

São Paulo 27 de Junho de 2022

À

**CESAMA - Companhia de Saneamento Municipal**

Av. Barão do Rio Branco n.º 1843 - 8º ao 11º andares

Juiz de Fora - MG

At.: Eng.º Marcelo Mello do Amaral

Prezados Senhores

## 1. Introdução

Desincumbindo-nos da solicitação de V.Sas., vimos apresentar relatório de inspeção técnica efetuada no dia 26 de Maio de 2022 ao canal de descarga da Barragem Chapéu D'Uvas, localizada nas proximidades do município de Ewbank da Câmara, Estado de Minas Gerais.

## 2. Conhecimento da situação

Em atendimento à V. solicitação, em 26 de Maio de 2022 efetuamos inspeção técnica ao canal de descarga da Barragem Chapéu D'Uvas, motivada pela ocorrência de escorregamento no trecho do talude terroso localizado na parte superior da lateral direita do canal de descarga da Barragem Chapéu D'Uvas, sob administração da CESAMA.

Conforme informações fornecidas por V.Sas., este escorregamento ocorreu em maio de 2022, ao final do último período de chuvas, atingindo cerca de 20 m de extensão em sua crista, cerca de 40 m de extensão em sua base e no entorno de 20 m de altura, com o material escorregado depositando-se no topo ( em sua grande parte ) e no interior do canal em concreto. Este canal de descarga em concreto armado foi implantado integralmente em rocha.

Apresenta-se a seguir imagens orbitais da Barragem Chapéu D'Uvas e do seu canal de descarga (fonte: Google Earth), bem como ortofoto e foto do escorregamento logo após o evento fornecidas pela CESAMA.

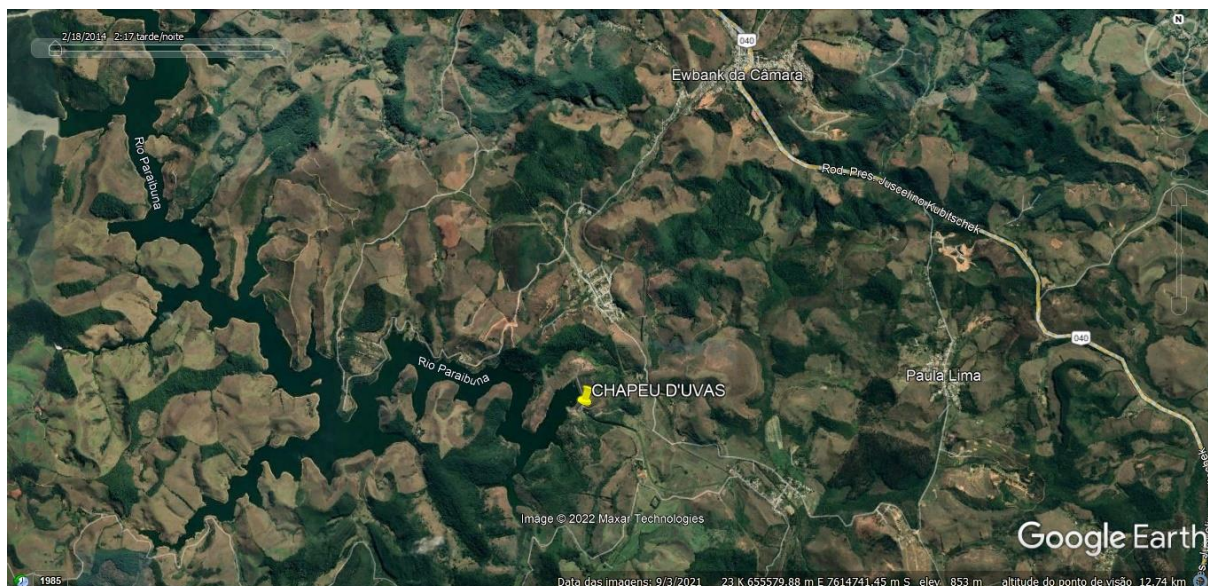


Imagem 1 - Imagem orbital da Barragem Chapéu D'Uvas (fonte:Google Earth)



Imagem 2 - Imagem orbital mais detalhada da Barragem Chapéu D'Uvas (fonte:Google Earth), com o local do escorregamento indicado com pino amarelo.





Foto 1 - Ortofoto fornecida pela CESAMA, com o canal de descarga do vertedouro tipo tulipa.



Foto 2 - Foto do escorregamento tirada logo após o evento (foto fornecida pela CESAMA).



### 3. Contexto geológico do local

O canal de descarga está localizado no Complexo Mantiqueira (PP2ma) com ocorrência de anfibólio-biotita ortogneisse bandado. O gnaissé é uma rocha metamórfica, formada pelo metamorfismo do granito, ou de rochas sedimentares quartzo-argilosas, frequentemente exibindo bandamento e contendo quartzo e feldspatos, intercalados com leitos que contém minerais mais escuros, como biotita e anfibólio.

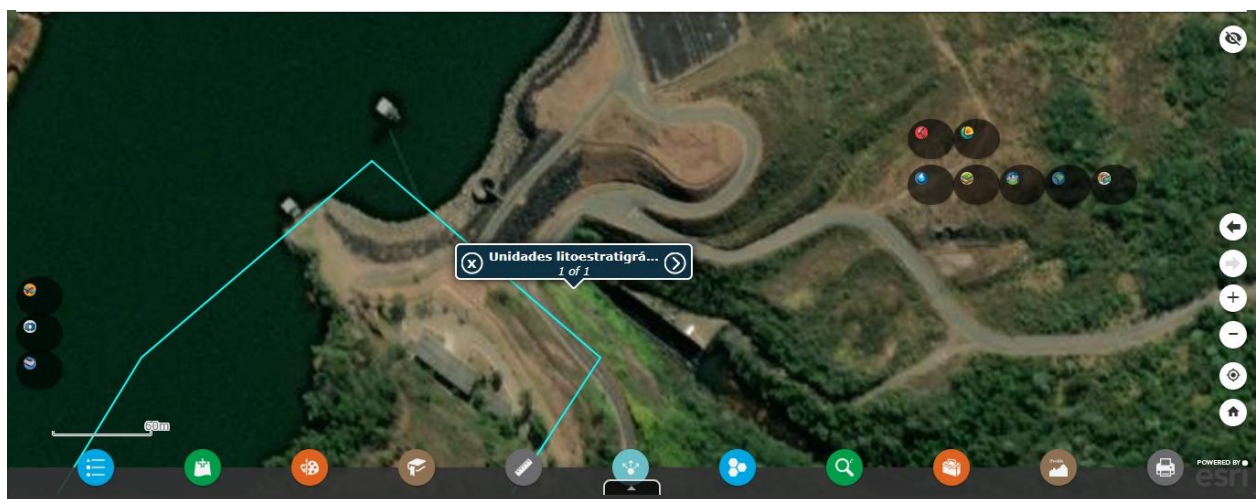


Figura 1 - Unidade litoestratigráfica (fonte <https://geoportal.cprm.gov.br/geosgb>)

| Unidades litoestratigráficas - 1:1.000.000 [2004]: PP2magn |   |
|--|---|
| Id da unidade  | 3.046,00  |
| Sigla da unidade   | PP2magn   |
| HIERARQUIA   | Unidade   |
| Nome da unidade  | Unidade Mantiqueira, ortogneisse migmatítico  |
| Ambiente tectônico   |   |
| Sub-ambiente tectônico                                     |   |
| Sigla da unidade pai                                       | PP2ma   |
| Nome da unidade pai  | PP2ma - Complexo Mantiqueira  |
| Legenda  | Anfibólio-biotita ortogneisse bandado, de granulação predominantemente média, coloração acinzentada, migmatizado em intensidades diversas. Consiste essencialmente de hornblenda, biotita, plagioclásio e quartzo. Os minerais acessórios mais comuns são zircão, apatita, titanita, allanita e minerais opacos. A paragenese mineral deste litotipo é diagnóstica para a fácies anfibolito. Estruturas migmatíticas do tipo schollen, schlieren, dobrada, acamadada e surreítica são comuns. Corpos de anfibolito decimétricos a centimétricos, concordantes com o bandamento, estrados e/ou boudinados, são frequentes. Além dos anfibolitos, são encontradas porções pegmatóides de composição granítica e veios de quartzo com cristais centimétricos de biotita. |
| Escala   | 1:1.000.000   |
| Mapa   | Carta geológica da folha Rio de Janeiro   |
| Litótipos  | Anfibolito, Hornblenda-biotita gnaissé  |
| RANGE  | PP2   |
| Idade mínima   | 2.050   |
| Idade máxima   | 2.300   |
| Eon mínimo   | Proterozóico  |
| Eon máximo   | Proterozóico  |
| Era mínima   | Paleoproterozóico   |
| Era máxima   | Paleoproterozóico   |

Figura 2 - Descrição geológica (fonte <https://geoportal.cprm.gov.br/geosgb>)

O desenho “Estudos Geotecnológicos” do Projeto de Canalização do Rio Paraibuna-Barragem de Chapéu D’Uvas (Departamento Nacional de Obras de Saneamento - 7º DRS-Residência de Juiz de Fora - Out/1975 ) confirma a ocorrência de gnaissé no substrato local, conforme imagens fornecidas pela CESAMA e apresentadas a seguir.

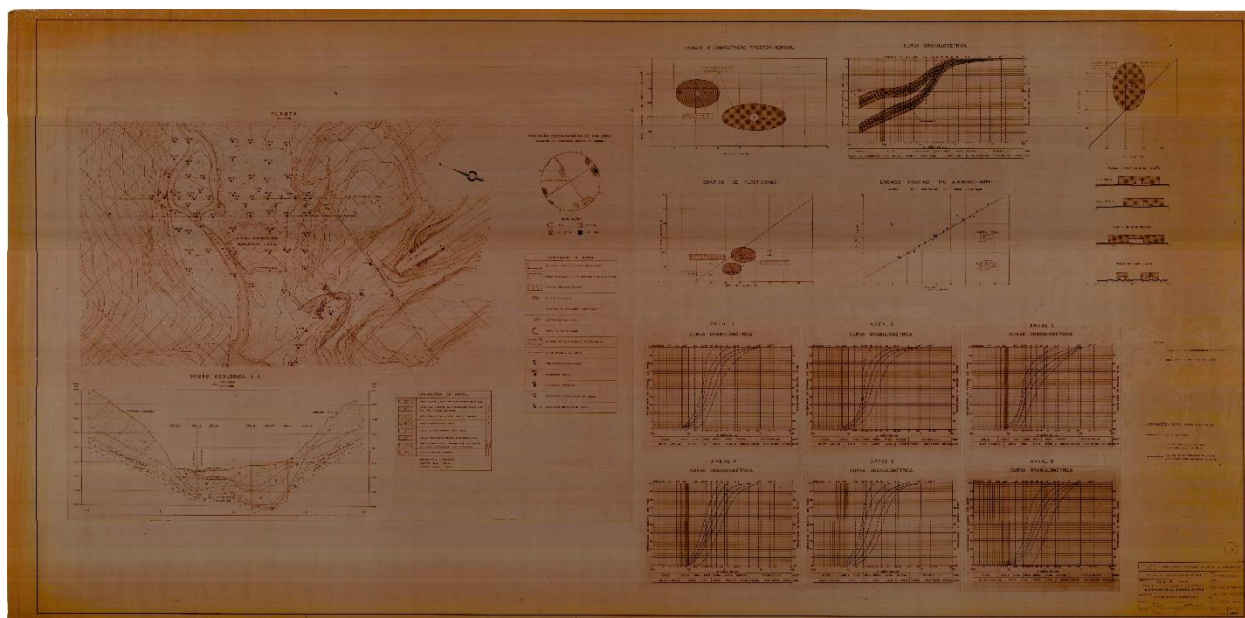


Figura 3 - Desenho “Estudos Geotecnológicos” do Projeto de Canalização do Rio Paraibuna-Barragem de Chapéu D’Uvas (Departamento Nacional de Obras de Saneamento - 7º DRS-Residência de Juiz de Fora - Out/1975 ), fornecido pela CESAMA.

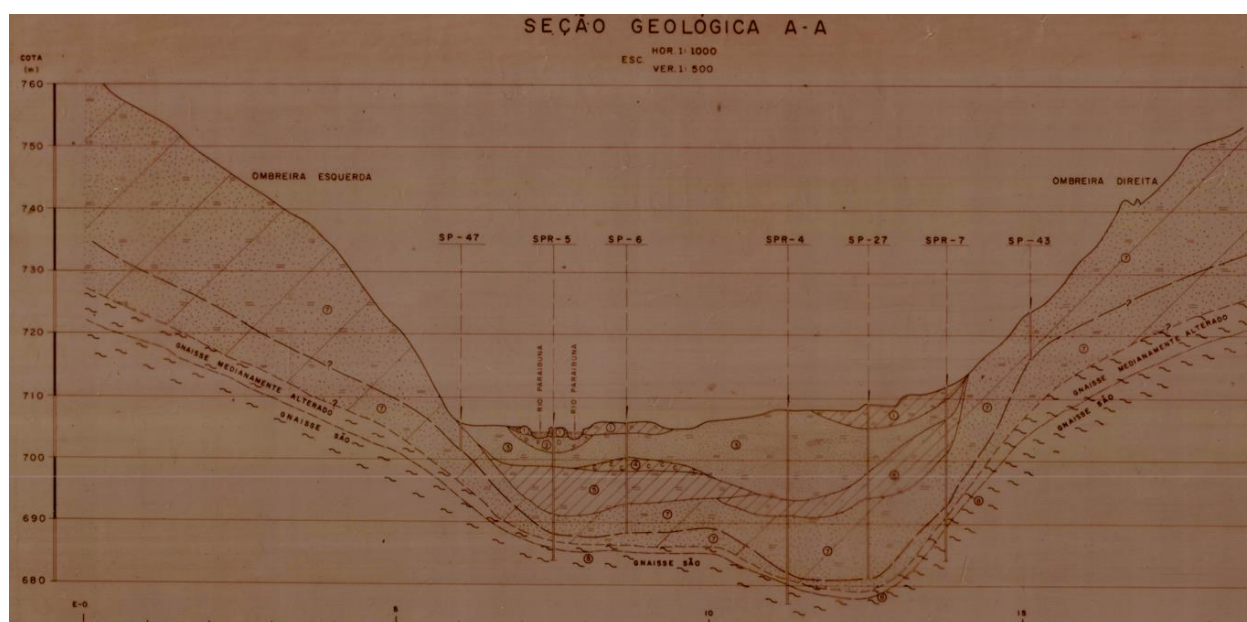


Figura 4 - Seção geológica constante no Desenho “Estudos Geotecnológicos” do Projeto de Canalização do Rio Paraibuna-Barragem de Chapéu D’Uvas (Departamento Nacional de Obras de Saneamento - 7º DRS-Residência de Juiz de Fora - Out/1975 ), fornecido pela CESAMA.

Tanto na face remanescente do escorregamento quanto nos taludes das proximidades foi possível constatar estrutura reliquiar no solo resultante do bandamento do gnaiss, conforme Foto 3.





Foto 3 - Estrutura reliquiar no solo resultante do bandamento do gnaíse.

#### 4. Constatações colhidas por ocasião da inspeção

O escorregamento - que atingiu cerca de 20 m de extensão em sua crista, cerca de 40 m de extensão em sua base e no entorno de 20 m de altura - ocorreu no talude terroso localizado acima do canal de descarga (Foto 4). Este talude tinha cerca de 45° de inclinação, com presença de corte vertical em rocha gnáissica no seu pé.



Foto 4 - Vista do escorregamento por ocasião da inspeção.



À direita do escorregamento (de quem o vê de frente) há uma estrutura de contenção atirantada com cerca de 20 m de altura, apoiada na rocha gnáissica (Foto 5). Abaixo dela, há o túnel - escavado na rocha - de descarga do vertedouro tipo tulipa (Foto 6).



Foto 5 - Cortina atirantada à direita do escorregamento.



Foto 6 - Túnel de descarga, escavado na rocha, localizado abaixo da cortina atirantada.



À montante do escorregamento há uma via de acesso pavimentada, que se apresentava íntegra, sem fissuras, trincas ou recalques, por ocasião da inspeção (Foto 7).



Foto 7 - Via de acesso pavimentada íntegra à montante do escorregamento.

Na escarpa do escorregamento observou-se nitidamente plano de fratura caracterizado pela superfície planar e lisa, perpendicular ao bandamento da estrutura reliquiar da rocha gnáissica (Foto 8).



Foto 8 - Vista da escarpa do escorregamento, com plano de fratura indicada em amarelo.



A porção superior deste plano de fratura apresentava manchas escuras indicando que possivelmente esta fratura estava sob influência de infiltração de águas pluviais ao longo do tempo (Imagem 3 e Foto 9).



Imagem 3 - Imagem retirada do vídeo efetuado por drone, fornecido pela CESAMA, mostrando a região com mancha escura no plano de fratura.



Foto 9 - Vista do plano de fratura, com mancha escura na sua porção superior.



O corte vertical da rocha gnáissica no pé do talude rochoso tem altura no entorno de 5 m na sua extremidade direita e junto à cortina atirantada, diminuindo sua altura em direção à esquerda do talude (Foto 10). Havia surgência de água junto ao material do escorregamento depositado na crista do canal de descarga, provavelmente proveniente do contato solo-rocha (Foto 11 a Foto 13).



Foto 10 - Indicação (em amarelo) do topo do corte vertical da rocha, cuja altura diminui da direita (junto à cortina atirantada) para a esquerda.



Foto 11 - Surgência de água pelo material depositado no topo do canal.





Foto 12 - Surgência de água pelo material depositado no topo do canal. Superfície da rocha úmida.



Foto 13 - Surgência de água pelo material depositado no topo do canal.



Com base nestas constatações, o escorregamento ocorreu, provavelmente, pelos seguintes fatos:

- Presença do plano de fratura no talude terroso, conforme estrutura reliquiar da rocha mãe, alvo de infiltrações de águas pluviais ao longo do tempo, que veio gradativamente denegrindo os parâmetros de resistência do maciço.
- Surgência de água no pé do talude terroso, advinda pelo contato solo-rocha, saturando o maciço e denegrindo os parâmetros de resistência do pé do maciço.
- Ocorrência de intensas chuvas por ocasião das estações chuvosas, saturando todo o maciço terroso e denegrindo os parâmetros de resistência de todo o maciço.

Estes fatos vinham ocorrendo de forma cíclica ao longo do tempo, desde a implantação do canal de descarga. O escorregamento ocorreu devido às forças solicitantes do maciço terroso saturado suplantarem as suas forças resistentes que vinham se denegrindo ao longo do tempo. Este processo foi ilustrado por Mihail E. Popescu, que apresenta em seu artigo "Landslide Causal Factors and Landslide Remedial Options" ( 2002 ) um gráfico qualitativo onde mostra a degradação do fator de segurança de um talude ao longo do tempo.

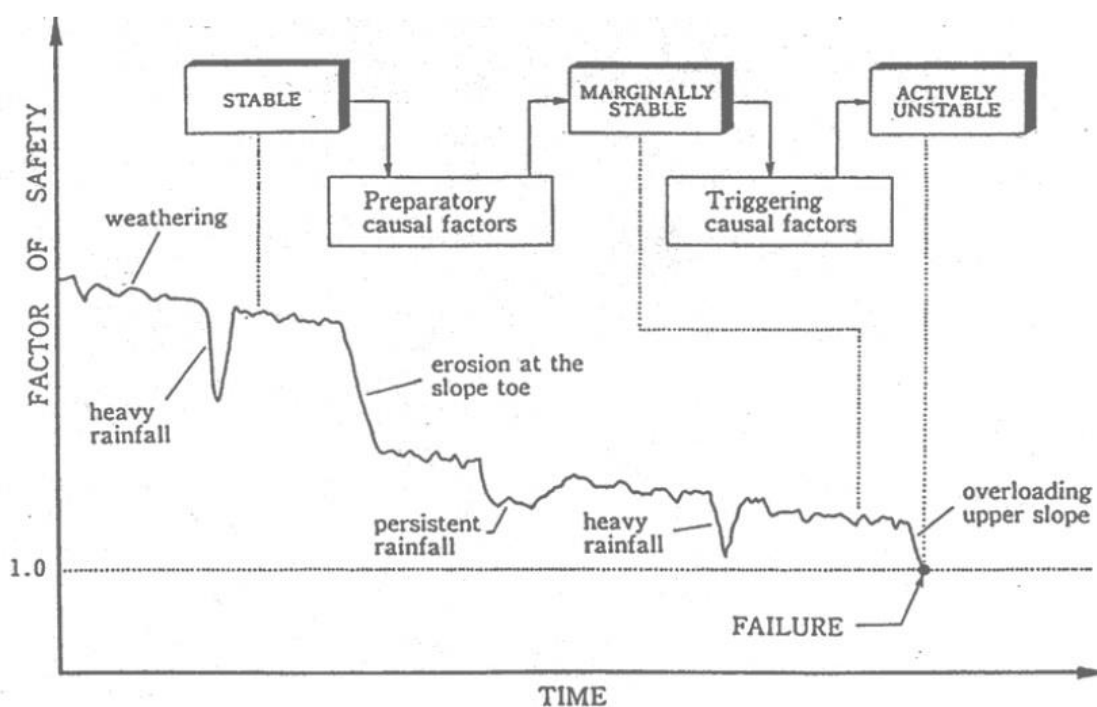


Figura 5 - Gráfico qualitativo da degradação do Fator de Segurança ao longo do tempo ( Popescu-2002 ).



Não se pode descartar a possibilidade da ocorrência de outros escorregamentos no trecho adjacente do talude, à sua esquerda, uma vez que há sinais já instalados no local (e.g. árvores inclinadas na pendente, pequenas escarpas no topo do talude) que evidenciam a probabilidade disso ocorrer.



Foto 14 - Vista do talude à esquerda do escorregamento, com árvores inclinadas indicadas em amarelo.



Foto 15 - Detalhe da Foto 14, mostrando as árvores inclinadas.





Foto 16 - Pequena escarpa sob a vegetação, indicada pelas setas amarelas.

A despeito de não ser objetivo da inspeção técnica solicitada, efetuamos também uma inspeção visual da contenção atirantada, uma vez que ela se encontra muito próxima ao escorregamento ocorrido no talude terroso, sendo uma estrutura de extrema importância para a segurança e integridade da Barragem Chapéu D'Uvas.

Não constatamos indícios de instabilidade desta contenção, cujas evidências (e.g. desalinho visível da contenção, cabeças dos tirantes danificadas, fissuras e trincas no platô acima da contenção, deformações da face da contenção, entre outros ) estavam totalmente ausentes. Havia surgência de água através dos drenos instalados na face da contenção, principalmente na sua porção inferior, próximo ao contato com a rocha (Foto 17 e Foto 18).

Mesmo não tendo constatado evidências visuais que indicassem eventual problemas de integridade e segurança desta contenção atirantada, processos internos de degradação da resistência do concreto bem como dos tirantes protendidos podem estar instalados, sendo impossíveis de serem detectados numa inspeção visual, razão pela qual recomendamos uma avaliação mais minuciosa conforme explanada em nossas conclusões.





Foto 17 - Topo da contenção atirantada, sem desalinho visível.



Foto 18 - Cabeças dos tirantes íntegras e surgência de água pelos drenos.



## 5. Conclusões e medidas mitigadoras

Com base nas evidências constatadas por ocasião da inspeção efetuada, o escorregamento ocorrido no talude terroso acima do canal de descarga do vertedouro tipo tulipa se deu pelos seguintes fatos:

- Presença do plano de fratura no talude terroso, conforme estrutura reliquiar da rocha mãe, alvo de infiltrações de águas pluviais ao longo do tempo, que veio gradativamente denegrindo os parâmetros de resistência do maciço.
- Surgência de água no pé do talude terroso, advinda pelo contato solo-rocha, saturando o maciço e denegrindo os parâmetros de resistência do pé do maciço.
- Ocorrência de intensas chuvas por ocasião das estações chuvosas, saturando todo o maciço terroso e denegrindo os parâmetros de resistência de todo o maciço.

Estes fatos vinham ocorrendo de forma cíclica ao longo do tempo, desde a implantação do canal de descarga, culminando na ocorrência do escorregamento ao final desta última estação chuvosa devido às forças solicitantes do maciço terroso saturado suplantarem as suas forças resistentes que vinham se denegrindo ao longo do tempo, processo ilustrado qualitativamente pelo gráfico elaborado por Mihail E. Popescu (Figura 5) apresentado neste relatório.

A despeito de não haver indícios de instabilidade na via de acesso pavimentada localizada à montante deste talude, processos erosivos e de instabilidade da face remanescente do escorregamento podem vir a ocorrer. Face à esta situação, e para salvaguardar as condições de segurança tanto da via de acesso quanto da estrutura de contenção atirantada existente à sua direita, recomendamos a elaboração de projeto de estabilização/contenção deste local, que numa primeira avaliação, salvo melhor juízo, poderia ser em solo grampeado. A elaboração deste projeto deve ser efetuada com a máxima celeridade, de forma a possibilitar a execução das obras de estabilização/contenção do maciço antes do próximo período chuvoso. Com o intuito de proteger provisoriamente a face remanescente do escorregamento e minimizar problemas de saturação do maciço, recomendamos a implantação de lona plástica de grande gramatura em toda a área do escorregamento.

Ressaltamos que novos escorregamentos podem vir a ocorrer no trecho não escorregado localizado à esquerda do presente evento, uma vez que há sinais já instalados no local (e.g. árvores inclinadas na pendente, pequenas escarpas no topo do talude) que evidenciam a probabilidade disso ocorrer.

Com relação à contenção atirantada localizada à direita do escorregamento, não se observou sinais visuais que pudessem indicar problemas de instabilidade nesta



estrutura. Entretanto, processos internos de degradação da resistência do concreto e de corrosão dos tirantes protendidos podem estar instalados, que podem comprometer tanto a integridade quanto a segurança, tendo como consequência a diminuição dos fatores de segurança da contenção e aumento da probabilidade de ocorrência de danos. Face à esta situação, e em concordância com o item 10.d da norma brasileira NBR11682:2009 Estabilidade de encostas que diz que *“No caso de obras com empregos de tirantes, devem ser executados ensaios de verificação de cargas e inspeção da integridade da cabeças, a cada cinco anos, em um número representativo de tirantes, conforme critério a seguir, com sistema bomba, macaco e manômetro aferido ou célula de carga. Os resultados devem ser apresentados ao proprietário da obra com as recomendações cabíveis”*, recomendamos que esta estrutura de contenção seja alvo de verificação de sua integridade e segurança, tanto da estrutura de concreto armado quanto dos tirantes protendidos, através de ensaios específicos de verificação da resistência do concreto e dos níveis de corrosão e de carga dos tirantes.

## 6. Encerramento

Sendo quanto se nos apresentava para o momento, estamos à disposição de V.Sas. para quaisquer esclarecimentos adicionais que se fizerem necessários.

Atenciosamente



eng.º Yoshikazu Oshio



eng.º Jorge Roberto Nouh