

4

Caracterização física, química e mineralógica dos solos

O presente capítulo apresenta tanto os procedimentos experimentais empregados para a realização dos ensaios de caracterização geotécnica dos materiais estudados quanto os resultados obtidos após a execução dos mesmos. Para facilitar a identificação, convencionou-se utilizar a seguinte simbologia:

- CEII - Campo Experimental II PUC-Rio;
- BQP - Bacias dos rios Quitite e Papagaio;
- CAT - Campus Avançado da PUC em Tinguá;
- RBT- Reserva Biológica do Tinguá.

4.1.

Caracterizações físicas

Para a caracterização física dos solos foram realizados ensaios de massa específica dos grãos (ρ_s), análise granulométrica e limites de consistência. As amostras foram preparadas de acordo com o procedimento de secagem prévia, conforme a NBR 6457/86, seguindo as demais recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

4.1.1.

Massa específica dos grãos (ρ_s)

A massa específica dos grãos foi determinada de acordo com a norma NBR 6508/1984. No total foram utilizados 100g de material seco em estufa a 105°C que foram distribuídos igualmente entre quatro picnômetros de 250mL. Posteriormente, procedeu-se a extração do ar contido entre as partículas utilizando uma bomba de vácuo durante 15 minutos ou até que fosse detectada a ausência total de bolhas de ar.

Este procedimento foi adotado para todos os solos e os valores obtidos a partir das médias aritméticas de cada uma das quatro determinações foi dividido

pela massa específica da água para determinar a densidade relativa dos grãos, G_s , apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores de G_s obtidos para os solos em estudo

CE II	BQP	CAT	RBT
2,684	2,658	2,661	2,569

4.1.2. Análise granulométrica conjunta

Os ensaios realizados neste trabalho seguiram as prescrições da NBR 7181/84a com apenas algumas adaptações. A ABNT recomenda a realização de ensaios de sedimentação com material passante na peneira de 2mm (#10), e os realizados foram feitos de acordo com o método utilizado no Laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente da PUC-Rio, com o material passante na peneira de 0,42mm (#40).

Inicialmente, o material que ficou retido na peneira de 0,42mm foi lavado, a fim de eliminar o material fino que porventura estivesse aderido ao conjunto, esta amostra foi então levada para a estufa e este material seco foi utilizado para fazer o peneiramento grosso.

Os ensaios de sedimentação consistiram em colocar 50g de solo destorroado, seco ao ar, passante na peneira #40 em 125mL de água ou hexametáfosfato. Após um repouso de 24 horas, procedeu-se a dispersão mecânica e colocou-se a mistura em uma proveta de 1000mL cujo volume foi completado com água destilada. Agitou-se a proveta por um minuto e seguiu-se a realização de leituras do densímetro por 24 horas.

Após as leituras, o material foi colocado na peneira de 0,075mm (#200) e submetido ao processo de lavagem, sendo posteriormente levado para a estufa. Após a secagem, procedeu-se o peneiramento fino, completando assim a curva granulométrica do material analisado.

As curvas granulométricas estão apresentadas nas Figuras 19 e 20, seguidas pela Tabela 5 que resume a porcentagem de cada fração do solo. É válido ressaltar que a fase de sedimentação dos ensaios de granulometria foi realizada com dois defloculantes distintos: hexametáfosfato de sódio (H) e água (A).

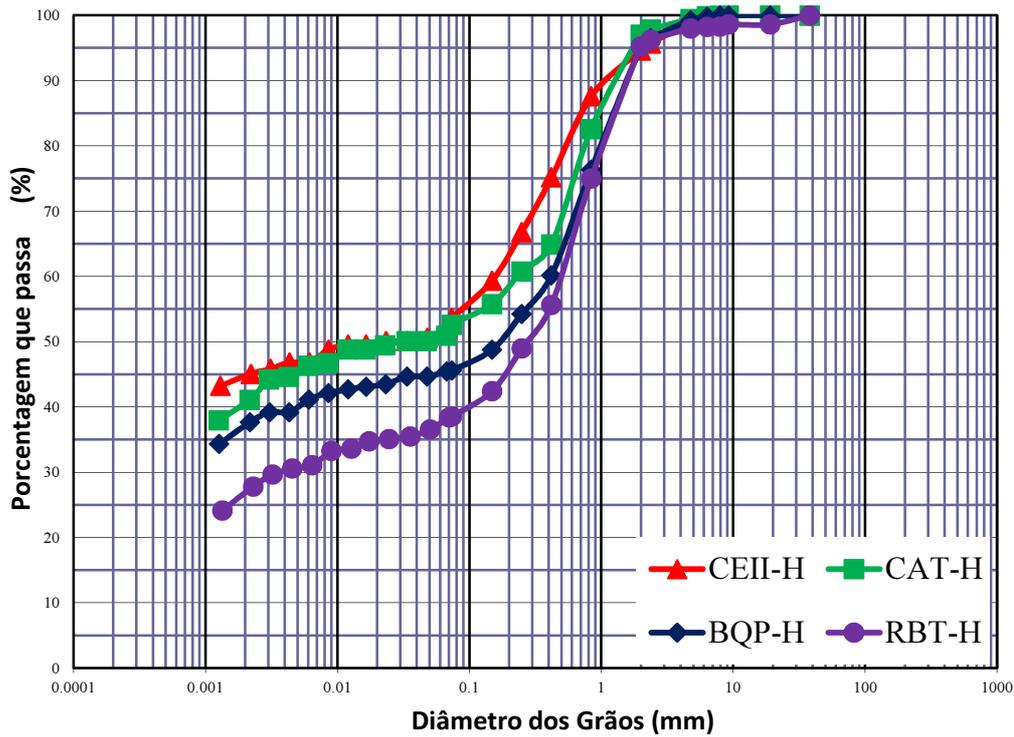


Figura 19 - Curvas granulométricas dos ensaios realizados com hexametáfosfato de sódio como defloculante

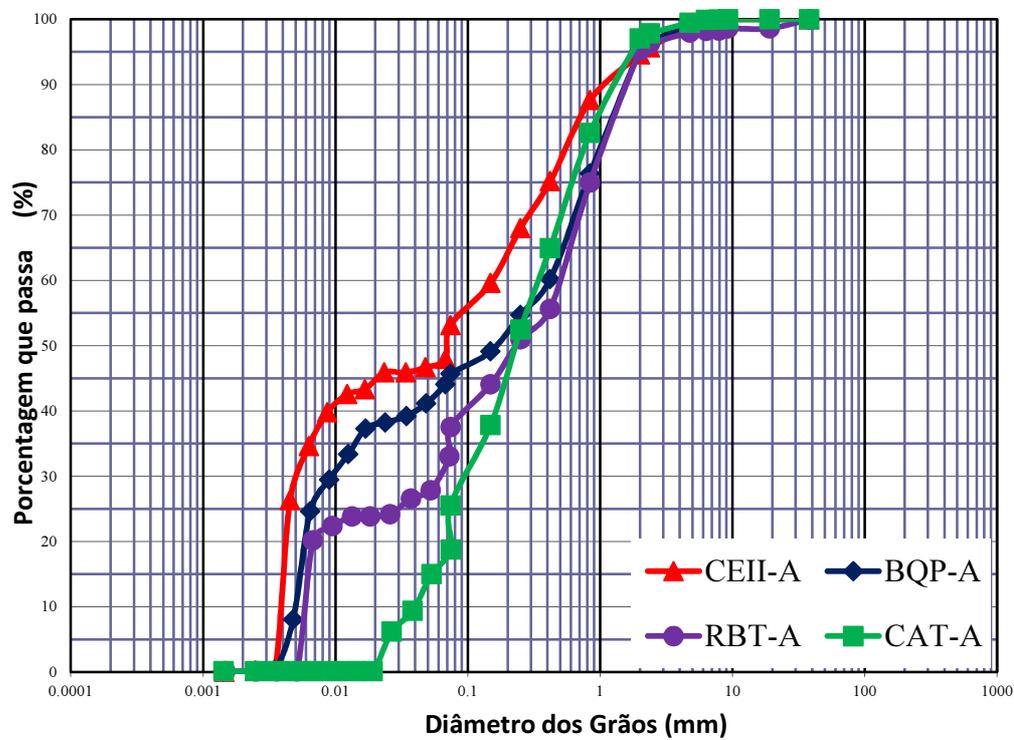


Figura 20 - Curvas granulométricas dos ensaios realizados com água como defloculante

Tabela 5 - Resumo da granulometria dos solos estudados com os dois defloculantes utilizados

Distribuição granulométrica (%)								
Ensaio	Pedregulho	Areia				Finos		
		Grossa	Média	Fina	Total	Silte	Argila	Total
CEII-H	5,4	14,1	17,4	11,6	43,1	6,9	44,6	51,5
CEII-A	5,4	14,1	16,7	16,4	47,2	47,3	0,1	47,4
BQP-H	4,8	28,1	15,6	6,4	50,1	8,1	37,0	45,1
BQP-A	4,8	28,1	15,2	9,0	52,3	42,8	0,1	42,9
CAT-H	2,9	24,6	14,2	7,7	46,5	10,1	40,5	50,6
CAT-A	2,9	24,6	27,3	29	80,9	16,0	0,1	16,1
RBT-H	4,8	31,3	18,2	8,3	57,8	10,8	26,6	37,4
RBT-A	4,8	31,3	16,4	17,8	65,5	29,7	0,1	29,8

Os resultados dos ensaios granulométricos realizados com hexametáfosfato como defloculante indicam que os solos CEII e CAT são argilo-arenosos ao passo que os solos BQP e RBT são areno-argilosos. A utilização da água como defloculante mostrou que todos os solos ensaiados encontram-se aglomerados, formando flocos, quando em seu estado natural. Tal estado é evidenciado na Figura 21, onde a água apresenta uma tonalidade mais clara e o solo forma uma massa homogênea no fundo da proveta.

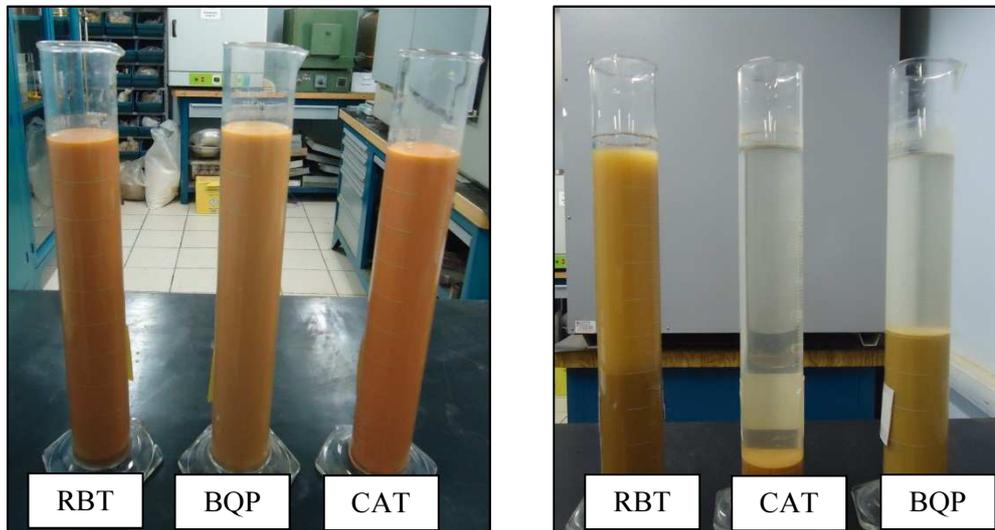


Figura 21 - Ensaio de sedimentação feito com hexametáfosfato (provetas da esquerda) e água (provetas da direita), após 21h, ressaltando a aglomeração em forma de flocos do solo em seu estado natural

4.1.3. Limites de consistência e atividade das argilas

Os ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade seguiram as determinações das normas NBR 6459/84b e NBR 7180/84c, respectivamente. Todos os ensaios foram realizados com amostras destorroadas, secas ao ar e passantes na peneira # 40.

O Índice de atividade das argilas (I_a) determinado através da utilização da expressão de Skempton, apresentada na Equação 7, serve como indicativo da influência da fração argila no comportamento do solo.

$$I_a = \frac{IP}{\% < 2\mu m} \quad (7)$$

Argilas com índice de atividade menor que 0,75 são consideradas inativas, quando esse índice está entre 1,25 e 0,75 a atividade é considerada normal, sendo então ativa para valores maiores que 1,25. A Tabela 6 apresenta os resultados encontrados e indica que todos os solos ensaiados apresentam uma baixa atividade.

Tabela 6 - Resultados dos ensaios dos limites de consistência e atividade das argilas

Ensaio	LL (%)	LP(%)	IP(%)	I_a
CEII	47,7	23,9	23,8	0,53
BQP	55,4	29,4	26	0,70
CAT	64,5	35,9	28,6	0,71
RBT	50,2	32	18,2	0,68

4.1.4. Classificação do solo

Após as análises dos resultados obtidos na caracterização física, pode-se classificar as amostras ensaiadas utilizando o sistema unificado de classificação de solos (SUCS).

De acordo com essa classificação, o solo do campo experimental II é uma argila de baixa plasticidade (CL); o da bacia dos rios Quitite e Papagaio e o da Reserva Biológica do Tinguá são areias com finos (SC); o do campus avançado é uma argila de alta plasticidade (CH).

4.2. Caracterização química

Para a caracterização química dos solos foram realizados ensaios de análise química total no Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ em um espectrômetro de fluorescência de raio-X, modelo PW 2400 Phillips/sequencial.

4.2.1. Análise química total

Os elementos químicos presentes em cada um dos solos ensaiados foram determinados por fluorescência de raios-X em amostras fundidas com tetraborato de lítio.

Através destas análises foi possível obter os teores de sílica (SiO_2), alumina (Al_2O_3), óxido de titânio (TiO_2), ferro (Fe_2O_3), magnésio (MgO), dentre outros elementos presentes nos solos, conforme apresentado na Tabela 7.

De acordo com Antunes (2013), os teores de alumina e sílica encontrados indicam que todos os solos estão em estágio avançado de laterização, proporcionado pela lixiviação dos álcalis e de parte da sílica. Desta forma, os mesmos poderiam ser classificados como solos maduros.

Tabela 7 - Composição química dos solos estudados

Amostra	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	TiO_2	Fe_2O_3	ZrO_2	Traços	L.O.I*
CEII	32,83	42,59	0,10	0,15	1,10	7,73	0,01	Ca Cr Mn	15,50
BQP	35,48	45,17	0,10	0,75	0,59	4,39	0,02	Ca Cr Mn	13,50
CAT	40,92	33,41	0,15	0,28	1,01	6,72	0,01	Ca Cr Mn	17,50
RBT	37,38	37,37	0,13	1,69	0,77	5,54	0,02	Ca Cr Mn	17,10

*L.O.I. = Perda ao fogo

4.3. Caracterização mineralógica

A composição mineralógica é importante para a explicação do comportamento de muitos tipos de solos. Por exemplo, a existência de esmectita, que apresenta propriedade de aumento da dupla camada em presença de água, pode conferir ao solo um comportamento expansivo (Espinoza, 2010).

Uma ideia preliminar acerca da caracterização mineralógica das amostras foi obtida por meio da realização de análises térmicas diferenciais.

4.3.1. Análise térmica diferencial (ATD)

Análise Térmica Diferencial (ATD) é uma técnica térmica na qual é medida a diferença de temperatura entre a amostra e uma substância inerte (referência), quando ambas são submetidas a um programa controlado de temperatura (Mothé & Azevedo, 2002).

Mudanças da temperatura da amostra são ocasionadas pelas transições ou reações entálpicas (endotérmica ou exotérmica) devido a mudanças de fase, fusão, vaporização, reações de desidratação, oxidação, reações de redução entre outras. As mudanças de temperatura ocorridas durante estas variações físico e/ou químicas são detectadas pelo método diferencial (Mothé, 2009).

Os ensaios foram executados no Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia (DCMM), com o auxílio de um equipamento do fabricante Perkin Elmer e do sistema de aquisição de dados Pyris. As amostras foram aquecidas até 880 °C, com aumento de 20 °C por minuto.

De acordo com Santos (1928), a água que preenche os capilares na argila apresenta um pico endotérmico, agudo e tanto mais intenso quanto mais água houver, com no máximo 110°C. A gibbsita perde água de constituição acerca de 350 °C, apresentando no termograma um pico endotérmico. A 450 °C inicia-se a reação de desidroxilação da caulinita, que é completada a 600 °C, temperatura essa que é revelada pela presença de um pico endotérmico no termograma.

Conforme observado nos resultados obtidos, ilustrados nas Figuras 22 a 25, todos os solos analisados apresentam uma fração argílica constituída basicamente por caulinita e gibbsita. A amostra CEII é formada exclusivamente por caulinita, BQP apresenta uma pequena quantidade de gibbsita, ao passo que as amostras CAT e RBT têm sua fração fina dividida entre caulinita e gibbsita.

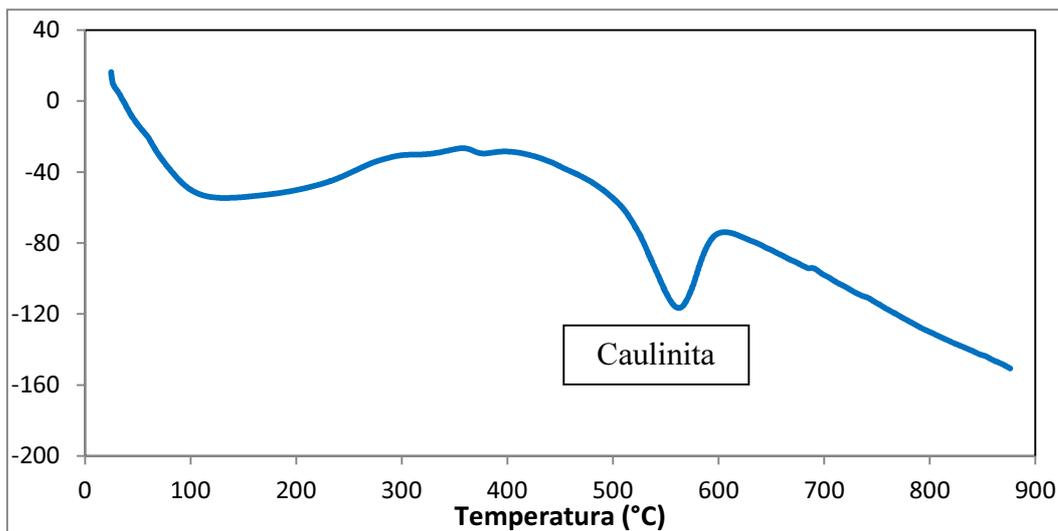


Figura 22 - Análise térmica diferencial para CEII

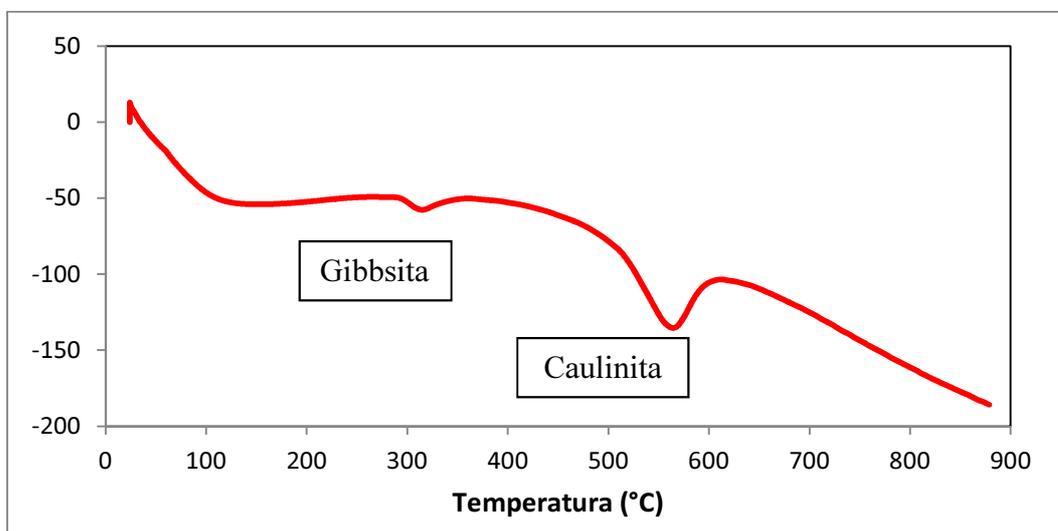


Figura 23 - Análise térmica diferencial para BQP

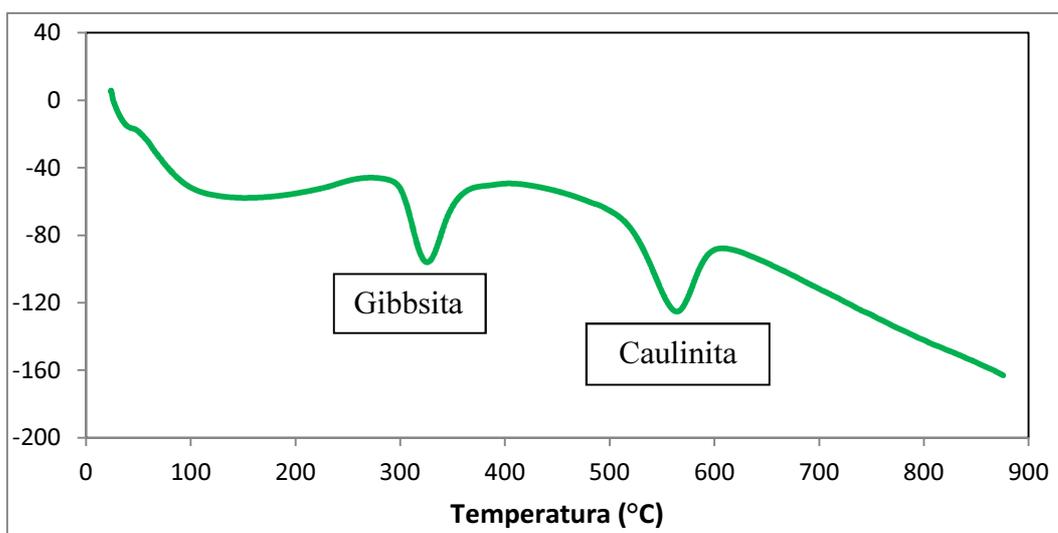


Figura 24 - Análise térmica diferencial para CAT

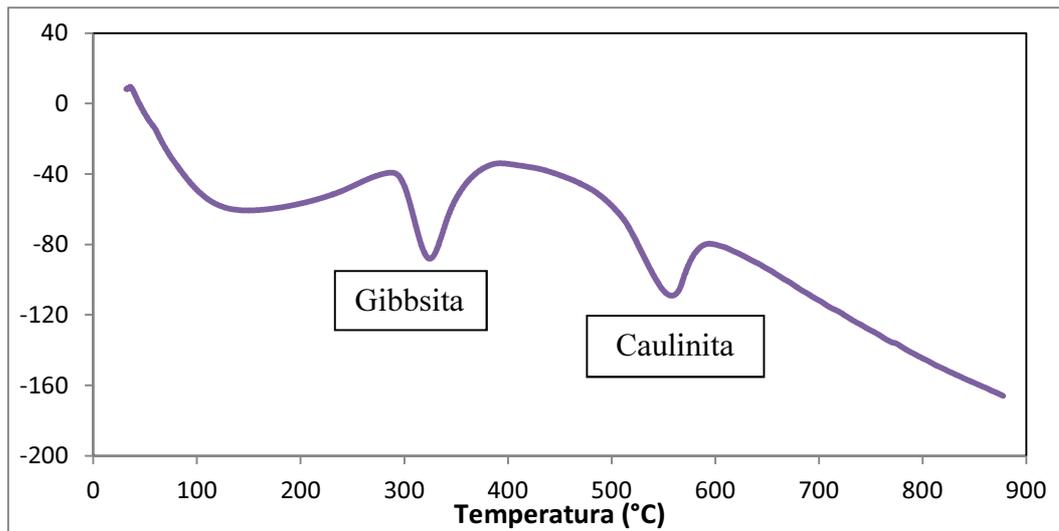


Figura 25 - Análise térmica diferencial para RBT