



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

*BARRAGEM BRAÚNAS*

*INSTRUMENTAÇÃO*

1230-NTC-2105-04-02-002-R01  
RECIFE-PE

C O N S Ó R C I O

TECHNE • PROJETEC • BRL

Janeiro - 2009



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***

## **BARRAGEM BRAÚNAS**

## **INSTRUMENTAÇÃO**

1230-NTC-2105-04-02-002-R01  
RECIFE-PE

C O N S Ó R C I O

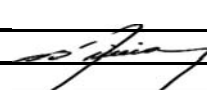
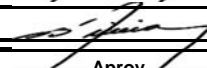
TECHNE • PROJETEC • BRLi

**Janeiro- 2009**



<b>Título</b>  <b>NOTA TÉCNICA - BARRAGEM BRAÚNAS - INSTRUMENTAÇÃO</b>																												<b>Número</b>  <b>1230-NTC-2105-04-02-002</b>							<b>Folha 1/1</b>						
Esta folha índice 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		X							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															

00	15/1/2009	José Cláudio Acciolly	B		Emissão Inicial
01	5/2/2009	José Cláudio Acciolly	C		Revisão de Status

Rev.	Data	Por	Em.	Aprov.	Descrição das revisões
<b>TIPO DE EMISSÃO</b>					
(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

<b>1</b>	<b>INSTRUMENTAÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PIEZÔMETROS HIDRÁULICOS TIPO CASAGRANDE.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>SEÇÕES INSTRUMENTADAS .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2</b>	<b>DESCRIÇÃO DO INSTRUMENTO.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Instalação do Piezômetro .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Ensaio de Equalização.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Medição e Pagamento .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3</b>	<b>FORNECIMENTO E MONTAGEM DE PIEZÔMETRO PNEUMÁTICO.....</b>	<b>3</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Especificações Técnicas .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Medição e Pagamento .....</b>	<b>4</b>
<b>2.4</b>	<b>FORNECIMENTO E MONTAGEM DE MARCOS SUPERFICIAIS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Especificações Técnicas .....</b>	<b>5</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Medição e Pagamento .....</b>	<b>5</b>
<b>2.5</b>	<b>FORNECIMENTO E MONTAGEM DE RECALQUE MAGNÉTICO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Especificações Técnicas .....</b>	<b>5</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Medição e Pagamento .....</b>	<b>6</b>

# 1 INSTRUMENTAÇÃO

## 1.1 GENERALIDADES

A instalação da instrumentação para avaliação do comportamento da barragem, principalmente na fase de operação do reservatório, será realizada de acordo com estas Especificações Técnicas.

Basicamente o plano de instrumentação objetiva:

- Verificação das pressões neutras nas fundações e no corpo da barragem;
- Verificação dos deslocamentos da barragem.

A concepção do plano de instrumentação levou em conta os seguintes aspectos:

- As características das fundações e dos maciços da barragem, não deixam maiores preocupações quanto ao desenvolvimento de pressões neutras durante a fase de construção do aterro. Além disso, as deformações da barragem durante a fase de construção serão de pequena magnitude e tudo indica que se situarão próximos dos valores estimados no projeto;
- Instrumentos instalados juntos com a construção da obra, além de causarem transtornos dos trabalhos de construção, apresentam o risco de serem danificados pelos equipamentos de construção, ficando em algumas situações completamente inutilizados;
- A definição dos tipos de instrumento levou em conta o seu preço, a facilidade da instalação, a sua durabilidade, a facilidade de leitura e a confiabilidade dos resultados.

A partir de exposto, o plano concebido considerou que todos os instrumentos previstos serão instalados na fase final de construção da barragem e antes do enchimento do reservatório. Este plano engloba os seguintes instrumentos:

- **Piezômetros Hidráulicos Tipo Casagrande e Piezômetro Pneumático instalados** em furos e com bulbos filtrantes localizado nas fundações e no maciço da barragem;
- **Marcos Topográficos superficiais** amarrados aos **marcos de referências e Recalque Magnético**, com objetivo de obter respectivamente medidas de deslocamentos horizontais, verticais e recalque.

A CONSTRUTORA deverá fornecer a FISCALIZAÇÃO uma lista completa e detalhada dos instrumentos que propõe fornecer e a descrição dos métodos executivos que serão empregados nas instalações.

A instalação de um determinado instrumento só será efetuada após a aprovação pela FISCALIZAÇÃO, das características do instrumento e do método a ser usado na instalação.

## **2 PIEZÔMETROS HIDRÁULICOS TIPO CASAGRANDE**

### **2.1 SEÇÕES INSTRUMENTADAS**

Conforme definido no projeto, serão instalados piezômetros hidráulicos em 4 seções transversais da barragem, ou seja, uma no leito do rio, uma na ombreira esquerda e duas na ombreira direita.

### **2.2 DESCRIÇÃO DO INSTRUMENTO**

#### **2.2.1 Instalação do Piezômetro**

Os piezômetros serão constituídos por tubos geomecânicos de 2" de diâmetro com ranhuras no trecho correspondente ao bulbo, (com 1 m, no mínimo, de comprimento), e liso nos demais trechos.

O pré-filtro será constituído por areia grossa e média lavada com permeabilidade superior a 10-2 cm/s. O selo do piezômetro será constituído por bentonita, com 1 m de espessura no mínimo.

Acima do selo o espaço entre os tubos geomecânicos e as paredes do furo serão preenchidos com material argiloso com umidade próxima ao Limite de Liquidez (LL) devidamente socada para garantir o completo preenchimento.

Os piezômetros a serem instalados na fundação das barragens poderão aproveitar o mesmo furo para instalação de piezômetros duplos, ou seja, com dois bulbos instalados em dois materiais diferentes.

A instalação dos piezômetros com bulbo localizado no maciço compactado ou no filtro da barragem será feita a partir de furos a trado realizados no aterro após este atingir uma cota situada no mínimo 0,50m acima do selo de bentonita do piezômetro.

Os tubos dos piezômetros serão protegidos contra o vandalismo na superfície do terreno por caixa de concreto dotada de tampa e cadeado.

#### **2.2.2 Ensaios de Equalização**

Estes ensaios permitirão avaliar o funcionamento do Piezômetro, determinar o tempo de recuperação destes e calcular a permeabilidade do material em que o bulbo acha-se instalado.

Todos os piezômetros serão submetidos a ensaios de equalização conforme a seguir:

- Os ensaios serão realizados por esgotamento da água do tubo do piezômetro para evitar o risco de fraturamento hidráulico da fundação ou do maciço compactado junto ao bulbo do piezômetro;
- Após o esgotamento, deverão ser efetuadas leituras do nível piezométrico a 15, 30 segundos, 1, 2, 3, 6, 10, 15, 25 minutos, 1, 2, 4, 6, 12 e 24 horas, anotando-se as medidas em formulários próprios;
- O ensaio será finalizado quando for atingido o nível d'água original.

Para a realização do ensaio serão necessários os seguintes materiais:

- Medidor de NA elétrico ou "pio" comum para medida do nível d'água;
- Cronômetro;
- Bureta graduada de 1000 ml;
- Sondina ou bomba de sucção para esgotamento do piezômetro;
- Recipientes de 20 l.

### **2.2.3 Medição e Pagamento**

#### **a) Medição**

A medição da instrumentação feita por Piezômetro Casagrande será por unidade instalada, mensalmente, com base na sua efetiva utilização.

#### **b) Pagamento**

O pagamento será feito pelo Preço Unitário do Fornecimento e Montagem de Piezômetro Casagrande, da Planilha de Serviços e Preços, por unidade instalada, conforme medição efetuada. O preço unitário deve incluir o fornecimento, transporte, montagem e operação do equipamento de instrumentação e tudo o mais que for necessário para a completa e perfeita execução dos serviços conforme Especificações Técnicas.

## **2.3 FORNECIMENTO E MONTAGEM DE PIEZÔMETRO PNEUMÁTICO**

### **2.3.1 Especificações Técnicas**

Os Piezômetros Pneumáticos são equipamentos para determinação da pressão neutra nos solos constituídos pelos seguintes elementos:

- Bulbo do Piezômetro onde atuará a pressão de água intersticial constituído por pedra porosa cerâmica, membrana, etc.;
- Mangueiras para aplicação da contrapressão de gás a partir da cabina de leitura;
- Caixa para leitura constituída por bujões de gás e manômetros para leitura de pressão.

Os Piezômetros a serem instalados deverão ser aferidos em laboratório para verificação da leitura zero e confronto da curva de calibração do aparelho com dados fornecidos pelo fabricante.

As pedras cerâmicas dos Piezômetros deverão ficar imersas, em água em ebulição, durante duas horas no mínimo, para completa saturação.

“As tubulações conectadas aos Piezômetros deverão ser testadas para verificação de vazamento de gás e deverão ser instaladas internamente a um tubo de proteção de polietileno flexível de diâmetro 1/2”. Os Piezômetros poderão ser instalados na fundação das barragens em furos de 4" de diâmetro ou no maciço compactado.”

Na fundação deverão ser instalados nos horizontes mais permeáveis determinados através de ensaios de perda d'água sendo que o bulbo deverá ser envolvido por um saco de tecido filtrantes preenchido com areia para prevenção da comutação da pedra porosa. A instalação na fundação será análoga a dos piezômetros Casagrande no que se refere ao esgotamento do furo, preenchimento com areia em torno do bulbo e execução do selo com bentonita e preenchimento do furo com argila socada.

A instalação no maciço compactado deverá ser feita quando a cota do aterro estiver a 1 m no mínimo acima da cota de instalação do Piezômetro através de um poço escavado manualmente.

A pedra porosa do Piezômetro será envolvida em areia efetuando-se o reaterro do poço com material compactado manualmente nas mesmas condições de compactação da barragem.

Para instalação e condução das tubulações (de emissão e de retorno de gás) dos Piezômetros até a cabina de leitura, deverá ser escavada uma valeta transversalmente ao eixo da barragem.

Esta valeta deverá ser preenchida com solo argiloso compactado manualmente com os devidos cuidados para não romper as tubulações e deverá ser preenchida transversalmente a cada 5,00m com selos de argila plástica com 0,2 m de espessura para evitar a formação de caminho preferencial de percolação.

O CONSTRUTOR deverá colocar à disposição da FISCALIZAÇÃO, topógrafos, eletricitas e trabalhadores braçais para a execução dos serviços de instalação. No local da instalação o CONSTRUTOR deverá fornecer energia elétrica com voltagem adequada e água, se for considerado necessário pela FISCALIZAÇÃO.

Para cada instrumento instalado deverá ser elaborada uma folha de instalação contendo cota, coordenadas e data de instalação, croquis indicando os principais elementos da instalação e fotos específicas da área de implantação do piezômetro. Junto à folha de instalação deverá ser anexado o relatório de calibração e dados do fabricante do instrumento.

### **2.3.2 Medição e Pagamento**

#### **a) Medição**

A medição da instrumentação feita por piezômetro pneumático será, mensalmente, por unidade instalada, com base na sua efetiva utilização.

#### **b) Pagamento**

O pagamento será feito pelo Preço Unitário do Fornecimento e Montagem de Piezômetro Pneumático, da Planilha de Serviços e Preços, por unidade instalada, conforme medição efetuada.



## **2.4 FORNECIMENTO E MONTAGEM DE MARCOS SUPERFICIAIS**

### **2.4.1 Especificações Técnicas**

Os marcos de recalque superficiais serão constituídos por blocos de concreto executados no interior da escavação da superfície dos maciços compactados.

No bloco de concreto será chumbado pino de aço inox para apoio da régua de aço invar para determinação da cota do pino. A régua de aço será dotada de nível, de maneira a garantir a verticalidade quando da leitura. O transporte das cotas será feito a partir da referência de nível localizada fora da área sujeita o recalque, utilizando-se níveis com precisão de leitura de 0,1 mm, no mínimo.

Para evitar vandalismo, os marcos de recalque superficiais serão protegidos por caixas de concreto dotadas de tampa e cadeado.

A critério da FISCALIZAÇÃO, a determinação das cotas também poderá ser feita utilizando-se primas reflexivas chumbadas ao concreto para leitura com teodolitos do tipo estação total, caso não ocorra prejuízo na precisão das leituras.

### **2.4.2 Medição e Pagamento**

#### **a) Medição**

A medição da instrumentação feita por marcos de recalque superficial será por unidade instalada, mensalmente, com base na sua efetiva utilização.

#### **b) Pagamento**

O pagamento será feito pelo Preço Unitário do Fornecimento e Montagem de Marcos Superficiais, da Planilha de Serviços e Preços, por unidade instalada conforme medição efetuada. O preço unitário deve incluir o fornecimento, montagem e operação do equipamento de instrumentação e tudo o mais que for necessário para a sua completa e perfeita execução, conforme Especificações Técnicas.

## **2.5 FORNECIMENTO E MONTAGEM DE RECALQUE MAGNÉTICO**

### **2.5.1 Especificações Técnicas**

Os medidores de recalque magnéticos são constituídos por placas metálicas imantadas assentes em nível sobre o aterro compactado em várias cotas. As placas serão vazadas para permitir a instalação de tubo de PVC, no interior do qual será feita a introdução de um sensor magnético que emitirá um sinal sob a ação do campo magnético da placa, permitindo detectar sua posição.

Na rocha da fundação será instalada uma placa magnética de referência, não sujeita a recalque, que será utilizada como referência de nível para obtenção das cotas das placas instaladas no aterro.

A compactação do aterro junto ao medidor de recalque será feita com compactadores manuais, de forma a não danificar as placas e o tubo de medida, e será feita nas mesmas condições especificadas para o maciço compactado. No topo do aterro o tubo de medida

será protegido por caixa de concreto dotada de tampa e cadeado para evitar o vandalismo.

### **2.5.2 Medição e Pagamento**

#### **a) Medição**

A medição de instrumentação feita por medidores de recalque magnéticos será por unidade instalada, mensalmente, com base na sua efetiva utilização.

#### **b) Pagamento**

O pagamento será feito pelo Preço Unitário do Fornecimento e Montagem de Medidor de Recalque Magnético, da Planilha de Serviços e Preços, por unidade instalada conforme medição efetuada. O preço unitário deverá incluir o fornecimento, montagem e operação do equipamento de instrumentação e tudo o mais que for necessário para a sua completa e perfeita execução, conforme Especificações Técnicas.