



PROD. TEC. ITV MI – N0034/2021
DOI: 10.29223/PROD.TEC.ITV.MI.2021.34.Torres

RELATÓRIO TÉCNICO ITV MI

OTIMIZAÇÃO DA INCLINAÇÃO DE TALUDES E DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE MINÉRIO NO MELHOR E PIOR CENÁRIO – ANÁLISE ESTÁTICA E PSEUDO- ESTÁTICA

Relatório Parcial do Projeto Modelagem Geotécnica 3D - Salobo

Vidal Félix Navarro Torres¹
Juan Manuel Girao Sotomayor¹
Riquett Oliveira²
Aurélio Fernando Paiva Silva²

Ouro Preto / MG

Novembro/2021

Título: Otimização da inclinação de taludes e determinação do volume de minério no melhor e pior cenário – análise estática e pseudo-estática	
PROD. TEC. ITV MI – N0034/2021	Revisão
Classificação: () Confidencial (x) Restrita () Uso Interno () Pública	01

Informações Confidenciais - Informações estratégicas para o Instituto e sua Mantenedora. Seu manuseio é restrito a usuários previamente autorizados pelo Gestor da Informação.

Informações Restritas - Informação cujo conhecimento, manuseio e controle de acesso devem estar limitados a um grupo restrito de empregados que necessitam utilizá-la para exercer suas atividades profissionais.

Informações de Uso Interno - São informações destinadas à utilização interna por empregados e prestadores de serviço.

Informações Públicas - Informações que podem ser distribuídas ao público externo, o que, usualmente, é feito através dos canais corporativos apropriados.

Nota de capa

2 Vale S. A.

Citar como: Torres, Vidal Félix Navarro et al. **Otimização da inclinação de taludes e determinação do volume de minério no melhor e pior cenário – análise estática e pseudo-estática.** Ouro Preto: ITV, 2021. (Relatório Técnico – N0034/2021).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T963o

Torres, Vidal Félix Navarro

Otimização da inclinação de taludes e determinação do volume de minério no melhor e pior cenário – análise estática e pseudo-estática. Vidal Félix Navarro Torres...[et al.] - Ouro Preto, MG: ITV, 2021.

63 p.: il.

Relatório Técnico (Instituto Tecnológico Vale) – 2021
 PROD.TEC.ITV.MI – N0034/2021
 DOI 10.29223/PROD.TEC.ITV.MI.2021.34.Torres

1. Análise Estática. 2. Análise Pseudo-estática. 3. Cava. 4. Modelagem 3D. 5. Geotecnica. I. Sotomayor, Juan Manuel Girao. II. Oliveira, Riquetti. III. Silva, Aurelio Fernando Paiva. IV. Título.

CDD.23. ed. 622.23

Bibliotecária responsável: Nisa Gonçalves / CRB 2 – 525

RESUMO EXECUTIVO

No relatório são apresentadas a análise estática e pseudo-estática realizadas nos taludes da cava Salobo para um cenário intermédio (ano 2025) e o cenário de cava final (ano 2045).

RESUMO

O relatório apresenta análises de estabilidade geotécnica tridimensional para a cava Salobo, localizada em Marabá, Brasil. Este estudo tem como objetivo estimar a condição atual de estabilidade dos taludes a cava considerando: (i) avaliação dos níveis freáticos, (ii) análises preditivas determinísticas em condições estáticas e pseudo-estáticas, (iii) variabilidade dos parâmetros por média de probabilidade de ruptura e (iv) recomendações sobre os ângulos de inclinação do projeto. Neste relatório apresentam-se os itens (i) e (ii).

Como primeira etapa, foi feita uma revisão detalhada das informações disponibilizadas pela Vale, que serviram para definir a estratégia de modelagem e os parâmetros de entrada para a análise. Uma descrição completa das informações de entrada e metodologia usada neste trabalho, é relatada na Seção 2, Seção 3 (nível freático) e Seção 4.

Como a Mina Salobo até a presente data não experimentou nenhum grande evento geotécnico de instabilidade, inicialmente o processo de calibração baseou-se no pressuposto de que a condição atual dos taludes é próxima a $FoS = 1,2$; entretanto, os resultados da análise de estabilidade indicam FoS maior que 5. Esse resultado pode estar relacionado a uma subestimação da condição de estabilidade atual; portanto, a análise preditiva, o cálculo da probabilidade de ruptura e a recomendação de IRAs foram feitas usando as propriedades estimadas por meio de testes de laboratório fornecidas no Walm (2019a).

Na análise preditiva, da cava intermedia (2025) atende o critério de aceitabilidade de $FoS \geq 1,3$. Foram identificados dois setores de interesse: (i) o primeiro envolve duas rampas que não atendem aos critérios de aceitabilidade, onde foi observado nível de água agressivo, mas também alguns indícios de tombamento, o que é consistente com as características estruturais do setor (ZC1 do domínio SE); (ii) o segundo, corresponde a duas bancadas instáveis apresentando resultados consistentes com o deformação flexural. Mesmo que um modelo contínuo como o FLAC3D não possa representar este tipo de mecanismo, os resultados são indicativos da possibilidade nesta parede; portanto, são recomendadas inspeções, buscando separações ou deslocamentos horizontais anormais, principalmente no pé.

Em conclusão, os resultados preditivos da cava Final (2045) mostram o desenvolvimento completo dos mecanismos observados na cava Intermediária:

- (i) na parede oeste, uma ruptura global é observada, que é consistente com a ruptura de tombamento; portanto, mudanças de IRAs são recomendadas para este setor.
- (ii) na parede leste, a flambagem por flexão se manifesta em toda a parede. Foi feito um modelo 3DEC para verificar a estabilidade desta parede, que atende ao critério de aceitabilidade; no

entanto, a inspeção constante desta parede para sinais iniciais de flambagem é fortemente recomendada. São fornecidas recomendações de alturas máximas inter-rampas.

Palavras-chave: Análise estática. Análise pseudo-estática. Cava. Modelagem 3D. Geotecnia.

ABSTRACT

The report presents the threedimensional geotechnical stability analysis for Salobo open pit mine, located in Marabá Brazil. This study aims to estimate the current stability condition of Salobo slopes considering: (i) assessment of phreatic levels, (ii) deterministic predictive analysis in static and pseudo-static conditions, (iii) variability of parameters by mean of probability of failure analysis, and (iv) recommendations on the design slope angles. In this report, items (i) and (ii) are presented.

As first stage, it was made a detailed review of available information provided by Vale, which was used to define the modeling strategy and input parameters for the analysis. A complete description of input information and methodology used in this work, is reported in Section 2, Section 3 (phreatic level) and Section 4.

Because up to date Salobo Mine has not experienced any major geotechnical events of instability, initially, the calibration process was based in the assumption (agreed with ITV) that the current condition of slopes is close to $FoS = 1.2$; however, stability analysis results indicate FoS greater than 5. This result can be related to an underestimation of the current stability condition; therefore, predictive analysis, probability of failure calculation, and IRAs recommendation were done using the properties estimated via laboratory tests and given in Walm (2019a).

In predictive analysis, Intermediate Pit (2025) comply with the acceptability criterion of $FoS \geq 1.3$. Two sectors of interest were identified: (i) the first one involves two inter-ramps not complying acceptability criteria, where an aggressive water level was observed, but also some indications of toppling, which is consistent with the structural features of the sector (ZC1 of domain SE); (ii) the second one, corresponds to two unstable benches showing results consistent with flexural deformation. Even though a continuous model as FLAC3D cannot represent this type of mechanisms, the results are an indicative of the possibility in this wall; therefore, inspections are recommended, searching for separation or abnormal horizontal displacements, especially in toes.

In conclusion, final Pit (2045) predictive results shows the complete development of the mechanisms observed in the Intermediate Pit:

- (i) in the west wall, a global failure is observed, which is consistent with toppling failure; therefore, changes of IRAs are recommended for this sector,
- (ii) in the east wall, the flexural buckling is manifested in the entire wall. A 3DEC model was done to verify the stability of this wall, which complies acceptability criterion; however, the

constant inspection of this wall for initial indicates of buckling is strongly recommended. Recommendations of maximum heights for inter-ramps are given.

Keywords: Static analysis. Pseudostatic analysis. Cava. 3D modeling. Geotechnics.