

Estudos Geológicos-Geotécnicos para Implantação da Barragem Venturosa, Localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Ipanema, Venturosa - PE

Hosana Emilia Abrantes Sarmiento Leite

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa - PB, Brasil,
hosanaemilia@hotmail.com

Diana Damásio e Castro Lopes

Techne Engenheiros Consultores, Recife – PE, Brasil, diana.castro.lopes@gmail.com

Rafaella Teixeira Miranda

Techne Engenheiros Consultores, Recife – PE, Brasil, rafaellatm@hotmail.com

Maiara de Araújo Porto

Techne Engenheiros Consultores, Recife – PE, Brasil, maiaraporto3@hotmail.com

RESUMO: O corrente artigo apresenta os estudos e serviços realizados com a finalidade de subsidiar a elaboração do Relatório de Projeto Básico da Barragem Venturosa, a ser construída no município de Venturosa, Estado de Pernambuco. O estudo geológico-geotécnico associado à implantação de uma barragem é complexo e envolve variadas etapas. Numa primeira abordagem classifica-se a região geologicamente, tendo por base estudos e investigações pré-existentes. Posteriormente, com informações adquiridas em visitas técnicas, define-se o plano de sondagens e identificam-se possíveis locais de empréstimo. As prospecções geotécnicas classificam o maciço rochoso sob o ponto de vista geológico-geotécnico, fornecendo informações de extrema importância para suporte da solução tecnológica adotada. Após identificação dos locais de empréstimo, é definido o corpo de ensaios, necessário para avaliação da qualidade do material destinado à aplicação no corpo da barragem e/ou nas suas estruturas complementares. Após os estudos e ensaios elaborados, concluiu-se que a barragem será fundada num maciço competente, compatível com a fundação de uma barragem zoneada (núcleo argiloso e espaldares em enrocamento). O maciço rochoso ao longo do eixo barrável apresenta boa condição como suporte de carga, boa condição mecânica, boa condição de estanqueidade e boa resistência ao efeito de erosão causado principalmente pela água. As características de deformabilidade do maciço rochoso são boas para qualquer tipo de barragem a implantar, desde que se retire a aluvião e o solo de alteração da rocha. Em relação aos materiais naturais de construção conclui-se que os mesmos são viáveis tecnicamente e satisfatórios em termos de volume disponível.

PALAVRAS-CHAVE: Barragem, Investigações Geológicas-Geotécnicas, Ensaios, Eixo Barrável, Implantação.

1 INTRODUÇÃO

O corrente artigo apresenta os serviços de campo realizados com a finalidade de subsidiar os estudos de elaboração do Relatório de Projeto Básico da Barragem Venturosa, a ser

implantada pelo Governo do Estado de Pernambuco com o objetivo de possibilitar o atendimento à demanda de água das sedes municipais de Venturosa, Alagoinha e Pedra, com o excedente da oferta de água podendo ser utilizado na irrigação.

O objetivo principal do estudo foi a caracterização do maciço rochoso ao longo do eixo barrável selecionado e suas proximidades sob o ponto de vista geológico e geotécnico, bem como as características dos materiais naturais de construção.

Neste relato estão analisados e discutidos os resultados do reconhecimento geológico-geotécnico de superfície e subsuperfície, dos serviços geotécnicos de prospecção, dos ensaios de campo e laboratório realizados e utilizados na concepção e dimensionamento do empreendimento.

A futura barragem Venturosa, a ser projetada sobre o rio Ipanema, está localizada no Sítio Mamoeiro na localidade de Laje Santa, a cerca de 11,5 km à nordeste da cidade de Venturosa/PE.

2 INVESTIGAÇÕES REALIZADAS

2.1 Caracterização Geológica-Geotécnica

A caracterização geológico-geotécnica, realizada ao longo do eixo barrável, consta de um reconhecimento geológico de superfície e de subsuperfície, com o intuito de descrever sua tipologia, os principais parâmetros geotécnicos do maciço rochoso (grau de alteração, grau de fraturamento e coerência), bem como, sua permeabilidade e as descontinuidades presentes em relação à distribuição espacial.

As investigações de subsuperfície foram programadas com base na localização do barramento preliminarmente identificado, obedecendo-se os seguintes critérios básicos:

- As sondagens mistas (percussão e rotativas) foram executadas no eixo do barramento e a jusante, em número tal que permitiu a definição do perfil geológico de fundação e a classificação dos materiais a serem escavados segundo suas categorias (1ª, 2ª e 3ª categorias);
- As sondagens rotativas foram programadas para atingirem a profundidade mínima de 8 metros em rocha sã;
- As sondagens à percussão foram programadas para atingirem o limite do impenetrável com determinação do SPT no percurso.

As investigações de subsuperfície foram executadas segundo especificações da ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Meio Ambiente (ABGE, 1999), sendo as sondagens rotativas executadas no diâmetro NX e as sondagens a percussão com amostrador SPT padrão. A passagem de percussão para rotativa foi especificada para o impenetrável ao amostrador SPT no caso de rochas sedimentares e impenetrável à lavagem no caso de rochas cristalinas.

Foram realizados ensaios de perda d'água nos corpos rochosos e de infiltração nas camadas de solos (conforme orientações do Manual de Sondagens, Boletins Nº 03 - 4ª edição da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE, 1999).

Os materiais obtidos nas sondagens foram descritos dentro dos padrões usuais, obtendo-se para as rochas, o grau de alteração, de fraturamento e de permeabilidade e para os solos, a granulometria, compactidade, consistência e origem geológica. No total foram realizadas 08 (oito) Sondagens Mistas.

2.2 Materiais de Empréstimo

Tendo em conta que a solução mais viável para a Barragem Venturosa seria uma barragem zoneada (núcleo argiloso e espaldares em enrocamento), foram pesquisadas as seguintes ocorrências de materiais, com a qualidade requerida e na quantidade necessária: Solos, para utilização nas obras de terra; Areia, para utilização nos concretos e filtros; e Rocha, para utilização em enrocamentos, transições e agregados graúdos (brita) para filtro e para os concretos.

O empréstimo de solo estudado foi localizado próximo a ombreira direita do eixo barrável e denominado Jazida 01. A alternativa estudada para empréstimo de areia foi localizada no rio Ipanema, próxima da barragem, intitulada Jazida 02. Por fim, foi localizada uma pedreira nas imediações da área do reservatório, denominada Jazida 03. A Tabela 1 apresenta o volume disponível e a localização dessas jazidas.

Tabela 1. Volumes de Solos Disponíveis para Empréstimo.

Local	Área (m ²)	Espessura Média* (m)	Volume Disponível (m ³)	Distância do eixo (m)
Jaz. 01	90.000	0,80	72.000	250
Jaz. 02	14.000	3,00	42.000	300
Jaz. 03	3.520	-	75.000*	500

*Volumes estimados, podendo apresentar valores maiores dependendo da logística de exploração da jazida.

2.3 Ensaios de Laboratório

Foram programados e realizados ensaios geotécnicos de laboratório com finalidade de proceder à caracterização dos materiais e obtenção das características de permeabilidade, resistência e deformabilidade dos solos de empréstimo, bem como das jazidas de areia e materiais pétreos. Também foram realizados ensaios “In situ”. Os ensaios realizados e suas quantidades são apresentados na Tabela 2.

No empréstimo de solo, em amostras deformadas, foram realizados ensaios de caracterização (Preparação das amostras de solo - NBR 6457/86, Determinação da Massa Específica dos grãos - NBR 6508/84, Ensaio de Granulometria - NBR 7181/84, Determinação do Limite de Plasticidade - NBR 7180/84 e do Limite de Liquidez - NBR 6459/84), além da determinação do coeficiente de permeabilidade a carga variável (NBR 14545/00) e ensaio de compactação (NBR 7182/86). Também foram realizados ensaios “In situ” para determinação da densidade dos solos, utilizando o método do cilindro de cravação (NBR 9813-ABNT).

O ensaio de compactação foi realizado para a energia Proctor Normal. A mesma energia foi aplicada para o ensaio de permeabilidade, realizado em permeâmetro de carga variável.

Para caracterização do potencial expansivo dos solos de empréstimo foram realizados ensaios de pressão de expansão e expansão livre, segundo a NBR 12007/90. E para obtenção das características de resistência e deformabilidade dos solos de empréstimo foram realizados ensaios triaxiais, segundo a BS 1377-7:1990 e de cisalhamento direto (ASTM D3080/2004).

Ainda foram realizados no material de empréstimo ensaios para avaliação da

dispersibilidade de solos Argilosos através de ensaios químicos (CTC). Este ensaio, feito por espectrofotometria, permite a determinação das quantidades de cátion presentes de sódio, cálcio, magnésio e potássio, expressas em miliequivalentes por litro (meq/litro); a partir destes dados são obtidos três parâmetros de análise, que por meio de um ábaco caracteriza-se a condição dispersiva, questionável ou não dispersiva do solo ensaiado.

Tabela 2. Resumo dos Ensaios Laboratoriais e de Campo Realizados.

<i>Ensaios</i>	<i>Quantidade</i>
ENSAIOS – AREIA SOLO	
<i>Umidade</i>	06
<i>Massa Específica Real dos Grãos</i>	06
<i>Limite de Liquidez</i>	06
<i>Limite de Plasticidade</i>	06
<i>Granulometria por Peneiramento</i>	06
<i>Granulometria por Sedimentação</i>	06
<i>Densidade “in situ”</i>	06
<i>Compactação (Proctor Normal)</i>	06
<i>Permeabilidade com carga variável</i>	04
<i>Ensaio químico</i>	02
<i>Triaxial CU - ensaio consolidado e não drenado</i>	02
<i>Ensaio de cisalhamento direto</i>	02
<i>Expansão livre</i>	02
<i>Pressão de expansão</i>	02
ENSAIOS - AREIA	
<i>Granulometria por Peneiramento</i>	02
<i>Densidade Real</i>	02
<i>Permeabilidade com carga constante</i>	02
<i>Mineralogia</i>	01
ENSAIOS - ROCHA	
<i>Exame de lâminas petrográficas</i>	01
<i>Peso específico, porosidade e absorção</i>	01
<i>Forma de fragmentos</i>	01
<i>Abrasão “Los Angels”</i>	01
<i>Compressão Uniaxial</i>	01

Os materiais coletados nas jazidas de areia foram submetidos a análise granulométrica por peneiramento (NBR 7217/87 e DNER-ME-083/98), densidade real (NBR NM 52/09 e DNER-ME-084/95), permeabilidade constante (NBR 13292/95) e análise petrográfica (NBR 7389-1/09).

A amostra da Pedreira foi submetida a Exame de lâminas petrográficas, objetivando detectar a ocorrência de RAA (Reação Álcalis Agregado) no concreto (NBR 7389-2/09); ensaios de peso específico, porosidade e absorção (NBR NM 53/2009), forma de fragmentos (NBR 7809/2006), Abrasão “Los Angeles” (NBR NM 51/2001) e resistência à compressão uniaxial (NBR 12 767/1992).

3 ASPECTOS GEOLÓGICOS GERAIS

O município de Venturosa pertence ao estado

de Pernambuco, estando inserido na mesorregião Agreste e na microrregião Vale do Ipanema. Possui uma área de 338,121 km², o que corresponde a 0,33% do território do Estado. A sede do município situa-se a uma altitude de aproximadamente 530 metros.

O curso de água barrado será o do Rio Ipanema que desenvolve-se na direção norte-sul (Figura 1). O rio nasce na Serra do Ororobá, município de Pesqueira, estado de Pernambuco, e desagua no Rio São Francisco (estado de Alagoas). Sua bacia hidrográfica possui uma área de aproximadamente 6.209 km².

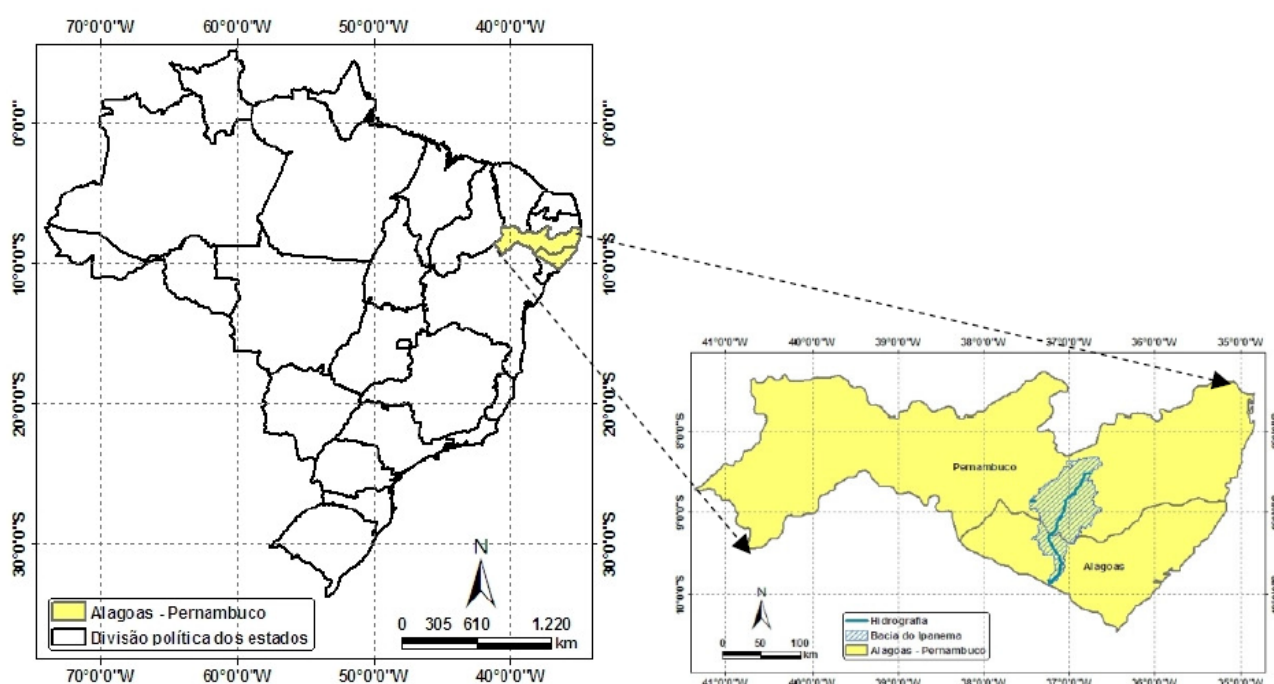


Figura 1: Direção, localização e perímetro da bacia hidrográfica do rio Ipanema. Modificado de Moreira Filho, 2011.

O município de Venturosa insere-se na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, região montanhosa formada por maciços e outeiros altos. O relevo é movimentado, variando de ondulado a montanhoso, com a presença de vales profundos e estreitos dissecados (CPRM, 2005).

Quanto ao contexto geológico, a área de estudo encontra-se inserida na Província Borborema, definida por Almeida *et al.* (1977) como sendo uma entidade geotectônica de idade Brasileira delimitada pelos crátons São Luís e São Francisco.

Segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2005), o município de Venturosa é

constituído pelas litologias dos Complexos Cabrobó e Belém do São Francisco e das suítes Intrusiva Leucocrática Peraluminosa e Calcicalcina de Médio a Ato Potássio Itaporanga (Figura 2).

Em trabalho desenvolvido posteriormente, a CPRM registra a ocorrência do Complexo Rio Una, unidade que pertence ao Complexo Cabrobó.

Do ponto de vista hidrogeológico, a região de Venturosa enquadra-se dentro do Domínio Hidrogeológico Fissural (CPRM, 2005).

A visita a campo mostrou que os afloramentos rochosos são caracterizados por rochas graníticas localmente migmatizadas. No

perímetro do eixo barrável predomina um sienogranito composto de biotita e sulfetos, além dos minerais inerentes a toda rocha granítica (STRECKEISEN, 1976). Ao longo da ombreira direita observa-se o seguinte perfil: aluviões provenientes do rio Ipanema depositados sobre granito migmatizado. Os afloramentos estavam expostos na forma de lajedos, matacões e blocos rolados.

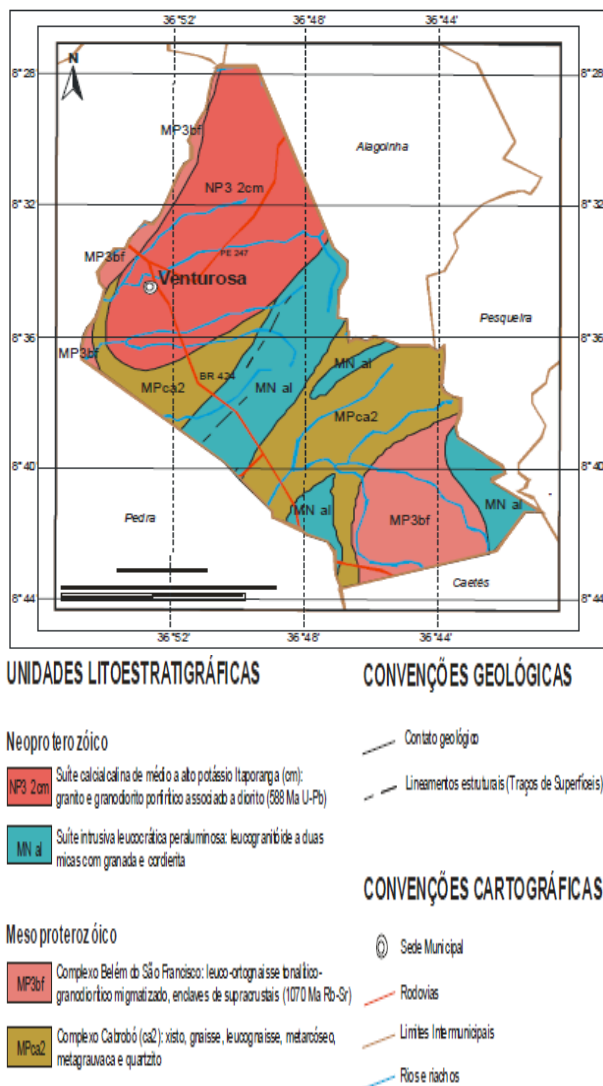


Figura 2. Mapa Geológico do Município de Venturosa. Fonte: CPRM, 2005.

4 SITUAÇÃO GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DO EIXO BARRÁVEL

A análise das sondagens mistas e a visita técnica a campo indicaram que o local de implantação do eixo barrável é marcado pela presença de rochas graníticas leucocráticas, de

granulação média a grossa e com fenocristais de feldspato potássico alongados (Figura 3); a textura é predominantemente equigranular).

A investigação geológica-geotécnica contou com 8 (oito) sondagens mistas, executadas na ombreira esquerda (SMV-01 e SMV-02), no leito do rio Ipanema (SMV-03 e SMV-04), na ombreira direita (SMV-06 e SMV-08) e próximo a ela (SMV-05), e 40 m a jusante do eixo (SMV-07). A profundidade média para atingir rocha de boa competência foi de 11,62 m; a exceção foi a sondagem realizada na imediação da ombreira esquerda (SMV-05), cuja profundidade foi de 23 metros.



Figura 3. Litotipo característico da área de implantação da barragem.

Do ponto de vista litológico predomina o granito, cuja estruturação mesoscópica é representada pela orientação de fenocristais de feldspato potássico, alinhados preferencialmente na direção da foliação de fluxo magmático (40° a 220 Az). Esta litologia exibe sinais de oxidação nas suas descontinuidades, o que indica que o maciço granítico sofreu percolação de água ao longo de suas descontinuidades.

A sondagem SMV-04 realizada na porção central da barragem indicou a presença de uma rocha metamórfica intercala com o corpo ígneo. Não foram registrados veios ou diques nas sondagens, embora tenham sido observados pontualmente em campo.

De forma genérica verificou-se a presença de dois tipos de solos, residual e de alteração, que se distribuem ao longo de dois segmentos do eixo barrável: ombreira direita ao leito do rio Ipanema e da estaca E2 a E5, próximo a ombreira esquerda. A espessura desses solos é

bastante variável, sendo mais representativa no primeiro segmento, onde atingem expressivos 7,60 e 8,0 m, respectivamente. O solo residual apresenta granulometria areno-siltosa, coloração variável e varia de pouco compacto a compacto. O solo de alteração é predominantemente silte arenoso e apresenta-se medianamente compacto a compacto.

Ao longo do leito do rio Ipanema estão presentes depósitos de aluviões formados por areia média a grossa, mal selecionada, e com a presença de fragmentos de rocha (SMV-04).

A Figura 4 mostra o mapa geológico do eixo barrável e suas proximidades.

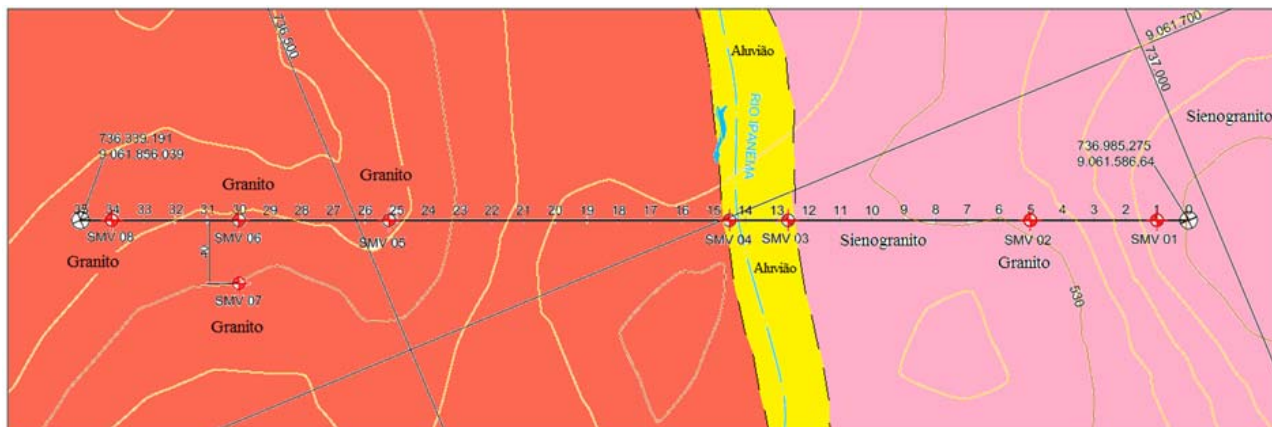


Figura 4 – Mapa Geológico do Eixo Barrável e suas Proximidades

Quanto aos principais parâmetros geotécnicos, observa-se que o maciço rochoso apresenta um grau de alteração inserido predominantemente nas classe A1 a A2, ou seja, rocha são a pouco alterada. A maior alterabilidade está condicionada ao seu comportamento estrutural. Quanto ao grau de fraturamento predominam as classes F1 a F2 na ombreira esquerda e F3 a F5 na ombreira direita. Assim sendo, o maciço varia de pouco a extremamente fraturado (conforme ABGE, 1998), o que assinala a necessidade de um acompanhamento criterioso durante a execução das injeções exploratórias na ombreira direita. Os ensaios de perda d'água indicam que o maciço rochoso possui uma permeabilidade baixa e uma condutividade hidráulica gradando de H2 a H3 (baixa a média), estando diretamente relacionada ao número de fraturas/metro linear.

5 ANÁLISE DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS DE LABORATÓRIO

5.1 Material de Empréstimo de Solo

Após realização de ensaios de caracterização,

os solos estudados para material de empréstimo foram classificados no Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS.

Na Jazida 01 foram realizados 9 poços de inspeção, dos quais 6 foram ensaiados. Os solos são classificados essencialmente como areias argilosas (SC) e areias siltosas (SM).

Em geral, estes tipos de solos, principalmente as areias argilosas (SC), são indicados para utilização em núcleos de barragem de terra, por apresentarem alto teor de finos, que conferem ao solo, baixa permeabilidade e pela sua boa trabalhabilidade. É recomendável pela impermeabilidade e ângulo de atrito favorável à estabilidade. A Tabela 3 apresenta o resumo dos ensaios de caracterização desta Jazida.

Os ensaios de compactação (Proctor Normal) apresentaram valores de umidade ótima entre 11,56 e 15,50% (média = 13,47% e Desvio Padrão = 1,34) e peso específico máximo entre 1,82 e 1,89 g/cm³ (média = 1,85g/cm³ e Desvio Padrão = 0,02). A umidade média do solo nesta jazida foi de 3,81% e a massa específica dos grãos de 2,62 g/cm³. Os ensaios de permeabilidade realizados nas amostras PJ1-02, PJ1-04, PJ1-07 e PJ1-09, apresentaram um valor médio de 1,98 x 10⁻⁶ cm/s, característico

de siltes e argilas e compatível com material de núcleo de barragem.

Ensaio especiais de pressão de expansão e expansão livre realizados nas amostras PJ1-04 e PJ1-09 mostraram deformações de 6,7 e 1,4%, respectivamente, sendo a expansão da amostra PJ1-04 considerável. As pressões de expansão

obtidas foram: 15,0kPa e 10,0kPa para as amostras PJ1-04 e PJ1-09. Desta forma, os resultados obtidos para a amostra PJ1-04 não são preocupantes, dado que a pressão de expansão associada é facilmente combatida pelo peso próprio da barragem.

Tabela 3. Quadro Resumo com Resultados dos Ensaio de Caracterização (Jazida 01).

Amos- tra	Compactação		Consistência				Granulometria				Classificação do solo
	W _{ót} m (%)	γ _{dmáx} (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Pedreg (%)	% passa # 200	
PJ1-02	15,50	1,82	30,25	20,59	9,66	10,50	21,00	44,48	24,02	33,49	SC
PJ1-03	13,95	1,84	33,89	21,81	12,08	10,60	18,90	36,12	34,38	31,92	SC
PJ1-04	13,85	1,85	39,94	22,91	17,03	17,80	19,30	35,06	27,84	39,39	SC
PJ1-05	12,54	1,84	47,63	25,24	22,39	17,50	25,00	39,38	18,12	44,96	SC
PJ1-07	13,41	1,88	NL	NP	-	7,50	21,50	60,04	10,96	31,97	SM
PJ1-09	11,56	1,89	NL	NP	-	7,20	16,50	45,70	30,60	25,00	SM

Relativamente à atividade da fração argilosa, avaliada pelo Índice de Plasticidade e pela Percentagem de Argila, verificou-se que a grande maioria das amostras apresentou atividade baixa ou normal, não apresentando indícios de argilo-minerais expansivos. Os ensaios para avaliação da dispersão dos solos, através de ensaio químico, realizados nas amostras PJ1-04 e PJ1-09 não demonstraram tendência de comportamento dispersivo.

A Tabela 4 apresenta os valores dos parâmetros da coesão e do ângulo de atrito obtidos pelo ensaio triaxial não consolidado e não drenado e a Tabela 5 apresenta os valores dos parâmetros da coesão e do ângulo de atrito obtidos pelo ensaio de cisalhamento direto.

Tabela 4. Resultados dos Ensaio Triaxiais.

Jazida	Poço de Inspeção	Coesão (kPa)	Ângulo de Atrito
Jaz. 01	PJ1-04	47	27°
Jaz. 01	PJ1-09	33	27°

Tabela 5. Resultados dos Ensaio de Cisalhamento Direto.

Jazida	Poço de Inspeção	Coesão (kPa)	Ângulo de Atrito
Jaz. 01	PJ1-04	57	34°
Jaz. 01	PJ1-09	48	35°

5.2 Material de Empréstimo de Areia

Na Jazida de areia estudada (Jazida 02) foi encontrada uma areia de granulometria de média a grossa, com pouca matéria orgânica. A presença da fração cascalho é relativamente alta, com índice de 31% na amostra analisada. Enquanto que a menor concentração é da fração areia fina, com índice 1,1%. Os grãos se mostram angulosos, o que sugere um transporte curto, ou seja, proximidade da rocha fonte.

Quartzo, feldspatos, biotita, turmalina e óxidos foram os minerais encontrados nas frações analisadas, juntamente com fragmentos líticos. Em todas as frações observa-se a predominância de quartzo, com índices acima de 50%, com os feldspatos como segundo dominante. A biotita é pouco representada, sendo que aparece em maior quantidade, principalmente na fração areia fina. A turmalina varia entre 5 a 10% e os opacos até 5% em algumas frações de areia.

No caso de uso como agregado miúdo em concreto, este material apresenta grande potencial de uso. As amostras ensaiadas na Jazida 02 apresentaram massa específica aparente média de 1,49g/cm³ e massa específica absoluta de 2,50g/cm³. A permeabilidade média das amostras foi de 1,3x10⁻²cm/s.

A areia além de ser inócua, sua granulometria é bem adequada para uso em concreto pois o material apresenta uma boa seleção granulométrica onde 97,40% encontra-

se na faixa entre 2,4 e 0,15mm além de praticamente encontrar-se ausente de material deletério e matéria orgânica. A permeabilidade obtida também indica um bom material para filtro, caso seja necessário.

5.3 Material de Empréstimo de Areia

Segundo apreciação petográfica, a amostra retirada da Jazida 03, trata-se de uma rocha metaígneia de textura compacta, granulação grossa e dureza alta, sendo uma rocha fanerítica de coloração rósea, holocristalina (composta totalmente por cristais) e apresentando um índice de cor 0-30 (leucrática). Mineralogicamente é composta por minerais silicáticos, representados por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e biotita a qual se destaca como mineral máfico dominante. Em amostra de mão se observa a presença de planos de foliação definidos pela biotita.

Quanto a forma dos grãos, quando britado apresenta-se com forma semi-cúbica subanguloso com esfericidade próxima a unidade, o que qualifica o material para uso como brita, desde que a usina seja adequada ao mesmo. Sugere-se o uso de usina com britador cônico bem regulado, capaz de melhorar ainda mais a esfericidade do material brita.

A amostra de rocha (Jazida 03) analisada possui resistência à compressão simples alta sem restrições para utilização como agregado graúdo. O resultado do ensaio de abrasividade Los Angeles indica tratar-se de uma rocha fresca, de boa qualidade resistiva ao desgaste Los Angeles.

De acordo com os resultados dos ensaios de determinação de índices físicos realizados conclui-se que os índices físicos apresentam valores de massa específica adequados para utilização como agregado graúdo e índices de porosidade e absorção variando de baixo a mediano o que permite um bom agulhamento do cimento. É recomendável a adição de aditivo (metacaulim e/ou uso de cimento pozolânico ou semelhante) a fim de reduzir a zero a probabilidade de reatividade álcalis-agregado quando utilizado como agregado graúdo em concreto.

6. CONCLUSÕES

O maciço rochoso ao longo do eixo barrável apresenta boa condição como suporte de carga, boa condição mecânica, boa condição de estanqueidade e boa resistência ao efeito de erosão causado principalmente pela água.

As características de deformabilidade do maciço rochoso são boas para qualquer tipo de barragem a implantar, desde que se retire a aluvião e o solo de alteração da rocha.

Os solos de empréstimo são viáveis tecnicamente e satisfatórios em termos de volume disponível para utilização em aterros, sendo a maioria das amostras classificadas como SC (areia siltosa) segundo o Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS. Tanto o material arenoso como o material pétreo apresentaram características satisfatórias para aplicação filtros e concretos, contudo é recomendável a utilização de aditivos, por forma a prevenir possíveis reatividades (RAA).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a TECHNE Engenheiros Consultores e a SEINFRA/PE.

REFERÊNCIAS

- ABGE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. 1998. *Geologia de Engenharia*. ABGE/FAPESP/CNPq. São Paulo, 576 p.
- ABGE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. 1999. *Manual de sondagens. Boletim nº 3*, - 4ª Edição. São Paulo, 73p.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: *Simpósio de Geologia do Nordeste*, VIII, Campina Grande, 363-391 p.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2005. Diagnóstico do Município de Venturosa. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, Estado de Pernambuco.
- MOREIRA FILHO, J.C.C. 2011. *Modelagem geográfica tridimensional na bacia hidrográfica do rio Ipanema, uma comparação entre os métodos de triangulação e inverso do quadrado da distância com uso de SRTM*.
- STRECKEISEN, A.L. 1976. *Classification of the common igneous rocks by means of their chemical composition: a provisional attempt*. Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte. H.1, 1 – 15.