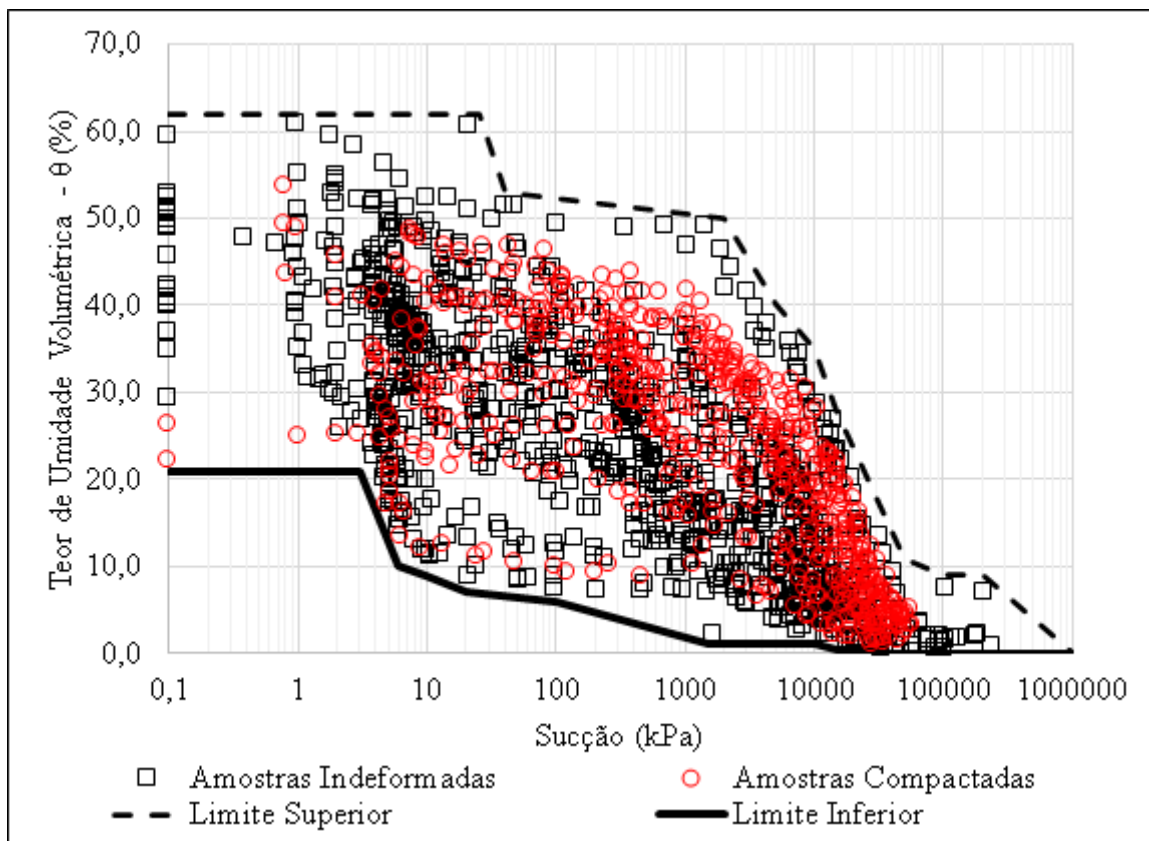


Figura 3.19. Curvas Características Solo – Água dos Solos Tropicais Brasileiros.

Observando a Figura 3.19 verifica-se que a variabilidade do banco de dados ocorre primordialmente na região dos macro e mesoporos do material e quando entramos na região dos microporos ela tende a se equalizar diminuindo essa variação. Tal fato é de suma importância pois pode nos mostrar que a região de microporos tende a permanecer numa faixa pequena de variação de valores de entrada de ar e nos possibilitando a elaborar um modelo de previsão da curva característica para determinar apenas a região dos macro e mesoporos do solo.

#### **4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Este capítulo apresenta os resultados obtidos empregando os modelos de previsão selecionados, Arya e Paris (1981), Arya e Dierolf (1989), Aubertin *et al.* (2002) e Wang *et al.* (2017), a partir do banco de dados utilizados. Devido a quantidade de dados utilizados nas previsões e com a intenção de facilitar a compreensão dos resultados apresentados, este capítulo foi dividido em dois tópicos que serão abordados a seguir. O primeiro tópico consiste numa avaliação geral dos modelos de predição, ou seja, averiguar a eficiência destes modelos quando são utilizados para prever curvas características de solos tropicais. O segundo tópico consiste em análises específicas referente ao comportamento de solos tropicais e que não são levados em consideração nos modelos de predição utilizados nesta dissertação.

Além disso, esta dissertação contém os seguintes anexos referente a todo o banco de dados coletados:

- Anexo 01 – Premissa 01: Informações dos Dados Coletados;
- Anexo 02 – Premissa 02 A: Parâmetros de Ajuste da Curva Granulométrica;
- Anexo 03 – Premissa 02 B: Parâmetros de Ajuste da Curva Característica Solo-Água;
- Anexo 04 – Premissa 04: Resumo da Granulometria (Limites USDA);
- Anexo 05 – Premissa 05: Resumo da Granulometria dos dados Interpolados (Limites USDA);
- Anexo 06 – Resumo dos Índices Físicos Coletados;
- Anexo 07 – Curvas Características Experimentais e Preditas;
- Anexo 08 – Avaliações Estatísticas dos Modelos de Previsões da CCSA.

##### **4.1 AVALIAÇÕES GERAIS DOS MODELOS DE PREVISÕES**

A primeira parte dos resultados consiste em uma avaliação geral dos modelos de previsão da curva característica. Esta avaliação inclui descrever e averiguar o desempenho dos modelos de estimativa quando aplicados a solos tropicais. Para tanto, a divisão será apresentada em dois subtópicos, o primeiro consiste numa avaliação global dos ajustes discutindo como os métodos de previsões se comportam ao utilizar amostras indeformadas e compactadas. O segundo subtópico consiste numa avaliação da qualidade dos ajustes em termos dos parâmetros físicos das curvas características. Por motivos de repetições e organização das figuras que serão apresentadas nos itens seguintes, a legenda de todos os gráficos é apresentada na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Legenda Referente aos Gráficos de Modelos de Previsões.

<b>Sigla</b>	<b>Significado</b>
E-D	Dado experimental, trajetória de secagem
E-W	Dados experimental, trajetória de molhagem (ou umedecimento)
E-M	Dados experimental, trajetória mista
AP-D	Modelo de Arya e Paris (1981) utilizando granulometria dispersa
AP-ND	Modelo de Arya e Paris (1981) utilizando granulometria não dispersa
AD-D	Modelo de Arya e Dierolf (1989) utilizando granulometria dispersa
AD-ND	Modelo de Arya e Dierolf (1989) utilizando granulometria não dispersa
A-F	Modelos de Aubertin <i>et al.</i> (2003) para materiais finos
A-G-D	Modelos de Aubertin <i>et al.</i> (2003) para materiais granulares, utilizando granulometria dispersa
A-G-D*	Modelos de Aubertin <i>et al.</i> (2003) para materiais granulares, utilizando granulometria dispersa e extrapolando dados da granulometria
A-G-ND	Modelos de Aubertin <i>et al.</i> (2003) para materiais granulares, utilizando granulometria não dispersa
A-G-ND*	Modelos de Aubertin <i>et al.</i> (2003) para materiais granulares, utilizando granulometria não dispersa e extrapolando dados da granulometria
W-D	Modelo de Wang <i>et al.</i> (2017) utilizando granulometria dispersa
W-D*	Modelo de Wang <i>et al.</i> (2017) utilizando granulometria dispersa e extrapolando dados da granulometria
W-ND	Modelo de Wang <i>et al.</i> (2017) utilizando granulometria não dispersa
W-ND*	Modelo de Wang <i>et al.</i> (2017) utilizando granulometria não dispersa e extrapolando dados da granulometria

#### 4.1.1 Avaliação Global dos Ajustes

Nas Figura 4.1 a Figura 4.3, são apresentados os resultados da aplicação dos modelos de previsão da CCSA para alguns solos do banco de dados coletado.

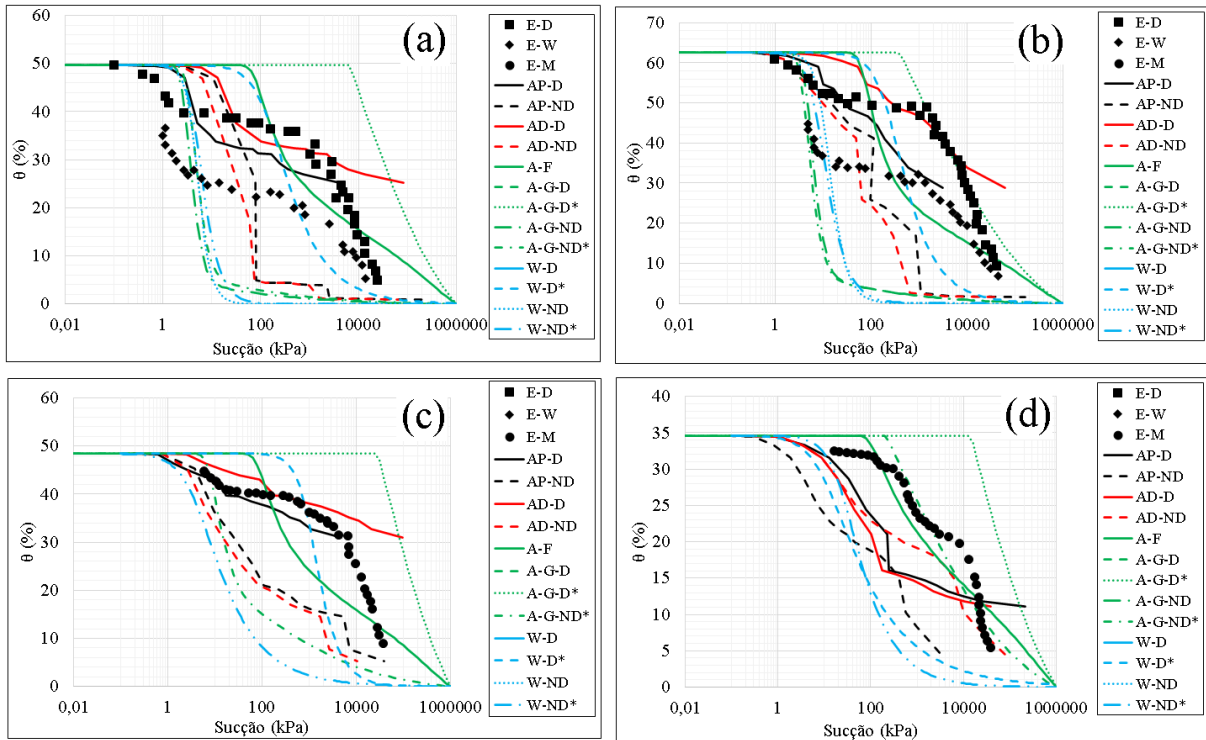


Figura 4.1. Região Sul: (a) Timbé do Sul - SC - Indeformada; (b) São José dos Ausentes - RS - Indeformada; (c) Coronel Barros - RS - Compactada; (d) Pelotas- RS – Compactada.

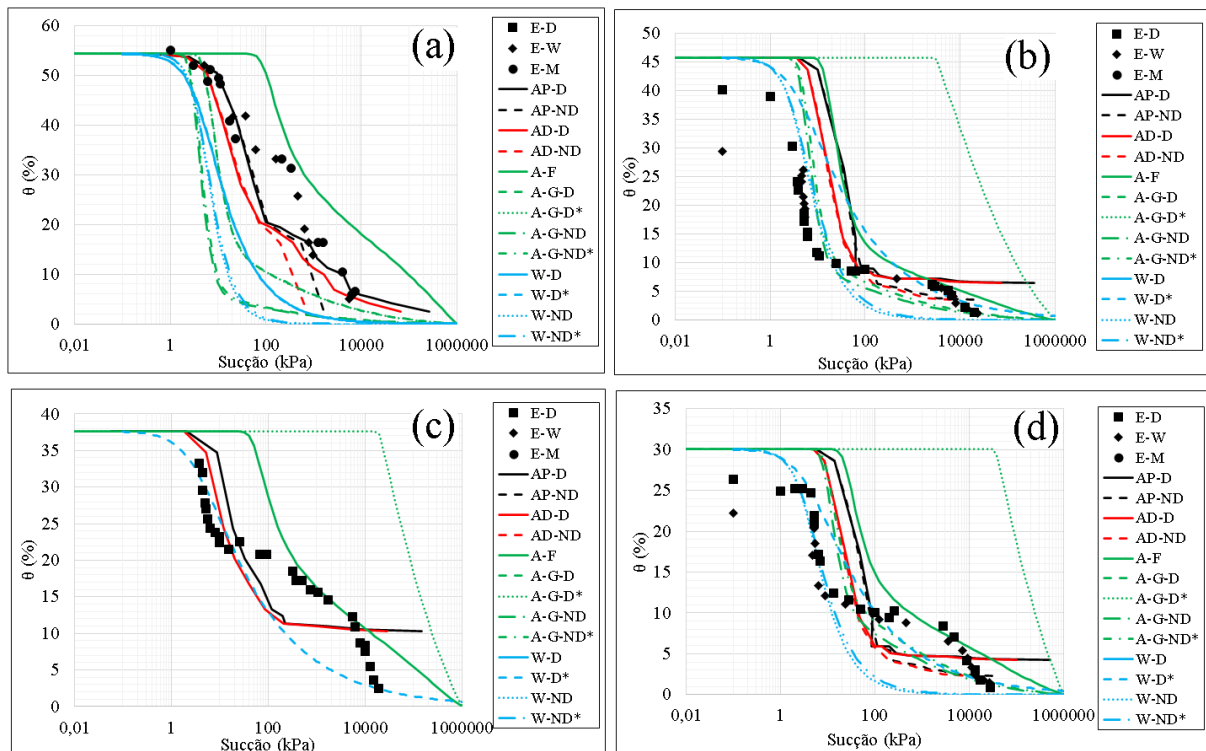


Figura 4.2. Região Sudeste: (a) Tinguá - SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá - RJ- Indeformada; (b) Bauru - Vargem Limpa - Campus UNESP (1m) - SP - Indeformada; (c) Campus USP - SP - Compactada; (d) Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP) - SP – Compactada.

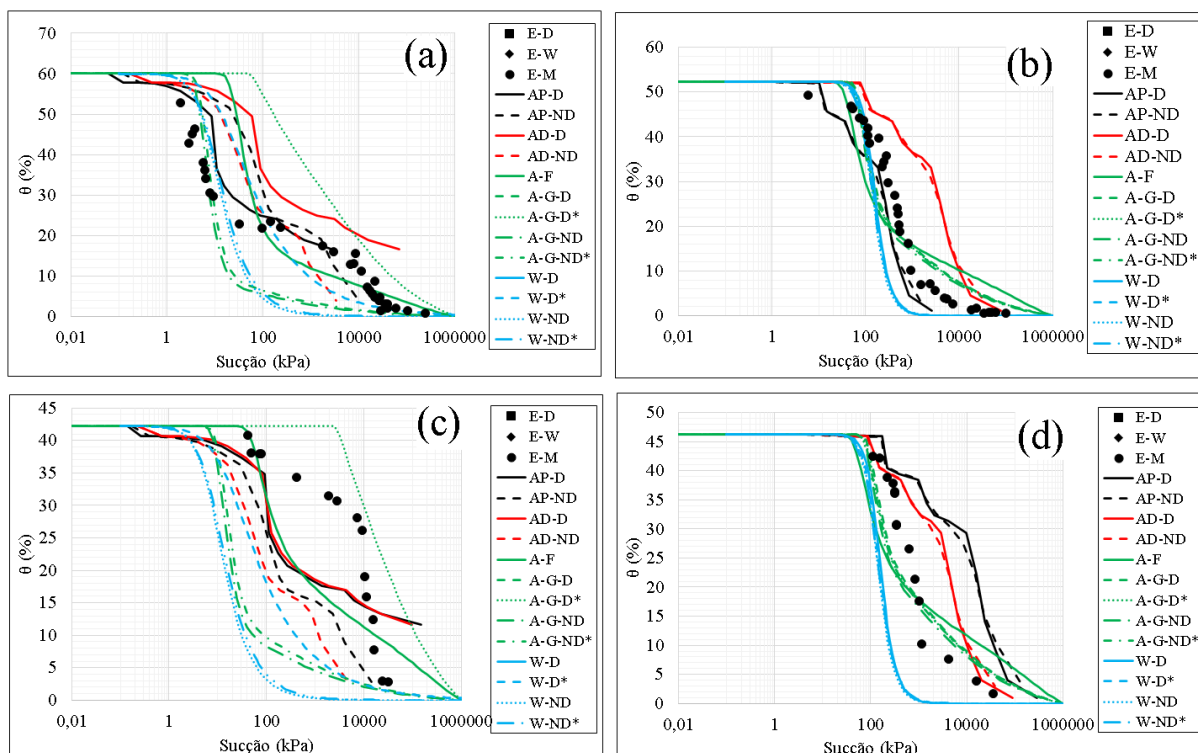


Figura 4.3. Região Centro-Oeste: (a) DF - Campus Experimental UnB - (2m) - Indeformada; (b) DF - Campus Experimental UnB - (12m) - Indeformada; (c) DF - Campus Experimental UnB - (2m) – Proctor Normal - Compactada; (d) DF - Campus Experimental UnB - (12m) – Proctor Normal - Compactada.

Observa-se que, de modo geral, não há correlação indicando qual o melhor modelo a ser utilizado, nem quais trechos da CCSA experimental (zona de macro, meso ou microporos) podem ser mais bem previstos. Pode observar que em alguns casos há uma boa previsão, enquanto em outros as previsões determinadas pelos modelos subestimam ou superestimam os dados experimentais em várias ordens de grandeza. As curvas experimentais e preditas de todo banco de dados coletado para esta dissertação são apresentadas no Anexo 07.

Para avaliação geral dos modelos de previsões, serão utilizados dois parâmetros estatísticos,  $R^2$  e RMSE. Valores de  $R^2$  próximos a 1 e RMSE próximos a 0 indicam que os modelos têm bom desempenho ao prever a curva característica experimental. Para facilitar a apresentação dos resultados dos parâmetros estatísticos, a Tabela 4.2, representativa das amostras indeformadas, lista os parâmetros globais médios para  $R^2$  e RMSE, em função do tipo de modelo utilizado para prever a CCSA, da metodologia utilizada para determinar a granulometria do material, da trajetória para determinar a CCSA, do formato da CCSA, e do tipo de amostra utilizada para determinar a CCSA experimental. Valores individuais para todo o banco de dados podem ser visualizados no Anexo 08 desta dissertação.

Para os modelos de previsão de Aubertin *et al.* (2003) e Wang *et al.* (2017) foram apresentados previsões com e sem interpolação de dados da curva granulométrica, como estipulado nas premissas de projeto.

Tabela 4.2. Avaliação Global do Desempenho dos Modelos de Previsão – Amostras Indeformadas.

Modelo	Gran.	Trajectoria CCSA	Formato CCSA	Interpolação Dados	R <sup>2</sup> Global	RMSE Global
AP (1981)	CD	Mista	Bimodal	Não	0,541	0,09
AP (1981)	CD	Mista	Unimodal	Não	0,44	0,081
AP (1981)	SD	Mista	Bimodal	Não	0,251	0,106
AP (1981)	SD	Mista	Unimodal	Não	0,136	0,107
AP (1981)	CD	Umedecimento	Bimodal	Não	-1,069	0,117
AP (1981)	CD	Umedecimento	Unimodal	Não	-0,943	0,134
AP (1981)	SD	Umedecimento	Bimodal	Não	-1,539	0,126
AP (1981)	SD	Umedecimento	Unimodal	Não	-1,756	0,148
AP (1981)	CD	Secagem	Bimodal	Não	-0,232	0,109
AP (1981)	CD	Secagem	Unimodal	Não	0,653	0,056
AP (1981)	SD	Secagem	Bimodal	Não	-0,624	0,141
AP (1981)	SD	Secagem	Unimodal	Não	0,577	0,06
				<b>Média do Modelo AP (1981)</b>	<b>-0,297</b>	<b>0,106</b>
AD (1989)	CD	Mista	Bimodal	Não	0,433	0,101
AD (1989)	CD	Mista	Unimodal	Não	-0,135	0,119
AD (1989)	SD	Mista	Bimodal	Não	0,305	0,1
AD (1989)	SD	Mista	Unimodal	Não	0,214	0,105
AD (1989)	CD	Umedecimento	Bimodal	Não	-1,82	0,132
AD (1989)	CD	Umedecimento	Unimodal	Não	0,258	0,073
AD (1989)	SD	Umedecimento	Bimodal	Não	-1,864	0,139
AD (1989)	SD	Umedecimento	Unimodal	Não	-2,02	0,151
AD (1989)	CD	Secagem	Bimodal	Não	-0,068	0,101
AD (1989)	CD	Secagem	Unimodal	Não	0,756	0,047
AD (1989)	SD	Secagem	Bimodal	Não	-0,596	0,136
AD (1989)	SD	Secagem	Unimodal	Não	0,272	0,076
				<b>Média do Modelo AD (1989)</b>	<b>-0,355</b>	<b>0,107</b>
AU (2003) - SF	-	Mista	Bimodal	Não	0,449	0,095
AU (2003) - SF	-	Umedecimento	Bimodal	Não	-1,89	0,14

<b>Modelo</b>	<b>Gran.</b>	<b>Trajectoria CCSA</b>	<b>Formato CCSA</b>	<b>Interpolação Dados</b>	<b>R<sup>2</sup> Global</b>	<b>RMSE Global</b>
AU (2003) - SF	-	Secagem	Bimodal	Não	-0,477	0,121
AU (2003) - SF	-	Mista	Unimodal	Não	0,028	0,09
AU (2003) - SF	-	Umedecimento	Unimodal	Não	-0,341	0,104
AU (2003) - SF	-	Secagem	Unimodal	Não	0,148	0,084
AU (2003) - SG	CD	Mista	Bimodal	Não	0,356	0,115
AU (2003) - SG	CD	Mista	Unimodal	Não	0,403	0,088
AU (2003) - SG	SD	Mista	Bimodal	Não	-0,427	0,149
AU (2003) - SG	SD	Mista	Unimodal	Não	-1,246	0,17
AU (2003) - SG	CD	Umedecimento	Bimodal	Não	-1,034	0,177
AU (2003) - SG	CD	Umedecimento	Unimodal	Não	-1,472	0,139
AU (2003) - SG	SD	Umedecimento	Bimodal	Não	-2,345	0,16
AU (2003) - SG	SD	Umedecimento	Unimodal	Não	-5,248	0,236
AU (2003) - SG	CD	Secagem	Bimodal	Não	-1,443	0,165
AU (2003) - SG	CD	Secagem	Unimodal	Não	-0,146	0,105
AU (2003) - SG	SD	Secagem	Bimodal	Não	-2,039	0,206
AU (2003) - SG	SD	Secagem	Unimodal	Não	-0,322	0,107
AU (2003) - SG	CD	Mista	Bimodal	Sim	-0,953	0,175
AU (2003) - SG	CD	Mista	Unimodal	Sim	-0,69	0,11
AU (2003) - SG	SD	Mista	Bimodal	Sim	-0,28	0,141
AU (2003) - SG	SD	Mista	Unimodal	Sim	-1,155	0,161
AU (2003) - SG	CD	Umedecimento	Bimodal	Sim	-5,344	0,207
AU (2003) - SG	CD	Umedecimento	Unimodal	Sim	-0,784	0,111
AU (2003) - SG	SD	Umedecimento	Bimodal	Sim	-3,004	0,171



Modelo	Gran.	Trajectoria CCSA	Formato CCSA	Interpolação Dados	R <sup>2</sup> Global	RMSE Global
AU (2003) - SG	SD	Umedecimento	Unimodal	Sim	-3,814	0,2
AU (2003) - SG	CD	Secagem	Bimodal	Sim	-2,941	0,194
AU (2003) - SG	CD	Secagem	Unimodal	Sim	0,401	0,071
AU (2003) - SG	SD	Secagem	Bimodal	Sim	-1,413	0,181
AU (2003) - SG	SD	Secagem	Unimodal	Sim	-0,98	0,133
				<b>Média do Modelo AU (2003)</b>	<b>-1,267</b>	<b>0,143</b>
WA (2017)	CD	Mista	Bimodal	Não	-0,187	0,154
WA (2017)	CD	Mista	Unimodal	Não	-0,288	0,141
WA (2017)	SD	Mista	Bimodal	Não	-0,449	0,154
WA (2017)	SD	Mista	Unimodal	Não	-1,845	0,204
WA (2017)	CD	Umedecimento	Bimodal	Não	-1,495	0,196
WA (2017)	CD	Umedecimento	Unimodal	Não	-3,232	0,178
WA (2017)	SD	Umedecimento	Bimodal	Não	-2,758	0,167
WA (2017)	SD	Umedecimento	Unimodal	Não	-6,575	0,261
WA (2017)	CD	Secagem	Bimodal	Não	-1,608	0,176
WA (2017)	CD	Secagem	Unimodal	Não	-0,794	0,131
WA (2017)	SD	Secagem	Bimodal	Não	-1,836	0,196
WA (2017)	SD	Secagem	Unimodal	Não	-0,863	0,127
WA (2017)	CD	Mista	Bimodal	Sim	0,102	0,128
WA (2017)	CD	Mista	Unimodal	Sim	-0,077	0,118
WA (2017)	SD	Mista	Bimodal	Sim	-0,384	0,154
WA (2017)	SD	Mista	Unimodal	Sim	-1,725	0,192
WA (2017)	CD	Umedecimento	Bimodal	Sim	-2,059	0,144
WA (2017)	CD	Umedecimento	Unimodal	Sim	-2,915	0,174
WA (2017)	SD	Umedecimento	Bimodal	Sim	-3,025	0,172
WA (2017)	SD	Umedecimento	Unimodal	Sim	-4,743	0,216
WA (2017)	CD	Secagem	Bimodal	Sim	-0,384	0,115
WA (2017)	CD	Secagem	Unimodal	Sim	-0,551	0,119
WA (2017)	SD	Secagem	Bimodal	Sim	-1,322	0,18
WA (2017)	SD	Secagem	Unimodal	Sim	-1,509	0,15
				<b>Média do Modelo WA (2017)</b>	<b>-1,688</b>	<b>0,164</b>

Observa-se na tabela anterior, que os modelos não se adequam bem ao solos tropicais. Foram avaliadas separadamente os tipos de trajetórias (mista, secagem e umedecimento) para determinar a CCSA experimental e que em nenhuma delas os modelos de previsão foram capazes de prever bem a curva característica predita.

Avaliações referentes a amostras compactadas em diversas condições também foram realizadas neste trabalho. Nenhuma correlação significativa há entre os dados experimentais e os preditos das amostras compactadas e a Tabela 4.3 apresenta os parâmetros estatísticos ( $R^2$  e RMSE) para avaliações dos modelos de predições. Nesta tabela, também, são apresentados os valores globais dos parâmetros estatísticos, e os parâmetros individuais das amostras compactadas podem ser visualizadas no Anexo 08 desta dissertação.

Tabela 4.3. Avaliação Global do Desempenho dos Modelos de Previsão – Amostras Compactadas.

Modelo	Gran.	Trajectoria CCSA	Formato CCSA	Interpolação Dados	$R^2$ Global	RMSE Global
AP (1981)	CD	Mista	Bimodal	Não	0,234	0,087
AP (1981)	CD	Mista	Unimodal	Não	0,024	0,111
AP (1981)	SD	Mista	Bimodal	Não	-0,693	0,137
AP (1981)	SD	Mista	Unimodal	Não	-0,366	0,117
AP (1981)	CD	Umedecimento	Bimodal	Não	-0,066	0,117
AP (1981)	CD	Umedecimento	Unimodal	Não	0,047	0,115
AP (1981)	SD	Umedecimento	Bimodal	Não	-1,04	0,089
AP (1981)	SD	Umedecimento	Unimodal	Não	-	-
AP (1981)	CD	Secagem	Bimodal	Não	0,091	0,09
AP (1981)	CD	Secagem	Unimodal	Não	-	-
AP (1981)	SD	Secagem	Bimodal	Não	0,024	0,099
AP (1981)	SD	Secagem	Unimodal	Não	-	-
				<b>Média do Modelo AP (1981)</b>	<b>-0,194</b>	<b>0,107</b>
AD (1989)	CD	Mista	Bimodal	Não	0,188	0,09
AD (1989)	CD	Mista	Unimodal	Não	0,467	0,079
AD (1989)	SD	Mista	Bimodal	Não	-0,501	0,125
AD (1989)	SD	Mista	Unimodal	Não	-0,093	0,105
AD (1989)	CD	Umedecimento	Bimodal	Não	-0,204	0,127
AD (1989)	CD	Umedecimento	Unimodal	Não	0,137	0,11
AD (1989)	SD	Umedecimento	Bimodal	Não	-0,719	0,081
AD (1989)	SD	Umedecimento	Unimodal	Não	-	-
AD (1989)	CD	Secagem	Bimodal	Não	0,512	0,065

Modelo	Gran.	Trajectoria CCSA	Formato CCSA	Interpolação Dados	R <sup>2</sup> Global	RMSE Global
AD (1989)	CD	Secagem	Unimodal	Não	-	-
AD (1989)	SD	Secagem	Bimodal	Não	-0,114	0,107
AD (1989)	SD	Secagem	Unimodal	Não	-	-
				<b>Média do Modelo AD (1989)</b>	<b>-0,036</b>	<b>0,099</b>
AU (2003) - SF	-	Mista	Bimodal	Não	0,361	0,082
AU (2003) - SF	-	Umedecimento	Bimodal	Não	0,375	0,085
AU (2003) - SF	-	Secagem	Bimodal	Não	0,214	0,072
AU (2003) - SF	-	Mista	Unimodal	Não	0,386	0,086
AU (2003) - SF	-	Umedecimento	Unimodal	Não	0,488	0,084
AU (2003) - SF	-	Secagem	Unimodal	Não	-	-
AU (2003) - SG	CD	Mista	Bimodal	Não	-	-
AU (2003) - SG	CD	Mista	Unimodal	Não	0,503	0,084
AU (2003) - SG	SD	Mista	Bimodal	Não	-0,891	0,155
AU (2003) - SG	SD	Mista	Unimodal	Não	-1,345	0,163
AU (2003) - SG	CD	Umedecimento	Bimodal	Não	-	-
AU (2003) - SG	CD	Umedecimento	Unimodal	Não	-	-
AU (2003) - SG	SD	Umedecimento	Bimodal	Não	-0,57	0,078
AU (2003) - SG	SD	Umedecimento	Unimodal	Não	-	-
AU (2003) - SG	CD	Secagem	Bimodal	Não	-	-
AU (2003) - SG	CD	Secagem	Unimodal	Não	-	-
AU (2003) - SG	SD	Secagem	Bimodal	Não	0,437	0,059
AU (2003) - SG	SD	Secagem	Unimodal	Não	-	-
AU (2003) - SG	CD	Mista	Bimodal	Sim	-1,328	0,158
AU (2003) - SG	CD	Mista	Unimodal	Sim	0,033	0,098

<b>Modelo</b>	<b>Gran.</b>	<b>Trajectoria CCSA</b>	<b>Formato CCSA</b>	<b>Interpolação Dados</b>	<b>R<sup>2</sup> Global</b>	<b>RMSE Global</b>
AU (2003) - SG	SD	Mista	Bimodal	Sim	-0,805	0,14
AU (2003) - SG	SD	Mista	Unimodal	Sim	-1,264	0,159
AU (2003) - SG	CD	Umedecimento	Bimodal	Sim	-0,836	0,08
AU (2003) - SG	CD	Umedecimento	Unimodal	Sim	-0,838	0,16
AU (2003) - SG	SD	Umedecimento	Bimodal	Sim	-0,662	0,08
AU (2003) - SG	SD	Umedecimento	Unimodal	Sim	-	-
AU (2003) - SG	CD	Secagem	Bimodal	Sim	-3,36	0,169
AU (2003) - SG	CD	Secagem	Unimodal	Sim	-	-
AU (2003) - SG	SD	Secagem	Bimodal	Sim	-1,145	0,145
AU (2003) - SG	SD	Secagem	Unimodal	Sim	-	-
				<b>Média do Modelo AU (2003)</b>	<b>-0,539</b>	<b>0,112</b>
WA (2017)	CD	Mista	Bimodal	Não	-	-
WA (2017)	CD	Mista	Unimodal	Não	-2,722	0,228
WA (2017)	SD	Mista	Bimodal	Não	-1,752	0,189
WA (2017)	SD	Mista	Unimodal	Não	-3,954	0,253
WA (2017)	CD	Umedecimento	Bimodal	Não	-	-
WA (2017)	CD	Umedecimento	Unimodal	Não	-	-
WA (2017)	SD	Umedecimento	Bimodal	Não	0,433	0,047
WA (2017)	SD	Umedecimento	Unimodal	Não	-	-
WA (2017)	CD	Secagem	Bimodal	Não	-	-
WA (2017)	CD	Secagem	Unimodal	Não	-	-
WA (2017)	SD	Secagem	Bimodal	Não	0,569	0,052
WA (2017)	SD	Secagem	Unimodal	Não	-	-
WA (2017)	CD	Mista	Bimodal	Sim	-0,841	0,136
WA (2017)	CD	Mista	Unimodal	Sim	-2,728	0,218
WA (2017)	SD	Mista	Bimodal	Sim	-2,688	0,192
WA (2017)	SD	Mista	Unimodal	Sim	-3,871	0,25
WA (2017)	CD	Umedecimento	Bimodal	Sim	-1,261	0,189
WA (2017)	CD	Umedecimento	Unimodal	Sim	-0,895	0,163
WA (2017)	SD	Umedecimento	Bimodal	Sim	0,455	0,046

Modelo	Gran.	Trajectoria CCSA	Formato CCSA	Interpolação Dados	R <sup>2</sup> Global	RMSE Global
WA (2017)	SD	Umedecimento	Unimodal	Sim	-	-
WA (2017)	CD	Secagem	Bimodal	Sim	0,237	0,081
WA (2017)	CD	Secagem	Unimodal	Sim	-	-
WA (2017)	SD	Secagem	Bimodal	Sim	-1,564	0,154
WA (2017)	SD	Secagem	Unimodal	Sim	-	-
				<b>Média do Modelo WA (2017)</b>	<b>-1,47</b>	<b>0,157</b>

Observa-se que os modelos de previsão da curva característica, utilizados nesta dissertação, têm um desempenho muito errático quando aplicados em solos tropicais, seja utilizando amostras indeformadas ou compactadas, e, portanto, usá-los em seu formato original pode produzir previsões muito diferentes dos dados experimentais. Em alguns casos esporádicos, as previsões foram boas, sugerindo que uma análise mais profunda é necessária para desenvolver um modelo preditivo que funcione aos solos tropicais.

#### 4.1.2 Avaliação dos Ajustes em Termos dos Parâmetros Físicos das CCSAs

Como pode-se ver no tópico anterior, as curvas características solo-água do banco de dados coletado não foram bem preditas pelos modelos escolhidos. Portanto, este tópico apresenta como se dá as predições de alguns parâmetros físicos da CCSA, em que foi utilizado o modelo de ajuste proposto por Gitirana Jr. e Fredlund (2004). De todo banco de dados, 42 materiais foram selecionados para averiguar como se dava a previsão dos seguintes parâmetros físicos da CCSA:

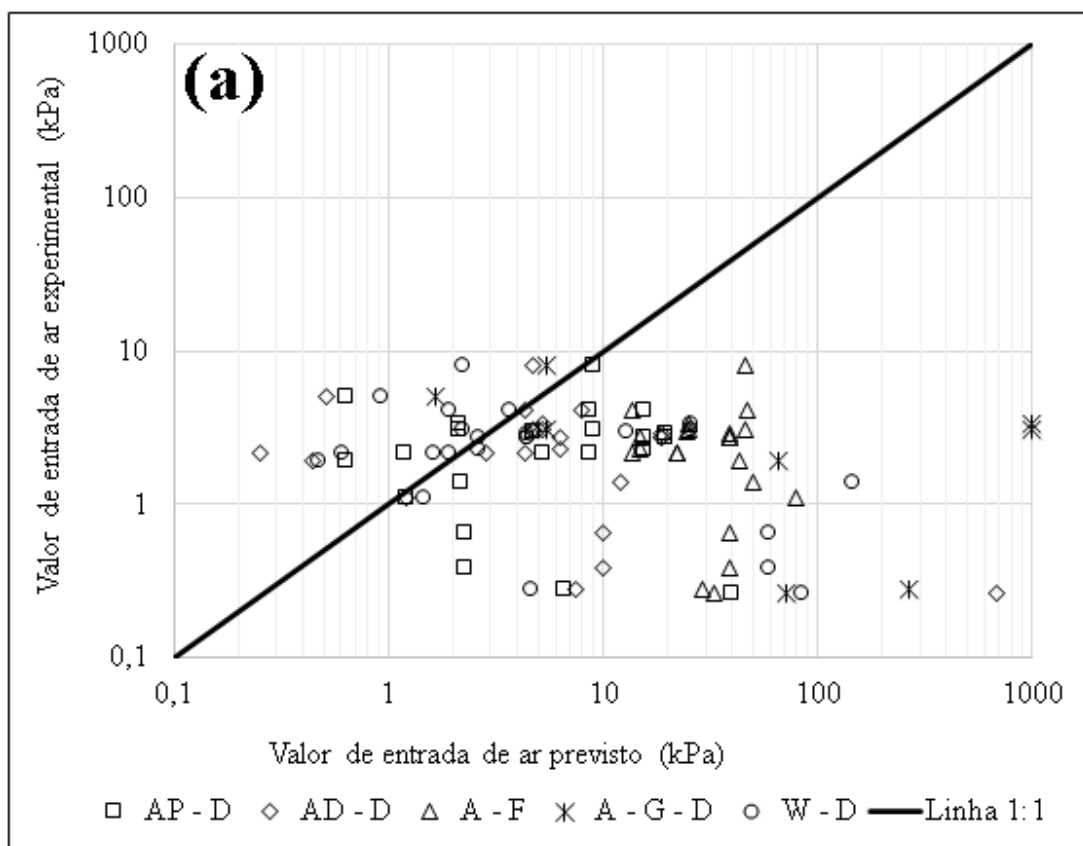
- Valor de Entrada de Ar dos maiores poros do solo;
- Inclinação do primeiro trecho de dessaturação do material.

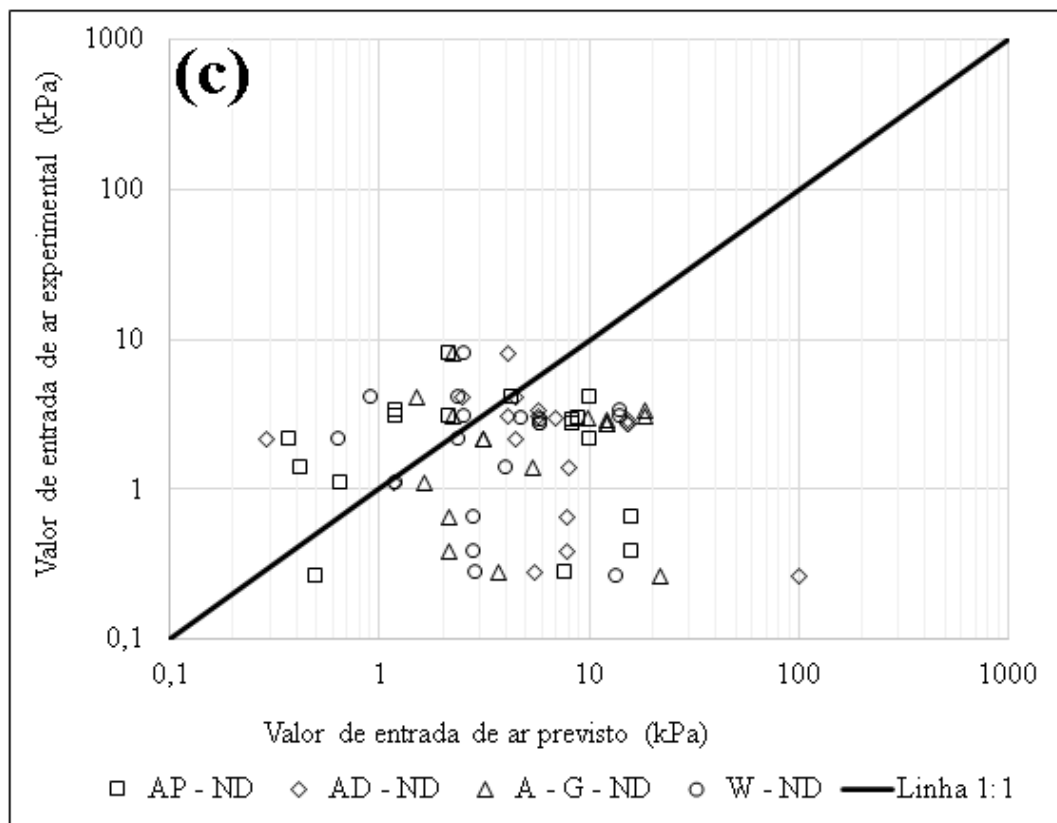
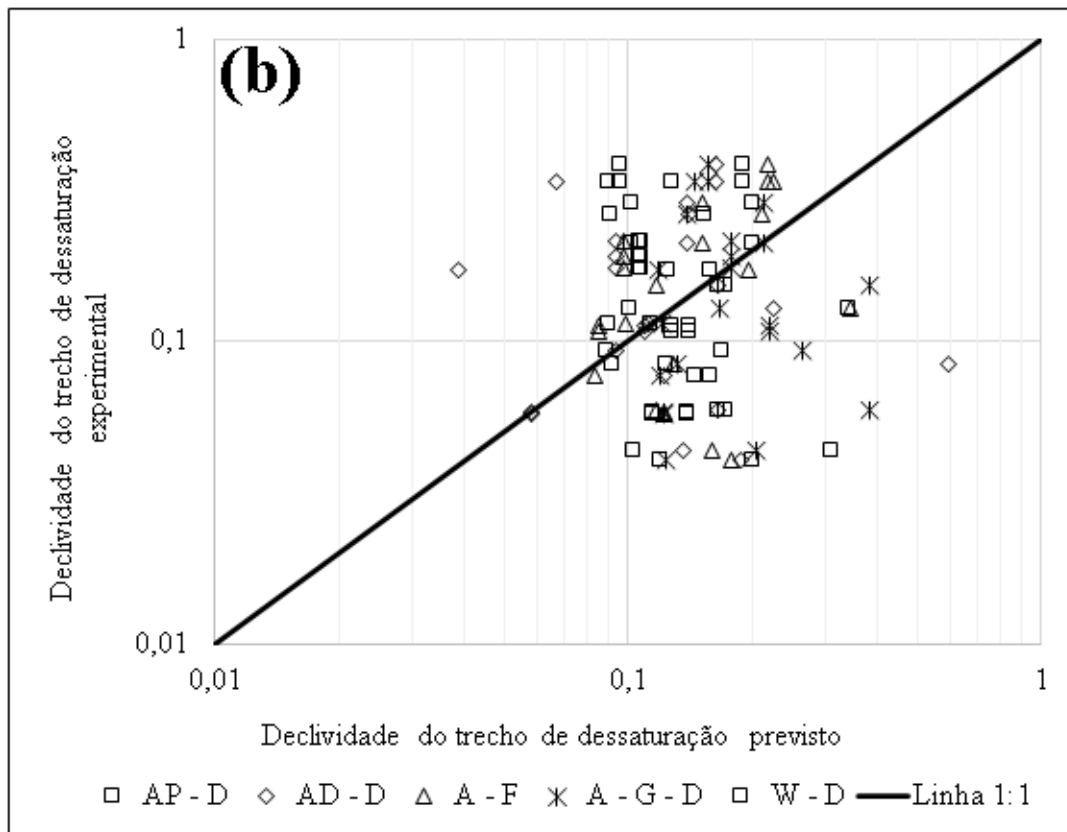
A escolha deste dois parâmetros foi simplesmente porque a maioria das curvas previstas apresentaram formato unimodal, ou seja, assumiu-se apenas os parâmetros relacionados ao trecho de maiores poros do material. A análise foi realizada para amostras indeformadas (23 amostras, Figura 4.4), compactadas bimodais (10 amostras, Figura 4.5) e indeformadas unimodais (09 amostras, Figura 4.6). Não foi realizado a análise para a condição compactada e unimodal devido as curvas características previstas estarem na região dos microporos.

Pode-se observar nas figuras a seguir que nenhum modelo prediz bem os parâmetros físicos (valor de entrada de ar e declividade do trecho de dessaturação) das Curvas

Características de Solos Tropicais, ou seja, os modelos sobrestimam e subestimam tais parâmetros. Em alguns casos esporádicos verifica-se que os pontos se aproximam da linha 1:1, e que o modelo proposto por Arya e Paris (1981) apresenta resultados mais promissores.

Portanto, não é possível retirar qualquer correlação devido a essa variabilidade encontrada. A legenda apresentada nos gráficos a seguir são: AP – D e AP – ND: Arya e Paris (1981) disperso e não disperso; AD – D e AD – ND: Arya e Dierolf (1989) disperso e não disperso; A – F: Aubertin *et al.* (2003); A – G – D e A – G – ND: Aubertin *et al.* (2003) para solos granulares, disperso e não disperso; W – D e W – ND: Wang *et al.* (2017) disperso e não disperso.





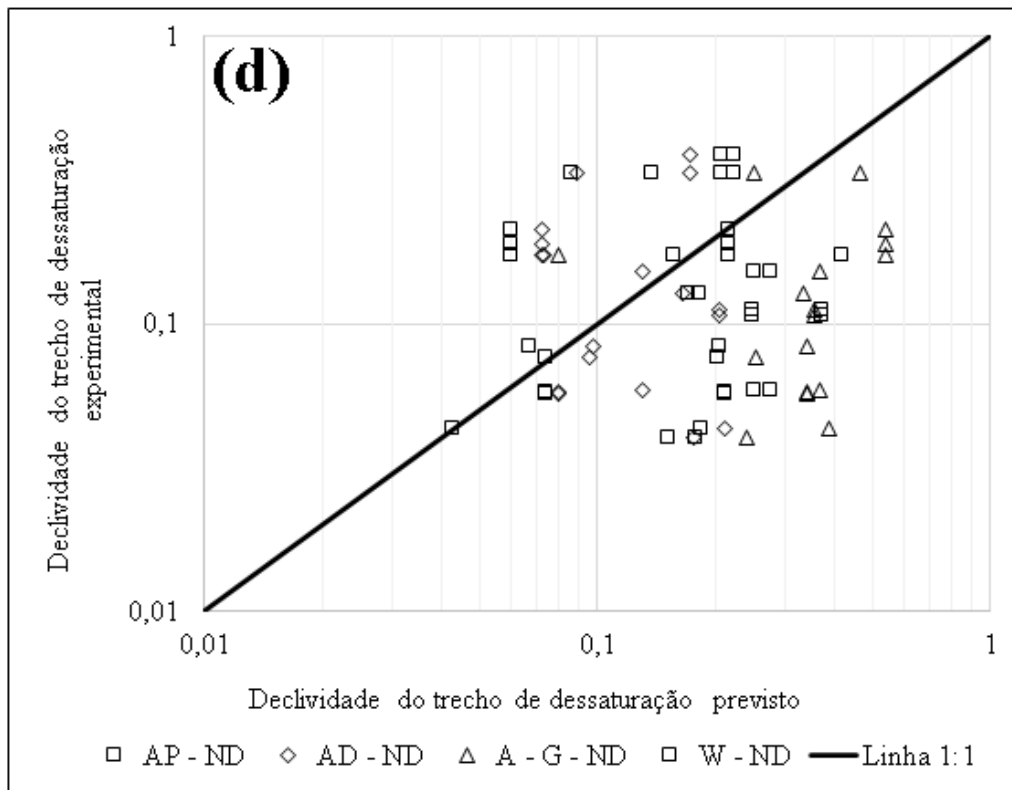
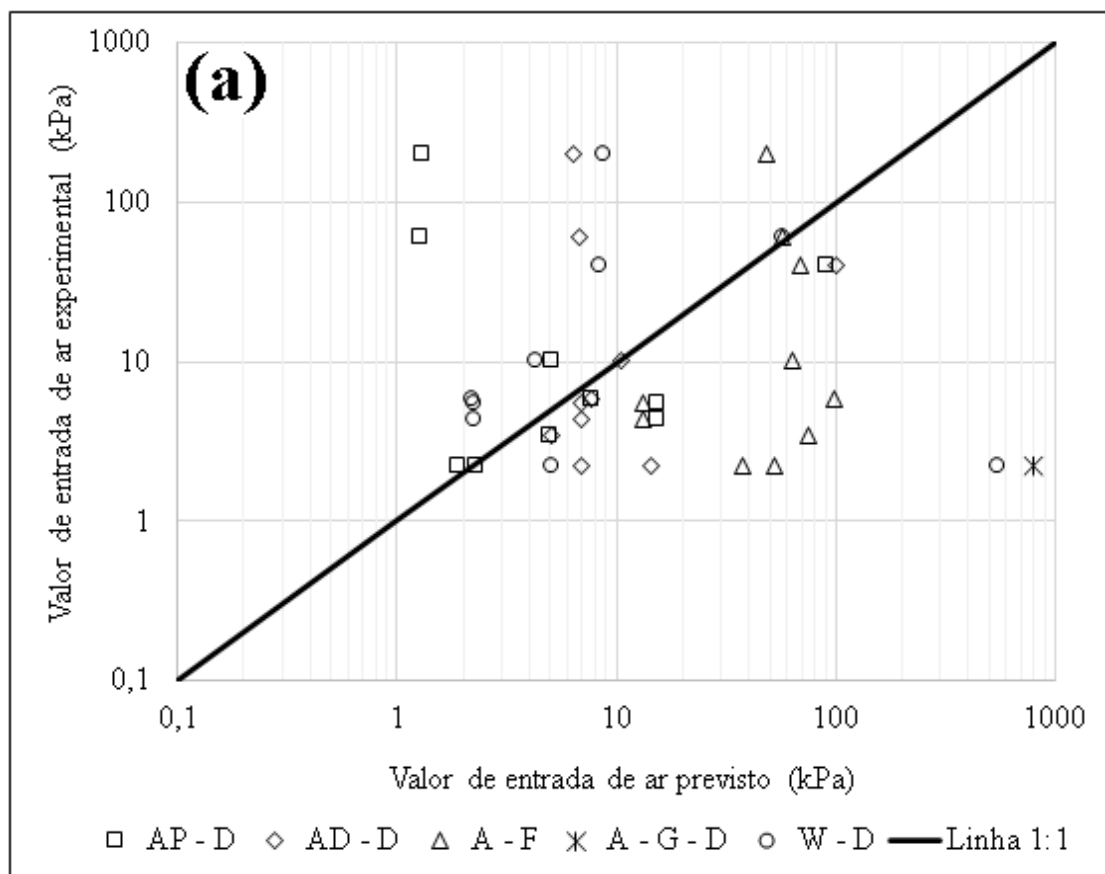
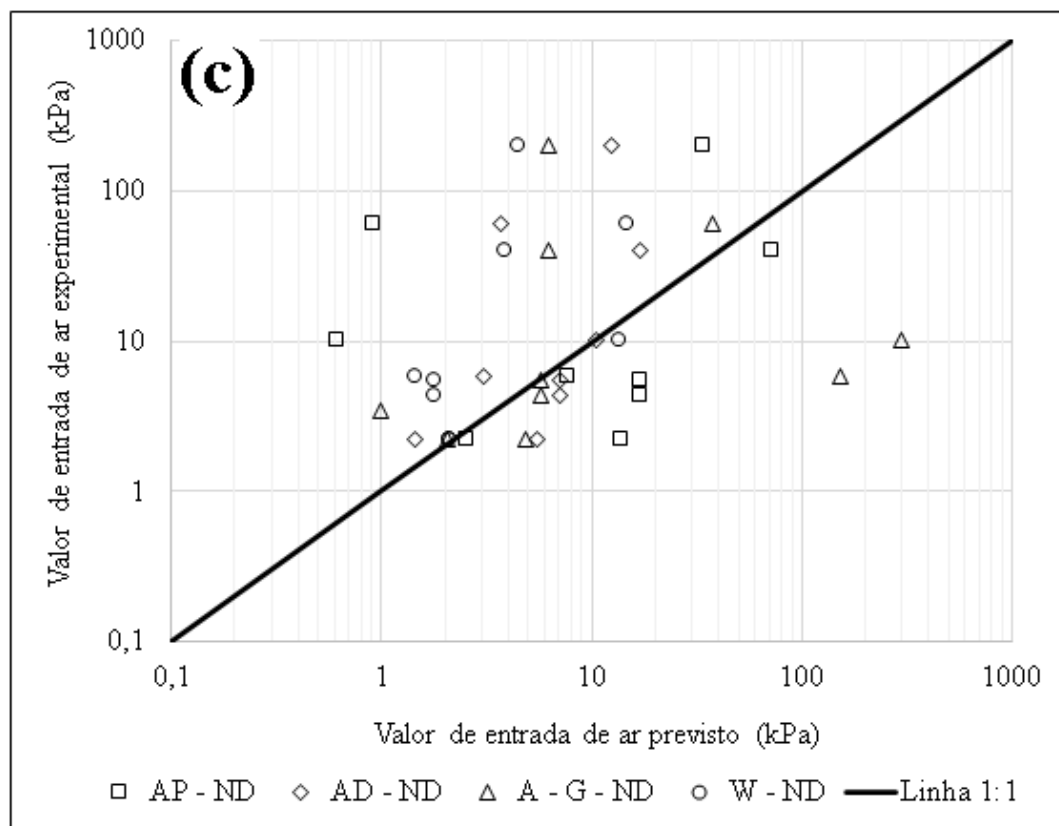
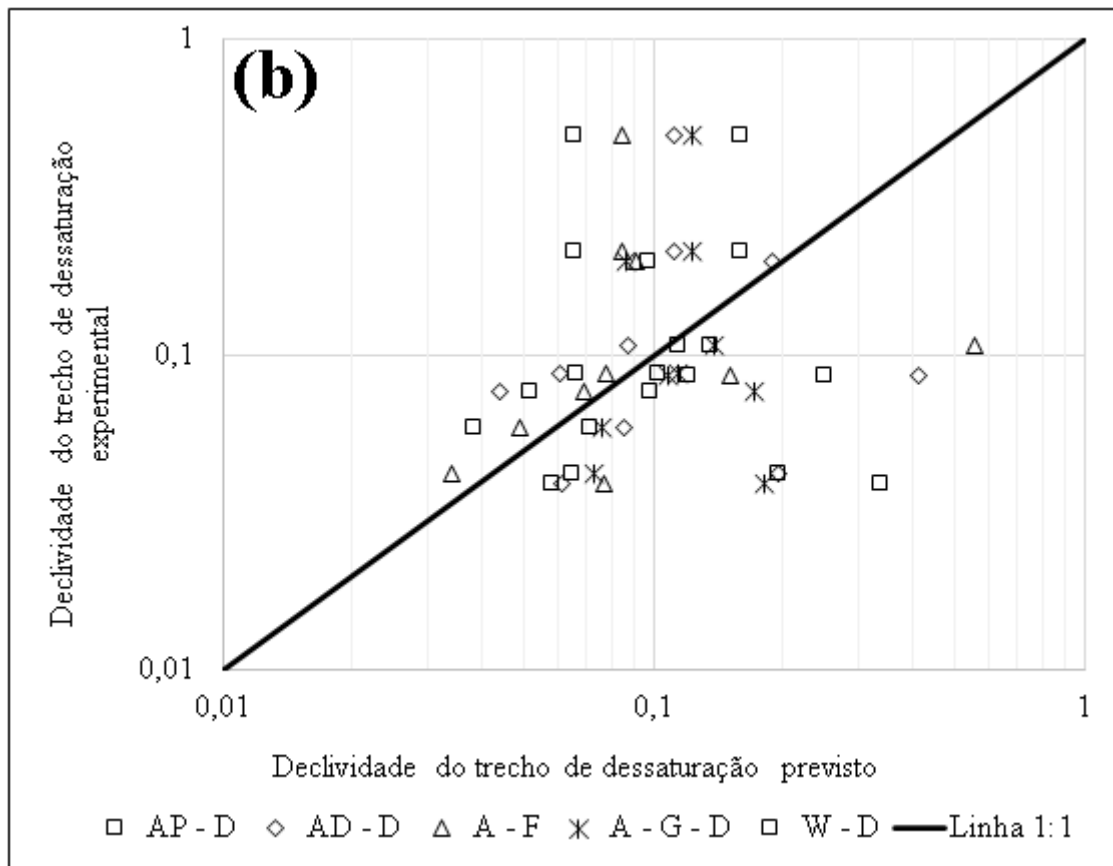


Figura 4.4. Amostras Indeformadas e CCSA's Experimentais Bimodais. Condição Dispersa: (a) valor de entrada de ar previsto x experimental, (b) declividade do trecho de dessaturação previsto x experimental; Condição Não Dispersa: (a) valor de entrada de ar previsto x experimental, (b) declividade do trecho de dessaturação previsto x experimental.







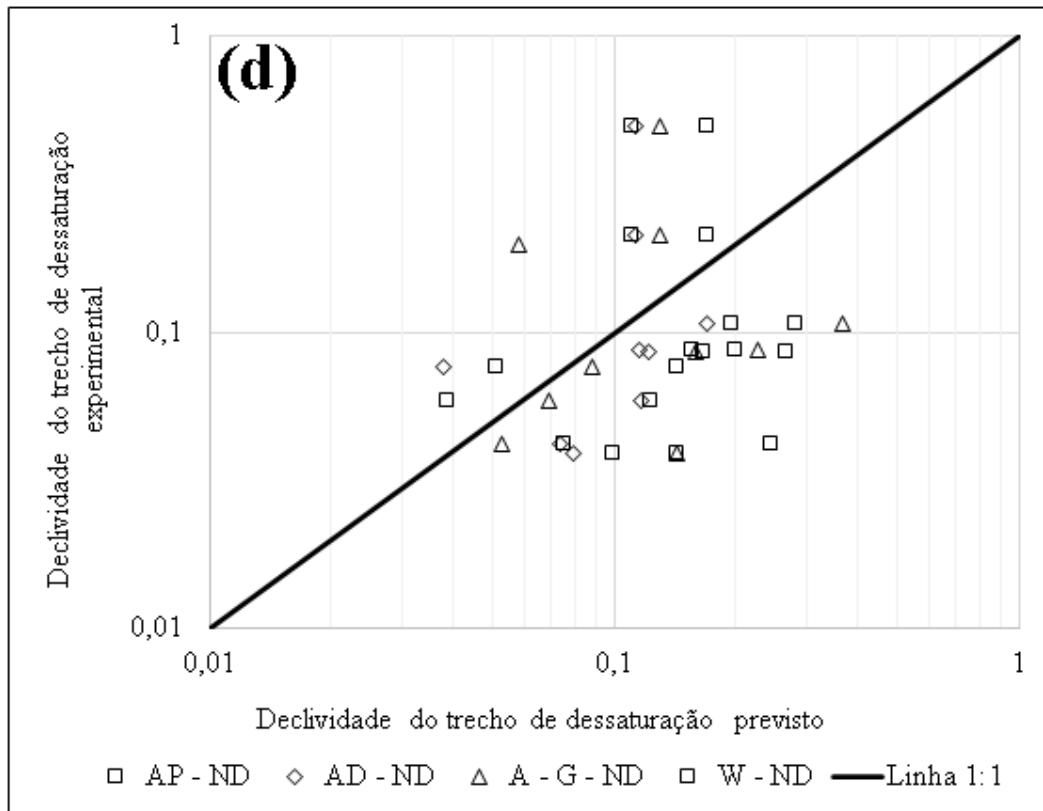
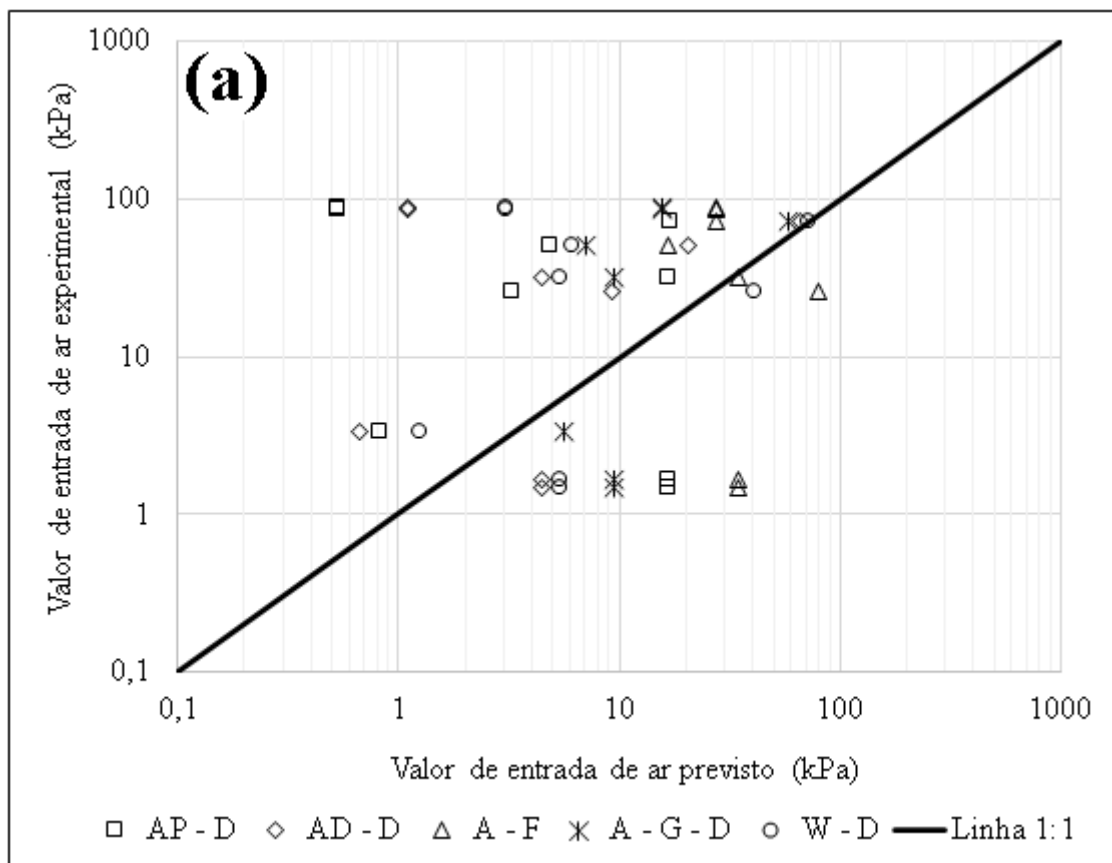
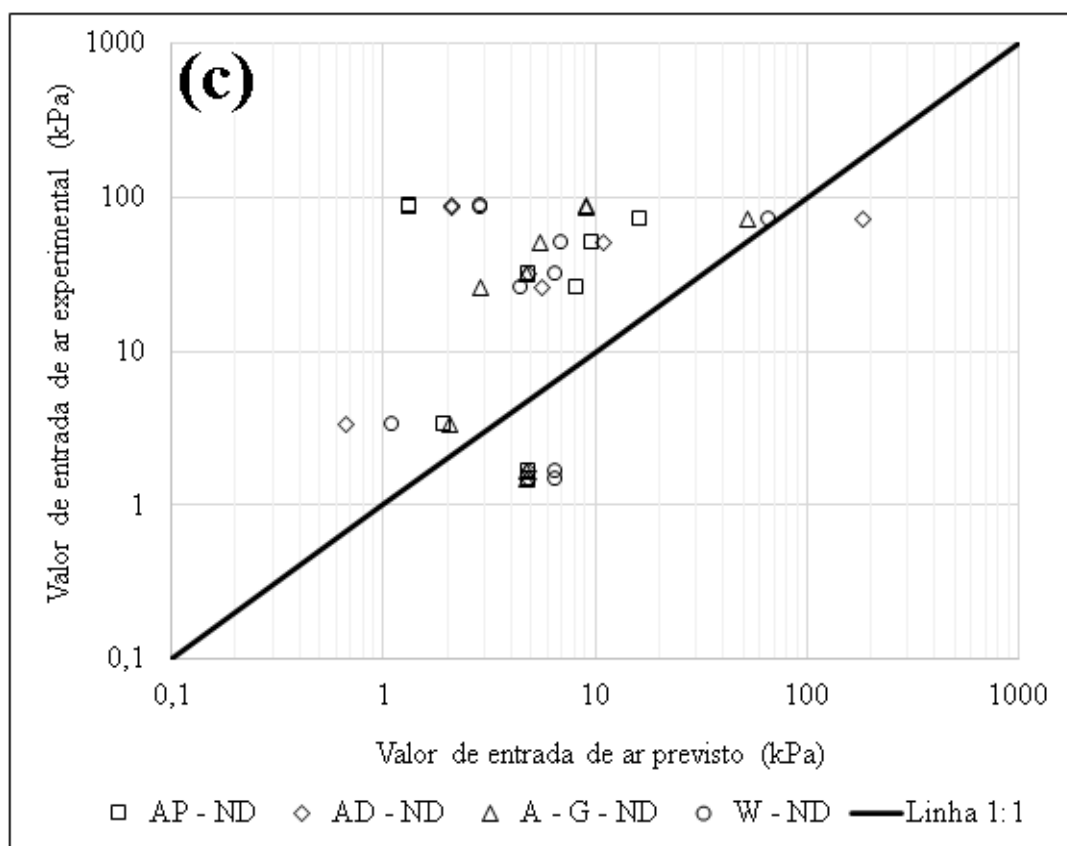
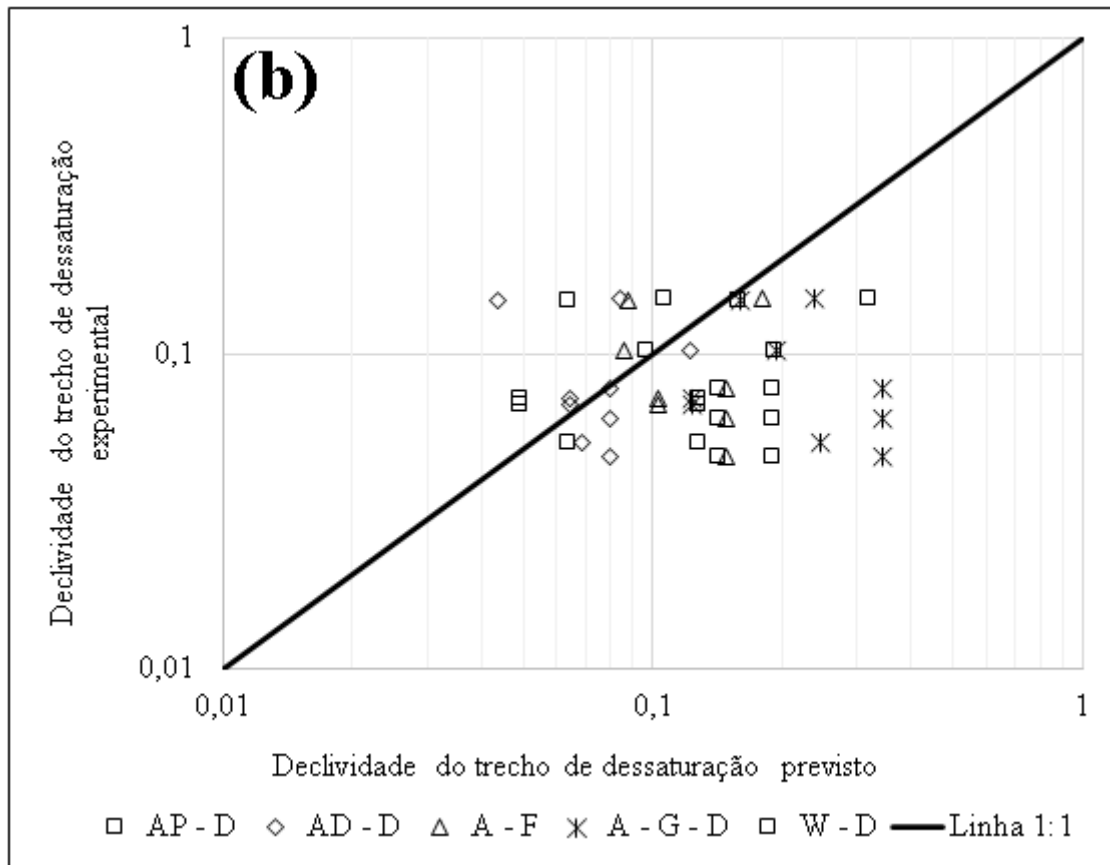


Figura 4.5. Amostras Compactadas e CCSA's Experimentais Bimodais. Condição Dispersa: (a) valor de entrada de ar previsto x experimental, (b) declividade do trecho de dessaturação previsto x experimental; Condição Não Dispersa: (a) valor de entrada de ar previsto x experimental, (b) declividade do trecho de dessaturação previsto x experimental.





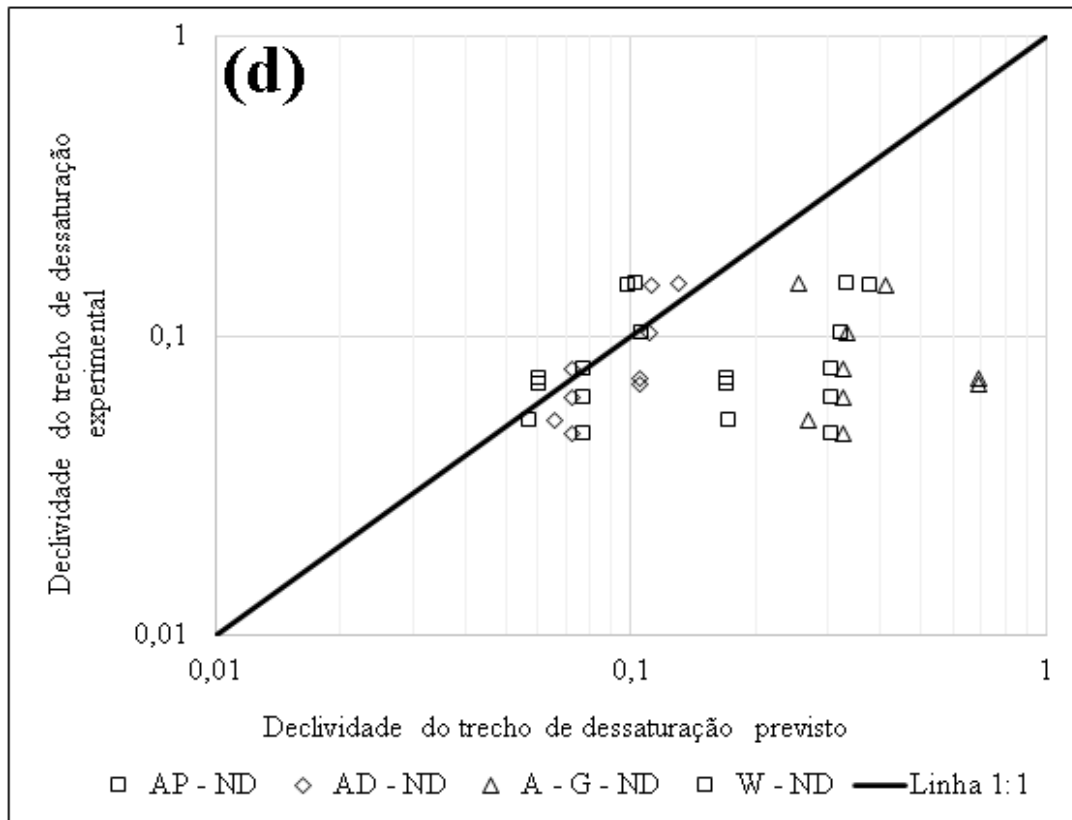


Figura 4.6. Amostras Indeformada e CCSA's Experimentais Unimodais. Condição Dispersa: (a) valor de entrada de ar previsto x experimental, (b) declividade do trecho de dessaturação previsto x experimental; Condição Não Dispersa: (a) valor de entrada de ar previsto x experimental, (b) declividade do trecho de dessaturação previsto x experimental.

## 4.2 AVALIAÇÕES ESPECÍFICAS VOLTADAS AOS MODELOS DE PREVISÕES

A seguir, serão apresentados vários pontos – chave que não são geralmente considerados em modelos preditivos e são de suma importância para a construção e desenvolvimento de modelos futuros. Aspectos importantes como propriedades físicas, químico-mineralógicas do solo, efeitos da histerese, efeitos da sucção osmótica, influências do método utilizado para determinação da curva granulométrica, entre outros, são discutidos a posteriori.

### 4.2.1 Avaliação dos Parâmetros Empíricos Utilizados nos Modelos de AP (1981) e AD (1989)

Os modelos de Arya e Paris (1981) e Arya e Dierolf (1989) utilizam parâmetros empíricos em suas previsões ( $\alpha$  e  $\alpha^*$ ) levando em consideração a textura do material. No entanto, tais recomendações não levaram em consideração curvas características de solos

tropicais. Neste sentido, esta seção apresenta uma avaliação destes parâmetros, considerando os solos do banco de dados desenvolvido neste estudo.

Cabe destacar que os solos tropicais são fruto de processos de intemperização que lhes confere particularidades físicas, químicas e mineralógicas que interferem diretamente nos resultados de análise granulométrica. Exemplificando, os solos tropicais podem ter agregações formadas que resistem a determinados defloculantes químicos e outras que não resistem sequer à água (Roseno e Camapum De Carvalho 2007); os solos podem ter determinados argilominerais possuidores de certos cátions e ânions trocáveis que ao interagirem com determinados defloculantes químicos agregam/floculam e não desagregam/defloculam (Camapum de Carvalho *et al.* 2002); os solos ainda pouco intemperizados podem apresentar argilominerais expansivos cujos volume e densidade das partículas podem se alterar durante o ensaio ou simplesmente serem distintas das definidas previamente para amostras desidratadas (Camapum de Carvalho *et al.* 2019).

Na Tabela 2.3, Arya e Paris (1981) fornecem o valor do parâmetro  $\alpha$  que deve ser utilizado nas previsões de curva característica. Os autores dividiram os solos em cinco classes de classificação textural: areia, areia loam, loam, silte e argila. No entanto, observou-se nas análises de todo o banco de dados que alterações do parâmetro  $\alpha$ , poderiam gerar melhorias na predição da curva característica. O mesmo ocorre com o parâmetro  $\alpha^*$ , estipulado como valor fixo no modelo de Arya e Dierolf (1989).

Para avaliar o ganho de melhoria nestes parâmetros empíricos, uma regressão não linear foi determinada a cada curva característica do banco de dados. A Figura 4.7 exemplifica o procedimento utilizado. As legendas para esta figura são: E-D: dados experimentais trajetória de secagem; E-M: dados experimentais trajetória mista; AP-D-Pad e AP-D-Mod: previsão modelo de Arya e Paris (1981) com valor de  $\alpha$  padrão do modelo e  $\alpha$  modificado, utilizando granulometria dispersa; AP-ND-Pad e AP-ND-Mod: previsão modelo de Arya e Paris (1981) com valor de  $\alpha$  padrão do modelo e  $\alpha$  modificado, utilizando granulometria não dispersa; AD-ND-Pad e AD-ND-Mod: previsão modelo de Arya e Dierolf (1989) com valor de  $\alpha^*$  padrão do modelo e  $\alpha^*$  modificado, utilizando granulometria dispersa; AD-ND-Pad e AD-ND-Mod: previsão modelo de Arya e Dierolf (1989) com valor de  $\alpha^*$  padrão do modelo e  $\alpha^*$  modificado, utilizando granulometria não dispersa.

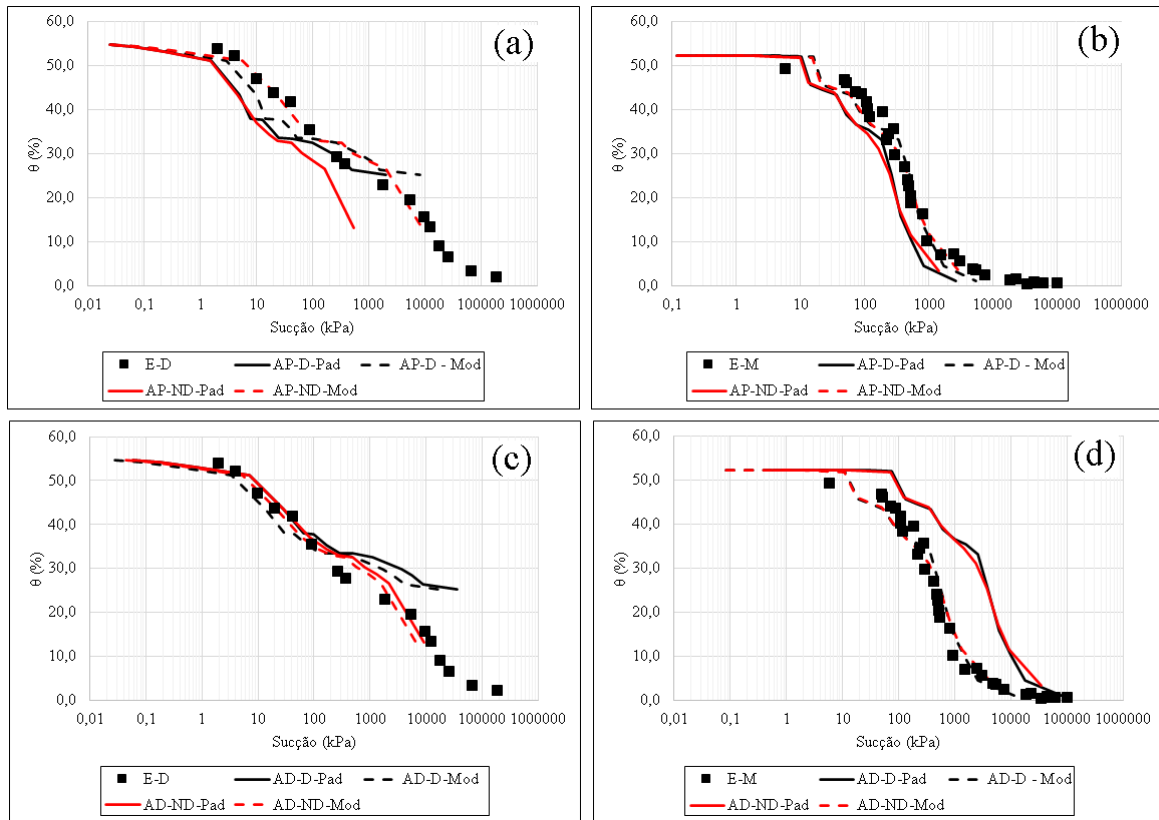


Figura 4.7. Regressão Não Linear dos Parâmetros Empíricos  $\alpha$  e  $\alpha^*$ . (a) Solo Bimodal (D:  $\alpha$  padrão = 1,16;  $\alpha$  modificado = 1,25) e (ND:  $\alpha$  padrão = 1,15;  $\alpha$  modificado = 1,35); (b) Solo Unimodal (D e ND:  $\alpha$  padrão = 1,15;  $\alpha$  modificado = 1,2); c) Solo Bimodal (D:  $\alpha^*$  padrão = 0,938;  $\alpha^*$  modificado = 0,2) e (ND:  $\alpha^*$  padrão = 0,938;  $\alpha^*$  modificado = 0,5); d) Solo Unimodal (D:  $\alpha^*$  padrão = 0,938;  $\alpha^*$  modificado = 0,02) e (ND:  $\alpha^*$  padrão = 0,938;  $\alpha^*$  modificado = 0,5).

O parâmetro  $\alpha$  nesta dissertação, além de considerar o tipo de material, também é avaliado em função da trajetória utilizada para determinar a curva característica experimental. A Tabela 4.4 mostra os valores médio gerais e média e desvio padrão ponderado de  $\alpha$ , para as amostras indeformadas, para cada trajetória e seu desvio padrão em relação ao número de CCSA em cada condição, e apresenta também os parâmetros estatísticos globais  $R^2$  e RMSE encontrados. Na Tabela 4.5 verifica-se os valores de  $\alpha$  modificados para as amostras compactadas do banco de dados coletado. Valores individuais para cada um dos materiais, tanto para amostras indeformadas quanto para amostras compactadas, do banco de dados podem ser encontrados no Anexo 08 desta dissertação.

Tabela 4.4. Parâmetro  $\alpha$  Modificado do Modelo de Arya e Paris (1981) – Amostras Indeformadas.

Quantidade de Curvas	Gran.	Trajatória CCSA	Formato CCSA	$\alpha$ médio	Desvio Padrão	R <sup>2</sup> Global	RMSE Global
9	CD	Mista	Bimodal	1,256	0,183	0,643	0,08
10	CD	Mista	Unimodal	1,282	0,167	0,682	0,055
9	SD	Mista	Bimodal	1,477	0,259	0,796	0,06
10	SD	Mista	Unimodal	1,466	0,26	0,806	0,049
20	CD	Umedecimento	Bimodal	1,249	0,292	0,049	0,081
7	CD	Umedecimento	Unimodal	1,414	0,149	0,753	0,049
19	SD	Umedecimento	Bimodal	1,437	0,331	0,293	0,07
7	SD	Umedecimento	Unimodal	1,514	0,199	0,897	0,032
14	CD	Secagem	Bimodal	1,322	0,189	0,72	0,056
2	CD	Secagem	Unimodal	1,435	0,021	0,765	0,046
7	SD	Secagem	Bimodal	1,631	0,417	0,751	0,058
2	SD	Secagem	Unimodal	1,475	0,247	0,864	0,035
<b>Média</b>				<b>1,413</b>	<b>0,226</b>	<b>0,668</b>	<b>0,056</b>
<b>Média Ponderada</b>				<b>1,384</b>	<b>-</b>	<b>0,556</b>	<b>0,062</b>
<b>Desvio Ponderado</b>				<b>-</b>	<b>0,111</b>	<b>0,291</b>	<b>0,014</b>

Tabela 4.5. Parâmetro  $\alpha$  Modificado do Modelo de Arya e Paris (1981) – Amostras Compactadas.

Quantidade de Curvas	Gran.	Trajatória CCSA	Formato CCSA	$\alpha$ médio	Desvio Padrão	R <sup>2</sup> Global	RMSE Global
12	CD	Mista	Bimodal	1,479	0,324	0,66	0,062
8	CD	Mista	Unimodal	1,398	0,215	0,678	0,057
12	SD	Mista	Bimodal	1,775	0,286	0,589	0,071
8	SD	Mista	Unimodal	1,481	0,263	0,665	0,059
7	CD	Umedecimento	Bimodal	1,573	0,237	0,578	0,083
3	CD	Umedecimento	Unimodal	1,4	0	0,113	0,111
1	SD	Umedecimento	Bimodal	1,18	0	0,617	0,038
0	SD	Umedecimento	Unimodal	-	-	-	-
3	CD	Secagem	Bimodal	1,4	0,265	0,717	0,049
0	CD	Secagem	Unimodal	-	-	-	-
2	SD	Secagem	Bimodal	1,5	0,424	0,785	0,043
0	SD	Secagem	Unimodal	-	-	-	-
<b>Média</b>				<b>1,465</b>	<b>0,224</b>	<b>0,600</b>	<b>0,064</b>
<b>Média Ponderada</b>				<b>1,530</b>	<b>-</b>	<b>0,615</b>	<b>0,066</b>
<b>Desvio Ponderado</b>				<b>-</b>	<b>0,143</b>	<b>0,129</b>	<b>0,015</b>

Observa-se que ao modificar os valores do parâmetro  $\alpha$  estabelecido por Arya e Paris (1981), obteve-se ajustes com aderências superiores aos dados experimentais. Ao utilizar o modelo em sua forma original (Tabela 4.2 e Tabela 4.3) os valores do parâmetro estatístico R<sup>2</sup> são negativos, aproximadamente -0,2, indicando ajustes inferiores, e com as alterações de  $\alpha$

observa-se valores de  $R^2$  de aproximadamente 0,600 (na média geral e ponderada). A mesma análise foi realizada para o RMSE, valores que originalmente eram superiores a 0,100, passam a ter um valor médio de 0,064. Com isso pode-se averiguar que além de considerar a textura do material, o tipo de trajetória utilizada para determinar uma curva característica experimental deve ser considerado nos modelos de previsão para os solos tropicais.

Pode-se observar que os valores de  $\alpha$  obtidos variam relativamente pouco em função do tipo de trajetória. Por isso, decidiu-se fazer uma análise complementar, onde os dados obtidos para diferentes trajetórias são agregados. Tem-se, dessa forma, o benefício do aumento do número de curvas para cada classe apresentada. Portanto, pode-se observar através das Tabela 4.4 e Tabela 4.5 a possibilidade de ser estipulado um parâmetro empírico  $\alpha = 1,413$  com desvio = 0,226 para as amostras indeformadas e um  $\alpha = 1,456$  com desvio = 0,224 para amostras compactadas. Lembrando que ao utilizar valores dentro das faixas de desvios padrões encontradas uma faixa de variação também é estipulada ao determinar as CCSAs. Mais análises são necessárias para validar qual valor (média geral ou ponderada) deve ser utilizado em solos tropicais.

A mesma análise foi realizada para o modelo de Arya e Dierolf (1989). Arya e Dierolf (1989) propuseram um valor fixo para o parâmetro empírico  $\alpha^*$ , em que este parâmetro representa o comprimento de poro efetivo de cada fração e o valor sugerido pelos autores é de 0,938 cm. Entretanto como se pode observar nas Tabela 4.2 e Tabela 4.3, utilizando o valor sugerido pelos autores obtém-se predições da curva característica com qualidade variável e relativamente baixa.

A Tabela 4.6 mostra os valores médio gerais e ponderados de  $\alpha^*$ , para as amostras indeformadas, para cada trajetória e seu desvio padrão em relação ao banco de dados utilizado, e apresenta também os parâmetros estatísticos globais  $R^2$  e RMSE encontrados. Esses parâmetros foram determinados por meio de tentativas e avaliações dos parâmetros estatísticos até se chegar nas melhores predições. Na Tabela 4.7 verifica-se os valores de  $\alpha^*$  modificados para as amostras compactadas do banco de dados coletado. Valores individuais para cada um dos materiais, tanto para amostras indeformadas quanto para amostras compactadas, do banco de dados podem ser encontrados no Anexo 08 desta dissertação.



Tabela 4.6. Parâmetro  $\alpha^*$  Modificado do Modelo de Arya e Dierolf (1989) – Amostras Indeformadas.

Quantidade de Curvas	Gran.	Trajectoria CCSA	Formato CCSA	$\alpha^*$ médio (cm)	Desvio Padrão	R <sup>2</sup> Global	RMSE Global
9	CD	Mista	Bimodal	0,870	1,520	0,643	0,080
10	CD	Mista	Unimodal	2,756	7,835	0,679	0,055
9	SD	Mista	Bimodal	3371,296	9985,881	0,771	0,063
10	SD	Mista	Unimodal	343,739	996,297	0,856	0,044
20	CD	Umedecimento	Bimodal	28,762	111,195	0,096	0,079
7	CD	Umedecimento	Unimodal	76,771	186,931	0,821	0,042
19	SD	Umedecimento	Bimodal	1514,511	3220,703	0,313	0,068
7	SD	Umedecimento	Unimodal	206,014	441,005	0,917	0,029
14	CD	Secagem	Bimodal	13,006	40,223	0,718	0,054
2	CD	Secagem	Unimodal	2,400	2,263	0,788	0,044
7	SD	Secagem	Bimodal	76428,893	186964,957	0,763	0,057
2	SD	Secagem	Unimodal	70,100	98,854	0,859	0,036
<b>Média</b>				<b>6838,260</b>	<b>16838,139</b>	<b>0,685</b>	<b>0,054</b>
<b>Média Ponderada</b>				<b>5176,502</b>	<b>-</b>	<b>0,576</b>	<b>0,060</b>
<b>Desvio Ponderado</b>				<b>-</b>	<b>18082,353</b>	<b>0,282</b>	<b>0,015</b>

Tabela 4.7. Parâmetro  $\alpha^*$  Modificado do Modelo de Arya e Dierolf (1989) – Amostras Compactadas.

Quantidade de Curvas	Gran.	Trajectoria CCSA	Formato CCSA	$\alpha^*$ médio (cm)	Desvio Padrão	R <sup>2</sup> Global	RMSE Global
12	CD	Mista	Bimodal	1025,258	2851,414	0,666	0,061
8	CD	Mista	Unimodal	375,311	1060,534	0,735	0,056
12	SD	Mista	Bimodal	5922,902	6606,02	0,612	0,069
8	SD	Mista	Unimodal	2506,551	7068,426	0,657	0,064
7	CD	Umedecimento	Bimodal	172,44	235,184	0,582	0,083
3	CD	Umedecimento	Unimodal	0,7	0	0,147	0,109
1	SD	Umedecimento	Bimodal	0,05	0	0,662	0,036
0	SD	Umedecimento	Unimodal	-	-	-	-
3	CD	Secagem	Bimodal	33,46	57,625	0,753	0,046
0	CD	Secagem	Unimodal	-	-	-	-
2	SD	Secagem	Bimodal	60	0	0,784	0,045
0	SD	Secagem	Unimodal	-	-	-	-
<b>Média</b>				<b>1121,852</b>	<b>1986,578</b>	<b>0,622</b>	<b>0,063</b>
<b>Média Ponderada</b>				<b>1926,115</b>	<b>-</b>	<b>0,634</b>	<b>0,066</b>
<b>Desvio Ponderado</b>				<b>-</b>	<b>2225,805</b>	<b>0,128</b>	<b>0,015</b>

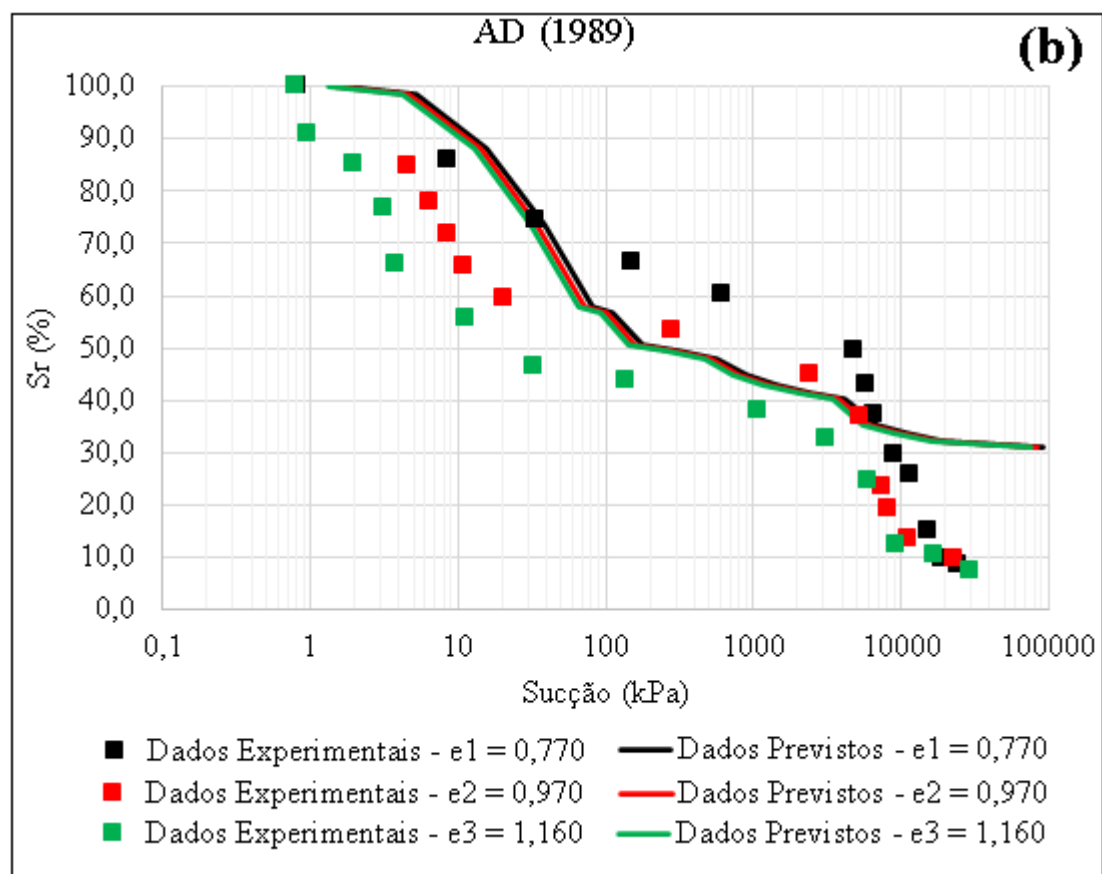
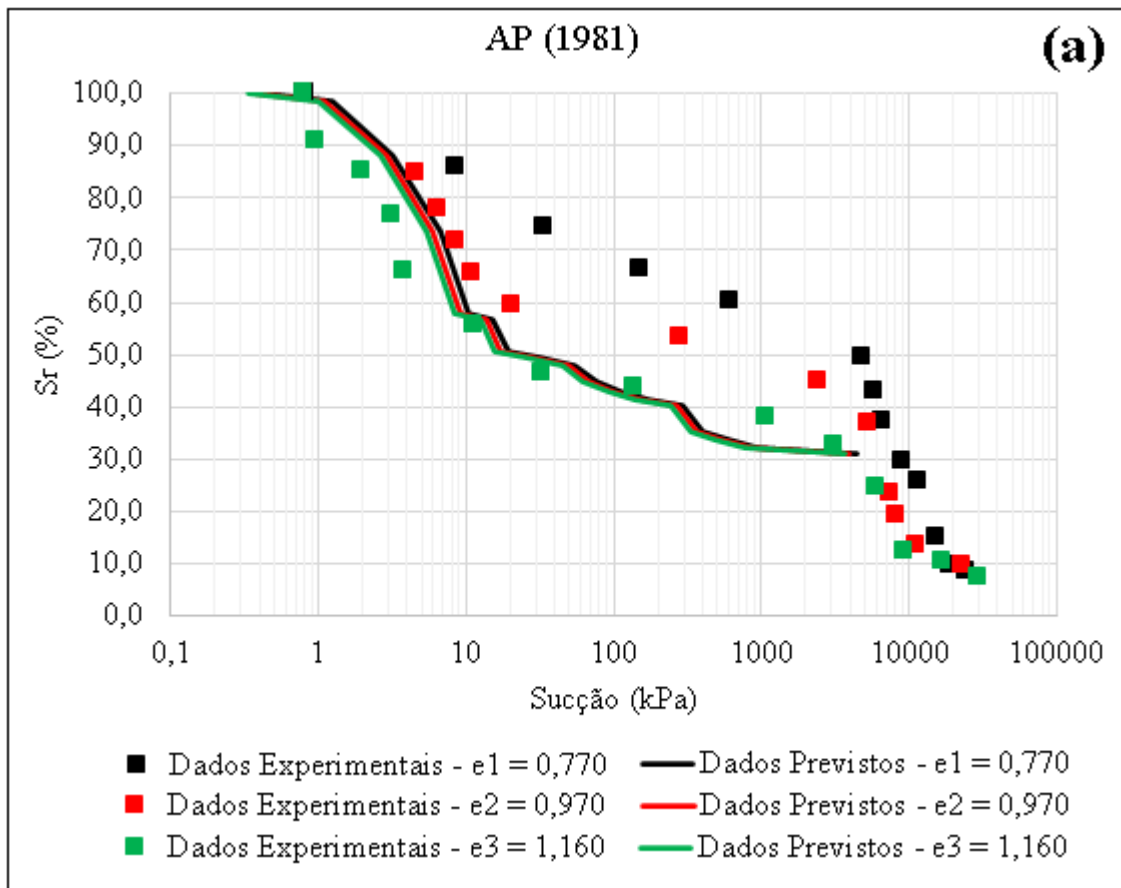
Observa-se que, ao modificar os valores do parâmetro  $\alpha^*$  estabelecidos por Arya e Dierolf (1989), obteve-se ajustes considerados superiores. Além disso, ao utilizar o modelo em

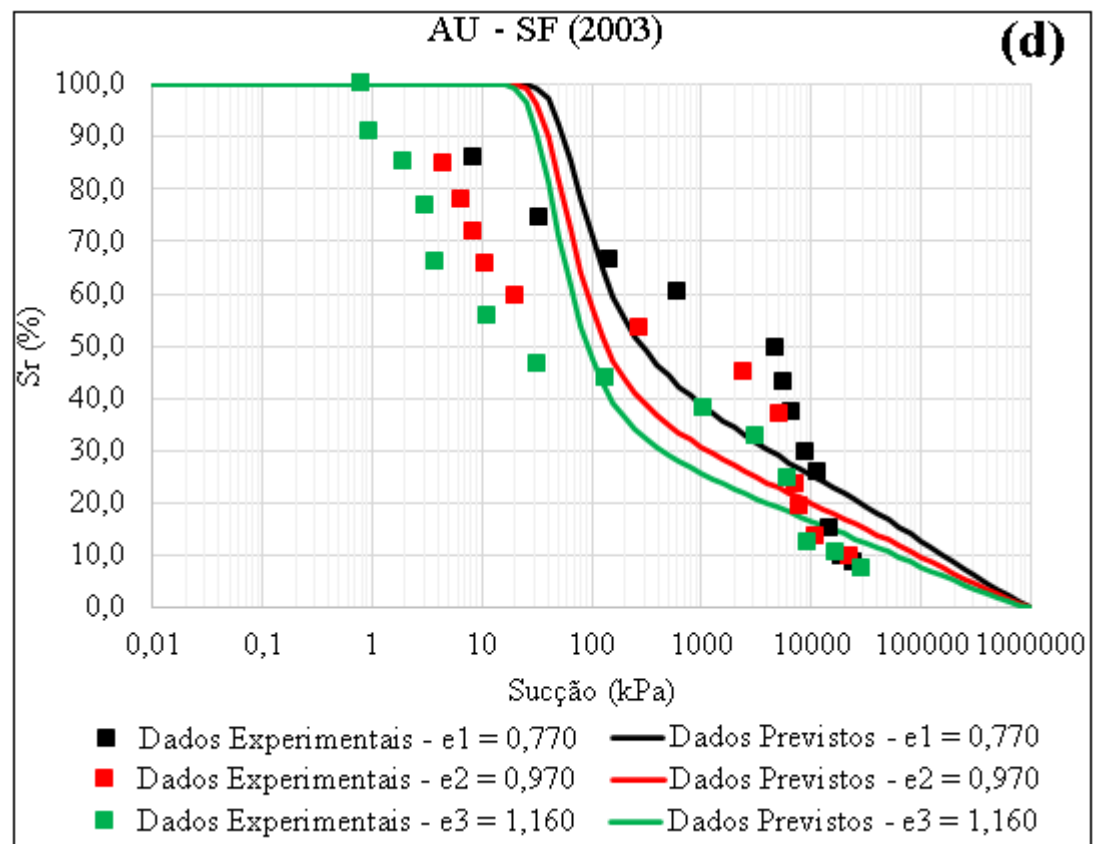
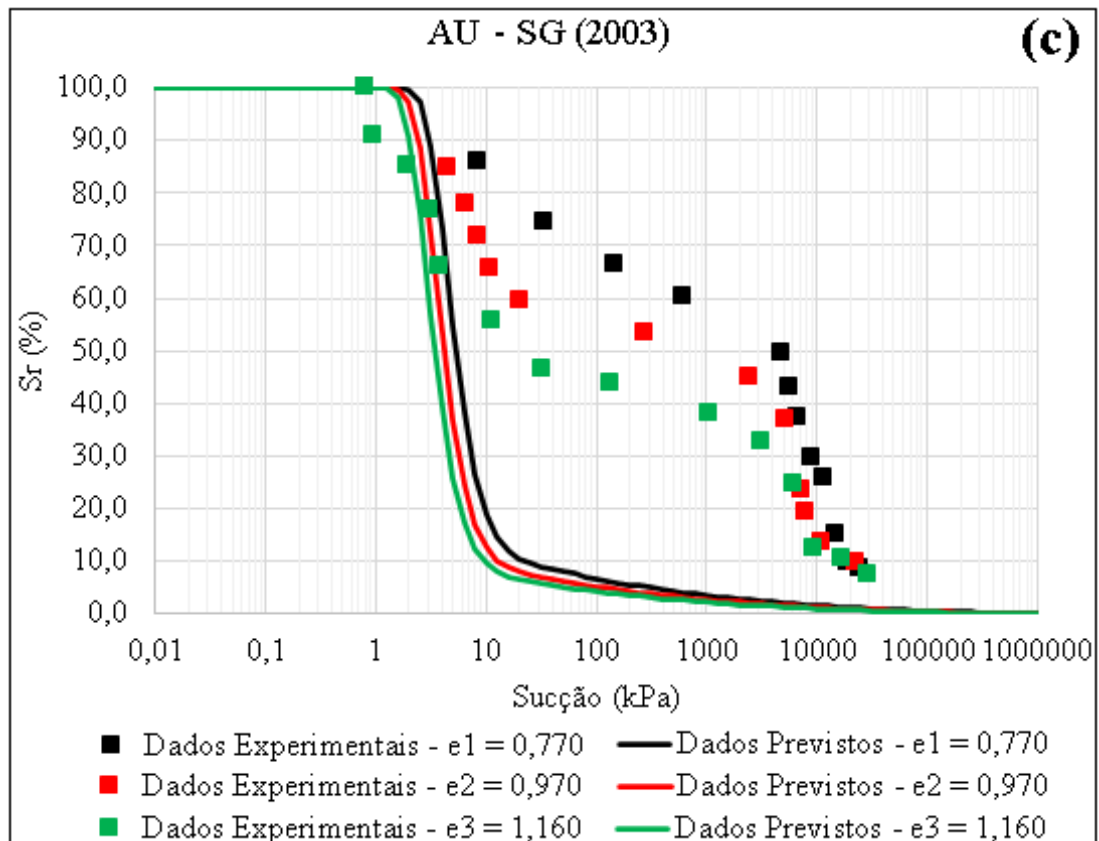
sua forma original (Tabela 4.2 e Tabela 4.3) os valores do parâmetro estatístico  $R^2$  são negativos, aproximadamente -0,35, indicando ajustes precários, e com as alterações de  $\alpha^*$  observa-se valores de  $R^2$  de aproximadamente 0,685. A mesma análise foi realizada para o RMSE, o valor médio do modelo original que estava em torno de 0,10 agora foi encontrado de 0,06. No entanto, pode-se observar que a média do  $\alpha^*$  modificado não é realista, pois como o parâmetro é uma medida de comprimento, foram encontrados valores muito elevados do parâmetro para produzir os melhores ajustes. Portanto, mais pesquisas são necessárias para entender como deve ser o uso deste parâmetro nos solos tropicais.

#### 4.2.2 *Influência do índice de vazios nos modelos de previsão*

A influência do índice de vazios na previsão das curvas características foi verificada e é apresentada nessa seção. Para esta análise, foram tomadas as curvas características experimentais de um mesmo material, determinadas para um solo compactado no ramo seco da curva de compactação obtida para a energia Proctor Normal, em três diferentes índices de vazios: 0,770, 0,970, 1,160. Tais amostras foram coletadas no Campo Experimental da Universidade de Brasília. A partir dos dados experimentais das curvas granulométricas dos materiais e com os seus respectivos índices de vazios, as previsões utilizando os quatro modelos estudados neste trabalho foram determinadas.

Para os modelos de Arya e Paris (1981) e Arya e Dierolf (1989), foram utilizados dados de granulometria com defloculante e os valores dos parâmetros empíricos do modelo original e não os valores ajustados anteriormente. Quanto aos modelos de Aubertin *et al.* (2003) e Wang *et al.* (2017), foram utilizados dados de granulometria sem defloculante, já que apenas em tais condições é possível determinar  $D_{10}$ . Os resultados encontrados estão apresentados na Figura 4.8.





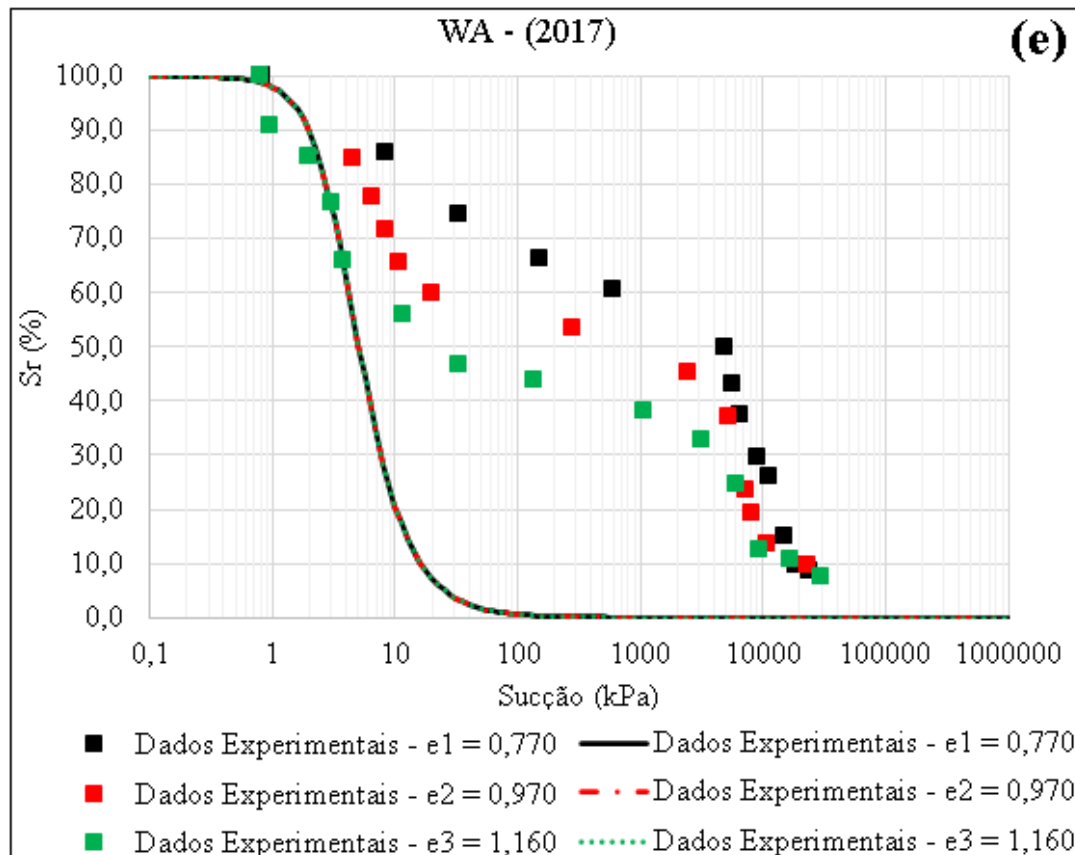


Figura 4.8. Avaliação da Influência da Porosidade nos Modelos de Previsão: (a) Modelo de Arya e Paris (1981); (b) Modelo de Arya e Dierolf (1989); (c) Modelo de Aubertin *et al.* (2003) – Para Solos Granulares; (d) Modelo de Aubertin *et al.* (2003) – Para Solos Finos; (e) Modelo de Wang *et al.* (2017).

A primeira observação refere-se aos dados experimentais das curvas características observadas na Figura 4.8. Observa-se um deslocamento expressivo das curvas experimentais no eixo das ordenadas (y), ou seja, a compactação afeta expressivamente o patamar intermediário, a partição dos macro e microporos e suas respectivas capacidades de armazenamento. Entretanto, o deslocamento da curva no eixo das abscissas (x), que se refere à mudança nos valores de entrada de ar do material, é menos expressivo e tende a ser menor na região dos microporos. Considerando a estabilidade dos microporos, e que a compactação em si altera somente os macroporos do material, um modelo de previsão da curva característica a ser desenvolvido futuramente deveria indicar que a previsão é única nesta região de microporos quando se tratar de amostras compactadas.

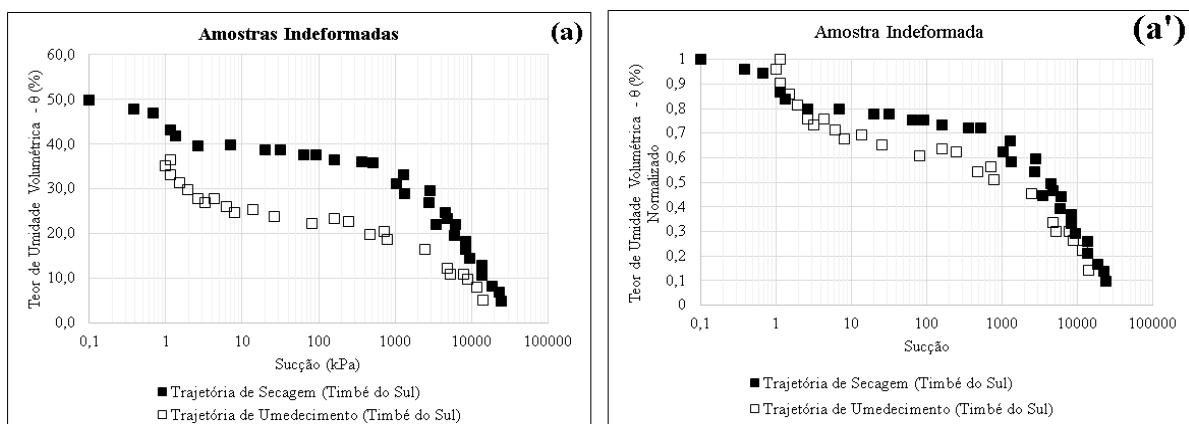
A segunda constatação da Figura 4.8 refere-se às curvas estimadas, encontradas a partir dos modelos de previsão. Observa-se que os modelos têm uma baixa sensibilidade ao variar o índice de vazios do material, e tal parâmetro é um dado de entrada dos modelos, e por isso, inviabiliza a utilização do modelo de curva característica transformada ( $e \times pF$ ). Portanto, uma

limitação encontrada nos modelos preditivos da curva característica solo-água é a baixa sensibilidade que eles apresentam às variações de índice de vazios.

#### 4.2.3 Avaliação da Histerese

Um total de 07 registros do banco de dados coletado possuem determinações das curvas características considerando, simultaneamente, para o mesmo material, trajetórias de secagem e umedecimento. A Figura 4.9 ilustra a diferença típica de trajetórias obtidas por ambos os processos, tanto para amostras indeformadas quanto para as compactadas. Os parâmetros de ajustes das curvas características como teores de umidade volumétrica saturados e valores de entrada de ar dos macro e microporos podem ser encontrados no Anexo 03 desta dissertação.

Para as curvas características apresentadas nas Figura 4.9 (a) e (b) observa-se claramente que ao secar ou umedecer o solo, suas propriedades se diferem, e essas curvas são distintas. Não é possível afirmar sobre o valor do teor de umidade volumétrica máxima em ambas os casos (Figura 4.9 a e b), pois as curvas não se iniciam no mesmo ponto. Entretanto, espera-se que a umidade volumétrica máxima seja menor para a trajetória de umedecimento. Para resolver tal problema, fez-se a normalização das umidades volumétricas de cada curva em relação às suas respectivas umidades volumétricas máximas (Figura 4.9 a' e b'). As inclinações dos trechos de dessaturação dos macro e microporos são parecidas, tanto nas curvas obtidas como nelas normalizadas em relação à umidade volumétrica máxima. Observa-se, em especial nas curvas normalizadas, que as trajetórias se encontram na região de microporos e que os valores de entrada de ar tanto dos macro quanto dos microporos são distintos em ambas as curvas.



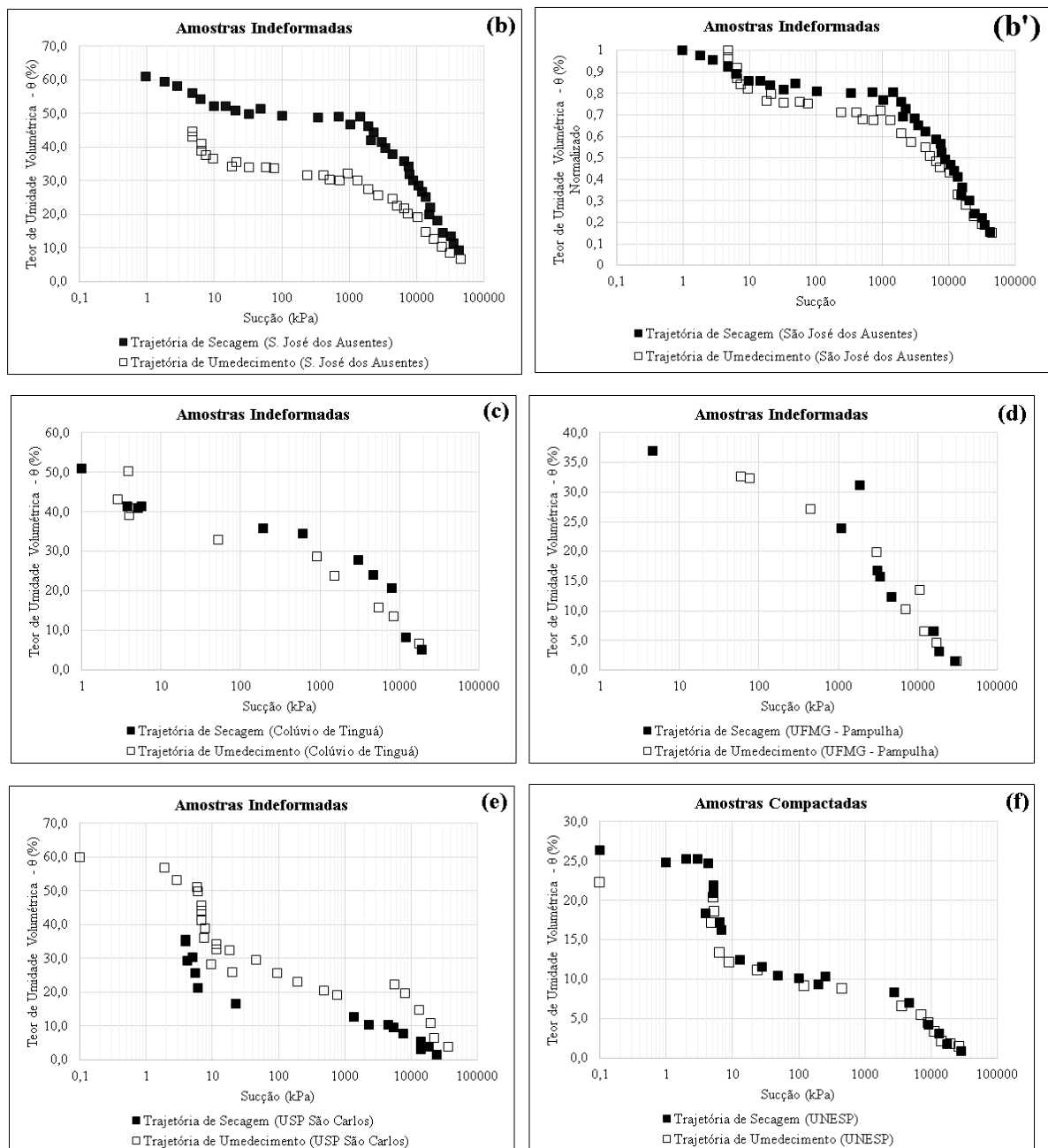


Figura 4.9. Avaliação da Histerese no Banco de Dados Coletado. (a) AI – Timbé do Sul; (b) AI – São José dos Ausentes; (c) AI – Colúvio de Tinguá; (d) AI – Pampulha; (e) AI – São Carlos; (f) AC – UNESP.

Para as Figura 4.9 (c), (d), (e), a distinção entre as trajetórias de secagem e umedecimento são desprezíveis. Não é possível afirmar porque isso acontece, porém, diversos trabalhos na literatura mostram que os solos, e em especial os tropicais, possuem histerese ao determinar curvas características molhando ou umedecendo. A histerese varia em magnitude, e essa variação na escala logarítmica é evidenciada ao molhar ou umedecer o solo. Portanto, não há uma razão plausível na literatura para que as curvas desses materiais não apresentem histerese, pois esse comportamento é evidenciado em todos os materiais que possuem

heterogeneidade de poros, diferença entre o ângulo de contato das trajetórias de umedecimento e secagem e a presença de bolhas de ar ocluso nos materiais.

Pode-se especular que as curvas características apresentadas nas Figura 4.9 (c), (d) e (e), não apresentam diferenças nas trajetórias de molhagem e secagem, possivelmente devido a erros experimentais ou a fenômenos aqui não vislumbrados. Uma possível razão para ausência de histerese nessas amostras é que as curvas características foram determinadas pelo método do papel filtro, e por exemplo, ao determinar a trajetória de umedecimento do material, costuma-se gotejar água na superfície da amostra e logo após deixa-se o solo entrar em equilíbrio. Se a permeabilidade do material (dados esses não coletados nesta dissertação) for muito baixa, regiões externas da amostra podem começar a secar, ou seja, a amostra que deveria estar apenas na trajetória de umedecimento começa a secar, fazendo com que a trajetória se desloque, e logo não haverá uma trajetória que evidencie o comportamento puro do solo mediante a molhagem ou a secagem. Portanto, uma análise que possivelmente deve ser levada em consideração ao determinar a curva característica do solo, seja na trajetória de molhagem ou de secagem, é que a modificação de umidade do corpo de prova deve ocorrer de maneira suficientemente lenta, para que a amostra não sofra reversões em suas trajetórias.

Por fim, tem-se o comportamento da amostra apresentada na Figura 4.9 (f). Neste caso, tem-se uma amostra compactada cuja curva característica é determinada pelas trajetórias de umedecimento e secagem. Não foi observado comportamento de histerese nas amostras, mas o teor de umidade volumétrica saturado foi distinto e logo após a entrada de ar dos macroporos as curvas se igualaram. Como esta é a única amostra coletada com essas informações, são necessários mais dados para confirmar se há alguma correlação para avaliação da histerese no caso de solos compactados.

Em se tratando de solos tropicais compondo os perfis de intemperismo vários são os aspectos dignos de maiores reflexões seja quando de histereses muito acentuadas como nos casos das Figuras 4.9a e 4.9b, seja quando elas não se destacam como no caso da Figura 4.9f. Além de fatores como permeabilidade do solo que dependendo do tempo considerado para o equilíbrio ele pode ainda não ter ocorrido tanto na trajetória de umedecimento como na de secagem, tem-se ainda fatores como a não ocorrência de reidratação de agregações em trajetórias de umedecimento nos solos profundamente intemperizados e tempo necessário a desidratação ou reidratação de argilominerais expansivos. Existem ainda o caso de solos tropicais profundamente intemperizados, mas com poucos agregados e mais grãos de quartzo. Esses solos têm geralmente o comportamento tensão deformação, lembrando que a sucção matricial atua como uma tensão confinante, muito função das junções cimentícias que uma vez



quebradas não se restabelecem alterando em especial a macroporosidade eventualmente geradora de diferenças na umidade de saturação como a mostrada na Figura 4.9f. Portanto, nos solos tropicais vários são os fatores, pois além dos citados certamente existem outros, que afetam a histerese determinada distanciando-a muitas vezes da real.

Cabe aqui destacar que no caso dos solos tropicais profundamente intemperizados além dos fatores geralmente causadores da histerese ainda se tem o fato de que na trajetória por umedecimento agregados e microagregados desidratados muitas vezes se mantêm em estado não saturado até o momento em que o solo é considerado como saturado ampliando assim a histerese.

Os conceitos e suposições apresentados neste tópico não são geralmente encontrados na literatura científica, mas são fatores que podem e devem ser considerados na determinação de curvas características solo-água. Esse item buscou mostrar a importância e relevância dos fenômenos de histerese presente em solos que não são contabilizados nos modelos preditivos utilizados nesta dissertação.

#### *4.2.4 Avaliação do Perfil de Intemperismo do Solo*

A Figura 4.10 apresenta as curvas características, de amostras indeformadas, obtidas para diferentes profundidades, do Campus Experimental da Universidade de Brasília, Distrito Federal. Frequentemente, em perfis de intemperismo representativos de solos tropicais, as curvas características apresentam-se em dois formatos: bimodal em solos profundamente intemperizados (solos lateríticos) ou de transição (neste perfil analisado nas profundidades de 1 a 10 m) e unimodal nos solos menos intemperizados (saprólíticos, neste caso nas profundidades de 10 a 12 m, atingindo, no entanto, maiores profundidades). Neste exemplo, o comportamento bimodal do solo, para amostras naturais, diminui ao se deslocar para profundidades maiores do solo, por causa da redução da zona de macroporos, geralmente causada pela diminuição do teor de agregados presente no material. Observa-se que, ao chegar na região de solo saprolítico, próximo a 10 m de profundidade, o comportamento torna-se unimodal, pois os agregados no material tendem a desaparecer e quando muito se fazem presentes pacotes de argila.

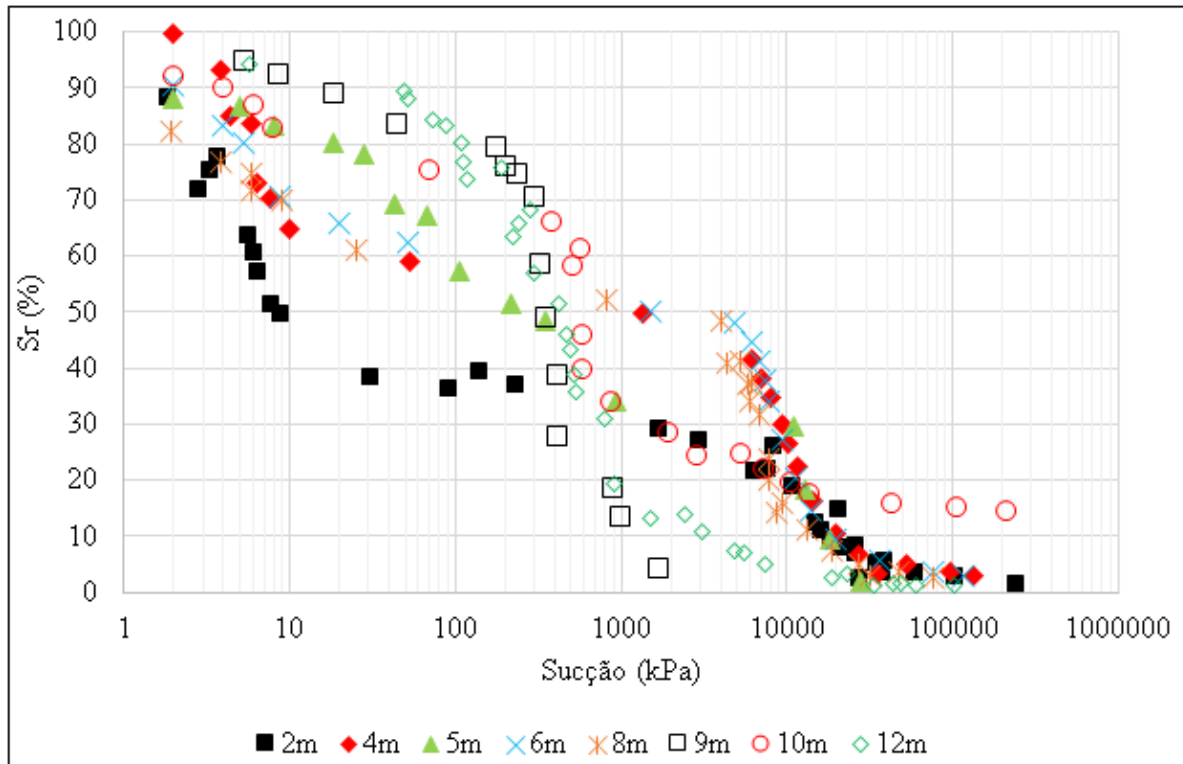


Figura 4.10. Curvas características Representativas do Perfil de Intemperismo do Campo Experimental da UnB (Amostras Indeformadas).

A Figura 4.11 mostra as curvas características para solo indeformado e compactado nas energias do Proctor Normal, Intermediário e Modificado, da amostra de 5 m do Campus da UnB. Segundo Lopera (2016), a bimodalidade presente nas curvas características dos solos profundamente intemperizados tendem a desaparecer com a compactação e com o aumento da energia de compactação, já que os macroporos são fechados com o processo de compactação. Além disso, o autor mostra que a região dos microporos presente nos solos tropicais profundamente intemperizados geralmente não é afetada com o processo de compactação, mostrando a convergência das curvas características obtidas para o solo natural e compactado para os maiores valores de sucção, ou seja, zona de microporos.

Morais *et al.* (2021) mostraram que, ao aumentar a energia de compactação do solo, o material começa a formar agregados devido à presença de forças interpartículas (forças de van der Waals e Coulomb), resultando em uma distribuição de poros única e transformando a curva característica que anteriormente era bimodal em unimodal.

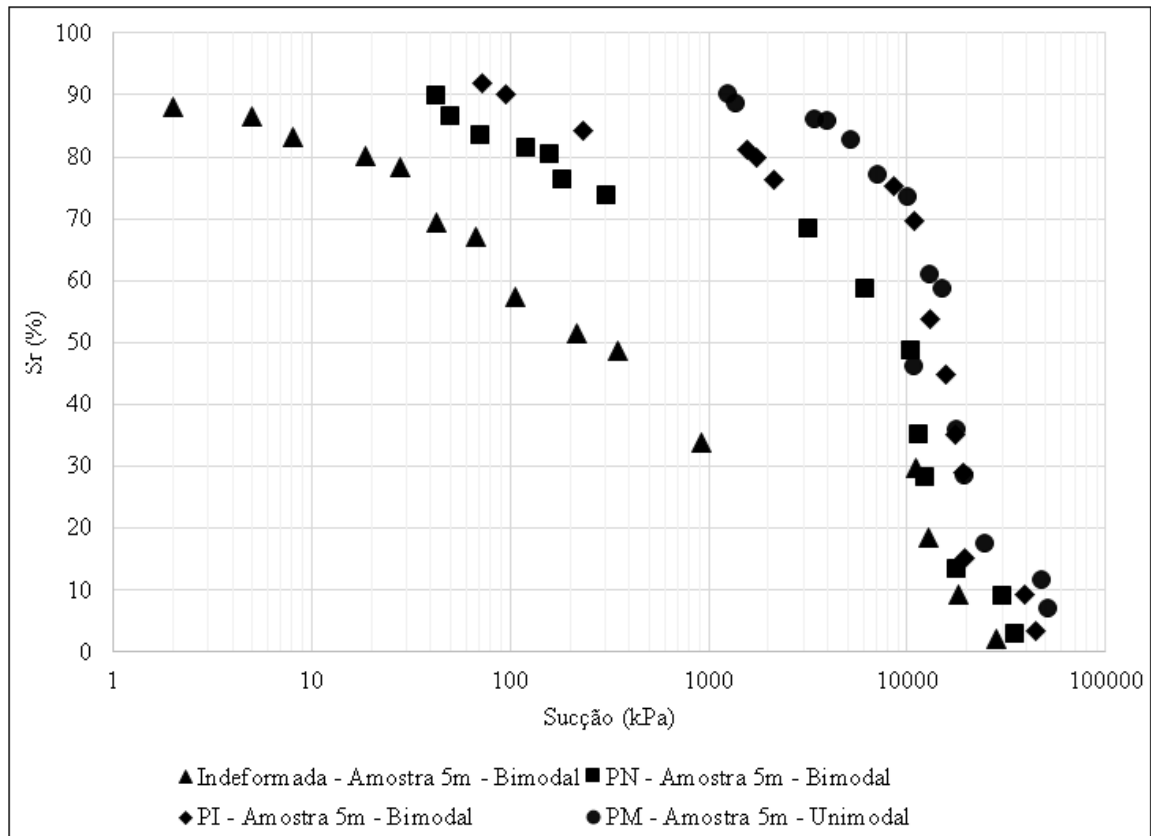


Figura 4.11. Curvas características do Campus Experimental da UnB, Amostra Compactada 5 m.

Logo, a forma dessas curvas características depende do tipo de solo e do seu estado (amostra indeformada ou compactada, solo muito ou pouco intemperizado etc.), da distribuição e tamanho dos poros, das propriedades químico-mineralógica do material, da energia de compactação dos materiais e das forças de interação entre partículas. Para tanto, trabalhos como Guimarães (2002), Lopera (2016), Rodrigues (2017) e Silva (2018) buscaram caracterizar e descrever o perfil do Campo Experimental de Geotecnia da UnB, visando obter a mineralogia e curvas características desse solo. A partir de ajustes destas curvas características, através do modelo proposto por Gitirana Jr. e Fredlund (2004), os parâmetros como valores de entrada de ar nos macro e microporos do solo, teores de umidade de saturação, são apresentados no Anexo 03 desta dissertação.

O objetivo desta pesquisa não é fornecer uma discussão mais aprofundada sobre curvas características obtidas para o campus da UnB, mas mostrar que os quatro modelos de previsão da CCSA utilizados nesta dissertação não levam em consideração os seguintes aspectos relacionados ao perfil de intemperismo de um solo tropical:

- Os modelos utilizados são, na maioria dos casos, adequados apenas para solos unimodais com textura estável, ou seja, materiais com distribuição de poros única, indo da bem graduada à uniforme e sem a inclusão de argilominerais expansivos;
- Não consideram a bimodalidade dos solos, já que não distinguem a presença de macroporos, mesoporos e microporos;
- Não levam em consideração a presença de agregações ou não nos solos;
- O índice de vazios utilizado nos modelos de predições é constante e não varia, ou seja, não levam em consideração a distribuição de vazios entre macro, meso e microporos e nem a eventual ocorrência de contração ou expansão em função da própria atuação da sucção;
- Não levam em consideração forças interativas entre partículas, como adsorção, forças de van der Waals e Coulomb;

Por conta dessas questões elencadas, os modelos de predições quando utilizados em sua forma original apresentaram resultados pouco satisfatórios quando aplicados aos solos tropicais.

#### 4.2.5 Avaliação da Sucção Osmótica no Solo

A Figura 4.12 apresenta curvas características obtidas pelo método do papel filtro. O papel filtro possibilita a obtenção de dados de sucção total e matricial do solo, e a diferença entre ambos fornece a sucção osmótica do solo. A sucção osmótica, frequentemente, tem pequena relevância ou relevância desconhecida em problemas práticos da engenharia. Contudo, deve-se atentar para o fato de que, em problemas que envolvam contaminação ou estabilização química dos solos ou que compreendam variações significativas de teor de umidade por evaporação de água, pode-se ter a variação da sucção osmótica (GITIRANA JUNIOR *et al.* 2015).

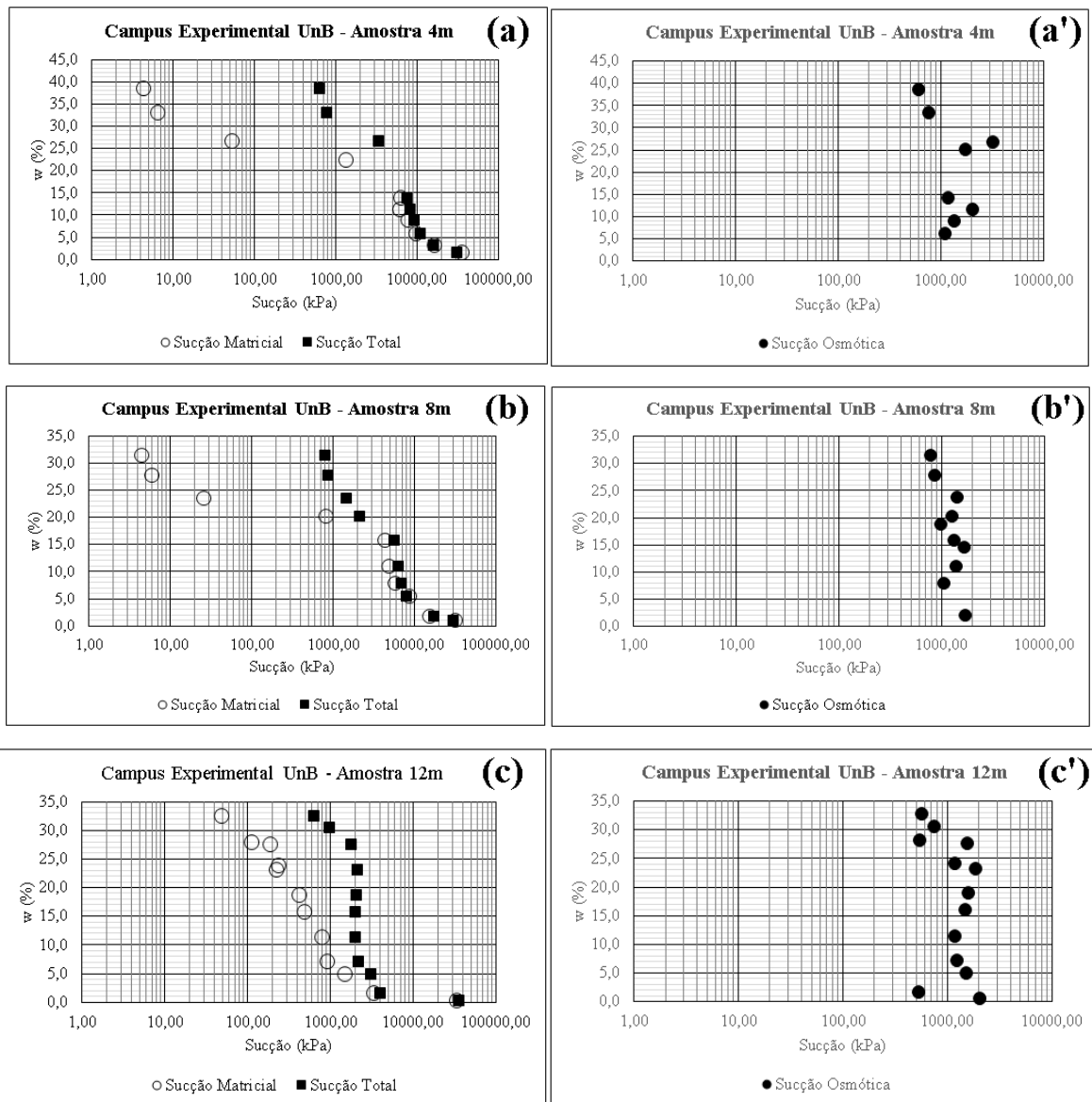


Figura 4.12. Sucção Osmótica – Perfil de Intemperismo Campus UnB: (a) e (a') Amostra 2m; (b) e (b') Amostra 8m; (c) e (c') Amostra 12m.

Em princípio, os dados de sucção matricial são de maior interesse na engenharia geotécnica, porque estão relacionados a matriz do solo, de forma que os dados de papel filtro sem contato com o solo (i.e., dados de sucção total) assumem um papel secundário na interpretação e utilização da curva de retenção. Por outro lado, pode-se observar que os dados de sucção total para baixos teores de umidade (geralmente menores do que 15%), confundem-se com os próprios dados de sucção matricial. Isso ocorre, pelo menos em parte, porque a sucção osmótica tem um limite condicionado pela composição e espessura da película de hidratação das partículas e é geralmente bem menor que os valores atingidos pela sucção matricial, e como a escala é logarítmica, a sua presença tende a desaparecer com a proximidade entre a sucção total e a sucção matricial.

Portanto, outro tópico não considerado em modelos de previsões da curva característica, refere-se a química do material, que pode ser avaliado pela sua sucção osmótica. Mesmo sendo essa variável menos importante em muitos casos em que a influência da sucção matricial no comportamento hidromecânico prepondera, a curva característica pode ser mais bem prevista se incluído como informação adicional se não o efeito da sucção osmótica o efeito das forças de adsorção nos modelos futuros.

#### *4.2.6 Influência da metodologia de determinação da Curva Granulométrica no desempenho dos modelos de previsão*

Nenhum dos quatro modelos utilizados nesta dissertação especifica qual metodologia deve ser utilizada para determinação da curva granulométrica do material. Por causa disso, os modelos foram avaliados originalmente com as metodologias mais usuais, que é a determinação da granulometria com e sem o uso de defloculante. No entanto, com essas metodologias não é possível obter boas previsões das curvas características para os solos tropicais, nem elas têm o condão de bem representarem a máxima a mínima desagregação de determinados solos.

Roseno e Camapum de Carvalho (2007) analisaram a estabilidade de agregados presentes no perfil de solo tropical do campus da UnB por meio do uso de defloculante químico e de ultrassom e incluíram nas análises o uso do álcool etílico em lugar da água de modo a garantir a estabilidade de agregações que se desfazem em presença de água, mas que em um solo natural podem se fazer presentes. As análises granulométricas propriamente ditas foram efetuadas por meio de um granulômetro a laser. Os resultados obtidos pelos autores mostram que, no perfil de solo analisado, existem agregações que se desfazem pela ação química do defloculante e outras pela ação física do ultrassom e outras ainda que se desfazem pela simples presença da água em abundância.

As Figura 4.13 e Figura 4.14 apresentam duas amostras, Campus UnB e Solo de Furnas, respectivamente, para as quais foram determinadas curvas granulométricas segundo as seguintes metodologias: granulômetro a laser com e sem defloculante, com e sem ultrassom; granulometria convencional com e sem defloculante; e preparação da amostra em diversas condições como seco ao ar, natural e seco em estufa. A seguintes legendas são adotadas para as figuras: GL – granulômetro a laser; GC – granulometria convencional; CU – com ultrassom; SU – sem ultrassom; CD – com defloculante; SD – sem defloculante; SA – seco ao ar; SE – seco estufa; Nat – natural; SSP – sem secagem prévia; CSP – com secagem prévia; CSE – com secagem estufa.

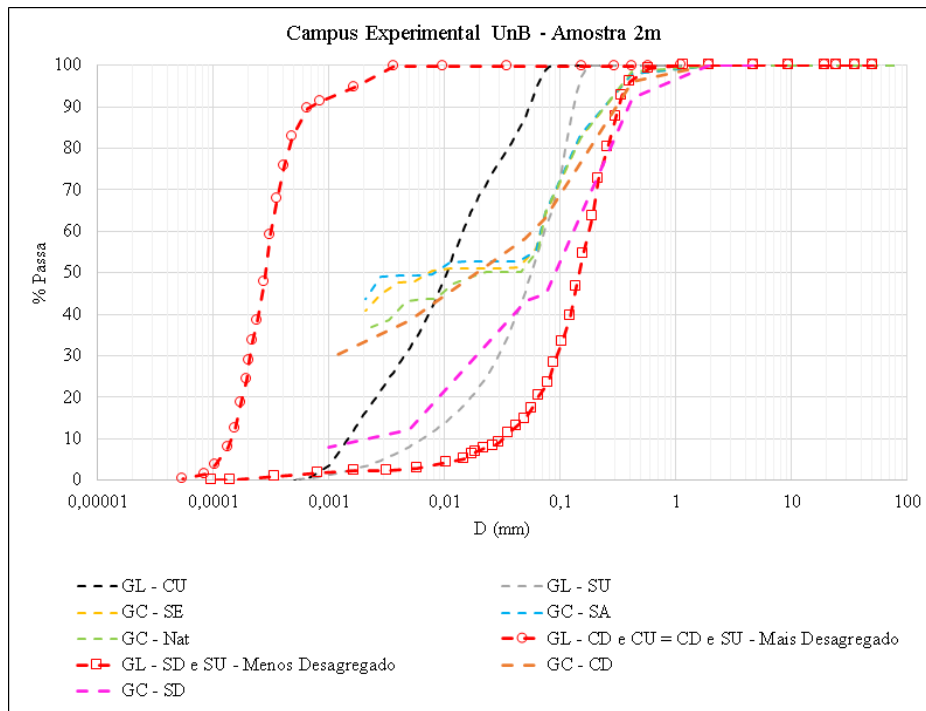


Figura 4.13. Curvas Granulométricas – Amostra 2m – Campus Experimental UnB.

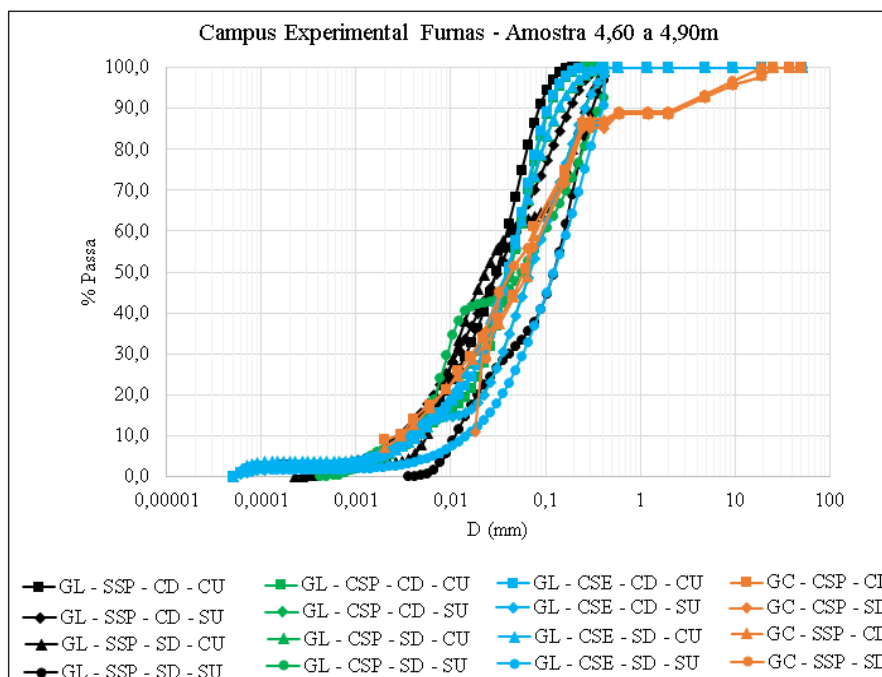


Figura 4.14. Curvas Granulométricas – Amostra 4,6 a 4,9m – Campus Experimental Furnas.

Roseno e Camapum de Carvalho (2007) mostraram em seus estudos que, quanto mais intemperizado for o solo, ou seja, solos mais superficiais, mais se torna necessária a atuação conjunta do defloculante químico e do ultrassom para propiciar a completa desagregação do

solo. Esse fato é demonstrado pelas figuras apresentadas anteriormente. Observa-se que na Figura 4.13, referente à amostra da UnB de um solo mais superficial, ao utilizar a metodologia do granulômetro a laser sem o uso de defloculante e sem o uso de ultrassom as partículas do solo ficam o menos desagregadas possível, ou seja, as agregações continuam presentes no solo. Quando a granulometria é determinada pelo granulômetro a laser e com uso de defloculante e ultrassom, observa-se uma desagregação significativa do material, ou seja, as agregações do material foram destruídas devido a metodologia utilizada.

Quanto à amostra de Furnas, Figura 4.14, pode-se observar que a determinação granulométrica do material por diferentes metodologias não produziu uma desagregação do solo tão expressiva quanto para a amostra da UnB. Isso provavelmente aconteceu porque a amostra foi coletada em uma profundidade maior e não possui tantas agregações. E, portanto, uma faixa de variação granulométrica menor pode ser observada para esta amostra.

Para se avaliar como a metodologia de determinação granulométrica influencia os modelos de predição da curva característica, todas as metodologias de granulometria foram aplicadas apenas no modelo de Arya e Paris (1981), por ser este considerado promissor pelo autor desta dissertação. Entretanto, essas análises são abordadas em um tópico separado, apresentado a seguir.

#### **4.3 PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO DO MODELO DE ARYA E PARIS (1981) PARA SOLOS TROPICAIS**

Todas as curvas granulométricas apresentadas anteriormente, nas Figura 4.13 e Figura 4.14, foram inseridas no modelo de previsão de Arya e Paris (1981). As Figura 4.15 e Figura 4.16 apresentam os resultados brutos dessas análises, sem alteração do parâmetro empírico  $\alpha$ , e que posteriormente serão tratados e discutidos. A escolha destas duas amostras deve-se especificamente ao formato da CCSA, em que para a amostra de Furnas se tem uma curva unimodal, ou seja, representativa de um solo menos intemperizado, e para a amostra do Campus da UnB uma curva bimodal, representativa de um solo mais intemperizado.



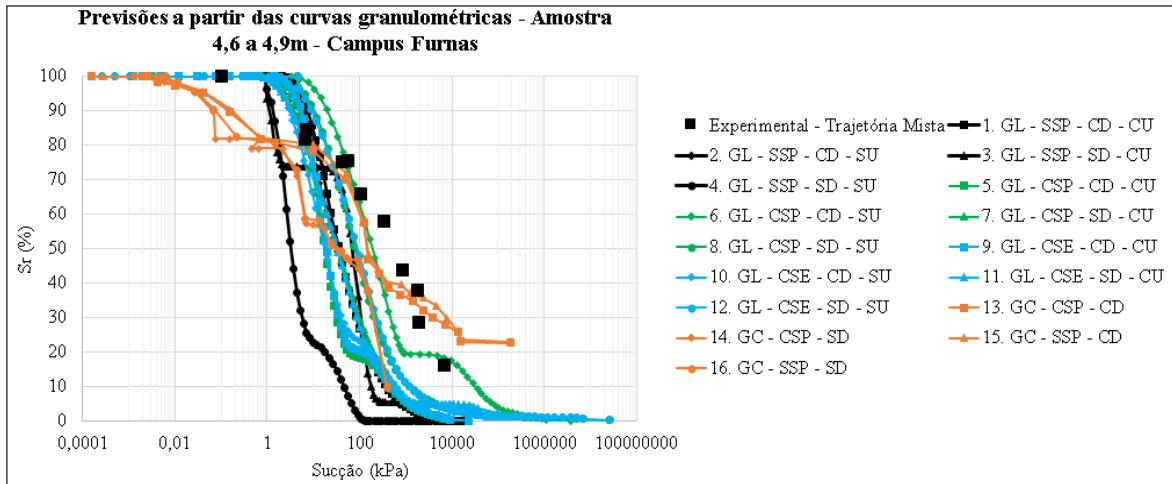


Figura 4.15. Previsões da Curva Característica Através do Método de Arya e Paris (1981) – Amostra Indeformada de 4,6 a 4,9m (Furnas).

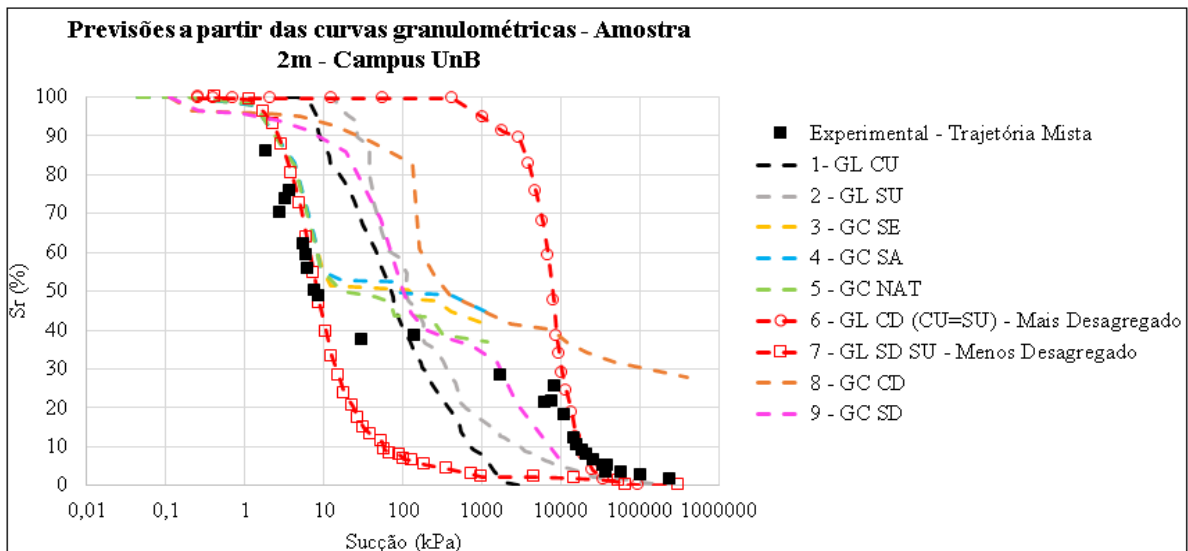


Figura 4.16. Previsões da Curva Característica Através do Método de Arya e Paris (1981) – Amostra Indeformada de 2m (UnB).

Para a amostra do Campus Experimental de Furnas, as melhores previsões da curva característica usando o modelo de Arya e Paris (1981), são obtidas por meio do uso da granulometria com e sem secagem prévia com uso de defloculante. Os medidores de aderência encontrados neste caso foram:  $R^2$  de 0,874 e RMSE de 0,041 (com secagem prévia e com defloculante) e  $R^2$  de 0,816 e RMSE de 0,050 (sem secagem prévia e com defloculante).

A Figura 4.17 apresenta as duas melhores previsões para esta amostra. O valor do parâmetro empírico  $\alpha$  utilizado nesta predição foi o mesmo proposto pelos autores do modelo,  $\alpha = 1,459$  representativo de um material do tipo areia loam. Mais dados experimentais de curvas características com formato unimodal e curvas granulométricas determinadas por meio de

diversas metodologias devem ser analisados, para que uma conclusão mais assertiva possa ser considerada neste caso.

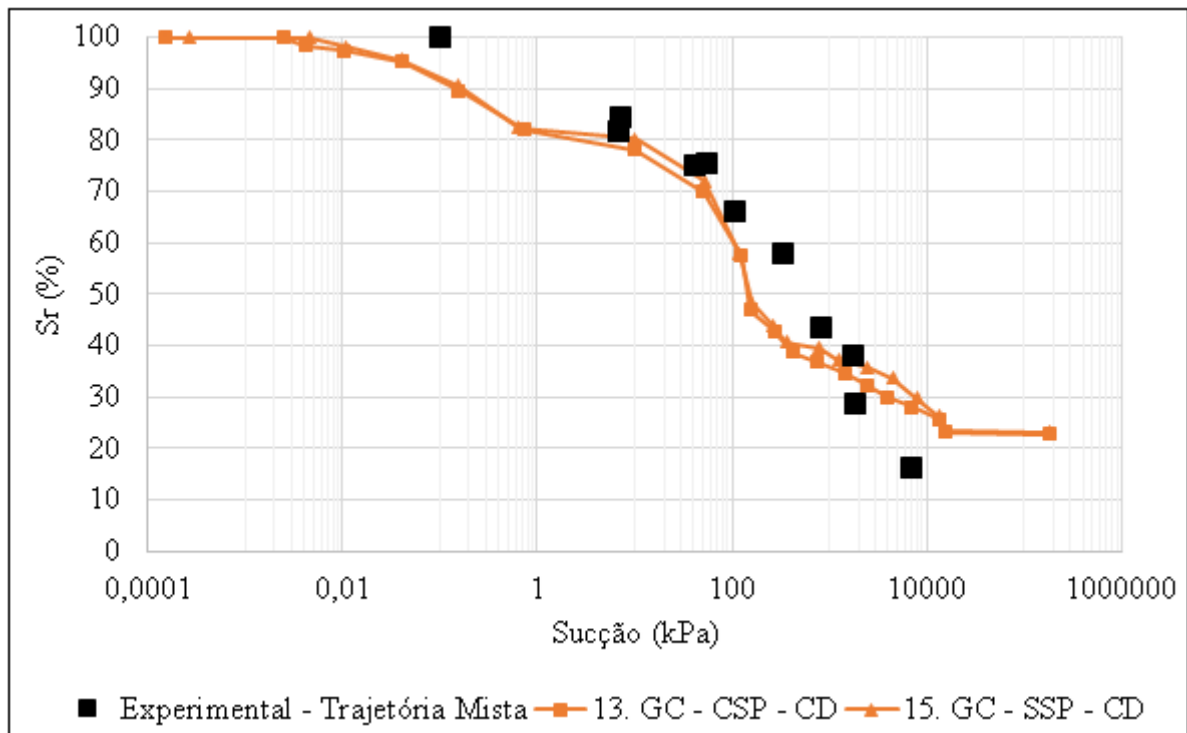


Figura 4.17. Melhores Previsões das Curvas Características do Campus Experimental de Furnas.

Para a amostra do Campus Experimental da UnB, por se tratar de uma curva característica com formato bimodal, as análises de predição foram realizadas por trechos, ou seja, região de macro, meso e microporos. As seguintes constatações foram encontradas neste caso:

- Quando se utiliza um método para determinação granulométrica de materiais que preserve ao máximo os agregados da amostra em análise (i.e., neste caso, através da metodologia de granulômetro a laser sem o uso de defloculante e sem uso de ultrassom), a previsão da curva característica na zona de macroporos é superior. Entretanto, para as demais regiões da curva característica, não deve ser considerada.
- Ao se utilizar a metodologia de granulometria convencional, com o uso de defloculante, com amostra sendo preparada em seu estado natural, o patamar intermediário da curva característica do solo (i.e., zona de mesoporos) oferece boas previsões.
- Ao se utilizar a metodologia de granulometria que desfaz por completo as agregações presente no material (i.e., neste caso, através da metodologia do granulômetro a laser

com o uso de defloculante e ultrassom), a zona de microporos do material é mais bem predita.

A Figura 4.18 apresenta esta análise, por trecho da amostra de 2 m do Campo Experimental de Geotecnia da UnB. Os medidores de aderência encontrados para este caso foram:  $R^2$  de 0,935 e RMSE de 0,067. Os valores do parâmetro  $\alpha$  utilizados, foram os mesmos determinados por Arya e Paris (1981). São eles: zona de macroporos ( $\alpha = 1,285$  – material arenoso), patamar intermediário ( $\alpha = 1,15$  – material silte loam) e zona de microporos ( $\alpha = 1,16$  – material argiloso). Observa-se que esta foi a melhor previsão de todas as encontradas nesta dissertação, indicando a coerência de se trabalhar com as previsões por trechos da curva característica. Entretanto, para confirmar premissas de como dividir essas regiões de macro, meso e microporos dos nossos solos tropicais, são necessários mais dados experimentais cuja granulometria seja determinada por diversos métodos para se chegar a uma conclusão mais assertiva destas análises.

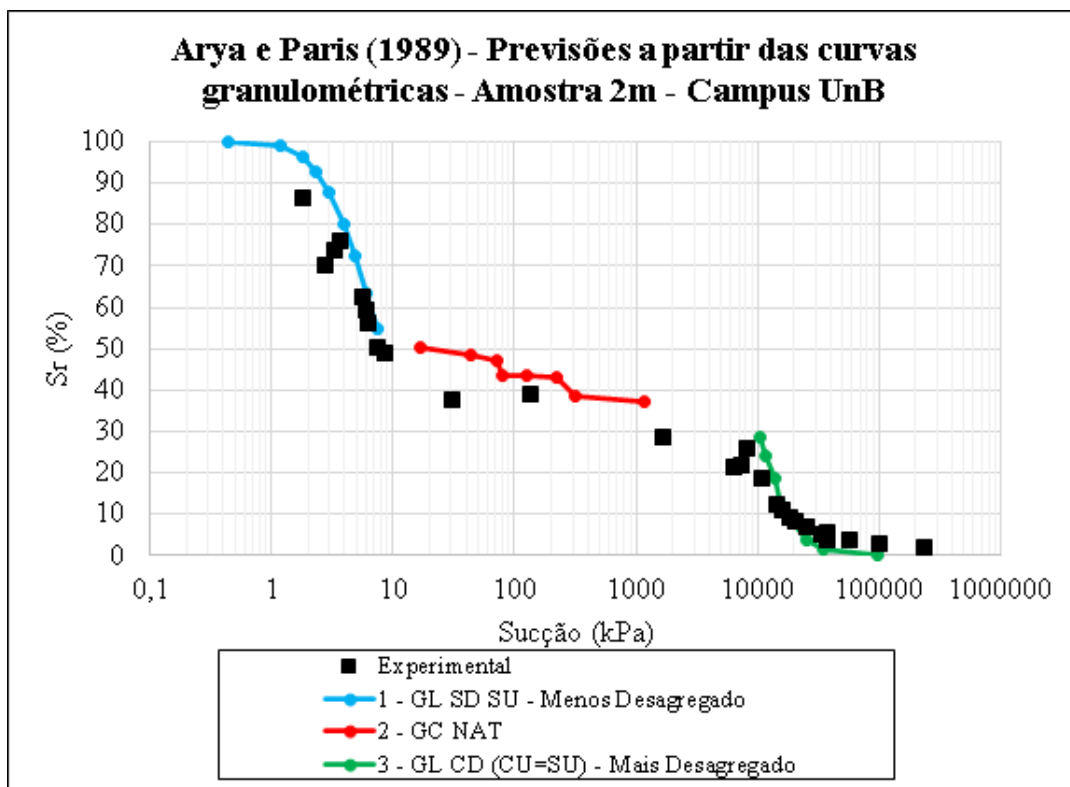


Figura 4.18. Análises por Trechos da Curva Característica – Amostra 2m – Campus Experimental UnB.

## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Este capítulo apresenta uma síntese dos avanços alcançados com esta dissertação e faz algumas sugestões para pesquisas futuras.

### 5.1 CONCLUSÕES

Esta dissertação avaliou quatro modelos de predição da curva característica propostos na literatura geotécnica. Os modelos escolhidos foram: Arya e Paris (1981), Arya e Dierolf (1989), Aubertin *et al.* (2003) e Wang *et al.* (2017). Esses modelos são físico-empíricos e utilizam como parâmetros de entrada propriedades físicas do solo como granulometria, índice de vazios, peso específico dos grãos e limite de liquidez. Um total de 95 dados foram coletados a partir de Dissertações e Teses, e foram avaliados por meio dos modelos selecionados.

Foram avaliados os quatro modelos de previsão em sua forma original. Como os modelos não indicam qual tipo de metodologia que deveria ser utilizada ao se determinar a curva granulométrica do material, para as análises deste tópico utilizou-se dados de granulometria determinados com e sem o uso de defloculante químico. Além disso, uma premissa do trabalho foi a extrapolação de dados para se obter uma curva granulométrica completa do material, e o menor diâmetro de partícula considerado foi de 0,0001 mm. Verificou-se que nenhum dos quatro modelos utilizados previram bem as curvas características experimentais e nem mesmo a premissa de extrapolação da curva granulométrica ajudou a melhorar as estimativas. Essa avaliação foi realizada por meio dos medidores de aderência  $R^2$  e RMSE, em que valores de  $R^2$  próximos a 1,0 e RMSE próximos a 0 indicam excelentes previsões. A Tabela 5.1 apresenta um resumo dos valores encontrados para cada modelo.

Tabela 5.1. Resumo dos Medidores de Aderência Encontrados para cada Modelo de Previsão.

Amostra	Modelo	$R^2$ médio global	RMSE médio global
Indeformada	Arya e Paris (1981)	-0,297	0,106
Indeformada	Arya e Dierolf (1989)	-0,355	0,107
Indeformada	Aubertin <i>et al.</i> (2003)	-1,267	0,143
Indeformada	Wang <i>et al.</i> (2017)	-1,688	0,164
Compactada	Arya e Paris (1981)	-0,194	0,107
Compactada	Arya e Dierolf (1989)	-0,036	0,099
Compactada	Aubertin <i>et al.</i> (2003)	-0,539	0,112
Compactada	Wang <i>et al.</i> (2017)	-1,470	0,157

Observa-se que todos os modelos apresentaram  $R^2$  médio (de todo o banco de dados) negativos e RMSE próximo a 0,1. Esses resultados indicam que as previsões são pouco confiáveis para os solos tropicais analisados.

Uma vez que os modelos preditivos não apresentaram bons resultados, esta dissertação buscou avaliar conceitos geotécnicos específicos que não são considerados nos modelos e que podem ter um grande impacto nas previsões que se busca fazer. Fez-se então avaliações específicas e introduziu-se conceitos que, se levados em consideração em modelos de previsão da curva característica que forem desenvolvidos futuramente, podem melhorar a estimativa dessas curvas. Buscou-se analisar e compreender conceitos que devem ser considerados ao se desenvolver ou adaptar um modelo preditivo.

Referente ao parâmetro  $\alpha$  do modelo de Arya e Paris (1981), verificou-se que alterações em  $\alpha$  produzem uma translação de toda a CCSA ao longo do eixo de sucção. Portanto, é razoável concluir que o empirismo introduzido pelo parâmetro  $\alpha$  é necessário devido às hipóteses simplificadoras que produziram uma medida provavelmente pouco realista do raio dos poros. A limitação do modelo proposto por Arya e Paris (1981), deve-se obviamente às hipóteses simplificadoras e aos mecanismos de retenção, que foram negligenciados. O modelo negligencia a presença de micro trincas, canais radiculares, agregação de partículas e densidade de empacotamento de partículas não uniforme. Além disso, o fato de o raio do poro ( $r_i$ ) ser dependente do número de partículas ( $n_i$ ) é fisicamente insustentável, como salientado por Arya e Dierolf (1989). A tentativa de encontrar um parâmetro  $\alpha$  único para todo o banco de dados também não foi possível devido a variabilidade textural dos dados coletados, variabilidade esta que certamente envolve aspectos relativos ao próprio modo como os ensaios foram realizados.

Sobre o parâmetro  $\alpha^*$  de Arya e Dierolf (1989), de acordo com os autores do modelo, o número de partículas não muda, mas que cada fração de partícula, por causa de sua não esfericidade, orientação e possivelmente outros efeitos, contribuem com um comprimento de poro que é muito diferente do definido pelo diâmetro da partícula esférica equivalente representada no modelo original. A não esfericidade das partículas tem um impacto significativo no comprimento dos poros (ALVES *et al.* 2020). Alterar a forma das partículas para não esféricas significa que o comprimento efetivo dos poros com base na soma dos comprimentos das partículas é maior do que o comprimento dos poros. A mudança na forma da partícula de esférica para não esférica significa que o diâmetro equivalente é reduzido. Outro aspecto a se considerar, é que as partículas naturais do solo são muito mais complexas do que simples cilindros e podem aumentar de comprimento em mais de uma direção. Portanto, também não foi possível encontrar um parâmetro  $\alpha^*$  único para os solos tropicais analisados.

Os modelos de Aubertin *et al.* (2003) e Wang *et al.* (2017) foram os que tiveram piores ajustes para o banco de dados de solos tropicais, recomendando cautela em seu uso. Esses modelos não são recomendados, pelo menos em seus formatos originais, para a previsão de solos tropicais.

Devido a variabilidade nos dados coletados, não foi possível chegar a uma conclusão final definitiva sobre como os modelos futuros devem ser desenvolvidos para predizerem bem curvas características dos solos tropicais. No entanto, além de considerar todos os conceitos apresentados nesta Dissertação, faz-se necessário a construção de base de dados a ser utilizada que seja elaborada de maneira igual, ou seja, com a determinação dos parâmetros físicos, mineralogia, propriedades químicas, curvas granulométricas e curvas características, utilizando as mesmas metodologias para todas as amostras.

## 5.2 SUGESTÕES

Com fundamento nas análises realizadas no âmbito desta Dissertação sugere-se para o desenvolvimento de futuros modelos de predição da curva característica que sejam abordados os temas a seguir:

- Criação de um banco de dados, em que todas as propriedades dos materiais sejam determinadas igualmente para cada solo.
- Inserir propriedades químico-mineralógica no modelo futuramente desenvolvido ou na adaptação dos existentes.
- Considerar a influência e variação do índice de vazios e conseqüentemente da porosidade do material de forma realista. Ou seja, considerar que o índice de vazios varia dependendo da região que se encontra, seja em nível de macro, meso e/ou microporos.
- Estudar e buscar o entendimento da histerese considerando-se as particularidades dos solos tropicais, incluindo-se os pouco intemperizados dotados de argilominerais expansivos e os profundamente intemperizados possuidores de agregações. Estabelecido o entendimento incluir a informação e consideração da histerese no modelo a ser desenvolvido ou adaptado.
- Levar em consideração o perfil de intemperismo avaliado. Ou seja, englobar no modelo futuro de previsão de curva característica a informação de como é o formato da curva

característica esperada, seja ela bimodal para materiais mais intemperizados, seja unimodal para solos menos intemperizados.

- Mesmo que menos expressiva que a sucção matricial ou total do solo, a sucção osmótica do material deve ser incluída nos modelos de previsão em especial nos casos em que o estudo se volta para solos contaminados ou estabilizados quimicamente permitindo assim avaliar o impacto da alteração química do meio nas propriedades e comportamento dos solos.

Estudar, analisar e definir as metodologias de análise granulométrica mais adequadas a situações específicas dos solos tropicais de modo a otimizar a eficiência dos modelos de previsão, inclusive de novos que eventualmente sejam disponibilizados.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Advincula, M. R. E. (2016). *Avaliação do Efeito de Aumento de Poropressão nas Características de Resistência de Três Solos Tropicais*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio. 278p.
- Almeida, J. G. R. (2014). *Erodibilidade De Solos Tropicais Não Saturados Nos Municípios De Senador Canedo E Bonfinópolis – GO*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, GO, 135p.
- Alves, R.D., Gitirana Junior, G. de F.N. and Vanapalli, S.K. (2020). *Advances in the modeling of the soil–water characteristic curve using pore-scale analysis*. *Comput. Geotech.*, 127(August): 103766.
- Angelim, R. R. (2011). *Desempenho de ensaios pressiométricos em aterros compactados de barragens de terra na estimativa de parâmetros geotécnicos*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, Brasília, DF. 291p.
- Araújo, A.G. (2010). *Análise do desempenho de poços de infiltração na cidade de Goiânia-Go*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Mecânica das Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, GO, 159p.
- Arya, L.M. and Dierolf, T.S. (1989). *Predicting soil moisture characteristics by particle-size distributions: an improved method to calculate pore radii from particle radii*. *Proc. of the Int. Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils*, p. 115-124.
- Arya, L.M. and Paris, J.F. (1981). *A physicoempirical model to predict the soil moisture characteristic from particle-size distribution and bulk density data*. In: *Soil Science Soc. Am. J.*, 45, p. 1023-1030.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: *Solo –Análise Granulométrica*. Rio de Janeiro,2016. 16p.



- Aubertin, M., Mbonimpa, M., Bussi re, B. and Chapuis, R.P. (2003). *A model to predict the water retention curve from basic geotechnical properties*. Can. Geotech. J., 40(6): 1104–1122.
- Barros, A. L. C. (2018). *Análise Do Comportamento De Um Solo Arenoso Não Saturado Afetado Por Um Processo Erosivo Hídrico*. Disserta o de Mestrado. Programa de Pós-Gradua o “Engenharia Civil e Ambiental”, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 112p.
- Bernardi, C. (2018). *Estudo Da Utiliza o Do Ensaio De Dilatômetro De Marchetti Em Um Solo Residual Compactado Com Avalia o Da Influência Da Suc o*. Disserta o de Mestrado. Pós-Gradua o em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. 180p.
- Borges, C. R. (2010). *Comportamento hidráulico de um perfil de solo não saturado de Aparecida de Goiânia-GO*. Disserta o de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, GO, 257p.
- Borges, C. R. (2014). *Estudo Microestrutural Do Comportamento Hidromecânico Do Solo De Brasília-DF*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Gradua o em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, Brasília, DF. 131p.
- Calle, I. F. O. (2013). *Comportamento Hidromecânico De Um Solo Tropical Compactado*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Gradua o em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, Brasília, DF. 143p.
- Camapum de Carvalho, J.; Guimaraes, E. M.; Lima, M.C. ; Ribeiro, M. O. (2002). *Varia o no Comportamento Térmico de Caulinitas de uma Cobertura Superficial no Distrito Federal*. In: XII COBRAMSEG, São Paulo. Anais do COBRAMSEG. São Paulo- SP: ABMS, 2002. v. 1. p. 537-546.

- Camapum de Carvalho, J.; Gitirana Junior, G.F.N.; Machado, S.L.; Mascarenha, M.M.A.; Filho, F.C.S. (2015). *Solos Não Saturados no Contexto Geotécnico*. Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (ABMS). 805p.
- Camapum de Carvalho, J.; Barbosa, M. C.; Mendonça, R. M. G.; Farias, W. M.; Cardoso, F. B. F. (2015). *Propriedades químicas, mineralógicas e estruturais de solos naturais e compactados*. In: Camapum De Carvalho, J.; Gitirana Junior, G.F.N.; Machado, S.L.; Mascarenha, M.M.A.; Filho, F.C.S. (Orgs.). *Solos não saturados no contexto geotécnico*. Cap. 3.
- Camapum de Carvalho, J. and Gitirana Jr.(2021). *Unsaturated soils in the context of tropical soils*. In *Soils and Rocks*. Vol 44 (3), pp. 1-25.
- Camapum de Carvalho, J. e Leroueil, S. (2004). *Curva característica de sucção transformada*. *Soils and Rocks*, 3(3): 20.
- Camapum de Carvalho, J.; Silva, F.C.; Barreto, P.N.M.; Perez, A.C.; Guimaraes, R.C.; Oliveira, R.B. (2019). *Aspectos Químico-Mineralógicos e as Propriedades e Comportamento dos Solos Expansivos*. In *Anais do II GeoBASE - II Seminario Geotécnico Bahia/Sergipe* (pp. 277-286).
- Campos, C. J. M. (2014). *Avaliação Da Erodibilidade Pelo Método Inderbitzen Em Solo Não Saturado Da Região De Bauru-Sp*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós- Graduação “Engenharia Civil e Ambiental,” da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 154p.
- Carvalho, E. T. L. (2013). *Avaliação Geotécnica De Poços De Infiltração De Águas Pluviais*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, Brasília, DF. 316p.
- Caso, J. E. M. (2014). *Características de Resistência Não Saturada de um Solo Coluvionar e um Solo Saprolítico de Tinguá, RJ*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio. 177p.

- Castro, M. D. (2020). *Influência Da Sucção Na Perda De Massa De Um Solo Arenoso Laterítico Submetido Ao Efeito De Ondas*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, GO, 120p.
- Chan, T.P. e Govindaraju, R.S. (2003). *A new model for soil hydraulic properties based on a stochastic conceptualization of porous media*. Water Resour. Res., 39(7).
- Chen, R.P., Liu, P., Liu, X.M., Wang, P.F. and Kang, X. (2019). *Pore-scale model for estimating the bimodal soil–water characteristic curve and hydraulic conductivity of compacted soils with different initial densities*. Eng. Geol., 260(June): 105199.
- Conciani, W.; Burgos, P.C.; Bezerra, R.L. (2015). *Origem e formação dos solos, perfis de intemperismo*. In: Camapum De Carvalho, J.; Gitirana Junior, G.F.N.; Machado, S.L.; Mascarenha, M.M.A.; Filho, F.C.S. (Orgs.). Solos não saturados no contexto geotécnico. Cap. 2.
- Fagundes, L. S. (2014). *Avaliação Da Resistência Ao Cisalhamento De Um Solo Tropical Não Saturado*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós- Graduação “Engenharia Civil e Ambiental”, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 102p.
- Fairly Nerd. (2019). *What Is R Square And Negative R Squared*. A Data Driven Life. 12p.
- Feuerharmel, C. (2007). *Estudo da resistência ao cisalhamento e da condutividade hidráulica de solos coluvionares não saturados da formação Serra Geral*. Tese (Doutorado em Engenharia – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 329 f.
- Fredlund, D.G. and Xing, A. (1994). *Equations for the soil-water characteristic curve*. Can. Geotech. J., 31: 521–532.
- Fredlund, M. D., Fredlund, D. G., and Wilson, G. W. 1997. *Prediction of the soil-water characteristic curve from grain-size distribution and volume-mass properties*. Proceedings

of the Third Brazilian Symposium on Unsaturated Soils, NSAT '97, Rio de Janeiro, Brazil, Vol. 1, pp. 13–23.

Fredlund, M.D., Fredlund, D.G. and Wilson, G.W. (2000). *An equation to represent grain-size distribution*. Can. Geotech. J., 37(4): 817–827.

Fredlund, D.G., Rahardjo, H. and Fredlund, M.D. (2012). *Unsaturated Soil Mechanics in Engineering Practice*. JOHN WILEY & SONS, INC. 939p.

Furman, J. (2019). *Avaliação Da Resistência Ao Cisalhamento De Solos Tropicais Brasileiros Não Saturados Da Serra Do Mar –Trecho PR-SP*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. 114p.

Futai, M. M. (2002). *Estudo Teórico-Experimental do Comportamento de Solos Tropicais Não Saturados: Aplicação a um Caso de Voçorocamento*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 597p.

Georgetti, G. B. (2010). *Resistência De Um Solo Não Saturado A Partir De Ensaios Com Teor De Umidade Constante (CW)*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 108p.

Georgetti, G. B. (2014). *Deformabilidade E Resistência De Um Solo Laterítico Não Saturado*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 156p.

Gitirana Junior, G. F. N.; Camapum de Carvalho, J. e Cordão Neto, M. P. (2006). *Previsão de Curvas Características de um Perfil de Solo Colapsível de Brasília Utilizando Curvas Granulométricas*. XIII Congresso Brasileiro de Mecânica do Solos e Engenharia Geotécnica.

Gitirana, Jr., de F. N. G., and Fredlund, D. G. 2004. *Soil-water characteristic curve equation with independent parameters*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 130, No. 2, pp. 209–212.

- Gitirana Junior, G.F.N.; Marinho, F.A.M. e Soto, M.A.A. (2015). *A curva de retenção de água de materiais porosos*. In: Camapum De Carvalho, J.; Gitirana Junior, G.F.N.; Machado, S.L.; Mascarenha, M.M.A.; Filho, F.C.S. (Orgs.). Solos não saturados no contexto geotécnico. Cap. 9.
- Guereta, I. C.; Dawson, A.; Thom, N. (2021). *An alternative continuous form of Arya and Paris model to predict the soil water retention curve of a soil*. Elsevier - Advances in Water Resources. Volume 154,103968.
- Guimarães, R.C (2002). *Análise das propriedades e comportamento de um perfil de solo laterítico aplicada ao estudo do desempenho de estacas escavadas*. Dissertação de mestrado. Publicação nº G. DM – 090A/02, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 183p.
- Gupta, S. C. and Larson W. E (1979). *Estimating soil water retention characteristics from particle size distribution, organic matter percent, and bulk density*. Water Resources Research. Volume15, Issue6,1633-1635.
- Han, Z.; Vanapalli, S. K.; Zou, W. (2019). *Simple Approaches for Modeling Hysteretic Soil Water Retention Behavior*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. Volume 145, Issue 10.
- Hillel, D. (1971). *Soil and water: physical principles and processes*. Londres: Academic Press, p. 29-77.
- Huat, B. B. K; Toll, D. G.; Prasad, A. (2013). *Tropical Residual Soils Engineering*. CR Press. Chapter 2 and 4.
- Kühn, V.O.; Cordão Neto, M.P. and Lopes, B.C.F.L. (2019). *The effect of aggregations on bimodal kaolinite soils*. E3S Web Conf., 92: 1–6.
- Jesus, A. S. (2013). *Investigação Multidisciplinar De Processos Erosivos Lineares: Estudo De Caso Da Cidade De Anápolis – GO*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em

- Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, Brasília, DF. 367p.
- Laguna, M. A. A. (2015). *Comportamento Hidromecânico De Um Solo Argiloso Compactado Em Diferentes Umidades*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, GO, 99p.
- Leme, R. A. S. (1997). *Dicionário de Engenharia Geotécnica. Inglês – Português*. São Paulo. 182p.
- Li, X., Li, J.H. and Zhang, L.M. (2014). *Predicting bimodal soil-water characteristic curves and permeability functions using physically based parameters*. *Comput. Geotech.*, 57: 85–96.
- Lopera, J. F. B. (2016). *Influência da microestrutura no comportamento mecânico dos solos tropicais naturais e compactados*. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-272A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 183p.
- Lopes, M. B. L. (2006). *Influência da sucção na resistência ao cisalhamento de um solo residual de filito de Belo Horizonte, MG*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio. 175p.
- Lu, N. and Khorshidi, M. (2015). *Mechanisms for soil-water retention and hysteresis at high suction range*. *J. Geotech. Geoenvironmental Eng.*, 141(8): 04015032.
- Machado, S.L.; Vilar, O.M. (2015). *Potenciais de Água no Solo*. In: Camapum De Carvalho, J.; Gitirana Junior, G.F.N.; Machado, S.L.; Mascarenha, M.M.A.; Filho, F.C.S. (Orgs.). *Solos não saturados no contexto geotécnico*. Cap. 4.
- Marinho, F.A.M. (2005). *Os solos não saturados: aspectos teóricos, experimentais e aplicados*. Dissertação de Concurso, Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 201 p.

- Menezes, M. B. M. (2010). *Análise Da Influência Do Teor De Umidade Na Absorção D'água E Sucção Dos Solos Em Estudos De Erodibilidade*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 139p.
- Morais, L. P.; Tarantino, A. and Cordão Neto, M. P. (2021). *An experimental investigation into the attractive forces controlling clay particles micromechanical interactions*. Géotechnique Letters. Volume 11 Issue 4, pp. 313-320.
- Motta, M. F. B. (2016). *Caracterização Físico-Hídrico-Estrutural e Efeito do Aumento da Pressão do Ar na Resistência de Solos Tropicais Não Saturados*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio. 350p.
- Mualem, Y. (1976). *A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media*. Water Resour. Res., 12(3): 513–522.
- Neto, D. J. P. (2019). *Influência Da Estrutura No Comportamento Hidromecânico De Um Solo Tropical Residual De Gnaisse Do Complexo Belo Horizonte*. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Geotecnia e Transportes da Universidade Federal de Minas Gerais. 138p.
- Pecapedra, L. L. (2016). *Estudo da Resistência ao Cisalhamento Não Saturada de Solos Residuais de Granito e Diabásio de Florianópolis/SC*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. 201p.
- Queiroz, A.C.G (2015). *Estudo do comportamento microestrutural de solos tropicais compactados*. Tese de doutorado. Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 127p.
- Rawls, W. J., and Brakensiek, D. L. (1985). *Prediction of soil water properties for hydrologic modeling*. Proceedings of the American Society of Civil Engineers Watershed Management in the Eighties Symposium, American Society of Civil Engineers, New York, pp. 293–299.

- Rodrigues, S.M. (2017). *Caracterização mineralógica e microestrutural de um perfil intemperizado de Brasília*. [Unpublished research report]. Anápolis, GO: State University of Goiás. (in Portuguese).
- Roseno, J.L., & Camapum de Carvalho, J. (2007). *Avaliação granulométrica de um perfil de solo tropical usando o granulômetro a laser*. In Anais do III Simpósio sobre Solos Tropicais e Processos Erosivos no Centro-Oeste (pp. 136-147). Cuiabá, MT.
- Saab, A. L. (2016). *Influência Da Sucção Nos Parâmetros De Compressibilidade De Um Solo Não Saturado*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós- Graduação “Engenharia Civil e Ambiental”, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 125p.
- Santos, T. A. (2016). *Avaliação Da Resistência E Da Deformabilidade De Quatro Solos Empregados Em Subleitos Rodoviários No Estado Do Rio Grande Do Sul*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). 164p.
- Scheinost, A. C., Sinowski, W., and Auerswald, K. 1997. *Regionalization of soil water retention curves in a highly variable soilscape, I. Developing a new pedotransfer function*. Geoderma, Vol. 78, Nos. 3–4, pp. 129–143.
- Silva, F. C. (2018). *Curva Característica de um Perfil de Solo Tropical*. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 113p.
- Silva, M. T. M. G. (2009). *Metodologia Para Determinação De Parâmetros Para Solos Não Saturados Utilizando Ensaio Com Umidade Conhecida*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, Brasília, DF. 113p.
- Silva, T. A. (2017). *Avaliação da influência da sucção e do grau de intemperismo no coeficiente de empuxo lateral ( $K_0$ ) de solos residuais*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio. 105p.



- Soares, R. M. (2005). *Resistência ao Cisalhamento de um Solo Coluvionar Não Saturado do Rio de Janeiro, RJ*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio. 196p.
- Tuller, M., Or, D. and Dudley, L.M. (1999). *Adsorption and capillary condensation in porous media: liquid retention and interfacial configurations in angular pores*. *Water Resour. Res.*, 35(7): 1949–1964.
- Tuller, M., Or, D. (2003). *Retention Of Water In Soil And The Soil Water Characteristic Curve*. *Encyclopedia of Soils in the Environment* (pp.278-289)
- Tuller, M. and Or, D. (2005). *Water films and scaling of soil characteristic curves at low water contents*. *Water Resour. Res.*, 41(9): 1–6.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). (1999). *Agricultural Research Service, Nutrient Database for Standard Reference. Nutrient Data Laboratory*.
- Vereecken, H., Maes, J., Feyen, J., and Darius, P. (1989). *Estimating the soil moisture retention characteristics from texture, bulk density, and carbon content*. *Soil Science Journal*, Vol 148, No. 6, pp. 389–403.
- Wang, J.-P., Hu, N., Françoise, B. and Lambert, P. (2017). *Unsaturated sandy soils from basic soil gradation parameters*. *Water Resour. Res.*, 53: 6069–6088.
- Zhou, A. and Sheng, D. (2016). *Relating shear strength of unsaturated soils with capillary water retention curve*. *E3S Web Conf.*, 9(January): 974–987.

## **ANEXO 01 – PREMISSA 01: INFORMAÇÕES DOS DADOS COLETADOS**

<b>Região</b>	<b>Trabalho - Ano Universidade Autor</b>	<b>Local de Estudo</b>	<b>Amostras</b>	<b>Profundidade de Coleta</b>	<b>Curva Granulométrica</b>	<b>Curva Característica</b>	<b>Índices Físicos Coletados</b>
Sul	Tese - 2007 UFRGS C. F.	Timbé do Sul - SC	Indeformadas - Solo coluvionar de arenito (Solo AV	Sem Informação	Convencional Com e Sem Defloculante	PF, Placa Sucção Trajetórias de Secagem e Umedecimento Bimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg e
Sul	Tese - 2007 UFRGS C. F.	São José dos Ausentes - RS	Indeformadas Solo coluvionar de basalto (Solo RO)	Sem Informação	Convencional Com e Sem Defloculante	PF, Placa Sucção Trajetórias de Secagem e Umedecimento Bimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg e
Sudeste	Dissertação - 2005 PUC RIO R.M.S	(RJ) Campus II Puc Rio	Indeformada	1 m	Convencional Com Defloculante	PF Trajetória Mista Bimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg
Sudeste	Tese- 2016 PUC RIO M. R. E. A	(RJ) Campus II Puc Rio; Tinguá - RJ SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá	Indeformadas	Sem Informação	Convencional Com e Sem Defloculante	Não Determinou CCSA's	$\rho_s$ Limites de Atterberg e

Região	Trabalho - Ano Universidade Autor	Local de Estudo	Amostras	Profundidade de Coleta	Curva Granulométrica	Curva Característica	Índices Físicos Coletados
Sudeste	Tese- 2016 PUC RIO M.F.B.M	(RJ) Nova Friburgo - RJ (Condomínio do Lago); Tinguá - RJ SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá; Tinguá - RJ CT - Colúvio Tingua	Indeformadas	Sem Informação	Convencional Com e Sem Defloculante	Funil, PF, WP4C; Mista; Bimodal e Unimodal	$\rho_s$ e Limites de Atterberg
Sudeste	Dissertação - 2014 PUC RIO J.E.M.C	(RJ) Tinguá - RJ SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá;  Tinguá - RJ CT - Colúvio Tingua	Indeformadas	Sem Informação	Convencional Com e Sem Defloculante	PF Trajetória Umedecimento Bimodal	$\rho_s$ e
Sudeste	Dissertação - 2017 UFMG T.A.S	(RJ) São Conrado	Indeformadas: Solo Residual Jovem (SRJ); Solo Residual de Transição (SRT); Solo Residual Maduro (SRM)	Sem Informação	Convencional Com Defloculante	PF Trajetória Secagem Bimodal (SRT e SRM) Unimodal (SRJ)	$\rho_s$ e Limites de Atterberg
Sudeste	Tese - 2002 UFRJ M.M.F	(MG) Ouro Preto	Indeformadas	1 a 7 m	Convencional Com e Sem Defloculante	PF Trajetórias de Umedecimento Bimodal (1 a 3m) Unimodal (4 ao Exposto)	$\rho_s$ e Limites de Atterberg

<b>Região</b>	<b>Trabalho - Ano Universidade Autor</b>	<b>Local de Estudo</b>	<b>Amostras</b>	<b>Profundidade de Coleta</b>	<b>Curva Granulométrica</b>	<b>Curva Característica</b>	<b>Índices Físicos Coletados</b>
Sudeste	Dissertação - 2006 PUC RIO M.B.L.L	(MG) Belo Horizonte Conjunto Taquaril	Indeformadas: Filito	Solo Residual de Filito 3 – SR3 (2 a 3m);	Convencional Com Defloculante	PF Mista Unimodal (SR3)	$\rho_s$ e Limites de Atterberg
Sudeste	Dissertação - 2019 UFMG D.J.P.N	(MG) Campus UFMG - Pampulha	Indeformada	1,5m	Convencional Com e Sem Defloculante	PF Trajetórias de Umedecimento e Secagem Unimodal	$\rho_s$ e Limites de Atterberg
Sudeste	Dissertação - 2014 USP G.B.G	(SP) Campus USP	Indeformada	Sem Informação	Convencional Com Defloculante	PF e Funil de Placa Trajetória de Secagem Bimodal	$\rho_s$ e Limites de Atterberg
Sudeste	Dissertação - 2010 USP M.B.M.M	(SP) Campus USP; São Pedro	Indeformada	Sem Informação	Convencional Com Defloculante	PF e Funil de Placa e Câmara de Pressão; Trajetória de Secagem Bimodal	$\rho_s$ e
Sudeste	Dissertação - 2014 UNESP C.J.M.C	(SP) Bauru (Jardim Nicéia)	Indeformada: Local A Local B	0,25 cm	Convencional Com Defloculante	PF, Funil Trajetórias de Secagem Bimodal (e iguais em ambos os locais)	$\rho_s$ e
Sudeste	Dissertação - 2018 UNESP A.L.C.B	(SP) Bauru (Jardim Nicéia)	Indeformada	Sem Informação	Convencional Com Defloculante	PF, Funil, Câmara Trajetórias de Secagem e Umedecimento Bimodal	$\rho_s$ e Limites de Atterberg

Região	Trabalho - Ano Universidade Autor	Local de Estudo	Amostras	Profundidade de Coleta	Curva Granulométrica	Curva Característica	Índices Físicos Coletados
Sudeste	Dissertação - 2014 UNESP L.S.F	(SP) Bauru (Vargem Limpa - Campus UNESP)	Indeformada	1,5 m	Convencional Com Defloculante	PF, Câmara de Pressão, Placa de Sucção (Secagem)  PF (Umedecimento)	$\rho_s$ e Limites de Atterberg
Sudeste	Dissertação - 2016 UNESP A.L.S	(SP) Bauru (Vargem Limpa - Campus UNESP)	Indeformada	1, 3 e 5 m	Convencional Com Defloculante	Bimodal Placa Sucção, Câmara Richards, PF Trajetórias de Secagem Bimodal	$\rho_s$ e Limites de Atterberg
Sudeste	Dissertação - 2019 UFPR J.F	(SP) Barra do Turvo (Serra Pelada)	Indeformada: Solo Residual (RD) Colúvio (CO)	Sem Informação	Convencional Com e Sem Defloculante	PF Trajetórias de Umedecimento Bimodal	$\rho_s$ e Limites de Atterberg
Centro-Oeste	Dissertação - 2020 UFG M.D.C	Itumbiara UHE	Indeformada	1m	Convencional Com e Sem Defloculante	PF Trajetórias de Molhagem e Secagem Unimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg e
Centro-Oeste	Dissertação - 2014 UFG J.G.R.A	Bonfinópolis - GO	Indeformada	1m	Convencional Com e Sem Defloculante	PF Trajetória de Molhagem Unimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg e
Centro-Oeste	Dissertação - 2014 UFG J.G.R.A	Senador Canedo - GO	Indeformada	1m	Convencional Com e Sem Defloculante	PF e WP4C Trajetória de Molhagem Unimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg e

Região	Trabalho - Ano Universidade Autor	Local de Estudo	Amostras	Profundidade de Coleta	Curva Granulométrica	Curva Característica	Índices Físicos Coletados
Centro-Oeste	Tese - 2013 UnB A.S.J	Anápolis - Voçorocas: Túnel Geovane Braga Cidade Jardim	Indeformada Solo Saprolito	Sem Informação da coleta	Convencional Com e Sem Defloculante	PF, WP4C Trajetória Mista Unimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg e
Centro-Oeste	Tese - 2013 UnB E.T.L.C	Goiânia - Campus UFG	Indeformada	1m	Convencional Com e Sem Defloculante	PF Trajetória de Molhagem Unimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg e
Centro-Oeste	Tese - 2011 UnB R.R.A.	Goiânia - Barragem João Leite	Indeformada	3,15m 4,15m	Convencional Com e Sem Defloculante	PF Trajetória de Molhagem Bimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg e
Centro-Oeste	Dissertação - 2010 UFG A.G.A	Goiânia - Jardim Atlântico	Indeformada	1m 2m 3m	Convencional Com e Sem Defloculante	PF Trajetória de Molhagem Bimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg e
Centro-Oeste	Dissertação - 2010 UFG C.R.B	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas	Indeformada	1,0 a 1,5m 2,0 a 2,4m 4,6 a 4,9m	Convencional Com e Sem Defloculante Granulômetro a Laser Diversas Condições de Secagem	PF Trajetórias de Molhagem, Secagem e Mista Prof.: 1 a 1,5 - Bimodal Prof.: 2 e 4,6 - Unimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg e
Centro-Oeste	Tese - 2013 UnB I.F.O.C	Taguatinga - DF- EPTG	Indeformada	Sem Informação da coleta	Convencional Com e Sem Defloculante	Translação de eixo, célula osmótica, placa de sucção e papel filtro Trajetória de Secagem Bimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg e

Região	Trabalho - Ano Universidade Autor	Local de Estudo	Amostras	Profundidade de Coleta	Curva Granulométrica	Curva Característica	Índices Físicos Coletados
Centro-Oeste	Dissertação - 2002 (R.C.G) Dissertação - 2016 (J.F.B.L) Monografia - 2018 (F.C.S)	DF - Campus Experimental da UnB	Indeformada	2m; 4m; 5m 6m; 8m; 9m; 10m; 12m	Convencional Com e Sem Defloculante Granulômetro a Laser Diversas Condições de Secagem	Placa de Sucção, PF, WP4C Trajetórias Mistas 2 a 9 m Bimodal 10 e 12 m Unimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg e
Sul	Dissertação - 2018 UFSC C.B	Santa Catarina (Florianópolis - Bairro Itacorubi)	Compactada Proctor Normal	Sem Informação	Granulometria Convencional Sem Defloculante (SD)	PF Trajetória de Umedecimento Bimodal (As CCSA foram determinadas: Ramo Seco, w ótima e Ramo Úmido da Curva de Compactação)	$\rho_s$ Limites de Atterberg e
Sul	Dissertação - 2016 UFSC L.L.P	Santa Catarina (Florianópolis - Ilha de SC)	Compactada (Amostras Referem-se a um Granito e um Diabásio) Proctor Normal	Sem Informação	Granulometria Convencional Sem Defloculante (SD)	PF Trajetória de Umedecimento Unimodal (Granito) Bimodal (Diabásio) (As CCSA foram determinadas: Ramo Seco, w ótima e Ramo Úmido da Curva de Compactação)	$\rho_s$ Limites de Atterberg e
Sul	Dissertação - 2016 UFSM T.A.S	Rio Grande do Sul: 1) Coronel Barros 2) Pelotas 3) Santa Maria (Distrito Industrial - TR e Canabarro - RS)	Compactada Proctor Normal	Sem Informação	Granulometria Convencional Com (CD) e Sem Defloculante (SD)	PF Trajetória Mista Bimodal	$\rho_s$ Limites de Atterberg e

Região	Trabalho - Ano Universidade Autor	Local de Estudo	Amostras	Profundidade de Coleta	Curva Granulométrica	Curva Característica	Índices Físicos Coletados
Sudeste	Dissertação - 2010 USP G.B.G	(SP) Campus USP	Compactada Proctor Normal	Sem Informação	Convencional Com Defloculante	PF e Funil de Placa Trajetória de Secagem Bimodal	$\rho_s$ e Limites de Atterberg
Sudeste	Dissertação - 2014 UNESP L.S.F	(SP) Bauru (Vargem Limpa - Campus UNESP)	Compactada Proctor Normal	1,5 m	Convencional Com Defloculante	PF, Câmara de Pressão, Placa de Sucção (Secagem)  PF (Umedecimento)  Bimodal	$\rho_s$ e Limites de Atterberg
Centro-Oeste	Dissertação-2009 UnB M.T.M.G.S	Campus Experimental UnB	Compactada Proctor Normal	2m	Curvas Granulométricas das Amostras Compactadas Com e Sem Defloculante (CD e SD)	PF Trajetória Mista Bimodal (Em três índices de vazios diferentes, todos no ramo seco)	$\rho_s$ e Limites de Atterberg
Centro-Oeste	Tese - 2014 UnB C.R.B	Campus Experimental UnB	Compactada Proctor Normal	2m	Convencional Com e Sem Defloculante	PF Trajetória Mista Bimodal	$\rho_s$ e Limites de Atterberg
Centro-Oeste	Dissertação - 2016 UnB J.F.B.L	Campus Experimental UnB	Compactada Proctor Normal, Intermediário Modificado	2m 5m 9m 12m	Convencional Com e Sem Defloculante	PF Trajetória Mista Bimodal e Unimodal	$\rho_s$ e Limites de Atterberg
Centro-Oeste	Dissertação - 2015 UFG M.A.A.L	Barragem João Leite	Compactada Proctor Normal	Sem Informação	Convencional Com e Sem Defloculante	Tempe Cell e Papel filtro Trajetória Secagem	$\rho_s$ e Limites de Atterberg



## **ANEXO 02 – PREMISSA 02 A: PARÂMETROS DE AJUSTE DA CURVA GRANULOMÉTRICA**

Parâmetros de Ajuste da Curva Granulométrica - Fredlund *et al.* (1997, 2000) - Amostras Indeformadas

<b>Região</b>	<b>Local / Granulometria</b>	<b>abi</b>	<b>nbi</b>	<b>mbi</b>	<b>jbi</b>	<b>kbi</b>	<b>lbi</b>	<b>drbi</b>	<b>dm</b>	<b>w</b>
Sul	Timbé do Sul - SC - Com Defloculante	0,25	11,72	0,51	0,00	2,05	1,61	100,47	0,00	0,40
Sul	Timbé do Sul - SC - Sem Defloculante	0,15	2,34	2,83	0,00	0,81	45,05	0,03	0,00	0,90
Sul	São José dos Ausentes - RS - Com Defloculante	0,08	42,75	0,08	0,00	0,69	1,58	92,54	0,00	0,40
Sul	São José dos Ausentes - RS - Sem Defloculante	0,01	2,15	54,22	0,04	1,27	16,71	0,00	0,00	0,52
Sudeste	Nova Friburgo - Condomínio do Lago - RJ - CD	0,01	0,70	3,23	0,91	3,58	1,17	864,94	0,0001	0,52
Sudeste	Nova Friburgo - Condomínio do Lago - RJ - SD	0,01	1,73	80,38	0,11	1,88	59,29	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ - CD	0,17	1,70	3,98	0,00	0,17	0,69	3,45	0,0001	0,30
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ - SD	0,00	1,23	69,26	0,00	1,33	305,63	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	São Conrado - Solo Residual Jovem (SRJ) - RJ - CD	0,07	1,12	2,52	1,98	2,70	1,01	18,63	0,0001	0,52
Sudeste	São Conrado - Solo Residual Jovem (SRT = SRM) - RJ - CD	0,89	21,25	4,43	1,01	1,48	0,54	17,11	0,0001	0,30
Sudeste	Tinguá - SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá - RJ - CD	0,02	0,88	2,20	0,16	3,35	6,92	11,06	0,0001	0,52
Sudeste	Tinguá - SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá - RJ - SD	0,01	2,05	115,20	0,11	2,85	19,43	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	Tinguá - CT - Colúvio Tinguá - RJ - CD	0,01	0,34	0,29	0,86	2,58	1,44	11,09	0,0001	0,52
Sudeste	Tinguá - CT - Colúvio Tinguá - RJ - SD	0,01	1,13	27,06	0,68	2,11	1,62	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 1 m - CD	0,01	0,36	0,00	0,17	2,42	2,07	11,42	0,0001	0,52
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 1 m - SD	0,01	1,53	150,98	0,27	7,39	0,45	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 2 m - CD	0,00	1,08	0,94	0,27	4,88	0,65	11,92	0,0001	0,52
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 2 m - SD	0,01	7,88	100,00	0,02	1,50	26,75	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 3 m - CD	0,01	1,70	1,45	0,25	8,49	0,61	11,63	0,0001	0,52
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 3 m - SD	0,01	4,49	199,58	0,12	2,23	4,42	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 5 m - CD	0,01	1,57	3,44	0,29	4,24	0,69	12,16	0,0001	0,52
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 5 m - SD	0,02	6,67	100,03	0,13	2,11	3,47	0,00	0,0001	0,52

<b>Região</b>	<b>Local / Granulometria</b>	<b>abi</b>	<b>nbi</b>	<b>mbi</b>	<b>jbi</b>	<b>kbi</b>	<b>lbi</b>	<b>drbi</b>	<b>dm</b>	<b>w</b>
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 6 m - CD	0,01	2,18	2,14	0,02	1,38	23,69	24,40	0,0001	0,52
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 6 m - SD	0,02	1,65	10,62	0,00	0,63	121,09	0,03	0,0001	0,90
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 7 m - CD	0,01	1,14	3,22	0,25	3,50	1,28	12,18	0,0001	0,52
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 7 m - SD	0,01	1,80	460,47	0,01	4,36	98,14	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	Belo Horizonte - SR3 (2,0 a 3,0 m) - MG - CD	0,00	2,09	4,06	0,06	3,93	0,40	13,30	0,0001	0,52
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG - CD	0,01	0,80	1,95	0,53	2,62	1,11	333,75	0,0001	0,52
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG - SD	0,01	1,40	374,09	0,00	1,83	73,22	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	Campus USP - SP - CD	0,01	1,62	215,94	0,56	20,02	0,12	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	São Pedro - SP - CD	0,35	4,36	1,14	0,15	0,13	0,00	0,00	0,0001	0,90
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP - CD	0,04	2,61	101,44	0,32	13,45	0,35	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa - Campus UNESP - SP - CD	0,06	3,92	147,36	0,41	13,86	0,29	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa - Campus UNESP - SP - SD	0,26	4,10	1,58	0,00	3,39	266,05	0,03	0,0001	0,90
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - RD Residual - SP - CD	0,04	1,22	72,90	0,31	1,39	0,48	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - RD Residual - SP - SD	0,72	1,19	1,89	0,00	2,21	103,78	0,03	0,0001	0,90
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - CO Colúvio - SP - CD	0,66	1,46	0,48	0,00	3,59	75,70	0,03	0,0001	0,90
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - CO Colúvio - SP - SD	0,56	1,76	0,90	0,00	3,62	78,40	0,03	0,0001	0,90
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO - CD	0,01	0,75	0,20	0,33	2,09	0,78	12,91	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO - SD	0,01	5,71	1,40	0,21	1,54	1,42	27,54	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Bonfinópolis - GO (Latossolo) - CD	0,01	0,00	0,02	0,41	1,93	0,81	2,46	0,0001	0,40
Centro-Oeste	Bonfinópolis - GO (Latossolo) - SD	0,00	1,18	417,76	0,00	1,28	232,88	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Senador Canedo - GO - (Cambissolo) - CD	0,09	4,07	0,20	0,02	0,65	18,18	33,15	0,0001	0,40
Centro-Oeste	Senador Canedo - GO - (Cambissolo) - SD	0,00	0,62	142,26	0,00	0,84	97,10	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel) - CD	0,01	3,86	0,22	0,12	1,39	0,83	8,39	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel) - SD	0,02	5,57	219,73	0,02	1,46	50,43	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Geovane Braga) - CD	0,01	2,44	0,77	1,09	1,48	1,16	729,60	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Geovane Braga) - SD	0,03	0,67	4,63	1,32	2,78	0,91	0,00	0,0001	0,52

<b>Região</b>	<b>Local / Granulometria</b>	<b>abi</b>	<b>nbi</b>	<b>mbi</b>	<b>jbi</b>	<b>kbi</b>	<b>lbi</b>	<b>drbi</b>	<b>dm</b>	<b>w</b>
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Cidade Jardim) - CD	0,00	0,89	29,05	0,00	0,57	33,41	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Cidade Jardim) - SD	0,01	5,15	205,27	0,01	1,02	38,32	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG - GO - CD	0,01	0,00	0,03	0,20	2,06	1,47	6,46	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG - GO - SD	0,00	0,69	33,65	0,02	1,63	35,86	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (3,15m) - CD	0,01	0,58	0,25	0,18	1,80	1,39	878,69	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (3,15m) - SD	0,00	0,83	32,68	0,02	2,05	40,93	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (4,15m) - CD	0,00	0,45	2,90	0,04	1,53	8,19	967,72	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (4,15m) - SD	0,00	0,76	22,19	0,02	1,82	40,20	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (1m) - CD	0,01	0,01	0,04	0,24	3,04	0,65	0,13	0,0001	0,40
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (1m) - SD	0,00	1,65	759,22	0,00	2,52	378,71	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (2m) - CD	0,01	0,68	0,00	0,07	1,78	5,98	3,65	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (2m) - SD	0,00	1,75	138,78	0,03	1,77	25,38	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (3m) - CD	0,01	0,68	0,00	0,11	1,69	3,36	1,58	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (3m) - SD	0,00	4,85	53,87	0,01	1,13	39,07	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m) - CD	0,00	0,44	24,50	0,14	7,00	0,20	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m) - SD	0,00	5,25	58,01	0,00	0,61	46,04	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m) - CD	0,02	0,52	2,77	0,07	19,39	6,69	44,72	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m) - SD	0,00	0,47	453,18	0,08	92,92	0,45	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m) - CD	0,00	0,42	92,30	0,13	2,93	0,78	10,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m) - SD	0,01	2,57	75,03	0,00	0,73	54,38	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG - CD	0,06	1,54	12,40	0,04	9,45	0,10	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG - SD	0,02	0,84	12,40	0,46	3,94	1,17	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - CD	0,00	0,29	1,17	0,08	19,44	0,59	992,18	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - SD	0,02	8,44	0,74	0,03	1,50	23,43	7,75	0,0001	0,40

Região	Local / Granulometria	abi	nbi	mbi	jbi	kbi	lbi	drbi	dm	w
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (4m) - CD	0,01	15,06	0,04	0,12	1,53	1,78	2,98	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (4m) - SD	0,00	0,59	19,00	0,01	1,48	36,88	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - CD	0,56	2,41	0,30	0,01	1,34	1,04	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - SD	0,00	1,43	36,43	0,00	0,83	33,31	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (6m) - CD	0,08	0,75	2,83	0,00	4,39	0,13	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (6m) - SD	0,02	2,12	1,98	0,02	1,01	23,55	31,52	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (8m) - CD	0,00	5,71	11,45	0,01	0,58	1,98	904,48	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (8m) - SD	0,00	0,59	19,44	0,00	1,63	50,47	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - CD	0,00	6,23	11,56	0,01	1,15	2,49	982,44	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - SD	0,08	4,87	0,54	0,02	69,28	3,15	8,89	0,0001	0,30
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (10m) - CD	0,00	7,44	20,49	0,00	2,02	11,58	14677,72	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (10m) - SD	0,00	2,51	42,28	0,00	0,68	44,12	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - CD	0,06	13,79	0,59	0,00	2,19	5,48	230,84	0,0001	0,20
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - SD	0,06	3,10	0,80	0,00	2,27	5,82	86,93	0,0001	0,30

Parâmetros de Ajuste da Curva Granulométrica - Fredlund *et al.* (1997, 2000) - Amostras Compactadas

Região	Local / Granulometria	abi	nbi	mbi	jbi	kbi	lbi	drbi	dm	w
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - CD	0,01	0,54	0,77	0,22	1,64	1,47	872,60	0,00	0,52
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - CD	0,78	1,86	1,61	0,00	0,40	1,21	3,45	0,00	0,40
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - CD	0,13	1,75	0,65	0,44	1,51	0,75	8,55	0,00	0,52
Sul	RS - Coronel Barros - CD	0,30	1,39	0,49	0,00	2,05	1,61	2,35	0,00	0,40
Sul	RS - Coronel Barros - SD	0,01	1,02	2,18	0,04	1,60	55,66	0,00	0,00	0,52
Sul	RS - Pelotas - CD	0,49	2,00	0,27	0,01	1,48	75,59	7,79	0,00	0,70
Sul	RS - Pelotas - SD	0,00	4,16	0,95	0,38	2,71	0,65	47300,41	0,00	0,52
Sul	RS - Santa Maria - TR - CD	0,49	2,71	0,25	0,04	1,63	83,70	325,82	0,00	0,70
Sul	RS - Santa Maria - TR - SD	0,08	20,73	0,25	0,48	4,50	2,01	27252,41	0,00	0,52

Região	Local / Granulometria	abi	nbi	mbi	jbi	kbi	lbi	drbi	dm	w
Sul	RS - Santa Maria - RS - CD	0,07	28,45	0,01	0,28	1,37	2,34	943,62	0,00	0,50
Sul	RS - Santa Maria - RS - SD	0,21	2,15	0,84	0,97	3,02	0,77	43978,02	0,00	0,52
Sudeste	Campus USP - SP - CD	0,01	1,62	215,94	0,56	20,02	0,12	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa - Campus UNESP - SP - CD	0,06	3,92	147,36	0,41	13,86	0,29	0,00	0,0001	0,52
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa - Campus UNESP - SP - SD	0,26	4,10	1,58	0,00	3,39	266,05	0,03	0,0001	0,90
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - (M.T.M.G.S) - CD	0,01	0,63	0,38	0,17	2,48	1,88	874,69	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - (M.T.M.G.S) - SD	0,01	1,56	97,40	0,07	2,32	47,10	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - CD	0,00	0,29	1,17	0,08	19,44	0,59	992,18	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - SD	0,02	8,44	0,74	0,03	1,50	23,43	7,75	0,0001	0,40
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - CD	0,56	2,41	0,30	0,01	1,34	1,04	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - SD	0,00	1,43	36,43	0,00	0,83	33,31	0,00	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - CD	0,00	6,23	11,56	0,01	1,15	2,49	982,44	0,0001	0,52
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - SD	0,08	4,87	0,54	0,02	69,28	3,15	8,89	0,0001	0,30
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - CD	0,06	13,79	0,59	0,00	2,19	5,48	230,84	0,0001	0,20
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - SD	0,06	3,10	0,80	0,00	2,27	5,82	86,93	0,0001	0,30
Centro-Oeste	Barragem João Leite - CD	0,01	0,39	0,27	0,17	2,00	1,39	876,16	0,0001	0,52
Centro-Oeste	Barragem João Leite - SD	0,00	0,81	27,45	0,02	2,08	50,77	0,00	0,0001	0,52

### **ANEXO 03 – PREMISSA 02 B: PARÂMETROS DE AJUSTE DA CURVA CARACTERÍSTICA SOLO-ÁGUA**

Parâmetros de Ajuste da Curva Granulométrica - Gitirana Jr. e Fredlund (2004) - Amostras Indeformadas

Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{sat} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{aev\ 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{aev\ 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{res\ 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{aev\ 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{res\ 2}$	$\Psi_5^a$
Sul	Timbé do Sul - SC - Secagem - Bimodal	50,0	40,2	36,9	1,9	0,0	0,64	1,59	5000,00	17998,71	1000000

Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{sat} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{aev\ 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{aev\ 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{res\ 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{aev\ 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{res\ 2}$	$\Psi_5^a$
Sul	Timbé do Sul - SC – Umedecimento - Bimodal	40,0	23,8	23,8	6,6	0,0	0,39	1,64	1000,00	12000,00	1000000
Sul	São José dos Ausentes - RS – Secagem - Bimodal	62,5	51,2	51,2	10,4	0,0	0,63	20,90	10000,02	29999,83	1000000
Sul	São José dos Ausentes - RS – Umedecimento - Bimodal	62,5	34,0	33,8	9,3	0,0	0,92	11,28	6999,97	17998,81	1000000
Sudeste	Nova Friburgo - Condomínio do Lago - RJ – Mista - Unimodal	41,5	0,0	0,0	-	-	3,39	10000,00	-	-	1000000
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ – Mista - Bimodal	49,0	34,4	28,4	0,0	0,0	1,38	9,17	4000,01	20000,00	1000000
Sudeste	São Conrado - Solo Residual Jovem (SRJ) - RJ – Secagem - Bimodal	50,5	27,0	20,8	8,1	0,0	4,98	62,60	906,98	1970,89	1000000
Sudeste	São Conrado - Solo Residual Jovem (SRT = SRM) - RJ - Secagem - Bimodal	50,0	30,8	28,4	7,7	0,0	1,91	10,08	1000,00	12000,03	1000000
Sudeste	Tinguá - SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá - RJ – Mista - Bimodal	55,0	38,5	38,5	4,7	0,0	8,02	23,39	1000,04	6999,96	1000000
Sudeste	Tinguá - SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá - RJ - Umedecimento - Bimodal	54,5	33,7	27,2	7,1	0,0	3,11	105,65	814,66	1127,92	1000000
Sudeste	Tinguá - CT - Colúvio Tingua - RJ – Mista - Bimodal	51,0	41,7	32,3	0,8	0,0	1,61	3,54	4999,94	17998,68	1000000

Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{\text{sat}} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{\text{aev } 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{\text{aev } 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{\text{res } 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{\text{aev } 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{\text{res } 2}$	$\Psi_5^a$
Sudeste	Tinguá - CT - Colúvio Tingua – RJ - Umedecimento - Bimodal	51,0	33,3	33,3	0,0	0,0	1,11	9,13	999,99	12000,00	1000000
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 1 m – Umedecimento - Bimodal	59,5	41,2	41,2	0,3	0,0	0,28	25,50	9999,95	100000,02	1000000
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 2 m – Umedecimento - Bimodal	53,0	37,9	37,9	21,3	0,0	9,91	16,88	5000,33	17998,78	1000000
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 3 m – Umedecimento - Unimodal	44,0	0,0	0,0	-	-	165,81	9999,92	-	-	1000000
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 5 m – Umedecimento - Unimodal	50,0	7,9	0,0	-	-	69,54	2999,83	-	-	1000000
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 6 m – Umedecimento - Unimodal	50,0	8,4	0,0	-	-	51,15	3000,00	-	-	1000000
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 7 m – Umedecimento - Unimodal	49,0	0,0	0,0	-	-	416,51	30000,51	-	-	1000000
Sudeste	Belo Horizonte - SR3 (2,0 a 3,0 m) – MG - Mista - Unimodal	46,0	0,0	0,0	-	-	11,04	4999,99	-	-	1000000
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha – MG - Secagem - Unimodal	43,0	1,9	0,0	-	-	85,01	25000,06	-	-	1000000

Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{\text{sat}} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{\text{aev } 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{\text{aev } 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{\text{res } 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{\text{aev } 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{\text{res } 2}$	$\Psi_5^a$
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG - Umedecimento - Unimodal	43,0	2,5	0,0	-	-	88,05	30000,15	-	-	1000000
Sudeste	Campus USP - SP - Secagem - Bimodal	50,0	17,8	10,9	1,0	0,0	2,19	7,27	4000,01	30000,00	1000000
Sudeste	São Pedro - SP - Secagem - Bimodal	37,0	10,5	5,1	1,0	0,0	4,69	7,09	10000,00	20000,21	1000000
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP - Secagem - Bimodal	40,0	13,1	13,1	1,1	0,0	2,77	6,94	10000,00	20000,21	1000000
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP - Umedecimento - Bimodal	35,0	12,2	10,0	0,0	0,0	2,28	6,55	10000,01	20000,21	1000000
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa - Campus UNESP - SP - Amostra 1 m - Secagem - Bimodal	40,0	7,8	7,8	0,0	0,0	2,18	5,48	10000,00	19999,99	1000000
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa - Campus UNESP - SP - Amostra 1 m - Umedecimento - Bimodal	11,7	5,5	0,9	0,0	0,0	4,10	6,42	10000,00	20000,21	1000000
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa - Campus UNESP - SP - Amostra 3 m - Secagem - Bimodal	41,0	13,4	8,8	1,3	0,0	1,34	8,97	10000,00	20000,31	1000000
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa - Campus UNESP - SP - Amostra 5 m - Secagem - Bimodal	42,0	17,4	8,1	0,0	0,0	3,44	5,80	10000,00	20000,21	1000000



Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{\text{sat}} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{\text{aev } 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{\text{aev } 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{\text{res } 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{\text{aev } 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{\text{res } 2}$	$\Psi_5^a$
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada – RD Residual - SP - Umedecimento - Bimodal	48,7	16,3	16,3	0,1	0,0	2,17	5,48	10000,00	20000,00	1000000
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada – CO Colúvio - SP - Umedecimento - Bimodal	53,0	27,8	24,8	4,0	0,0	3,58	103,72	4990,67	35000,00	1000000
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO – Umedecimento - Bimodal	55,0	23,7	22,6	4,9	0,0	3,07	728,31	4050,58	30005,80	1000000
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO – Secagem - Bimodal	55,0	23,7	23,7	4,6	0,0	3,32	728,31	4050,58	30005,81	1000000
Centro-Oeste	Bonfinópolis - GO (Latossolo) – Umedecimento - Bimodal	54,4	30,6	17,7	0,0	0,0	3,04	5,20	6000,00	20000,00	1000000
Centro-Oeste	Senador Canedo - GO - (Cambissolo) – Umedecimento - Bimodal	31,3	26,4	13,3	0,0	0,0	2,81	15,00	4000,00	30000,00	1000000
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel) – Mista - Unimodal	55,5	1,4	0,0	-	-	25,87	1000,39	-	-	1000000
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Geovane Braga) – Mista - Unimodal	46,8	7,8	0,0	-	-	25,84	5000,01	-	-	1000000
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Cidade Jardim) – Mista - Unimodal	60,5	1,2	0,0	-	-	20,25	2000,00	-	-	1000000

Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{\text{sat}} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{\text{aev } 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{\text{aev } 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{\text{res } 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{\text{aev } 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{\text{res } 2}$	$\Psi_5^a$
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG - GO - Umedecimento - Bimodal	63,0	22,8	13,1	1,4	0,0	0,41	2,45	5000,00	10000,00	1000000
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (3,15m) - Umedecimento - Bimodal	42,3	28,4	22,7	4,6	0,0	2,91	18,40	6000,01	13000,00	1000000
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (4,15m) - Umedecimento - Bimodal	36,8	26,4	26,4	7,3	0,0	10,21	140,53	9938,01	13000,00	1000000
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (1m) - Umedecimento - Bimodal	63,0	26,0	13,8	5,0	0,0	0,83	12,01	8000,00	12000,00	1000000
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (2m) - Umedecimento - Bimodal	60,6	28,5	17,9	6,7	0,0	3,90	7,07	6000,01	15000,00	1000000
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (3m) - Umedecimento - Bimodal	63,9	33,7	17,0	5,1	0,0	3,51	6,45	6000,00	13000,00	1000000
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m) - Mista - Bimodal	51,0	27,0	15,8	8,1	0,0	2,71	8,18	4000,01	8000,00	1000000
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m) - Umedecimento - Bimodal	51,0	24,6	15,5	3,8	0,0	2,71	12,20	4000,01	15000,00	1000000
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m) - Secagem - Bimodal	51,0	28,3	14,7	0,0	0,0	2,89	9,39	4000,01	25000,00	1000000

Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{\text{sat}} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{\text{aev } 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{\text{aev } 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{\text{res } 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{\text{aev } 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{\text{res } 2}$	$\Psi_5^a$
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (2 a 2,4m) - Mista - Unimodal	52,7	0,0	0,0	-	-	0,30	10000,00	-	-	1000000
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (2 a 2,4m) - Umedecimento - Unimodal	52,7	14,7	0,0	-	-	0,63	266,14	-	-	1000000
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (2 a 2,4m) - Secagem - Bimodal	52,7	39,3	36,5	0,0	0,0	1,00	6,00	28,00	5000,00	1000000
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (4,6 a 4,9m) - Mista - Unimodal	46,0	10,9	0,0	-	-	32,17	3000,08	-	-	1000000
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (4,6 a 4,9m) - Umedecimento - Unimodal	46,0	6,1	0,0	-	-	1,64	1000,00	-	-	1000000
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (4,6 a 4,9m) - Secagem - Unimodal	46,0	6,0	0,0	-	-	1,50	7000,00	-	-	1000000
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG – Secagem - Bimodal	48,4	32,2	32,2	4,8	0,0	4,12	14,62	10000,14	35000,00	1000000
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) – Mista - Bimodal	61,0	24,1	19,3	2,7	0,0	1,07	13,69	5000,00	30000,00	1000000
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (4m) – Mista - Bimodal	55,0	34,5	26,6	1,5	0,0	3,00	9,71	4000,01	32000,00	1000000

Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{sat} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{aev\ 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{aev\ 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{res\ 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{aev\ 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{res\ 2}$	$\Psi_5^a$
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) – Mista - Bimodal	58,0	20,8	19,1	0,6	0,0	1,31	15,01	9000,00	25000,00	1000000
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (6m) – Mista - Bimodal	54,0	37,0	24,4	1,6	0,0	3,77	9,58	5999,98	17999,99	1000000
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (8m) – Mista - Bimodal	51,1	30,5	25,5	1,9	0,0	0,26	30,00	4000,01	13000,00	1000000
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) – Mista - Unimodal	52,1	9,5	2,0	-	-	177,54	596,39	-	-	1000000
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (10m) – Mista - Unimodal	48,5	40,7	31,9	16,3	0,0	2,37	7,98	476,93	686,23	1000000
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) – Mista - Unimodal	52,4	5,6	0,0	-	-	72,81	1652,24	-	-	1000000

Parâmetros de Ajuste da Curva Granulométrica - Gitirana Jr. e Fredlund (2004) - Amostras Compactadas

Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{sat} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{aev\ 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{aev\ 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{res\ 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{aev\ 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{res\ 2}$	$\Psi_5^a$
Sul	SC (Florianópolis – Bairro Itacorubi) – Ramo Seco – Umedecimento - Bimodal	51,2	43,6	43,6	5,0	0,0	10,32	18,38	802,17	30000,08	1000000

Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{\text{sat}} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{\text{aev } 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{\text{aev } 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{\text{res } 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{\text{aev } 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{\text{res } 2}$	$\Psi_5^a$
Sul	SC (Florianópolis – Bairro Itacorubi) – w ótima – Umedecimento - Bimodal	49,6	45,0	45,0	5,4	0,0	10,32	18,38	802,17	30000,08	1000000
Sul	SC (Florianópolis – Bairro Itacorubi) – w ótima – Umedecimento – Bimodal	50,4	44,5	44,5	4,5	0,0	10,32	18,38	802,17	30000,08	1000000
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) – Granito – Ramo Seco – Umedecimento – Unimodal	39,5	6,5	0,0	-	-	2367,69	15070,38	-	-	1000000
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) – Granito – w ótima – Umedecimento – Unimodal	35,5	3,0	0,0	-	-	3465,08	15150,77	-	-	1000000
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) – Granito – Ramo Seco – Umedecimento – Unimodal	41,0	0,0	0,0	-	-	3465,08	15150,77	-	-	1000000
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio – Ramo Seco – Umedecimento – Bimodal	50,5	24,2	24,2	4,1	0,0	15,28	774,73	9999,38	40000,00	1000000

Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{\text{sat}} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{\text{aev} 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{\text{aev} 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{\text{res} 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{\text{aev} 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{\text{res} 2}$	$\Psi_5^a$
Sul	SC (Florianópolis – Ilha de SC) – Diabásio – w ótima – Umedecimento – Bimodal	48,3	25,9	25,9	4,9	0,0	28,87	773,70	9999,54	40000,04	1000000
Sul	SC (Florianópolis – Ilha de SC) – Diabásio – Ramo Úmido – Umedecimento – Bimodal	48,7	28,6	28,6	4,5	0,0	166,80	769,87	9998,65	39999,75	1000000
Sul	RS - Coronel Barros – Mista - Bimodal	48,5	40,9	38,9	10,2	0,0	2,23	15,82	9999,99	29999,93	1000000
Sul	RS - Pelotas – Mista - Bimodal	34,6	20,9	20,9	6,7	0,0	10,15	105,09	10000,66	30000,13	1000000
Sul	RS - Santa Maria - TR – Mista - Bimodal	31,0	26,4	26,4	0,0	0,0	5,76	17,27	9999,99	29999,92	1000000
Sul	RS - Santa Maria - RS – Mista - Bimodal	36,7	30,9	26,7	0,3	0,0	2,40	9,69	9999,99	50000,00	1000000
Sudeste	(SP) - Campus USP – Secagem - Bimodal	35,0	24,0	14,0	2,2	0,0	3,48	6,03	4000,01	20000,00	1000000
Sudeste	(SP) - Bauru – (Vargem Limpa – Campus UNESP) – Secagem – Bimodal	28,0	12,3	7,8	0,6	0,0	5,57	7,44	4000,01	20000,03	1000000
Sudeste	(SP) - Bauru – (Vargem Limpa – Campus UNESP) – Umedecimento – Bimodal	23,0	11,9	6,9	0,1	0,0	4,35	7,26	4000,01	30000,06	1000000

Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{sat} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{aev\ 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{aev\ 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{res\ 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{aev\ 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{res\ 2}$	$\Psi_5^a$
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB – e1 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S) - Mista - Bimodal	44,0	32,7	23,4	3,7	0,0	2,91	7,27	4000,15	20000,00	1000000
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB – e2 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S) - Mista - Bimodal	49,5	30,1	22,3	6,1	0,0	2,26	13,64	4000,01	10000,00	1000000
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB – e3 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S) - Mista - Bimodal	54,0	30,3	17,6	6,4	0,0	2,18	4,72	4000,00	9000,00	1000000
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB - (2m) - (C.R.B) – Mista - Bimodal	54,5	25,3	13,2	0,0	0,0	0,45	11,77	4000,00	30000,00	1000000
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB - (2m) – PN - (J.F.B.L) – Mista - Bimodal	42,0	38,0	28,0	3,0	0,0	35,00	50,00	8000,00	20000,00	1000000
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB - (2m) – PI - (J.F.B.L) – Mista - Bimodal	40,0	34,0	28,0	3,0	0,0	40,00	80,00	10000,00	30000,00	1000000

Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{sat} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{aev\ 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{aev\ 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{res\ 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{aev\ 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{res\ 2}$	$\Psi_5^a$
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB - (2m) – PM - (J.F.B.L) – Mista - Unimodal	36,0	7,2	0,0	-	-	7000,00	30000,00	-	-	1000000
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB - (5m) – PN- (J.F.B.L) – Mista - Bimodal	44,0	34,8	28,9	0,0	0,0	5,00	10,00	5000,00	32000,00	1000000
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB - (5m) – PI - (J.F.B.L) - Bimodal	40,0	33,5	30,0	1,0	0,0	60,00	140,00	10000,00	20000,00	1000000
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB - (5m) – PM - (J.F.B.L) - Mista - Unimodal	38,0	12,0	0,0	-	-	6659,65	19921,97	-	-	1000000
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB - (9m) – PN - (J.F.B.L) - Mista - Unimodal	47,0	2,1	0,0	-	-	137,96	4000,10	-	-	1000000
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB - (9m) – PI - (J.F.B.L) - Mista - Unimodal	43,0	1,2	0,0	-	-	207,09	7999,29	-	-	1000000
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB - (9m) – PM - (J.F.B.L) - Mista - Unimodal	42,0	3,4	0,0	-	-	542,12	7996,52	-	-	1000000



Região	Local / CCSA	$\theta_1^a = \theta_{sat} = n$	$\theta_2^a = \theta_1$	$\theta_3^a = \theta_{aev\ 2}$	$\theta_4^a = \theta_2$	$\theta_5^a = 0$	$\Psi_1^a = \Psi_{aev\ 1}$	$\Psi_2^a = \Psi_{res\ 1}$	$\Psi_3^a = \Psi_{aev\ 2}$	$\Psi_4^a = \Psi_{res\ 2}$	$\Psi_5^a$
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB - (12m) – PN - (J.F.B.L) - Mista - Unimodal	46,0	1,8	0,0	-	-	230,04	1505,10	-	-	
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB - (12m) – PI - (J.F.B.L) - Mista - Unimodal	44,0	2,5	2,0	-	-	277,30	1296,79	-	-	
Centro-Oeste	DF – Campus Experimental UnB - (12m) – PM - (J.F.B.L) - Mista - Unimodal	43,0	0,6	0,0	-	-	258,82	4999,32	-	-	
Centro-Oeste	Barragem João Leite – Proctor Normal - (M.A.A.L) – Secagem - Bimodal	42,7	28,5	27,0	0,1	0,0	200,00	1000,00	6000,0	30000,0	1000000

#### **ANEXO 04 – PREMISSA 04: RESUMO DA GRANULOMETRIA (LIMITES USDA)**

##### Amostras Indeformadas

Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
Sul	Timbé do Sul - SC – Com Defloculante	0,0	32,8	14,4	52,8	-	-	0,006	-	-
Sul	Timbé do Sul - SC – Sem Defloculante	0,0	91,0	7,0	2,0	0,0759	0,1254	0,1879	2,47	0,26
Sul	São José dos Ausentes - RS – Com Defloculante	0,0	13,3	36,0	50,7	-	-	0,0039	-	-
Sul	São José dos Ausentes - RS – Sem Defloculante	0,0	61,5	35,9	2,6	0,0215	0,0296	0,0742	3,45	0,01
Sudeste	Nova Friburgo - Condomínio do Lago - RJ - CD	1,5	61,8	30,3	6,4	0,0037	0,0244	0,4004	107,66	0,01

Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
Sudeste	Nova Friburgo - Condomínio do Lago – RJ - SD	1,5	69,5	29,1	0,0	0,0336	0,0538	0,4046	12,05	0,05
Sudeste	Campus II Puc Rio – RJ - CD	1,9	30,7	7,8	59,6	-	-	0,0026	-	-
Sudeste	Campus II Puc Rio – RJ - SD	1,9	54,9	43,2	0,0	0,0091	0,0242	0,1108	12,22	0,01
Sudeste	São Conrado - Solo Residual Jovem (SRJ) – RJ - CD	13,6	61,5	22,0	2,8	0,0120	0,0685	0,4909	40,75	0,08
Sudeste	São Conrado - Solo Residual Jovem (SRT = SRM) – RJ - CD	8,5	59,8	13,4	18,3	-	0,0405	0,8110	-	0,03
Sudeste	Tinguá - SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá – RJ - CD	0,1	64,0	29,0	6,9	0,0037	0,0243	0,1904	51,52	0,01
Sudeste	Tinguá - SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá – RJ - SD	0,1	66,3	33,7	0,0	0,0304	0,0372	0,1832	6,03	0,02
Sudeste	Tinguá - CT - Colúvio Tinguá – RJ - CD	3,0	46,7	9,3	41,0	-	-	0,2287	-	-
Sudeste	Tinguá - CT - Colúvio Tinguá – RJ - SD	3,0	82,7	14,3	0,0	0,0394	0,1195	0,3534	8,98	0,24
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 1 m - CD	0,2	46,2	7,5	46,0	-	-	0,0694	-	-
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 1 m - SD	0,2	75,1	24,7	0,0	-	0,0672	0,1472	-	0,08
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 2 m - CD	0,2	36,9	27,5	35,4	-	0,0015	0,0292	-	0,00
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 2 m - SD	0,2	43,3	56,4	0,0	0,0095	0,0106	0,0641	6,76	0,00
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 3 m - CD	0,1	40,6	43,6	15,7	-	0,0050	0,0646	-	0,00
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 3 m - SD	0,1	52,7	47,2	0,0	0,0228	0,0275	0,0894	3,92	0,01
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 5 m - CD	1,7	37,4	52,2	8,7	0,0029	0,0092	0,0430	15,08	0,00
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 5 m - SD	1,7	48,1	50,2	0,0	0,0245	0,0284	0,0760	3,10	0,01
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 6 m - CD	3,5	41,6	54,9	0,0	0,0058	0,0146	0,0660	11,32	0,00

Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 6 m - SD	3,5	49,5	47,0	0,0	-	0,0394	0,0720	-	0,03
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 7 m - CD	0,7	47,9	43,5	7,9	0,0030	0,0102	0,1012	33,77	0,00
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 7 m - SD	0,7	58,0	41,3	0,0	0,0270	0,0364	0,1012	3,75	0,02
Sudeste	Belo Horizonte – MG SR3 (2,0 a 3,0 m) - CD	0,0	9,1	71,7	19,2	-	0,0033	0,0077	-	0,00
Sudeste	Campus UFMG – Pampulha - MG - CD	0,0	53,4	33,0	13,7	-	0,0097	0,1579	-	0,00
Sudeste	Campus UFMG – Pampulha - MG - SD	0,0	59,2	40,5	0,3	0,0100	0,0141	0,1564	15,65	0,00
Sudeste	Campus USP – SP - CD	0,0	68,8	3,7	27,5	-	0,0397	0,2612	-	0,03
Sudeste	São Pedro – SP - CD	0,0	83,7	2,9	13,4	-	0,1458	0,2821	-	0,35
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) – SP - CD	0,0	84,7	3,8	11,4	-	0,1286	0,2193	-	0,28
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa – Campus UNESP - SP - CD	0,0	82,8	2,9	14,3	-	0,1437	0,2238	-	0,34
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa – Campus UNESP - SP - SD	0,0	86,3	13,7	0,0	0,0144	0,1529	0,2335	16,20	0,39
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada – RD Residual - SP - CD	11,7	57,9	11,0	19,4	-	0,0466	0,5133	-	0,04
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada – RD Residual - SP - SD	14,4	66,3	17,6	1,6	0,0057	0,1502	0,6830	119,96	0,38
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada – CO Colúvio - SP - CD	4,8	41,2	10,4	43,5	-	-	0,0725	-	-
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada – CO Colúvio - SP - SD	6,2	61,2	10,5	22,0	-	0,0329	0,2493	-	0,02
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE – GO - CD	3,0	30,2	20,7	46,1	-	-	0,0162	-	-
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE – GO - SD	3,0	32,3	64,6	0,0	-	0,0058	0,0284	-	0,00
Centro-Oeste	Bonfinópolis – GO (Latosolo) - CD	1,4	41,7	12,8	44,1	-	-	0,0744	-	-

Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
Centro-Oeste	Bonfinópolis – GO (Latossolo) - SD	1,4	63,4	35,2	0,0	-	0,0286	0,0744	-	0,01
Centro-Oeste	Senador Canedo – GO - (Cambissolo) - CD	22,5	42,0	16,8	18,7	-	0,0205	0,2100	-	0,01
Centro-Oeste	Senador Canedo – GO - (Cambissolo) - SD	22,5	37,2	40,2	0,0	0,0047	0,0154	0,1969	41,66	0,00
Centro-Oeste	Anápolis - Go – (Voçoroca Túnel) - CD	0,5	19,1	41,5	38,9	-	-	0,0100	-	-
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel) - SD	1,1	63,1	34,7	1,1	0,0409	0,0441	0,1145	2,80	0,03
Centro-Oeste	Anápolis - Go – (Voçoroca Geovane Braga) - CD	9,4	33,1	38,6	18,9	-	0,0040	0,0847	-	0,00
Centro-Oeste	Anápolis - Go – (Voçoroca Geovane Braga) - SD	10,2	63,0	20,6	6,2	0,0088	0,0701	0,4985	56,80	0,08
Centro-Oeste	Anápolis - Go – (Voçoroca Cidade Jardim) - CD	4,6	20,0	60,8	14,6	0,0015	0,0040	0,0191	12,71	0,00
Centro-Oeste	Anápolis - Go – (Voçoroca Cidade Jardim) - SD	4,8	47,2	47,7	0,3	0,0295	0,0391	0,1065	3,61	0,03
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG – GO - CD	0,5	41,7	11,9	46,0	-	-	0,0694	-	-
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG – GO - SD	0,0	53,7	46,2	0,0	-	0,0086	0,0732	-	0,00
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite – GO - (3,15m) - CD	0,9	38,4	60,8	0,0	-	-	0,0485	-	-
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite – GO - (3,15m) - SD	0,9	69,8	29,3	0,0	-	0,0526	0,0949	-	0,05
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite – GO - (4,15m) - CD	0,9	45,5	53,7	0,0	-	0,0029	0,0668	-	0,00
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite – GO - (4,15m) - SD	0,9	66,2	32,9	0,0	-	0,0427	0,0967	-	0,03
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico – GO - (1m) - CD	0,5	40,6	10,2	48,7	-	-	0,0634	-	-
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico – GO - (1m) - SD	0,5	48,9	50,6	0,0	-	0,0067	0,0705	-	0,00
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico – GO - (2m) - CD	0,5	44,9	8,7	45,8	-	-	0,0693	-	-

Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico – GO - (2m) - SD	0,5	49,6	49,9	0,0	-	0,0089	0,0705	-	0,00
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico – GO - (3m) - CD	1,7	41,7	8,0	48,6	-	-	0,0648	-	-
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico – GO - (3m) - SD	1,7	35,9	62,4	0,0	-	0,0069	0,0458	-	0,00
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (1 a 1,5m) - CD	17,6	36,6	22,7	23,1	-	0,0061	0,0891	-	0,00
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (1 a 1,5m) - SD	17,6	26,0	56,3	0,0	0,0061	0,0077	0,0835	13,77	0,00
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (2 a 2,4m) - CD	8,3	60,4	23,8	7,5	0,0033	0,0456	0,0727	22,28	0,03
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (2 a 2,4m) - SD	8,3	52,4	39,4	0,0	-	0,0304	0,0722	-	0,02
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (4,6 a 4,9m) - CD	10,8	44,1	38,0	7,1	0,0030	0,0192	0,0816	26,78	0,01
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (4,6 a 4,9m) - SD	10,8	37,1	52,0	0,0	-	0,0249	0,0978	-	0,01
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG - CD	1,1	50,3	13,9	34,7	-	-	0,1059	-	-
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG - SD	5,3	83,3	9,9	1,5	0,0456	0,1630	0,3713	8,14	0,44
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (2m) - CD	3,5	38,9	26,0	31,6	-	0,0017	0,0561	-	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (2m) - SD	3,5	55,0	35,0	6,5	0,0099	0,0154	0,1134	11,41	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (4m) - CD	2,5	34,8	18,7	43,9	-	-	0,0260	-	-
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (4m) - SD	2,5	45,9	30,8	20,8	-	0,0043	0,0668	-	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (5m) - CD	2,4	19,0	32,3	46,3	-	-	0,0062	-	-
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (5m) - SD	2,4	34,3	49,8	13,6	0,0017	0,0038	0,0274	16,57	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (6m) - CD	8,7	26,9	18,1	46,2	-	-	0,0237	-	-
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (6m) - SD	8,7	44,7	40,7	5,9	0,0097	0,0136	0,0704	7,29	0,00

Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (8m) - CD	3,7	13,9	71,1	11,4	0,0018	0,0034	0,0057	3,15	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (8m) - SD	3,7	28,9	60,5	7,0	0,0046	0,0135	0,0254	5,55	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (9m) - CD	1,7	8,2	83,2	6,9	0,0029	0,0037	0,0059	2,03	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (9m) - SD	1,7	9,0	82,1	7,1	0,0164	0,0188	0,0219	1,34	0,01
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (10m) - CD	0,2	8,0	87,2	4,7	0,0029	0,0037	0,0050	1,70	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (10m) - SD	0,2	8,7	78,1	13,0	0,0017	0,0033	0,0057	3,33	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (12m) - CD	0,0	12,0	79,3	8,6	0,0021	0,0037	0,0064	3,00	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (12m) - SD	0,0	12,1	81,2	6,6	0,0024	0,0037	0,0074	3,12	0,00

#### Amostras Compactadas

Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
Sul	SC (Florianópolis – Bairro Itacorubi) - CD	2,4	42,0	28,1	27,4	-	0,0027	0,0670	-	0,00
Sul	SC (Florianópolis – Ilha de SC) - Granito - CD	0,5	42,2	11,8	45,5	-	-	0,0899	-	-
Sul	SC (Florianópolis – Ilha de SC) - Diabásio - CD	0,0	49,8	29,7	20,4	-	0,0068	0,0865	-	0,00
Sul	RS - Coronel Barros – CD	0,0	15,8	16,4	67,8	-	-	-	-	-
Sul	RS - Coronel Barros – SD	0,0	58,3	31,2	10,5	-	0,0092	0,2101	-	0,00
Sul	RS - Pelotas - CD	0,5	53,3	14,3	31,9	-	-	0,0742	-	-
Sul	RS - Pelotas - SD	0,5	37,0	43,4	19,1	-	0,0035	0,0347	-	0,00
Sul	RS - Santa Maria – TR - CD	0,0	58,9	11,2	29,9	-	0,0021	0,1952	-	0,00

Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
Sul	RS - Santa Maria – TR - SD	0,0	71,1	16,3	12,5	-	0,0558	0,2926	-	0,05
Sul	RS - Santa Maria – RS - CD	2,0	46,1	13,9	38,0	-	-	0,0943	-	-
Sul	RS - Santa Maria – RS - SD	2,0	71,2	17,3	9,5	0,0026	0,0858	0,2886	111,62	0,12
Sudeste	Campus USP – SP - CD	0,0	68,8	3,7	27,5	-	0,0397	0,2612	-	0,03
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa – Campus UNESP - SP - CD	0,0	82,8	2,9	14,3	-	0,1437	0,2238	-	0,34
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa – Campus UNESP - SP - SD	0,0	86,3	13,7	0,0	0,0144	0,1529	0,2335	16,20	0,39
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (2m) - (M.T.M.G.S) - CD	0,0	47,4	20,6	32,1	-	-	0,0822	-	-
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (2m) - (M.T.M.G.S) - SD	0,1	89,1	10,9	0,0	0,0486	0,1143	0,2321	4,77	0,22
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (2m) - CD	3,5	38,9	26,0	31,6	-	0,0017	0,0561	-	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (2m) - SD	3,5	55,0	35,0	6,5	0,0099	0,0154	0,1134	11,41	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (5m) - CD	2,4	19,0	32,3	46,3	-	-	0,0062	-	-
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (5m) - SD	2,4	34,3	49,8	13,6	0,0017	0,0038	0,0274	16,57	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (9m) - CD	1,7	8,2	83,2	6,9	0,0029	0,0037	0,0059	2,03	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (9m) - SD	1,7	9,0	82,1	7,1	0,0164	0,0188	0,0219	1,34	0,01
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (12m) - CD	0,0	12,0	79,3	8,6	0,0021	0,0037	0,0064	3,00	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - SD	0,0	12,1	81,2	6,6	0,0024	0,0037	0,0074	3,12	0,00
Centro-Oeste	Barragem João Leite - CD	0,6	39,6	59,8	0,0	-	-	0,0515	-	-
Centro-Oeste	Barragem João Leite - SD	0,8	70,5	28,8	0,0	-	0,0534	0,0992	-	0,05

## **ANEXO 05 – PREMISSA 05: RESUMO DA GRANULOMETRIA DOS DADOS INTERPOLADOS (LIMITES USDA)**

### Amostras Indeformadas

<b>Região</b>	<b>Local / Granulometria</b>	<b>% Pedregulho</b>	<b>% Areia</b>	<b>% Silte</b>	<b>% Argila</b>	<b>D<sub>10</sub> (mm)</b>	<b>D<sub>30</sub> (mm)</b>	<b>D<sub>60</sub> (mm)</b>	<b>Cu</b>	<b>Cc</b>
Sul	Timbé do Sul - SC – Com Defloculante	0,0	32,2	14,5	53,3	0,0001	0,0003	0,0058	41,89	0,00
Sul	Timbé do Sul - SC – Sem Defloculante	0,0	88,3	10,9	0,0	0,0447	0,0934	0,1645	3,68	0,15
Sul	São José dos Ausentes – RS - Com Defloculante	0,4	13,6	34,3	51,7	0,0002	0,0005	0,0036	21,07	0,00
Sul	São José dos Ausentes – RS - Sem Defloculante	1,7	54,4	43,9	0,0	0,0189	0,0317	0,0995	5,27	0,02
Sudeste	Nova Friburgo - Condomínio do Lago - RJ - CD	2,8	60,1	30,4	6,6	0,0035	0,0261	0,4106	117,44	0,01
Sudeste	Nova Friburgo - Condomínio do Lago – RJ - SD	4,1	69,1	26,8	0,0	0,0293	0,0559	0,4131	14,12	0,05
Sudeste	Campus II Puc Rio – RJ - CD	1,5	30,0	9,0	58,4	0,0001	0,0003	0,0026	20,38	0,00
Sudeste	Campus II Puc Rio – RJ - SD	1,3	54,9	43,8	0,0	0,0090	0,0224	0,1003	11,16	0,01
Sudeste	São Conrado - Solo Residual Jovem (SRJ) – RJ - CD	12,6	62,3	21,6	3,5	0,0133	0,0676	0,5307	39,83	0,08
Sudeste	São Conrado - Solo Residual Jovem (SRT = SRM) - RJ - CD	4,3	64,9	12,7	18,0	0,0004	0,0440	0,8250	2269,18	0,03
Sudeste	Tinguá - SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá – RJ - CD	0,8	63,0	29,8	6,4	0,0038	0,0279	0,1848	48,94	0,01
Sudeste	Tinguá - SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá – RJ - SD	0,1	66,5	33,4	0,0	0,0261	0,0450	0,1799	6,91	0,03
Sudeste	Tinguá - CT - Colúvio Tinguá – RJ - CD	3,3	44,8	10,4	41,3	0,0002	0,0005	0,2818	1837,97	0,00
Sudeste	Tinguá - CT - Colúvio Tinguá – RJ - SD	4,1	81,9	13,2	0,8	0,0401	0,1008	0,3508	8,75	0,17
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 1 m - CD	0,1	44,0	10,4	45,5	0,0001	0,0004	0,0761	535,03	0,00



Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 1 m - SD	0,3	74,4	15,7	9,6	0,0032	0,0583	0,1403	43,82	0,06
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 2 m - CD	0,0	37,5	27,5	35,0	0,0003	0,0014	0,0327	129,08	0,00
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 2 m - SD	0,6	44,9	54,5	0,0	0,0093	0,0107	0,0704	7,57	0,00
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 3 m - CD	0,0	40,3	44,6	15,0	0,0011	0,0054	0,0528	49,04	0,00
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 3 m - SD	0,2	49,2	50,6	0,0	0,0221	0,0283	0,0987	4,47	0,01
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 5 m - CD	0,0	39,8	52,7	7,4	0,0029	0,0088	0,0492	17,17	0,00
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 5 m - SD	0,2	46,2	53,6	0,0	0,0242	0,0286	0,0824	3,40	0,01
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 6 m - CD	0,7	44,0	53,0	2,3	0,0056	0,0132	0,0621	11,01	0,00
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 6 m - SD	2,1	53,6	44,0	0,0	0,0233	0,0379	0,0708	3,04	0,02
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 7 m - CD	0,1	48,5	44,1	7,3	0,0027	0,0099	0,1019	38,31	0,00
Sudeste	Ouro Preto - MG – Amostra 7 m - SD	0,4	55,8	43,8	0,0	0,0267	0,0352	0,1086	4,07	0,02
Sudeste	Belo Horizonte - SR3 (2,0 a 3,0 m) - MG - CD	0,0	9,5	71,2	19,3	0,0005	0,0032	0,0084	15,65	0,00
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha – MG - CD	1,2	50,7	33,9	14,1	0,0012	0,0092	0,1583	135,91	0,00
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha – MG - SD	2,3	52,4	45,3	0,0	0,0088	0,0171	0,1683	19,09	0,00
Sudeste	Campus USP – SP - CD	1,2	67,9	2,9	27,9	0,0001	0,0263	0,2457	2223,38	0,01
Sudeste	São Pedro – SP - CD	0,0	82,1	5,3	12,6	0,0001	0,1493	0,2787	1909,41	0,37
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) – SP - CD	0,1	84,1	4,7	11,1	0,0003	0,1320	0,2179	630,10	0,29
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa – Campus UNESP - SP - CD	0,0	81,9	4,3	13,9	0,0001	0,1474	0,2195	1586,77	0,36

Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa – Campus UNESP - SP - SD	0,0	85,6	13,6	0,8	0,0106	0,1442	0,2306	21,78	0,35
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada – RD Residual - SP - CD	11,5	58,5	10,8	19,0	0,0001	0,0511	0,5159	4208,06	0,04
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada – RD Residual - SP - SD	15,1	65,2	17,1	2,4	0,0058	0,1500	0,6192	106,61	0,37
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada – CO Colúvio - SP - CD	2,9	39,8	15,2	42,2	0,0001	0,0003	0,0680	530,19	0,00
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada – CO Colúvio - SP - SD	3,0	62,8	12,9	21,3	0,0002	0,0278	0,2524	1379,86	0,01
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE – GO - CD	0,4	32,8	20,1	46,7	0,0001	0,0004	0,0163	109,07	0,00
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE – GO - SD	0,8	34,9	58,6	5,8	0,0032	0,0054	0,0288	9,15	0,00
Centro-Oeste	Bonfinópolis – GO (Latosolo) - CD	0,8	40,1	14,1	44,7	0,0001	0,0004	0,0582	412,47	0,00
Centro-Oeste	Bonfinópolis – GO (Latosolo) - SD	1,8	56,3	41,9	0,0	0,0113	0,0283	0,1005	8,91	0,01
Centro-Oeste	Senador Canedo – GO - (Cambissolo) - CD	14,8	47,2	16,3	19,8	0,0003	0,0274	0,2856	967,13	0,01
Centro-Oeste	Senador Canedo – GO - (Cambissolo) - SD	13,8	42,6	38,8	3,0	0,0040	0,0167	0,2374	59,19	0,00
Centro-Oeste	Anápolis – Go - (Voçoroca Túnel) - CD	0,3	19,2	41,5	39,0	0,0002	0,0008	0,0100	58,43	0,00
Centro-Oeste	Anápolis – Go - (Voçoroca Túnel) - SD	1,3	60,1	38,6	0,0	0,0369	0,0450	0,1174	3,18	0,03
Centro-Oeste	Anápolis - Go – (Voçoroca Geovane Braga) - CD	6,9	35,2	38,9	19,0	0,0007	0,0040	0,0778	110,60	0,00
Centro-Oeste	Anápolis - Go – (Voçoroca Geovane Braga) - SD	8,7	64,3	21,6	4,9	0,0083	0,0663	0,5189	62,23	0,07
Centro-Oeste	Anápolis - Go – (Voçoroca Cidade Jardim) - CD	2,9	21,0	60,8	14,9	0,0015	0,0041	0,0174	11,58	0,00
Centro-Oeste	Anápolis - Go – (Voçoroca Cidade Jardim) - SD	4,2	48,5	47,3	0,0	0,0298	0,0369	0,1085	3,64	0,02
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG – GO - CD	0,2	38,8	13,5	47,1	0,0001	0,0004	0,0464	332,63	0,00

Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG – GO - SD	0,9	50,9	36,1	12,0	0,0017	0,0088	0,0775	46,37	0,00
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite – GO - (3,15m) - CD	0,6	38,2	23,9	37,2	0,0002	0,0009	0,0452	248,48	0,00
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite – GO - (3,15m) - SD	1,6	67,9	30,4	0,0	0,0172	0,0494	0,0966	5,62	0,04
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite – GO - (4,15m) - CD	1,3	44,6	27,5	26,4	0,0003	0,0031	0,0647	192,39	0,00
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite – GO - (4,15m) - SD	1,7	64,2	33,6	0,3	0,0108	0,0427	0,0994	9,21	0,03
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico – GO - (1m) - CD	0,0	38,3	12,4	48,9	0,0001	0,0003	0,0428	335,69	0,00
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico – GO - (1m) - SD	0,3	47,9	51,8	0,0	0,0049	0,0079	0,0714	14,56	0,00
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico – GO - (2m) - CD	0,3	43,9	9,2	46,7	0,0001	0,0003	0,0650	471,25	0,00
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico – GO - (2m) - SD	0,2	47,4	52,3	0,0	0,0052	0,0099	0,0725	13,83	0,00
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico – GO - (3m) - CD	0,4	41,7	10,1	47,8	0,0001	0,0003	0,0592	441,00	0,00
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico – GO - (3m) - SD	1,2	36,6	62,3	0,0	0,0053	0,0067	0,0436	8,19	0,00
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (1 a 1,5m) - CD	8,7	40,4	23,3	25,2	0,0001	0,0071	0,0931	822,18	0,00
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (1 a 1,5m) - SD	9,0	32,7	57,0	0,0	0,0060	0,0074	0,0731	12,22	0,00
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (2 a 2,4m) - CD	3,9	65,5	21,6	8,2	0,0028	0,0512	0,0720	25,35	0,04
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (2 a 2,4m) - SD	4,4	57,5	30,4	6,7	0,0036	0,0300	0,0728	20,29	0,02
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (4,6 a 4,9m) - CD	5,8	46,6	36,9	9,0	0,0024	0,0196	0,0865	36,05	0,01
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas – GO - (4,6 a 4,9m) - SD	6,1	40,2	53,2	0,0	0,0160	0,0242	0,0742	4,64	0,01
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG - CD	1,0	50,2	14,1	34,7	0,0001	0,0002	0,1129	1048,35	0,00
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG - SD	4,9	83,7	9,7	1,4	0,0457	0,1483	0,3596	7,87	0,37

Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (2m) - CD	1,9	40,3	25,3	31,4	0,0002	0,0017	0,0561	256,15	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (2m) - SD	0,9	56,7	38,2	4,2	0,0077	0,0153	0,1079	13,99	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (4m) - CD	0,4	32,8	23,9	42,8	0,0001	0,0004	0,0260	178,41	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (4m) - SD	1,1	44,7	32,5	21,7	0,0006	0,0046	0,0621	99,09	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (5m) - CD	0,3	21,9	31,0	46,8	0,0001	0,0002	0,0057	52,08	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (5m) - SD	2,6	32,2	49,9	15,1	0,0016	0,0036	0,0354	21,78	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (6m) - CD	4,2	28,1	21,7	45,7	0,0001	0,0001	0,0212	197,03	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (6m) - SD	2,9	44,4	50,2	2,3	0,0065	0,0161	0,0776	12,00	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (8m) - CD	1,8	13,4	72,5	12,0	0,0014	0,0033	0,0054	3,74	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (8m) - SD	2,1	22,4	70,5	4,7	0,0041	0,0122	0,0276	6,76	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (9m) - CD	0,2	6,9	85,3	7,6	0,0026	0,0038	0,0056	2,17	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (9m) - SD	0,0	11,4	83,0	5,6	0,0163	0,0198	0,0203	1,25	0,01
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (10m) - CD	0,5	5,7	90,2	3,6	0,0028	0,0037	0,0048	1,75	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (10m) - SD	0,7	7,4	80,4	11,5	0,0018	0,0032	0,0056	3,02	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (12m) - CD	0,0	11,3	80,5	8,2	0,0022	0,0035	0,0070	3,22	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (12m) - SD	0,0	9,2	82,0	8,9	0,0021	0,0036	0,0074	3,53	0,00

## Amostras Compactadas

Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
Sul	SC (Florianópolis – Bairro Itacorubi) - CD	1,5	42,0	27,2	29,1	0,0003	0,0022	0,0666	258,63	0,00
Sul	SC (Florianópolis – Ilha de SC) - Granito - CD	4,4	36,4	14,2	44,8	0,0002	0,0005	0,0677	434,82	0,00
Sul	SC (Florianópolis – Ilha de SC) - Diabásio - CD	1,4	47,2	29,9	21,5	0,0003	0,0080	0,0786	255,14	0,00
Sul	RS - Coronel Barros - CD	0,5	15,1	15,4	68,9	0,0001	0,0002	0,0008	6,75	0,00
Sul	RS - Coronel Barros - SD	2,3	54,9	34,1	8,7	0,0024	0,0149	0,2162	88,28	0,00
Sul	RS - Pelotas - CD	0,7	50,3	16,9	32,1	0,0002	0,0014	0,0865	488,20	0,00
Sul	RS - Pelotas - SD	0,9	36,4	45,1	17,5	0,0010	0,0033	0,0341	34,31	0,00
Sul	RS - Santa Maria – TR - CD	1,5	55,4	15,2	27,9	0,0002	0,0030	0,2109	976,09	0,00
Sul	RS - Santa Maria – TR - SD	0,7	71,3	15,9	12,0	0,0011	0,0554	0,3184	295,27	0,05
Sul	RS - Santa Maria – RS - CD	2,9	44,9	15,7	36,5	0,0002	0,0008	0,1028	600,00	0,00
Sul	RS - Santa Maria – RS - SD	2,3	71,5	17,6	8,5	0,0032	0,0666	0,2784	87,08	0,07
Sudeste	Campus USP – SP - CD	1,2	67,9	2,9	27,9	0,0001	0,0263	0,2457	2223,38	0,01
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa – Campus UNESP - SP - CD	0,0	81,9	4,3	13,9	0,0001	0,1474	0,2195	1586,77	0,36
Sudeste	Bauru - Vargem Limpa – Campus UNESP - SP - SD	0,0	85,6	13,6	0,8	0,0106	0,1442	0,2306	21,78	0,35
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (2m) - (M.T.M.G.S) - CD	0,4	46,4	20,8	32,3	0,0002	0,0015	0,0824	392,15	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (2m) - (M.T.M.G.S) - SD	0,6	90,0	9,4	0,0	0,0514	0,1043	0,2229	4,34	0,18
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (2m) - CD	1,9	40,3	25,3	31,4	0,0002	0,0017	0,0561	256,15	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (2m) - SD	0,9	56,7	38,2	4,2	0,0077	0,0153	0,1079	13,99	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB –	0,3	21,9	31,0	46,8	0,0001	0,0002	0,0057	52,08	0,00

Região	Local / Granulometria	% Pedregulho	% Areia	% Silte	% Argila	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
	(5m) - CD									
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (5m) - SD	2,6	32,2	49,9	15,1	0,0016	0,0036	0,0354	21,78	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (9m) - CD	0,2	6,9	85,3	7,6	0,0026	0,0038	0,0056	2,17	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (9m) - SD	0,0	11,4	83,0	5,6	0,0163	0,0198	0,0203	1,25	0,01
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (12m) - CD	0,0	11,3	80,5	8,2	0,0022	0,0035	0,0070	3,22	0,00
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB – (12m) - SD	0,0	9,2	82,0	8,9	0,0021	0,0036	0,0074	3,53	0,00
Centro-Oeste	Barragem João Leite - CD	0,7	39,2	22,7	37,3	0,0002	0,0009	0,0503	282,41	0,00
Centro-Oeste	Barragem João Leite - SD	1,8	68,1	30,0	0,0	0,0169	0,0500	0,0971	5,75	0,04

## **ANEXO 06 – RESUMO DOS ÍNDICES FÍSICOS COLETADOS**

### Amostras Indeformadas

Região	Local	ρ <sub>s</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	w <sub>L</sub> (%)	w <sub>P</sub> (%)	IP	e
Sul	Timbé do Sul - SC	2,800	56,0	34,0	22,0	0,990
Sul	São José dos Ausentes - RS	2,860	74,0	57,0	17,0	1,670
Sudeste	Nova Friburgo - Condomínio do Lago - RJ - (M.F.B.M)	2,667	-	-	-	0,710
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ (R.M.S)	2,736	54,0	27,8	26,2	-
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ (M. R. E. A)	2,739	61,3	33,1	28,2	0,940
Sudeste	São Conrado - Solo Residual Jovem (SRJ) - RJ - (T.A.S)	2,630	-	-	-	1,020
Sudeste	São Conrado - Solo Residual Jovem (SRT) - RJ - (T.A.S)	2,650	58,1	31,2	26,9	0,940
Sudeste	São Conrado - Solo Residual Jovem (SRM) - RJ - (T.A.S)	2,660	55,5	38,6	16,8	1,030
Sudeste	Tinguá - SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá - RJ - (M. R. E. A)	2,676	73,1	30,1	43,0	0,950

Região	Local	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	w <sub>L</sub> (%)	w <sub>P</sub> (%)	IP	e
Sudeste	Tinguá - SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá - RJ - (M.F.B.M)	2,766	-	-	-	1,190
Sudeste	Tinguá - SRJ - T Solo residual Jovem Tinguá - RJ - (J.E.M.C)	2,760	-	-	-	1,200
Sudeste	Tinguá - CT - Colúvio Tinguá - RJ - (M.F.B.M)	2,661	65,0	36,0	29,0	0,980
Sudeste	Tinguá - CT - Colúvio Tinguá - RJ - (J.E.M.C)	2,660	-	-	-	1,060
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 1 m - (M.M.F)	2,635	57,1	28,1	29,0	1,450
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 2 m - (M.M.F)	2,632	49,3	27,0	22,3	1,130
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 3 m - (M.M.F)	2,635	44,2	20,5	23,7	0,790
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 5 m - (M.M.F)	2,675	41,3	19,5	21,8	1,010
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 6 m - (M.M.F)	2,701	41,8	22,6	19,2	1,030
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 7 m - (M.M.F)	2,661	41,9	19,5	16,4	0,930
Sudeste	Belo Horizonte - SR3 (2,0 a 3,0 m) - MG - (M.B.L.L)	2,700	37,0	30,4	6,6	0,820
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG - (D.J.P.N)	2,625	36,1	-	-	0,770
Sudeste	Campus USP - SP (G.B.G)	2,650	32,0	16,0	16,0	1,026
Sudeste	Campus USP - SP (M.B.M.M)	2,673	-	-	-	1,030
Sudeste	São Pedro - SP (M.B.M.M)	2,630	-	-	-	0,700
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - Local A - SP - (C.J.M.C)	2,610	-	-	-	0,649
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - Local B - SP - (C.J.M.C)	2,650	-	-	-	0,595
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP - (A.L.C.B)	2,618	17,5	-	-	0,580
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP) - SP - (L.S.F)	2,649	-	-	-	0,757
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP) - Amostra 1 m - SP - (A.L.S)	2,696	18,0	-	-	0,842
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP) - Amostra 3 m - SP - (A.L.S)	2,683	19,0	-	-	0,758
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP) - Amostra 5 m - SP - (A.L.S)	2,690	21,0	-	-	0,731
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - RD Residual - SP - (J.F)	2,580	30,0	-	-	0,950
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - CO Colúvio - SP - (J.F)	2,650	29,0	23,0	6,0	1,120
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO - (M.D.C)	2,760	45,0	30,0	15,0	1,210
Centro-Oeste	Bonfinópolis - GO (Latossolo) (J.G.R.A)	2,876	48,0	36,0	12,0	1,192

Região	Local	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	w <sub>L</sub> (%)	w <sub>P</sub> (%)	IP	e
Centro-Oeste	Senador Canedo - GO - (Cambissolo) - (J.G.R.A)	2,798	38,0	26,0	12,0	0,456
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel - Saprólito) - (A.S.J)	2,860	88,0	50,0	38,0	1,247
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Geovane Braga - Saprólito) - (A.S.J)	2,760	42,0	29,0	13,0	0,881
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Cidade Jardim - Saprólito) - (A.S.J)	2,760	57,0	42,0	15,0	1,529
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG - GO (E.T.L.C)	2,722	34,0	24,0	10,0	1,700
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (3,15m) - (R.R.A)	2,711	46,0	28,0	18,0	0,733
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (4,15m) - (R.R.A)	2,740	46,0	27,0	19,0	0,583
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (1m) - (A.G.A)	2,714	34,0	23,0	10,0	1,700
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (2m) - (A.G.A)	2,737	34,0	24,0	10,0	1,540
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (3m) - (A.G.A)	2,713	38,0	25,0	14,0	1,770
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m) - (C.R.B)	2,734	54,0	35,0	19,0	0,957
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m) - (C.R.B)	2,728	60,0	40,0	20,0	1,089
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m) - (C.R.B)	2,684	55,0	38,0	17,0	1,194
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG - (I.F.O.C)	2,760	40,0	28,0	12,0	0,940
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - (R.C.G), (J.F.B.L) e (F.C.S)	2,732	36,0	26,0	10,0	1,500
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (4m) - (R.C.G), (J.F.B.L) e (F.C.S)	2,710	41,0	29,0	12,0	1,227
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - (R.C.G), (J.F.B.L) e (F.C.S)	2,760	45,0	34,0	11,0	1,420
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (6m) - (R.C.G), (J.F.B.L) e (F.C.S)	2,724	44,0	33,0	11,0	1,171
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (8m) - (R.C.G), (J.F.B.L) e (F.C.S)	2,707	43,0	34,0	9,0	1,045
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - (R.C.G), (J.F.B.L) e (F.C.S)	2,910	44,0	26,0	18,0	1,090
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (10m) - (R.C.G), (J.F.B.L) e (F.C.S)	2,784	46,0	30,0	16,0	0,941
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - (R.C.G), (J.F.B.L) e (F.C.S)	2,950	38,0	27,0	11,0	1,100

#### Amostras Compactadas

Região	Local	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	w <sub>L</sub> (%)	w <sub>P</sub> (%)	IP	e
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - Ramo Seco - (C.B)	2,797	47,0	44,0	3,0	1,052

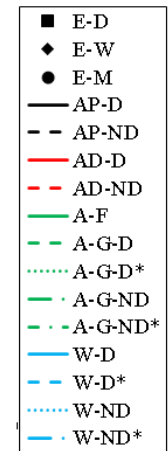
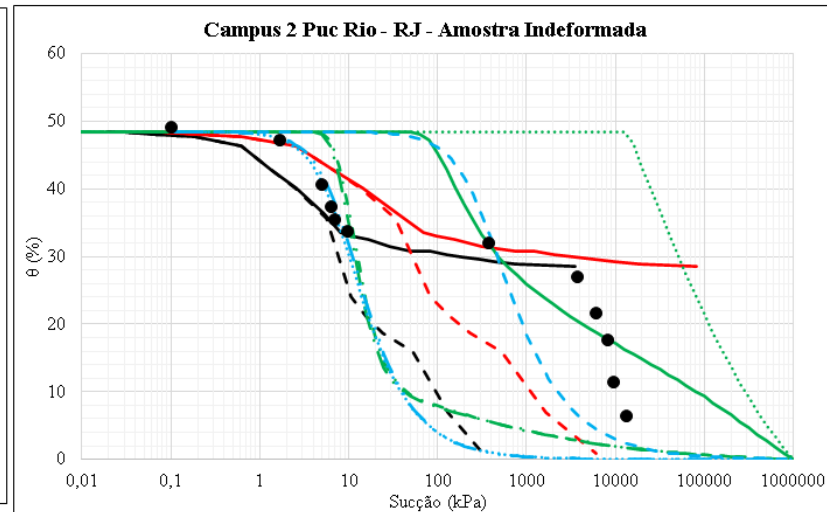
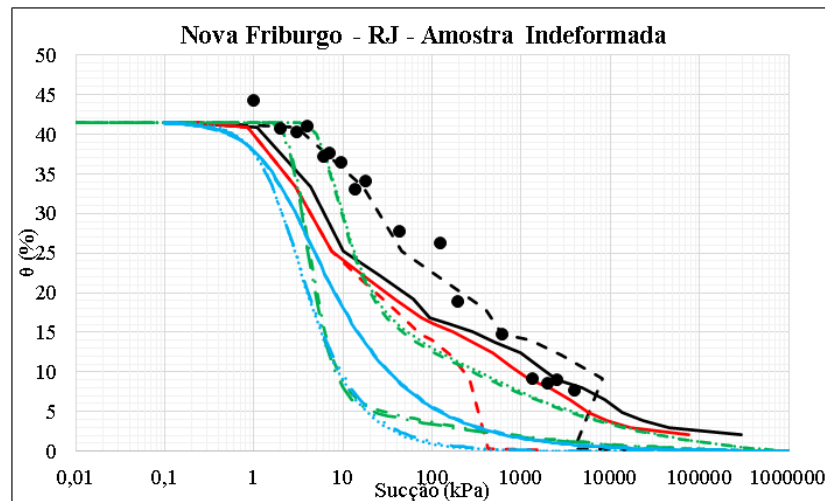
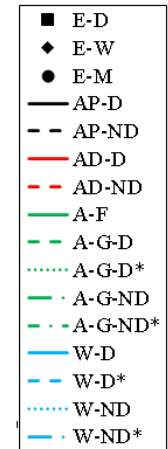
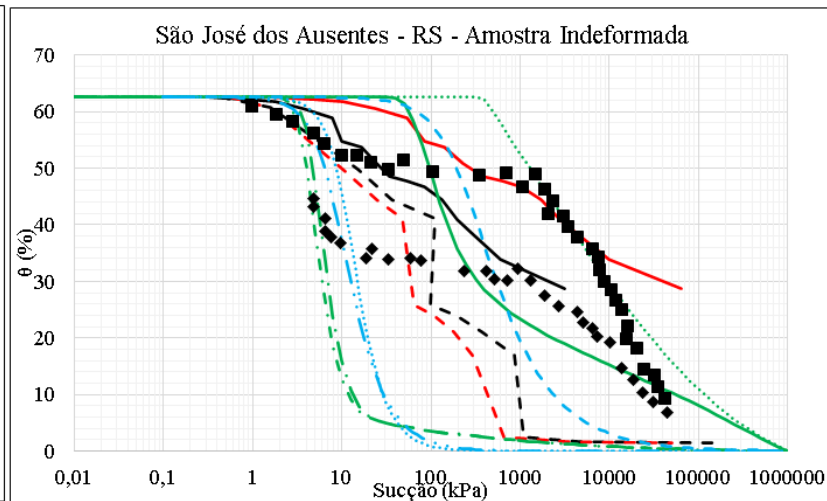
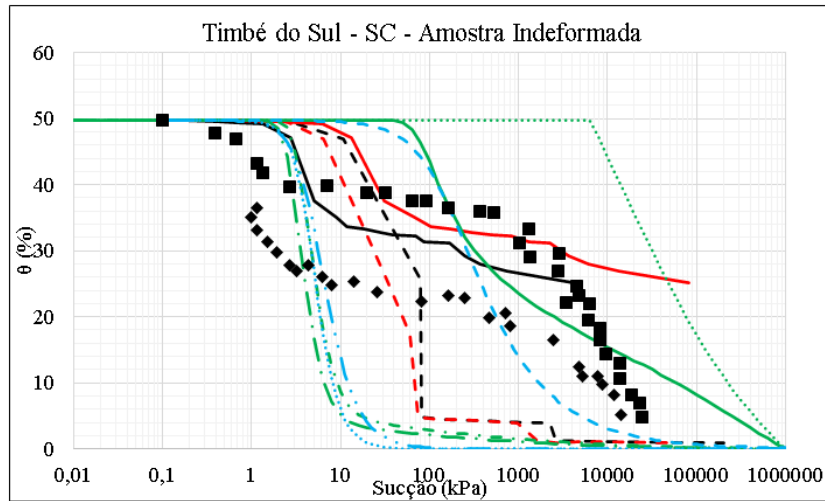


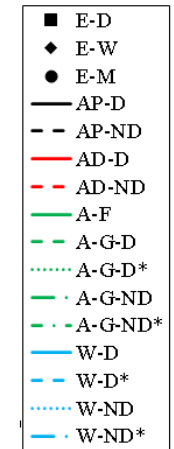
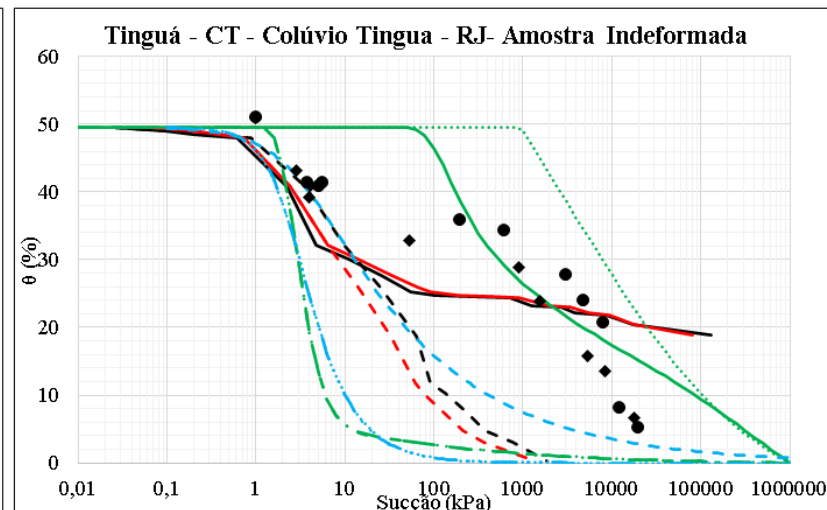
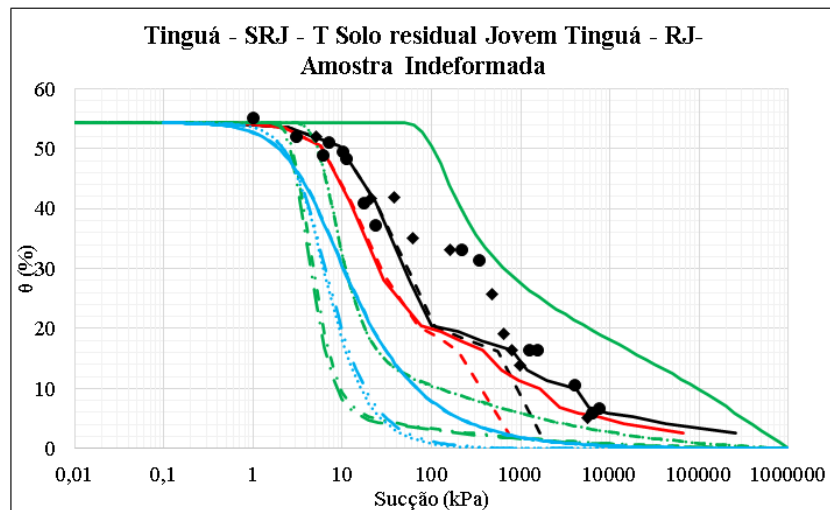
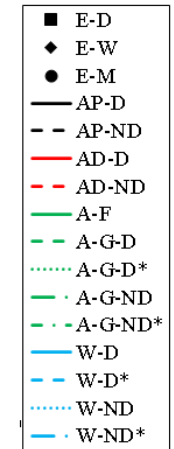
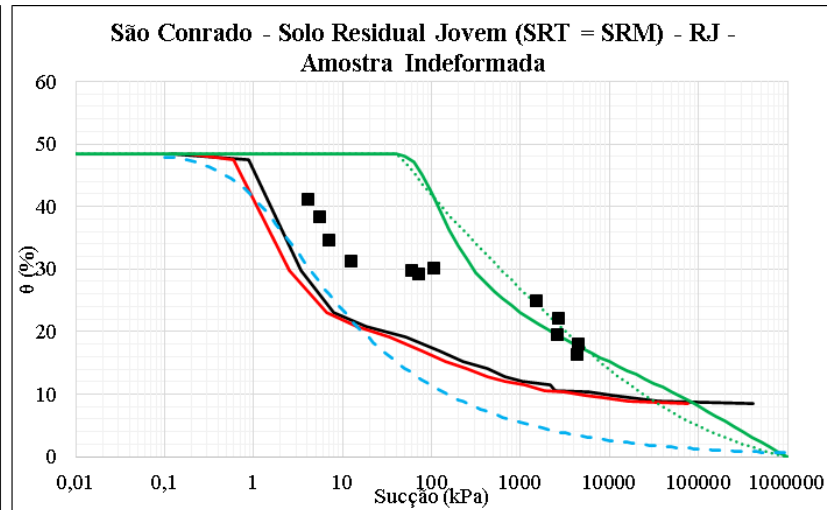
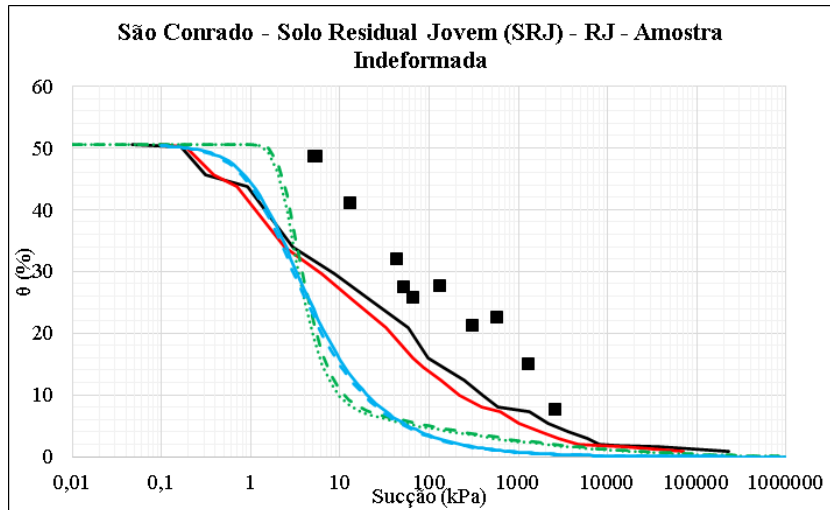
Região	Local	ps (g/cm <sup>3</sup> )	wL (%)	wP (%)	IP	e
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - w ótima - (C.B)	2,797	47,0	44,0	3,0	0,986
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - Ramo Úmido - (C.B)	2,797	47,0	44,0	3,0	1,018
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - Ramo Seco - (L.L.P)	2,709	68,0	37,0	31,0	1,022
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - w ótima - (L.L.P)	2,709	68,0	37,0	31,0	0,938
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - Ramo Úmido - (L.L.P)	2,709	68,0	37,0	31,0	0,950
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - Ramo Seco - (L.L.P)	2,867	59,0	39,0	20,0	0,652
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - w ótima - (L.L.P)	2,867	59,0	39,0	20,0	0,552
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - Ramo Úmido - (L.L.P)	2,867	59,0	39,0	20,0	0,604
Sul	RS - Coronel Barros - (T.A.S)	2,809	56,0	25,0	31,0	0,940
Sul	RS - Pelotas - (T.A.S)	2,564	41,0	18,0	23,0	0,530
Sul	RS - Santa Maria - TR - (T.A.S)	2,554	39,0	20,0	19,0	0,440
Sul	RS - Santa Maria - RS - (T.A.S)	2,575	47,0	29,0	18,0	0,580
Sudeste	(SP) - Campus USP - (G.B.G)	2,650	32,0	16,0	16,0	0,604
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP) - (L.S.F)	2,649	15,5	-	-	0,430
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e1 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	2,732	36,0	26,0	10,0	0,770
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e2 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	2,732	36,0	26,0	10,0	0,970
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e3 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	2,732	36,0	26,0	10,0	1,160
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - (C.R.B)	2,732	42,0	24,0	18,0	1,200
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - Proctor Normal - (J.F.B.L)	2,732	36,0	26,0	10,0	0,731
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - Proctor Intermediário - (J.F.B.L)	2,732	36,0	26,0	10,0	0,657
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - Proctor Modificado - (J.F.B.L)	2,732	36,0	26,0	10,0	0,574
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - Proctor Normal - (J.F.B.L)	2,760	45,0	34,0	11,0	0,781
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - Proctor Intermediário - (J.F.B.L)	2,760	45,0	34,0	11,0	0,678
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - Proctor Modificado - (J.F.B.L)	2,760	45,0	34,0	11,0	0,605
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - Proctor Normal - (J.F.B.L)	2,910	44,0	26,0	18,0	0,891
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - Proctor Intermediário - (J.F.B.L)	2,910	44,0	26,0	18,0	0,755

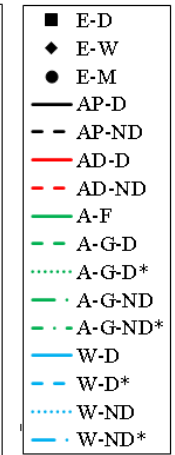
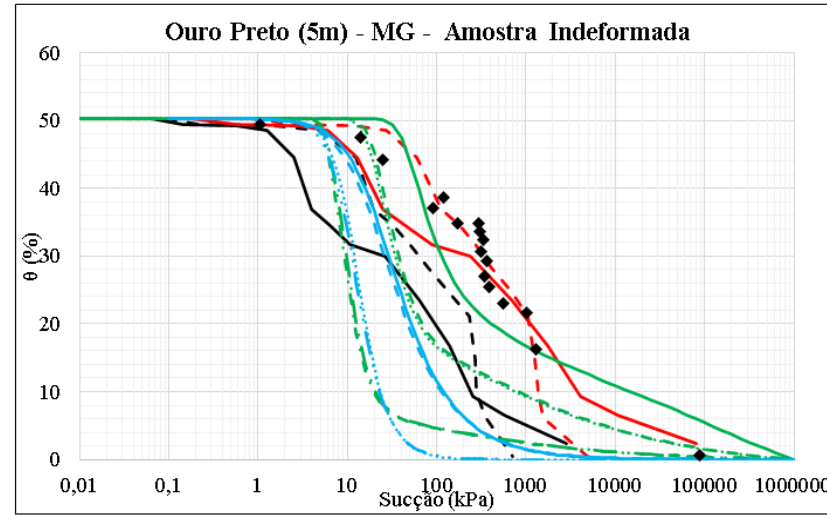
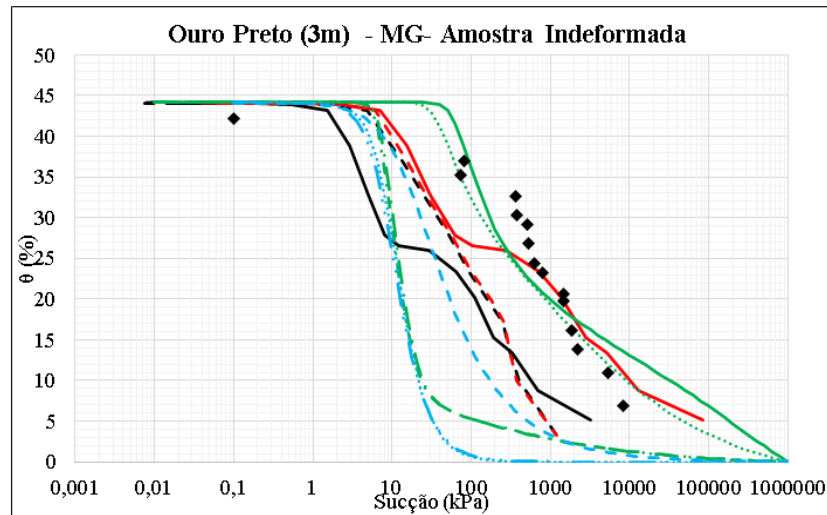
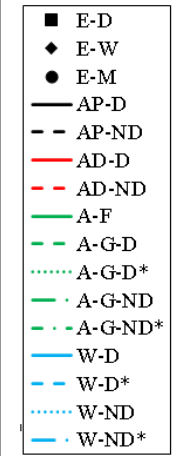
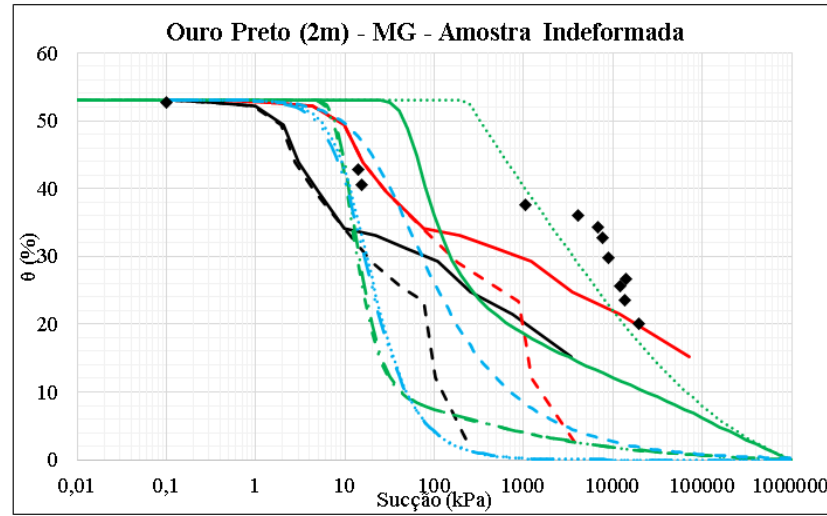
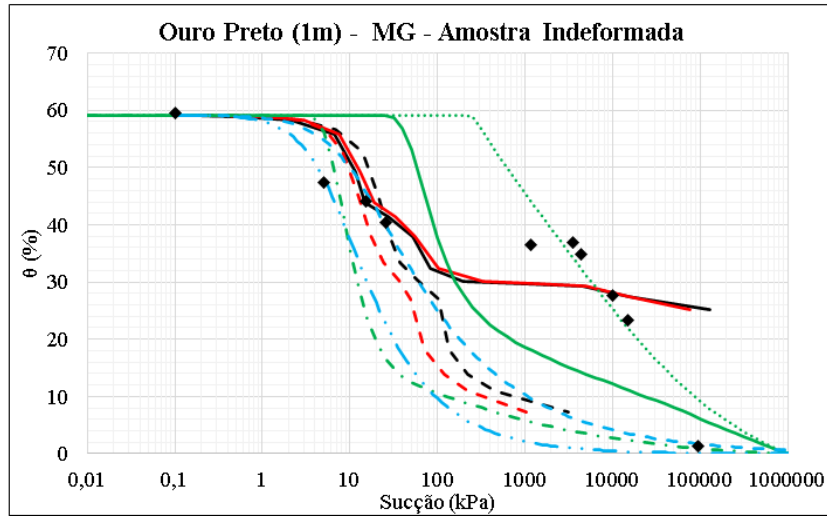
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b><math>\rho_s</math> (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>w<sub>L</sub> (%)</b>	<b>w<sub>P</sub> (%)</b>	<b>IP</b>	<b>e</b>
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - Proctor Modificado - (J.F.B.L)	2,910	44,0	26,0	18,0	0,714
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - Proctor Normal - (J.F.B.L)	2,950	38,0	27,0	11,0	0,862
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - Proctor Intermediário - (J.F.B.L)	2,950	38,0	27,0	11,0	0,799
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - Proctor Modificado - (J.F.B.L)	2,950	38,0	27,0	11,0	0,760
Centro-Oeste	Barragem João Leite - Proctor Normal - (M.A.A.L)	2,787	45,0	27,0	18,0	0,745

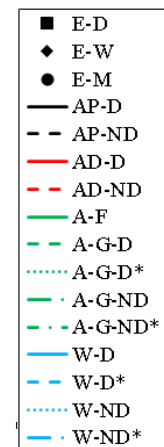
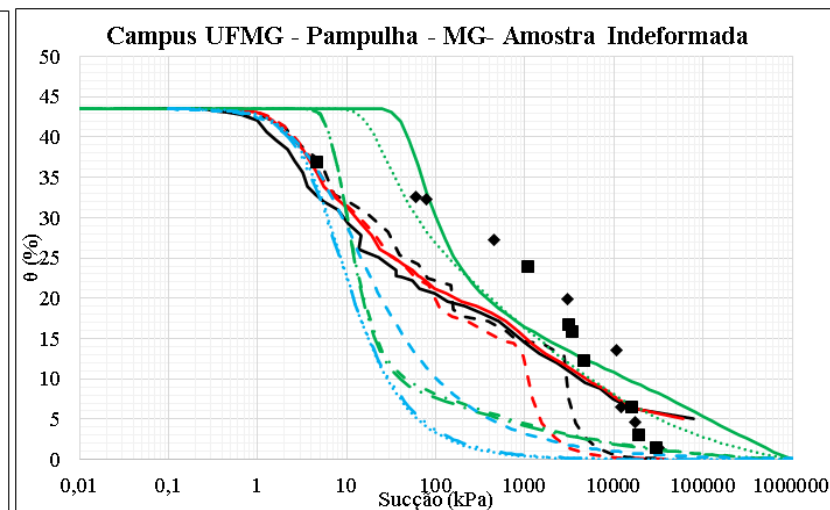
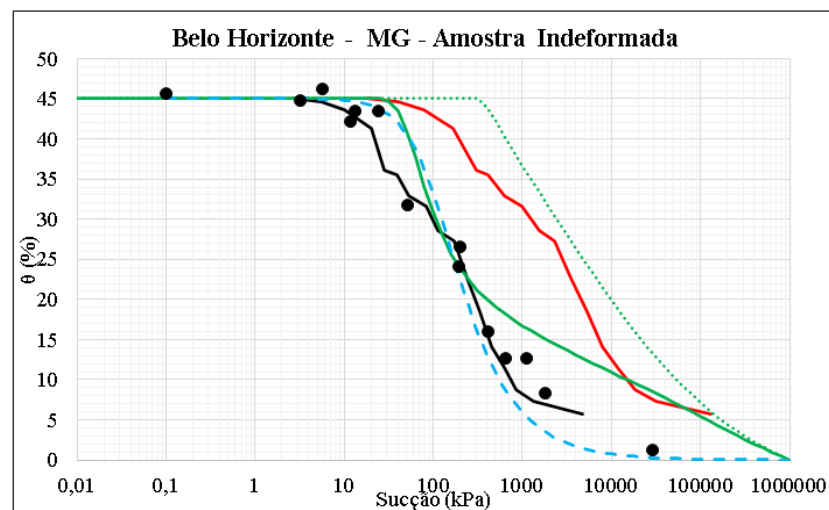
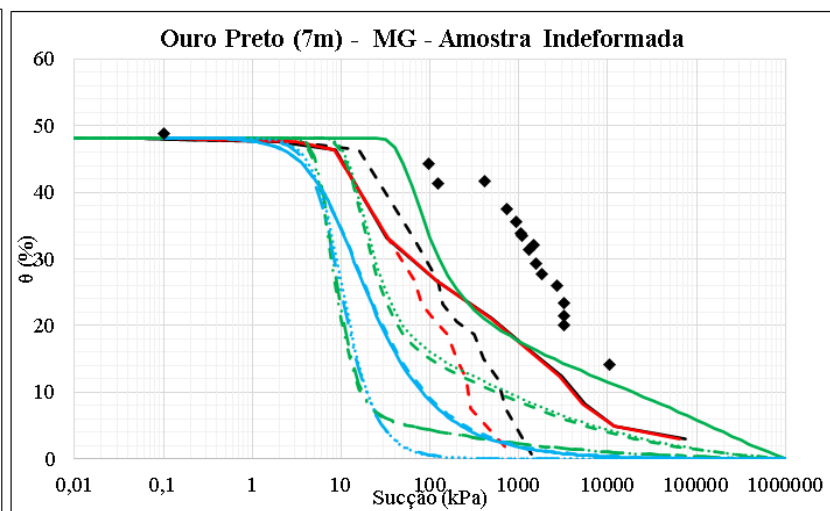
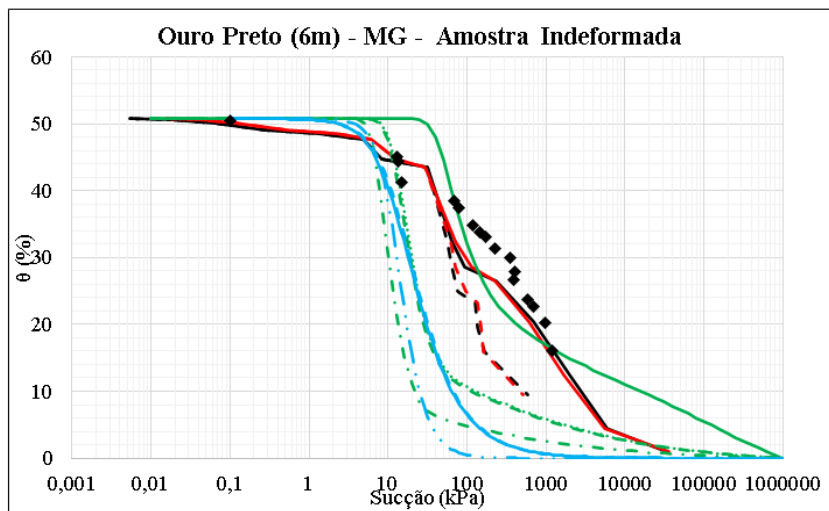
## ANEXO 07 – CURVAS CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTAIS E PREDITAS

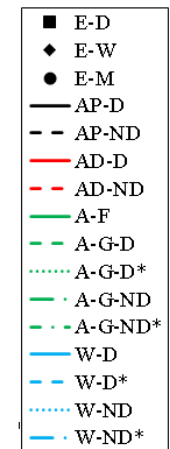
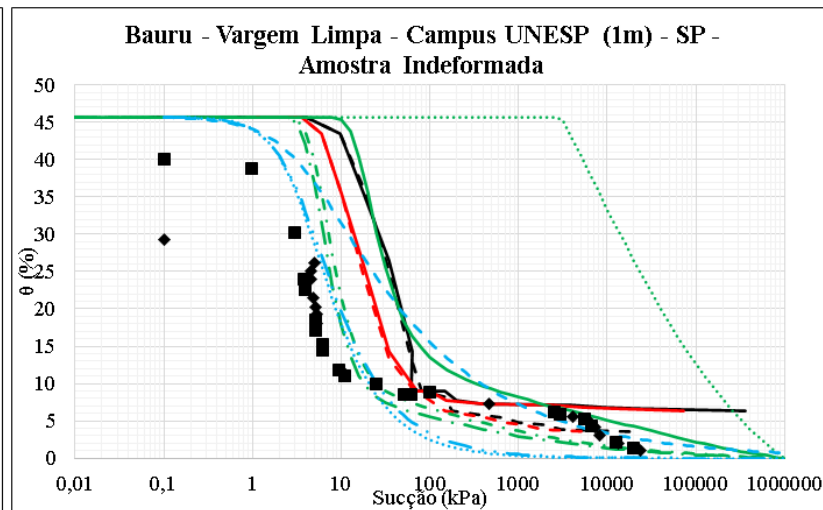
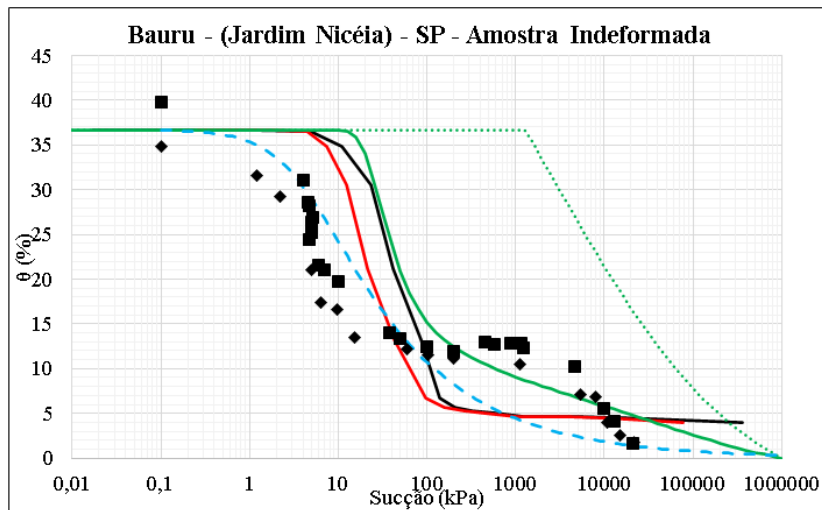
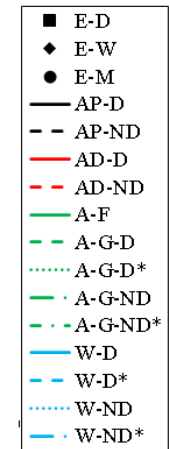
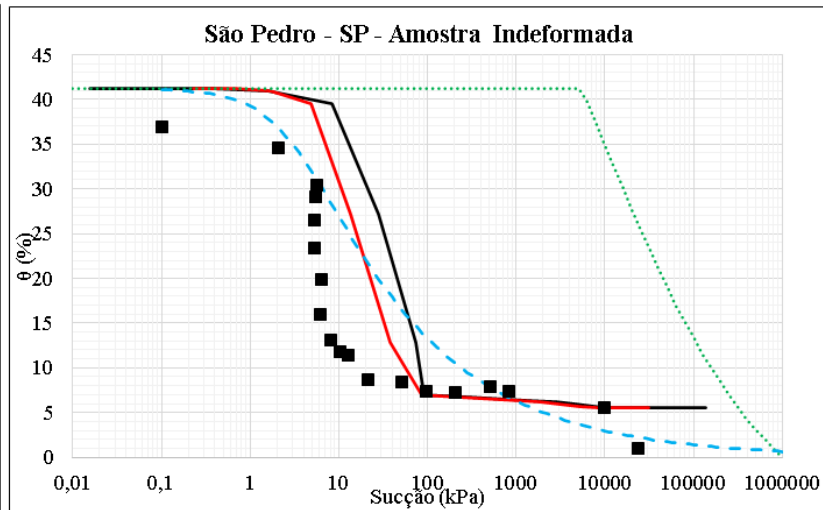
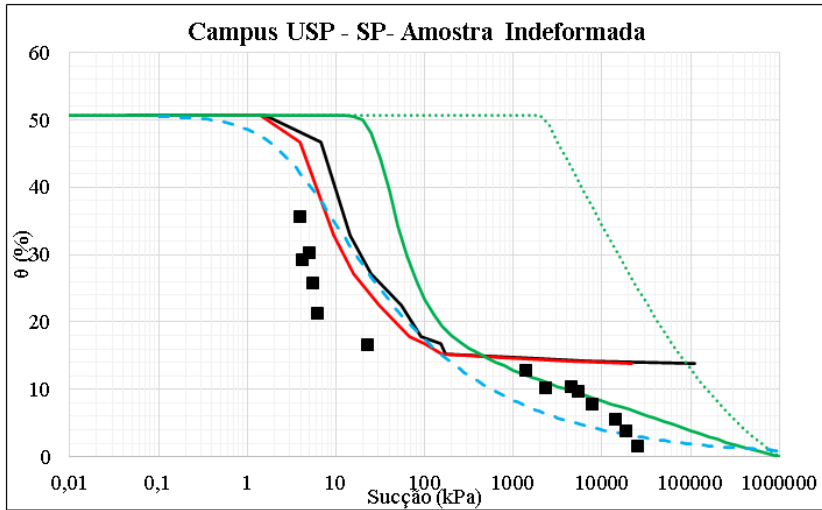
Para Amostras Indeformadas: As legendas podem ser encontradas na Tabela 4.1.

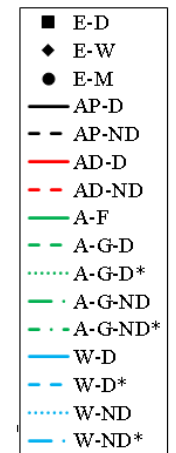
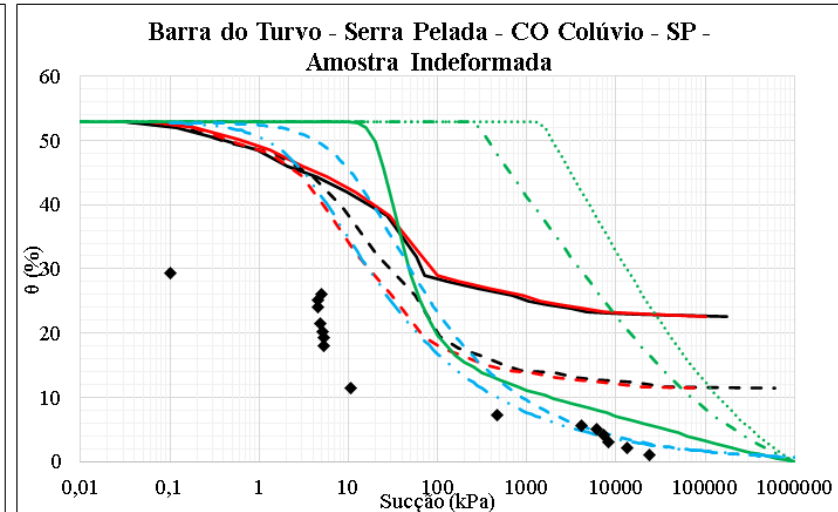
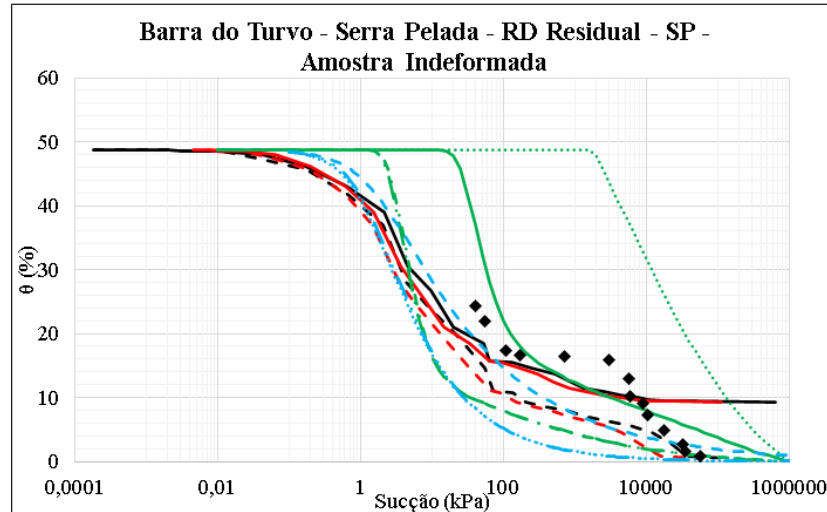
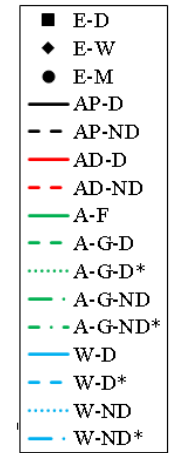
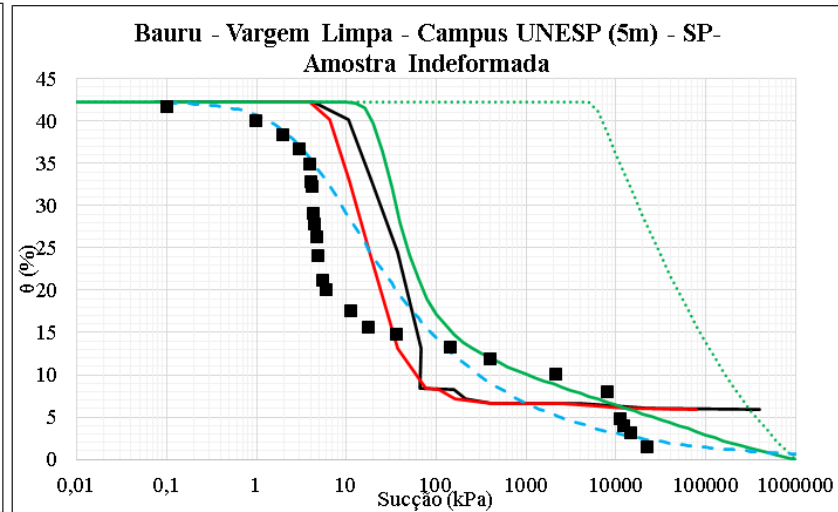
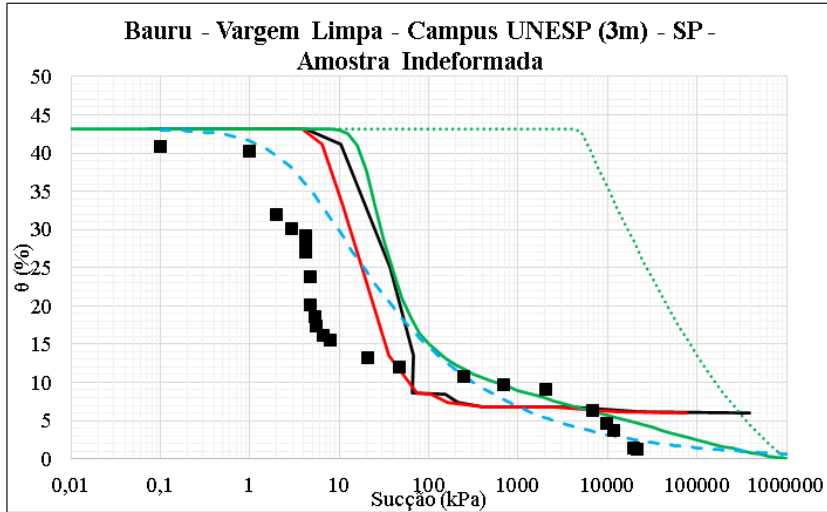




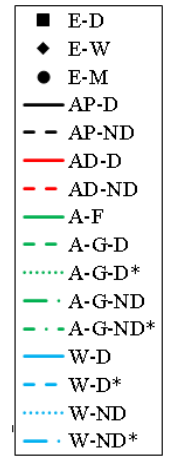
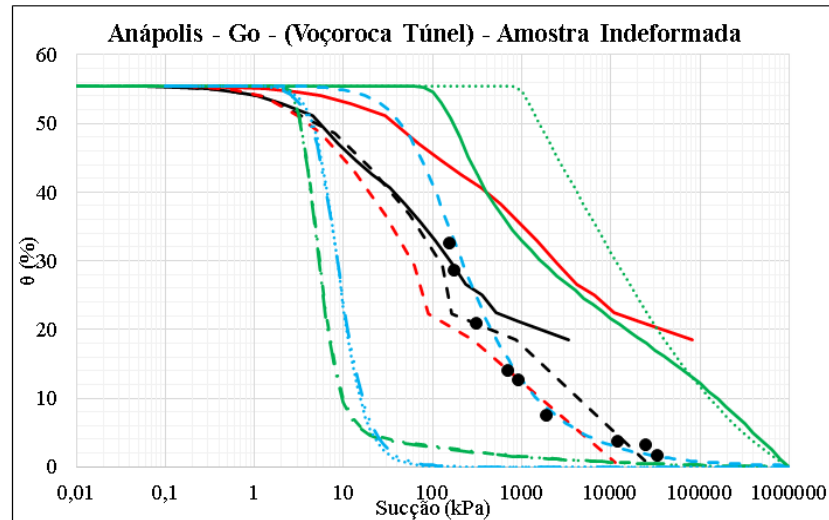
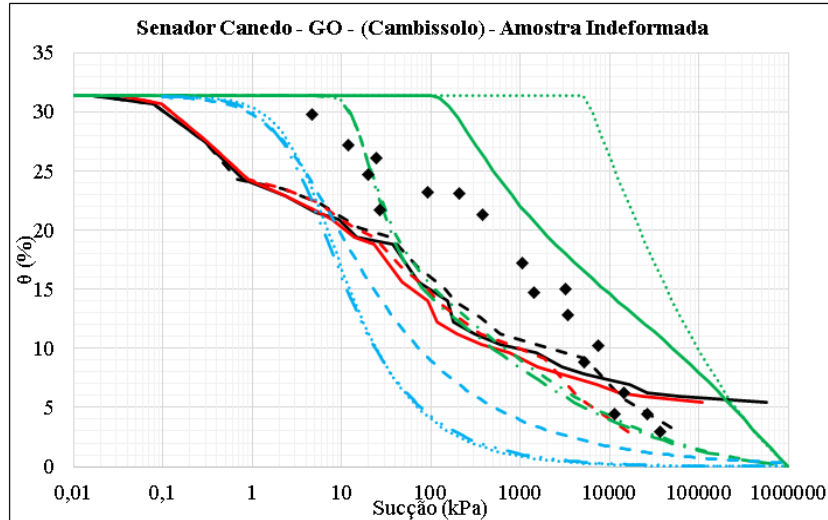
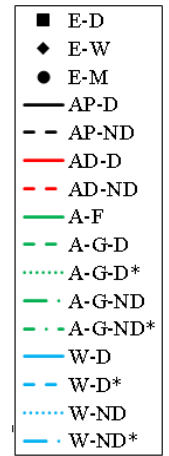
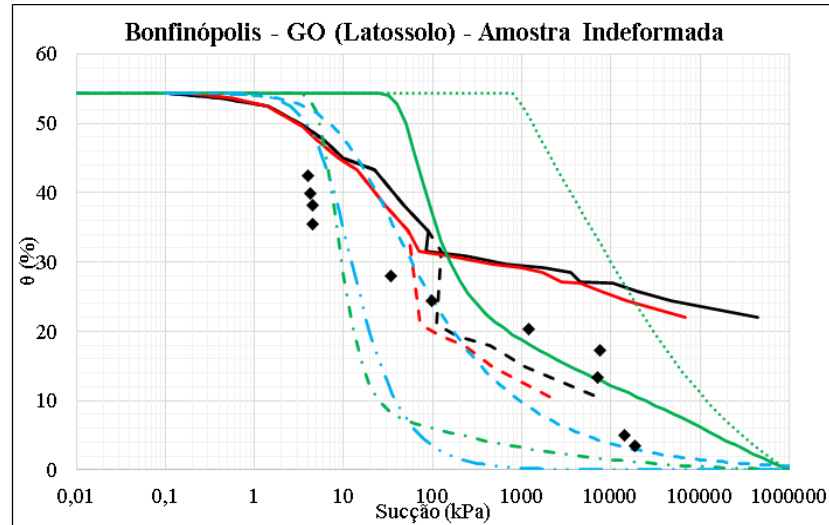
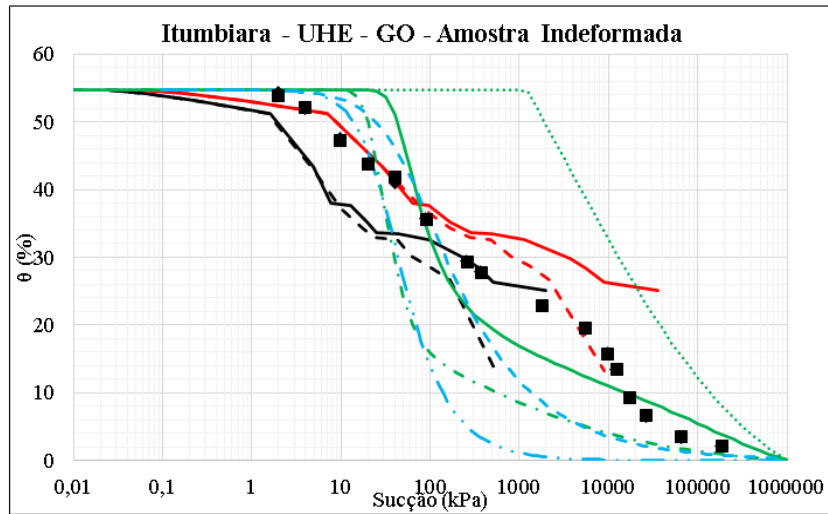


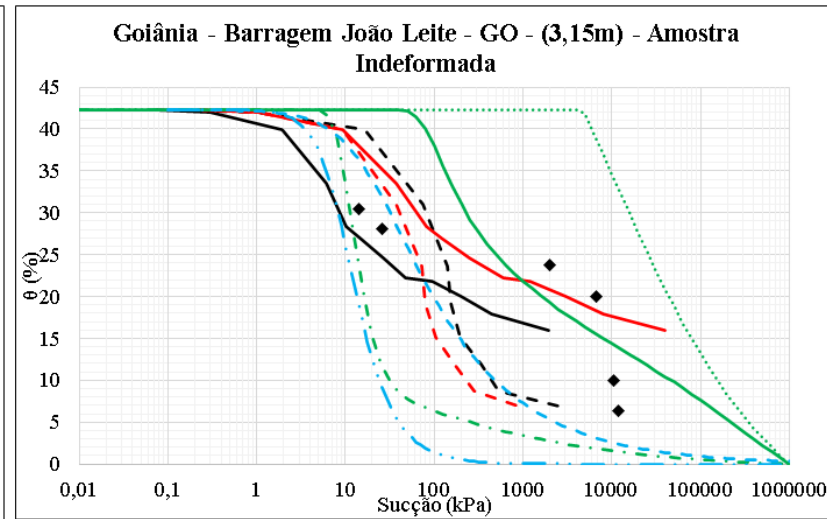
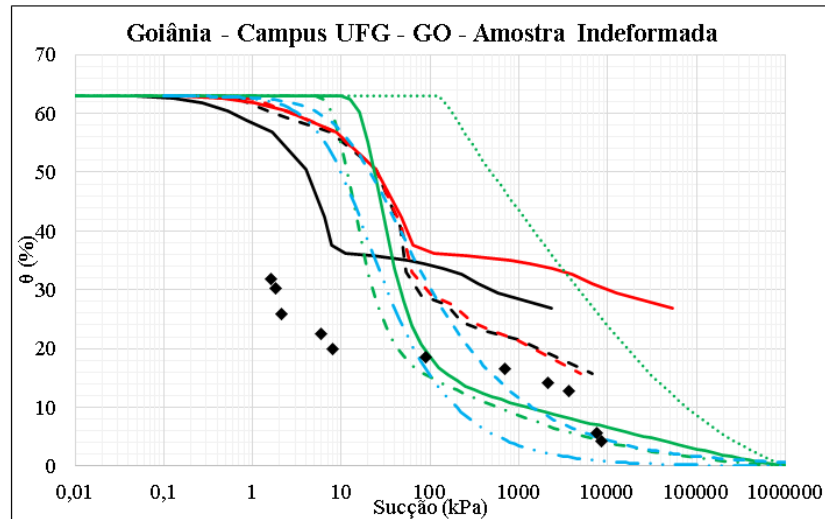
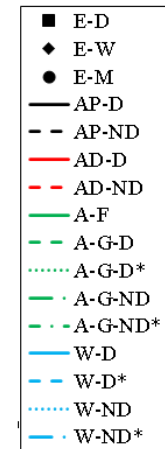
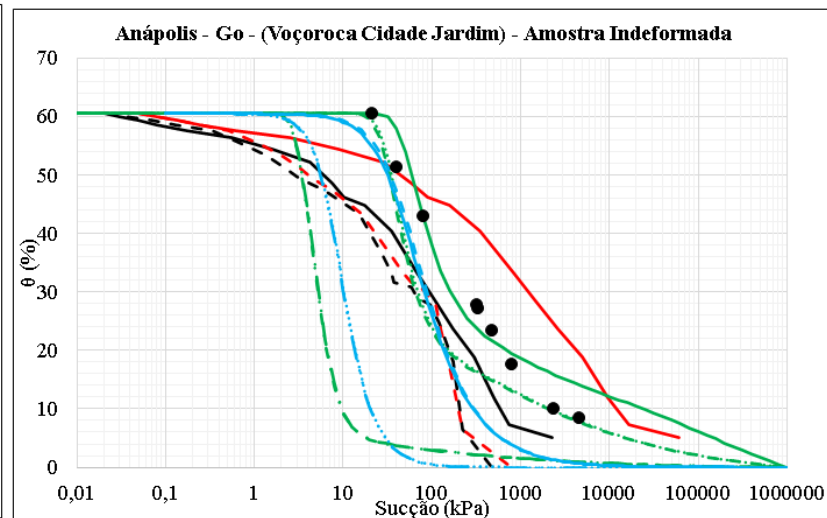
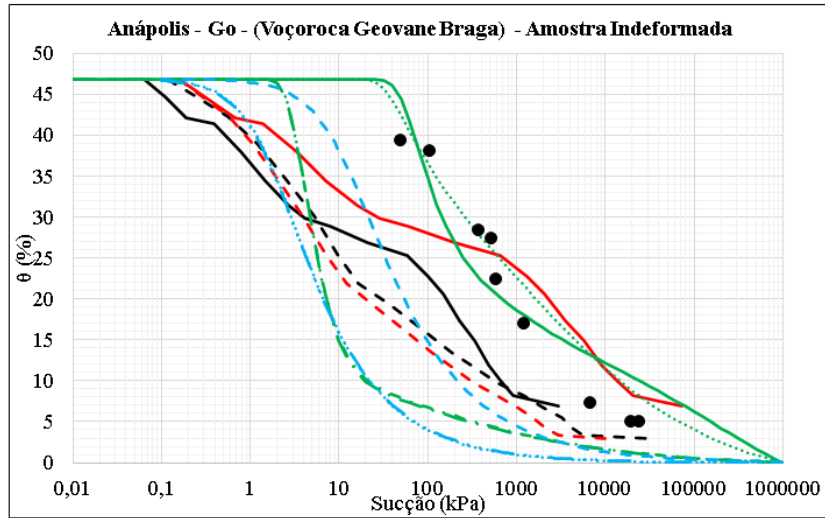


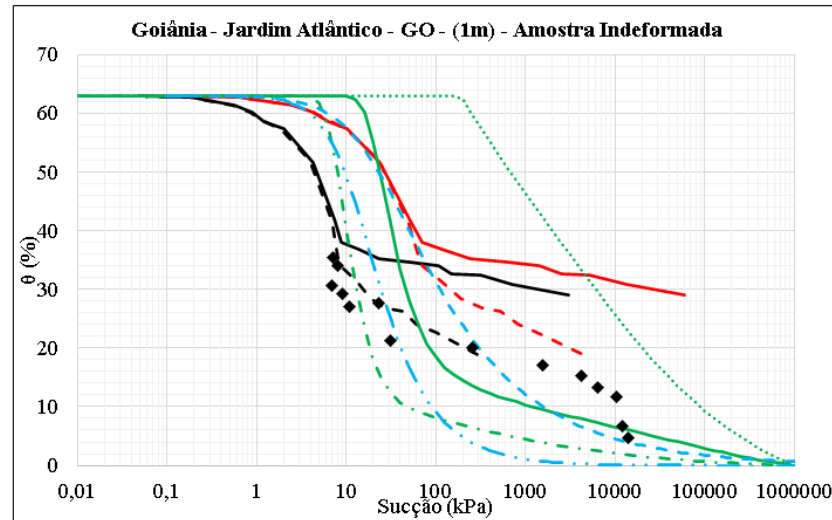
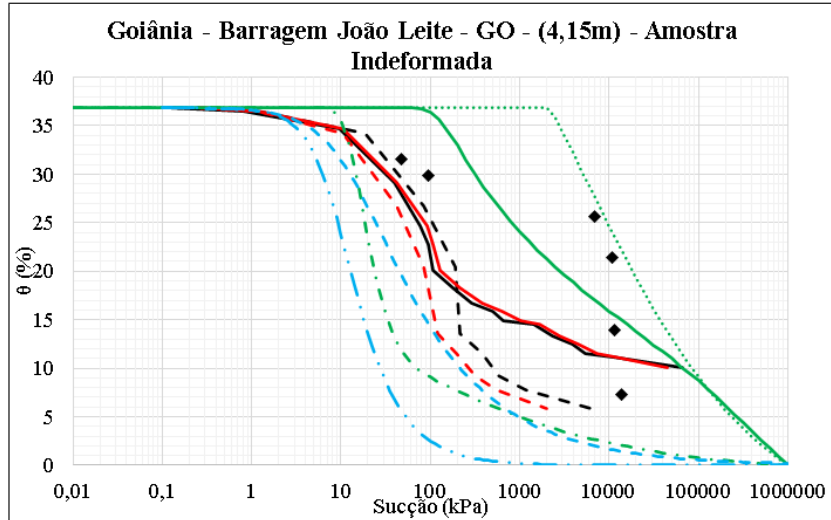




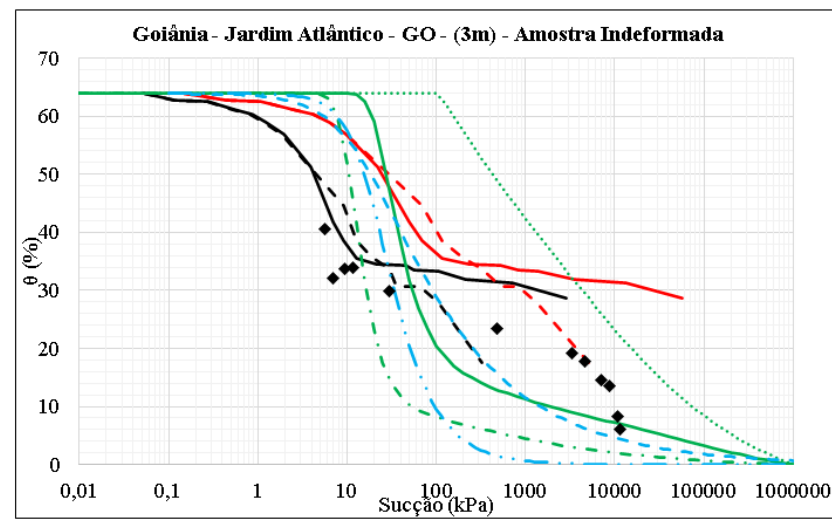
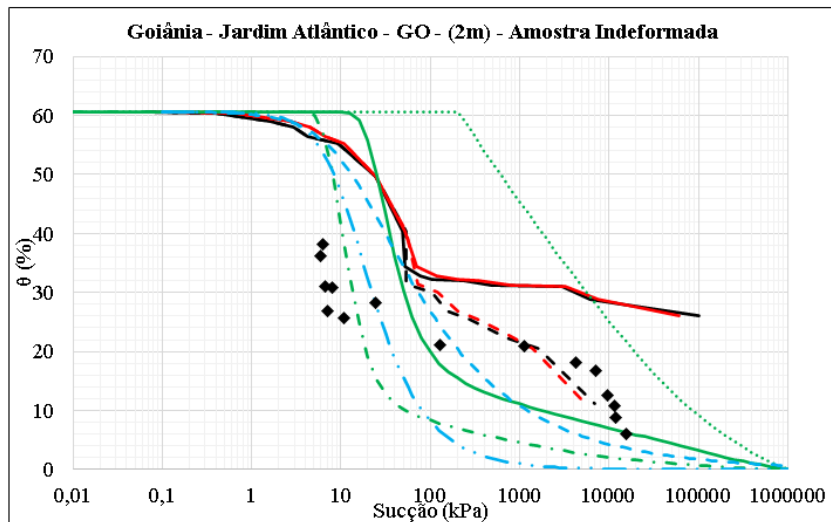




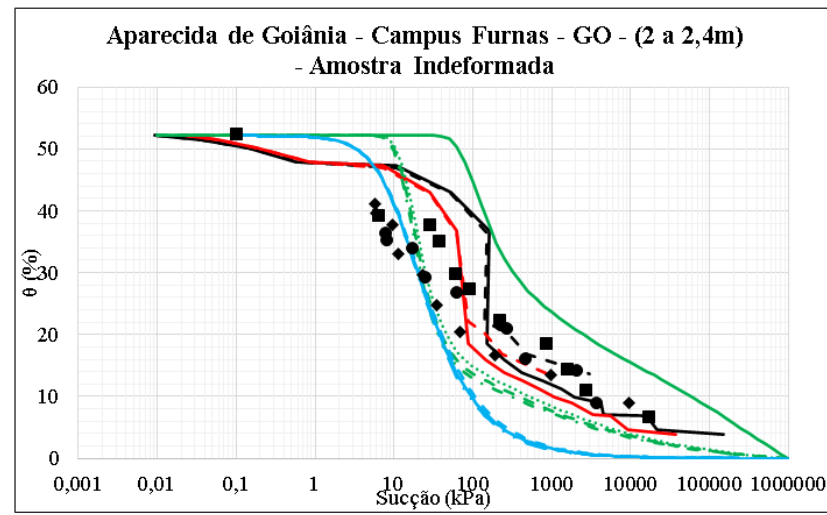
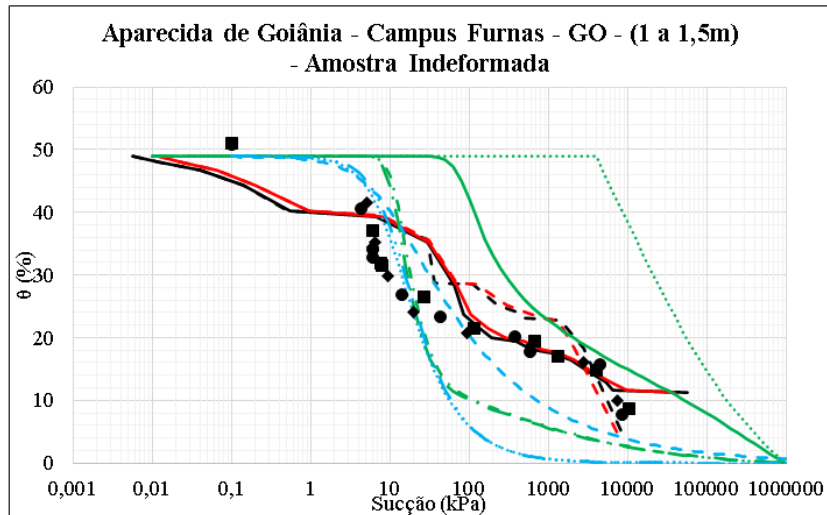




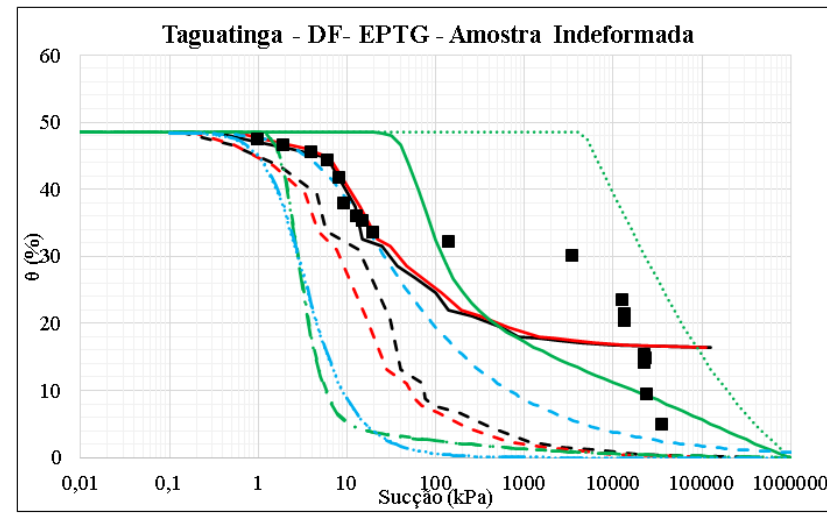
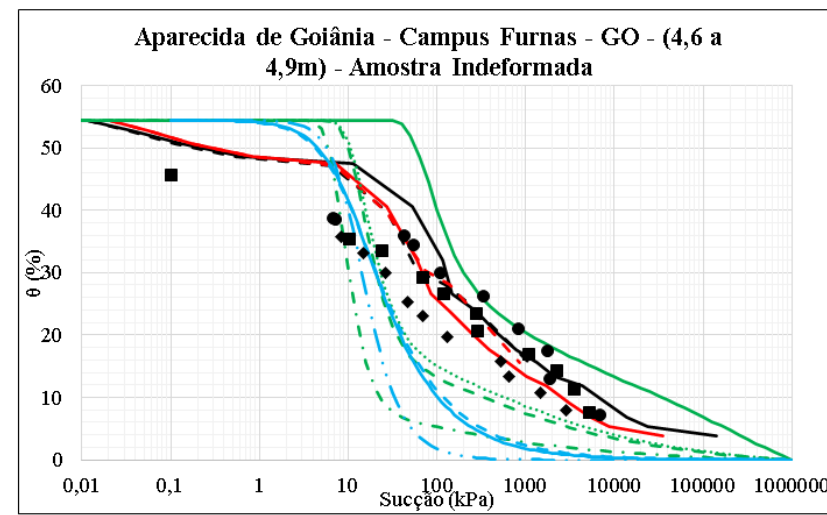
- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- A-G-ND
- - A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- - W-ND\*



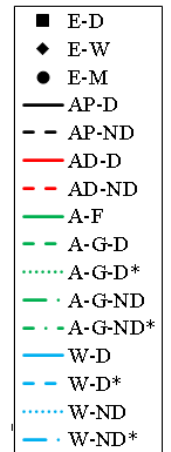
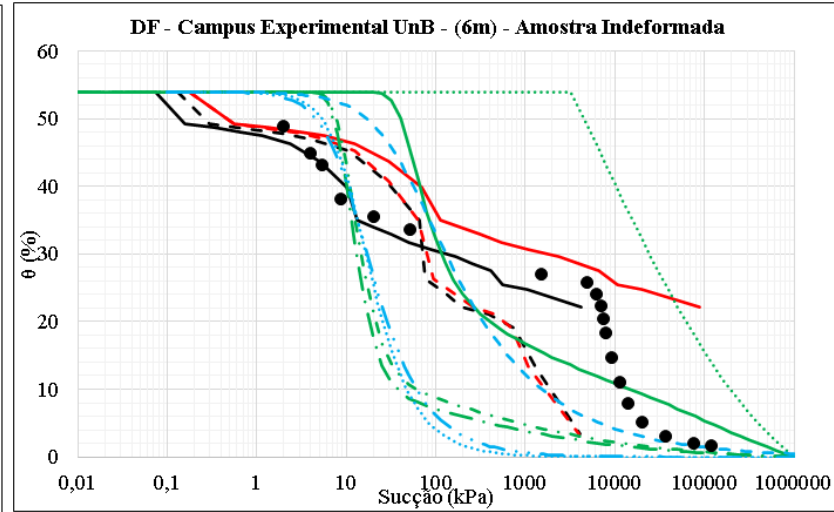
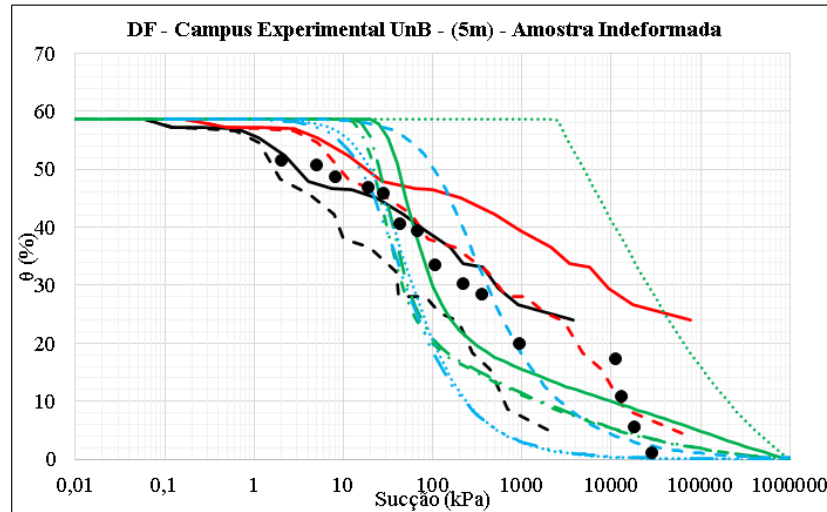
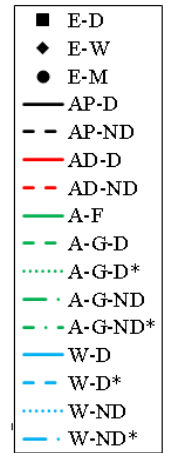
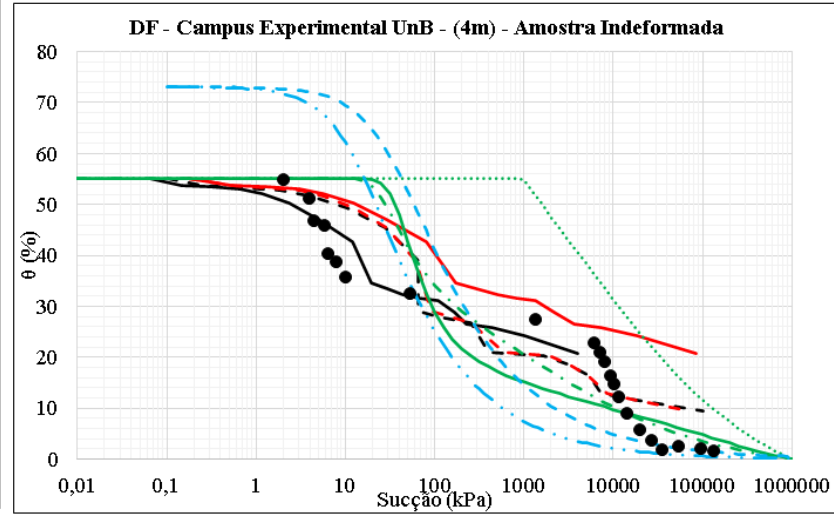
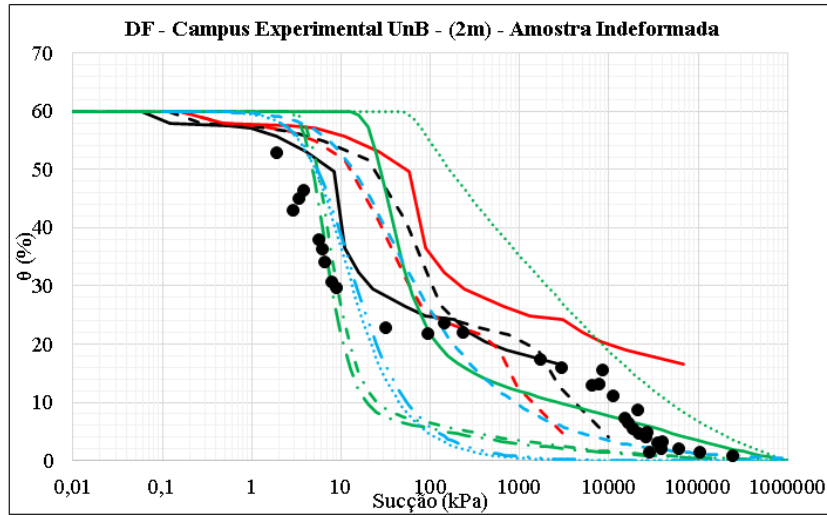
- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- A-G-ND
- - A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- - W-ND\*

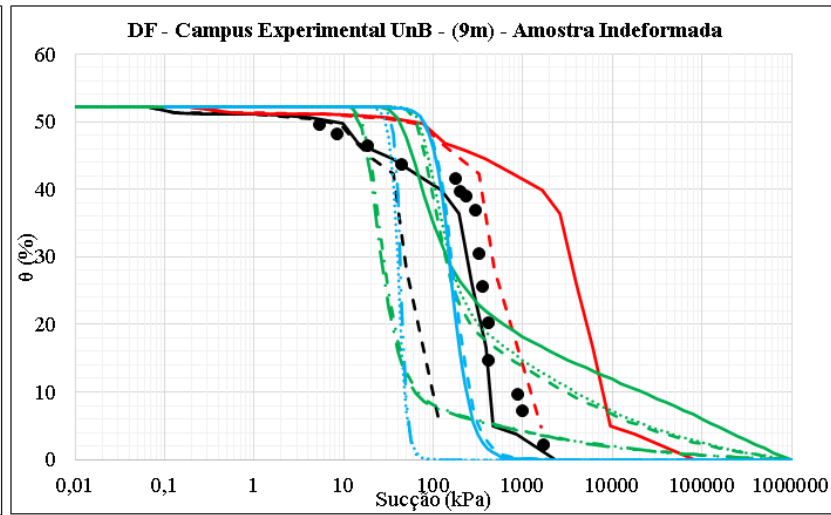
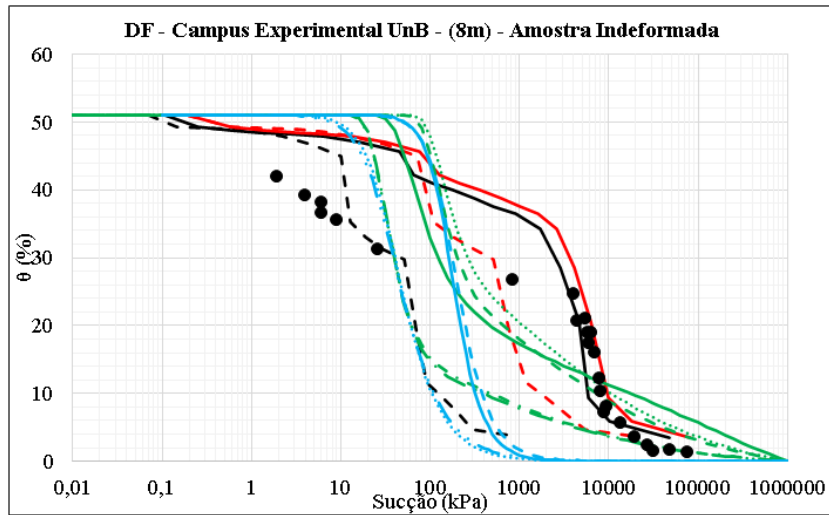


- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- A-G-ND
- - A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- W-ND\*

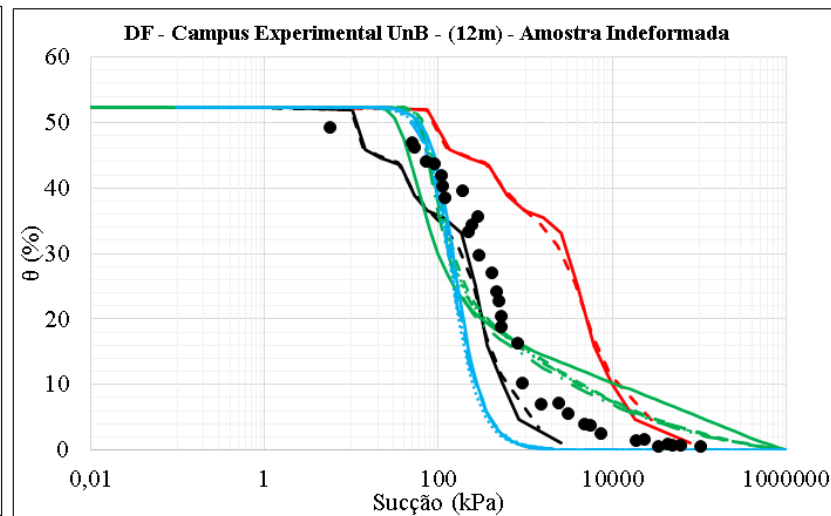
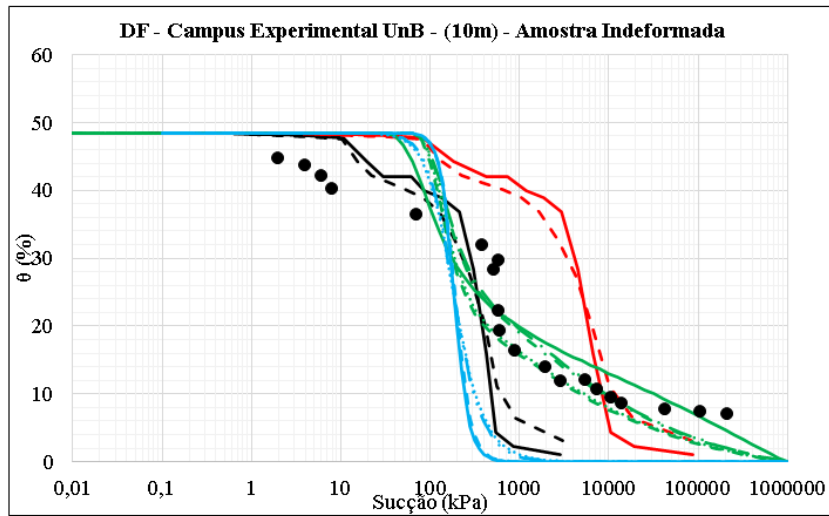


- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- A-G-ND
- - A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- W-ND\*



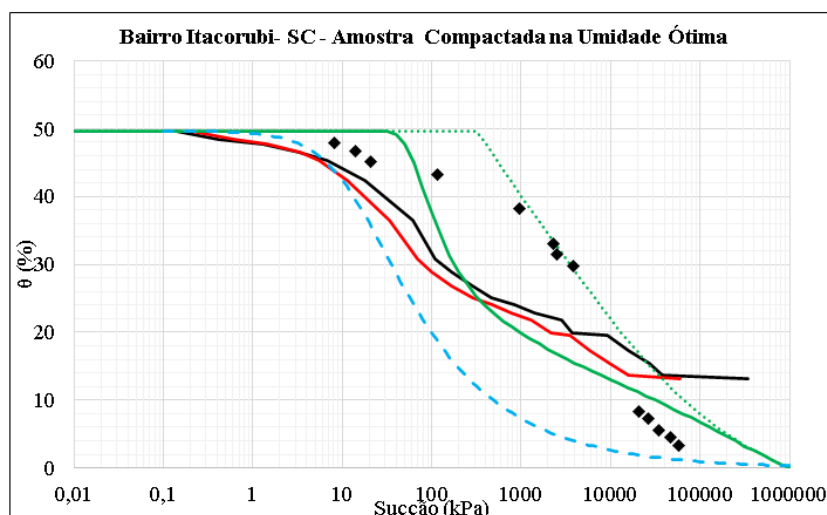
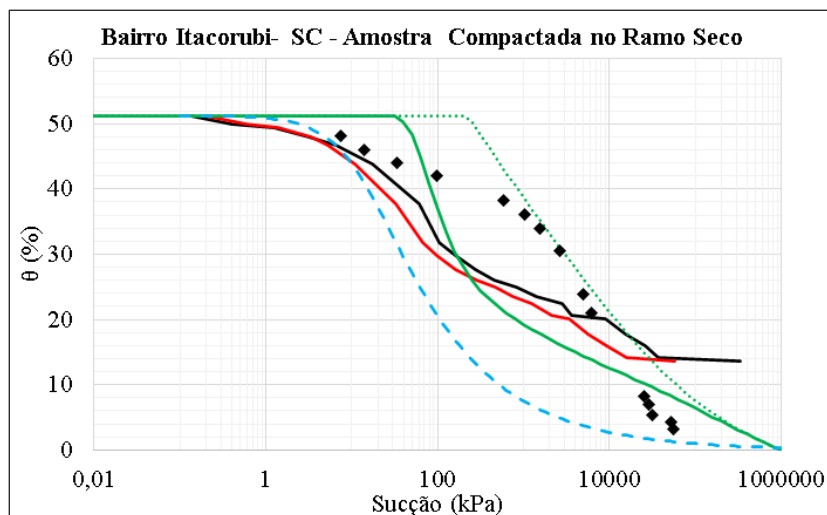


- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- A-G-ND
- - A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- W-ND\*

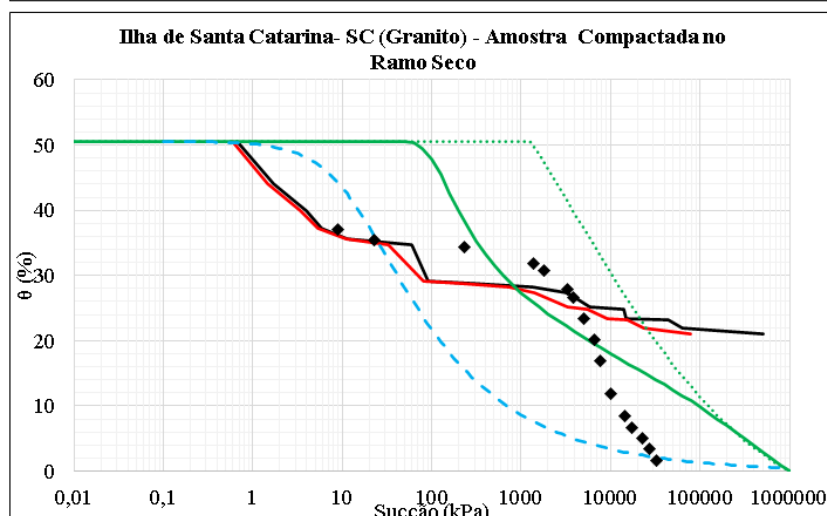
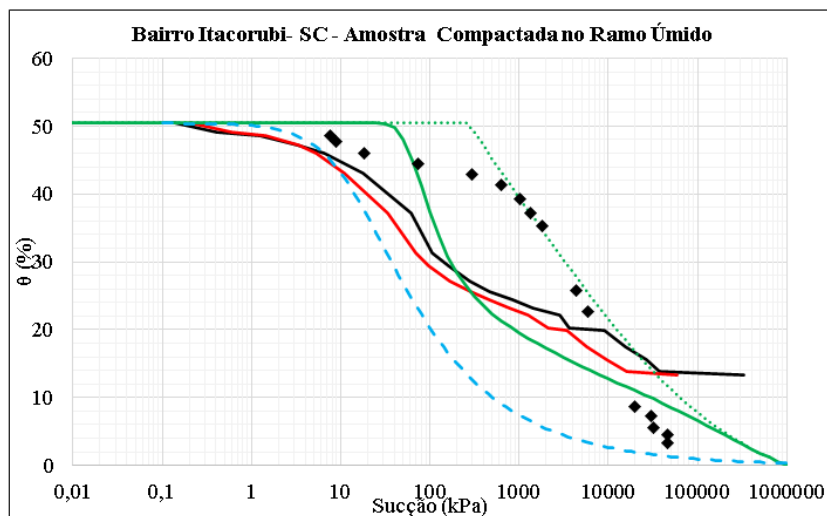


- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- A-G-ND
- - A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- W-ND\*

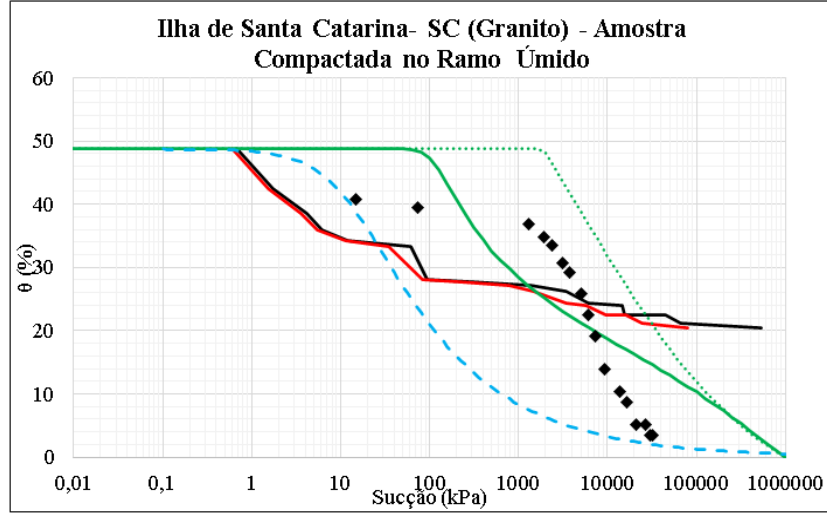
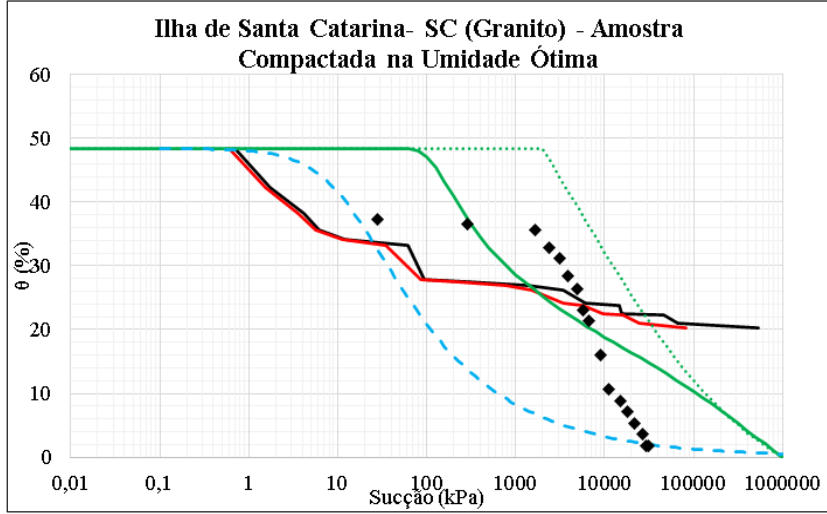
Para Amostras Compactadas: As legendas podem ser encontradas na Tabela 4.1.



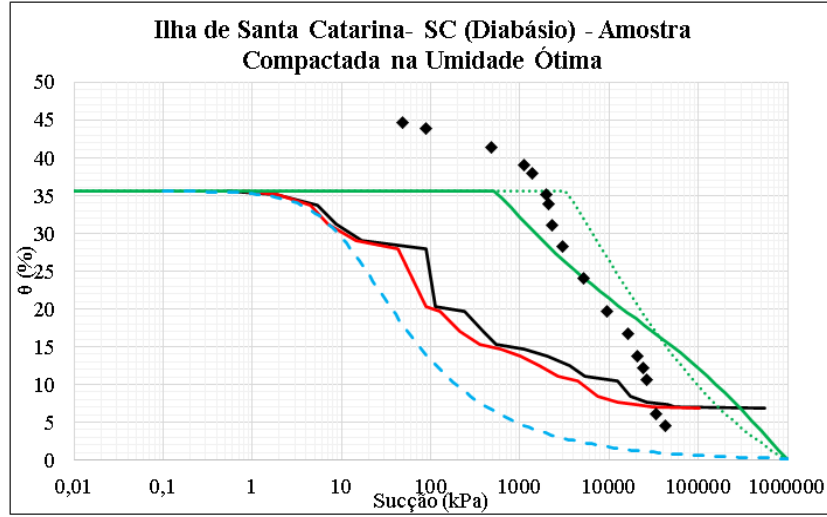
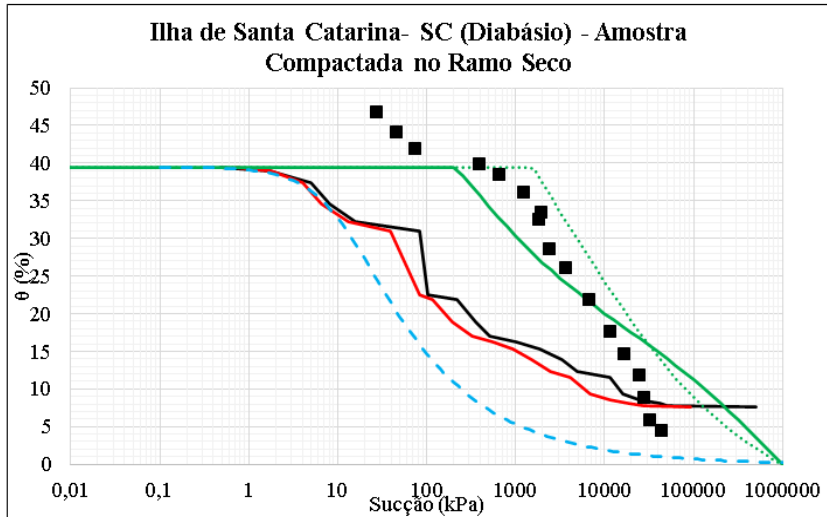
- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ... A-G-D\*
- A-G-ND
- - A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ... W-ND
- - W-ND\*



- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ... A-G-D\*
- A-G-ND
- - A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ... W-ND
- - W-ND\*

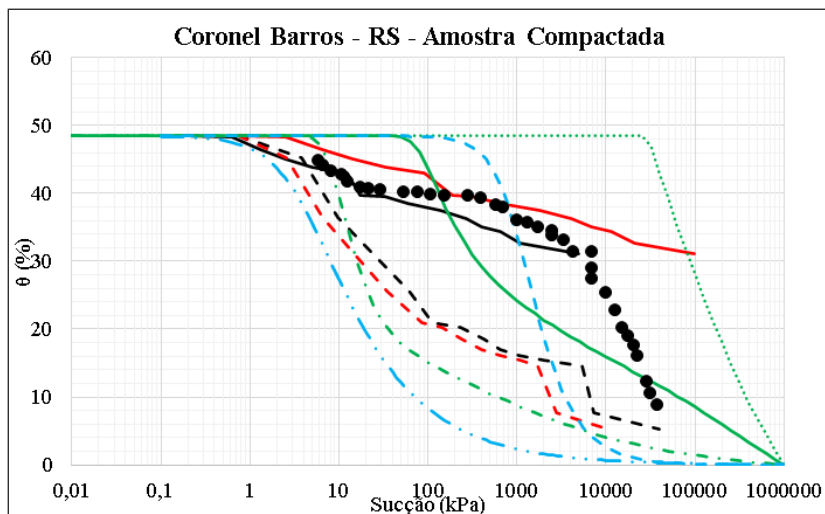
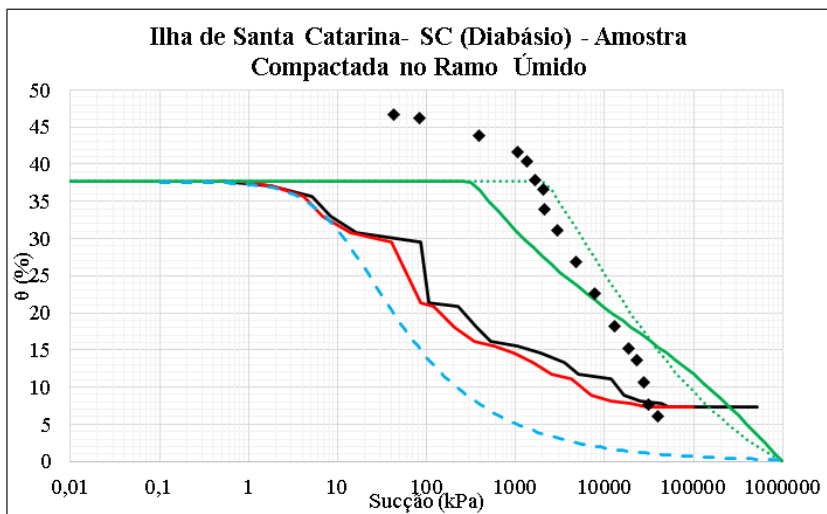


- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- A-G-ND
- - A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- - W-ND\*

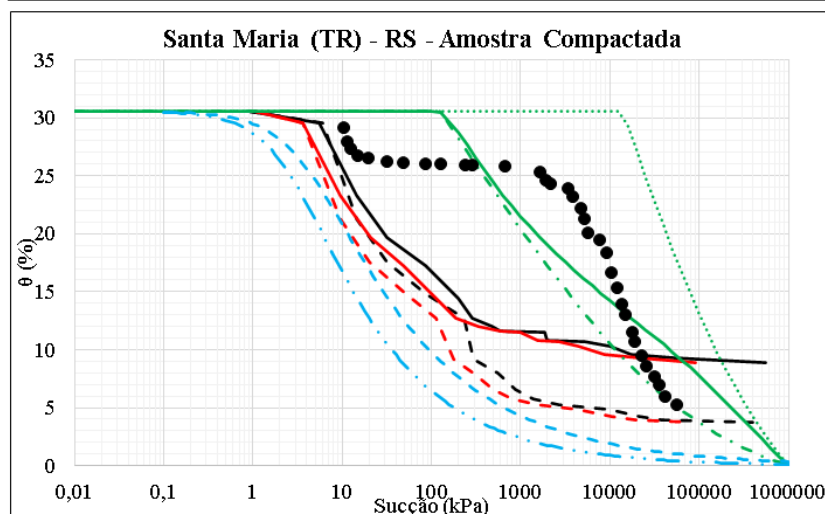
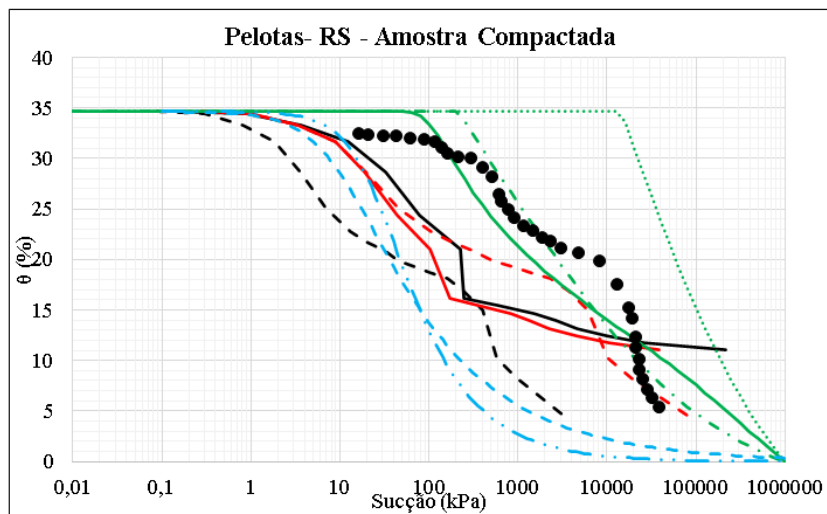


- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- A-G-ND
- - A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- - W-ND\*

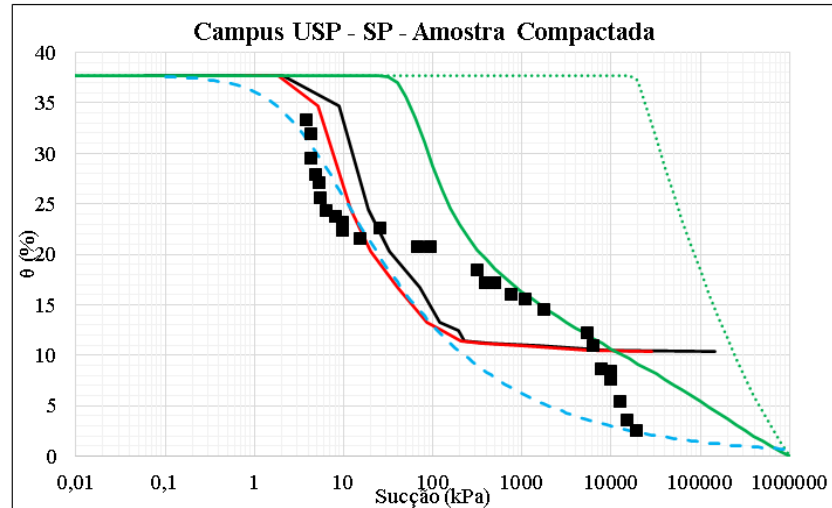
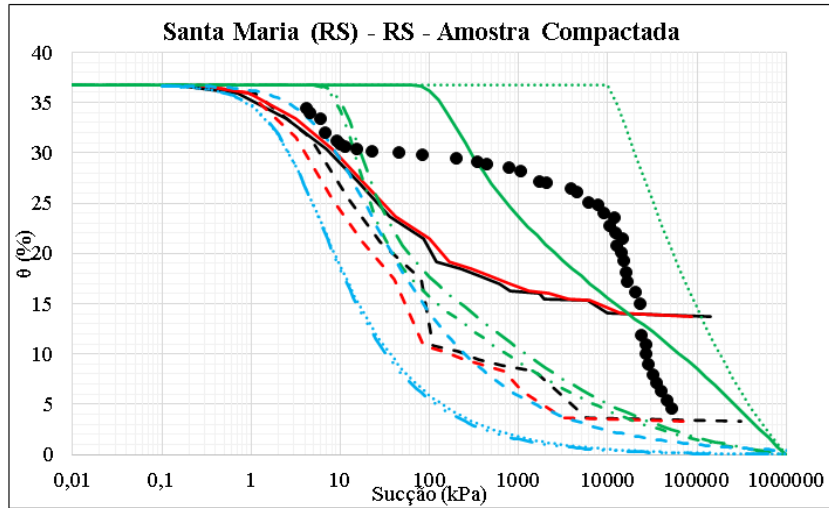




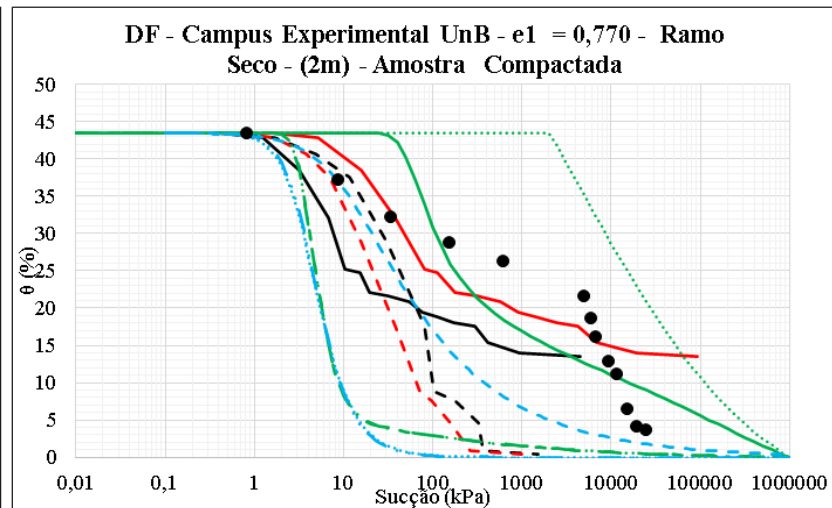
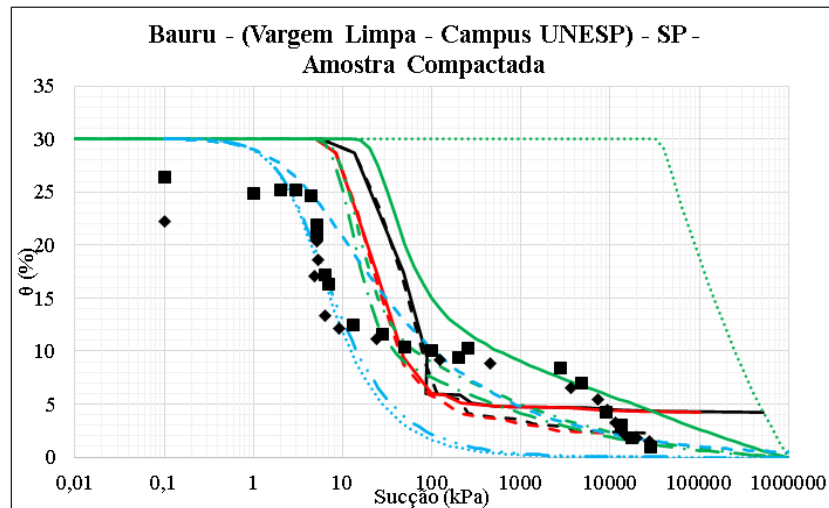
- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ... A-G-D\*
- · - A-G-ND
- · · A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ... W-ND
- · - W-ND\*



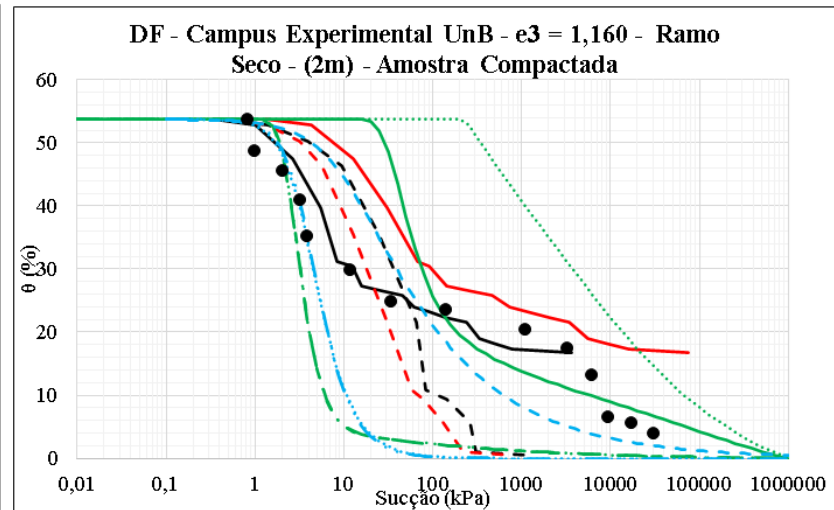
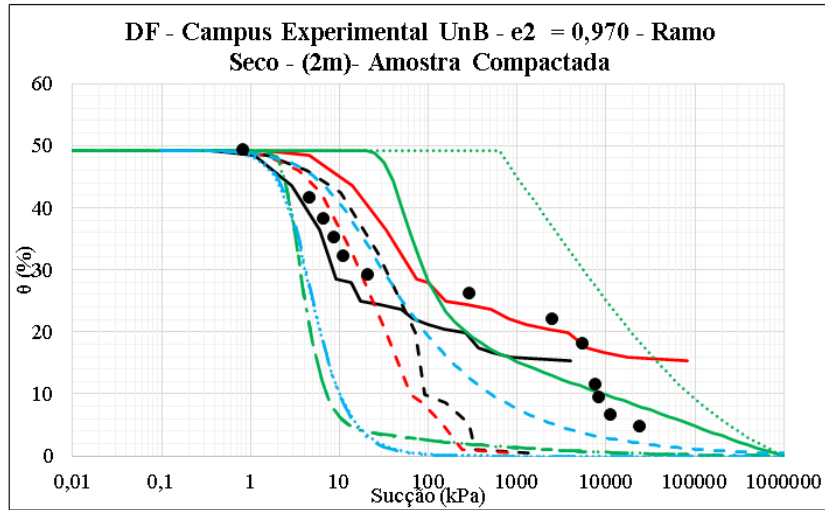
- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ... A-G-D\*
- · - A-G-ND
- · · A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ... W-ND
- · - W-ND\*



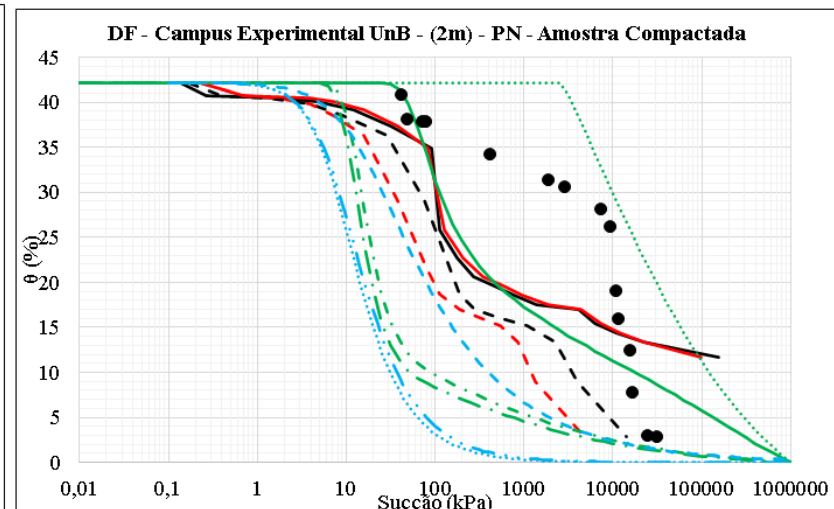
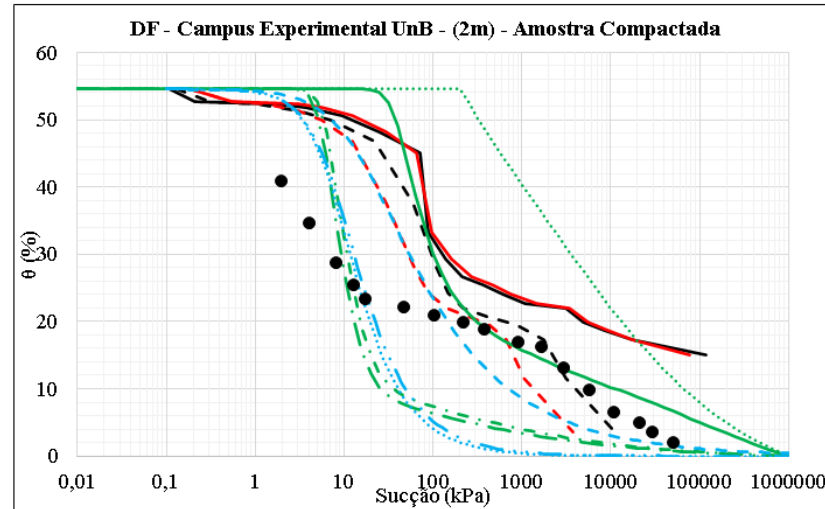
- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- · A-G-ND
- · A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- · W-ND\*



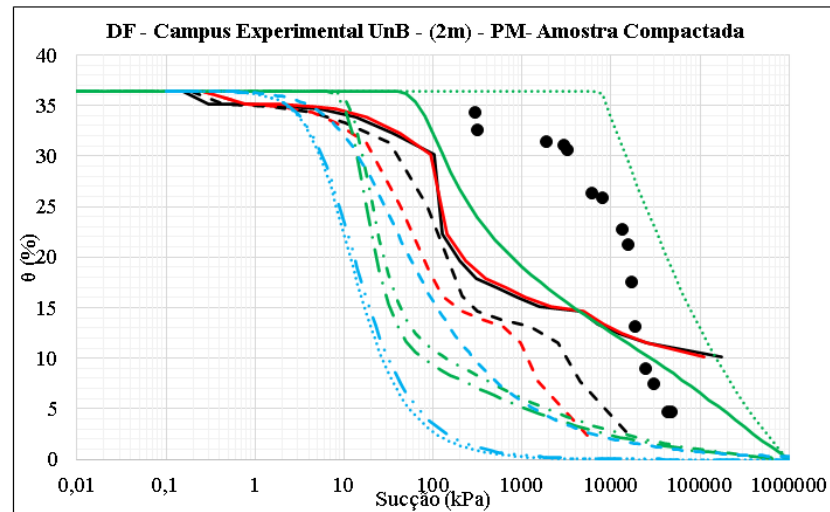
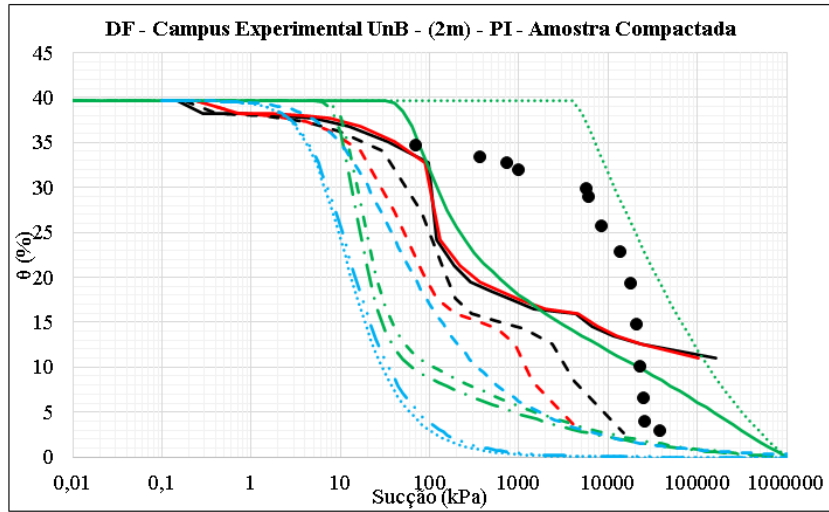
- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- · A-G-ND
- · A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- · W-ND\*



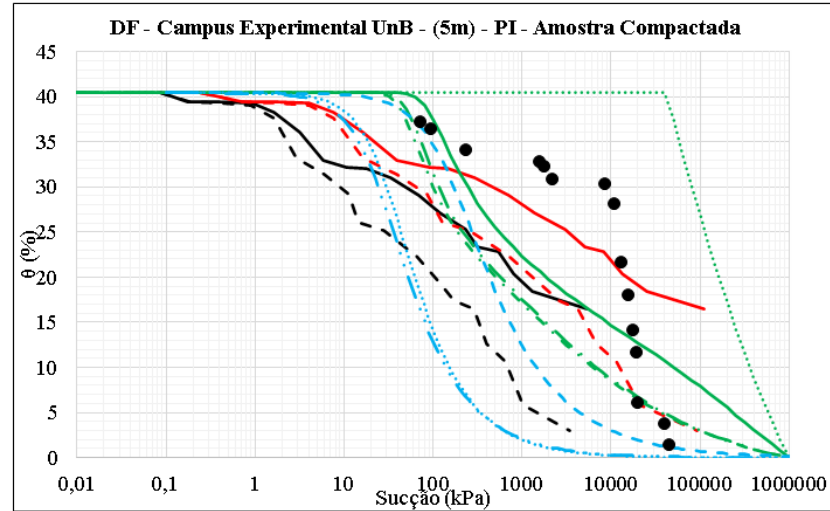
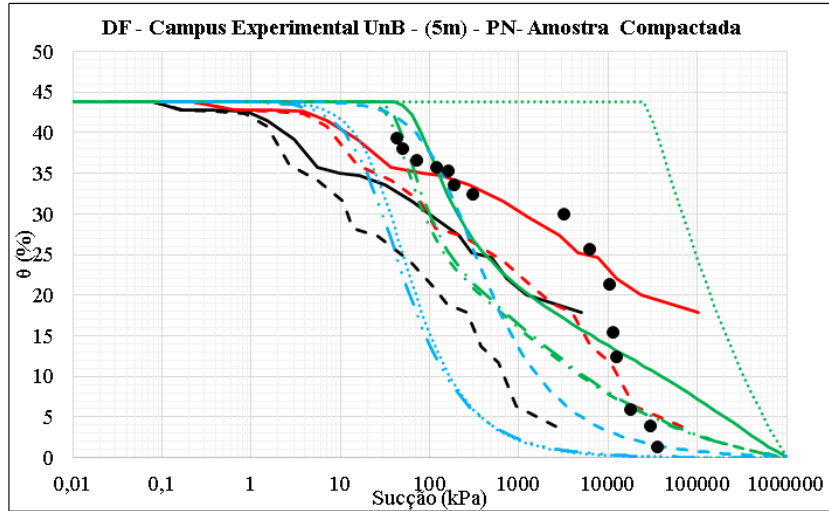
- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- - A-G-ND
- ⋯ A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- - W-ND\*



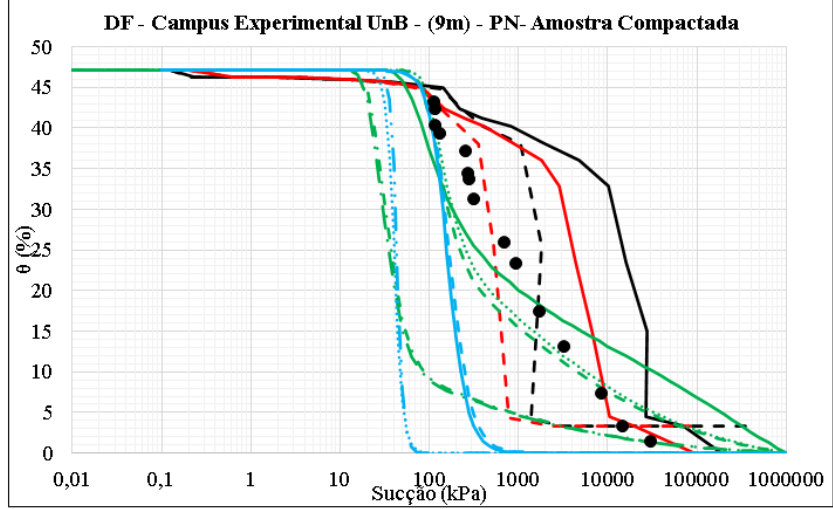
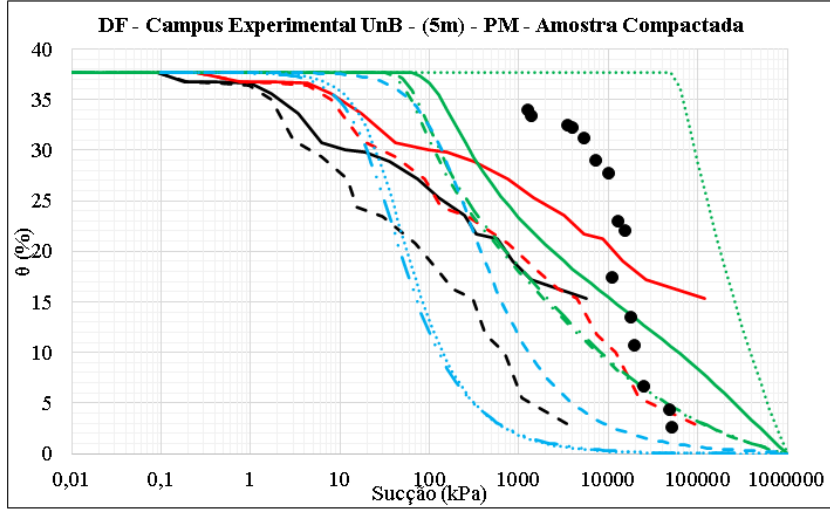
- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- - A-G-ND
- ⋯ A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- - W-ND\*



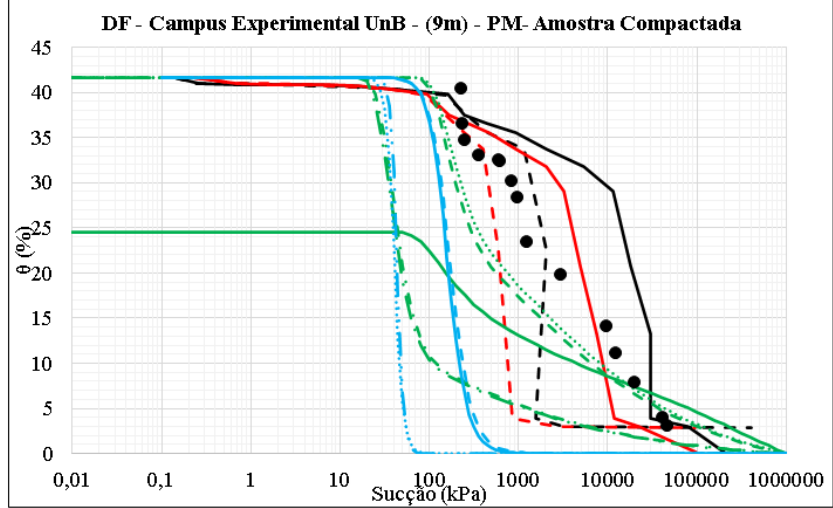
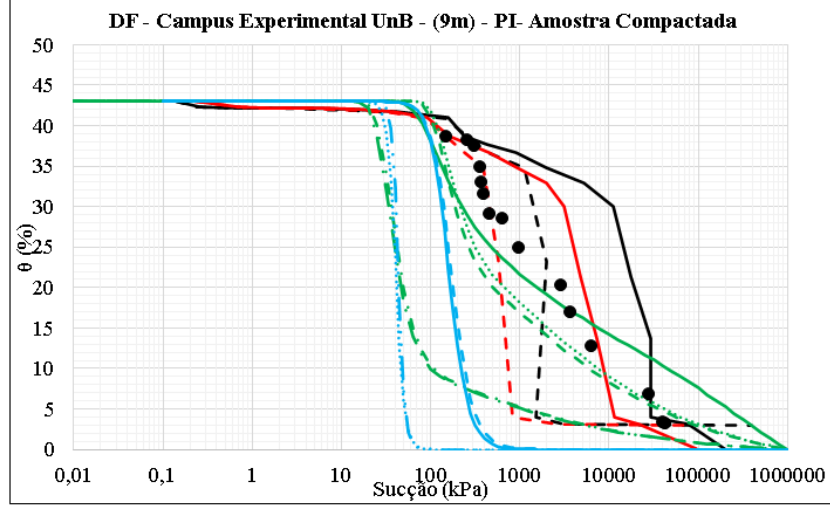
- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- - A-G-ND
- ⋯ A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- - W-ND\*



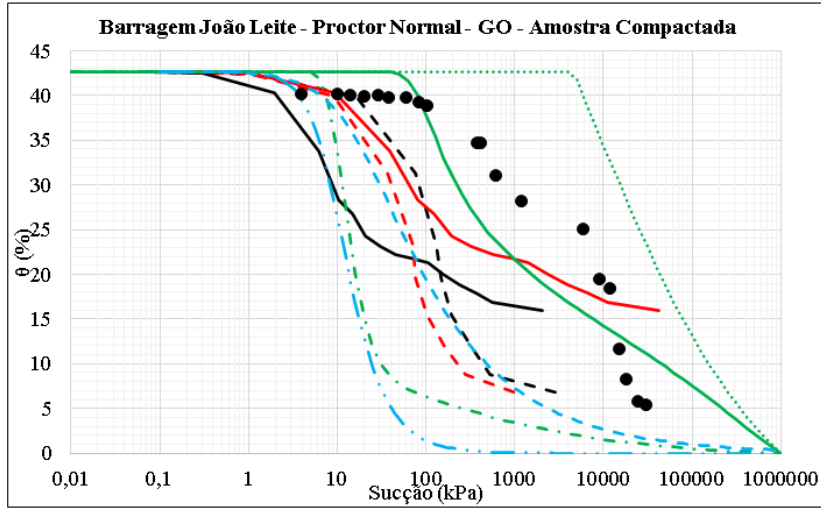
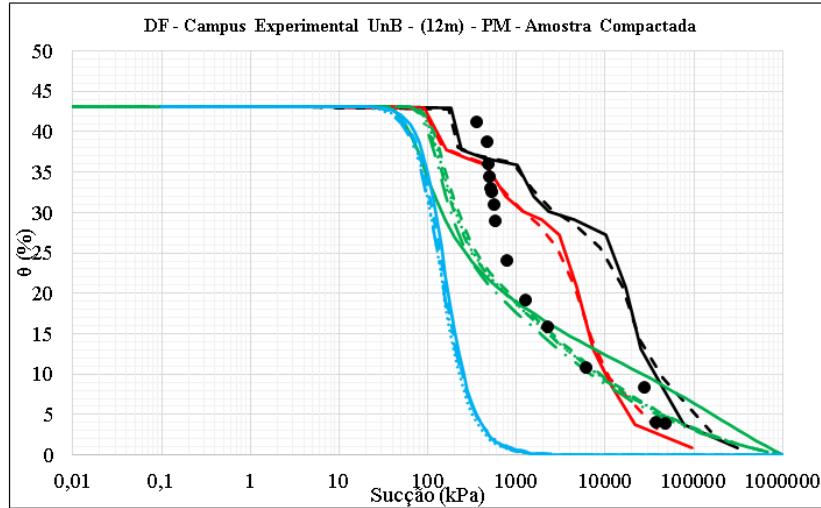
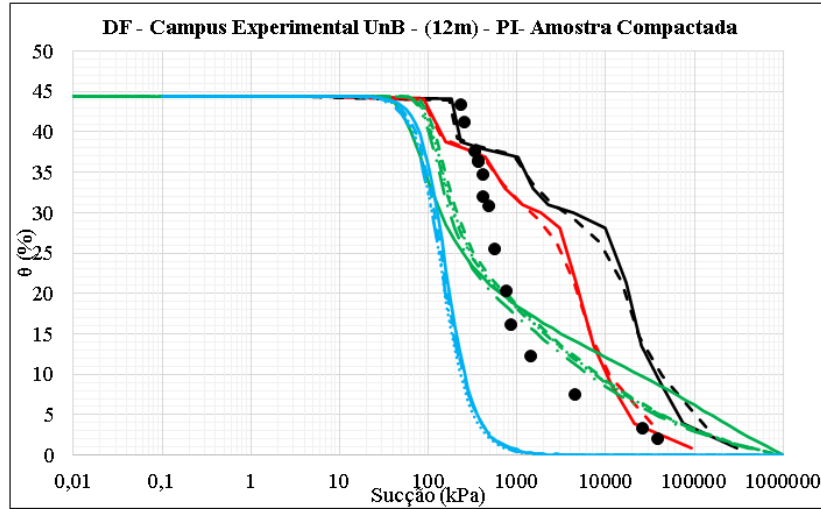
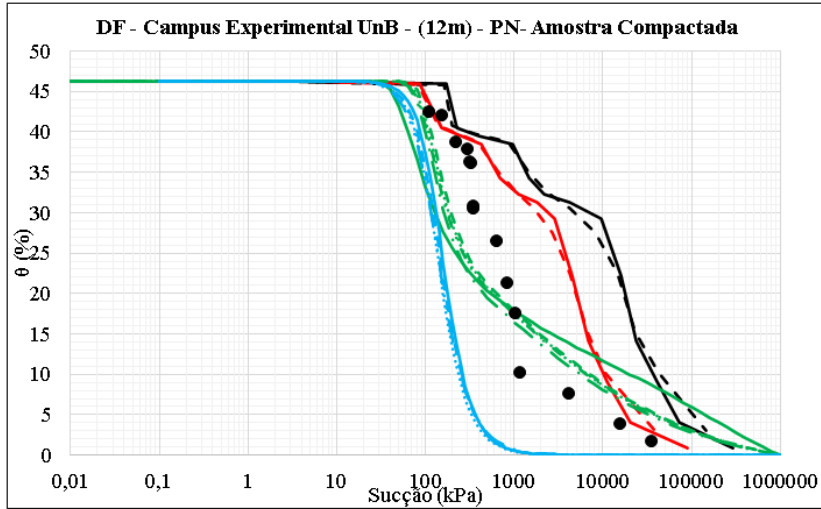
- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- - A-G-ND
- ⋯ A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- - W-ND\*



- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- A-G-ND
- - A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- - W-ND\*



- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- A-G-ND
- - A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- - W-ND\*



- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- · A-G-ND
- · A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- · W-ND\*

- E-D
- ◆ E-W
- E-M
- AP-D
- - AP-ND
- AD-D
- - AD-ND
- A-F
- - A-G-D
- ⋯ A-G-D\*
- · A-G-ND
- · A-G-ND\*
- W-D
- - W-D\*
- ⋯ W-ND
- · W-ND\*

## **ANEXO 08 – AVALIAÇÕES ESTATÍSTICAS DOS MODELOS DE PREVISÕES DA CCSA**

### Para Amostras Indeformadas

<b>Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Indeformada</b>							
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b><math>\alpha</math> original</b>	<b>Medidores de Aderência</b>		<b><math>\alpha</math> modificado</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
			<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ	1,150	0,383	0,092	1,200	0,400	0,091
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	1,459	0,887	0,054	1,470	0,888	0,054
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	1,375	0,459	0,091	1,600	0,536	0,084
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	1,375	0,732	0,055	1,250	0,857	0,040
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m)	1,150	0,456	0,111	1,050	0,671	0,086
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (4m)	1,160	0,605	0,103	1,100	0,613	0,102
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m)	1,160	0,653	0,089	1,100	0,665	0,088
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (6m)	1,160	0,482	0,100	1,200	0,483	0,100
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (8m)	1,150	0,216	0,111	1,330	0,670	0,072

<b>Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Indeformada</b>							
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b><math>\alpha</math> original</b>	<b>Medidores de Aderência</b>		<b><math>\alpha</math> modificado</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
			<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	N. Frib. - Cond. do Lago - RJ	1,459	0,715	0,064	1,660	0,918	0,035
Sudeste	Belo Horizonte - SR3 (2,0 a 3,0 m) - MG	1,150	0,969	0,025	1,150	0,969	0,025
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel - Saprólito)	1,150	-0,373	0,108	1,100	-0,317	0,106
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Geovane Braga - Saprólito)	1,150	-0,040	0,112	1,320	0,712	0,059
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Cidade Jardim - Saprólito)	1,150	0,475	0,107	1,250	0,869	0,053
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	1,459	0,194	0,095	1,300	0,349	0,085
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	1,459	0,735	0,053	1,459	0,735	0,053
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m)	1,150	0,812	0,062	1,180	0,938	0,036
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (10m)	1,150	0,073	0,121	1,200	0,675	0,072
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m)	1,150	0,840	0,067	1,200	0,975	0,026

<b>Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Indeformada</b>							
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b><math>\alpha</math> original</b>	<b>Medidores de Aderência</b>		<b><math>\alpha</math> modificado</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
			<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ	1,150	-0,621	0,149	1,600	0,670	0,067
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	1,459	0,784	0,075	1,650	0,882	0,055
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	1,459	-1,145	0,180	2,000	0,787	0,057
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	1,375	0,724	0,056	1,250	0,784	0,050
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m)	1,459	0,486	0,108	1,160	0,816	0,065
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (4m)	1,375	0,813	0,071	1,300	0,825	0,069
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m)	1,150	0,636	0,092	1,300	0,930	0,040
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (6m)	1,375	0,364	0,111	1,500	0,763	0,068
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (8m)	1,150	0,222	0,110	1,530	0,708	0,068



<b>Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Indeformada</b>							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	N. Frib. - Cond. do Lago - RJ	1,459	0,489	0,086	1,700	0,956	0,025
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel - Saprólito)	1,459	0,710	0,050	1,500	0,763	0,045
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Geovane Braga - Saprólito)	1,459	-0,675	0,142	2,000	0,662	0,064
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Cidade Jardim - Saprólito)	1,375	-0,648	0,190	1,560	0,786	0,068
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	1,459	0,275	0,090	1,300	0,607	0,066
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	1,375	0,764	0,050	1,400	0,776	0,049
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m)	1,150	-1,056	0,205	1,330	0,903	0,045
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (10m)	1,150	0,522	0,087	1,200	0,824	0,053
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m)	1,150	0,845	0,066	1,200	0,977	0,025

<b>Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada</b>							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	Timbé do Sul - SC	1,160	-1,702	0,133	0,800	-0,060	0,084
Sul	São José dos Ausentes - RS	1,160	-0,916	0,136	0,900	0,225	0,086
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	1,459	0,749	0,062	1,600	0,810	0,054
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	1,375	0,646	0,072	1,500	0,697	0,067
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 1 m	1,375	0,522	0,090	1,300	0,536	0,089
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 2 m	1,160	-1,741	0,132	1,500	0,588	0,051
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP	1,459	-0,120	0,097	1,190	0,766	0,044
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	1,459	-3,007	0,179	1,180	0,710	0,048
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - RD Residual - SP	1,459	0,509	0,047	1,560	0,562	0,044
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - CO Colúvio - SP	1,375	-4,893	0,217	1,200	-3,494	0,189
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	1,160	0,456	0,117	1,350	0,486	0,114

<b>Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada</b>							
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b><math>\alpha</math> original</b>	<b>Medidores de Aderência</b>		<b><math>\alpha</math> modificado</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
			<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	Bonfinópolis - GO (Latossolo)	1,459	-0,276	0,133	1,150	0,481	0,085
Centro-Oeste	Senador Canedo - GO - (Cambissolo)	1,459	0,402	0,061	1,850	0,769	0,038
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG - GO	1,150	-6,243	0,206	0,750	-1,488	0,121
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (3,15m)	1,150	0,210	0,061	1,300	0,275	0,059
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (4,15m)	1,375	-0,482	0,081	1,600	0,137	0,062
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (1m)	1,160	-1,618	0,142	1,000	-1,158	0,129
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (2m)	1,375	-3,988	0,199	1,100	-0,267	0,100
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (3m)	1,160	-0,606	0,123	0,950	-0,460	0,117
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	1,375	0,719	0,056	1,200	0,863	0,039

<b>Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Indeformada</b>							
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b><math>\alpha</math> original</b>	<b>Medidores de Aderência</b>		<b><math>\alpha</math> modificado</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
			<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 3 m	1,150	-1,187	0,134	1,350	0,699	0,050
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 5 m	1,150	-1,918	0,184	1,400	0,857	0,041
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 6 m	1,150	-1,918	0,184	1,400	0,857	0,041
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 7 m	1,375	-1,861	0,142	1,700	0,746	0,042
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	1,375	0,391	0,078	1,500	0,588	0,064
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	1,459	-0,029	0,116	1,250	0,690	0,063
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	1,459	-0,080	0,103	1,300	0,835	0,040

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	Timbé do Sul - SC	1,459	-3,007	0,162	1,200	-2,282	0,147
Sul	São José dos Ausentes - RS	1,459	-1,576	0,157	1,700	-0,852	0,133
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	1,459	0,704	0,067	1,550	0,873	0,044
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	1,459	-0,267	0,136	2,000	0,824	0,051
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 1 m	1,459	-0,882	0,179	1,459	-0,882	0,179
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 2 m	1,150	-8,458	0,245	1,800	0,548	0,054
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	1,459	-2,960	0,178	1,190	0,649	0,053
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - RD Residual - SP	1,459	0,250	0,058	1,760	0,650	0,040
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - CO Colúvio - SP	1,459	-2,845	0,175	1,100	0,259	0,077
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	1,150	0,754	0,079	1,350	0,913	0,047
Centro-Oeste	Bonfinópolis - GO (Latosolo)	1,459	0,465	0,086	1,300	0,689	0,066
Centro-Oeste	Senador Canedo - GO - (Cambissolo)	1,459	0,568	0,052	1,750	0,759	0,039
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG - GO	1,375	-7,972	0,230	0,950	0,598	0,049
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (3,15m)	1,459	-1,221	0,103	1,800	-0,223	0,076
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (4,15m)	1,459	-1,694	0,110	1,900	0,441	0,050
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (1m)	1,150	0,402	0,068	1,100	0,590	0,056
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (2m)	1,375	-2,493	0,167	1,100	0,690	0,050
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (3m)	1,150	0,364	0,077	1,100	0,637	0,058
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	1,375	0,626	0,065	1,200	0,688	0,059

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 3 m	1,375	-1,739	0,150	1,600	0,928	0,024
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 5 m	1,375	-1,739	0,179	1,550	0,932	0,028
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 6 m	1,375	-1,739	0,179	1,550	0,932	0,028
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 7 m	1,459	-7,693	0,247	1,800	0,941	0,020
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	1,459	0,213	0,088	1,600	0,839	0,040
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	1,459	-0,018	0,115	1,250	0,843	0,045
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	1,375	0,422	0,076	1,250	0,866	0,036

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	Timbé do Sul - SC	1,160	0,520	0,084	1,190	0,530	0,083
Sul	São José dos Ausentes - RS	1,160	0,526	0,099	1,300	0,694	0,080
Sudeste	S. Conr. - SRJ - RJ	1,459	-0,077	0,115	1,720	0,847	0,043
Sudeste	S. Conr. - SRT = SRM - RJ	1,459	-1,503	0,109	1,750	0,317	0,057
Sudeste	Campus USP - SP	1,459	-0,923	0,134	1,240	0,646	0,057
Sudeste	São Pedro - SP	1,459	-1,213	0,148	1,220	0,891	0,033
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP	1,459	0,041	0,087	1,230	0,613	0,055
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	1,459	-2,551	0,190	1,160	0,932	0,026
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 3 m - SP	1,459	-0,783	0,147	1,180	0,904	0,034
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 5 m - SP	1,459	0,074	0,114	1,220	0,890	0,039
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	1,160	0,456	0,117	1,250	0,499	0,112
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	1,375	0,779	0,049	1,250	0,849	0,040
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	1,459	0,602	0,074	1,400	0,659	0,069

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG	1,375	0,802	0,055	1,400	0,809	0,054

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Unimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	1,375	0,700	0,051	1,450	0,803	0,041
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	1,459	0,605	0,061	1,420	0,728	0,051

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	Timbé do Sul - SC	1,459	-1,433	0,189	1,950	0,341	0,098
Sul	São José dos Ausentes - RS	1,459	-2,138	0,255	1,900	0,845	0,057
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	1,459	-2,509	0,189	1,170	0,873	0,036
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	1,150	0,751	0,079	1,350	0,914	0,046
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	1,375	0,673	0,059	1,350	0,738	0,053
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	1,459	0,640	0,070	1,400	0,773	0,056
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG	1,459	-0,350	0,143	2,300	0,773	0,059

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Secagem - Unimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	1,459	0,406	0,072	1,650	0,907	0,028

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Secagem - Unimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	1,375	0,748	0,049	1,300	0,821	0,041

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ	0,938	0,275	0,100	0,050	0,385	0,092
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	0,938	0,823	0,067	3,000	0,887	0,054
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	0,938	0,520	0,085	4,000	0,572	0,081
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	0,938	0,724	0,056	0,200	0,830	0,044
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m)	0,938	-0,038	0,153	0,003	0,677	0,086
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (4m)	0,938	0,385	0,129	0,020	0,605	0,103
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m)	0,938	0,235	0,133	0,004	0,641	0,091
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (6m)	0,938	0,273	0,119	0,050	0,459	0,103
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (8m)	0,938	0,703	0,068	0,500	0,729	0,065

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	N. Frib. - Cond. do Lago - RJ	0,938	0,570	0,079	25,000	0,952	0,026
Sudeste	Belo Horizonte - SR3 (2,0 a 3,0 m) - MG	0,938	0,248	0,123	0,008	0,961	0,028
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel - Saprólito)	0,938	-3,441	0,194	0,050	-0,471	0,112
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Geovane Braga - Saprólito)	0,938	0,698	0,060	0,400	0,717	0,058
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Cidade Jardim - Saprólito)	0,938	0,376	0,117	0,060	0,854	0,056
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	0,938	0,316	0,087	0,200	0,440	0,079

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	0,938	0,698	0,057	1,800	0,736	0,053
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m)	0,938	-0,917	0,198	0,007	0,940	0,035
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (10m)	0,938	-0,189	0,137	0,010	0,698	0,069
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m)	0,938	0,294	0,140	0,020	0,963	0,032

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ	0,938	-0,104	0,123	120,000	0,593	0,075
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	0,938	0,651	0,095	120,000	0,853	0,062
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	0,938	-1,384	0,190	30000,000	0,769	0,059
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	0,938	0,642	0,064	0,060	0,770	0,051
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m)	0,938	0,540	0,102	60,000	0,875	0,053
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (4m)	0,938	0,810	0,072	0,800	0,812	0,071
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m)	0,938	0,924	0,042	0,800	0,926	0,041
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (6m)	0,938	0,348	0,113	20,000	0,696	0,077
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (8m)	0,938	0,317	0,103	20,000	0,641	0,075

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	N. Frib. - Cond. do Lago - RJ	0,938	0,489	0,086	60,000	0,940	0,029
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel - Saprólito)	0,938	0,679	0,052	6,000	0,872	0,033
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Geovane Braga - Saprólito)	0,938	-1,019	0,155	3000,000	0,900	0,035

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Cidade Jardim - Saprólito)	0,938	-0,417	0,176	25,000	0,840	0,059
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	0,938	0,425	0,080	0,100	0,718	0,056
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	0,938	0,738	0,053	2,000	0,743	0,052
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m)	0,938	0,657	0,084	0,500	0,923	0,040
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (10m)	0,938	0,059	0,122	0,030	0,800	0,056
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m)	0,938	0,316	0,138	0,020	0,965	0,031

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	Timbé do Sul - SC	0,938	-3,664	0,175	2,00E-07	-0,071	0,084
Sul	São José dos Ausentes - RS	0,938	-3,072	0,198	4,00E-06	0,268	0,084
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	0,938	0,426	0,094	15,000	0,842	0,049
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	0,938	0,704	0,066	4,000	0,707	0,066
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 1 m	0,938	0,520	0,091	0,200	0,551	0,088
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 2 m	0,938	0,269	0,068	30,000	0,524	0,055
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP	0,938	0,117	0,086	0,060	0,813	0,040
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	0,938	-2,457	0,166	0,040	0,696	0,049
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - RD Residual - SP	0,938	0,436	0,050	15,000	0,590	0,043
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - CO Colúvio - SP	0,938	-5,184	0,222	1,00E-04	-1,379	0,138
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	0,938	0,469	0,116	0,300	0,495	0,113
Centro-Oeste	Bonfinópolis - GO (Latossolo)	0,938	-0,069	0,122	0,020	0,450	0,087
Centro-Oeste	Senador Canedo - GO - (Cambissolo)	0,938	0,309	0,066	500,000	0,880	0,028
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG - GO	0,938	-12,050	0,277	2,00E-04	-2,354	0,140



Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (3,15m)	0,938	-0,044	0,070	0,400	0,172	0,063
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (4,15m)	0,938	-0,354	0,078	10,000	0,105	0,063
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (1m)	0,938	-6,133	0,235	0,003	-1,372	0,135
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (2m)	0,938	-4,205	0,203	0,005	-0,306	0,102
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (3m)	0,938	-3,126	0,197	0,005	-0,506	0,119
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	0,938	0,704	0,057	0,200	0,819	0,045

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 3 m	0,938	0,745	0,046	3,000	0,748	0,045
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 5 m	0,938	0,856	0,041	2,000	0,897	0,035
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 6 m	0,938	0,856	0,041	2,000	0,897	0,035
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 7 m	0,938	-1,933	0,144	500,000	0,831	0,034
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	0,938	0,484	0,071	30,000	0,755	0,049
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	0,938	0,303	0,095	0,200	0,733	0,059
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	0,938	0,499	0,070	0,200	0,886	0,034

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	Timbé do Sul - SC	0,938	-2,741	0,157	0,009	-1,765	0,135
Sul	São José dos Ausentes - RS	0,938	-2,076	0,172	500,000	-1,796	0,164
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	0,938	-0,061	0,128	15,000	0,858	0,047

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	0,938	-0,524	0,149	10000,000	0,673	0,069
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 1 m	0,938	-0,945	0,182	10000,000	0,296	0,110
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 2 m	0,938	-7,058	0,226	2000,000	0,518	0,055
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	0,938	-2,413	0,165	0,050	0,738	0,046
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - RD Residual - SP	0,938	-0,174	0,072	60,000	0,728	0,035
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - CO Colúvio - SP	0,938	-2,092	0,157	0,020	0,297	0,075
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	0,938	0,910	0,048	0,500	0,911	0,047
Centro-Oeste	Bonfinópolis - GO (Latossolo)	0,938	0,556	0,078	0,050	0,713	0,063
Centro-Oeste	Senador Canedo - GO - (Cambissolo)	0,938	0,385	0,062	200,000	0,868	0,029
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG - GO	0,938	-8,460	0,236	2,00E-04	0,577	0,050
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (3,15m)	0,938	-0,931	0,096	1000,000	-0,495	0,084
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (4,15m)	0,938	-2,256	0,121	5000,000	0,187	0,060
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (1m)	0,938	-3,974	0,196	0,003	0,574	0,057
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (2m)	0,938	-2,701	0,172	0,003	0,709	0,048
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (3m)	0,938	-1,468	0,152	0,005	0,647	0,058
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	0,938	0,607	0,066	0,060	0,717	0,056

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 3 m	0,938	-1,832	0,152	60,000	0,922	0,025
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 5 m	0,938	-1,674	0,176	20,000	0,948	0,025
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 6 m	0,938	-1,674	0,176	20,000	0,948	0,025
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 7 m	0,938	-9,504	0,272	1200,000	0,904	0,026

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	0,938	-0,174	0,108	140,000	0,923	0,028
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	0,938	0,332	0,093	0,100	0,875	0,040
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	0,938	0,386	0,078	2,000	0,899	0,032

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	Timbé do Sul - SC	0,938	0,443	0,091	0,007	0,550	0,081
Sul	São José dos Ausentes - RS	0,938	0,644	0,086	0,200	0,702	0,079
Sudeste	S. Conr. - SRJ - RJ	0,938	-0,474	0,135	150,000	0,937	0,028
Sudeste	S. Conr. - SRT = SRM - RJ	0,938	-1,955	0,118	30,000	-0,027	0,070
Sudeste	Campus USP - SP	0,938	-0,239	0,107	0,100	0,637	0,058
Sudeste	São Pedro - SP	0,938	-0,275	0,113	0,090	0,889	0,033
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP	0,938	0,155	0,081	0,100	0,666	0,051
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	0,938	-1,817	0,170	0,040	0,934	0,026
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 3 m - SP	0,938	-0,501	0,135	0,050	0,921	0,031
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 5 m - SP	0,938	0,294	0,100	0,100	0,913	0,035
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	0,938	0,470	0,115	0,200	0,498	0,112
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	0,938	0,772	0,049	0,200	0,867	0,038
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	0,938	0,710	0,063	0,200	0,748	0,059
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG	0,938	0,814	0,053	0,800	0,815	0,053

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Unimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	0,938	0,756	0,046	4,000	0,817	0,040
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	0,938	0,756	0,048	0,800	0,759	0,048

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	Timbé do Sul - SC	0,938	-1,634	0,197	20000,000	0,550	0,081
Sul	São José dos Ausentes - RS	0,938	-2,510	0,270	15000,000	0,817	0,062
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	0,938	-1,792	0,169	0,050	0,921	0,028
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	0,938	0,911	0,047	0,500	0,912	0,047
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	0,938	0,650	0,061	0,500	0,706	0,056
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	0,938	0,801	0,052	1,200	0,806	0,052
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG	0,938	-0,600	0,156	500000,000	0,626	0,075

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Secagem - Unimodal - Indeformada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	0,938	-0,191	0,101	140,000	0,899	0,029
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	0,938	0,735	0,050	0,200	0,818	0,042

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Mista - Bimodal - Indeformada</b>			
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ	0,542	0,079
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	0,667	0,093
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	0,715	0,066
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-0,619	0,136
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m)	0,258	0,130
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (4m)	0,706	0,089
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m)	0,755	0,075
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (6m)	0,533	0,095
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (8m)	0,489	0,090

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Secagem - Bimodal - Indeformada</b>			
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	Timbé do Sul - SC	0,682	0,068
Sul	São José dos Ausentes - RS	-0,075	0,149
Sudeste	S. Conr. - SRT = SRM - RJ	-1,440	0,107
Sudeste	Campus USP - SP	-1,817	0,162
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP	0,100	0,084
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	-2,773	0,196
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 3 m - SP	-0,916	0,152
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 5 m - SP	-0,089	0,124
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	0,871	0,057
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-0,554	0,129
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	-0,189	0,128

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Secagem - Bimodal - Indeformada</b>			
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG	0,479	0,089

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada</b>			
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	Timbé do Sul - SC	-3,006	0,162
Sul	São José dos Ausentes - RS	-1,471	0,154
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	0,006	0,124
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	0,583	0,078
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 1 m	-0,385	0,154
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 2 m	-2,834	0,156
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP	-0,267	0,103
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	-3,227	0,184
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - RD Residual - SP	0,434	0,050
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - CO Colúvio - SP	-6,113	0,238
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	0,870	0,057
Centro-Oeste	Bonfinópolis - GO (Latossolo)	-0,249	0,131
Centro-Oeste	Senador Canedo - GO - (Cambissolo)	0,333	0,065
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG - GO	-9,814	0,252
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (3,15m)	-0,599	0,087
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (4,15m)	0,105	0,063
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (1m)	-4,723	0,210
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (2m)	-4,071	0,201
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (3m)	-2,581	0,184

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada</b>			
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-0,800	0,142

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Mista - Unimodal - Indeformada</b>			
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Belo Horizonte - SR3 (2,0 a 3,0 m) - MG	0,909	0,043
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel - Saprólito)	-3,430	0,194
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Geovane Braga - Saprólito)	0,809	0,048
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Cidade Jardim - Saprólito)	0,926	0,040
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	-1,024	0,150
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	-0,102	0,108
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m)	0,558	0,095
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (10m)	0,860	0,047
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m)	0,744	0,085

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Secagem - Unimodal - Indeformada</b>			
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	0,684	0,052
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	-0,389	0,115

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Umedecimento - Unimodal - Indeformada</b>			
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 3 m	0,768	0,044
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 5 m	0,494	0,077
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 6 m	0,494	0,077
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 7 m	-1,414	0,130
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	0,721	0,053
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	-1,415	0,177
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	-2,032	0,173

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ	-	-	-2,700	0,225
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	0,221	0,142	0,222	0,141
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	-	-	0,075	0,118
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-	-	-3,835	0,236
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m)	-	-	-0,385	0,177
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (4m)	-	-	0,126	0,154
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m)	-	-	-1,283	0,229
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (6m)	-	-	-1,330	0,213
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (8m)	0,491	0,089	0,536	0,085



<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	N. Frib. - Cond. do Lago - RJ	0,677	0,068	0,705	0,065
Sudeste	Belo Horizonte - SR3 (2,0 a 3,0 m) - MG	-	-	-0,318	0,163
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel - Saprólito)	-	-	-10,774	0,316
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Geovane Braga - Saprólito)	-	-	0,904	0,034
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Cidade Jardim - Saprólito)	0,643	0,088	0,683	0,083
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	0,204	0,094	0,249	0,091
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	-0,788	0,138	-0,518	0,127
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m)	0,444	0,107	0,523	0,099
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (10m)	0,767	0,061	0,782	0,059
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m)	0,870	0,060	0,859	0,063

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ	-0,361	0,136	-0,384	0,137
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	-1,702	0,264	-1,547	0,256
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	-2,596	0,234	-2,606	0,234
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-0,025	0,108	-0,051	0,110
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m)	0,596	0,096	0,579	0,098
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (4m)	-	-	0,743	0,084
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m)	0,616	0,094	0,577	0,099
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (6m)	-0,116	0,147	-0,021	0,141

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (8m)	0,169	0,114	0,191	0,113

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	N. Frib. - Cond. do Lago - RJ	-1,214	0,179	-1,096	0,174
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel - Saprólito)	-1,969	0,159	-1,940	0,158
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Geovane Braga - Saprólito)	-2,416	0,202	-2,375	0,201
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Cidade Jardim - Saprólito)	-3,639	0,318	-3,648	0,319
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	-	-	0,167	0,096
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	-	-	-2,084	0,182
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m)	-1,157	0,210	-1,110	0,208
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (10m)	0,844	0,050	0,838	0,051
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m)	0,832	0,068	0,853	0,064

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	Timbé do Sul - SC	-	-	-10,694	0,277
Sul	São José dos Ausentes - RS	-	-	-3,718	0,213
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	-1,034	0,177	-1,048	0,177

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	-	-	-0,500	0,148
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 1 m	-	-	0,494	0,093
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 2 m	-	-	0,176	0,072
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP	-	-	-3,167	0,187
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	-	-	-9,100	0,284
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - RD Residual - SP	-	-	-13,238	0,252
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - CO Colúvio - SP	-	-	-12,174	0,324
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	-	-	-0,142	0,170
Centro-Oeste	Bonfinópolis - GO (Latossolo)	-	-	-2,308	0,214
Centro-Oeste	Senador Canedo - GO - (Cambissolo)	-	-	-2,011	0,138
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG - GO	-	-	-16,870	0,324
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (3,15m)	-	-	-7,143	0,197
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (4,15m)	-	-	-0,487	0,082
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (1m)	-	-	-9,812	0,289
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (2m)	-	-	-6,967	0,252
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (3m)	-	-	-4,501	0,227
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-	-	-3,678	0,228

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 3 m	-	-	0,803	0,040

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 5 m	-0,995	0,152	-1,081	0,156
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 6 m	-0,995	0,152	-1,081	0,156
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 7 m	-6,173	0,225	-5,769	0,218
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	-	-	0,761	0,049
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	0,454	0,084	0,445	0,085
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	0,347	0,080	0,432	0,075

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	Timbé do Sul - SC	-2,758	0,157	-2,652	0,155
Sul	São José dos Ausentes - RS	-3,961	0,218	-4,171	0,223
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	-3,404	0,260	-3,227	0,255
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	-1,468	0,190	-1,477	0,190
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 1 m	-	-	-1,976	0,226
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 2 m	-8,656	0,247	-8,794	0,249
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	-0,480	0,109	-1,059	0,128
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - RD Residual - SP	-0,791	0,090	-0,793	0,090
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - CO Colúvio - SP	-	-	-9,283	0,287
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	-	-	0,530	0,109
Centro-Oeste	Bonfinópolis - GO (Latossolo)	-	-	-0,456	0,142
Centro-Oeste	Senador Canedo - GO - (Cambissolo)	0,423	0,060	0,514	0,055

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG - GO	-	-	-9,457	0,248
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (3,15m)	-	-	-3,123	0,140
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (4,15m)	-	-	-6,013	0,177
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (1m)	-	-	-1,294	0,133
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (2m)	-	-	-2,356	0,163
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (3m)	-	-	-1,924	0,166
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-0,010	0,106	-0,056	0,108

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 3 m	-4,309	0,209	-4,317	0,209
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 5 m	-4,844	0,261	-4,914	0,262
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 6 m	-4,844	0,261	-4,914	0,262
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 7 m	-10,604	0,286	-10,623	0,286
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	-1,639	0,162	-1,543	0,159
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	-	-	0,453	0,084
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	-	-	-0,835	0,135

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	Timbé do Sul - SC	-	-	-1,922	0,207
Sul	São José dos Ausentes - RS	-	-	0,797	0,065
Sudeste	S. Conr. - SRJ - RJ	-3,086	0,224	-3,388	0,232
Sudeste	S. Conr. - SRT = SRM - RJ	-	-	-1,230	0,103
Sudeste	Campus USP - SP	-	-	-7,752	0,285
Sudeste	São Pedro - SP	-	-	-5,704	0,239
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP	-	-	-3,037	0,177
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	-	-	-8,000	0,303
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 3 m - SP	-	-	-4,120	0,249
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 5 m - SP	-	-	-2,340	0,217
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	-	-	-0,145	0,169
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-	-	-4,468	0,242
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	0,200	0,105	0,342	0,095
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG	-	-	-0,212	0,136

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Unimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	-	-	0,746	0,047
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	-0,146	0,105	0,056	0,095

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	Timbé do Sul - SC	-2,704	0,233	-2,517	0,227
Sul	São José dos Ausentes - RS	-4,281	0,331	-4,399	0,335
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	-0,180	0,110	-0,581	0,127
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	-	-	0,518	0,110
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-0,231	0,115	-0,237	0,115
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	-	-	0,099	0,111
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG	-2,801	0,240	-2,774	0,240

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Secagem - Unimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	-0,322	0,107	-0,284	0,105
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	-	-	-1,677	0,160

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ	-	-	0,044	0,114
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	-0,024	0,162	-0,016	0,162
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	-	-	-0,462	0,149
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-	-	0,490	0,077

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m)	-	-	0,452	0,111
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (4m)	-	-	-0,127	0,175
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m)	-	-	0,566	0,100
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (6m)	-	-	0,302	0,117
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (8m)	-0,349	0,145	-0,330	0,144

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	N. Frib. - Cond. do Lago - RJ	-0,362	0,141	-0,354	0,140
Sudeste	Belo Horizonte - SR3 (2,0 a 3,0 m) - MG	-	-	0,927	0,038
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel - Saprólito)	-	-	0,938	0,023
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Geovane Braga - Saprólito)	-	-	-1,129	0,160
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Cidade Jardim - Saprólito)	0,221	0,130	0,258	0,127
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	-0,044	0,108	0,012	0,105
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	-1,164	0,152	-0,995	0,146
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m)	-0,599	0,181	-0,352	0,166
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (10m)	-0,554	0,157	-0,538	0,156
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m)	0,486	0,120	0,464	0,122



<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Campus II Puc Rio - RJ	-0,608	0,148	-0,613	0,148
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	-1,015	0,228	-0,888	0,220
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	-2,321	0,225	-2,325	0,225
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-0,072	0,111	-0,125	0,114
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m)	0,509	0,106	0,506	0,106
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (4m)	-	-	0,046	0,161
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m)	0,398	0,118	0,349	0,122
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (6m)	-0,215	0,154	-0,156	0,150
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (8m)	-0,265	0,141	-0,245	0,140

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	N. Frib. - Cond. do Lago - RJ	-1,609	0,195	-1,520	0,191
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Túnel - Saprólito)	-2,595	0,175	-2,588	0,175
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Geovane Braga - Saprólito)	-3,146	0,223	-3,117	0,222
Centro-Oeste	Anápolis - Go - (Voçoroca Cidade Jardim - Saprólito)	-3,722	0,321	-3,737	0,322
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	-	-	-0,085	0,110
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	-	-	-2,747	0,200
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m)	-2,013	0,248	-1,909	0,244
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (10m)	-0,232	0,140	-0,281	0,143
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m)	0,404	0,129	0,456	0,123

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	Timbé do Sul - SC	-	-	-2,833	0,159
Sul	São José dos Ausentes - RS	-	-	-2,473	0,183
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	-1,495	0,196	-1,494	0,196
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	-	-	0,191	0,109
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 1 m	-	-	-1,046	0,187
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 2 m	-	-	-7,472	0,232
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP	-	-	0,690	0,051
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	-	-	-0,770	0,119
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - RD Residual - SP	-	-	0,354	0,054
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - CO Colúvio - SP	-	-	-4,494	0,209
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	-	-	0,763	0,077
Centro-Oeste	Bonfinópolis - GO (Latossolo)	-	-	0,259	0,101
Centro-Oeste	Senador Canedo - GO - (Cambissolo)	-	-	-0,587	0,100
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG - GO	-	-	-8,883	0,241
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (3,15m)	-	-	-1,602	0,111
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (4,15m)	-	-	-4,677	0,159
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (1m)	-	-	-3,729	0,191
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (2m)	-	-	-2,423	0,165
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (3m)	-	-	-1,436	0,151
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-	-	0,490	0,075

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 3 m	-	-	-3,077	0,183
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 5 m	-3,247	0,222	-3,311	0,224
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 6 m	-3,247	0,222	-3,311	0,224
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 7 m	-10,482	0,284	-10,310	0,282
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	-	-	-1,330	0,152
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	0,617	0,071	0,638	0,069
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	0,197	0,089	0,296	0,084

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	Timbé do Sul - SC	-3,134	0,165	-2,842	0,159
Sul	São José dos Ausentes - RS	-4,298	0,226	-3,953	0,218
Sudeste	Tinguá - SRJ - RJ	-3,343	0,258	-3,193	0,254
Sudeste	Tinguá - CT - RJ	-1,389	0,187	-1,391	0,187
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 1 m	-	-	-2,155	0,232
Sudeste	Ouro Preto - MG - Amostra 2 m	-9,874	0,263	-9,942	0,263
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	0,394	0,070	0,294	0,075
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - RD Residual - SP	-1,587	0,108	-1,596	0,108
Sudeste	Barra do Turvo - Serra Pelada - CO Colúvio - SP	-	-	-1,928	0,153
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	-	-	0,227	0,140
Centro-Oeste	Bonfinópolis - GO (Latossolo)	-	-	-0,328	0,135

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	Senador Canedo - GO - (Cambissolo)	-1,671	0,130	-1,660	0,129
Centro-Oeste	Goiânia - Campus UFG - GO	-	-	-8,025	0,230
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (3,15m)	-	-	-4,576	0,163
Centro-Oeste	Goiânia - Barragem João Leite - GO - (4,15m)	-	-	-9,361	0,215
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (1m)	-	-	-2,110	0,155
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (2m)	-	-	-2,424	0,165
Centro-Oeste	Goiânia - Jardim Atlântico - GO - (3m)	-	-	-2,530	0,182
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	0,079	0,101	0,013	0,105

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	Timbé do Sul - SC	-	-	-0,095	0,127
Sul	São José dos Ausentes - RS	-	-	-1,276	0,217
Sudeste	S. Conr. - SRJ - RJ	-2,974	0,221	-3,142	0,226
Sudeste	S. Conr. - SRT = SRM - RJ	-	-	-3,672	0,149
Sudeste	Campus USP - SP	-	-	0,218	0,085
Sudeste	São Pedro - SP	-	-	0,277	0,085
Sudeste	Bauru - (Jardim Nicéia) - SP	-	-	0,701	0,048
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	-	-	-0,698	0,132
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 3 m - SP	-	-	0,302	0,092
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 5 m - SP	-	-	0,741	0,060

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	-	-	0,758	0,078
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-	-	0,472	0,075
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	-0,241	0,131	-0,155	0,126
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG	-	-	0,194	0,111

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Unimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	-	-	-0,466	0,112
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	-0,794	0,131	-0,637	0,125

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	Timbé do Sul - SC	-2,972	0,242	-2,808	0,237
Sul	São José dos Ausentes - RS	-4,006	0,322	-4,041	0,323
Sudeste	Bauru - (Vargem Limpa - UNESP) - Amostra 1 m - SP	0,517	0,070	0,434	0,076
Centro-Oeste	Itumbiara - UHE - GO	-	-	0,211	0,141
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (1 a 1,5m)	-0,285	0,118	-0,332	0,120
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (2 a 2,4m)	-	-	-0,302	0,134
Centro-Oeste	Taguatinga - DF- EPTG	-2,435	0,229	-2,414	0,228

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Secagem - Unimodal - Indeformada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	Campus UFMG - Pampulha - MG	-0,863	0,127	-0,854	0,127
Centro-Oeste	Aparecida de Goiânia - Campus Furnas - GO - (4,6 a 4,9m)	-	-	-2,164	0,174

Para Amostras Compactadas

<b>Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Compactada</b>							
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b><math>\alpha</math> original</b>	<b>Medidores de Aderência</b>		<b><math>\alpha</math> modificado</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
			<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	RS - Coronel Barros	1,160	0,374	0,079	1,200	0,389	0,078
Sul	RS - Pelotas	1,459	0,238	0,075	1,800	0,840	0,034
Sul	RS - Santa Maria - TR	1,459	-0,331	0,084	2,000	0,704	0,039
Sul	RS - Santa Maria - RS	1,375	0,764	0,075	1,800	0,879	0,054
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e1 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	1,160	0,522	0,078	1,350	0,737	0,058
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e2 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	1,160	0,793	0,057	1,200	0,840	0,050
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e3 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	1,160	0,825	0,061	1,100	0,852	0,056
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - (C.R.B)	1,375	-1,338	0,151	1,050	0,607	0,062
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PN - (J.F.B.L)	1,375	0,437	0,089	1,700	0,611	0,074
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PI - (J.F.B.L)	1,375	-0,048	0,105	1,800	0,448	0,076
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PN- (J.F.B.L)	1,160	0,474	0,087	1,350	0,569	0,079
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PI - (J.F.B.L)	1,160	0,094	0,106	1,400	0,444	0,083

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Compactada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PM - (J.F.B.L)	1,375	-0,394	0,113	1,850	0,588	0,061
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PM - (J.F.B.L)	1,160	-0,401	0,120	1,600	-0,026	0,103
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PN - (J.F.B.L)	1,459	-0,187	0,141	1,300	0,806	0,057
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PI - (J.F.B.L)	1,459	0,339	0,092	1,300	0,823	0,048
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PM - (J.F.B.L)	1,459	0,413	0,086	1,330	0,798	0,050
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PN - (J.F.B.L)	1,459	-0,140	0,136	1,250	0,842	0,051
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PI - (J.F.B.L)	1,459	0,110	0,119	1,250	0,826	0,028
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PM - (J.F.B.L)	1,459	0,450	0,085	1,300	0,767	0,055

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Compactada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	RS - Coronel Barros	1,459	-1,383	0,153	2,000	0,686	0,056
Sul	RS - Pelotas	1,150	-1,142	0,125	1,700	0,623	0,053
Sul	RS - Santa Maria - TR	1,459	-1,756	0,120	2,000	0,621	0,045
Sul	RS - Santa Maria - RS	1,459	0,167	0,141	2,000	0,804	0,068
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e1 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	1,459	-0,524	0,138	2,000	0,773	0,053
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e2 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	1,459	0,145	0,116	1,950	0,379	0,099
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e3 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	1,459	0,419	0,112	1,400	0,459	0,108
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - (C.R.B)	1,459	-0,417	0,117	1,150	0,300	0,082
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PN - (J.F.B.L)	1,459	-0,248	0,133	1,900	0,712	0,064
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PI - (J.F.B.L)	1,459	-1,236	0,154	2,000	0,653	0,061
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PN- (J.F.B.L)	1,150	-0,540	0,149	1,600	0,578	0,078
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PI - (J.F.B.L)	1,150	-1,799	0,187	1,600	0,477	0,081

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Compactada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PM - (J.F.B.L)	1,459	-1,821	0,161	2,050	0,670	0,055
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PM - (J.F.B.L)	1,150	-3,350	0,211	1,600	0,059	0,098
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PN - (J.F.B.L)	1,459	0,644	0,077	1,400	0,646	0,077
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PI - (J.F.B.L)	1,459	0,545	0,076	1,500	0,646	0,067
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PM - (J.F.B.L)	1,459	0,640	0,067	1,500	0,737	0,057
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PN - (J.F.B.L)	1,459	-0,116	0,135	1,250	0,873	0,045
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PI - (J.F.B.L)	1,459	0,092	0,120	1,250	0,867	0,021
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PM - (J.F.B.L)	1,459	0,440	0,086	1,300	0,825	0,048

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Compactada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - Ramo Seco	1,459	0,692	0,083	1,459	0,692	0,083
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - w ótima	1,459	0,658	0,092	1,470	0,662	0,091
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - w ótima	1,459	0,582	0,102	1,500	0,588	0,101
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - Ramo Seco	1,459	-0,098	0,133	1,800	0,645	0,076
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - w ótima	1,459	-0,586	0,155	1,800	0,394	0,096
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - Ramo Seco	1,459	-0,708	0,167	1,800	0,349	0,103
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	1,459	-1,005	0,088	1,180	0,716	0,033

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Compactada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - Ramo Seco	1,459	-0,014	0,113	1,400	0,085	0,108



Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Compactada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - w ótima	1,459	-0,002	0,120	1,400	0,069	0,115
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - Ramo Seco	1,459	0,156	0,113	1,400	0,184	0,111

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Compactada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	1,459	-1,040	0,089	1,180	0,617	0,038

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Compactada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	(SP) - Campus USP	1,459	0,335	0,066	1,300	0,662	0,047
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	1,459	0,136	0,073	1,200	0,783	0,037
Sudeste	Barragem João Leite - Proctor Normal - (M.A.A.L)	1,150	-0,197	0,130	1,700	0,707	0,064

Modelo de Arya e Paris (1981) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Compactada							
Região	Local	$\alpha$ original	Medidores de Aderência		$\alpha$ modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	1,459	0,123	0,074	1,200	0,698	0,043
Sudeste	Barragem João Leite - Proctor Normal - (M.A.A.L)	1,459	-0,074	0,123	1,800	0,872	0,043

<b>Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Compactada</b>							
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b><math>\alpha^*</math> (cm) original</b>	<b>Medidores de Aderência</b>		<b><math>\alpha^*</math> (cm) modificado</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
			<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	RS - Coronel Barros	0,938	0,198	0,089	0,200	0,325	0,082
Sul	RS - Pelotas	0,938	-0,042	0,087	200,000	0,854	0,033
Sul	RS - Santa Maria - TR	0,938	-0,558	0,090	10000,000	0,717	0,039
Sul	RS - Santa Maria - RS	0,938	0,778	0,073	1000,000	0,876	0,054
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e1 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	0,938	0,763	0,055	1,200	0,766	0,054
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e2 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	0,938	0,600	0,079	0,070	0,846	0,049
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e3 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	0,938	0,479	0,106	0,020	0,848	0,057
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - (C.R.B)	0,938	-1,434	0,154	0,001	0,667	0,057
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PN - (J.F.B.L)	0,938	0,455	0,088	100,000	0,597	0,075
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PI - (J.F.B.L)	0,938	-0,002	0,103	1000,000	0,462	0,075
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PN - (J.F.B.L)	0,938	0,542	0,081	0,800	0,554	0,080
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PI - (J.F.B.L)	0,938	0,482	0,080	0,800	0,481	0,080

<b>Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Com Deflocunte - CCSA Mista - Unimodal - Compactada</b>							
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b><math>\alpha^*</math> (cm) original</b>	<b>Medidores de Aderência</b>		<b><math>\alpha^*</math> (cm) modificado</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
			<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PM - (J.F.B.L)	0,938	-0,331	0,110	3000,000	0,618	0,059
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PM - (J.F.B.L)	0,938	0,308	0,084	1,100	0,318	0,084
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PN - (J.F.B.L)	0,938	0,503	0,091	0,100	0,864	0,048
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PI - (J.F.B.L)	0,938	0,740	0,058	0,300	0,858	0,043
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PM - (J.F.B.L)	0,938	0,795	0,051	0,600	0,792	0,051
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PN - (J.F.B.L)	0,938	0,448	0,095	0,060	0,842	0,051
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PI - (J.F.B.L)	0,938	0,516	0,087	0,030	0,781	0,059
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PM - (J.F.B.L)	0,938	0,759	0,056	0,300	0,808	0,050

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Compactada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	RS - Coronel Barros	0,938	-2,194	0,178	10000,000	0,666	0,057
Sul	RS - Pelotas	0,938	0,511	0,060	60,000	0,721	0,045
Sul	RS - Santa Maria - TR	0,938	-2,168	0,129	10000,000	0,647	0,043
Sul	RS - Santa Maria - RS	0,938	0,065	0,149	10000,000	0,789	0,071
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e1 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	0,938	-0,707	0,147	20000,000	0,637	0,068
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e2 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	0,938	0,146	0,116	10000,000	0,254	0,108
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e3 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	0,938	0,445	0,109	0,800	0,445	0,109
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - (C.R.B)	0,938	-0,148	0,106	0,020	0,505	0,069
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PN - (J.F.B.L)	0,938	-0,928	0,165	1000,000	0,684	0,067
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PI - (J.F.B.L)	0,938	-1,818	0,173	10000,000	0,614	0,064
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PN- (J.F.B.L)	0,938	0,691	0,067	7,000	0,824	0,050
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PI - (J.F.B.L)	0,938	0,090	0,106	7,000	0,562	0,074

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Sem Deflocunte - CCSA Mista - Unimodal - Compactada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PM - (J.F.B.L)	0,938	-2,657	0,183	20000,000	0,762	0,047
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PM - (J.F.B.L)	0,938	-0,535	0,125	7,000	0,141	0,094
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PN - (J.F.B.L)	0,938	0,580	0,084	5,000	0,655	0,076
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PI - (J.F.B.L)	0,938	0,383	0,089	20,000	0,584	0,073
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PM - (J.F.B.L)	0,938	-0,273	0,126	20,000	0,678	0,064
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PN - (J.F.B.L)	0,938	0,449	0,095	0,080	0,846	0,050
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PI - (J.F.B.L)	0,938	0,524	0,087	0,030	0,740	0,064
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PM - (J.F.B.L)	0,938	0,785	0,053	0,300	0,847	0,045

<b>Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Compactada</b>							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - Ramo Seco	0,938	0,637	0,090	2,000	0,691	0,083
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - w ótima	0,938	0,603	0,099	2,000	0,657	0,092
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - w ótima	0,938	0,501	0,111	3,000	0,601	0,099
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - Ramo Seco	0,938	-0,405	0,151	200,000	0,620	0,078
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - w ótima	0,938	-0,961	0,173	500,000	0,431	0,093
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - Ramo Seco	0,938	-1,106	0,186	500,000	0,386	0,100
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	0,938	-0,699	0,081	0,080	0,685	0,035

<b>Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Compactada</b>							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - Ramo Seco	0,938	0,110	0,106	0,700	0,129	0,105
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - w ótima	0,938	0,092	0,114	0,700	0,104	0,113
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - Ramo Seco	0,938	0,208	0,110	0,700	0,208	0,110

<b>Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Compactada</b>							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	0,938	-0,719	0,081	0,050	0,662	0,036

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Compactada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	(SP) - Campus USP	0,938	0,594	0,053	0,300	0,695	0,045
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	0,938	0,364	0,063	0,080	0,811	0,034
Sudeste	Barragem João Leite - Proctor Normal - (M.A.A.L)	0,938	0,578	0,077	100,000	0,753	0,059

Modelo de Arya e Dierolf (1989) - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Compactada							
Região	Local	$\alpha^*$ (cm) original	Medidores de Aderência		$\alpha^*$ (cm) modificado	Medidores de Aderência	
			R <sup>2</sup> ajustado	RMSE		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	0,938	0,330	0,065	60,000	0,753	0,039
Sudeste	Barragem João Leite - Proctor Normal - (M.A.A.L)	0,938	-0,557	0,148	60,000	0,815	0,051

Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Mista - Bimodal - Compactada				
Região	Local	Medidores de Aderência		
		R <sup>2</sup> ajustado	RMSE	
Sul	RS - Coronel Barros	0,207	0,089	
Sul	RS - Pelotas	0,877	0,030	
Sul	RS - Santa Maria - TR	0,708	0,039	
Sul	RS - Santa Maria - RS	0,876	0,054	
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e1 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	0,737	0,058	
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e2 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	0,384	0,098	
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e3 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	0,410	0,113	
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - (C.R.B)	-1,289	0,149	
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PN - (J.F.B.L)	0,353	0,096	
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PI - (J.F.B.L)	-0,036	0,105	
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PN - (J.F.B.L)	0,711	0,064	

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Mista - Bimodal - Compactada</b>			
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PI - (J.F.B.L)	0,399	0,086

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Secagem - Bimodal - Compactada</b>			
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	(SP) - Campus USP	-0,172	0,087
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	0,000	0,079
Sudeste	Barragem João Leite - Proctor Normal - (M.A.A.L)	0,815	0,051

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Umedecimento - Bimodal - Compactada</b>			
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - Ramo Seco	0,595	0,095
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - w ótima	0,636	0,095
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - w ótima	0,478	0,114
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - Ramo Seco	0,799	0,057
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - w ótima	0,715	0,066
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - Ramo Seco	0,666	0,074
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	-1,264	0,093

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Mista - Unimodal - Compactada</b>			
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PM - (J.F.B.L)	-0,071	0,099
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PM - (J.F.B.L)	0,068	0,098
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PN - (J.F.B.L)	0,745	0,065
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PI - (J.F.B.L)	0,726	0,059
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PM - (J.F.B.L)	0,707	0,061
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PN - (J.F.B.L)	0,392	0,100
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PI - (J.F.B.L)	0,266	0,108
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PM - (J.F.B.L)	0,258	0,099

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Finos - CCSA Umedecimento - Unimodal - Compactada</b>			
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - Ramo Seco	0,429	0,085
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - w ótima	0,486	0,086
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - Ramo Seco	0,549	0,083

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	RS - Coronel Barros	-	-	-2,515	0,186
Sul	RS - Pelotas	-	-	-1,225	0,128
Sul	RS - Santa Maria - TR	-	-	-1,130	0,106
Sul	RS - Santa Maria - RS	-	-	0,422	0,117

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e1 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	-	-	-0,760	0,149
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e2 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	-	-	-0,467	0,152
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e3 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	-	-	-0,386	0,172
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - (C.R.B)	-	-	-4,735	0,236
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PN - (J.F.B.L)	-	-	0,152	0,109
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PI - (J.F.B.L)	-	-	-0,076	0,107
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PN- (J.F.B.L)	-	-	-2,564	0,226
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PI - (J.F.B.L)	-	-	-2,658	0,213

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PM - (J.F.B.L)	-	-	-0,248	0,107
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PM - (J.F.B.L)	-	-	-2,759	0,196
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PN - (J.F.B.L)	0,675	0,074	0,770	0,062
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PI - (J.F.B.L)	0,435	0,085	0,588	0,073
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PM - (J.F.B.L)	0,391	0,087	0,549	0,075
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PN - (J.F.B.L)	0,643	0,076	0,597	0,081
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PI - (J.F.B.L)	0,474	0,091	0,421	0,096
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PM - (J.F.B.L)	0,402	0,089	0,346	0,093



<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	RS - Coronel Barros	-	-	-3,422	0,209
Sul	RS - Pelotas	-	-	0,903	0,027
Sul	RS - Santa Maria - TR	-	-	0,495	0,051
Sul	RS - Santa Maria - RS	0,314	0,128	0,233	0,135
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e1 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	-1,516	0,178	-1,524	0,178
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e2 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	-1,361	0,193	-1,364	0,193
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e3 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	0,080	0,141	0,080	0,141
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - (C.R.B)	-0,285	0,112	-0,211	0,108
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PN - (J.F.B.L)	-2,555	0,224	-2,274	0,215
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PI - (J.F.B.L)	-2,953	0,204	-2,717	0,198
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PN- (J.F.B.L)	0,428	0,091	0,377	0,095
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PI - (J.F.B.L)	-0,174	0,121	-0,237	0,124

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PM - (J.F.B.L)	-3,354	0,200	-3,106	0,194
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PM - (J.F.B.L)	-0,878	0,139	-0,953	0,141
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PN - (J.F.B.L)	-2,362	0,238	-2,310	0,236
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PI - (J.F.B.L)	-2,593	0,215	-2,541	0,213
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PM - (J.F.B.L)	-2,562	0,211	-2,512	0,210
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PN - (J.F.B.L)	0,491	0,091	0,576	0,083

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PI - (J.F.B.L)	0,296	0,105	0,401	0,097
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PM - (J.F.B.L)	0,204	0,102	0,330	0,094

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - Ramo Seco	-	-	0,855	0,057
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - w ótima	-	-	0,879	0,055
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - w ótima	-	-	0,892	0,052
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - Ramo Seco	-	-	0,778	0,060
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - w ótima	-	-	0,685	0,069
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - Ramo Seco	-	-	0,793	0,058
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	-	-	-10,734	0,213

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - Ramo Seco	-	-	-1,121	0,164
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - w ótima	-	-	-0,870	0,163

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - Ramo Seco	-	-	-0,523	0,152

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	-0,570	0,078	-0,662	0,080

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	(SP) - Campus USP	-	-	-5,822	0,210
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	-	-	-4,304	0,182
Sudeste	Barragem João Leite - Proctor Normal - (M.A.A.L)	-	-	0,047	0,116

<b>Modelo de Aubertin et al. (2003) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	0,437	0,059	0,402	0,061
Sudeste	Barragem João Leite - Proctor Normal - (M.A.A.L)	-	-	-2,692	0,229

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	RS - Coronel Barros	-	-	-1,045	0,142
Sul	RS - Pelotas	-	-	-2,294	0,155
Sul	RS - Santa Maria - TR	-	-	-3,119	0,147
Sul	RS - Santa Maria - RS	-	-	0,024	0,153
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e1 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	-	-	0,066	0,108
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e2 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	-	-	0,519	0,087
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e3 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	-	-	0,647	0,087
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - (C.R.B)	-	-	-0,287	0,112
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PN - (J.F.B.L)	-	-	-1,287	0,180
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PI - (J.F.B.L)	-	-	-2,438	0,191
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PN- (J.F.B.L)	-	-	0,224	0,106
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PI - (J.F.B.L)	-	-	-1,104	0,162

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PM - (J.F.B.L)	-	-	-3,233	0,197
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PM - (J.F.B.L)	-	-	-2,845	0,198
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PN - (J.F.B.L)	-1,056	0,186	-0,858	0,177
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PI - (J.F.B.L)	-3,415	0,238	-3,152	0,231
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PM - (J.F.B.L)	-3,639	0,241	-3,372	0,234
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PN - (J.F.B.L)	-1,601	0,206	-1,696	0,210

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PI - (J.F.B.L)	-2,762	0,244	-2,814	0,245
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PM - (J.F.B.L)	-3,858	0,253	-3,853	0,253

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Bimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	RS - Coronel Barros	-	-	-5,905	0,261
Sul	RS - Pelotas	-	-	-3,025	0,172
Sul	RS - Santa Maria - TR	-	-	-4,213	0,165
Sul	RS - Santa Maria - RS	-0,445	0,186	-3,831	0,187
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e1 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	-1,806	0,188	-1,822	0,188
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e2 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	-1,027	0,178	-1,041	0,179
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - e3 Ramo Seco - (2m) - (M.T.M.G.S)	0,154	0,135	0,142	0,136
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - (C.R.B)	-0,453	0,119	-0,407	0,117
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PN - (J.F.B.L)	-3,591	0,255	-3,422	0,250
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PI - (J.F.B.L)	-4,215	0,235	-4,138	0,233
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PN- (J.F.B.L)	-1,490	0,189	-1,640	0,195
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PI - (J.F.B.L)	-2,893	0,220	-2,953	0,222

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Mista - Unimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (2m) - PM - (J.F.B.L)	-4,814	0,231	-4,768	0,230
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (5m) - PM - (J.F.B.L)	-4,391	0,235	-4,356	0,234
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PN - (J.F.B.L)	-4,278	0,298	-4,279	0,298
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PI - (J.F.B.L)	-4,672	0,270	-4,672	0,270
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (9m) - PM - (J.F.B.L)	-4,565	0,264	-4,565	0,264
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PN - (J.F.B.L)	-1,908	0,218	-1,728	0,211
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PI - (J.F.B.L)	-3,016	0,252	-2,799	0,245
Centro-Oeste	DF - Campus Experimental UnB - (12m) - PM - (J.F.B.L)	-3,985	0,256	-3,805	0,251

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - Ramo Seco	-	-	-0,344	0,174
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - w ótima	-	-	-0,234	0,175
Sul	SC (Florianópolis - Bairro Itacorubi) - w ótima	-	-	-0,594	0,199
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - Ramo Seco	-	-	-2,110	0,224
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - w ótima	-	-	-2,834	0,241
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Diabásio - Ramo Seco	-	-	-3,070	0,258
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	-	-	0,358	0,050

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Umedecimento - Unimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - Ramo Seco	-	-	-0,707	0,147
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - w ótima	-	-	-0,971	0,168
Sul	SC (Florianópolis - Ilha de SC) - Granito - Ramo Seco	-	-	-1,007	0,175

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Umedecimento - Bimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	0,433	0,047	0,455	0,046

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Com Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	(SP) - Campus USP	-	-	0,494	0,057
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	-	-	0,807	0,035
Sudeste	Barragem João Leite - Proctor Normal - (M.A.A.L)	-	-	-0,589	0,150

<b>Modelo de Wang et al. (2017) - Solos Granulares - Granulometria Convencional - Sem Defloculante - CCSA Secagem - Bimodal - Compactada</b>					
<b>Região</b>	<b>Local</b>	<b>Sem Interpolação</b>		<b>Com Interpolação</b>	
		<b>Medidores de Aderência</b>		<b>Medidores de Aderência</b>	
		<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>RMSE</b>
Sudeste	(SP) - Bauru - (Vargem Limpa - Campus UNESP)	0,569	0,052	0,621	0,049
Sudeste	Barragem João Leite - Proctor Normal - (M.A.A.L)	-	-	-3,748	0,259