



PROPOSTA DE INDICADOR DE DESEMPENHO GLOBAL PARA TALUDES EM SOLO DA REDE ASCENDI

CLEITON MORAES

Setembro de 2025

**PROPOSTA DE INDICADOR DE DESEMPENHO GLOBAL PARA
TALUDES EM SOLO DA REDE ASCENDI**

**PROPOSAL FOR A GLOBAL PERFORMANCE INDICATOR FOR SOIL SLOPES IN
THE ASCENDI NETWORK**

Cleiton Moraes

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Geotécnica e Geoambiente**

Orientador: Professor Agostinho Martins Mendonça

Júri

Presidente

Helder Gil Iglésias de Oliveira Chaminé, Professor Coordenador com Agregação, Departamento de Engenharia Geotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Vogais

João Paulo Meixedo dos Santos Silva, Professor Coordenador, Departamento de Engenharia Geotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

José Cândido Gonçalves Freitas, Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto

António Agostinho Martins Mendonça, Professor Adjunto Convidado, Departamento de Engenharia Geotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Porto, setembro de 2025

[página propositadamente em branco]

Resumo

A dissertação aborda a identificação das melhores práticas nacionais e internacionais no âmbito das inspeções visuais e da classificação de taludes durante a fase de exploração. O estudo apresenta a proposta e a validação de um Índice de Desempenho Global (IDG) para os taludes de solo da rede Ascendi, com o objetivo de apoiar a gestão e a conservação das estruturas geotécnicas. O trabalho resulta da adaptação do método de cálculo dos Índices de Qualidade (IQ) para Taludes, originalmente desenvolvido para taludes em rocha, agora ajustado e calibrado para taludes em solo, sejam de aterro ou de escavação. Adicionalmente, propõe-se um Índice de Consequência (IC), destinado a avaliar a gravidade dos impactos socioeconómicos associados ao estado dos taludes, considerando dimensões físicas e infraestruturais. A metodologia inclui também um sistema de alertas vinculado a todos os parâmetros avaliados, reforçando a capacidade preventiva e organizacional. Complementarmente, integra-se um modelo preditivo de curto e médio prazo, concebido para antecipar tendências de degradação, apoiar o planeamento de intervenções e estabelecer prioridades com base em critérios técnicos. Por fim, apresentam-se as considerações finais do estudo desenvolvido, com identificação de perspetivas futuras de melhoria.

Palavras-chave: Taludes, Gestão de Ativos, Classificação Geotécnica, Índice de Desempenho, Índice de Consequência, Modelo Preditivo

[página propositadamente em branco]

Abstract

The dissertation addresses the identification of best national and international practices in the field of visual inspections and slope classification during the exploitation phase. The study presents the proposal and validation of a Global Performance Index (GPI) for soil slopes in the Ascendi network, intending to support the management and conservation of geotechnical structures. The work results from adapting the method for calculating Quality Indexes (QI) for Slopes, initially developed for rock slopes, and now adjusted and calibrated for soil slopes, whether in embankments or excavations. In addition, a Consequence Index (CI) is proposed to assess the severity of the socioeconomic impacts associated with slope condition, accounting for physical and infrastructural dimensions. The methodology also includes an alert system linked to all assessed parameters, reinforcing preventive and organizational capacity. In addition, a short- and medium-term predictive model is integrated, designed to anticipate degradation trends, support intervention planning, and establish priorities based on technical criteria. Finally, the study's final considerations are presented, identifying prospects for improvement.

Keywords: Slopes, Asset Management, Geotechnical Classification, Performance Index, Consequence Index, Predictive Model

[página propositadamente em branco]

Agradecimentos

A presente dissertação representa a consolidação de uma trajetória acadêmica iniciada em 2013, com a formação em Engenharia Civil no Brasil. Desde então, desenvolvi particular interesse pela geotecnia e pelas especificidades que a caracterizam, área na qual encontrei constante motivação para aprofundar o conhecimento. O ingresso no Mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente do ISEP reforçou a relevância e a necessidade das informações geotécnicas na prática profissional, confirmando a escolha acertada deste percurso.

À minha família, expresso a mais profunda gratidão pelo suporte constante, pela paciência e pela dedicação ao longo de toda a minha trajetória. A educação transmitida e os conselhos partilhados foram fundamentais para a minha formação pessoal e profissional.

Agradeço à Engenheira Alexandra Ferreira (Ascendi), supervisora desta dissertação, pela confiança, pela oportunidade e pela humanidade demonstradas durante o meu processo de adaptação na empresa, bem como pelo apoio prestado ao desenvolvimento desta dissertação. Ao Professor Helder I. Chaminé (DEG|ISEP), agradeço pelo apoio e orientação constantes ao longo do curso de mestrado. Estendo ainda o meu reconhecimento ao Professor Agostinho Mendonça (DEG|ISEP) pelo suporte e pela paciência na orientação desta dissertação.

Expresso também um agradecimento especial a toda a equipa da Gestão da Conservação 2 da Ascendi, pela simpatia e hospitalidade, bem como à equipa de Infraestruturas Geotécnicas, representada pela Engenheira Adriana Neves, pelo Engenheiro José Rafael e pela Engenheira Diana Rodrigues, cuja colaboração foi essencial neste processo. Agradeço, igualmente, à Ascendi, pela oportunidade de desenvolver este estudo no ambiente de trabalho, pela partilha de conhecimento e pela valiosa experiência de integrar o seu corpo técnico.

Agradeço a todos os docentes do Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP pelo acolhimento e pela confiança depositada no meu potencial. Aos colegas que, de alguma forma, contribuíram para a construção de memórias que levarei comigo ao longo da vida, manifesto os meus sinceros agradecimentos. Aos restantes amigos, cujo nome não me é permitido enumerar, deixo também meu reconhecimento por fazerem parte desta trajetória.

Finalmente, expresso gratidão a todas as pessoas que tornaram a minha experiência de migração mais leve e que me proporcionaram a oportunidade de amar Portugal.

[página propositadamente em branco]

Índice

1. Introdução.....	3
1.1. Enquadramento	3
1.2. Objetivos	4
1.3. Estrutura	5
2. Revisão de metodologias de gestão e avaliação de taludes	9
2.1. Estrutura de um talude	9
2.2. Metodologias de classificação	10
2.2.1. Termos gerais e conceitos	11
2.2.2. Manual de Geotecnia DER - SP - Brasil	14
2.2.3. Mapeamentos de perigos e riscos de deslizamentos	17
2.2.4. Método AHP (<i>Analytic Hierarchy Process</i>) para o mapeamento da suscetibilidade a deslizamentos.....	25
2.2.5. Métodos AHP em ativos de Transporte Terrestre	34
2.2.6. CLHRS (<i>Colorado Landslide Hazard Rating System</i>)	37
3. Metodologias aplicadas pela Ascendi	42
3.1. Apresentação da Empresa Ascendi.....	42
3.2. Taludes da rede Ascendi	44
3.3. Enquadramento Geológico das concessões	46
3.3.1. Grande Porto	46
3.3.2. Beiras Litoral e Alta.....	47
3.3.3. Norte.....	48
3.3.4. Costa de Prata.....	49
3.3.5. Pinhal Interior	50
3.3.6. Grande Lisboa	51
3.4. Inspeções Visuais	52
3.4.1. Catálogo de Componentes	54
3.4.2. Catálogo de Patologias	56
3.4.3. SustIMS (<i>Sustainable Infrastructure Management System</i>)	58
3.4.4. Classificação de Estado de Manutenção	61
3.4.5. Classificação do Estado de Conservação	62
3.4.6. Classe de Suscetibilidade de Deslizamento de Terra	62
3.5. Índices de Qualidade em vigor na Ascendi	64
3.5.1. Objetivo	64
3.5.2. RHRSm2 (<i>Rockfall Hazard Rating System</i>).....	65
3.5.3. Outros sistemas de classificação considerados.....	67
3.5.4. Cálculo	67
3.5.5. Definição de fatores para taludes em escavação em rocha.....	69
3.5.6. Índices de Qualidade para taludes em solo	71
4. Proposta de Índice de Desempenho Global	78
4.1. Generalidades	78
4.2. Índice de Desempenho (ID)	79
4.2.1. Objetivos.....	79
4.2.2. Fatores e seus respetivos pesos	79
4.2.2.1. Geométrico.....	80

4.2.2.2.	Geológico e Hidrogeológico	82
4.2.2.2.1.	Taludes de escavação	82
4.2.2.2.2.	Taludes de aterro.....	85
4.2.2.3.	Efeitos hidráulicos	87
4.2.2.4.	Inspeções visuais	88
4.2.2.5.	Historial.....	89
4.2.2.6.	Ações externas.....	97
4.2.3.	Classificação do ID	100
4.3.	Índice de Consequência (IC).....	100
4.3.1.	Matriz de Risco das imediações	101
4.3.2.	Escala de tempo de distúrbio	102
4.3.3.	Intervenções a realizar	103
4.3.4.	Condicionalismo ao tráfego.....	104
4.4.	Índice de Desempenho Global (IDG)	104
4.5.	Alertas	106
4.6.	Modelo preditivo	107
4.7.	Discussão da proposta	110
5.	Aplicação do Índice de Desempenho Global	114
5.1.	Metodologia de aplicação.....	114
5.2.	Aplicação nos taludes de escavação em solo	117
5.3.	Aplicação nos taludes de aterro	121
6.	Conclusões e desenvolvimentos futuros.....	128
	Referências bibliográficas	132
	Anexos	138

Lista de figuras

Figura 1 - Talude de escavação na A16, na Concessão Grande Lisboa.	9
Figura 2 - Fluxograma de sequência de ações necessárias para obter avaliações de risco de deslizamentos de terra, adaptado de UNDRR (2019).	11
Figura 3 - Fluxograma de atividades para planeamento de obras, adaptado de DER-SP (1991).	17
Figura 4 - Fluxograma das etapas da metodologia de elaboração de cartas de perigo e risco a movimentos gravitacionais de massa, adaptado de CPRM (2018).	18
Figura 5 - Classes de vulnerabilidade (CPRM, 2018).	19
Figura 6 - Comparação de elementos por análise subjetiva, adaptado de Teknomo (2012).	26
Figura 7 - Exemplo da Escala Fundamental de Saaty (1980) na comparação par a par da declividade e do uso/cobertura do solo para o processo de escorregamento raso de solo em encosta natural, adaptado de Faria (2011).	28
Figura 8 - Mapeamento de perigo de escorregamento com a aplicação do método AHP aplicado em uma área do município de Toque-Toque Pequeno (Faria, 2011).	31
Figura 9 - Fluxograma de avaliação suscetibilidade dos taludes corte EFVM, adaptado de Faria (2011) e Bernardes (2019).	35
Figura 10 - Mapa de parte de Portugal com as Concessões da rede Ascendi.	43
Figura 11 - Tipologia das estruturas geotécnica e suas respectivas quantidades existentes na rede Ascendi.	45
Figura 12 - Carta Geológica da Concessão Grande Porto (Ascendi, 2022).	47
Figura 13 - Carta Geológica da Concessão Beiras Litoral e Alta (Ascendi, 2022).	48
Figura 14 - Carta Geológica da Concessão Norte (Ascendi, 2022).	49
Figura 15 - Carta Geológica da Concessão Costa de Prata (Ascendi, 2022).	50
Figura 16 - Carta Geológica da Concessão Pinhal Interior (Ascendi, 2022).	51
Figura 17 - Carta Geológica da Concessão Grande Lisboa (Ascendi, 2022).	52
Figura 18 - Ciclo de vida de gestão sustentável dos ativos geotécnicos da Ascendi (Ferreira <i>et al.</i> , 2021).	53
Figura 19 - Esquemas representativos de talude de escavação e aterro de uma autoestrada, adaptado de Caputo (1988).	55
Figura 20 - Extrato do catálogo de componentes e subcomponentes desenvolvido pela Ascendi (Ascendi, 2025).	56
Figura 21 - Extrato do catálogo de patologias desenvolvido pela Ascendi (Ascendi, 2023).	57
Figura 22 - Estrutura de uma matrícula de um talude da Ascendi.	58
Figura 23 - Captura de ecrã da Interface da plataforma digital SustIMS, contendo as informações e características associados à estrutura em análise.	60
Figura 24 - Captura de ecrã da Interface de entrada de uma inspeção visual a um talude através da plataforma móvel do SustIMS.	61
Figura 25 - Mapa de suscetibilidade no Nó de Calvos na concessão Norte, retirada do SIG interno da Ascendi.	63
Figura 26 - Esquema resumo da metodologia do IQ, adaptado de Pinheiro <i>et. al</i> (2015).	68

Figura 27 - Forma de identificação da orientação de um talude: Linha traçada perpendicular ao plano da face do talude a), Vista do SIG do traçado da linha b), Rosa dos ventos com pontos cardeais, colaterais e subcolaterais c).	81
Figura 28 - Deslizamento circular em talude de escavação na rede Ascendi: vista geral da extensão do deslizamento (a), detalhe da fenda no revestimento superficial (b) e esquema ilustrativo de um deslizamento planar, conforme USGS – <i>United States Geological Survey</i> , 2013 (c).	92
Figura 29 - Deslizamento planar em um talude de aterro da rede Ascendi, a) Vista geral da extensão do deslizamento, b) Detalhe da fenda formada no revestimento superficial, c) Esquema representativo de um deslizamento planar (Li & Mo, 2019)	93
Figura 30 - Erosões em taludes de aterro: Erosão superficial, conforme Structville (2024) a); Erosão interna, também segundo Structville (2024) b); Esquema ilustrativo de um processo erosivo, adaptado de Huang <i>et al.</i> (2022) c).	94
Figura 31 - Fendas de tração em talude de escavação: fenda de tração em uma banquetta de talude da Ascendi a); fenda de tração em um pano, conforme USGS – <i>Geological Survey</i> (2013) b); e esquema ilustrativo dos dois tipos mais comuns de fenda de tração — na banquetta e no pano — segundo Wyllie <i>et al.</i> , 2004. c).	95
Figura 32 - Zonamento sísmico em Portugal Continental considerado no Eurocódigo 8 (NP EN 1998-1).	98
Figura 33 - Exemplo de marcação de alerta no ID.	106
Figura 34 - Estrato do relatório de inspeção visual realizado internamente em 2025 (Ascendi, 2024).	115
Figura 35 - Estratos de relatórios de peças escritas das telas finais e suas informações recolhidas, referente à construção das autoestradas da concessão Costa de Prata (Ascendi, 2003).	116
Figura 36 - Captura de ecrã do SIG, evidenciando a presença de uma zona industrial nas proximidades do talude em estudo.	117
Figura 37 - Talude de escavação CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL na A17.	118
Figura 38 - Talude de aterro AEN.BRG.A7.066+586.TA.D.D.SL na A7.	122

Lista de tabelas

Tabela 1 - Modelo de ficha para a investigação <i>in loco</i> e parte da ficha para caracterização, diagnóstico, medidas emergenciais e obras (DER-SP, 1991).	15
Tabela 2 - Níveis de gravidade (DER-SP,1991).....	16
Tabela 3 - Classes de Perigo, adaptado de CPRM (2018).	18
Tabela 4 - Classes de risco, Adaptado de Brasil (2007) por CPRM (2018).	20
Tabela 5 - Matriz de correlação do grau de risco, adaptado de CPRM (2018).	21
Tabela 6 - Formulário de inspeção em campo (CPRM, 2018).	23
Tabela 7 - Critérios para a determinação dos graus de risco, adaptado de CPRM (2018). ..	24
Tabela 8 - Primeiro passo para o desenvolvimento da matriz da metodologia AHP, adaptado de Teknomo (2012).	26
Tabela 9 - Segundo passo para o desenvolvimento da matriz da metodologia AHP, adaptado de Teknomo (2012).	27
Tabela 10 - Chave de ponderação indicando os pesos das classes dos indicadores de perigo para a natureza da encosta/talude e para os tipos de processos de escorregamentos, adaptado de Faria (2011).	29
Tabela 11 - Correlação entre os critérios da classificação de risco no método adotado por Carvalho <i>et al.</i> (2007) e da classificação do perigo com a aplicação do Método AHP, adaptado de Faria (2011).	30
Tabela 12 - Fatores e parâmetros e seus respectivos pesos, adaptado de Bazzan e Reckziegel (2024).	32
Tabela 13 - Pesos fator de perigo do CLHRS (Colorado Landslide Hazard Rating System), adaptado de Pratt & Santi (2014).	38
Tabela 14 - Pesos do Fator de Consequência do CLHRS (<i>Colorado Landslide Hazard Rating System</i>), adaptado de Pratt & Santi (2014).	39
Tabela 15 - Valores de classificação dos níveis de risco e severidade CLHRS (Pratt & Santi,2014).	39
Tabela 16 - Taludes de aterro e escavação por cada concessão da rede Ascendi.	45
Tabela 17 - Periodicidade das inspeções visuais.	53
Tabela 18 - Componentes de um talude e seus códigos cadastrais, (Ferreira <i>et al.</i> , 2022).	54
Tabela 19 - Estados de manutenção e seus descritivos (Ferreira <i>et al.</i> , 2022).	61
Tabela 20 - Estados de conservação e seus descritivos (Ferreira <i>et al.</i> , 2022).	62
Tabela 21 - Classes de suscetibilidade de deslizamentos de terra até 2030, Ascendi & Spotlite (2023).	63
Tabela 22 - Sistema RHRSm2, adaptado de Pinheiro <i>et. al</i> (2015).	66
Tabela 23 - Correspondência entre o sistema RHRSm2 com a metodologia geral do talude, adaptado de Pinheiro <i>et. al</i> (2015).	67
Tabela 24 - Classificação qualitativa, quantitativa e por nível de risco, adaptado de Pinheiro <i>et. al</i> (2015).	69
Tabela 25 - Pesos e parâmetros de cada fator referente aos taludes de escavação em rochas, adaptado de Pinheiro <i>et. al</i> (2015).	71
Tabela 26 - Fator Geológico e hidrogeológico da proposta de Índice de qualidade em taludes de escavação em solo, adaptado de Pinheiro <i>et. al</i> (2015).	72

Tabela 27 - Fator Geológico da proposta de Índice de qualidade em taludes de aterro em solo, adaptado de Pinheiro <i>et. al</i> (2015).	73
Tabela 28 - Fator Historial presente em ambas as propostas de Índice de qualidade em taludes de em solo, adaptado de Pinheiro <i>et. al</i> (2015).	73
Tabela 29 - Pesos e parâmetros de cada fator do Índice de Desempenho (ID), referente aos taludes de solo.	80
Tabela 30 - Fator geométrico, seus parâmetros e seus pesos associados do Índice de Desempenho (ID).	82
Tabela 31 - Correlação entre Coesão não drenada e os números de golpes do ensaio SPT, adaptado de Teixeira e Godoy (1996).	82
Tabela 32 - Classificação USCS dos tipos de solos, adaptado de ASTM (1985).	83
Tabela 33 - Fator geológico e hidrogeológico, seus parâmetros e seus pesos associados para taludes de escavação no Índice de Desempenho (ID).	85
Tabela 34 - Fator geológico e hidrogeológico, seus parâmetros e seus pesos associados para taludes de aterro no Índice de Desempenho (ID).	86
Tabela 35 - Precipitação média anual (PMA) em 2000 para diferentes regiões de Portugal, adaptado do Portal do Clima.	87
Tabela 36 - Fator Efeitos Hidráulicos, seus parâmetros e seus pesos associados do Índice de Desempenho (ID).	88
Tabela 37 - Fator Inspeções Visuais, seus parâmetros e seus pesos associados do Índice de Desempenho (ID).	89
Tabela 38 - Fator Historial, seus parâmetros e seus pesos associados do Índice de Desempenho (ID).	96
Tabela 39 - Fator Ações externas, seus parâmetros e seus pesos associados do Índice de Desempenho (ID).	99
Tabela 40 - Classificação do Índice de Desempenho (ID).	100
Tabela 41 - Índice de Consequência (IC) com seus respectivos parâmetros e pesos.	101
Tabela 42 - Classificação do Índice de Consequência (IC).	101
Tabela 43 - Matriz de risco nos arredores (Ferreira & Hastings (2021)	102
Tabela 44 - Escala de magnitude de impacto, Plano de Resiliência Climática (PCR) – Instituto do Ambiente e Desenvolvimento - IDAD (2024).	103
Tabela 45 - Tipos de intervenções em uma estrutura geotécnica.	104
Tabela 46 - Matriz de correlação entre o Índice de Desempenho (peso 70%) e o Índice de Consequência (peso 30%).	105
Tabela 47 - Aplicação do Índice de Desempenho (ID) no talude CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL.	119
Tabela 48 - Aplicação do Índice de Consequência (IC) no talude CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL.	120
Tabela 49 - Classificação do Índice de Desempenho Global (IDG) e cenário para 2030 do talude CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL.	120
Tabela 50 - Aplicação do Índice de Desempenho (ID) no talude AEN.BRG.A7.066+586.TA.D.D.SL.	123
Tabela 51 - Aplicação do Índice de Consequência (IC) no talude AEN.BRG.A7.066+586.TA.D.D.SL.	124
Tabela 52 - Classificação do Índice de Desempenho Global (IDG) e cenário para 2030 do talude AEN.BRG.A7.066+586.TA.D.D.SL.	124

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Pesos fatoriais normalizados e pesos finais de suscetibilidade a deslizamentos na região de Handlová e adjacências, Eslováquia, adaptado de Vojteková & Vojtek (2020).	32
Gráfico 2 - Gráfico de setores (BDR) ilustrando a importância relativa dos diferentes fatores na origem dos deslizamentos no Domínio Oeste de Camarões, de acordo com a abordagem AHP, adaptado de Zangmene <i>et al.</i> (2023).	33
Gráfico 3 - Importância relativa dos diferentes fatores causadores de deslizamentos na Região da Grande Xi'an, China, segundo a abordagem AHP, adaptado de Liu <i>et al.</i> (2024).	34
Gráfico 4 - Ponderação das classes dentro de cada fator e seus respectivos pesos de suscetibilidade a deslizamentos ao longo da rodovia Nacional 3, região central do Himalaia em Himachal Pradesh, Índia (Kumar <i>et al.</i> , 2018).	35
Gráfico 5 - Ponderação dos principais fatores causadores de deslizamentos ao longo da rodovia Nacional 5 (NH-5), entre Kalka e Shimla, Índia, adaptado de Panchal & Shrivastava (2021).	36
Gráfico 6 - Comparação pela matriz, pesos fatoriais e razão de consistência dos fatores de influência do deslizamento trecho de rodovia em Constantino na Argélia, adaptado de Achour <i>et al.</i> (2017).	37
Gráfico 7 - Distribuição dos pesos dos fatores de acordo com o grau de conhecimento dos inquiridos, adaptado de Pinheiro <i>et. al</i> (2015).	70
Gráfico 8 - Resultados IDG e o IDG do cenário para 2030 nos taludes de escavação.....	121
Gráfico 9 - Resultados IDG e o IDG do cenário para 2030 nos taludes de aterro.	125

[página propositadamente em branco]

Lista de Equações

Equação 1 - Razão de consistência	25
Equação 2 - Termo geral de uma Progressão Geométrica	65
Equação 3 - Índice de Qualidade	68
Equação 4 - Ponderação de um Parâmetro do Índice de Qualidade (IQ).....	68
Equação 5 - Tráfego Médio Anual (TMD)	98
Equação 6 - Índice de Desempenho Global (IDG).....	105
Equação 7 - Índice de Desempenho Global Parametrizado (IDGp).....	106

[página propositadamente em branco]

Lista de Anexos

Anexo 1 - Índice de Qualidade (IQ), Pinheiro <i>et al.</i> (2015).....	140
Anexo 2 - Índice de Desempenho (ID) para taludes de escavação.	141
Anexo 3 - Índice de Desempenho (ID) para taludes de aterro.....	142
Anexo 4 - Índice de consequência (IC).	143
Anexo 5 - Índice de Desempenho Global (IDG).	143
Anexo 6 - Índice de Desempenho Global (IDG) aplicado em 40 taludes de aterro e escavação da rede Ascendi.....	144
Anexo 7 - Relatório de classificação IDG no talude CP.CBR.A17.092+293.TA.C.D.SL	145
Anexo 8 - Relatório de classificação IDG no talude SPI.LRA.A13.164+705.TA.C.D.SL.....	146
Anexo 9 - Relatório de classificação IDG no talude SPI.LRA.A13.154+210.TA.C.D.SL.....	147
Anexo 10 - Relatório de classificação IDG no talude SPI.CBR.A13-1.008+060.TA.D.D.SL	148
Anexo 11 - Relatório de classificação IDG no talude SPI.CBR.A13.189+275.TA.D.D.SL	149
Anexo 12 - Relatório de classificação IDG no talude AEN.BRG.A7.066+586.TA.D.D.SL....	150
Anexo 13 - Relatório de classificação IDG no talude AEN.VLR.A7.084+550.TA.C.D.SL.....	151
Anexo 14 - Relatório de classificação IDG no talude AEN.BRG.A7.042+748.TA.C.D.SL	152
Anexo 15 - Relatório de classificação IDG no talude CGL.LSB.A16.002+000.TA.C.D.SL....	153
Anexo 16 - Relatório de classificação IDG no talude CGL.LSB.A16.014+065.TA.C.D.SL....	154
Anexo 17 - Relatório de classificação IDG no talude CGL.LSB.A16.008+810.TA.C.D.SL....	155
Anexo 18 - Relatório de classificação IDG no talude CGL.LSB.A16.008+212.TA.C.D.SL....	156
Anexo 19 - Relatório de classificação IDG no talude CGL.LSB.A16.000+889.TA.D.D.SL....	157
Anexo 20 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.098+375.TA.D.D.SL.....	158
Anexo 21 - Relatório de classificação IDG no talude AEN.BRG.A7.060+061.TA.D.D.SL....	159
Anexo 22 - Relatório de classificação IDG no talude SPI.CBR.A13.180+730.TA.C.D.SL.....	160
Anexo 23 - Relatório de classificação IDG no talude SPI.CBR.A13.180+715.TA.D.D.SL	161
Anexo 24 - Relatório de classificação IDG no talude CP.CBR.A17.092+130.TA.C.D.SL	162
Anexo 25 - Relatório de classificação IDG no talude GP.PRT.A41.008+198.TA.D.D.SL.....	163
Anexo 26 - Relatório de classificação IDG no talude GP.PRT.A41.016+423.TA.C.D.SL	164
Anexo 27 - Relatório de classificação IDG no talude GP.PRT.A4.003+403.TA.C.D.SL	165
Anexo 28 - Relatório de classificação IDG no talude GP.PRT.VRI.002+211.TA.C.D.SL	166
Anexo 29 - Relatório de classificação IDG no talude CP.CBR.A17.092+425.TA.D.D.SL.....	167
Anexo 30 - Relatório de classificação IDG no talude CP.CBR.A17.092+478.TA.C.D.SL	168
Anexo 31 - Relatório de classificação IDG no talude CP.CBR.A17.092+584.TA.C.D.SL	169
Anexo 32 - Relatório de classificação IDG no talude CP.CBR.A17.092+584.TA.D.D.SL.....	170
Anexo 33 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.100+020.TE.D.D.SL	171
Anexo 34 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A29.008+050.TE.D.D.SL	172
Anexo 35 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL	173
Anexo 36 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.100+540.TE.D.D.SL	174
Anexo 37 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.101+900.TE.D.D.SL	175
Anexo 38 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.101+850.TE.C.D.SL	176
Anexo 39 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.098+730.TE.C.D.SL	177
Anexo 40 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.098+891.TE.D.D.SL	178
Anexo 41 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.098+956.TE.C.D.SL	179
Anexo 42 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.099+075.TE.D.D.SL	180

Anexo 43 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.099+312.TE.C.D.SL	181
Anexo 44 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.100+000.TE.C.D.SL	182
Anexo 45 - Relatório de classificação IDG no talude AEN.BRG.A7.000+550.TE.C.D.N4.LIG1	183
Anexo 46 - Relatório de classificação IDG no talude CGL.LSB.A16.000+060.TE.C.E.N15.RB	184

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

A	Amplitude
ABGE	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental
ABMS	Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Área Crítica Área de Contato
AD	Área de Dispersão
ADT	<i>Average Daily Traffic</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
Am	<i>Map Area Affected</i>
ANPC	Autoridade Nacional de Proteção Civil
AP	<i>Annual Precipitation</i>
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AR	Análise de Risco
AS	Água Superficial
BDR	<i>Bafoussam-Dschang</i>
BVC	<i>Beneficial Vegetative Cover</i>
CBR	<i>California Bearing Ratio</i>
CDOT	<i>Colorado Department of Transportation</i>
CH	<i>Fat Clay (high plasticity)</i>
CI	<i>Consistency Index</i>
CL	<i>Lean Clay</i>
CLHRS	<i>Colorado Landslide Hazard Rating System</i>
CN	Concessão Norte
CP	Costa de Prata
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CR	<i>Consistency Ratio</i>
CREP	Circular Regional Exterior do Porto
CVL	<i>Cameroon Volcanic Line</i>
D	Declividade
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
Dp	<i>Permeability Difference</i>

Ds	<i>Strength Difference</i>
Dsp	<i>Depth to Slide Plane</i>
E	<i>East</i>
EC	Estado de Conservação
EFVM	Estrada de Ferro Vitória a Minas
EM	Estado de Manutenção
En	Estrutura Geológica
EWB	<i>East-West Highway</i>
F	Fraturação
FI	Feições de Instabilidade
GC	<i>Clayey gravel</i>
GIDES	Gestão Integrada de Desastres
GL	Grande Lisboa
GM	<i>Silty gravel</i>
GP	Grande Porto
	<i>Poorly-Graded Gravel</i>
GRAA	<i>Global Road Achievement Award</i>
GW	<i>Well-graded Gravel</i>
HD41	<i>Highways Design number 41</i>
IC	Índice de Consequência
ID	Índice de Desempenho
IDAD	Desenvolvimento pelo Instituto do Ambiente
IDG	Índice de Desempenho Global
IG	Instituto Geológico
INE	Instituto Nacional de Estatística
InSAR	<i>Interferometric Synthetic Aperture Radar</i>
IP	Índice de Perigo
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
IQ	Índice de Qualidade
LA	Limite de Abrangência
LD	Lado Direito
LE	Lado Esquerdo
Lh	<i>Length of Highway Affected</i>
LOI	Local de Interesse
M	Material
MH	<i>Silt (high plasticity)</i>

ML	<i>Silt (low plasticity)</i>
MORFHR	<i>Missouri Rockfall Hazard Rating System</i>
N	<i>North</i>
N.A.	Não Aplicado
NE	<i>Northeast</i>
NH	<i>National Highway</i>
NO	Não Observado
NP	Norma Portuguesa
NW	<i>Northwest</i>
OBs	Observações
OH	<i>Organic Clay or Silt (High Plasticity)</i>
OL	<i>Organic Silt or Clay (Low Plasticity)</i>
P	Grau de Perigo Terreno
PCQ	Plano de Controlo de Qualidade
PCR	Plano de Resiliência Climática
PIARC	<i>International Seminar on Expedited Methods</i>
PK	Ponto Quilométrico
PMA	Precipitação Média Anual
Pr	<i>Proximity Of Slide To Road</i>
QREN	Quadro de Referência Estratégico Nacional
R	Risco
RHON	<i>Rockfall Hazard Ontario</i>
RHRS	<i>Rockfall Hazard Rating System</i>
RHRSm	<i>Rockfall Hazard Rating System – Modified</i>
RHRSm2	<i>Rockfall Hazard Rating System – Second Modification</i>
RI	<i>Random Consistency Index</i>
RLM	<i>Regional Landslide Manual</i>
RMR	<i>Rock Mass Rating</i>
RNA	Rede Nacional de Autoestradas
ROFRAQ	<i>Rockfall Risk Assessment for Quarries</i>
S	<i>South</i>
S.A.	Sociedade Anónima
SC	<i>Clayey sand</i>
	Sentido Crescente
SD	Sentido Decrescente
SE	<i>Southeast</i>

SGB	Serviço Geológico do Brasil
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SM	<i>Silty Sand</i>
SMR	<i>Slope Mass Rating</i>
SP	<i>Poorly-Graded Sand</i>
SPI	Subconcessão Pinhal Interior
SPT	<i>Standard Penetration Test</i>
SQI	<i>Slope Quality Index</i>
SRN	<i>Strategic Road Network</i>
SustIMS	<i>Sustainable Infrastructure Management System</i>
SW	<i>Southwest</i>
SW	<i>Well-Graded Sand</i>
TA	Talude de Aterro
TE	Talude de Escavação
TMD	Tráfego Médio Diário
U	Uso
UNDRR	<i>United Nations Office for Disaster Risk Reduction</i>
USCS	<i>Unified Soil Classification System</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
V	Vulnerabilidade
VRI	Via Regional Interior
W	Grau de Alteração
W	<i>West</i>
WCH	<i>Western Highlands of Cameroon</i>

Lista de símbolos e unidades de medida

α	<i>Alfa</i>
β	<i>Beta</i>
$^{\circ}$	<i>Ângulo</i>
$^{\circ}$	<i>Grau</i>
$<$	<i>Menor</i>
$>$	<i>Maior</i>
$\leq$	<i>Menor ou igual</i>
$\geq$	<i>Maior ou igual</i>

%	<i>Porcentagem</i>
%g	<i>Fração da aceleração da gravidade</i>
km/h	<i>Quilómetros por hora</i>
km²	<i>Quilómetro quadrado</i>
kPa	<i>Quilopascal</i>
m	<i>Metro</i>
m³	<i>Metro cúbico</i>
mm	<i>Milímetro</i>
mm/ano	<i>Milímetro por ano</i>
US\$	<i>Dólar</i>

[página propositadamente em branco]

Capítulo I

Introdução

[página propositadamente em branco]

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Esta dissertação integra a unidade curricular “Dissertação/Estágio/Projeto” do 2º ano do Mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), e tem como tema central: “Proposta de Indicador de Desempenho Global para Taludes em Solo da Rede Ascendi”.

A dissertação foi desenvolvida no ambiente de trabalho da empresa Ascendi – Autoestradas de Portugal, S.A., com o objetivo de aprimorar uma ferramenta do Serviço de Gestão da Conservação, na área de Estruturas Geotécnicas. O foco esteve na identificação de boas práticas nacionais e internacionais para inspeções visuais e classificação das estruturas geotécnicas durante a fase de operação e manutenção, bem como a adaptação e calibração do método de cálculo dos Índices de Qualidade para Taludes (IQ), inicialmente desenvolvido para taludes em rocha por Pinheiro *et al.* (2015), no âmbito de um projeto da Universidade do Minho em parceria com a Ascendi, sendo aqui proposto para aplicação em taludes de solo.

As redes de infraestruturas rodoviárias constituem um ativo estratégico para o desenvolvimento social e económico dos países. Durante a fase de Operação e Manutenção (O&M), é imperativo assegurar níveis de serviço adequados e contratualmente definidos, garantindo simultaneamente uma adequada gestão dos ativos e a segurança dos utentes. Neste contexto, a conservação rodoviária assume um papel determinante, não apenas para garantir a operação contínua, segura e eficiente da rede rodoviária, mas também para otimizar os custos associados a essa operação. Importa salientar que os recursos financeiros e operacionais despendidos num programa eficaz de manutenção preventiva são substancialmente inferiores aos necessários para a execução de grandes intervenções de estabilização e reabilitação.

Com o aumento da utilização de taludes artificiais em áreas residenciais, rodoviárias e ferroviárias, observa-se a ocorrência de patologias que, agravadas pela exposição às condições climáticas, aceleram o envelhecimento e a degradação dessas estruturas.

Para assegurar a manutenção da estabilidade dos taludes e minimizar riscos, realizam-se inspeções periódicas que verificam os seus componentes, nomeadamente os sistemas de drenagem, panos, banquetas, estruturas de suporte e equipamentos de monitorização, identificando eventuais patologias e antevendo possíveis medidas mitigadoras. Na Ascendi, o termo “patologia” refere-se a qualquer dano, com ou sem evolução, sendo esta a terminologia utilizada ao longo desta dissertação.

De acordo com Bouali *et al.* (2016), as práticas atuais de Gestão de Ativos Geotécnicos adotam uma abordagem baseada em níveis de prioridade, priorizando, sequencialmente: (1) a reconstrução de ativos colapsados, (2) a reparação de ativos em estado crítico e (3) a manutenção preventiva, esta última condicionada à disponibilidade orçamental. Este modelo, conhecido como abordagem *worst-first*, concentra os recursos nos ativos mais degradados. Embora politicamente aceitável, é operacionalmente ineficiente, pois dificulta a adoção de ações preventivas em ativos ainda funcionais.

Assim, a Ascendi privilegia uma Gestão de Ativos preditiva, fazendo a manutenção periódica com o objetivo de tratar as patologias no início, mitigando a ocorrência de eventos que careçam de intervenção. No entanto, também adota uma abordagem baseada em níveis de prioridade, elaborando o planeamento anual, dando prioridade à intervenção das estruturas geotécnicas com pior Estado de Conservação e Manutenção.

1.2. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo propor e avaliar um Índice de Desempenho Global para taludes de solo, concebido como uma ferramenta de carácter abrangente, capaz de integrar tanto os aspetos técnicos das estruturas geotécnicas como os seus impactos socioeconómicos. Este índice é aplicado especificamente a taludes de solo, sendo aterro ou escavação, permitindo uma avaliação detalhada das condições desses ativos. Para além de quantificar o estado do ativo, o índice pretende assumir uma função de apoio à gestão, promovendo a melhoria contínua através da emissão de alertas e da comunicação estruturada entre os intervenientes.

De forma complementar, pretende-se desenvolver e aplicar um Índice de Consequência, com vista a traduzir os efeitos associados à gravidade das anomalias, fornecendo elementos relevantes para o planeamento logístico das intervenções de manutenção e estruturais e para a definição de estratégias de mitigação eficazes.

Outro objetivo é a integração de um modelo preditivo, orientado para o curto e médio prazo, que permita antecipar tendências de degradação, apoiar a definição de planos de manutenção preventiva e estabelecer prioridades de intervenção com base em critérios técnicos e socioeconómicos.

Assim, a proposta visa disponibilizar uma metodologia simples, adaptável e operacionalmente viável, que contribua para otimizar recursos, reduzir custos associados a falhas inesperadas e garantir níveis mais elevados de segurança e fiabilidade dos taludes de escavação e aterro em solo.

1.3. Estrutura

A estrutura da Dissertação divide-se em três grandes partes: Parte I (Introdução Geral/Objetivos/Metodologias e Técnicas/Estado da Arte), Parte II (Corpo da Dissertação: Apresentação, Análise e Discussão dos resultados do caso de estudo) e Parte III (Conclusões, com Considerações Conclusivas e Perspetivas Futuras), seguida pelas Referências Bibliográficas e Anexos.

A Parte I é constituída pelo Capítulo 1, que apresenta a introdução geral e a definição dos objetivos do trabalho; pelo Capítulo 2, dedicado à descrição das metodologias adotadas; e pelo Capítulo 3, que aborda as técnicas aplicadas e a revisão do estado da arte. Nesta secção, é dada particular atenção à identificação de práticas nacionais e internacionais relacionadas com a observação e a classificação de ativos geotécnicos ao longo do seu ciclo de vida, com ênfase especial na fase de operação e manutenção.

A Parte II constitui o núcleo principal do trabalho, sendo composta pelo Capítulo 4, que se centra na apresentação da proposta de classificação desenvolvida, e pelo Capítulo 5, dedicado à análise e discussão dos resultados obtidos a partir do estudo de caso. Esta parte contempla a descrição e aplicação do Índice de Desempenho para taludes de solo da rede Ascendi, assim como a definição do Índice de Consequência, que permite a majoração de situações extraordinárias. A aplicação destes índices é exemplificada através de taludes selecionados da rede em Ascendi.

A Parte III, correspondente ao Capítulo 6, é dedicada às conclusões, reunindo as considerações finais resultantes da análise e interpretação dos resultados desenvolvidos ao longo do trabalho. É apresentado um balanço geral dos resultados obtidos nos taludes de solo de aterro e de escavação, destacando-se os principais contributos do trabalho. São igualmente propostas perspetivas futuras, com sugestões para o aprofundamento e continuidade da investigação.

Por fim, a Dissertação encerra com as Referências Bibliográficas, que sustentam teoricamente o estudo, e com os Anexos, onde se encontram informações complementares relevantes para a compreensão do trabalho realizado.

Capítulo II

Revisão de metodologias de gestão e avaliação de taludes

[página propositadamente em branco]

2. Revisão de metodologias de gestão e avaliação de taludes

2.1. Estrutura de um talude

A norma britânica HD41:2015 – *Maintenance of Highways Geotechnical Assets*, integrante do Manual de Projectos de Estradas e Pontes da *Highways England* — entidade responsável pela operação, manutenção e melhoria da Rede Rodoviária Estratégica de Inglaterra (*Strategic Road Network* – SRN) — define os ativos geotécnicos como escavações ou aterros, naturais ou artificiais, localizados abaixo das camadas do pavimento da estrada, bem como estruturas (solo ou rocha) situadas nas imediações da via, conforme evidenciado na Figura 1.



Figura 1 - Talude de escavação na A16, na Concessão Grande Lisboa.

De acordo com Caputo (1988), designa-se por talude qualquer superfície inclinada que limita um maciço de solo, rocha ou a combinação de ambos. Estas superfícies podem apresentar origem natural, como as encostas, ou resultar de ações antrópicas, como taludes de escavação e aterros. Um talude caracteriza-se geometricamente pelo ângulo que forma com o plano horizontal e pela configuração dos seus principais componentes. A sua classificação pode ser realizada com base na origem, distinguindo-se entre naturais e artificiais (DER-SP, 1991).

2.2. Metodologias de classificação

As metodologias de classificação de taludes são sistemas desenvolvidos para avaliar e categorizar a estabilidade e o comportamento de encostas naturais ou artificiais, a partir de parâmetros geológicos, geotécnicos, geomorfológicos e hidrológicos. O objetivo é criar uma base comparativa que permita prever o desempenho do talude, identificar níveis de risco e apoiar decisões sobre medidas de estabilização ou monitorização (Varnes, 1978; Hoek & Bray, 1981).

Essas metodologias variam conforme a abordagem: algumas são qualitativas, baseadas em descrições e observações de campo, como o tipo de material, a geometria e a presença de processos erosivos (Varnes, 1978), enquanto outras são quantitativas, apoiadas em índices e classificações de maciços rochosos, como o Rock Mass Rating – RMR (Bieniawski, 1989), o Q-System (Barton *et al*, 1974) e o Slope Mass Rating – SMR (Romana, 1985), ou ainda em análises mais rigorosas que utilizam fatores de segurança e modelações numéricas.

Importa destacar que a elaboração de perfis de risco altamente detalhados depende da disponibilidade de conjuntos de dados extensos e continuamente atualizados, o que nem sempre é viável. Nessas circunstâncias, recomenda-se a aplicação de análises simplificadas, sem prejuízo da consistência metodológica e da comparabilidade dos resultados.

Segundo UNDRR (2019), a avaliação do risco de deslizamentos de terra deve ser conduzida de forma padronizada, integrando dados geo-hidro-mecânicos em plataforma SIG, passando por análises fenomenológicas e matemático-numéricas, de modo a gerar perfis de risco atualizados que orientem o planeamento territorial, a mitigação e a validação contínua da metodologia. A Figura 2 exemplifica esse processo.

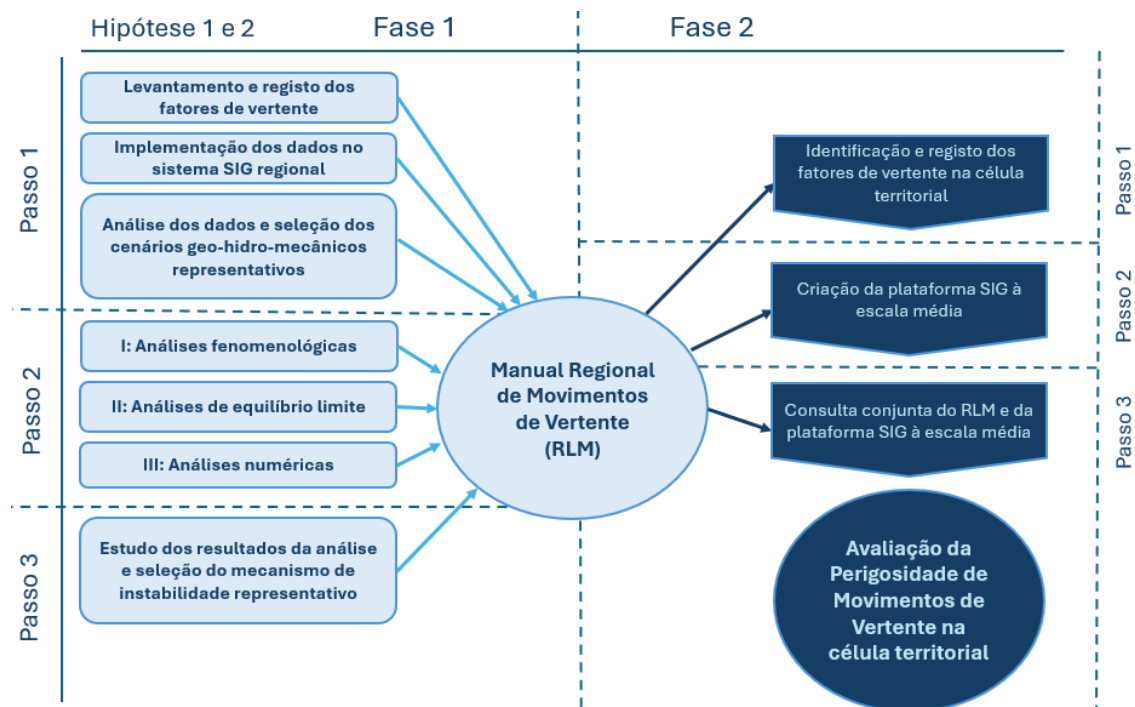


Figura 2 - Fluxograma de sequência de ações necessárias para obter avaliações de risco de deslizamentos de terra, adaptado de UNDRR (2019).

2.2.1. Termos gerais e conceitos

Os termos gerais e os conceitos empregados nesta dissertação foram extraídos e sintetizados a partir de diferentes referências acadêmicas e técnicas, nomeadamente Menezes (2021) e ANPC (2009), complementados por diretrizes e normativos como ABGE (2013), ABNT NBR ISO 31000 (2018) e ABNT ISO Guia 73 (2009), conforme detalhado a seguir;

- **Perigo ou Perigosidade (*Hazard*):** Fenómeno ou ação de origem natural, tecnológica ou mista suscetível de ocasionar perdas e danos identificáveis, caracterizando-se como uma condição com potencial para gerar consequências indesejáveis dentro de um determinado intervalo de tempo.
- **Risco (*Risk*):** Probabilidade de ocorrência de um processo ou ação perigosa, juntamente com a estimativa de suas consequências sobre pessoas, bens ou o ambiente. O risco considera tanto a possibilidade do evento quanto a severidade dos impactos potenciais sobre os elementos expostos. Segundo o Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (2024), risco é a possibilidade de perigo ou dano.
- **Severidade (*Severity*):** Capacidade de um processo ou ação provocar danos em função da sua magnitude, intensidade, grau, velocidade ou de outro parâmetro que melhor exprima o seu potencial destrutivo. Este conceito relaciona-se exclusivamente à grandeza física do

processo ou ação, não abrangendo as suas consequências, uma vez que estas dependem igualmente do nível de exposição. Conforme o Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (2024), severidade é a qualidade daquilo que é severo, indicando rigor, gravidade ou intensidade.

- **Suscetibilidade (*Susceptibility*):** Incidência espacial do perigo, representando a propensão de uma área ser afetada por um determinado processo ou ação em tempo indeterminado. Esta avaliação considera os fatores de predisposição à ocorrência dos fenómenos, sem incluir o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência. A suscetibilidade pode ser representada cartograficamente por meio de mapas de zoneamento. Segundo o Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (2024), suscetível é aquilo que pode ser afetado ou influenciado.
- **Probabilidade (*Probability*):** Chance de ocorrência de um processo ou ação, seja de origem natural, tecnológica ou mista, com potencial destrutivo ou capaz de provocar danos, considerando uma determinada severidade, em uma área específica e durante um período de tempo definido. De acordo com o Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (2024), probabilidade é a qualidade ou condição do que é provável, ou seja, a expectativa de que determinado evento ocorra. Segundo ABGE (2013), a probabilidade pode ser estatística, quando baseada em observações ou experimentos repetitivos e mensuráveis, ou subjetiva, quando expressa o grau de crença ou confiança na ocorrência do evento, considerando o conhecimento disponível.
- **Possibilidade (*Likelihood*):** Qualitativa da probabilidade ou frequência de ocorrência de um evento ou processo (ABGE, 2013). De acordo com a ABNT NBR ISO 31000 (2018) e a ABNT ISO Guia 73 (2009), não há distinção formal entre probabilidade e possibilidade, sendo que a análise qualitativa continua enquadrada como probabilidade. Segundo o Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (2024), possibilidade é a qualidade do que é possível, ou seja, a capacidade de algo ocorrer ou existir.
- **Desempenho (*Performance*):** nível de eficácia ou eficiência com que um elemento, sistema ou processo cumpre as funções para as quais foi projetado ou destinado. Segundo o Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (2024), desempenho é a ação ou efeito de desempenhar, isto é, o modo como alguém ou algo executa determinada função. No contexto da Engenharia, esse conceito associa-se à eficiência em relação ao comportamento estrutural, sendo denominado desempenho estrutural. Tal conceito pode ser aplicado a diferentes níveis de esquematização das estruturas, definidos em função do tipo de avaliação e do escopo da análise (Strauss *et al.*, 2023).

- **Qualidade (*Quality*):** Grau em que um produto, processo ou sistema satisfaz requisitos previamente estabelecidos, atendendo às expectativas de desempenho, segurança e confiabilidade. Segundo o Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (2024), qualidade é a propriedade ou condição que distingue algo em relação ao seu valor, mérito ou excelência. No âmbito da Engenharia, qualidade está diretamente associada à conformidade com especificações técnicas, normas de projeto e requisitos de durabilidade, sendo avaliada por meio de parâmetros objetivos (como ensaios laboratoriais e controle tecnológico) e também por critérios subjetivos, relacionados à percepção de adequação ao uso (ABNT NBR ISO 31000, 2018).
- **Vulnerabilidade (*Vulnerability*):** refere-se ao grau de perda que um ou mais elementos expostos podem sofrer em função de um processo natural, tecnológico ou misto de determinada severidade. A vulnerabilidade pode ser expressa numericamente, em uma escala de 0 (sem perda) a 1 (perda total), considerando funções ou matrizes de vulnerabilidade associadas à severidade de cada perigo. Em análises qualitativas, entretanto, a vulnerabilidade pode ser representada de forma não numérica, descrevendo a suscetibilidade dos elementos expostos às consequências do evento. Segundo o Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (2024), vulnerabilidade é a qualidade do que é vulnerável, ou seja, sujeito a dano ou ataque.
- **Exposição ou elementos expostos (*Elements at risk, Exposure*):** refere-se à população, propriedades ou estruturas potencialmente atingíveis por um processo perigoso. A exposição pode ser representada pontualmente, linearmente ou em zonas em mapas temáticos. Os elementos expostos podem ainda ser classificados como estratégicos, quando possuem importância vital ou fundamental para a resposta a emergências, incluindo hospitais, escolas, quartéis e infraestruturas essenciais como redes de água, energia e telecomunicações. Conforme o Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (2024), exposição é o ato ou efeito de se expor.
- **Consequência ou Dano Potencial (*Consequence/Potential Loss*):** refere-se ao prejuízo ou perda esperada de um elemento ou de um conjunto de elementos expostos, resultante do impacto de um processo ou ação perigosa — natural, tecnológica ou mista — de determinada severidade. A consequência considera os efeitos finais sobre os elementos expostos, refletindo a magnitude do dano potencial. Segundo o Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (2024), consequência é aquilo que resulta de um fato ou ação, reforçando a ideia de resultado ou efeito de um perigo.

- **Análise Quantitativa de Risco (*Quantitative Risk Analysis*):** é a análise do risco baseada em valores numéricos de probabilidade, vulnerabilidade e consequências, permitindo a obtenção de um valor numérico do risco (ABGE, 2013).

2.2.2. Manual de Geotecnia DER - SP - Brasil

Elaborado pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, em 1991, propõe uma avaliação inicial dos taludes por meio de inspeções visuais sistemáticas ao longo da malha rodoviária, com o objetivo de identificar indícios de instabilidade, como erosões, movimentos de massa, assentamentos, e outros sinais que possam comprometer a segurança da via.

Esse procedimento inclui não apenas os locais em situação crítica ou iminente de rutura, mas também aqueles que, embora estáveis no momento, apresentem características que justifiquem a sua monitorização. Além da identificação *in loco*, o cadastro envolve a análise de registos anteriores, a verificação da evolução dos problemas e o levantamento de intervenções já executadas ou em fase de projeto.

Os “problemas” são classificados conforme sua ocorrência em escavações ou em aterros, bem como de acordo com os processos de instabilização predominantes, tais como erosão, escorregamento, queda ou rolamento de blocos de materiais e assentamentos. Todos os locais são avaliados, independentemente da prioridade anterior, recorrendo-se à ficha apresentada na Tabela 1 para sistematizar a informação e apoiar o planeamento das ações de conservação.

Tabela 1 - Modelo de ficha para a investigação *in loco* e parte da ficha para caracterização, diagnóstico, medidas emergenciais e obras (DER-SP, 1991).

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO		DR-	RC-
FICHA Nº 1 - CADASTRAMENTO		DATA ____/____/____	PREENCHIDA POR:
CADASTRAMENTO			
Local:	SP-	Km:	Fotos:
Cadastramento anterior:	() Sim - Data ____/____/____	() Não	
Em caso de positivo:	Houve evolução do problema?	() Sim	() Não
	Foram realizadas obras?	() Sim	() Não
	Especificar:		
Existe projeto de estabilização?		() Sim	() Não
Dados geométricos do corte ou aterro	Vol. aproximado de material (m³):		
Altura (m):	Inclinação (°):		
Extensão (m):	Declividade (%):		
PROBLEMAS EM CORTE			
() EROSÃO	() ESCORREGAMENTO	() QUEDA DE BLOCOS	
() em sulcos	() devido à inclinação acentuada	() por estruturas residuais	
() diferenciada	() ao longo de estruturas residuais	() por descalçamento	
() longitudinal em plataforma	() no contato solo/rocha	() ROLAMENTO DE BLOCOS	
() associada a obras de drenagem	() por saturação		
(ravina boçoroca)	() por evolução da erosão		
	(sulcos profundos ou diferenciada)		
	() em corpo de tálus		
PROBLEMAS EM ATERRO			
() EROSÃO	() ESCORREGAMENTO, por problemas:	() RECALQUE	
() em sulcos	() na fundação	() deficiência de fundação	
() diferenciada	() no corpo do aterro	() deficiência de drenagem	
() longitudinal em plataforma	() em travessias de linhas de drenagem	() rompimento de bueiro	
() associada a obras de drenagem	() nos sistemas de drenagem e	() má compactação	
(ravina boçoroca)	proteção superficial		
() erosão interna (pipins)			
() OUTROS PROBLEMAS	Presença de água:	() sim	() não
() especificar:		() áreas saturadas	
		() surgências localizadas	
CROQUI - planta simplificada e seção (utilizar verso)			
GRAVIDADE DA SITUAÇÃO		() Nível 2 - Em evolução, perigo a curto/médio prazo	
() Nível 0 - Não oferece perigo para o tráfego		() Nível 3 - Em evolução, com perigo imediato	
() Nível 1 - Pode oferecer perigo a longo prazo			
CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA			
Unidade	() I - Solo arenoso fino	() V - Rochas sedimentares silto-argilosas	
de Análise	() II - Sedimentos de bacias terciárias	() VI - Rochas cristalinas	
	() III - Rochas intrusivas básicas	() VII - Sedimentos litorâneos	
	() IV - Rochas sedimentares arenosas		
Características geológicas:			
Relevo:			
Tipo de material:			
Croqui detalhado, com seção transversal e vista frontal ou planta (utilizar verso)			
Indicar espessura dos materiais, blocos, trincas, N.A.etc.			
DIAGNÓSTICO (CAUSAS PROVÁVEIS)			
() Deficiência de proteção superficial	() Deslizamento do talude por erosão		
() Deficiência de sistema de drenagem superficial	() Desestabilização de corpo de tálus		
() Concentração de água superficial	() Fundação com baixa capacidade de suporte		
() Deficiência de drenagem em travessia de talvegues	() Preparo inadequado da fundação		
() Deficiência do sistema de drenagem interna	() Compactação inadequada		
() Desestabilização por desagregação superficial	() Outras: Especificar:		
() Corte com inclinação acentuada	() Faltam informações suficientes, necessidade de investigações complementares		
() Descontinuidades do maciço			
() Saturação de horizontes de solo			
MEDIDAS E OBRAS			
() Medidas emergenciais - Especificar:			
() Obras a serem implantadas pelo DER - Especificar:			
() Obras que exigem projeto de estabilização - Especificar:			

- 1 - Boçoroca : Fenda ou depressão profunda, resultante fenômeno erosivo rápido e acentuado, que atinge o nível freático.
- 2 - Corpo de tálus : Fragmento rochoso que se deposita no sopé de uma falésia ou penhasco.

Numa etapa subsequente, procede-se à complementação dos dados recolhidos, permitindo analisar as causas de instabilização e definir recomendações técnicas para intervenções corretivas. Após a identificação dos principais aspetos relacionados aos problemas em cada local, procede-se à avaliação da gravidade da situação em relação à segurança do tráfego, estabelecendo-se níveis de risco graduais, evidenciados no Tabela 2.

Tabela 2 - Níveis de gravidade (DER-SP,1991).

Nível de Gravidade	Descrição
Nível 0	Local estabilizado, sem risco para o tráfego. Inclui pontos em que já foram executadas obras de estabilização, inseridos no cadastro para fins de atualização e acompanhamento.
Nível 1	Problema em estágio inicial de evolução, com potencial de representar perigo a longo prazo para o tráfego.
Nível 2	Problema em evolução, com risco significativo a curto ou médio prazo para a segurança viária.
Nível 3	Problema em evolução acelerada, com perigo imediato para o tráfego, caracterizado por rutura já ocorrida ou iminente. Nestes casos, são necessárias medidas emergenciais, como sinalização, desvio do tráfego e controle imediato de infiltração de água.

Após a priorização dos locais críticos, verifica-se se as informações disponíveis são suficientes para compreender a causa da instabilidade; se forem, aplica-se a correção. Caso contrário, avalia-se a capacidade da entidade para realizar investigações complementares; se não, contratam-se empresas especializadas para a investigação e a elaboração da nota técnica.

Com base nas informações, elabora-se um projeto de engenharia adequado ao local. A execução da obra é acompanhada por fiscalização técnica rigorosa, com possibilidade de ajustes conforme as condições de campo. Após a conclusão, realiza-se a avaliação de desempenho por meio de inspeções visuais ou de instrumentação. Por fim, todas as informações da obra são registadas e incorporadas ao cadastro técnico, permitindo a monitorização contínua e o planeamento de futuras intervenções, como evidenciado na Figura 3.

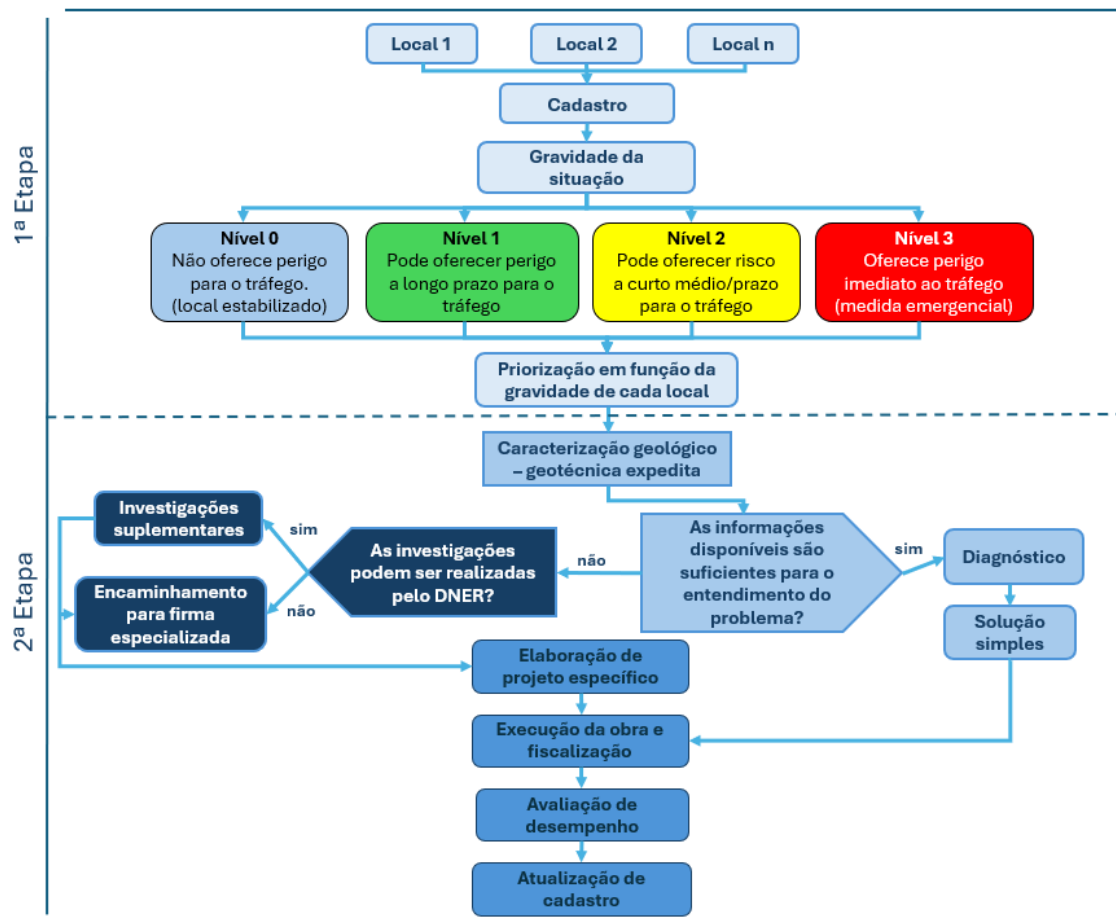


Figura 3 - Fluxograma de atividades para planejamento de obras, adaptado de DER-SP (1991).

2.2.3. Mapeamentos de perigos e riscos de deslizamentos

O Projeto GIDES de 2018, fruto de cooperação técnica entre o Brasil e o Japão, visou fortalecer a gestão integrada dos riscos associados a movimentos gravitacionais de massa no Brasil. Um dos principais resultados da iniciativa foi a elaboração do Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa (CPRM, 2018), que apresenta uma metodologia adaptada à realidade brasileira, com base na experiência japonesa.

O método propõe a recolha de dados em campo, definição de critérios topográficos e aplicação de análises estatísticas para identificar áreas suscetíveis a deslizamentos, fluxos de detritos e quedas de blocos, como demonstrado na Figura 4.

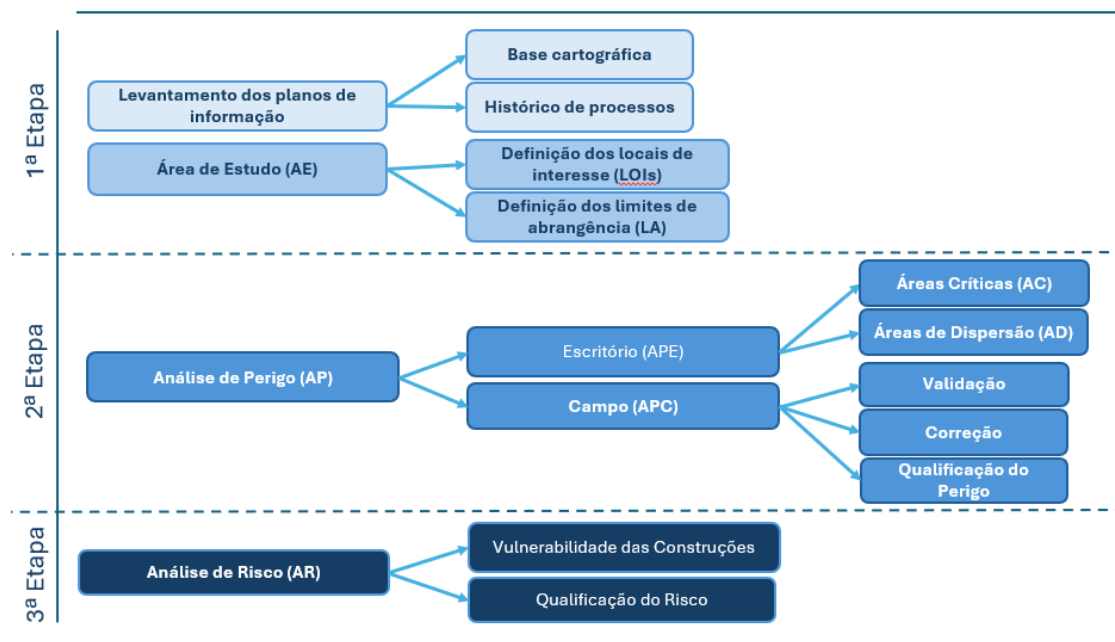


Figura 4 - Fluxograma das etapas da metodologia de elaboração de cartas de perigo e risco a movimentos gravitacionais de massa, adaptado de CPRM (2018).

A classificação do perigo baseia-se na experiência do técnico responsável, que atribui classes conforme os indícios de instabilidade observados no terreno (Tabela 3). Essa qualificação considera condições típicas de uma estação chuvosa normal, não sendo aplicável a eventos extremos.

Tabela 3 - Classes de Perigo, adaptado de CPRM (2018).

Classe de Perigo	Áreas de Perigo	Descrição
P1	Área de Dispersão	O terreno é estável, com raras instabilidades e sem registros anteriores; a probabilidade de novos movimentos é baixa em condições normais de chuva.
P2	Área Crítica	O terreno apresenta instabilidades raras e sem registros relevantes; a probabilidade de movimentos é moderada em condições normais de chuva.
	Área de Dispersão	O terreno pode ter instabilidades isoladas, sem registros relevantes; a probabilidade de movimentos é moderada em condições normais de chuva.
P3	Área Crítica	O terreno pode apresentar instabilidades evidentes, com possíveis registros anteriores; a probabilidade de movimentos é alta em condições normais de chuva.
	Área de Dispersão	O terreno apresenta instabilidades evidentes e possíveis registros anteriores; a probabilidade de movimentos é alta em condições normais de chuva.
P4	Área Crítica	O terreno tem instabilidades marcantes e registros anteriores frequentes; a probabilidade de movimentos é muito alta em condições normais de chuva.

O manual orienta a elaboração de mapas de perigo e risco, a estruturação de sistemas de informações geográficas (SIG) e os procedimentos para registo e apresentação dos dados, baseados principalmente nas zonas de interesse AC (área crítica) e AD (área de dispersão).

Além disso, considera-se a vulnerabilidade das construções circundantes potencialmente afetadas pelos movimentos de massa. A análise de vulnerabilidade é realizada com base no tipo de edificação e na presença de danos estruturais, permitindo a qualificação de um grau específico de vulnerabilidade, evidente na Figura 5.

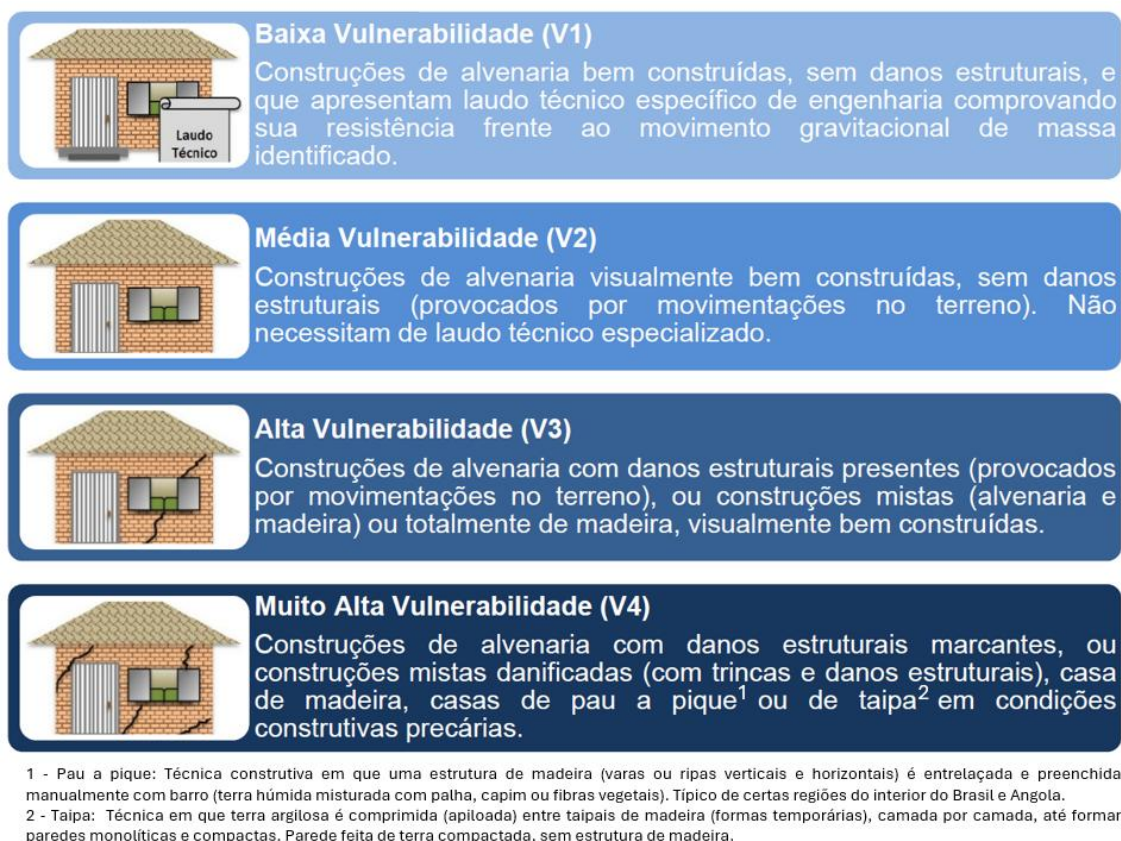


Figura 5 - Classes de vulnerabilidade (CPRM, 2018).

Realiza-se a avaliação das áreas de ocorrência dos processos, contemplando as zonas de deflagração e de ação, correspondentes, respetivamente, às áreas críticas e de dispersão. A classificação do grau de risco baseia-se nos seguintes critérios:

- I. Histórico de ocorrências registadas;
- II. Identificação do tipo de movimento gravitacional de massa;
- III. Delimitação da área potencial de alcance do evento;

- IV. Reconhecimento de feições de instabilidade no terreno;
- V. Resistência estrutural das edificações presentes na área afetada.

As classes de risco (Tabela 4) são representadas por um sistema de cores semafóricas, associadas aos diferentes níveis de risco.

Tabela 4 - Classes de risco, Adaptado de Brasil (2007) por CPRM (2018).

Classe de Risco	Descrição
Baixo (R1)	Não há indícios de instabilidade e as construções apresentam elevada resistência; a probabilidade de destruição por movimentos de massa é baixa em condições médias de chuva.
Moderado (R2)	Existem indícios pouco claros de instabilidade, com construções de resistência moderada a alta; a possibilidade de destruição por movimentos de massa é moderada em condições médias de chuva.
Alto (R3)	Há indícios claros de instabilidade no terreno e as construções têm resistência baixa a moderada; a possibilidade de destruição por movimentos de massa é alta em condições médias de chuva.
Muito Alto (R4)	Existem fortes indícios de instabilidade no terreno, com construções de baixa resistência; a probabilidade de destruição por movimentos de massa é muito alta em condições médias de chuva.

Após o levantamento da vulnerabilidade, procede-se à qualificação do grau de risco, por meio de uma matriz de correlação entre a vulnerabilidade das construções (V) e o grau de perigo terreno (P), evidente na Tabela 5.

Tabela 5 - Matriz de correlação do grau de risco, adaptado de CPRM (2018).

Análise de Risco		Vulnerabilidade			
		V1	V2	V3	V4
Análise de Perigo	P4	R4	R4	R4	R4
	P3	R3	R4	R4	R4
		R3	R4	R4	R4
	P2	R2	R3	R4	R4
		R2	R3	R4	R4
	P1	R1	R2	R3	R5

Os produtos cartográficos gerados a partir deste manual constituem um suporte essencial para a espacialização da gestão do perigo e do risco em âmbito municipal e regional no Brasil.

Carvalho *et al.* (2007) propuseram um mapeamento de risco em encostas e margens de rios por meio de um programa de capacitação de equipes técnicas, direcionado aos municípios brasileiros expostos a esses fenômenos. O objetivo é habilitar os técnicos locais a identificar, classificar e hierarquizar as áreas de risco, utilizando uma linguagem técnica comum e padronizada, que favoreça a integração entre os diferentes níveis de gestão e facilite a tomada de decisão.

A base desse sistema é o conhecimento técnico das áreas de risco, alcançado por meio do mapeamento sistemático e da análise dos diferentes níveis de perigo. A partir daí, as áreas mapeadas devem ser hierarquizadas para suportar a definição de medidas preventivas e/ou corretivas, além de orientar ações contínuas de controle do uso e ocupação do solo, conforme a gravidade e a urgência de intervenção.

Para tal, foi proposta uma metodologia estruturada em oito passos destinada à caracterização no âmbito do roteiro de cadastro emergencial de risco de deslizamentos. O processo de avaliação tem início no 1º Passo – Identificação e Localização da Moradia, que consiste no registro do endereço detalhado, identificação dos moradores responsáveis, condições de acesso ao imóvel e o tipo construtivo da edificação. Em seguida, o 2º Passo – Caracterização Geomorfológica do Local descreve o tipo de talude, o material predominante, os elementos presentes, a inclinação e a distância entre a moradia e os taludes.

No 3º Passo – Avaliação das Condições Hídricas, são analisadas as enxurradas, o lançamento de águas servidas, a existência de drenagem, o destino do esgoto, as formas de abastecimento de água, possíveis vazamentos e a presença de surgências. O 4º Passo – As condições de vegetação da área avaliada abrangem o tipo de cobertura vegetal, a presença de áreas desmatadas e a ocorrência de cultivos agrícolas, com destaque para a presença de bananeiras — situação comum em encostas brasileiras. As bananeiras, por apresentarem médio a grande porte e sistema radicular predominantemente superficial, exercem efeito potencialmente desestabilizador em taludes, em razão do acréscimo de tensões tangenciais (paralelas a encosta) decorrentes do peso próprio e da transmissão de esforços de flexão da copa por meio do pseudocaule e das raízes, sem oferecer, contudo, ancoragem significativa em profundidade (Masi *et al.*, 2021).

O 5º Passo – Sinais de Movimentação do Terreno (Feições de Instabilidade) contempla a identificação de fendas, degraus de abatimento, inclinações anormais em elementos como árvores e muros, deformações estruturais e cicatrizes de deslizamentos. Por fim, o 6º Passo – Tipologia dos Processos de Instabilização (Existentes ou Potenciais) engloba a classificação técnica dos movimentos de massa, incluindo rastejos (movimentos lentos e contínuos), escorregamentos (rápidos, rotacionais ou translacionais), quedas (desprendimento, tombamento ou rolamento de blocos) e corridas (massa com comportamento fluido e mobilização de grandes volumes).

Todos esses passos são operacionalizados por meio do preenchimento da ficha de campo, conforme evidenciado na Tabela 6.

Tabela 6 - Formulário de inspeção em campo (CPRM, 2018).

FORMULÁRIO DE CAMPO - SETOR DE PERIGO			
MUNICÍPIO/UF	LOGRADOURO/ Nº		
BAIRRO/DISTRITO	CÓDIGO DO SETOR	UTM E	DATUM
EQUIPE	DATA CADASTRO	UTM N	ZONA

VALIDAÇÃO DOS CRITÉRIOS E CONDIÇÕES TOPOGRÁFICOS PLANAR ☐ Inclinação $\geq 25^\circ$ ☐ Altura > 5 metros Posição do topo _____ Posição da base _____ Posição dos limites laterais _____ ROTACIONAL ☐ Posição do topo ☐ Posição da base ☐ Posição dos limites laterais FLUXO DE DETRITOS ☐ Presença de vale confinado ☐ Talvegue com inclinação $\geq 10^\circ$ ☐ Localização do ponto de espreamento UTM E: _____ UTM N: _____ QUEDA DE BLOCOS ☐ Inclinação $\geq 50^\circ$ ☐ Altura ≥ 5 metros ☐ Presença maciço rochoso ☐ Presença de blocos ☐ Presença de rampa	INDÍCIOS DE INSTABILIDADE NO TERRENO PLANAR <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Trincas no terreno</td> <td>☐ Ausente ☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Árvores inclinadas</td> <td>☐ Ausente ☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Grau sat./surgência*</td> <td>☐ Ausente ☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Degrau/subsistência</td> <td>☐ Ausente ☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Cicatriz</td> <td>☐ Ausente ☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> </table> Obs: <u>DP (16/03/16). L:26m - C:19m - E: 2m 1H. Dentro da AC</u> ROTACIONAL <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Trincas no terreno</td> <td>☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Degrau/subsistência</td> <td>☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Deformação em estruturas</td> <td>☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Estreitamento da margem do rio</td> <td>☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Intumescência basal</td> <td>☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Grau de saturação/surgência</td> <td>☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> </table> Obs: _____ FLUXO DE DETRITOS Presença de depósito pretérito ☐ Ausente ☐ Presente { Presença de troncos ☐ Sim ☐ Não Tamanho dos blocos: _____ Área do depósito: _____ <table style="width: 100%;"> <tr> <td rowspan="6">Espessura do material depositado no canal</td> <td>UTM E: _____</td> <td>UTM N: _____</td> <td>☐ > 2 m</td> <td>☐ Entre 0,3 e 2 m</td> <td>☐ $\leq 0,3$ m</td> </tr> <tr> <td>UTM E: _____</td> <td>UTM N: _____</td> <td>☐ > 2 m</td> <td>☐ Entre 0,3 e 2 m</td> <td>☐ $\leq 0,3$ m</td> </tr> <tr> <td>UTM E: _____</td> <td>UTM N: _____</td> <td>☐ > 2 m</td> <td>☐ Entre 0,3 e 2 m</td> <td>☐ $\leq 0,3$ m</td> </tr> <tr> <td>UTM E: _____</td> <td>UTM N: _____</td> <td>☐ > 2 m</td> <td>☐ Entre 0,3 e 2 m</td> <td>☐ $\leq 0,3$ m</td> </tr> <tr> <td>UTM E: _____</td> <td>UTM N: _____</td> <td>☐ > 2 m</td> <td>☐ Entre 0,3 e 2 m</td> <td>☐ $\leq 0,3$ m</td> </tr> <tr> <td>UTM E: _____</td> <td>UTM N: _____</td> <td>☐ > 2 m</td> <td>☐ Entre 0,3 e 2 m</td> <td>☐ $\leq 0,3$ m</td> </tr> </table> Inclinação média do leito do canal ☐ $\leq 10^\circ$ ☐ Entre 10° e 15° ☐ $\geq 15^\circ$ Obs: _____ QUEDA DE BLOCOS <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Bloco na encosta</td> <td>☐ Ausente ☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Lasca na encosta</td> <td>☐ Ausente ☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Descontinuidade*</td> <td>☐ Ausente ☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Blocos na rampa</td> <td>☐ Ausente ☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Descontinuidade aberta</td> <td>☐ Ausente ☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Cicatriz de desprendimento</td> <td>☐ Ausente ☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Raiz na descontinuidade</td> <td>☐ Ausente ☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> <tr> <td>Água na descontinuidade</td> <td>☐ Ausente ☐ Presente</td> <td>Marcante: ☐ Quantidade: _____</td> <td>☐ Dimensão: _____</td> </tr> </table> * Devem ser avaliadas apenas descontinuidades com mergulho em direção a face da encosta. Obs: _____	Trincas no terreno	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Árvores inclinadas	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Grau sat./surgência*	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Degrau/subsistência	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Cicatriz	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Trincas no terreno	☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Degrau/subsistência	☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Deformação em estruturas	☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Estreitamento da margem do rio	☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Intumescência basal	☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Grau de saturação/surgência	☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Espessura do material depositado no canal	UTM E: _____	UTM N: _____	☐ > 2 m	☐ Entre 0,3 e 2 m	☐ $\leq 0,3$ m	UTM E: _____	UTM N: _____	☐ > 2 m	☐ Entre 0,3 e 2 m	☐ $\leq 0,3$ m	UTM E: _____	UTM N: _____	☐ > 2 m	☐ Entre 0,3 e 2 m	☐ $\leq 0,3$ m	UTM E: _____	UTM N: _____	☐ > 2 m	☐ Entre 0,3 e 2 m	☐ $\leq 0,3$ m	UTM E: _____	UTM N: _____	☐ > 2 m	☐ Entre 0,3 e 2 m	☐ $\leq 0,3$ m	UTM E: _____	UTM N: _____	☐ > 2 m	☐ Entre 0,3 e 2 m	☐ $\leq 0,3$ m	Bloco na encosta	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Lasca na encosta	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Descontinuidade*	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Blocos na rampa	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Descontinuidade aberta	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Cicatriz de desprendimento	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Raiz na descontinuidade	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____	Água na descontinuidade	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____
Trincas no terreno	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Árvores inclinadas	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Grau sat./surgência*	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Degrau/subsistência	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Cicatriz	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Trincas no terreno	☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Degrau/subsistência	☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Deformação em estruturas	☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Estreitamento da margem do rio	☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Intumescência basal	☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Grau de saturação/surgência	☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Espessura do material depositado no canal	UTM E: _____	UTM N: _____	☐ > 2 m	☐ Entre 0,3 e 2 m	☐ $\leq 0,3$ m																																																																																																							
	UTM E: _____	UTM N: _____	☐ > 2 m	☐ Entre 0,3 e 2 m	☐ $\leq 0,3$ m																																																																																																							
	UTM E: _____	UTM N: _____	☐ > 2 m	☐ Entre 0,3 e 2 m	☐ $\leq 0,3$ m																																																																																																							
	UTM E: _____	UTM N: _____	☐ > 2 m	☐ Entre 0,3 e 2 m	☐ $\leq 0,3$ m																																																																																																							
	UTM E: _____	UTM N: _____	☐ > 2 m	☐ Entre 0,3 e 2 m	☐ $\leq 0,3$ m																																																																																																							
	UTM E: _____	UTM N: _____	☐ > 2 m	☐ Entre 0,3 e 2 m	☐ $\leq 0,3$ m																																																																																																							
Bloco na encosta	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Lasca na encosta	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Descontinuidade*	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Blocos na rampa	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Descontinuidade aberta	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Cicatriz de desprendimento	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Raiz na descontinuidade	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									
Água na descontinuidade	☐ Ausente ☐ Presente	Marcante: ☐ Quantidade: _____	☐ Dimensão: _____																																																																																																									

1 - Trincas: Fissuras.

2 - Talvegue: Linha no fundo de um vale que resulta da interseção dos planos de duas encostas.

O 7º Passo – Determinação do Grau de Risco constitui uma etapa essencial da metodologia, exigindo a análise integrada de todos os parâmetros levantados nas fases anteriores. Para esta avaliação, propõe-se a utilização de uma escala composta por quatro níveis de probabilidade de ocorrência dos processos, fundamentada nas informações geológico-geotécnicas. A interpretação

deve ser realizada de forma criteriosa, ainda que por não especialistas, de modo a assegurar a correta classificação do risco nas categorias R1, R2, R3 ou R4, conforme descrito no Tabela 7.

Tabela 7 - Critérios para a determinação dos graus de risco, adaptado de CPRM (2018).

Grau de Probabilidade	Descrição
R1 (Baixo ou Sem Risco)	1. Condicionantes geológico-geotécnicos e nível de intervenção de baixa ou nenhuma potencialidade para deslizamentos e solapamentos. 2. Ausência de sinais, feições ou evidências de instabilidade. 3. Mantidas as condições, não se espera ocorrência de eventos destrutivos numa estação chuvosa normal.
R2 (Médio)	1. Condicionantes e nível de intervenção de média potencialidade. 2. Presença de sinais ou evidências incipientes de instabilidade; processo em estágio inicial. 3. Reduzida possibilidade de eventos destrutivos em episódios de chuvas intensas e prolongadas.
R3 (Alto)	1. Condicionantes e nível de intervenção de alta potencialidade. 2. Sinais significativos de instabilidade (trincas, abatimentos, etc.); processo em pleno desenvolvimento, ainda monitorável. 3. Possibilidade real de eventos destrutivos em chuvas intensas e prolongadas.
R4 (Muito Alto)	1. Condicionantes e nível de intervenção de muito alta potencialidade. 2. Sinais expressivos e numerosos ou de grande magnitude (trincas, cicatrizes, postes inclinados, etc.); processo em estágio avançado e crítico, sem possibilidade de monitoramento. 3. Muito provável a ocorrência de eventos destrutivos em chuvas intensas e prolongadas.

O 8º Passo – Avaliação da Necessidade de Remoção resulta diretamente da análise do grau de risco, permitindo identificar o número de moradias potencialmente afetadas, estimar a população em situação de vulnerabilidade e avaliar a possível necessidade de remoção preventiva. Esta etapa fornece suporte técnico à atuação da Defesa Civil e dos órgãos responsáveis por ações de realocação e de atendimento emergencial. Recomenda-se, adicionalmente, a elaboração de desenhos técnicos, como plantas representando a situação da moradia e os caminhos de acesso, registrando elementos relevantes para a análise de risco, incluindo fendas, degraus de abatimento, inclinação das estruturas, deformações em muros e cicatrizes de deslizamentos, sobretudo em áreas caracterizadas por baixa organização viária. Também é necessária a elaboração de perfis da encosta, contemplando alturas, inclinações dos taludes e distâncias em relação à moradia, de modo a auxiliar na avaliação de estabilidade e na comunicação entre equipes técnicas. As fotografias digitais são fortemente recomendadas como complemento, pois constituem uma forma de documentação visual rápida e eficiente da situação observada em campo.

2.2.4. Método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para o mapeamento da suscetibilidade a deslizamentos

O AHP, enquanto método de apoio à decisão, combina avaliação racional e julgamento subjetivo para selecionar alternativas com base em múltiplos critérios. Trata-se de uma abordagem heurística indireta, predominantemente qualitativa, fundamentada no conhecimento prévio acerca das causas e fatores de instabilidade na área de estudo, e depende diretamente do grau de compreensão do investigador sobre os processos geomorfológicos atuantes no terreno. A maior vantagem do AHP em relação a outros métodos de avaliação de suscetibilidade a deslizamentos é que não exige o conhecimento prévio de relações a priori entre dados históricos de deslizamentos ou sua gênese, o método controla a incerteza associada ao julgamento subjetivo por meio da razão de consistência, que permite verificar a coerência dos pesos atribuídos aos critérios de decisão. A equação que expressa essa relação é dada por:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

, onde:

CR = Razão de consistência

CI = Índice de consistência

RI = Índice de Consistência Aleatório

Se o valor da Razão de Consistência for menor ou igual a 10%, a inconsistência é aceitável. Se a Razão de Consistência for superior a 10%, é necessário revisar o julgamento subjetivo (Teknomo, 2012).

Nesse processo, o tomador de decisão realiza julgamentos simples de comparação par a par, que são utilizados para estabelecer prioridades gerais e escalonar as alternativas. O AHP admite um certo nível de inconsistência nos julgamentos e oferece um mecanismo para aprimorar sua consistência (Saaty & Vargas, 2022). Teknomo (2012) exemplificou didaticamente o método de comparação par a par utilizando três frutas – banana, maçã e cereja – para ilustrar a atribuição relativa de preferências entre opções.

Na Figura 6 são apresentados esses três elementos comparados entre si, por meio de julgamentos subjetivos, resultando em uma matriz 3 por 3.

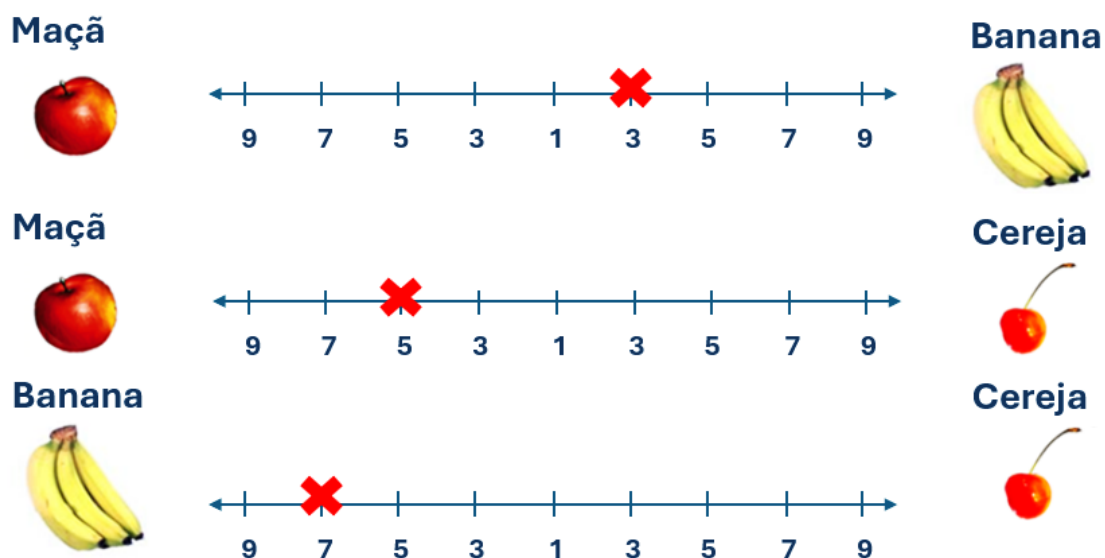


Figura 6 - Comparação de elementos por análise subjetiva, adaptado de Teknomo (2012).

Comparando-se a maçã com a banana, conforme a escala de julgamentos, existe uma preferência moderada pela banana em relação a maçã. Assim como existe uma forte preferência pela maçã em relação a cereja e, do mesmo modo, existe uma preferência muito forte pela banana em relação a cereja.

Na estruturação da matriz de comparação, se o valor do julgamento na escala está situado à esquerda do número 1, insere-se o “valor atual”; senão, insere-se o valor recíproco, conforme a forma matricial apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 - Primeiro passo para o desenvolvimento da matriz da metodologia AHP, adaptado de Teknomo (2012).

	Maçã	Banana	Cereja
Maçã	1	1/3	5
Banana	3	1	7
Cereja	1/5	1/7	1

= Matriz 3x3

Em seguida, cada elemento da matriz é dividido pela soma de sua respectiva coluna, obtendo-se os pesos relativos normalizados. Dessa forma, a soma dos elementos de cada coluna é igual a 1.

Tabela 9 - Segundo passo para o desenvolvimento da matriz da metodologia AHP, adaptado de Teknomo (2012).

	Maçã	Banana	Cereja
Maçã	5/21	7/21	5/13
Banana	15/21	21/31	7/13
Cereja	1/21	3/13	1/13
Soma	1	1	1

O vetor próprio principal normalizado pode ser obtido pela média dos valores de cada linha. Esse vetor próprio normalizado também é chamado de vetor de prioridade.

$$w = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} \frac{5}{21} + \frac{7}{31} + \frac{5}{13} \\ \frac{15}{21} + \frac{21}{31} + \frac{7}{13} \\ \frac{1}{21} + \frac{3}{31} + \frac{1}{13} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2828 \\ 0.6434 \\ 0.0738 \end{bmatrix}$$

Por estar normalizado, a soma dos elementos do vetor de prioridade é igual a 1. Ele indica os pesos relativos entre os itens comparados. No exemplo em questão, a maçã possui 28,28%, a banana 64,34% e a cereja 7,38%. Isso significa que a fruta mais escolhida é a banana, seguida de maçã e cereja.

Portanto, na comparação par a par, os pesos dos critérios são definidos de acordo com o julgamento do decisor, utilizando-se a escala fundamental proposta por Saaty (1980). Essa metodologia é aplicada à análise dos componentes relacionados ao perigo de escorregamento em áreas urbanas.

Faria (2011) desenvolveu um estudo que integrou a metodologia proposta por Carvalho *et al.* (2007) ao *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para o mapeamento do perigo de escorregamento em áreas urbanas precárias no Brasil.

Exemplo da Escala Fundamental de Saaty (1980) na comparação par a par da declividade e do uso/cobertura do solo no processo de escorregamento raso de solo em encosta natural.

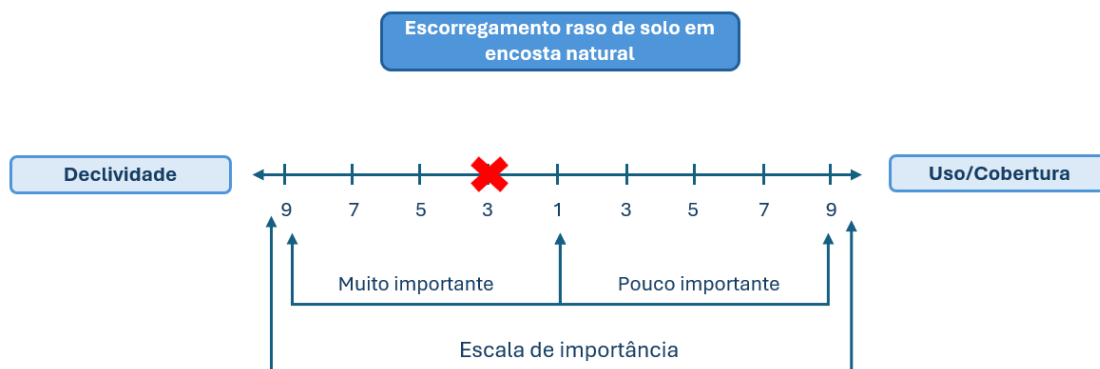


Figura 7 - Exemplo da Escala Fundamental de Saaty (1980) na comparação par a par da declividade e do uso/cobertura do solo para o processo de escorregamento raso de solo em encosta natural, adaptado de Faria (2011).

Seguindo a aplicação do método AHP, foram realizadas as etapas de normalização dos pesos relativos nas matrizes de comparação, resultando na obtenção dos vetores de prioridade (autovetores). Foram analisadas as opiniões de especialistas (probabilidade subjetiva) do Comitê de Avaliação de Riscos de Escorregamentos da União Internacional de Geociências (IUGS), fundamento do método estudado de mapeamento de áreas urbanas, como uma abordagem cientificamente válida para a análise de perigo e risco de escorregamentos. Por conseguinte, elaboradas as Matrizes de Decisão AHP, com seus respectivos autovetores e análise de sensibilidade dos indicadores de perigo e de suas classes para cada tipo de processo.

Esses resultados fornecem o peso relativo de cada indicador de perigo, expresso em percentuais, que ilustra a Matriz de Decisão AHP e a análise de sensibilidade dos indicadores de perigo de escorregamento de solo/rocha em taludes ou encostas.

Com base na análise realizada, definiram-se os pesos relativos de cada componente, considerando as variações dos indicadores. Esses pesos foram aplicados às características observadas no terreno em estudo, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Chave de ponderação indicando os pesos das classes dos indicadores de perigo para a natureza da encosta/talude e para os tipos de processos de escorregamentos, adaptado de Faria (2011).

ENCOSTA/TALUDE	NATURAL			CORTE				BLOCO ROCHOSO			ATERRO			
PROCESSO	ESCORREGAMENTO RASO DE SOLO			ESCORREGAMENTO SOLO/ROCHA				ROLAMENTO/DESLOCAMENTO			ESCORREGAMENTO			
AMPLITUDE	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A4
	≤10 m	10<A≤20 m	>20 m	≤2 m	2<A≤5 m	5<A≤10 m	>10 m	≤10 m	10<A≤20 m	>20 m	≤2 m	2<A≤5 m	5<A≤10 m	>10 m
PESOS	6,69	22	71,32	5,69	12,19	26,33	55,79	6,69	22	71,32	5,69	12,19	26,33	55,79
DECLIVIDADE	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D1	D2	D3	-
	≤17°	17°<D≤30°	>30°	≤17°	17°<D≤30°	30°<D≤60°	D>60°	≤17°	17°<D≤30°	30°<D≤60°	≤17°	17°<D≤30°	>30°	
PESO	6,69	22	71,32	4,35	12,37	27,09	56,19	4,35	12,37	27,09	6,69	22	71,32	
USO/COBERTURA	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U4	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U4
	Arbórea	Arbustiva	Campo/Cultura	Arbórea	Arbustiva	Campo/Cultura	Cobertura Urbana	Arbórea	Arbustiva	Campo/Cultura	Arbórea	Arbustiva	Campo/Cultura	Cobertura Urbana
PESO	3,72	6,7	14,22	3,72	6,7	14,22	21,16	3,72	6,7	14,22	3,72	6,7	14,22	21,16
N.A.	NA1	NA2	-	NA1	NA2	-		NA1	NA2	-	NA1	NA2	-	
	Não Observado	Surgência		Não Observado	Surgência			Não Observado	Surgência					
PESO	10	90		10	90			10	90					
ÁGUA SUPERFICIAL	AS1	AS2	AS3	AS1	AS2	AS3	AS4	AS1	AS2	AS3	AS1	AS2	AS3	AS4
	Concentração Baixa	Concentração Média	Concentração Alta	Concentração Baixa	Concentração Média	Concentração Alta	Linha de Drenagem	Concentração Baixa	Concentração Média	Concentração Alta	Concentração Baixa	Concentração Média	Concentração Alta	Linha de Drenagem
PESO	4,48	9,85	24,09	4,48	9,85	24,09	61,57	4,48	9,85	24,09	4,48	9,85	24,09	61,57
MATERIAL	M1	M2	M3	M1	M2	M3	-	M1	M2	M3	M1	M2	M3	-
	Solo Residual	Depósito Natural	Rocha Alterada	Solo Residual	Depósito Natural	Rocha Alterada		Solo Residual	Depósito Natural	Rocha Alterada	Solo Residual	Depósito Natural	Rocha Alterada	
PESO	12,5	87,5	24,09	21,04	48,13	24,09		21,04	48,13	24,09	12,5	87,5	24,09	
ESTR. GEOLÓGICA	NO	E1	E2		E1	E2	-	NO	E1	E2	NO	E1	E2	-
	Não Observado	Favorável à Estabilidade	Desfavorável à Estabilidade	Não Observado	Favorável à Estabilidade	Desfavorável à Estabilidade		Não Observado	Favorável à Estabilidade	Desfavorável à Estabilidade	Não Observado	Favorável à Estabilidade	Desfavorável à Estabilidade	
PESO	7,14	18,04	74,82	7,14	18,04	74,82		6,69	22	71,32	7,14	18,04	74,82	
FEIÇÕES DE INSTABILIDADE	FI1	FI2	FI3	FI1	FI2	FI3	-	FI1	FI2	FI3	FI1	FI2	FI3	-
	Sulcos Erosivos	Trincas/Degraus	Cicatrizes	Sulcos Erosivos	Trincas/Degraus	Cicatrizes		Sulcos Erosivos	Trincas/Degraus	Cicatrizes	Sulcos Erosivos	Trincas/Degraus	Cicatrizes	
CONTATO	-			-				C1	C2	C3	-			
								Rocha/Rocha Lisa	Rocha/Rocha Preenchida	Rocha/Solo				
PESO								6,41	28,95	64,63				
ÂNG. DO PLANO BASAL	B1	B2	B3	B1	B2	B3	-	-			B1	B2	B3	-
	0°<P≤15°	15°<P≤35°	>35°	0°<P≤15°	15°<P≤35°	>35°					0°<P≤15°	15°<P≤35°	>35°	
PESO	6,69	22	71,32	6,69	22	71,32					6,69	22	71,32	
FORMA GEOMÉTRICA	F1	F2	F3	F1	F2	F3	-	-			F1	F2	F3	-
	Lasca	Laje	Arredondada ou Cúbica	Lasca	Laje	Arredondada ou Cúbica					Lasca	Laje	Arredondada ou Cúbica	
PESO	6,69	22	71,32	6,69	22	71,32					6,69	22	71,32	
ÁREA DE CONTATO	AC1	AC2	-	-				-			AC1	AC2	-	
	Área Menor	Área Maior									Área Menor	Área Maior		
PESOS	10	90									10	90		

Assim apresenta-se a correlação entre a classificação de risco proposto por Carvalho *et al.* (2007) e a classificação de perigo obtida pelo AHP (Tabela 11). O perigo muito alto foi definido considerando evidências expressivas de instabilidade. Nessa classe, os condicionantes geológico-geotécnicos são sempre analisados para identificar sua contribuição nos escorregamentos.

Tabela 11 - Correlação entre os critérios da classificação de risco no método adotado por Carvalho *et al.* (2007) e da classificação do perigo com a aplicação do Método AHP, adaptado de Faria (2011).

Grau de Perigo	Índice de Perigo (IP)	Descrição
P1 – Baixo	$IP < 26,80$	Baixa potencialidade de escorregamentos. Sem indícios de instabilidade. Chances reduzidas de eventos destrutivos em 1 ano.
P2 – Médio	$26,80 \leq IP \leq 37,99$	Potencialidade média. Possibilidade moderada de eventos destrutivos em chuvas intensas e prolongadas.
P3 – Alto	$IP > 37,99$	Alta potencialidade. Grande possibilidade de eventos destrutivos em chuvas intensas e prolongadas.
P4 – Muito Alto	Presença de feições de instabilidade	Evidências claras de instabilidade. Condição crítica, exigindo intervenção imediata. Eventos destrutivos são muito prováveis em chuvas intensas e prolongadas.

Esses modelos preditivos regionais de deslizamentos de terra buscam identificar as áreas suscetíveis à ocorrência desses eventos em determinada região, com base em um conjunto de características ambientais relevantes.

Segundo Faria (2011), o uso do método AHP no mapeamento de risco, por Carvalho *et al.* (2007), demonstrou flexibilidade e permitiu verificar a consistência dos julgamentos. A análise de sensibilidade reduz a subjetividade e aumenta a confiança nas decisões. Já os modelos preditivos de deslizamentos identificam áreas suscetíveis com base em características ambientais, como mostra a Figura 8.

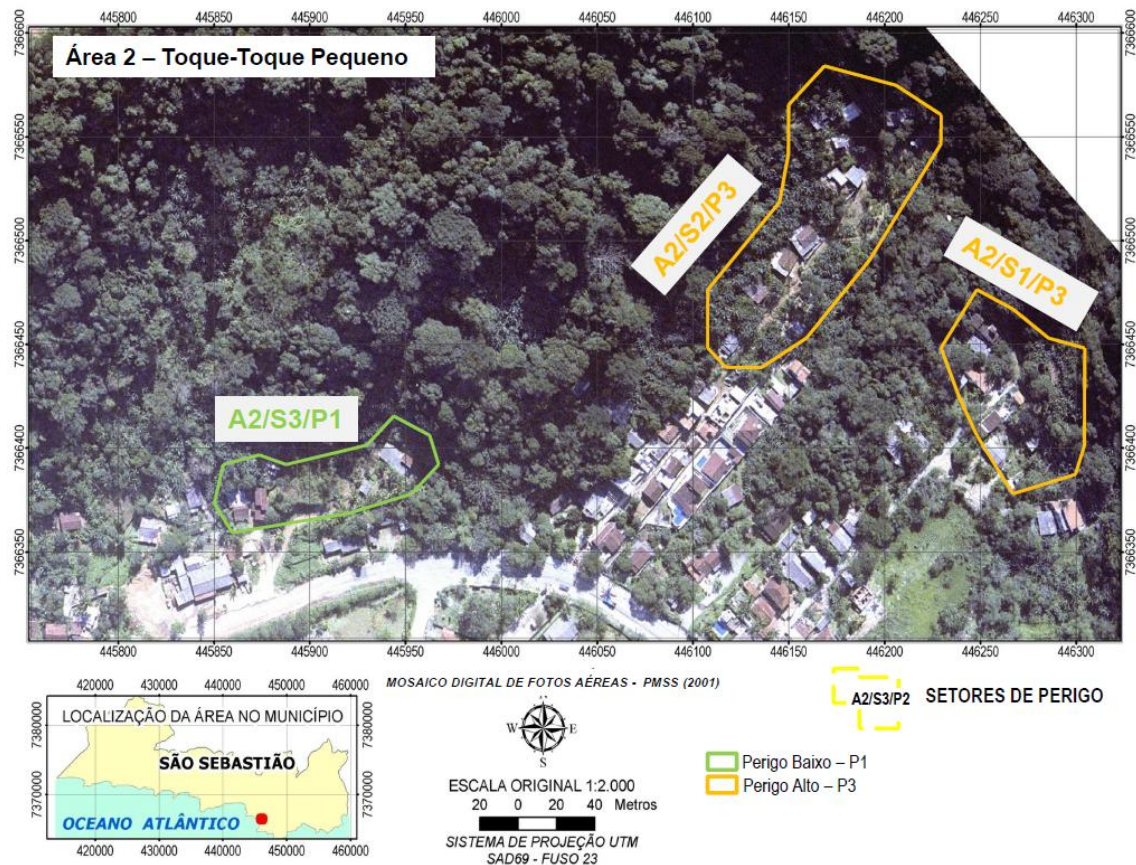


Figura 8 - Mapeamento de perigo de escorregamento com a aplicação do método AHP aplicado em uma área do município de Toque-Toque Pequeno (Faria, 2011).

Bazzan e Reckziegel (2024) aplicaram a metodologia AHP para elaborar um mapa de suscetibilidade a deslizamentos no município de Guaratinguetá, SP. O estudo realizou uma análise multicritério, integrando o método AHP a técnicas de geoprocessamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), visando mapear a suscetibilidade a deslizamentos e gerar produtos cartográficos que sustentem essa avaliação.

A análise realizada consistiu na correlação entre o número de cicatrizes de deslizamentos e as classes de variáveis do meio físico, abrangendo geologia, solos, formas de relevo e declividade do terreno. Com base nessa correlação, foi atribuída uma escala de valores de 1 a 5 para cada classe de variável (Tabela 12), considerando que classes com maior frequência de cicatrizes de deslizamento receberam valores mais elevados, enquanto as com menor incidência de cicatrizes associaram-se a valores inferiores.

Tabela 12 - Fatores e parâmetros e seus respectivos pesos, adaptado de Bazzan e Reckziegel (2024).

Valor Peso	Geologia 0,179	Solos 0,268	Forma de Relevo 0,106	Declividade 0,394
1	Depósitos aluviais	Gleissolos	Planícies e terraços	0° a 5°
2	Formação Caçapava	Argissolos	Colinas	Superior a 45°
3	Depósitos coluviais	Solo urbano	Morrotes	5° a 17°
	Suítas granitóides			
4	Gnaisses	Latosolos	Morros baixos	30° a 45°
			Morros altos	
5	Migmatitos	Cambissolos	Serra	17° a 30°

A correlação entre os dados fornecidos pelo Instituto Geológico do Estado de São Paulo, e a identificação das cicatrizes de deslizamentos por meio de imagens de satélite no *Google Earth* permitiu a elaboração da distribuição espacial das classes de suscetibilidade a deslizamentos.

Nos últimos anos, mesmo com o rápido desenvolvimento das técnicas de aprendizagem de máquina, a análise hierárquica ainda é amplamente utilizada no estudo da suscetibilidade a deslizamentos de terra. Por exemplo, Vojteková & Vojtek (2020) avaliaram a suscetibilidade a deslizamentos numa área total de 85,7 km², abrangendo Handlová e as localidades de Morovno e Nová Lehota, na Eslováquia. Foram considerados como fatores condicionantes a declividade, a geologia, a orientação das encostas, a altitude, a distância de rios, a distância de falhas geológicas e o uso do solo, como consta no Gráfico 1.

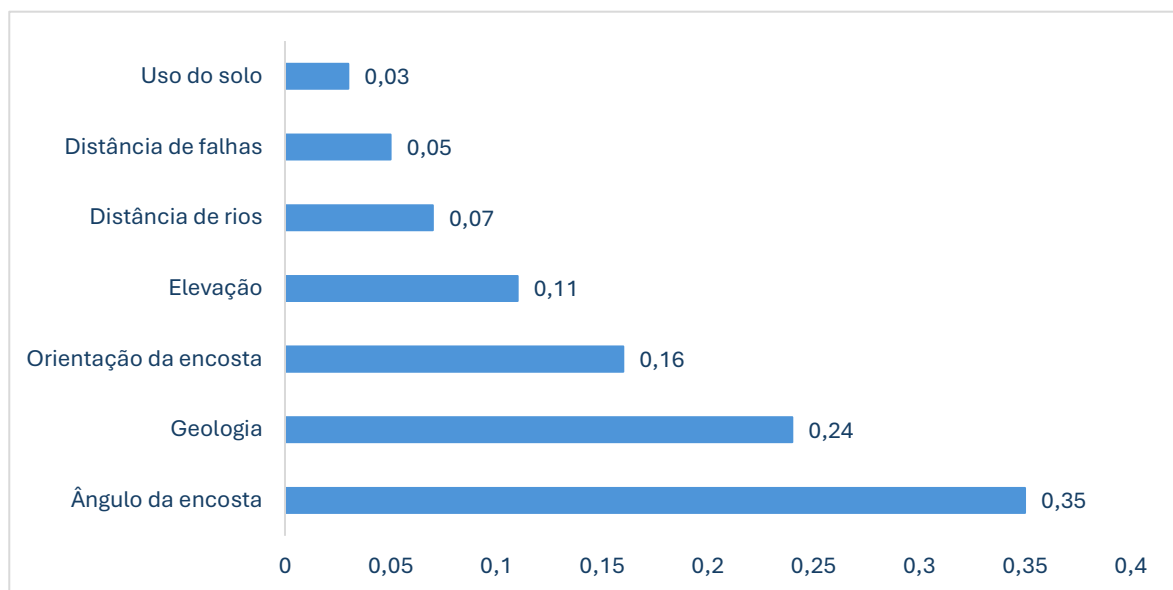


Gráfico 1 - Pesos fatoriais normalizados e pesos finais de suscetibilidade a deslizamentos na região de Handlová e adjacências, Eslováquia, adaptado de Vojteková & Vojtek (2020).

Cita-se ainda os estudos de Zangmene *et al.* (2023), que aplicaram o Processo Analítico Hierárquico (AHP) para elaborar um mapa de suscetibilidade a deslizamentos na região de Bafoussam-Dschang (BDR), localizada nas Terras Altas Ocidentais de Camarões (WCH), que integram a Linha Vulcânica de Camarões (CVL). A área de estudo possui uma superfície aproximada de 2.925 km². O Gráfico 2 apresenta os valores relativos atribuídos a cada fator considerado no estudo.

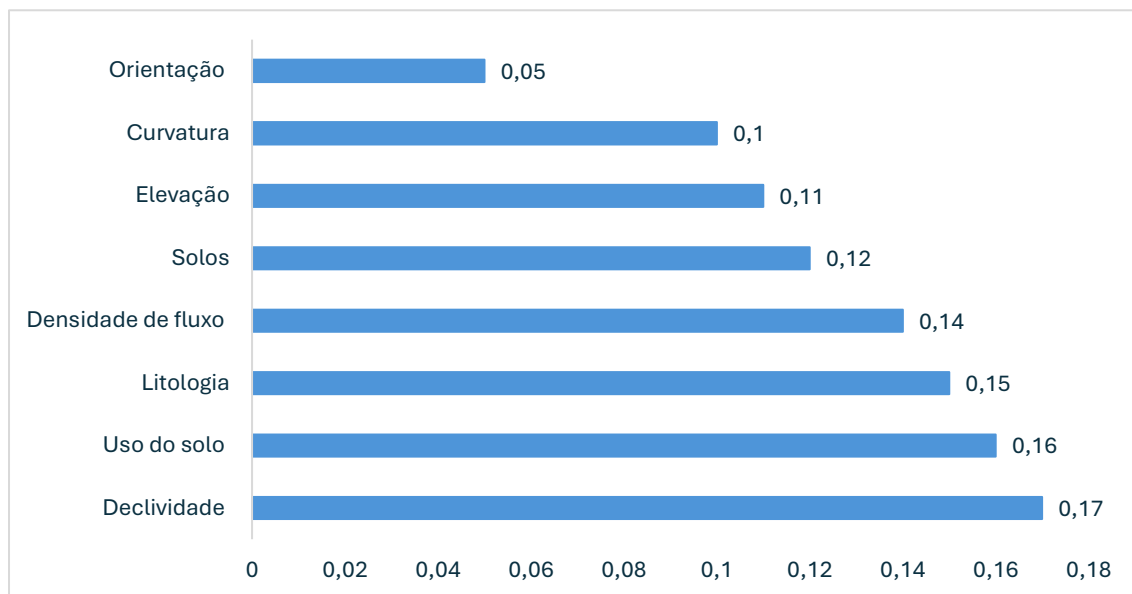


Gráfico 2 - Gráfico de setores (BDR) ilustrando a importância relativa dos diferentes fatores na origem dos deslizamentos no Domínio Oeste de Camarões, de acordo com a abordagem AHP, adaptado de Zangmene *et al.* (2023).

Recentemente Liu *et al.* (2024) tiveram como objetivo elaborar mapas de suscetibilidade a deslizamentos de terra na Região da Grande Xi'an, China, utilizando o método AHP, como parte de um projeto estratégico de planejamento urbano para o período de 2021 a 2035. O Gráfico 3 demonstra, em porcentagem, os pesos de cada parâmetro estudado.

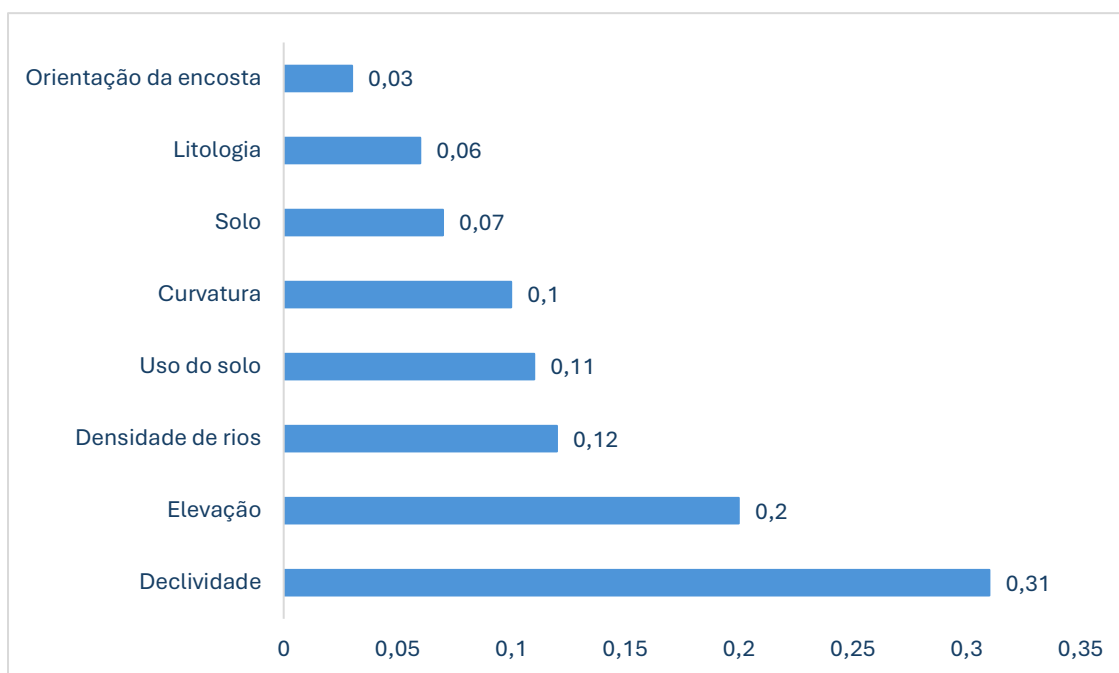


Gráfico 3 - Importância relativa dos diferentes fatores causadores de deslizamentos na Região da Grande Xi'an, China, segundo a abordagem AHP, adaptado de Liu *et al.* (2024).

2.2.5. Métodos AHP em ativos de transporte terrestre

As ocorrências de deslizamentos estão diretamente relacionadas à interação entre características geomorfológicas e geológicas, agravadas pelo processo de urbanização desordenada e pelo elevado grau de intervenção antrópica nas encostas, incluindo a construção de moradias, rodovias e ferrovias.

Bernardes (2019) avaliou a suscetibilidade a deslizamentos de terra e incluiu o indicador de afastamento em 167 ativos geotécnicos de escavação ao longo do trecho entre os km 231 e 383 da EFVM (Estrada de Ferro Vitória a Minas), possibilitando classificar e comparar a criticidade desses ativos. O objetivo geral foi contribuir para a padronização dos critérios de classificação de criticidade. A pesquisa utilizou técnicas de análise qualitativa, baseadas na avaliação de indicadores pré-definidos presentes nas fichas de cadastro e inspeção da equipa de manutenção da ferrovia, considerando como referência os indicadores de suscetibilidade a deslizamentos adotados por Faria (2011). A Figura 9 apresenta o esquema de escolha hierárquica deste estudo.

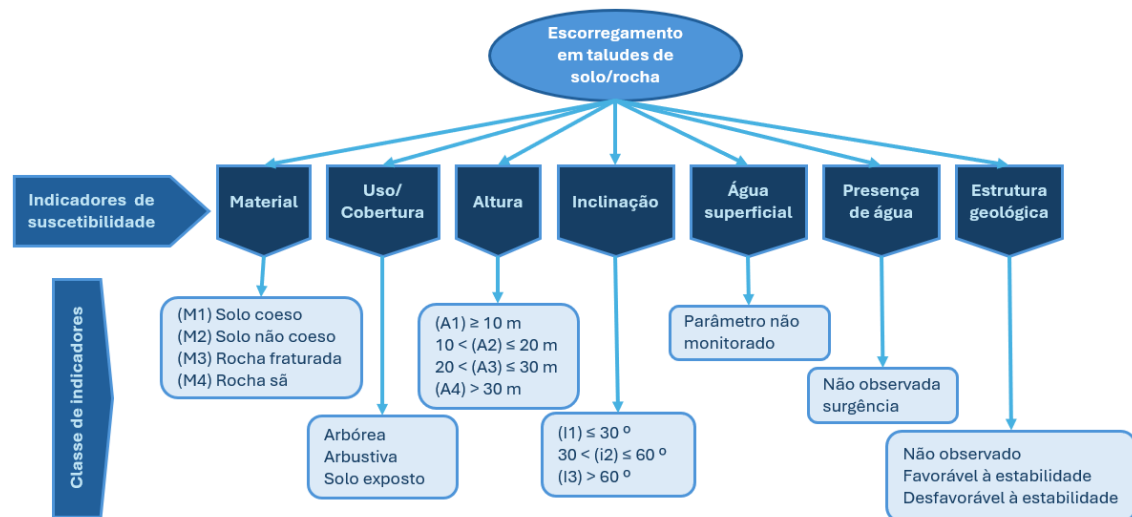


Figura 9 - Fluxograma de avaliação suscetibilidade dos taludes corte EFVM, adaptado de Faria (2011) e Bernardes (2019).

Refere-se ainda aos trabalhos de Kumar *et al.* (2018) e Panchal & Shrivastava (2021) que aplicaram a técnica do Processo AHP para gerar mapas de zoneamento de risco de deslizamentos em importantes rodovias no Himachal Pradesh, Índia. Kumar *et al.* (2018) analisaram o corredor da rodovia Nacional 3 (NH-3), entre Mandi e Kullu, caracterizado por encostas com escarpas rochosas e massas potencialmente instáveis, considerando nove fatores de instabilidade conforme apresentado no Gráfico 4.

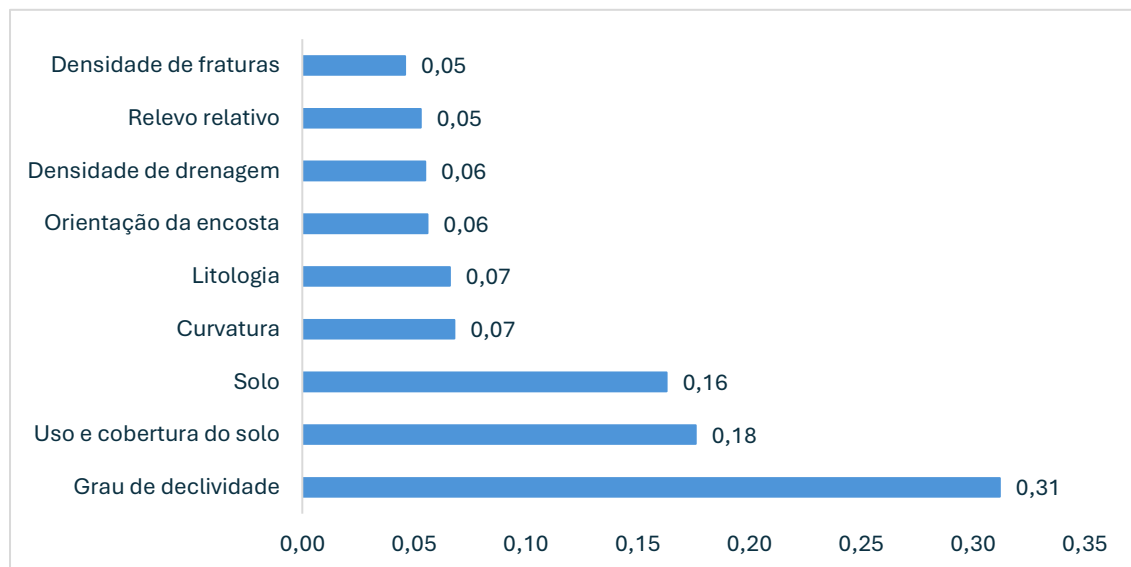


Gráfico 4 - Ponderação das classes dentro de cada fator e seus respectivos pesos de suscetibilidade a deslizamentos ao longo da rodovia Nacional 3, região central do Himalaia em Himachal Pradesh, Índia (Kumar *et al.*, 2018).

Já Panchal & Shrivastava (2021) estudaram o trecho entre os km 197 e 283 da rodovia Nacional 5 (NH-5), de Kalka a Shimla, incorporando fatores como declividade, aspeito, curvatura, relevo relativo, densidade de falhas, densidade de drenagem, geologia, índice de humidade topográfica, distância da estrada e litologia (Gráfico 5).

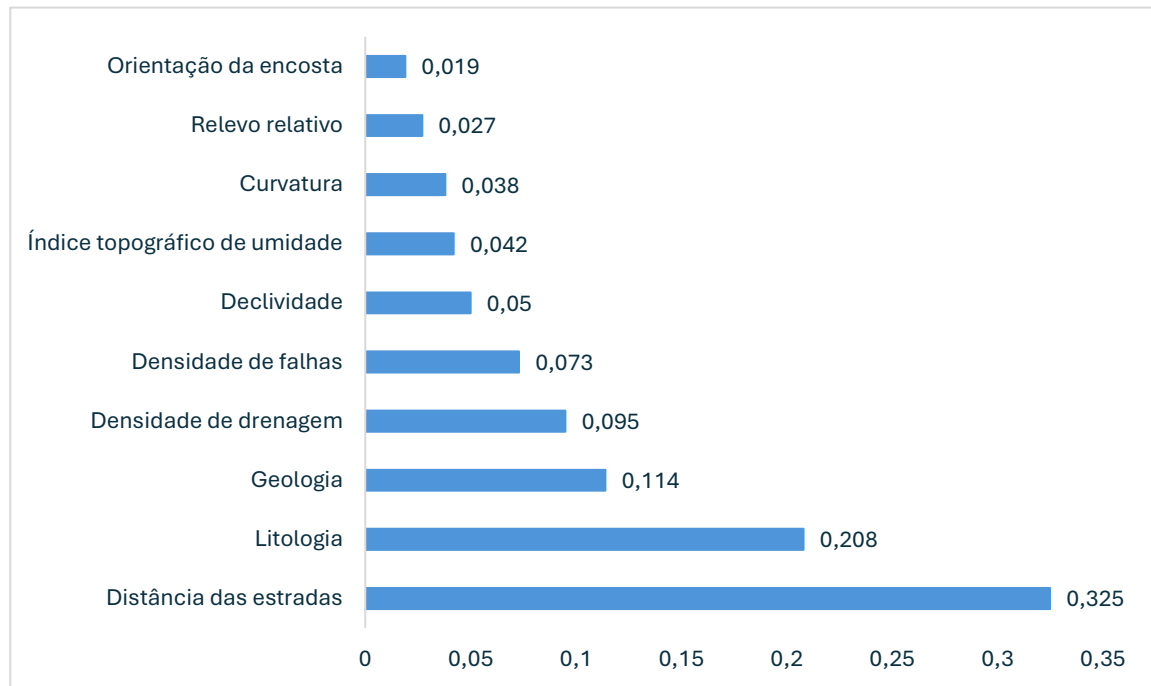


Gráfico 5 - Ponderação dos principais fatores causadores de deslizamentos ao longo da rodovia Nacional 5 (NH-5), entre Kalka e Shimla, Índia, adaptado de Panchal & Shrivastava (2021).

Achour *et al.* (2017) aplicaram a metodologia AHP para análise de suscetibilidade a deslizamentos na rodovia A1, ou rodovia Leste-Oeste (EWH), na região leste da Argélia. O trecho estudado possui 13 km de extensão, incluindo dois túneis, e apresenta elevada exposição a instabilidades de encostas e deslizamentos devido às condições climáticas e fisiográficas locais. O Gráfico 6 evidencia os fatores utilizados para o estudo e seus respectivos pesos.

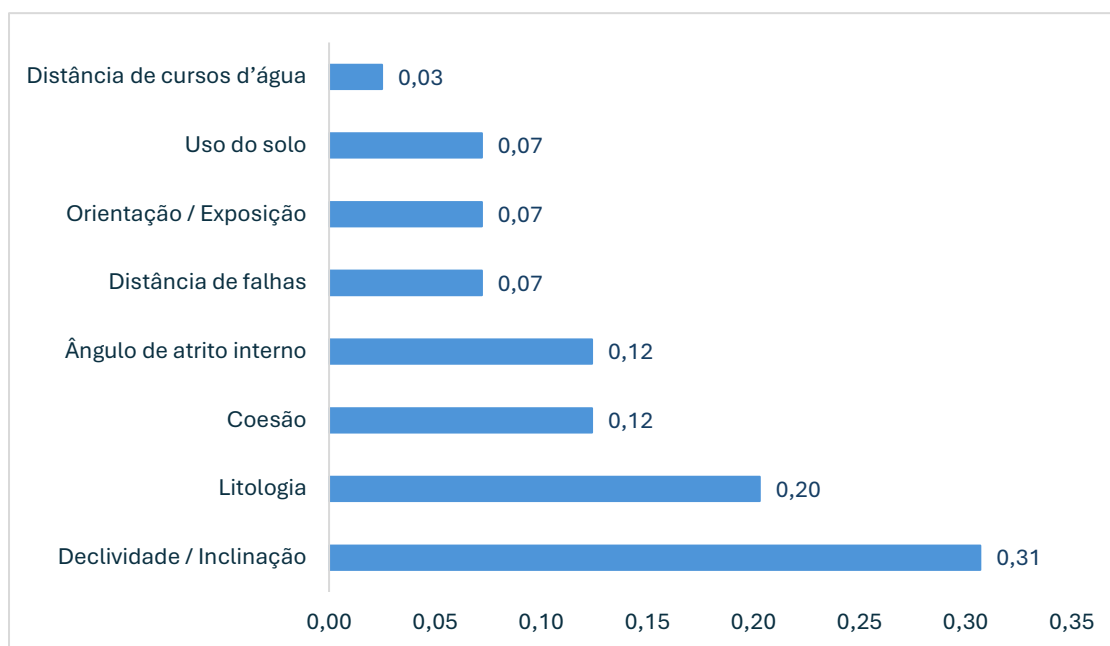


Gráfico 6 - Comparação pela matriz, pesos fatoriais e razão de consistência dos fatores de influência do deslizamento trecho de rodovia em Constantino na Argélia, adaptado de Achour *et al.* (2017).

2.2.6. CLHRS (*Colorado Landslide Hazard Rating System*)

Pratt & Santi (2014) desenvolveram o Sistema de Classificação de Risco de Deslizamento de Terra (Colorado Landslide Hazard Rating System – CLHRS) para o Departamento de Transportes do Colorado (CDOT), concebido como um método complementar ao RHRS (Rockfall Hazard Rating System). Esse sistema foi elaborado a partir de adaptações e incorporações do Sistema de Gestão de Encostas Instáveis, originalmente proposto pelo Departamento de Transportes do Estado de Washington (Lowell & Morin, 2000).

O CLHRS apresenta uma abordagem abrangente para a avaliação e hierarquização do risco associado a deslizamentos de terra, ampliando as ferramentas disponíveis para a gestão e mitigação de riscos geotécnicos nas rodovias de Colorado, EUA.

O sistema considera variáveis climáticas, sísmicas, geológicas e hidrológicas que influenciam diretamente a estabilidade de encostas sujeitas a deslizamentos, como evidenciado na Tabela 13.

Tabela 13 - Pesos fator de perigo do CLHRS (Colorado Landslide Hazard Rating System), adaptado de Pratt & Santi (2014).

Fator de Perigo		Categoria de Perigo			
		3 pontos	9 pontos	27 pontos	81 pontos
Geologia	Classificação (USCS)	GW, SW, GP, GC, SP	GM, SM, SC	CL, ML	CH, MH, OL, OH, PT
	Rocha Intercalada – Diferença de resistência (Ds)	1:1	1:1 < Ds ≤ 2:1	2:1 < Ds ≤ 3:1	Ds > 3:1
	Rocha Intercalada – Diferença de permeabilidade (Dp)	Dp < 10 ²	10 ² < Dp ≤ 10 ³	10 ³ < Dp ≤ 10 ⁴	Dp > 10 ⁴
	Rocha fraca – Teste Jar Slake	Sem reação	Lascas	Fraturas ou lascas	Lâminas ou lama
	Rocha – Descontinuidade vs Orientação da Encosta (Θ)	0 < AD ≤ 0,25Θ	0,25Θ < AD ≤ 0,5Θ	0,5Θ < AD ≤ 0,75Θ	0,75Θ < AD ≤ Θ
Condições Climáticas	Cobertura Vegetativa Benéfica (BVC)	BVC > 75%	50% < BVC ≤ 75%	25% < BVC ≤ 50%	BVC < 25%
	Precipitação Anual (AP)	AP < 381 mm/ano	381 mm/ano < AP ≤ 762 mm/ano	762 mm/ano < AP ≤ 1143 mm/ano	AP > 1143 mm/ano
	Exposição da encosta	N	NW, NE	E, SE, SW, W	S
Hidrologia	Umidade do solo (infiltração)	Seco	Húmido	Gotejamento	Nascente
	Influência de corpos d'água superficiais	Nenhuma ou distante	Drenagens sazonais	Pequeno curso erosivo / água represada	Contato com rio / reservatório
	Capacidade do solo (USDA)	Baixa / muito baixa	Moderada	Alta	Muito alta
Sismicidade	Aceleração máxima do solo (%g)	%g ≤ 12	12 < %g ≤ 14	14 < %g ≤ 16	%g > 16
Movimento Existente	Pavimento – condição	Ondulação	Sem trincas, deslocamento - 25 a 50 mm	Algumas trincas - 50 a 150 mm	Muitas trincas, deslocamento - > 150 mm
	Frequência de falha	Nenhuma falha nos últimos 5 anos	1-2 episódios em 5 anos	Movimento anual	Múltiplos episódios anuais
Morfologia da Encosta	Ângulo da encosta (β)	β < 20°	20° < β ≤ 30°	30° < β ≤ 40°	β > 40°

O Fator de Consequência mede a gravidade dos impactos de um deslizamento de terra, considerando sua dimensão física, os efeitos sobre a infraestrutura rodoviária e os custos socioeconômicos. Mesmo em locais de baixa probabilidade de ocorrência (avaliada pelo Fator de Perigo), as consequências podem ser críticas quando afetam significativamente a população e o transporte.

A Tabela 14 apresenta os critérios e parâmetros utilizados nessa avaliação.

Tabela 14 - Pesos do Fator de Consequência do CLHRS (*Colorado Landslide Hazard Rating System*), adaptado de Pratt & Santi (2014).

Fator de Consequência		Categoria de Consequência			
		3 pontos	9 pontos	27 pontos	81 pontos
Tamanho do Deslizamento	Profundidade do plano de escorregamento (Dsp)	$Dsp < 1,5 \text{ m}$	$1,5 \text{ m} < Dsp \leq 3 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < Dsp \leq 4,5 \text{ m}$	$Dsp > 4,5 \text{ m}$
	Área mapeada afetada (Am)	$Am \leq 1000 \text{ m}^2$	$1000 \text{ m}^2 < Am \leq 10000 \text{ m}^2$	$10000 \text{ m}^2 < Am \leq 100000 \text{ m}^2$	$Am > 100000 \text{ m}^2$
	Extensão da rodovia afetada (Lh)	$Lh \leq 30 \text{ m}$	$30 \text{ m} < Lh \leq 150 \text{ m}$	$150 \text{ m} < Lh \leq 300 \text{ m}$	$Lh > 300 \text{ m}$
Proximidade do Deslizamento à Estrada	Distância (Pr)	$Pr \geq 12 \text{ m}$	$4.5 \text{ m} \leq Pr < 12 \text{ m}$	$Pr \leq 4,5 \text{ m}$	Intercetando a rodovia
Impactos Socioeconômicos	Tráfego médio diário (ADT)	< 5000	$5000 - 10000$	$10000 - 20000$	> 20000
	Opções de desvio	Nenhum necessário	No local (desvio de faixa, redução de velocidade)	Fora do local $< 8 \text{ km}$	$> 8 \text{ km}$ ou inexistente
	Pior tempo de desvio	$< 10 \text{ min}$	$10 - 30 \text{ min}$	$30 - 60 \text{ min}$	$> 60 \text{ min}$
	Custos anuais de manutenção	$< \text{US\$ } 7.000$	$\text{US\$ } 7.000 - 14.000$	$\text{US\$ } 14.000 - 34.000$	$> \text{US\$ } 34.000$

A abordagem consiste em analisar, de forma separada, o potencial de instabilidade (perigo) e as consequências decorrentes de uma eventual falha, permitindo, a partir da combinação desses fatores, a obtenção de uma pontuação final de risco, conforme a Tabela 15.

Tabela 15 - Valores de classificação dos níveis de risco e severidade CLHRS (Pratt & Santi,2014).

Classe de Risco	Intervalo de Pontuação (R)	Identificador de Severidade
I	$R < 8.712$	Muito baixo
II	$8.712 \leq R \leq 20.880$	Baixo
III	$20.880 < R \leq 37.278$	Moderado
IV	$37.278 < R \leq 76.032$	Alto
V	$R > 76.032$	Severo

No Capítulo seguinte são detalhadas as metodologias de classificação aplicadas pela Ascendi.

Capítulo III

Metodologias aplicadas pela Ascendi

[página propositadamente em branco]

3. Metodologias aplicadas pela Ascendi

3.1. Apresentação da Empresa Ascendi

A Ascendi é uma concessionária portuguesa com mais de 25 anos de experiência, especializada na gestão de ativos, operação e manutenção de infraestruturas rodoviárias e na prestação de serviços de cobrança de portagens. Os seus valores centrais incluem espírito de equipa, segurança e bem-estar, orientação para o cliente, criatividade e inovação.

Atualmente, a Ascendi gere 6 concessões de autoestradas em Portugal e 2 concessões internacionais em fase de construção, totalizando 829 km de vias concessionadas, dos quais 706 km sob operação e manutenção direta. A empresa assegura ainda 1 contrato de prestação de serviços de operação e manutenção, além de operar 3 sistemas de portagem tradicional e 2 sistemas de portagem eletrónica, consolidando-se como referência no setor da mobilidade rodoviária. A Figura 10 evidencia a distribuição territorial das concessões geridas pela Ascendi.



Figura 10 - Mapa de parte de Portugal com as Concessões da rede Ascendi.

- **Concessão Norte (1999):** Conecta o litoral ao interior montanhoso do Norte de Portugal e estendendo-se até à fronteira com Espanha; esta concessão foi atribuída à Ascendi Norte – Estradas do Norte, S. A., no âmbito de um Concurso Público Internacional para conceção, projeto, construção, financiamento, exploração e conservação. É um dos maiores projetos rodoviários nacionais, tendo como principais eixos as autoestradas A7, A11 e A42, que interligam Vila do Conde, Esposende, Braga e Guimarães.
- **Concessão Grande Porto (2002):** Circunda a Área Metropolitana do Porto, assegurando acessos estratégicos e reforçando a mobilidade regional. Integra a A4, entre Matosinhos e Águas Santas; a A41 (CREP), entre Freixieiro/A28 e Ermida/A42, servindo cerca de 1,1 milhões de habitantes; A A42, antiga IC25, liga a A41 em Ermida (Alfena) a Felgueiras,

servindo Paços de Ferreira, Frazão, Sobrosa, Lousada e Felgueiras, assegurando uma ligação eficiente à Área Metropolitana do Porto; e a VRI (Via Regional Interior), a mais curta autoestrada nacional, com 3 km, ligando a A41 (junto ao Aeroporto Francisco Sá Carneiro) à A4 em Custóias.

- **Concessão Costa de Prata (2000):** Conecta as principais localidades do litoral centro-norte, a sul do Porto, integrando as regiões de Aveiro, Coimbra e Leiria, favorecendo a mobilidade regional. Inclui a A44, que facilita o acesso entre o litoral de Vila Nova de Gaia e o Porto interligando Gulpilhares e região a Coimbrões; a A29, eixo estruturante paralelo à A1 entre Aveiro e Porto; a A25, que liga Angeja ao Porto de Aveiro, e a A17, do entorno do estádio de Aveiro à Mira.
- **Concessão Beiras Litoral e Alta (2001):** A A25, com mais de 170 km de extensão, liga Albergaria a Vilar Formoso, estabelecendo a ligação entre o litoral e a fronteira com Espanha, destacando-se como corredor estratégico para o transporte de mercadorias
- **Concessão Grande Lisboa (2007):** A A16, com 23 km de extensão, é a Circular Exterior da Área Metropolitana de Lisboa, assegurando a ligação entre Cascais, Sintra e Belas, e melhorando a acessibilidade à capital a partir destes concelhos.
- **Subconcessão Pinhal Interior (2010):** Integra a A13, que liga Tomar a Coimbra Sul, e a A13-1, que conecta Condeixa a Almalaguês, com uma extensão de 9,4 km. Ambas se localizam na Região de Coimbra, Região Centro.

3.2. Taludes da rede Ascendi

Ao longo da rede de autoestradas encontram-se diversas infraestruturas geotécnicas, cuja monitorização constitui um elemento essencial para a gestão de risco e para a implementação de estratégias de manutenção preventiva. No âmbito das concessões geridas pela Ascendi, foram identificados e registados no sistema de gestão de infraestruturas interno (SustIMS) um total de 4.759 taludes, dos quais 2.699 correspondem a taludes de aterro e 2.060 a taludes de escavação. A Figura 11 apresenta a distribuição e quantificação destas estruturas geotécnicas inventariadas.



Figura 11 - Tipologia das estruturas geotécnica e suas respectivas quantidades existentes na rede Ascendi.

Os taludes apresentados na Tabela 16 referem-se apenas aos localizados em plena via das autoestradas. Encontra-se em fase final de cadastro os taludes que integram os ramos e ligações dos nós, facto que poderá aumentar significativamente o número total identificado.

Tabela 16 - Taludes de aterro e escavação por cada concessão da rede Ascendi.

Concessão	Taludes de aterro	Taludes de escavação
Grande Porto	249	204
Beiras Litoral e Alta	748	655
Norte	675	498
Costa de Prata	412	259
Pinhal Interior	461	365
Grande Lisboa	154	79

Atualmente, nos taludes da rede Ascendi estão instalados: 842 alvos topográficos, 112 piezómetros/inclinométricos e 184 células de carga. Para apoiar a interpretação dos dados provenientes desta instrumentação, são adotados critérios generalistas de alerta e alarme, conforme proposto por Lienhart *et al.* (2018); Sabatini *et al.* (1997).

Idealmente, tais critérios devem ser definidos durante a fase de projeto, cabendo ao projetista a elaboração de um Plano de Instrumentação e Monitorização adaptado à vida útil da infraestrutura, onde são especificados os limites de alerta e alarme e os parâmetros que desencadeiam ações corretivas. Sempre que tal não está disponibilizado, são definidos com base no histórico de ocorrências e experiência das equipes de gestão das diferentes infraestruturas.

3.3. Enquadramento Geológico das concessões

A rede de autoestradas gerida pela Ascendi abrange diversos tipos de estruturas geotécnicas, cada uma com características específicas. A sua ampla dispersão geográfica implica uma significativa variação nas condições geológicas, geotécnicas, geográficas e hidrogeológicas dos solos e maciços rochosos ao longo do traçado rodoviário. Como resultado, estas estruturas estão sujeitas a uma elevada variabilidade nos tipos de ações e agentes erosivos, incluindo: variações térmicas acentuadas, ciclos de gelo e degelo, ação do vento em zonas costeiras e regiões de elevada altitude, entre outros fatores ambientais que condicionam o seu desempenho e durabilidade (Ferreira *et al.*, 2018).

3.3.1. Grande Porto

Dominada por rochas magmáticas e metamórficas, com destaque para o Granito do Porto (designados por g1-a e g1-b), uma intrusão leucocrática de duas micas. Também ocorrem granitos com plagioclásio cálcico (designado por g2-b) e formações metamórficas do Complexo Xisto-Grauváquico (designados por Nfjp, D1-a, 5), compostas por filitos, metagrauvaques, gnaisses e migmatitos, indicando intenso metamorfismo regional. Unidades sedimentares como Q1 e C2, com conglomerados e arenitos, representam depósitos detríticos menos consolidados. Características geológicas evidenciadas na Figura 12.

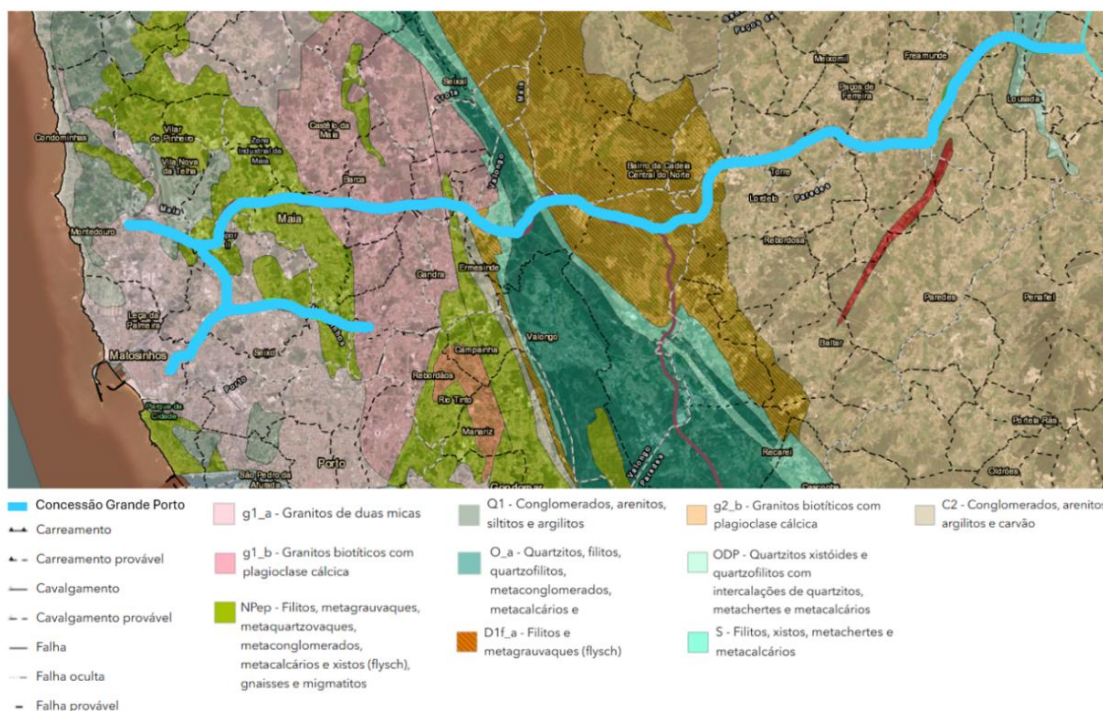


Figura 12 - Carta Geológica da Concessão Grande Porto (Ascendi, 2022).

3.3.2. Beiras Litoral e Alta

Marcada por grande diversidade litológica, dominada por rochas metamórficas (designado por NP2, Nfjp e D1-b) e graníticas (g1-a, g2-b, g3), com destaque para plutons graníticos e aplitos-pegmatitos (gpp), que indicam intrusões magmáticas. Também ocorrem depósitos sedimentares (N2) e filões de quartzo (q2) e básicos (f2), revelando uma evolução geológica complexa, marcada por metamorfismo regional, magmatismo e deposição clástica. Características geológicas evidenciadas na Figura 13.

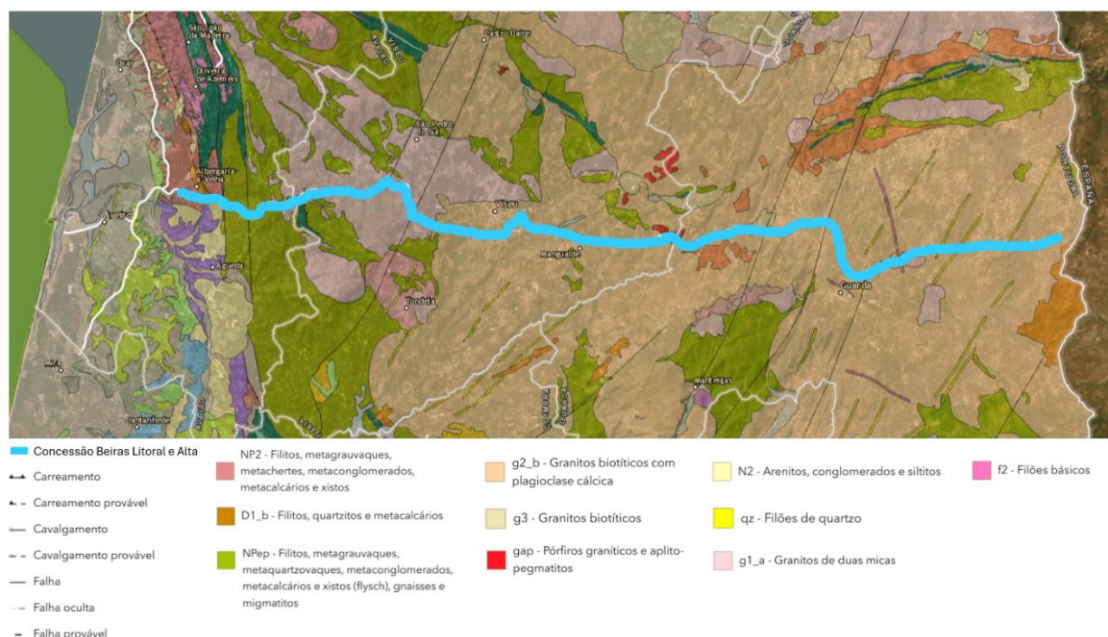


Figura 13 - Carta Geológica da Concessão Beiras Litoral e Alta (Ascendi, 2022).

3.3.3. Norte

Insere-se na zona centro-ibérica, apresentando uma dominância de rochas metamórficas (designados por S, D1-a e Nfjp), compostas por filitos, xistos, metagrauwaques, metaconglomerados, metacarbonatos, gnaisses e migmatitos, indicando intenso metamorfismo regional. As litologias graníticas são variadas, incluindo granitos de duas micas (g1-a), granitos biotíticos (g3) e com plagioclásio cálcico (g2-b). Também são encontrados corpos de quartzo (q2), filões ácidos e básicos, e formações sedimentares (Q1) com conglomerados, arenitos, siltitos e argilitos. A presença de minérios e metavulcanitos básicos (ODP) e metavulcanossedimentares (SOP) destaca a complexidade tectônica e magmática da área. Características geológicas evidenciadas na Figura 14.

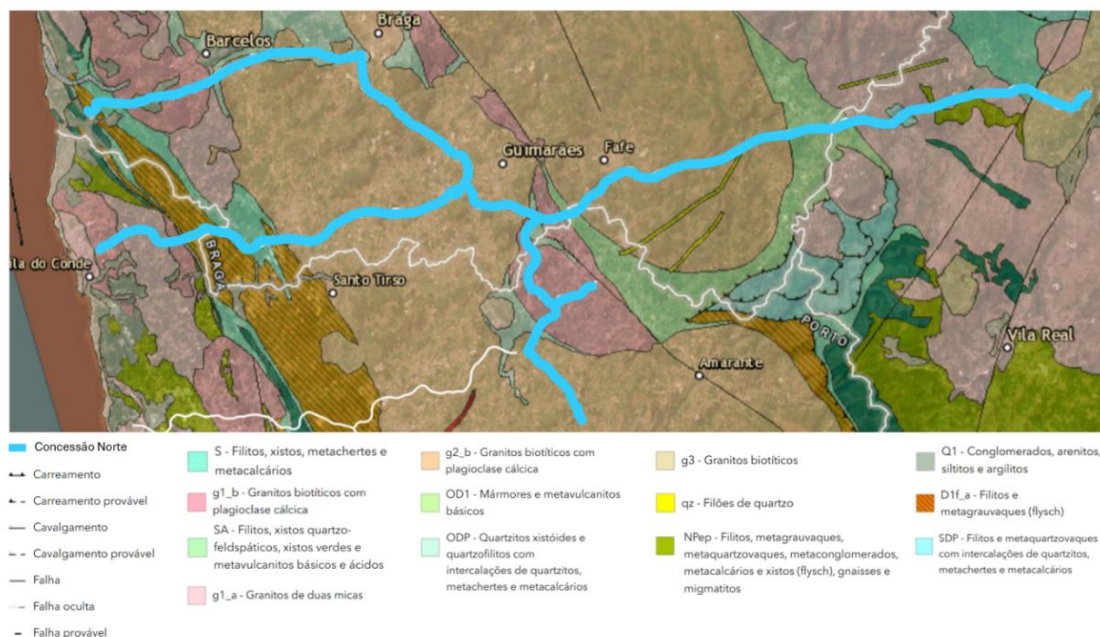


Figura 14 - Carta Geológica da Concessão Norte (Ascendi, 2022).

3.3.4. Costa de Prata

Apresenta grande diversidade litológica composta por rochas metamórficas (filitos, metagrauwaques, gnaisses, migmatitos, xistos e anfibolitos), granitos biotíticos e formações sedimentares (conglomerados, arenitos, siltitos, argilitos, areias e calcários cretácicos). Regista uma história marcada por metamorfismo regional, magmatismo tardi-orogénico e sedimentação continental e marinha, refletindo uma geologia complexa e multifásica. Características geológicas evidenciadas na Figura 15.

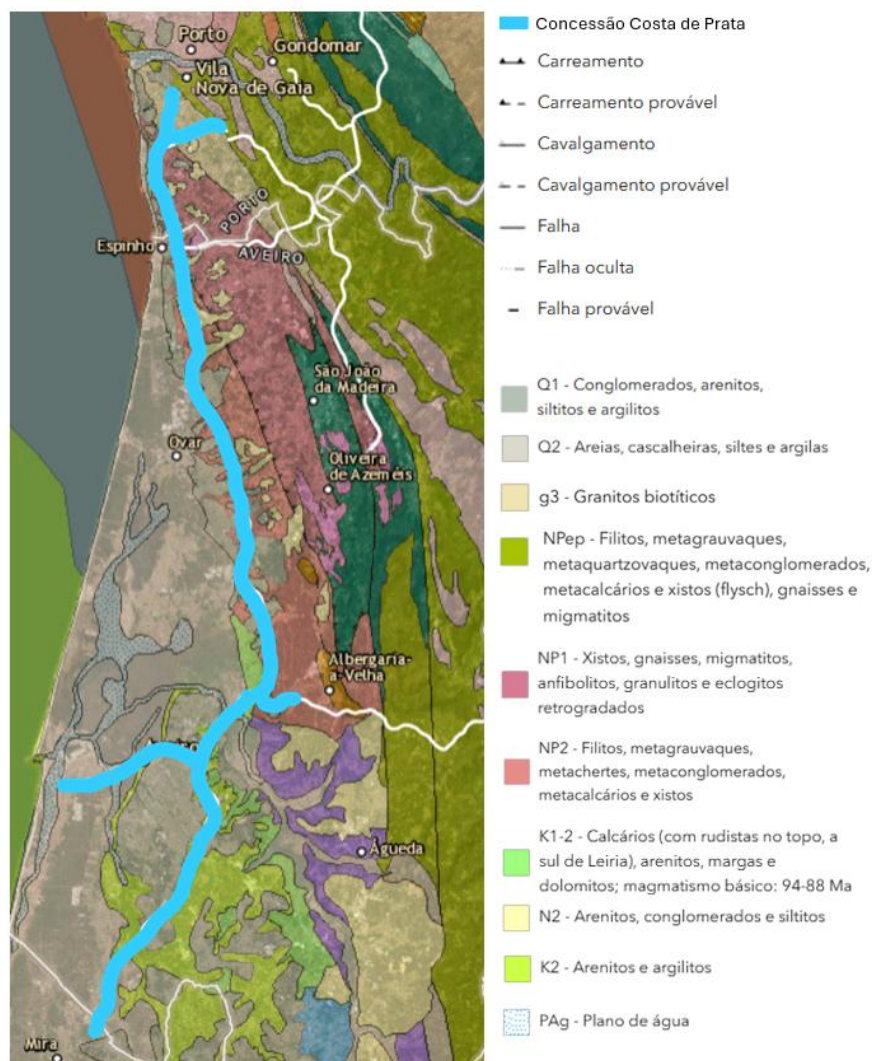


Figura 15 - Carta Geológica da Concessão Costa de Prata (Ascendi, 2022).

3.3.5. Pinhal Interior

Nesta concessão identifica-se uma combinação de rochas metamórficas (filitos, quartzitos, xistos, gnaisses, migmatitos e anfibolitos), depósitos sedimentares (conglomerados, arenitos, siltitos, argilitos e areias) e unidades mesozoicas formadas por calcários, margas, dolomitos, evaporitos e episódios de magmatismo básico e subvulcânico. Esta composição revela uma história de metamorfismo regional, sedimentação continental e marinha, e atividade magmática, conferindo à região uma estrutura geológica diversificada e multifásica. Características geológicas evidenciadas na Figura 16.

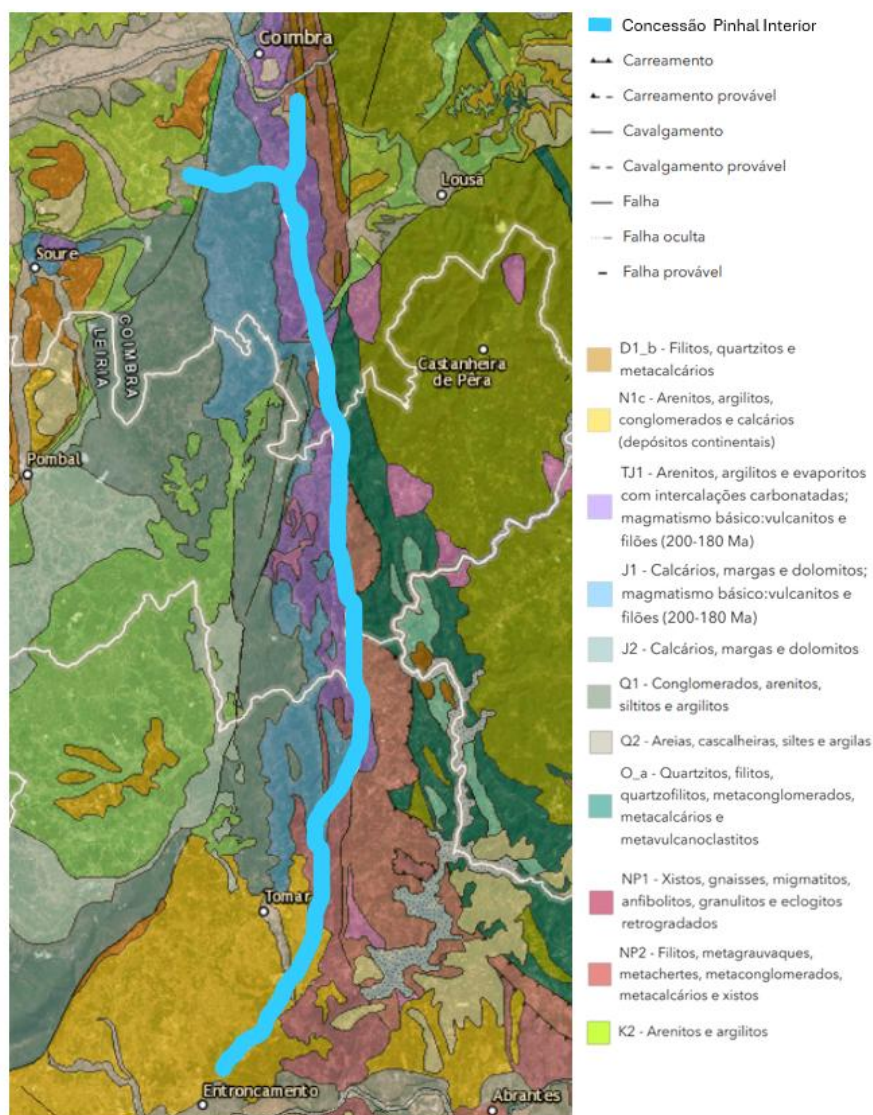


Figura 16 - Carta Geológica da Concessão Pinhal Interior (Ascendi, 2022).

3.3.6. Grande Lisboa

Na zona identifica-se uma predominância de arenitos, calcários, margas e dolomitos do Cretácico inferior, intercalados com episódios de magmatismo básico. No Sudeste, ocorrem calcários bioclásticos com rudistas do Cretácico superior, associados a margas e dolomitos. Pontualmente, surgem filões básicos e formações jurássicas de calcários, margas e arenitos. Esta diversidade litológica reflete ambientes marinhos pouco profundos, com influência tectónica e magmática. Características geológicas evidenciadas na Figura 17.

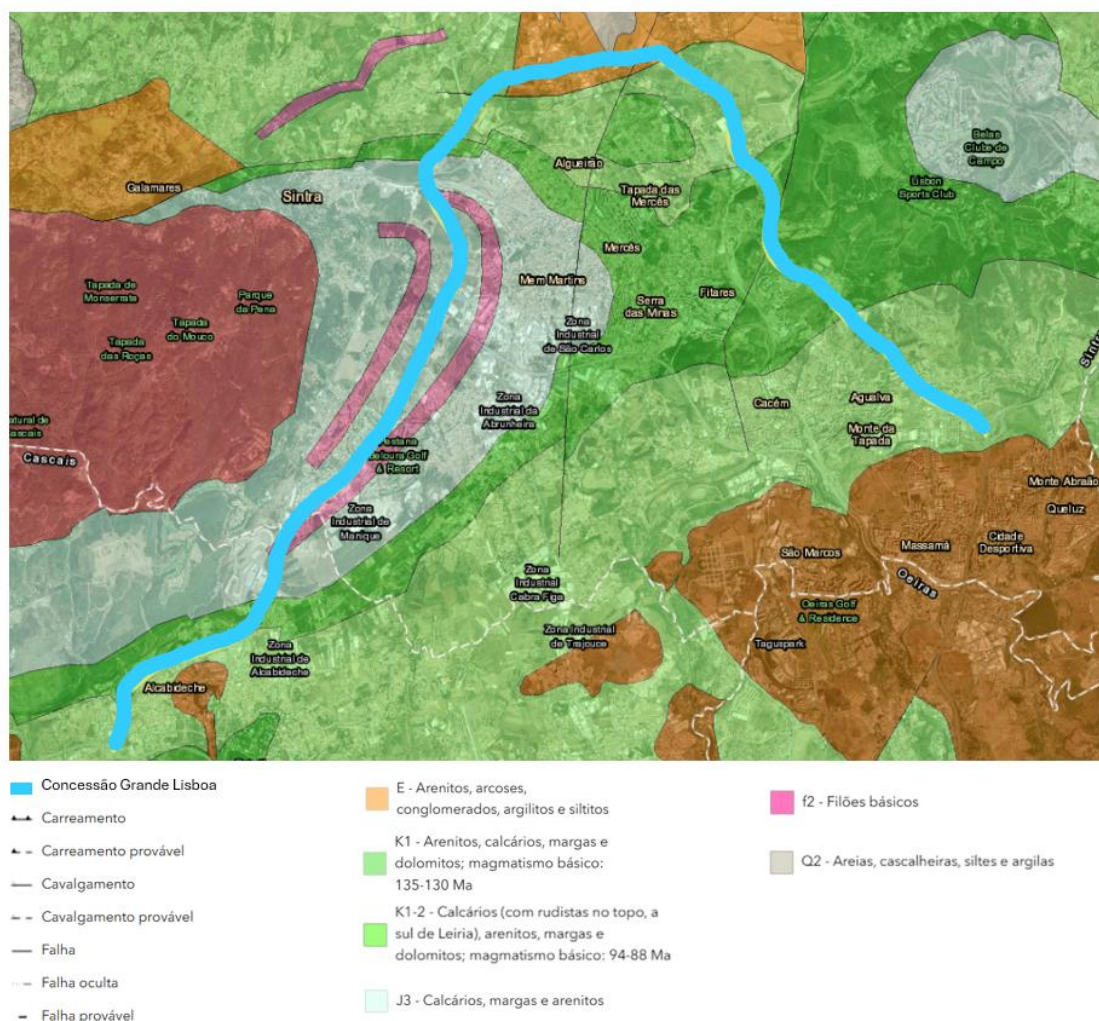


Figura 17 - Carta Geológica da Concessão Grande Lisboa (Ascendi, 2022).

3.4. Inspeções Visuais

A inspeção visual dos Taludes, enquadra-se no âmbito da monitorização da infraestrutura, cujo planeamento e periodicidade é elaborado de acordo com o preconizado no Plano de Controlo de Qualidade (PCQ) implementado no grupo de Concessões e Subconcessões da Ascendi (Ascendi, 2013) e o ciclo de gestão sustentável das estruturas geotécnicas. De acordo com Mourão (2017), as inspeções visuais podem ser executadas por meios humanos ou mecânicos, sendo a escolha da metodologia dependente do tipo e da extensão das intervenções necessárias.

Estas inspeções têm como objetivo a recolha de dados cadastrais, a deteção de patologias e ocorrências, para o cálculo dos estados de manutenção e conservação, que são fundamentais para prolongar a sua vida útil. A informação obtida permite acompanhar a evolução das anomalias e fundamentar o planeamento de intervenções corretivas ou preventivas (Ferreira *et al.*, 2018).

A Figura 18 apresenta o ciclo de vida da gestão sustentável dos ativos geotécnicos da Ascendi.



Figura 18 - Ciclo de vida de gestão sustentável dos ativos geotécnicos da Ascendi (Ferreira *et al.*, 2021).

Silva (2012) destaca que o tratamento dos dados obtidos nas inspeções deve estar orientado para a eliminação das causas dos problemas, permitindo que estes sejam monitorizados e/ou priorizados, evitando recorrências que possam levar a novas interdições. A Tabela 17 exibe a periodicidade das inspeções nas estruturas geotécnicas da Ascendi.

Tabela 17 - Periodicidade das inspeções visuais.

Tipo de Inspeção	Componentes	Periodicidade
Rotina	Drenagem superficial	Anual
Completa	Todos	A cada 6 anos/ após intervenção
Especial	Todos/ componentes selecionados	Após um evento

Anualmente são realizadas campanhas de leituras de toda a instrumentação geotécnica instalada, avaliando-se não apenas os dados de monitorização, mas também a integridade e o estado de conservação dos dispositivos de medição.

Nesse mesmo intervalo, são realizadas campanhas de manutenção vegetal e abate de árvores e arbustos, inseridas num ciclo de manutenção com periodicidade de seis anos. Dada a importância crítica da drenagem superficial para a estabilidade e longevidade dos taludes, é promovida uma limpeza, de periodicidade mínima anual aos sistemas de drenagens superficiais.

3.4.1. Catálogo de Componentes

A Ascendi desenvolveu um catálogo técnico constituído por descrições detalhadas e representações gráficas dos componentes e subcomponentes que integram as suas estruturas geotécnicas, onde cada elemento registado foi identificado através de um código de cadastro único, assegurando a rastreabilidade e a normalização da informação técnica. A Tabela 18 apresenta a correspondência entre os componentes e os respetivos códigos de cadastro.

Tabela 18 - Componentes de um talude e seus códigos cadastrais, (Ferreira *et al.*, 2022).

Código	Descrição	Estrutural
C01	Banquetas	Sim
C02	Panos	Sim
C03	Drenagem Superficial	Sim
C04	Drenagem Profunda	Sim
C05	Proteção Superficial	Sim
C06	Obras de Contenção	Não
C07	Equipamentos	Não
C08	Células de Carga	Não
C09	Alvos Topográficos	Não
C10	Inclinómetros	Não
C11	Piezómetros	Não
C99	Outros componentes	Não

No sistema de cadastro da rede Ascendi, a numeração dos panos e das banquetas dos taludes varia conforme a tipologia (escavação ou aterro), sendo sempre definida em função da plena via da autoestrada, conforme ilustrado na Figura 19.

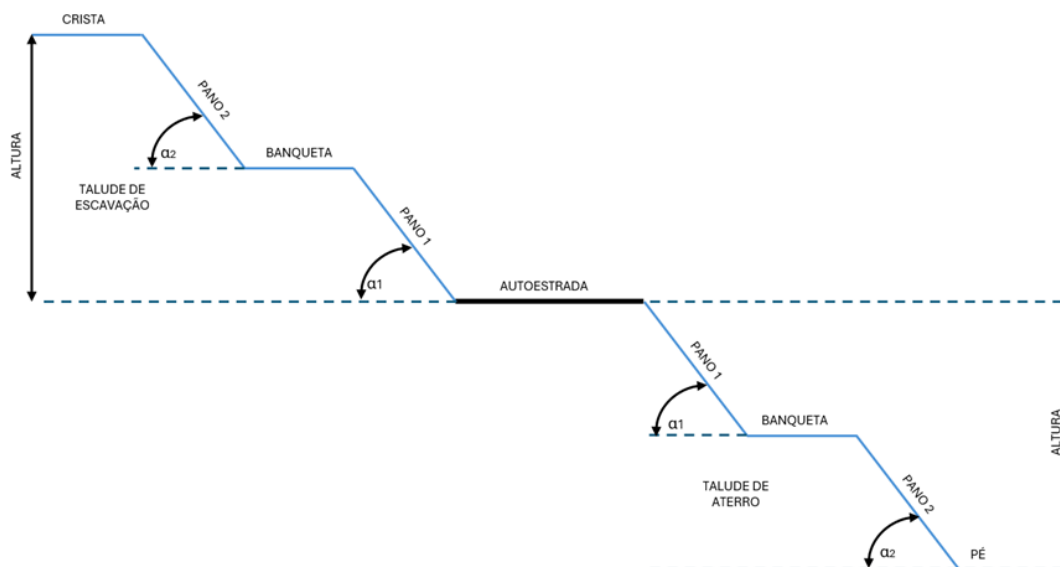


Figura 19 - Esquemas representativos de talude de escavação e aterro de uma autoestrada, adaptado de Caputo (1988).

A catalogação dos componentes e subcomponentes dos taludes tem como objetivo padronizar a nomenclatura utilizada no registo de campo, minimizando falhas na recolha e tratamento das informações pelos inspetores. Esta normalização assegura também a compatibilidade com as designações estabelecidas no Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação, elaborado pelo Instituto de Estradas de Portugal (2001).

A Figura 20 apresenta um extrato do Catálogo de Componentes e Subcomponentes (Ascendi, 2025), no qual se evidencia alguns dos subcomponentes da drenagem superficial, a respetiva descrição, bem como exemplos ilustrativos através de imagens. Juntamente, são discriminadas as principais características técnicas de medição associadas a cada subcomponente, nomeadamente: altura, largura, espessura e diâmetro.

Subcomponente	Descrição	Critério de Medição / Perfil Ilustrativo	Legenda do Perfil	Exemplo Representativo
Descida de Talude em Coletor de Betão	Elemento de drenagem destinado ao encaminhamento do escoamento superficial entre valas e/ou valetas de diferentes localizações do talude (ligações transversais). Neste caso a água é encaminhada através de coletor fechado, em betão.		Altura – H (A altura corresponde à altura do pano)	
Descida de Talude em Degraus	Elemento de drenagem destinado ao encaminhamento do escoamento superficial entre valas e/ou valetas de diferentes localizações do talude (ligações transversais) e que também permite diminuir a velocidade dos caudais escoados. Construídas em enrocamento argamassado, betão ou outro material.		Altura – H (A altura corresponde à altura do pano)	
Descida de Talude em Enrocamento Argamassado	Elemento de drenagem destinado ao encaminhamento do escoamento superficial entre valas e/ou valetas de diferentes localizações do talude.		Altura – H (A altura corresponde à altura do pano)	
Descida de Talude em Meia Cana	Elemento de drenagem destinado ao encaminhamento do escoamento superficial entre valas e/ou valetas de diferentes localizações do talude.		Altura – H (A altura corresponde à altura do pano)	

Figura 20 - Extrato do catálogo de componentes e subcomponentes desenvolvido pela Ascendi (Ascendi, 2025).

3.4.2. Catálogo de Patologias

Seguindo a mesma lógica do catálogo de componentes e subcomponentes, a Ascendi desenvolveu igualmente um catálogo técnico de patologias, aplicável a todos os elementos que compõem os taludes. A estruturação deste catálogo foi fundamentada em referências bibliográficas nacionais e internacionais, assegurando a padronização terminológica e a consistência metodológica no registo e classificação das ocorrências. Esta ferramenta permite uma avaliação detalhada e sistematizada das condições de manutenção e conservação dos taludes pertencentes aos ativos sob sua gestão e operação na rede de autoestradas. Desde as deteções e caracterizações dos tipos de movimentos, fissuras e deslizamentos do maciço, até fissuras ou danos nas estruturas de drenagem.

A Figura 21 apresenta um extrato do Catálogo de Patologias (Ascendi, 2023), evidenciando as patologias, a respetiva descrição acompanhada de exemplos ilustrativos, bem como a identificação do componente do talude ao qual a patologia está associada.

Componente	Patologia	Descrição	Exemplo Representativo 1	Exemplo Representativo 2
Panos	Erosão Diferencial	Processo resultante da erosão de um determinado estrato do talude em detrimento dos restantes, por consequência das suas características geológicas e geotécnicas.		
Panos	Erosão Interna	Percolação do nível freático com arrastamento de finos que pode formar concavidades		
Panos	Erosão Superficial	Processo resultante do destacamento e arrastamento superficial generalizado da camada superficial do solo por intervenção dos agentes climáticos ao longo do tempo.		
Panos	Fenda(s) de Tração	Abertura profunda e acentuada com origem em forças de tração, normalmente associadas a problemas estruturais do talude.		

Figura 21 - Extrato do catálogo de patologias desenvolvido pela Ascendi (Ascendi, 2023).

As patologias foram organizadas segundo os seguintes componentes:

- Maciço (panos e banquetas): Ravinamento, abatimento, deslizamento, basculamento, erosão, presença de água, blocos soltos e rotura.
- Drenagens: Assoreamento, desagregação de material, descalçamento, elementos partidos, estagnação de água, obstrução, falta de pendente, fendas, fissuras e presença de vegetação.
- Proteção Superficial: Corrosão, degradação, depressão, deslizamento, embarrigamento, escamação e fissuração.
- Equipamentos: Deformação, danificação, inexistência, falta de fixação e inclinação anormal.

3.4.3. SustIMS (*Sustainable Infrastructure Management System*)

O SustIMS é um sistema integrado de gestão de infraestruturas desenvolvido pela Ascendi, em parceria com a Universidade do Minho e a Universidade Nova de Lisboa. Esta plataforma suporta a monitorização, avaliação e gestão de ativos rodoviários, abrangendo um conjunto diversificado de componentes, nomeadamente: taludes, muros, pavimentos, sinalização, passagens hidráulicas, obras de arte e equipamentos telemáticos. Sendo a base de dados central de todos os ativos sob gestão da Ascendi, integrando e organizando a informação de forma sistematizada. Todas as estruturas registadas recebem uma matrícula georreferenciada, associada ao Sistema de Informação Geográfica (SIG), garantindo a rastreabilidade espacial e a integração com os demais processos de gestão da manutenção e conservação. A Figura 22 exemplifica como é constituída uma matrícula de um talude.

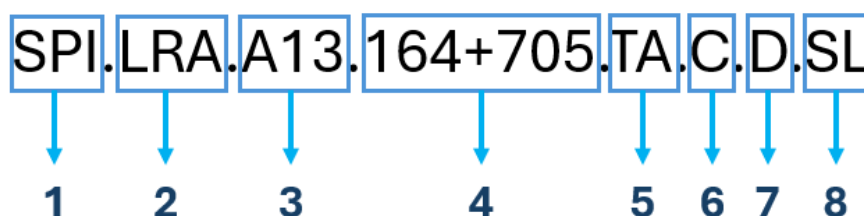


Figura 22 - Estrutura de uma matrícula de um talude da Ascendi.

Baseado na Figura 22, a matrícula é constituída da seguinte informação:

- 1 – Designação da Concessão ou Subconcessão;
- 2 – Distrito onde se localiza o talude.
- 3 – Designação da autoestrada onde se encontra inserido;
- 4 – Ponto Quilométrico (PK) relativo à via em que se insere e ao início do talude;
- 5 – Tipo de talude: Talude de aterro (TA) ou talude de escavação (TE);
- 6 – Sentido da Via em que o talude se localiza: Crescente (C) ou Decrescente (D);
- 7 – Lado da Via em que o talude se localiza, relativamente ao sentido: Direito (D) ou Esquerdo (E);
- 8 – Localização do talude: Sublanço (SL) ou Ramo (N7.RB – Número do Nó e Ramo/Ligação).

Assente numa abordagem holística e orientada por dados históricos do património infraestrutural, o SustIMS permite otimizar a manutenção preventiva, a gestão do risco e a preservação do valor

dos ativos, constituindo-se como uma ferramenta estratégica para a sustentabilidade das concessões rodoviárias. A excelência e inovação deste sistema foram reconhecidas internacionalmente em 2017, quando o SustIMS foi distinguido com o *Global Road Achievement Award* (GRAA), na categoria Preservação de Ativos & Gestão da Manutenção, no âmbito do projeto europeu SustIMS.

Esta plataforma distingue-se dos restantes sistemas de Base de Dados tradicionais pela incorporação de informação histórica e em tempo real, bem como pela possibilidade de previsão do desempenho futuro de cada elemento, recomendando as melhores estratégias de manutenção e reabilitação, apoiando a tomada de decisão. Para além disso, garante o cumprimento dos parâmetros legais e contratuais, em termos de padrões de qualidade (Neves *et al.*, 2015).

A plataforma SustIMS apresenta dois constituintes principais:

- **Plataforma de gestão**

Integra e organiza uma base de dados centralizada, incorporando modelos de previsão de desempenho e algoritmos de otimização para suporte à tomada de decisão. Cada elemento registado no SustIMS recebe uma matrícula individual, na qual constam os detalhes da estrutura, incluindo a sua geolocalização, as informações técnicas de todos os componentes e subcomponentes (ativos ou inativos), o histórico de inspeções realizadas e o estado atual de manutenção e conservação, como apresentado na Figura 23.

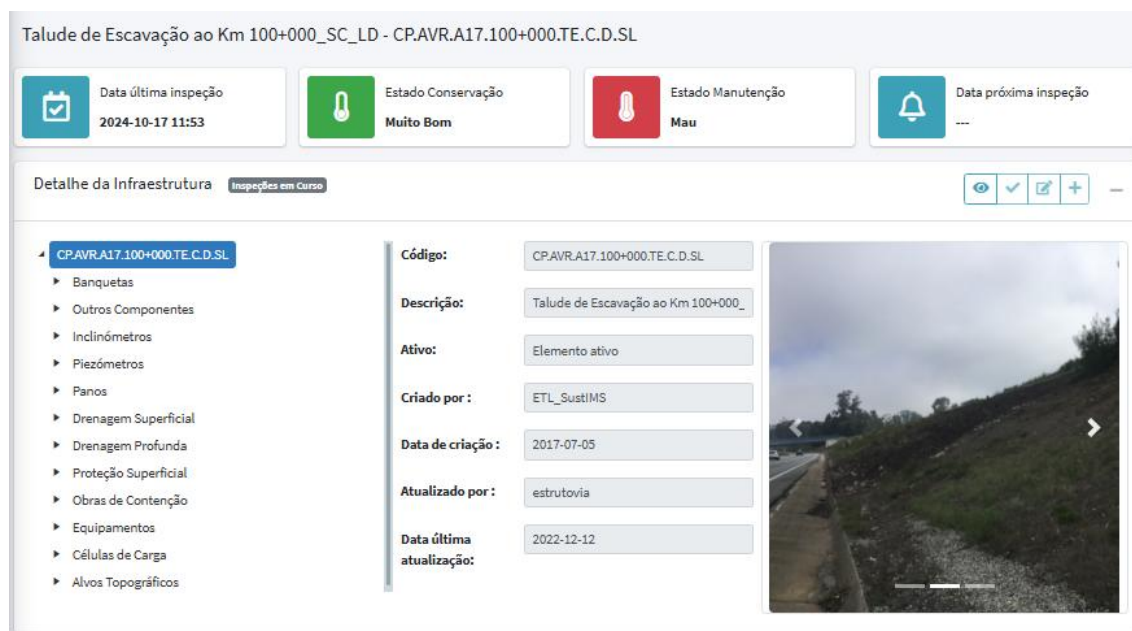


Figura 23 - Captura de ecrã da Interface da plataforma digital SustIMS, contendo as informações e características associados à estrutura em análise.

- **Plataforma Móvel**

Permite ao utilizador poder executar uma inspeção in situ, rápida e facilmente, através do preenchimento de listas de verificação pré-definidas e determinados campos de dados, possibilitando acrescentar, corrigir ou inativar elementos da estrutura inspecionada. Os dados que alimentam a base de dados têm origem em inspeções visuais, sistemas de monitorização, elementos de projeto, entre outros (Neves *et al.*, 2015). A Figura 24 apresenta a interface da plataforma móvel do SustIMS.

3.4.5. Classificação do Estado de Conservação

O Estado de Conservação dos taludes é classificado em cinco níveis, 1 – Muito Bom a 5 – Muito Mau, também pela plataforma móvel do SustIMS, consoante o tipo e a extensão das patologias (Tabela 20). A avaliação, baseada em caracterização geológica-geotécnica e hidrogeológica, permite identificar taludes que requerem ações corretivas, como reabilitação, reparação ou reforço. A condição final resulta da soma das cotações de dois parâmetros: dimensão da patologia e risco associado ao talude.

Tabela 20 - Estados de conservação e seus descritivos (Ferreira *et al.*, 2022).

Estado		Estado Descrição
1	Muito Bom	Sem patologias, não é necessário efetuar qualquer reparação.
2	Bom	Terão de ser efetuados pequenos trabalhos de reparação num prazo inferior a 2 anos.
3	Médio	Terão de ser efetuados trabalhos de reparação num prazo inferior a 1 ano, com meios próprios, caso seja possível. Caso contrário deverá proceder-se a elaboração de uma Nota Técnica e consequente Empreitada.
4	Mau	Verificar a necessidade de implementação de medidas de intervenção imediatas e promover campanhas de monitorização. Proceder à elaboração de uma Nota Técnica/Projeto para a sua reparação num prazo de 3 a 6 meses.
5	Muito Mau	Criar estado de alerta imediato. Ativar todos os mecanismos inerentes à implementação de medidas de intervenção imediatas. Monitorizar diariamente. Proceder à elaboração de uma Nota Técnica/Projeto para a sua reparação num prazo curto de 0 a 3 meses.

3.4.6. Classe de Suscetibilidade de Deslizamento de Terra

Com base no estudo de mapeamento de suscetibilidade a deslizamentos realizado pela Ascendi em parceria com a empresa Spotlite em 2023, foi gerado o Mapa de Suscetibilidade utilizando o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), enquanto a deteção de deslocamentos foi realizada por processamento InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*). O estudo considerou múltiplos cenários passados, atuais e futuros, incluindo um cenário extremo até 2030.

Entre os dados analisados nos cenários passados e atuais destacam-se: humidade do solo à superfície, sismicidade, altura máxima dos taludes, temperatura do ar, estado de conservação e

manutenção, inclinação, uso e ocupação do solo, índice de vegetação, velocidade do vento, litologia, precipitação, textura do solo, delimitação dos taludes e eventos de deslizamento. Nos cenários futuros foram considerados: temperatura do ar, velocidade do vento e precipitação. A Figura 25 apresenta o mapa de suscetibilidade incorporado ao SIG da Ascendi.



Figura 25 - Mapa de suscetibilidade no Nó de Calvos na concessão Norte, retirada do SIG interno da Ascendi.

Este estudo abrangeu todas as concessões geridas pela Ascendi, às quais foram atribuídas classes de suscetibilidade de 1 (muito pouco suscetível) a 5 (muito suscetível), representadas na Tabela 21.

Tabela 21 - Classes de suscetibilidade de deslizamentos de terra até 2030, Ascendi & Spotlite (2023).

Índice de Qualidade (IQ)	
Estado	Descrição
1	Muito pouco suscetível
2	Pouco suscetível
3	Moderadamente suscetível
4	Altamente suscetível
5	Extremamente suscetível

Tendo em conta que a proposta central deste estudo propõe um modelo preditivo, importa salientar que, por integrar diferentes fatores de análise, o mapa de suscetibilidade foi utilizado unicamente como elemento de comparação face aos resultados obtidos no Índice de Desempenho (ID). Ressalta-se, contudo, que este mapa não foi adotado como referência para a calibração do índice, dado tratar-se de metodologias distintas, com finalidades e objetivos diferenciados.

3.5. Índices de Qualidade em vigor na Ascendi

3.5.1. Objetivo

Os sistemas e técnicas de avaliação de estabilidade de taludes possíveis de aplicar na fase de exploração são praticamente inexistentes. Com o intuito de suprir essa lacuna, a Ascendi em conjunto com Universidade do Minho desenvolveram alguns índices de qualidade aplicados a taludes em meios rodoviários. Sendo somente o Índice de Qualidade em taludes rochosos calibrado e aplicado na realidade Ascendi, no âmbito de um projeto europeu financiado pelo QREN (Quadro de Referência Estratégico Nacional).

Este índice permite estabelecer modelos de previsão de degradação do talude ao longo do tempo.

Denominado *Slope Quality Index* (SQI), foi desenvolvido e apresentado por Pinheiro *et al.* (2015). O projeto contou com a participação da Universidade do Minho, Universidade Nova de Lisboa e Ascendi.

Nos últimos anos, foram desenvolvidos diversos índices de avaliação que, contudo, consideram apenas um número limitado de fatores ou se concentram em aspetos específicos da instabilidade, como a queda de blocos. Entre estes, destaca-se o *Rockfall Hazard Rating System* (RHRS), proposto por Pierson *et al.* (1990), que avalia o risco associado à queda de blocos em taludes rochosos. Como alternativa ao RHRS, surgiu o *Rockfall Hazard Ontario* (RHON), desenvolvido por Franklin *et al.* (1997), com a particularidade de permitir a aplicação a taludes de menor altura. Posteriormente, Youssef *et al.* (2003) apresentaram o *Missouri Rockfall Hazard Rating System* (MORFHRS), enquanto Alejano *et al.* (2008) propuseram o *Rockfall Risk Assessment for Quarries* (ROFRAQ), mais direcionado para o contexto de pedreiras a céu aberto.

Estes sistemas avaliam apenas a qualidade do talude face ao potencial de queda de blocos e não têm em consideração diversos fatores que influenciam a qualidade global dos taludes.

Dada a escassez de informação sobre a avaliação da qualidade de taludes escavados em rocha, recorreu-se a métodos consagrados na literatura para aumentar a fiabilidade da metodologia.

3.5.2. RHRSm2 (*Rockfall Hazard Rating System*)

Para a avaliação do risco de queda de blocos, foi adotado e adaptado o sistema RHRS, considerando os dados disponíveis e as características específicas dos taludes em infraestruturas rodoviárias. O sistema inicial dividia-se em 3 diferentes níveis, no entanto, para facilitar a importação deste sistema para a metodologia geral, foi necessário alterar esta divisão para 5.

As alterações introduzidas no sistema de cotações consistiram, essencialmente, na inclusão de novos parâmetros considerados fundamentais para uma avaliação mais precisa do risco de queda de blocos, esse sistema adaptado foi nomeado como RHRSm2.

Esses parâmetros adicionais abordam aspetos como:

- Inclinação do talude: Quanto maior a inclinação, maior o risco de queda e o impacto dos blocos.
- Zona de influência: Redução da distância entre o talude e a via aumenta o risco de impacto em veículos.
- Quantidade de blocos soltos: Um número elevado de blocos soltos eleva a probabilidade de acidentes.
- Largura da plataforma: A adaptação à realidade das autoestradas influencia diretamente a segurança.
- Largura das banquetas: Banquetas mais largas proporcionam maior capacidade de retenção de blocos.

Esse método adota quatro faixas de pontuação: 3, 9, 27 e 81 pontos, atribuídas a cada índice de perigo e consequência. Trata-se de uma progressão geométrica de razão 3, cujo termo inicial é 3. Pela fórmula geral:

$$a_n = a_1 \cdot q^{(n-1)} \quad (2)$$

, onde:

a_n = Termo geral, ou seja, o valor do n ésimo termo da sequência.

a_1 = Primeiro termo da progressão geométrica.

q = Razão da progressão geométrica, isto é, o número pelo qual cada termo é multiplicado para obter o próximo.

n = Posição do termo que se quer calcular.

O sistema RHRSm2 com seus fatores e seus parâmetros é apresentado na Tabela a seguir.

Tabela 22 - Sistema RHRSm2, adaptado de Pinheiro *et. al* (2015).

Categoria	Critério por pontos			
	3 Pontos	9 Pontos	27 Pontos	81 Pontos
Altura do Talude	7,5 m	7,5-22,5 m	22,5-30 m	>30 m
Inclinação	<30	30-40	40-50	>50
Largura das banquetas	≥4 m	2-3 m	≤1 m	-
Eficácia da valeta de plataforma	Boa retenção	Moderada retenção	Retenção limitada	Retenção Muito limitada
Zona de influência	Longe	Média	Perto	Muito perto
Largura plataforma	21,5 m	15,5 m	9,5 m	3,5 m
Condição estrutural	Descontinuidades com orientação favorável	Descontinuidades com orientação aleatória	Descontinuidades com orientação desfavorável	Descontinuidades muito contínuas com orientação desfavorável
Alteração do maciço	Pouca W = 1	Ocasional W = 2 - 3	Muita W = 3 - 4	Elevada W = 5
Erosão	Pequena	Moderada	Elevada	Extrema
Tamanho dos blocos	0,3 m	0,6 m	0,9 m	1,2 m
Volume de blocos	2,3 m ³	4,6 m ³	6,9 m ³	9,3 m ³
Quantidade dos blocos	Nenhuns	Pouco	Alguns	Muitos
Irregularidade da face	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Presença de água	Seco	Húmido	Gotejante	Fluído
Historial de queda de blocos	Poucas quedas	Quedas ocasionais	Muitas quedas	Quedas constantes
	1/10 anos	3/ano	6/ano	9/ano
AVR	0,25	0,5	0,75	1
Distância de	Adequada	Moderada	Limitada	Muito limitada
decisão	1	0,8	0,6	0,4
Clima	Baixa precipitação	Moderada precipitação	Alta precipitação	-
	<1000	1000-2000	>2000	-

A integração deste sistema RHRSm2 na metodologia geral deve ser efetuada de acordo com uma relação direta entre cotações, como evidenciado na Tabela 23.

Tabela 23 - Correspondência entre o sistema RHRSm2 com a metodologia geral do talude, adaptado de Pinheiro *et. al* (2015).

Classificação geral do Talude			
Pontuação RHRSm2	Grau de Risco	Atuação	Índice geral
<54	Muito baixo	-	1
54-162	Baixo	Médio prazo	2
163-324	Médio	Curto prazo	3
325-486	Elevado	Urgente	4
>487	Muito alto	Imediata	5

3.5.3. Outros sistemas de classificação considerados

Esta proposta de índice de qualidade utiliza, além do RHRSm2, classificações consolidadas de maciços e taludes, como o Q-System, desenvolvido por Barton, Lien e Lunde (1974), é um método empírico que avalia seis parâmetros, incluindo a qualidade das descontinuidades, a resistência da rocha intacta e as condições de água, gerando um índice que orienta o dimensionamento de suportes em obras subterrâneas. O RMR (*Rock Mass Rating*), proposto por Bieniawski (1989), atribui pontuações a fatores como resistência da rocha, espaçamento e condições das juntas, presença de água e orientação estrutural, produzindo uma classificação numérica que auxilia na previsão do comportamento do maciço e no projeto de taludes e fundações. O SMR (*Slope Mass Rating*), criado por Romana (1985), adapta o RMR especificamente para taludes, incorporando correções relacionadas à orientação das descontinuidades e ao tipo de movimento esperado, permitindo uma avaliação mais precisa da estabilidade de encostas rochosas.

3.5.4. Cálculo

São avaliados os vários parâmetros que estão agrupados em fatores. Depois dos primeiros serem avaliados estes são ponderados através dos pesos atribuídos aos fatores que por sua vez permitem a obtenção do índice final (Figura 26).

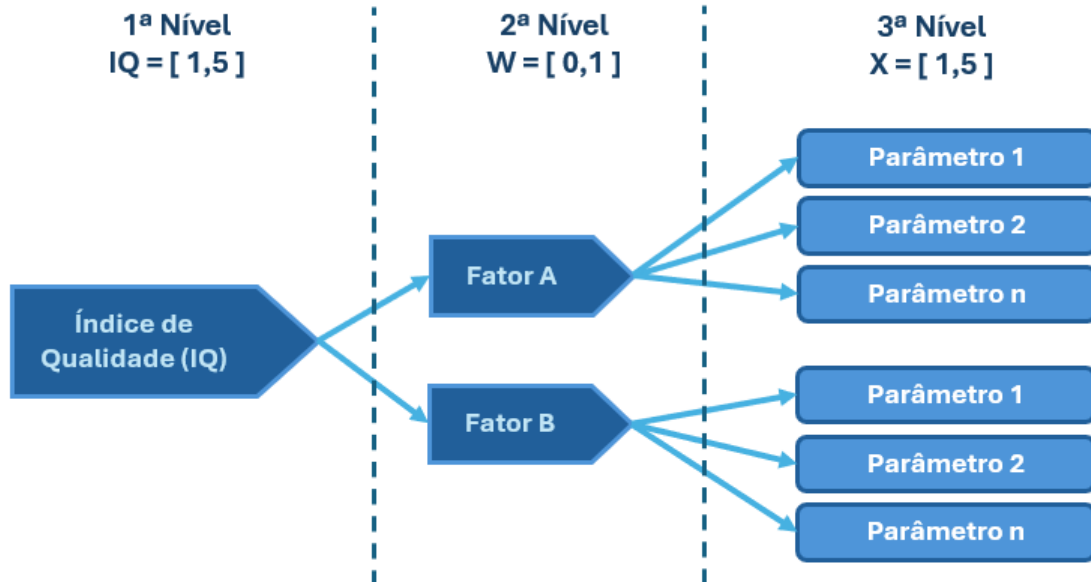


Figura 26 - Esquema resumo da metodologia do IQ, adaptado de Pinheiro *et. al* (2015).

Assim, o cálculo do índice deverá ser realizado de acordo com a equação:

$$I = W_A \times \sum_{i=1}^n X_i + \dots + W_N \times \sum_{i=1}^n X_i \quad (3)$$

, onde;

I = Índice de Qualidade

W_A = peso associado ao primeiro conjunto de fatores.

W_N = peso associado ao segundo conjunto de fatores.

$\sum_{i=1}^n X_i$ = somatório dos valores. X_i de $i = 1$ até n

Por sua vez, a cotação atribuída a cada um dos parâmetros é dada pela equação:

$$X_i = W'_i \times \sum_{i=1}^n X'_i \quad (4)$$

, onde;

W'_i = peso atribuído a cada parâmetro e X'_i a cotação que varia de 1 a 5 a atribuir a cada um dos parâmetros.

Após o cálculo do Índice de Qualidade (IQ), o valor numérico obtido deve ser traduzido para uma escala qualitativa, de modo a proporcionar uma interpretação mais intuitiva e acessível do estado de qualidade do talude avaliado. A correspondente classificação qualitativa encontra-se apresentada na Tabela 24.

Tabela 24 - Classificação qualitativa, quantitativa e por nível de risco, adaptado de Pinheiro *et. al* (2015).

Índice de Qualidade (IQ)	Estado do Talude	Nível de Risco
[1; 1,4]	Muito Bom	Muito Baixo
[1,5; 2,4]	Bom	Baixo
[2,5; 3,4]	Médio	Médio
[3,5; 4,2]	Mau	Alto
[4,3; 5]	Muito Mau	Muito alto

3.5.5. Definição de fatores para taludes em escavação em rocha

Para o cálculo do índice de qualidade a cada fator é atribuído um grau de importância e influência em comparação com os restantes que funcionam como ponderações. Utilizando o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) proposto por Saaty (1980).

Para a definição dos valores atribuídos a cada fator, foi elaborado um inquérito direcionado a profissionais da área da Geotecnia. Os participantes foram classificados em três níveis de conhecimento técnico: especialista, elevado conhecimento e algum conhecimento, permitindo assim uma análise diferenciada e ponderada das respostas com base na experiência e grau de especialização dos inquiridos (Gráfico 7).

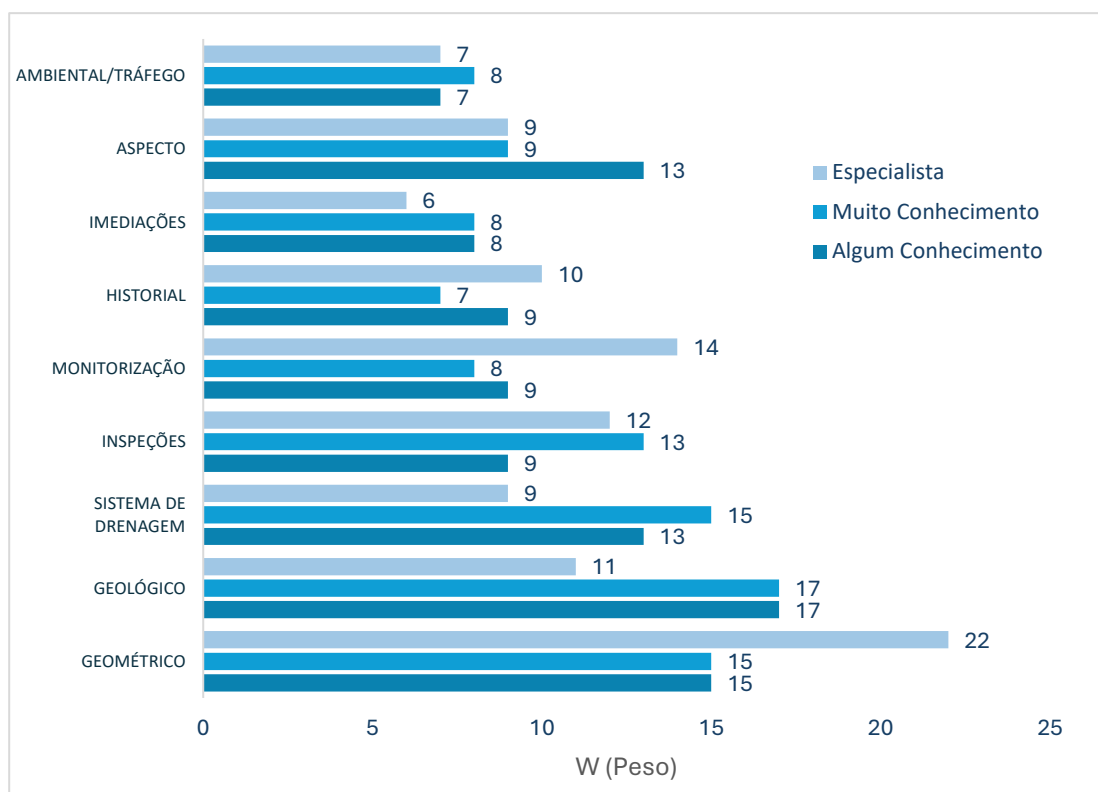


Gráfico 7 - Distribuição dos pesos dos fatores de acordo com o grau de conhecimento dos inquiridos, adaptado de Pinheiro *et. al* (2015).

As respostas foram ponderadas com base no nível de conhecimento dos inquiridos, o que permitiu avaliar as variações na percepção da importância de cada fator. Para tal, consideraram-se três cenários de ponderação, nos quais os pesos atribuídos às respostas variaram consoante o grau de conhecimento. O cálculo do índice pode ser realizado com base em qualquer um desses cenários; contudo, no presente estudo foi adotado o cenário 3, que atribui maior relevância às respostas dos especialistas. Com base neste cenário, foram definidos os pesos finais de cada fator (Tabela 25).

Tabela 25 - Pesos e parâmetros de cada fator referente aos taludes de escavação em rochas, adaptado de Pinheiro *et. al* (2015).

Fator	Parâmetro	Peso
Geometria	Altura, inclinação, presença e largura de banquetas	0,17
Geológico	Sistemas de classificação empírica RMR, SMR e Q, tipo de formação e avaliação do risco de queda de blocos	0,14
Sistema de drenagem	Sistema de drenagem superficial e profundo (existência e estado de conservação)	0,11
Inspeções	Avaliação do estado de manutenção e conservação	0,13
Monitorização	Resultados da monitorização incluindo: inclinómetros, marcas topográficas, piezómetros, etc.	0,11
Imediações	Existência de sobrecargas (habitações, etc.) e eventuais vibrações (trabalhos, etc.)	0,08
Historial	Histórico de acidentes e intervenções	0,07
Revestimento	Proteção superficial (rede metálica, pregagens, etc.) e cobertura vegetal	0,10
Ambiental/ Tráfego	Zona sísmica, precipitação e nível de tráfego	0,09

Para as definições dos intervalos de cotações dos parâmetros foram usados dois conceitos:

- 1) Sempre que disponível, a bibliografia relevante seria utilizada e adaptada (Gao *et al.*, 2011; McMillan & Matheson, 1997; Naghadehi *et al.*, 2013), considerando os ajustes decorrentes da experiência in situ da concessionária, os quais poderão ser revistos no futuro em função dos resultados da aplicação do índice.
- 2) Complementarmente, recorre-se à experiência da concessionária na observação e acompanhamento de taludes de escavação em rocha. O índice resulta da avaliação de nove parâmetros, cada um classificado numa escala de 1 a 5.

Na ausência de informação para determinado parâmetro, consideram-se duas alternativas: redistribuir proporcionalmente o seu peso pelos parâmetros disponíveis ou adotar o valor mais frequente. A escolha dependerá da experiência acumulada na aplicação do IQ ao longo do tempo. Deste modo, o índice final do talude é obtido através das cotações de todos os parâmetros apresentados no Anexo 1.

3.5.6. Índices de Qualidade para taludes em solo

À semelhança dos Índices de Qualidade (IQ) desenvolvidos para taludes de escavação em rocha, o esquema e o conceito adotado para a definição do IQ de taludes de escavação e aterro em solo foi

a mesma. Foram considerados fatores específicos para taludes de escavação em solos e para taludes de aterro, com propostas iniciais que incorporam as respectivas características.

O principal fator alterado foi a Geológico e hidrogeológico, identificaram-se como principais condicionantes de instabilidade em taludes de solo. Parâmetros como a coesão e ângulo de atrito, tipo de solo, litologia e o nível freático, considerados na proposta de classificação para taludes de escavação, conforme exemplificado na Tabela 26.

Tabela 26 - Fator Geológico e hidrogeológico da proposta de Índice de qualidade em taludes de escavação em solo, adaptado de Pinheiro *et. al* (2015).

Geológico e hidrogeológico							
Parâmetros			Escolhas condicionadas				
0,40	Parâmetros geomecânicos	Coesão (kPa)	193-384	97-192	49-96	13-48	0-12
			Extremamente duro	Duro	Medianamente duro	Mole	Muito mole
		rating	1	2	3	4	5
		Ângulo de atrito (°)	>41	37-41	31-36	28-30	<28
			Muito compacto	Compacto	Medianamente compacto	Solto	Muito solto
		rating	1	2	3	4	5
0,20	Tipo solo		S5	S4	S3	S2	S1 ou S0
			GW; GM; GP	GC; SW	SP; SC; SM-d; SM-u	CL; ML; MH; CH	OL; OH; Pt
	rating		1	2	3	4	5
0,10	Litologia		Estratificação			Homogêneo	-
			Desfavorável	Intermédio	Favorável		
	rating		5	3-4	2	1	
0,30	Nível freático		Sim	Não	-	-	-
	rating		4-5	1-2			

No caso dos taludes de aterro, foram considerados parâmetros geológicos associados às suas características, conforme apresentados na Tabela 27.

Tabela 27 - Fator Geológico da proposta de Índice de qualidade em taludes de aterro em solo, adaptado de Pinheiro *et. al* (2015).

Geológico						
Parâmetros		Escolhas condicionadas				
0,14	Controle de qualidade	S/ acompanhamento	Acompanhamento s/ ensaios	Acompanhamento c/ ensaios	-	-
	Rating	5	4-3	1		
0,20	Tratamento da fundação ⁽¹⁾	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	-	-
	Rating	1	2	3		
0,20	Material	Pedrapleno e Enrocamento	GW; GC; GP; GM; SW	SP; SC; SM-d; SM-u	CL; ML; MH; CH	OL; OH; Pt
	Rating	1	2	3	4	5

1 - Tipos de tratamentos da fundação, distribuídos em Tipo 1 (Camada drenante), Tipo 2 (Drenos transversais e Trincheiras drenantes) e Tipo 3 (Endentamento, Escarição e Recompactação), seguindo metodologia similar à utilizada para taludes de escavação em rocha.

Para ambas as propostas, o fator histórico foi ajustado, considerando as patologias mais frequentes associadas aos taludes de solo, conforme apresentado na Tabela 28.

Tabela 28 - Fator Historial presente em ambas as propostas de Índice de qualidade em taludes de em solo, adaptado de Pinheiro *et. al* (2015).

Historial								
Parâmetros				Escolhas condicionadas				
0,70	Acidentes	0,30	Escorregamentos circulares	Nenhuma	Inativa	Alguma	Relativamente ativa	Alta
			rating	1	2	3	4	5
		0,30	Escorregamentos planares	Nenhuma	Inativa	Alguma	Relativamente ativa	Alta
			rating	1	2	3	4	5
		0,30	Erosão	Nenhuma	Inativa	Alguma	Relativamente ativa	Alta
			rating	1	2	3	4	5
		0,10	Subsidências (desabamentos ou quedas)	Nenhuma	Inativa	Alguma	Relativamente ativa	Alta
			rating	1	2	3	4	5
0,40	Intervenções			Grau 1	Grau 2	Grau 3	-	-
	rating			4-5	3	2-1		

Faz-se notar que esta metodologia foi definida, ao contrário do caso de taludes rochosos, sem ter havido oportunidade para a devida calibração. Tendo por base esta premissa, aproveitou-se este trabalho para implementar um conjunto de ajustes ao método, conforme apresentado no Capítulo seguinte.

[página propositadamente em branco]

Capítulo IV

Proposta de Índice de Desempenho Global

[página propositadamente em branco]

4. Proposta de Índice de Desempenho Global

4.1. Generalidades

Conforme já amplamente discutido neste trabalho, a estabilidade de taludes depende da interação entre fatores geométricos, geológicos e geotécnicos, que podem conduzir à rutura ao longo de superfícies potenciais e ao deslocamento de massas instáveis. Entre os principais condicionantes destacam-se os aspetos geológicos, hidrogeológicos e geotécnicos, pois refletem propriedades intrínsecas dos materiais e influenciam diretamente os mecanismos e a cinemática das instabilidades. Em solos, a litologia, a estratigrafia e as condições hidrogeológicas controlam as propriedades mecânicas, especialmente a resistência ao corte, e, consequentemente, o comportamento global do talude (Vallejo *et al.*, 2002).

À semelhança dos Índices de Qualidade (IQ) desenvolvidos para taludes de escavação em rocha, o Índice de Desempenho Global (IDG) proposto para taludes de escavação e de aterro em solo foi concebido com base em lógica análoga. A metodologia adotada segue o mesmo procedimento de cálculo dos pesos atribuídos aos parâmetros e fatores.

Por uma questão de rigor semântico, optou-se pela substituição da designação “Índice de Qualidade” por “Índice de Desempenho”, considerando que se trata da avaliação de uma estrutura complexa, sendo este último termo mais adequado ao contexto técnico e funcional da análise. Em termos simples, “qualidade” define o que deve ser feito corretamente, enquanto “desempenho” avalia como isso realmente acontece.

4.2. Índice de Desempenho (ID)

Na presente metodologia, os parâmetros geológicos e hidrogeológicos foram individualizados e diferenciados para os taludes de escavação e de aterro, considerando suas principais características específicas. Os demais parâmetros foram mantidos inalterados, com pesos equivalentes.

O Índice de Desempenho (ID) referente aos taludes de escavação e aterro encontra-se apresentado nos Anexos 2 e 3.

4.2.1. Objetivos

A utilização de grande parte dos dados existentes da estrutura em questão, como inspeções visuais, projetos e estudos desenvolvidos, e a classificação do desempenho do talude como forma de gestão da estrutura, organizando e gerando alertas.

4.2.2. Fatores e seus respectivos pesos

O modelo foi ajustado e calibrado para as condições dos taludes de solo da rede Ascendi, considerando:

- Taludes de aterro: 6 fatores, 24 parâmetros e 9 subparâmetros;
- Taludes de escavação: 6 fatores, 23 parâmetros e 5 subparâmetros.

O peso relativo de cada fator será igual para as duas aplicações, conforme apresentado no Tabela 29.

Tabela 29 - Pesos e parâmetros de cada fator do Índice de Desempenho (ID), referentes aos taludes de solo.

Fator	Parâmetro	Peso
Geometria	Altura, inclinação, orientação e banquetas.	0,22
Geológico e Hidrogeológico	Parâmetros geomecânicos, tipo de solo, litologia, presença e influência de águas.	0,15
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual, drenagem superficial e profunda, proteções e impermeabilização do maciço, cobertura vegetal.	0,15
Inspeções Visuais	Estados de conservação e de manutenção globais, monitorizações e anomalias detetadas.	0,20
Historial	Histórico das principais patologias associadas aos solos e das intervenções aplicadas.	0,15
Ações externas	Zona sísmica, tráfego, presença de vibrações, sobrecarga e escavações.	0,13

4.2.2.1. Geométrico

Os parâmetros de maior relevância na classificação do Índice de Desempenho (ID), são a Altura e Inclinação, ajustados em função da maior instabilidade verificada em taludes de solo. Os pesos relativos seguem uma sequência que atribui valor mínimo à classe Muito Baixo (taludes com menos de 5 m) e valor máximo à classe Muito Alto (taludes com mais de 30 m).

O parâmetro referente à existência de Banquetas, relevante para a estabilidade de taludes, deve ser atribuído com valor mínimo quando sua implantação não se justifica, como em taludes abaixo dos 10 m de altura (Baixos ou Muito Baixos). Por outro lado, deve ser atribuído valor máximo quando não existir banquetas em taludes com mais de 10 m de altura (Média a Muito Alta).

O fator Orientação do talude, uma vez que esta influência a quantidade de radiação solar recebida e, consequentemente, a temperatura. Tal condiciona a energia térmica absorvida, afetando diretamente a perda de água por evaporação e transpiração (Rahman *et al.* 2017). Taludes mais expostos à radiação solar apresentam maior evapotranspiração, o que repercute na humidade do solo e interfere na distribuição e no tipo de vegetação. A literatura científica também indica que os movimentos de massa tendem a ser mais frequentes e intensos em taludes com maior exposição solar (Sidle & Ochiai, 2006).

A orientação de um talude é determinada traçando uma linha perpendicular à face voltada para a autoestrada, tendo como referência os pontos cardeais, como demonstra a Figura 27.

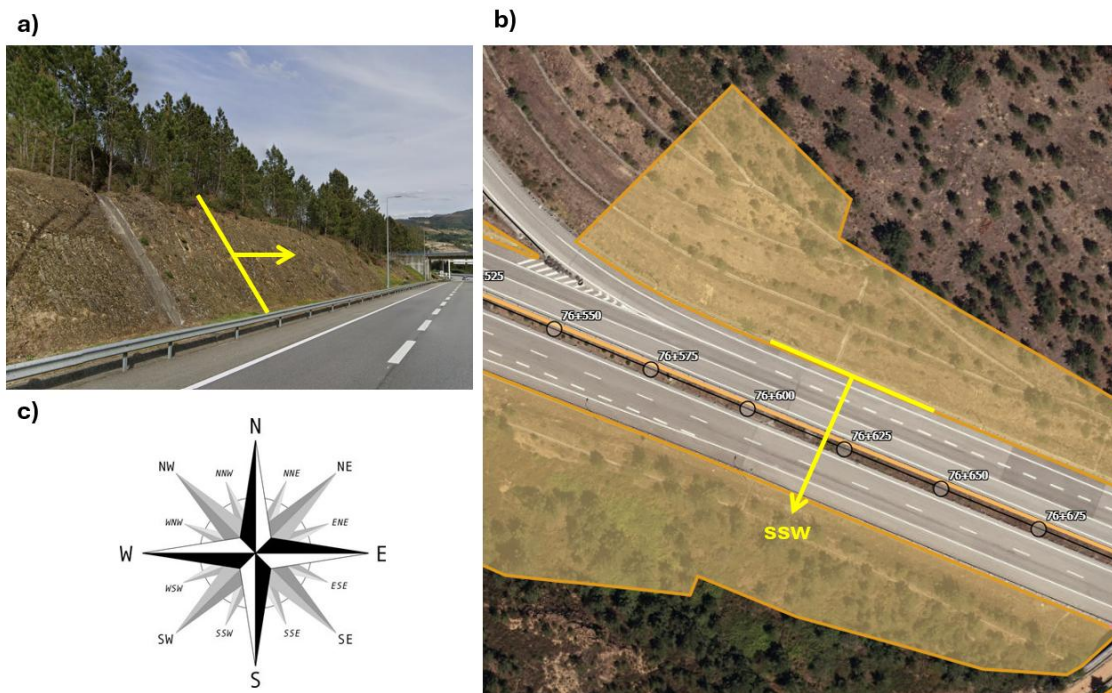


Figura 27 - Forma de identificação da orientação de um talude: Linha traçada perpendicular ao plano da face do talude a), Vista do SIG do traçado da linha b), Rosa dos ventos com pontos cardeais, colaterais e subcolaterais c).

Para a classificação da orientação do talude, consideram-se apenas os pontos cardeais (N, S, E e W) e os colaterais (NE, NW, SE e SO).

Gonçalves *et al.* (1997) indicam que, em Portugal, as orientações a sul recebem a maior radiação solar anual em comparação com outras orientações. Assim, os pesos atribuídos variam entre o valor mínimo para taludes com orientação a norte (N) e o valor máximo para taludes orientados a sul (S).

Os parâmetros geométricos e os respetivos fatores considerados encontram-se detalhados na Tabela 30.

Tabela 30 - Fator geométrico, seus parâmetros e seus pesos associados do Índice de Desempenho (ID).

Geométrico							
Parâmetros			Escolhas condicionadas				
0,50	Altura do talude (m)		<5	5-10	10-20	20-30	>30
			Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
	Rating		1	2	3	4	5
0,30	Inclinação do talude (°)		< 20	20-30	31-40	41-50	> 50
			Muito gradual	Gradual	Médio	Inclinado	Muito inclinado
	Rating		1	2	3	4	5
0,10	Orientação do Talude		N	NW, NE	E, W	SE, SW	S
	Rating		1	2	3	4	5
0,10	Banquetas	Presença	Sim / Não necessário	Não	-	-	-
		Rating	1	5			

4.2.2.2. Geológico e Hidrogeológico

Este constituiu o único parâmetro a sofrer alterações, de forma a permitir a distinção entre taludes de aterro e taludes de escavação.

4.2.2.2.1. Taludes de escavação

A avaliação do comportamento do solo depende da obtenção de seus parâmetros geomecânicos, e para a classificação do (ID) foram considerados: Coesão, considerado com maior peso, que, na sua ausência é possível estimá-lo a partir do ensaio SPT, conforme Teixeira e Godoy (1996), seguindo as relações indicadas nas Tabela 31; e Ângulo De atrito.

Tabela 31 - Correlação entre Coesão não drenada e os números de golpes do ensaio SPT, adaptado de Teixeira e Godoy (1996).

Descrição da consistência do solo	Coesão não drenada (kPa)	SPT
Muito Mole	0 – 12	0 – 2
Mole	13 – 48	3 – 8
Mediamente Duro	49 – 96	9 – 14
Duro	97 – 192	15 – 30
Extremamente Duro	193 - 384	>30

Para o Tipo de solo, que se diferenciam pelo tipo de partículas que os compõem, seu arranjo interno e a relação entre o volume das partículas e o volume total (DER-SP, 1991), a classificação do tipo de solo baseia-se no USCS (*Unified Soil Classification System*), ASTM 1985, que utiliza características laboratoriais de granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade para categorizar solos minerais e organo-minerais. Para uma classificação precisa, a Tabela 32 apresenta as classes de solo e suas respectivas descrições.

Tabela 32 - Classificação USCS dos tipos de solos, adaptado de ASTM (1985).

Sigla	Descrição
GW	Cascalho bem granulado
SW	Areias bem granulada
GC	Cascalho argiloso
SM	Areia siltosa
SC	Areia argilosa
CH	Argila muito plástica
CL	Argila pouco plástica
GP	Cascalho mal granulado
GM	Cascalho siltoso
SP	Areia muito plástica
ML	Silte pouco plástico
OL	Argila e silte orgânico
MH	Silte muito plástico
OH	Areia e argila orgânica

Assim as classificações relativas aos pesos seguiram a seguinte ordem:

1. Solos bem graduados e pouco coesivos (GW, GM, GP) – mais estáveis.
2. Solos coesivos ou pouco coesivos mistos (GC, SW).
3. Solos arenosos ou silto-arenosos com menor coesão (SP, SC, SM).
4. Solos argilosos de média a alta plasticidade (CL, ML, MH, CH).
5. Solos orgânicos (OL, OH) – menos estáveis.

Para a Litologia, a direção da estratificação, segundo Vallejo *et al.* (2002), refere-se à disposição e sequência das camadas de solo ou rocha com diferentes características litológicas, resistências, graus de alteração, espessuras e orientações. Variações na compactação, cimentação ou granulometria podem criar zonas de fraqueza e canais preferenciais para o escoamento de água,

aumentando o risco de instabilidade. Além disso, camadas inclinadas no mesmo sentido da inclinação do talude (estratificação subparalela ao talude) são particularmente desfavoráveis e altamente suscetíveis a deslizamentos. Nesse sentido a Litologia foi classificada com os seguintes pesos:

1. Homogénea: Litologia homogénea e contínua; a face do talude é pouco suscetível a deslizamentos.
2. Favorável: Estratos bem definidos; a face apresenta boa estabilidade, com baixa suscetibilidade a instabilidade.
3. Intermédia: Estratos parcialmente definidos ou heterogéneos; a face do talude tem suscetibilidade moderada a deslizamentos.
5. Desfavorável: Estratos irregulares ou muito heterogéneos; a face do talude é mais suscetível a instabilidade.

Nos aspetos hidrogeológicos, foi considerada as Infiltrações de águas subterrâneas por corresponderem ao movimento e à saída de água do subsolo para a superfície, o que pode saturar o solo, reduzir sua resistência e aumentar o risco de deslizamentos (Santi *et al.*, 2009), sendo influenciado pelas variações sazonais de chuva e pelo derretimento de neve.

Foi atribuído pesos crescentes conforme a gravidade, desde Peso mínimo para Seco, até peso máximo para Nascente.

Influência de corpos hídricos superficiais, como rios, drenagens sazonais e reservatórios, aumentam o risco de deslizamentos ao saturar taludes, erodir seus pés e reduzir o suporte, especialmente em casos de variações rápidas no nível da água, adaptado de Pratt & Santi, (2014). Neste contexto, foi adotada uma escala de proximidade a esses corpos hídricos, em que o valor mínimo corresponde a situações sem ocorrência destes elementos ou em que se encontram muito distantes, e o valor máximo corresponde ao contacto direto com rios ou reservatórios.

Todos os parâmetros, juntamente com os respetivos pesos do fator Geológico e hidrogeológico para taludes de escavação, encontram-se organizados na Tabela seguinte.

Tabela 33 - Fator geológico e hidrogeológico, seus parâmetros e seus pesos associados para taludes de escavação no Índice de Desempenho (ID).

Geológico e Hidrogeológico para Taludes de Escavação								
Parâmetros				Escolhas condicionadas				
0,50	Parâmetros geomecânicos	0,70	Coesão (kPa)	193-384	97-192	49-96	13-48	0-12
				Extremamente duro	Duro	Medianament e duro	Mole	Muito mole
			Rating	1	2	3	4	5
		0,30	Ângulo de atrito (°)	>41	37-41	31-36	28-30	<28
				Muito compacto	Compacto	Medianament e compacto	Solto	Muito solto
			Rating	1	2	3	4	5
0,10	Tipo de solo			GW, GM, GP	GC, SW	SP, SC, SM	CL, ML, MH, CH	OL, OH
	Rating			1	2	3	4	5
0,10	Litologia			Estratificação			Homogêneo	-
				Desfavorável	Intermédio	Favorável		
	Rating			5	3	2	1	
0,15	Infiltração de águas subterrâneas			Seco	Húmido	Molhado	Gotejando	Nascente
	Rating			1	2	3	4	5
0,15	Influência de corpos hídricos superficiais			Nenhum ou distante	Drenagem sazonal	Pequenos cursos d'água	Água empoçada	Contato com rio ou reservatório
	Rating			1	2	3	4	5

4.2.2.2.2. Taludes de aterro

Os parâmetros geológicos para aterros foram definidos de forma classificar sua execução e seus materiais, como a existência de controle de qualidade referente ao nível de acompanhamento técnico durante a execução da obra. Os pesos atribuídos seguiram a seguinte métrica:

1. Acompanhamento com ensaios: Houve acompanhamento técnico qualificado em obra, complementado por ensaios laboratoriais pormenorizados — tais como determinação da massa específica, ensaios de corte direto, edométrico, limites de Atterberg, CBR, entre outros.
3. Acompanhamento sem ensaios: Houve acompanhamento técnico durante a execução, mas sem a realização de ensaios laboratoriais de caracterização ou controle de qualidade dos materiais.
5. Sem acompanhamento técnico: Não houve qualquer acompanhamento especializado durante a execução.

A existência de tratamentos de fundação, e o material empregue na construção, constituem os parâmetros com os maiores pesos neste fator, por refletirem diretamente o comportamento mecânico do maciço. Materiais mais competentes, como pedrapleno e enrocamento, conferem

maior estabilidade ao talude, enquanto solos coesivos e siltsos, embora apresentem alguma coesão, revelam menor desempenho devido à sua maior sensibilidade à humidade (Caputo, 1988). Assim, a classificação foi ponderada através da atribuição de pesos em função da contribuição de cada material para a estabilidade do talude, conforme segue:

1. Pedrapleno e enrocamento: Materiais de elevada resistência e drenagem eficiente.
2. Solo enrocamento: Mistura de blocos rochosos e solo, com boa capacidade de suporte e drenagem.
3. Solos atritivos (GW, GP, SW, SP): Solos granulares com predomínio de atrito interno.
4. Solos siltsos (ML, MH): Baixa coesão e susceptibilidade a variações de humidade.
5. Solos coesivos (CL, CH, OL, OH): Alta plasticidade, baixa permeabilidade e propensão a deformações.

Os parâmetros hidrogeológicos foram mantidos, porém com pesos ajustados às condições específicas de estruturas de aterro.

Todos os parâmetros, juntamente com os respetivos pesos do fator geológico e hidrogeológico para taludes de aterro, encontram-se organizados na Tabela 34.

Tabela 34 - Fator geológico e hidrogeológico, seus parâmetros e seus pesos associados para taludes de aterro no Índice de Desempenho (ID).

Geológico e Hidrogeológico para Taludes de Aterro						
Parâmetros		Escolhas condicionadas				
0,20	Controlo de qualidade	S/ acompanhamento	Acompanhamento s/ ensaios	Acompanhamento c/ ensaios	-	-
	Rating	5	3	1		
0,20	Tratamento da fundação	Sim	Não	-	-	-
	Rating	1	5			
0,40	Material	Pedrapleno e Enrocamento	Solo enrocamento	Solos atritivos	Solos siltsos	Solos coesivos
				(GW, GP, SW, SP)	(ML, MH)	(CL, CH, OL, OH)
	Rating	1	2	3	4	5
0,10	Infiltração de Águas Subterrâneas	Seco	Húmido	Molhado	Gotejando	Nascente
	Rating	1	2	3	4	5
0,10	Influência de Corpos Hídricos Superficiais	Nenhum ou distante	Drenagem sazonal	Pequenos cursos d'água	Água empoçada	Contato com rio ou reservatório
	Rating	1	2	3	4	5

4.2.2.3. Efeitos hidráulicos

Refere-se às medidas de proteção adotadas contra os efeitos hidráulicos na estabilidade do talude, começando pela Precipitação Média Anual da localidade do talude. A infiltração da água da chuva causa um aumento da poropressão, o que pode resultar em uma redução da resistência ao corte devido à diminuição da tensão efetiva e ao amolecimento induzido pela molhagem (Zhou *et al.*, 2009).

Com base nos dados históricos disponibilizados pelo Portal do Clima, procedeu-se à análise da precipitação média anual (mm) em diferentes regiões de Portugal continental, até o ano 2000 (Tabela 35), permitindo identificar os intervalos considerados mais ou menos gravosos para a estabilidade dos taludes. A partir desta avaliação, foi estabelecida uma escala de classificação de 1 a 5, em que os valores mais baixos de precipitação correspondem a menor gravidade e os mais elevados a maior gravidade. Assim, atribuiu-se peso mínimo (1) para precipitações inferiores a 500 mm/ano e peso máximo (5) para valores superiores a 2000 mm/ano.

Tabela 35 - Precipitação média anual (PMA) em 2000 para diferentes regiões de Portugal, adaptado do Portal do Clima.

Regiões	PMA (mm) Ano 2000
Alto Minho	1634
Viseu	1356
Porto	1335
Aveiro	1146
Coimbra	1023
Douro	948
Alentejo	448
Algarve	433

É considerada a presença de Drenagem Profunda, onde se deve classificar com peso mínimo quando é desnecessário sua existência, e peso máximo quando se considerar que a existência se mostra necessária.

O Estado de Manutenção do Sistema de Drenagem, leva em consideração tanto a drenagem superficial quanto a profunda, extraído da plataforma móvel SustIMS para inspeções visuais, atribuído o pior valor entre ambas como valor final.

Considera-se a presença de proteção superficial no talude, assim como a percentagem de recobrimento da superfície total. O valor atribuído varia conforme a cobertura, sendo o peso máximo de 5 quando mais de 80% da superfície está protegida e o peso mínimo de 1 quando a

cobertura é inferior a 25%. A proteção superficial pode incluir betão projetado, pregagens, mantas ou redes metálicas, de acordo com as condições do talude e o tipo de risco a controlar.

Essas medidas são fundamentais para a estabilidade de taludes de escavação e aterro, atuando na mitigação da erosão superficial e na redução da infiltração de água pela superfície exposta.

Utilizando a mesma categoria de percentagem de cobrimento, a Cobertura Vegetal é considerada como parâmetro individual, exercendo efeito positivo na estabilidade do talude. A literatura especializada destaca sua contribuição tanto para o aumento do fator de segurança quanto para a redução da erosão superficial. A inclinação do talude influencia diretamente a suscetibilidade à erosão, especialmente na ausência de vegetação. Taludes recobertos apresentam perdas significativamente menores de solo superficial em comparação aos desprovidos de cobertura vegetal (Pratt & Santi, 2014).

Todos os parâmetros, juntamente com os respectivos pesos do fator Efeitos Hidráulicos, encontram-se organizados na Tabela 36.

Tabela 36 - Fator Efeitos Hidráulicos, seus parâmetros e seus pesos associados do Índice de Desempenho (ID).

Efeitos Hidráulicos						
Parâmetros			Escolhas condicionadas			
0,20	Precipitação média anual (mm)		<500	500-1000	1000-1500	1500-2000
	Rating		1	2	3	4
0,35	Estado de manutenção do sistema de drenagem (a)		Bom	Médio	Mau	-
	Rating		1	3	5	-
0,05	Drenagem profunda	Presença	Sim/Não necessário	Não	-	-
		Rating	1	5	-	-
0,15	Cobertura vegetal		> 80%	60% - 80%	40% - 60%	20% - 40%
	Rating		5	4	3	2
0,25	Outas proteções superficiais (b)		<25%	[25%-50% [	0,5	] 50%-75%]
	Rating		1	2	3	4

(a): Menor valor entre os estados de manutenção da drenagem superficial e profunda.

(b): Qualquer outro tipo de proteção superficial, como betão projetado, redes metálicas, hidrossemeadura, entre outros.

4.2.2.4. Inspeções visuais

O fator em análise está diretamente vinculado aos resultados da última campanha de inspeções visuais no talude realizadas utilizando a plataforma móvel SustIMS, abrangendo sistematicamente o Estado de Conservação e Manutenção da estrutura. A metodologia adotada baseia-se na

pontuação final das fichas de inspeção, que classificam separadamente as ações de conservação e manutenção. Como essa pontuação varia de 1 a 5, a multiplicação pelo peso correspondente é direta e proporcional.

Também é considerada a presença de Equipamentos de Monitorização, cuja importância é amplamente reconhecida na literatura internacional, como nos trabalhos de Duncan & Wright (2005) e Terzaghi *et al.* (1996), que ressaltam a importância da instrumentação e do monitoramento contínuo, com uso de inclinômetros, extensômetros, piezômetros e células de carga, cujo correto funcionamento deve ser avaliado durante as inspeções. Deve-se classificar com peso mínimo quando é desnecessário a existência, e peso máximo quando se considerar que a existência se mostra necessária.

Para o parâmetro de identificação de Anomalias Relevantes é ponderada de forma subjetiva pelo inspetor, com pontuação variando de 1 a 2 para ausência e de 4 a 5 para presença, conforme a gravidade percebida.

Todos os parâmetros, juntamente com os respectivos pesos do fator Inspeção Visual, encontram-se organizados na Tabela 37.

Tabela 37 - Fator Inspeções Visuais, seus parâmetros e seus pesos associados do Índice de Desempenho (ID).

Inspeções Visuais						
Parâmetros		Escolhas condicionadas				
0,40	Estado de manutenção global	Bom	Médio	Mau	-	-
	Rating	1	3	5		
0,20	Estado de conservação global	Muito Bom	Bom	Razoável	Mau	Muito mau
	Rating	1	2	3	4	5
0,30	Anomalias detetadas (c)	Não	Sim	-	-	-
	Rating	1-2	4-5			
0,10	Equipamentos de monitorização	Sim/Não necessário	Não	-	-	-
	Rating	1	5			

(c): Anomalias detetadas na última inspeção completa.

4.2.2.5. Historial

A Antiguidade da Estrutura constitui um parâmetro relevante na previsão de instabilidades futuras. Nesse contexto, a deterioração pode ser compreendida como o processo de degradação

progressiva de um material ou sistema, resultando em perda de desempenho e redução de sua qualidade ou valor funcional.

Segundo Briggs *et al.* (2019), a deterioração em ativos lineares longos representa o conjunto de alterações que resultam na redução gradual do desempenho esperado ao longo do tempo, decorrente de um ou múltiplos processos físicos ou mecanismos de degradação, que podem atuar de forma independente ou sinérgica.

Tais mecanismos manifestam-se em diferentes escalas:

- Escala do material — processos de alteração e envelhecimento do solo, incluindo intemperismo, variações volumétricas e degradação das propriedades mecânicas;
- Escala do ativo — instabilidades que afetam a integridade global da estrutura geotécnica, como taludes ou aterros;
- Escala da rede — impactos cumulativos na funcionalidade e na resiliência do sistema de infraestrutura, decorrentes da degradação de múltiplos ativos individuais.

Para o parâmetro analisado, estabeleceu-se a classificação variando desde estruturas com menos de 5 anos de idade, consideradas com peso mínimo de 1, até aquelas com mais de 25 anos de idade, classificadas com peso 5.

O parâmetro Patologias corresponde às principais manifestações patológicas comumente observadas em taludes de solo, as quais são classificadas segundo o seu estado de ocorrência e atividade em:

1. Nenhuma – Ausência de indícios de manifestações desta patologia;
2. Inativa – Patologia previamente registrada, mas atualmente estabilizada ou controlada;
3. Alguma – Ocorrência da patologia presente em estado relativamente ativo, sem sinais de progressão moderada;
4. Relativamente alta – Ocorrência da patologia presente em estado relativamente ativo, com sinais de progressão moderada;
5. Alta – Patologias em condição ativa e acentuada, representando risco elevado de instabilidade.

Entre as manifestações mais recorrentes, foram selecionadas como subparâmetros as Deformações, a Erosão e as Fendas de Tração.

As Deformações num talude correspondem às alterações de forma e posição da massa de solo ou rocha em resposta às tensões a que está sujeita. Segundo Varnes (1978), os movimentos em taludes resultam de processos de deformação contínua, que podem evoluir gradualmente até originar escorregamentos mais significativos. Terzaghi *et al.* (1996), destaca que a compreensão das deformações é essencial para avaliar a resistência ao corte dos materiais e o equilíbrio global do talude, já que elas representam a fase preliminar de uma possível rutura.

Assim, as principais deformações a serem consideradas para essa classificação são os deslizamentos, tais como:

- Escorregamento Circulares - Movimento de massa lento, ocorrendo de forma contínua ou intermitente ao longo de superfícies de rutura curvas, com concavidade voltada para cima. É típico de solos residuais relativamente homogêneos, podendo ter profundidade variável conforme o grau de intemperismo. Segundo Varnes (1978) e USGS (2004), a massa desloca-se em torno de um eixo paralelo à superfície do terreno e transversal ao deslizamento. Na área afetada, costumam aparecer degraus de abatimento na crista e soerguimento da base do talude em razão do movimento rotacional.

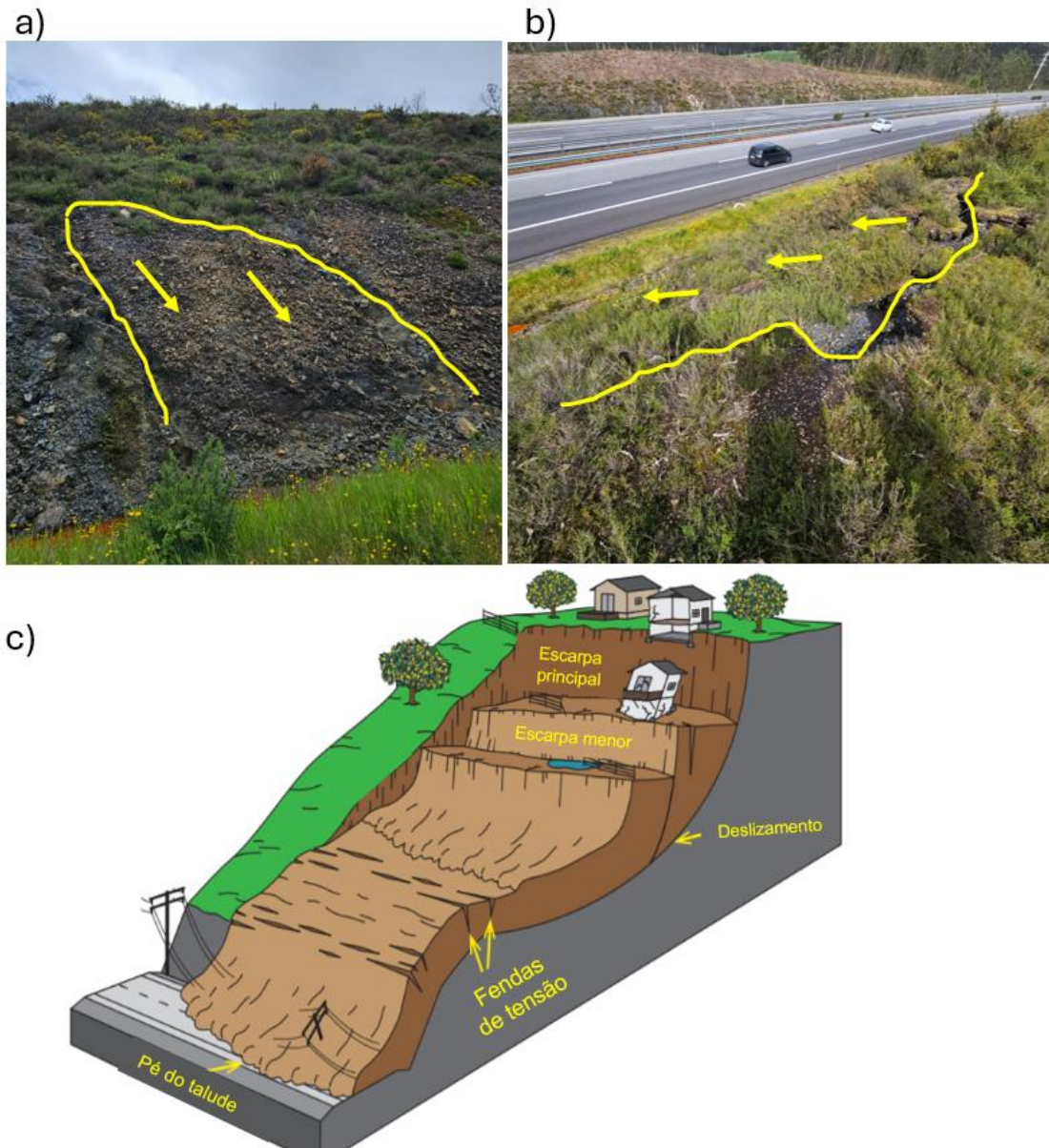


Figura 28 - Deslizamento circular em talude de escavação na rede Ascendi: vista geral da extensão do deslizamento (a), detalhe da fenda no revestimento superficial (b) e esquema ilustrativo de um deslizamento planar, conforme USGS – *United States Geological Survey*, 2013 (c).

- **Escorregamentos Planares** - Caracteriza-se pelo rápido deslocamento de materiais ao longo de planos de fraqueza ligados a condições geológicas, geotécnicas ou hidrológicas do maciço, geralmente durante ou após chuvas intensas. Nesse processo, um volume de solo desliza sobre uma superfície de rutura predominantemente planar, com pouca ou nenhuma rotação. Segundo Varnes (1978), a massa movimenta-se encosta abaixo como um bloco único ou em unidades fortemente associadas.

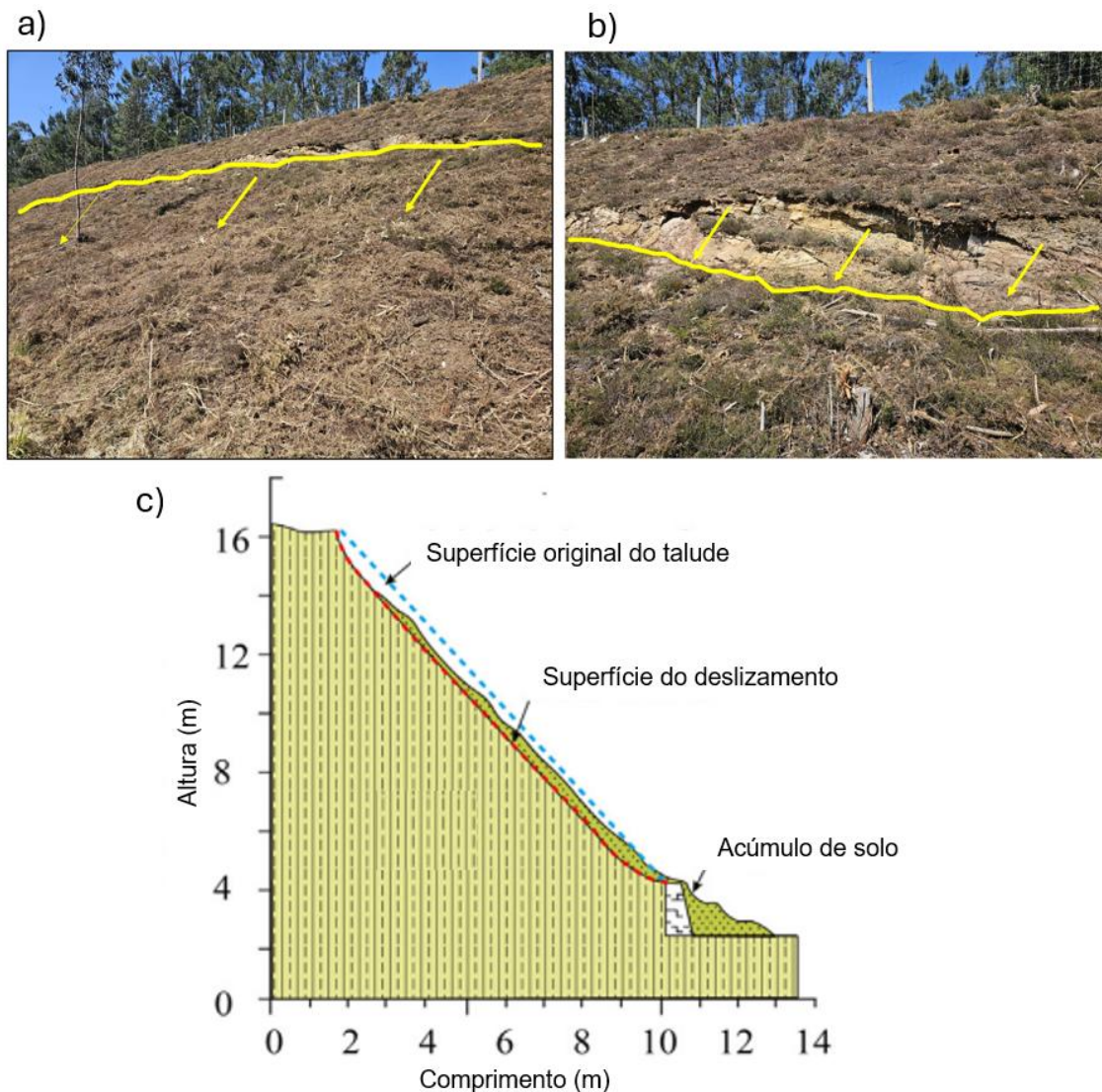


Figura 29 - Deslizamento planar em um talude de aterro da rede Ascendi, a) Vista geral da extensão do deslizamento, b) Detalhe da fenda formada no revestimento superficial, c) Esquema representativo de um deslizamento planar (Li & Mo, 2019)

Erosão - Pela classificação relevante da Ascendi, pode ser superficial, interna ou diferencial, e corresponde ao processo de destacamento e transporte de partículas de solo ou rocha por agentes climáticos, sob a influência da gravidade. Esse fenômeno inclui desde o arrastamento superficial generalizado até a percolação do nível freático com mobilização de finos, podendo originar concavidades e afetar estratos específicos em função das suas propriedades geológicas e geotécnicas. Classifica-se em erosão eólica, quando causada pelo vento, e hídrica, quando associada à ação marinha, fluvial ou pluvial (Brasil, 2008).

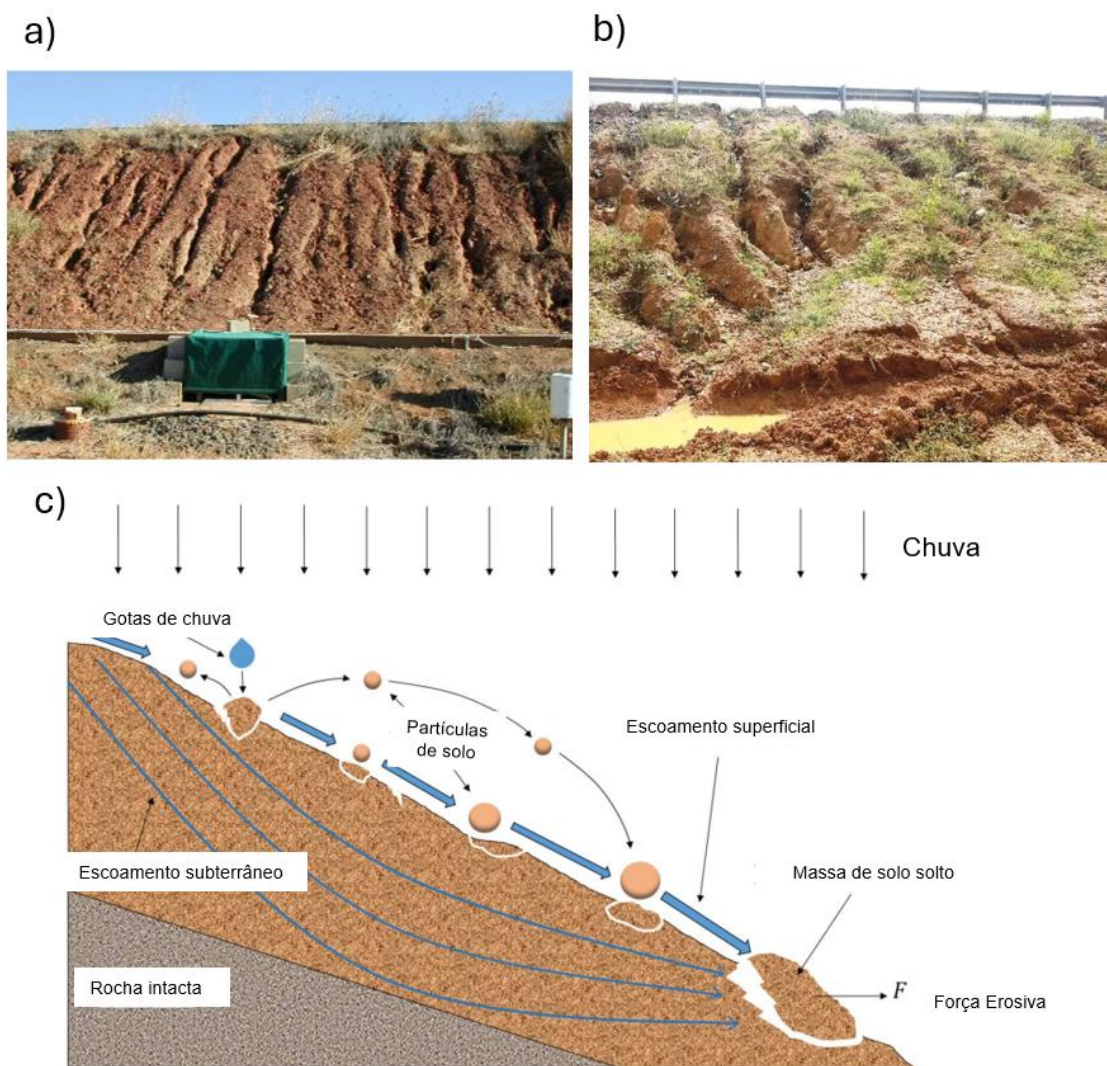


Figura 30 - Erosões em taludes de aterro: Erosão superficial, conforme Structville (2024) a); Erosão interna, também segundo Structville (2024) b); Esquema ilustrativo de um processo erosivo, adaptado de Huang *et al.* (2022) c).

As Fendas de tração correspondem a aberturas profundas e bem definidas, resultantes da atuação de esforços de tração, geralmente vinculados a problemas estruturais de estabilidade do talude. Essas manifestações podem ocorrer tanto nos panos quanto nas banquetas, e configuram-se como fissuras no solo que delimitam a linha potencial de movimentação da massa instável.

O deslocamento do terreno tende a se desenvolver de forma perpendicular ao alinhamento da fissura, direcionando-se para a porção mais baixa do talude, o que evidencia a perda de equilíbrio interno e a iminência de rutura. Segundo Varnes (1978), a presença dessas fendas constitui um

importante indicador preliminar de instabilidade, sendo frequentemente observada em taludes com processos ativos de deslizamento ou sujeitos a condições de tensão críticas.

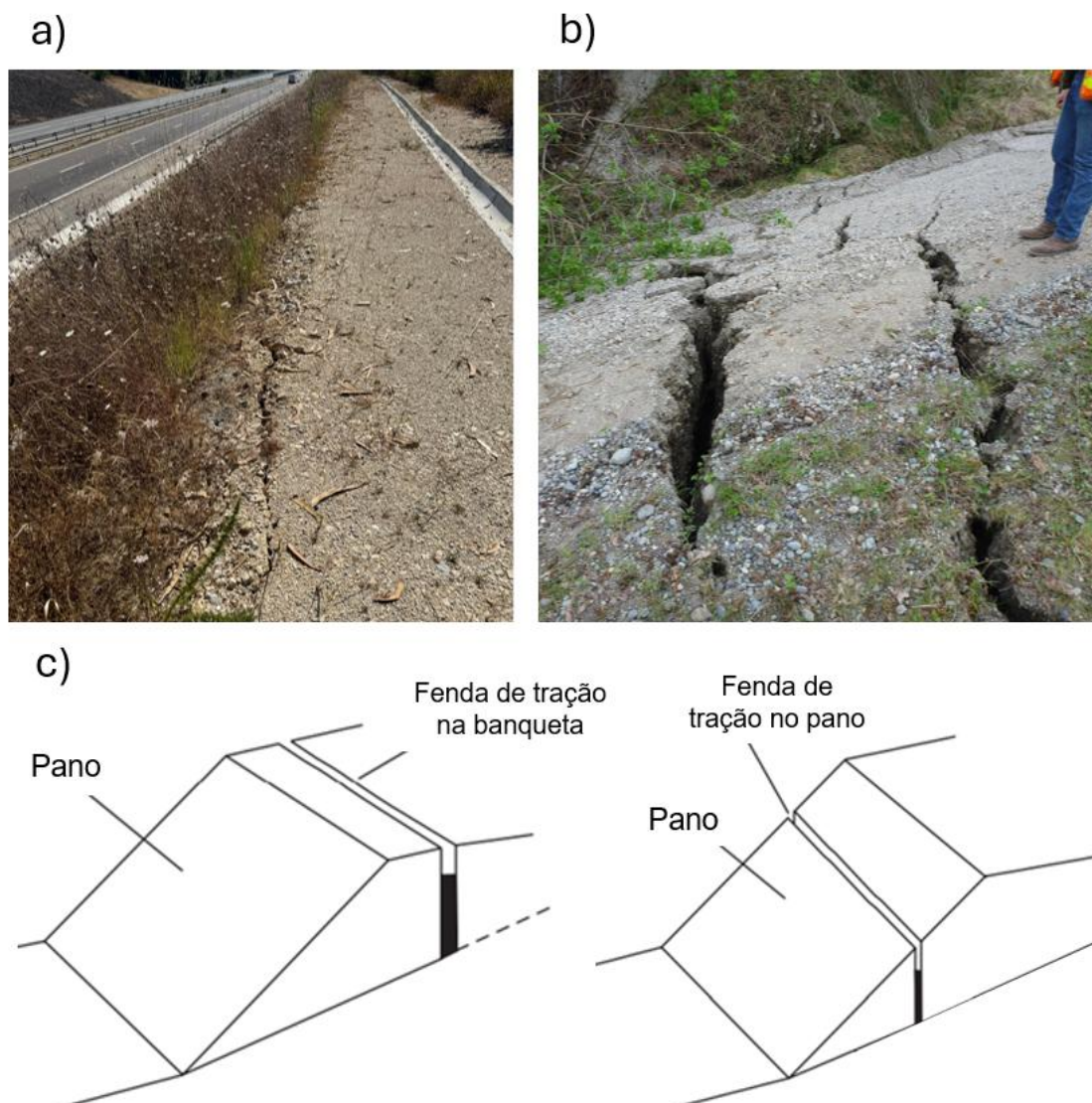


Figura 31 - Fendas de tração em talude de escavação: fenda de tração em uma banqueta de talude da Ascendi a); fenda de tração em um pano, conforme USGS – *Geological Survey* (2013) b); e esquema ilustrativo dos dois tipos mais comuns de fenda de tração — na banqueta e no pano — segundo Wyllie *et al.*, 2004. c).

No que diz respeito às Intervenções Realizadas em taludes adotou-se uma classificação de acordo com o seu nível de complexidade e o benefício proporcionado à estabilidade da estrutura. Para esse fim, considera-se uma escala progressiva de 1 a 5, variando das ações menos onerosas e de carácter rotineiro até as mais complexas e de maior impacto estrutural. Essa lógica é análoga à hierarquia das ações de manutenção, podendo ser definida da seguinte forma:

1. Manutenção de rotina – Ações simples destinadas a preservar as condições usuais de funcionamento do talude, como limpeza de drenagens superficiais e remoção de vegetação indesejada;
2. Manutenção preventiva – Intervenções que visam evitar o surgimento ou agravamento de patologias, reduzindo a probabilidade de instabilidade futura; incluem, por exemplo, reparação de sistemas de drenagem;
3. Reparação não estrutural – Correções pontuais em áreas restritas do talude, com impacto limitado sobre a estrutura global, tais como recomposição de erosões superficiais e selagem de fendas;
4. Reparação estrutural sem contenção – medidas de maior porte que abrangem extensões relevantes do talude e promovem ganhos significativos de estabilidade, como execução de reforços de solo;
5. Reparação estrutural com contenção – intervenções complexas de alta exigência técnica e custo elevado, que implicam alterações importantes na configuração ou comportamento do talude, incluindo muros de gravidade, solos grampeados ou contenções profundas.

Todos os parâmetros, juntamente com os respectivos pesos do fator Historial, encontram-se organizados na Tabela seguinte.

Tabela 38 - Fator Historial, seus parâmetros e seus pesos associados do Índice de Desempenho (ID).

Historial								
Parâmetros				Escolhas condicionadas				
0,25	Antiguidade da estrutura			<5 anos	5- 10 anos	10 - 15 anos	15 - 25 anos	> 25 anos
	Rating			1	2	3	4	5
0,50	Patologias	0,50	Deformações	Nenhuma	Inativa	Alguma	Relativamente ativa	Alta
			Rating	1	2	3	4	5
		0,30	Erosão	Nenhuma	Inativa	Alguma	Relativamente ativa	Alta
			Rating	1	2	3	4	5
		0,20	Fendas de tração	Nenhuma	Inativa	Alguma	Relativamente ativa	Alta
			Rating	1	2	3	4	5
0,25	Intervenções			Manutenção rotina	Manutenção preventiva	Reparação não estrutural	Reparação estrutural sem contenção	Reparação estrutural com contenção
	Rating			1	2	3	4	5

4.2.2.6. Ações externas

Correspondem a todas as solicitações e movimentos que ocorrem na envolvente dos taludes, resultando em influências, esforços ou solicitações aplicadas sobre estas estruturas a partir do meio externo. Estes efeitos devem ser devidamente considerados, uma vez que condicionam de forma significativa a estabilidade, durabilidade e segurança dos taludes.

Entre os diversos fatores a considerar, destaca-se a Zona Sísmica, cuja relevância se prende com a suscetibilidade do território a movimentos sísmicos. Em Portugal, os sismos podem ser classificados em dois grandes grupos:

- Tipo 1 – Sismo afastado: corresponde a eventos sísmicos de maior magnitude, mas com epicentro situado a uma maior distância focal, caracterizando cenários típicos de geração interplacas.
- Tipo 2 – Sismo próximo: associado a eventos de magnitude moderada, mas com epicentro localizado a uma curta distância focal, representando cenários de geração intraplacas. Para facilitar a interpretação espacial da perigosidade sísmica, recorre-se ao mapa de sismicidade de Portugal (Figura 32), que representa graficamente a distribuição das zonas sísmicas (NP EN 1998-1), verificando-se que, genericamente, o risco sísmico aumenta de norte para sul sensivelmente segundo a diagonal NE/SW a cujas extremidades correspondem os valores mínimos e máximos respetivamente da ponderação.

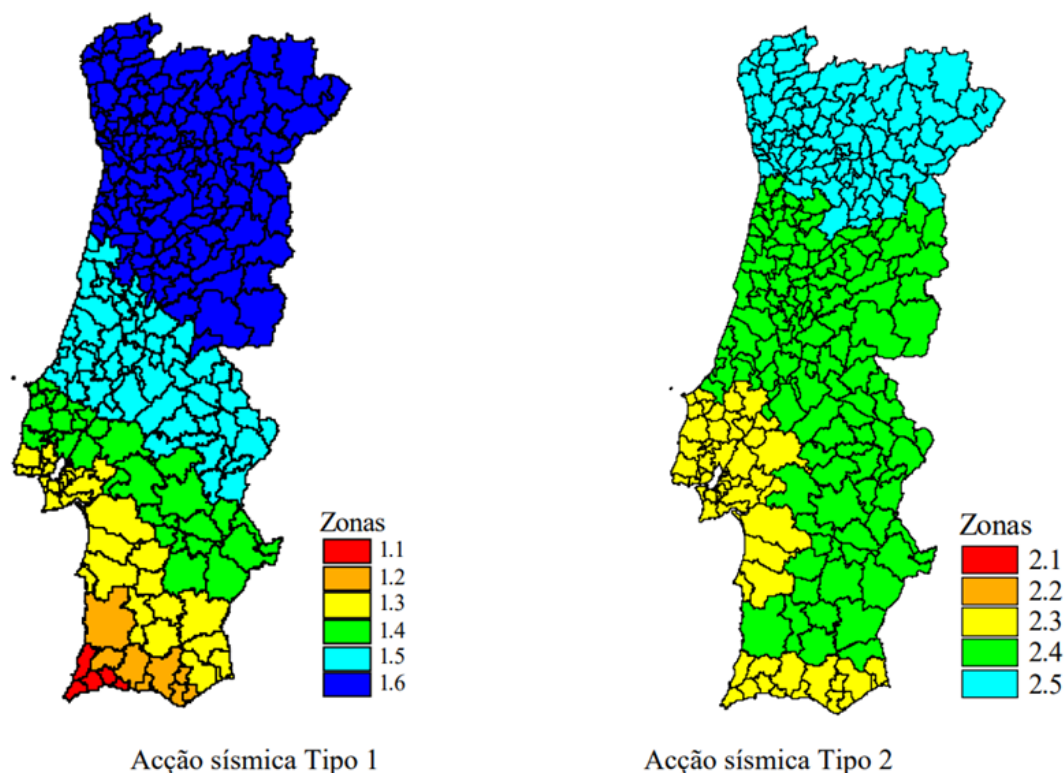


Figura 32 - Zonamento sísmico em Portugal Continental considerado no Eurocódigo 8 (NP EN 1998-1).

No arquipélago da Madeira apenas é necessário considerar a ação sísmica Tipo 1 e no arquipélago dos Açores considera-se a ação sísmica Tipo 2.

O parâmetro Tráfego é determinado pela Velocidade máxima da via onde o talude se localiza. Velocidades entre 50 e 60 km/h, típicas de ramos de nó, recebem o valor mínimo de 1, enquanto velocidades entre 100 e 120 km/h, correspondentes à velocidade máxima de uma autoestrada, recebem o valor máximo de 5. A atribuição de valores intermediários segue uma escala proporcional à faixa de velocidade da via.

O Tráfego médio diário (TMD), por definição, corresponde ao número médio de veículos que percorre uma determinada secção de uma estrada. Para este estudo, considera-se como secção a extensão do sublanço onde o talude está localizado, ao longo de um intervalo de tempo específico. O TMD é representado pela seguinte fórmula:

$$\text{TMD} = \frac{V_t}{N_d} \quad (5)$$

, onde:

Vt = volume total de veículos registrado no período de observação;

Nd = número de dias do período de observação.

Os dados de tráfego são obtidos por meio de sensores de contagem instalados no pavimento, utilizando tecnologia de *loop* indutivos. Cada faixa de rodagem, em ambos os sentidos, é equipada com dois sensores indutivos embutidos no pavimento. A instalação dos sensores é realizada através de cortes por serragem no revestimento asfáltico, com profundidade padrão de 5 cm. Por meio desse método, são recolhidos valores quantitativos referentes ao número de viaturas que passam diretamente sobre os sensores.

Para a classificação, considera-se um valor mínimo de 18.000 veículos/dia, e valores superiores a 22.000 veículos/dia, estabelecidos com base em estudos de tráfego das concessões da Ascendi. A atribuição de valores intermediários segue uma escala proporcional baseada no número de veículos por dia.

O parâmetro Solicitações da Envolvente refere-se às influências externas que podem afetar a estabilidade do talude, como sobrecarga de equipamentos, vibrações e escavações em áreas adjacentes. Quando as solicitações são inexistentes ou pouco significativas, atribui-se um valor entre 1 e 2. Assim, quando existem sobrecargas, vibrações ou escavações relevantes, o valor varia entre 4 e 5, mantendo a subjetividade do avaliador na avaliação da gravidade.

Todos os parâmetros, juntamente com os respectivos pesos do Ações Externas, encontram-se organizados na Tabela 39.

Tabela 39 - Fator Ações externas, seus parâmetros e seus pesos associados do Índice de Desempenho (ID).

Ações Externas								
Parâmetros				Escolhas condicionadas				
0,15	Zona sísmica	0,60	Tipo 2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
			Rating	5	4	3	2	1
		0,40	Tipo 1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5-1.6
			Rating	5	4	3	2	1
0,25	Tráfego	0,50	Velocidade máxima	50 - 60	60 - 70	70 - 90	90 - 100	100 - 120
			Rating	1	2	3	4	5
		0,50	Tráfego Médio Diário (TMD)	< 18000	18000 - 19000	19000 - 20000	20000 - 22000	> 22000
			Rating	1	2	3	4	5
0,25	Solicitações da envolvente			Nenhuma/ Pouca solicitação	Sobrecarga/ Vibrações	Escavações	-	-
	Rating			1-2	3	4-5		

4.2.3. Classificação do ID

O resultado do cálculo do Índice de Desempenho (ID) é convertido de um valor numérico para uma escala qualitativa em cinco classes, complementada por cores semafóricas, permitindo uma leitura mais intuitiva do estado do talude. Esta representação constitui um apoio essencial à decisão, facilitando a priorização de intervenções. A classificação encontra-se apresentada na Tabela 40 .

Tabela 40 - Classificação do Índice de Desempenho (ID).

Índice de Desempenho (ID)	
Estado	Descrição
[1; 1,4]	Muito Bom
[1,5; 2,4]	Bom
[2,5; 3,4]	Médio
[3,5; 4,2]	Mau
[4,3; 5]	Muito Mau

4.3. Índice de Consequência (IC)

Como parte da proposta do Índice de Desempenho (ID), destinado a classificar a estrutura do talude, foi definido um Índice de Consequência (IC), seguindo a abordagem de CLHRS (Pratt & Santi, 2014), porém com fatores adaptados e calibrados à realidade dos taludes da rede Ascendi (Tabela 41). A inclusão deste índice permite uma avaliação mais abrangente dos riscos associados à instabilidade dos taludes, considerando não apenas os aspetos técnicos, mas também os impactos potenciais sobre a sociedade e a economia local.

Tabela 41 - Índice de Consequência (IC) com seus respectivos parâmetros e pesos.

Índice de Consequência (IC)						
Fatores		Escolhas condicionadas				
0,15	Matriz de Risco dos Arredores	Muito distante de qualquer estrutura socioeconômica ou ambiental	Floresta	Exploração agrícola / Recursos hídricos	Infraestrutura rodoviária / Infraestrutura portuária	Área residencial / Zona industrial
	Rating	1	2	3	4	5
0,35	Escala de Tempo de Distúrbio	1 dia ou não aplicável	3 dias	7 dias	15 dias	> 15 dias
	Rating	1	2	3	4	5
0,25	Intervenções a realizar	Manutenção rotina	Manutenção preventiva	Reparação não estrutural	Reparação estrutural sem contenção	Reparação estrutural com contenção
	Rating	1	2	3	4	5
0,25	Condicionalismo ao Tráfego	< 10 min ou não aplicável	10-30 min	30-45 min	45-60 min	> 60 min
	Rating	1	2	3	4	5

A classificação do Índice de Consequência (IC) foi estruturada em cinco classes de gravidade, associadas a uma escala contínua de valores entre 1 e 5 (Tabela 42). Para facilitar a interpretação e apoiar a tomada de decisão, foi adotado um sistema de cores semafóricas, que traduz de forma visual e imediata o nível de consequência:

Tabela 42 - Classificação do Índice de Consequência (IC).

Índice de Consequência (IC)	
Estado	Descrição
[1; 1,4]	Desprezável
[1,5; 2,4]	Menor
[2,5; 3,4]	Média
[3,5; 4,2]	Maior
[4,3; 5]	Elevada

4.3.1. Matriz de Risco das imediações

Ferreira & Hastings (2021), durante o PIARC *International Seminar on Expedited Methods*, desenvolveram um estudo baseado em critérios objetivos e quantificáveis para subsidiar uma ferramenta de avaliação da vulnerabilidade a desastres naturais. O trabalho propôs uma matriz de impacto que relaciona as proporções dos taludes (altura e comprimento) às estruturas circundantes, visando avaliar a resiliência das infraestruturas terrestres.

Para a classificação do ID, foi utilizada e adaptada a matriz de risco apresentada na Tabela 43, considerando todas as estruturas circundantes como “muito próximas”. Na aplicação prática, definiu-se a área de influência como equivalente ao dobro da altura do talude em estudo, medida a partir da sua crista.

Tabela 43 - Matriz de risco nos arredores (Ferreira & Hastings (2021))

Arredores / Proximidades	Muito perto	Próximo	Pouco perto	Longe	Muito longe
Área residencial	5	4	3	2	1
Zona industrial	5	4	3	2	1
Floresta	2	2	1	1	1
Exploração agrícola	3	3	2	1	1
Infraestrutura rodoviária	4	4	3	2	1
Infraestrutura portuária	4	4	3	3	1
Recursos hídricos	3	3	2	1	1

4.3.2. Escala de tempo de distúrbio

A partir do relatório de Plano de Resiliência Climática (PCR), desenvolvido pelo Instituto do Ambiente - IDAD em conjunto com a Ascendi em 2024, permitiu reunir informações de forma sistemática sobre os principais eventos climáticos aos quais as infraestruturas da Ascendi foram expostas nas últimas décadas (2001-2024), permitindo que um evento climático específico seja correlacionado com os efeitos observados nos ativos da Ascendi. As informações recolhidas incluíram data e tipo de evento climático, local de ocorrência do evento climático (identificação da concessão e, quando possível, a ocorrência foi georreferenciada), ativo específico afetado, tempo de perturbação e custos de intervenção.

A magnitude do impacto foi avaliada com base em dois critérios: tempo de perturbação, referente à duração em que a operação da Ascendi foi afetada, e custos monetários, abrangendo consequências económicas diretas e indiretas. Cada critério foi classificado de 1 a 4, do menos grave ao mais grave como evidenciado na Tabela 44.

Tabela 44 - Escala de magnitude de impacto, Plano de Resiliência Climática (PCR) – Instituto do Ambiente e Desenvolvimento - IDAD (2024).

Magnitude do impacto	Tempo de perturbação	Custos monetários
Muito Baixo/ Insignificante (1)	O evento climático não impacta os ativos da rede Ascendi, ou tem impacto mínimo sobre eles sem causar qualquer dano	Sem custos associados ≤ 100 mil euros
Baixo (2)	O evento climático não impacta os ativos da rede Ascendi ou tem impacto mínimo sobre eles, requerendo intervenção rápida (planejada ou não) das equipas de manutenção e afetando o nível de serviço (com restrições de circulação por menos de 1 dia)	Os custos associados às intervenções de reparação dos ativos e à sua inoperabilidade geram perdas financeiras entre > 100 mil euros e ≤ 500 mil euros
Moderado (3)	O evento climático impacta os ativos da rede Ascendi, requerendo sua reparação (intervenção moderada não planeada), e afeta significativamente o nível de serviço (com restrições de circulação ou interrupção total por até 3 dias)	Os custos associados às intervenções de reparação dos ativos e à sua inoperabilidade geram perdas financeiras entre > 500 mil euros e ≤ 2,5 milhões de euros
Alto (4)	O evento climático impacta permanentemente ou significativamente os ativos da rede Ascendi, requerendo sua substituição ou reparação (intervenção extensa não planeada), e afeta muito significativamente o nível de serviço (com restrições de circulação ou interrupção total por mais de 3 dias)	Os custos associados às intervenções de reparação dos ativos e à sua inoperabilidade geram perdas financeiras superiores a 2,5 milhões de euros

A partir deste estudo, a escala de perturbação pode ser adaptada para o Índice de Consequência (IC), considerando as características típicas de distúrbios causados por intervenções na via, como obras de reparação ou construção de estruturas geotécnicas, permitindo também avaliar o impacto financeiro gerado por tais perturbações.

4.3.3. Intervenções a realizar

Para a avaliação do Índice de Desempenho (ID), foi considerado o tipo de intervenção necessário para corrigir as possíveis patologias identificadas nos taludes. A Tabela 45 apresenta a classificação das intervenções, desde medidas simples de manutenção até reparações estruturais complexas.

Tabela 45 - Tipos de intervenções em uma estrutura geotécnica.

Tipos de Intervenções	
Manutenção de rotina	Ações simples para manter condições usuais de funcionamento (ex.: limpeza de drenagens, remoção de vegetação)
Manutenção preventiva	Intervenções para evitar surgimento ou agravamento de patologias (ex.: reparação de drenagens)
Reparação não estrutural	Correções pontuais em áreas restritas, com impacto limitado na estrutura global (ex.: recomposição de erosões superficiais, selagem de fendas)
Reparação estrutural sem contenção	Medidas de maior porte que abrangem extensões relevantes do talude, promovendo ganhos significativos de estabilidade (ex.: execução de bermas, reforços de solo)
Reparação estrutural com contenção	Intervenções complexas, com alterações significativas na configuração ou comportamento do talude (ex.: muros de gravidade, solo grampeado, contenções profundas)

4.3.4. Condicionalismo ao tráfego

À semelhança do parâmetro “*Worst Case Detour Time*” proposto no CLHRS (Pratt & Santi, 2014), foi incorporado neste estudo o parâmetro Condicionalismo ao Tráfego. Este parâmetro estabelece uma escala temporal associada às restrições de circulação, permitindo quantificar o impacto direto sobre os utilizadores da via.

Os condicionamentos ao tráfego estão diretamente relacionados com o tipo de intervenção a realizar na via para trabalhos de reparação ou construção, podendo variar desde um simples corte de berma, com impacto mínimo na circulação, até situações mais severas, como o corte total da via ou operações de basculamento. A classificação é estabelecida em função da duração da restrição, variando de menos de 10 minutos (ou não aplicável), correspondente ao valor mínimo 1, até mais de 60 minutos, correspondente ao valor máximo 5.

4.4. Índice de Desempenho Global (IDG)

Após o cálculo do Índice de Consequência (IC), representando os impactos socioeconômicos, foi atribuído um peso sobre o Índice de Desempenho (ID) na composição do índice final do talude, conforme a fórmula;

$$IDG = (30\% IC) + (70\% ID) \quad (6)$$

Essa ponderação foi validada por meio de uma matriz de correlação (Tabela 46), em que cada célula representa a combinação dos dois parâmetros, gerando valores ponderados de 1,0 a 5,0.

Tabela 46 - Matriz de correlação entre o Índice de Desempenho (peso 70%) e o Índice de Consequência (peso 30%).

		Índice de Consequência				
		1	2	3	4	5
Índice de Desempenho	1	1	1,3	1,6	1,9	2,2
	2	1,7	2	2,3	2,6	2,9
	3	2,4	2,7	3	3,3	3,6
	4	3,1	3,4	3,7	4	4,3
	5	3,8	4,1	4,4	4,7	5

O procedimento permitiu verificar a consistência do método e ajustar a influência relativa de cada critério. A escala do Índice de Desempenho Global mantém-se de 1 a 5, utilizando cores semafóricas, em que 1 representa “Muito Bom” e 5 “Muito Mau”.

- **Índice de Desempenho Global Parametrizado (IDGp)**

Como alternativa para ajustar o peso de um fator em função de condicionalismos não contemplados nas classificações pré-definidas, tais como eventos climáticos extremos recentes, obras temporárias próximas ao talude ou instabilidades locais específicas não associadas à estrutura do talude, a ponderação pode ser ajustada com base na experiência do avaliador local. Utilizando a fórmula;

$$IDGp = (x\% IC) + (y\% ID) \quad (7)$$

, onde:

x = percentagem atribuída ao Índice de Consequência;

y = percentagem atribuída ao Índice de Desempenho.

4.5. Alertas

Durante a classificação dos taludes, são gerados alertas específicos ao final da avaliação de cada parâmetro. Esses alertas têm carácter preventivo e visam evidenciar situações que possam comprometer a robustez da análise. Estão associados a observações pertinentes ao parâmetro em questão, podendo indicar, por exemplo, a ausência de informações essenciais para a sua correta classificação ou ainda a presença de dados relevantes que condicionam a interpretação do resultado obtido.

Exemplo:

Coesão (kPa)	193-384	97-192	49-96	13-48	0-12	
	Extremamente duro	Duro	Medianamente duro	Mole	Muito mole	
Rating	1	2	3	4	5	
Ângulo de atrito (°)	>41	37-41	31-36	28-30	<28	
	Muito compacto	Compacto	Medianamente compacto	Solto	Muito solto	
Rating	1	2	3	4	5	

Figura 33 - Exemplo de marcação de alerta no ID.

Onde a observação a seguir com o alerta pode ser:

“Alerta 1 - Coesão (kPa) – Não existem ensaios laboratoriais ou informações precisas para poder qualificar este parâmetro. Recomenda-se a realização de uma campanha de prospeção com ensaios laboratoriais.”

“Alerta 2 - Ângulo de atrito (°) – Não existem ensaios laboratoriais ou informações precisas para poder qualificar este parâmetro. Recomenda-se a realização de uma campanha de prospeção com ensaios laboratoriais.”

Desta forma, podem ser emitidos alertas para todos os parâmetros que o inspetor considere relevantes, como, por exemplo:

“Alerta 3 - Estado de conservação global – Não é possível classificar o EC devido à ausência de inspeção realizada em todos os componentes deste talude. Recomenda-se a execução de uma campanha de inspeção completa.”

“Alerta 4 - Banqueta – Por se tratar de um talude com mais de 10 m de altura e inclinação superior a 30°, recomenda-se o reperfilamento da face para a execução de banquetas.”

O parâmetro que indicar alertas devido à insuficiência de informações deve receber o Peso 3, considerado como valor neutro no sistema de classificação. Esses parâmetros devem ser reavaliados assim que novos dados estiverem disponíveis, preferencialmente imediatamente, conforme a urgência do caso, garantindo a atualização e a precisão da análise.

A emissão dos alertas assume, portanto, um papel central no processo avaliativo, uma vez que evidencia lacunas de informação, minimiza incertezas e apoia a tomada de decisão técnica, contribuindo para a maior robustez e fiabilidade do sistema de avaliação de taludes.

4.6. Modelo preditivo

Um modelo preditivo constitui uma ferramenta analítica que se apoia em dados históricos e atuais para estimar o comportamento futuro de um fenómeno ou sistema. Trata-se do processo de aplicação de um modelo estatístico ou algoritmo a dados com o objetivo de prever novas observações ou resultados futuros (Shmueli, 2010).

A partir da adaptação dos resultados de determinados parâmetros do Índice de Desempenho e do Índice de Consequência, projeta-se o seu comportamento para um horizonte de 5 anos, não ultrapassando este limite de forma a evitar que o modelo entre em um domínio excessivamente subjetivo. Esta delimitação temporal assegura maior fiabilidade às previsões, enquanto permite identificar tendências de comportamento e antecipar potenciais necessidades de intervenção dentro de um intervalo temporal considerado tecnicamente adequado. Deve-se salientar que quanto mais longo o horizonte da previsão, maior a incerteza e a subjetividade associadas.

O modelo preditivo proposto sugere um pior comportamento em todos os cenários, com o intuito de antecipar potenciais falhas, reforçar a fiabilidade do sistema de avaliação e apoiar a tomada de decisão técnica.

No Índice de Desempenho, os parâmetros correspondentes aos fatores geométrico, geológico e hidrogeológico são classificados como “Inalteráveis”, uma vez que as suas características não apresentam variações significativas dentro do horizonte temporal considerado. Esta classificação reflete a estabilidade intrínseca desses fatores.

Para os demais parâmetros segue as considerações seguidamente descritas para evidenciar a passagem do tempo:

- **Precipitação média anual:** A tendência em Portugal continental, no contexto das alterações climáticas, aponta para uma diminuição, especialmente nas estações do ano mais quentes, como primavera e verão. Estudos indicam que, nos últimos 30 anos, a precipitação anual tem diminuído, com os últimos 10 anos registando sempre valores abaixo da média do período 1981-2010, exceto em 2018 (APA, 2025).

Caso a precipitação média anual seja inicialmente classificada no intervalo “1000–1500 mm”, com um peso de 3, este valor poderá ser ajustado para o intervalo “500–1000 mm”, reduzindo o peso para 2. Em termos práticos, isto corresponde a uma redução de 1 peso na classificação final do parâmetro.

- **Estados de Conservação:** É aplicado um acréscimo de um nível na classificação, em função da entropia dos materiais que constituem o sistema. Consequentemente, se a classificação de um parâmetro de conservação seja “Muito Bom”, com peso 1, será revista para “Bom”, com peso 2.
- **Anomalias e Patologias:** É amplamente reconhecido que as anomalias e patologias em estruturas geotécnicas tendem a aumentar com o tempo, em função da potencial degradação das características dos materiais, variações nas condições ambientais e ausência de manutenção preventiva. A falta de manutenção adequada e a investigação geotécnica insuficiente são fatores determinantes para o surgimento e agravamento dessas patologias (Silveira *et al.* 2022).

Para a classificação do parâmetro “Anomalias”, o peso atribuído será sempre somado 1 no peso, desde que o valor final não ultrapasse 3, considerando que este parâmetro adota classificações de “Não” para pesos 1 a 2 e “Sim” para pesos 4 a 5, de forma a manter a

subjetividade do inspetor. Assim, se a classificação inicial for “Não”, com peso 2, esta será revista para “Sim”, com peso 3.

Para a classificação das “Patologias”, segue o mesmo raciocínio, onde será somado 1 no peso final de cada subparâmetro (Deformações, Erosão e Fendas de Tração). Assim, caso a classificação inicial seja “Inativa”, com peso 2, esta será revista para “Alguma”, com peso 3.

- **Intervenções:** Consequentemente, caso as anomalias e patologias se agravem, as intervenções correspondentes devem ser incrementadas, resultando na adição de 1 unidade ao peso final do parâmetro. Assim, se a classificação inicial for “Manutenção de rotina”, com peso 1, esta será revista para “Manutenção preventiva”, com peso 2.
- **Tráfego Médio Diário (TMD):** Em Portugal tem mostrado uma tendência de aumento nos últimos anos. De acordo com dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), em 2022, o tráfego rodoviário registou um crescimento significativo de 7,2% em comparação com o ano anterior. Além disso, em 2023, o tráfego médio diário na Rede Nacional de Autoestradas (RNA) aumentou 8,2% face a 2022.

No âmbito do modelo de classificação, este aumento é refletido na atribuição de pesos, sendo adicionado 1 ao peso final do parâmetro. Assim, caso o valor inicial seja “18.000–19.000”, com peso 2, este será ajustado para “19.000–20.000”, com peso 3.

- **Antiguidade do ativo:** Considerando o cenário futuro, a idade do talude deve ser atualizada de acordo com o seu envelhecimento. Por exemplo, caso o talude seja inicialmente classificado na categoria “5–10 anos” com peso 2, a previsão futura implica a passagem para a categoria “10–15 anos” com peso 3.

Para o Índice de Consequência, o fator “Matriz de Risco dos arredores” se mantém inalterável devido às suas características não mudarem a curto prazo.

Para os demais fatores devem ter as seguintes considerações:

- **Escala de tempo distúrbio:** Por consequência do agravamento progressivo das anomalias, torna-se necessário aumentar o peso atribuído a este parâmetro, uma vez que está diretamente relacionado com a evolução das patologias. Assim, procede-se à adição de 1 no peso final, de modo que, quando a classificação inicial corresponder a “3 dias”, com peso 2, esta seja ajustada para “7 dias”, com peso 3, refletindo a maior gravidade e a necessidade de resposta adequada ao nível de risco identificado.
- **Intervenções a realizar:** Seguindo o mesmo raciocínio aplicado à Escala de Distúrbio e considerando a sua relação direta com as anomalias e patologias identificadas, torna-se

necessário proceder ao acréscimo de 1 unidade no peso final deste parâmetro. Assim, quando a classificação inicial corresponder a “Manutenção preventiva”, com peso 2, esta deverá ser revista para “Reparação estrutural”, com peso 3.

- **Condicionismo ao tráfego:** Considerando que as intervenções a realizar apresentam um acréscimo no seu peso, torna-se coerente proceder ao mesmo ajuste neste parâmetro, uma vez que ambos se encontram diretamente relacionados. Assim, acrescenta-se 1 unidade ao peso final, de forma que, caso a classificação inicial corresponda a “10–30 min”, com peso 2, esta seja revista para “30–45 min”, com peso 3.

4.7. Discussão da proposta

A proposta apresentada, assente no Índice de Desempenho, revela-se uma ferramenta de carácter abrangente, permitindo avaliar os taludes de forma integrada, ao conjugar tanto os aspetos técnicos da estrutura como os impactos socioeconómicos sobre a entidade gestora e o meio envolvente. Mais do que um simples mecanismo de avaliação, este índice assume-se como um instrumento de gestão, na medida em que, através da emissão de alertas, promove uma comunicação eficaz entre os intervenientes, incentivando a melhoria contínua da infraestrutura.

Um dos pontos fortes da metodologia é a sua simplicidade de aplicação e interpretação, o que amplia a sua usabilidade para diferentes perfis técnicos. A par disso, o sistema demonstra flexibilidade e capacidade adaptativa, permitindo a incorporação de novos parâmetros ou a reponderação de fatores em função das especificidades locais. Esta adaptabilidade reforça a utilidade prática do índice, posicionando-o como uma solução metodológica robusta e operacionalmente viável no contexto da gestão de taludes e demais estruturas geotécnicas.

Em complemento, o Índice de Consequência acrescenta valor à proposta ao traduzir de forma objetiva os efeitos associados à gravidade das condições avaliadas. Ao fornecer uma visão mais realista do impacto potencial, este índice constitui um apoio fundamental ao planeamento logístico das intervenções estruturais, contribuindo para a otimização de recursos e para a definição de estratégias de mitigação mais eficazes.

Finalmente, o modelo preditivo integra-se na proposta como um elemento diferenciador, permitindo avaliar o desempenho a curto e médio prazo. A sua utilização está, contudo, condicionada ao respeito pelos limites temporais adequados, evitando projeções demasiado extensas que poderiam aumentar a subjetividade e comprometer a fiabilidade dos resultados. Ainda assim, no horizonte considerado, o modelo demonstra ser uma ferramenta valiosa para a

gestão de ativos, pois possibilita a antecipação de tendências de degradação, a priorização de intervenções e a implementação de planos de manutenção preventiva mais ajustados.

Neste enquadramento, a proposta global apresenta-se como uma metodologia coerente, prática e cientificamente fundamentada, com elevado potencial de aplicação em contextos reais de gestão de taludes.

Nos Anexos 2 e 3 são apresentados os modelos de aplicação do Índice de Desempenho Global (IDG) proposto para a avaliação de taludes de aterro e de escavação em solo. No Capítulo seguinte, e com vista à validação da proposta, faz-se a aplicação do índice a um conjunto de taludes em solos integrantes da rede de autoestradas geridas pela Ascendi.

Capítulo V

Aplicação do Índice de Desempenho Global

[página propositadamente em branco]

5. Aplicação do Índice de Desempenho Global

5.1. Metodologia de aplicação

A partir da elaboração de uma folha de cálculo, designada “Base de Dados” no Excel, na qual foram registados todos os parâmetros previamente organizados, que serviu como suporte para a classificação do ID.

As fontes de informação utilizadas para o preenchimento desta base incluíram:

- **Relatórios de inspeções visuais:** Utilizando o histórico de inspeções visuais no SustIMS, realizadas nos últimos dois anos, conduzidas tanto por equipas internas quanto por entidades externas contratadas, garantindo a atualização e fiabilidade das informações. Destas inspeções foram extraídas informações detalhadas sobre a manutenção e conservação (Figura 34), e as patologias registadas e seu comportamento ao longo dos últimos anos.

DETALHES DA INSPEÇÃO

MATRÍCULA: CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL

CONCESSÃO	Ascendi Costa da Prata
AUTO-ESTRADA	A17
TIPO DE LOCALIZAÇÃO	Sublanço
LOCALIZAÇÃO	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos
SENTIDO	Crescente
ENTIDADE EXECUTANTE	ESTRUTOVIA
TÉCNICO EXECUTANTE	Estrutovia
PK'S DA INFRAESTRUTURA	100+540 / 101+317

DESCRIÇÃO	Talude de Escavação ao Km 100+540 SC_LD
TIPO DE TALUDE	Escavação em Solo
CÓDIGO DA INSPEÇÃO	SLP_739_20230703
TIPO DE INSPEÇÃO	Inspeção Completa Parcial
ESTADO DA INSPEÇÃO	Fechado
DATA INÍCIO	2023-08-09
DATA CONCLUSÃO	2023-09-20
TEMPERATURA	Min. 25° - Max. 25°
ESTADO DO TEMPO	Céu Limpo

RESULTADOS DA INSPEÇÃO

ESTADO DE CONSERVAÇÃO GLOBAL

● EC_1

ESTADO DE MANUTENÇÃO GLOBAL

● EM_B

COMPONENTES	REALIZADO	CONSERVAÇÃO	MANUTENÇÃO
ALVOS TOPOGRÁFICOS	n/a	-	-
BANQUETAS	✓	● EC_1	● EM_B
CÉLULAS DE CARGA	n/a	-	-
DRENAGEM PROFUNDA	✓	● EC_1	● EM_B
DRENAGEM SUPERFICIAL	✓	● EC_2	● EM_B
EQUIPAMENTOS	✓	● EC_1	● EM_A
INCLINÓMETROS	n/a	-	-
OBRAS DE CONTENÇÃO	n/a	-	-
OUTROS COMPONENTES	✓	● EC_1	● EM_A
PANOS	✓	● EC_1	● EM_B
PIEZÓMETROS	n/a	-	-
PROTEÇÃO SUPERFICIAL	✓	● EC_1	● EM_B

Nota: O Estado de Conservação Global é obtido através de uma média ponderada dos EC's atribuídos aos componentes principais e o Estado de Manutenção Global corresponde ao EM mais grave dos EM's atribuídos aos componentes.

Legenda

Estados de Conservação: EC_1 - Muito Bom | EC_2 - Bom | EC_3 - Médio | EC_4 - Mau | EC_5 - Muito Mau

Estados de Manutenção: EM_A - Bom | EM_B - Médio | EM_C - Mau

● - Componente Principal

● - Inspeccionado ▲ - Parcialmente Inspeccionado ● - Não Inspeccionado "- " - Não eleito para inspeção "n/a" - Não existe

Figura 34 - Estrato do relatório de inspeção visual realizado internamente em 2025 (Ascendi, 2024).

- **Telas finais:** Foram consultadas as peças escritas e desenhadas das telas finais, contendo todas as informações geotécnicas, incluindo, planta de localização, esboço corográfico, legenda geológico-geotécnica, plantas e perfis longitudinais (secção corrente e restabelecimentos), planta geológica e perfis longitudinais, garantindo uma análise integrada das condições do terreno para a classificação e avaliação do desempenho dos taludes.

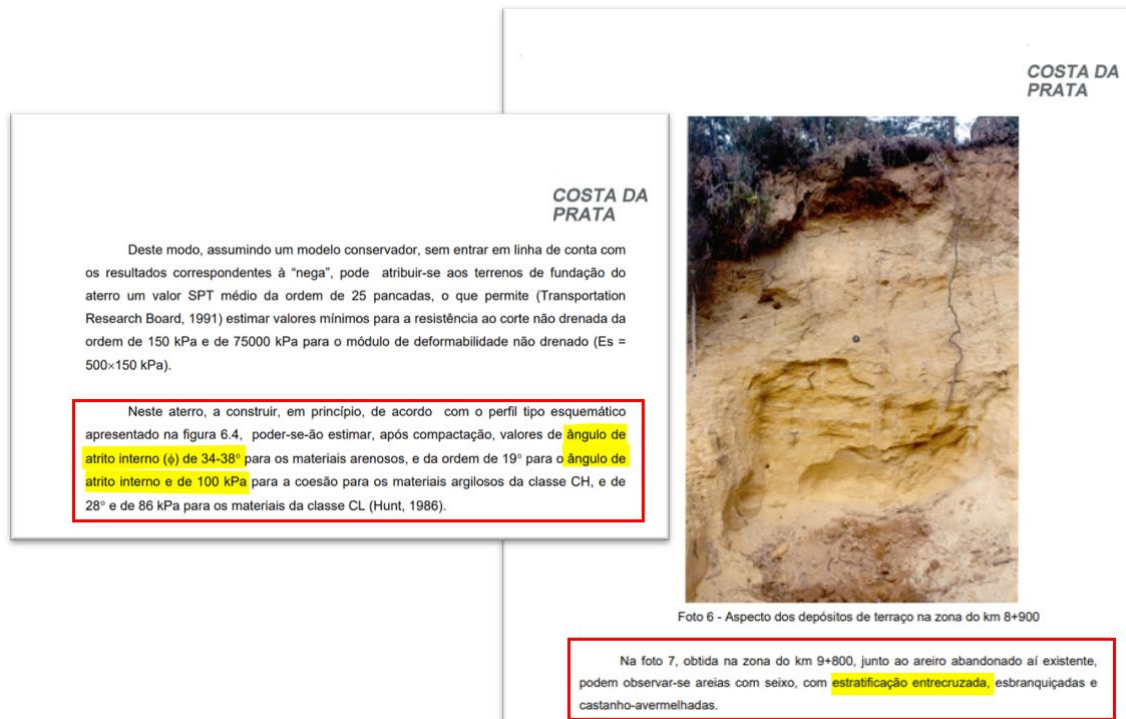


Figura 35 - Estratos de relatórios de peças escritas das telas finais e suas informações recolhidas, referente à construção das autoestradas da concessão Costa de Prata (Ascendi, 2003).

- **SIG (Sistema de Informação Geográfica):** Utilizado para a análise integrada de todas as informações visuais e dados macro do talude, incluindo a sua orientação, geometria (extensão e largura), velocidade da via e características dos arredores. A partir da sua georreferenciação permitiu uma correlação espacial precisa entre os dados de campo, inspeções visuais, peças escritas e desenhadas. Complementarmente, recorreu-se ao *Google Street View* para inspeção das condições periféricas e verificação de elementos contextuais não diretamente acessíveis pelas inspeções e telas finais.

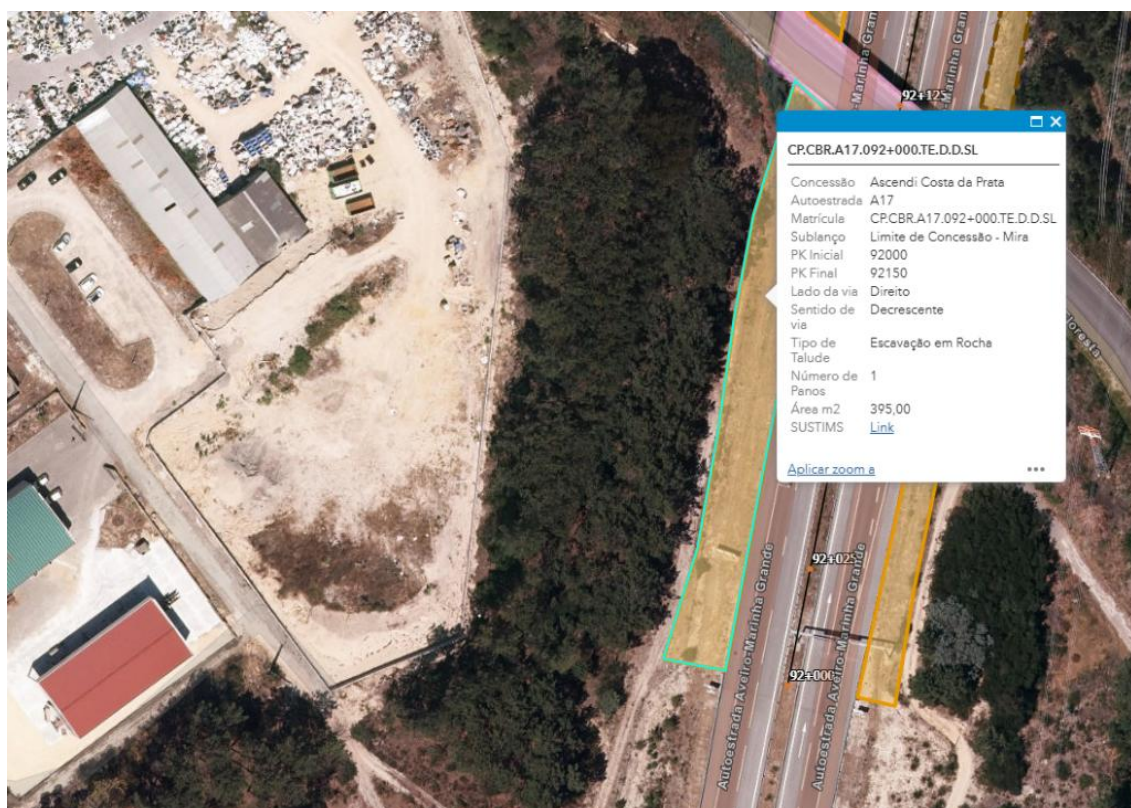


Figura 36 - Captura de ecrã do SIG, evidenciando a presença de uma zona industrial nas proximidades do talude em estudo.

Com o objetivo de analisar a aplicabilidade da metodologia desenvolvida, foram selecionados 40 taludes para a sua implementação, dos quais 26 correspondem a aterros e 14 a escavações, escolhidos por apresentarem históricos de intervenções resultantes de diversos fatores. Os resultados correspondentes à aplicação proposta estão disponíveis no Anexo 6.

5.2. Aplicação nos taludes de escavação em solo

De acordo com a metodologia previamente definida, e com base nas consultas aos relatórios de inspeção, telas finais e ao Sistema de Informação Geográfica (SIG), procedeu-se à aplicação do IDG em 14 taludes de escavação, localizados nas concessões Norte, Costa de Prata, e Grande Lisboa. Entre estes, destaca-se o talude situado no sublanço Ponte de Vagos (Sto. André) – Vagos da A7, identificado pela matrícula CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL, ilustrado na Figura 37.



Figura 37 - Talude de escavação CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL na A17.

O talude em análise apresenta 9 m de altura e inclinação de $26,6^\circ$, escavado em solo predominantemente argiloso. Encontra-se orientado a NW, recebendo menor incidência de radiação solar na face paralela à rodovia. Possui duas banquetas, sistemas de drenagem superficial e profunda, bem como três zonas de revestimento em enrocamento. Regista histórico de erosões e de descalçamento de elementos de drenagem, não tendo, contudo, sido identificada nos últimos dois anos qualquer patologia suscetível de comprometer a sua estabilidade.

O estado de conservação e manutenção é classificado entre médio e bom, sem registo de solicitações externas relevantes, sendo o Tráfego Médio Diário (TMD) enquadrado na classe baixa.

A Tabela 47 apresenta o ID devidamente preenchido, contemplando todas as características do talude avaliado e a respetiva pontuação considerada no cálculo.

Tabela 47 - Aplicação do Índice de Desempenho (ID) no talude CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL.

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR	PONTUAÇÃO
Geométrico	Altura do talude (m)	9	2
	Inclinação do talude (°)	26,57	2
	Orientação	NW	4
	Banquetas	Sim	1
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	100	2
	Ângulo de atrito (°)	32	3
	Tipo de solo	CL	4
	Litologia	Estratificação regular	3
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco	1
	Influência de corpos hídricos superficiais	Nenhum	1
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	1072,5	3
	EM do sistema de drenagem	EM_B	3
	Drenagem Profunda	Sim	1
	Cobertura vegetal	Mais de 80%	1
	Outras proteções superficiais	Menos de 25%	5
Inspeções visuais	EM global	EM_B	3
	EC global	EC_1	2
	Anomalias detetadas	Não	1
	Equipamentos de monitorização	Não necessário	1
Historial	Antiguidade da estrutura	2004	4
	Deformações	Nenhuma	1
	Erosão	Alguma	2
	Fendas de tração	Nenhuma	1
	Intervenções	Manutenção de rotina	1
Ações externas	Tipo 2	2,4	2
	Tipo 1	1,5	1
	Velocidade máxima (Km/h)	120km/h	5
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2	1
	Solicitações da envolvente	Nenhuma	1

No cálculo do IC, foi considerada a envolvente caracterizada por exploração agrícola. Atendendo a que as intervenções previstas se enquadram, maioritariamente, em ações de rotina, estas originam apenas distúrbios mínimos, limitados, na maioria dos casos, à necessidade de sinalização para corte de berma. Assim, ainda que os condutores possam reduzir a velocidade ao avistar o corte de berma, tal efeito não se traduz em impacto significativo no tempo de viagem nem em perturbações relevantes no tráfego.

A Tabela 48 apresenta o IC devidamente preenchido, contemplando todas as características do talude avaliado e a respetiva pontuação considerada no cálculo.

Tabela 48 - Aplicação do Índice de Consequência (IC) no talude CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL.

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR	PONTUAÇÃO
Consequência socioeconômica	Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola	3
	Escala de tempo de distúrbio	1 dia	1
	Intervenções a realizar	Manutenção rotina	1
	Condicionalismo ao tráfego	Menos de 10 min	1

O talude em questão apresentou classificação de ID como Bom, considerando que o IC foi avaliado como Desprezável, não se verificou alteração no IDG, que se manteve como Bom. Em outras palavras, trata-se de uma estrutura que apresenta bom comportamento intrínseco e não representa risco para a envolvente.

No cenário para 2030, o ID foi projetado como Médio, resultado semelhante ao estudo de suscetibilidade para 2030 (Ascendi & Spotlite, 2023), que indicou classificação Média. Contudo, o IDG permaneceu classificado como Bom, em virtude de o IC ser considerado Menor. A Tabela 49 apresenta estes resultados.

Não foram registados alertas para este talude.

Tabela 49 - Classificação do Índice de Desempenho Global (IDG) e cenário para 2030 do talude CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL.

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL		
Índice de Desempenho	2,24	Bom
Índice de Consequência	1,30	Desprezável
Índice de Desempenho Global	1,95	Bom
CENÁRIO PARA 2030		
Índice de Desempenho	2,38	Bom
Índice de Consequência	2,15	Menor
Índice de Desempenho Global	2,31	Bom

No Gráfico 8 é apresentado todos os valores do IDG e IDG do cenário para 2030, referentes aos 14 taludes de escavação, onde os relatórios individuais estão nos Anexo 37 ao 46.

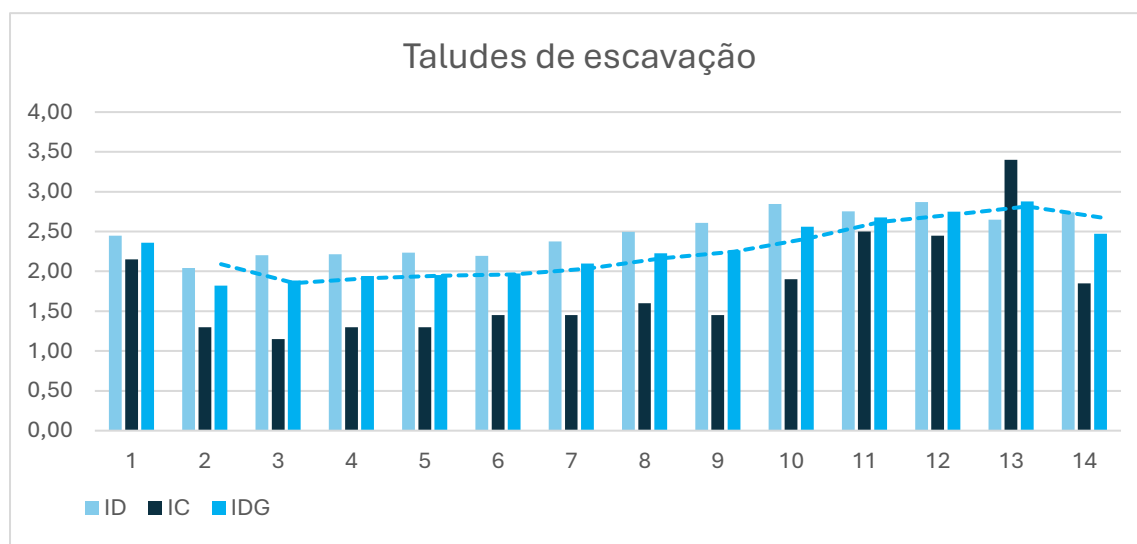


Gráfico 8 - Resultados IDG e o IDG do cenário para 2030 nos taludes de escavação.

5.3. Aplicação nos taludes de aterro

Seguindo a metodologia previamente estabelecida, e recorrendo aos relatórios de inspeção, telas finais e ao SIG como base de dados, procedeu-se à aplicação do IDG em 26 taludes de aterro, distribuídos pelas concessões Norte, Costa de Prata, Grande Porto e Grande Lisboa. Entre estes, destaca-se o talude localizado no sublanço Fafe – Basto da A7, identificado pela matrícula AEN.BRG.A7.066+586.TA.D.D.SL, representado na Figura 38.



Figura 38 - Talude de aterro AEN.BRG.A7.066+586.TA.D.D.SL na A7.

O talude em análise apresenta 35 m de altura e inclinação de 45° , correspondendo a um aterro executado em solo com enrocamento. Encontra-se orientado a SE, recebendo maior incidência de radiação solar na face paralela à rodovia. Dispõe de sistemas de drenagem superficial e profunda, porém não possui banquetas, o que constitui um fator gravoso atendendo à sua classificação como talude muito alto e inclinado. A estrutura conta ainda com dois muros de gabiões. Não foram identificadas, nos últimos dois anos, patologias suscetíveis de comprometer a sua estabilidade.

O estado de conservação e manutenção é considerado entre médio e bom, não havendo registro de solicitações externas relevantes. O Tráfego Médio Diário (TMD) enquadra-se na classe baixa.

A Tabela 50 apresenta o ID devidamente preenchido, contemplando todas as características do talude avaliado e a respectiva pontuação considerada no cálculo.

Tabela 50 - Aplicação do Índice de Desempenho (ID) no talude AEN.BRG.A7.066+586.TA.D.D.SL.

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR	PONTUAÇÃO
Geométrico	Altura do talude (m)	35	5
	Inclinação do talude (°)	45	4
	Orientação	SE	4
	Banquetas	Não	5
Geológico e Hidrogeológico	Infiltração de águas subterrâneas	Seco	1
	Influência de corpos hídricos superficiais	Nenhuma	1
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios	3
	Tratamento da fundação	Sim	1
	Material	Solo enrocamento	2
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	2000	4
	EM do sistema de drenagem	EM_B	3
	Drenagem Profunda	Sim	1
	Cobertura vegetal	mais de 80%	1
	Outras proteções superficiais	Não existe	5
Inspeções visuais	EM global	EM_B	3
	EC global	EC_1	1
	Anomalias detetadas	Não	1
	Equipamentos de monitorização	Não necessário	1
Historial	Antiguidade da estrutura	2004	4
	Deformações	Nenhuma	1
	Erosão	Nenhuma	1
	Fendas de tração	Nenhuma	1
	Intervenções	Manutenção rotina	1
Ações externas	Tipo 2	2,5	1
	Tipo 1	1,6	1
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h	5
	Tráfego médio diário (TMD)	7291	1
	Solicitações da envolvente	Nenhuma	1

No cálculo do IC, foi considerada a envolvente caracterizada por exploração agrícola. Tal como verificado no exemplo anterior, as intervenções previstas enquadram-se, maioritariamente, em ações de rotina, originando apenas distúrbios mínimos, geralmente associados à necessidade de sinalização para corte de berma. Assim, embora os condutores possam reduzir a velocidade ao avistar essa sinalização, tal efeito não se traduz em impacto significativo no tempo de viagem nem em perturbações relevantes no tráfego.

A Tabela 51 apresenta o IC devidamente preenchido, contemplando todas as características do talude avaliado e a respetiva pontuação considerada no cálculo.

Tabela 51 - Aplicação do Índice de Consequência (IC) no talude AEN.BRG.A7.066+586.TA.D.D.SL.

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR	PONTUAÇÃO
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	Infraestrutura Rodoviária	3
	Escala de tempo de distúrbio	1 dia	1
	Intervenções a realizar	Rotina	1
	Condicionismo ao tráfego	Menos de 10 min	1

O talude em questão apresentou classificação do ID como Médio. Considerando que IC foi avaliado como Desprezável, o IDG foi classificado como Bom. Em outras palavras, trata-se de uma estrutura que evidencia bom comportamento intrínseco e não representa risco significativo para a envolvente.

No cenário para 2030, em virtude de o IC ser considerado Menor, tanto o ID como o IDG foram projetados como Médio, resultado menos gravoso do que o indicado pelo estudo de suscetibilidade para 2030 (Ascendi & Spotlite, 2023), que apontou classificação Alta. A Tabela 52 apresenta estes resultados.

Tabela 52 - Classificação do Índice de Desempenho Global (IDG) e cenário para 2030 do talude AEN.BRG.A7.066+586.TA.D.D.SL.

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL		
Índice de Desempenho	2,71	Médio
Índice de Consequência	1,30	Desprezável
Índice de Desempenho Global	2,29	Bom
CENÁRIO PARA 2030		
Índice de Desempenho	2,85	Médio
Índice de Consequência	2,15	Menor
Índice de Desempenho Global	2,64	Médio

Foram identificados três alertas:

“Alerta 1 – Banquetas: Por se tratar de um talude com mais de 10 m de altura e inclinação de 30°, recomenda-se o reperfilamento do talude com vista à execução de banquetas;

Alerta 2 – Controlo de Qualidade: Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para validação dos dados laboratoriais;

Alerta 3 – Estado de Conservação Global: É necessária a execução de uma inspeção completa a todos os componentes do talude.”

No Gráfico 9 é apresentado todos os valores do IDG e IDG do cenário para 2030, referentes aos 26 taludes de aterro, onde os relatórios individuais estão nos Anexo 7 ao 36.

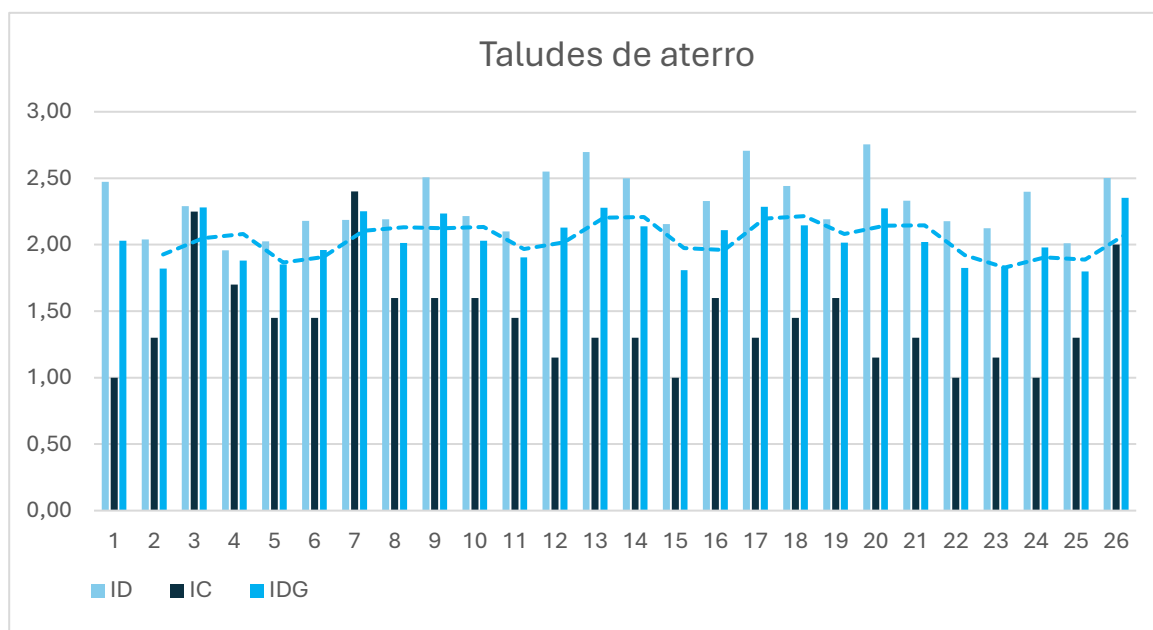


Gráfico 9 - Resultados IDG e o IDG do cenário para 2030 nos taludes de aterro.

Capítulo VI

Conclusões

[página propositadamente em branco]

6. Conclusões e desenvolvimentos futuros

Um dos objetivos principais desta dissertação consistiu na identificação das melhores práticas, a nível nacional e internacional, relativas à realização de inspeções geotécnicas e à classificação de taludes rodoviários em fase de operação e manutenção. O trabalho desenvolveu-se com enfoque na definição de um Índice de Desempenho Global (IDG) aplicável a taludes de solo, estruturado em duas vertentes: o Índice de Desempenho (ID), orientado para a avaliação da condição estrutural do talude, e o Índice de Consequência (IC), direcionado para a análise dos impactos socioeconómicos associados à sua envolvente.

O índice desenvolvido não se limita a avaliar o comportamento dos taludes, mas também desempenha uma função de gestão ao estabelecer alertas que reforçam a comunicação entre os intervenientes e estimulam a melhoria contínua da infraestrutura. Integrado a este enquadramento, o modelo preditivo acrescenta capacidade de análise prospetiva, permitindo antecipar o comportamento dos taludes em horizontes de curto e médio prazo. Nesta perspetiva, a gestão de ativos de infraestrutura rodoviária, associada à gestão de riscos geotécnicos, visa aumentar a previsibilidade, reduzir a probabilidade de ocorrência de incidentes, otimizar os custos e prolongar a vida útil dos ativos (Bernardes, 2019).

A bibliografia consultada evidencia a relevância do estudo desta temática e a evolução que tem vindo a ocorrer ao longo dos anos, com o desenvolvimento de soluções cada vez mais consistentes e fundamentadas, quer como medidas preventivas, quer como estratégias de estabilização e aumento da resiliência aos riscos naturais dos ativos geotécnicos. A revisão efetuada permitiu consolidar o entendimento sobre os métodos de avaliação e classificação de taludes, contemplando diferentes sistemas, entre os quais se destacam o DER-SP (1991), a CPRM (2018), o CLHRS (Pratt & Santi, 2014) e o RHRS^{m2}, este último adaptado para a formulação de um Índice de Qualidade aplicável a taludes rochosos por Pinheiro *et al.* (2015). As diversas aplicações identificadas

contribuíram para a conceção da proposta do Índice de Desempenho Global (IDG), entendido tanto como ferramenta de avaliação como também como parâmetro de análise.

Na aplicação do método proposto, avaliou-se um total de 40 taludes de solo, dos quais 14 correspondem a escavações e 26 a aterros, distribuídos pelas concessões Norte, Costa de Prata, Pinhal Interior, Grande Porto e Grande Lisboa da rede da Ascendi. Nenhum dos taludes ultrapassou a classe Médio no Índice de Desempenho Global (IDG), resultado em concordância com o obtido no acompanhamento anual realizado através das inspeções de rotina para verificação da drenagem superficial, acompanhamento anual realizado através da observação, monitorização e das inspeções visuais de rotina do sistema de drenagem superficial realizadas pela concessionária. Nessas inspeções, sempre que se identificam situações mais gravosas que possam comprometer outros componentes do talude, é emitido um aviso imediato para avaliação *in-situ* do estado de manutenção e conservação do ativo. Para além disso, o processo de monitorização também contempla registos provenientes dos operadores do centro de controlo de tráfego, como observações realizadas durante atividades de manutenção vegetal, de patrulhamento ou de manutenção de outros ativos rodoviários.

Nos taludes analisados, verificou-se que os de escavação apresentam valores médios de IDG superiores aos dos taludes de aterro, devendo, portanto, ser objeto de observação mais frequente e cuidadosa. Em particular, os taludes de escavação localizados no sublanço Ponte de Vagos (Sto. André) – Vagos apresentaram os resultados mais elevados da classificação, o que se justifica pelo histórico de deslizamentos e processos erosivos associados à presença de solos argilosos de elevada plasticidade. Observou-se ainda uma concentração de alertas (2–3) em determinados sublanços das concessões Norte (A7) e Pinhal Interior (A13), bem como em vários trechos da Grande Lisboa. A maioria destes casos encontra-se associada ao parâmetro Controlo de Qualidade, para o qual não há dados laboratoriais suficientes que permitam uma classificação. Nestas situações, o parâmetro é tratado com um peso neutro, equivalente a 3, refletindo a ausência de informação específica e condicionando parcialmente a classificação completa.

No cenário de 2030, os resultados foram muito próximos dos obtidos no estudo de suscetibilidade desenvolvido para 2030 (Ascendi & Spotlite, 2023), já implementado na Ascendi, evidenciando, por meio de análise comparativa, a fiabilidade dos dados.

O talude classificado como mais gravoso foi o CGL.LSB.A16.000+060.TE.C.E.N15.RB (Grande Lisboa, A16, no Ramo B do Nó da Crel), que apresentou valores atuais de ID = 2,71 e IC = 3,40, resultando em IDG = 2,92 - classificado como médio. Na previsão para 2030, como matematicamente esperado, registou-se aumento dos índices (ID = 2,85, IC = 4,25, IDG = 3,27), mantendo-se igualmente na classe média. Este talude caracteriza-se pela presença de matriz rochosa aflorada,

mas predominância de solo arenoso, associado a diversas ocorrências e, consequentemente, a múltiplas intervenções ao longo do tempo.

Este estudo revelou a necessidade de revisitar a classificação atribuída às estruturas geotécnicas da rede Ascendi, bem como de uniformizar os dados técnicos associados.

O Índice de Desempenho Global revela-se uma ferramenta prática e operacionalmente viável na gestão de ativos, pois integra todas as metodologias previamente utilizadas para classificar a estrutura, considerando o seu histórico, a sua suscetibilidade e o impacto no meio em que coexiste. A flexibilidade do índice permite a incorporação futura de novos parâmetros, adaptando-se às características específicas de cada contexto. Além disso, constitui uma ferramenta útil para a gestão preditiva, permitindo antever tendências de degradação e apoiar a definição de planos de manutenção preventiva mais eficientes, contribuindo simultaneamente para o aumento da resiliência aos riscos naturais, a segurança dos utentes e a otimização de recursos. Também dará um importante contributo para a redução da pegada de carbono, na medida em que potencializa a análise preditiva, ou seja, a deteção atempada das patologias.

Como linha de investigação futura, recomenda-se a integração do Índice de Desempenho na plataforma SustIMS, permitindo o cálculo automático com base nos fatores obtidos em inspeções visuais. Essa integração poderá ser associada a sistemas de inteligência artificial, com o intuito de aprimorar a interpretação dos dados e a emissão de alertas.

Adicionalmente, considera-se que a mesma abordagem poderá ser estendida a outros ativos da infraestrutura, como taludes de rocha, muros de contenção, obras de arte, passagens hidráulicas e pavimentos, promovendo uniformidade e maior abrangência na gestão do património rodoviário. Isso contribuirá para aumentar a utilidade do sistema e permitir uma análise mais aprofundada das relações entre variáveis através de métodos estatísticos, utilizando, por exemplo, dados sísmicos e climáticos, modelos digitais de elevação e bases de dados de incêndios florestais. O risco associado à cobertura vegetal poderá ser melhor avaliado por meio de investigações sobre os efeitos das diferentes espécies presentes em cada região das concessões, considerando o tamanho relativo dos organismos, comparações entre gramíneas, arbustos e árvores, bem como possíveis influências negativas, como a transferência de cargas de vento.

Outra vertente a ser explorada é o aperfeiçoamento do modelo preditivo, por meio da aplicação de técnicas avançadas de inteligência artificial voltadas à análise de séries temporais e à deteção de padrões complexos. Esta evolução permitirá ampliar a capacidade de previsão, reduzir a incerteza associada às projeções e viabilizar análises probabilísticas mais consistentes, como tendências amplas na distribuição espacial de várias características com potencial de avaliação.

Sugere-se, ainda, o desenvolvimento de uma análise de custo-benefício, incorporando métricas económicas que permitam quantificar de forma objetiva o retorno das intervenções de manutenção preventiva em comparação com as medidas corretivas, contribuindo para a otimização dos recursos e para uma gestão mais sustentável e eficiente da rede.

Referências bibliográficas

ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental; ABMS – Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. (2013). Macedo E.S., Bressani L.A. (Trads.). Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos para planejamento e uso do solo. Tradução de: Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning. 1ª ed. São Paulo: ABGE/ABMS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2009). ABNT ISO Guia 73:2009. Gestão de riscos – Vocabulário. 1ª ed. Rio de Janeiro, 12 p. ISBN 978-85-07-01840-7.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2018). ABNT NBR ISO 31000:2018. Gestão de riscos – Diretrizes. 2ª ed. Rio de Janeiro, 17 p. ISBN 978-85-07-07470-0.

Achour, Y., Boumezbeur, A., Hadji, R., Chouabbi, A., Cavaleiro, V., & Bendaoud, E. A. (2017). Landslide susceptibility mapping using Analytic Hierarchy Process and Information Value methods along a highway road section in Constantine, Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(194). <https://doi.org/10.1007/s12517-017-2980-6>.

Alejano L.R., Stockhausen H.W., Alonso E., Bastante F.G., Ramírez Ovanguren P. (2008). ROFRAQ: A statistics-based empirical method for assessing accident risk from rockfalls in quarries. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 45(8):1252–1272.

ANPC - Autoridade Nacional de Proteção Civil (2009). Guia para a caracterização de risco no âmbito da elaboração de planos de emergência de proteção civil. Cadernos Técnicos PROCIV 9. Lisboa.

APA - Agência Portuguesa do Ambiente. (2025) Precipitação e temperatura em Portugal. Disponível em: <http://rea.apambiente.pt/content/precipita%C3%A7%C3%A3o-e-temperatura> (consultado em 7 set. 2025).

Ascendi & Spotlite (2023). Mapas de suscetibilidade de deslizamentos para as autoestradas da rede Ascendi.

Ascendi (2003). Peças desenhadas. (Relatório Inédito).

Ascendi (2013). Plano de Controlo e Qualidade – Concessões e Subconcessões.

Ascendi (2022). Manual de Observação e Auscultação de Infraestruturas Geotécnicas (Relatório Inédito).

Ascendi (2023). Manual de Observação e Auscultação de Infraestruturas Geotécnicas Catálogo de Patologias - Taludes/Separadores (Relatório Inédito).

Ascendi (2024). Relatório de inspeção – Inspeção completa. (Relatório Inédito).

Ascendi (2025). Manual de Observação e Auscultação de Infraestruturas Geotécnicas - Catálogo de Componentes e Subcomponentes - Taludes/Separadores (Relatório Inédito).

ASTM International (1985). Unified soil classification system (USCS) (ASTM D2487-85). West Conshohocken, PA: ASTM International.

- Augusto Filho O. (1992). Caracterização geológica-geotécnica voltada à estabilização de encosta: uma proposta metodológica. In: Anais da 1ª COBRAE – Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, Rio de Janeiro. ABMS/ABGE, Vol. 2, pp. 721–733.
- Barton N., Lien R., Lunde J. (1974). Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics*, 6(4):189–236.
- Bazzan T., Reckziegel E.W. (2024). Multicriteria analysis with the Analytic Hierarchy Process (AHP) method for mapping landslide susceptibility in the municipality of Guaratinguetá/SP. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*.
- Behling A.A. (2017). Fatores condicionantes dos movimentos de massa no município de Agudo/RS. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS. (Dissertação de Mestrado).
- Bernardes A.P.S. (2019). Estudo da criticidade de ativos geotécnicos do tipo corte em ferrovia com o uso do processo de análise hierárquica (AHP). Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Vitória, 241 f.
- Bieniawski Z.T. (1989). Engineering rock mass classifications: A complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. New York: Wiley.
- Bouali E.H., Oommen T., Escobar-Wolf R. (2016). Case study: Interferometric stacking toward geohazard identification and geotechnical asset monitoring. *Journal of Infrastructure Systems*, 22(4):12 p.
- Brasil (2008). Gestão e mapeamento de riscos socioambientais: curso de capacitação. Brasília: Ministério das Cidades; Universidade Federal de Pernambuco.
- Briggs K.M., Dijkstra T.A., Glendinning S. (2019). Evaluating the deterioration of geotechnical infrastructure assets using performance curves. *International Conference on Smart Infrastructure and Construction 2019 (ICSIC)*, pp. 429–435. <https://doi.org/10.1680/icsic.64669.429>
- Caputo H.P. (1988). Mecânica dos solos e suas aplicações: v. 1. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.
- Carvalho, C.S., Macedo, E.S. e Ogura, A.T. (orgs.) (2007) Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios. Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas —IPT. Brasília, DF, 176 p.
- Christofoletti A. (1974). Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher/EDUSP.
- Costa E.A. (2005). Avaliação de ameaças e riscos geotécnicos aplicados à estabilidade de taludes. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 160 f.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil (2018). Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais – Projeto GIDES. Coordenação: Jorge Pimentel, Thiago Dutra dos Santos. CPRM/SGB, Rio de Janeiro, 213 p.
- DER-SP - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (1991). Manual de Geotecnia – Taludes de Rodovias: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas. 1ª Edição. DER-SP, São Paulo. Disponível em: <https://www.der.sp.gov.br/WebSite/Documentos/Geotecnia.aspx>.
- Duncan J.M., Wright S.G. (2005). Soil mechanics in engineering practice. New York: Wiley.
- Eurocódigo 8: Projeto de estruturas para resistência aos sismos – Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios (NP EN 1998-1:2009).
- Faria D.G.M. (2011). Mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas precárias brasileiras com a incorporação do Processo de Análise Hierárquica (AHP). Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 194 f.
- Fernandes N.F., Amaral C.P. (2000). Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: Guerra A.J.T., Cunha S.B. da (Eds.). Geomorfologia e Meio Ambiente. 3. ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, pp. 124–135.
- Ferreira A., Hastings J. (2021). Evaluation of the resilience of earth structure: A new tool to appreciate the vulnerability against natural hazards. In: *Proceedings of the International Seminar of the World Road*

Association (PIARC), Technical Committee 4.3 – Road Earthworks, Sochi, Russia, November 2021. PIARC – World Road Association, Russia.

Ferreira A., Neves A., Sanches S. (2018). SUSTIMS-MUROS & TALUDES. 9º Congresso Rodoviário Português. Disponível em: http://66.39.134.64/docs/A54S222-9CRP_Artigo_147.pdf (consultado em 13 de janeiro de 2025).

Ferreira A., Neves A., Sanches S., Varela P., Sousa J. (2021). Manual of auscultation and observation of geotechnical structures. Disponível em: <https://www.ascendi.pt/>

Ferreira M.A. (2012). Risco sísmico em sistemas urbanos. Tese de Doutoramento. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 295 p.

Ferreira, A., Varela, P., Sousa, J., Sanches, S., Neves, A., Pinto, A., & Fernandes, E.M. (2022). Manual de Observação e Auscultação de Infraestruturas Geotécnicas. In: 10.º Congresso Rodoferroviário Português. https://10crp.crp.pt/wp-content/uploads/2022/07/paper_72.pdf

Franklin J.A., Senior S.A. (1997). The Ontario Rockfall Hazard Rating System. Proceedings of the International Conference on Engineering Geology and the Environment, Vol. 1, Balkema, Rotterdam, pp. 647–656.

Gao Y., Zhang Y., Jiang L., Huang Z. (2011). Research on the index system of rock slope safety evaluation for open pit mine. *Procedia Engineering*, Vol. 26, pp. 1692–1697. (First International Symposium on Mine Safety Science and Engineering).

Gonçalves H., Cabrito P., Oliveira M., Patrício A. (1997). Edifícios solares passivos em Portugal. Lisboa: INETI.

Guzzetti F., Carrara A., Cardinali M., Reichenbach P. (1999). Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, 31(1-4):181–216.

HD41 (2015). Design Manual for Roads and Bridges Part 3: Maintenance of Highways Geotechnical Assets. Highways England, Norwich.

Highland L.M., Bobrowsky P. (2011). O manual de deslizamento: um guia para a compreensão de deslizamento. 2. ed. Blumenau: Edifurb.

Hoek E., Bray J.W. (1981). Rock slope engineering. 3rd ed. London: Institution of Mining and Metallurgy.

Huang, W., Du, J., Lai, H., Lin, K., Zhou, C., Liu, Z., & Zhang, L. (2022). Soil and water conservation and ecological restoration on the slopes treated with new polymer composite materials. *Environmental Earth Sciences*, 81(18), 448. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10574-8>

IDAD – Instituto do Ambiente e Desenvolvimento; Ascendi IGI – Inovação e Gestão de Infraestruturas S.A. (2024). Plano de Resiliência Climática | Climate Resilience Plan. Aveiro.

IEP – Instituto de Estradas de Portugal (2001). Manual de drenagem superficial em vias de comunicação. IEP, Lisboa.

Instituto Nacional de Estatística. (2022). Estimativas do tráfego rodoviário. Disponível em: https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?att_display=n&att_download=y&look_parentBoui=666931648 (consultado em 7 set. 2025). (Relatório online).

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2025). Portal do Clima. Disponível em: <https://portaldoclima.pt> (consultado em 8 set. 2025).

Kumar, A., Sharma, R. K., & Bansal, V. K. (2018). Landslide hazard zonation using analytical hierarchy process along National Highway-3 in mid Himalayas of Himachal Pradesh, India. *Environmental Earth Sciences*, 77(20), 719. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7896-2>.

Li Y., Mo P. (2019). A unified landslide classification system for loess slopes: A critical review. *Geomorphology*, 340:67–83.

Lienhart W., Monsberger C.M., Kalenjuk S., Woschitz H. (2018). High resolution monitoring of retaining walls with distributed fibre optic sensors and mobile mapping systems. *Proc. 7th Asia-Pacific Workshop on Structural Health Monitoring (APWSHM 2018)*, D:79–87.

Liu, X., Shao, S. & Shao, S. (2024). Landslide susceptibility zonation using the analytical hierarchy process (AHP) in the Great Xi'an Region, China. *Sci Rep* 14, 2941.

- Lowell S., Morin P. (2000). Unstable slope management: Washington State. TR News: Transportation Research News, 207:11–15.
- Maciel Filho C., Nummer A. (2011). Introdução à geologia de engenharia. 4. ed. Santa Maria: Editora da UFSM.
- Masi, E. B., Segoni, S., & Tofani, V. (2021). Root Reinforcement in Slope Stability Models: A Review. *Geosciences*, 11(5), 212. <https://doi.org/10.3390/geosciences11050212>
- McMillan P., Matheson G.D. (1997). A Two Stage System For Highway Rock Slope Risk Assessment. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 34.
- Menezes L.O. (2021). Metodologia para gestão de riscos geológico-geotécnicos em áreas urbanas: os casos do concelho do Porto e Contagem, MG. Tese (Doutorado em cotutela) – Universidade Federal de Minas Gerais & Universidade do Porto.
- Mourão J.M.P. (2017). Gestão e Manutenção da Infraestrutura Ferroviária, os vários tipos de ações de manutenção. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa. (Dissertação de Mestrado).
- Naghadehi M.Z., Jimenez R., Khalokakaie R., Mohammad S., Jalali E. (2013). A new open-pit mine slope instability index defined using the improved rock engineering systems approach. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 61, pp. 1–14.
- Neves C., Matos J., Neves L. (2015). SUSTIMS – Plataforma de Gestão Sustentável de Infraestruturas Rodoviárias.
- Panchal S., Shrivastava A.K. (2021). Landslide hazard assessment using analytic hierarchy process (AHP): A case study of National Highway 5 in India. *Ain Shams Engineering Journal*, 13:101626.
- Pierson L.A., Davis S.A., Van Vickle R. (1990). Rockfall hazard rating system implementation manual. Report FHWA-OR-EG-90-01. Federal Highway Administration, US Department of Transportation, 80 p.
- Pinheiro, M., Sanches, S., Miranda, T., Neves, A., Tinoco, J., Ferreira, A., & Correia, A. G. (2015). A new empirical system for rock slope stability analysis in road infrastructures: Slope Quality Index (SQI). *Landslides*. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2015.03.010>
- Pratt D., Santi P.A. (2014). Landslide hazard rating system for Colorado highways. In: *Proceedings of Rocky Mountain Geo-Conference*, Lakewood, Colorado, November 7, 2014.
- Priberam. (2024). Dicionário da língua portuguesa. <https://www.priberam.pt/dlpo>
- Rahman G., Atta-ur-Rahman S., Collins A.E. (2017). Geospatial analysis of landslide susceptibility and zonation in Shahpur Valley, Eastern Hindu Kush using Frequency Ratio Model. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: Pakistan Academy of Sciences B. Life and Environmental Sciences*, 54(3):149–163.
- Romana M. (1985). New adjustment ratings for application of Bieniawski classification to slopes. *Proceedings of the International Symposium on the Role of Rock Mechanics*, Zacatecas, pp. 49–53.
- Saaty T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill International Book Company, New York.
- Saaty T.L., Vargas L.G. (2022). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. 2nd Edition. *International Series in Operations Research & Management Science*. Springer Science+Business Media, New York.
- Sabatini P.J., Elias V., Schmertmann G.R., Bonaparte R. (1997). *Geotechnical Engineering Circular No. 2: Earth Retaining Systems*. Federal Highway Administration, Washington D.C.
- Santi P.M., Russell C.P., Higgins J.D., Spriet J.I. (2009). Modification and statistical analysis of the Colorado Rockfall Hazard Rating System. *Engineering Geology*, 104(1–2):55–65.
- Shmueli G. (2010). Guest editorial: Predictive modeling in logistics and supply chain management research using partial least squares structural equation modeling. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, p. 291.
- Sidle R., Ochiai H. (2006). *Landslides: Processes, Prediction, and Land Use*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Silva T.S.S. (2012). *Inspeção e Reabilitação de Infraestruturas Ferroviárias*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. (Dissertação de Mestrado).

- Silveira, C. R., Souza, S. A., & Quadrelli, C. R. (2022). Estudo sobre patologias da construção civil originárias de fundações. *Revista Gestão, Tecnologia e Ciências*, 11(35), 50–77. Monte Carmelo.
- Strauss A., Bergmeister K., Daró P., Mancini G., Sattler F., Bigaj-van Vliet A. (2023). Monitoring and data-informed approaches for the assessment of existing structures. *Structural Concrete*, 24(4):4433–4445. <https://doi.org/10.1002/suco.202201242>
- Structville. (2024). Surface erosion on embankments and slopes. Disponível em: <https://structville.com/surface-erosion-on-embankments-and-slopes> (consultado em 8 set. 2025).
- Teixeira A.H., Godoy N.S. (1996). Análise, projeto e execução de fundações rasas. In: Hachich W. et al. (Eds.). *Fundações: teoria e prática*. São Paulo: Pini.
- Teknomo K. (2012). Analytic Hierarchy Process (AHP) Tutorial. Revoledu.com, Online edition. Copyright 2005–2012. Última atualização: outubro de 2012.
- Terzaghi K., Peck R.B., Mesri G. (1996). *Soil mechanics in engineering practice*. 3rd ed. New York: Wiley.
- Tominaga L.K., Santoro J., Amaral R. (2009). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, 50 p.
- UNDRR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2019). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. Geneva: United Nations.
- USGS – United States Geological Survey. (2004). Fact Sheet 2004–3072. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/>. Acesso em: ago. 2025.
- USGS – United States Geological Survey. (2013). Potential landslide indicator – Island County, Washington. Disponível em: <https://www.usgs.gov/media/images/potential-landslide-indicator-island-county-washington> (consultado em 8 set. 2025).
- Utah Hazard Mitigation. (2025). State of Utah Hazard Mitigation Portal. Disponível em: <https://hazards.utah.gov/> (consultado em 8 set. 2025).
- Vallejo, L. I. G., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. 2ª ed. Pearson Educación, Madrid.
- Varnes D.J. (1978). Slope movement types and processes. Transportation Research Board, Special Report 176. Washington, D.C.
- Vojteková, J., & Vojtek, M. (2020). Assessment of landslide susceptibility at a local spatial scale applying the multi-criteria analysis and GIS: a case study from Slovakia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 131–148. <https://doi.org/10.1080/19475705.2020.1713233>
- Wyllie D.C., Mah C.W. (2005). *Rock slope engineering*. 4th ed. London: Spon Press, 431 p.
- Youssef A., Maerz N.H., Fritz M.A. (2003). A risk-consequence Rockfall hazard rating system for Missouri highways. *Proceedings of the 54th Highway Geology Symposium*, September 24–26, Burlington, Vermont, pp. 175–195.
- Zangmene, F. L., Nsangou Ngapna, M., Balla Ateba, M. C., Mboudou, G. M., Wabo Defo, P. L., Tetang Kouo, R., ... Owona, S. (2023). Landslide susceptibility zonation using the analytical hierarchy process (AHP) in the Bafoussam-Dschang region (West Cameroon)—advances in Space Research. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2023.02.014>.
- Zhou Z., Wang H.-g., Fu H.-l., Liu B.-c. (2009). Influences of rainfall infiltration on stability of accumulation slope by in-situ monitoring test. *Journal of Central South University of Technology*, 16(2):297–302.

[página propositadamente em branco]

Anexos

[página propositadamente em branco]

Anexo 1 - Índice de Qualidade (IQ), Pinheiro et al. (2015).

Fatores		Parâmetros		Categorias e Ratings											
0,17	Geométrico	0,5	Altura do talude (m)	Rating	< 10	10-20	20-30	30-40	>40						
			Muito baixo	1	2	Médio	Alto	Muito alto							
		0,35	Inclinação do talude (º)	Rating	< 30	30-40	41-50	51-60	> 60						
					Muito gradual	1	2	Médio	Inclinado	Muito inclinado					
0,15	Inclinação da banqueta	Rating	Correta	Incorreta	-	-	-	-							
			1-2	4-5	-	-	-	-							
0,25	Largura da banqueta (m)	Rating	0-1	1-2	2-3	3-4	>4								
			5	4	3	2	1								
0,14	Geológico	0,5	Formação	Rating	0,4	Tipo	I	II	III	IV	V				
							1	2	3	4	5				
							1	2	3	4	5				
							1	2	3	4	5				
		0,2	Blocos	Rating	0,3	Falhas	Existe	Não existe	-	-	-				
							4-5	1-2	-	-	-				
		0,3	Sistemas de Classificação	Rating	0,33	Q	<51	51-153	153-333	333-459	>459				
							1	2	3	4	5				
							10-1000	10-40	4-10	1-4	0,001-1				
							1	2	3	4	5				
0,11	Sistema de Drenagem	0,6	Drenagem superficial	Rating	0,35	Estado de Conservação	Muito Bom	Bom	Médio	Mau	Muito mau				
							1	2	3	4	5				
		0,4	Estado de Manutenção	Rating	0,45	Presença	Bom	Médio	Mau	-	-				
							1	2	3	-	-				
		0,2	Drenagem profunda	Rating	0,2	Presença	Sim	Não	-	-	-				
							1-2	4-5	-	-	-				
0,13	Inspeções visuais	0,25	Célula de carga	Rating	1-2	4-5	Bom	Médio	Mau	Muito mau					
											1	2	3	4	5
											Bom	Médio	Mau	-	-
											1	2	3	-	-
		0,11	Monitorização*	0,25	Inclinómetros	Rating	<20%	[20%-40%]	[40%-60%]	[60%-80%]	[80%-100%]				
												5	4	3	2
				0,25	Piezómetros	Rating	<20%	[20%-40%]	[40%-60%]	[60%-80%]	[80%-100%]				
												5	4	3	2
				0,25	Marcas topográficas	Rating	<20%	[20%-40%]	[40%-60%]	[60%-80%]	[80%-100%]				
												5	4	3	2
0,07	Historial	0,7	Acidentes	Rating	Nenhuma	Inativa	Alguma	Relativamente ativa	Alta						
										1	2	3	4	5	
										Nenhuma	Inativa	Alguma	Relativamente ativa	Alta	
										1	2	3	4	5	
		0,3	Intervenções	Rating	1-2	3	4-5	-	-						
										2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	
0,08	Ambiental/Tráfego	0,3	Zona sísmica	Rating	0,6	Tipo 2	5	4	3	2	1				
							1.1	1.2	1.3	1.4	1.5-1.6				
		0,5	Precipitação média anual	Rating	5	4	3	2	1						
										<500	500-1000	1000-1500	1500-2000	>2000	
		0,2	Tráfego	Rating	0,5	Velocidade máxima	1	2	3	4	5				
							50 - 60	60 - 70	70 - 90	90 - 100	100 - 120				
1	2						3	4	5						
< 18000	18000 - 19000						19000 - 20000	20000 - 22000	> 22000						
0,1	Revestimento	0,8	Proteção superficial	Rating	<25%	[25%-50%]	0,5	[50%-75%]	1						
										5	4	3	2	1	
		0,2	Cobertura vegetal	Rating	5	4-3	1-2	-	-						
										Sim	Não	-	-	-	
0,09	Imediações	0,6	Sobrecarga	Rating	5	1	-	-	-						
										Sim	Não	-	-	-	
0,4	Vibrações nas proximidades	Rating	Sim	Não	-	-	-	-	-						
										5	1	-	-	-	

Anexo 2 - Índice de Desempenho (ID) para taludes de escavação.

Índice de Desempenho para Taludes de escavação													
Fatores		Parâmetros			Escolhas condicionadas					Alertas	Cenário para 2030		
0,22	Geométrico	0,50	Altura do talude (m)			<5	5-10	10-20	20-30	>30	☐	Inalterável	
					Rating	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto			
		0,30	Inclinação do talude (°)			< 20	20-30	31-40	41-50	> 50	☐	Inalterável	
					Rating	Muito gradual	Gradual	Médio	Inclinado	Muito inclinado			
		0,10	Orientação do Talude			1	2	3	4	5	☐	Inalterável	
					Rating	N	NW, NE	E, W	SE, SW	S			
0,10	Banquetas	Presença	Rating	Sim/Não necessário	Não	-	-	-	☐	Inalterável			
0,15	Geológico e Hidrogeológico	0,50	Parâmetros geomecânicos	0,70	Coesão (kPa)		193-384	97-192	49-96	13-48	0-12	☐	Inalterável
					Rating	Extremamente duro	Duro	Medianamente duro	Mole	Muito mole			
				0,30	Ângulo de atrito (°)		1	2	3	4	5	☐	Inalterável
					Rating	>41	37-41	Medianamente compacto	Solto	Muito solto			
		0,10	Tipo de solo		1	2	3	4	5	☐	Inalterável		
			Rating	GW; GM; GP	GC; SW	SP; SC; SM; SM	CL; ML; MH; CH	OL; OH					
		0,10	Litologia		1	2	3	4	5	☐	Inalterável		
			Rating	Estratificação	Desfavorável	Intermédio	Favorável	Homogéneo	-				
		0,15	Infiltração de águas subterrâneas		1	2	3	4	5	☐	Inalterável		
			Rating	Seco	Húmido	Molhado	Gotejando	Nascente					
		0,15	Influência de corpos hídricos superficiais		1	2	3	4	5	☐	Inalterável		
			Rating	Nenhum ou distante	Drenagem sazonal	Pequenos cursos d'água	água empoçada	Contato com rio ou reservatório					
0,15	Efeitos Hidráulicos	0,20	Precipitação média anual (mm)		1	2	3	4	5	☐	Diminuição devido alterações climáticas		
			Rating	<500	500-1000	1000-1500	1500-2000	>2000					
		0,35	Estado de manutenção do sistema de drenagem (a)		1	2	3	4	5	☐	Inalterável		
			Rating	Bom	Médio	Mau	-	-					
		0,05	Drenagem profunda	Presença	Rating	Sim/Não necessário	Não	-	-	-	☐	Inalterável	
				Rating	1	5	-	-	-				
		0,15	Cobertura vegetal		1	2	3	4	5	☐	Inalterável		
			Rating	> 80%	60% - 80%	40% - 60%	20% - 40%	< 20%					
0,25	Outas proteções superficiais (b)		1	2	3	4	5	☐	Inalterável				
	Rating	<25%	[25%-50%[	0,5	]50%-75%]	]75%-100%]							
0,20	Inspeções Visuais	0,40	Estado de manutenção global		1	2	3	4	5	☐	Inalterável		
			Rating	Bom	Médio	Mau	-	-					
		0,20	Estado de conservação global		1	2	3	4	5	☐	Tende a piorar		
			Rating	Muito Bom	Bom	Razoável	Mau	Muito mau					
		0,30	Anomalias detetadas (c)		1	2	3	4	5	☐	Tende a piorar		
			Rating	Não	Sim	-	-	-					
0,10	Equipamentos de monitorização		1-2	4-5	-	-	-	☐	Inalterável				
	Rating	Sim/Não necessário	Não	-	-	-							
0,15	Historial	0,25	Antiguidade da estrutura		1	2	3	4	5	☐	Aumenta em mais 5 anos		
			Rating	<5 anos	5 - 10 anos	10 - 15 anos	15 - 25 anos	> 25 anos					
		0,50	Patologias	0,50	Deformações		1	2	3	4	5	☐	Tende a piorar
					Rating	Nenhuma	Inactiva	Alguma	Relativamente activa	Alta			
				0,30	Erosão		1	2	3	4	5	☐	Tende a piorar
					Rating	Nenhuma	Inactiva	Alguma	Relativamente activa	Alta			
		0,20	Fendas de tração		1	2	3	4	5	☐	Tende a piorar		
			Rating	Nenhuma	Inactiva	Alguma	Relativamente activa	Alta					
0,13	Ações externas	0,20	Zona sísmica	0,60	Tipo 2		1	2	3	4	5	☐	Inalterável
					Rating	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5			
				0,40	Tipo 1		1	2	3	4	5	☐	Inalterável
					Rating	5	4	3	2	1			
		0,30	Tráfego	0,50	Velocidade máxima (km/h)		1	2	3	4	5	☐	Inalterável
					Rating	50 - 60	60 - 70	70 - 90	90 - 100	100 - 120			
		0,50	Tráfego Médio Diário (TMD)		1	2	3	4	5	☐	Tende a aumentar		
			Rating	< 18000	18000 - 19000	19000 - 20000	20000 - 22000	> 22000					
0,50	Solicitações da envolvente			Nenhuma/Pouca solicitação	Sobrecarga/ Vibrações	Escavações	-	-	☐	Inalterável			
	Rating	1-2	3	4-5	-	-							

Anexo 3 - Índice de Desempenho (ID) para taludes de aterro.

Índice de Desempenho para Taludes de Aterro									
Fatores		Parâmetros			Escolhas condicionadas				
0,22	Geométrico	0,50	Altura do talude (m)		<5	5-10	10-20	20-30	>30
					Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
		0,30	Inclinação do talude (°)		1	2	3	4	5
					< 20	20-30	31-40	41-50	> 50
		0,10	Orientação do Talude		Muito gradual	Gradual	Médio	Inclinado	Muito inclinado
					1	2	3	4	5
0,15	Geológico e Hidrogeológico	0,20	Controlo de qualidade		N	NW, NE	E, W	SE, SW	S
					1	2	3	4	5
		0,20	Tratamento da fundação		Sim/Não necessário	Não	-	-	-
					1	5	-	-	-
		0,40	Material		Sim/Não necessário	Não	-	-	-
					1	5	-	-	-
0,15	Efeitos Hidráulicos	0,20	Precipitação média anual (mm)		S/ acompanhamento	Acompanhamento s/ ensaios	Acompanhamento c/ ensaios	-	-
					5	3	1	-	-
		0,35	Estado de manutenção do sistema de drenagem (a)		Sim/Não necessário	Não	-	-	-
					1	3	5	-	-
		0,05	Drenagem profunda		Sim/Não necessário	Não	-	-	-
					1	5	-	-	-
0,20	Inspeções Visuais	0,15	Cobertura vegetal		Pedrapleno e Enrocamento	Solo enrocamento	Solos atritivos (GW, GP, SW, SP)	Solos siltsosos (ML, MH)	Solos coesivos (CL, CH, OL, OH)
					1	2	3	4	5
		0,25	Outas proteções superficiais (b)		Seco	Húmido	Molhado	Gotejando	Nascente
					1	2	3	4	5
		0,10	Influência de Corpos Hídricos Superficiais		Nenhum ou distante	Drenagem sazonal	Pequenos cursos d'água	água empoçada	Contato com rio ou reservatório
					1	2	3	4	5
0,15	Historial	0,25	Antiguidade da estrutura		<500	500-1000	1000-1500	1500-2000	>2000
					1	2	3	4	5
		0,50	Estado de conservação global		Bom	Médio	Mau	-	-
					1	3	5	-	-
		0,20	Estado de conservação global		Sim/Não necessário	Não	-	-	-
					1	5	-	-	-
0,13	Ações externas	0,40	Estado de manutenção global		Muito Bom	Bom	Razoável	Mau	Muito mau
					1	2	3	4	5
		0,30	Anomalias detetadas (c)		Não	Sim	-	-	-
					1-2	4-5	-	-	-
		0,10	Equipamentos de monitorização		Sim/Não necessário	Não	-	-	-
					1	5	-	-	-
0,15	Ações externas	0,25	Antiguidade da estrutura		<5 anos	5- 10 anos	10 - 15 anos	15 - 25 anos	> 25 anos
					1	2	3	4	5
		0,50	Patologias	0,50	Deformações	Nenhuma	Inactiva	Alguma	Relativamente activa
				0,30	Erosão	Nenhuma	Inactiva	Alguma	Relativamente activa
		0,20	Fendas de tração	0,30	Erosão	Nenhuma	Inactiva	Alguma	Relativamente activa
				0,20	Fendas de tração	Nenhuma	Inactiva	Alguma	Relativamente activa
0,13	Ações externas	0,25	Intervenções		Manutenção rotina	Manutenção preventiva	Reparação não estrutural	Reparação estrutural sem contenção	Reparação estrutural com contenção
					1	2	3	4	5
		0,20	Zona sísmica	0,60	Tipo 2	2.1	2.2	2.3	2.4
				0,40	Tipo 1	1.1	1.2	1.3	1.4
		0,30	Tráfego	0,50	Velocidade máxima (km/h)	50 - 60	60 - 70	70 - 90	90 - 100
				0,50	Tráfego Médio Diário (TMD)	< 18000	18000 - 19000	19000 - 20000	20000 - 22000
0,13	Ações externas	0,50	Solicitações da envolvente		1	2	3	4	5
					Nenhuma/Pouca solicitação	Sobrecarga/ Vibrações	Escavações	-	-
		0,50	Solicitações da envolvente		1-2	3	4-5	-	-
					1-2	3	4-5	-	-
		0,50	Solicitações da envolvente		1-2	3	4-5	-	-
					1-2	3	4-5	-	-

Anexo 4 - Índice de consequência (IC).

Índice Consequência (IC)								
Fatores		Escolhas condicionadas					Alertas	Cenário para 2030
0,15	Matriz de Risco dos Arredores	Muito distante de qualquer estrutura socioeconômica ou ambiental	Floresta	Exploração agrícola / Recursos hídricos	Infraestrutura rodoviária / Infraestrutura portuária	Área residencial / Zona industrial	☐	Inalterável
	Rating	1	2	3	4	5		
0,35	Escala de Tempo de Distúrbio	1 dia ou não aplicado	3 dias	7 dias	15 dias	>15 dias	☐	Tende a aumentar
	Rating	1	2	3	4	5		
0,25	Intervenções a realizar	Manutenção rotina	Manutenção preventiva	Reparação não estrutural	Reparação estrutural sem contenção	Reparação estrutural com contenção	☐	Tende a aumentar
	Rating	1	2	3	4	5		
0,25	Condicionismo ao Tráfego	<10 min ou não aplicável	10-30 min	30-45 min	45-60 min	>60 min	☐	Tende a aumentar
	Rating	1	2	3	4	5		

Anexo 5 - Índice de Desempenho Global (IDG).

Pesos	Índice de Desempenho Global
0,7	Índice de Desempenho
0,3	Índice de Consequência

Anexo 6 - Índice de Desempenho Global (IDG) aplicado em 40 taludes de aterro e escavação da rede Ascendi.

Matrícula	Concessão	Autoestrada	Sublanço	Tipo de talude	ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL			CENÁRIO 2030			Nº de alertas
					ID	IC	IDG	ID	IC	IDG	
CP.AVR.A29.008+050.TE.D.D.SL	Costa de Prata	A29	Salreu - Estarreja	Escavação em Solo	2,45	2,15	2,36	2,59	3,00	2,71	1
CP.CBR.A17.092+293.TA.C.D.SL	Costa de Prata	A17	Limite de Concessão - Mira	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,47	1,00	2,03	2,61	1,85	2,38	1
CP.AVR.A17.098+375.TA.D.D.SL	Costa de Prata	A17	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,04	1,30	1,82	2,18	2,15	2,17	0
CP.CBR.A17.092+130.TA.C.D.SL	Costa de Prata	A17	Limite de Concessão - Mira	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,29	2,25	2,28	2,41	3,10	2,61	1
CP.CBR.A17.092+425.TA.D.D.SL	Costa de Prata	A17	Limite de Concessão - Mira	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	1,96	1,70	1,88	2,10	2,55	2,23	0
CP.CBR.A17.092+478.TA.C.D.SL	Costa de Prata	A17	Limite de Concessão - Mira	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,03	1,45	1,85	2,16	2,30	2,21	1
CP.AVR.A17.098+730.TE.C.D.SL	Costa de Prata	A17	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos	Escavação em Solo	2,04	1,30	1,82	2,18	2,15	2,17	0
CP.AVR.A17.099+312.TE.C.D.SL	Costa de Prata	A17	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos	Escavação em Solo	2,20	1,15	1,89	2,34	2,00	2,24	0
CP.CBR.A17.092+584.TA.D.D.SL	Costa de Prata	A17	Mira - Ponte de Vagos (Sto. André)	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,18	1,45	1,96	2,32	2,30	2,31	1
CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL	Costa de Prata	A17	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos	Escavação em Solo	2,21	1,30	1,94	2,35	2,15	2,29	0
CP.AVR.A17.100+540.TE.D.D.SL	Costa de Prata	A17	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos	Escavação em Solo	2,24	1,30	1,95	2,38	2,15	2,31	0
CP.AVR.A17.098+891.TE.D.D.SL	Costa de Prata	A17	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos	Escavação em Solo	2,20	1,45	1,97	2,34	2,30	2,32	0
CP.AVR.A17.098+956.TE.C.D.SL	Costa de Prata	A17	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos	Escavação em Solo	2,37	1,45	2,10	2,51	2,30	2,45	0
CP.AVR.A17.101+900.TE.D.D.SL	Costa de Prata	A17	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos	Escavação em Solo	2,50	1,60	2,23	2,64	2,45	2,58	0
CP.CBR.A17.092+584.TA.C.D.SL	Costa de Prata	A17	Mira - Ponte de Vagos (Sto. André)	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,19	2,40	2,25	2,33	3,25	2,60	0
CP.AVR.A17.099+075.TE.D.D.SL	Costa de Prata	A17	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos	Escavação em Solo	2,61	1,45	2,26	2,75	2,30	2,62	0
CP.AVR.A17.101+850.TE.C.D.SL	Costa de Prata	A17	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos	Escavação em Solo	2,84	1,90	2,56	2,98	2,75	2,91	0
CP.AVR.A17.100+020.TE.D.D.SL	Costa de Prata	A17	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos	Escavação em Solo	2,75	2,50	2,68	2,89	3,35	3,03	0
CP.AVR.A17.100+000.TE.C.D.SL	Costa de Prata	A17	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos	Escavação em Solo	2,87	2,45	2,75	3,01	3,30	3,10	0
CGL.LSB.A16.002+000.TA.C.D.SL	Grande Lisboa	A16	Alcabideche - AKI	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,19	1,60	2,01	2,31	2,45	2,35	2
CGL.LSB.A16.014+065.TA.C.D.SL	Grande Lisboa	A16	Sacotes - Telhal	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,51	1,60	2,23	2,65	2,45	2,59	2
CGL.LSB.A16.008+810.TA.C.D.SL	Grande Lisboa	A16	Linhó - Ranholas	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,22	1,60	2,03	2,34	2,45	2,37	1
CGL.LSB.A16.008+212.TA.C.D.SL	Grande Lisboa	A16	Linhó - Ranholas	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,10	1,45	1,90	2,22	2,30	2,24	1
CGL.LSB.A16.000+889.TA.D.D.SL	Grande Lisboa	A16	Alcabideche - AKI	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,55	1,15	2,13	2,67	2,00	2,47	0
CGL.LSB.A16.000+060.TE.C.E.N15.RB	Grande Lisboa	A16	Nó de A16-A9 - Ramo de Nó (B)	Escavação em Solo	2,65	3,40	2,88	2,76	4,25	3,20	1
GP.PRT.VRI.002+211.TA.C.D.SL	Grande Porto	VRI	VILPL - Custóias	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,70	1,30	2,28	2,82	2,15	2,62	1
GP.PRT.A41.008+198.TA.D.D.SL	Grande Porto	A41	EN14 - EN107	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,50	1,30	2,14	2,62	2,15	2,48	1
GP.PRT.A41.016+423.TA.C.D.SL	Grande Porto	A41	Alfena - Santo Tirso	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,16	1,00	1,81	2,24	1,85	2,12	1
GP.PRT.A4.003+403.TA.C.D.SL	Grande Porto	A4	Custóias - Via Norte	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,33	1,60	2,11	2,45	2,45	2,45	0
AEN.BRG.A7.066+586.TA.D.D.SL	Norte	A7	Fafe - Basto	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,71	1,30	2,29	2,85	2,15	2,64	3
AEN.VLR.A7.084+550.TA.C.D.SL	Norte	A7	Basto - Ribeira de Pena	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,44	1,45	2,14	2,58	2,30	2,50	3
AEN.BRG.A7.042+748.TA.C.D.SL	Norte	A7	Selho - Calvos	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,19	1,60	2,01	2,33	2,45	2,37	3
AEN.BRG.A7.060+061.TA.D.D.SL	Norte	A7	Fafe - Basto	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,75	1,15	2,27	2,89	2,00	2,63	3
AEN.BRG.A7.000+550.TE.C.D.N4.LIG1	Norte	A7	Nó de Famalicão - Ramo de Ligação (1)	Escavação em Solo	2,74	1,85	2,47	2,86	2,70	2,81	2
SPI.CBR.A13-1.008+060.TA.D.D.SL	Pinhal Interior	A13-1	Almalaguês / Condeixa	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,33	1,30	2,02	2,47	2,15	2,37	2
SPI.LRA.A13.164+705.TA.C.D.SL	Pinhal Interior	A13	Alvaiázere / IC8	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,18	1,00	1,82	2,32	1,85	2,18	1
SPI.LRA.A13.154+210.TA.C.D.SL	Pinhal Interior	A13	Pias / Cabaços	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,12	1,15	1,83	2,26	2,00	2,18	2
SPI.CBR.A13.189+275.TA.D.D.SL	Pinhal Interior	A13	Penela / EN342	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,40	1,00	1,98	2,54	1,85	2,33	2
SPI.CBR.A13.180+730.TA.C.D.SL	Pinhal Interior	A13	IC8 / Penela	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,01	1,30	1,80	2,15	2,15	2,15	3
SPI.CBR.A13.180+715.TA.D.D.SL	Pinhal Interior	A13	IC8 / Penela	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	2,50	2,00	2,35	2,60	2,85	2,68	3

Anexo 7 - Relatório de classificação IDG no talude CP.CBR.A17.092+293.TA.C.D.SL



Matrícula	CP.CBR.A17.092+293.TA.C.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Limite de Concessão - Mira
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	092+293 092+478
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	2
	Inclinação do talude (°)	18,43
	Orientação	NW
	Banquetas	Não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	água corrente
	Influ. de corpos hídr. superficiais	água empçada
	Controlo de qualidade	Acompanhamento c/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sim
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1072,5
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	Não existe elemento de drenagem
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	Não existe
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
	Equipamentos de monitorização	Não necessário
Historial	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Nenhuma
Ações externas	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	129 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	Vibrações devido aos ramos
RESULTADO	2,47	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Muito distante
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	Manutenção de rotina
Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,00 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,03	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,61	Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	1,85	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,38	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Estado de manutenção do sistema de drenagem	Devido à ocorrência de água sazonal na região de Aveiro, recomenda-se a implantação de um sistema de drenagem tanto superficial quanto profunda.
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 8 - Relatório de classificação IDG no talude SPI.LRA.A13.164+705.TA.C.D.SL



Matrícula	SPI.LRA.A13.164+705.TA.C.D.SL
Concessão	Pinhal Interior
Autoestrada	A13
Tipo de Localização	Alvaiázere / IC8
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	164+705 164+865
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	16
	Inclinação do talude (º)	32
	Orientação	NW
	Banquetas	Sim
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (º)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Decapagem
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1447
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	Não
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	não existe
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
	Equipamentos de monitorização	Não necessário
Historial	Antiguidade da estrutura	2012
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	4112,0
	Solicitações da envolvente	Nenhuma
RESULTADO	2,18	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Muito distante
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	Manutenção rotina
Condicionamento ao tráfego	menos 10 min
RESULTADO	1,00 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,82	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,32	Bom
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	1,85	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,18	Bom

ALERTAS		
ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Controlo de qualidade	Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para obtenção dos dados laboratoriais.
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 9 - Relatório de classificação IDG no talude SPI.LRA.A13.154+210.TA.C.D.SL



Matrícula	SPI.LRA.A13.154+210.TA.C.D.SL	
Concessão	Pinhal Interior	
Autoestrada	A13	
Tipo de Localização	Pias / Cabaços	
Localização	Plena via	
Sentido	Crescente	
PK's da Estrutura	154+210	154+550
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	
IDG	Bom	
Data Início	10/09/2025	
Data Conclusão	10/09/2025	



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	13
	Inclinação do talude (º)	32
	Orientação	SW
	Banquetas	Não
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (º)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhuma
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Decapagem
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1279
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_A
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	Não existe
Inspeções visuais	EM global	EM_A
	EC global	Não existe
	Anomalias detetadas	Não
	Equipamentos de monitorização	Não necessário
Historial	Antiguidade da estrutura	2012
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
Ações externas	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	3956,0
	Solicitações do envolvente	Nenhuma
RESULTADO	2,12	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Floresta
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	Rotina
Condicionamento ao tráfego	menos de 10min
RESULTADO	1,15 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,83	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,26	Bom
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,00	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,18	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Banqueta	Por se tratar de um talude com mais de 10 m de altura e 30º de inclinação, recomenda-se um reperfilamento para a execução de banquetas.
Alerta 2	Estado de Conservação Global	É necessário uma inspeção completa a todos os componentes do talude.
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 10 - Relatório de classificação IDG no talude SPI.CBR.A13-1.008+060.TA.D.D.SL



Matrícula	SPI.CBR.A13-1.008+060.TA.D.D.SL
Concessão	Pinhal Interior
Autoestrada	A13-1
Tipo de Localização	Almalaguês / Condeixa
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	008+060 008+460
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Inicio	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	17
	Inclinação do talude (°)	32
	Orientação	SW
	Banquetas	não
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhuma
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Decapagem
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1447
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	EC_1
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	Não existe
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
	Equipamentos de monitorização	Não necessário
Historial	Antiguidade da estrutura	2012
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
Ações externas	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	80 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	4889,0
	Solicitações da envolvente	Nenhuma
RESULTADO	2,33	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	Rotina
Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,30 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,02 Bom
-----------	----------

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,47 Bom
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,15 Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,37 Bom

ALERTA	ALERTAS PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Banqueta	Por se tratar de um talude com mais de 10 m de altura e 30° de inclinação, recomenda-se um reperfilamento para a execução de banquetas.
Alerta 2	Controlo de qualidade	Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para obtenção dos dados laboratoriais.
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 11 - Relatório de classificação IDG no talude SPI.CBR.A13.189+275.TA.D.D.SL



Matrícula	SPI.CBR.A13.189+275.TA.D.D.SL
Concessão	Pinhal Interior
Autoestrada	A13
Tipo de Localização	Penela / EN342
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	189+275 189+515
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	14
	Inclinação do talude (°)	32
	Orientação	NE
	Banquetas	Não
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hidric. superficiais	Distante
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Decapagem
Efeitos Hidráulicos	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1279
	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	Não necessário
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	não existe
Inspeções visuais	EM global	EM_C
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
	Equipamentos de monitorização	Não necessário
Historial	Antiguidade da estrutura	2012
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
Ações externas	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	7425,0
	Solicitações da envolvente	Nenhuma
RESULTADO	2,40	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Muito distante
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	Rotina
Condicionalismo ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,00 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,98	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,54	Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	1,85	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,33	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Banqueta	Por se tratar de um talude com mais de 10 m de altura e 30° de inclinação, recomenda-se um reperfilamento para a execução de banquetas.
Alerta 2	Controlo de qualidade	Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para obtenção dos dados laboratoriais.
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 12 - Relatório de classificação IDG no talude AEN.BRG.A7.066+586.TA.D.D.SL



Matrícula	AEN.BRG.A7.066+586.TA.D.D.SL
Concessão	Norte
Autoestrada	A7
Tipo de Localização	Fafe - Basto
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	060+061 060+336
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Inicio	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	35
	Inclinação do talude (°)	45
	Orientação	SE
	Banquetas	Não
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seca
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhuma
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sim
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	2000
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	Não existe
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
	Equipamentos de monitorização	Não necessário
Historial	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
Ações externas	Tipo 2	2,5
	Tipo 1	1,6
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	7291,0
	Solicitações do envolvente	Nenhum
RESULTADO	2,71	Médio

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	rotina
Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,30 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,29	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,85	Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,15	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,64	Médio

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Banqueta	Por se tratar de um talude com mais de 10 m de altura e 30° de inclinação, recomenda-se um reperfilamento para a execução de banquetas.
Alerta 2	Controlo de qualidade	Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para obtenção dos dados laboratoriais.
Alerta 3	Estado de conservação global	É necessário a realização de uma inspeção completa em todos os componentes.
Alerta 4		

Anexo 13 - Relatório de classificação IDG no talude AEN.VLR.A7.084+550.TA.C.D.SL



Matrícula	AEN.VLR.A7.084+550.TA.C.D.SL
Concessão	Norte
Autoestrada	A7
Tipo de Localização	Basto - Ribeira de Pena
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	084+550 084+672
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	38
	Inclinação do talude (º)	33,69
	Orientação	NW
	Banquetas	Não
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (º)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhuma
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sim
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	2000
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_A
	Drenagem Profunda	Não
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	não existe
Inspeções visuais	EM global	EM_A
	EC global	Não existe
	Anomalias detetadas	não
	Equipamentos de monitorização	não necessário
Historial	Antiguidade da estrutura	2005
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
Ações externas	Tipo 2	2,5
	Tipo 1	1,6
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	7291,0
	Solicitações do envolvente	Nenhuma
RESULTADO	2,44	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Inf. Rodoviária
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	rotina
Condicionismo ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,45 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,14	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,58	Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,30	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,50	Bom

ALERTA	ALERTAS PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Banqueta	Por se tratar de um talude com mais de 10 m de altura e 30º de inclinação, recomenda-se um reperfilamento para a execução de banquetas.
Alerta 2	Controlo de qualidade	Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para obtenção dos dados laboratoriais.
Alerta 3	Estado de conservação global	É necessário a realização de uma inspeção completa em todos os componentes.
Alerta 4		
Alerta 5		

Anexo 14 - Relatório de classificação IDG no talude AEN.BRG.A7.042+748.TA.C.D.SL



Matrícula	AEN.BRG.A7.042+748.TA.C.D.SL
Concessão	Norte
Autoestrada	A7
Tipo de Localização	Selha - Calvos
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	42+748 43+656
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	20
	Inclinação do talude (°)	33,69006753
	Orientação	NW
Geológico e Hidrogeológico	Banquetas	Não
	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhuma
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sobreescavação na fundação do aterro
	Material	Solo enrocamento
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	2000
	EM do sistema de drenagem	EM_A
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
Inspeções visuais	Outras proteções superficiais	não existe
	EM global	EM_A
	EC global	não existe
	Anomalias detetadas	não
Historial	Equipamentos de monitorização	não necessário
	Antiguidade da estrutura	2005
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
Ações externas	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,5
	Tipo 1	1,6
Ações externas	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	5976,0
	Solicitações da envolvente	Pouca solicitação
RESULTADO	2,19	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Zona residencial
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	rotina
Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,60 Menor

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,01	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,33	Bom
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,45	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,37	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Banqueta	Por se tratar de um talude com mais de 10 m de altura e 30° de inclinação, recomenda-se um reperfilamento para a execução de banquetas.
Alerta 2	Controlo de qualidade	Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para obtenção dos dados laboratoriais.
Alerta 3	Estado de conservação global	É necessário a realização de uma inspeção completa em todos os componentes.
Alerta 4		

Anexo 15 - Relatório de classificação IDG no talude CGL.LSB.A16.002+000.TA.C.D.SL



Matrícula	CGL.LSB.A16.002+000.TA.C.D.SL
Concessão	Grande Lisboa
Autoestrada	A16
Tipo de Localização	Alcabideche - AXI
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	2+000 2+050
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	2
	Inclinação do talude (°)	33,69006753
	Orientação	NW
	Banquetas	não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhuma
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Endentamento dos aterros existentes a Alargar
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1447
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	Não existe
	Drenagem Profunda	Não necessário
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	não existe
Inspeções visuais	EM global	EM_A
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
Historial	Equipamentos de monitorização	não necessário
	Antiguidade da estrutura	2009
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,3
	Tipo 1	1,3
	Velocidade máxima (Km/h)	60 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	51414,0
	Solicitações da envolvente	Vibrações devido aos ramos e alto tráfego

RESULTADO	2,19	Bom
-----------	------	-----

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Zona residencial
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	rotina
Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min

RESULTADO	1,60	Menor
-----------	------	-------

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,01	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,31	Bom
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,45	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,35	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Controlo de qualidade	Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para obtenção dos dados laboratoriais.
Alerta 2	Estado de conservação global	É necessário a realização de uma inspeção completa em todos os componentes.
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 16 - Relatório de classificação IDG no talude CGL.LSB.A16.014+065.TA.C.D.SL



Matrícula	CGL.LSB.A16.014+065.TA.C.D.SL
Concessão	Grande Lisboa
Autoestrada	A16
Tipo de Localização	Sacotes - Telhal
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	14+065 14+720
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	3
	Inclinação do talude (°)	33,69006753
	Orientação	N
	Banquetas	Não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Decapagem
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1447
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_C
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	menos de 25%
	EM global	EM_C
Inspeções visuais	EC global	não existe
	Anomalias detetadas	Não
	Equipamentos de monitorização	não necessário
	Antiguidade da estrutura	2009
Historial	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Ravimentos
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,3
Ações externas	Tipo 1	1,3
	Velocidade máxima (Km/h)	60 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	16484,0
	Solicitações da envolvente	Pouca solicitação
RESULTADO	2,51	Médio

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	área residencial
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	Rotina
Condicionamento ao tráfego	menso de 10 min
RESULTADO	1,60 Menor

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,23 Bom
-----------	----------

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,65 Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,45 Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,59 Médio

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Controlo de qualidade	Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para obtenção dos dados laboratoriais.
Alerta 2	Estado de conservação global	É necessário a realização de uma inspeção completa em todos os componentes.
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 17 - Relatório de classificação IDG no talude CGL.LSB.A16.008+810.TA.C.D.SL



Matrícula	CGL.LSB.A16.008+810.TA.C.D.SL
Concessão	Grande Lisboa
Autoestrada	A16
Tipo de Localização	Linhó - Ranholas
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	8+810 9+415
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	3,5
	Inclinação do talude (°)	33,69006753
	Orientação	E
	Banquetas	Não necessário
	Coesão (kPa)	N.A.
Geológico e Hidrogeológico	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhuma
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Decapagem
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1447
	EM do sistema de drenagem	EM_B
Efeitos Hidráulicos	Drenagem Profunda	Não necessário
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	não existe
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	não
Historial	Equipamentos de monitorização	não necessário
	Antiguidade da estrutura	2009
	Deformações	Fissuras pavimento
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,3
Ações externas	Tipo 1	1,3
	Velocidade máxima (Km/h)	60 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	24419,0
	Solicitações da envolvente	pouca solicitação
RESULTADO	2,22	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Area residencial
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	rotina
Condicionismo ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,60
	Menor

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,03	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,34	Bom
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,45	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,37	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Controlo de qualidade	Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para obtenção dos dados laboratoriais.
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 18 - Relatório de classificação IDG no talude CGL.LSB.A16.008+212.TA.C.D.SL



Matrícula	CGL.LSB.A16.008+212.TA.C.D.SL
Concessão	Grande Lisboa
Autoestrada	A16
Tipo de Localização	Linhó - Ranholas
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	14+735 14+768
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	2
	Inclinação do talude (º)	33,7
	Orientação	NW
	Banquetas	Não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (º)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Endentamento dos aterros existentes a Alargar
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1447
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_A
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	menos de 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_A
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
	Equipamentos de monitorização	Não necessário
Historial	Antiguidade da estrutura	2009
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,3
	Tipo 1	1,3
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	24419,0
	Solicitações do envolvente	Certas vibrações devido ao ramo paralelo
RESULTADO	2,10	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Inf. Rodoviária dos ramos
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	rotina
Condicionismo ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,45
	Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,90	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,22	Bom
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,30	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,24	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Controlo de qualidade	Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para obtenção dos dados laboratoriais.
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 19 - Relatório de classificação IDG no talude CGL.LSB.A16.000+889.TA.D.D.SL



Matrícula	CGL.LSB.A16.000+889.TA.D.D.SL
Concessão	Grande Lisboa
Autoestrada	A16
Tipo de Localização	Alcabideche - AKI
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	0+889 1+080
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	10
	Inclinação do talude (°)	33,69006753
	Orientação	SE
	Banquetes	não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Decapagem
	Material	Solo enrocamento
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	1447
	EM do sistema de drenagem	EM_C
	Drenagem Profunda	Não necessário
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	não existe
Inspeções visuais	EM global	EM_C
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	não
	Equipamentos de monitorização	não necessário
Historial	Antiguidade da estrutura	2009
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
Ações externas	Tipo 2	2,3
	Tipo 1	1,3
	Velocidade máxima (Km/h)	80km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	51414,0
	Solicitações da envolvente	Nenhuma
RESULTADO	2,55	Médio

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Floresta
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	rotina
Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,15 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,13 Bom
-----------	----------

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,67 Média
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,00 Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,47 Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 20 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.098+375.TA.D.D.SL



Matrícula	CP.AVR.A17.098+375.TA.D.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	098+375 098+891
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	6,5
	Inclinação do talude (°)	26,57
	Orientação	SE
	Banquetas	Não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento c/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sim
	Material	Solo enrocamento
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	1072,5
	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	Não necessário
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	não existe
	EM global	EM_B
Inspeções visuais	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	não
	Equipamentos de monitorização	Não necessário
Historial	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
Ações externas	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	80 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	nenhuma
RESULTADO	2,04	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	rotina
Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,30 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,82	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,18	Bom
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,15	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,17	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 21 - Relatório de classificação IDG no talude AEN.BRG.A7.060+061.TA.D.D.SL



Matrícula	AEN.BRG.A7.060+061.TA.D.D.SL
Concessão	Norte
Autoestrada	A7
Tipo de Localização	Fafe - Basto
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	094+240 094+775
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	22
	Inclinação do talude (º)	33,69
	Orientação	SE
Geológico e Hidrogeológico	Banquetas	Não
	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (º)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	seca
	Influ. de corpos hídr. superficiais	nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sobreescavação na fundação do aterro
	Material	Solo enrocamento
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	2000
	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
Inspeções visuais	Outras proteções superficiais	menos de 25%
	EM global	EM_B
	EC global	Não existe
	Anomalias detetadas	não
Historial	Equipamentos de monitorização	não necessário
	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
Ações externas	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,5
	Tipo 1	1,6
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Trafego médio diário (TMD)	5299,0
	Solicitações do envolvente	vibrações de uma estrada paralela
RESULTADO	2,75	Médio

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Floresta
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	rotina
Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,15 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,27 Bom
-----------	----------

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,89 Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,00 Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,63 Médio

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Banqueta	Por se tratar de um talude com mais de 10 m de altura e 30º de inclinação, recomenda-se um reporeamento para a execução de banquetas.
Alerta 2	Controlo de qualidade	Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para obtenção dos dados laboratoriais.
Alerta 3	Estado de conservação global	É necessário a realização de uma inspeção completa em todos os componentes.
Alerta 4		

Anexo 22 - Relatório de classificação IDG no talude SPI.CBR.A13.180+730.TA.C.D.SL



Matrícula	SPI.CBR.A13.180+730.TA.C.D.SL
Concessão	Pinhal Interior
Autoestrada	A13
Tipo de Localização	IC8 / Penela
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	180+730 181+095
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	16
	Inclinação do talude (°)	33,7
	Orientação	W
Geológico e Hidrogeológico	Banquetas	não
	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	não
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Decapagem
	Material	Solo enrocamento
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	1279
	EM do sistema de drenagem	EM_A
	Drenagem Profunda	não necessário
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	não existe
Inspeções visuais	EM global	EM_A
	EC global	não existe
	Anomalias detetadas	não
Historial	Equipamentos de monitorização	não necessário
	Antiguidade da estrutura	2012
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6983,0
RESULTADO	Solicitações da envolvente	nenhuma

RESULTADO 2,01 Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	rotina
Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min

RESULTADO 1,30 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO 1,80 Bom

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,15	Menor
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,15	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,15	Bom

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Banqueta	Por se tratar de um talude com mais de 10 m de altura e 30° de inclinação, recomenda-se um reperfilamento para a execução de banquetas.
Alerta 2	Controlo de qualidade	Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para obtenção dos dados laboratoriais.
Alerta 3	Estado de conservação global	É necessário a realização de uma inspeção completa em todos os componentes.
Alerta 4		

Anexo 23 - Relatório de classificação IDG no talude SPI.CBR.A13.180+715.TA.D.D.SL



Matrícula	SPI.CBR.A13.180+715.TA.D.D.SL
Concessão	Pinhal Interior
Autoestrada	A13
Tipo de Localização	IC8 / Penela
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	180+715 181+060
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
Estado da classificação	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	16
	Inclinação do talude (°)	32
	Orientação	E
	Banquetes	Não
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento s/ ensaios
	Tratamento da fundação	Decapagem
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1279
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_8
	Drenagem Profunda	sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	não existe
Inspeções visuais	EM global	EM_8
	EC global	não existe
	Anomalias detetadas	não
	Equipamentos de monitorização	não necessária
Historial	Antiguidade da estrutura	2012
	Deformações	Deslizamento de Terras/Instabilização do Aterro
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Máscara Drenante Pedra Argamassada Reperilamento e Máscara Drenante
Ações externas	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6983,0
	Solicitações do envolvente	nenhuma
RESULTADO	2,50	Médio

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Floresta
Escala de tempo de distúrbio	3 dias
Intervenções a realizar	preventiva
Condicionamento ao tráfego	10 a 20 min
RESULTADO	2,00 Menor

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,35 Bom
-----------	----------

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,60 Média
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,85 Média
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,68 Média

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Banqueta	Por se tratar de um talude com mais de 10 m de altura e 30° de inclinação, recomenda-se um reperilamento para a execução de banquetas.
Alerta 2	Controlo de qualidade	Recomenda-se a realização de uma campanha de inspeções para obtenção dos dados laboratoriais.
Alerta 3	Estado de conservação global	É necessário a realização de uma inspeção completa em todos os componentes.
Alerta 4		

Anexo 24 - Relatório de classificação IDG no talude CP.CBR.A17.092+130.TA.C.D.SL



Matrícula	CP.CBR.A17.092+130.TA.C.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Limite de Concessão - Mira
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	092+130 092+293
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	1,5
	Inclinação do talude (°)	18,43
	Orientação	NW
	Banquetes	Não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento c/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sim
Efeitos Hidráulicos	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1072,5
	EM do sistema de drenagem	Não existe elemento de drenagem
	Drenagem Profunda	Não existe elemento de drenagem
	Cobertura vegetal	mais de 80%
Inspeções visuais	Outras proteções superficiais	não existe
	EM global	EM_B
	EC global	EC_3
	Anomalias detetadas	Erosão Superficial
Historial	Equipamentos de monitorização	Não necessário
	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Deslizamentos 2010 e Peladas 2016
	Erosão	Erosão Superficial 2023
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
RESULTADO	Solicitações da envolvente	Nenhuma

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Floresta
Escala de tempo de distúrbio	3 dias
Intervenções a realizar	Reparação não estrutural
Condicionamento ao tráfego	10 a 30 min
RESULTADO	

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,28	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,41	Média
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	3,10	Média
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,61	Médio

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Estado de manutenção do sistema de drenagem	Por se tratar de um talude com elevada incidência de ocorrências, recomenda-se a instalação de elementos de drenagem superficial.
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 25 - Relatório de classificação IDG no talude GP.PRT.A41.008+198.TA.D.D.SL



Matrícula	GP.PRT.A41.008+198.TA.D.D.SL
Concessão	Grande Porto
Autoestrada	A41
Tipo de Localização	EN14 - EN107
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	8+198 8+610
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude [m]	8
	Inclinação do talude [°]	67
	Orientação	SE
	Banquetas	Não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito [°]	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento c/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sim
	Material	Solo enrocamento
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	1253,5
	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	Mais de 80%
	Outras proteções superficiais	Menos de 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	Não existe
	Anomalias detetadas	Não
Historial	Equipamentos de monitorização	Não necessário
	Antiguidade da estrutura	2003
	Deformações	Deslizamentos
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
Ações externas	Tipo 2	2,5
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Trafego médio diário (TMD)	38742,0
	Solicitações do envolvente	Nenhuma
RESULTADO	2,50	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	Rotina
Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,30 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,14	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,62	Menor
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,15	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,48	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Estado de manutenção do sistema de drenagem	Por se tratar de um talude com elevada incidência de ocorrências, recomenda-se a instalação de elementos de drenagem superficial.
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 26 - Relatório de classificação IDG no talude GP.PRT.A41.016+423.TA.C.D.SL



Matrícula	GP.PRT.A41.016+423.TA.C.D.SL
Concessão	Grande Porto
Autoestrada	A41
Tipo de Localização	Alfena - Santo Tirso
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	16+423 16+800
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude [m]	7
	Inclinação do talude [°]	33,69
	Orientação	N
	Banquetas	Não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito [°]	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento c/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sim
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1253,5
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_A
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	Mais de 80%
	Outras proteções superficiais	Menos de 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_A
	EC global	Não existe
	Anomalias detetadas	Não
Historial	Equipamentos de monitorização	Não necessário
	Antiguidade da estrutura	2003
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Erosão
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Muro de Gabioes
	Tipo 2	2,5
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima [Km/h]	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	30186,5
	Solicitações da envolvente	Nenhum
RESULTADO	2,16	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Floresta
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	Rotina
Condicionamento ao tráfego	Menos de 10 min
RESULTADO	1,00 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,81	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,24	Menor
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	1,85	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,12	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Estado de manutenção do sistema de drenagem	Por se tratar de um talude com elevada incidência de ocorrências, recomenda-se a instalação de elementos de drenagem superficial.
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 27 - Relatório de classificação IDG no talude GP.PRT.A4.003+403.TA.C.D.SL



Matrícula	GP.PRT.A4.003+403.TA.C.D.SL	
Concessão	Grande Porto	
Autoestrada	A4	
Tipo de Localização	Custóias - Via Norte	
Localização	Plena via	
Sentido	Crescente	
PK's da Estrutura	3+403	3+422
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	
IDG	Bom	
Data Início	10/09/2025	
Data Conclusão	10/09/2025	



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	2
	Inclinação do talude (°)	33,69
	Orientação	NW
	Banquetas	Não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento c/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sim
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1253,5
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	Não
	Cobertura vegetal	Mais de 80%
	Outras proteções superficiais	Menos de 25%
	EM global	EM_B
Inspeções visuais	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
	Equipamentos de monitorização	Não necessário
Historial	Antiguidade da estrutura	2003
	Deformações	Deslizamentos
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
Ações externas	Tipo 2	2,5
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	100 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	62000,0
	Solicitações da envolvente	Vibrações devido a via da PI
RESULTADO	2,33	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Área residencial
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	Rotina
Condicionamento ao tráfego	Menos de 10 min
RESULTADO	1,60 Menor

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,11	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,45	Menor
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,45	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,45	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 28 - Relatório de classificação IDG no talude GP.PRT.VRI.002+211.TA.C.D.SL



Matrícula	GP.PRT.VRI.002+211.TA.C.D.SL
Concessão	Grande Porto
Autoestrada	VRI
Tipo de Localização	VILPL - Custóias
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	2+211 2+635
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	11
	Inclinação do talude (º)	33,69
	Orientação	E
	Banquetas	Não
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (º)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídric. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento c/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sim
Efeitos Hidráulicos	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1253,5
	EM do sistema de drenagem	EM_C
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	Mais de 80%
Inspeções visuais	Outras proteções superficiais	Menos de 25%
	EM global	EM_C
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
Historial	Equipamentos de monitorização	Não necessária
	Antiguidade da estrutura	2003
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Erosão
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
Ações externas	Tipo 2	2,5
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	100 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	46516,0
	Solicitações do envolvente	Nenhuma
RESULTADO	2,70	Médio

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	Rotina
Condicionamento ao tráfego	Menos de 10 min
RESULTADO	1,30
	Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,28	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,82	Menor
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,15	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,62	Médio

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Banqueta	Por se tratar de um talude com mais de 10 m de altura e 30º de inclinação, recomenda-se um reperfilamento para a execução de banquetas.
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 29 - Relatório de classificação IDG no talude CP.CBR.A17.092+425.TA.D.D.SL



Matrícula	CP.CBR.A17.092+425.TA.D.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Limite de Concessão - Mira
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	092+425 092+528
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	2,5
	Inclinação do talude (º)	18,43
	Orientação	SE
	Banquetas	Não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (º)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento c/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sim
	Material	Solo enrocamento
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	1072,5
	EM do sistema de drenagem	EM_A
	Drenagem Profunda	Não necessário
	Cobertura vegetal	Mais de 80%
	Outras proteções superficiais	Menos de 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_A
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
Historial	Equipamentos de monitorização	Não necessário
	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	erosão interna
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Contenção Azenha + Reformulação sistema drenagem
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	Vibrações devido ao Ramo
RESULTADO	1,96	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Inf. Rodoviária
Escala de tempo de distúrbio	Menos de 1 dia
Intervenções a realizar	Preventiva
Condicionamento ao tráfego	Menos de 10 min
RESULTADO	1,70 Menor

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,88	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,10	Média
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,55	Média
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,23	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 30 - Relatório de classificação IDG no talude CP.CBR.A17.092+478.TA.C.D.SL



Matrícula	CP.CBR.A17.092+478.TA.C.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Límite de Concessão - Mira
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	092+478 092+528
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	1,5
	Inclinação do talude (°)	18,43
	Orientação	NW
	Banquetas	Não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídric. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento c/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sim
	Material	Solo enrocamento
	Precipitação média anual (mm)	1072,5
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	Não existe
	Drenagem Profunda	Não necessário
	Cobertura vegetal	Mais de 80%
	Outras proteções superficiais	Menos de 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_A
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
Historial	Equipamentos de monitorização	Não necessário
	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	erosão
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	40 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	Vibrações do ramo

RESULTADO	2,03	Bom
-----------	------	-----

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Inf. Rodoviária
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	Rotina
Condicionalismo ao tráfego	Menos de 10 min

RESULTADO	1,45	Desprezável
-----------	------	-------------

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,85	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,16	Menor
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,30	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,21	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Estado de manutenção do sistema de drenagem (a)B	Não se verificam elementos de drenagem na área em análise, recomendando-se a implementação de dispositivos de drenagem superficial adequados.
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 31 - Relatório de classificação IDG no talude CP.CBR.A17.092+584.TA.C.D.SL



Matrícula	CP.CBR.A17.092+584.TA.C.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Mira - Ponte de Vagos (Sto. André)
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	092+584 093+055
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	3
	Inclinação do talude (°)	18,43
	Orientação	NW
	Banquetas	Não necessária
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento c/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sim
	Material	Solo enrocamento
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	1072,5
	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	Não necessária
	Cobertura vegetal	Mais de 80%
	Outras proteções superficiais	Menos de 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	EC_2
	Anomalias detetadas	Sim
Historial	Equipamentos de monitorização	Não necessária
	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	erosão
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Mascaras Drenantes + e Limpeza do sistema de drenagem
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	80 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	Nenhuma
RESULTADO	2,19	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola
Escala de tempo de distúrbio	3 dias
Intervenções a realizar	Reparação não estrutural
Condicionamento ao tráfego	10 a 30 min
RESULTADO	2,40 Menor

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,25 Bom
-----------	----------

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,33 Média
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	3,25 Média
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,60 Médio

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 32 - Relatório de classificação IDG no talude CP.CBR.A17.092+584.TA.D.D.SL



Matrícula	CP.CBR.A17.092+584.TA.D.D.SL	
Concessão	Costa de Prata	
Autoestrada	A17	
Tipo de Localização	Mira - Ponte de Vagos (Sto. André)	
Localização	Plena via	
Sentido	Decrescente	
PK's da Estrutura	092+584	092+685
Tipo do Talude	Aterro em Solo/Solo-Enrocamento	
IDG	Bom	
Data Início	10/09/2025	
Data Conclusão	10/09/2025	



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	3
	Inclinação do talude (°)	18,43
	Orientação	NW
Geológico e Hidrogeológico	Banquetas	Não necessário
	Coesão (kPa)	N.A.
	Ângulo de atrito (°)	N.A.
	Tipo de solo	N.A.
	Litologia	N.A.
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hidric. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	Acompanhamento c/ ensaios
	Tratamento da fundação	Sim
	Material	Solo enrocamento
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	1072,5
	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	Mais de 80%
	Outras proteções superficiais	Menos de 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
Historial	Equipamentos de monitorização	Não necessário
	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	erosão
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Mascaras drenantes + Reforço drenagem
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	Vibrações dos ramos
RESULTADO	2,18	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

PARÂMETROS	VALOR
Matriz de risco dos arredores	Inf. Rodoviária
Escala de tempo de distúrbio	1 dia
Intervenções a realizar	Rotina
Condicionalismo ao tráfego	Menos de 10 min
RESULTADO	1,45 Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,96	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,32	Menor
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,30	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,31	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Estado de manutenção do sistema de drenagem (a)	Não se identificam elementos de drenagem superficial na área em análise, verificando-se apenas a presença de drenagem profunda. Recomenda-se, assim, a implementação de dispositivos de drenagem superficial adequados.
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 33 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.100+020.TE.D.D.SL



Matrícula	CP.AVR.A17.100+020.TE.D.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	100+020 100+439
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	2,68
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	7
	Inclinação do talude (º)	26,57
	Orientação	SE
	Banquetas	Sim
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	100
	Ângulo de atrito (º)	32
	Tipo de solo	CL
	Litologia	estratificação regular
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Distante
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
	Material	N.A.
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	1072,5
	EM do sistema de drenagem	EM_C
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	Mais de 80%
	Outras proteções superficiais	menor de 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_C
	EC global	EC_2
	Anomalias detetadas	Não, mas já existiu
Historial	Equipamentos de monitorização	Necessita de monitorização
	Antiquidade da estrutura	2004
	Deformações	Deslizamentos em 2016
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Revestimento com enrocamento
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações do envolvente	pouco solicitado
RESULTADO	2,75	Médio

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola
	Escala de tempo de distúrbio	Até 7 dias
	Intervenções a realizar	Manutenção preventiva
	Condicionamento ao tráfego	possibilidade de basculamento distante
RESULTADO	2,50	Média

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,68	Médio
-----------	------	-------

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,89	Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	3,35	Média
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	3,03	Médio

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 34 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A29.008+050.TE.D.D.SL



Matrícula	CP.AVR.A29.008+050.TE.D.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A29
Tipo de Localização	Salreu - Estarreja
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	008+050 009+022
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	21
	Inclinação do talude (°)	26,57
	Orientação	NE
Geológico e Hidrogeológico	Banquetas	Não
	Coesão (kPa)	193 - 384
	Ângulo de atrito (°)	33 - 40
	Tipo de solo	não existe
	Litologia	estratificação regular
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhuma
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
	Material	N.A.
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	1756
	EM do sistema de drenagem	EM_A
	Drenagem Profunda	sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
Inspeções visuais	Outras proteções superficiais	menos de 25%
	EM global	EM_B
	EC global	EC_2
	Anomalias detetadas	Não
	Equipamentos de monitorização	Não necessário
Historial	Antiguidade da estrutura	2009
	Deformações	Abatimento da Berma direita
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Execução Dreno + Revestimento da Valeta Plataforma
Ações externas	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	14528,0
	Solicitações da envolvente	Nenhum
RESULTADO	2,45	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola
	Escala de tempo de distúrbio	7 dia
	Intervenções a realizar	Preventiva
	Condicionallismo ao tráfego	até 30 min
RESULTADO	2,15	Menor

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,36	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,59	Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	3,00	Média
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,71	Médio

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Tipo de solo	Recomenda-se uma nova campanha de prospeção com ensaios laboratoriais.
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 35 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL



Matrícula	CP.AVR.A17.100+540.TE.C.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	100+540 101+317
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	9
	Inclinação do talude (°)	26,57
	Orientação	NW
	Banquetas	Sim
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	100
	Ângulo de atrito (°)	32
	Tipo de solo	CL
	Litologia	estratificação regular
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídric. superficiais	nenhum
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
Efeitos Hidráulicos	Material	N.A.
	Precipitação média anual (mm)	1072,5
	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
Inspeções visuais	Outras proteções superficiais	menos de 25%
	EM global	EM_B
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
Historial	Equipamentos de monitorização	não necessário
	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Descalcamento Descida de talude
Ações externas	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	nenhuma
RESULTADO	2,21	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola
	Escala de tempo de distúrbio	1 dia
	Intervenções a realizar	rotina
	Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,30	Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,94	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,35	Bom
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,15	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,29	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 36 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.100+540.TE.D.D.SL



Matrícula	CP.AVR.A17.100+540.TE.D.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	100+540 101+200
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	9
	Inclinação do talude (°)	26,57
	Orientação	SE
	Banquetas	Sim
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	100
	Ângulo de atrito (°)	32
	Tipo de solo	CL
	Litologia	estratificação regular
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
	Material	N.A.
	Precipitação média anual (mm)	1072,5
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	menos de 25%
	EM global	EM_B
Inspeções visuais	EC global	EC_2
	Anomalias detetadas	Não
	Equipamentos de monitorização	Não necessário
Historial	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
Ações externas	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120 km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	nenhuma

RESULTADO	2,24	Bom
-----------	------	-----

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola
	Escala de tempo de distúrbio	1 dia
	Intervenções a realizar	rotina
	Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min

RESULTADO	1,30	Desprezável
-----------	------	-------------

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,95	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,38	Bom
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,15	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,31	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 37 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.101+900.TE.D.D.SL



Matrícula	CP.AVR.A17.101+900.TE.D.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	101+900 103+625
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	6
	Inclinação do talude (°)	26,57
	Orientação	SE
	Banquetas	Sim
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	97 – 192
	Ângulo de atrito (°)	32
	Tipo de solo	CL
	Litologia	estratificação regular
	Infiltração de águas subterrâneas	molhado devido a sazonalidade de Aveira
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Drenagem Sazonal
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
Efeitos Hidráulicos	Material	N.A.
	Precipitação média anual (mm)	1072,5
	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	menos de 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	EC_2
	Anomalias detetadas	Não
Historial	Equipamentos de monitorização	não necessário
	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120km
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	Vibrações devido ao estacionamento próximo a crista
RESULTADO	2,50	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	Zona industrial
	Escala de tempo de distúrbio	1 dia
	Intervenções a realizar	Rotina
	Condicionallismo ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,60	Menor

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,23	Bom
CENÁRIO PARA 2030		
ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,64	Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,45	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,58	Médio

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 38 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.101+850.TE.C.D.SL



Matrícula	CP.AVR.A17.101+850.TE.C.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	101+850 103+522
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	Médio
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	14
	Inclinação do talude (°)	26,57
	Orientação	NW
	Banquetes	Sim
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	97 – 192
	Ângulo de atrito (°)	32
	Tipo de solo	CL
	Litologia	estratificação regular
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
Efeitos Hidráulicos	Material	N.A.
	Precipitação média anual (mm)	1072,5
	EM do sistema de drenagem	EM_C
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
Inspeções visuais	Outras proteções superficiais	menso de 25%
	EM global	EM_C
	EC global	EC_2
Historial	Anomalias detetadas	Sim em 2023
	Equipamentos de monitorização	Não necessário
	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Erosão interna 2023
Ações externas	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Reparação não estrutural
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	Nenhuma
RESULTADO	2,84	Médio

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola
	Escala de tempo de distúrbio	3 dias
	Intervenções a realizar	Preventiva
	Condicionalismo ao tráfego	menos de 10min
RESULTADO	1,90	Menor

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,56	Médio
-----------	------	-------

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,98	Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,75	Média
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,91	Médio

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 39 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.098+730.TE.C.D.SL



Matrícula	CP.AVR.A17.098+730.TE.C.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	098+730 098+956
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	2
	Inclinação do talude (°)	26,57
	Orientação	NW
	Banquetas	não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	100
	Ângulo de atrito (°)	32
	Tipo de solo	CL
	Litologia	estratificação regular
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
	Material	N.A.
	Precipitação média anual (mm)	1072,5
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	enos de 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	Não
Historial	Equipamentos de monitorização	não necessário
	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	Nenhuma
RESULTADO	2,04	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	Exploração agrícola
	Escala de tempo de distúrbio	1 dia
	Intervenções a realizar	rotina
	Condicionismo ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,30	Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,82	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,18	Bom
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,15	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,17	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 40 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.098+891.TE.D.D.SL



Matrícula	
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	098+891 099+075
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	6
	Inclinação do talude (°)	26,57
	Orientação	SE
	Banquetes	Não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	100
	Ângulo de atrito (°)	32
	Tipo de solo	CL
	Litologia	estratificação regular
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	nenhum
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
	Material	N.A.
	Precipitação média anual (mm)	1072,5
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	não existe
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	não
Historial	Equipamentos de monitorização	Não necessário
	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
RESULTADO	Solicitações da envolvente	Nenhuma

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	área de serviço de Vagos
	Escala de tempo de distúrbio	1 dia
	Intervenções a realizar	rotina
	Condicionaismo ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,45	Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,97	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,34	Bom
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,30	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,32	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 41 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.098+956.TE.C.D.SL



Matrícula	CP.AVR.A17.098+956.TE.C.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	098+956 099+312
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	6
	Inclinação do talude (°)	26,57
	Orientação	NW
	Banquetas	Não necessária
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	100
	Ângulo de atrito (°)	32
	Tipo de solo	CL
	Litologia	estratificação regular
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
	Material	N.A.
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	1072,5
	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	sim
	Cobertura vegetal	0,8
	Outras proteções superficiais	mais que 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	não
Historial	Equipamentos de monitorização	Não necessária
	Antiquidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
	Intervenções	Manutenção rotina
Ações externas	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações do envolvente	Área de serviço de vagos na sua crista
RESULTADO	2,37	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	área de serviço de Vagos
	Escala de tempo de distúrbio	1 dia
	Intervenções a realizar	rotina
	Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,45	Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,10	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,51	Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,30	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,45	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 42 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.099+075.TE.D.D.SL



Matrícula	CP.AVR.A17.099+075.TE.D.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos
Localização	Plena via
Sentido	Decrescente
PK's da Estrutura	099+075 099+330
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	6
	Inclinação do talude (°)	26,57
	Orientação	SE
	Banquetas	não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	100
	Ângulo de atrito (°)	32
	Tipo de solo	CL
	Litologia	estratificação regular
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídric. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
	Material	N.A.
	Precipitação média anual (mm)	1072,5
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_C
	Drenagem Profunda	sim
	Cobertura vegetal	mais de 80%
	Outras proteções superficiais	menos que 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_C
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	não
Historial	Equipamentos de monitorização	não necessário
	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	Área de serviço de vagos na sua crista
RESULTADO	2,61	Médio

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	área de serviço de Vagos
	Escala de tempo de distúrbio	1 dia
	Intervenções a realizar	rotina
	Condicionamento ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,45	Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,26	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,75	Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,30	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,62	Médio

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 43 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.099+312.TE.C.D.SL



Matrícula	CP.AVR.A17.099+312.TE.C.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	099+312 099+560
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	5,5
	Inclinação do talude (°)	26,57
	Orientação	NW
	Banquetes	não necessário
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	100
	Ângulo de atrito (°)	32
	Tipo de solo	CL
	Litologia	estratificação regular
	Infiltração de águas subterrâneas	seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	nenhum
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
	Material	N.A.
	Precipitação média anual (mm)	1072,5
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	sim
	Cobertura vegetal	menos de 80%
	Outras proteções superficiais	mais de 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	não
Historial	Equipamentos de monitorização	não necessário
	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	Pouca devido a saída da área de serviço
RESULTADO	2,20	Bom

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	Floresta
	Escala de tempo de distúrbio	1 dia
	Intervenções a realizar	rotina
	Condicionalismo ao tráfego	menos de 10 min
RESULTADO	1,15	Desprezável

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	1,89	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,34	Bom
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,00	Menor
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL	2,24	Bom

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 44 - Relatório de classificação IDG no talude CP.AVR.A17.100+000.TE.C.D.SL



Matrícula	CP.AVR.A17.100+000.TE.C.D.SL
Concessão	Costa de Prata
Autoestrada	A17
Tipo de Localização	Ponte de Vagos (Sto. André) - Vagos
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	100+000 100+439
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	Médio
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	28
	Inclinação do talude (°)	26,57
	Orientação	NW
	Banquetas	Sim
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	100
	Ângulo de atrito (°)	32
	Tipo de solo	CL
	Litologia	estratificação regular
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhum
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
	Material	N.A.
	Precipitação média anual (mm)	1072,5
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_C
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	aprox. 60%
	Outras proteções superficiais	aprox. 40%
Inspeções visuais	EM global	EM_C
	EC global	EC_1
	Anomalias detetadas	sim
	Equipamentos de monitorização	sim
Historial	Antiguidade da estrutura	2004
	Deformações	Deslizamento Circular 2023
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Reparação não estrutural
	Tipo 2	2,4
	Tipo 1	1,5
	Velocidade máxima (Km/h)	120km/h
	Tráfego médio diário (TMD)	6666,2
	Solicitações da envolvente	Zona residencial na sua crista
RESULTADO	2,87	Médio

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	Zona residencial
	Escala de tempo de distúrbio	3 dias
	Intervenções a realizar	manutenção preventiva
	Condicionais ao tráfego	10 a 30 min
RESULTADO	2,45	Menor

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,75	Médio
-----------	------	-------

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	3,01	Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	3,30	Média
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLO	3,10	Médio

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1		
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 45 - Relatório de classificação IDG no talude AEN.BRG.A7.000+550.TE.C.D.N4.LIG1



Matrícula	AEN.BRG.A7.000+550.TE.C.D.N4.LIG1
Concessão	Norte
Autoestrada	A7
Tipo de Localização	Nó de Fimalicão - Ramo de Ligação (1)
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	0+550 0+940
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	Bom
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrico	Altura do talude (m)	15
	Inclinação do talude (°)	33,7
	Orientação	S
Geológico e Hidrogeológico	Banquetas	não
	Coesão (kPa)	SPT 60
	Ângulo de atrito (°)	35-36
	Tipo de solo	SM, SC
	Litologia	Homogênea
	Infiltração de águas subterrâneas	húmido
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhuma
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
	Material	N.A.
Efeitos Hidráulicos	Precipitação média anual (mm)	2000
	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	Não
	Cobertura vegetal	Mais de 80%
	Outras proteções superficiais	Menos de 25%
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	Não existe
	Anomalias detetadas	Não
Historial	Equipamentos de monitorização	Não necessário
	Antiguidade da estrutura	2014
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Nenhuma
Ações externas	Intervenções	Manutenção rotina
	Tipo 2	2,5
	Tipo 1	1,6
	Velocidade máxima (Km/h)	40
	Tráfego médio diário (TMD)	23329,4
RESULTADO	Solicitações da envolvente	Vibrações do ramo

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	Zona industrial
	Escala de tempo de distúrbio	1 dia
	Intervenções a realizar	Rotina
	Condicionalismo ao tráfego	mais de 10 min
RESULTADO		

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,47	Bom
-----------	------	-----

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,86	Média
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	2,70	Média
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBA	2,81	Média

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Banqueta	Por se tratar de um talude com mais de 10 m de altura e 30º de inclinação, recomenda-se um reperfilamento para a execução de banquetas.
Alerta 2	Estado de conservação global	É necessário a realização de uma inspeção completa em todos os componentes.
Alerta 3		
Alerta 4		

Anexo 46 - Relatório de classificação IDG no talude CGL.LSB.A16.000+060.TE.C.E.N15.RB



Matrícula	CGL.LSB.A16.000+060.TE.C.E.N15.RB
Concessão	Grande Lisboa
Autoestrada	A16
Tipo de Localização	Nó de A16-A9 - Ramo de N6 (B)
Localização	Plena via
Sentido	Crescente
PK's da Estrutura	0+060 0+478
Tipo do Talude	Escavação em Solo
IDG	Médio
Data Início	10/09/2025
Data Conclusão	10/09/2025



ÍNDICE DE DESEMPENHO

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Geométrica	Altura do talude (m)	9
	Inclinação do talude (°)	60
	Orientação	NW
	Banquetas	Sim
Geológico e Hidrogeológico	Coesão (kPa)	20
	Ângulo de atrito (°)	35
	Tipo de solo	SM, SC
	Litologia	estratificação regular
	Infiltração de águas subterrâneas	Seco
	Influ. de corpos hídr. superficiais	Nenhuma
	Controlo de qualidade	N.A.
	Tratamento da fundação	N.A.
	Material	N.A.
	Precipitação média anual (mm)	1447
Efeitos Hidráulicos	EM do sistema de drenagem	EM_B
	Drenagem Profunda	Sim
	Cobertura vegetal	Menos de 50%
	Outras proteções superficiais	Mais de 50%
Inspeções visuais	EM global	EM_B
	EC global	EC_2
	Anomalias detetadas	Sim
Historial	Equipamentos de monitorização	Não necessário
	Antiguidade da estrutura	2017
	Deformações	Nenhuma
	Erosão	Nenhuma
	Fendas de tração	Alta
	Intervenções	Manutenção rotina
Ações externas	Tipo 2	2,3
	Tipo 1	1,3
	Velocidade máxima (Km/h)	60
	Tráfego médio diário (TMD)	56914,6
	Solicitações do envolvente	Vibrações do ramo
RESULTADO	2,65	Médio

ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA

COMPONENTES	PARÂMETROS	VALOR
Consequência socioeconómica	Matriz de risco dos arredores	Inf. Rodoviária
	Escala de tempo de distúrbio	7 dias
	Intervenções a realizar	Reparação estrutural sem contenção
	Condicionallismo ao tráfego	mais de 30 min
RESULTADO	3,40	Média

ÍNDICE DE DESEMPENHO GLOBAL

RESULTADO	2,88	Médio
-----------	------	-------

CENÁRIO PARA 2030

ÍNDICE DE DESEMPENHO	2,76	Médio
ÍNDICE DE CONSEQUÊNCIA	4,25	Maior
ÍNDICE DE DESEMPENHO GLO	3,20	Médio

ALERTAS

ALERTA	PARÂMETRO	OBSERVAÇÃO
Alerta 1	Anomalias detetadas	Anomalias graves detetadas na última inspeção visual
Alerta 2		
Alerta 3		
Alerta 4		

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Eu, **Cleiton Moraes**, N.º CC: 1230255,

Declaro ter conduzido e desenvolvido este trabalho académico com integridade e ética. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à elaboração da dissertação/projeto/estágio.

Declaro ainda que pontualmente recorri a ferramentas de inteligência artificial (IA) — texto, imagem, vídeo ou outro formato — apenas para fins académicos de pesquisa avançada de tópico específico e ainda fiz devida citação deste recurso sem colocar em causa os direitos de autor ou uso indevido de informações ou falsificação de conteúdos.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

ISEP, Porto, 22 de setembro de 2025

Cleiton Moraes