

ASSUNTO/MOTIVO

PÁGINA

1 / 15

LOCAL/DATA

Rio, 15/04/15

REDATOR

Carolina

U.O./TEL.

GEC.T / 7576

**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

REFERÊNCIA

Encostas adjacentes ao sítio da CNAAA

CÓDIGO ARQUIVO

CAT-06072392

SUMÁRIO

Nº DE PÁGINAS

15

ANEXOS

3

(NOS RELATÓRIOS DE REUNIÃO INDICAR, INICIALMENTE, NO SUMÁRIO: LOCAL, DATA, COORDENADOR, PARTICIPANTES E DURAÇÃO)

Para ser providenciado  
Para conhecimento  
prazos

Este relatório apresenta uma análise da instrumentação instalada e a situação atual das três cortinas atirantadas nas adjacências da CNAAA, km 515,7 da BR-101. Essa encosta é periodicamente monitorada pela GEC.T, com apoio de campo da DMCV.A (GIA.A).

ASSINATURAS

*Carolina*

AUTOR

*Alu*

VERIFICADO/APROVADO

REV.

DATA

PÁG.

VERIFICADO/  
APROVADO

DISTRIBUIÇÃO (QUANDO FOR ENCAMINHADO SOMENTE O SUMÁRIO PARA CONHECIMENTO COLOCAR "PC")

Distribuição: DT (PC); DO (PC); SE.T(PC); GIA.A/GGA.G

Este relatório cancela e substitui o relatório RL-AG-0919.

Cód O&M 042/04

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. LOCALIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO DAS CORTINAS .....</b>	<b>3</b>
<b>3. HISTÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>4. PROJETO DE REFORÇO DE 2001 .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1 METODOLOGIA ADOTADA PARA RECUPERAÇÃO DA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>4.2 MÉTODO CONSTRUTIVO .....</b>	<b>7</b>
<b>4.3 TESTES DE AVALIAÇÃO DOS TIRANTES ANTIGOS .....</b>	<b>8</b>
<b>5. SITUAÇÃO DAS CORTINAS APÓS O REFORÇO DE 2001 .....</b>	<b>8</b>
<b>6. AVALIAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>6.1 AVALIAÇÃO DAS CÉLULAS DE CARGA .....</b>	<b>10</b>
<b>6.2 AVALIAÇÃO DOS PIEZÔMETROS.....</b>	<b>12</b>
<b>6.3 AVALIAÇÃO DOS PINOS DE DESLOCAMENTO .....</b>	<b>13</b>
<b>7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>15</b>

## ANEXOS

Anexo 1 – Fotos e Figuras

Anexo 2 – Instrumentação de Campo

Anexo 3 – Locação, Boletins de Sondagem e Esquema de Instalação dos Piezômetros

## 1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta os resultados da monitoração e a situação atual das cortinas atirantadas do km 515,7 da BR-101, nas adjacências da CNAAA, no período de novembro/1992 a dezembro/2014. Cabe ressaltar que estas cortinas são de responsabilidade do DNIT e que este órgão concedeu permissão para a ETN realizar o monitoramento periódico das mesmas.

O monitoramento destas cortinas é realizado atualmente a partir da instrumentação de campo instalada, a saber: células de carga, pinos de deslocamento e piezômetros (simples e duplos). A instalação da instrumentação de campo foi feita a partir do convênio realizado com a COPPETEC para estudo das Encostas de Itaorna (relatório ET 150.430).

A monitoração dessas cortinas foi implementada, inicialmente, para atender à solicitação da CNEN para garantir a integridade do Plano de Emergência Local, sendo depois incluída no Programa de Gestão Ambiental do EIA/RIMA de Angra 2, na Área de Influência Direta.

Os itens 2 e 3 deste relatório apresentam as características das cortinas, assim como um histórico das sucessivas rupturas ocorridas desde 1978. O item 4 contempla o projeto de reforço realizado pela firma Geosonda em 2001, descrevendo a metodologia adotada para a recuperação da estrutura de contenção e o seu método construtivo. A situação das cortinas após este reforço de 2001 é apresentada no item 5. Finalizando, o item 6 avalia a instrumentação instalada.

## 2. LOCALIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO DAS CORTINAS

O sistema de contenção da encosta do km 515,7 é constituído por duas cortinas atirantadas superiores autoportantes (uma a montante e outra a jusante da pista de rolamento da BR-101) que sustentam o corpo estradal. Além destas duas cortinas, existe também uma cortina inferior, localizada a cerca de 25m a jusante da estrada.

A cortina superior de jusante possui 84,5m de extensão e é constituída por 6 painéis de concreto armado, sendo parcialmente ancorada no terreno e parcialmente ancorada na cortina superior de montante. A cortina superior de montante é constituída por 3 painéis de concreto armado e possui 40,5m de extensão. Já a cortina inferior possui, aproximadamente, 101m de extensão e é constituída por 13 painéis de concreto armado ancorados no terreno.

A Figura 1 do Anexo 1 apresenta a planta de localização das cortinas atirantadas do km 515,7 (antigo km 520) da BR-101, com a indicação de um trecho do sítio da Usina Nuclear de Angra dos Reis (estrada de emergência, Canal de drenagem 5, Subestação 500kV) situado a jusante das referidas cortinas.

A Figura 2 do Anexo 1 apresenta uma seção geológica com a localização destas cortinas.

### 3. HISTÓRICO

Na época da construção da BR-101, em 1977, foi executada uma cortina atirantada para conter o corpo estradal no talvegue do km 515,7 (Anexo 1 – Foto 1). Atualmente esta cortina é denominada cortina inferior.

Em janeiro/1979 ocorreu o primeiro rompimento parcial dessa cortina atirantada (painéis 8, 9 e 10), conforme apresentado nas Fotos 2 a 4 do Anexo 1.

Devido a esse rompimento, o projeto original de estabilização da encosta do km 515,7 foi modificado com o objetivo de aliviar a carga na cortina inferior. O novo projeto consistiu em um corte na saia do aterro da estrada e na construção, em novembro/1979, de duas cortinas atirantadas superiores à existente, junto à pista de rolamento, além de um reforço na cortina existente.

Devido às chuvas intensas em fevereiro/1985, ocorreu uma pequena movimentação do corpo estradal, ocasionando o aparecimento de fendas de tração e provocando uma flexão (“embarrigamento”) da cortina superior de jusante. As fendas de tração possuíam até 4cm de largura e atingiram quase a metade da pista de rolamento da BR-101 em um trecho de cerca de 25m.

Essas chuvas também provocaram desmoronamentos superficiais nas encostas a montante da BR-101, obstruindo o bueiro do talvegue que atravessa a BR-101 sob a cortina atirantada. Essa obstrução provocou um grande alagamento na região a montante da rodovia, sendo que o aterro funcionou como uma barragem e o nível d’água quase atingiu a cota da pista de rolamento.

Na época, Furnas realizou a limpeza e desobstrução do bueiro e, posteriormente, projetou e executou um sistema de drenagem complementar para a proteção deste bueiro com cerca de 280m de extensão. O objetivo desta obra de drenagem era evitar uma ruptura ou novas movimentações do corpo estradal, através da eliminação do esforço adicional devido ao empuxo hidrostático não previsto em projeto.

Esse sistema de drenagem é composto por escadas de dissipação, uma bacia de captação, um pequeno dique de acumulação de detritos direcionados para a bacia de captação e pequenos muros de contenção que circundam a mesma. Para a ligação do novo sistema de drenagem com o bueiro existente, soterrado a 4m de profundidade, foi construída uma estrutura de concreto armado vertical (boca de bueiro em forma de cachimbo) com grade de proteção (Anexo 1 - Foto 5).

Em junho/1987, o painel 6 da cortina inferior sofreu um deslocamento em relação ao painel 5 de cerca de 20cm. O DNIT não adotou nenhuma providência em relação a este deslocamento.

Durante as chuvas de fevereiro/1988, ocorreu o rompimento do painel 6 da cortina inferior (Anexo 1 - Foto 6), colocando em risco a BR-101. Esse rompimento acarretou o assoreamento de todo talvegue a jusante da cortina. Com isso, Furnas desobstruiu o talvegue e executou um sistema de drenagem.

Este sistema de drenagem possuía o objetivo de diminuir a saturação do terreno a jusante da cortina, evitando deslizamentos superficiais e, conseqüentemente, o descalçamento da base da cortina inferior. Foram construídos 140m de escadas de dissipação e canal de drenagem.

A Figura 5 (Anexo 1) apresenta o sistema de drenagem construído tanto a jusante quanto a montante da BR-101.

Em agosto/1990 ocorreu a ruptura do painel 7 da mesma cortina, tornando mais crítica a situação da cortina inferior e aumentando o risco de deslizamento da rodovia.

Desde 1991, foi apresentada insistentemente ao DNIT (antigo DNER) a preocupação com a integridade dessas cortinas (vide correspondências DP.E.206.91, GT.N.E.0049.91, GT.N.E.030.92, DP.E.509.92, DN.E.147.92, DN.E.018.93, DN.E.071.93, DEN.N.527.95, DEN.N.E.112.96), pois, com a ruptura dos painéis 6 e 7 a área de deslizamento estava aumentando progressivamente devido à erosão superficial e, caso alcançasse o pé da cortina superior, poderia acarretar o descalçamento desta e a ruptura do corpo estradal (ruptura múltipla).

Esta hipótese de ruptura múltipla da cortina inferior e superior, com envolvimento do corpo do aterro da BR-101, não seria “improvável” e produziria resultados totalmente “imprevisíveis” como o observado em Piraquara em fevereiro de 1985. Cabe ainda ressaltar que, neste caso, a massa de solo rompida seria bem superior a do deslizamento de janeiro de 1979 (Anexo 1 - Fotos 2 a 4).

As Figuras 1 e 2 (Anexo 1) apresentam a planta e o perfil das superfícies de ruptura do deslizamento ocorrido em janeiro de 1979 e do provável deslizamento para a hipótese de ruptura múltipla, respectivamente.

Em 1992, a COPPETEC analisou o estado das cortinas do km 515,7 e apresentou um parecer técnico, onde concluiu que as mesmas se encontravam na iminência de ruptura. Este parecer técnico indicava a necessidade de reforçar a cortina inferior e substituir imediatamente os tirantes rompidos da cortina superior de jusante.

Como solução provisória, foi solicitada permissão ao DNIT (carta GT.N.E.030.92) para a substituição dos tirantes rompidos. Em 1992, foram executados onze tirantes de reforço na cortina superior, sendo os tirantes de barra tipo Dywidag  $\phi 32\text{mm}$  de 35tf cada. Também foram instaladas onze células de carga nos tirantes, sendo oito na cortina superior de jusante e três na cortina inferior (Anexo 1 - Foto 7). O custo para este reforço foi da ordem de R\$172.500,00 (AS DSP.N.0199.92).

Ao ensaiar o tirante 66 da cortina superior de jusante, executado em novembro/1979, para instalação da célula de carga, o mesmo rompeu com 45,8tf. Este valor é significativamente inferior à carga de ruptura teórica (90,1tf). Assim, adotou-se como critério de incorporação dos tirantes de fio (16 $\phi 8\text{mm}$ ), onde seriam instaladas as células de carga, uma carga equivalente à carga de um tirante com corrosão acentuada (aproximadamente 16 $\phi 5,3\text{mm}$  de diâmetro), correspondente a um valor máximo de 39,4tf.

Para evitar o colapso da estrutura, a verificação da carga nos tirantes deveria ser realizada na execução do projeto definitivo de reforço, pois no caso da ruptura de algum tirante durante a realização dos serviços não haveria risco iminente, visto que o mesmo seria substituído imediatamente pela equipe de reforço.

Com o objetivo de evitar danos ao patrimônio da CNAAA, foram realizados esforços no sentido de viabilizar recursos para concretização do “Convênio Especial de Compromisso e Cooperação Financeira para a Execução dos Serviços de Construção

Parcial e Reforço da Cortina Atirantada do km 515,7 da BR-101/RJ - MINFRA - DNER PG-226/92”, que infelizmente não pôde ser efetivado (carta DN.E.018/93).

Como medida de prevenção, no início de 1999, foi realizado pela Eletronuclear o recapeamento da pavimentação da BR-101 no trecho situado acima destas cortinas. Este serviço tinha como objetivo eliminar a infiltração de água nas fissuras do pavimento.

Em 2001, as cortinas atirantadas do km 515,7 encontravam-se em estado precário, apresentando 5 painéis parcialmente rompidos e precisavam ser reforçadas para evitar a interdição da BR-101 e danos às instalações da CNAAA. Para tal, foi feito o reforço dessas cortinas através do convênio PG-137/00 entre Eletronuclear e DNIT no período entre janeiro/2001 e setembro/2001.

#### **4. PROJETO DE REFORÇO DE 2001**

##### **4.1 Metodologia Adotada para Recuperação da Estrutura de Contenção**

Originalmente, o projeto de reforço consistia apenas na recuperação da cortina inferior, a qual apresentava dois painéis rompidos (painéis 6 e 7) e três painéis comprometidos e irrecuperáveis (painéis 3, 4 e 5), sem considerar o aproveitamento dos tirantes antigos dos demais painéis (1, 2, 8 a 11 e abas). O projeto previa a execução de 306 tirantes de barra  $\phi 38\text{mm}$  com 8.652m de comprimento total, conforme apresentado na Tabela 1.

O projeto de reforço não considerava a situação das cortinas superiores situadas junto à BR-101. Por este motivo, foi realizada uma análise que indicou que a cortina inferior não suportaria o impacto da sobrecarga de uma massa de solo decorrente da ruptura das cortinas superiores. Como não havia garantia da segurança global das cortinas e da estabilidade da encosta, concluiu-se que haveria a necessidade de reforçar não apenas a cortina inferior, mas também as cortinas superiores.

Foi realizada uma modificação no projeto, a qual considerou o aproveitamento dos 199 tirantes antigos de todas as cortinas, excetuando-se os tirantes dos painéis rompidos. O critério considerado para a incorporação dos tirantes consiste em adotar uma carga de trabalho reduzida em relação ao projeto original do DNIT e a execução de 292 tirantes de reforço de barra  $\phi 38\text{mm}$  (com comprimento total estimado de 8.187m), sendo 241 tirantes instalados na cortina inferior e 51 na superior, conforme apresentado na Tabela 2. A incorporação dos tirantes deveria ser realizada após os testes de avaliação dos tirantes antigos.

Os 199 tirantes antigos foram testados até 1,5 vezes a carga de trabalho reduzida. A metodologia adotada previa que, caso houvesse tirantes reprovados, eles seriam substituídos por tirantes adicionais de reforço, mantendo o mesmo esforço estabilizante. Os tirantes de reforço eram testados até 1,75 vezes a carga de trabalho ( $Q_{\text{ensaio}} = 1,75 \times Q_{\text{trabalho}} = 60,4\text{tf}$ ).

**Tabela 1- Comparação entre o projeto inicial e o projeto final de reforço.**

Tirantes das cortinas de contenção - projeto do DNIT (1977)		Quantidade tirantes barra $\phi 38\text{mm}$ - $Q_t = 35,0\text{tf}$	
Painel	Quantidade de tirantes antigos	Projeto Inicial	Projeto Final
Cortina Inferior	113=16( $\phi 32$ )+40( $\phi 26$ )+57(16 $\phi 8$ )	306	241
Cortina Superior	86=75 (16 $\phi 8$ )+11( $\phi 32$ )	-	51
<b>Total</b>	199=27( $\phi 32$ )+40( $\phi 26$ )+132(16 $\phi 8$ )	306 (8.652m)	292 (8187m)

**Tabela 2 - Critério adotado para carga máxima do Teste de Avaliação.**

Projeto Original		Testes de Avaliação – Tirantes Antigos			Critério Adotado
Tipo Tirante	Carga de trabalho (tf)	Carga de teste (tf)	Carga de incorporação (tf)	Quantidade	Carga de trabalho equivalente a
16 $\phi 8\text{mm}$	51,5	57,9	38,6 (redução de 25%)	132 (70%)	tirante de 16 $\phi 7\text{mm}$
$\phi 32\text{mm}$	35,0	45,5	30,3 (redução de 13%)	16 (9%)	tirante de $\phi 30\text{mm}$
$\phi 26,5\text{mm}$	21,6	29,1	19,4 (redução de 10%)	40 (21%)	tirante de $\phi 24\text{mm}$

## 4.2 Método Construtivo

A recuperação da cortina inferior consistiu na reconstrução de 5 painéis de concreto (painéis 3 a 7 rompidos) sem aproveitamento dos tirantes antigos e reforço dos outros 8 painéis remanescentes (painéis 1, 2, 8, 9, 10, 11 e Abas I e II), com aproveitamento dos tirantes antigos. Com a metodologia adotada, aproveitou-se cerca de 40% da cortina inferior existente (420m<sup>2</sup>).

Os painéis de concreto 3, 4 e 5 estavam parcialmente rompidos e irrecuperáveis. Estes painéis foram abandonados e utilizados como forma para os novos painéis de concreto constituídos por 110 tirantes de barra  $\phi 38\text{mm}$ . Os painéis de concreto 6 e 7, que estavam rompidos, foram demolidos e no local foram executados novos painéis de concreto com 85 tirantes de barra tipo Rocsolo  $\phi 38\text{mm}$ . A maior parte do reforço



global, cerca de 58% dos tirantes, se concentrou nesses 5 painéis de concreto, totalizando 195 tirantes de barra  $\phi 38\text{mm}$  com 6.083m de comprimento.

Os 8 painéis remanescentes (painéis 1, 2, 8, 9, 10, 11 e Abas I e II) foram reforçados com 46 tirantes de barra de  $\phi 38\text{mm}$ . Nos painéis 8, 9 e 10 foram executadas placas de reforços em 32 tirantes de barra de  $\phi 38\text{mm}$ . Somente após a execução desses tirantes de reforço, foram avaliados os 57 tirantes  $16\phi 8\text{mm}$  antigos. Os painéis 11 e Aba II (com 8 tirantes de barra  $\phi 26,5\text{mm}$ ) e os painéis 1 e 2 e Aba I (com 16 tirantes de barra  $\phi 32\text{mm}$  e 32 tirantes  $\phi 26,5\text{mm}$ ) foram reforçados com 14 tirantes de barra  $\phi 38\text{mm}$ .

Os 56 tirantes antigos foram avaliados somente após a execução destes 14 tirantes de reforço.

A utilização de placas pré-moldadas de reforço contra punção, ao invés das tradicionais grelhas, proporcionou mais agilidade à obra. O dimensionamento da grelha só pode ser realizado após os resultados dos testes de avaliação e é função da geometria final dos tirantes, já as placas pré-moldadas são dimensionadas antes do início da obra.

Nas cortinas superiores, o método construtivo consistiu basicamente na execução de placas de reforço com 51 tirantes de reforço de barra  $\phi 38\text{mm}$  com carga de trabalho de 35,0tf e na avaliação de todos os 75 tirantes antigos ( $16\phi 8\text{mm}$ ). Os tirantes adicionais de reforço da cortina superior (tirantes de barra  $\phi 38\text{mm}$ ) foram definidos após a avaliação dos tirantes antigos.

A quantidade de tirantes de reforço em cada painel foi calculada para compensar a redução das cargas de trabalho (de 51,5tf para 38,6tf) realizadas nos tirantes de  $16\phi 8\text{mm}$  nos "testes de avaliação".

#### **4.3 Testes de Avaliação dos Tirantes Antigos**

Os resultados dos testes de avaliação dos 199 tirantes antigos - 27 ( $\phi 32\text{mm}$ ) + 40 ( $\phi 26\text{mm}$ ) + 132 ( $16\phi 8\text{mm}$ ) - são apresentados no XII COBRAMSEG - Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica em 2002 - "Reforço de uma cortina atirantada com aproveitamento dos tirantes existentes".

Nos testes de avaliação foram reprovados 39,7% dos tirantes antigos (79 tirantes), sendo que a maior reprovação dos tirantes antigos (64,6%) ocorreu na cortina superior.

De acordo com os dados acima, podemos concluir que essa estrutura de contenção não estaria segura se fosse adotado o projeto original que não considerava o reforço da cortina superior.

### **5. SITUAÇÃO DAS CORTINAS APÓS O REFORÇO DE 2001**

No total foram executados 315 tirantes de reforço ( $\phi 38\text{mm}$ ), sendo 74 na cortina superior e 241 na cortina inferior. Foram aproveitados 120 tirantes antigos, sendo 85 na cortina inferior e 35 na superior, conforme apresentado na Tabela 3.



As Figuras 3 e 4 do Anexo 1 apresentam a situação da cortina após o reforço de 2001 com as vistas frontais das três cortinas (superior de montante, superior de jusante e inferior) e uma seção transversal esquemática, respectivamente.

A Foto 11 do Anexo 1 apresenta uma vista das cortinas inferior e superior de jusante também após o reforço de 2001.

**Tabela 3** - Quantidade de tirantes após o reforço de 2001.

Cortinas	Painel	Tirantes antigos aproveitados	Tirantes reforço $\phi$ 38mm	Total de tirantes
INFERIOR	Aba I	4	1	5
	1	10	3	13
	2	21	8	29
	3 a 7	0	195	195
	8	18	16	34
	9	17	12	29
	10	7	4	11
	11	4	1	5
	Aba II	4	1	5
	<b>Sub-Total</b>	<b>85</b>	<b>241</b>	<b>326</b>
SUPERIOR	A	6	5	11
	B	8	10	18
	C	3	13	16
	D	7	18	25
	E	7	17	24
	F	4	11	15
	<b>Sub-Total</b>	<b>35</b>	<b>74</b>	<b>109</b>
<b>TOTAL</b>		<b>120</b>	<b>315</b>	<b>435</b>

## 6. AVALIAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO

A monitoração dessas cortinas é realizada por instrumentação de campo instalada composta, atualmente, por 8 células de carga, 3 piezômetros simples, 2 piezômetros duplos e 20 pinos de deslocamento.

A Figura 3 do Anexo 1 apresenta a localização das células de carga e dos pinos de deslocamento instalados nas cortinas.

Todos os gráficos mencionados neste item de avaliação da instrumentação são apresentados no Anexo 2 deste relatório. Os esquemas de instalação, as sondagens e a planta de locação dos piezômetros estão no Anexo 3.

## 6.1 Avaliação das Células de Carga

Atualmente existem 8 células de carga monitorando os esforços nas cortinas. As células de carga estão distribuídas conforme apresentado na Figura 3 do Anexo 1 e na Tabela 4 a seguir.

**Tabela 4 – Localização das células de carga.**

<b>Células de Carga</b>	<b>Painel / Tirante</b>	<b>Cortina</b>
CC05	D / 66A	Superior de Jusante
CC06	D / 67A	Superior de Jusante
CC07	9 / 923	Inferior
CC09	4 / 23	Inferior
CC10	D / 68A	Superior de Jusante
CC16	6 / 32	Inferior
CC17	9 / 913	Inferior
CC18	5 / 23	Inferior

As leituras são realizadas com a leitora do modelo ILT 300 e com a caixa comutadora CRF05.

No período de maio/2013 a dezembro/2013 não foram realizadas leituras nas células devido à manutenção na leitora. No ano de 2014, não foram realizadas leituras devido à compra de uma nova leitora (ILT 303).

As células de carga CC05 e CC06 instaladas em tirante  $\phi 32\text{mm}$  apresentam, desde o início do monitoramento em janeiro/2006, leituras negativas devido a um mau funcionamento. Já a célula de carga CC10 (em tirante  $\phi 32\text{mm}$ ), vem registrando perda de carga desde setembro/2006. Esta célula de carga apresenta desde maio/2009 uma carga negativa. Assim, estas 3 células de carga devem ser retiradas, recalibradas e reavaliadas.

As leituras das células de carga CC05, CC06 e CC10 são apresentadas no Gráfico 1 do Anexo 2.

As células de carga CC07 (tirante  $16\phi 8\text{mm}$ ), CC9, CC16 e CC18 (tirante  $\phi 38\text{mm}$ ) apresentam cargas inferiores à carga de incorporação dos tirantes (30,3tf para os tirantes  $\phi 38\text{mm}$  e 38,6tf para o tirante  $16\phi 8\text{mm}$ ). Verificou-se também uma pequena variação de carga ao longo do tempo.

A célula de carga CC09 também vinha apresentando cargas inferiores à carga de incorporação do tirante (30,3tf), porém em janeiro/2012 foi registrada uma carga de 35,7tf. Esse acréscimo na carga não foi confirmado nas leituras posteriores e, provavelmente, é devido a uma leitura errada.

Já a célula de carga CC17 (tirante  $16\phi 8\text{mm}$ ) apresenta um comportamento distinto, com uma tendência de crescimento de carga até janeiro/2010, seguida de uma estabilização da carga em torno de 64tf. Foi registrado um valor máximo de 66tf em janeiro/2010, aproximadamente 24% acima da carga de trabalho do tirante.

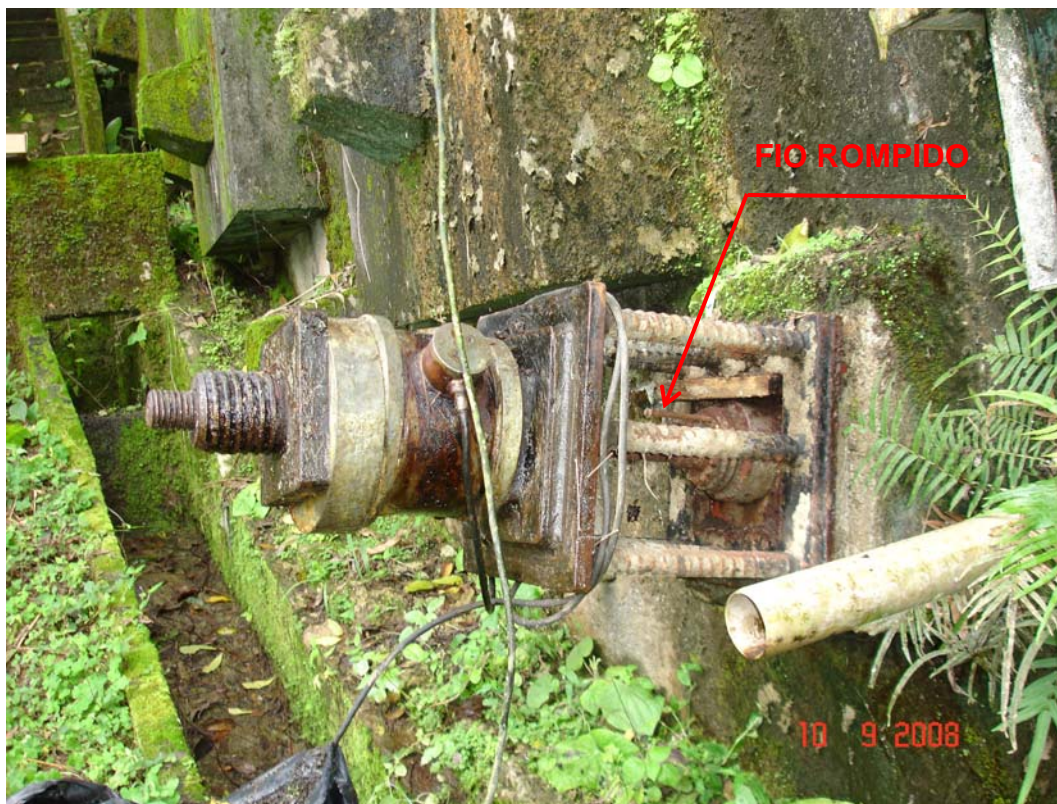
As leituras das células de carga CC07, CC09, CC16, CC17 e CC18 são apresentadas no Gráfico 2 do Anexo 2.

Em 10 de setembro de 2008, foi realizada uma vistoria em todos os painéis dessas cortinas pela GEC.T com apoio da GIA.A. Foram inspecionados todos os 8 tirantes nos quais estão instaladas as células de carga.

Em relação aos tirantes, verificou-se que o tirante 923 de 16 $\phi$ 8mm, localizado no painel 9 da cortina inferior, onde está instalada a CC07 apresenta 1 fio rompido (Foto A). Entretanto, observa-se pelo Gráfico 2 do Anexo 2 que suas leituras vêm se mantendo praticamente constantes. O tirante 913, 16 $\phi$ 8mm, também localizado no painel 9 da cortina inferior, onde se encontra instalada a CC17, apresenta-se intacto e suas leituras vem aumentando com o tempo, conforme mencionado anteriormente.

Observou-se na vistoria que a proteção de concreto do tirante D11 (tirante  $\phi$ 38mm), localizado no painel D da cortina superior de jusante, encontrava-se deslocada da parede. Dessa forma, a proteção de concreto foi quebrada e verificou-se que o tirante estava solto (Foto B).

De um modo geral, todas as cortinas do km 515,7 da BR-101, superior de jusante, superior de montante e inferior, apresentam-se em bom estado, sem evidência de trincas e movimentação relativa entre painéis.



**Foto A** - Tirante 923, 16 $\phi$ 8mm, painel 9 da cortina inferior com 1 fio rompido – CC07.





**Foto B** - Tirante D11,  $\phi$ 38mm, painel D da cortina superior de jusante, solto.

## 6.2 Avaliação dos Piezômetros

O monitoramento da variação do nível d'água das cortinas atirantadas do km 515,7 é realizado por 3 piezômetros simples e 2 piezômetros duplos. Estes instrumentos foram instalados em 1991, conforme relatório COPPETEC ET-150-445-01-A (Estudo e Projeto de Cortina Atirantada no km 130 da BR-101).

Nos Gráficos 3 e 4 do Anexo 2 são apresentadas as variações da posição do nível d'água registradas pelos piezômetros simples e duplos localizados próximo às cortinas atirantadas. A locação dos piezômetros é apresentada na planta do Anexo 3.

A Tabela 5 apresenta a profundidade média do nível d'água em relação ao nível do terreno e a máxima variação do nível d'água registrada em cada piezômetro após o reforço de 2001 (dezembro/2001) até dezembro/2014.

Analisando os registros de nível d'água apresentados na Tabela 5, observa-se que nos piezômetros S1-A S e S6-A o nível d'água encontra-se no interior da camada de aterro. O nível d'água registrado pelo piezômetro S5-A se encontra na camada de granito medianamente fraturado. Já os piezômetros S1-A I, S4-A I e S4-A S apresentam o nível d'água dentro da camada de solo residual de gnaiss.

O tubo do piezômetro S1-A I encontra-se obstruído desde maio/2006 e as leituras são realizadas até a profundidade livre de 12,6m. Portanto, o valor "seco" apresentado na Tabela 5 refere-se a essa profundidade.

O piezômetro S4-AS encontra-se seco desde abril/2009.

Devido a um reaterro realizado no local da instalação do piezômetro duplo S4-A (topo da cortina inferior), durante a obra de recuperação das cortinas, aumentou-se o comprimento deste piezômetro em cerca de 5m.

Neste relatório, o nível d'água dos piezômetros S4-A I e S4-A S está corrigido em relação ao novo nível do terreno.

**Tabela 5** – Profundidade do nível d'água máximo em relação ao nível do terreno e máxima variação do nível d'água.

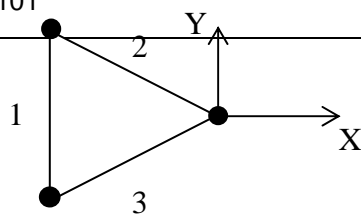
Piezômetro	Nível d'água máximo	Variação máxima do nível d'água	Observações
S1-A I	SECO		Obstruído desde maio/2006 (seco)
S1-A S	13,87m	4,88m	-
S2-A	8,62m	7,02m	Obstruído desde julho/2001 e seco de out/2002 a out/2011
S4-A I	19,09m	3,76m	-
S4-A S	17,27m	2,38m	Seco desde abril/2009
S5-A	6,03m	2,62m	-
S6-A	3,50m	7,63m	-

### 6.3 Avaliação dos Pinos de Deslocamento

Foram instalados 21 pinos de deslocamento nas cortinas atirantadas superior de montante e de jusante. Em novembro/2009 um veículo se chocou contra o guarda-corpo da cortina superior de jusante, danificando o pino 13. Portanto, atualmente, existem 20 pinos de deslocamento para monitoramento dos deslocamentos relativos entre os painéis destas cortinas.

Os pinos de deslocamento 1 a 15 (Gráficos 5 a 14 do Anexo 2) foram instalados nas juntas de construção dos painéis da cortina atirantada superior de jusante, enquanto os pinos 16 a 21 (Gráficos 15 a 18 do Anexo 2) foram instalados na cortina atirantada superior de montante.

Os deslocamentos de cada pino são obtidos a partir das equações das retas de regressão linear (do tipo  $y = mx + b$ ), obtidas através do método dos mínimos quadrados. Um esquema dos pinos de deslocamento é apresentado na Figura 1 a seguir.



**Figura 1** – Esquema dos pinos de deslocamento.

Na Tabela 6 a seguir, estão apresentados os deslocamentos relativos entre os painéis nas direções X e Y registrados por esses 21 pinos de deslocamento após o reforço de 2001 até novembro/2014. .

**Tabela 6** – Deslocamento relativo entre painéis após o reforço de 2001.

Painéis		Pinos	Deslocamento em X (mm)	Deslocamento em Y (mm)
CORTINA SUPERIOR DE JUSANTE	A – B	1	-1,94	0,00
		2	-2,91	0,19
		3	-2,42	-0,44
	B – C	4	-2,91	1,94
		5	-3,39	0,10
		6	-4,36	-1,94
	C – D	7	-2,91	3,39
		8	-2,42	0,97
		9	-0,97	2,42
	D – E	10	-3,39	0,48
		11	-2,91	0,19
		12	-1,94	-0,44
	E – F	13	-1,51	-2,11
		14	-2,42	0,97
		15	-0,29	0,97
CORTINA SUPERIOR DE MONTANTE	D – E	16	0,19	-0,97
		17	-0,97	-0,15
		18	0,19	-0,29
	C – D	19	-1,94	-0,19
		20	-2,91	0,97
		21	0,15	0,24

\* Valores referentes aos deslocamentos relativos para o mês de novembro/2009.

Os deslocamentos relativos medidos nestes pinos são considerados pequenos e não causam preocupação, não havendo qualquer indício visual de movimentação significativa entre painéis.

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As cortinas atirantadas do km 515,7 (antigo km 520) da BR-101 encontravam-se em condições bastante precárias antes da realização do reforço de 2001.

Com esse reforço, o fator de segurança global das estruturas de contenção foi restabelecido, reduzindo os riscos de interdição da BR-101 e os danos às instalações da CNAEA.

Apesar da existência de 1 fio rompido no tirante 923 (16 $\phi$ 8mm), localizado no painel 9 da cortina inferior e onde está instalada a CC07, e do tirante D11 ( $\phi$ 38mm), localizado no painel D da cortina superior de jusante, estar solto, o aspecto geral das cortinas é excelente, não apresentando quaisquer indícios de problemas, tais como fissuras e deslocamentos relativos entre painéis.

As leituras das células de carga, dos piezômetros e dos pinos de deslocamento realizadas após a intensa precipitação de janeiro/2010 (97mm em 8h) e de abril/2011 (414mm em 72h) não indicaram uma variação significativa na carga dos tirantes das cortinas atirantadas, sendo verificada uma ligeira redução na carga dos tirantes em 4 células de carga (CC7, CC9, CC16 e CC18).

Em relação aos piezômetros e pinos de deslocamento, também não foi observada uma elevação do nível d'água em nenhum dos piezômetros e acréscimo no deslocamento entre painéis, respectivamente.

No período de janeiro/2010 a dezembro/2014 não foram observadas variações significativas nas leituras da instrumentação instalada.

A monitoração dessas cortinas não deve ser interrompida e recomenda-se a reavaliação de todas as células de carga existentes face ao tempo de vida útil. Para tanto, elas deverão ser retiradas, recalibradas e reinstaladas caso comprovado suas condições de uso ou substituídas por novas células de carga.



## **FIGURAS**

**Figura 1** – Planta de localização das cortinas atirantadas do km 515,7

**Figuras 2 e 2A** – Perfil das superfícies de ruptura

**Figura 3** – Cortinas atirantadas superior de montante, de jusante e inferior

**Figura 4** – Seção transversal esquemática após o reforço de 2001

**Figura 5** – Sistema de drenagem

## **FOTOS**

**Foto 1** – Projeto original da cortina atirantada do km 515,7 da BR-101 (1977)

**Foto 2** – Deslizamento de janeiro/1979, visto do Canal 5

**Foto 3** – Deslizamento de janeiro/1979, visto da BR-101

**Foto 4** – Deslizamento de janeiro/1979, visto da estrada de emergência

**Foto 5** – Sistema de drenagem executado em fevereiro/1985

**Foto 6** – Ruptura do painel 6 da cortina inferior (fevereiro/1988)

**Foto 7** – Detalhe dos tirantes de reforço da cortina superior de jusante e as caixas de proteção das células de carga (1992)

**Foto 8** – Execução do reforço da cortina inferior (julho/2001)

**Foto 9** – Execução do reforço da cortina inferior (julho/2001)

**Foto 10** - Execução do reforço da cortina inferior (julho/2001)

**Foto 11** – Vista das cortinas inferior e superior de jusante após reforço de 2001

**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 BR-101**

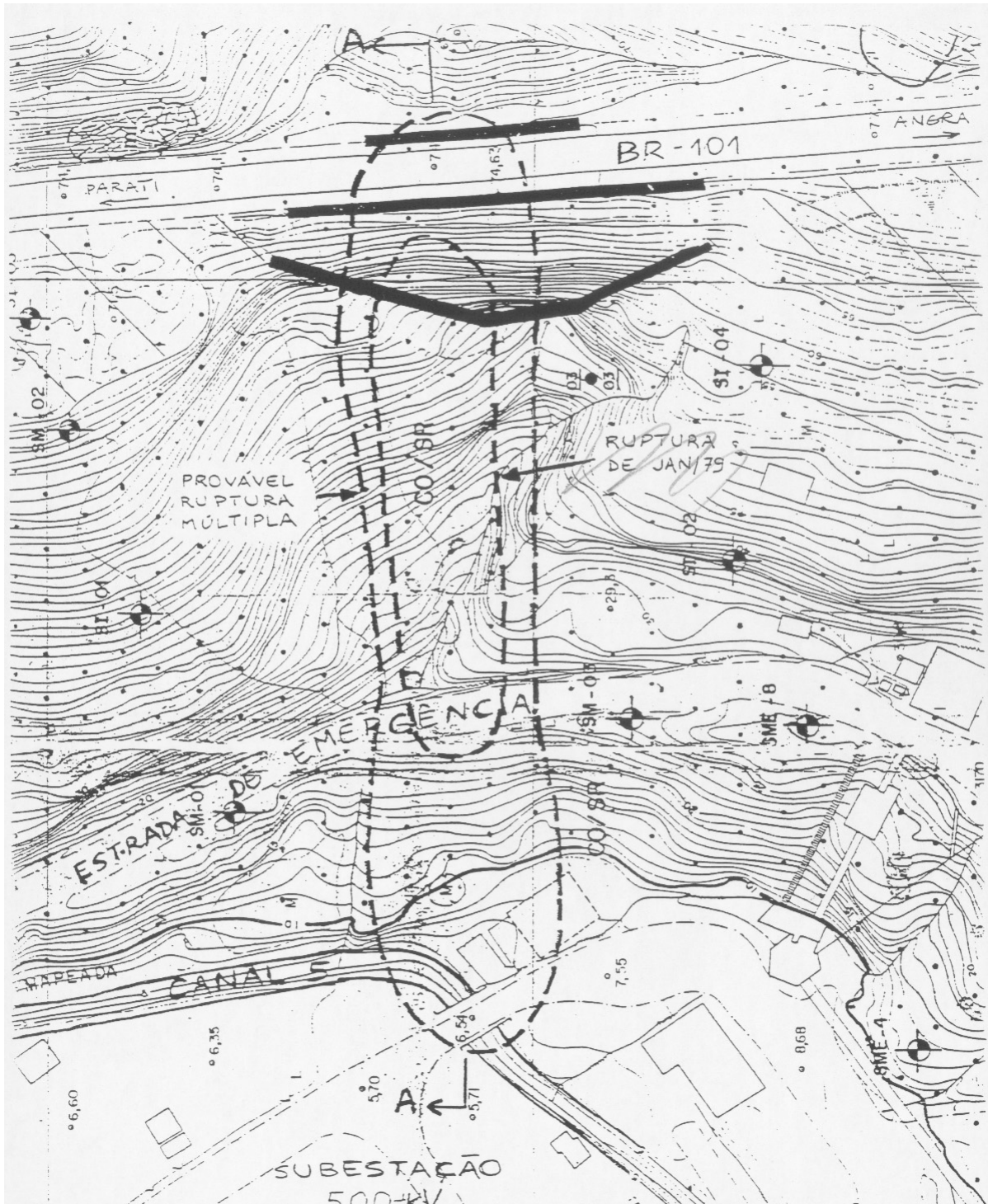
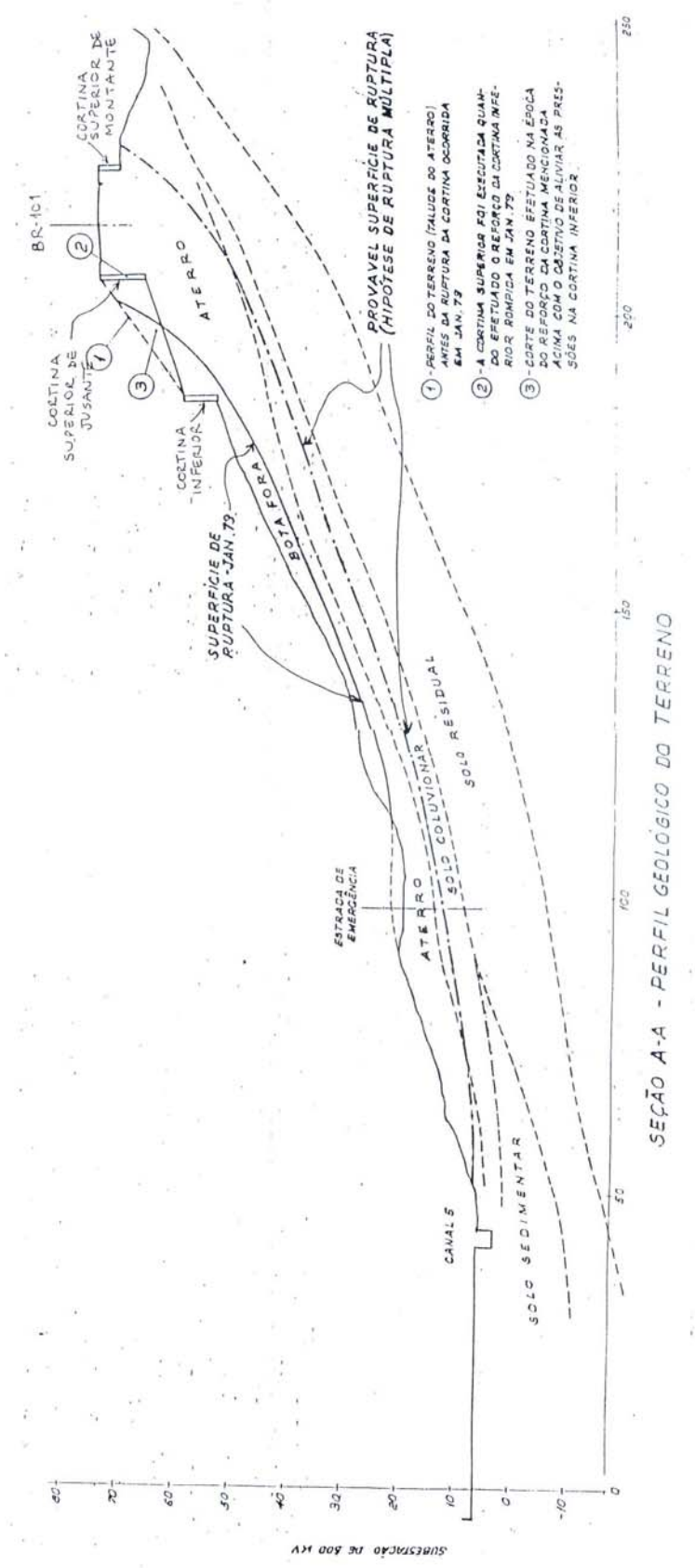


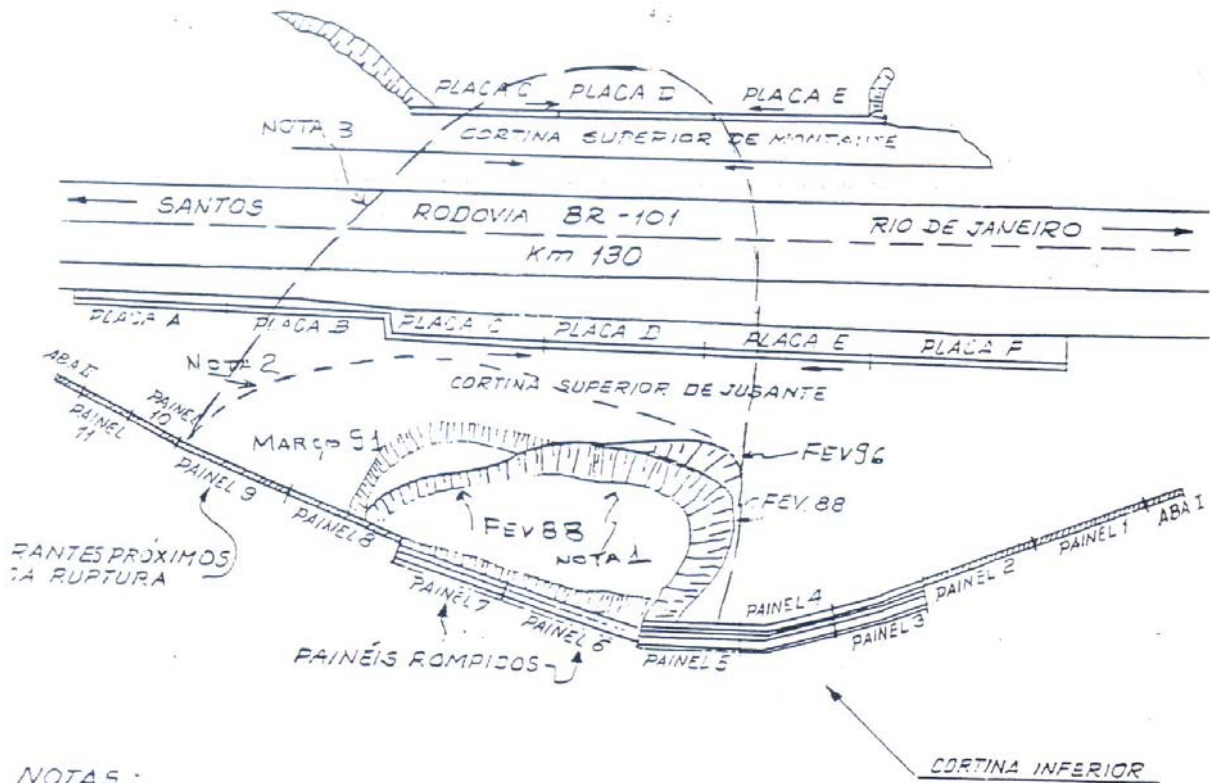
Figura 1 – Planta de localização das Cortinas Atirantadas do km 515,7.

**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 BR-101**



**Figura 2 – Perfil das Superfícies de Ruptura.**

**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 BR-101**



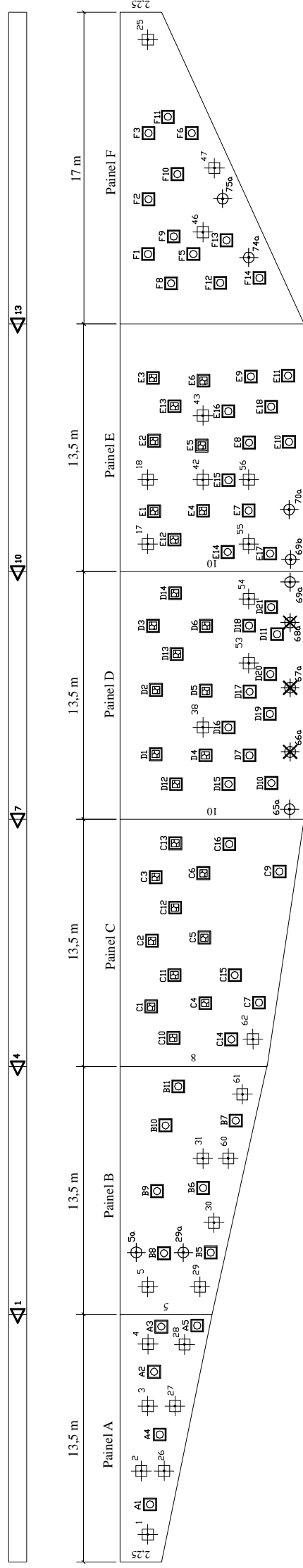
NOTAS:

- 1.- OS LIMITES DAS SUPERFÍCIES DE RUPTURA, OCORRIDOS EM ÉPOCAS DIFERENTES, FORAM DETERMINADOS POR LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS
- 2.- LIMITE DA PROVAVEL SUPERFÍCIE DE RUPTURA PARA A HIPÓTESE DE ROMPIMENTO DOS PAINÉIS 8 E 9 DA CORTINA INFERIOR.
- 3.- LIMITE DA PROVAVEL SUPERFÍCIE DE RUPTURA MÚLTIPLA.

**Figura 2A – Superfícies de Ruptura.**



# VISTA FRONTAL - CORTINA SUPERIOR DE JUSANTE DO KM 515.7

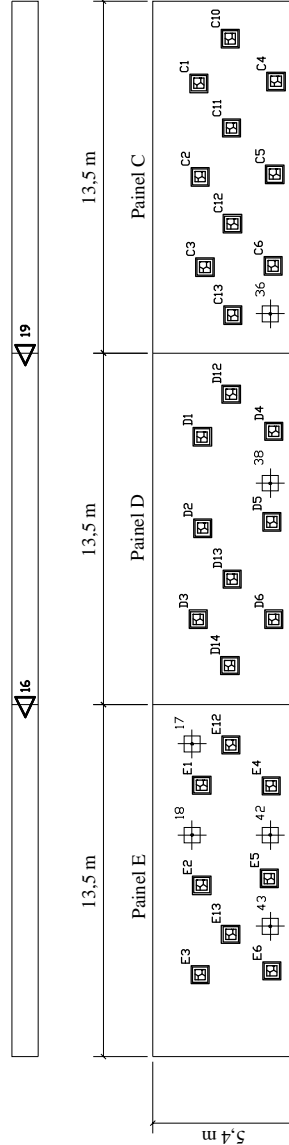


## LEGENDA

- ✕ Cábula de carga
- ▽ Pinos de deslocamento
- ⊕ Tirante de fio existente 16 Ø 8 mm.
- ⊕ Tirante de barra (Rosca Grossa) Ø 26,5 mm.
- ⊕ Tirante de barra (Tipo Dywidag) Ø 32 mm.
- ⊕ Tirante de barras Ø 38 mm, ativo, com bulbo de ancoragem.
- ⊕ Tirante de barras Ø 38 mm, passivo, com aparelho de ancoragem nas duas extremidades.

OBS: AS duas primeiras fileiras de tirantes dos painéis C, D e E da cortina superior de jusante e todos os tirantes da cortina superior de montante correspondem a tirantes passivos, com aparelho de ancoragem nas duas extremidades. Já o restante corresponde a tirantes ativos, com bulbo de ancoragem.

# VISTA FRONTAL - CORTINA SUPERIOR DE MONTANTE DO KM 515.7



# CORTINA INFERIOR DO KM 515.7

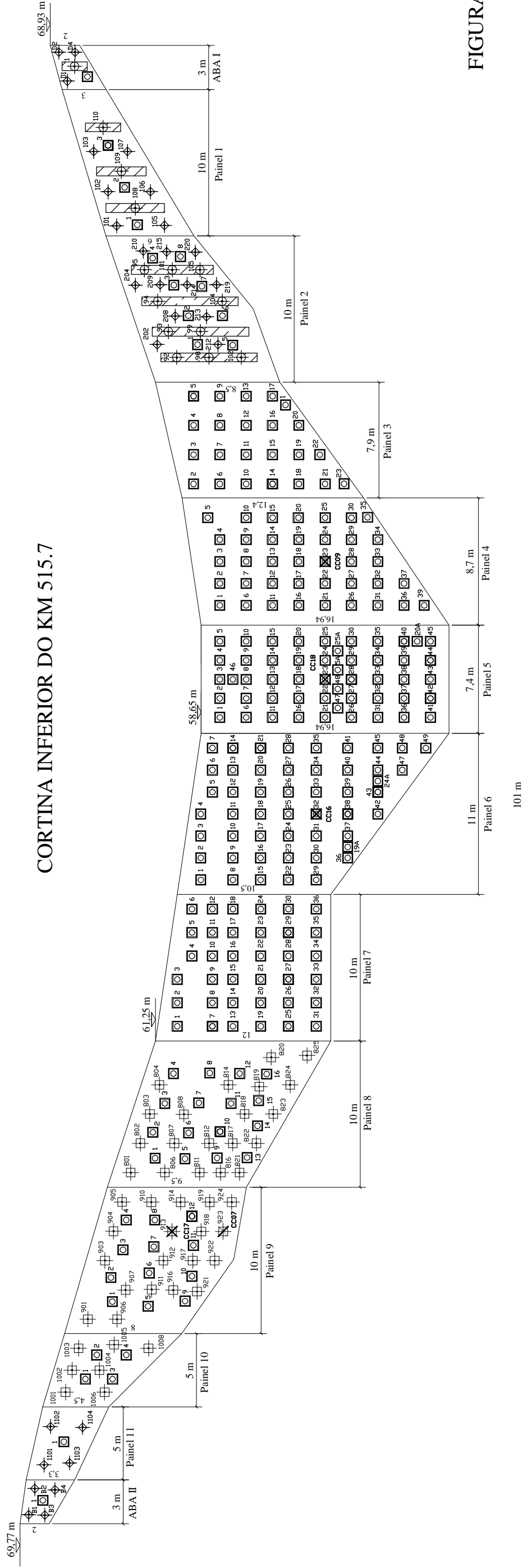


FIGURA 3

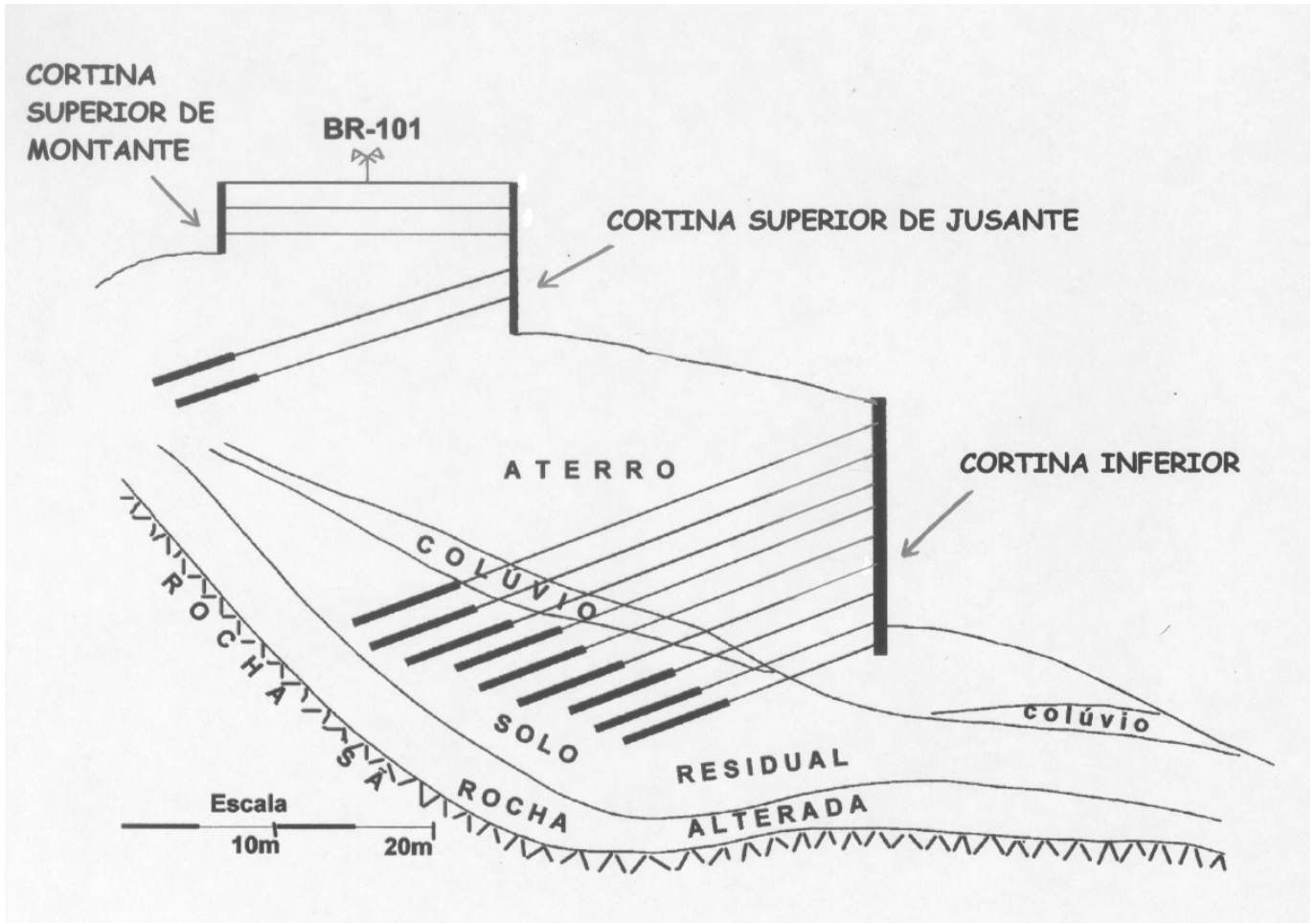


Figura 4 – Seção Transversal Esquemática.

RELATÓRIO  
MONITORAÇÃO DAS CORTINAS  
ATIRANTADAS DO km 515,7 BR-101

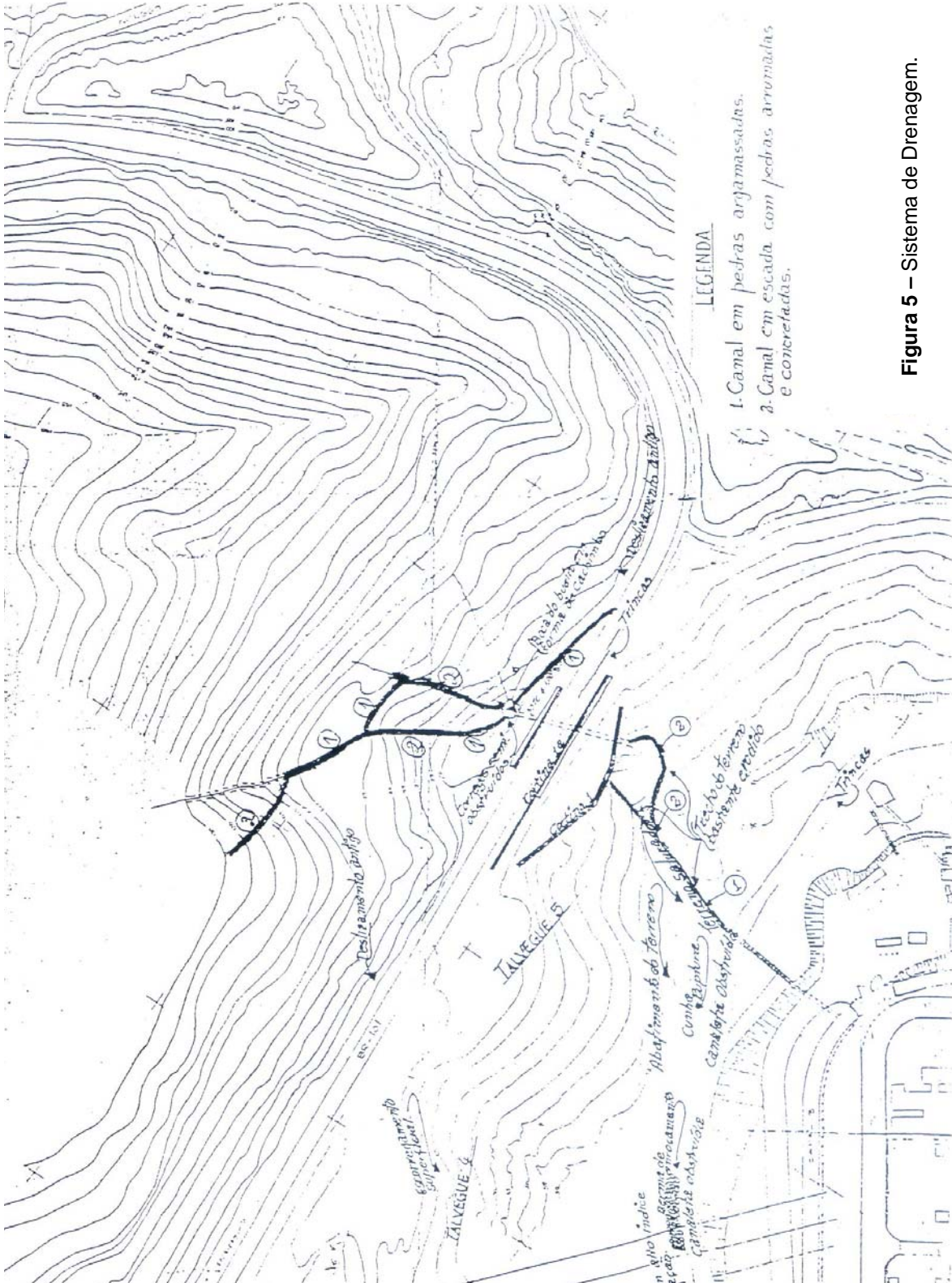


Figura 5 – Sistema de Drenagem.





**Foto 1** - Projeto original da cortina atirantada do km 515,7 da BR-101 (1977).



**Foto 2** - Foto tirada próximo ao Canal 5, após o deslizamento de janeiro/1979, observa-se que o corpo estradal possuía um talude que atingia o topo da cortina.



**Foto 3** - Foto tirada da BR-101 após o deslizamento de janeiro/1979, o volume de solo rompido obstruiu a estrada de emergência (no dia que a foto foi tirada já estava desobstruída).





**Foto 4** - Foto tirada da estrada de emergência após o deslizamento de janeiro/1979, a massa de solo escorregada é proveniente somente da ruptura do talude do aterro, não tendo atingido o corpo estradal. No caso da ruptura global, a massa de solo escorregada será muito maior do que a apresentada nesta foto, uma vez que o corpo estradal estará incluído (como pode ser observado nas Figuras 1 e 2).



**Foto 5** - Sistema de drenagem executado após os desmoronamentos superficiais dos taludes à montante da BR-101, ocorridos em consequência das chuvas intensas de fevereiro /1985.





**Foto 6** - Painel 6 da cortina inferior rompido em fevereiro/1988.

**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 BR-101**



**Foto 7** - Detalhe dos tirantes de barra executados para reforço da cortina superior de jusante, e as caixas de proteção das células de carga instaladas (1992).



**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 BR-101**



**Foto 8** - Execução do reforço da cortina inferior (julho/2001), apresentando os novos tirantes instalados sobre placas de concreto armado quadradas para suportar o esforço de punção.





**Foto 9** -Início das obras de reforço (julho/2001) mostrando os tirantes de reforço já instalados e os painéis rompidos.





**Foto 10** - Início das obras de reforço (julho/2001) mostrando os tirantes de reforço já instalados e os painéis rompidos.





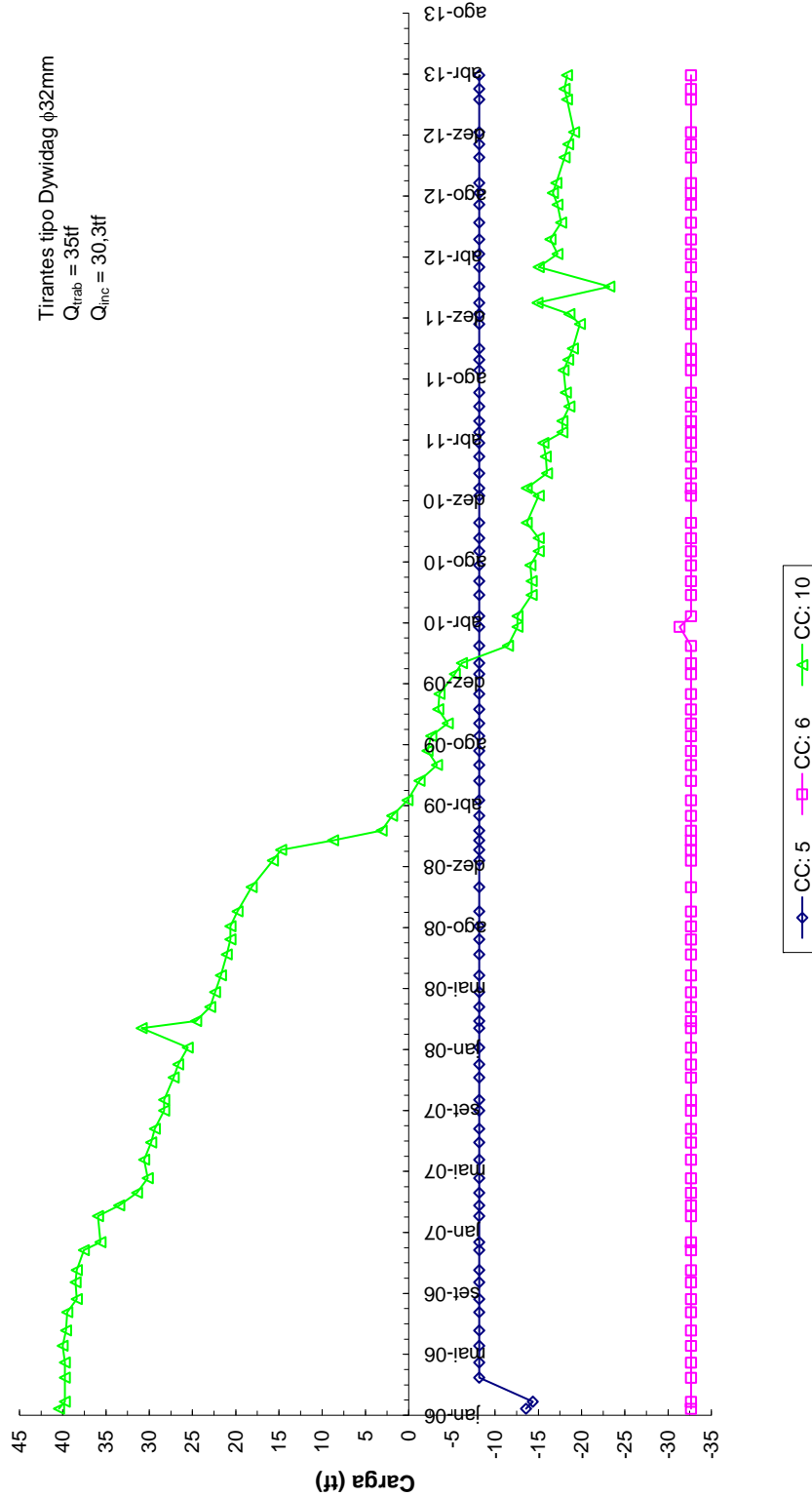
**Foto 11** - Vista das cortinas inferior e superior de jusante após o reforço de 2001.

**INSTRUMENTAÇÃO DE CAMPO**

- Gráfico 1-** Células de Carga – Cortina Superior Jusante – Leitora ILT-300 e CRF05
- Gráfico 2-** Células de Carga – Cortina Inferior – Leitora ILT-300 e CRF05
- Gráfico 3-** Piezômetros Simples do km 515,7
- Gráfico 4-** Piezômetros Duplos do km 515,7
- Gráfico 5-** Pinos de Deslocamento em X (P1 a P3)
- Gráfico 6-** Pinos de Deslocamento em Y (P1 a P3)
- Gráfico 7-** Pinos de Deslocamento em X (P4 a P6)
- Gráfico 8-** Pinos de Deslocamento em Y (P4 a P6)
- Gráfico 9-** Pinos de Deslocamento em X (P7 a P9)
- Gráfico 10-** Pinos de Deslocamento em Y (P7 a P9)
- Gráfico 11-** Pinos de Deslocamento em X (P10 a P12)
- Gráfico 12-** Pinos de Deslocamento em Y (P10 a P12)
- Gráfico 13-** Pinos de Deslocamento em X (P13 a P15)
- Gráfico 14-** Pinos de Deslocamento em Y (P13 a P15)
- Gráfico 15 -** Pinos de Deslocamento em X (P16 a P18)
- Gráfico 16-** Pinos de Deslocamento em Y (P16 a P18)
- Gráfico 17-** Pinos de Deslocamento em X (P19 a P21)
- Gráfico 18-** Pinos de Deslocamento em Y (P19 a P21)

**RELATÓRIO  
MONITORAÇÃO DAS CORTINAS  
ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 1 - Células de Carga nos Tirantes da Cortina Superior**  
Leitora ILT 300 Nova e CRF05  
Período: Jan/2006 a Abr/2013

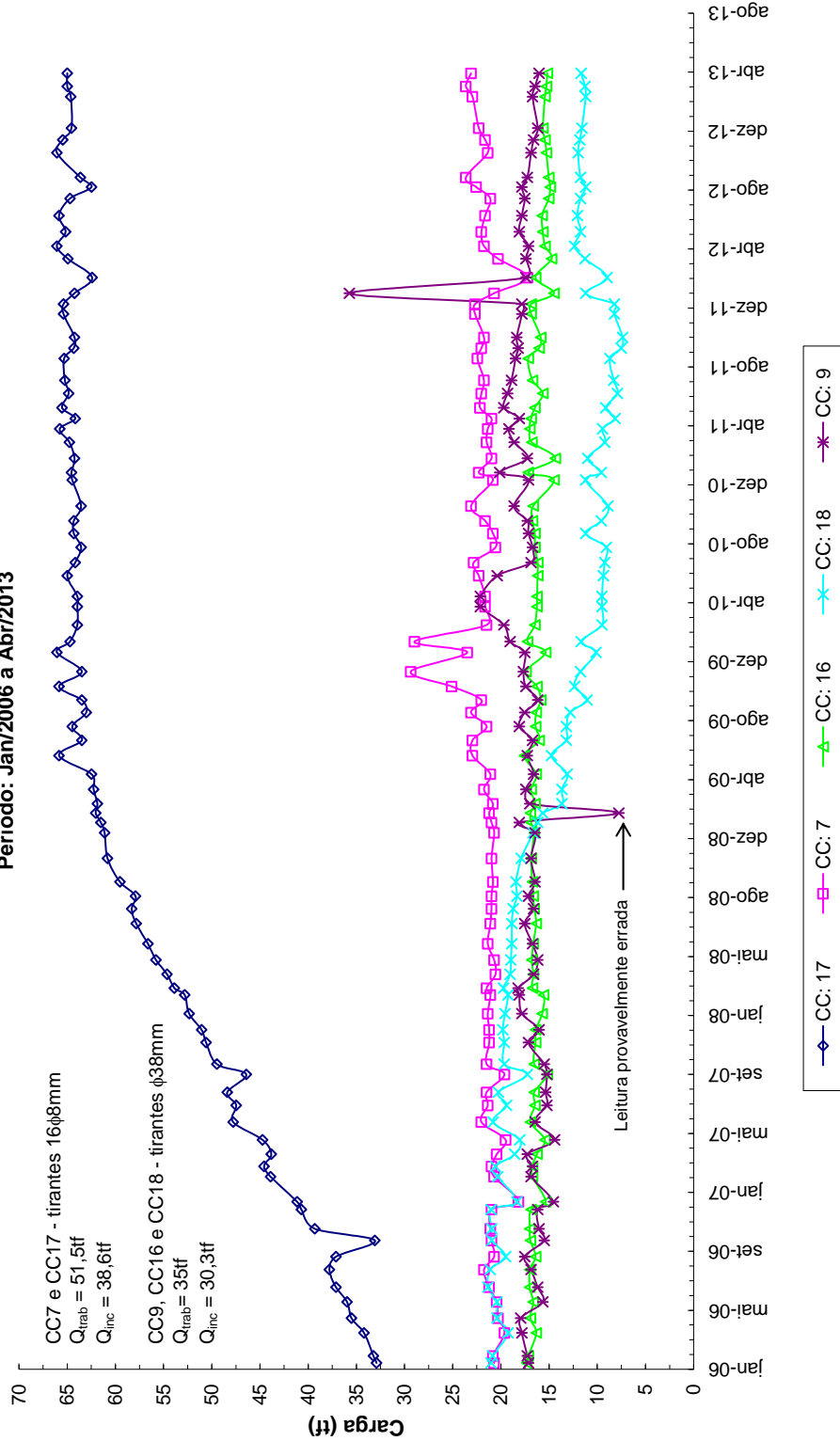


**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 2 - Células de Carga nos Tirantes da Cortina Inferior**

Leitora ILT 300 Nova e CRF05

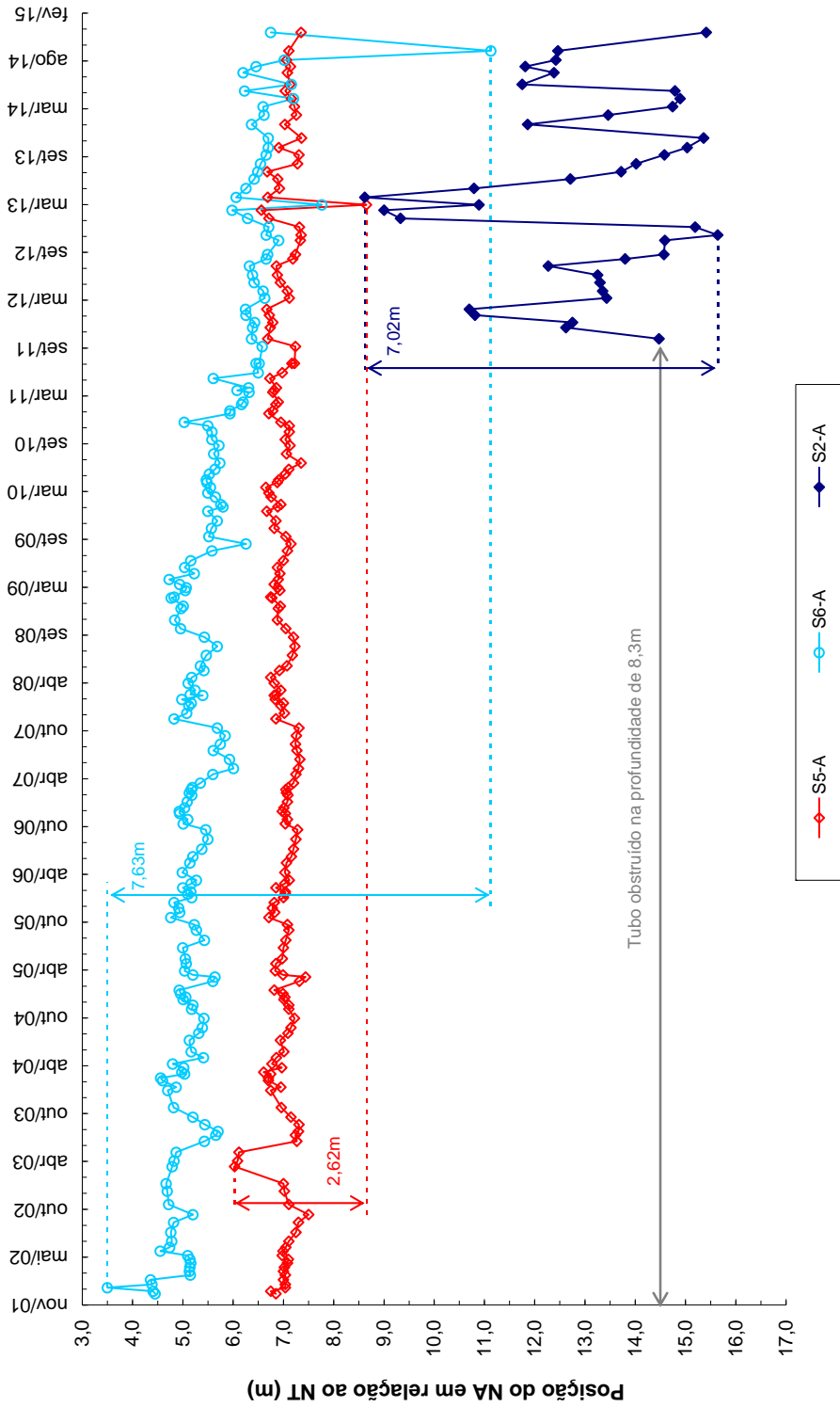
Período: Jan/2006 a Abr/2013





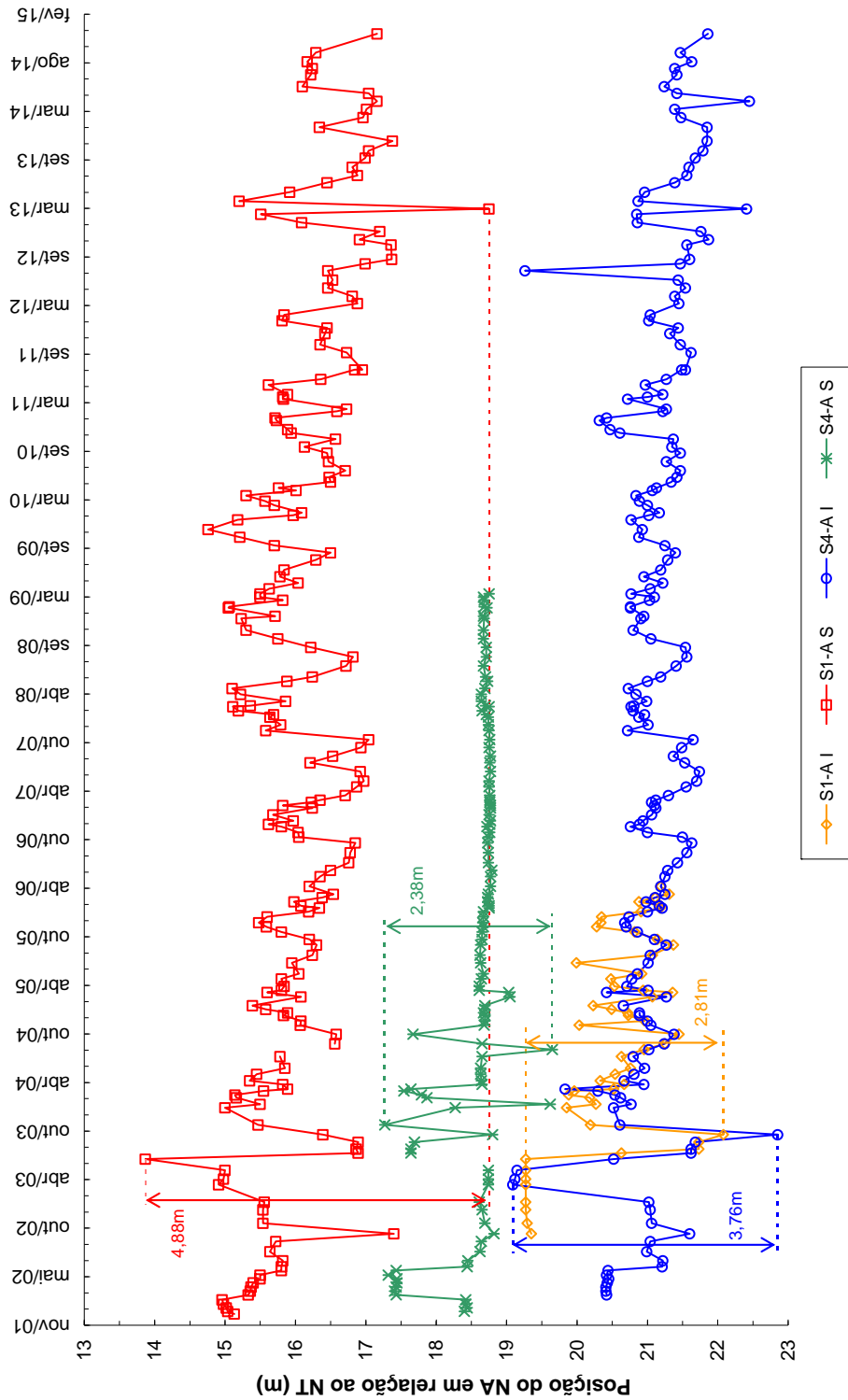
**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 3 - PIEZÔMETROS SIMPLES DO km 515,7**



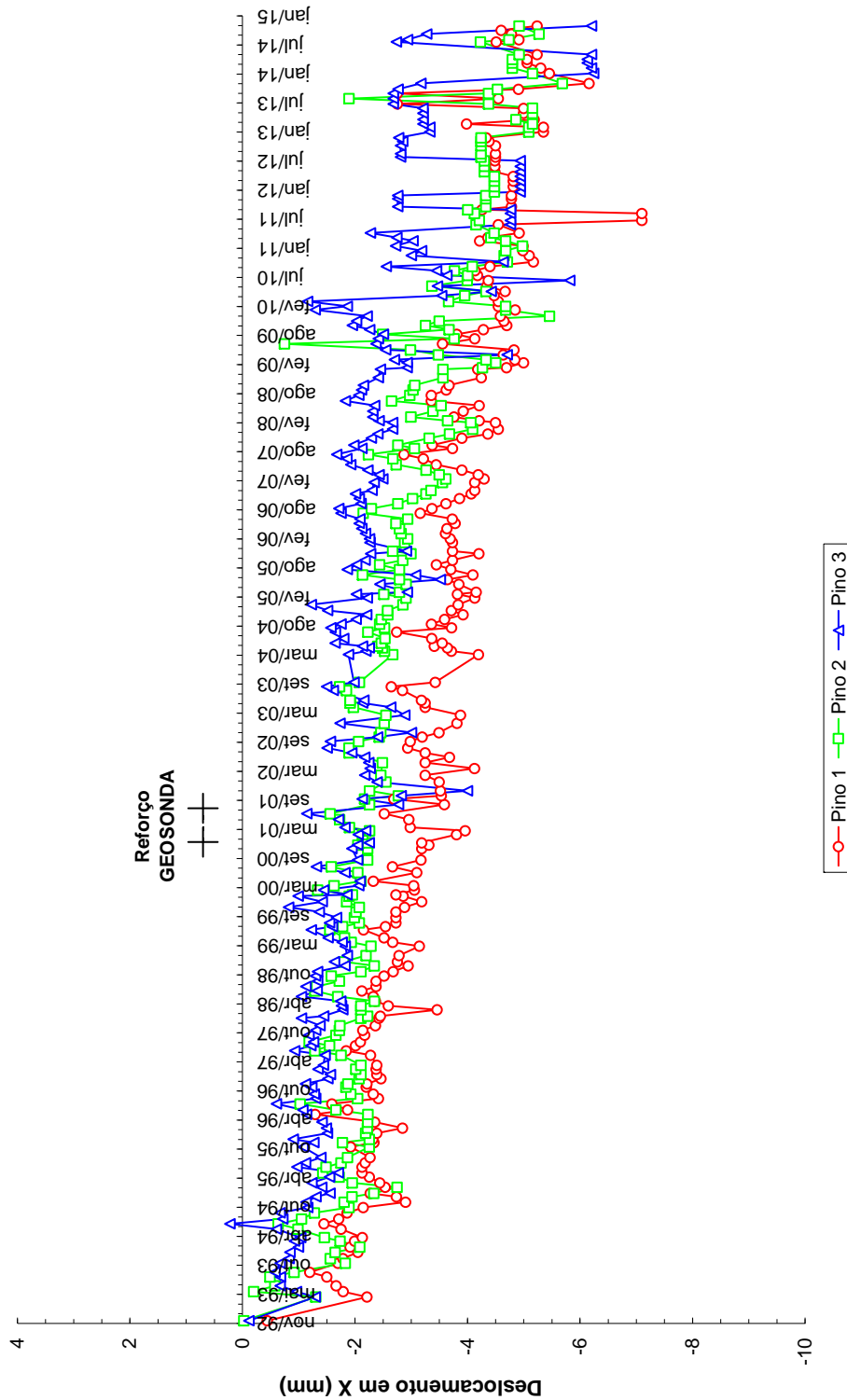
**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 4 - PIEZÔMETROS DUPLOS DO km 515.7**



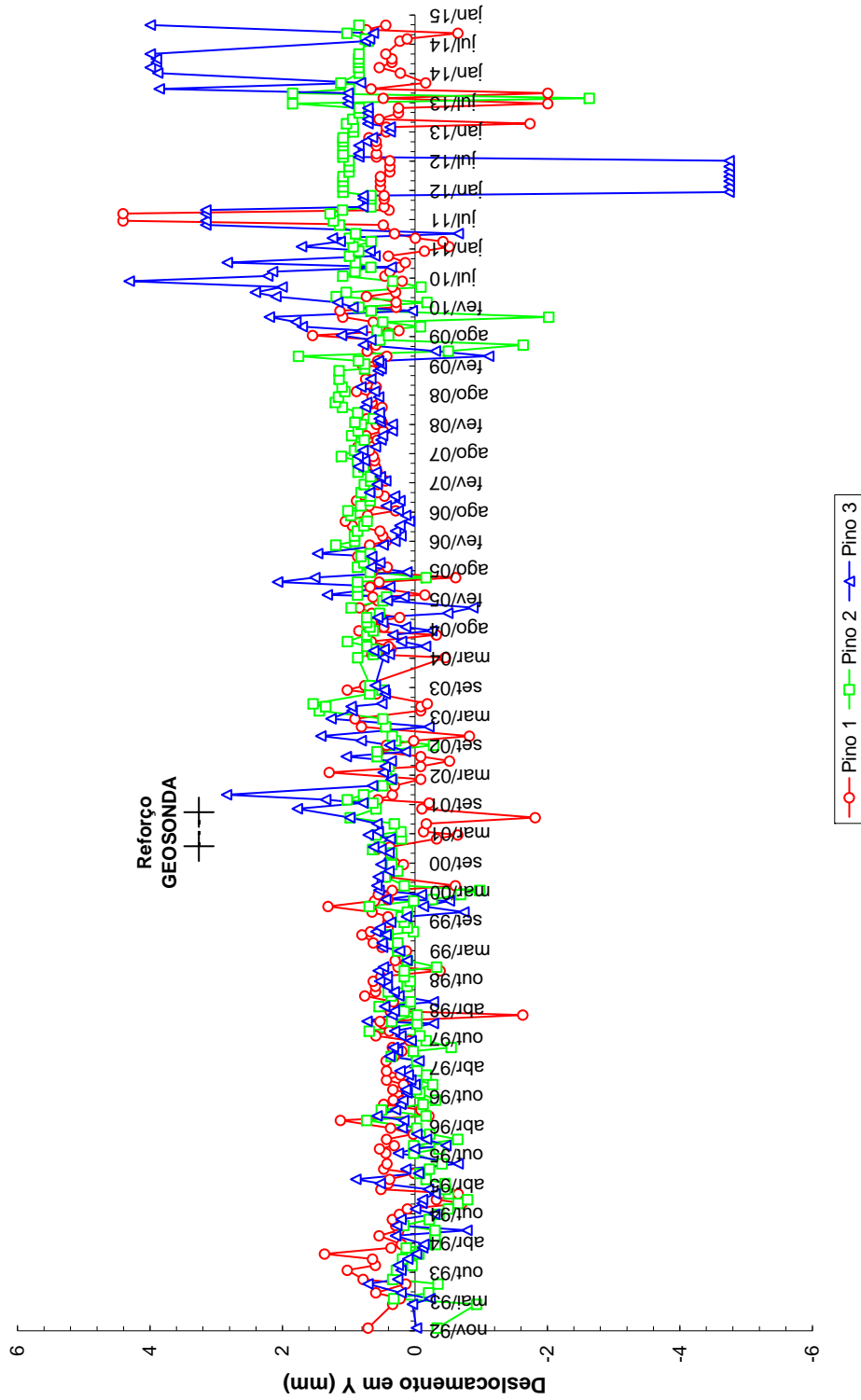
**RELATÓRIO  
MONITORAÇÃO DAS CORTINAS  
ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 5 - CORTINA SUPERIOR DE JUSANTE  
PINOS DE DESLOCAMENTO 1, 2 e 3  
Eixo X - Painéis A e B**



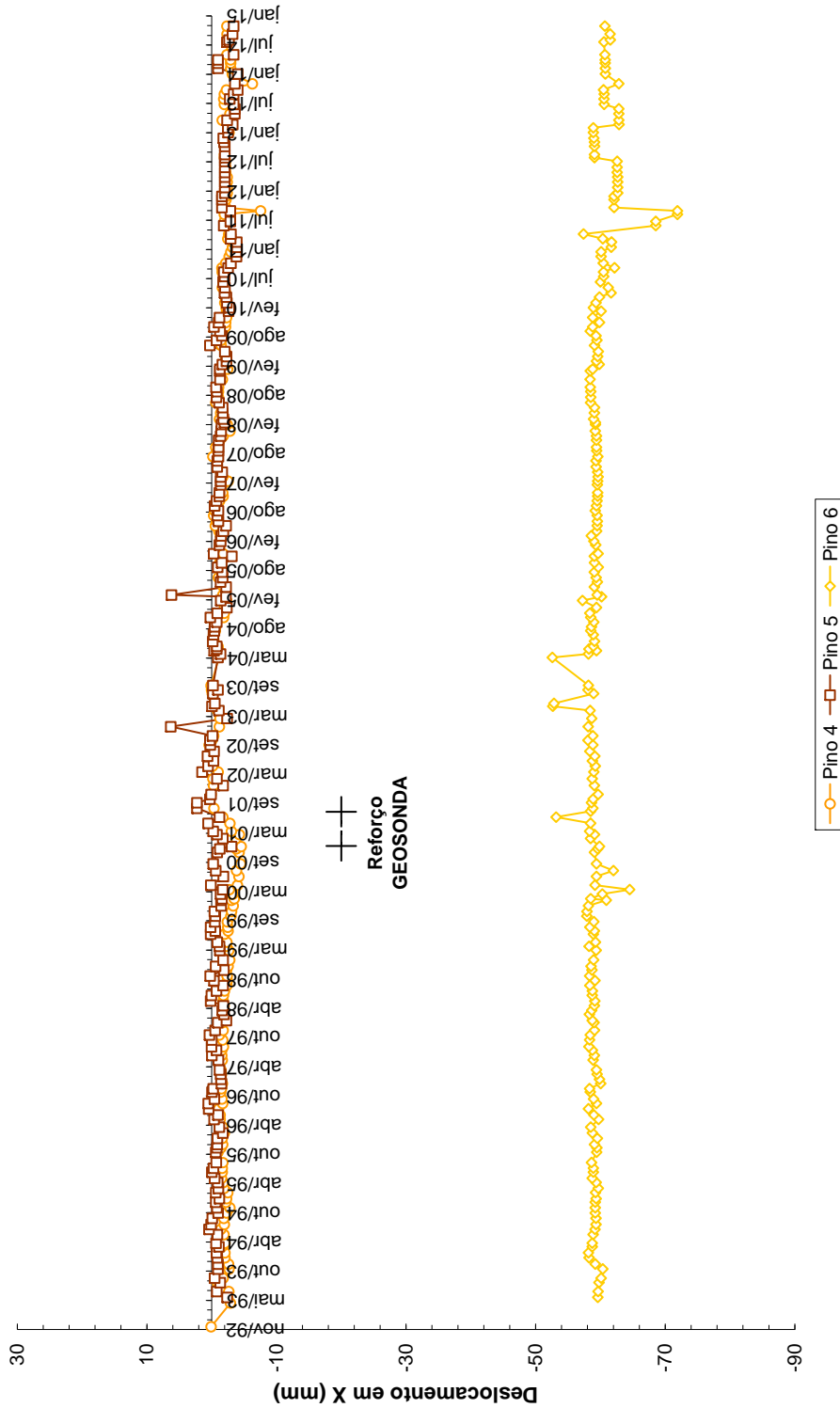
RELATÓRIO  
MONITORAÇÃO DAS CORTINAS  
ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101

Gráfico 6 - CORTINA SUPERIOR DE JUSANTE  
PINOS DE DESLOCAMENTO 1, 2 e 3  
Eixo Y - Painéis A e B



**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 7 - CORTINA SUPERIOR DE JUSANTE**  
**PINOS DE DESLOCAMENTO 4, 5 e 6**  
**Eixo X - Painéis B e C**



**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

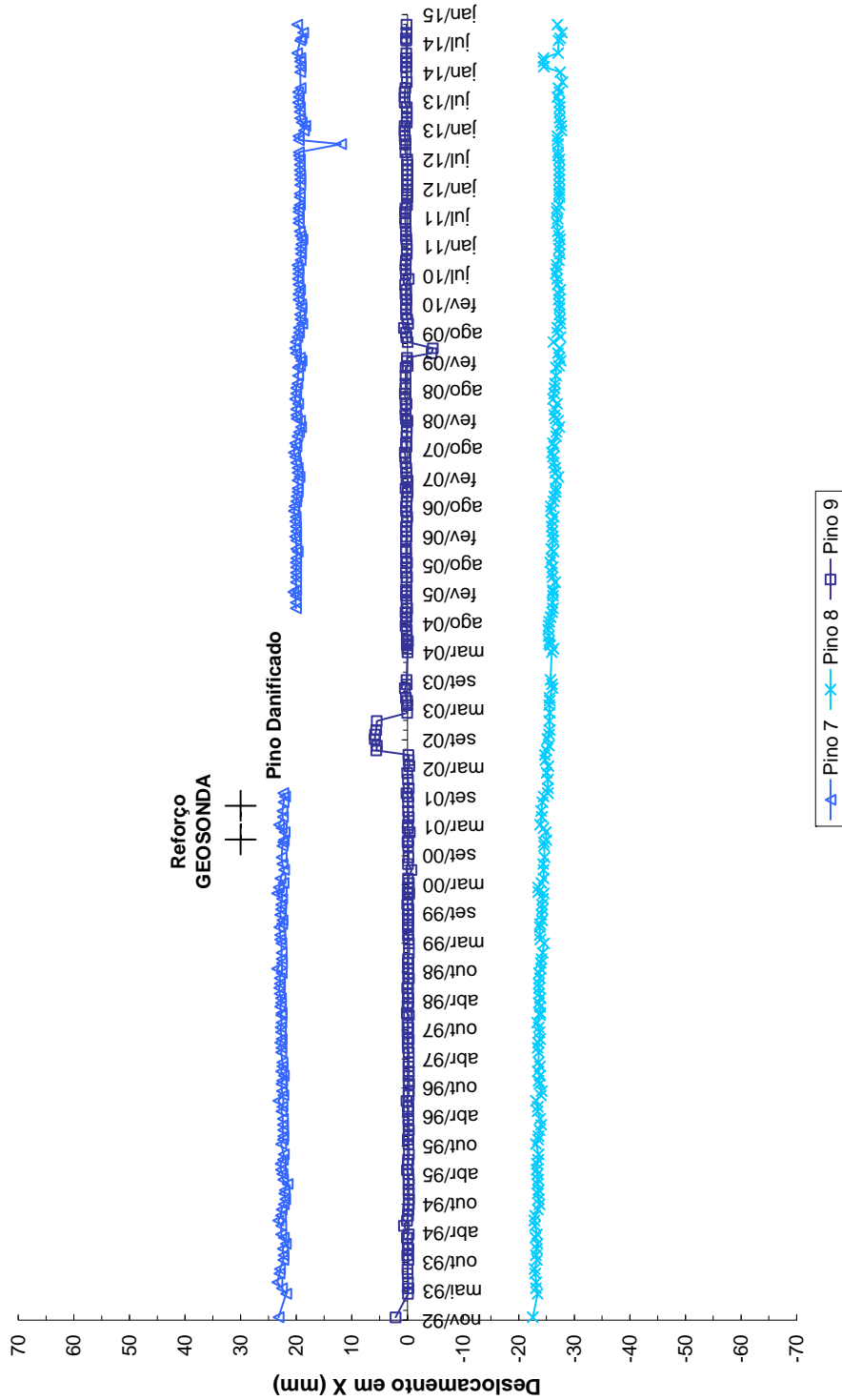
**Gráfico 8 - CORTINA SUPERIOR DE JUSANTE**  
**PINOS DE DESLOCAMENTO 4, 5 e 6**  
**Eixo Y - Painéis B e C**





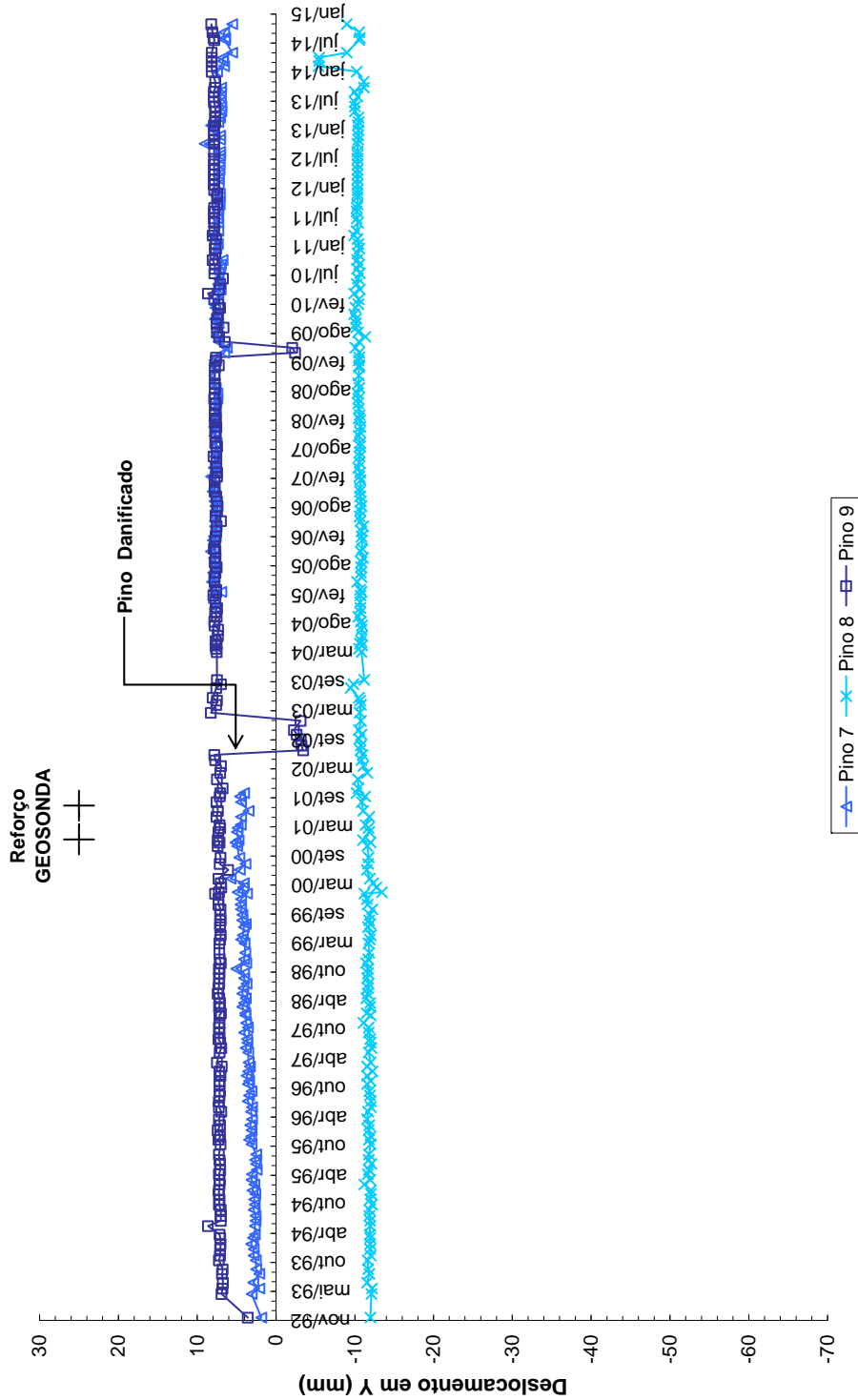
**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 9 - CORTINA SUPERIOR DE JUSANTE**  
**PINOS DE DESLOCAMENTO 7, 8 e 9**  
**Eixo X - Painéis C e D**



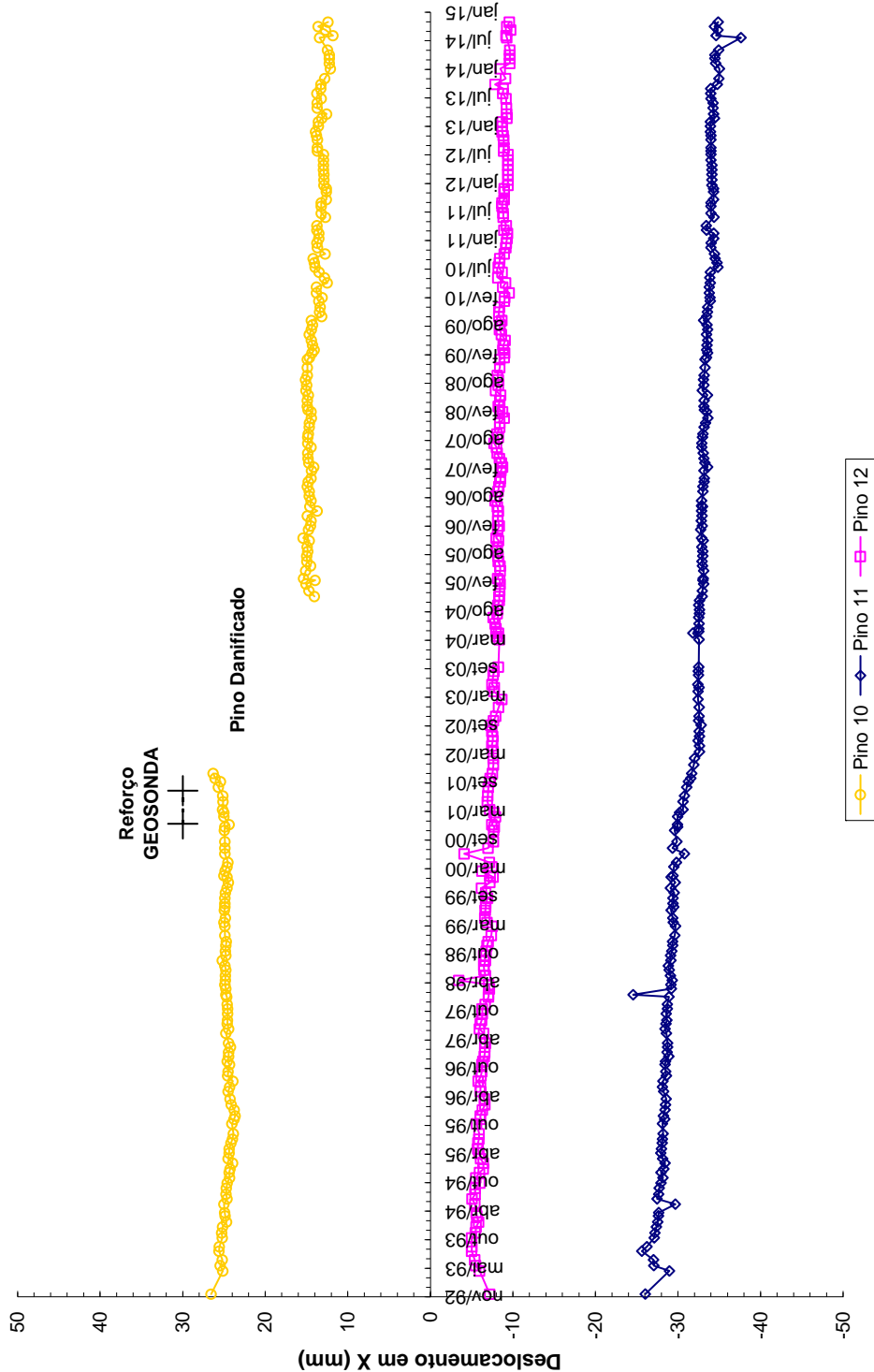
**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 10 - CORTINA SUPERIOR DE JUSANTE**  
**PINOS DE DESLOCAMENTO 7, 8 e 9**  
 Eixo Y - Painéis C e D



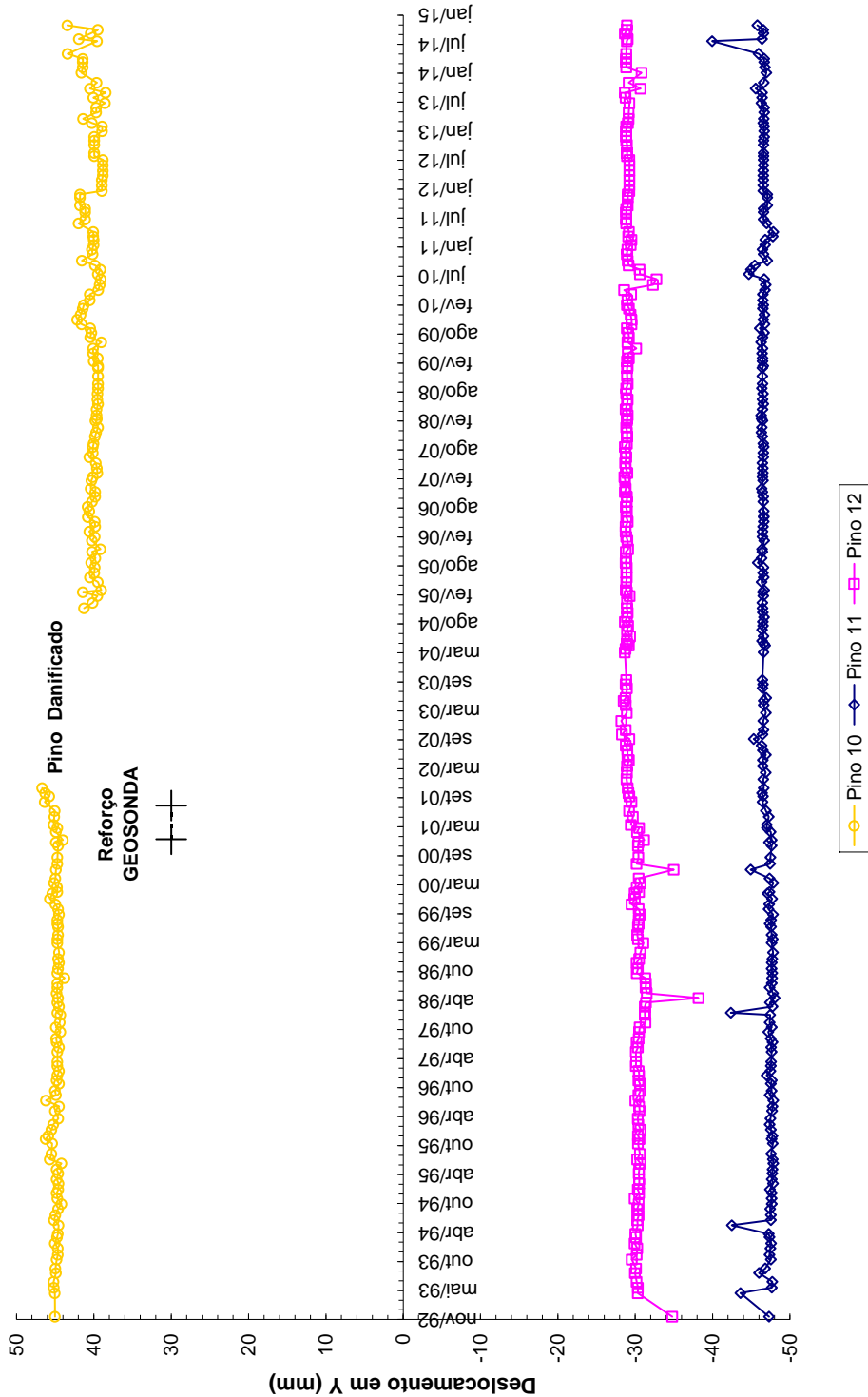
**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 11 - CORTINA SUPERIOR DE JUSANTE**  
**PINOS DE DESLOCAMENTO 10, 11 e 12**  
**Eixo X - Painéis D e E**



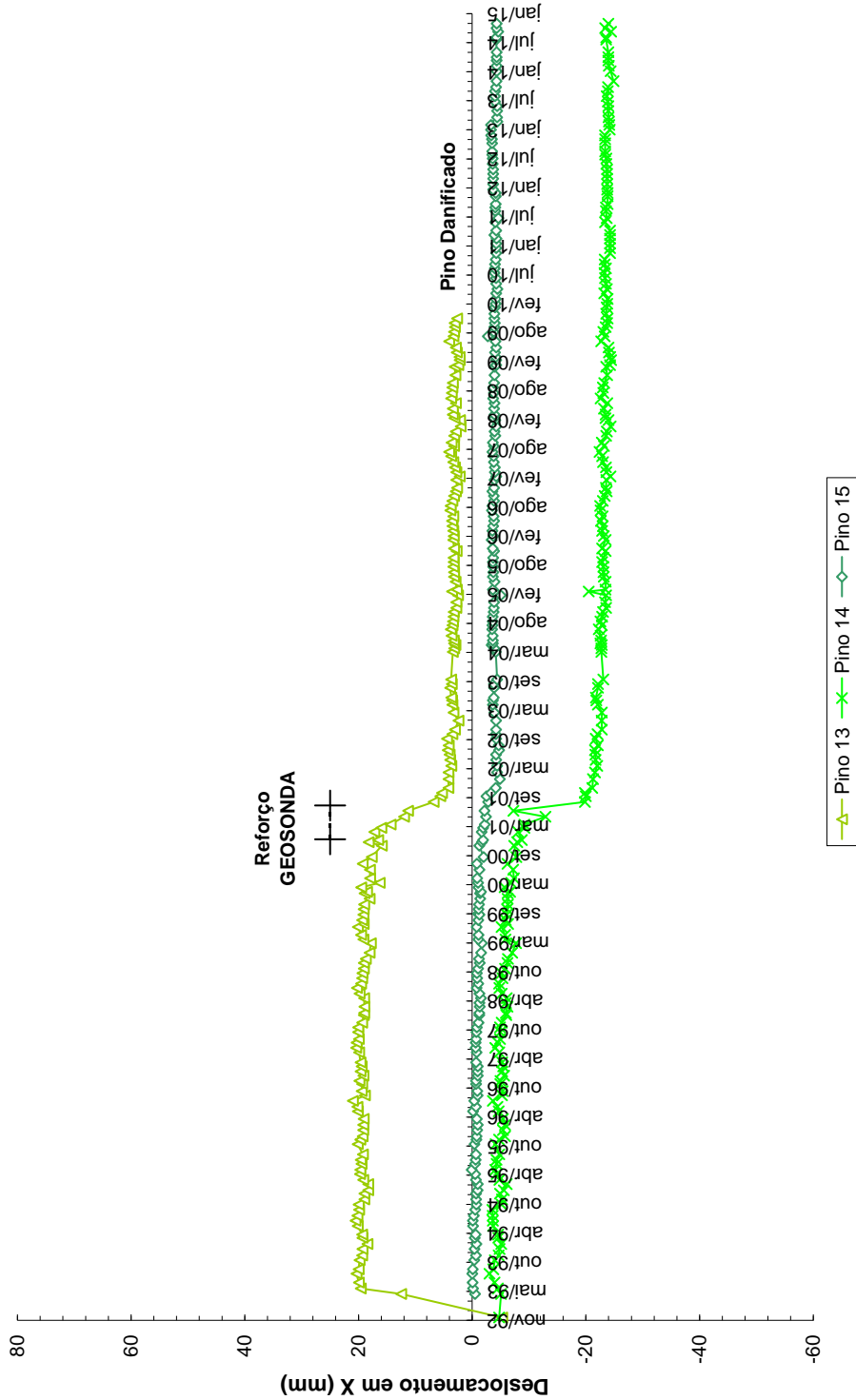
**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 12 - CORTINA SUPERIOR DE JUSANTE**  
**PINOS DE DESLOCAMENTO 10, 11 e 12**  
**Eixo Y - Painéis D e E**



**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

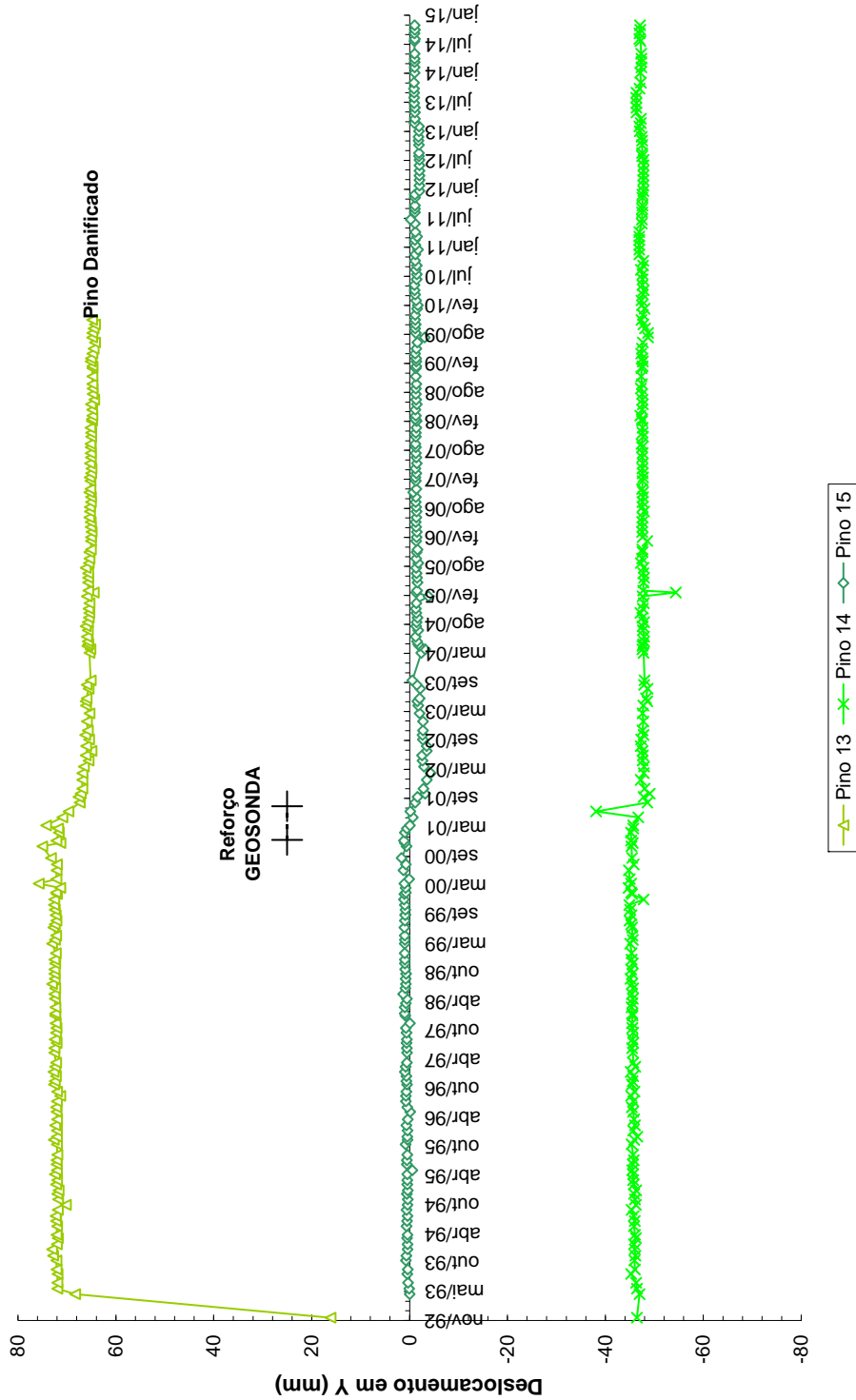
**Gráfico 13 - CORTINA SUPERIOR DE JUSANTE**  
**PINOS DE DESLOCAMENTO 13, 14 e 15**  
**Eixo X - Painéis E e F**





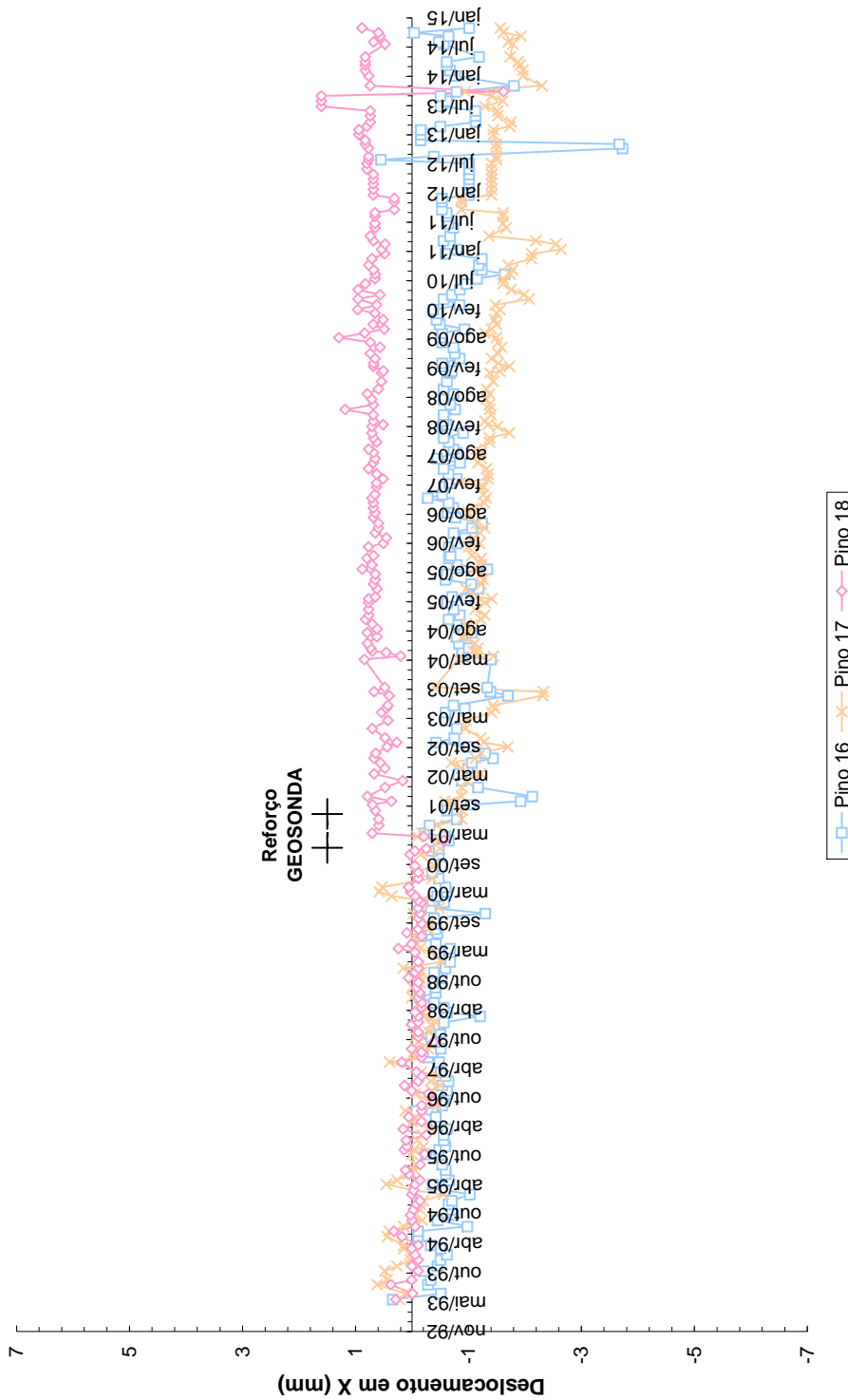
**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 14 - CORTINA SUPERIOR DE JUSANTE**  
**PINOS DE DESLOCAMENTO 13, 14 e 15**  
**Eixo Y - Painéis E e F**



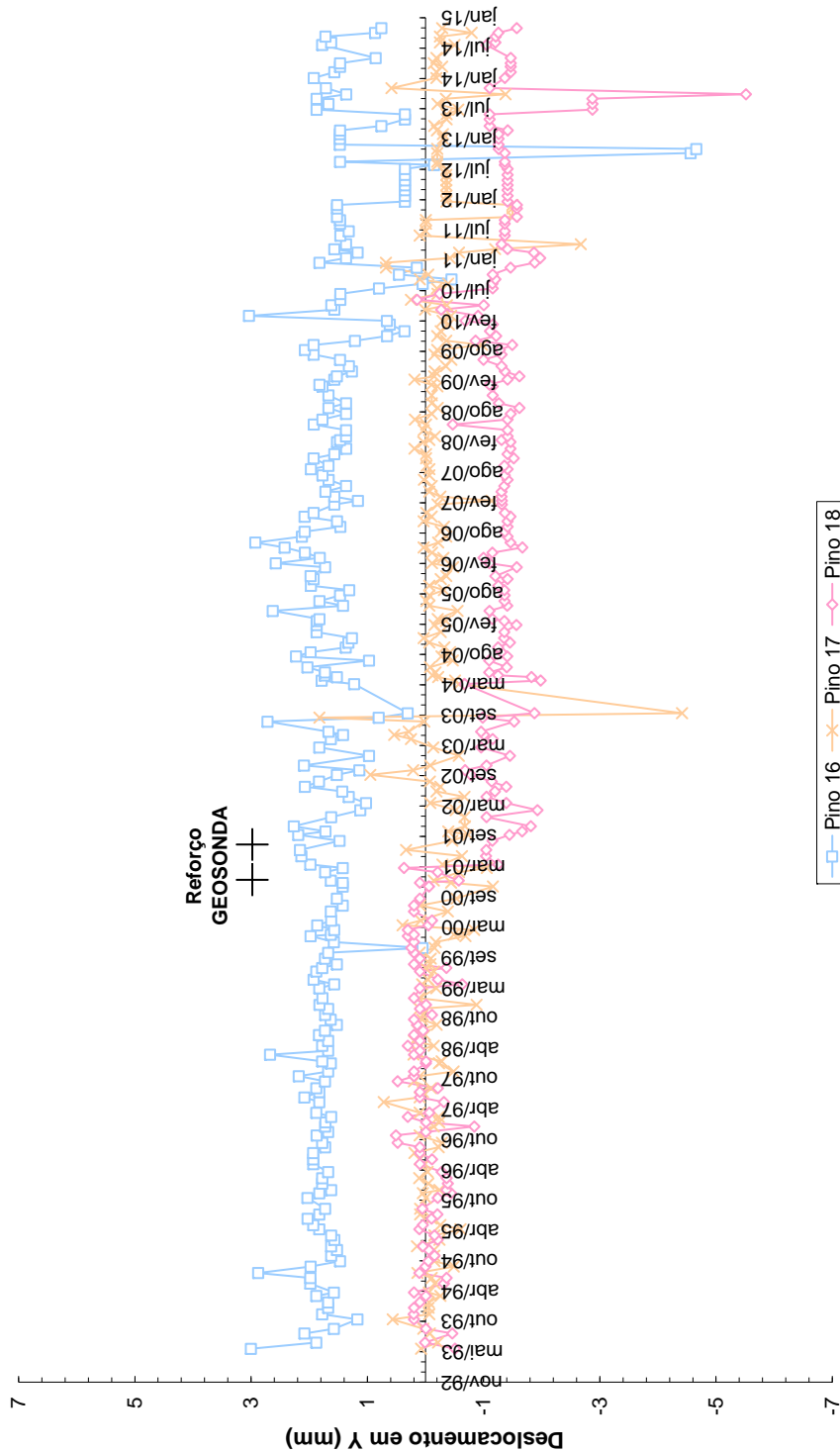
**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 15 - CORTINA SUPERIOR DE MONTANTE**  
**PINOS DE DESLOCAMENTO 16, 17 e 18**  
**Eixo X - Painéis C e D**



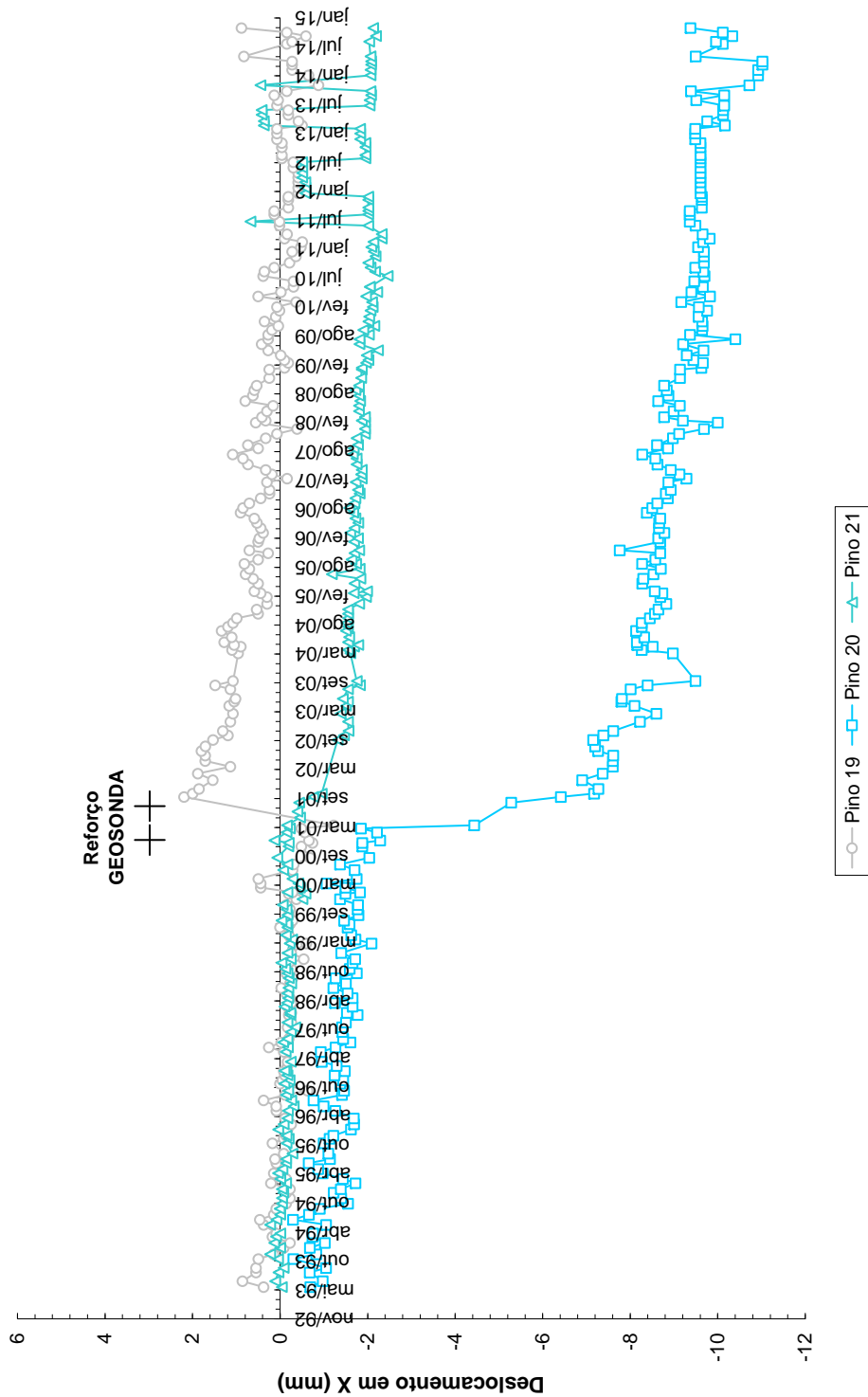
**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 16 - CORTINA SUPERIOR DE MONTANTE**  
**PINOS DE DESLOCAMENTO 16, 17 e 18**  
**Eixo Y - Painéis C e D**



**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

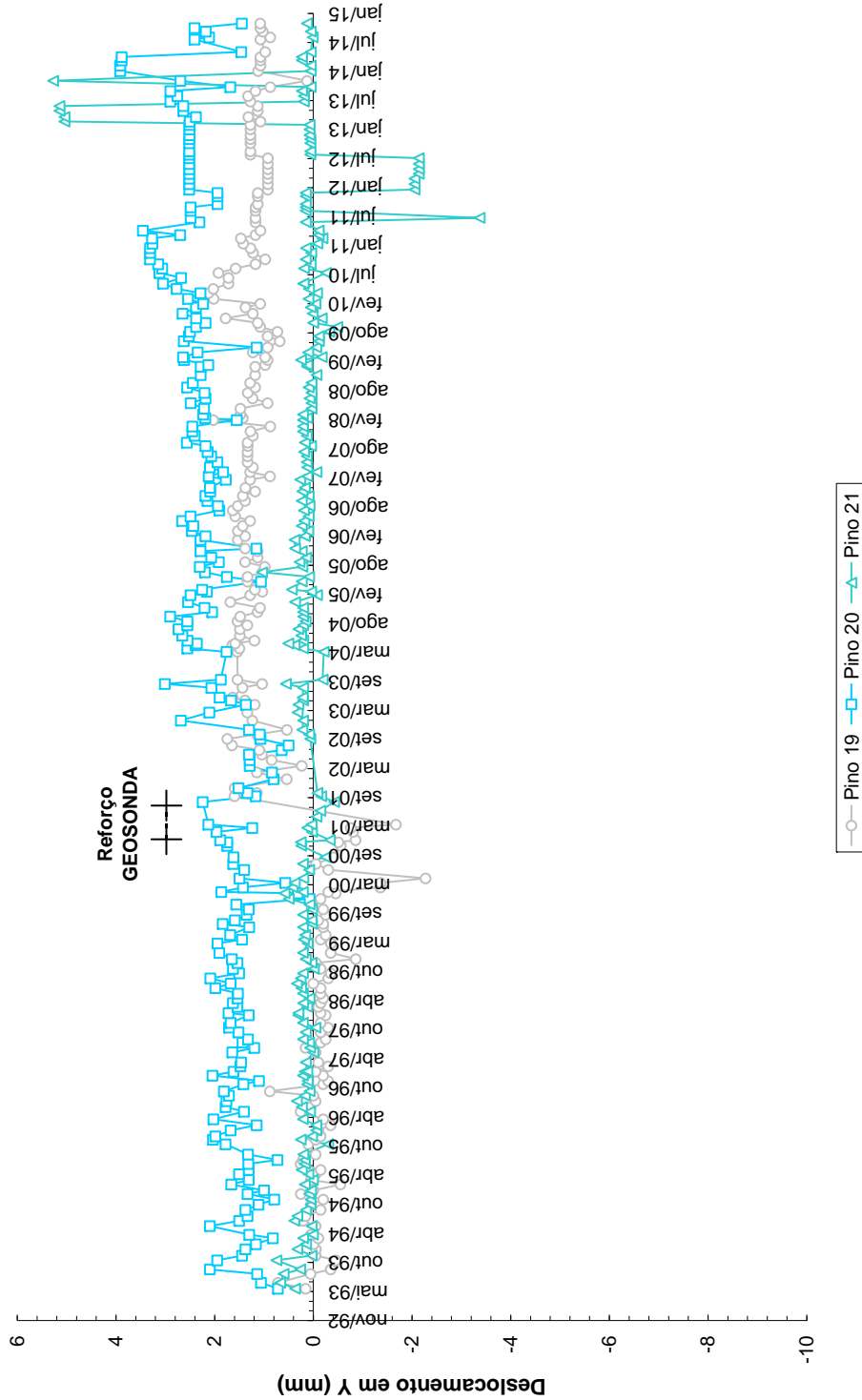
**Gráfico 17 - CORTINA SUPERIOR DE MONTANTE**  
**PINOS DE DESLOCAMENTO 19, 20 e 21**  
**Eixo X - Painéis D e E**





**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Gráfico 18 - CORTINA SUPERIOR DE MONTANTE**  
**PINOS DE DESLOCAMENTO 19, 20 e 21**  
**Eixo Y - Painéis D e E**

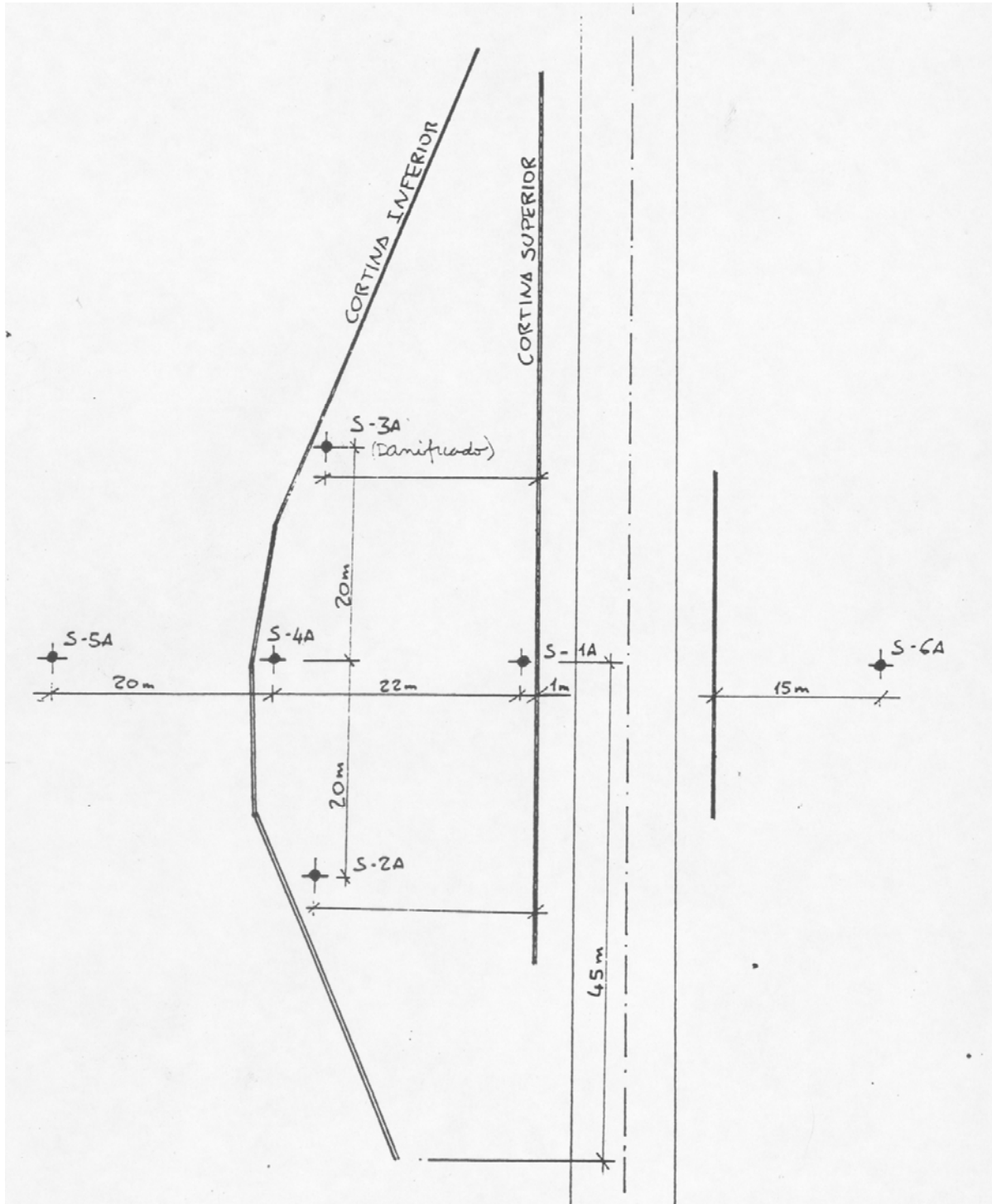


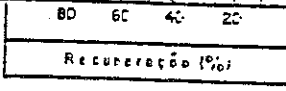
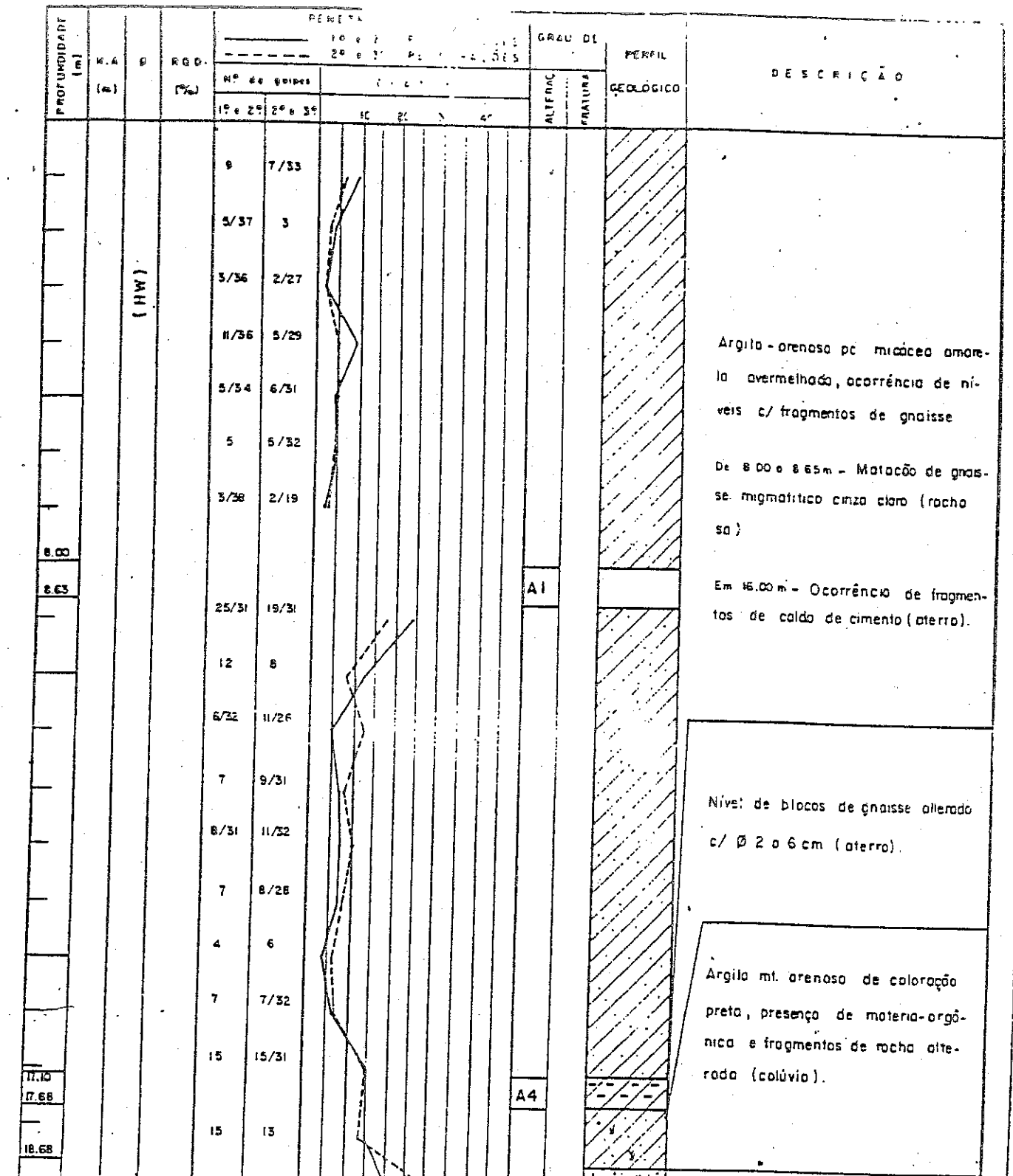
**LOCAÇÃO, BOLETINS DE SONDAGEM E ESQUEMAS**  
**DE INSTALAÇÃO DOS PIEZÔMETROS**

- **Planta de locação dos piezômetros**
- **Sondagens nos furos dos piezômetros**
- **Esquema de instalação dos piezômetros**

**RELATÓRIO**  
**MONITORAÇÃO DAS CORTINAS**  
**ATIRANTADAS DO km 515,7 DA BR-101**

**Planta de Localização dos Piezômetros**





- LEGENDA:**
- GRAU DE ALTERAÇÃO:**  
 A 1 - ROCHA Sã  
 A 2 - ROCHA MEDIANAM. ALTERADA  
 A 3 - ROCHA MUITO ALTERADA  
 A 4 - ROCHA TOTALM. ALTERADA
- GRAU DE FRATURAMENTO (nº fratur./m):**  
 F 1 - PRATICAM. S/FRATURAS (0/1)  
 F 2 - POUCO FRATURADA (2/5)  
 F 3 - MEDIANAM. FRATURADA (6/10)  
 F 4 - MUITO FRATURADA (12/20)  
 F 5 - EXTREMAM. FRATURADA (sem fragmentos)

AMOSTRADOR SPT: Baxi: 50.8 mm Din: 34.9 mm

PESO DO MARTELO: 65 kg

ALTURA DE QUEDA: 75 cm

DATA DA SONDAGEM INICIO: 12 / 01 / 91 FINAL: 25 / 01 / 91

PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 33.30 m

INCLINAÇÃO COM A VERTICAL: 0°

COTA DA BOCA COORDENADAS

**COPPE / FURNAS CENTRAIS ELET. S. A.**

**CORTINA ATIRANTADA - KM 130/BR-101**

**SONDAGEM: S - 1A**

CLASSIFICAÇÃO: Lincoln J. Coelho

DES. Brandi RSP.  
 ESC. 100 16.10.91



PROFUNDIDADE (m)	N.º (E)	Ø	ROD	PERFIL GEOFÍSICO				ALTI.	INCLINAÇÃO	PERFIL GEDOLÓGICO	DESCRIÇÃO
				C. r. l. c.							
				1º e 2º	3º e 5º	10	20				
				20	30						
				29	31						
				19	23						
				21	32						
				14/31	16						
				19	27						
				22	26/20						
				46/22							
				30/10							
				40/16	10/2						
				35/9							
				15/2							
				10/2	10/2						
33.30			0								
34.97			68						A3 F5		
									A2 F1		

Areia grossa a média pc. siltosa, pc micacea, rosa avermelhada c/ passagens de até 20cm de silte-argiloso mt micacea (sob residual de gnaisse).

Dique de diabásio mt. fraturado, mt enervado possuindo o são, vert. escuro. Apresenta fraturas abertas c/sinais de alteração nas paredes.

Limite da Sondagem

Obs: N.A. Variável.  
Foram instalados dos piezômetros tipo caso grande em 34.97 m.

80	60	40	20
Recuperação (%)			

LEGENDA

- GRAU DE ALTERAÇÃO:
- A1 - ROCHA Sã
  - A2 - ROCHA MEDIANAM. ALTERADA
  - A3 - ROCHA MUITO ALTERADA
  - A4 - ROCHA TOTALM. ALTERADA
- GRAU DE FRATURAMENTO (nº fratur/m):
- F1 - PRATICAM.S/FRATURAS (0/1)
  - F2 - POUCO FRATURADA (2/5)
  - F3 - MEDIANAM.FRATURADA (6/10)
  - F4 - MUITO FRATURADA (12/20)
  - F5 - EXTREMAN.FRATURADA (em fragmentos)

AMOSTRADOR SPT	Øext = 50.8 mm	Øint = 34.9 mm
PESO DO MARTELO	65 kg	
ALTURA DE QUEDA	75 cm	
DATA DA SONDAAGEM	INICIO: 12 / 01 / 91 FINAL: 25 / 01 / 91	
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO	33.30 m	
INCLINAÇÃO COM A VERTICAL	0°	
COTA DA BOCA	COORDENADAS	

COPPE / FURNAS CENTRAIS ELET. S.A.

CORTINA ATIRANTADA - KM 130/BR-101

SONDAGEM : S-1A

CLASSIFICAÇÃO : Lincoln J. Coelho

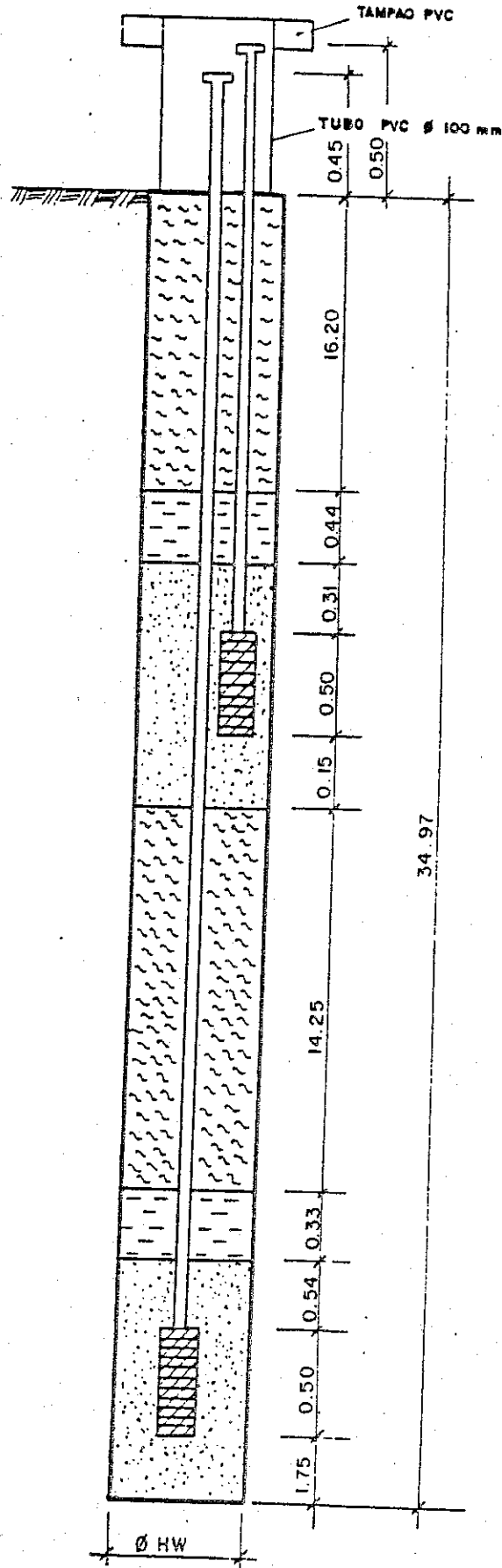
DES. Brondi RESP.

ESC. 1:100 EG. 1524.0 DES. L.F.






# COPPE / FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.

CORTINA ATIRANTADA - KM 130 / BR 101

## ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DO PIEZÔMETRO (PZ) S-1A



### LEGENDA DA INSTRUMENTAÇÃO

-  TUBO PVC Ø 1/2"
-  AREIA MÉDIA A GROSSA
-  SELO DE ARGILA PLÁSTICA, IMPERMEAVEL (BENTONITA)
-  SOLO CIMENTO
-  PONTEIRA (TUBO PVC Ø 1 1/2" , BIDIN OP-30)

OBS:  
1) O PIEZÔMETRO EM REFERÊNCIA, FOI INSTALADO NO MESMO FURO DA SONDAGEM.

<b>COPPE / FURNAS CENTRAIS ELET. S.A.</b>	
CORTINA ATIRANTADA - KM 130/BR101	
ESQUEMA de INST do PIEZÔMETRO (PZ)-S-1A	
DES. Brandi	RESP.
ESC: S.F.A.	EG. 1520.0

Aprovado em 28/04/2015

Sonco técnica

ESQ: S.F.A. EG. 1520.0 DES: BR

PERFIL DE PENETRAÇÃO SPT  
 1ª e 2ª PENETRAÇÕES  
 2ª e 3ª PENETRAÇÕES

5  
4  
3  
2  
1

PROFUNDIDADE (m)	ROB (%)	Gráfico				ALTERAC	FRATURAS
		1ª e 2ª		2ª e 3ª			
		1ª	2ª	2ª	3ª		
		10	20	30	40		
		1/65					
		2/37	2/39				
		2/66					
		1/34	1/26				
		1/39	1/29				
		1/94					
		2/53	2/15				
		2/33	3/32				
		3	5/32				
10.00		3P	28				
		7	11				
		9	13/31				
		7/31	11/26				
		10	9/28				
16.00		1F	23/32				
		3B	45				
		3A	30				
		14	24/28				
		17	26				

DESCRIÇÃO

Argila-arenosa amarela avermelhada, presença de pequenos blocos de gnaiss. mt alterados (sterro)

Areia grossa mt. silteosa, micáceo, cinza amarelado (solo residual de gnaiss)

BD	6D	4C	2D
Recuperação (%)			

- LEGENDA
- GRAU DE ALTERAÇÃO:
- A 1 - ROCHA Sã
  - A 2 - ROCHA MEDIANAMENTE ALTERADA
  - A 3 - ROCHA MUITO ALTERADA
  - A 4 - ROCHA TOTALMENTE ALTERADA
- GRAU DE FRATURAMENTO (Fract/m):
- F 1 - PRATICAMENTE FRATURADA (0/1)
  - F 2 - POUCA FRATURADA (2/5)
  - F 3 - MEDIANAMENTE FRATURADA (6/10)
  - F 4 - MUITO FRATURADA (18/20)
  - F 5 - EXTREMAMENTE FRATURADA (sem fragmentos)

AMOSTRADOR SPT: Best = 50.8 mm    Bintl. = 34.9 mm

PESO DO MARTELO: 63 kg

ALTURA DE QUEDA: 75 cm

DATA DA SONDAGEM: INICIO: 30/01/91 FINAL: 05/02/91

PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 26.00 m

INCLINAÇÃO COM A VERTICAL: 10°

COTA DA BOCA:                      COORDENADAS

m N:                                      m E:

COPPE / FURNAS CENTRAIS ELET. S.A.

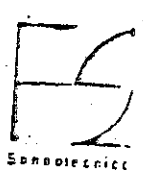
CORTINA ATIRANTADA - KM 130/BR-101

SONDAGEM: S - 2 A

CLASSIFICAÇÃO: Lincoln J Coelho

DES: Brandi                      RESP.

ESC: 1:100                      EG: 1524.0                      DES.º:



PROFUNDIDADE (m)	N.A. (m)	REG. (%)	PEREIRA (2010) (30cm)				GRAU DE		PERFIL GEOLOGICO	DESCRIÇÃO
			10 e 20 PEREIRAÇÕES		20 e 30 PEREIRAÇÕES		ALTERAC.	FRATURA		
			1ª e 2ª	2ª e 3ª	10	20				
			10	26					Areia grossa a média micácea ps silteosa, cinza escura, presença de fragmentos de gnaiss alterado (solo residual mt jovem)	
			43/17	15/3						
			27	21						
			44	46						
			64/29							
			26	33						
			46	64						
26.45										

Limite da Sondagem

Obs. N.A. Variável

80	60	40	20
Recuperação (%)			

- LEGENDA**
- GRAU DE ALTERAÇÃO:**
- A 1 - ROCHA Sã
  - A 2 - ROCHA MEDIANAM. ALTERADA
  - A 3 - ROCHA MUITO ALTERADA
  - A 4 - ROCHA TOTALM. ALTERADA
- GRAU DE FRATURAMENTO (nº fratur./m):**
- F 1 - PRATICAM. S/FRATURAS (0/1)
  - F 2 - POUCA FRATURADA (2/5)
  - F 3 - MEDIANAM FRATURADA (6/10)
  - F 4 - MUITO FRATURADA (8/20)
  - F 5 - EXTREMAM. FRATURADA (> 10 fratur./m)

AMOSTRADOR SPT: Ø ext. = 50.8 mm Ø int. = 34.9 mm

PESO DO MARTELO: 65 kg

ALTURA DE QUEDA: 75 cm

DATA DA SONDAGEM INICIO: 30/01/91 FINAL: 05/02/91

PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 26.00 m

INCLINAÇÃO COM A VERTICAL: 0°

COTA DA BOCA

COORDENADAS	
m N	m E

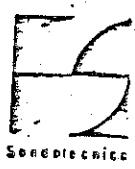
**COPPE / FURNAS CENTRAIS ELET. S. A.**

**CORTINA ATIRANTADA - KM 130/BR-101**

**SONDAGEM: S - 2 A**

CLASSIFICAÇÃO: Lincoln J. Coelho

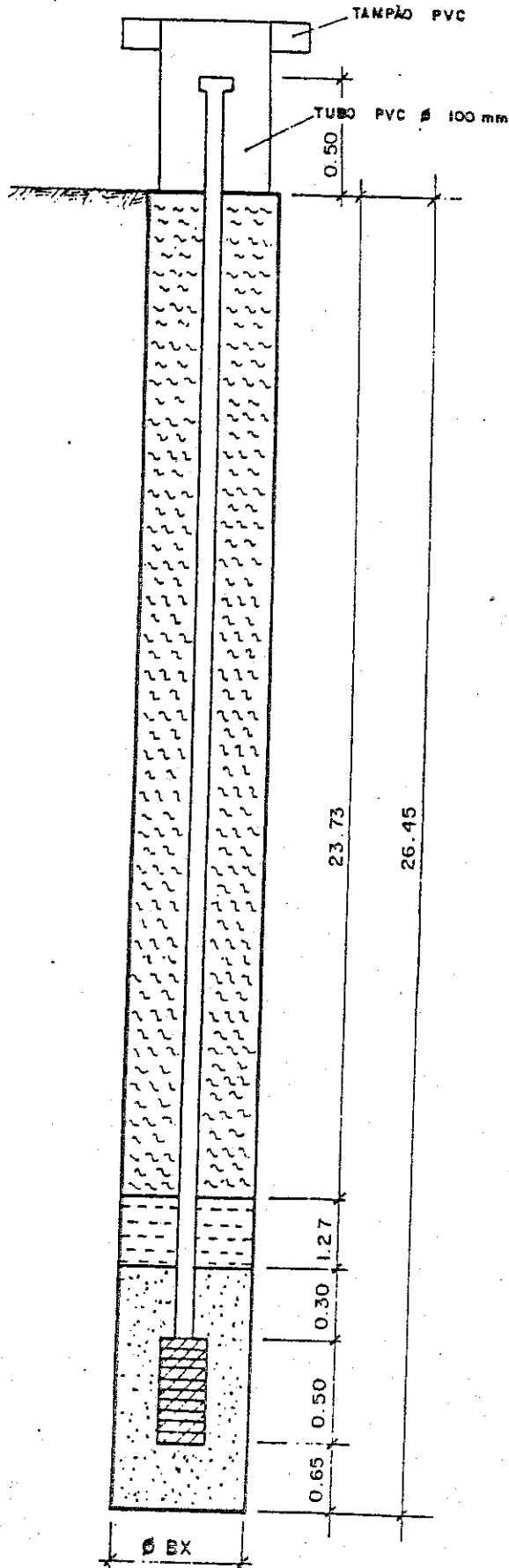
DES. Brand:	RESF.
ESC. 1:100	EG. 1524.0 DES. AF



# COPPE / FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S. A.

CORTINA ATIRANTADA - KM 130 / BR 101

## ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DO PIEZÔMETRO (PZ) / S-2A



### LEGENDA DA INSTRUMENTAÇÃO

- TUBO PVC Ø 1/2"
- AREIA MÉDIA A GROSSA
- SELO DE ARGILA PLÁSTICA, IMPERMEÁVEL (BENTONITA)
- SOLO CIMENTO
- PONTEIRA (TUBO PVC Ø 1/2", BIDIN OP-30)

OBS:

1) O PIEZÔMETRO EM REFERÊNCIA, FOI INSTALADO NO MESMO FURO DA SONDADEM

COPPE / FURNAS CENTRAIS ELET. S. A.



CORTINA ATIRANTADA - KM 130/BR 101

ESQUEMA de INST. do PIEZÔMETRO (PZ) - S-2A

DES. Brandi

RESP.

ESC:

S/Esc

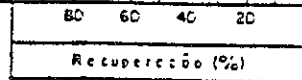
EG 1524.0

DES. KR.

Aprovado em 28/04/2015



PROFUNDIDADE (m)	N.A. (m)	E	ROD (%)	PENETRAÇÃO (cm)				GRAU DE		PERFIL GEOLOGICO	DESCRIÇÃO
				10 e 20		20 e 30		ALTERAÇÃO	FRATURA		
				PENETRAÇÕES		PENETRAÇÕES					
Nº de golpes		Gráfico									
1ª a 2ª		2ª a 3ª		10	20	30	40				
				1/34	3/12						Argilo-arenosa pc. micácea amarelada avermelhada, presença de níveis c/ fragmentos de rocha sã, rocha alterada e pedaços de madeira (aterro)
				5/38	6/25						Gronito cinza claro, rocha sã, matacão (aterro)
5.90								A2	+		Argilo-arenosa pc. micácea amarelada avermelhada (aterro).
6.40				3/32	3/24						
7.65								A3	o o o		
8.15											
8.65				3	3/26						Blocos e matações de gnaisse cinza claro, de mt. alteradas a sãs c/ níveis de cascalho do mesmo material, ocorrência de pedaços de folhos de madeira compensado em 8.65m, fios de tirantes Ø 5/16" em 7.90m e calda de cimento consolidada c/ fios de tirantes de Ø 5/16" em 10.00m (aterro).
8.80								A3	o o o		
10.00											
10.22				30/12							
11.00											
11.55								A2	o o o		
11.95											
12.17								A3	o o o		
12.90								A3	o o o		
				37	44						Areia média a grossa pc. silteosa, pc. micácea, cinza claro amarelada (solo residual mt. jovem).
				20	30						
				20	26						
17.72								A5 F4			
			71					A2	F2		



**LEGENDA**

**GRAU DE ALTERAÇÃO:**  
 A1 - ROCHA Sã  
 A2 - ROCHA MEDIANAM. ALTERADA  
 A3 - ROCHA MUITO ALTERADA  
 A4 - ROCHA TOTALM. ALTERADA

**GRAU DE FRATURAMENTO (n/m):**  
 F1 - PRATICAM. S/FRATURAS (0/1)  
 F2 - POUCO FRATURADA (2/3)  
 F3 - MEDIANAM. FRATURADA (6/10)  
 F4 - MUITO FRATURADA (8/20)  
 F5 - EXTREMA FRATURADA (em fragmentos)

AMOSTRADOR SPT:	Ø ext.: 50.8 mm	Ø int.: 34.9 mm
PESO DO MARTELO:	65 kg	
ALTURA DE QUEDA:	75 cm	
DATA DA SONDAGEM	INICIO: 14 / 02 / 91	FINAL: 18 / 02 / 91
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:	17.80 m	
INCLINAÇÃO COM A VERTICAL:	0°	
COTA DA BOCA	COORDENADAS	

**COPPE / FURNAS CENTRAIS ELET. S.A.**

**CORTINA ATIRANTADA - KM 130/BR-101**

**SONDAGEM: S - 4 A**

**CLASSIFICAÇÃO:** Lincoln J. Coelho

DES. Brandi      RESP.

PERFIL DE PENETRAÇÃO POR JACO  
 10 e 20 PENETRAÇÕES  
 20 e 30 PENETRAÇÕES

PROFUNDIDADE (m)	N.A.	D	R.O.S.	ICP de golpes				G. Sílice				GRAU DE		PERFIL
				1º e 2º		2º e 3º						ALTERAÇÃO	FRATURA	
				10	20	30	40							
57												A2	F3	

Graude migmatítico cinza claro, medianamente fraturado, c/ fraturas abertas e alteração insipiente nas fraturas. Rocha sã

Limite da Sondagem

Cps N.º variáveis.  
 Foram instalada dois piezômetros tipo casa grande em 20,04 m

80	60	40	20
Recuperação (%)			

**LEGENDA :**

GRAU DE ALTERAÇÃO :

A1 - ROCHA Sã  
 A2 - ROCHA MEDIANAMENTE ALTERADA  
 A3 - ROCHA MUITO ALTERADA  
 A4 - ROCHA TOTALMENTE ALTERADA

GRAU DE FRATURAMENTO (nº/m):  
 F1 - POUCA FRATURADA (0/1)  
 F2 - POUCA FRATURADA (2/5)  
 F3 - MEDIANAMENTE FRATURADA (6/10)  
 F4 - MUITO FRATURADA (8/20)  
 F5 - EXTREMAMENTE FRATURADA (10/20)

AMOSTRADOR SPT : Best : 50.8 mm	Bini. : 34.9 mm
PESO DO MARTELO : 65 kg	
ALTURA DE QUEDA : 75 cm	
DATA DA SONDAAGEM INICIO : 14 / 02 / 91	FINAL : 18 / 02 / 91
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO : 17.80 m	
INCLINAÇÃO COM A VERTICAL : 0°	
COTA DA BOCA	COORDENADAS
m N :	m E :

**COPPE / FURNAS CENTRAIS ELET. S.A.**

**CORTINA ATIRANTADA - KM 130/BR-101**



**SONDAAGEM : S - 4 A**

CLASSIFICAÇÃO : Lincoln J. Coelho

DES. Brandi

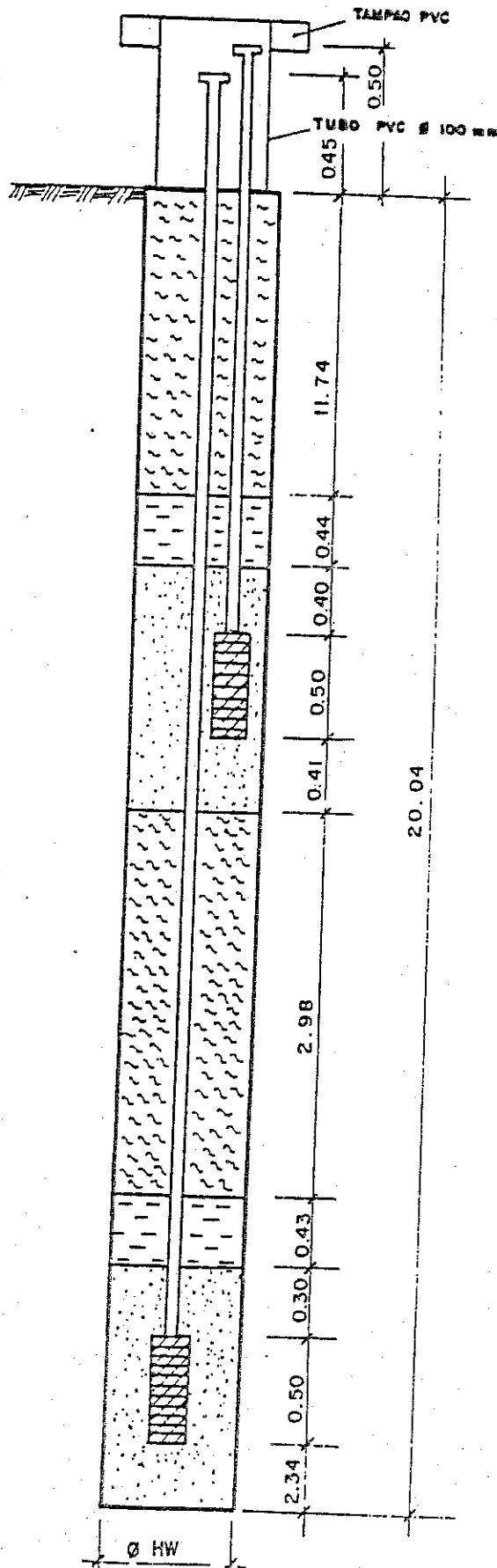
ESC. 1:100

EG. 1524 C






# COPPE / FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.

CORTINA ATIRANTADA - KM 130 / BR 101

ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DO PIEZÔMETRO (PZ) S-4A.



## LEGENDA DA INSTRUMENTAÇÃO

-  TUBO PVC Ø 1/2"
-  AREIA MÉDIA A GROSSA
-  SELO DE ARGILA PLÁSTICA, IMPERMEÁVEL (BENTONITA)
-  SOLO CIMENTO
-  PONTEIRA (TUBO PVC Ø 1 1/2", BIDIN OP-30)

OBS:

1) O PIEZÔMETRO EM REFERÊNCIA, FOI INSTALADO NO MESMO FURO DA SONDAGEM.

COPPE / FURNAS CENTRAIS ELET. S.A.



CORTINA ATIRANTADA - KM 130/BR101

ESQUEMA de INST do PIEZÔMETRO (PZ)-S-4A

DES.  
Brandi

RESP.

Aprovado em 28/04/2015

Sondotécnica

ESC:

ESP

PROFUNDIDADE (m)	N.A.	B	FOFO	PEREIRA (Diapir) 10 e 20 PENETRAÇÕES				GRAU DE		PERFIL	DESCRIÇÃO	
				20 e 30 PENETRAÇÕES				ALFRAÇ	FRATURA			GEOLOGICO
				1º e 2º	2º e 3º	10	20					
0.80				5/36	4/28						Argila - arenosa amarela avermelhada, presença de blocos de gnaiss alterado (aterro)	
1.80		(HX)	53					A4	F3	+++		
			62					A3	F3	+++	Argila pc arenosa marrom amarelada presença de raízes, colúvio	
			84							+++		
			60					A4	F3	+++		
6.04										Vazio	Granito cinza claro amarelado medianamente alterado.	
6.84			84							+++		
			74					A4	F3	+++	Limite da Sondagem	
9.00										+++		

Obs: N.A. Variável.  
De 6.04 a 6.84 = Vazio

80	60	40	20
Recuperação (%)			

**LEGENDA:**

**GRAU DE ALTERAÇÃO:**  
 A1 - ROCHA Sã  
 A2 - ROCHA MEDIANAMENTE ALTERADA  
 A3 - ROCHA MUITO ALTERADA  
 A4 - ROCHA TOTALMENTE ALTERADA

**GRAU DE FRATURAMENTO (f/m):**  
 F1 - PRATICAMENTE FRATURADA (10%)  
 F2 - POUCA FRATURADA (2/5)  
 F3 - MEDIANAMENTE FRATURADA (6/10)  
 F4 - MUITO FRATURADA (10/10)  
 F5 - EXTREMA FRATURADA (100%)

AMOSTRADOR SPT	Des.: 50.8 mm	Dim.: 34.9 mm
PESO DO MARTELO:	65 kg	
ALTURA DE QUEDA:	75 cm	
DATA DA SONDAÇÃO	INÍCIO: 26/02/91 FINAL: 27/02/91	
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:	1,50 m	
INCLINAÇÃO COM A VERTICAL:	0°	
COTA DA BOCA	COORDENADAS	
m N	m E	m

**COPPE / FURNAS CENTRAIS ELET. S. A.**

**CORTINA ATIRANTADA - KM 130/BR-101**

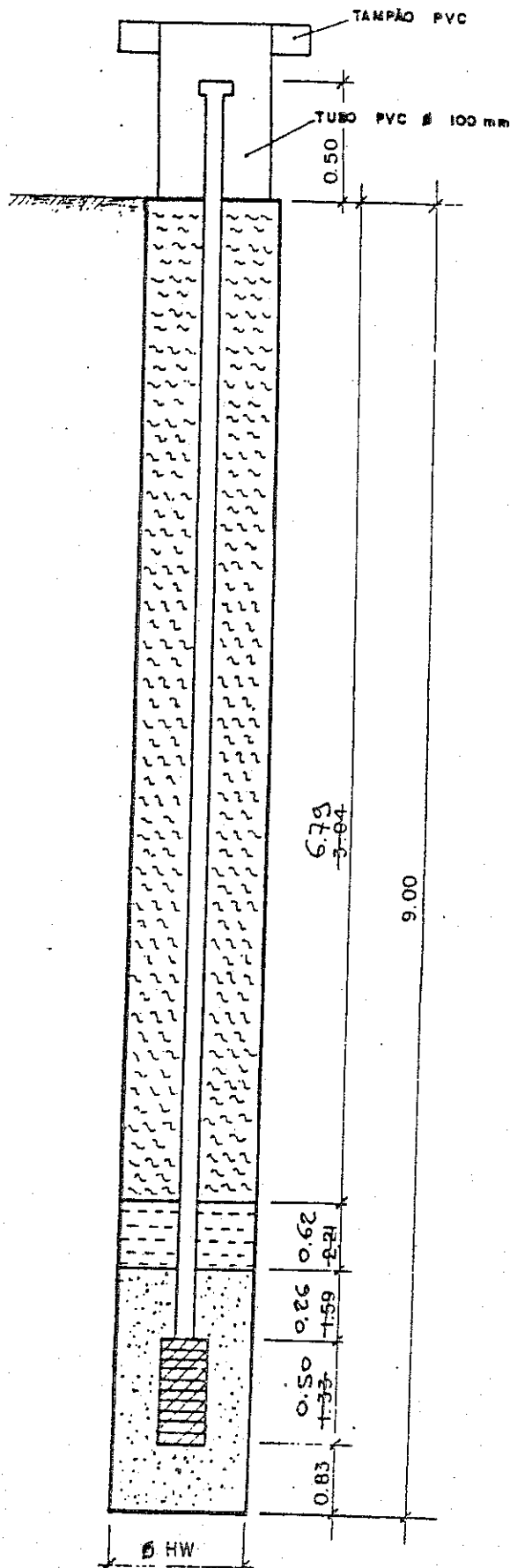


SONDAGEM: S - 5A		
CLASSIFICAÇÃO: Lincoln J. Coelho		
DES. Brandt	RESP.	
ESC. 1:100	EG. 1524 C	DES. S






# COPPE / FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S. A.

CORTINA. ATIRANTADA - KM 130 / BR 101

ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DO PIEZÔMETRO (PZ) / S-5A



## LEGENDA DA INSTRUMENTAÇÃO

-  TUBO PVC Ø 1/2"
-  AREIA MÉDIA A GROSSA
-  SELO DE ARGILA PLÁSTICA, IMPERMEÁVEL (BENTONITA)
-  SOLO CIMENTO
-  PONTEIRA (TUBO PVC Ø 1 1/2", BIDIN OP-30)

OBS:

1) O PIEZÔMETRO EM REFERÊNCIA, FOI INSTALADO NO MESMO FURO DA SONDAGEM

COPPE / FURNAS CENTRAIS ELET. S. A.

CORTINA ATIRANTADA - KM 130/BR 101

ESQUEMA de INST. do PIEZÔMETRO (PZ)- S-5A

DES. Brandi

RESP.

ESC: S/F

ES. 1520

DES. Nº.

Aprovado em 28/04/2015

Sendo Técnico





Data:

Código:

# PIEZÔMETRO DO FURO S6A

Obra:

TAMPÃO PVC

Folha:

