

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Solos com classificações semelhantes e comportamentos distintos diferenciam-se pela composição mineralógica.

Diandra Deyse Rodrigues Arraes

Universidade Federal de Mato Grosso, Várzea Grande, Brasil, diandradeyse@outlook.com

Fabiani Maria Dalla Rosa Barbosa

Universidade Federal de Mato Grosso, Várzea Grande, Brasil, fabiani.barbosa@ufmt.br

RESUMO: As análises física, química e mineralógica são processos de caracterização de um solo, as quais contribuem no entendimento do comportamento frente às possíveis solicitações a serem impostas. Objetiva-se comparar a composição mineralógica das argilas de Brasília e de Recife baseado nos trabalhos de Cardoso (1995) e Moraes (2017). Em Brasília, analisa-se o solo de duas regiões, o sudoeste do Distrito Federal e de Águas Claras. Em Pernambuco, o solo advém do local onde há uma estação de tratamento de esgoto, no município de Paulista. Verifica-se os dados da caracterização geotécnica e de mineralogia das amostras de solo das duas regiões. Compara-se os resultados da análise granulométrica e a classificação de cada amostra. Examinados o percentual de argila de cada amostra equipara-se as porcentagens destas com as respectivas composições mineralógicas. Observa-se que os teores de argila podem ser semelhantes, mas as composições mineralógicas são distintas, inferindo comportamento específicos para cada solo.

PALAVRAS-CHAVE: Mineralogia, argilas, classificação granulométrica.

ABSTRACT: Physical, chemical and mineralogical analyses are soil characterization processes, which contribute to the understanding of the behavior in face of possible stresses to be imposed. The objective is to compare the mineralogical composition of the clays of Brasília and Recife based on the works of Cardoso (1995) and Moraes (2017). In Brasília, the soil of two regions is analyzed, the southwest of the Federal District and Águas Claras. In Pernambuco, the soil comes from the place where there is a sewage treatment plant, in the municipality of Paulista. The geotechnical and mineralogy characterization of the soil samples from the two regions is verified. The results of the particle size analysis and the classification of each sample are compared. The clay percentage of each sample is examined and the percentages are compared with the respective mineralogical compositions. It is observed that the clay content may be similar, but the mineralogical compositions are distinct, inferring specific behavior for each soil.

KEY WORDS: Mineralogy, clays, particle size classification.

1 Introdução

As análises física, química e mineralógica são processos de caracterização de um solo, as quais contribuem no entendimento do comportamento frente às possíveis solicitações a serem impostas. Conhecer e compreender os argilominerais que compõem determinado solo contribui nas análises geotécnicas. Este campo da ciência abrange uma grande dimensão de estudos com expansão contínua, descobertas novas são realizadas, técnicas inovadoras e mecanismos analíticos são criados. Os meios relativos a compreensão dos dados são a síntese de minerais, análise de minerais por raio X e a difração de elétrons e nêutrons.

Dentre os tipos de solo, a argila requer atenção especial. Segundo Massad (2016) a argila pode ser definida como um aglomerado de argilominerais e outros compostos, como feldspato, quartzo e mica, e um pouco de teor de impurezas, como matéria orgânica e óxidos de ferro.

Matéria-prima abundante com uma incrível variedade de utilizações e propriedades que são amplamente dependentes de sua composição e estrutura mineral. Além da estrutura e composição da argila, há vários fatores adicionais que são importantes para determinar as propriedades e aplicações de uma argila, como a composição dos minerais não argilosos, a presença de matéria orgânica, o tipo e a quantidade de íons trocáveis e sais solúveis, e a textura (Grim, 1950).



Quanto aos minerais, de acordo com Camapum (2017) eles podem ser um composto químico inorgânico que provém da natureza ou um elemento, que passou por processos geológicos, e obteve uma definida composição química, provém da decomposição das rochas, formados basicamente por magnésio, ferro e silicatos hidratados de alumínio. É possível serem classificados pela natureza dos seus átomos, óxidos, óxidos hidratados (gibbsita, brucita), carbonatos (calcita, dolomita), fosfatos ou silicatos (feldspato, iliba, caulinita, quartzo, montmorillonita, haloisita etc.), esses últimos são 90% do total na crosta terrestre.

O termo argilomineral é usado para um número pequeno de minerais, os quais possuem propriedades que são únicas, ao que se deve por sua enorme relação de volume e área superficial e seu tamanho de grão pequeno. De modo geral, os argilominerais apresentam quando molhados, procedimento plástico e quando seco ou queimados estes endurecem. Sua superfície possui atividade catalítica, alta capacidade de troca de cátions e altamente reativa, sendo minerais industriais de grande valor (Murray, 2007).

Esse não deve ser confundido com o conceito da argila, a argila indica o tamanho de grão de diversos minerais, nesse cenário a argila não possui ligação com a composição, entretanto o argilomineral se refere à natureza mineralógica da partícula de solo.

Os argilominerais de maior interesse na engenharia geotécnica são a haloisita e a caulinita, que possuem estrutura de folhas de camadas duplas, e os de camadas triplas que são a illita, montmorillonita e a mica. Ainda o feldspato e o quartzo, que aparecem na fração silte, areia ou argila de um solo, são de estrutura tridimensional.

2 Materiais e Métodos

Compara-se a classificação das amostras de solo e a composição mineralógica das argilas de Brasília e de Recife baseado nos trabalhos de Cardoso (1995) e Moraes (2017). Em Brasília, analisa-se o solo de duas regiões, o sudoeste do Distrito Federal e de Águas Claras. Em Pernambuco, o solo advém do local onde há uma estação de tratamento de esgoto, no município de Paulista.

2.1 Solo de Brasília

Cardoso (1995) realizou uma pesquisa para a análise química, mineralógica e micromorfológica de solos tropicais colapsíveis e o estudo da dinâmica do colapso. Neste estudo foram selecionadas duas áreas do Distrito Federal, coletadas 4 amostras de solos, sendo duas transportados (*mud flow* e coluvionar) e dois de origem residual. A topossequência de Águas Claras possui extensão de 6,5 Km e direção aproximada W-E, entre Taguatinga e o Córrego Vicente Pires, por onde estão desenvolvidos cortes do Metrô de Brasília e galerias de águas pluviais de profundidades de 5 a 15 metros.

O outro é do solo coluvionar, que fica no sudoeste do Distrito Federal, a cerca de 9 quilômetros a leste do Gama. nos taludes da ferrovia da R.F.F.S.A., junto ao seu entroncamento com a rodovia BR – 251, Cardoso (1995).

2.2 Solo de Recife

Aborda-se a pesquisa de Moraes (2017), o qual estudou a caracterização geotécnica e a expansividade de um solo argiloso. O solo estudado encontra-se no município de Paulista, no estado de Pernambuco, o local escolhido foi a estação de tratamento de esgoto do bairro Janga.

2.3 Ensaios

Ambos os estudos desenvolvidos por Cardoso (1995) e Moraes (2017) dentre outros ensaios, utilizaram ensaios de Difractometria de Raios-x (DRX) para realizarem as análises mineralógicas das amostras, como o objetivo de estudar a estrutura do solo e posteriormente a fração de argila.

3 Resultados e Análises

Examina-se os resultados apresentados por Cardoso (1995) e Moraes (2017) e apresenta-se os resultados e as análises dos ensaios.



3.1 Brasília

A análise granulométrica e mineralogia dos solos de Brasília têm características particulares. Na Tabela 1 tem-se os resultados das quatro amostras coletadas. A maior porcentagem de argila está no solo *mud flow*, sendo encontrado em sua composição 62%, depois o solo coluvionar com 49%, o solo residual laterítico com 43%, e em menor percentual o solo saprolítico, com 25%.

Tabela 1. Composição granulométrica e dos argilominerais de Brasília, Cardoso (1995).

Amostras BSB	Composição granulométrica			Composição Mineralógica			
	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Quartzo (%)	Caulinita (%)	Gibbsita (%)	Ilita (%)
<i>Mud flow</i> (1)	62	8	30	0	2 - 15	30	0
Solo residual laterítico (2)	43	17	40	30	15 - 30	0	0
Solo saprolítico (3)	25	15	60	30	2 - 15	0	< 2
Solo coluvionar (4)	49	6	45	30	15 - 30	0	0

É compreendido que em solos de regiões tropicais predomina-se intemperismo químico, os alcano-terroso e os álcalis (Ca, K, Na, Mg,) que são lixiviados primeiros. Os mais comuns elementos são de valência maior, estão na ordem Al, Fe e Si. A análise química da Figura 1, ilustra um grau elevado de intemperismo nos quatro solos que foram estudados, isto se deve ao enorme enriquecimento desses em Si, Fe e Al, nos amorfos prevalece o Fe e o Al (Cardoso, 1995).

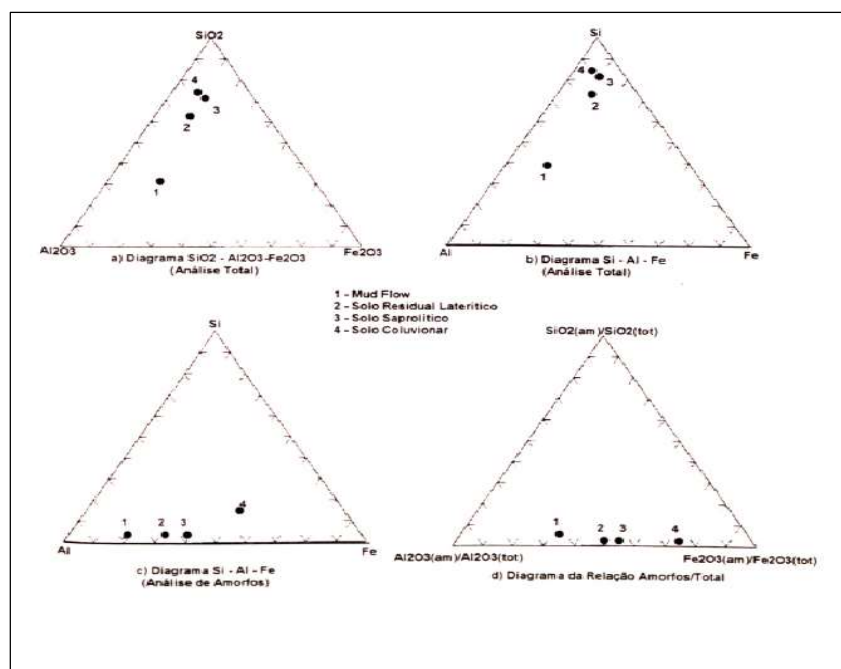


Figura 1: Diagramas ternários da química dos solos (Cardoso, 1995).

De acordo com os dados mineralógicos e químicos, observa-se que cada solo possui um grau distinto de intemperismo, pode ser considerado como o mais intemperizado o *mud flow* (1), seguindo este raciocínio surge o solo residual laterítico (2), subseqüente o solo residual saprolítico (3) e por último o solo coluvionar (4).



Observa-se na composição granulométrica que o solo mais argiloso é o *mud flow*, entretanto o com maior teor de areia é solo saprolítico, isso se deve ao fato do *mud flow* ser mais intemperizado, tendo grande quantidade de argilominerais ao final do processo. O solo saprolítico, é gerado em partes quartzíticas do Metarritmito, tendo produção menor de minerais de porte de argila, Cardoso (1995).

Na análise mineralógica é visto que os minerais de argila e óxidos e hidróxidos são abundantes em solos tropicais, essa ascensão se deve ao nível de intemperismo.

O maior teor de Si (silício), conforme Figura 1, está presente no solo coluvionar entre todos os solos, isso é devido a grande quantidade de quartzo e caulinita para esse solo, sendo o de grau mais baixo comparado com os solos da toposequência de Águas Claras.

3.2 Recife

Segundo Moraes (2017) na análise mineralógica, a identificação dos argilominerais por meio do ensaio DRX, destaca alguns pontos: a lâmina com magnésio glicol quase não teve alteração da caulinita, indicando o grupo das esmectitas, das micas, e interestratificados irregulares e expansivos. A lâmina com potássio a 550°C surge o desgaste da caulinita, e o pico desaparece. Já a lâmina com potássio ao natural é a exclusiva com minerais com picos de primeira ordem, o quartzo (3,569 Å), caulinita (7,271 Å) e a montmorilonita (13,956 Å).

Tabela 2. Composição granulométrica e dos argilominerais do solo de Pernambuco, Moraes (2017).

Amostras Pernambuco	Composição granulométrica				Composição mineralógica
Solo expansivo	Profundidade da amostra (m)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	
1	0 - 0,2	43,5	26,7	23,1	Caulinita, Ilita e Montmorilonita
2	0,2 - 0,4	51,4	27,0	18,1	
3	0,4 - 0,6	46,5	31,9	17,4	
4	0,6 - 0,8	40,2	16,6	22,4	
5	0,8 - 1,1	47,6	36,7	13,2	

A amostra 1 é constituída de 43,5% de argila, e 26,7% de silte. Com o maior percentual de argila, a amostra 2, com 51,4%. No menor percentual está a amostra 4 com 40,2% de argila. A Amostra 5 com 47,6% de argila e a maior quantidade de silte, 36,7%, resultando no maior valor de material fino, 84,3%.

Na composição mineralógica, segundo os ensaios apresentaram um grau baixo de cristalinidade. De modo geral, apresenta-se interestratificados desprovidos de minerais expansivos (vermiculitas e esmectitas) e não expansivos (micas), além da montmorilonita como principal componente, e caulinita presente em proporção menor. Segundo Moraes (2017), não foi possível definir claramente os minerais e a porcentagem em cada amostra.

Do conceito de modo de se comportar dos solos na forma não saturada, um dos critérios físico-químicos de relevância é o pH, propriedade do ambiente motivada pela composição da mineralogia do solo, pela composição química da água e do teor do solo. É utilizado como parâmetro da seguinte forma: o solo é ácido quando $\text{pH} < 7$, o solo é básico quando $\text{pH} > 7$, para medidas em pH em suspensão solo: proporção de água 1:2,5 ($\text{pH H}_2\text{O}$) (EMBRAPA, 1997).

O pH do solo em solução de KCl é significativo para indicar a presença de alumínio (Al^{+3}) e faz parte da classificação pedológica entre o valor próprio (pH KCl) e da desigualdade entre os dois dados ($\Delta\text{pH} = \text{pH KCl} - \text{pH H}_2\text{O}$) (EMBRAPA, 2006).



Tabela 3. Caracterização Química do solo de Paulista-PE Moraes (2017).

Prof. Final (m)	pH H ₂ O	pH KCl	CTC (T) cmol/kg
0,20	4,91	3,34	50,87
0,40	4,94	3,29	80,59
0,60	4,77	3,25	70,05
0,80	5,18	3,31	48,98
1,10	4,93	3,17	46,30

Na Tabela 3 apresenta-se de forma parcial a caracterização química do solo realizada por Moraes (2017). Por meio dos ensaios de pH, observa-se que tratam de solos ácidos com o valor de ΔpH negativo, o que indica a predominância de minerais do tipo 2:1, Camapum *et al* (2015).

Os dados de Capacidade de Troca Catiônica (CTC) de um solo, segundo Buol apud Moraes (2017), pode-se de extrair informações que caracteriza um solo, como os minerais de argila que o constitui, expansividade e grau de intemperismo. Buol apud Moraes (2017), relata que o solo com CTC maior que 20 cmol/kg possivelmente terá na sua estrutura teor de montmorilonita, o que pressupõe solos expansivos. No caso das amostras estudadas por Moraes (2017), os valores são maiores que 46 cmol/kg, esses são classificados com alta capacidade de troca catiônica e possivelmente expansivos.

4 Conclusão

Comparou-se a classificação granulométrica e a mineralogia de amostras de solos de duas regiões diferentes, de Brasília conforme relatado por Cardoso (1995) e de Recife de acordo com Moraes (2017).

Os resultados da análise mineralógica foram diferentes. As amostras de solos de Recife apresentam Caulinita, Illita e Montmorilonita, já os de Brasília possuem Quartzo, Gibbsita, Caulinita, Illita, Esmedtita, Anatósio e Goethita.

Na caracterização granulométrica de amostras proveniente de solos tropicais de Brasília (solo residual laterítico e o solo coluvionar) e dos solos argilosos de Recife, constatou-se que os teores de argila podem ser semelhantes. No entanto, as composições mineralógicas são distintas, inferindo comportamento distinto para cada solo.

Salienta-se que alguns minerais têm particular relevância para o entendimento do comportamento hidromecânico dos solos na condição saturada e não saturada, pela frequência com que estão presentes e pela influência que exercem sobre esse comportamento, mesmo não sendo os minerais predominantes na composição do solo (Camapum *et al*, 2015).

O número de amostra analisadas a princípio é pequena. Entretanto, a metodologia aplicada indica a importância da análise mineralógica para entendimento do comportamento dos solos em conjunto com os ensaios de caracterização tradicionais.

Ressalta-se a importância da classificação mineralógica em conjunto com a análise de geológica, grau de decomposição e processo intempérico, bem como a classificação granulométrica e demais ensaios que se fazem necessário dependendo da situação a ser analisada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camapum de Carvalho, J. (2017). Anotações de aula, disciplina de Geotecnia dos Solos Tropicais. Pós-Graduação em Geotecnia. UnB, 2017/1.
- Camapum de Carvalho, J. Barbosa, M. C.; Mendonça, R. M. G.; Farias, W. M.; Cardoso, F. B. da F. (2015). Propriedades químicas, mineralógicas e estruturais de solos naturais e compactados. In: Camapum de Carvalho, J. et al. Solos não saturados no contexto geotécnico. Cap. 03. p 39-78. ABMS (Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica). São Paulo, Brasil. ISBN: 9788567950037.

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
 23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
 COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

- Cardoso, F. B. F. 1995. Análise Química, Mineralógica e Micromorfológica de Solos Tropicais Colapsíveis e o Estudo da Dinâmica do Colapso. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-026A/95, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 140p.
- Dutrow, Klein (2012). Manual de Ciências dos Materiais. Bookman, 23 ed. 724p.
- Massad, Façal. Mecânica dos solos experimental. Editora Oficina de Textos 288 ISBN 9788579752001.
- Morais, Joanderson James Oliveira. Caracterização geotécnica da expansividade de um solo argiloso do município de Paulista-PE. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, 2017. 127folhas, Il. e THabs.
- Murray, H.H, (2007). Applied Clay Mineralogy. 5nd ed. Elsevier's Science & Technology Rights Department in Oxford, UK. 189p.