

3

Material Utilizado

3.1.

Introdução

Para a utilização de um novo material ou um tipo de solo diferente, muita pesquisa sobre o comportamento do material deve ser realizada para prever como ele se comportará em uma determinada situação.

Como já foi mostrado no capítulo 1, há interesse no comportamento dos metais pesados - zinco, cádmio, cobre e chumbo - em solos residuais do estado do Rio de Janeiro. De acordo com o capítulo 2, vimos que diversos são os fenômenos que controlam o transporte de um poluente através do solo, sendo também muitas as variáveis das quais esses fenômenos são dependentes. Assim sendo, para uma avaliação experimental eficaz, é necessário que as principais variáveis do solo e da solução contaminada sejam bem conhecidas.

O solo formado a partir da decomposição das rochas pelo intemperismo seja químico, seja físico, ou a combinação de ambos, e que permanecem no local onde foram formados, sem sofrer qualquer tipo de transporte, são denominados solos residuais. A natureza destes solos, ou seja, sua composição mineralógica e granulométrica, sua estrutura e espessura dependem do clima, relevo, tempo e tipo de rocha de origem. Assim, em regiões de clima tropical, como na maior parte do Brasil, o manto de solo residual, formado pela decomposição das rochas com predomínio de intemperismo químico, apresenta, quase sempre, espessura da ordem de dezenas de metros, enquanto que, em regiões com predomínio de clima temperado, este manto tem espessura, normalmente, da ordem de poucos metros (ABGE, 1998).

Foram realizados ensaios de caracterização geotécnica e físico-química em dois solos residuais do estado do Rio de Janeiro, denominados Duque de Caxias e Mirante do Leblon. Que foram utilizados por já terem sido bastante estudados na PUC-Rio e devido a presença de mica no solo do Mirante do Leblon.

Nos ensaios de batelada, o que será visto no capítulo 4, foram utilizadas soluções de cádmio, zinco, chumbo e cromo. Foram preparadas duas soluções de cádmio e zinco para realização dos ensaios de coluna.

3.2. Caracterização dos Solos Residuais

O solo residual ou autóctone é formado no local, diretamente, da desagregação da rocha adjacente e / ou subjacente ao perfil do solo.

3.2.1. Ensaio de Caracterização Geotécnica

Foram realizados ensaios para determinação da umidade, do peso específico dos grãos, curva granulométrica e limites de liquidez e plasticidade, no Laboratório de Geotecnia da PUC-RJ, segundo procedimentos especificados pelas normas brasileiras – NBR 6508, NBR 6457, NBR 7181, NBR 6459 e NBR 7180 da ABNT.

Solo do Mirante do Leblon

O perfil de onde foi retirado o solo em estudo se localiza em uma encosta acima do Mirante do Leblon, à margem da estrada que leva a uma comunidade local chamada Chácara do Céu. A área situa-se no bairro Leblon, a sudeste do município do Rio de Janeiro e faz parte das Serras cariocas, que compõem o Maciço da Tijuca (Oliveira, 2000). A Foto 1 mostra detalhes do perfil de onde foi retirado o material.



Foto 1 – Perfil de onde foi coletado o solo em estudo (de Oliveira, 2000).

A amostragem foi feita manualmente com a utilização de pá e picareta. Foi retirado material deformado para a realização dos ensaios de caracterização e para os ensaios de batelada. Também foi retirada amostra indeformada para a realização dos ensaios de coluna.

Os ensaios de limite de liquidez e de plasticidade foram realizados com o material homogeneizado passante na peneira número 40, depois de ter sido destorroado com o almofariz e a mão de gral.

Para o limite de liquidez, usou-se o Aparelho de Casagrande e obteve-se o valor de 56,8% e o limite de plasticidade forneceu o valor de 41,0%. O índice de plasticidade resultante dos limites apresentou um valor igual a 15,8%.

A massa dos grãos tem um valor médio igual a 2,79g/cm³. A figura 18 apresenta a curva granulométrica com o cálculo do diâmetro efetivo, coeficiente de uniformidade e curvatura. A tabela 9 mostra o resumo da granulometria e a tabela 10, outros índices físicos importantes analisados.

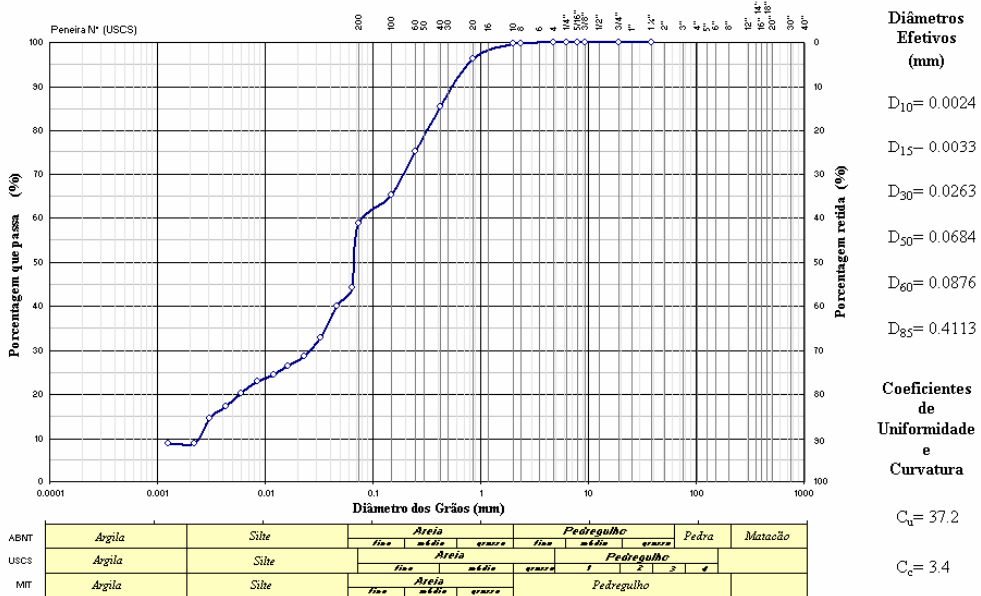


Figura 18 – Curva Granulométrica do Solo do Mirante do Leblon.

Tabela 9 – Resumo da Granulometria.

Resumo da Granulometria	Porcentagem (%)
Pedregulho Grosso	0
Pedregulho Médio	0
Pedregulho Fino	0
Areia Grossa	10

Areia Média	20
Areia Fina	27
Silte	34
Argila	9

Tabela 10 – Outros Índices Físicos do Solo do Mirante do Leblon.

Caracterização do Solo	
Umidade (%)	16,31
Massa específica Natural (g/cm ³)	1,84
Massa específica seca (g/cm ³)	1,55
Porosidade (%)	42
Índice de Vazios	0,72

Solo de Duque de Caxias

O perfil de onde foi coletado o segundo solo do estudo localiza-se na Rodovia Washington Luís, em direção à Petrópolis, no município de Duque de Caxias no estado do Rio de Janeiro (Br 040 – km 111). A foto 2 mostra o talude de onde foram coletadas as amostras deste solo.



Foto 2 – Talude do Solo de Duque de Caxias (Nunes, 2002).

A rocha apresenta feições ricas em minerais máficos (biotita) e félsicos (feldspatos), conferindo ao referido solo respectiva alternância de camadas com porosidade e permeabilidade possivelmente diferenciadas. Estas feições são visualmente identificáveis no bloco coletado, sendo uma mais arenosa e a outra mais siltosa, como está mostrado na foto 3.



Foto 3 – Detalhe do bloco coletado em Duque de Caxias (Nunes, 2002).

A feição do solo estudado considerou a parte arenosa que apresenta coloração mais clara. Ela é constituída de feldspato potássico e biotita em várias fases de alteração, além do quartzo. Este material foi caracterizado como sendo um solo residual gnáissico arenoso.

A amostragem foi feita da mesma forma que a do solo do mirante do Leblon, com amostras deformadas para os ensaios de caracterização e ensaios de batelada; no entanto, para os ensaios de coluna, conseguiu-se a extração de um bloco indeformado, de modo que as colunas foram cravadas no laboratório. O bloco indeformado tem, aproximadamente, 30cm de aresta. Na coleta, ele foi devidamente condicionado com papel filtro, papel laminado, murim e parafina derretida, a fim de preservar sua umidade natural e suas características do campo. A foto 4 mostra detalhes da extração do bloco.





Foto 4 – Fases da extração do bloco indeformado de Duque de Caxias.

Os ensaios de limite de liquidez e de plasticidade foram realizados com o material homogeneizado passante na peneira número 40, depois de ter sido destorroado com o almofariz e a mão de gral.

Para o limite de liquidez usou-se o Aparelho de Casagrande e obteve-se o valor de 41,4% e o limite de plasticidade forneceu o valor de 26,4%. O índice de plasticidade resultante dos limites apresentou um valor igual a 15,0%.

A massa dos grãos tem um valor médio igual a 2,62g/cm³. A figura 19 apresenta a curva granulométrica com o cálculo do diâmetro efetivo, coeficiente de uniformidade e curvatura. A tabela 11 mostra o resumo da granulometria e tabela 12, outros índices físicos importantes analisados.

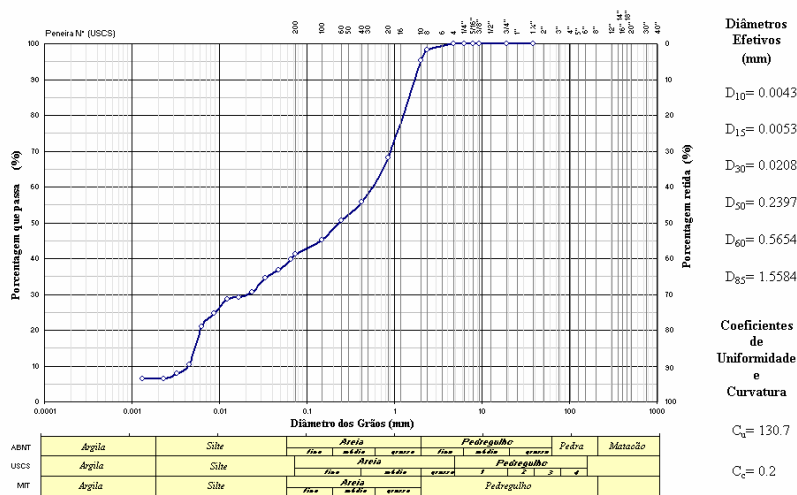


Figura 19 – Curva Granulométrica do Solo de Duque de Caxias.

Tabela 11 – Resumo da Granulometria.

Resumo da Granulometria	Porcentagem (%)
Pedregulho Grosso	0
Pedregulho Médio	0

Pedregulho Fino	5
Areia Grossa	34
Areia Média	13
Areia Fina	9
Silte	32
Argila	6

Tabela 12 – Outros Índices Físicos do Solo de Duque de Caxias.

Caracterização do Solo	
Umidade (%)	6,68
Massa específica natural (g/cm ³)	1,55
Massa específica seca (g/cm ³)	1,45
Porosidade (%)	44
Índice de vazios	0,82

3.2.2. Análises Mineralógicas

No solo do Mirante do Leblon foram realizadas análises mineralógicas das frações passantes na peneira #40 e #200. Os ensaios consistiram em uma análise por difração de raio-X, realizada no laboratório de difração de Raio-X do Departamento de Ciências dos Materiais e Metalurgia da PUC-Rio, utilizando-se um Difratorômetro de raios-x, marca Siemens, modelo D5000. A composição mineralógica do solo é apresentada na tabela 13. Os difratogramas estão apresentados nas figuras 20 e 21.

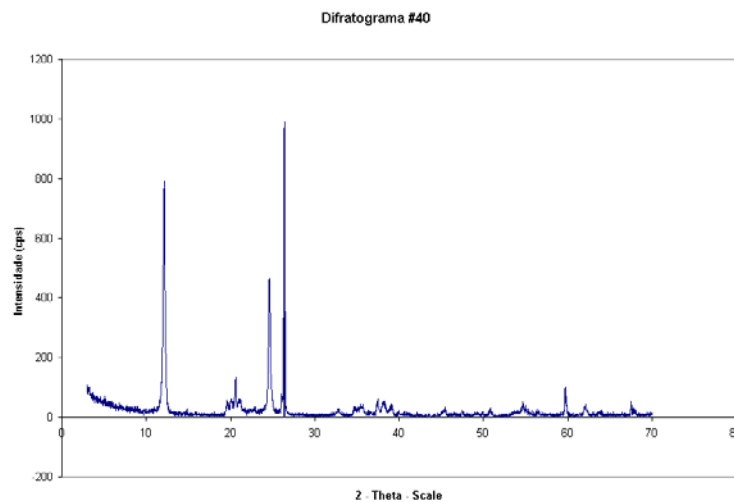


Figura 20 – Difratograma do solo do Mirante do Leblon - #40.

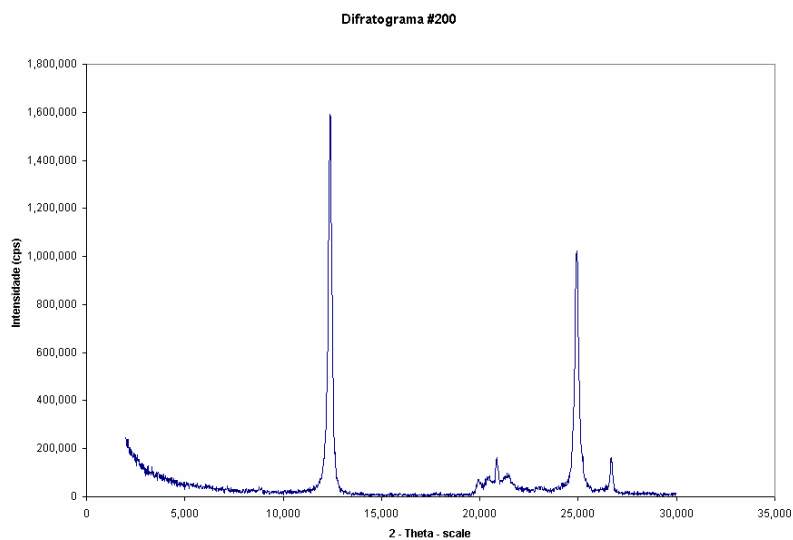


Figura 21 – Difratograma do solo do Mirante do Leblon - #200.

Tabela 13 – Composição Mineralógica do Solo do Mirante do Leblon.

Fração	#40	#200
Composição	Caolinita	Caolinita
	Ilita	Ilita

No solo de Duque de Caxias, para a identificação dos componentes dos solos, procedeu-se a separação das frações areia, silte e argila por peneiramento e sedimentação. A determinação dos minerais da fração areia foi feita utilizando-se a lupa binocular e microscópico petrográfico da PUC-Rio. Os resultados revelaram a ocorrência de biotita e feldspato potássio, ambos em várias fases de transformação, além do quartzo.

Para a identificação dos constituintes cristalinos das frações silte e argila, as análises foram feitas no difratômetro igual ao do solo do Mirante do Leblon.

Os resultados das análises estão na tabela 14 e na figura 22.

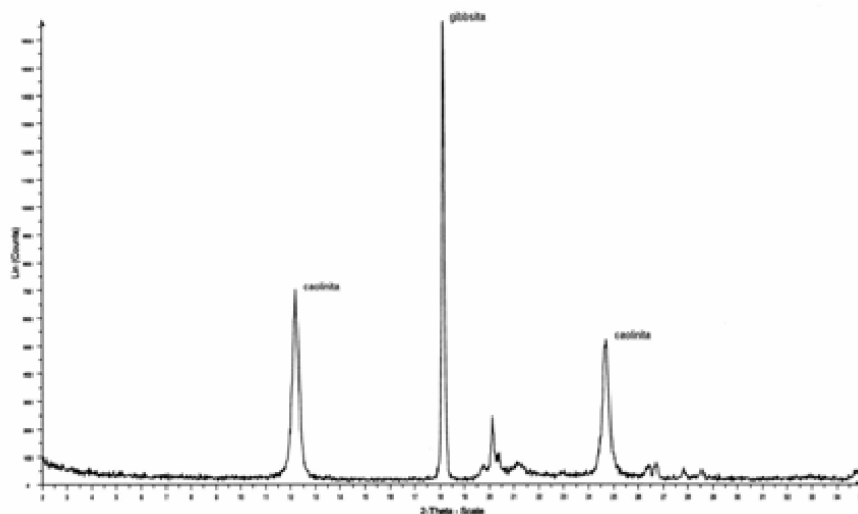


Figura 22 – Difratograma do solo de Duque de Caxias.

Tabela 14 – Composição Mineralógica do Solo de Duque de Caxias.

Fração	Silte e Argila
Composição	Caolinita Gibbsita

3.2.3.

Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas dos solos são muito importantes, pois conhecendo as características da amostra natural, podemos comparar, após a realização dos ensaios, o que mudou no solo e o que pode ter influenciado nesta mudança.

Para o solo do Mirante do Leblon, as análises foram feitas no Laboratório de solos, água e plantas da EMBRAPA. Determinou-se o pH em água e em KCl, foram feitas análises para cádmio e chumbo, troca catiônica e ataque sulfúrico mais carbono. A tabela 15 mostra os resultados principais e, no apêndice 1, aparece a análise completa do solo feita na EMBRAPA.

Tabela 15 – Resultado simplificado das análises físico-químicas para o solo do Mirante do Leblon.

Análises Físico-químicas	Resultados
pH em H ₂ O	4,3
pH em KCl	3,9

CTC (cmolc/Kg)	3,0
Metais (g/Kg)	Zn – 0,008 Cd – 0,002 Pb – 0,024 Cr – 0,062

Para o solo de Duque de Caxias, o resultado se encontra na tabela 16.

Tabela 16 – Resultado simplificado das análises físico-químicas para o solo de Duque de Caxias.

Análises Físico-químicas	Resultados
pH em H ₂ O	4,9
pH em KCl	4,15
CTC (cmolc/Kg)	1,8
Metais (mg/dm ³)	Zn – 0,562
Superfície Específica (m ² /g)	14,05
Matéria Orgânica (%)	1,5

3.3. Caracterização da Solução Utilizada

A solução de lixiviação empregada em qualquer ensaio deve assemelhar-se ao fluido real que estará em contato com o material. No entanto, não existe um meio de desenvolver uma solução única, representativa de todos as variáveis, tais como pH, potencial de oxidação, presença de agentes quelantes ou complexos e outros.

Assim, normalmente, em ensaios de lixiviação realizados para avaliar a estabilidade química dos resíduos tratados, tende-se a usar uma solução de lixiviação agressiva, com baixo pH e baixo potencial de oxi-redução, para simular a pior situação de um aterro (CETESB, 1985).

Para os ensaios de batelada, trabalhou-se com os metais Zinco, Cádmiu, Chumbo e Cromo em uma concentração de 1mg/ml. Com o intuito de obter as isotermas de adsorção nos ensaios de batelada, utilizaram-se as mesmas soluções dos metais, com a mesma concentração, mas com a quantidade variando de 25 a 1000ug. A metodologia e os resultados encontram-se, respectivamente, nos capítulos 4 e 5.

Para o ensaio de coluna, os metais utilizados foram definidos através dos resultados preliminares dos ensaios de batelada. Os metais pesados, Cádmio e Zinco, foram os escolhidos por apresentarem uma maior mobilidade nos dois solos residuais estudados, deste modo o tempo de duração do ensaio é menor.

A solução de Cádmio utilizada foi preparada a partir do Cloreto de Cádmio (CdCl_2). Para o primeiro ensaio de coluna, a solução apresentou um pH ácido igual a 5,53, enquanto que para o segundo ensaio, usou-se NaOH para ajustar o pH, tornando-o igual a 6,34.

A solução de Zinco utilizada foi preparada a partir do Sulfato de Zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Para o primeiro ensaio de coluna, a solução apresentou um pH ácido igual a 4,87, no entanto, para o segundo ensaio, também utilizou-se NaOH para o ajustar o pH, tornando-o igual a 6,40.

A determinação da concentração inicial de cada solução para cada coluna foi medida pela técnica do ICPOES e os resultados estão mostrados no capítulo 4.