

ENCOSTA DO PARQUE DE TRANSFORMADORES E COMPORTAS - APROVEITAMENTO HIDROELECTRICO DE LAUCA

HILLSIDE OF THE TRANSFORMERS AND GATES YARD – HYDROELECTRIC POWER PLANT OF LAUCA

Ferreira, Sandra; *Coba, Consultores de Engenharia e Ambiente, Lisboa, Portugal, s.ferreira@cobagroup.com*

Pistone, Raul; *Coba, Consultores de Engenharia e Ambiente, Lisboa, Portugal, r.pistone@cobagroup.com*

Pinto, José; *Coba, Consultores de Engenharia e Ambiente, Lisboa, Portugal, j.m.pinto@cobagroup.com*

Rebelo, Virgílio; *Coba, Consultores de Engenharia e Ambiente, Lisboa, Portugal, v.rebelo@cobagroup.com*

De Carvalho Thá, Pedro; *Intertechne, Curitiba, Brasil, pdct@intertechne.com.br*

Kraemer, Sérgio Montenegro; *Intertechne, Curitiba, Brasil, smkr@intertechne.com.br*

Estevão, Elias Daniel; *Gamek, Gabinete de Aproveitamento do Médio Kwanza, Luanda, Angola, daniloestevo@gmail.com*

RESUMO

O aproveitamento hidroeléctrico de Laúca, localiza-se a Sul da província do Kwanza Norte, em Angola, é caracterizado por um conjunto de estruturas de grande porte. A estrutura de restituição do circuito hidráulico implica a escavação a céu aberto de uma extensa área, localizada na base de uma grande encosta, devendo a mesma permitir o posicionamento do parque de transformadores e comportas e ainda de outros equipamentos e infra-estruturas. O presente artigo abordará as componentes geológica/geotécnica da escavação e estabilização da totalidade da encosta, com a contribuição das diversas entidades envolvidas.

ABSTRACT

The Laúca Hydroelectric Power Plant, located south of the Kwanza Norte province, in Angola, is characterized by its imposing structures. The outlet structure of the generating hydraulic circuit involves an open excavation of a large area, located at the base of an impressive hillside, which allows the construction of the transformers bays and gates structures and also different types of buildings, equipment and infrastructures. This article addresses the geological / geotechnical components of excavation and stabilization of the entire hillside, with the contribution of the various involved entities.

1 - DESCRIÇÃO GERAL DA OBRA

O aproveitamento hidroeléctrico de Laúca, localiza-se a Sul da província do Kwanza Norte, em Angola. É caracterizado por uma barragem de gravidade em betão compactado com cilindro, com 132m de altura máxima e um circuito hidráulico principal composto por uma tomada de água com seis poços circulares, seis túneis de adução com comprimento médio de cerca de 1900m cada um e uma central principal subterrânea, projectada para seis grupos geradores. Para além do circuito hidráulico principal, o empreendimento conta ainda com uma central ecológica, perfazendo um total de potência instalada de 2070MW. A estrutura de restituição do circuito hidráulico implica a escavação a céu aberto de uma extensa área, localizada na base de uma grande encosta, devendo a mesma permitir o posicionamento do parque de transformadores e comportas e ainda de outros edifícios, equipamentos e infra-estruturas.

No empreendimento e em particular nas escavações da encosta do parque de transformadores e comportas, encontram-se envolvidas diversas entidades, sendo de destacar: a Intertechne, como projectista, a Coba como supervisão técnica do projecto, fiscalização e assistência técnica à obra, por parte do Dono de Obra, GAMEK - Gabinete de Aproveitamento do Médio Kwanza e a construtora CNO – Construtora Norberto Odebrecht como empreiteiro geral da obra.

O prazo de execução da obra constitui um condicionamento muito importante na concepção das soluções e desenvolvimento dos trabalhos. A construção teve início a meio do ano de 2013, devendo estar concluída, no espaço de 4 anos, ou seja em 2017.

2 - ASPECTOS GERAIS DA ENCOSTA DO PARQUE DE TRANSFORMADORES E COMPORTAS

A totalidade da encosta do parque de transformadores e comportas apresenta uma componente geológica e geotécnica muito vasta e abrangente, sendo de destacar, a sua inclinação, o seu desnível topográfico de cerca de 235m, entre as cotas +850,0 m e +615,5 m e a sua extensão de mais de 500m. Toda a encosta

será estabilizada, contudo a actividade de escavação foi apenas realizada abaixo da cota +752,4 m, mantendo-se acima a encosta com a sua geometria natural. Genericamente, essa escavação foi materializada através de bancadas de 12 m de altura, apresentando no total 5 banquetas de largura variável entre 3 m e 6 m, posicionadas entre as cotas +704,4 m e +647,0 m, sendo a inclinação dos taludes, abaixo da cota +704,4 m, de 0,17:1,00 (h:v). Acima desta elevação os taludes de escavação apresentam inclinação variável. Abaixo da cota +674,0 m, a escavação é vertical. Esta escavação acomoda os emboquilhamentos de vários túneis, nomeadamente, 6 túneis de restituição, 6 túneis de barramentos, 2 túneis de acesso e 1 túnel de ventilação (Figura 1).

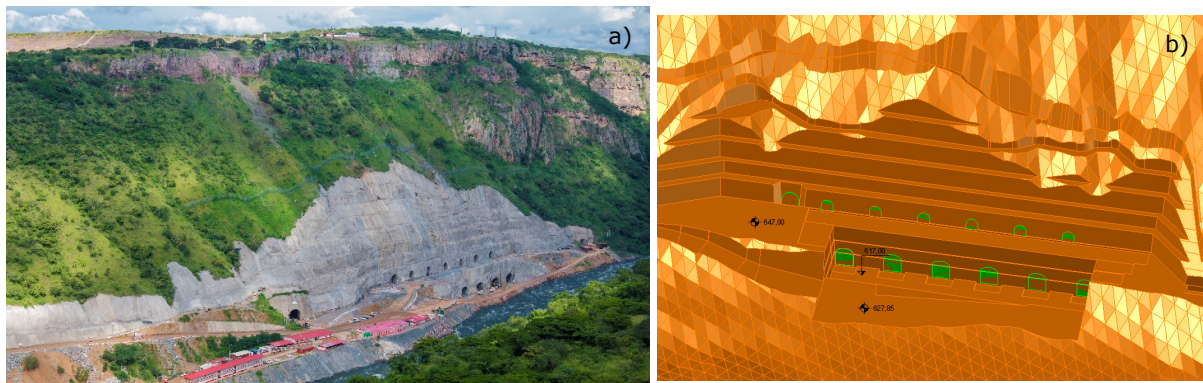


Figura 1 – a) Vista geral da totalidade da encosta (escavações concluídas; soluções de estabilização em curso); b) Modelo 3D da escavação da encosta do parque de transformadores e comportas

Para aceder ao local, provisoriamente e durante a fase de exploração do empreendimento, existe também a necessidade de construir uma estrada de acesso de 4200 m de extensão, dos quais cerca de 770 m necessitam de recorrer a escavações que atingem uma altura máxima da ordem dos 42 m.

3 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA

3.1 - Estudos iniciais

Tendo como condicionamento inicial o apertado prazo de execução e as dificuldades de acesso, os estudos foram desenvolvidos com base na informação possível de obter, ou seja 2 sondagens, perfis geofísicos (7 perfis sísmicos e 7 perfis eléctricos) e visitas ao local. Nesta fase, a necessidade de execução de acessos para realizar as duas sondagens e ainda a escavação do emboquilhamento de um dos túneis de acesso, conduziu à instabilidade dos taludes escavados, na altura considerada como uma ocorrência local face à dimensão da encosta.

Assim sendo, constatou-se que as formações geológicas existentes no local eram essencialmente de carácter rochoso, sendo caracterizadas nas suas cotas superiores (escarpas do topo da encosta) por um maciço sedimentar constituído por rochas areníticas e siltíticas, progredindo em diminuição de cota para um maciço cristalino, constituído por rochas gnaissicas. Foi considerado que o maciço gnaissico se encontrava muito fracturado até cerca de 6 metros de profundidade, na fase inicial do projecto.

As escavações e os tratamentos geotécnicos tiveram início em Julho de 2014. Em simultâneo, procedeu-se à colocação de alguns dispositivos de instrumentação e observação (inclinómetros e marcas superficiais). Em Junho de 2015, foram observados sinais indicadores de instabilidade em zonas específicas da encosta. Dois inclinómetros instalados indicaram potencial de instabilidade aos 11 metros de profundidade, contabilizados a partir da sua cota de instalação (Figura 2), noutra zona da encosta detectaram-se fendas de tracção com desenvolvimento até 27 metros, abertura de 20 centímetros e profundidade de 1 metro (Figura 3a) e em locais onde as soluções de estabilização estavam em fase de execução, o betão projectado apresentava zonas de fissuração acentuada (Figura 3b). Esta conjugação de factores levou à necessidade de repensar o modelo geológico-geotécnico e ao reforço das soluções de estabilização adoptadas.

3.2 - Reavaliação do modelo geológico-geotécnico

Perante as evidências ocorrentes, houve que incrementar os dispositivos de instrumentação e observação e reforçar a prospecção existente. Neste âmbito foram executadas 6 sondagens complementares e 37 furos rotopercussivos. A informação obtida, em conjunto com os mapeamentos geológicos efectuados a todas as escavações permitiram redefinir o modelo e o zonamento geológico-geotécnico (Figura 4 e Figura 5).

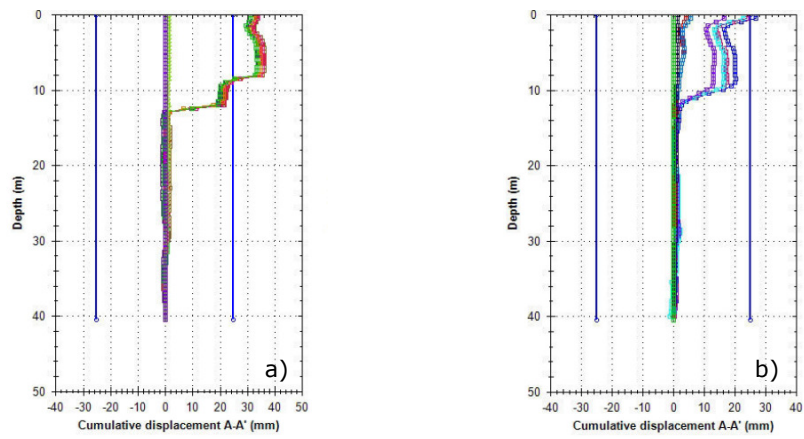


Figura 2 – Deslocamentos acumulados, no sentido da vertente, observados nos inclinómetros instalados até Abril de 2015; a) Inclinómetro IN 606 (instalado à cota +716,2 m); b) Inclinómetro IN 610A (instalado à cota + 706,1 m)

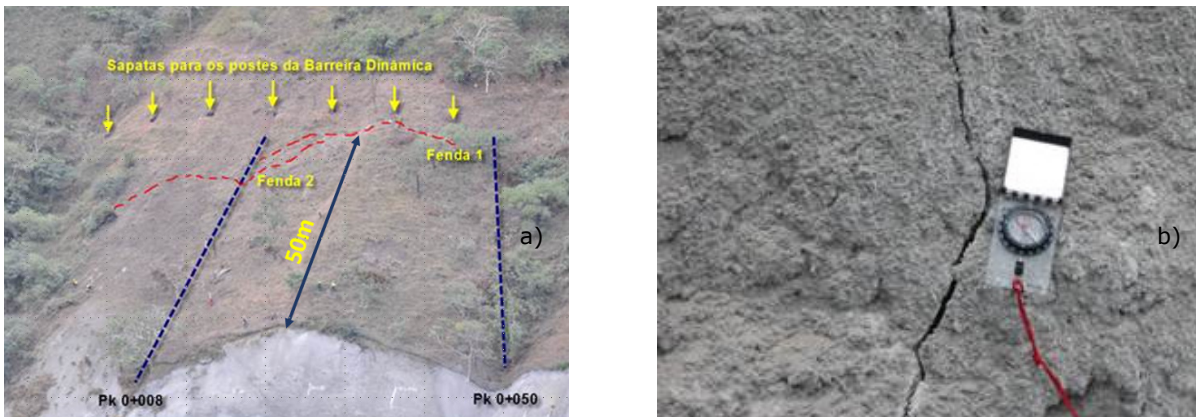


Figura 3 – a) Escorregamento de grande porte ocorrido em Junho de 2015; b) Fissuração do betão projectado, abertura de 4 mm

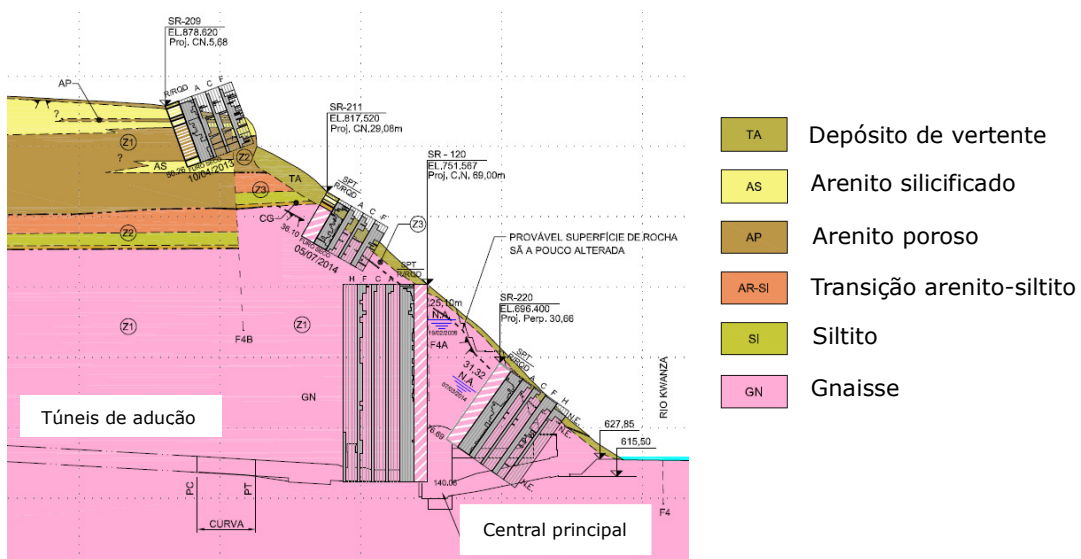


Figura 4 – Modelo geológico geotécnico final da encosta do parque de transformadores e comportas

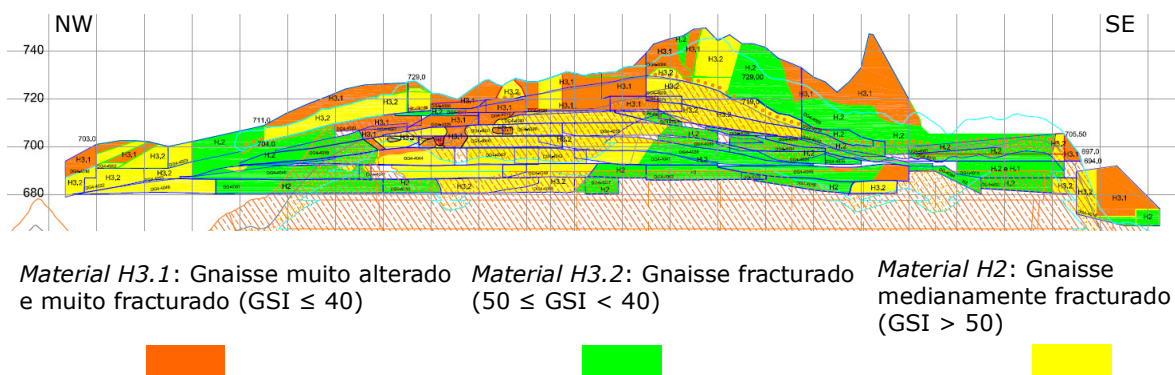


Figura 5 – Zonamento geotécnico da escavação da encosta do parque de transformadores e comportas, entre as cotas +752,4 m e +680,0 m

Foram definidas 3 zonas geotécnicas, caracterizadas por terem propriedades de resistência e deformabilidade distintas, em particular, material H3.1, material H3.2 e material H2.

Os materiais H3.1 e H3.2, correspondem, respectivamente, ao maciço gnaissico muito alterado e fracturado ($GSI \leq 40$) e ao gnaiss fracturado ($50 \leq GSI < 40$). No que respeita ao maciço H2, onde as descontinuidades dominam o comportamento geomecânico, foram identificadas 2 famílias principais e 6 secundárias, através do mapeamento de mais de 3000 descontinuidades. A persistência das descontinuidades não ultrapassa, em geral, os 20 m, apresentando paredes sãs, pouco alteradas, planas e rugosas. O coeficiente de rugosidade médio das descontinuidades, JRC, foi estimado em 9, tendo-se considerado para a resistência à compressão da superfície da descontinuidade, JCS, um valor de 105.

A interpretação conjunta dos movimentos indicados pelos inclinómetros, com os perfis geofísicos e ainda com os mapeamentos geológico-geotécnicos de campo, permitiram concluir que, muito provavelmente, os movimentos ocorriam no contacto entre o material H3.2 com o material H2. Esse não tinha sido o comportamento estimado na fase inicial de projecto, onde se previa que a zona mais crítica seria o contacto entre os materiais H3.1 e H3.2. Esse novo cenário, indiciava a existência de movimentos a profundidades superiores às inicialmente previstas, sendo necessário reforçar as soluções de estabilização iniciais.

Em função da informação disponível interpretou-se que uma parte encosta em maciço gnaissico, encontra-se sujeita a prováveis fenómenos de fluência, induzindo a abertura de descontinuidades (Figura 6a), por vezes acentuada, com consequente alteração e/ou preenchimento das mesmas (Figura 6b). Estima-se que este cenário, com maior expressão na zona central e lado Poente da encosta, por vezes, possa abranger profundidades entre 13 m a 16 m. Como o maciço se apresenta muito fracturado em profundidade, na presença de uma confluência acentuada de descontinuidades, alteradas e com preenchimento, podem formar-se planos compostos de escorregamento que propiciam a instabilidade. Se se considerar a existência de pluviosidade acentuada, frequente no local em determinados períodos do ano, o fenómeno anterior ainda fica com maior potencial de ocorrência.



Figura 6 – Maciço gnaissico da encosta do parque de transformadores e comportas; a) Abertura acentuada de descontinuidades durante a escavação; b) Preenchimento de descontinuidades num tarolo de sondagem

Considerando o factor adicional da existência de uma precipitação sazonal forte, típica da região, optou-se por considerar nas verificações de segurança um factor de segurança um pouco inferior ao cenário de

inexistência de água, estimando-se que esse nível de água estaria localizado na zona de transição do material H3.2 para o material H2.

4 - SOLUÇÕES DE ESTABILIZAÇÃO ADOPTADAS

Para além da componente geológica-geotécnica, o outro condicionamento preponderante na definição da concepção das soluções propostas prendeu-se com o prazo de execução da obra. Assim sendo, houve necessidade de criar duas frentes de trabalho seguras, distintas e independentes, que por sua vez permitissem a escavação atempada dos acessos subterrâneos à central principal e a escavação da base da encosta, correspondente à zona de implantação do parque de transformadores e comportas. O marco de divisão das actividades foi sensivelmente a cota +752,4 m, onde só abaixo desta se realizavam as operações de escavação, mantendo-se acima a encosta com a sua geometria natural.

Na zona da encosta não escavada, os tratamentos geotécnicos definitivos são caracterizados por redes metálicas de alta capacidade resistente e pregagens tradicionais de 25 mm de diâmetro, em aço A500NR, e ainda pregagens do tipo autoperfurantes, com 32 mm de diâmetro, em aço de alta resistência ambas com diâmetro de furação de 75 mm, seladas com calda de cimento (resistência à compressão simples, $f_{ck} > 25$ MPa aos 28 dias). O comprimento das pregagens varia entre 4 m e 8 m e a sua disposição em malha pode ser variável entre 1,4 m x 1,4 m e 5,0 m x 5,0 m. Estas pregagens têm a função de garantir a estabilidade das redes metálicas, enquanto que na zona escavada as soluções de reforço do maciço terão que garantir a estabilização da encosta face ao tipo de instabilidade ocorrida (Figura 7). A função das redes metálicas é de impedir a queda de blocos de menor dimensão sobre a zona do parque de transformadores e comportas. Os modelos geológicos-geotécnicos adoptados nos estudos de estabilidade desenvolvidos, indiciam que a encosta nesta zona é estável, não necessitando de ser reforçada com soluções mais robustas. O pressuposto anterior será validado função da evolução dos resultados obtidos nos dispositivos de instrumentação e observação.

Genericamente, a zona escavada da encosta (através de bancadas de 12 m, com 6 banquetas de 4 m de largura, posicionadas entre as cotas +704,4 m e a base da escavação) (Figura 8b), na presença do material H3.1, previu-se a realização de uma parede ancorada definitivamente, com ancoragens de varão de 38 mm (tensão de cedência do aço, $f_y < 550$ MPa) de comprimento total variável entre 24 m e 15 m, dispostas numa malha de 3 m x 3 m, com pré-esforço de projecto de 350 kN, seladas com calda de cimento ($f_{ck} > 25$ MPa aos 7 dias). Na ocorrência do material H3.2, foi aplicado betão projectado (via húmida; $f_{ck} > 25$ MPa aos 28 dias), com 10 cm de espessura, armado com rede electrossoldada e reforço do maciço com ancoragens definitivas, semelhante às adoptadas na zona do material H3.1. No material H2 (localizado no lado Nascente da encosta e sensivelmente abaixo da cota +680 m) as soluções de estabilização recorrem a betão projectado reforçado com fibras metálicas (via húmida; $f_{ck} > 25$ MPa aos 28 dias), com 8 cm de espessura e pregagens de 25mm ou de 32 mm de diâmetro, em aço A500NR, com diâmetro de furação de 75 mm/82 mm respectivamente, seladas com calda de cimento ($f_{ck} > 25$ MPa aos 28 dias). O comprimento das pregagens varia entre 6 m e 12 m e a sua disposição em malha pode ser variável entre 1,0 m x 1,0 m e 2,9 m x 2,9 m, função das discontinuidades existentes em cada local e da inclinação dos taludes de escavação (variável entre 80° e 90° com a vertical) (Figura 7).

No que respeita às ancoragens definitivas, face à natureza geológica do material atravessado, em particular o maciço H3.1, a instabilidade das paredes do furo inviabilizou a execução de soluções mais tradicionais, onde se teria que recorrer a entubamento do furo, que por sua vez constitui uma metodologia mais demorada, realizada através de equipamento de maior porte, com conseqüente necessidade de maiores plataformas de trabalho, difíceis de materializar face à geologia e topografia da encosta. Perante os condicionamentos existentes foi proposta, em alternativa, uma solução de elementos autoperfurantes.

De forma a minimizar a existência de pressões de água, em cada bancada de escavação são realizados drenos profundos com 20 m de comprimento mínimo e diâmetro de furação de 76 mm, espaçados horizontalmente de 10 m, devendo este comprimento atingir sempre o material H2. Em complemento, são realizados drenos curtos (bueiros) com 50 mm de diâmetro, dispostos numa malha de 2 m x 2 m.

Como medida adicional de estabilização da zona da encosta natural e ainda de protecção do parque de transformadores e comportas, próximo da cota +752,4 m, foi proposta uma barreira dinâmica contra a queda de blocos, com capacidade de absorção de energia de 500 kJ, com 4 m de altura, disposta ao longo de todo o desenvolvimento longitudinal da encosta, incluindo a zona sobrejacente aos túneis de acesso. Esta zona não foi contemplada com os tratamentos de estabilização preconizados para a área de influência

do parque de transformadores e comportas por razões económicas e por não constituírem locais nobres do empreendimento (Figura 8a).

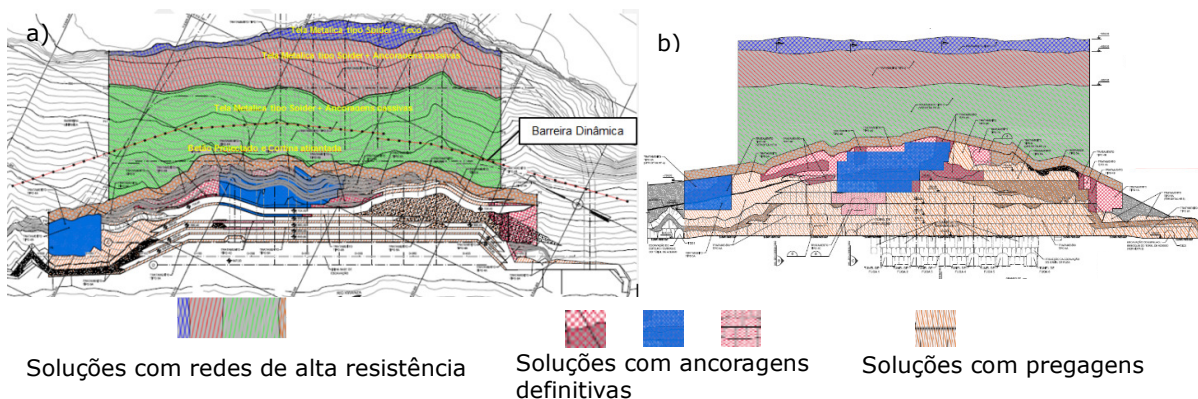


Figura 7 – Soluções adoptadas na estabilização da encosta do parque de transformadores e comportas;
a) Planta de projecto; b) Alçado de projecto

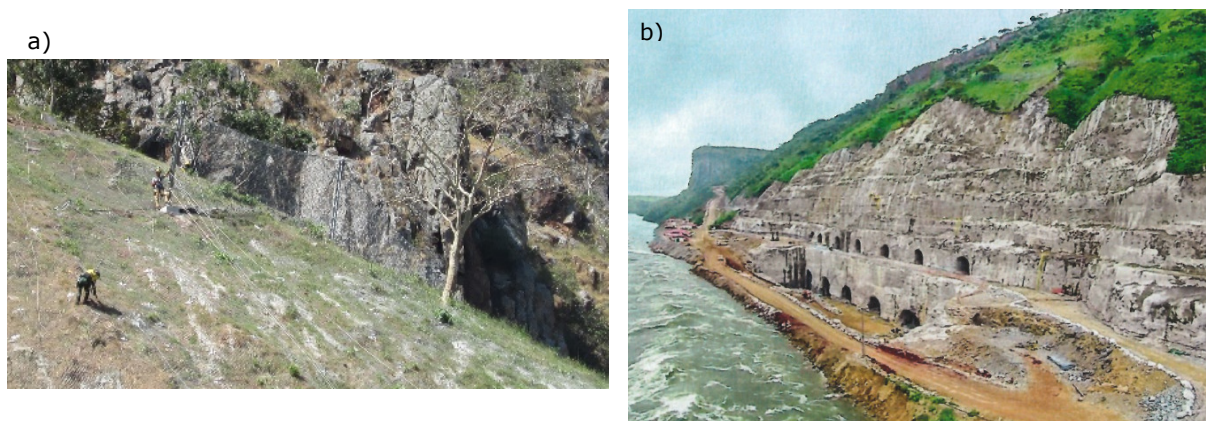


Figura 8 – Soluções adoptadas na estabilização da encosta do parque de transformadores e comportas;
a) Colocação da barreira dinâmica; b) Soluções de estabilização da zona escavada da encosta, abaixo da cota +752,4 m

Em todas as soluções adoptadas a durabilidade foi tida em consideração. Recorreu-se a redes e barreiras com galvanização de fábrica, no betão projectado através de espessuras mínimas, recobrimento de armadura e valores adequados de f_{ck} , nas pregagens recorrendo aos conceitos de espessura de sacrifício, de recobrimento e valores adequados de f_{ck} da calda de cimento e nas ancoragens definitivas espessura de sacrifício, galvanização de fábrica (espessura mínima de 152 μm), bit de furação em aço inox e também valores adequados de f_{ck} da calda de cimento.

As principais quantidades associadas às soluções realizadas encontram-se descritas no Quadro 1.

Quadro 1- Principais quantidades realizadas nas soluções de estabilização da encosta do parque de transformadores e comportas

Escavação	Betão projectado	Redes	Ancoragens	Pregagens	Drenos profundos	Barreira dinâmica
627 072 m ³	8 882 m ³	73 703 m ²	15 099 m	37 462 m	8 210 m	600 m

5 - MONITORIZAÇÃO

5.1 - Plano de instrumentação e observação

Tendo presente a importância da encosta e a sua complexidade geológica-geotécnica, foi definido um plano de monitorização que permitisse observar o seu acompanhamento durante a fase de construção e durante o período de vida útil do empreendimento. No Quadro 2 apresenta-se um resumo das quantidades associadas aos vários dispositivos de instrumentação e observação. Na Figura 9 pode observar-se a

localização esquemática dos elementos implantados até Fevereiro de 2016. Por questões logísticas, as células de carga ainda não se encontram instaladas.

Quadro 2- Quantidades do plano de monitorização na encosta do parque de transformadores e comportas

Inclinómetros	Marcas topográficas	Extensómetros	Piezómetros de tubo aberto	Células de carga eléctricas	Fissurómetros
27 unid.	80 unid.	11 unid.	10 unid.	48 unid.	(5 + 2*) unid.

* Fissurómetros eléctricos

Em geral, os extensómetros de varas, executados com uma inclinação de 10° com a horizontal, apresentam 2 pontos de leitura posicionados segundo o eixo a distâncias de 5 m e 20 m, contabilizadas a partir da superfície do talude. Os piezómetros apresentam comprimentos de 40 m, 48 m e 60 m e os inclinómetros comprimentos de 30 m e 40 m.

Genericamente, a frequência das leituras dos vários dispositivos é semanal durante a fase de construção, bi-semanal no primeiro enchimento, passando a quinzenal durante o primeiro ano de exploração do empreendimento, progredindo a semestral durante o restante período de vida útil.

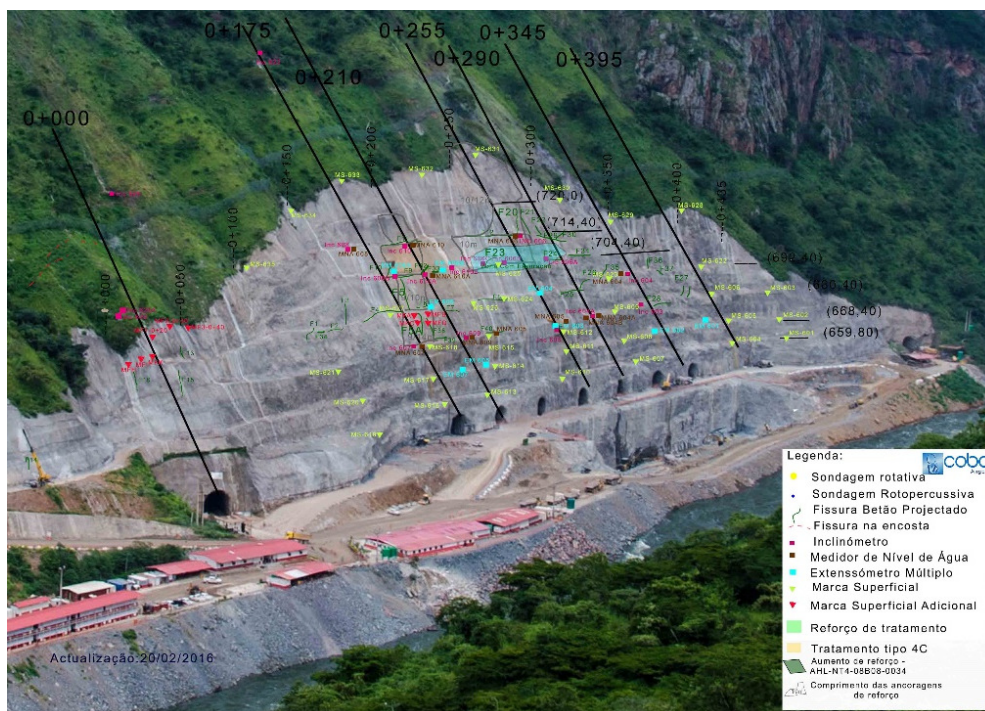


Figura 9 – Localização esquemática dos vários dispositivos de instrumentação e observação, instalados em Fevereiro de 2016 na encosta do parque de transformadores e comportas, incluindo secções de instrumentação

O acompanhamento dos resultados obtidos nas leituras dos vários dispositivos de instrumentação e observação é efectuado através da avaliação da tendência e da velocidade de variação das leituras e também por valores de controlo. No que respeita aos deslocamentos, estes últimos tomam o valor de 25 mm para os vários dispositivos, excepto para os fissurómetros eléctricos onde os valores adoptados são de 15 mm, sendo para qualquer um dos elementos, considerada aceitável, uma velocidade de variação inferior a 1 mm/dia.

5.2 - Resultados obtidos

5.2.1 - Marcas superficiais

As marcas superficiais encontram-se localizadas na zona escavada da encosta, estando posicionadas inicialmente, no início do tratamento com betão projectado e nas banquetas. Contudo, devido às instabilidades ocorridas houve que reforçar o número de dispositivos, concentrando esse complemento nos locais onde ocorreram fissuras no betão projectado.

Das 80 unidades instaladas, 20 % passou os valores de controlo, tendo-se atingido valores máximos de deslocamentos horizontais de 70 mm e assentamentos de 35 mm. A velocidade de variação dos deslocamentos atingiu, pontualmente, valores de 5 mm/dia, contudo na presente data, os seus valores tendem, em geral, para a estabilização e não atingem o limite máximo estipulado como controlo. Os deslocamentos de maior magnitude ocorrem/ocorreram muito provavelmente devido ao fenómeno de instabilidade da encosta, logo previamente à reavaliação do modelo geológico e geotécnico e ao reforço das soluções inicialmente propostas. De salientar também que parte das soluções de reforço ainda se encontram em fase de conclusão. Ao nível dos factores potenciadores de erro nas leituras será importante mencionar a elevada distância entre os elementos de referência e as marcas topográficas posicionadas na zona de início da escavação e ainda o facto de nem sempre as leituras terem sido realizadas no mesmo período do dia.

Na Figura 10 podem observar-se dois exemplos de leituras em duas marcas superficiais distintas. Na Figura 11 apresenta-se uma extrapolação dos resultados obtidos nas marcas superficiais, através de um zonamento da zona de intervenção.

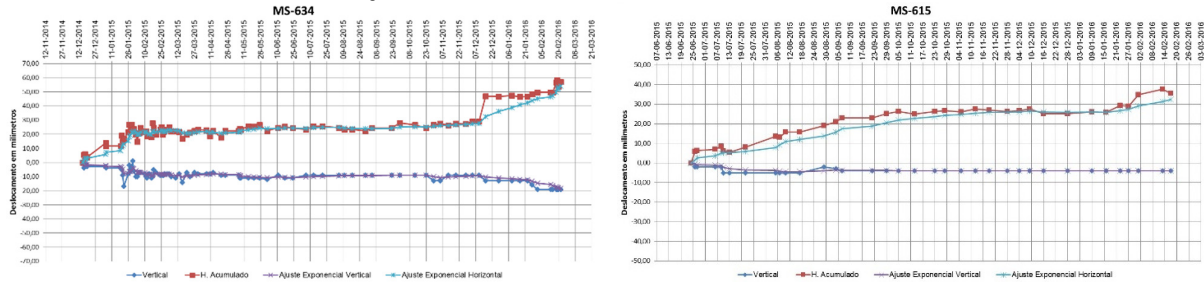


Figura 10 – Leituras nas marcas superficiais MS-634 e MS-615, instaladas, respectivamente, em Dezembro de 2014 (na zona de transição redes metálicas/betão projectado, cota + 725,6 m) e Junho de 2015 (na banqueta à cota +680,4 m, abaixo do inclinómetro IN 610A)

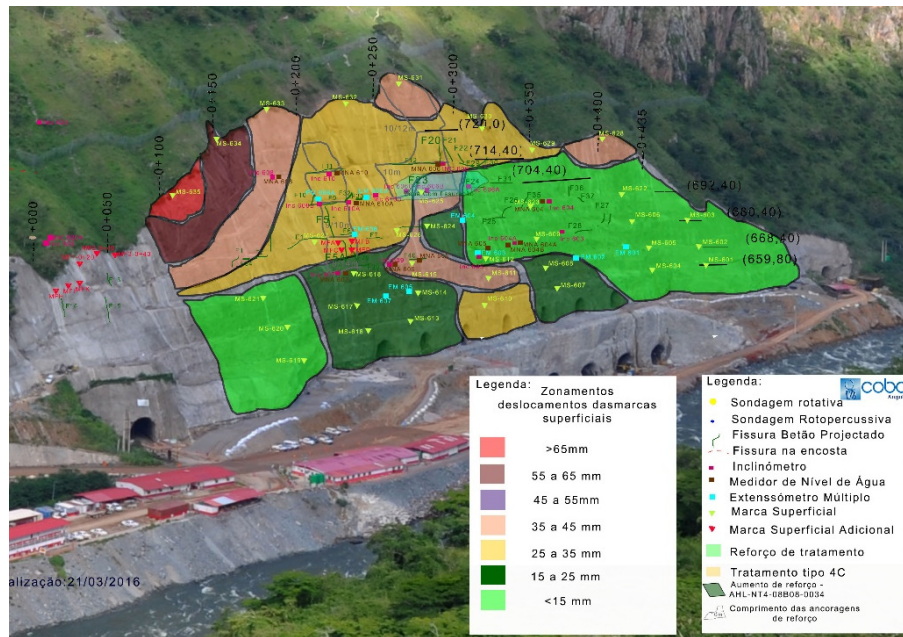


Figura 11 – Extrapolação dos resultados obtidos nas marcas superficiais, através de um zonamento da zona de intervenção (a partir dos deslocamentos máximos medidos em cada marca)

5.2.2 - Extensómetros de varas

Os extensómetros estão instalados na sua totalidade e os valores máximos medidos encontram-se abaixo dos valores de controlo. Os maiores movimentos ocorridos localizam-se na haste mais próxima da superfície do talude, a 5 m da sua cabeça e decorrem das instabilidades ocorridas e/ou pelo facto de parte das soluções de reforço ainda se encontrarem em curso.

Na Figura 12 podem observar-se dois exemplos de leituras, em dois extensómetros colocados.

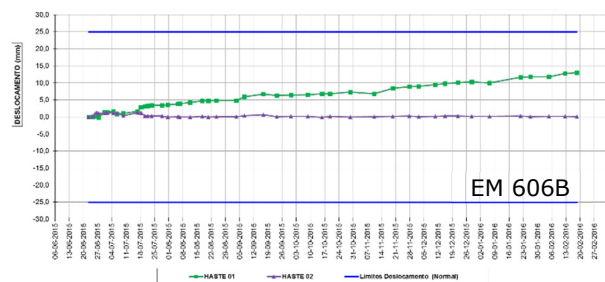
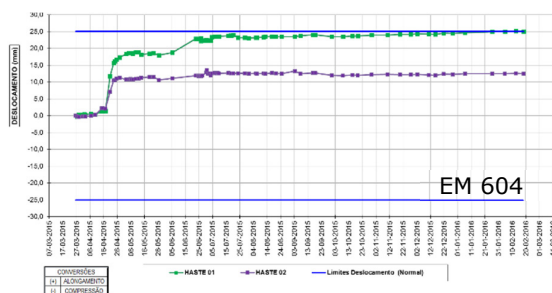


Figura 12 – Leituras nos extensômetros EM 604 e EM 606B, instalados, respectivamente, em Março de 2015 (abaixo do inclinômetro IN 606, cota + 673,3 m) e Junho de 2015 (ligeiramente abaixo do inclinômetro IN 610A, cota +691,2 m)

5.2.3 - Inclinômetros

Após os movimentos ocorridos até meados do ano de 2015, os deslocamentos medidos nos inclinômetros estabilizaram para valores que não ultrapassam os 10 mm. De salientar que se encontram ainda por instalar 2 inclinômetros na zona da encosta não escavada.

5.2.4 - Piezômetros

A análise global de todos os piezômetros indicia a existência de níveis de águas suspensas, com percolação de água pelas discontinuidades do maciço. O facto de não se visualizar afloramento de água ao nível dos taludes escavados da encosta, assim como o facto de a central principal, constituir uma obra subterrânea topograficamente localizada ao nível da base da encosta, onde apenas se observam zonas húmidas e pontualmente com algum gotejamento, corroboram o pressuposto mencionado. De salientar também que 2 dos piezômetros instalados se encontram secos.

5.2.5 - Fissurímetros eléctricos

Na zona do escorregamento ocorrido em Junho de 2015, foram instalados 2 fissurímetros eléctricos. Após a ocorrência, os valores das leituras efectuadas não ultrapassaram os valores de controlo, tendo existido ao longo do tempo uma tendência para a estabilização (Figura 13). Actualmente, as soluções de estabilização nessa zona encontram-se concluídas.

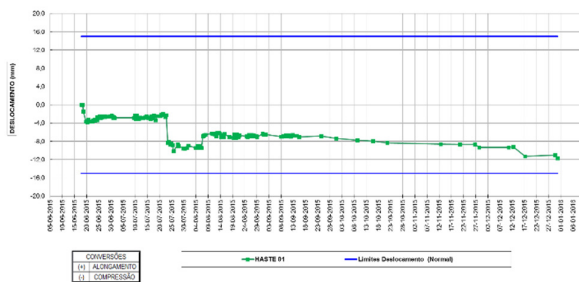
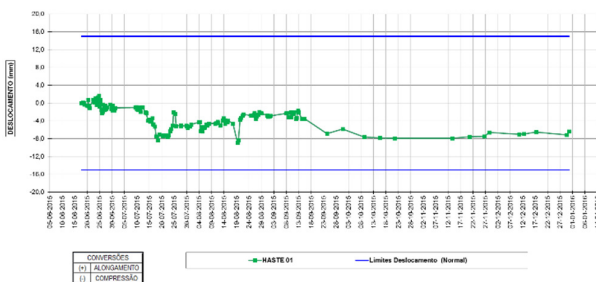


Figura 13 – Deslocamentos medidos fissurímetros eléctricos, instalados na encosta do parque de transformadores e comportas, na zona do escorregamento ocorrido em Junho de 2015

5.2.6 - Secções instrumentadas

Na Figura 14, Figura 15, Figura 16 e Figura 17 apresentam-se as secções instrumentadas de maior relevância da encosta (Pk's referenciados na Figura 9), assim como a deformada associada, ampliada 10 vezes. A zona do material H2 encontra-se representada por um intervalo provável, sendo a sua profundidade estimada como resultado da campanha complementar de sondagens rotoperçussivas (furação destrutiva) de 2015.

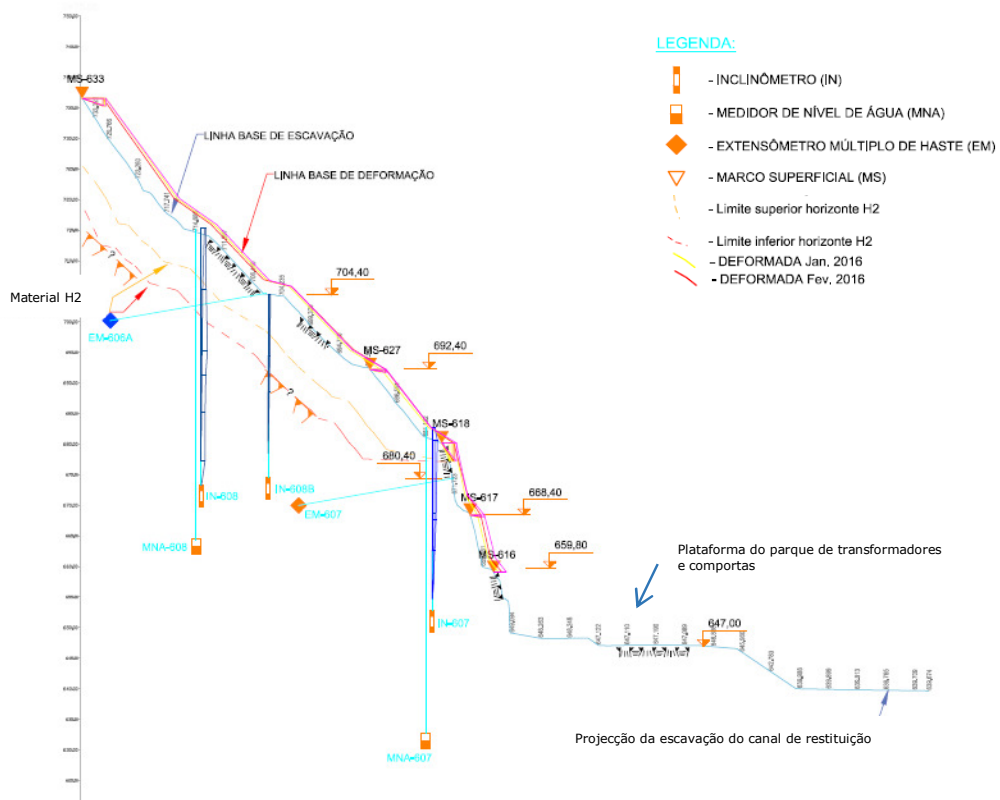


Figura 14 – Deformações na encosta do parque de transformadores e comportas, na zona escavada ao Pk 0+175 (sem escala)

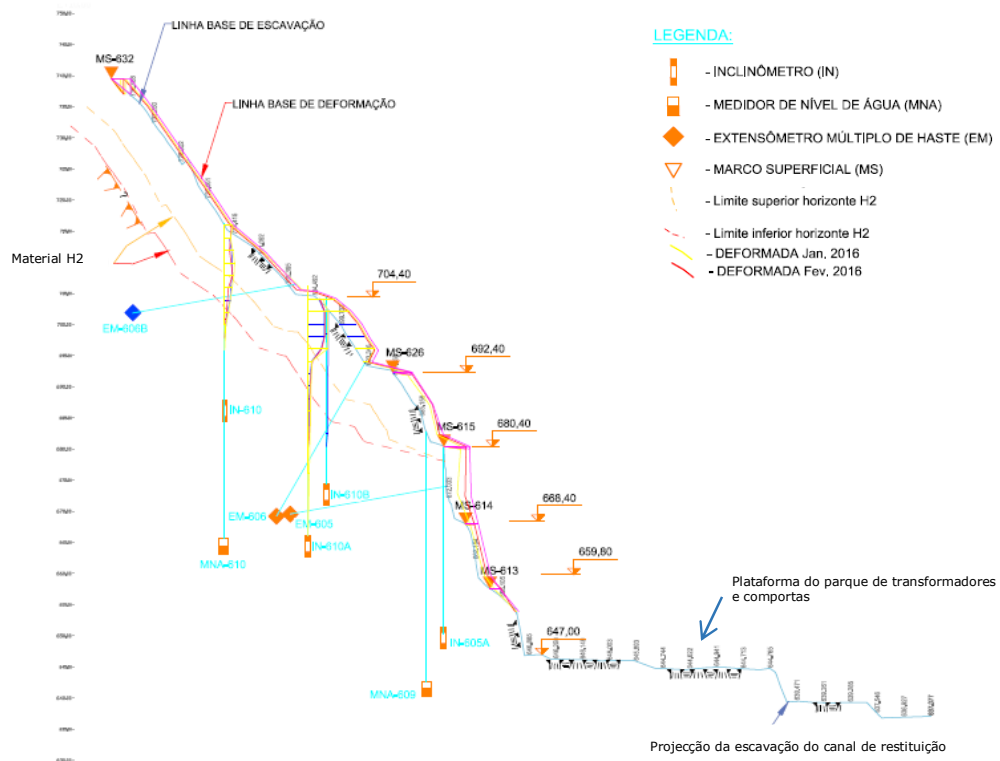


Figura 15 – Deformações na encosta do parque de transformadores e comportas, na zona escavada ao Pk 0+210 (sem escala)

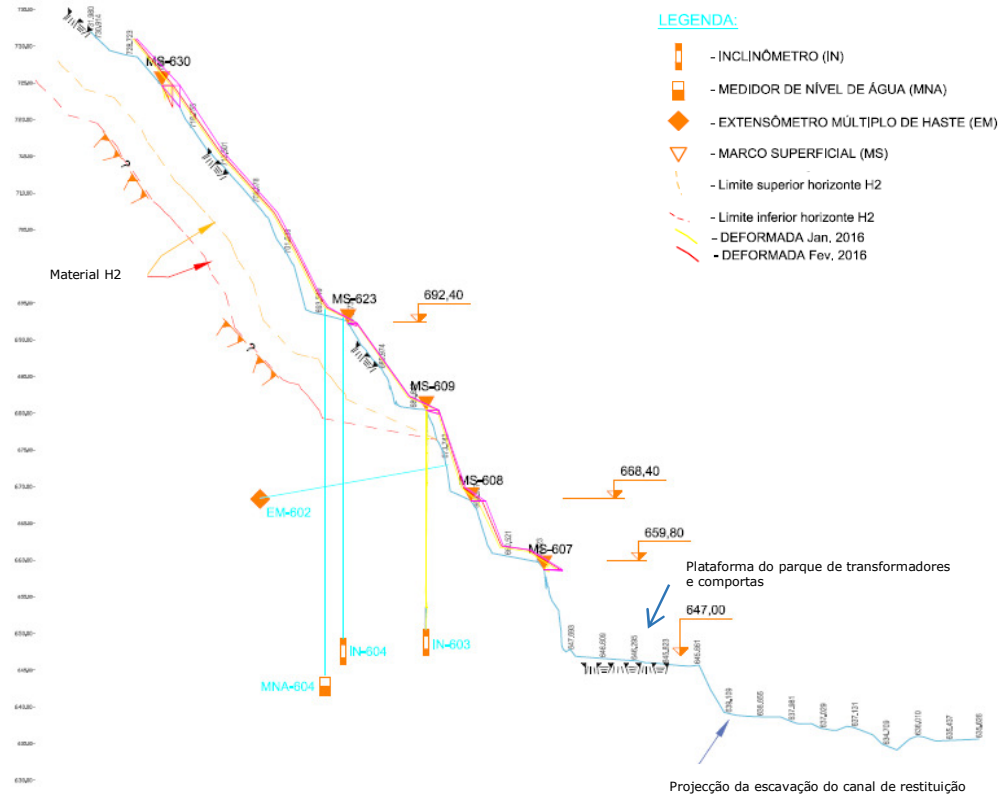


Figura 16 – Deformações na encosta do parque de transformadores e comportas, na zona escavada ao Pk 0+345 (sem escala)

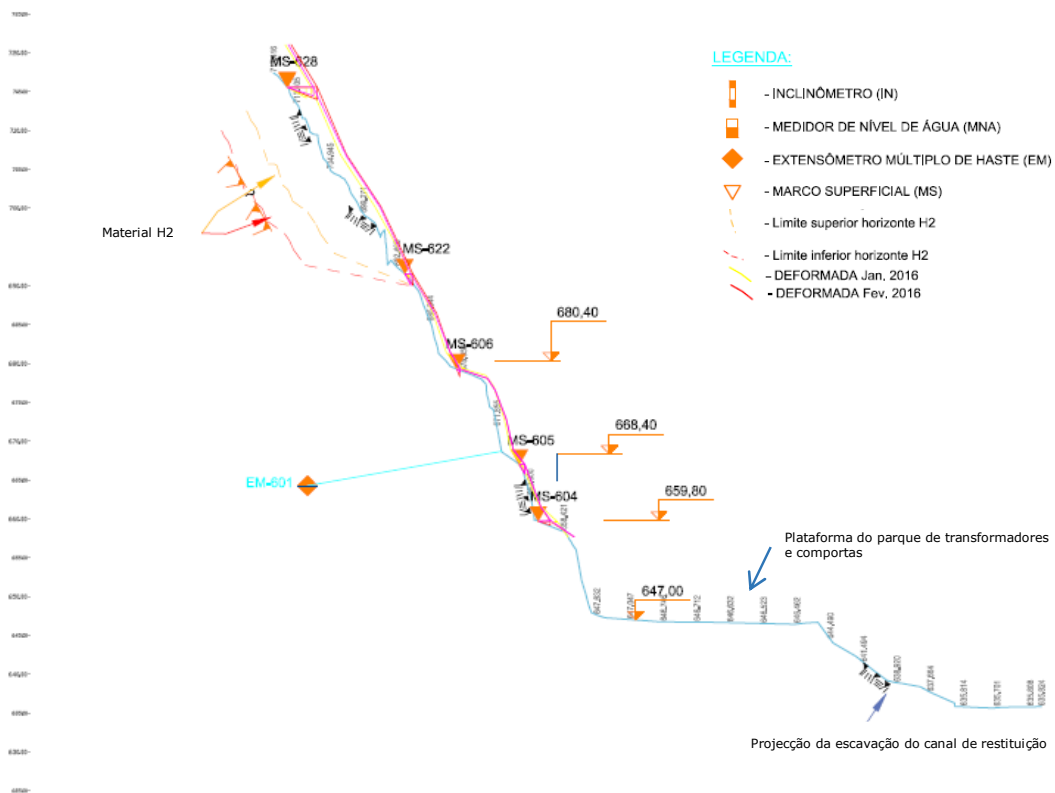


Figura 17 – Deformações na encosta do parque de transformadores e comportas, na zona escavada ao Pk 0+395 (sem escala)

Face aos resultados obtidos nos vários dispositivos de instrumentação instalados até à presente data, actualmente, considera-se que as soluções de estabilização se encontram adequadas ao modelo geológico-geotécnico estimado para a encosta. Contudo, até à conclusão da obra, o acompanhamento da evolução da monitorização será fundamental, no sentido de se continuar a avaliar a necessidade de adoptar medidas adicionais de estabilização. Após esta fase, por constituir um procedimento tradicional em obras geotécnicas desta natureza, continuará a ser imprescindível o acompanhamento da monitorização instalada.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Será importante destacar que a obra descrita é de extrema envergadura, apresenta complexidade geológica- geotécnica acentuada e condicionamentos importantes que, por sua vez, limitam as soluções adoptadas e a normalidade da sua execução. Assim, a estabilização da encosta apoiou-se essencialmente no método observacional, sendo os estudos e o projecto complementados/revistos durante a fase de obra. Recorrendo à metodologia anterior, a monitorização da encosta desempenhou/desempenha um papel imprescindível e fundamental na garantia da adequabilidade das soluções às necessidades do empreendimento hidroeléctrico.

Em complemento ao aspecto mencionado no parágrafo anterior, o facto de intervirem no processo várias empresas de nacionalidades diferentes - angolanas, portuguesas e brasileiras - com procedimentos internos consolidados e normas e regulamentações próprias, fez com que tivesse que existir alguma flexibilidade e razoabilidade nas decisões tomadas. Acresce-se ainda que, devido à localização da obra, os recursos e meios disponíveis foram, por vezes, algo condicionados.

AGRADECIMENTOS

Ao GAMEK – Gabinete do Aproveitamento do Médio Kwanza pela autorização concedida na publicação deste artigo.

Às várias pessoas que integraram as equipas técnicas que fazem possível este empreendimento. À equipa da Coba desde a supervisão de projecto e assistência técnica à obra, à equipa de coordenação geral e em particular, à fiscalização, por todo o apoio prestado e bom ambiente de trabalho. À equipa da Intertechne, por todo o trabalho desenvolvido em conjunto, pelo espírito de cooperação, pela capacidade de diálogo e bom relacionamento. Todas as características enunciadas constituíram aspectos fundamentais que contribuíram em muito para a passagem das adversidades e para a garantia da qualidade, segurança e adequada execução.