

Identificação e Classificação de Perfis Típicos de Solos na Planície do Recife

Manoely Souza de Oliveira
UNICAP, Recife, Brasil, manoely.oliveira@hotmail.com

Felipe Melo de Assis Rocha
UNICAP e UFRPE, Recife, Brasil, feliperocha.eng@hotmail.com

Silvio Romero de Melo Ferreira
UFPE, UPE e UNICAP, Recife, Brasil, sr.mf@hotmail.com

Joaquim Teodoro Romão de Oliveira
UNICAP, e UFPE, Recife, Brasil, jtrdo@uol.com.br

RESUMO: A planície do Recife tem origem Aluvionar fluvio marinha, em torno da qual se eleva, formando um semi-círculo, a Formação Barreira desde o norte, oeste, até o sul, correspondendo desde a vizinha cidade de Olinda, passando pelos bairros de Casa Amarela, Várzea, Tejipió, Ibura, Jordão e Prazeres. A leste desenvolve-se o litoral oceânico defendido pelos cordões de arrecifes. De norte ao sul ao longo da linha litorânea são aproximadamente 16 Km, e do litoral ao sopé das colinas da várzea, cerca de 15 Km. O Recife possui a segunda menor área urbana entre as capitais dos estados brasileiros e uma população que cresce significativamente devido, principalmente, ao desenvolvimento econômico do estado de Pernambuco. Tais fatos acarretam na execução de obras cada vez mais esbeltas sobre solos com baixa capacidade de suporte e elevada compressibilidade, pois, como a cidade possui espaço reduzido, a solução encontrada para suportar o número de habitantes é a verticalização das edificações. O presente artigo tem por objetivo contribuir para a elaboração de perfis típicos de solos da Cidade do Recife agrupando-os de acordo com a granulometria e espessura das camadas. Foram compilados cento e oitenta e oito perfis de solos localizados em vinte e um bairros da planície do Recife. Destes, cento e sessenta estão sobre a rodovia BR-101, Recife, e vinte e oito foram coletados na literatura, ampliando assim o banco de dados de argilas moles do Recife. Nas análises, verificaram-se os tipos de materiais, em termos da primeira classificação granulométrica, presentes nos perfis, e somaram-se as espessuras de todas as camadas que possuíam granulometria equivalente, permitindo obter graficamente o percentual de cada tipo de material. Da mesma maneira, somaram-se as espessuras das camadas de argila que possuísem o $N_{SPT} \leq 4$ golpes/30 cm e comparou-as à espessura total de solos e à espessura total de argilas, coletadas anteriormente. Foi constatada a presença de quatro perfis típicos, onde há intercalação de camadas de argilas e areias podendo haver, entre estas, camadas de siltes e de turfas. Também foram agrupados parâmetros geotécnicos compilados de um trabalho anteriormente publicado, elaborando-se perfis com parâmetros de ensaios de campo e de laboratório. Os resultados encontrados mostram a ocorrência de areias, argilas, turfas, siltes, arenitos e pedregulho, sendo que mais de 50% dos solos da planície da cidade é constituído por argila, das quais aproximadamente 63% corresponde àquelas que possuem $N_{SPT} \leq 4$ golpes/30 cm.

PALAVRAS-CHAVE: Solos do Recife, Perfis Típicos, Argilas Moles, Ensaios de Campo e de Laboratório.

1 INTRODUÇÃO

A planície da Cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, situado no nordeste brasileiro, tem origem resultante do acúmulo de sedimentos trazidos, principalmente, pela ação do mar e dos rios. Nela encontram-se turfas, siltes, conchas, e outros tipos de materiais, porém há a predominância de solos argilosos orgânicos moles que, devido à reduzida altitude da planície em relação ao nível do mar, encontram-se geralmente saturados.

O Recife possui a segunda menor área urbana entre as capitais dos estados brasileiros e uma população que cresce significativamente devido, principalmente, ao desenvolvimento econômico do estado de Pernambuco. Tais fatos acarretam na execução de obras cada vez mais esbeltas sobre solos com baixa capacidade de

suporte e elevada compressibilidade, pois, como a cidade possui espaço reduzido, a solução encontrada para suportar o número de habitantes é a verticalização das edificações.

A expansão urbana da cidade tem provocado rápida escassez de locais com melhores condições de suporte ocorrendo pressões cada vez mais intensas para utilização maior e mais eficiente dos terrenos, daí a frequente execução de obras de porte sobre espessos depósitos de argilas orgânicas.

A formação das massas aluviais do Recife situa-se no Holoceno mais recente (Oliveira, 1942), e, de acordo com o "Geological Timetable" compilado por Eysinga (1975), o depósito tem idade máxima de dez mil anos. A Tabela 1 apresenta a coluna estratigráfica da planície do Recife elaborada por Costa (1960).

Tabela 1. Coluna estratigráfica da planície sedimentar do Recife, Costa (1960).

Espessura (m)	Convenção	Material
0 - 20	 - - - -	Areia e argilas recentes incosolidadas, de origem flúvio – Deltaica, de mangues, aterros ou Dunas.
10 - 30	 =====	Argilas e Siltes com lentes de arenosos de cores variegadas predominando o amarelo e o vermelho – Grupo Barreiras – Plio – Pleistoceno.
4 - 80	 ##### ##### :::==:::	Areia ou arenito com fragmentos de conchas, cimento calcífero ou não, com lentes argilosas, coloração acizentada ou amarela com camadas de calcáreo ou calcarenito ou ainda marga. Contém água geralmente salgada ou salobra – Formação Gramane, Fácies Litorânea – Maestrichtiano
10 - 30	 =====	Siltes e argilas de cor azizentada e esverdeada com lentes de arenosas – Formação Beberide, Fácies Lagunar.
50 - 200	)))))}}	Arenito de coloração acinzentada, bem selecionada apresentando-se friável ou bem consolidado contém água doce sendo o melhor aquífero da sequência arenosa - Formação Beberide, Fácies Fluvial - Santoniano.
		Embasamento cristalino – Cataclasitos

A cidade do Recife possui diferentes processos que desencadearam na sua origem e formação, mas sem dúvida o mais influente foi devido às transgressões e regressões marinhas e, por este motivo, a origem da cidade recebe a denominação de aluvionar fluviomarinha. Para que a cidade fosse formada, uma série de eventos geológicos aconteceu, conforme explicado por Gusmão Filho (1998) e ilustrado na Figura 1.

O Recife foi formado a partir de um falhamento de gravidade do embasamento cristalino, onde a região de falhamento

rebaixada tornou-se uma bacia de sedimentação depositária de segmentos cretáceos, e de pacotes sedimentares Formação Cabo, Formação Beberibe e Formação Gramane, respectivamente, depositado durante o período de transgressão marinha. “Durante a regressão marinha que se seguiu e o basculamento para leste da borda do continente com o mar bastante recuado, deu-se a deposição da Formação Barreiras, no limite do continente. [...] Os segmentos recentes completam a coluna estratigráfica e são constituídos por terraços marinhos, mangues, turfeiras, meandros

abandonados, terraços fluviais e aluviões”, (GUSMÃO FILHO, 1998).

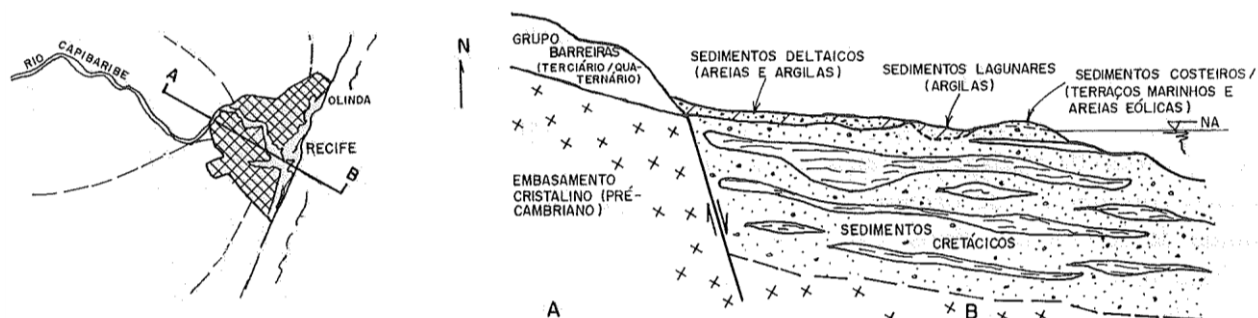


Figura 1. Eventos geológicos formadores do Recife, Gusmão Filho (1998).

As argilas orgânicas moles do Recife têm sido objeto de investigações de vários autores. Os perfis dos solos dos bairros do Derby foram analisados por Teixeira (1972), Soares (1975) e Carvalho (1975); do bairro do Bonji por Teixeira (1972); da Madalena por Teixeira (1972), Amorim Júnior (1975), Coutinho (1980), Ferreira (1982), Ferreira et al (1986), Ferreira e Coutinho (1988), Coutinho e Ferreira (1988), Oliveira (1991, 2002); Oliveira (2000); no bairro da Caxangá, Coutinho e Ferreira, (1988), do bairro de Dois Irmãos por Bello (2004) e no bairro Chão de Estrelas por Rocha (2016) e Cadete (2016).

Ferreira et al (1986), Genevois et al (1990) e Coutinho et al (2000) apresentaram

contribuições para a elaboração do banco de dados de argilas orgânicas do Recife através do estudo de caracterização física, química, mineralógica, de compressibilidade e de resistência ao cisalhamento. Ferreira et al (1986), analisaram vários perfis de solos da planície do Recife e agruparam em dois perfis típicos, Tabela 2.

O presente artigo tem por objetivo contribuir para a elaboração de perfis típicos de solos da Cidade do Recife agrupando-os em acordo com a granulometria e espessura das camadas. Foram considerados cento e oitenta e oito perfis de solos localizados em vinte e um bairros da planície do Recife.

Tabela 2. Perfis geotécnicos da planície sedimentar do Recife, Ferreira et al (1986).

PERFIL TIPO IA			PERFIL TIPO IB			PERFIL TIPO II				
Faixa de Espessura (m)			Faixa de Espessura (m)			Faixa de Espessura (m)				
Solo	Obser- vada	Mais Freq	Valor Médio	Obser- vada	Mais Freq	Valor Médio	Solo	Obser- vada	Mais Freq	Valor Médio
Aterro	0 a 2	0 a 1	0,7	0 a 1	0 a 1	0,4	Aterro	1 a 2	1 a 2	1
Areia	1 a 15	1 a 8	5,0	5 a 11	5 a 11	7,0	Argila	13 a 26	13 a 16	17
Argila	2 a 10	4 a 10	6,0	15 a 25	15 a 25	19	Areia	Limite de Sondagem		
Areia	Limite de Sondagem									

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram compilados cento e oitenta e oito perfis de sondagem localizados em vinte e um bairros da planície do Recife (Oliveira, 2015). Destes, cento e sessenta se encontram sobre a rodovia

BR-101, Recife, e foram fornecidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes, Brasil (1973). Vinte e um foram obtidos de Azevedo Filho (2015), seis de Ferreira e Coutinho (1988) e um de Cadete (2016). Com as informações dos solos contidas

nos relatórios de sondagem foram realizados os seguintes procedimentos:

- os solos foram agrupados de acordo com o primeiro nome da classificação granulométrica, presença de aterro, turfa e arenito;
- o percentual de cada material foi calculado somando-se as espessuras obtidas deste material em cada relatório de sondagem e dividindo-se pelo total das espessuras de todos os materiais existentes nos cento e oitenta e oito perfis, considerando os limites das investigações;
- o percentual das espessuras de solos argilosos com consistência muito mole a mole ($N_{SPT} \leq 4$ golpes / 30 cm) foi calculado somando-se as espessuras desse material em cada relatório de sondagem dividindo-se pelo total das espessuras de todos os materiais existentes. Não foram consideradas as informações de Azevedo Filho (2015) por não apresentarem as espessuras das camadas de argila que possuíam o N_{SPT} igual ou inferior a 4 golpes / 30 cm;
- tomando-se por base os perfis típicos encontrados por Ferreira *et al.* (1986), procurou-se identificar nos dados coletados os perfis de solos semelhantes e verificar se existiam outros que não haviam sido detectados anteriormente
- foram agrupados resultados de ensaios de campo e de laboratório publicados em um perfil geotécnico (Cadete, 2016).

3 RESULTADOS

A Figura 2 mostra os percentuais das espessuras de cada material em relação ao total das espessuras de todas as camadas. Há predominância de argila com 51,65%, e areia com 43,78%, totalizando 95,43% dos materiais. Os demais materiais correspondem a 2,49% de turfas, 0,82% de aterro, 1,16% de silte, 0,02% de arenito e 0,08% de pedregulho.

As argilas com consistência muito mole a mole ($N_{SPT} \leq 4$ golpes / 30 cm) equivalem a 62,68% do total de argilas encontrado nos cento e oitenta e oito perfis analisados. Em relação à espessura total de solos analisada, as

argilas com $N_{SPT} \leq 4$ golpes / 30 cm correspondem a 32,38 % do total dos materiais. O nível do lençol freático variou de 0,20 a 10,0 m de profundidade.

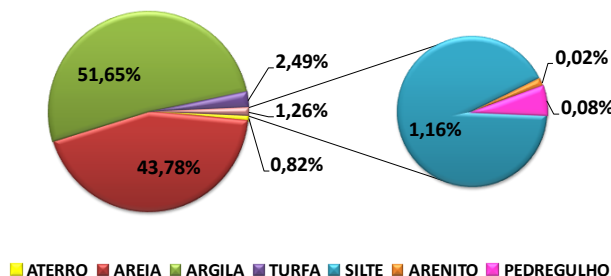


Figura 2. Análise percentual da granulometria.

Os dados mostram o quanto complexo à construção são os solos da cidade do Recife, uma vez que as argilas com estas consistências apresentam alta compressibilidade, baixa capacidade de suporte e baixa permeabilidade.

Devido à grande heterogeneidade dos perfis de solos do Recife, associada ao processo de origem e formação, conforme mostrado por Costa (1960) e Ferreira *et al.* (1986), para se elaborar os perfis simplificados típicos em função do tipo de material e das espessuras, foi necessário fazer uma consideração adicional às apresentadas no item 2. Nesta, quando as espessuras de pedregulho, silte, turfa e arenito eram menores ou iguais a 2 m, estas recebiam a classificação granulométrica do solo que estivesse imediatamente inferior;

O perfil típico I é formado por um aterro e camadas alternadas de areia e argila, podendo apresentar camadas de turfas e/ou siltes intercaladas. Quando as camadas de argilas apresentam espessuras menores do que 10 m, o perfil é classificado como IA; quando a primeira camada de argila apresenta espessura maior do que 10 m, o perfil é classificado como IB-1 e quando a segunda camada de argila tem espessura maior do que 10 m o perfil é classificado como IB-2. O perfil típico IA assemelha-se ao perfil IA verificado em Ferreira *et al.* (1986), assim como o perfil típico IB – 1 deste trabalho é similar ao perfil IB dos autores.

O perfil típico II é aquele em que também é formado por um aterro e há a alternância de camadas, porém formadas, ordenadamente, por argila e areia, podendo,

igualmente, possuir camadas intercaladas de turfa e/ou silte. Da mesma forma que o perfil I, o perfil II também foi dividido em A e B, e o B em IIB - 1 e IIB - 2 pelas mesmas razões. O perfil IIB - 1 assemelha-se com o perfil II de Ferreira et al. (1986).

O perfil III é classificado por uma camada de aterro seguida por uma espessa camada de areia, podendo haver a presença de uma camada de silte limitada por outra de areia.

No perfil típico IV verificou-se a presença de camadas de turfa alternando entre outras camadas cujo possuíam mesmo material.

Quando alternadas por camadas de areia, denominou-se o perfil típico IVA. Quando por argilas, IVB. Com exceção do perfil típico III, após a classificação denotada, os perfis poderiam apresentar camadas de espessuras variadas de argila, areia, silte e turfa, ou alcançar o limite impenetrável à percussão.

O reumo dos perfis e suas faixas de espessuras das camadas são mostrados na Figura 3. A quantidade e a porcentagem de cada perfil podem ser observadas na Tabela 3. Há 25% de perfil típico I, 68% do tipo II, 3% do tipo III e 4% do tipo IV.

PERFIL I A	ESPESSURA (m)	PERFIL II A	ESPESSURA (m)	PERFIL III	ESPESSURA (m)
ATERRO	0,00 - 2,00	ATERRO	0,00 - 2,30	ATERRO	0,00 - 1,00
AREIA	0,95 - 22,25	SILTE	0,00 - 5,85	AREIA	17,68 - 44,62
TURFA	0,00 - 2,96	ARGILA	0,50 - 8,35	SILTE	0,00 - 3,90
ARGILA	0,40 - 9,00	TURFA	0,00 - 10,30	AREIA	0,00 - 6,50
AREIA	0,30 - 20,50	AREIA	0,15 - 33,10		
SILTE	0,00 - 4,50	ARGILA	0,00 - 9,95		
ARGILA	0,00 - 8,81	AREIA	0,00 - 28,75		
				PERFIL IV A	ESPESSURA (m)
				AREIA	0,00 - 3,30
				ARGILA	1,90 - 6,20
				AREIA	3,40 - 7,90
				TURFA	11,85 - 24,40
				AREIA	0,90 - 9,18
				TURFA	0,00 - 10,10
PERFIL I B 1	ESPESSURA (m)	PERFIL II B 1	ESPESSURA (m)		
ATERRO	0,00 - 2,00	ATERRO	0,00 - 2,70		
AREIA	4,73 - 15,80	ARGILA	11,60 - 20,60		
ARGILA	11,00 - 28,00	AREIA	0,00 - 10,55		
AREIA	0,00 - 15,00	ARGILA	0,00 - 9,95		
		AREIA	0,00 - 11,44		
PERFIL I B 2	ESPESSURA (m)	PERFIL II B 2	ESPESSURA (m)	PERFIL IV B	ESPESSURA (m)
ATERRO	0,00 - 2,30	ATERRO	0,00 - 2,78	ATERRO	0,00 - 2,70
AREIA	1,10 - 7,90	ARGILA	0,75 - 7,93	ARGILA	2,00 - 6,13
ARGILA	1,03 - 9,48	TURFA	0,00 - 8,00	TURFA	2,17 - 4,30
AREIA	1,70 - 7,88	AREIA	1,60 - 13,20	ARGILA	1,90 - 8,33
ARGILA	11,00 - 28,88	ARGILA	10,03 - 31,12	TURFA	0,00 - 3,10
		AREIA	0,00 - 16,67		

Figura 3. Perfis típicos observados e suas faixas de espessuras das camadas.

Tabela 3. Quantidade e porcentagem dos perfis típicos.

PERFIL TÍPICO	IA	IB - 1	IB - 2	IIA	IIB - 1	IIB - 2	III	IVA	IVB
Quantidade	30	6	12	62	7	58	6	3	4
Porcentagem	16%	3%	6%	33%	4%	31%	3%	2%	2%

No subsolo recifense as turfás podem ser encontradas em diferentes localidades e se apresentar misturadas a outras camadas mais grosseiras como argila e areia ou em camadas bem definidas de espessuras diversas. A análise

dos perfis permitiu verificar a presença de ambas, sendo as camadas bem definidas localizadas nos bairros de Jardim São Paulo (8 furos de sondagens), Curado (7 furos de sondagens), Iputinga (3 furos de sondagens) e

Estância (1 furo de sondagem) encontradas nos perfis típicos IA (2), IIA (5), IIB-1 (2), IIB-2 (3), IVA (3) e IVB (4). A espessura variou de 0,5 m a 24,4 m e a predominância foi de N_{SPT} 's inferiores a 5 golpes /30 cm.

Também foi possível observar a presença de conchas misturadas a camadas de argila e areia nos perfis analisados. Gusmão Filho e Amorim Jr (1998) afirmam que a presença de conchas de origem marinha é comum no subsolo recifense, aparecendo concentradas no perfil abaixo dos terraços marinhos, originados no Quaternário

pela flutuação do nível do mar. Este material foi encontrado nos bairros do Curado (5 furos de sondagens), Cidade Universitária (10 furos de sondagens), Iputinga (1 furo de sondagem), Boa Viagem (1 furo de sondagem), e na Ilha do Retiro (1 furo de sondagem). Foram encontrados nos perfis típicos IA (2), IB-2 (3), IIA (12), IIB-2 (1).

A Figura 4 mostra um exemplo de um perfil completo do bairro Chão de Estrelas mostrando resultados dos ensaios de campo e de laboratório elaborados por Cadete (2016).

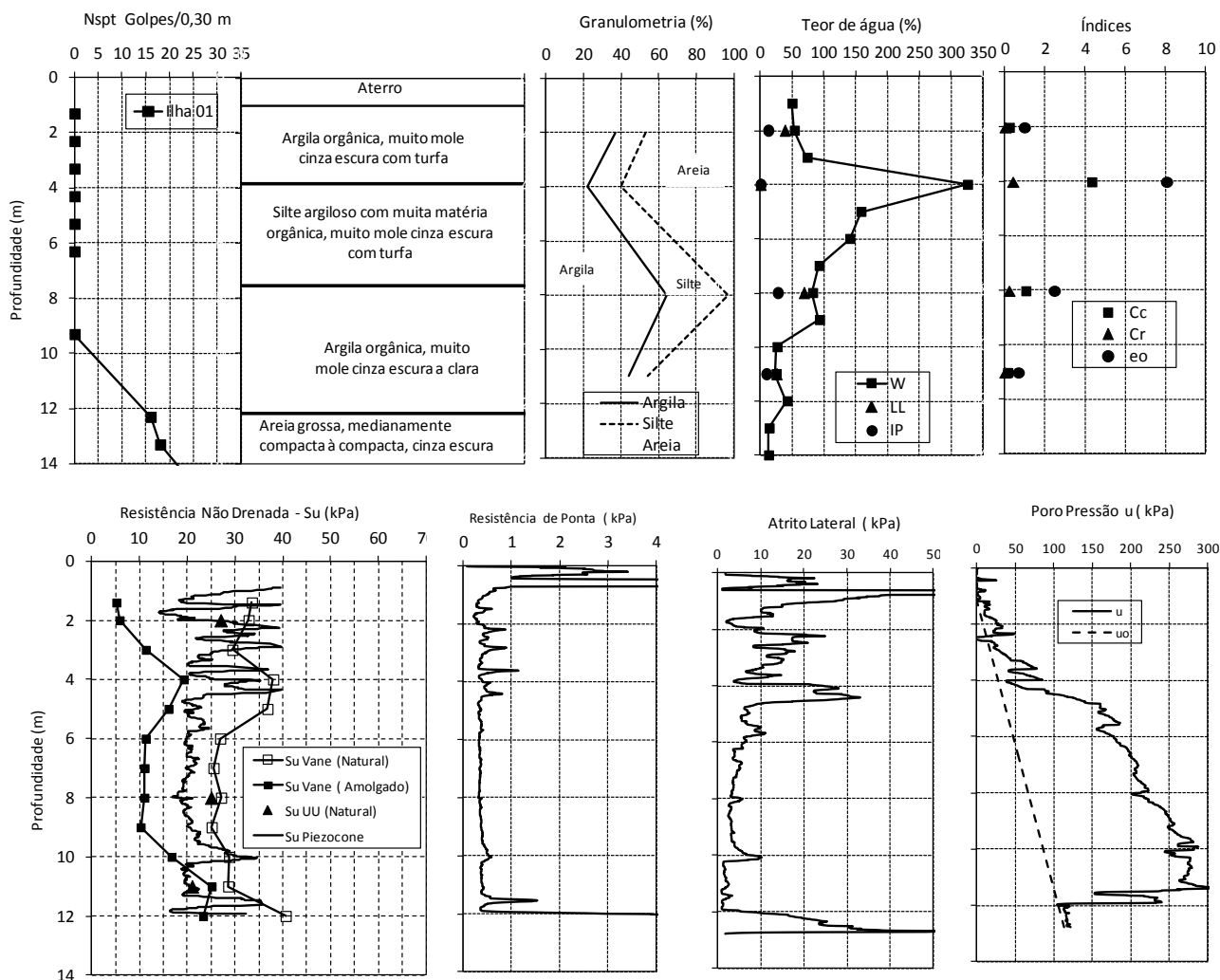


Figura 4. Perfil do solo do bairro Chão de Estrelas com resultados do ensaio de campo e de laboratório, Cadete (2016).

4 CONCLUSÕES

Há predominância de argila com 51,65%, e areia com 43,78%, totalizando 95,43% dos materiais.

Do total de solos 32,38% é constituído de

argila de consistência muito mole a mole.

Na análise, foi possível verificar a existência de quatro perfis típicos, nos quais predomina o perfil tipo II, constituído por camadas alternadas de argila e areia.

Misturados às camadas de areia e argila,

pôde ser observada a presença conchas, turfas e outros materiais.

Vale ressaltar a necessidade de estudar o subsolo da planície recifense, pois a reduzida área que possui suporta edificações de elevada esbeltez sobre solos extremamente heterogêneos com extensas camadas de argila mole.

REFERÊNCIAS

- Amorim Junior, W.M. (1975). *Contribuição ao estudo das argilas orgânicas de Pernambuco*. Dissertação de mestrado. COPPE/UFRJ.
- Azevedo Filho, F.P. (2015). Comparação do tempo e produtividade no estaqueamento de obras com fundação em estacas hélice contínua, metálicas e pré-moldadas de concreto. 2015. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Bello, M.I.M. (2004). *Estudo de Ruptura em Aterros sobre Solos Moles: Aterro do Galpão Localizado na BR 101 – PE*. Dissertação de Mestrado – UFPE, 2004.
- Brasil. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. BR -101-232 / PE CONTORNO DO RECIFE. Recife: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, 1973.36f. Documento elaborado por ASTEP S.A.
- Cadete, A.N.M. (2016). *Avaliação da Resistência Não Drenada de uma Argila Orgânica Mole do Bairro de Chão de Estrelas em Recife-PE*. Dissertação de Mestrado. UFPE. No Prelo.
- Carvalho, J.B.Q. (1975). *Algumas propriedades físico-químicas e de engenharia de uma argila orgânica do Recife*. Dissertação de mestrado, Campina Grande / UFPB
- Costa, A.J. (1960). O subsolo do Recife. Instituto Tecnológico de Pernambuco (Publicação No 6). Separata do Boletim Técnico da Secretária de Viação e Obras, Recife – PE.
- Coutinho, R.Q. (1980). Estudo da Caracterização Geotécnica da Argila Orgânica do Recife. Pesquisa CNPq, Relatório de Atividades. Período 1978 – 1980.
- Coutinho, R.Q., Ferreira, S. R. M.. (1988). Argilas Orgânicas Moles do Recife - Estudos de Compressibilidade. *Simpósio Depósitos Quaternários das Baixadas Litorâneas Brasileiras*, Rio de Janeiro, . v. 1. p. 335-354
- Coutinho, R.Q.; Oliveira, J.T.M.; Oliveira, A.T.J. (2000) Geotécnical properties of the Recife soft clays. *Solos e Rochas*. V 23, No 3: 177-203.
- Eysinga, F.W.B. (1975). *Van Geological Timetable*. 3 Ed Amsterdam, Elsevier.
- Ferreira, S. R. M., (1982). *Compressibilidade de uma Argila Orgânica do Recife*, Tese MSc, COPPE/UFRJ.
- Ferreira, S. R. M., Amorim Júnior, W. M.; Coutinho, R. Q. (1986). Argila Orgânica Mole do Recife - Banco de Dados. *VIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações - ABMS*, Porto Alegre. v. 1. p. 183-197..
- Genevois, B., Coutinho, R.Q. e Ferreira, S. (1990) - Desenvolvimento do Banco de Dados Geotécnicos da Cidade do Recife - *IX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações - ABMS*, Salvador Bahia - p. 441-444.
- Gusmão Filho, J.A. (1998). *“Fundações do Conhecimento Geológico à Prática de Engenharia”*. Ed. Universitária da UFPE, Recife – PE, pp.345.
- Oliveira, W.; (1940). Geologia da planície do Recife contribuição ao seu estudo. Recife, Oficinas Gráficas do Jornal do Comércio, Tese de concurso.
- Oliveira, J.T.R. (1991). *Ensaio de Piezocone em um depósito de Argila Mole na Cidade do Recife*. Dissertação de Mestrado - COPPE/UFRJ.
- Oliveira, A.T.J., (2000). *Uso de um equipamento eletrônico de palheta em argilas do Recife*. Dissertação de mestrado. UFPE.
- Oliveira, J.T.R. (2002). *A Influência da Qualidade da Amostra no Comportamento Tensão-Deformação – Resistência de Argilas Moles*. Tese de Doutorado - COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.
- Oliveira, M.S. (2015). Solos da planície do Recife - uma visão panorâmica. 2015. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife.
- Rocha, F.M.A. (2016). *Compressibilidade de uma Argila Orgânica Mole do Bairro de Chão de Estrelas em Recife-PE*. Dissertação de Mestrado- UNICAP. 2016.
- Soares, V.B. (1975) *Propriedades de Resistência de uma argila orgânica do Recife*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, 64 p. 1975
- Teixeira, D.C.L. (1972). *Características Geotécnicas dos Depósitos de Argila Mole do Recife à Influência da Matéria Orgânica*. Dissertação de Mestrado – COPPE/UFRJ.