

Estudos Geológicos-Geotécnicos na Comunidade de Rurópolis, Município do Ipojuca (PE)

Hugo Manoel Henrique

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, hugohmh@hotmail.com

Roberto Quental Coutinho

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, rqc@ufpe.br

Felipe Oliveira Tenório Silva

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, felipetenorio2001@gmail.com

Danisete Pereira de Souza Neto

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, daniseteneto@gmail.com

Marcelo Reis Rodrigues Silva

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, marcelos726@gmail.com

Mayara Matos Cavalcanti

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, mayaramatos93@hotmail.com

RESUMO: O estudo aqui apresentado foi desenvolvido no município do Ipojuca, localizado em Pernambuco, Brasil. A escolha deste, justifica-se por ser um dos protagonistas da cena econômica estadual, responsável pela segunda maior arrecadação do Estado de Pernambuco. A caracterização geológica-geotécnica da área de estudo é apresentada de forma parcial de uma investigação de campo e laboratório. Durante as atividades de campo, foram realizados levantamentos geomorfológico e caracterização geológica da área, além da coleta de dois blocos indeformados. Em laboratório, foram feitos ensaios de granulometria, edométricos duplos e resistência ao cisalhamento. Foram observadas 2 unidades geomorfológicas: colinas com topo arredondados e planície distal. As geologias representadas na área de estudo são as unidades geológicas Complexo gnáissico-migmatítico e biotita-granito. A granulometria mostrou que ambos materiais são classificados como sendo silte de alta compressibilidade (MH). A análise da compressibilidade mostra que as amostras tem comportamento semelhantes. Entretanto, a amostra retirada no biotita-granito apresenta maior colapso (8%). Os parâmetros de resistência ao cisalhamento mostram que o complexo gnáissico-migmatíticos (37,0 kPa ; 38,5°) possui menor resistência ao cisalhamento do que o biotita-granito (46,1 kPa ; 36,7°).

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização geológica-geotécnica, Complexo gnáissico-migmatítico, Biotita-granito.

1 INTRODUÇÃO

Os problemas geológico-geotécnicos decorrentes da expansão urbana desordenada resultam em impactos negativos que afetam a paisagem urbana e a qualidade de vida da

poluição. As atividades antrópicas transformam as áreas de encosta, causando problemas de natureza física, social e econômica. O risco está cada vez mais evidente na encosta. Assim, esse trabalho estudou o comportamento geotécnico da comunidade de Rurópolis, município do

Ipojuca-PE.

Uma adequada investigação geotécnica abrange uma avaliação da natureza e comportamento de todos os aspectos geológico-geotécnicos da área em estudo e as condições ambientais que podem influenciar em um determinado projeto. Como proposta básica para uma adequada investigação, destaca-se a obtenção de informações suficientes para permitir a tomada de boas decisões durante as fases de avaliação, projeto e construção (Coutinho e Severo, 2009).

O município do Ipojuca-PE, foi ao longo dos últimos anos, alvo de estudos desenvolvidos pelo GEGEP/UFPE (Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas, Planícies e Desastres). Os trabalhos desenvolvidos no município, foram desenvolvidos por meio de cooperações técnicas firmadas entre o Ministério das Cidades, que desenvolveu a carta geotécnica do Ipojuca. Ministério da Integração Nacional, elaborou-se o mapa de risco a deslizamentos e inundação. Ambos projetos coordenados pelo Professor Dr Roberto Quental Coutinho. Estes estudos contribuíram para um melhor entendimento das características geológicas geotécnicas do município.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Ipojuca apresenta uma área territorial de 527,3 km² está localizado a 50,2 km da Capital do Estado de Pernambuco, Recife (Figura 1). A sede municipal está localizada na latitude 08°24'00"S e longitude 35°03'45"W. No ano de 2011, o município de Ipojuca apresentava uma população de 82.276 habitantes, com uma densidade demográfica de 156,03 hab/km². O clima do Município de Ipojuca é do tipo tropical chuvoso, definido pelo verão seco, situado numa região de transição entre os tipos climáticos Ams' e As', o período das chuvas situa-se entre os meses de março e julho (outono-inverno), sendo os meses mais úmidos os que vão de maio a agosto. Dentro deste período a precipitação pluviométrica oscila entre 140 e 270 mm mensais, com média anual variando entre 1.500 e 2.000 mm. A temperatura média anual está

em torno de 26°C, com temperaturas mínimas e máximas em torno de 18°C e 32°C respectivamente.

No Município de Ipojuca a coluna estratigráfica abrange unidades litológicas proterozóicas como o Complexo gnáissico-migmatítico, Biotita-granito e Quartzio sienito representando o embasamento cristalino sobre o qual ocorrem as unidades mesozóicas e cenozóicas da Bacia Pernambuco composta pela Formações Cabo, Suíte Magmática Ipojuca, Formação Estiva, Formação Algodoads, Formação Barreiras. Recobrindo a Bacia Sedimentar referida se tem uma cobertura recente representada pelos sedimentos dos terraços marinhos, sedimentos de praia, de mangue, flúvio-lacustre e depósitos de aluvião

De acordo com o mapa pedológico elaborado por Silva et.al (2001), na escala 1:100.000, o solo do Município de Ipojuca é composto predominantemente pela classe Podzólicos Amarelos - PA (Argissolos Amarelos), seguido por Latossolos – LA.

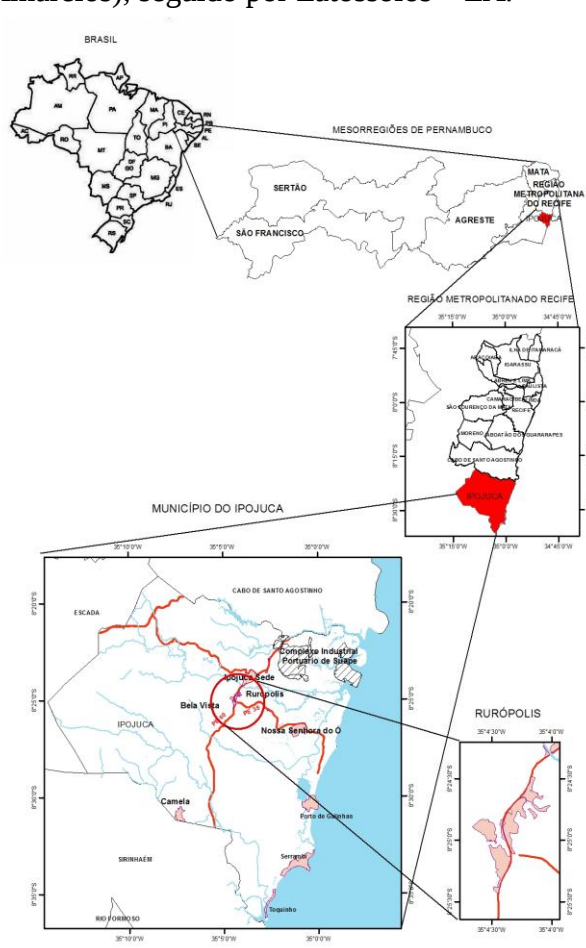


Figura 1: Localização da área de estudo, Comunidade Rurópolis (Cidade do Ipojuca).

2.1 Caracterização da área de estudo, Comunidade de Rurópolis

A comunidade de Rurópolis localiza-se a sul da sede do Município do Ipojuca. A área territorial é de 0,20 km² e fica a uma distância média de 1,5 km. Segundo o IBGE (2014), a população residente nessa área é de aproximadamente 7330 habitantes. Em dados coletados nos arquivos de ocorrências da Defesa Civil do município, foi evidenciado, que Rurópolis é um dos bairros que mais frequentemente tem registro de deslizamentos. Aproximadamente 20% dos movimentos de massa observados no município do Ipojuca. Observa-se que a comunidade Rurópolis está sujeita a riscos de deslizamentos, diante disto Coutinho et al (2015), elaborou o mapa de risco a deslizamentos na comunidade Rurópolis. A área foi dividida em 18 setores homogêneos, destes 16 setores foram mapeamento como sendo de risco alto ao processo de deslizamento e dois com risco médio a deslizamento. A Figura 2, apresenta o mapa de risco para a comunidade de Rurópolis, elaborado pelos autores. É importante ressaltar que a área de estudo sofre frequentemente com processo de inundação, ocasionando danos e prejuízos a comunidade e a gestão do município do Ipojuca.

É importante ressaltar que estudos recentes sobre chuva crítica na região metropolitana de Recife, Pernambuco, foi apresentado por Bandeira e Coutinho (2015). Ressalta-se que entender o comportamento da chuva de forma localizada, ajuda no melhor entendimento nos fatores associados ao risco de deslizamento de encostas.

2.2 Caracterização geomorfológica da Comunidade de Rurópolis

Em Rurópolis foram observadas 2 unidades geomorfológicas: Colinas com topo arredondados e planície distal. As colinas com topo arredondados, ondulado devido à uma litologia cristalina do Complexo Gnáissico-migmatítico que é mais facilmente intemperizada do que as demais litologias do embasamento cristalino. A declividade

predominantemente média variando de 14° a 22° Existe ainda planícies de inundação, que abrange as áreas de cotas baixas. Essas planícies são formadas por aluviões indiferenciadas que são acumuladas devido a ascensão vertical. Possuem uma altitude máxima de 10 metros, declividade que varia de 0 a 6° e largura que varia de 500 metros no médio curso do rio até 2.500 metros dependendo do setor da planície, nas suas porções meandantes. Por ser uma área localizada paralelamente ao curso d'água, está sujeita à inundações constantes sempre que a vazão do rio aumentar.

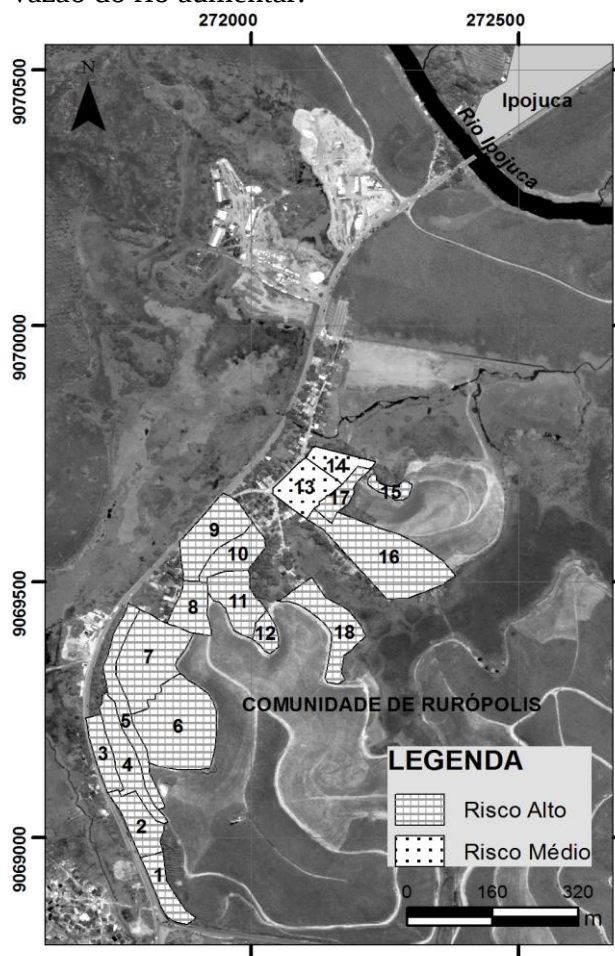


Figura 2: Mapa de Risco a deslizamento para Comunidade de Rurópolis, município Ipojuca – PE (Coutinho et al, 2015)

2.3 Geologia da área em estudo

O Complexo Gnáissico-migmatítico e o Biotita-granito são unidades expressivas no Município de Ipojuca e ocorrem na Comunidade de Rurópolis. O Complexo gnáissico-migmatítico

é composto por uma rocha gnáissica com uma foliação de em média 33° de mergulho e sentido apontando para sudeste, na qual observam-se ainda cristais milimétrico de feldspato intemperizado. Tem coloração vinho provavelmente originada pela alteração de algum anfibólio. Cortada por corpos tabulares de rochas graníticas de coloração clara e textura grossa de maneira concordante com a foliação da rocha (Figura 3). O Biotita-granito aflora com melhor qualidade na forma de matacões com dimensões médias de um metro. Nestes blocos de rocha observam-se predominantemente cristais subédricos de quartzos e feldspatos, de até dois milímetros. Em menor quantidade biotita e um provável anfibólio. Em alguns cortes antrópicos referentes a essa unidade, foi possível observar intrusões pegmatíticas subveticais a verticais, que devido a sua composição mais ácida foram menos afetadas pelo intemperismo químico do que a rocha intrudida (Figura 4).

No Complexo Gnáissico-migmatítico o alinhamento preferencial dos minerais em uma direção, estruturação essa conhecida por foliação, forma planos de fraqueza, facilitando a ação do intemperismo químico. A presença de intrusões tabulares aumenta o número de descontinuidades por onde as águas irão intensificar o processo de alteração da rocha e consequentemente causar uma maior instabilidade desse material segundo essa orientação.

No que tange a unidade Biotita-granito também foram observadas intrusões tabulares, estas por sua vez subveticais a verticais, instabilizando as encostas segundo essas direções devido a atuação mais intensa do intemperismo decorrente da ação da água.

Outra configuração geológica do Biotita-granito que leva a desestabilização das encostas, é a existência de matacões envoltos por solos residuais formados por materiais completamente decompostos e homogêneos da rocha sã. A ocorrência de matacões facilita a infiltração de água e diminui a coesão dos perfis de solo, podendo acarretar o desprendimento e a queda desses blocos junto com parte do material que o envolve.

É importante enfatizar o alto grau de

intemperismo que as rochas cristalinas das referidas unidades geológicas foram submetidas e observadas em grande parte dos afloramentos visitados na área trabalhada. Por se tratarem de rochas ricas em feldspatos, a alteração das mesmas origina solos com grande quantidade de argilas, que por sua vez pode apresentar alta porosidade, o que facilita a infiltração e saturação de água aumentando a possibilidade de desestabilização e deslizamento.



Figura 3 - corpos tabulares de rochas graníticas intrudindo gnaisses do Complexo gnáissico-migmatíticos



Figura 4 - Corpos tabulares pegmatíticos subveticais a verticais intrudindo o Biotita-granito

2.4 Caracterização geotécnica

A caracterização geotécnica do local em estudo foi realizada por meio de investigações de campo e ensaios de laboratório. A investigação de campo realizada na área de estudo, ocorreu nas duas unidades geológicas identificadas. Foram abertos perfis nas encostas e em cortes de estradas que representassem bem toda área de estudo. Foram ainda retirados dois blocos, sendo um em cada unidade geológica identificada.

A campanha de laboratório complementou a investigação de campo realizada. Nessa etapa, foram realizados ensaios de granulometria, limites de consistência, edométricos duplos e de resistência ao cisalhamento.

2.4.1 Investigação de campo

Em cada unidade geológica distinta, Complexo Gnáissico-migmatítico e o Biotita-granito, foi aberta uma trincheira na encosta para coleta de uma amostra indeformada do tipo bloco e amostras amolgadas representativas coletadas em sacos. Tais amostras indeformadas foram extraídas com o mínimo de perturbação, que se obtém procurando manter sua estrutura e condições de umidade e compacidade (ou consistência) natural. Os blocos indeformados foram moldados em formato cúbico com 0,30 m de aresta. Para a retirada das amostras, seguiu-se a NBR 9604/86 (ABNT, 1986).

2.4.2 Campanha de Laboratório

A campanha de laboratório foi realizada em Recife, no laboratório de solos e instrumentação da UFPE, conforme normas técnicas brasileiras da ABNT. Os ensaios de granulometria, limites de consistência, edométricos duplos e resistência ao cisalhamento fizeram parte da campanha de laboratório.

O ensaio de granulometria foi realizado com o uso de defloculante e sem o uso de defloculante. Nos ensaios edométricos, optou-se por fazer ensaios duplos, onde um corpo de prova foi ensaiado na condição de umidade natural e outro corpo de prova foi ensaiado na condição inundada, o qual permitiu verificar o

potencial de colapso do solo. Os ensaios de resistência ao cisalhamento foram do tipo cisalhamento direto. Foram ensaiadas amostras na condição de umidade natural e na condição inundada. Ressalta-se que tais ensaios foram realizados para cada amostra indeformada coletada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A classificação do solo de acordo com o sistema unificado de classificação dos solos (SUCS) mostra que o material dos blocos coletados na encosta corresponde a siltes de alta compressibilidade (MH), conforme apresentado na Tabela 1.

Os valores do índice de plasticidade variaram entre 16,6 e 21,6%. Observa-se que o maior índice de plasticidade está maior no bloco 2, material do Complexo gnáissico-migmatíticos. As porcentagens de argilas no bloco 1 e 2 foram 34 e 39% e a porcentagem de finos foi de 80% e 70%, respectivamente. Tais porcentagens de finos corroboram com a geologia local, visto que o solo é residual de rochas ricas em feldspatos, o que origina solos com grande quantidade de argilas.

Tabela 1 – Valores de índice de plasticidade (IP) e classificação dos solos segundo SUCS

Amostra	Geologia	Arg. (%)	LL (%)	IP (%)	SUCS
Bloco 1	Biotita	39	60,2	16,6	MH
Bloco 2	Complexo	34	67,3	21,6	MH

Tabela 2 – Resumo dos resultados do ensaio edométrico duplo – Bloco 1 – Biotita-granito

Índice / Parâmetro	Umidade natural	Inundado
Índice de vazios (e_0)	0,920	0,923
Índice de compressão, (C_c)	0,494	0,396
Índice de descompressão, (C_r)	0,046	0,052
Tensão de escoamento, σ'_{vm} (kPa)	212	160
Saturação inicial, S_r (%)	72,53	72,71
Umidade inicial, W (%)	25,27	25,4
Peso específico úmido, ρ (g/cm ³)	1,72	1,72
Peso específico seco, ρ_d (g/cm ³)	1,38	1,37

Tabela 3 - Resumo dos resultados do ensaio edométrico duplo – Bloco 2 – Complexo gnáissico-migmatíticos

Índice / Parâmetro	Umidade natural	Inundado
Índice de vazios, (e_0)	0,942	0,939
Índice de compressão, (C_c)	0,397	0,294
Índice de descompressão, (C_r)	0,041	0,044
Tensão de escoamento, σ'_{vm} (kPa)	212	60
Saturação inicial, S_r (%)	62,8	62,5
Umidade inicial, W (%)	22,3	22,1
Peso específico úmido, ρ (g/cm ³)	1,67	1,67
Peso específico seco, ρ_d (g/cm ³)	1,37	1,37

Nas Tabelas 2 e 3 estão sumarizados os resultados obtidos nos ensaios edométricos duplos realizados nos blocos indeformados coletados nas duas unidades geológicas. Observa-se que o índice de vazios apresentaram valores semelhantes e ficaram entre 0,920 e 0,942. As tensões de escoamento apresentaram maiores valores (370 e 180 kPa) para o material da Biotita-granito do que o material do Complexo gnáissico-migmatíticos (245 e 72 kPa).

Os gráficos de deformação volumétrica x tensão vertical efetiva estão apresentados nas Figura 5 e 6, para as amostras ensaiadas na condição de umidade natural e inundada. Os blocos 1 e 2 ensaiados na condição de umidade natural e inundada, apresentam deformações volumétricas semelhantes e próximas de 20% (umidade natural) e 25 % (inundado).

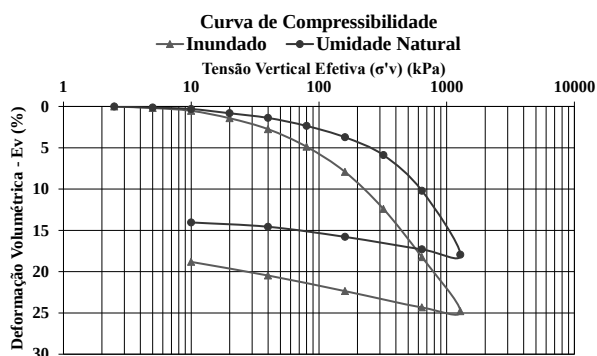


Figura 5 - Deformação volumétrica x tensão vertical efetiva – Bloco 1 - Biotita-granito

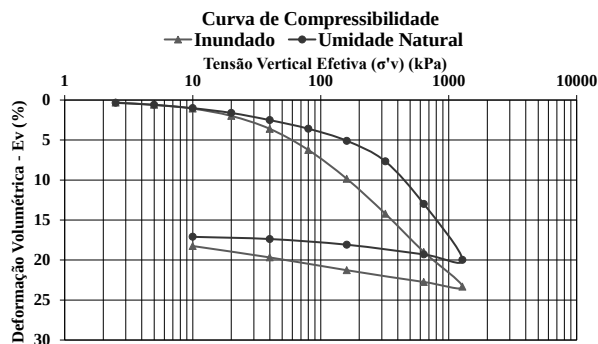


Figura 6 - Deformação volumétrica x tensão vertical efetiva – Bloco 2 – Complexo gnáissico-migmatíticos

O potencial de colapsibilidade do solo foi avaliado a partir da proposta de Reginatto e Ferrero (1973). A Tabela 4 apresenta o coeficiente de colapsibilidade (C) para os dois blocos. As amostras foram classificadas como sendo condicionalmente colapsível (CC), onde o colapso ocorre quando aplica-se uma tensão adicional maior do que σ_{v0} . Entretanto, o solo suporta um acréscimo de tensão ($\sigma_{vps} - \sigma_{v0}$) sem apresentar colapso.

Os gráficos de colapso x tensão vertical efetiva estão apresentados na Figura 7. Observa-se que os dois blocos possuem um comportamento colapsível semelhante até a pressão de 320 kPa. Porém, para pressões maiores do que 320 kPa, o material da formação geológica Biotita-granito sofre mais deformações devido ao colapso do solo.

Tabela 4 - Potencial de colapso do solo segundo classificação de Reginatto e Ferrero (1973)

Amostra	Reginatto e Ferrero (1973)	
	C	Classificação
Bloco 1	0,45	CC
Bloco 2	0,23	CC

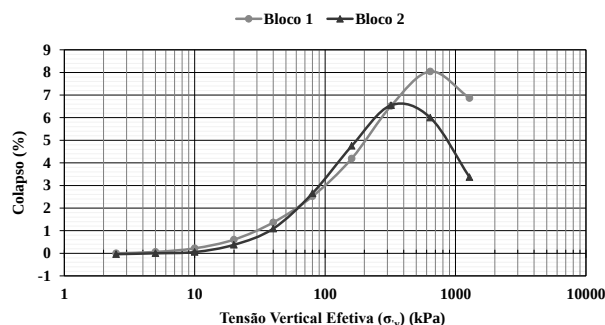


Figura 7 – Colapso x Tensão vertical efetiva

O resumo dos resultados do ensaio de cisalhamento direto está sumarizado na Tabela 5. Os valores de coesão foram maiores (46,1 kPa) no material do bloco 1 do que no material do bloco 2 (37,0 kPa). O ângulo de atrito é maior (38,5°) no bloco 2 do que no bloco 1 (36,7°), mas essa diferença não apresenta uma divergência significativa como mostrado na coesão.

Tabela 5 – Resumo dos resultados de resistência ao cisalhamento

Amostra / Geologia	Condição do CP	Coesão (kPa)	Ângulo de trito ϕ (°)
Bloco 1 / Biotita	Natural	46,1	36,7
Bloco 1 / Biotita	Inundado	1,0	35,2
Bloco 2 / Complexo	Natural	37,0	38,5
Bloco 2 / Complexo	Inundado	2,7	36,6

CONCLUSÕES

A existência de grande número de descontinuidades do Complexo gnáissico-migmatítico e do Biotita-granito somadas ao alto grau de intemperismo que essas unidades já foram submetidas representam um contexto geológico de grande suscetibilidade a deslizamentos. Tal contexto somado a ocupação desordenada existente nas encostas da comunidade de Rurópolis e as altas taxas de precipitação potencializa a ocorrência de movimento de massa.

Outro aspecto importante é o alinhamento preferencial dos minerais em direção favorável ao deslizamento, o qual forma planos de fraqueza, facilitando a ação do intemperismo químico. Deve-se citar também a existência de matacões envoltos por solos residuais que causam instabilidade em pontos ao longo da encosta.

O solo local é do tipo residual de rochas ricas em feldspatos. Este mineral sofre bastante alteração na natureza e origina solos com grande quantidade de argilas, como foi comprovado na composição granulométrica do solo.

As amostras indeformadas coletadas nas duas unidades geológicas distintas apresentaram deformações volumétricas semelhantes. Porém, a diferença de deformação

volumétrica entre as amostras na condição de umidade natural e inundada é mais significativa para o bloco 1. Esse fato é evidenciado quando se observa a curva de colapso x tensão vertical efetiva.

O material estudado é condicionalmente colapsível. O comportamento do colapso é semelhante nas duas amostras, porém o bloco 1 é mais colapsível para pressões maiores do que 320 kPa.

Os parâmetros de resistência mostram que o material da unidade geológica Biotita-granito (46,1 kPa ; 36,7°) é mais resistente do que o material da unidade geológica Complexo gnáissico-migmatíticos (37,0 kPa ; 38,5°).

REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 9604/86. *Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986b. 9 p.
- Bandeira A.P.N; Coutinho R.Q. Critical Rainfall Parameters: Proposed Landslide Warning System for the Metropolitan Region of Recife, PE, Brazil. *Soils and Rocks*, São Paulo, vol. 38 n 1: pp 27-48; 2015
- Coutinho, R.Q., Severo, R. N. F. (2009) Conferência: *Investigação Geotécnica Para Projeto de Estabilidade de Encostas*. COBRAE – 2009, ABMS, São Paulo – SP.
- Coutinho, R.Q; Henrique, H.M; Duarte, C.C; Nascimento, D.M (2015) *Risk mapping for landslides and erosion in the municipality of Ipojuca-PE - Rurópolis community*. In: *XII International Symposium on Landslides*”. Napoli - Italy. No prelo 2016
- IBGE (2014). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=260720>. Acesso em 20/02/2015
- Reginatto, A. R. e Ferrero (1973) - *Collapse Potential of Soils and Water Chemistry*. Proceedings of the VIII International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moscow, Vol. 2, pp. 177-183.
- Silva, F. B. R. E. et. Al. (2001). *Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco*. Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), 2001. CD-Rom. (Embrapa Solos. Documentos n. 35).