

ASSUNTO/MOTIVO

PÁGINA

1 / 25

**REGULARIZAÇÃO DA BANCADA ATÉ A COTA 31 – DESMONTE DO TALUDE  
ROCHOSO ATRÁS DO CENTRO DE INFORMAÇÕES**

LOCAL/DATA

REDATOR

Roque

U.O./TEL.

DEC.T / 7234

REFERÊNCIA

**Ofício nº 76/2018/DENEF/COHID/CGTEF/DILIC-IBAMA (Processo nº  
02001.003272/2011-48)**

CÓDIGO ARQUIVO

SUMÁRIO

Nº DE PÁGINAS

ANEXOS

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

 Para ser providenciado  
Para conhecimento  
prazos

25

0

Este relatório apresenta, conforme item 5 do Ofício nº 76/2018/DENEF/COHID/CGTEF/DILIC-IBAMA (Processo nº 02001.003272/2011-48), as principais conclusões relativas ao andamento das atividades denominadas "regularização Bancada até cota 31", referente às obras de desmonte do talude rochoso atrás do Centro de Informações de Itaorna.

ASSINATURAS

REV.

DATA

PÁG.

 VERIFICADO/  
APROVADO

Carolina Cardoso

Paulo Rogério / Roque Ferreira

1

12/02/19

CAPA

P. Rog. / Roque

AUTOR

VERIFICADO/APROVADO

2

13/02/19

18

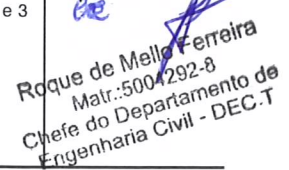
Carlos / Roque

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

3

18/02/19

1 e 3

  
**Roque de Mello Ferreira**  
 Matr.:5004292-8  
 Chefe do Departamento de  
 Engenharia Civil - DEC.T

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA AS <i>BUILT</i>.....</b>	<b>5</b>
<b>4. PROJETO EXECUTIVO DE DESMONTE E ESTABILIZAÇÃO AS <i>BUILT</i> .....</b>	<b>15</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>24</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Ofício nº 76/2018/DENEF/COHID/CGTEF/DILIC-IBAMA (Processo nº 02001.003272/2011-48) solicita que a Eletronuclear comunique ao Ibama, após o serviço “regularização bancada até a cota 31” e anteriormente ao serviço “escavação bancada 31”, acerca dos resultados de monitoramento de estabilidade do solo e integridade física estrutural do Centro de Informação e de trecho da BR-101 próximo ao talude, bem como a documentação pertinente junto ao DNIT, defesa civil e Prefeituras, relativas às previsões de intensificação de tráfego de maquinário, poluição sonora, suspensão de material particulado e interrupção de tráfego por conta do referido desmonte através do uso de explosivos.

Cabe destacar que, no transcorrer das atividades de regularização do talude até a bancada da Cota +31 m, evidenciou-se camada de solo de espessura superior ao que se poderia inferir na fase de projeto, fato que implicou à não realização de detonações em material rochoso, ocorrendo apenas escavações mecanizadas em solo e/ou alterações de rocha.

Em consequência do exposto, não foi utilizada a técnica, até então prevista, de desmonte a fogo, que poderia impactar na estabilidade estrutural do Centro de Informações, da BR-101, interrupção de tráfego ou quaisquer outras originadas de atividades de detonação do maciço.

Dessa forma, este relatório apresenta as condições de estabilidade do talude na configuração relativa à primeira etapa de escavação, conforme resultados de monitoramento e análises efetuadas após a conclusão da etapa “regularização Bancada até cota 31”. As análises foram realizadas pela empresa GEOPHI Engenharia, responsável pelo projeto executivo de desmonte e pelo acompanhamento técnico da obra (ATO).

## 2. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO

### 2.1 Localização

O talude rochoso, atualmente sendo configurado por desmonte, situa-se na encosta do Centro de Informações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – CNAAA, Praia de Itaorna, Município de Angra dos Reis, Rio de Janeiro. A Figura 1 mostra a área em imagem de satélite, a qual é detalhada na Figura 2.



Figura 1. Imagem de satélite do local (Google Earth).

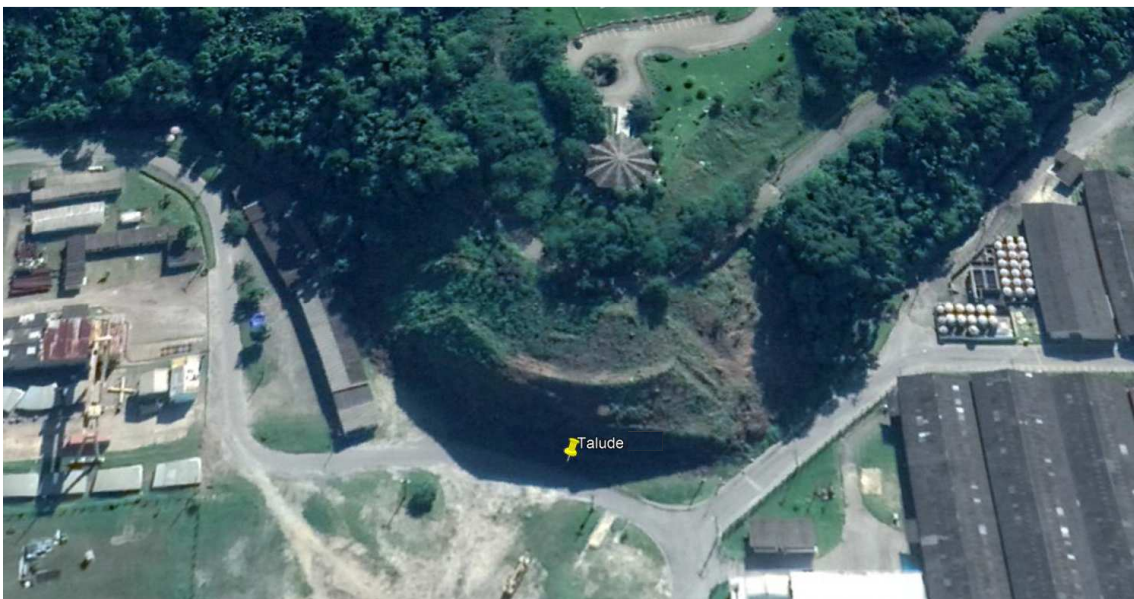


Figura 2. Detalhe da imagem de satélite do local (Google Earth).

O talude está localizado próximo a diversas edificações e estruturas da Central Nuclear, além da via de acesso à Rodovia BR-101 e a própria BR-101. Trata-se de talude em solo e rocha, no lado esquerdo da rodovia, sentido Angra dos Reis - Paraty.

## 2.2 Descrição da Situação

O projeto executivo apresentado no documento BP-U-6081-171000 – GPHI-PJ77-MC-415-03-301-R2 foi revisto em função das condições encontradas no talude rochoso após o início das atividades de limpeza da área.

Conforme reportado na Memória de Cálculo, o desmonte a fogo cuidadoso seria realizado em toda a extensão do talude rochoso para a conformação adotada na



configuração final do talude de corte. Foram previstas atividades de limpeza com remoção de camada superficial de solo e blocos rochosos de pequenas dimensões, especialmente para o topo do talude. O projeto executivo foi elaborado considerando que o talude a ser escavado apresentaria na crista espessura reduzida de solo residual e coluvionar, seguida por camada de rocha alterada, passando a rocha de boa qualidade. Este modelo geomecânico foi desenvolvido em função das informações disponíveis sobre a área.

As informações resultantes das investigações foram analisadas e consolidadas pela GEOPHI Engenharia. Os dados relativos ao talude rochoso também foram analisados, possibilitando prever o perfil geológico-geotécnico, considerado para o desenvolvimento do Projeto Executivo de Desmonte e Estabilização do Talude.

Conforme identificado após o início das atividades de limpeza e escavação mecânica superficial, o perfil geológico-geomecânico do local é diferente do adotado no projeto executivo de desmonte e estabilização. Desta forma, foram desenvolvidas novas análises para alteração do projeto original, de forma a atender às condições naturais encontradas na encosta e garantir Fatores de Segurança, conforme estabelecidos pelas Normativas de Encostas da ABNT e Normativas de Operação do Complexo de Usinas da CNAEA.

### **3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA AS BUILT**

Nas inspeções técnicas por meio de escavação de trincheiras e execução dos furos de chumbadores de estabilização do maciço, foi realizada a caracterização geológico-geotécnica do talude rochoso, a qual subsidiou as análises e revisão das soluções de engenharia para o desenvolvimento das alterações do projeto executivo de desmonte e estabilização.

As atividades de limpeza na crista do talude, próximas à estrada de acesso ao CI, mostraram que o topo do maciço se encontra mais alterado do que o previsto, baseado nas investigações adotadas para a elaboração do modelo geomecânico para o projeto de desmonte do talude.

Com a finalidade de se identificar o perfil geológico-geotécnico na área mais superficial próxima à crista do talude, foram realizadas 3 trincheiras de inspeção com o auxílio de retroescavadeira. A primeira trincheira T1 foi escavada na cota aproximada de 34m em frente ao marco P17 (Seção 7). A escavação atingiu cerca de 2,3m em solo residual jovem e alteração de rocha, conforme mostrado na Figura 3.

A segunda trincheira T2 foi escavada na esquerda hidráulica da cota 34m, próxima ao talvegue existente na área. O topo rochoso alterado foi encontrado a 2,3m e a escavação prosseguiu até a profundidade de cerca de 4m, confirmando a presença de topo rochoso. A Figura 4 ilustra o fundo da trincheira com a camada de rocha alterada, confirmando a presença de rocha neste trecho da Cota 30m.

A terceira trincheira T3 foi aberta na berma da Cota 31m na direita hidráulica da encosta. A camada de rocha foi identificada a 60cm de profundidade, confirmando, portanto, a presença de rocha alterada neste trecho da Cota 30m (Figura 5).

As trincheiras permitiram identificar maior espessura de solo residual, com cerca de 4m, especialmente na esquerda hidráulica da encosta próxima ao talvegue, o que se justifica em função da alteração mais acentuada do maciço na região de extremidade da encosta. A espessura de solo se reduz a 0,5m na trincheira T3, mostrando a menor ação do intemperismo à medida que se afasta das extremidades da encosta, atingindo

o núcleo do maciço. Indicaram também a presença de camada de rocha alterada na Cota 30m, inclusive na região de maior alteração próxima do talvegue.

Uma nova trincheira T4 foi executada com a finalidade de se investigar o nível de alteração do maciço na Cota 34m em relação à profundidade horizontal, com avanço para o interior do maciço. Esta investigação é essencial para auxiliar na avaliação do tipo de material a ser encontrado na configuração final do talude após o desmonte. A Figura 6 ilustra aspectos desta escavação. Conforme o esperado, à medida em que a escavação avançou para o interior do maciço, foi revelada a presença de rocha, com níveis de alteração variando de saprólito com blocos rochosos a rocha muito alterada.

Ressalte-se que, no modelo geomecânico do maciço adotado no Projeto Executivo de Desmonte, assumiu-se uma seção típica em rocha. Entretanto, as trincheiras T1 a T4 mostraram uma capa de alteração superficial do maciço mais espessa do que a inferida pelas sondagens realizadas no local, dominando solos residuais maduro e jovem, saprólito e rocha muito alterada.



(a) Escavação da trincheira





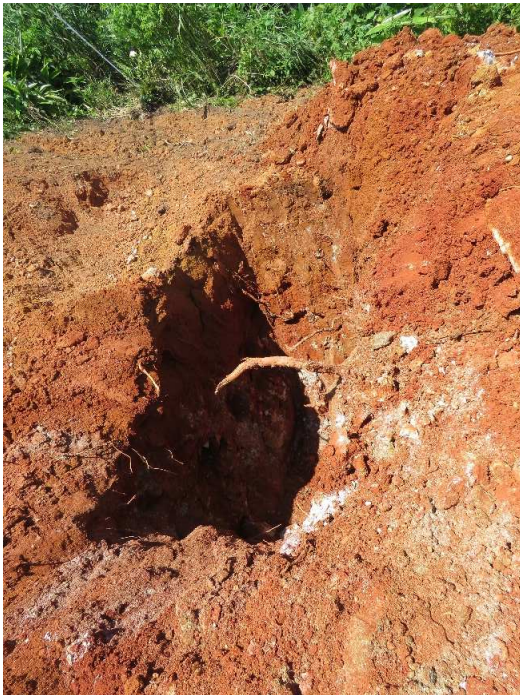
(b) Paredes e fundo da trincheira com solo residual jovem e saprólito

Figura 3. Trincheira T1 na Cota 34m alinhada com marco P17 – 06/12/2018.



(a) Escavação da trincheira





(b) Paredes e fundo da trincheira com solo residual jovem e saprólito

Figura 4. Trincheira T2 na Cota 34m alinhada com marco P22 – 10/12/2018.



(a) Área da escavação da trincheira





(b) Paredes e fundo da trincheira com solo residual jovem e saprólito

Figura 5. Trincheira T3 na Cota 31m alinhada com marco P47 – 10/12/2018.



(a) Lateral da trincheira com solo residual e alteração de rocha

Cód O&M 042/04





(b) Rocha alterada e saprólito com blocos de rocha

Figura 6. Escavação da trincheira T4 com avanço para o interior do maciço – 11/12/2018.

As investigações realizadas com a escavação de trincheiras permitem concluir que:

- i. O talude parcial superior compreendido entre a cota de crista e a Cota 31m é constituído por capa muito espessa de solo residual maduro, solo residual jovem e solo de alteração de rocha, seguido por rocha muito alterada até rocha de melhor qualidade;
- ii. A cota da berma do talude parcial superior varia entre a Cota 30m e Cota 31m, em função do topo rochoso e, preferencialmente, deve acompanhar o mergulho da camada de rocha, caso presente na vizinhança da área do talvegue, localizado na esquerda hidráulica da encosta.

Em adição, os boletins de perfuração para a instalação de chumbadores confirmaram os tipos de material presentes no talude superior. As Figuras 7 a 13 ilustram aspectos de desmonte mecânico e perfuração dos furos de chumbadores/grampos ao longo da altura e extensão do talude superior.



(a) Trecho entre  
Seções 1 e 2



(b) Trecho entre  
Seções 2 a 8



(c) Trecho entre  
Seções 9 e 10



Figura 7. Escavações iniciais na crista do talude superior com variação dos materiais (04/jan/2019).





Figura 8. Locação de off set e escavações da crista do talude superior (09/jan/2019).



Figura 9. Início das atividades de perfuração dos furos de chumbadores da linha 01 na Seção 02 (09/jan/2019).

Cód O&M 042/04





Figura 10. Início das atividades de perfuração dos furos de chumbadores da linha 01 na Seção 06 (10/jan/2019).



Figura 11. Furo de chumbador na Seção 10, na esquerda hidráulica do talude, vizinho ao talvegue da encosta (10/jan/2019).





(a) Perfuração dos furos de chumbadores da Linha 02 na Seção 6



(b) Perfuração dos furos de chumbadores na Seção 11

Figura 12. Escavação e perfurações para linha 02 de chumbadores (17/jan/2019).

Cód O&M 042/04





(a) Vista geral das escavações



(b) Vista geral do talude superior até a bancada na cota 31m

Figura 13. Conclusão da escavação do talude superior na Cota 31m (07/fev/2019).

#### **4. PROJETO EXECUTIVO DE DESMONTE E ESTABILIZAÇÃO *AS BUILT***

A revisão do projeto executivo de desmonte e estabilização do talude foi elaborada pela empresa GEOPHI Engenharia observando as condições encontradas no maciço e previstas com os resultados das trincheiras escavadas.

Considerando a predominância das camadas de solo residual maduro e residual jovem e alteração de rocha e rocha muito alterada, as seguintes alterações foram adotadas:

- i. Desmonte do talude parcial superior realizado por equipamentos mecânicos sem a necessidade de emprego de explosivos;
- ii. Redução da declividade dos trechos de talude em solo e rocha muito alterada em função da disponibilidade de área de crista, variando de 58° a 83°;



iii. Cota da berma de base do talude superior variando de 30 a 31m, em função do topo rochoso alterado e ângulo de mergulho na vizinhança da área do talvegue, localizado na esquerda hidráulica da encosta;

iv. Escavação do talude superior executada em níveis sucessivos com estabilização de cada nível escavado com chumbadores/grampos, em função da resistência do material;

v. Revestimento total do talude superior escavado e reforçado com chumbadores/grampos com tela metálica especial para reforço e proteção contra a erosão superficial da face escavada.

As intervenções estudadas foram condicionadas ao critério de se garantir a estabilidade com o mínimo possível de alterações das especificações do Projeto Executivo original.

A intervenção geotécnica previamente adotada para a estabilização do talude na configuração final, após o desmonte total, consiste na instalação de painéis de alta resistência HEA 300  $\phi$ 10 (MACCAFERRI) ou tela similar de mesmas resistência e rigidez, com ancoragens sistemáticas.

As ancoragens de projeto são chumbadores compostos de barras de aço do tipo GEWI ou similar, de diâmetro nominal igual a 32,0mm, com 550 MPa de tensão de escoamento e carga de trabalho igual a 130kN. Os chumbadores são executados em furos com diâmetro mínimo de 75,0mm, inclinados de 10° com a horizontal. O comprimento mínimo das ancoragens sistemáticas é igual a 4,0m e os espaçamentos horizontal e vertical são respectivamente iguais a 2,25m e 2,0m.

O comprimento das ancoragens sistemáticas foi alterado para 6,0m na primeira e segunda linhas, sentido da crista para a bancada. A terceira linha, localizada próxima ao patamar da bancada, permaneceu com 4,0m de comprimento. Os espaçamentos horizontal e vertical não sofreram alteração e se mantiveram respectivamente iguais a 2,25m e 2,0m.

Desta forma, foram analisadas as intervenções de estabilização, mantendo-se o arranjo de chumbadores sistemáticos executados com barras de aço tratadas contra a corrosão e rosqueadas RT-03 01” do fabricante RESINEX, com diâmetro nominal de 23,3mm e carga de trabalho de 166kN em furos de 95mm de diâmetro, inclinados de 10° com a horizontal.

A análise de estabilidade do talude superior foi realizada pelo Método de Equilíbrio Limite, utilizando o Método de Spencer, por meio do programa numérico Slope/W do pacote GeoStudio 2007, considerando 3 seções típicas em função do material dominante na área do talude superior, a saber:

- i. Seção 4, na região da direita hidráulica do talude, composta por solo residual e inclinação de 60°;
- ii. Seção 6, na região central do talude, composta por solo residual e base com 1m de espessura de rocha alterada e inclinação de 70°;
- iii. Seção 9, na esquerda hidráulica do talude, composta por solo residual e inclinação de 64°.

O perfil geológico-geotécnico foi inferido com base nas trincheiras abertas no local, perfurações para instalação de chumbadores/grampos e observações feitas durante visitas de inspeção dos responsáveis pelo ATO. Não foi observado nível d'água no local.



A Tabela 1 apresenta os valores dos parâmetros de resistência adotados para as camadas de solo e rocha alterada, constituintes do talude superior. Os valores foram adotados com base nos resultados de ensaios de laboratório realizados reportados no Relatório BP-U-6081-171000 - GPHI - PJ77 - MC-415-03-301-R2 (GEOPHI), calibrados com bibliografia especializada e experiência da projetista.

Tabela 1. Parâmetros do material do talude superior.

Material	Parâmetros		
	Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )	Coesão (kPa)	Ângulo de Atrito (°)
Solo	18	7	37
Rocha Alterada	18	15	40

Uma sobrecarga de 20kPa foi considerada com a finalidade de representar a estrada de acesso ao CI, conforme preconiza a NBR 11682:2009 – Estabilidade de Encostas.

Foram mantidas as características dos chumbadores e o arranjo do projeto executivo original, com espaçamentos horizontal igual a 2,25m e vertical igual a 2,00m, exceto pela alteração do diâmetro mínimo do furo de 75mm para 95mm e o comprimento do chumbador de 4,0m para 6,0m nas duas primeiras linhas de chumbadores.

Os fatores de segurança obtidos com o novo perfil geológico e nova intervenção, tanto nas condições estáticas (sem sismo) e pseudo estáticas (com sismo), atendem ao exigido pela norma NBR 11682:2009 (sem sismo) e pela literatura internacional (com sismo), conforme sumariado na Tabela 2.

Tabela 2. Fatores de Segurança das seções típicas do talude superior.

Seções	FS – Análise Estática	FS – Análise Pseudo Estática
S4	1,44	1,30
S6	1,53	1,36
S9	1,85	1,63

Análises adicionais foram desenvolvidas para a seleção do revestimento metálico mais adequado para as novas condições geotécnicas do trecho superior do talude, realizadas com o auxílio do programa MACRO Studio Beta, desenvolvido pela Maccaferri (domínio público).



O MACRO Studio Beta é baseado no princípio de equilíbrio limite e tem o objetivo de aumentar a estabilidade superficial do maciço e impedir ou controlar os deslocamentos de detritos, lascas e blocos rochosos.

O programa permite o dimensionamento dos espaçamentos de chumbadores em função da resistência e deformabilidade da tela, para que os fatores de segurança desejados sejam atendidos.

A intervenção de estabilização e proteção do talude em solo e rocha alterada foi dimensionada com tela metálica MacSteel HR30 PVC (MACCAFERRI) ou similar com arranjo de chumbadores sistemáticos, previamente estabelecido nas análises de estabilidade estáticas e pseudo estáticas.

A tela de alta resistência MacSteel HR30 PVC, pertencente à classe MacSteel – Galmac 4R-P, é um geocomposto metálico que consiste na associação de cabos de aço dispostos longitudinalmente a uma malha hexagonal de dupla torção, produzida com arames de aço de baixo teor de carbono, com liga GalMac® 4R e adicionalmente revestidos com polímero e a uma geomanta 3D soldada em todos os pontos de contato. Este produto foi especialmente desenvolvido para obras de engenharia, com a finalidade de revestir taludes evitando o desprendimento e queda de rochas, minimizar erosões e favorecer o desenvolvimento de vegetação.

A malha hexagonal de dupla torção é tecida com arame de aço de baixo teor de carbono, com diâmetro igual a 2,7mm, revestida com Galmac 4R é associada aos cabos de aço tipo 6x7 +WSC, dispostos longitudinalmente a cada 30cm e à geomanta 3D de polipropileno, os quais são entrelaçados durante o processo de fabricação, resultando em um único produto de alta resistência. O elemento de dupla torção garante a integridade da tela em condições de quebras de arames ou danos acidentais, visto impedir o desenrolamento da malha. O cabo de aço de diâmetro igual a 6mm é galvanizado e recoberto por PVC de 2mm, oferecendo uma extensão considerável na vida da obra, mesmo em ambientes adversos. A geomanta 3D de polipropileno auxilia o desenvolvimento de vegetação, contribuindo para uma estética mais harmônica do sistema instalado com o meio ambiente.

A tela MacSteel HR30 PVC apresenta resistência à tração longitudinal de 118kN/m, com deslocamento igual a 430mm em ensaio normatizado pela UNI 11437. O produto é acompanhado por certificados de teste emitidos por instituto técnico independente e realizados em conformidade com as normas técnicas vigentes.

O sistema é ancorado pelos mesmos chumbadores especificados nas análises de estabilidade estáticas e pseudo estáticas, desenvolvidas sem revestimento metálico. Os chumbadores são compostos de barras de aço tratadas contra a corrosão e rosqueadas RT-03 01” do fabricante RESINEX, com diâmetro nominal de 23,3mm e carga de trabalho de 166kN em furos de 95mm de diâmetro, inclinados de 10º com a horizontal.

A injeção dos chumbadores em rocha é realizada com calda (nata) de cimento (fck igual ou superior a 20MPa).

O cabo de topo para suporte e fixação das telas MacSteel HR30 PVC é em aço com 1770MPa de tensão de escoamento e diâmetro igual a 16,0mm.

Os parâmetros de entrada para o dimensionamento do sistema de tela metálica com chumbadores correspondem às condições geométricas mais críticas do talude e espessura instável estimada pelas análises de estabilidade de cunhas e blocos formados pelas juntas do maciço rochoso.

A junta adotada para análise corresponde à junta considerada mais crítica em função das características do talude. Os parâmetros de resistência da parede da junta crítica foram avaliados em função das observações de campo (tipo litológico dominante, grau de alteração, rugosidade e presença de material de preenchimento).

De forma análoga, o valor da resistência ao arrancamento ou tensão de adesão nata-rocha do chumbador foi estimado considerando os ensaios executados nos grampos/chumbadores de sacrifício nas áreas representativas dos materiais da encosta. Os ensaios foram realizados conforme as especificações técnicas da GEOPHI Engenharia. As Figuras 14 e 15 apresentam os sistemas adotados para a realização dos ensaios de arrancamento em solo residual maduro e rocha muito alterada.

A Tabela 3 resume os valores de resistência ao arrancamento dos chumbadores/grampos obtidos da interpretação dos resultados de ensaios.

Tabela 3. Valores de resistência ao arrancamento obtidos de ensaios executados na obra.

Ensaio	Trecho/Material	Carga Máxima	Resistência ao arrancamento
01	Seção 10 - Solo residual	19,2 tf	170,6 kPa
02	Seção 3 - Rocha muito alterada	22,5 tf	200,0 kPa
03	Seção 6 - Rocha alterada	30,0 tf	266,6 kPa





Figura 14. Ensaio de arrancamento – Chumbador 01 em solo residual – Seção 10.



Figura 15. Ensaio de arrancamento – Chumbador 02 em rocha muito alterada – Seção 2.

Cód O&M 042/04

Os parâmetros adotados para o dimensionamento são apresentados na Tabela 4. A memória de cálculo do revestimento com tela metálica e chumbadores é apresentada no Quadro 1.

Tabela 4. Parâmetros geotécnicos adotados para o dimensionamento – Talude Superior.

Parâmetro	Valor
Inclinação do talude	70°
Espessura do talude potencialmente instável	2,0 m
Espessura de transição do talude	0,3 m
Peso específico da rocha alterada	25,0 kN/m <sup>3</sup>
Inclinação da junta crítica	50°
Resistência à compressão da junta crítica JCS	5,0 MPa
Coeficiente de rugosidade da junta crítica JRC	0,1
Tela metálica	MACSTEEL HR30 PVC ou similar
Resistência à tração mínima da tela metálica	118,0 kN/m
Deslocamento máximo admissível da tela metálica	0,43 m
Barra de aço do chumbador	RESINEX RT - 03 ou similar
Diâmetro nominal da barra de aço	23 mm
Tensão de escoamento da barra de aço	756 MPa
Resistência ao arrancamento do chumbador-rocha alterada	0,20 MPa



Quadro 1. Dimensionamento do revestimento com tela Macsteel HR30 PVC e chumbadores – Talude superior.

## MACRO Studio · MACRO 1 Revestimento Cortical

Rock and Soil Slope Protection Design Software

**MACCAFERRI**

www.maccferri.com

Cliente **ELETRONUCLEAR / PJ77**

pag. 1 of 2

### ● Informações de Projeto

Titulo	Descrição
TALUDE - REFORÇO SUPERIOR	Configuração final e condições geológicas as built
Numero PJ77	Talude superior com solo na crista
Cliente ELETRONUCLEAR	
Autor/projetista GEOPHI Engenharia	

### ● Dados de Entrada

#### Talude Rochoso

Inclinação do talude [°]	70
Espessura da instabilidade [m]	2.00
Densidade da rocha [kN/m³]	25.00
Espessura de Transição do maciço [m]	0.30

#### Descontinuidade crítica

Inclinação	50
Resistência à compressão JCS [MPa]	5.00
Rugosidade JRC	0.10

#### Aceleração sísmica

Coefficiente sísmico horizontal	0.10
---------------------------------	------

#### Malha

Tipo de Malha	<b>Steelgrid HR 30 PVC</b>
Resistência à tração [kN/m]	118.00
Deslocamento máximo aceitável [m]	0.28

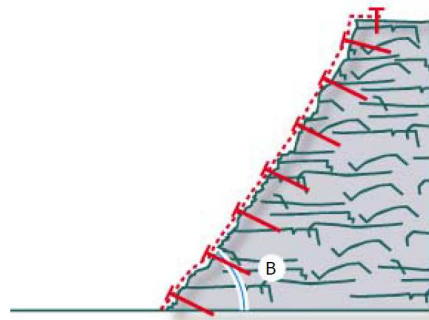
#### Barra de Ancoragem

##### Geometria

Distância horizontal entre ancoragens [m]	2.25
Distância vertical entre ancoragens [m]	2.00
Inclinação da barra com a horizontal	10

##### Tipo de Ancoragem

Tipo de barra	<b>Resinex RT - 03</b>
Diâmetro interno [mm]	0
Diâmetro externo [mm]	23
Espessura de corrosão [mm]	0
Tensão de escoamento do aço [MPa]	756
Tensão de adesão nata-rocha [MPa]	0.20



#### Coefficientes de Segurança

Incerteza sobre a espessura da camada instável	1.20
Incerteza sobre a densidade da rocha	1.01
Incerteza sobre a agressividade do meio-ambiente	1.02
<b>Resultante da redução das forças estabilizantes</b>	<b>1.24</b>
Morfologia do talude	1.05
Cargas externas	1.02
<b>Resultante do aumento das forças solicitantes</b>	<b>1.07</b>
<b>Coefficiente de segurança global</b>	<b>1.33</b>
Coefficiente de redução da resistência da malha	2.50
Coefficiente de redução para o deslocamento máximo	1.20
Coefficiente de redução para a resistência do aço	1.16
Coefficiente de redução para a adesão nata-rocha	1.50

MACRO Studio | Copyright© Maccaferri 2012-2016 | 2.5.05 BRA | 2016 | Notice: Maccaferri is not responsible for the drawings and the calculations transmitted, since they should be intended as general design outlines and advice, aiming only to the best use of the products.

Quadro 1(cont.). Dimensionamento do revestimento com tela Macsteel HR30 PVC e chumbadores – Talude superior.

## MACRO Studio · MACRO 1 Revestimento Cortical

Rock and Soil Slope Protection Design Software

**MACCAFERRI**

www.maccaferri.com

Cliente **ELETRONUCLEAR / PJ77**

pag. 2 of 2

### • Resultados / Verificações

#### Verificação de Ancoragem

**1.32** Satisfatório

#### Verificação de Malha (ELU)

**5.23** Satisfatório

#### Verificação de Malha (ELS)

**1.86** Satisfatório

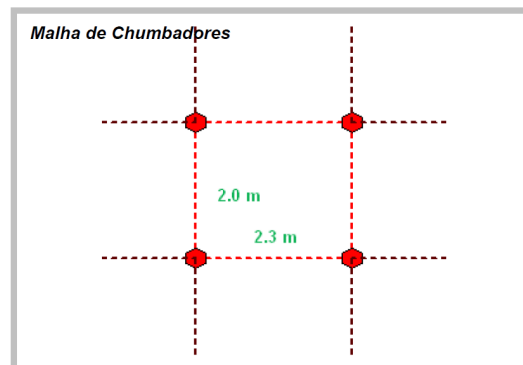
#### Dimensionamento das ancoragens

Forças estabilizantes [kN]	309.96
Forças solicitantes [kN]	234.47
Relação entre forças estabilizantes/solicitantes	1.32
Ângulo entre a perpendicular do talude e a barra	10.00
Resistência mínima aceitável do aço [MPa]	651.72
Seção efetiva da barra [mm <sup>2</sup> ]	415.48
Forças estabilizantes no plano de deslizamento - Por ancoragem [kN]	156.50
Diâmetro mínimo de perfuração (Nominal) [mm]	95.00
Força de arrancamento da ancoragem devido à carga na malha [kN]	6.81
Força de arrancamento da ancoragem devido à instabilidade global [kN]	14.07
Força de arrancamento máxima (total) [kN]	14.07
Comprimento mínimo da barra na rocha sã [m]	0.40
Comprimento mínimo da barra na camada instável [m]	2.20
Comprimento mínimo total da barra [m]	2.90

#### Estado de serviço

Deslocamento máximo aceitável [m]	0.23
Deslocamento da malha calculado [m]	0.13
Relação do deslocamento	1.86

#### Geometria

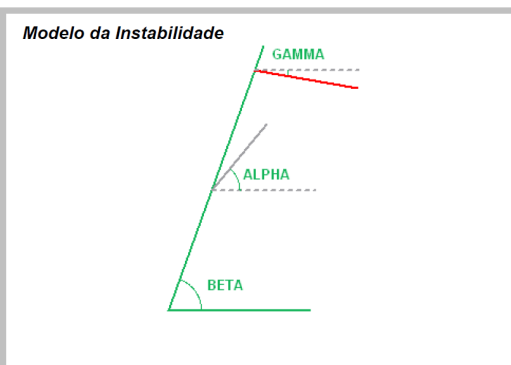


#### Dimensionamento da malha

Resistência à tração admissível da malha [kN/m]	47.20
Resistência à tração máxima solicitando a malha [kN/m]	9.03
Relação Força-Resistência	5.23
Volume instável potencial na falha - Caso A [m <sup>3</sup> /m]	0.73
Volume instável potencial na falha - Caso B [m <sup>3</sup> /m]	0.00
Volume instável potencial na falha - Caso C [m <sup>3</sup> /m]	0.00
Volume máximo de rocha que pode deslizar entre as ancoragens [m <sup>3</sup> /m]	0.73
Peso máximo de rocha que pode deslizar entre as ancoragens [kN/m]	18.20
Soma das forças solicitantes atuantes no plano de deslizamento [kN/m]	16.17
Soma das forças estabilizantes atuantes no plano de deslizamento [kN/m]	10.12
Forças de punção atuantes na malha [kN]	4.66
Ângulo médio entre o plano de deformação da malha com a horizontal	6.75

#### Características da instabilidade

Pressão média na superfície de deslizamento [MPa]	0.03
Dilatação inicial da junta descontinuidade crítica	0.07
Volume total instável controlado por cada ancoragem [m <sup>3</sup> ]	9.00
Peso total instável controlado por cada ancoragem [kN]	225.00



MACRO Studio | Copyright© Maccaferri 2012-2016 | 2.5.05 BRA | 2016 | Notice: Maccaferri is not responsible for the drawings and the calculations transmitted, since they should be intended as general design outlines and advice, aiming only to the best use of the products.



O comprimento de ancoragem do chumbador ( $L_a$ ) é determinado conforme Bustamante & Doix (1985):

$$L_a = \frac{T.k}{D \cdot \pi \cdot q_s} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

T : carga axial máxima mobilizada no chumbador;

D : diâmetro do furo do chumbador;

k : Fator de majoração da carga axial do chumbador;

$q_s$  : resistência ao arrancamento do chumbador do contato nata/resina-rocha.

$$L_a = \frac{187,8}{0,095 \cdot \pi \cdot 200} = 3,15 \text{ m}$$

O comprimento total (L) mínimo do chumbador é expresso por:

$$L = L_a + L_{inst} + L_{trans} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde,

$L_a$  : comprimento mínimo de ancoragem;

$L_{inst}$  : espessura da camada instável;

$L_{trans}$  : espessura da camada de transição.

Portanto, o comprimento total (L) mínimo do chumbador é:

$$L = L_a (3,2 \text{ m}) + L_{inst} (2,0 \text{ m}) + L_{trans} (0,3) = 5,5 \text{ m}$$

O comprimento total (L) dos chumbadores é adotado igual a 6,0m, de forma análoga ao dimensionado por meio das análises de estabilidade das seções 2, 6 e 9.

Desta forma, o revestimento estabilizador para o talude superior apresenta o arranjo típico de chumbadores com espaçamentos horizontal igual a 2,25m e vertical igual a 2,00m e comprimento igual a 6,0m, garantindo um Fator de Segurança de 1,32 para o sistema de chumbadores, de 5,23 para a tela no estado limite último e de 1,86 para a tela metálica em estado limite de serviço, em condições com sismo.

## 5. CONCLUSÕES

As principais conclusões deste relatório técnico são:

1. O projeto executivo original foi alterado em função das condições encontradas no maciço do talude superior, tendo sido previsto o domínio de rocha alterada a rocha de boa qualidade com espessura de solo reduzida na crista. Nas escavações iniciais foram identificados solo residual maduro e solo residual jovem

em grande extensão do talude e reduzida camada de rocha muito alterada na sua porção mais central e localizada na base, próximo à bancada da Cota 31m;

2. As alterações de projeto executivo para projeto as built em toda a extensão do talude superior (crista a bancada da cota 31m) são:

i. Retaludamento para suavização do talude subvertical original com 83°, sendo condicionado a área disponível de crista do talude, sem interferir nas infraestruturas existentes. Portanto, o retaludamento foi executado em trechos distintos com inclinação variando de 45° a 83°, conforme Relatório Topográfico;

ii. Os chumbadores foram executados com barras de aço do tipo RESINEX RT-03, tratadas contra a corrosão e rosqueadas, com diâmetro nominal de 23,3mm e carga de trabalho igual a 166kN, em furos de diâmetro igual a 95mm, com bainha e reinjeção com nata de cimento, atendendo às especificações da projetista;

iii. O arranjo de chumbadores apresenta espaçamento horizontal igual a 2,25m e vertical igual a 2,0m. As duas primeiras linhas (sentido da crista para a bancada) são compostas por chumbadores com 6,0m de comprimento, sendo a terceira e última linha composta por chumbadores de 4,0m de comprimento;

iv. O talude superior é completamente revestido por tela metálica de alta resistência MACSTEEL HR30 PVC, garantindo reforço estabilizador para camada mais superficial do talude e proteção contra a erosão da face;

3. A proteção da face do talude superior será realizada com a tela MACSTEEL HR30 PVC, em substituição à tela metálica simples de dupla torção do projeto original, e sobre ela a tela HEA 300, originalmente projetada;

4. Os Fatores de Segurança relativos à estabilidade do talude superior com o reforço por chumbadores variam de 1,44 a 1,85 em condições estáticas e de 1,30 a 1,63 em condições pseudo estáticas, considerando ações de sismos, atendendo ao preconizado nas normativas brasileiras de taludes e de operação do complexo da CNAAA;

5. Os Fatores de Segurança do sistema de reforço e proteção com tela metálica e chumbadores sistemáticos, em condições pseudo estáticas, são iguais a 1,32 para o sistema de chumbadores, 5,23 para a tela no estado limite último e 1,86 para a tela metálica em estado limite de serviço, atendendo confortavelmente às recomendações das normas brasileiras.