XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/98

Metodologia para mapeamento de risco a movimentos de massa em taludes rodoviários

Marco Antonio Arnaud Rocha
Engenheiro Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, marcoarnaudrocha@gmail.com

Fábio Lopes Soares
Professor, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, flseng@uol.com.br

Larissa Ferreira Gomes de Araújo
Doutoranda, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, larissa.ferreira@ufpe.br

RESUMO: O presente trabalho propõe a elaboração de uma ficha de avaliação para mapeamento de risco a movimentos de massa em taludes ao longo das rodovias, utilizando como estudo de caso os primeiros 89 quilômetros da Rodovia Federal BR-232/PE, que liga os municípios de Recife à Gravatá, no estado de Pernambuco. O trecho foi escolhido devido ao seu histórico de escorregamentos e acidentes em geral. A metodologia consistiu na análise preliminar do trecho por meio de levantamento fotográfico com imagens do *Google Earth*, a partir do qual foram selecionados os pontos mais críticos, buscando representar os perfis de solos mais comuns do segmento analisado. Com base nas feições observadas e nos critérios propostos por Soares e Pereira (2017), foram definidos e ponderados parâmetros qualitativos para subsidiar a classificação do risco. A aplicação da ficha de avaliação determinou a seguinte classificação quanto ao risco de movimentos de massa: 14,29% - estável; 28,57% - médio; 57,14% - alto. Os resultados indicam que o método proposto contribui como uma ferramenta para a prevenção de acidentes associados à instabilidade de taludes rodoviários e apoio à tomada de decisão técnica na gestão de riscos.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de Riscos, Ficha de Avaliação, Mapeamento, Parâmetros, Segurança Viária, Taludes Rodoviários.

ABSTRACT: This study proposes the development of an assessment form for mapping the risk of mass movements on slopes along highways, using as a case study the first 89 kilometers of the BR-232/PE Federal Highway, which connects the municipalities of Recife and Gravatá, in the state of Pernambuco. This section was chosen due to its history of landslides and accidents in general. The methodology consisted of a preliminary analysis of the section through photographic surveys using *Google Earth* images, from which the most critical points were selected, seeking to represent the most common soil profiles of the analyzed segment. Based on the observed features and the criteria proposed by Soares and Pereira (2017), qualitative parameters were defined and weighted to support the risk classification. The application of the assessment form determined the following classification regarding the risk of mass movements: 14.29% - stable; 28.57% - medium; 57.14% - high. The results indicate that the proposed method contributes as a tool for preventing accidents associated with the instability of road slopes and supporting technical decision-making in risk management.

KEYWORDS: Risk Management, Assessment Form, Mapping, Parameters, Road Safety, Road Embankments.

1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é fundamental para as dinâmicas social e econômica do Brasil, viabilizando o fluxo de pessoas e mercadorias por todas as suas regiões. A centralidade da infraestrutura rodoviária na organização do território, nos deslocamentos e nas cadeias logísticas remonta ao próprio processo histórico do país. A relevância do modo rodoviário se evidencia pela sua predominância na matriz de transporte,

respondendo por 65% da movimentação de cargas e 95% do transporte de passageiros no território nacional (CNT, 2025).

Devido às dimensões continentais do Brasil, as rodovias atravessam diversas condições de relevo, solo e hidrologia. Essas condições têm que ser estudadas e consideradas no projeto de cada trecho de um empreendimento. Fenômenos de origem natural, tais como inundações, erosões e deslizamentos de terra, podem ameaçar a estabilidade das encostas por onde passam as vias e trazer graves consequências sociais, ambientais e econômicas (Tonus, 2009).

Instabilidades em taludes nas marginais das rodovias são fatores de risco à segurança dos usuários e moradores lindeiros. Além de potenciais causadores de acidentes por desmoronamentos, geram impactos ambientais com o carreamento de sedimentos para o interior de cursos d'água (EGR, 2020). Os órgãos rodoviários têm convivido com um número muito grande de passivos ambientais relacionados a esses processos, os quais podem se desenvolver devido à insuficiência de estudos geológico-geotécnicos na fase de projeto, fatores construtivos e/ou à falta de manutenção.

Importantes rodovias brasileiras apresentam taludes afetados por escorregamentos e erosões de diferentes portes, como a BR-010, entre os municípios de Paragominas e Ipixuna – Pará (Silva *et al*., 2025); BR-116 (Rodovia Régis Bittencourt), Cajati – São Paulo (Britto e Fiori, 2021); BR-356, Ouro Preto – Minas Gerais (Silva e Santos, 2020) e MT-358, Tangará da Serra – Mato Grosso (Genuíno e Sá, 2025). Em Pernambuco, ao longo da BR-232 (Recife – Parnamirim), os deslizamentos de terra também são um problema recorrente, principalmente entre os quilômetros 0 e 89, que liga os municípios de Recife e Gravatá, devido às características geológicas e geomorfológicas da área. A rodovia atravessa uma região de topografia íngrime, com solos predominantemente argilosos e declividades acentuadas, o que torna a localidade como um todo propensa a movimentos de massa, especialmente durante períodos chuvosos intensos.

A BR-232 é a segunda rodovia federal mais perigosa de Pernambuco em relação ao número de sinistros, ficando atrás apenas da BR-101, que pela sua dimensão nacional, recebe um volume maior de veículos. Mas, lidera em fatalidades, o que evidencia a baixa segurança viária. No período de novembro/2023 a outubro/2024, foram registrados 3.264 acidentes nas rodovias federais pernambucanas. Esses acidentes deixaram um total de 294 óbitos, o que representa 9 mortes a cada 100 sinistros. A BR-232 foi a rodovia que registrou mais mortes no período, com 93 ocorrências - 31,6% do total (CNT, 2024).

Dados da Polícia Rodoviária Federal indicam ainda que, em 2023, os segmentos da BR-232 compreendidos entre os quilômetros 0 e 10 (Recife – Jaboatão dos Guararapes) e 50 e 60 (Vitória – Pombos) concentraram, respectivamente, 45 e 19 sinistros graves, resultando em 6 mortes em cada trecho. Adicionalmente, os intervalos entre os quilômetros 10 e 20, no município de Jaboatão dos Guararapes, e entre os quilômetros 80 e 90, no município de Gravatá, registraram 18 e 14 sinistros graves, com 2 e 5 óbitos, respectivamente (Soares, 2024).

Dentre as causas das fatalidades verificadas, uma parcela não insignificante é decorrente do deslocamento de terra, o qual pode gerar acidentes de forma direta, pelo encobrimento de veículos, pedestres, animais, barracas temporárias a beira da estrada, etc., e indireta, danificando as vias de rodagem de forma súbita, obstruindo a via com materiais pedregosos ou finos, reduzindo a aderência na mesma (Rocha, 2023).

Considerando que uma quantidade significativa de acidentes e fatalidades encontradas nessa rodovia estão localizadas em seus primeiros 89 quilômetros e em áreas caracterizadas por cortes em encostas, reforça-se a necessidade de atenção à estabilidade geotécnica desses trechos. A recuperação e manutenção de taludes nessas condições pode ser bastante desafiadora, em razão de fatores como a geometria do terreno, as características dos solos, a ação de agentes externos, além dos custos diretos e indiretos envolvidos, incluindo interdições de pista, congestionamentos, deterioração de cargas e atrasos nas entregas.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe a elaboração de uma ficha de avaliação para mapeamento de risco a movimentos de massa em taludes ao longo das rodovias, realizando uma avaliação preliminar do risco de deslizamentos, com o objetivo de facilitar a coleta sistemática de informações e subsidiar a tomada de decisão técnica. Como estudo de caso, são analisados os trechos mais acidentados da Rodovia Federal BR-232/PE, ao longo de seus primeiros 89 km, entre os municípios de Recife e Gravatá.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho possui caráter qualitativo, descritivo e aplicado, sendo estruturada em quatro etapas principais. A primeira etapa consistiu em uma revisão da literatura, com o objetivo de fundamentar teoricamente e subsidiar a construção de uma ficha de avaliação para mapeamento de risco a movimentos de massa em taludes rodoviários, acessando assim conceitos relacionados a taludes, fenômenos instabilizadores, medidas de estabilização, tipos de mapeamentos, bem como a caracterização e categorização dos solos.

Em seguida, houve a delimitação da área de estudo, compreendendo os primeiros 89 km da Rodovia Federal BR-232/PE, entre os municípios de Recife e Gravatá, selecionados em função do histórico de acidentes graves e de instabilidades em taludes rodoviários ao longo do traçado. A análise preliminar da região de interesse foi realizada por meio de imagens de satélite obtidas no *Google Earth*, visando à identificação de trechos com cortes em encostas, feições geomorfológicas relevantes e indícios visuais de instabilidade, como cicatrizes de escorregamentos e processos erosivos. A Figura 1 apresenta a localização da área selecionada.

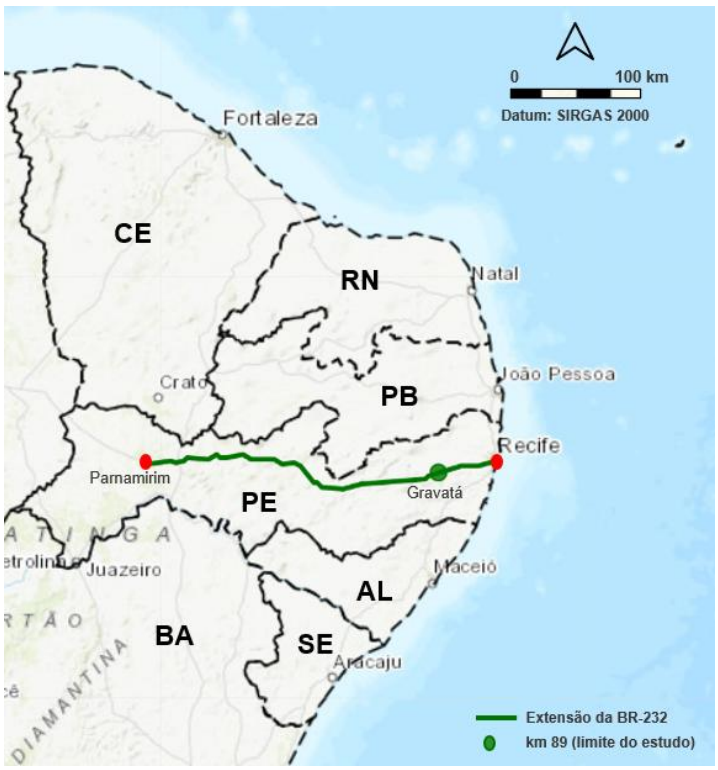


Figura 1. Área de estudo: primeiros 89 km da BR-232 (Recife – Gravatá). Fonte: Adaptado de DNIT (2026).

Na terceira etapa, foram selecionados registros fotográficos dos pontos mais críticos ao longo do trecho analisado. Essa escolha foi orientada pelo conhecimento prévio dos diferentes perfis de solos da região, com base no Mapa de Solos do Estado de Pernambuco (SUDENE, 1985), buscando representar as principais composições de solos e configurações de taludes existentes no segmento estudado. Ao todo, foram selecionados sete pontos para posterior aplicação da ficha de avaliação para mapeamento de risco, priorizando locais com maior incidência de fatalidades segundo dados históricos.

Por fim, procedeu-se com o desenvolvimento e a aplicação da ficha de avaliação de risco a movimentos de massa em taludes rodoviários, tomando como referência os critérios propostos por Soares e Pereira (2017), que integram parâmetros físicos, bióticos e socioeconômicos para classificação do risco geológico-geotécnico de escorregamentos em áreas urbanas. A ficha elaborada neste estudo utiliza um sistema de classificação paramétrica baseado em parâmetros qualitativos ponderados por pesos, relacionados ao solo, ao talude e à rodovia, permitindo enquadrar os pontos analisados em quatro níveis de risco: alto, médio, pequeno e estável.

Destaca-se que o método proposto serve para auxiliar na tomada de decisões técnicas de caráter prévio, sendo uma medida voltada à redução de riscos e à gestão de desastres, com foco na prevenção, mitigação e preparação. Não foram realizados ensaios laboratoriais, investigações de campo ou análises numéricas de estabilidade. O foco do estudo está na sistematização de informações visuais, cartográficas e bibliográficas, visando o desenvolvimento de uma ficha de avaliação de risco aplicável em campo.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

A elaboração da ficha de avaliação foi orientada pela necessidade de sistematizar, de forma prática e objetiva, informações relevantes à estabilidade de taludes rodoviários, visando realizar uma classificação preliminar do risco a movimentos de massa. O documento foi estruturado considerando as feições dos pontos críticos selecionados nos primeiros 89 km da BR-232/PE e tomando como base os critérios de Soares e Pereira (2017). Assim, foram definidos e ponderados parâmetros qualitativos, de modo a facilitar a tomada de decisão na classificação do risco e fornecer resultados confiáveis.

A ficha de avaliação elencou quatro categorias de análise e seus respectivos parâmetros (Tabela 1): *Solo* (coloração do solo, presença de água, camadas do solo, tipo de material); *Talude* (vegetação, fissuras, movimentos de massa recentes, estruturas humanas); *Rodovia* (sinais de trânsito, drenos e sarjetas, sinalização de deslizamentos, danos no pavimento); *Intervenções* (obras de recuperação, facilidade de acesso, proximidade a cidades). O risco ao movimento de massa é dado pelo somatório dos pesos atribuídos as condições de cada parâmetro analisado: Alto – 21 a 15 pontos; Médio – 14 a 12 pontos; Pequeno – 11 a 8 pontos; Estável – 7 a 1 pontos.

Tabela 1. Categorias de análise, parâmetros e pesos da ficha de avaliação proposta.

Categoria	Parâmetro	Condição/Peso
Solo	Coloração do solo	Amarelo e branco (1); Vermelho (1); Marrom e preto (2)
	Presença de água	Com acúmulo (2); Sem acúmulo (1)
	Camadas do solo	Homogêneo (1); Heterogêneo (2)
	Tipo de material	Incosolidado (2); Rochoso (1)
Talude	Vegetação	Ausente (2); Rasteira (-1); Arbórea (1)
	Fissuras	Ausente (1); Presente (2)
	Movimentos de massa recentes	Ausente (1); Presente (2)
	Estruturas humanas	Ausente (1); Presente (2)
Rodovia	Sinais de trânsito	Pessoas (2); Animais (1); Nenhum (-1)
	Drenos e sarjetas	Obstruídos (2); Limpos (1)
	Sinalização de deslizamentos	Ausente (2); Presente (1)
	Danos no pavimento	Ausente (1); Presente (2)
Intervenções	Obras de recuperação	Danificadas (-1); Inteiras (-2)
	Facilidade de acesso	Baixa (-1); Alta (-2)
	Proximidade a cidades	Baixa (-1); Alta (-3)

O método proposto foi aplicado em sete pontos críticos selecionados ao longo da BR-232, no sentido Recife – Gravatá, correspondentes aos seguintes trechos: (i) km 14-15; (ii) km 47-48; (iii) km 49-50; (iv) km 55-56; (v) km 60-61; (vi) km 69-70; (vii) km 74-75. Cada um dos trechos listados está associado a seções distintas da rodovia, apresentando o máximo de representatividade dos perfis de solos típicos da área estudada e também diferentes tipos de problemas que podem ser encontrados em taludes rodoviários.

Os resultados indicaram que os trechos analisados apresentam condições geotécnicas distintas, refletidas na diversidade de materiais e feições identificadas ao longo da rodovia, abrangendo taludes em solo e em rocha, e também na variabilidade pedológica, incluindo Regossolos, Solos Podzólicos, Latossolos Vermelhos

e Latossolos Amarelos. Essa heterogeneidade litológica e pedológica influencia diretamente o comportamento mecânico dos maciços e a suscetibilidade aos processos de movimentos de massa, evidenciando a necessidade de abordagens diferenciadas para avaliação, monitoramento e intervenção em cada trecho avaliado.

A Figura 2 apresenta a distribuição dos parâmetros da categoria *Solo* da ficha de avaliação proposta, nos trechos analisados ao longo da BR-232. No que se refere à coloração, observa-se predominância de solos com tonalidades marrom e preta (57%), indicando maior teor de matéria orgânica ou intemperismo avançado, enquanto solos avermelhados (29%) e amarelados/brancos (14%) aparecem de forma menos frequente. A maioria dos trechos (57%) não apresentou acúmulo visível de água ao nível fotográfico. Quanto às camadas do solo, predominam perfis considerados homogêneos, embora uma parcela significativa apresente heterogeneidade (43%), o que pode favorecer planos preferenciais de ruptura. Verifica-se uma maior frequência de material incosolidado (57%), indicando a suscetibilidade de parte significativa dos trechos a processos erosivos e escorregamentos rasos.

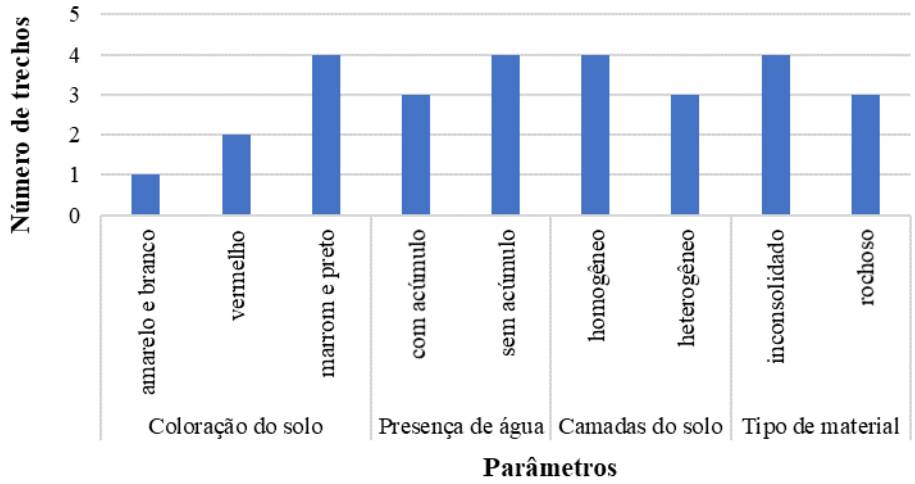


Figura 2. Distribuição dos parâmetros da categoria *Solo* nos trechos analisados da BR-232, conforme ficha de avaliação.

A avaliação dos parâmetros da categoria *Talude* (Figura 3) indica que a ausência de vegetação é predominante na maioria dos trechos (57%), enquanto a presença de vegetação arbórea ocorre de forma menos expressiva. Destaca-se a elevada incidência de fissuras (86%) e de indícios de movimentos de massa recentes (57%), evidenciando que existem processos ativos atuando nos taludes. A presença de estruturas humanas (29%) também configura um fator condicionante adicional no processo de instabilização.

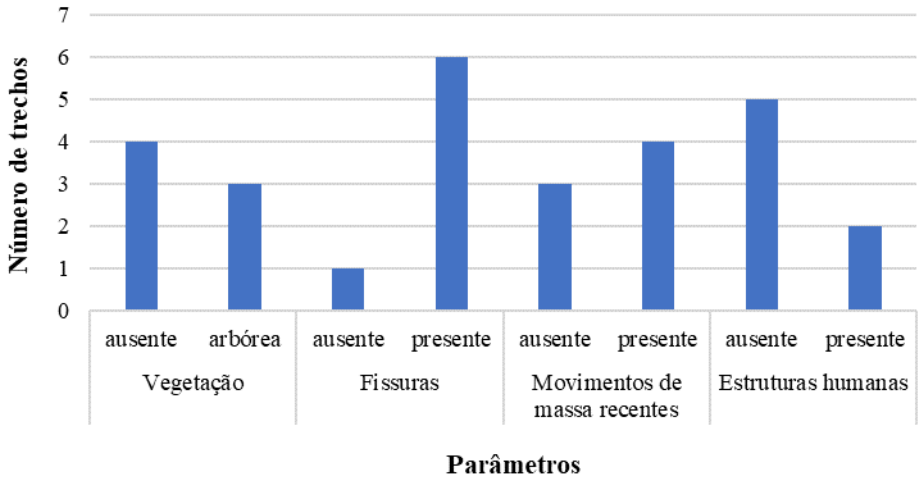


Figura 3. Distribuição dos parâmetros da categoria *Talude* nos trechos analisados da BR-232, conforme ficha de avaliação.

Com relação às condições da *Rodovia* (Figura 4), a presença de pessoas e animais em parte significativa dos trechos (58%) é um fator que contribui para aumentar o risco associado a eventuais instabilidades. Os drenos e sarjetas encontram-se majoritariamente obstruídos (86%), o que compromete o escoamento adequado das águas pluviais. Além disso, há sinalização sobre deslizamentos em apenas 14% dos trechos e predominam pavimentos sem danos (86%).

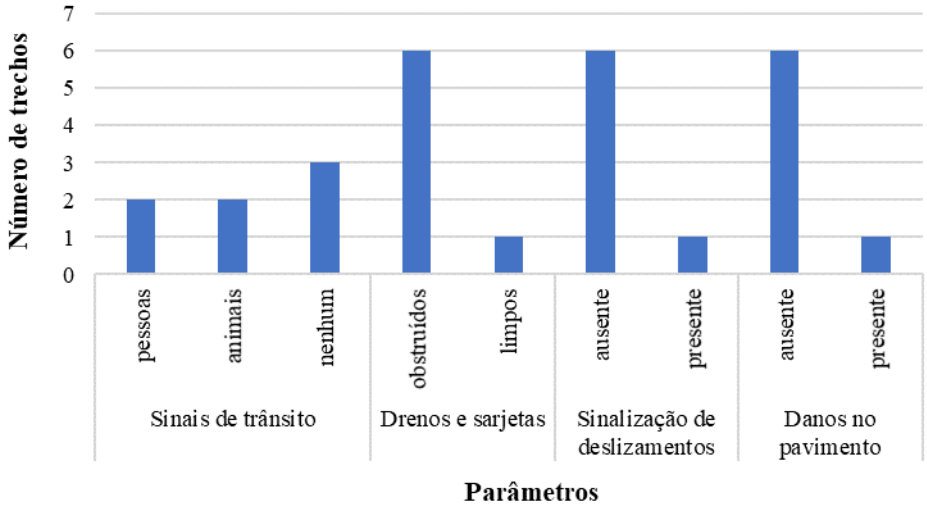


Figura 4. Distribuição dos parâmetros da categoria *Rodovia* nos trechos analisados da BR-232, conforme ficha de avaliação.

A análise da categoria *Intervenções* (Figura 5) demonstra que a maioria das obras de recuperação encontra-se danificada (86%), associada a uma baixa facilidade de acesso e baixa proximidade a centros urbanos (ambos com 71%), o que configura uma limitação operacional relevante para a execução de ações de manutenção e intervenções emergenciais. Esses fatores evidenciam ainda a carência de manutenção sistemática e de medidas preventivas contínuas ao longo da rodovia.

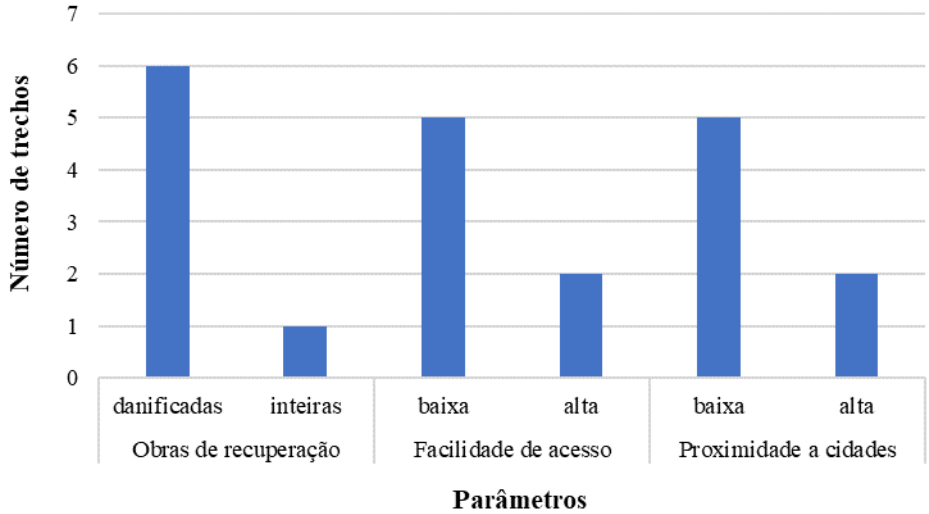


Figura 5. Distribuição dos parâmetros da categoria *Intervenções* nos trechos analisados da BR-232, conforme ficha de avaliação.

Após o preenchimento das respectivas fichas de avaliação dos trechos selecionados, o nível de risco associado a movimentos de massa foi determinado a partir dos pesos atribuídos às condições de cada parâmetro analisado por categoria. A Tabela 2 apresenta a pontuação final da avaliação associada a cada trecho e os níveis de risco em cada um dos segmentos estudados, resultando na seguinte classificação: 14,29% - estável; 28,57% - médio; 57,14% - alto.

Tabela 2. Nível de risco em cada trecho analisado.

Identificador	Trecho	Pontuação	Nível de risco
(i)	km 14-15	15	Alto
(ii)	km 47-48	19	Alto
(iii)	km 49-50	18	Alto
(iv)	km 55-56	4	Estável
(v)	km 60-61	15	Alto
(vi)	km 69-70	12	Médio
(vii)	km 74-75	12	Médio

Entre as semelhanças verificadas nos trechos classificados com risco alto, destacam-se a cor do solo variando de vermelha a marrom e preto, predominância de material inconsolidado, ausência de vegetação ou a presença restrita de vegetação arbórea, taludes com fissuras e indícios de movimentos de massa recentes, além de estruturas humanas. Observam-se ainda sinais de trânsito de pessoas e animais, drenos e sarjetas obstruídos, sinalização de deslizamentos ausente e obras de recuperação danificadas. A Figura 6 apresenta dois dos trechos classificados como de risco alto: (i) km 14-15 e (ii) km 47-48.

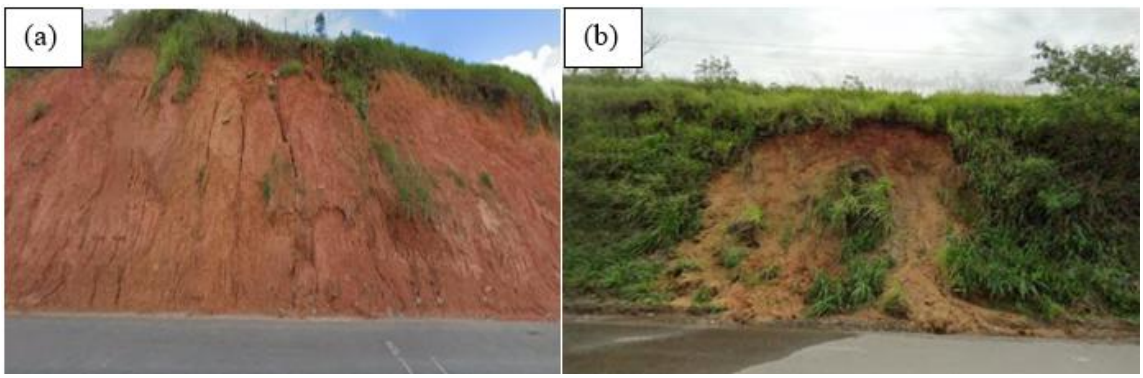


Figura 6. Trechos classificados como de alto risco a movimentos de massa na BR-232: (a) km 14-15; (b) km 47-48. Fonte: Adaptado de Rocha (2023).

4 CONCLUSÕES

A abordagem proposta para mapeamento de movimentos de massa em taludes rodoviários mostrou-se eficaz através da aplicação nos trechos mais críticos dos primeiros 89 km da BR-232/PE. O método permitiu a identificação e hierarquização dos segmentos mais suscetíveis, auxiliando na priorização de possíveis ações de monitoramento, manutenção e intervenção ao longo da rodovia. Além disso, o instrumento apresenta potencial para utilização em outras extensões rodoviárias, constituindo uma ferramenta de apoio à gestão de risco e à tomada de decisão prévia.

A metodologia adotada, baseada nos critérios de Soares e Pereira (2017) e em parâmetros qualitativos relacionados ao solo, ao talude, à rodovia e às intervenções existentes, demonstrou ser adequada para a sistematização de informações visuais e cartográficas. Os resultados obtidos com a aplicação da ficha elaborada evidenciaram que mais da metade dos pontos avaliados (57,14%) apresentam risco alto a movimentos de massa, enquanto 28,57% enquadram-se como risco médio e 14,29% foram classificados como estáveis, reforçando a elevada suscetibilidade do trecho estudado a processos de instabilização.

Destaca-se que a ficha de avaliação proposta não substitui investigações geotécnicas detalhadas ou análises quantitativas de estabilidade, sendo indicada para etapas preliminares de diagnóstico, planejamento

de inspeções, definição de prioridades de intervenção e gestão de riscos. Sua aplicação pode contribuir para a otimização de recursos, direcionando esforços para os trechos mais críticos e contribuindo com os órgãos gestores na prevenção de acidentes e na mitigação de desastres associados à instabilidade de taludes rodoviários. Estudos futuros podem ainda incorporar levantamentos de campo, dados de ensaios e outras análises, de modo a aprofundar o entendimento do comportamento dos taludes e aprimorar os critérios de classificação do risco adotados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Britto, C. B., Fiori, A. P. (2021) Estabilidade de taludes rochosos em rodovias: análise da compartimentação estrutural de maciços. *Geotecnia*, 141, p. 77-88.

Confederação Nacional de Trânsito (2024). *Viagem Segura – Guia CNT de Segurança nas Rodovias*. Brasília, 39 p.

Confederação Nacional de Trânsito (2025). *Pesquisa CNT de rodovias 2025*. Brasília, 219 p.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2026). *Visualizador de Informações Geográficas*. Disponível em: <servicos.dnit.gov.br/vgeo>. Acesso em: 13 fev. 2026.

Empresa Gaúcha de Rodovias (2020). *Estudos do Programa de Monitoramento e Estabilização de Encostas e Taludes estão em fase de conclusão*. Disponível em: <https://www.egr.rs.gov.br/estudos-do-programa-de-monitoramento-e-estabilizacao-de-encostas-e-taludes-estao-em-fase-de-conclusao>. Acesso em: 20 jan. 2026.

Genuíno, G. N. M., Sá, S. T. F. (2025) Recuperação de talude: estratégias de estabilização e controle de erosão na rodovia MT-358. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, 2(1), p. 01-16.

Rocha, M. A. A. (2023) *Inspeção de taludes rodoviários em relação à estabilidade*. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, 66 p.

Silva, D. F. S., Santos, A. E. M. (2020) Rockfall hazard assessment and geological-geotechnical characterization of a rock slope in BR-356. *Holos*, 8(1), p. 01-13.

Silva, E. F. et al. (2025) Estabilidade nas estradas da Amazônia brasileira: um recorte da BR-010 no Estado do Pará. *Revista de Geociências do Nordeste*, 11(1), p. 264-280.

Soares, F. L., Pereira, N. N. T. (2017) Proposta de Metodologia para Mapeamento de Risco Geológico-Geotécnico de Escorregamentos em João Pessoa - PB. In: Conferencia Brasileira sobre Estabilidade de Encostas – COBRAE 7, Florianopólis. *Anais*... ABMS.

Soares, R. (2024) *BR-232: rodovia é a que mais mata em Pernambuco, perdendo até para a BR-101.* Disponível em: <https://jc.uol.com.br/colunas/mobilidade/2024/06/14/br-232-rodovia-e-a-que-mais-mata-em-pernambuco-perdendo-ate-para-a-br-101.html> Acesso em: 21 jan. 2026.

Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE (1985). *Uso atual e potencial dos solos do Nordeste*. Recife, 140 p.

Tonus, B. P. A. (2009) *Estabilidade de Taludes: Avaliação dos Métodos de Equilíbrio Limite aplicados a uma encosta coluvionar e residual da Serra do Mar Paranaense*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, 147 p.