



MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
Secretaria de Infra-estrutura Hídrica

**Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias
Hidrográficas do Nordeste Setentrional**

Projeto Executivo do Lote C - Eixo Leste

NOTA TÉCNICA

IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS COLAPSÍVEIS E EXPANSIVOS E SOLUÇÕES DE ENGENHARIA A SEREM ADOTADAS

**1230-NTC-2201-04-02-003-R05
RECIFE-PE**

C O N S Ó R C I O

TECHNE • PROJETEC • BRLi

Abril - 2010



PROJETEC





MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

Secretaria de Infra-estrutura Hídrica

**Projeto de Integração do Rio São Francisco com
Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**

Projeto Executivo do Lote C – Eixo Leste

NOTA TÉCNICA

IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS COLAPSÍVEIS E EXPANSIVOS E SOLUÇÕES DE ENGENHARIA A SEREM ADOTADAS

1230-NTC-2201-04-02-003-R05

RECIFE-PE

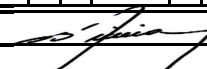
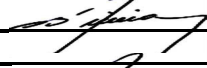
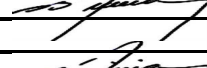
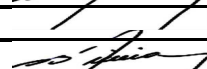
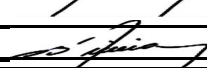

C O N S Ó R C I O

TECHNE • PROJETEC • BRLi

Abril - 2010



Título NOTA TÉCNICA - IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS COLAPSÍVEIS E EXPANSIVOS E SOLUÇÕES DE ENGENHARIA A SEREM ADOTADAS																												Número 1230-NTC-2201-04-02-003							Folha 1/1						
Esta folha indice indica em que revisão está cada folha na emissão citada																																									
Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7						
1						X			36									71									106														
2						X			37									72									107														
3						X			38									73									108														
4						X			39									74									109														
5						X			40									75									110														
6									41									76									111														
7									42									77									112														
8									43									78									113														
9									44									79									114														
10									45									80									115														
11									46									81									116														
12									47									82									117														
13									48									83									118														
14									49									84									119														
15									50									85									120														
16									51									86									121														
17									52									87									122														
18									53									88									123														
19									54									89									124														
20									55									90									125														
21									56									91									126														
22									57									92									127														
23									58									93									128														
24									59									94									129														
25									60									95									130														
26									61									96									131														
27									62									97									132														
28									63									98									133														
29									64									99									134														
30									65									100									135														
31									66									101									136														
32									67									102									137														
33									68									103									138														
34									69									104									139														
35									70									105									140														

05	31/8/2010	Rômulo de Macedo Vieira	C		Revisão Geral
04	20/8/2010	Rômulo de Macedo Vieira	C		Revisão no Título 4.1 - Trechos em Aterro - Canais
03	30/7/2010	Rômulo de Macedo Vieira	C		Inserção do N° da ATA 710
02	21/7/2010	Rômulo de Macedo Vieira	C		Revisão Geral
01	23/4/2010	Rômulo de Macedo Vieira	C		Revisão nas Observações e Recomendações
00	20/4/2010	Rômulo de Macedo Vieira	C		Emissão Inicial

Rev.	Data	Por	Em.	Aprov.	Descrição das revisões
TIPO DE EMISSÃO					
(A) Preliminar			(E) Para Construção		(I) de Trabalho
(B) Para Aprovação			(F) Conforme Comprado		()
(C) Para Conhecimento			(G) Conforme Construído		()
(D) Para Cotação			(H) Cancelado		()

SUMÁRIO

1	OBJETO	1
2	JUSTIFICATIVA DAS MEDIDAS A SEREM ADOTADAS.....	1
3	ENSAIOS REALIZADOS E PROVIDÊNCIAS E SOLUÇÕES JÁ ADOTADAS.....	2
4	SOLUÇÕES A SEREM ADOTADAS NA OCORRÊNCIA DE SOLOS COLAPSÍVEIS	2
4.1	TRECHOS EM ATERRO - CANAIS	3
4.2	TRECHOS EM CORTE - CANAIS	3
4.3	BARRAGEM MANDANTES	4
4.4	BARRAGEM CACIMBA NOVA.....	4
5	SOLUÇÕES A SEREM ADOTADAS NA OCORRÊNCIA DE SOLOS EXPANSIVOS.....	4
6	CAMPOS DE PROVA.....	4
7	OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES.....	5

Anexos:

Anexo I - Ensaios de Colapsibilidade Realizados no LOTE 9 (Segmento 2211).

Anexo II - Ensaios de Colapsibilidade Realizados no LOTE 10.

Anexo III - Croqui do Revestimento da Geomembrana em Solos Expansivos e Colapsíveis.

1 OBJETO

A presente Nota Técnica tem como objetivo instruir as Supervisoras dos Lotes 09 e 10 de Obras do Eixo Leste do PISF, sobre a identificação da colapsibilidade dos solos em segmentos de canais a serem construídos e as soluções de engenharia a serem seguidas durante a execução das obras dos segmentos de canal 2209 a 2217 a serem construídos.

Esta edição constitui uma revisão da Nota encaminhada pela Projetista em abril de 2010 e tem a finalidade de atender orientação do Ministério e da Gerenciadora no sentido da sua atualização e complementação, com realização de Campo de Prova e a inclusão do monitoramento nas fundações das Barragens Mandantes e Cacimba Nova, conforme decidido em reunião com a Projetista no dia 09 de julho de 2010.

Quanto às características de dispersividade e expansividade, alerta-se para a necessidade de proceder-se investigações sistemáticas relativas à identificação de ocorrências desses solos nos segmentos de canais acima citados através da utilização do equipamento expanso-colapsômetro, de conformidade com a sugestão da Projetista e de acordo com os entendimentos mantidos entre a Gerenciadora do Projeto, a Supervisora das obras e o Ministério da Integração Nacional, para mobilização do equipamento, de forma a possibilitar maior agilidade à execução das obras.

2 JUSTIFICATIVA DAS MEDIDAS A SEREM ADOTADAS

A colapsibilidade é uma característica geotécnica comum dos solos existentes na região do Eixo Leste do PISF. O histórico de danos causados a diversas obras construídas na região em decorrência da colapsibilidade dos solos motivou a realização de ensaios geotécnicos ao longo dos eixos dos segmentos de obras do PISF (lotes 09 e 10) de forma a identificar essa propriedade especial dos solos e a se estabelecer os procedimentos construtivos adequados, tanto nos trechos em corte como nos trechos em aterro.

Com relação às características de expansibilidade e dispersividade dos solos da região, observa-se as seguintes situações:

- Solos expansivos só foram identificados no trecho de obras entre o sítio da barragem Mandantes e a estação de Bombeamento EBV-3. Soluções especiais para as obras da Barragem, do segmento de canal 2209 e da Estação de Bombeamento, contidas neste trecho, estão sendo estudadas e serão tratadas em Nota Técnica específica, quando as prospecções Geotécnicas em curso estiverem concluídas.
- Para o caso das jazidas de barragem, onde a utilização de solos dispersivos seria mais contra-indicada, procedeu-se a ensaios de análise química e de granulometria comparativa, não tendo os solos apresentado essa propriedade.
- Solos com identificação de possível dispersividade foram identificados ao longo do segmento de canal 2211 através da realização de crumb test pelo Construtor das obras. Posteriormente, com a execução de novos ensaios do tipo crumb test, de granulometria comparativa e de ensaios químicos, verificou-se a não dispersividade desses solos.

Salienta-se que, embora se tenha identificado solos expansivos apenas no Trecho Mandantes – EBV-3, assim como não terem sido identificados solos dispersivos na região, a Supervisora dos Lotes 09 e 10, deve, ao longo do processo de implantação das

obras, atentar para a eventual ocorrência de solos com essas características, através de realização de crumb test e granulometria comparativa (para solos dispersivos) e da utilização do expanso-colapsômetro (para solos expansivos e colapsíveis). Uma vez identificado uma dessas propriedades, a Supervisora das obras deve tomar as providências subseqüentes cabíveis.

3 ENSAIOS REALIZADOS E PROVIDÊNCIAS E SOLUÇÕES JÁ ADOTADAS

Resultados de ensaios especiais realizados no laboratório do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Rio Grande do Norte, mediante a retirada de amostras em pontos específicos onde, visualmente, os solos apresentam indicações especiais de colapsibilidade, são apresentados nas tabelas anexas.

Outros ensaios de investigação da colapsibilidade, realizados pela Universidade Federal de Pernambuco, através da utilização do aparelho denominado expanso-colapsômetro, são mostrados igualmente em anexo a esta Nota.

O expanso-colapsômetro é um aparelho desenvolvido pela Área de Geotecnia do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) que possibilita a identificação de solos colapsíveis e expansivos de forma rápida e eficiente, sendo, dessa forma, apropriado para utilização durante a execução de obras com as características do PISF que tem grandes extensões de aterros e cortes cujas execuções necessitam ser feitas sem interrupções. Esse aparelho, por sugestão desta Projetista, foi alugado à UFPE e ficou à disposição da Supervisora das Obras dos Lotes 09 para acompanhar pari passu a execução dos cortes e aterros. Com a desmobilização do equipamento, coube à Gerenciadora providenciar seu aluguel e disponibilizá-lo na obra para acompanhamento dos trabalhos pela empresa Supervisora.

No trecho 2205, providências de remoção e substituição de solos colapsíveis já foram adotadas, inclusive com o aproveitamento dos solos removidos na composição do solo cimento para regularização dos taludes dos canais.

Nos segmentos de canal 2211 a 2217, constatou-se a maior ocorrência de solos colapsíveis, merecendo esse segmento, cuidados especiais de identificação da ocorrência desses solos e a adoção das soluções adequadas, a seguir discriminadas.

4 SOLUÇÕES A SEREM ADOTADAS NA OCORRÊNCIA DE SOLOS COLAPSÍVEIS

A idéia básica dos procedimentos construtivos a seguir descritos é a “quebra” da colapsividade dos solos (quebra da estrutura porosa que caracteriza esses solos), através de sua desagregação e compactação, de forma a se poder utilizá-los sem a necessidade de suas substituições que resultam em elevados custos às obras. São considerados solos colapsíveis para efeito desta Nota Técnica, os solos cujo grau de colapsividade for superior a 2%.

Os seguintes procedimentos devem ser adotados quando da execução dos aterros e cortes nos segmentos de canal:

4.1 TRECHOS EM ATERRO - CANAIS

- Executada a operação de retirada da camada de expurgo, realizar, a cada 100 metros um ensaio com o expanso-colapsômetro e calcular o grau de colapsibilidade dos solos. Os ensaios serão feitos na superfície do terreno e no fundo de um poço a 1,0 m de profundidade.
 - Uma vez constatada a colapsividade a partir da superfície do terreno (até 50cm de profundidade), medir a colapsividade a 1,0m de profundidade.
 - Não se constatando colapsividade a 1,0m, medir a colapsividade a partir de 50cm de profundidade até 1,0m.
 - Não se constatando colapsividade a partir de 50cm de profundidade, remover a camada superior de 25cm e escarificar (desagregar) a camada inferior de 25cm e compactá-la. Após a compactação da camada inferior, repor a camada superior retirada e compactá-la.
 - Constatando-se a colapsivbidade a partir de 1,0m de profundidade, medir a colapsividade a partir de 1,5m de profundidade.
 - Não se constatando a colapsividade a 1,5m de profundidade, retirar a camada superior de 1,25m colocá-la em bota-espera. Escarificar (desagregar) a camada inferior entre 1,25m e 1,5m e compactá-la Em seguida, repor a camada superior de 1,25m anteriormente retirada e compactando-a em camadas de 25cm.
 - Persistindo a situação de colapsividade a 1,5m de profundidade, o mesmo procedimento anteriormente descrito, deverá ser seguido.
- Uma vez concluída a operação de compactação de uma camada de conformidade com as especificações técnicas do contrato, deve-se proceder à verificação do grau de compactação. A camada não deverá ter densidade seca menor que 17 kN/m³ (dado com base nos ensaios realizados na região).

4.2 TRECHOS EM CORTE - CANAIS

Nos trechos em corte deve-se observar os mesmos procedimentos anteriormente descritos no que tange a identificação da colapsibilidade dos solos.

Se as camadas de solos colapsíveis ocorrerem na área da seção do canal (fundo, taludes do canal e bermas), deve-se usar o mesmo procedimento descrito anteriormente de remoção, compactação da camada remanescente e aproveitamento do bota-espera.

Os taludes em solos colapsíveis que ficarão expostos devem ser protegidos contra efeitos erosivos: enrocamento fino com transição, ou seja, o mesmo processo de proteção dos taludes externos dos canais previsto no projeto.

Os solos escavados de um trecho em corte do canal identificados como colapsíveis podem ser utilizados nos aterros mais próximos, desde que atendam às condições de compactação estabelecidas nas especificações técnicas.

4.3 BARRAGEM MANDANTES

No caso específico da fundação da Barragem Mandantes, uma vez realizadas suas escavações, deve-se adotar a mesma metodologia, medindo-se a colapsividade a cada 20 metros e em três pontos da seção transversal (um sob o espaldar de montante; um sob o espaldar de jusante e outro no centro do fundo do cut-off). Nas ombreiras, onde não existir o cut-off, deve-se medir no eixo e nos espaldares. No caso da Barragem, não se deve reutilizar o material colapsível identificado, devendo-se substituí-lo pelo conglomerado compactado indicado no projeto.

4.4 BARRAGEM CACIMBA NOVA

Utilizar a mesma metodologia indicada para a Barragem Mandantes.

5 SOLUÇÕES A SEREM ADOTADAS NA OCORRÊNCIA DE SOLOS EXPANSIVOS

- Quando se verificar a ocorrência de solos expansivos atravessados pelos cortes e aterros de canais, deve-se simplesmente remover a camada de solos. Em qualquer situação (corte ou aterro ou corte-aterro) a camada de solo expansivo deve ficar a, no mínimo, 2,00m dos taludes e do fundo da valeta de drenagem interna dos canais.
- No caso da substituição de solo no fundo do canal, deve-se utilizar materiais de jazidas mais próximas e mais impermeáveis possíveis e assentar manta entre o solo compactado subjacente e a camada drenante sob o canal, envolvendo a valeta de drenagem interna, ao longo dos trechos atravessados em solo expansivo (ver Anexo III).
- Em nenhuma hipótese, se deve utilizar os solos expansivos na construção de aterros.
- As camadas de solo expansivo ocorrentes na região do projeto são facilmente identificáveis pela sua coloração. Deve-se medir sua expansão pelo expanso-colapsômetro e registrar o dado de expansão; a elaboração de croqui mostrando as dimensões da substituição dos solos e seus respectivos volumes (“as built”).

6 CAMPOS DE PROVA

Para o caso dos procedimentos de tratamento de solos colapsíveis, se deve executar campos de prova (aterros experimentais). A execução de Campos de Prova tem como finalidade a determinação de procedimentos e o estabelecimento de parâmetros e critérios que deverão ser seguidos nas operações a serem realizadas de conformidade com a metodologia construtiva acima descrita e que servirão para as eventuais necessidades de adequações à metodologia proposta nesta Nota Técnica e à composição de preço não previsto na planilha original do Construtor.

Deve-se programar dois Campos de Provas: um nas proximidades da estaca 46+300, no Lote 09 e outro nas proximidades da estaca 88+900, no Lote 10, onde já foram identificados solos colapsíveis na superfície, conforme tabelas anexas.

Adotando-se a mesma metodologia de medição da colapsividade e de procedimento construtivo descrito acima, se deve obter os seguintes dados e parâmetros:

- Grau de colapsividade medido pelo expanso-colapsômetro.
- Grau de compactação para determinados números de passada do rolo a ser empregado. O mais indicado é o rolo compressor pé de carneiro não vibratório.
- “Quebra” da colapsividade de uma camada de 25cm do terreno natural subjacente à uma camada de 25cm escarificada e compactada. Este procedimento tem como finalidade a verificação da “quebra” da colapsividade de uma camada de 50cm, somente com a compactação da camada superior de 25cm, para um determinado número de passada do rolo compressor, de forma a reduzir os custos operacionais.
- Determinar o peso específico seco obtido após a compactação ao longo da camada compactada e na camada anterior. Este procedimento pode indicar a redução do número de passadas do rolo, caso se verifique que a compactação da camada superior colabore para ou aumento do peso específico seco da camada inferior.
- Outros dados e parâmetros julgados importantes pela fiscalização, durante o processo de monitoramento da execução do aterro.

7 OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

- Para melhor orientação da fiscalização, são mostrados nas tabelas anexas os resultados dos ensaios realizados pela Projetista em estacas do canal nos trechos dos Lotes 09 e 10 de obras.
- Todos os dados de investigação “in loco” (dados colhidos no expanso-colapsômetro e cálculos de expansibilidade) e os procedimentos e soluções adotadas na utilização de materiais de bota espera e dos materiais importados bem como suas distâncias de transporte, devem ser registrados nos “as built” a serem elaborados pela Supervisora.
- Embora não se tenha identificado solos dispersivos e expansivos (à exceção do segmento 2209) ao longo dos eixos dos canais, a Supervisora deve monitorar a eventual presença desses solos ao longo do eixo do canal quando da sua construção, através da realização de “crumb test” e, posteriormente, granulometria comparativa (para solos dispersivos) e, visualmente, observar a presença de argilitos com as mesmas características dos ocorridos no segmento 2209 (solos expansivos). Os solos expansivos podem ser identificados através da medida da expansão no ensaio de CBR. Solos com expansão maior ou igual a 4% não devem ser utilizados na execução de aterros dos canais. Nas camadas superiores deve-se evitar materiais com expansão no CBR maior que 2%. Uma vez confirmada a expansividade pelo CBR, coletar amostras para a realização de ensaio especial de determinação da expansividade.
- Uma vez identificado casos especiais e considerados de alta complexidade durante a execução dos trabalhos, deve ser convocado o ATO da Projetista.

Anexo I – Ensaaios de Colapsibilidade Realizados no LOTE 9 (Segmento 2211)

Ensaio de Colapsibilidade Realizados no LOTE 9 (Segmento 2211)

ESTACA	TENSÃO DE INUNDAÇÃO (kPa)	DEFORMAÇÃO VOLUMÉTRICA (%)	AVALIAÇÃO
42+300	12,5	3,52	Colapsível
	100	0,10	
44+600	12,5	3,98	Colapsível
	100	1,35	
45+500	12,5	1,50	Colapsível
	100	5,88	
	200	10,20	
46+300	12,5	7,25	Colapsível
	100	11,13	
47+900	5	2,10	Colapsível
	100	3,14	
	200	12,13	
55+640	12,5	3,75	Colapsível
	100	3,82	
	200	6,63	
57+500	12,5	4,38	Colapsível
	100	7,26	
	200	11,55	
59+900	12,5	2,05	Colapsível
	100	14,17	
65+200	12,5	0,60	Não colapsível
	100	0,80	

Anexo II – Ensaaios de Colapsibilidade Realizados no LOTE 10

Ensaio de Colapsibilidade Realizados no LOTE 10

Estaca	Tensão de Inundação (kPa)	Deformação Volumétrica (%)	Avaliação
71+750	50	6.17	Colapsível
	100	16.55	
	200	12.28	
95	12,5	2.33	Colapsível
	100	6.43	
72+700	12,5	0.57	Colapsível
	100	0.64	
80+400	12,5	0.60	Colapsível
	100	9.14	
83+800	12,5	0.53	Não colapsível
	100	0.13	
87+900	12,5	-0.64	Não colapsível
	100	0.05	
88+900	12,5	0.73	Colapsível
	200	10.46	
98+600	12,5	-0.57	Não colapsível
	100	-0.10	
106+780	12,5	0.30	Não colapsível
	100	0.73	
110+850	12,5	0.98	Colapsível
	100	5.78	
114+700	12,5	5.55	Colapsível
	100	6.9	

Anexo III – Croqui do Revestimento da Geomembrana em Solos Expansivos e Colapsíveis

CROQUI DO REVESTIMENTO DA GEOMEMBRANA EM SOLOS EXPANSIVOS E COLAPSÍVEIS

