

5

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Este capítulo apresenta os resultados experimentais obtidos nesta pesquisa, juntamente com comentários específicos direcionados à análise conjunta das informações obtidas, que será desenvolvida no Capítulo 6.

5.1.

Ensaio de Caracterização

5.1.1.

Índices físicos do estado natural

A Tabela 9 apresenta um resumo dos índices físicos do solo coluvionar e dos solos residuais de basalto estudados. Os índices físicos do estado natural contidos em tal tabela foram calculados através de amostras submetidas a ensaios que requeriam corpos de prova de caráter indeformado. Para cada tipo de solo foi obtido apenas um valor para a densidade relativa dos grãos (G_s), obtidos através da média de quatro resultados, para cada tipo de solo. Os valores de peso específico total (γ_t), peso específico aparente seco (γ_d), teor de umidade (ω_i) e grau de saturação (S_i) e índice de vazios iniciais (e_i) são apresentada a faixa de variação dos valores obtidos, bem como os valores médios apresentados entre parênteses.

Tabela 9 – Índices físicos dos solos estudados

Solo	G_s	γ_t (kN/m^3)	γ_d (kN/m^3)	ω (%)	S_i (%)	e_i
SC	2,65	16,5 - 18,8 (17,6)	15,6 - 17,4 (16,5)	3,5 - 8,0 (7,0)	14,8 - 40,0 (31,5)	0,52 - 0,62 (0,58)
SR1	2,91	17,3 - 20,6 (19,0)	13,7 - 16,9 (15,0)	21,8 - 28,1 (26,9)	75,1 - 94,4 (84,6)	0,72 - 1,08 (0,92)
SR2	2,85	15,02 - 17,5 (17,0)	10,0 - 12,2 (11,7)	42,4 - 50,7 (45,0)	77,8 - 96,1 (90,5)	1,29 - 1,85 (1,42)
SR3	2,81	16,4 - 18,2 (17,2)	11,1 - 13,0 (12,1)	36,8 - 47,8 (41,5)	81,09 - 97,4 (90,5)	1,14 - 1,46 (1,27)

() Valores Médios

O valor da densidade relativa dos grãos (G_s) de um solo depende do constituinte mineralógico das partículas.

A Tabela 10 refere-se a valores do peso específico dos grãos de alguns minerais.

Tabela 10 – Peso específico dos grãos de alguns minerais (modificado – Deer et al, 1981).

Mineral	γ_s (kN/m^3)
Quartzo	26,5
Muscovita	27,0 - 31,0
Caulinita	26,1 - 26,8
Ilita	26,0 - 28,6
Montmorilonita	27,5 - 27,8
Gibbsita	24,0
Goethita	43,0
Hematita	52,0
Maghemita	42,3 - 55,0
Rutito	43,3 - 55,0

Analisando a Tabela 10, percebe-se que o solo coluvionar possui densidade relativa dos grãos, típica de solos arenosos quartzosos. Para os solos residuais de basalto vê-se um decréscimo da densidade relativa dos grãos com o aumento da profundidade.

Observou-se na preparação de amostras, que o índice de vazios nos solos residuais de basalto é condicionado pela presença de fraturas, quase sempre percebidas nos corpos de prova. Dada a proximidade entre fraturas nos solos residuais de basalto não foi possível calcular índice de vazios que, de fato, representassem apenas o meio poroso contínuo.

O índice de vazios do solo coluvionar apresentou uma menor gama de variação, além de se mostrar bem menor, quando comparado com os demais.

Os solos residuais SR2 e SR3 apresentaram valores de γ_t , γ_d , e índice de vazios relativamente similares.

O solo residual 1 (SR1), dos solos residuais de basalto foi o que apresentou um comportamento mais diferenciado, haja vista que este já se encontrava em processo de laterização, onde seu índice de vazios mostrou-se inferior, quando comparado aos dos solos residuais SR2 e SR3.

Segundo Gidigas (1976), em horizontes concrecionários, onde ocorre uma maior densificação física dos componentes dos solos, o índice de vazios tende a diminuir.

Todas as amostras de solo residual de basalto apresentaram-se com graus de saturação elevados. Isto possivelmente se deve ao fato da coleta de amostras no campo ter se dado em período chuvoso. Ressalta-se que as sondagens realizadas no local pela empresa responsável pela obra apontavam o nível d'água (NA) na estaca km 229 + 80 LD estava na cota 169,95 m. Como o solo SR3 foi retirado da estaca km 229 + 75 LD, em que este se encontrava na cota 172 m. Sugere-se que o NA encontrava-se cerca de 2m de profundidade desse solo.

5.1.2. Granulometria

Conforme descrito no Capítulo 4, foi realizada uma série de ensaios de granulometria no Laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente do DEC da PUC-Rio para cada tipo de solo em estudo. A figura 22, apresenta as curvas granulométricas obtidas para os 4 tipos de solos.

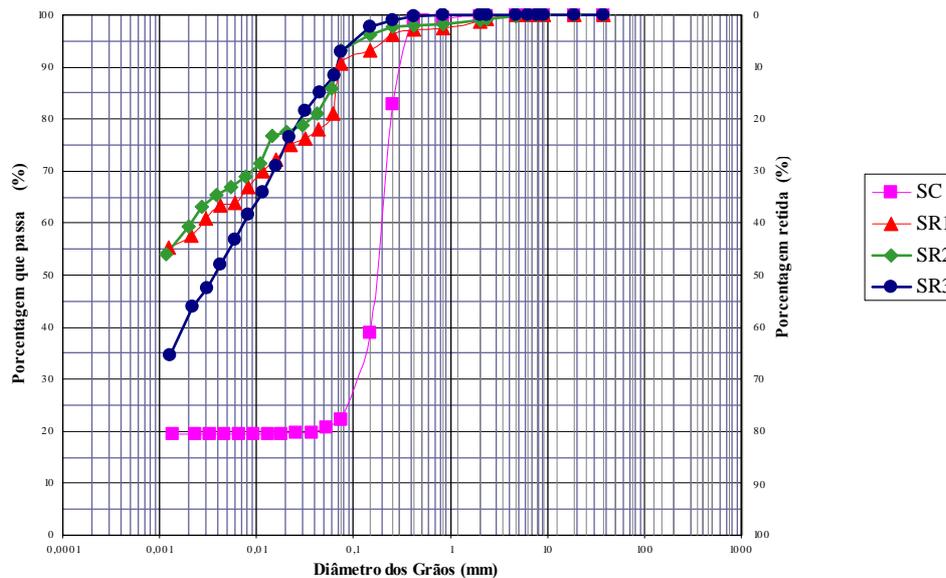


Figura 22 – Curvas granulométricas dos solos em estudo.

Analisando a Figura 22 nota-se que os solos residuais SR1, SR2 e SR3 apresentam uma descontinuidade na transição entre o peneiramento fino e a sedimentação.

Rigo (2000) em ensaios de granulometria em solos residuais de basalto verificou uma acentuada descontinuidade na transição entre o peneiramento fino e a sedimentação. O mesmo autor atribui esta descontinuidade ao processo de lavagem, onde os grãos tamanho areia podem ter sido quebrados fazendo com que estes passassem na peneira #200.

O SC apresentou-se como sendo o mais arenoso e com um comportamento distinto quando comparado com os demais tipos de solo.

Os SR1 e SR2 apresentaram uma granulometria similar, apesar do SR1 ter uma fração areia mais elevada, o que pode ser explicado pela quantidade de concreções ferruginosas em tal solo.

O SR3 se mostrou o mais siltoso. Tal solo quando analisado mineralogicamente ainda possuía minerais essenciais constituintes da rocha mãe.

Com o intuito de se verificar o grau de heterogeneidade dos solos em estudo, também foram realizadas análises granulométricas dos solos na CNPS/Embrapa. Tais análises foram realizadas em amostras de blocos diferentes aos da granulometria inicial, porém advindas dos mesmos poços de inspeção e coleta. É importante ressaltar que a análise granulométrica realizada pela Embrapa Solos utilizou amostras de solo passante na peneira 0,42 mm (#40).

A tabela 11 apresenta valores percentuais das frações dos solos obtidas nos ensaios de granulometria conduzidos na PUC-Rio e CNPS / Embrapa. A tabela também apresenta valores de umidade higroscópica para cada tipo de solo. A umidade higroscópica foi obtida através da secagem do solo ao ar, até a constância de peso dos mesmos.

Tabela 11 – Resultados ensaios de granulometria dos solos em estudo.

Solo	LOCAL ENSAIO	AREIA (%)				SILTE (%)	ARGILA (%)	SILTE + ARGILA (%)	Whigroscópica (%)
		Grossa	Média	Fina	Total				
SC	PUC	-	38	40	78,0	2,0	20,0	22	0,6
	EMBRAPA	-	78,0		78,0	2,0	20,0	22	-
SR1	PUC	2,7	2,7	9,3	14,7	23,6	61,7	85,3	1,6
	EMBRAPA	-	2,8	14	16,8	21,2	62,0	83,2	-
SR2	PUC	2,0	1,4	5,2	8,6	25,8	65,6	91,4	12,4
	EMBRAPA	-	1,6	2,0	3,6	26,4	70,0	96,4	-
SR3	PUC	0,1	1,5	10,5	12,1	45,7	42,2	87,9	15,6
	EMBRAPA	-	4,2	14	18,2	49,8	32,2	82,0	-

Levando-se em consideração a diferença entre as metodologias para a obtenção da granulometria, onde o procedimento utilizado pela CNPS / Embrapa está descrito no Manual de Métodos de Análise de Solos - CNPS (1997); de acordo com a Tabela 11 verifica-se que não houve uma variabilidade significativa quanto aos valores percentuais das frações nos solos em estudo.

Quanto ao teor de umidade higroscópica nota-se que o SR1 apresenta um teor consideravelmente menor que os dos solos residuais SR2 e SR3.

5.1.3.

Limites de Atterberg

A realização dos limites de liquidez e de plasticidade seguiu as metodologias contidas nas normas NBR 6459 (ABNT, 1984) e NBR 7180 (ABNT, 1984). Porém a preparação das amostras para os referidos ensaios se deu de duas maneiras. Na primeira utilizamos a fração passante na peneira 0,42 mm (#40) previamente secas ao ar, enquanto que na segunda utilizamos a fração passante na peneira 0,075 mm (#200) também previamente secas ao ar.

A Tabela 12 apresenta os resultados obtidos para as duas metodologias de limites dos solos SR1, SR2 e SR3, a mesma também apresenta valores de índice de atividade calculados com a percentagem de fração argila dos ensaios de granulometria realizados no Laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente da PUC-Rio.

É importante ressaltar que o solo coluvionar se mostrou não plástico para a metodologia com material passante na peneira 0,42 mm (#40).

Tabela 12 – Limites de consistência dos SR1, SR2 e SR3.

SOLO	Metodologia	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IA
SR1	#40	61,6	35,2	26,4	0,43
	#200	81,4	42,0	39,4	0,64
SR2	#40	82,5	52,9	29,6	0,45
	#200	118,3	53,5	64,8	0,99
SR3	#40	77,2	50,8	26,4	0,63
	#200	84,1	52,0	32,1	0,76

Analisando a Tabela 12 observa-se que para todos os solos houve um aumento nos limites de liquidez e plasticidade para ensaios com amostra passante na peneira 0,075 mm (#200), quando comparado aos de amostra passante na peneira 0,42 mm (#40). A amostra de SR3 apresentou um aumento significativamente menor dos limites de consistência quando comparado aos dos solos residuais SR1 e SR2.

5.1.4.

Atividade das Argilas e Classificação SUCS

Segundo o critério de atividade de Skempton, os solos residuais de basalto SR1, SR2 e SR3, se comportaram como solos com baixa atividade a atividade normal.

Van Der Merwe (1975) apud Dias Junior (1983) propôs modificações nos contatos de atividade 0,5 com as regiões de expansões médias, alta e muito alta, propondo o critério indicado na figura 23.

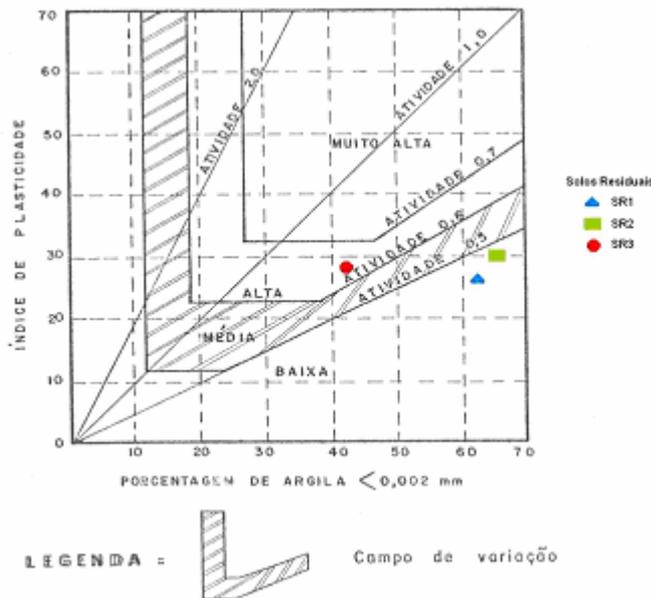


Figura 23 – Grau de potencialidade de expansão (Willians, 1958 e Van Der Merwe, 1975).

Os valores plotados na figura 23 referem-se aos ensaios de limites de Atterberg com amostras passante na peneira #40, em que a granulometria considerada foi a realizada no Laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente da PUC-Rio, para os SR1, SR2 e SR3.

Nota-se que os SR1, e SR2 apresentam-se com grau baixo de potencialidade, enquanto que o SR3 apresentou-se com sendo de potencialidade alta de expansão.

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), o solo coluvionar é classificado com sendo SC, areia argilosa; enquanto que os solos SR1, SR2 e SR3 são classificados como sendo MH, solos de alta plasticidade (Argilas Siltosas / Silte Argilosos).

5.2. Análises Mineralógicas

5.2.1. Lâminas Delgadas

Com o objetivo de se verificar possíveis alterações mineralógicas ao longo perfil geológico-geotécnico proposto foram confeccionadas lâminas de solos, bem como da rocha (diabásio e arenito) que também se faziam presentes ao longo do perfil em estudo.

A fotomicrografia de diabásio em luz natural (Figura 24) mostra os feldspatos calco-sódicos (F) alongados apresentando sinais de alteração química e microfraturamento. Entre os grãos de feldspatos observam-se piroxênios já bastante oxidados. Na fotomicrografia em luz polarizada (Figura 25), percebe-se o grau de alteração dos feldspatos, originando-se microvazios decorrentes da mobilização dos álcalis; o mesmo ocorre com os piroxênios, que se encontram em estágios mais avançados de alteração.

A oxidação começa a liberar o ferro que vai se precipitando sob a forma de óxidos ao passo que o magnésio vai sendo liberado e mobilizado.

Tanto a sílica como o alumina, que vão sendo liberados pela alteração dos feldspatos e piroxênios, vão se recombinar dando origem aos argilominerais que vão compor a estrutura inicial do solo residual SR3, como se pode observar na figura 26.

Esta figura mostra ainda uma estrutura reliquiar da rocha com feldspatos extremamente alterados e o aparecimento de micro e macro vazios. As regiões escurecidas correspondem a formação de óxidos/hidróxidos de ferro.

A figura 27 mostra uma organização das partículas de argilominerais dando origem à estrutura do SR2 mais nítida do que a amostra de SR3.

Na figura 28, vê-se um contacto nítido do SR1 com o solo coluvionar. Um detalhe da amígdala (sílica amorfa e cripto-cristalina) inclusa na massa argilosa de solo é evidenciada na figura 29, além de mostrar uma cimentação intensa no solo residual 1 (SR1).

A figura 30 mostra em detalhe o solo coluvionar (SC) com alterações quanto ao seu grau de cimentação.

A figura 31, mostra a configuração do arenito presente no perfil, mostrando uma macro porosidade elevada.

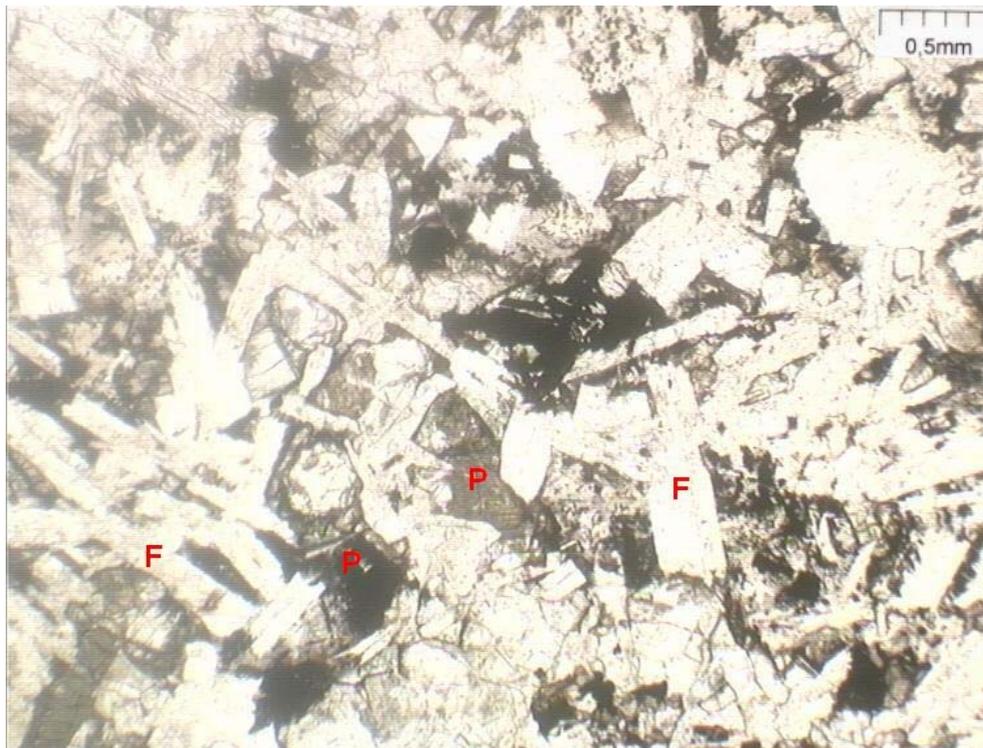


Figura 24 – Fotomicrografia da rocha diabásio com luz natural, em que (F) são os Feldspatos Calco-Sódicos e (P) são os piroxênios em processo de oxidação.



Figura 25 - Fotomicrografia da rocha de diabásio com luz polarizada em que (F) são os Feldspatos Calco-Sódicos e (P) são os piroxênios em processo de oxidação.

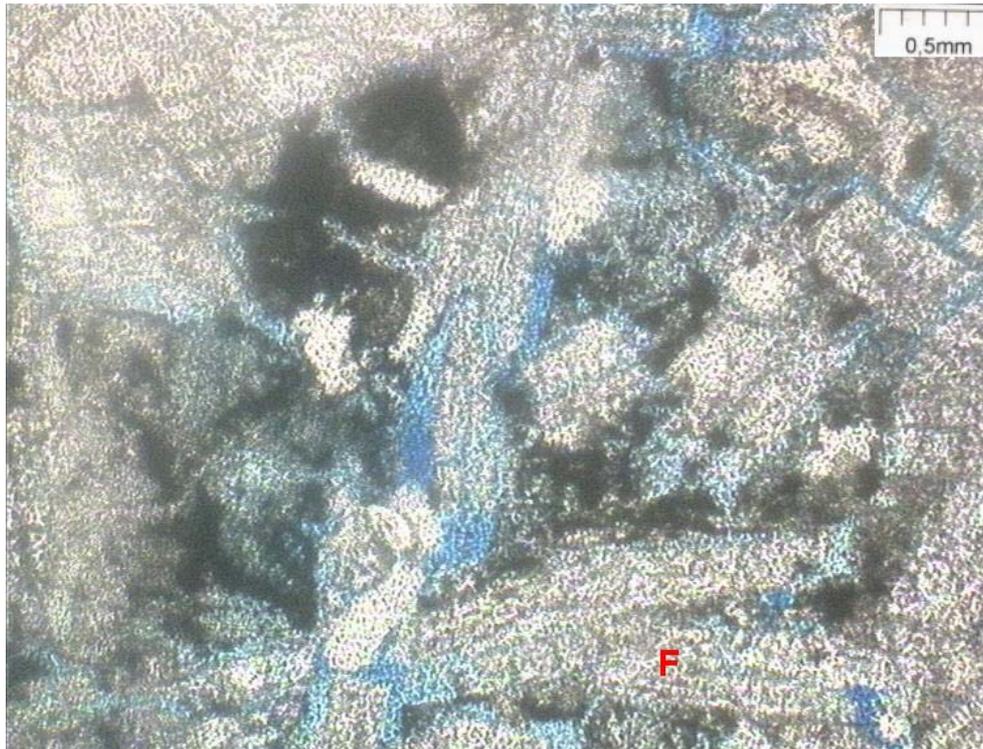


Figura 26 – Fotomicrografia do solo residual 3 (SR3), em que (F) são feldspatos calco-sódicos apresentando um microfraturamento.



Figura 27 – Fotomicrografia do solo residual 2 (SR2), mostrando os feldspatos calco-sódicos completamente argilizados.

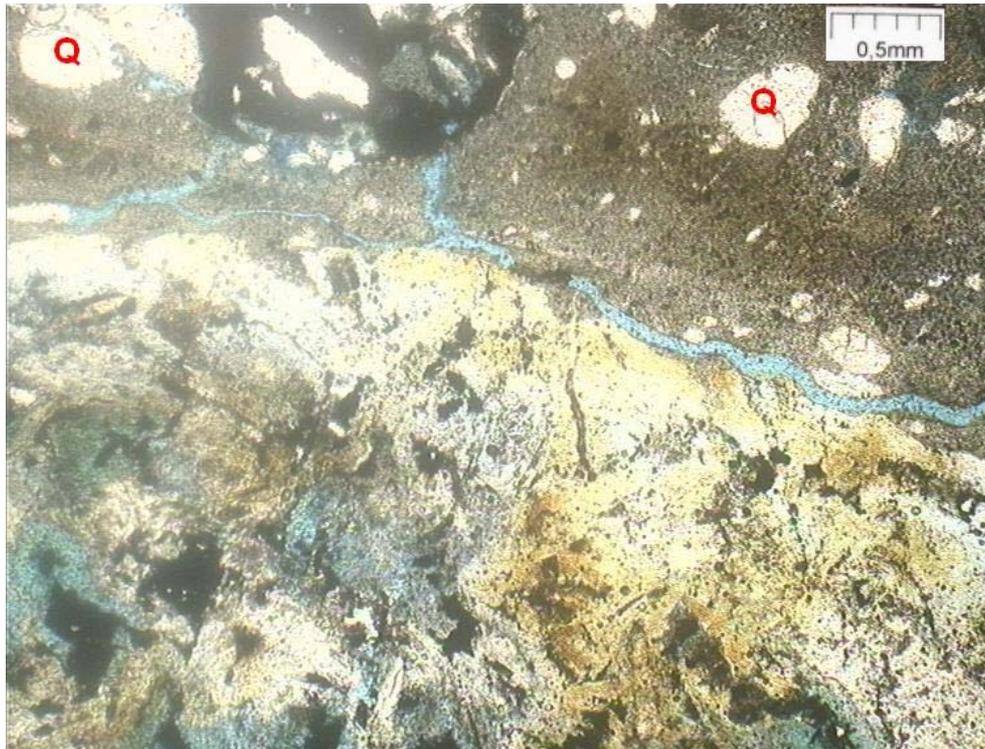


Figura 28 – Fotomicrografia do solo residual 1 (SR1), mostrando o contacto com o solo coluvionar (acima), em que (Q) são grãos de quartzo pertencentes ao solo coluvionar.

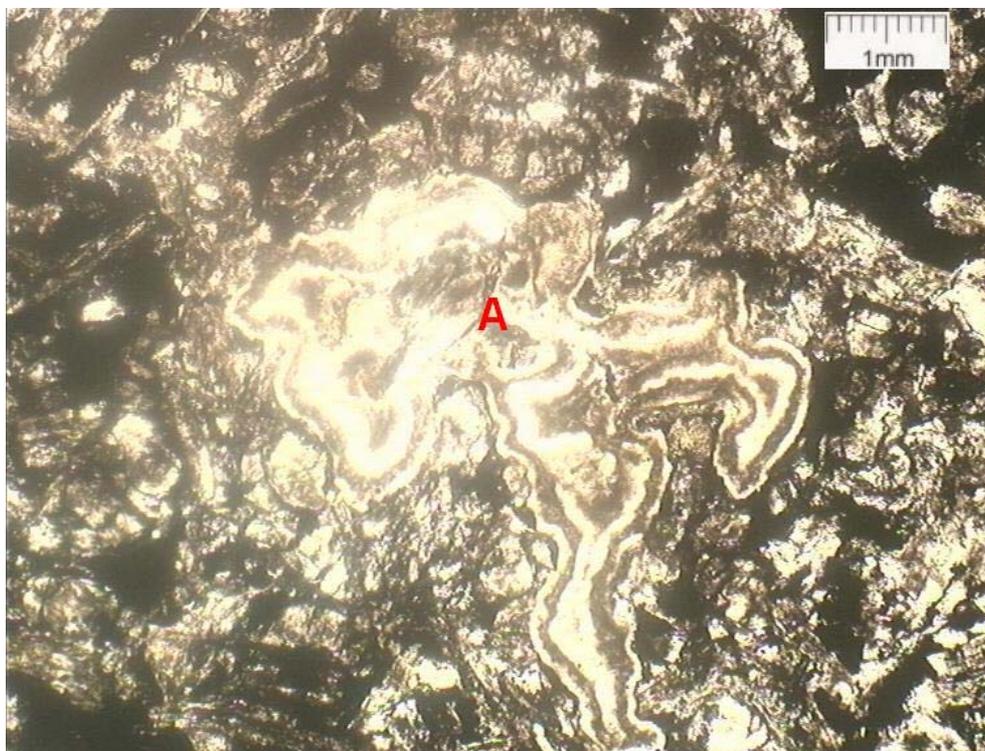


Figura 29 – Detalhe de uma amígdala (A) presente no solo residual 1 (SR1).

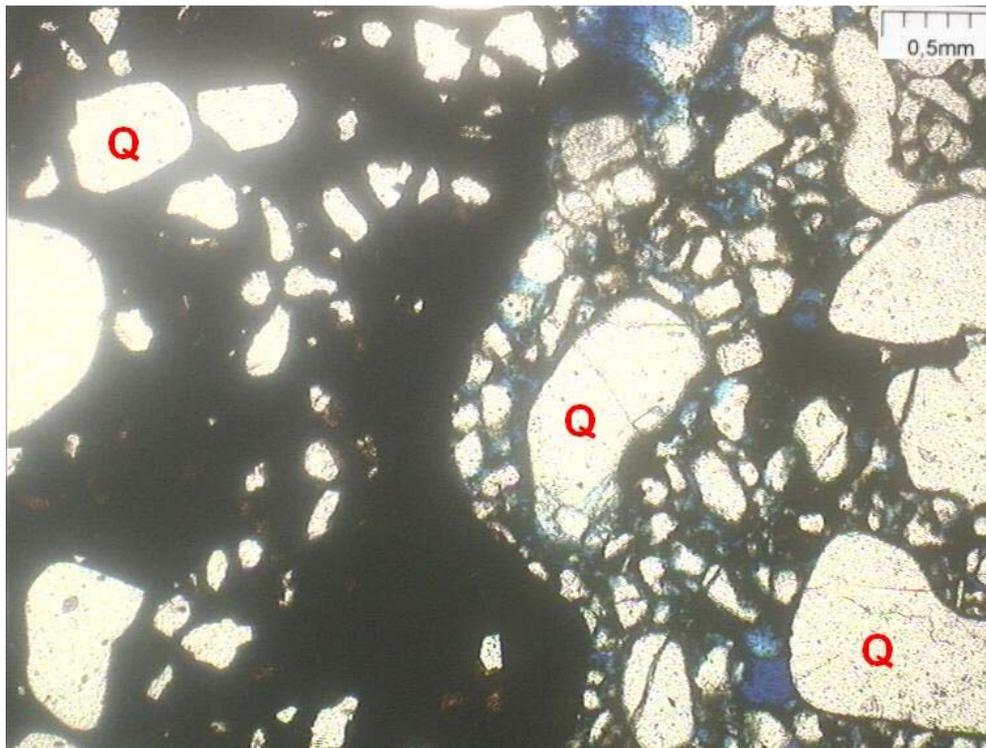


Figura 30 – Detalhe do solo coluvionar (SC), apresentando diferenciações quanto a sua cimentação, sendo que (Q) são grãos de quartzo.

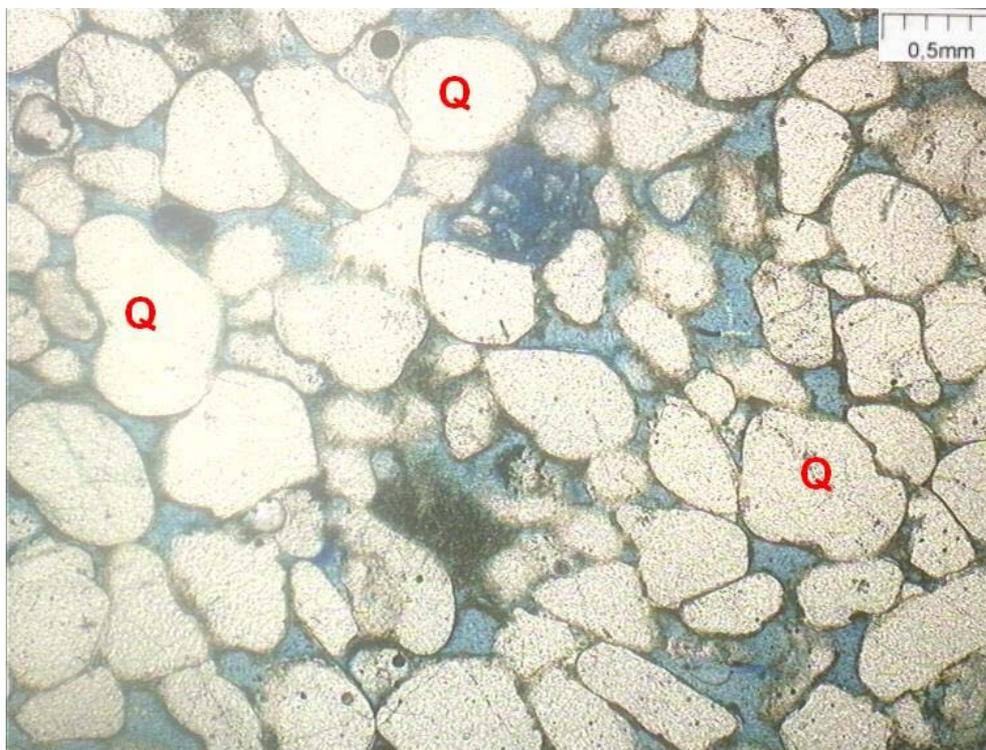


Figura 31 – Detalhe de um arenito presente no perfil, apresentando grãos de quartzo (Q) arredondados e facetados.

5.2.2. Fração Fina (Silte e Argila)

Conforme mencionado no capítulo anterior a caracterização das frações finas dos quatro solos pertencentes ao perfil foram realizadas através de ensaios de difração de raios x.

Para as amostras de solo coluvionar (SC) e solos residuais SR1 e SR2 foram realizadas análises apenas nas frações argilas.

Os resultados obtidos para os três materiais são apresentados nas figuras 32, 33 e 34, respectivamente. Analisando os difratogramas dos três tipos de solo observa-se que a caulinita é o argilomineral predominante. No entanto para amostra de material esverdeado encontrado em alguns blocos de solo SR2 fez-se a análise de difratogrametria de raios X (Figura 35), em que observou-se além de picos típicos do argilomineral caulinita, a presença de pico difratado a 15 Å. Sugerindo a presença também de esmectita em tal solo.

Para análise do solo residual 3 (SR3), foi necessário a preparação de lâminas de argila e silte, que foram analisadas naturalmente e saturadas com etilenoglicol.

As figuras 36 e 37 mostram os difratogramas obtidos para as amostras naturais de caráter natural de argila e silte, respectivamente. Estas indicam a presença de um pico difratado à 13 Å. Sendo necessário o tratamento das amostras com etilenoglicol, para caracterizar o grupo do argilomineral dominante. Os resultados são mostrados também nas figuras 36 e 37. Tais figuras mostram um deslocamento dos picos em relação às dos difratogramas em lâminas de caráter natural, tanto de argila como em silte.

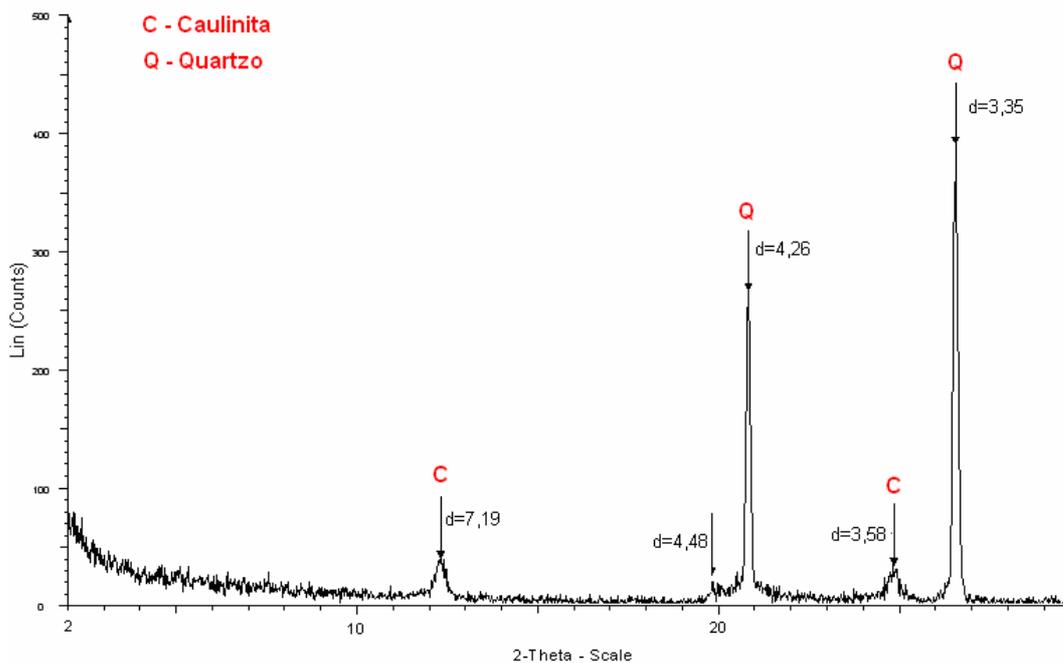


Figura 32– Difratoograma de Raios- X de argila do solo coluvionar.

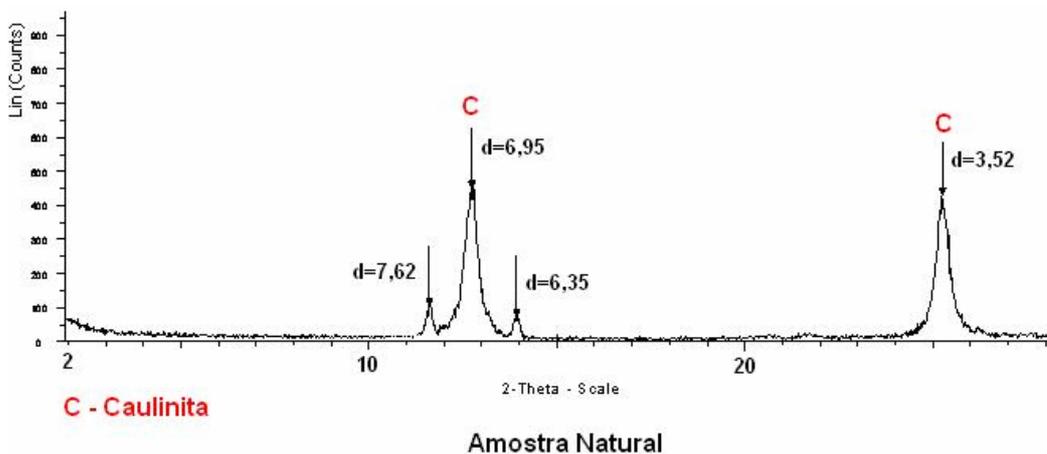


Figura 33- Difratoograma de raios-x de argila do solo residual 1 – amostra natural.

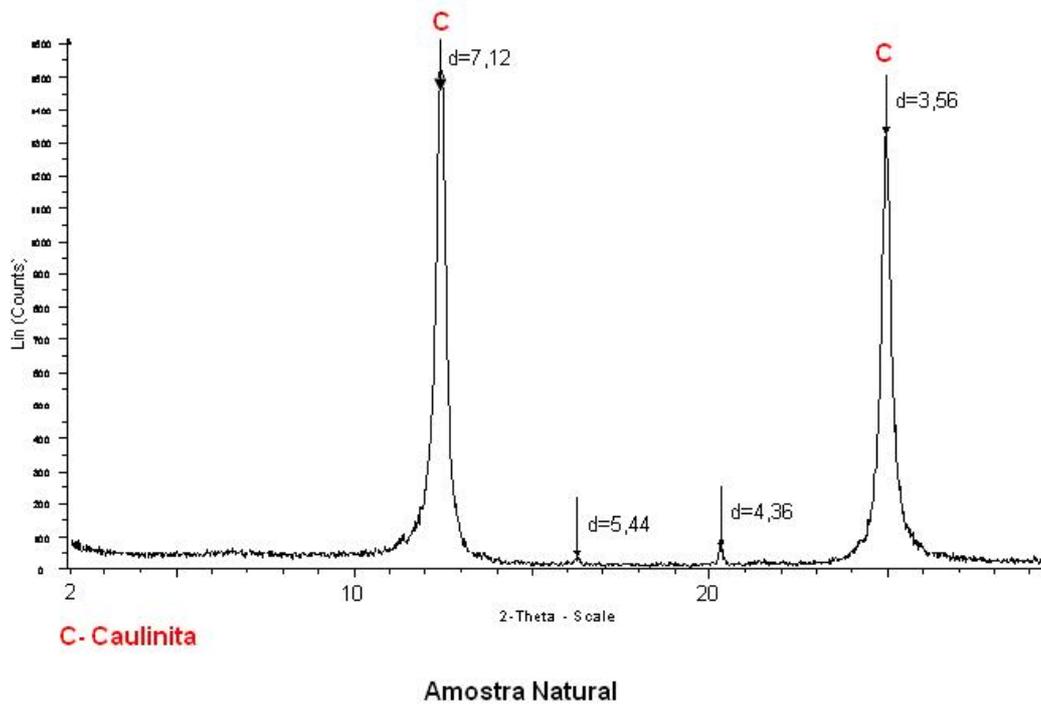


Figura 34 - Difratoograma de raios-x de argila do solo residual 2 – amostra natural.

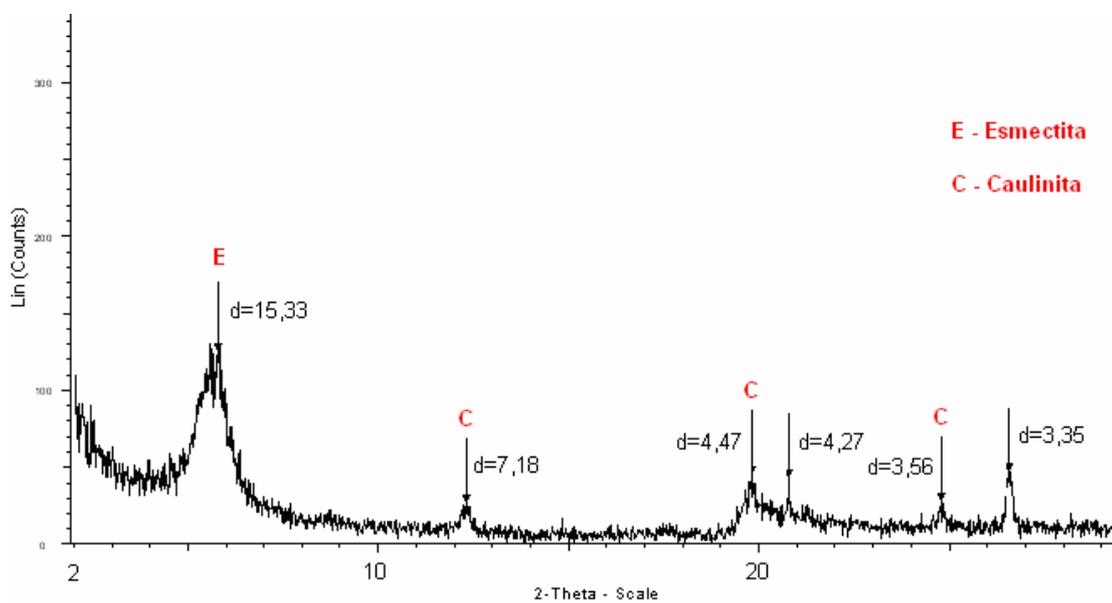


Figura 35 – Difratoograma de raios X de material esverdeado do solo SR2.

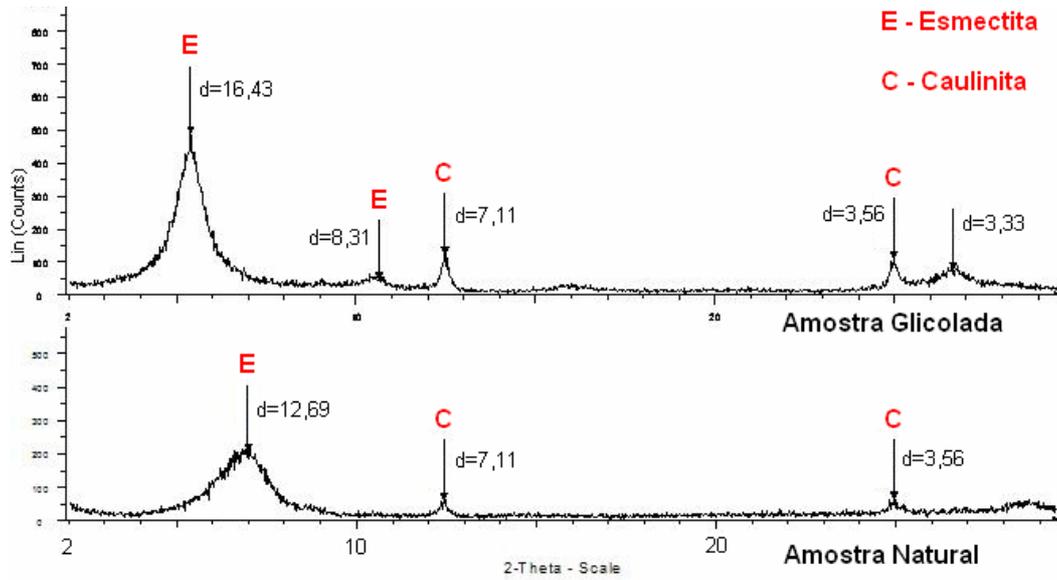


Figura 36- Difratoograma de raios-x de argila do SR3 (natural e glicolada).

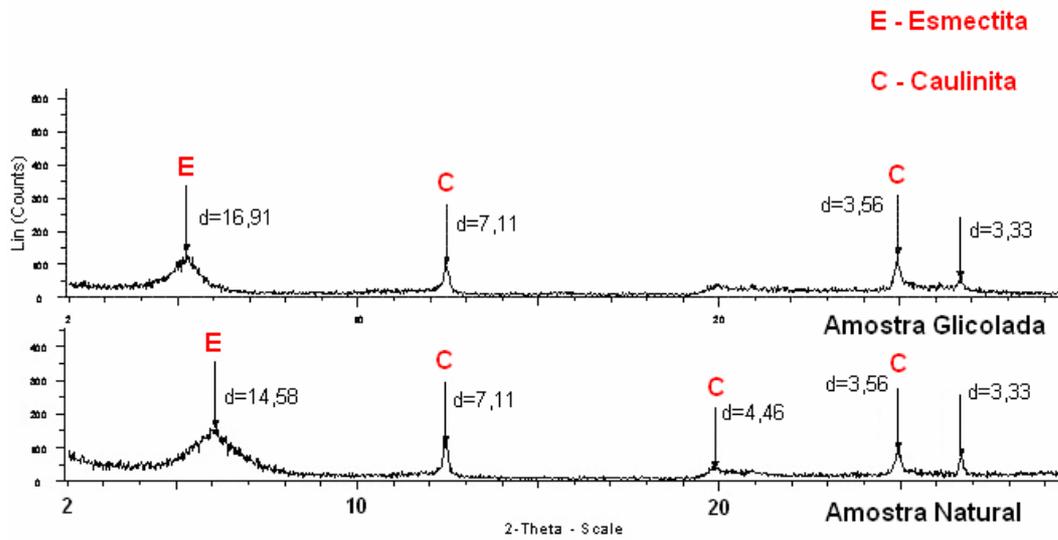


Figura 37 - Difratoograma de raios- X de silte do solo residual 3 (natural e glicolada).

5.2.3. Fração Areia

A composição mineralógica das frações areias dos solos foi analisada utilizando-se lupa binocular, disponível no Laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente do DEC da PUC-Rio, onde a distribuição estava disposta da seguinte forma:

- Solo Coluvionar - apresentou um predomínio de quartzo sub-arredondado e concreções ferruginosas;
- Solo Residual 1 – concreções ferruginosas, quartzo hialino e pequena quantidade de quartzo sub-arredondado;
- Solo Residual 2 – concreções ferruginosas, hematita e fragmentos de geodo, zeólitas e quartzo hialinos. Em análise em blocos distintos, porém advindos do mesmo poço, notou-se uma variação acentuada quanto a presença de concreções ferruginosas.
- Solo Residual 3 - apresentou Feldspatos cálcicos intemperizados, magnetita e quartzo hialino.

A fração areia do solo residual 1 (SR1) mostrou composição mineralógica bastante diferenciada dos demais solos residuais, o que pode evidenciar adições de detritos transportados. Também pôde-se notar uma presença acentuada de concreções ferruginosas.

5.3. Análise Química

Conforme mencionado no capítulo anterior foram realizadas análises químicas no solo coluvionar (SC) e nos solos residuais SR1, SR2 e SR3 no CNPS/Embrapa.

As análises químicas realizadas na CNPS/Embrapa consistiram em ensaios de complexo sortivo, ataque sulfúrico e na determinação do pH dos solos. Os resultados das mesmas encontram-se resumidos nas tabelas 13 e 14.

Tabela 13 – Resultado dos ensaios de complexo sortivo.

SOLO	Complexo Sortivo cmol/kg							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	H ⁺	Valor T
SC	0,2		0,05	0,08	0,3	0,1	0,9	1,3
SR1	0,6		0,04	0,01	0,6	1,6	2,50	4,7
SR2	10,2	33,9	0,26	0,14	44,5	4,7	3,9	53,1
SR3	7,8	62,9	0,34	0,07	71,1	0,9	3,9	75,9

Tabela 14 – Resultado dos ensaios de pH e ataque sulfúrico.

SOLO	pH (1:2,5) Água	Ataque por H ₂ SO ₄ - NaOH (0,8%) g / kg				Ki	Kr
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂		
SC	4,8	81	54	31	4,4	2,55	1,86
SR1	4,7	278	215	209	18,4	2,20	1,36
SR2	5,4	364	190	132	13,4	3,26	2,25
SR3	5,8	378	148	114	8,7	4,34	2,91

$$Ki = SiO_2 \cdot 1,70 / Al_2O_3; Kr = (SiO_2 / 0,60) / (Al_2O_3 / 1,02) + (Fe_2O_3 / 1,60)$$

Os dados referentes ao complexo sortivo (Tabela 13), representam os valores da soma das bases (S) e dos valores da capacidade de troca catiônica (T), obtido através da soma das bases (S) mais Al³⁺ + H⁺.

Os resultados indicaram valores muito baixos de S e T, para as amostras do solo coluvionar (SC) e solo residual 1 (SR1), refletindo o grau de alteração intenso de ambos. Ressaltando-se que quanto mais lixiviado o solo, menores são os valores de S e T. O que não se verifica nas amostras de solo (SR2) e (SR3), considerados com base nesses valores, os menos intemperizados.

Os resultados obtidos pelo ataque sulfúrico e pH (Tabela 14), mostram concentrações expressivas de Al_2O_3 e Fe_2O_3 nas amostras de solos (SR1), indicando estágio de laterização avançada; concordando com os dados obtidos no complexo sortivo. Os valores de pH também mostram tendência de crescimento nas amostras menos alteradas, como evidenciam os valores de K_i (relação molecular sílica/alumina). Os dados químicos referentes aos percentuais de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 , podem ser utilizados como referências para confirmar que a camada referente ao solo coluvionar superficial, foi transportada.

A tabela 15 apresenta os resultados das análises químicas semiquantitativas, através da fluorescência de raios X, nas amostras dos solos: SR1, SR2, SR3 e respectiva rocha coletada no perfil de solo.

Os resultados estão expressos em porcentagens dos principais elementos, sob a forma de óxidos. Os dados obtidos revelam acentuada tendência das concentrações de Fe_2O_3 e Al_2O_3 na camada superficial (SR1), além da lixiviação de parte de SiO_2 e da totalidade das bases (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+1} , K^{+1}). Caracterizando um processo geoquímico de laterização. Fato esse, que não se verifica nas amostras correspondentes aos solos SR2 e SR3.

Tabela 15 – Análise química semiquantitativa de óxidos para os solos SR1, SR2, SR3 e rocha alterada.

SOLO/ROCHA	(%)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO
SR1	45,21	31,13	21,38	-	-	-	-	2,07	-
SR2	51,50	27,23	15,61	0,238	3,06	-	0,382	1,73	0,17
SR3	57,36	19,71	14,3	0,437	5,61	-	0,560	1,51	0,37
Rocha	52,43	15,65	10,13	9,197	7,97	1,73	1,532	1,02	0,24

5.4. Curva Característica

Conforme evidenciado no capítulo anterior foram determinadas as curvas características através do método papel filtro para os solos em estudo.

As tabelas 16, 17, 18 e 19 apresentam os índices físicos iniciais dos corpos de prova ensaiados para os solos SC, SR1, SR2 e SR3, respectivamente.

Tabela 16 – Índices físicos iniciais dos corpos de prova de solo SC para a obtenção da curvas características.

SC					
γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	W _i (%)	ei	n (%)	Si (%)
18,8	17,4	7,85	0,52	34,2	40,0
18,6	17,2	7,85	0,54	34,9	38,8
17,9	16,6	7,85	0,59	37,1	35,2
18,3	17,0	7,85	0,55	35,7	37,4
17,9	16,6	7,95	0,59	37,2	35,6
18,0	16,7	7,95	0,58	36,8	36,1
17,6	16,3	7,95	0,62	38,2	34,0
18,1	16,7	7,95	0,58	36,7	36,3

Tabela 17 - Índices físicos iniciais dos corpos de prova de solo SR1 para a obtenção da curvas características.

SR1					
γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	W _i (%)	ei	n (%)	Si (%)
20,3	16,1	26,2	0,81	44,6	94,4
18,3	14,3	27,5	1,02	50,6	78,1
19,2	15,2	26,1	0,90	47,5	83,8
19,4	15,2	28,1	0,91	47,7	89,2
19,6	15,4	27,1	0,88	46,9	88,8
18,7	14,7	26,5	0,97	49,2	79,6
19,8	15,6	27,2	0,87	46,4	91,3
20,6	16,9	21,8	0,72	41,8	88,4

Tabela 18 - Índices físicos iniciais dos corpos de prova de solo SR2 para a obtenção da curvas características.

SR2					
γ_t (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	W_i (%)	e_i	n (%)	S_i (%)
16,8	11,7	44,0	1,44	58,9	87,1
16,9	11,7	44,6	1,43	58,8	89,0
17,5	12,0	46,6	1,38	57,9	96,1
17,2	11,9	45,3	1,40	58,3	92,2
17,5	12,2	43,3	1,33	57,1	92,5
16,7	11,6	43,3	1,44	59,0	85,4
17,4	11,9	45,4	1,39	58,2	92,7
17,3	12,0	44,3	1,36	57,7	92,4

Tabela 19 - Índices físicos iniciais dos corpos de prova de solo SR3 para a obtenção da curvas características.

SR3					
γ_{tl} (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	W_i (%)	e_i	n (%)	S_i (%)
17,5	12,5	39,90	1,22	55,0	90,9
17,6	12,2	43,63	1,28	56,1	95,2
16,4	11,8	39,31	1,18	54,1	80,5
17,9	11,7	40,41	1,19	54,4	94,6
17,7	12,5	42,19	1,23	55,2	95,4
18,2	13,0	39,68	1,14	53,2	97,4
18,1	12,9	40,41	1,16	53,7	96,9
18,1	13,0	39,04	1,14	53,3	95,4

As figuras 38 e 39 correspondem a curvas características de grau de saturação versus sucção mátrica e umidade volumétrica versus sucção mátrica, respectivamente.

A figura 40 mostra os resultados de umidade gravimétrica versus sucção mátrica. Com será discutido adiante, tal gráfico é de pouca utilidade no caso dos solos SR2 e SR3.

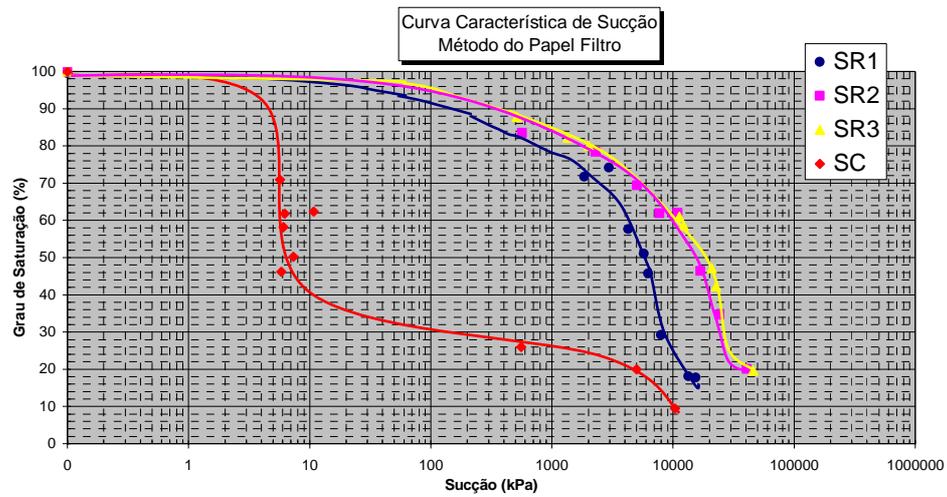


Figura 38 – Curvas características de Grau de Saturação versus Sucção Máfica para os solos em estudo.

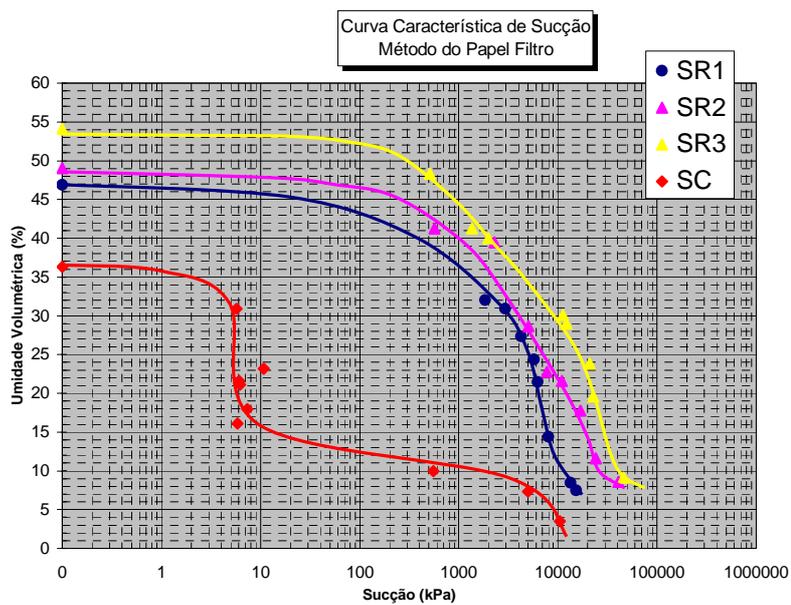


Figura 39 - Curvas características de Umidade Volumétrica versus Sucção Máfica para os solos em estudo.

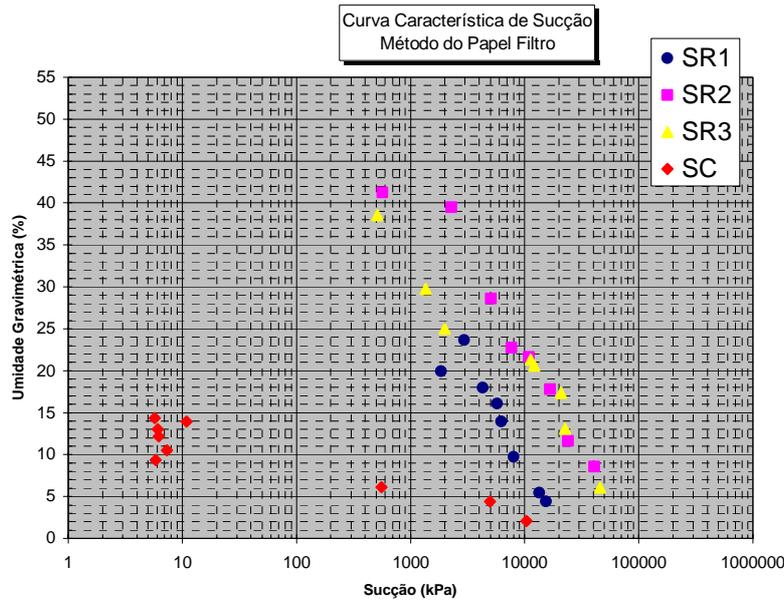


Figura 40 - Curvas características de Umidade Gravimétrica versus Sucção Mátrica para os solos em estudo.

5.5. Ensaio de Desagregabilidade

O ensaio de desagregabilidade foi realizado nos 4 tipos de solo em estudo simultaneamente, conforme descrito no capítulo anterior.

Para cada estágio de imersão foram anotadas observações para um melhor entendimento de como as amostras se comportavam quando submetidas a um determinado nível d'água estático.

Com o nível d'água na base das amostras (figura 41), notou-se:

- SC – A amostra começou a desagregar, após 10 minutos;
- SR1 – Permaneceu intacto;
- SR2 – Iniciou a desagregação aos 30 minutos;
- SR3 – Iniciou a desagregação aos 20 minutos.

Com o nível d'água 1/3 da altura das amostras (figura 42), notou-se:

- SC – Se mostrava o mais desagregado, notava-se uma diminuição na base da amostra;
- SR1 – Muito pouca desagregação, notava-se uma expansão;
- SR2 – Pouca desagregação, notava-se também uma expansão;
- SR3 – Se mostrou o segundo mais desagregado, também apresentando uma expansão.

Com o nível d'água 2/3 da altura das amostras (figura 43), notou-se:

- SC – Se mostrava bastante desagregado, com uma perda de material de aproximadamente 40%;
- SR1 – Ainda se mostra quase intacto, com pouca desagregação;
- SR2 – Desagregando-se nas arestas, a mesma era na forma de pastilhas (empastilhamento);
- SR3 – Desagregando-se de maneira uniforme.

Com o nível d'água na altura das amostras (figura 44), notou-se após 2 horas:

- SC – Se mostrou completamente desagregado;
- SR1 – Desagregando-se em pastilhas, com o aparecimento de trincas, coesão intacta;
- SR2 – Continua se desagregando mais nas arestas, coesão intacta;
- SR3 – Continua desagregando uniformemente, amostra apresentando-se com uma folhação horizontal e perda de coesão.

Com o nível d'água na altura das amostras (figura 45), notou após 24 horas:

- SC – Completamente desagregado;
- SR1 – Abertura das trincas, desagregação em forma de pastilhas (empastilhamento);

- SR2 – Perda de coesão, maior desagregação ocorrendo nas arestas, apresentando uma esfoliação horizontal;
- SR3 – Perda de coesão, foliação horizontal, aparecimento de trincas verticais.

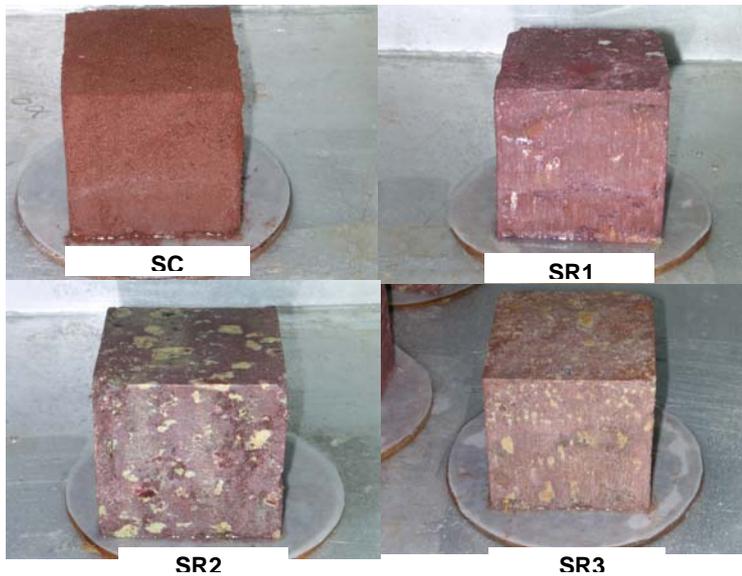


Figura 41 – Amostras submetidas ao ensaio de desagregabilidade com NA na base.



Figura 42- Amostras submetidas ao ensaio de desagregabilidade com NA 1/3 da altura das amostras.

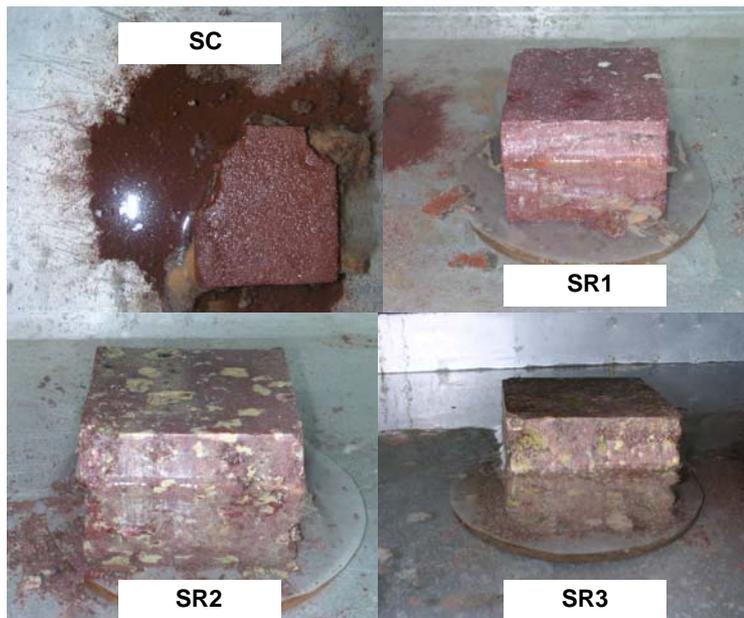


Figura 43 - Amostras submetidas ao ensaio de desagregabilidade com NA 2/3 da altura das amostras.

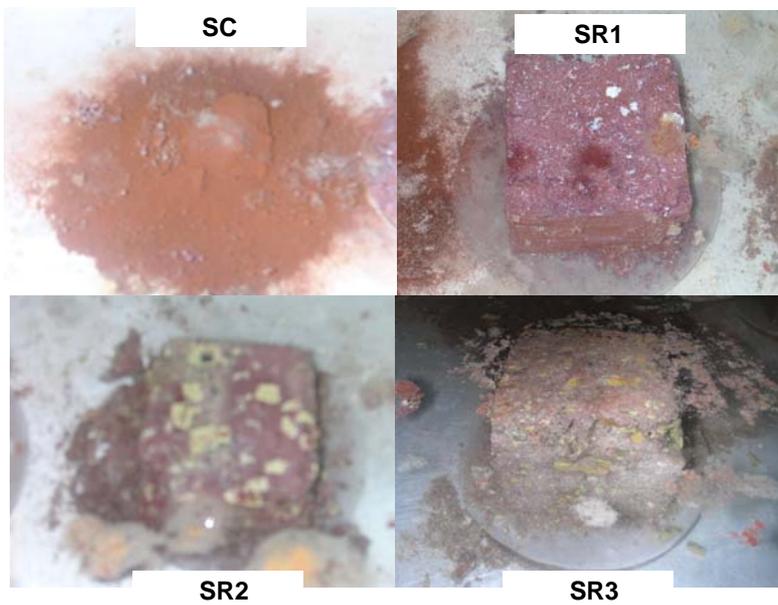


Figura 44 - Amostras submetidas ao ensaio de desagregabilidade com NA igual a altura das amostras, após 2 h.

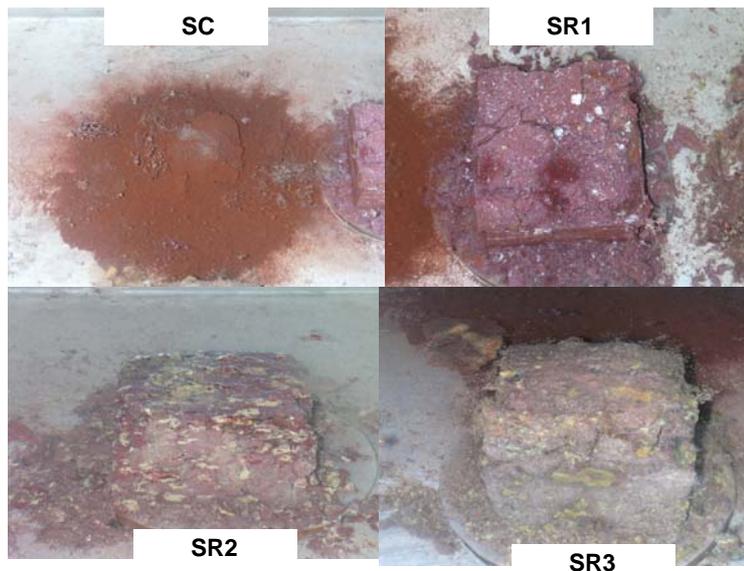


Figura 45 - Amostras submetidas ao ensaio de desagregabilidade com NA igual a altura das amostras, após 24h.

Baseado-se nesse ensaio, o solo coluvionar se mostrou com o grau de erodibilidade mais elevado, seguido do SR3, SR2 e SR1.

5.6. Ensaio de Adensamento

Conforme visto no capítulo 4, os ensaios de adensamento foram do tipo edométrico convencional.

Os índices físicos dos corpos de prova dos ensaios de adensamento executados encontram-se resumidos na tabela 20.

A figura 46 mostra as curvas índice de vazios (e) versus logaritmo da tensão efetiva vertical ($\log \sigma'_v$) para os solos SC, SR1, SR2 e SR3.

Valores de pressão de pré-adensamento virtual (σ'_{oc}) com seus respectivos índices de vazio (e_{oc}) e dos índices de compressão (c_c) e de expansão recompressão (c_e), foram determinados para os solos SC, SR1, SR2 e SR3, tais resultados serão apresentados no capítulo 6.

Os parâmetros de compressibilidade foram estimados a partir de retas traçadas (a sentimento) pelos pontos definidos a reta de compressão virgem (últimos pontos do carregamento) e pelos pontos de descarregamento no gráfico e $x \log \sigma'$. Os parâmetros de pré-adensamento foram estimados usando o método Pacheco-Silva.

Tabela 20 – Índices físicos das amostras submetidas ao ensaio edométrico.

Solo	Cota (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	ω (%)	S_i (%)	e_i
SC	192	16,9	16,3	3,5	14,8	0,62
SR1	183	18,7	14,9	25,8	78,8	0,95
SR2	178	17,3	12,2	41,5	87,2	1,35
SR3	172	17,3	12,4	39,2	87,4	1,25

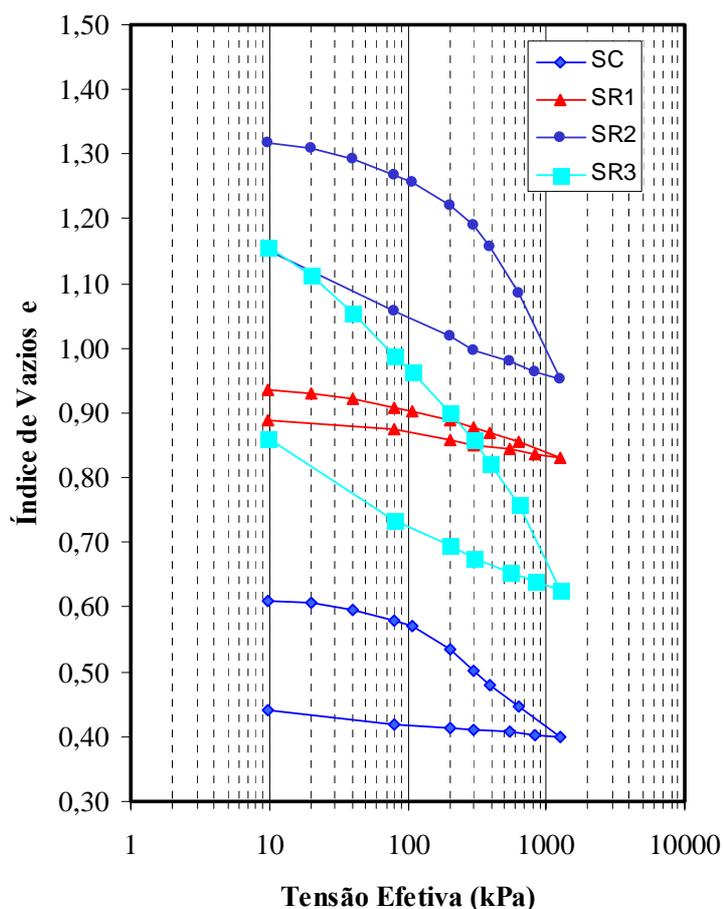


Figura 46 – Relações de e x $\log \sigma'_v$ obtidas no ensaio edométrico para SC, SR1, SR2 e SR3.

5.7. Avaliação de Expansibilidade

Para o ensaio de inserção de etilenoglicol em torrões dos solos residuais em estudo. Verificou-se uma expansão para todos os torrões pertencentes ao solo residual 3, enquanto que para o solo residual 2 verificou-se a expansão de apenas alguns torrões. Para o solo residual 1 não se observou nenhuma expansão.

A tabela 21 apresenta os índices físicos dos corpos de prova dos solos residuais em estudo, para o ensaio de expansão em amostras confinadas lateralmente e sem carga axial.

A figura 47 apresenta o gráfico de altura dos corpos de prova versus tempo.

Tabela 21 – Índices físicos iniciais dos cp's submetidos ao ensaio de expansão.

Solo	γ_t (kN/m^3)	γ_d (kN/m^3)	ω_i (%)	S_i (%)	e_i
SR1	17,3	13,7	27,9	75,1	1,01
SR2	16,8	11,8	42,4	88,2	1,36
SR3	16,4	11,7	42,4	86,1	1,38

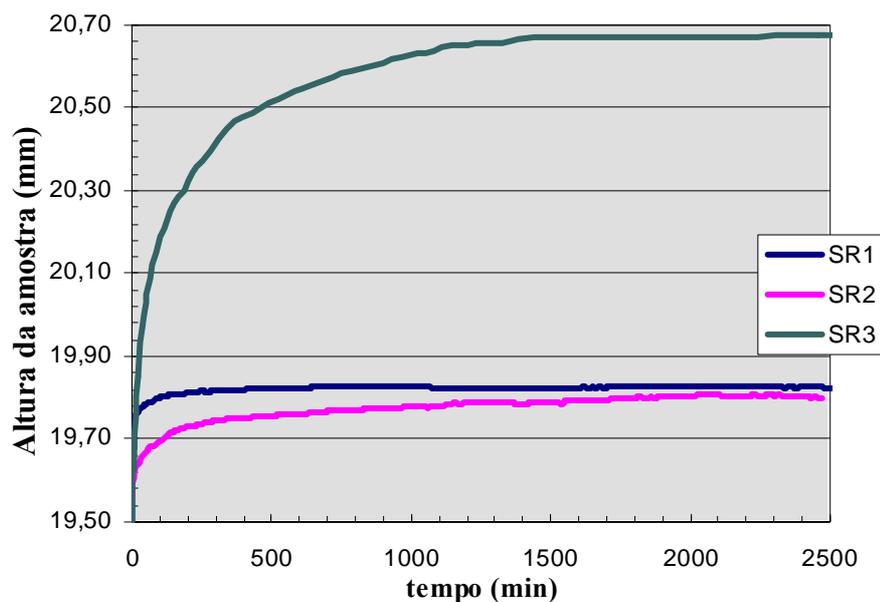


Figura 47 – Gráfico de altura de amostra (mm) versus tempo (min).

5.8. Ensaio de Cisalhamento Direto

5.8.1. Solo Coluvionar

A tabela 22 apresenta os índices físicos iniciais dos corpos de prova de solo SC submetidos ao ensaio de cisalhamento direto drenado.

As figuras 48, 49 e 50 mostram as curvas tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h); deslocamento vertical (δ_v) versus deslocamento horizontal (δ_h) e a envoltória de Mohr-Coulomb no gráfico tensão cisalhante (τ) versus tensão normal aplicada (σ) obtidas para o solo coluvionar, conforme procedimento descrito no capítulo anterior.

As curvas tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h) (Figura 48), mostram a inexistência de pico de resistência para todos os níveis de tensões verticais utilizados. Por esta razão foi assumido para estas curvas, que o solo havia rompido quando a curva tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h) atingisse uma inclinação constante.

de Campos & Carrillo (1995) na intenção de poder ter um critério geral para definir a ruptura em ensaios de sucção controlada e de ensaios submersos em amostras indeformadas advindas da Vista Chinesa na cidade do Rio de Janeiro, para resultados que indicavam a ausência de picos, utilizaram o gráfico de $\alpha = \Delta\tau / \Delta\delta_h$ versus δ_h , para definir a ruptura de tensão cisalhante associada a cada amostra. Admitindo que a ruptura se daria quando α (inclinação) fosse constante.

Notam-se nas curvas para ensaios realizados com baixas tensões normais (40 kPa), que a tensão cisalhante tende a se estabilizar após ruptura, enquanto que em ensaios com tensões normais acima de 110 kPa foi observado um aumento uniforme de tensão cisalhante pós ruptura.

Com relação às curvas deslocamento horizontal (δ_h) versus deslocamento vertical (δ_v) (Figura 49), todos os ensaios apresentaram uma contração. Para baixos níveis de tensão normal (40 kPa) a variação volumétrica tende a se estabilizar após ocorrer a ruptura.

A tabela 23 apresenta as tensões normais e tensões cisalhantes efetivas de ruptura consideradas para determinação da envoltória de resistência de Mohr-Coulomb para o solo SC.

Tabela 22 – Índices físicos iniciais dos Corpos de prova de solo SC submetidos ao cisalhamento direto drenado.

SOLO COLUVIONAR					
% Pedregulho - 0					
% Areia - 78					
% Silte - 2					
% Argila - 20					
Amostra	(kN/m ³)		w _i (%)	S _i (%)	e _i
	γ_t	γ_d			
1	17,3	16,3	6,5	29,0	0,59
2	16,5	15,6	6,3	25,1	0,67
3	17,2	16,1	6,5	28,1	0,53
4	16,9	15,9	6,2	25,9	0,55
5	17,0	16,1	5,9	25,3	0,61

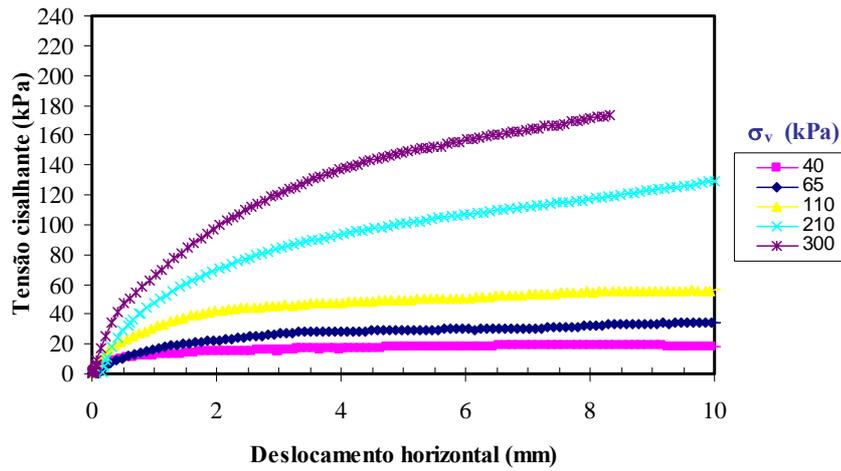


Figura 48 – Curvas de tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h), para o solo coluvionar.

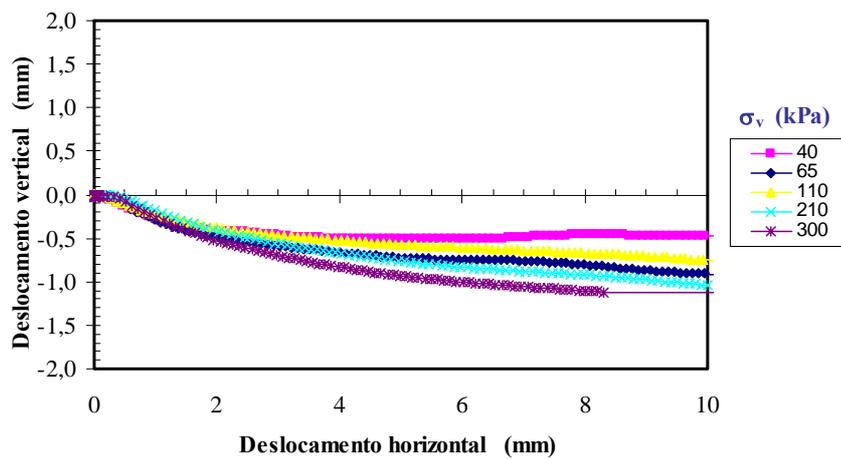


Figura 49 – Curvas de deslocamento horizontal (δ_h) versus deslocamento vertical (δ_v), para o solo coluvionar.

Tabela 23 – Tensões normais e tensões cisalhantes de ruptura observadas em ensaios no solo SC.

SC		
Amostra	kPa	
	σ_{max}	τ_{max}
1	44,3	19,2
2	68,2	27,5
3	115,5	45,6
4	215,4	98,1
5	315,5	144,8

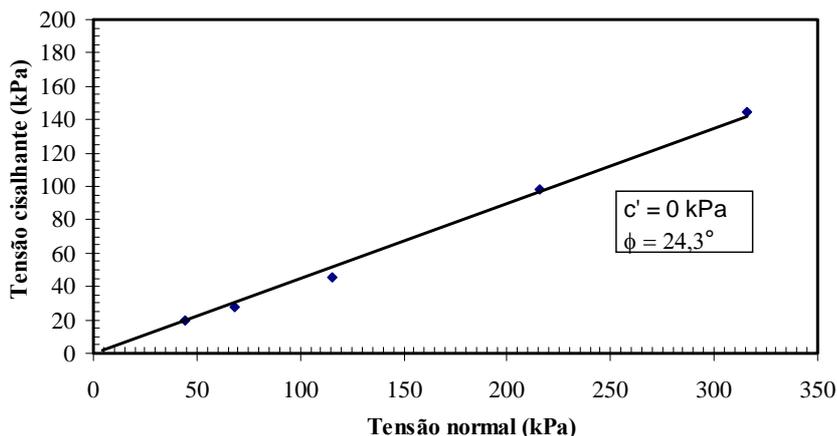


Figura 50 – Envoltória de resistência ao cisalhamento do solo coluvionar.

5.8.2. Solo Residual 1

A tabela 24 apresenta os índices físicos iniciais dos corpos de prova de solo SR1 submetidos ao ensaio de cisalhamento direto drenado.

As figuras 51, 52 e 53 mostram as curvas tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h); deslocamento vertical (δ_v) versus deslocamento horizontal (δ_h) e a envoltória de Mohr-Coulomb no gráfico tensão cisalhante versus (τ) tensão normal (σ) obtidos para o solo residual 1 (SR1), conforme procedimento descrito no capítulo anterior.

A curva tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h) (Figura 51) mostra a presença de picos pouco pronunciados para tensões normais de até 65 kPa; enquanto que a inexistência de pico de resistência foi notada para os demais níveis de tensão normal. Para ensaios com tensão normal de até 65kPa foi assumido que o solo havia rompido quando a curva tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h) atingisse o pico de resistência; enquanto que para os demais níveis de tensão admitiu-se que o solo havia rompido quando a curva tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h) atingisse uma inclinação constante.

Com relação às curvas deslocamento vertical (δ_v) versus deslocamento vertical (δ_h) (Figura 52), os ensaios para tensões normais de até 110 kPa apresentaram comportamento dilatante, enquanto que para os demais níveis de tensão normal apresentaram contração.

A tabela 25 apresenta as tensões normais e tensões cisalhantes efetivas de ruptura consideradas para determinação da envoltória de resistência de Mohr-Coulomb para o solo SR1.

Tabela 24 - Índices físicos iniciais dos Corpos de prova de solo SR1 submetidos ao cisalhamento direto drenado.

SOLO RESIDUAL 1					
% Pedregulho -		0,0			
% Areia -		14,7			
% Silte -		23,6			
% Argila -		61,7			
Amostra	(kN/m ³)		w _i (%)	S _i (%)	e _i
	γ_t	γ_d			
1	19,1	14,9	28,0	89,6	0,91
2	17,6	13,7	28,2	75,7	1,08
3	18,8	14,7	28,0	86,7	0,94
4	18,8	14,7	28,1	86,6	0,94
5	18,8	14,9	26,3	83,2	0,92

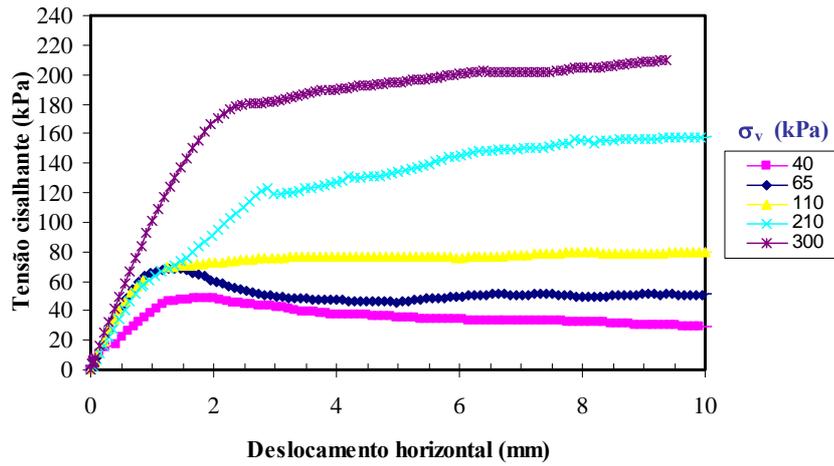


Figura 51 - Curvas de tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h), para o solo residual 1.

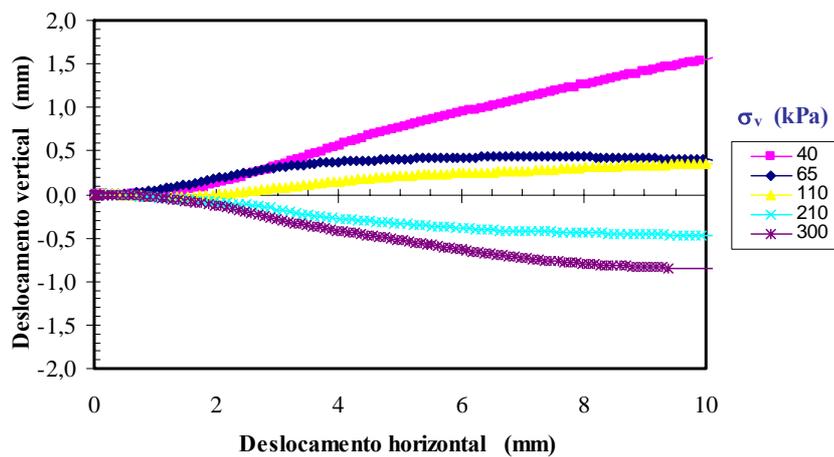


Figura 52 - Curvas de deslocamento horizontal (δ_h) versus deslocamento vertical (δ_v), para o solo residual 1.

Tabela 25 - Tensões normais e tensões cisalhantes de ruptura observadas em ensaios no solo SR1.

SR1		
Amostra	kpa	
	σ_{max}	τ_{max}
1	41,5	48,6
2	65,7	68,2
3	113,6	72,6
4	213,3	122,8
5	309,0	181,0

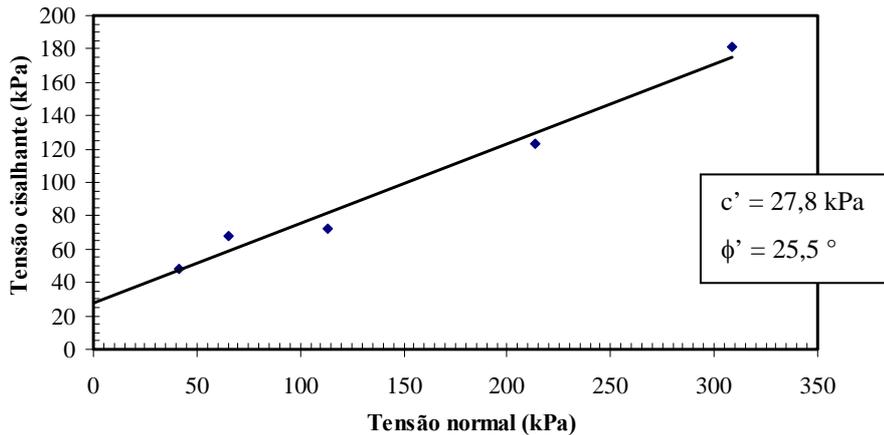


Figura 53 - Envoltória de resistência ao cisalhamento do solo residual 1.

5.8.3. Solo Residual 2

A tabela 26 apresenta os índices físicos iniciais dos corpos de prova de solo SR2 submetidos ao ensaio de cisalhamento direto drenado.

Os ensaios de cisalhamento direto efetuados no solo residual 2 (SR2) procederam-se através de duas rotinas, as quais estão descritas no capítulo anterior.

Na primeira rotina, foram utilizadas tensões normais iniciais de 40, 65, 110, 210 e 300 kPa, enquanto que na segunda rotina foram utilizadas tensões normais iniciais de 40, 65 e 110 kPa; sendo que a última corresponde a metodologia utilizada para os ensaios de cisalhamento dos demais tipos de solos em estudo.

As figuras 54 e 56 apresentam as curvas de tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h) das metodologias 1 e 2, respectivamente. As figuras 55 e 57 apresentam as curvas de deslocamento vertical (δ_v) versus deslocamento horizontal (δ_h) correspondentes. Devido a quantidade limitada de blocos foram realizados apenas três ensaios para a metodologia 2.

As curvas tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h) das duas rotinas (Figuras 54 e 56), mostram a presença de picos pouco pronunciados, ou até mesmo inexistentes. Para ensaios com picos pouco pronunciados, foi assumido que o solo havia rompido quando a curva tensão cisalhante versus deslocamento horizontal atingisse o pico de resistência; enquanto que para os demais níveis de tensão admitiu-se que o solo havia rompido quando a curva tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h) atingisse uma inclinação constante.

Com relação às curvas deslocamento vertical (δ_v) versus deslocamento horizontal (δ_h) dos ensaios realizados através da rotina 1 e 2 (Figuras 55 e 57), na primeira rotina (Figura 55) nota-se que o ensaio com tensão normal inicial de 40 kPa apresentou comportamento dilatante; enquanto que para o ensaio com tensão normal de 65 kPa houve uma ligeira contração, seguido de um aumento de volume (dilatância) pós ruptura.

Os demais ensaios com tensões normais iniciais de 110, 210 e 300 kPa apresentaram contração. A segunda rotina (Figura 57) apresentou um comportamento diferenciado ao da rotina 1, tendo em vista que para baixas tensões normais iniciais de 40 e 65 kPa houve uma contração seguida de um aumento de volume pós ruptura.

A figura 58, apresenta a envoltória de resistência obtida para as rotinas 1 e 2. Nota-se uma diferença considerável entre os pontos obtidos por meio da rotina 1 e 2. Esta diferença de metodologia será abordada no capítulo 6. É importante ressaltar que foram realizadas análises das areias dos dois blocos ensaiados, onde se verificou uma quantidade acentuada de concreções ferruginosas no bloco utilizado para a implementação da rotina 1.

O bloco utilizado para a implementação da rotina 2 apresentou uma quantidade relativamente baixa de concreções ferruginosas.

Tabela 26 - Índices físicos iniciais dos Corpos de prova de solo SR2 submetidos ao cisalhamento direto drenado.

% Pedregulho - 0 % Areia - 8,6 % Silte - 25,8 % Argila - 65,6 SOLO RESIDUAL 2						
Rotina	Amostra	(kN/m ³)		w _i (%)	S _i (%)	e _i
		γ _t	γ _d			
1	1	17,3	12,0	43,9	94,8	1,32
	2	17,1	11,8	44,5	93,3	1,29
	3	16,9	11,7	44,6	91,5	1,36
	4	17,1	11,7	46,3	95,3	1,38
	5	16,9	11,6	46,4	93,4	1,42
2	6	17,1	11,8	44,3	92,9	1,36
	7	16,8	11,6	44,9	90,4	1,41
	8	16,5	11,6	42,6	85,7	1,42

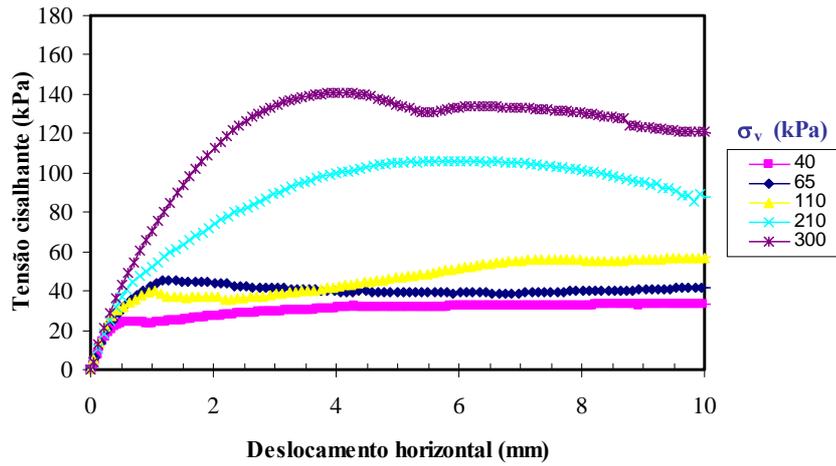


Figura 54 - Curvas de tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h), para o solo residual 2 utilizando rotina 1.

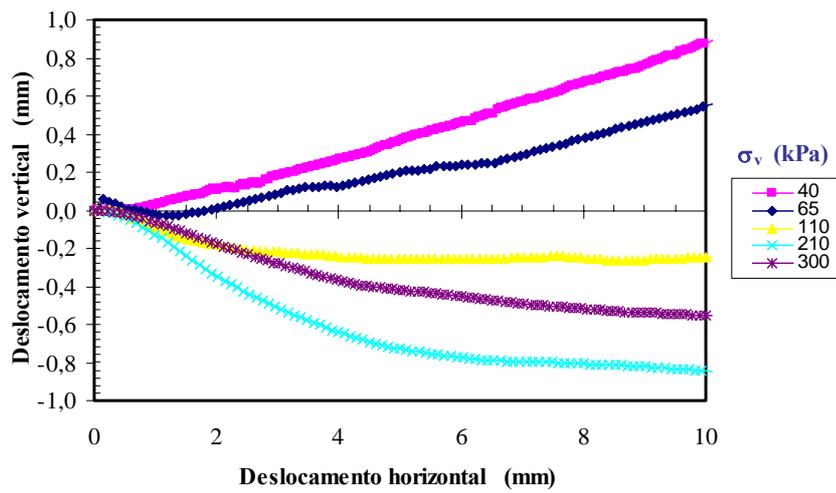


Figura 55 - Curvas de deslocamento horizontal (δ_h) versus deslocamento vertical (δ_v), para o solo residual 2 utilizando rotina 1.

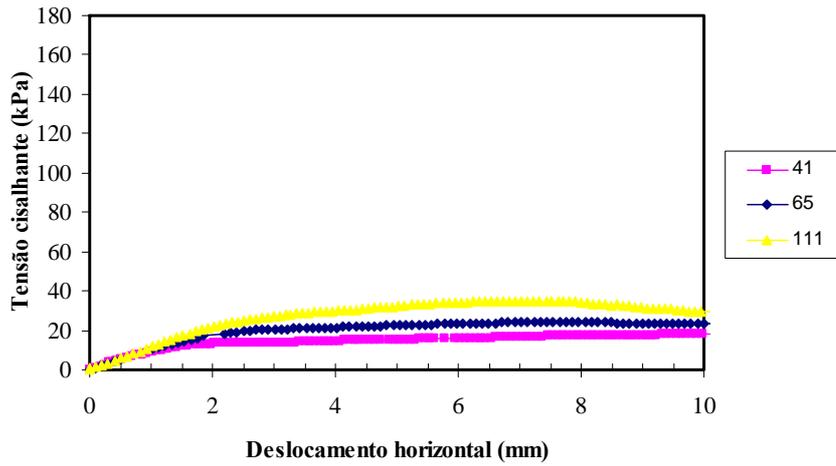


Figura 56 - Curvas de tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h) para o solo residual 2 utilizando rotina 2.

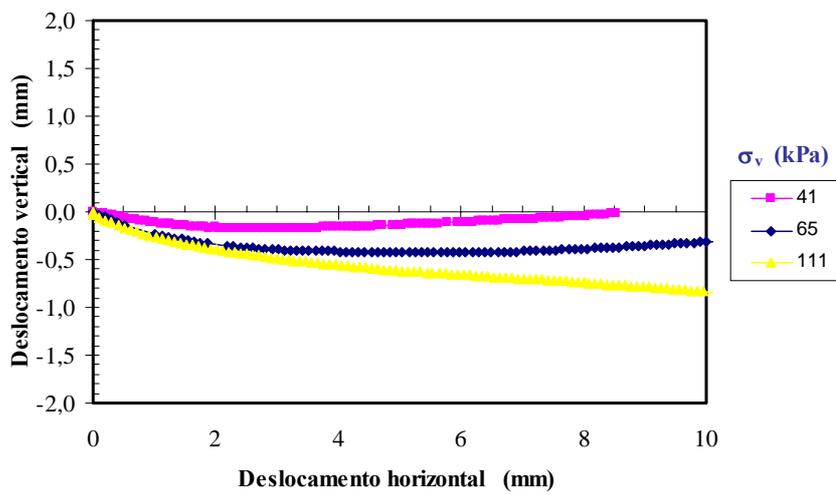


Figura 57 - Curvas de deslocamento horizontal (δ_h) versus deslocamento vertical (δ_v) para o solo residual 2 utilizando rotina 2.

A tabela 27 apresenta as tensões normais e tensões cisalhantes efetivas de ruptura consideradas para determinação da envoltória de resistência de Mohr-Coulomb para o solo SR2.

Tabela 27 - Tensões normais e tensões cisalhantes de ruptura observadas em ensaios no solo SR2.

SR2		
Amostra	kpa	
	σ_{\max}	τ_{\max}
1	41,1	23,8
2	65,7	45,3
3	113,6	39,7
4	221,2	106,1
5	312,7	140,7
6	41,9	13,8
7	70,0	24,3
8	119,3	35,0

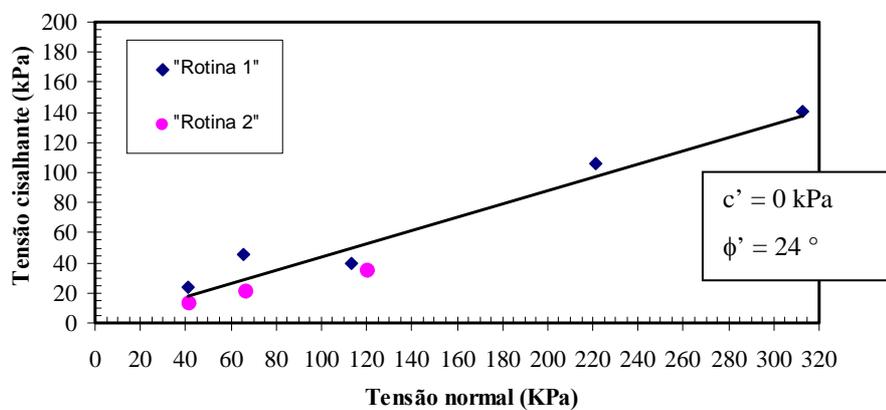


Figura 58 - Envoltória de resistência ao cisalhamento do solo residual 2 utilizando rotina 1 e 2.

5.8.4. Solo Residual 3

A tabela 28 apresenta os índices físicos iniciais dos corpos de prova de solo SR3 submetidos ao ensaio de cisalhamento direto drenado.

As figuras 59, 60 e 61, mostram respectivamente às curvas tensão cisalhante (τ) versus deslocamento horizontal (δ_h); deslocamento vertical (δ_v) versus deslocamento horizontal (δ_h) e a envoltória de Mohr-Coulomb, no gráfico tensão cisalhante (τ) versus tensão normal (σ) aplicada obtidas para o solo SR3 conforme procedimento descrito no capítulo anterior.

A curva tensão cisalhante versus deslocamento horizontal (Figura 59) mostram a inexistência de pico para todos os níveis de tensões normais iniciais aplicadas. Nota-se nas curvas, que a tensão cisalhante se estabiliza após ruptura para todos os ensaios. Para todos os ensaios foi assumido que o solo havia rompido quando a curva tensão cisalhante versus deslocamento horizontal atingisse inclinação constante ou nula.

Com relação às curvas de deslocamento horizontal versus deslocamento vertical (Figura 60); para o ensaio com tensão normal inicial de 40 kPa houve uma ligeira contração seguida de uma dilatância pós ruptura, enquanto que nos demais ensaios houve um comportamento contrativo; onde o ensaio com tensão normal inicial de 65 kPa apresentou estabilização volumétrica pós ruptura.

A tabela 29 apresenta as tensões normais e tensões cisalhantes efetivas consideradas de ruptura para determinação da envoltória de resistência de Mohr-Coulomb para o solo SR3.

Tabela 28 - Índices físicos iniciais dos Corpos de prova de solo SR3 submetidos ao cisalhamento direto drenado.

SOLO RESIDUAL 3					
% Pedregulho - 0					
% Areia - 12,1					
% Silte - 45,7					
% Argila - 42,2					
Amostra	(kN/m ³)		w _i (%)	S _i (%)	e _i
	γ _t	γ _d			
1	16,8	11,9	41,6	88,6	1,31
2	17,0	12,0	41,6	90,7	1,28
3	16,4	11,2	45,7	88,3	1,43
4	16,4	11,5	43,5	87,4	1,39
5	16,4	11,1	47,8	91,3	1,46

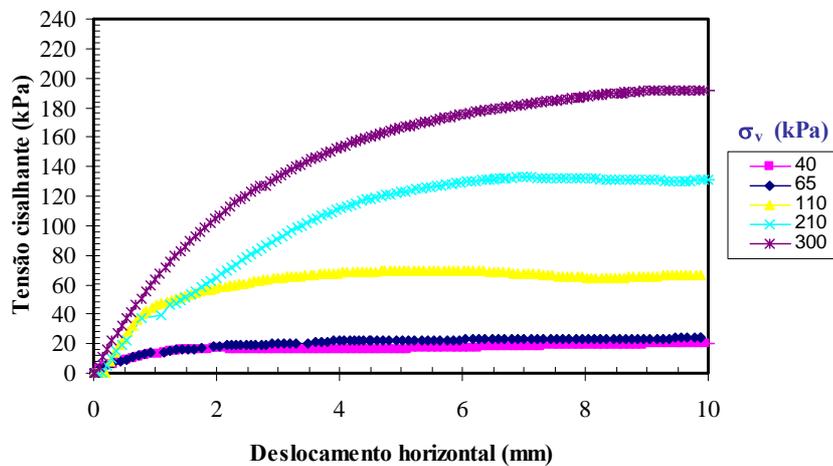


Figura 59 - Curvas de tensão cisalhante versus deslocamento horizontal, para o solo residual 3.

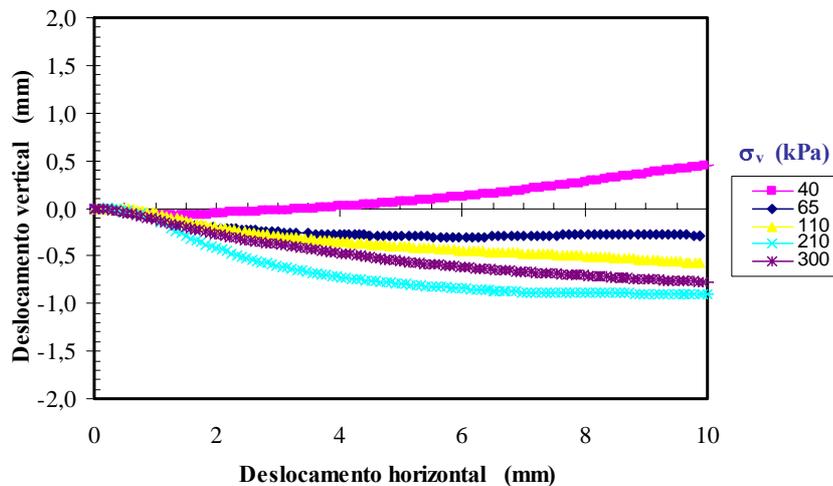


Figura 60 - Curvas de deslocamento horizontal versus deslocamento vertical, para o solo residual 3.

Tabela 29 - Tensões normais e tensões cisalhantes de ruptura observadas em ensaios no solo SR3.

SR3		
Amostra	kpa	
	σ_{\max}	τ_{\max}
1	41,9	16,7
2	67,5	22,5
3	117,5	69,8
4	222,5	132,8
5	332,6	191,8

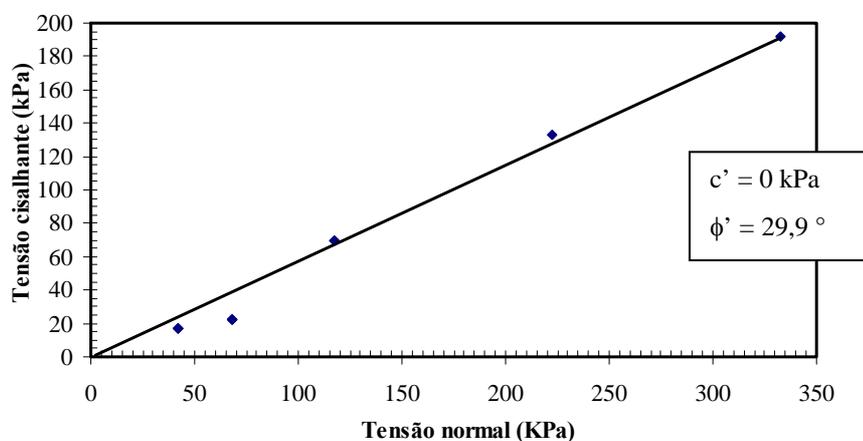


Figura 61 - Envoltória de resistência ao cisalhamento do solo residual 3.

5.9. Ensaio Triaxial Drenado

Com o intuito de se verificar a influência das fraturas na resistência, foram realizados ensaios triaxiais drenados em amostras de solo residuais SR2 e SR3. Detalhes referentes ao procedimento de tais ensaios encontram-se no capítulo anterior.

A tabela 30 apresenta os índices físicos dos corpos de prova submetidos aos ensaios triaxiais drenado.

As figuras 62 e 63 apresentam os resultados dos ensaios obtidos através das curvas de tensão desviadora (σ_d) versus deformação axial (ϵ_a) com suas respectivas curvas de deformação volumétrica (ϵ_v) versus deformação axial (ϵ_a).

As curvas tensão desviadora (σ_d) versus deformação axial (ϵ_a) (Figura 62), apresentaram picos pronunciados, exceto a curva referente ao solo residual 3 (SR3) com pressão nominal igual a 50 kPa. Observa-se nas curvas de deformação volumétrica versus deformação axial um comportamento dilatante para os ensaios com pressões nominais de 50 e 100kPa. O ensaio com pressão nominal de 200 kpa houve um comportamento compressível instantâneo seguido de um comportamento dilatante.

Na tabela 31 encontram-se apresentados os valores das tensões desviadoras de pico, σ_d , obtidos para série de ensaios, bem como suas respectivas deformações axiais, ϵ_a , e parâmetros de resistência obtidos.

Na figura 64 encontram-se traçada as trajetórias de tensão efetiva obtidas para os ensaios triaxiais saturados drenado (CD_{sat}). As trajetórias de tensões foram plotadas usando o diagrama de Lambe, ou seja, com $p' = (\sigma'_a + \sigma'_c)/2$ e $q = (\sigma'_a - \sigma'_c)/2$, onde σ é a tensão normal e os sub-índices a e c representam tensões axiais e radiais ou confinantes, respectivamente.

Tabela 30 – Índices físicos dos corpos de prova dos ensaios triaxiais.

Solo	Amostra	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	ω (%)	S_i (%)	e_i
SR2	1	16,9	10,7	49,6	85,4	1,65
	2	15,0	10,0	50,7	77,8	1,85
	3	17,2	11,7	46,6	93,0	1,42
SR3	4	16,8	12,3	36,8	81,1	1,27

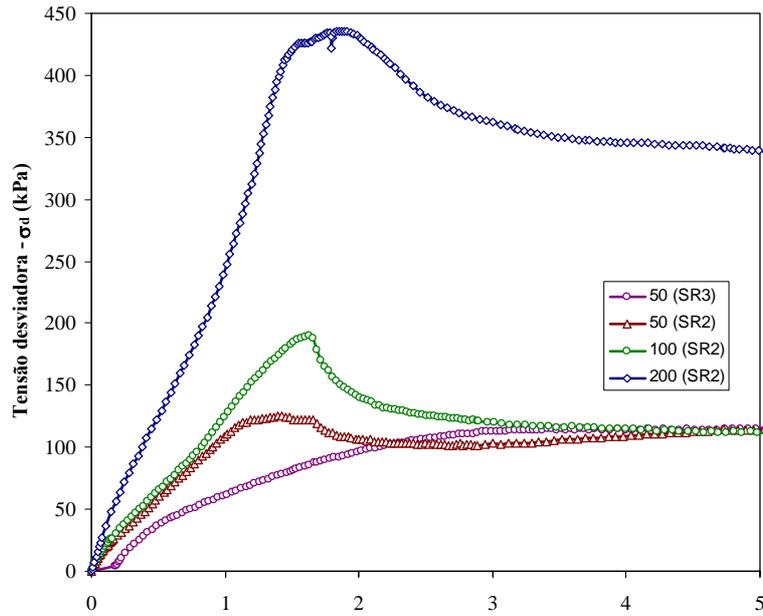


Figura 62 - Curvas de tensão desviadora (σ_d) versus deformação axial (ϵ_a) para os solos residuais SR3 e SR2.

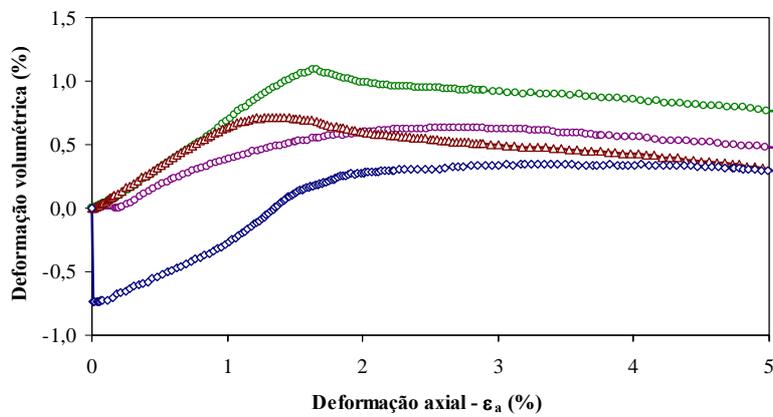


Figura 63 - Curvas deformação volumétrica (ϵ_v) versus deformação axial (ϵ_a) para os solos residuais SR3 e SR2.

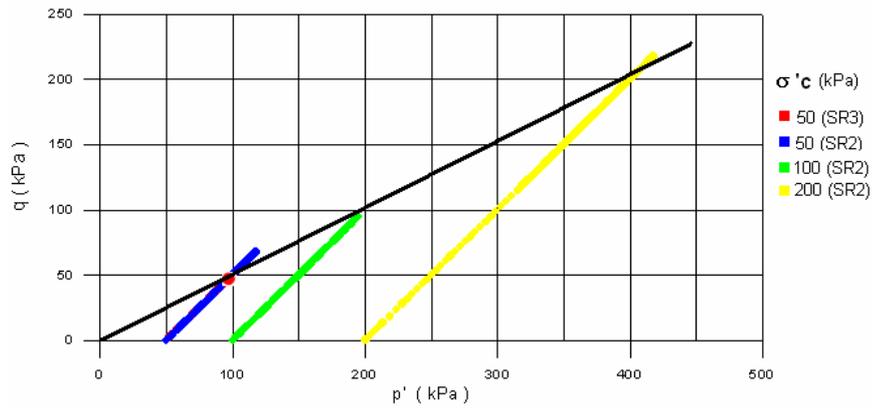


Figura 64 – Trajetória de tensões efetivas no diagrama q versus p'

Tabela 31 – Parâmetros de resistência dos ensaios triaxiais CD_{sat} .

Solo	Amostra	Tensão Efetiva (kPa)	σ_d (kPa)	ϵ_a (%)	a' (kPa)	α' (°)	c' (kPa)	ϕ' (°)
SR2	1	50	124,7	1,45	0	26,56	0	30
	2	100	189,6	1,63				
	3	200	435,2	1,87				
SR3	1	50	115,4	5,03				