XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/97

Mapeamento de risco geotécnico em terminal portuário na Costa Verde do RJ com o uso de métodos probabilísticos.

Felipe Gobbi
Engenheiro, FGS Geotecnia, Porto Alegre, Brasil, felipe@fgs.eng.br

Álvaro Pereira
Engenheiro, FGS Geotecnia, Porto Alegre, Brasil, alvaro@fgs.eng.br

Bruno Denardin da Rosa
Engenheiro, FGS Geotecnia, Porto Alegre, Brasil, bruno@fgs.eng.br

César Meira
Engenheiro, VALE, Belo Horizonte, Brasil, cesar.meira@vale.com

Brunna Abrantes
Engenheira, VALE, Mangaratiba, Brasil, brunna.abrantes@vale.com

Fabiano Madrid
Geólogo, FGS Geotecnia, Porto Alegre, Brasil, madrid@fgs.eng.br

RESUMO: O terminal portuário objeto deste estudo, está em Mangaratiba (RJ) e foi construído em 1973 entre duas ilhas por meio de aterro hidráulico, com acessos implantados em cortes em encostas naturais compostas por rochas e solos residuais. Ao longo dos anos instabilidades geotécnicas afetaram os acessos e estruturas, evidenciando a suscetibilidade da área a movimentos de massa: quedas de blocos e rupturas em solos. Para identificar áreas críticas e definir regiões prioritárias de intervenção, foi elaborado um mapeamento de risco. A avaliação considerou características do terreno obtidas por inspeções de campo, revisão bibliográfica e informações das equipes locais. A partir desses dados, foram estimadas espessuras dos solos e parâmetros de resistência ao cisalhamento (ângulo de atrito e coesão), além da classificação do maciço rochoso pelo sistema RMR e da adoção do critério de Hoek–Brown para taludes rochosos. As análises de estabilidade foram realizadas com o software SLIDE, utilizando simulações probabilísticas pelo método de Monte Carlo para estimar probabilidades de falha. Os volumes de ruptura e as trajetórias de blocos foram avaliados com os softwares RAMMS e Rocfall, permitindo estimar as energias/pressões de impacto. As consequências consideram a ocupação e operação do terminal, sendo que o produto entre estas consiste no risco do terminal.

PALAVRAS-CHAVE: Mapa de Risco, Simulações de Movimento de Massa, Susceptibilidade, Análises probabilísticas.

ABSTRACT: The port terminal analyzed in this study is located in Mangaratiba (RJ), Brazil, and was built in 1973 between two islands using hydraulic fill, with access roads excavated in natural slopes composed of rock and residual soils. Over the years, geotechnical instabilities have affected access routes and structures, highlighting the area's susceptibility to mass movements, including rockfalls and soil failures. To identify critical areas and define priority zones for intervention, a risk mapping study was carried out. The assessment considered terrain characteristics obtained from field inspections, literature review, and information provided by local technical teams. Soil thicknesses and shear strength parameters (friction angle and cohesion) were estimated, and the rock mass was classified using the RMR system, while the Hoek–Brown criterion was adopted for rock slope analysis. Stability analyses were performed using the SLIDE software with probabilistic Monte Carlo simulations to estimate failure probabilities. Potential failure volumes and rockfall trajectories were evaluated using RAMMS and Rocfall, allowing the estimation of impact energies and pressures. Consequences were assessed considering the occupancy and operational conditions of the terminal. Risk was defined as the product of failure probability and consequences.

Keywords: Risk Mapping, Mass Movement Simulations, Susceptibility, Probabilistic Analyses.

1 INTRODUÇÃO

O terminal portuário em questão é operado desde 1973 e está localizado na costa Verde do Rio de Janeiro, em Mangaratiba (RJ), na porção ocidental da Baía de Ilha Grande. A ilha em si tem uma área reduzida para as operações, tendo um grande pátio de minério circundado por um acesso principal e múltiplas edificações de apoio, construídos por meio de escavações no terreno natural, onde se localizam os taludes alvo deste estudo, os quais tem sua localização apresentada, em uma imagem de satélite, na Figura 1, sendo denominados como Talude 01,02,03,04,05,06,07 e Talude do Mirante. Estes foram definidos para avaliação com base nos históricos de eventos registrados pelas equipes responsáveis pela operação



Figura 1: Localização dos taludes alvo de mapeamento de risco

Os taludes alvo do estudo, constituem como um corte no maciço rochoso, que tem inclinação verticalizada, seguido pela condição natural da encosta, com inclinação suave coberta por solo residual e vegetação densa. Estes taludes margeiam uma grande parte da área operacional, e ao longo dos mais de 50 anos de operação do terminal, vários eventos de instabilidade geotécnica foram registrados, expondo as equipes e equipamentos uma condição de risco, resultando na necessidade de ações de mitigação e prevenção para garantia da segurança para o local, sendo primeiro passo um mapeamento dos taludes do terminal para avaliação das condições e auxiliar na tomada de decisão sobre as intervenções.

Os principais eventos de instabilidade registrados na área do terminal são descritos: *a)* como queda de blocos de rocha, que tem origem das descontinuidades da face rochosa ou ainda de depósitos ao longo do trecho em solo; e *b)* rupturas superficiais de massa de solo, localizados na região da encosta natural, com a deposição de massa sobre áreas operacionais, Em função de diferentes geometrias dos taludes e características dos materiais que constituem os taludes e de utilização, ocorrem diferentes cenários de risco em cada um dos 8 taludes, cuja avaliação detalhada é alvo deste estudo.

De maneira simplificada, o risco é definido pelo produto de duas parcelas, a primeira associada ao evento de instabilidade (probabilidades, volumetria, alcance) *X* a segunda que é relacionada as consequências decorrentes desse evento (danos estruturais, fatalidades, financeiro) (Fell et al., 2005). Neste estudo apresenta-se um guia avançado para o mapeamento de campo, avaliação dos dados coletados, bem como o cálculo dos riscos associados aos diferentes mecanismos de falha e a definição das consequências no caso de instabilidades, em função das características de utilização das áreas operacionais que estão presentes no terminal portuário, tendo como produto um mapa de risco final equalizado.

Mesmo que a probabilidade e a sua consequência sejam conceitualmente bem definidas, a quantificação precisa dos parâmetros envolvidos destes demanda adoção de hipóteses de cálculo que carregam consigo incertezas, principalmente em relação as características geotécnicas dos taludes. Isso frequentemente exige a adoção de simplificações dos modelos e de premissas nas etapas que envolvem o processo de cálculo, de modo que estas podem ser minimizadas por meio de setorização, ou seja, definir trechos que apresentam características semelhantes e que podem ser avaliados em conjunto.

Partindo dessa premissa os oito taludes foram avaliados individualmente, sendo os pontos de setorização específica, definindo zonas homogêneas para os trechos de corte em rocha bem como para as porções em encosta natural. Com isso, foi possível desenvolver análises específicas para cada tipo de mecanismo identificado, utilizando metodologias de cálculo específicas para o mecanismo avaliado (simulações de queda de blocos, análises de equilíbrio limite, etc.). A estas análises foram incorporados métodos probabilísticos nas simulações desenvolvidas, que tiveram como objetivo determinar a probabilidade de falha para um dado mecanismo investigado.

Definidas as probabilidades de ruptura dos taludes partiu-se para simulações de movimentação de massa com a finalidade de avaliar as trajetórias e zonas de potencial impacto. Para este processo foram utilizadas ferramentas distintas sendo, um capaz de simular trajetórias de blocos em movimento sobre a seção bidimensional (Rocfall) e uma ferramenta que simula o deslizamento da massa de solo sobre o modelo topográfico tridimensional da área de estudo (RAMMS).

Esta primeira etapa (estudo de probabilidade e simulação de movimento) pode ser descrita como a primeira parcela do risco, que avaliada as questões ligadas aos eventos de instabilidade previstos, e o produto parcial consiste no mapa de susceptibilidade do terminal.

A segunda etapa consiste na determinação às consequências desses eventos, ou seja, quais os danos potenciais nas zonas impactadas, definidas pelo mapa de susceptibilidade previamente descrito, resultando no mapa de vulnerabilidade. Nesta fase são consideradas todas as caracteristicas de uso das zonas impactadas tais como: a) número de pessoas expostas; b) probabilidade de presença ao longo do trecho (tempo de exposição); c) danos econômicos e operacionais; d) característica do elemento sob risco entre outras. Se soma ao tipo de uso a determinação do nível vulnerabilidade destes elementos ao serem impactados, por meio de critérios que tem como exemplo: a) fatalidades/ferimentos/impactos psicológicos e b) falha estrutural completa/ danos severos /danos leves.

As características de uso do terminal e relevância dos elementos do terminal foram determinadas em conjunto com as equipes operacionais, que listaram as principais informações e validaram os critérios definidos. Já os critérios de vulnerabilidade frente ao impacto de movimentos de massa ou blocos de rocha foram definidos com base em referências bibliográficas, tais como Leone et al. (1996), Mavrouli e Corominas (2010) e Hu et al. (2012). O resultado desta segunda etapa é aqui definido como mapa de vulnerabilidade do terminal.

Ambos os mapas - susceptibilidade e o de vulnerabilidade – foram elaborados utilizando valores numéricos para cada parcela, de modo que o mapa de risco foi calculado pelo produto dos dois mapas, permitindo assim quantificar numericamente o risco frente aos diferentes mecanismos. Foram definidos níveis de risco em função do valor numérico obtido no produto com classes: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto, abordagem que permite uma comparação direta e equalizada de níveis de risco entre as diferentes áreas mapeadas do terminal, que se traduz como um mapa de risco, ferramenta muito útil para a gestão de recursos disponíveis.

O presente artigo tem como principal objetivo detalhar as metodologias utilizadas para o mapeamento e setorização dos taludes em campo, métodos e ferramentas de cálculo adotadas nas análises, metodologias utilizadas para definir os critérios de vulnerabilidade bem como a classificação de risco das áreas mapeadas.

2 MAPEAMENTO DOS TALUDES EM CAMPO E SETORIZAÇÃO DOS TALUDES

A primeira fase trabalho consistiu do mapeamento de campo dos taludes, levantando as principais características, definindo as zonas homogêneas, estabelecendo comportamento geotécnico e os mecanismos de falha esperados. Nos taludes rochosos o principal mecanismo de instabilidade mapeado foi a ruptura condicionada pela condição estrutural do maciço, favorecendo a queda de blocos isolados. Já nos trechos em solo, foi identificada a possibilidade de rupturas superficiais/profundas, condicionadas pelas espessuras dos perfis de solos residuais locais.

Nos taludes rochosos foram aplicadas as metodologias de cadastro e classificação geomecânica propostas por Bieniawski (1989) e Hoek (1994), o método RMR e GSI respectivamente, que definem uma pontuação para seis diferentes parâmetros do maciço rochoso, cujo somatório resulta na classificação de qualidade do maciço rochoso.

Nos trechos em solo buscou-se estimar espessuras em solo, bem como, identificar antigas cicatrizes de ruptura ou indícios de movimento. A inspeção foi complementada por meio de análises dos dados topográficos

e bibliográficos, estabelecendo modelos estratigráficos básicos dos taludes, para análises e simulações desenvolvidas.

Em virtude da dificuldade de acesso aos taludes, o mapeamento de campo foi desenvolvido com o uso de técnicas de acesso por corda complementado com imageamento aéreo com o uso de aeronaves não tripuladas.

Como resultado das inspeções de campo e compilação de dados foi possível traçar seções geotécnicas características dos taludes, definindo os principais materiais geotécnicos do local: a) rocha sã; b) rocha com diferentes níveis de alteração e c) solos residuais, todos materiais derivados de uma geologia associada a formações de granito.

2.1 Mapeamento dos trechos rochosos – Método RMR - GSI

Os parâmetros de cadastro da metodologia RMR foram implementados em uma planilha eletrônica dentro de um ambiente SIG, para em campo, utilizando um tablet, realizar o cadastro dos parâmetros associado a geolocalização do ponto mapeado. De maneira bastante resumida, foram cadastrados 6 parâmetros básicos da metodologia: a) resistência a compressão simples da rocha intacta, b) RQD (Rock Quality Designation), c) Espaçamento entre descontinuidades, d) condição das descontinuidades, e) percolação e pressão hidrostática da água e f) Plano de orientação das descontinuidades. Nesta fase foi realizado uma setorização das faces rochosas em função de suas características visuais.

A setorização definida em campo, dados topográficos e vistas frontais dos maciços rochosos foram analisadas em conjunto, permitindo traçar nas seções transversais de interesse para cada um dos 8 maciços rochosos de estudo. Inicialmente, cada seção geológico-geotécnica foi analisada por meio da classificação RMR (Rock Mass Rating). Para isso, a altura total de cada seção foi subdividida em setores com características geomecânicas semelhantes, permitindo a atribuição de valores de RMR representativos para cada trecho.
Posteriormente, os valores obtidos foram correlacionados com o índice GSI (Geological Strength Index), permitindo definir a classificação geomecânica dos maciços rochosos presentes nas seções analisadas.
Como múltiplas seções foram traçadas ao longo de cada talude, os valores obtidos para cada setor puderam ser interpolados espacialmente entre as seções. A partir dessa interpolação, foram elaborados mapas de classificação geomecânica representativos de cada talude.

Conforme a pontuação RMR/GSI calculada as regiões de cada face foram classificadas entre um maciço Muito Bom até Muito Pobre, sendo que o intervalo da pontuação foi o recomendado pela metodologia, quanto menor a pontuação pior é a qualidade do maciço. A Figura 2 apresenta 3 imagens: uma típica seção de classificação com a pontuação RMR e GSI atribuída, e as vistas frontais com a classificação da face interpolada – RMR e GSI.

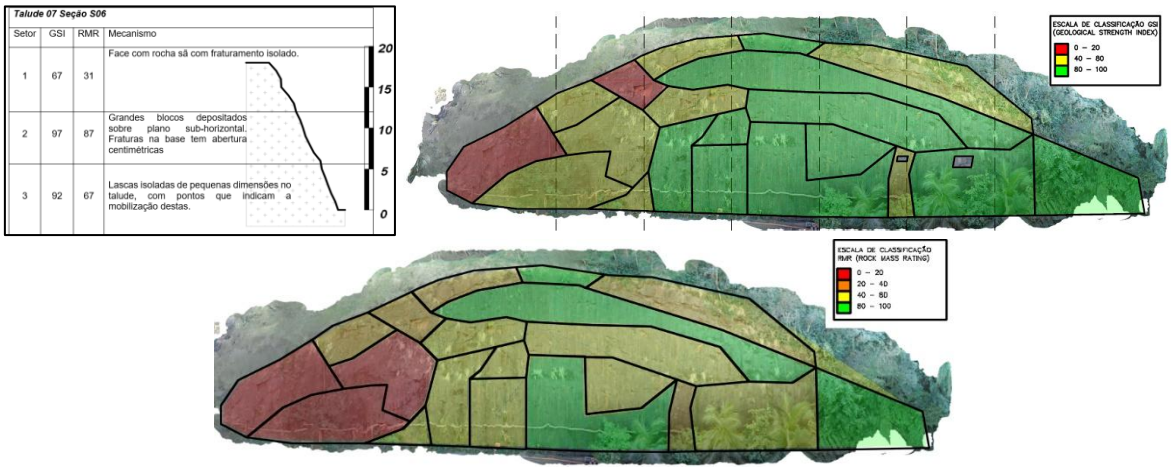


Figura 2: Seção transversal e vista frontal com interpolação da pontuação GSI e RMR para um dos taludes alvo de estudo

2.2 Mapeamento dos trechos em solo

Os trechos em solo foram mapeados por meio de uma inspeção de campo, com a localização de trechos onde o mesmo fosse visível, além de buscar sinais de rupturas antigas. Nas porções de interface entre o corte rochoso e o terreno natural foi possível observar a espessura da camada de solo local, que é classificado como sendo solo residual e colúvios. Estas informações de campo foram confrontadas com informações do perfil disponibilizada pela equipe local. A partir destes dados compilados, o método de estimativa de espessura de solos por meio da declividade do terreno, proposto por Azevedo et. al. (2015), que consiste em correlacionar os parâmetros morfométricos do terreno para estimar as espessuras de solo, realizada por meio de análise espacial dos dados topográficos. O modelo foi então calibrado para estimativa das espessuras de solos, e já foi realizada a classificação da distribuição dos materiais geotécnicos, com a figura do modelo indicada abaixo.

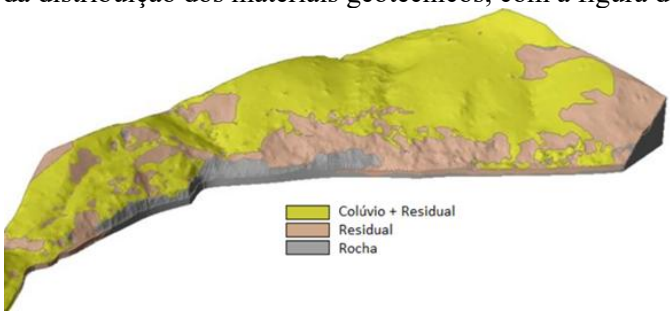


Figura 3: Modelo tridimensional com a distribuição de materiais geotécnicos

3 Metodologia aplicada para definição da susceptibilidade

A análise de susceptibilidade a movimentos de massa na área do terminal foi realizada utilizando métodos de análise de equilíbrio limite bidimensionais para definir as probabilidades de ruptura, e por meio de simulações movimento de queda de rocha.

O cálculo da probabilidade de ruptura foi desenvolvido por meio de métodos de equilíbrio limite bidimensionais, aplicando o Método de Monte Carlo, abordagem que realizada milhares de simulações variando os parâmetros com uma distribuição definida (normal, lognormal, exponencial), partindo de um conjunto de dados estatísticos pré-definidos, metodologia aplicada tanto aos trechos em solo como para os maciços rochosos. Os modelos geomecânicos foram estabelecidos para as seções transversais, de modo que nos maciços rochosos as camadas foram atreladas à pontuação de RMR/GSI (Figura 2), enquanto que nos trechos em solo foi considerado o modelo de distribuição (Figura 3).

Nos maciços rochosos o critério de ruptura adotado foi o Hoek-Brown Generalizado -m_b ,s,a- partindo de parâmetros bibliográficos para resistência da rocha intacta (granito) e a resistência do maciço obtida penalizando a envoltória em função do valor de GSI, conforme a metodologia de Hoek et al. (2002). Já para os solos residuais de granito foi aplicado o critério de ruptura de Mohr-Coulomb, com ângulo de atrito e coesão atuantes, tendo como base os resultados dos trabalhos de Guerra (2015), Bora et al. (2012), Brugger (2016). O conjunto de informações foi tratado estatisticamente, definindo as faixas de variação para ao método de análise probabilístico.

Foram traçadas múltiplas seções transversais, para trechos em solo e em rocha, determinando a probabilidade e superfície de ruptura crítica em cada uma delas. Os limites da superfície crítica foram transportados para a planta baixa, e com as probabilidades de ruptura foram interpoladas, gerando um mapa de probabilidade de falha para os diferentes mecanismos nos taludes. Abaixo estão apresentados dois exemplos, um mapa sobre o trecho de encosta natural, com uma seção de análise, e a vista frontal do talude rochoso, com a seção de análise, em ambos as probabilidades de ruptura calculadas.

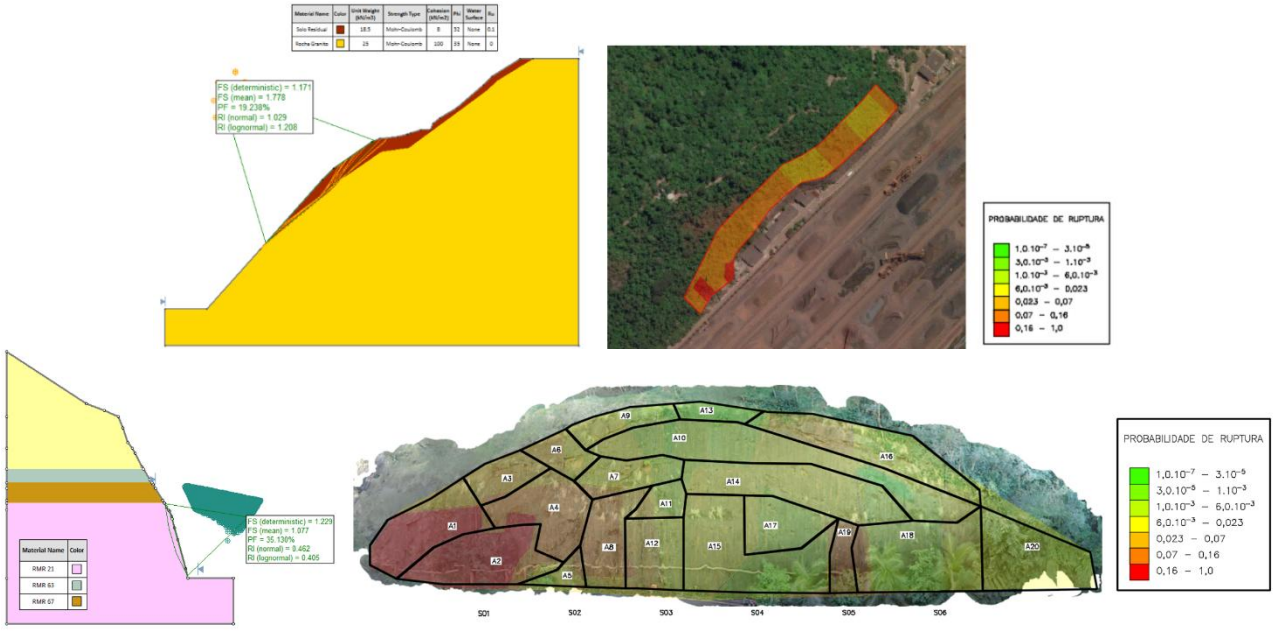


Figura 4: Seções de cálculo de probabilidade de ruptura e mapa de probabilidades para taludes em solo/rocha

Definidas as zonas de maior probabilidade de falha, foram estimados volumes de ruptura em solo e a posição de origem, com base nas superfícies críticas previamente definidas, enquanto que para a porção em rocha foram considerados os blocos críticos mapeadas em campo. Estes dados foram utilizados para simular o movimento de massa, com o uso das ferramentas computacionais: RAMMS para movimentações de solo e com o Rocfall no caso de queda de blocos de rocha.

O programa RAMMS considera que a massa de solo é um bloco homogêneo, que escoa sobre a superfície tridimensional do terreno, cuja fluxo é regido por parâmetros de atrito seco e viscoso do fluxo. O resultado são as trajetórias de movimento, zonas de deposição, altura e velocidade de onda, informações que são utilizadas para calcular a pressão de impacto da massa. O movimento dos blocos é simulado através do programa Rocfall, que faz simulações bidimensionais da seção de interesse, tem como dados de entrada a seção de cálculo, geometria e massa do bloco, bem como os parâmetro de superfície do terreno, coeficientes de restituição normal e tangencial. O produto destas simulações são as trajetórias dos blocos, com máximo alcance e energias de impacto. Abaixo se apresentam imagens da simulação com o RAMMS e com o Rocfall.

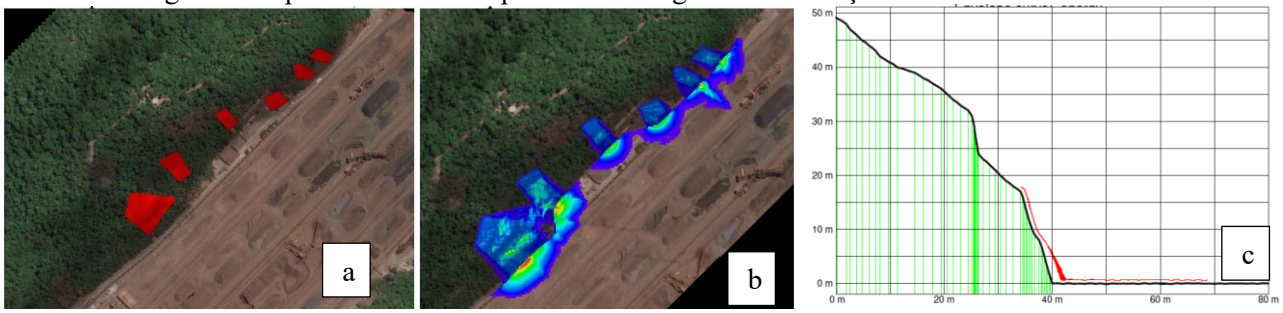


Figura 5: Polígonos de saída de massa de solo (a), mapa de alcance de solo (b) e simulação de queda de blocos (c).

Com os dois conjuntos de resultados foi possível calcular o valor numérico da susceptibilidade das áreas frente aos eventos de queda de blocos e movimento de massa, definindo uma distribuição espacial sobre as áreas operacionais, por meio do produto da probabilidade de ruptura x máximo alcance simulado. Cabe destacar que por vezes os mecanismos de falha se sobrepuseram em um mesmo ponto, sendo que nestes casos foi tomado como válido a maior susceptibilidade, tornando o mapa independente do mecanismo. O valor numérico variava 1.10^{-7} até 1, onde 1 representa 100% de susceptibilidade de impacto e $1x10^{-7}$ uma susceptibilidade extremamente baixa, porém não nula. Abaixo é apresentado o mapa de susceptibilidade de uma das áreas de estudo do terminal (limite definido pelo escopo do projeto), frente ao evento de ruptura em solo. Estes mapas foram desenvolvidos para todas as regiões de estudo.

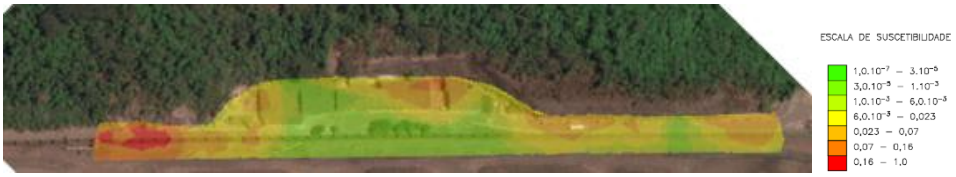


Figura 6: Mapa de susceptibilidade a eventos de mobilização em solo

4 Metodologia aplicada na definição da vulnerabilidade

A vulnerabilidade corresponde a consequência no caso de impacto, e é função de uma série de parâmetros, sendo que os índices representativos de referência são baseados no que é apresentado por Bell e Glade (2004), com breve descrição abaixo:

a) Elementos em risco: Critério que faz distinção do que está em risco, como por exemplo zonas ocupadas por pessoas tem uma pontuação maior do que regiões que abrigam equipamentos secundários para operação;
b) Probabilidade espacial (Ps) e temporal de presença (Pt): Critérios que representam a probabilidade de que elementos expostos estejam na zona impacto no momento exato da ruptura. Por exemplo, prédios tem Ps e Pt de 100% enquanto regiões de acesso tem Ps e Pt variáveis, função direta do nível fluxo de cada região avaliada;
c) Vulnerabilidade dos elementos (Vp e Vpe) : Representa o parâmetro mais complexo, e define o potencial dano do elemento exposto ao impacto variando de 0,01 – que representa um dano não estrutural leve ou um efeito psicológico nas equipes - até 1que representando falha estrutural grave ou fatalidade, Leone et al. (1996).

Mavrouli e Corominas (2010) e Hu *et al* (2012) indicam relações entre os dados esperados em função dos níveis de energia e pressões de impacto decorrentes dos eventos de queda de blocos de rocha e movimento de massa, respectivmanete. Das simulações realizadas foram definidos estes nívies, e verificados os limites sugeridos pelos autores, associando a cada condição a pontuação recomendada. Os elementos em risco em função das atividades executadas em cada talude, enquanto que as probabilidades espacial/temporal foram determinadas conforme informações de ocupação das áreas, disponibilizadas pelas equipes operação. De maneira análoga ao mapa de susceptibilidade foi traçado um mapa de vulnerabilidade para cada ponto, sendo que foram estabelecidos os mesmos limites, entre 1.10^{-7} até 1.

5 Cálculo do risco associado e enquadramento da classe de risco

Com a definição das duas parcelas é possível calcular o valor número de risco associado a cada região, com a equação básica $R_{ipe} = (H\ x\ C)\ x\ E_{ipe}$, aplicada a todas as áreas e estudo, e os valores calculados foram classificados entre muito baixo e muito alto.

Definir os limites de cada classe de risco e os níveis toleráveis é tarefa de extrema complexidade, pois é necessário levar em consideração todos os fatores atrelados ao evento – custos operacionais, custos de imagem, custos improdutivos, custos de manutenção e acima de tudo custos de vidas humanas. Por estas razões os limites toleráveis são variáveis de local para local, sendo de responsabilidade das equipes locais estabelecerem os limites em função de suas políticas internas. Como referência básica foram consultados os trabalhos apresentados por Bell *et al* (2005) e AGS (2000), que reúnem limites aceitáveis de diferentes locais do planeta em diferentes cenários, sendo que baseado no que é apresentado nos trabalhos foram propostos os seguintes limites para o trecho.

Tabela 1: Classes de risco definidas par ao local

Classificação de Risco	Risco calculado
Muito baixo	$0 – 10^{-6}$
Baixo	$10^{-6} - 10^{-5}$
Médio	$10^{-5} - 10^{-4}$
Alto	$10^{-4} - 10^{-3}$
Muito Alto	$> 10^{-3}$

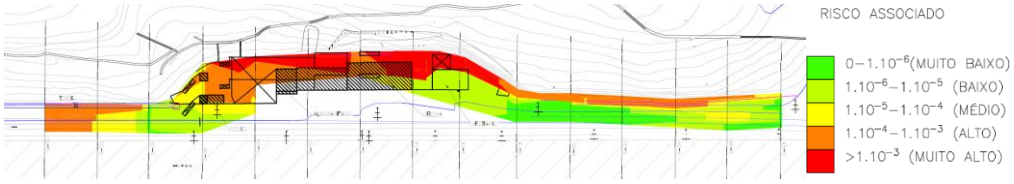


Figura 7: Mapa de risco para eventos de movimento de solo/rocha para os taludes 1-5

6 Conclusões

O presente trabalho apresentou a metodologia utilizada para elaboração de um mapeamento de risco desenvolvido com base em valores numéricos para todas as parcelas que compõe o risco nas áreas de interesse. Para esta elaboração se fez necessário um trabalho de campo detalhado para a coleta de informações aliado a uma análise completa de múltiplos fatores relacionados a probabilidade, simulação de movimento de massa, bem como as características particulares de utilização do terminal. A presença de materiais de características distintas, solo e rocha, resultou na necessidade de metodologias e critérios de ruptura específicos para cada tipo de material geotécnico. Ao integrar a probabilidade de ocorrência de falhas com o grau de exposição e os potenciais danos às pessoas, estruturas ou ao meio ambiente, essas análises fornecem subsídios técnicos mais robustos para a tomada de decisão, priorização de intervenções e definição de medidas de mitigação mais eficazes, equalizando as áreas do terminal em função dos mecanismos de instabilidade em cada área.

As análises indicaram grande variabilidade nas probabilidades de ruptura dos taludes, variando de 1×10^{-7} até valores próximos de 1. As simulações de queda de blocos e movimentos de massa mostram potencial de impacto em acessos e edificações ao longo de toda a área operacional. A região mais crítica corresponde ao setor das edificações da oficina, engenharia e brigada de incêndio, com risco estimado da ordem de 10^{-3}, o que justificou a interdição parcial dessas estruturas. Já os acessos apresentam riscos entre muito baixo e médio, devido às condições mais favoráveis dos taludes e à menor presença de pessoas, regiões onde se concentraram intervenções.

De maneira geral a ferramenta se mostra essencial na tomada de decisão para a contratante, para definição de ações que venham a preservar as estruturas e as pessoa, seja pela relocação, proteção ou estabilização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à VALE pela condução deste trabalho que resultou nesta publicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.G.S, *Landslide risk management concepts and guidelines.* Journal and news of the Australian Geomechanics Society, SubCommittee on Landslide Risk Management; Volume 35: 49-92. 2000.

BENIAWSKI, Z. T. *Engineering rock mass classifications. John Wiley & Sons inc*., New York, N.Y. 1989.

BELL, R., GLADE, T. *Quantitative Risk Analysis for Landslides – Examples from Bíldudalur, NW-Iceland.* In: Natural Hazards and Earth System Sciences. 2004. p. 117-131.

COSTA, E. A. *Avaliação de ameaças e risco geotécnico aplicados à estabilidade de taludes.* 2005. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – PPGEC, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

Hoek, E. (1994). "Strength of rock and rock masses". ISRM News Journal, 2(2), 4-16

Hu,K. H; Cui; P. e Zhang, J. Q. *Characteristics of damage to buildings by debris flows on 7 August 2010 in Zhouqu, Western China*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 2209–2217, 2012

LEONE, F., ASTÉ, J. P., LEROI, E. *Vulnerability Assessment of Elements Exposed to Movement: Working toward a Better Risk Perception.* – In: Proceedings of the Seventh International Symposium on Landslides, Rotterdam, 1996. p. 263-270.

MAVROULI, O., COROMINAS, J. Rockfall Vulnerability Assessment for Reinforced Concrete Buildings. In: Natural Hazerds and Earth System Sciences. 2010. p. 2055-2066.