

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

Torres, RS

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

2024



MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

Torres, RS

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL PORTO ALEGRE

Superintendente

Franco Buffon

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Franco Buffon

Supervisor de Hidrologia e Gestão Territorial

Renato Mendonça

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA GESTÃO DE RISCO E DESASTRES I

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

Torres, RS

AUTORES

Anselmo de Carvalho Pedrazzi



Porto Alegre
2024

**AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA NOS ATRATIVOS
GEOTURÍSTICOS - TORRES, RS**

REALIZAÇÃO

**Departamento de Gestão Territorial – DEGET
Divisão de Geologia Aplicada – DIGEAP**

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Tiago Antonelli

AUTORES

Anselmo de Carvalho Pedrazzi

EXECUÇÃO

Anselmo de Carvalho Pedrazzi
Lenílson José Souza de Queiroz

APOIO

José Luiz Kepel

APOIO TÉCNICO

Revisão do texto

Departamento de Relações Institucionais – DERID
Irinéa Barbosa da Silva

Normalização Bibliográfica

Divisão de Documentação Técnica – DIDOTE
Francisca Giovania Freire Barros do Nascimento

Projeto Gráfico / Editoração

Divisão de Editoração Geral – DIEDIG

Andréia Continentino
Agmar Alves Lopes

Diagramação (SUREG-SP)

Marina das Graças Perin

Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

www.cprm.gov.br
seus@sgb.gov.br

APRESENTAÇÃO

As ações desenvolvidas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), no âmbito do Departamento de Gestão Territorial, visam à coordenação, supervisão e execução de estudos do meio físico, na área das geociências, voltados para gestão territorial, geologia ambiental e geologia aplicada, como suporte aos gestores governamentais na elaboração de políticas públicas e no atendimento à sociedade em geral.

A Divisão de Geologia Aplicada propõe a promoção de estudos, projetos e programas relativos à geologia aplicada à engenharia, geotecnia e ocupação urbana, com foco em riscos geológicos.

As ações desenvolvidas visam identificar e caracterizar atributos do meio físico, de forma a orientar a tomada de decisões dos órgãos gestores em nosso território, para a redução dos danos materiais e/ou perdas de vidas humanas resultantes, principalmente, em decorrência de processos como deslizamentos, quedas e rolamentos de blocos, erosões, assoreamentos e inundações.

Atua, ainda, no desenvolvimento metodológico para o conhecimento desses processos destrutivos, capacitando agentes públicos por meio de variadas modalidades de cursos ofertados à sociedade.

Com esse espírito de inovação e com a responsabilidade de promover a ocupação e uso seguro e sustentável do solo, o SGB-CPRM recomenda a leitura e utilização do presente relatório em prol do bem-estar da sociedade brasileira.

Inácio Cavalcante de Melo Neto

Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

O município de Torres, pertencente ao estado do Rio Grande do Sul, possui atributos geológicos e geomorfológicos que, associados à sua rica fauna e flora, acabam por criar ambientes com cenários de extrema beleza. Esses ambientes, denominados de geoatrativos, recebem milhares de visitantes do Brasil e do exterior ao longo de todo ano, fazendo com que a atividade geoturística desempenhe um papel importante na economia do estado e, principalmente, na economia local dos pequenos comerciantes e prestadores de serviço. Nesse contexto, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em apoio à Prefeitura Municipal de Torres, selecionou o Parque Estadual José Lutzenberger, além da área da Torre do Farol, como geoatrativos importantes para passarem por um estudo de avaliação geológico-geotécnica, a fim de identificar se há potenciais perigos geológicos e/ou hidrológicos que possam colocar a vida ou a saúde dos visitantes em risco. Esses estudos, realizados por técnicos do SGB-CPRM, são importantes para orientar e auxiliar, não só a administração pública, mas também os frequentadores dos terrenos onde esses geoatrativos estão localizados, na implementação e proposição de medidas de conservação, segurança e sustentabilidade das atividades geoturísticas desenvolvidas no município.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	11
2.1. LOCAIS AVALIADOS:	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	12
3. JUSTIFICATIVAS	13
4. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO	14
5. CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO	14
5.1. GEOLOGIA	14
5.1.1. BASALTOS	17
5.1.2. ARENITOS	18
5.1.3. INTERAÇÕES VULCANO-SEDIMENTARES.....	19
5.2. RELEVO	19
6. METODOLOGIA	23
6.1. TRABALHO DE CAMPO	23
6.2. MODELAGEM	25
7. RESULTADOS E MODELAGEM	29
7.1. TORRE SUL	34
7.1.1. MODELAGEM DE PERIGO	38
7.2. TORRE DA GUARITA	39
7.2.1. MODELAGEM DE PERIGO	42
7.3. TORRE DO MEIO	43
7.4. BICO DO LUIZ	46
7.4.1. MODELAGEM DE PERIGO	50
7.5. FURNA DO DIAMANTE	50
7.5.1. MODELAGEM DE PERIGO	55
7.6. SALTINHO	56

7.6.1. MODELAGEM DE PERIGO	59
7.7. PORTÃO	59
7.7.1. MODELAGEM DE PERIGO	64
7.8. TRILHA VERDE	65
7.8.1. MODELAGEM DE PERIGO	67
7.9. CAMINHO DA SANTINHA.....	68
7.9.1. MODELAGEM DE PERIGO.....	72
8. CONCLUSÕES	73
9. RECOMENDAÇÕES	73
REFERÊNCIAS	75
ANEXOS	77

1. INTRODUÇÃO

Em janeiro de 2022, dez pessoas morreram em função da queda de um bloco rochoso sobre uma embarcação turística no Lago de Furnas, município de Capitólio - MG¹. Além de ter causado grande comoção popular, o evento serviu de paradigma ao demonstrar que os desastres provocados por perigos naturais não se restringem aos centros urbanos, onde historicamente registram-se os impactos econômicos mais significativos e o maior número de perdas de vidas humanas (Banco Mundial, 2020). Como consequência, desde a tragédia ocorrida em Minas Gerais, o Serviço Geológico do Brasil tem realizado avaliações geológico-geotécnicas em áreas onde são desenvolvidas atividades de ecoturismo, com vistas a contribuir para o aprimoramento das práticas de gestão ambiental e das condições de segurança dos turistas e demais profissionais que frequentam tais regiões (e.g. Barros *et al.* 2022; Oliveira *et al.* 2022; Pedrazzi; Cunha; Dias, 2022; Silva; Kuhlmann; Ribeiro, 2022).

Nesse contexto, com intuito de atender à solicitação da Prefeitura Municipal de Torres, feita por meio do Ofício nº 067/2022 - PMT, processo 48032.003829/2022-37, foi realizada a visita técnica para identificação e caracterização dos perigos geológicos no atrativo turístico Parque Estadual José Lutzenberger (Parque da Guarita) e no Calçadão Praia da Cal, no trecho de acesso à Gruta de Nossa Senhora Aparecida (Caminho da Santinha), entre os dias 29 de maio e 02 de julho de 2023.

Os levantamentos de campo foram realizados pelos profissionais do SGB listados no Quadro 1, com acompanhamento da geóloga da Prefeitura de Torres, Maria Elisabeth da Rocha, coordenadora do eixo de geoconservação do Geoparque Mundial Caminhos dos Cânions do Sul.

Quadro 1 - Profissionais do SGB que participaram dos levantamentos de campo

Nome completo	Cargo ou função	Instituição
Anselmo de Carvalho Pedrazzi	Pesquisador em Geociências - ERJ	Serviço Geológico do Brasil-CPRM
Lenílson José Souza de Queiroz	Pesquisador em Geociências – Sureg PA	Serviço Geológico do Brasil-CPRM

Os trabalhos foram motivados por solicitação da Prefeitura Municipal de Torres, fundamentando a necessidade de um diagnóstico referente à situação de risco e/ou perigo geológico proveniente das estruturas que compõem as falésias e encostas, em especial, na Praia da Guarita, onde estima-se que seja frequentada por cerca de 300 mil pessoas, durante a temporada de verão.

2. OBJETIVOS

O objetivo central deste trabalho foi avaliar os riscos e perigos geológicos existentes nos atrativos turísticos de Torres indicados pela Prefeitura Municipal. Espera-se que tal análise seja capaz de contribuir para o aprimoramento da gestão turística e, conseqüentemente, para a implementação de práticas de prevenção de desastres, estando em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento

¹ Acidente em Capitólio (<https://g1.globo.com/mg/centro-oeste/noticia/2022/01/16/tragedia-em-capitolio-completa-uma-semana-relembre-os-principais-pontos.ghml>)

Sustentável² e com o marco pós-2015 para a redução do risco de desastres, também conhecido como Marco de Sendai³.

2.1. Locais Avaliados:

Este relatório é composto pelas avaliações realizadas no Parque da Guarita e no Caminho da Santinha. O Parque da Guarita teve toda a área dentro de seus limites mapeada, mas foram detalhados somente sete locais específicos de maior relevância, sendo eles: Torre Sul, Torre da Guarita (Sentinela), Bico do Luiz, Furna do Diamante, Saltinho, Portão e a Trilha Verde⁴.



Figura 1 - Nomenclatura e localização dos acidentes geográficos usados neste trabalho.

Fonte: Prefeitura Municipal de Torres - <https://torres.rs.gov.br/vivatorres/parque-da-guarita/>

O Caminho da Santinha foi mapeado desde o topo do Morro do Farol até a praia e por toda a extensão da travessia entre a Prainha e a Praia do Cal, mas especificamente a Gruta de Nossa Senhora de Aparecida.

2.2. Objetivos Específicos:

- Realizar o levantamento de dados geológico-geotécnicos, nas áreas indicadas pelo PMT, a fim de compreender os processos existentes e se os mesmos podem ou não expor turistas e moradores que frequentam as áreas vistoriadas a algum tipo de risco geológico.
- Aplicar a metodologia de mapeamento de perigo, com a delimitação das áreas críticas e de dispersão para atingimento de blocos, no Parque da Guarita e no Caminho da Santinha, segundo a metodologia proposta por Pimentel *et al.* (2018).
- Elaborar produtos visuais derivados do levantamento com drone (ortomosaicos, modelos digitais de superfície e animações 3D).
- Subsidiar, com informações técnicas, os administradores e órgãos públicos na tomada de decisões voltadas à prevenção, à mitigação e à resposta a desastres provocados.

² Em setembro de 2015, líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e decidiram um plano de ação para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas alcancem a paz e a prosperidade: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, a qual contém o conjunto de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (<https://odsbrasil.gov.br/>).

³ Marco adotado por diversos países na Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres, realizada de 14-18 março de 2015, em Sendai, Miyagi, no Japão.

⁴ Conteúdo reproduzido do site da prefeitura: <https://torres.rs.gov.br/vivatorres/parque-da-guarita/>

Os resultados expostos no presente relatório representam as condições observadas no momento da visita de campo, as quais podem se alterar ao longo do tempo.

O presente trabalho não constitui um mapeamento das áreas de risco geológico nem das áreas suscetíveis existentes em todo o território do município de Torres, mas sim uma caracterização apenas das vistoriadas que recebem turistas com algum processo geológico-geotécnico (queda ou tombamento de blocos, deslizamentos, inundações, erosões e etc...). Dessa forma, não é descartada a possibilidade de existirem outras áreas de perigo geológico no município, que não estão incluídas neste trabalho.

3. JUSTIFICATIVAS

O desenvolvimento de atividades de ecoturismo de forma não ordenada pode intensificar a depreciação do patrimônio natural e, principalmente, potencializar a exposição dos turistas aos perigos naturais. O cenário pode acarretar acidentes e desastres provocados por fenômenos geológicos, como aqueles registrados nos últimos anos na Praia de Pipa - RN⁵, em Capitólio - MG¹ e em Paulo Afonso⁶.

O município de Torres reúne uma grande concentração de atrativos geoturísticos, os quais, em função de sua inestimável beleza, recebem a visita de um grande número de turistas ao longo do ano, especialmente no período compreendido entre os meses de dezembro e março.

O Parque Estadual da Guarita teve seu início com a promulgação do Decreto Estadual nº. 21.540, de 28 de dezembro de 1971, o qual declarou utilidade pública, para fins de desapropriação, duas áreas de terras situadas no município de Torres, na periferia da zona urbana ao sul da cidade. Em 14 de outubro de 1981, o estado declara, pelo Decreto nº. 30.377, o Parque da Guarita como área especial de interesse turístico. Em 2003, teve seu nome alterado, pela Lei Estadual nº. 11.884, para Parque Estadual José Lutzenberger, em homenagem ao engenheiro agrônomo e ambientalista José Lutzenberger (1926-2002).

O Parque da Guarita é um sítio geológico, ou seja, um lugar de particular interesse para o estudo da geologia, com um cenário de relevância geológica internacional. Por isso, Torres faz parte do Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul, região composta por outros seis municípios do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, como um geoparque mundial da UNESCO⁴.

Já o Caminho da Santinha teve sua construção realizada em 1974, com recurso do antigo Torres Alfred Hotel, que mandou construir a grutinha original na encosta do Morro do Farol, a pedido da professora de artes, sra. Erotildes. Trata-se de um local que faz parte da cultura e da história local em termos de devoção. Muitos devotos depositam ali placas de agradecimento por graças alcançadas⁷.

Em razão de sua grande relevância para o ecoturismo nacional, faz-se necessário a realização de estudos, especialmente no que diz respeito às políticas de acesso, segurança e conservação do patrimônio natural. Assim, este trabalho se justifica à medida em que pretende contribuir com dados e informações geotécnicas que possibilitem auxiliar os gestores na proposição de medidas que melhorem as condições de segurança e sustentabilidade das atividades turísticas desenvolvidas na região.

5 Em 2020, o colapso de uma falésia provocou a morte de um casal e um bebê de 7 meses na Praia de Pipa - RN (<https://g1.globo.com/rn/rio-grande-donorte/noticia/2020/11/17/parte-de-falesia-desaba-em-pipa-pm-confirma-mortes.ghtml>)

6 Uma mulher morreu e outra ficou ferida ao serem atingidas por blocos de rocha, no Cânion do Rio São Francisco, em Paulo Afonso - BA (<https://g1.globo.com/bahia/noticia/2022/09/26/mulher-morre-e-outra-ferida-apos-serem-atingidas-por-pedra-em-canion-do-rio-sao-francisco-nonorte-da-bahia.ghtml>)

7 Conteúdo reproduzido do site da prefeitura: <https://torres.rs.gov.br/viva/santinha-2/>

4. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO

Este trabalho pode ser utilizado para:

- Subsidiar o poder público na seleção das áreas prioritárias a serem contempladas por ações destinadas à prevenção dos desastres em áreas turísticas com componentes geológicos na paisagem;
- Contribuir para a elaboração de projetos de intervenção estrutural em áreas suscetíveis à ocorrência de processos geológicos ligados a desastres;
- Auxiliar na elaboração de planos de contingência;
- Auxiliar na construção de sistemas de monitoramento e alerta de desastres;
- Direcionar as ações da Defesa Civil e autoridades competentes.

Este trabalho não deve ser aplicado para:

- Elaborar qualquer aplicação incompatível com a escala cartográfica.
- Substituir análises de estabilidade de taludes e encostas;
- Substituir projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais nas áreas vistoriadas;
- Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza;
- Indicar quando ocorrerão eventos adversos nas áreas de risco.

5. CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO

5.1. GEOLOGIA

A região de Torres, apesar de se encontrar geograficamente dentro do contexto da planície costeira gaúcha, apresenta excelentes exposições da Formação Serra Geral, do Cretáceo Inferior da Bacia do Paraná (Petry; Almeida; Zeffass, 2005). A Bacia do Paraná é uma extensa bacia sedimentar, com derrames vulcânicos associados às porções mais superiores, e que ocupa cerca de 1.500.000 km² no Brasil, Uruguai, Paraguai e Argentina. As idades dos depósitos que a compõem vão desde o Neo-Ordoviciano até o Neocretáceo (Milani *et al.*, 1998).

A estratigrafia adotada atualmente para a porção superior da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, proposta por Faccini (1989), divide o pacote gondwânico do estado em quatro seqüências deposicionais, delimitadas por superfícies erosivas, onde a Seqüência IV corresponde ao período Jurássico/Cretáceo, incluindo as formações Botucatu e Serra Geral. A Formação Botucatu representa um imenso campo de dunas eólicas, com interdunas secas (Scherer, 1998). Sua espessura, no Rio Grande do Sul, é bastante variável, provavelmente devido à preservação do paleorelevo de dunas, podendo atingir até 100 metros de espessura, encontrando-se ausente em áreas da região central do estado, onde a Formação Serra Geral ocorre diretamente sobre os depósitos fluviais e lacustres do Triássico (Scherer,

2000). É importante ressaltar que as condições climáticas áridas, que deram origem ao Deserto de Botucatu, perduraram mesmo após a primeira extrusão de lava da Formação Serra Geral. Esse vulcanismo foi lentamente “afogando” o deserto existente, uma vez que os arenitos eólicos encontram-se interdigitados com os derrames, especialmente na base da Formação Serra Geral (Scherer, 2002).

A Formação Serra Geral, topo da sequência estratigráfica da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, é o registro do vulcanismo ocasionado pela ruptura do megacontinente Gondwana, dando origem ao Oceano Atlântico Sul. A espessura média desse pacote vulcânico é de 800 m, podendo atingir até 1.500 m, e ocupa, na sua totalidade, 1.280.000 km², estando 1.200.000 km² na América do Sul, ocupando áreas do Sul do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai (Roisenberg; Viero, 2000). A Formação Serra Geral é constituída por uma série de derrames de lavas básicas toleíticas, intercaladas com alguns derrames andesíticos e riodacitos, especialmente em direção ao topo da sequência.

A área de estudo engloba as elevações (Figura 2): do Morro do Farol, do Morro das Furnas, da Torre da Guarita e da Torre Sul. Foi possível identificar na área três associações de fácies: (1) basaltos, (2) arenito, e (3) feições de interação vulcano-sedimentar. As unidades são compostas por sete litofácies:

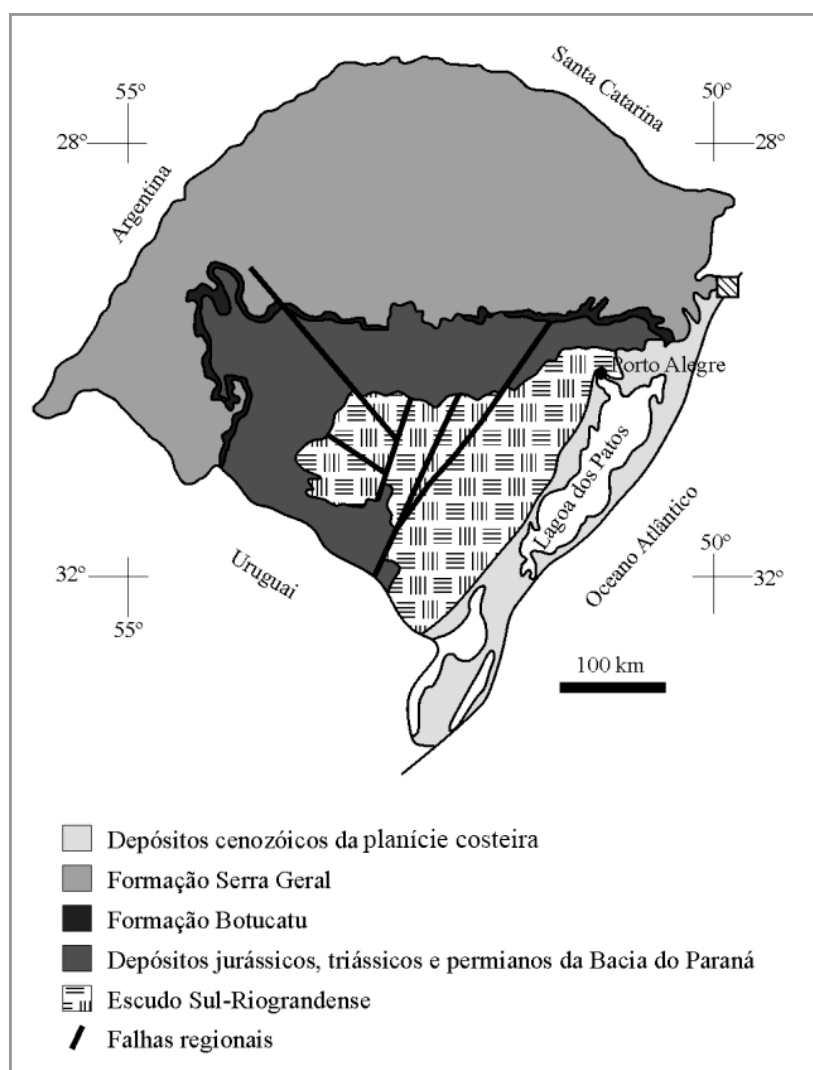


Figura 2 - Mapa geológico regional para contexto da área de estudo.
Fonte: Adaptado de Petry, Almeida e Zerfass (2005).

(1) basalto com disjunção tabular; (2) basalto com disjunção colunar; (3) basalto vesicular/amigdaloidal; (4) arenito com estratificação cruzada acanalada; (5) arenito com estratificação plano-paralela; (6) dique clástico; e (7) peperito.

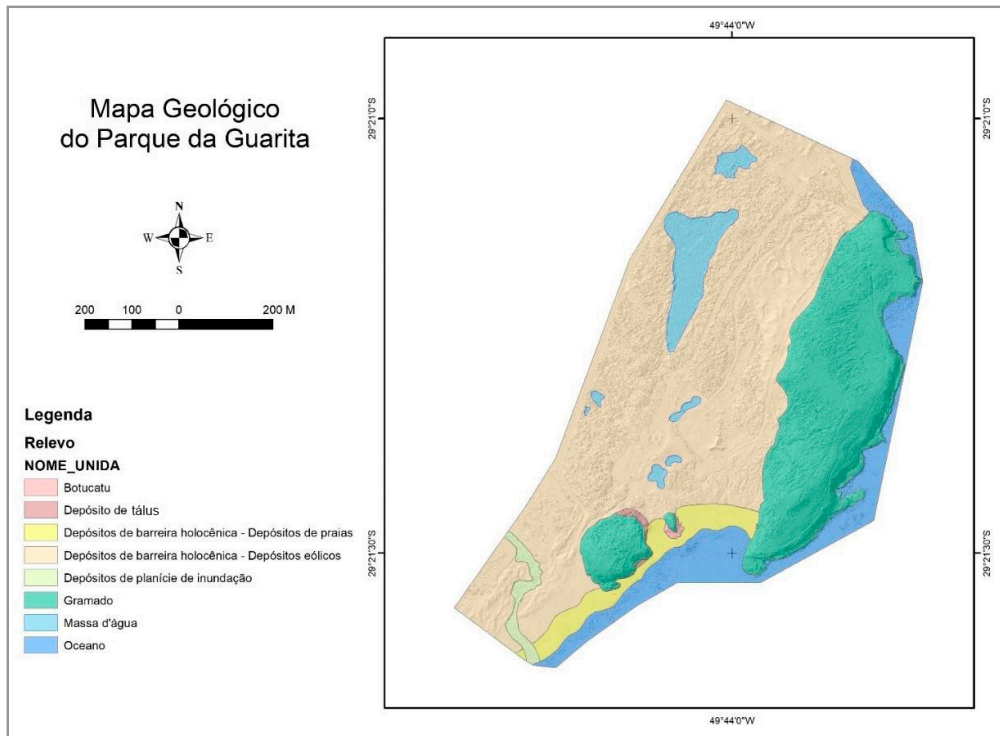


Figura 3 -Mapa geológico-geomorfológico do Parque da Guarita. Fonte: Elaborado pelos autores.

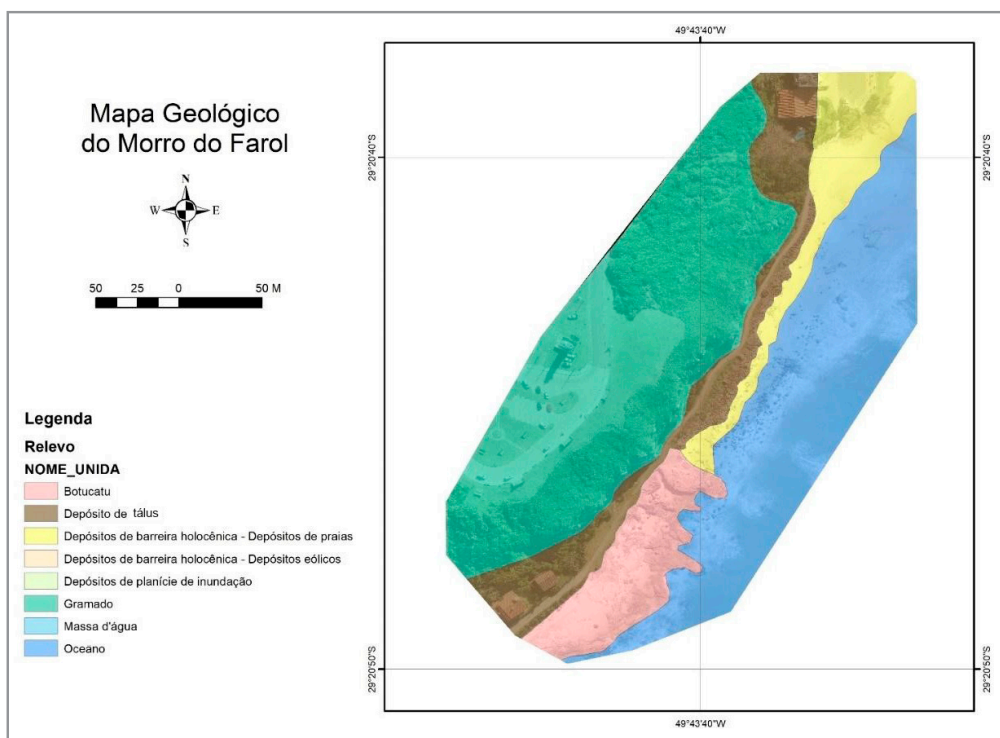


Figura 4 -Mapa geológico-geomorfológico do Morro do Farol. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.1.1. Basaltos

As litofácies correspondentes aos basaltos (basalto com disjunção tabular, basalto com disjunção colunar e basalto vesicular/amigdaloidal) são as mais abundantes, sendo o basalto colunar a mais significativa dentre elas. Os basaltos são os responsáveis pela manutenção do relevo característico de morros-testemunhos. Espessuras de até 27 metros são observadas, ficando, entretanto, a média de espessura em torno de dez metros. O ponto de maior espessura é composto unicamente pela litofácies de basalto colunar. As demais litofácies da associação atingem em média 1,5 metros, podendo alcançar até 5 metros.

O basalto com disjunção tabular é caracterizado pela presença predominante de marcada disjunção horizontal (Figura 5B), podendo ocorrer disjunção colunar incipiente associada. A disjunção tabular pode ser originada tanto pelo fluxo da lava, quanto por resfriamento, que assumiria a orientação tabular (horizontal) devido à pressão exercida pelo pacote vulcânico.

O basalto com disjunção colunar é distinguido pela presença de disjunções colunares bem desenvolvidas (Figura 5A), que progressivamente desaparecem no basalto vesicular/amigdaloidal e no basalto tabular. Novamente, essa disjunção é fruto dos processos de resfriamento do pacote vulcânico, o que causa uma contração do mesmo, favorecendo o desenvolvimento de planos de disjunção perpendiculares ao plano de derrame.

A litofácies de basalto vesicular/amigdaloidal é caracterizada pela intensa presença de vesículas (Figura 5C), preenchidas ou não por quartzo, zeolita ou carbonato, podendo conter associações destas. As vesículas representam os espaços deixados na lava durante o processo de escape de gases vulcânicos, sempre em direção ao topo do derrame. Assim, é fácil encontrar sucessões compostas por basalto

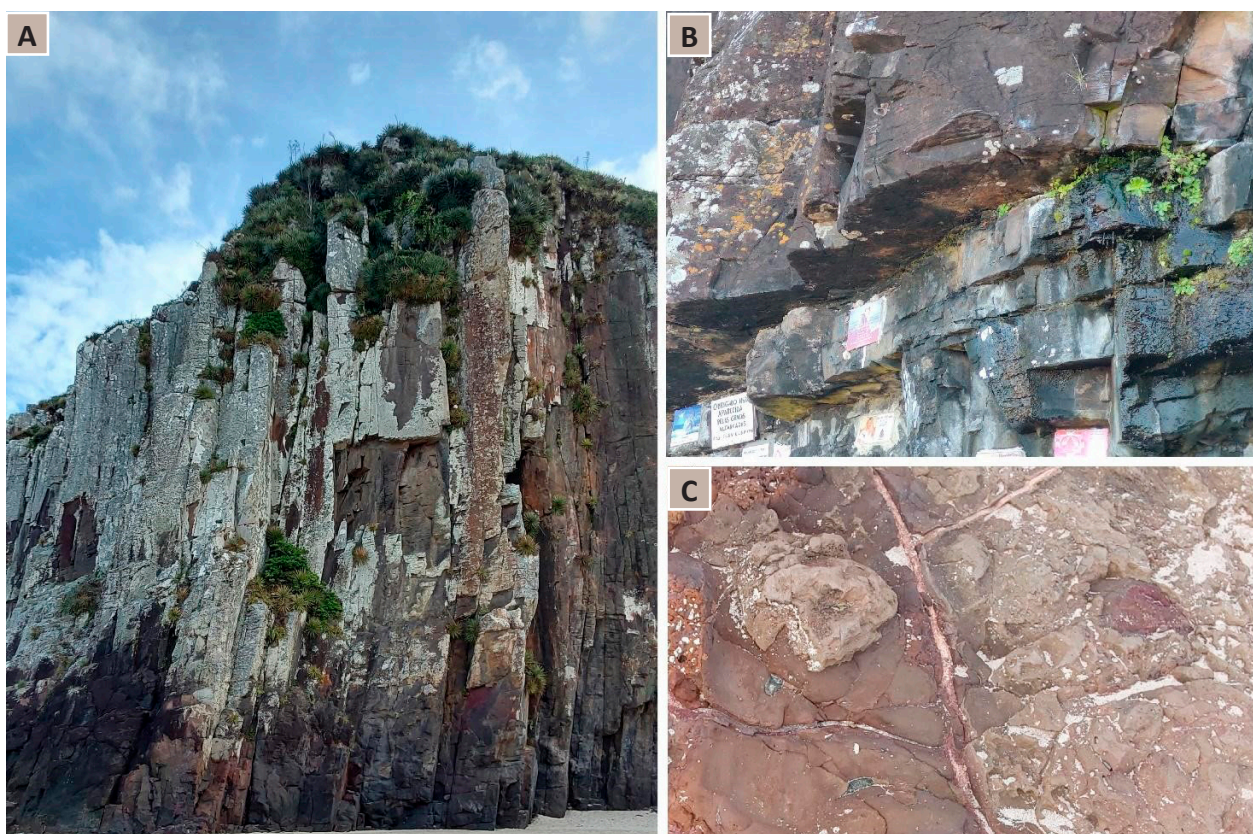


Figura 5 - Litofácies identificadas no basalto: disjunção colunar (A); disjunção tabular (B) e vesicular/ amigdaloidal (C).
Fonte: Elaborado pelos autores.

tabular, representando a base do derrame, seguido por basalto colunar, que representa o meio do derrame, e basalto vesicular/amigdaloidal, marcando o topo do pacote. Entretanto, nem sempre os derrames tabular e vesicular/amigdaloidal são encontrados em associação com o derrame colunar. Como os dois primeiros não são tão maciços quanto o basalto colunar, são de mais fácil alteração, facilitando a possível situação de encobrimento por solo e vegetação, ou, no caso dos basaltos da parte superior dos perfis, a litofácies de topo de derrame já pode estar inteiramente erodida.

5.1.2. Arenitos

Arenitos podem ser de dois tipos: caracterizados por um único set com estratificação plano paralela (Figuras 6A e 6B) ou por mais de um set com estratificação cruzada acanalada de grande porte (Figuras 6C e 6D). No primeiro caso, as espessuras não ultrapassam 1,5 metros, enquanto que no segundo, a espessura é de ao menos 3 metros, sendo que a base do pacote encontra-se encoberta, o que não permite a visualização da espessura total da camada.

A litofácies de arenito com estratificação cruzada acanalada de grande porte, composta por areia média muito bem selecionada, sugere claramente uma duna eólica. Dada a total ausência de níveis de interduna pelíticos, assume-se um ambiente extremamente árido, o que vem ao encontro com o proposto pela literatura (Faccini, 1989; Scherer, 1998; Scherer; Faccini; Lavina, 2000).

A litofácies de arenito com estratificação plano-paralela, também composta por areia média muito bem selecionada, pode representar os lençóis de areia descritos por Scherer (2000) para a Formação

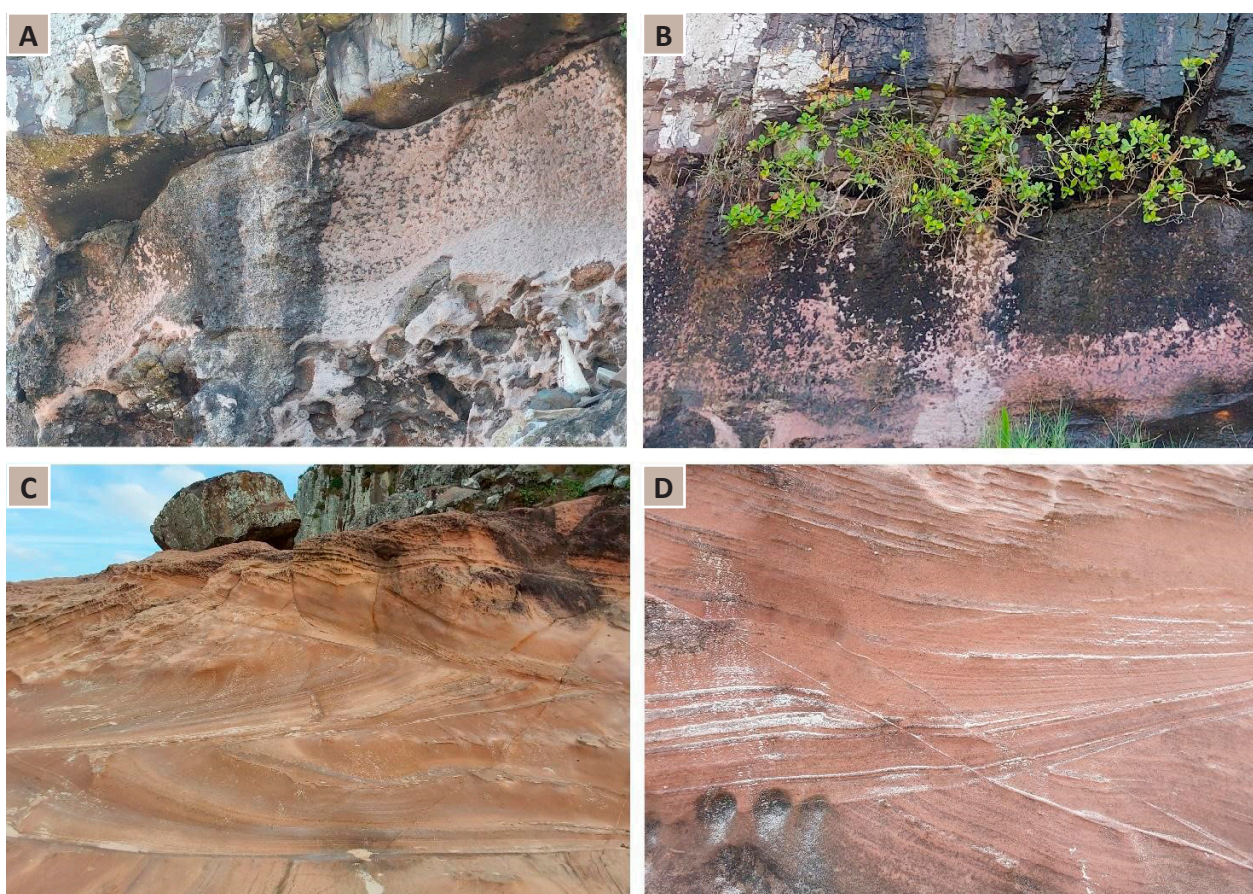


Figura 6 - Litofácies identificadas no arenito: estratificação plano paralela (A) e (B); estratificação cruzada acanalada (C) e (D) . Fonte: Elaborado pelos autores.

Botucatu. Esse fato fica ainda mais claro quando se observa que a litofácies ocorre em áreas baixas do paleorelevo, preenchendo depressões da superfície do derrame e do peperito que a recobrem, em uma tentativa de horizontalizar a superfície disponível para a sedimentação.

5.1.3. Interações Vulcano-Sedimentares

Como feições de interação vulcano-sedimentar podemos citar a presença de diques clásticos e a formação de peperitos. Nos diques clásticos, petrograficamente, o arenito que os constitui é o mesmo das litofácies de arenito. Macroscopicamente, é possível identificar uma coloração mais avermelhada nas bordas dos diques, dada a uma presença mais intensa de óxidos de ferro.

Foram identificados dois tipos de diques clásticos: os de preenchimento (Figura 7A) e os de injeção (Figura 7B). Os diques clásticos de preenchimento estão associados, principalmente, à litofácies de meio de derrame. Esses diques representam o preenchimento de disjunções no basalto após seu resfriamento. As disjunções podem ser tanto as características disjunções por contração durante o resfriamento quanto fraturas e/ou falhas de origem tectônica, especialmente no caso dos diques mais espessos (>3 cm). Os diques clásticos de injeção são predominantemente encontrados na litofácies de topo de derrame e freqüentemente estão associados a bolsões de peperito, interligando-os entre si ou às lentes de arenito. Esses diques são produto da injeção de areia para dentro do derrame, durante seu fluxo, dado o peso do pacote ígneo e sua própria movimentação. Assim, quando a areia injetada encontra porções rúpteis, mais quebradiças do derrame, dá origem aos diques clásticos de injeção. Quando essa mesma areia atinge porções mais quentes, ainda plásticas, os peperitos são formados.

As ocorrências de peperito (Figura 7C) podem ser encontradas em quase todas as seções, estando ausentes somente em quatro pontos, no centro e no extremo sul da área. O termo peperito, conforme empregado atualmente, é de cunho genético e refere-se a rochas formadas no momento de um derrame ou intrusão ígnea, por desintegração da lava magma) e mistura com sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados (White; McPhie; Skilling, 2000). Classicamente, mas não exclusivamente, os processos de desintegração magmática ocorrem na presença de água ou de sedimentos saturados, facilitando o processo de desintegração através de explosões hidromagmáticas.

Em Torres, os peperitos são compostos por matriz na fração areia, a mesma vista nos arenitos. A coloração mais avermelhada, adquirida pela matriz no contato com os clastos, é devido à maior presença de óxidos de ferro. Os clastos ígneos encontrados nos peperitos variam de tamanho desde alguns milímetros até 50 cm, e correspondem a basaltos vesiculares ou amigdaloidais, provenientes do topo ou da frente dos derrames, com bordas vítreas, de rápido resfriamento. As diferentes morfologias encontradas nos clastos ígneos, variando de angular a fluidal (Skilling; White; McPhie, 2002), evidenciam que durante seu processo de formação partes da lava encontravam-se ainda plásticas, enquanto que outras partes já estavam bastante resfriadas. Além do processo de injeção de areia, descrito para os diques clásticos, o processo de autobrecha de derrame, também, é importante na formação dos peperitos em Torres, sendo o responsável pela geração dos maiores pacotes (>1 m de espessura). Nesse caso, as trações da frente e da base do derrame seriam responsáveis pela remobilização e pela mistura dos clastos ígneos com o sedimento inconsolidado disponível (Figura 7D).

5.2. RELEVO

O Rio Grande do Sul apresenta uma gama de feições geomorfológicas, contendo desde extensas planícies litorâneas com imensos corpos lagunares até planaltos com mais de 1.000 metros de altitude.

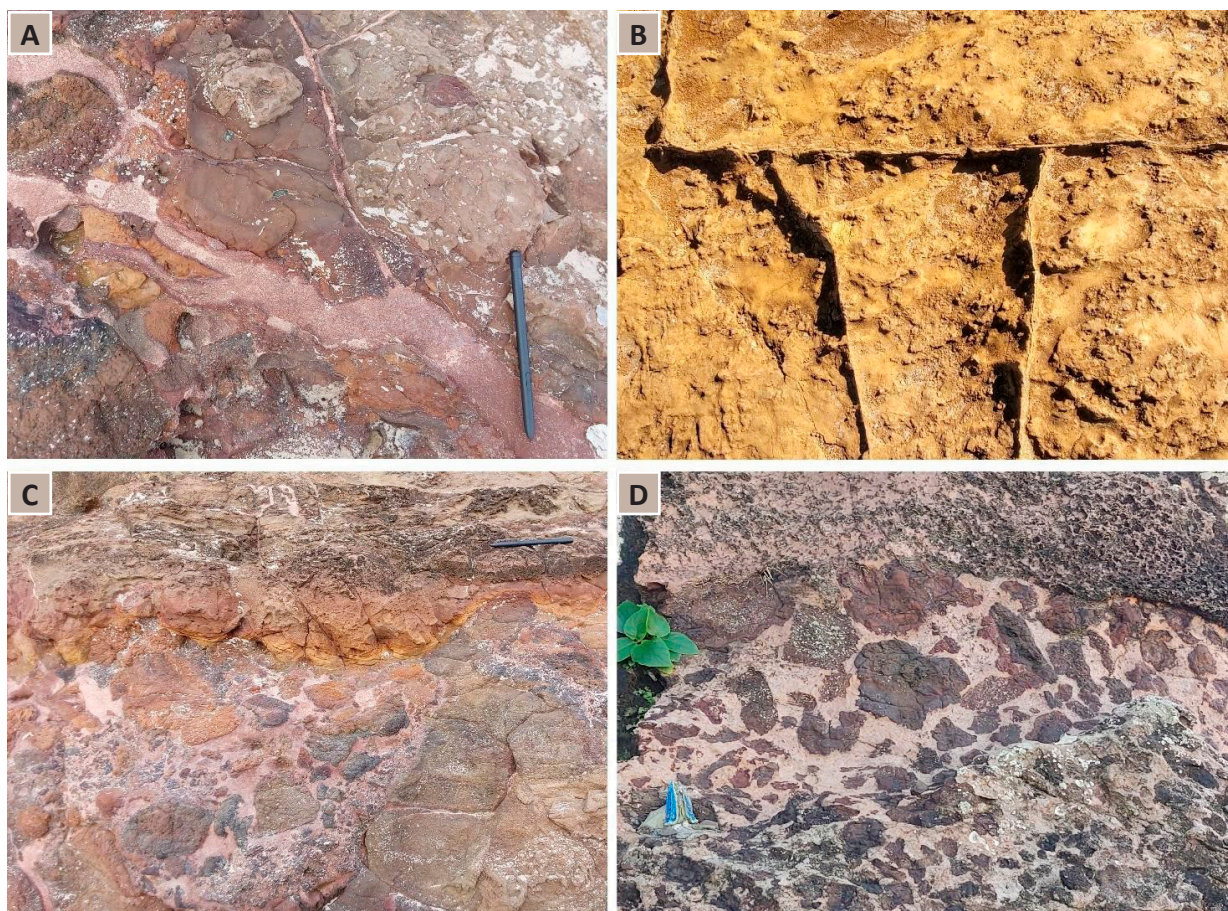


Figura 7 - Litofácies identificadas de diques clásticos: por preenchimento e injeção (A) e (B); ocorrência de peperito (C) e (D). Fonte: Elaborado pelos autores.

A compartimentação geomorfológica do município de Torres apresenta-se, basicamente, por meio de *inselbergs*, planícies marinhas (restingas), planícies lagunares (brejos) e campos de dunas, (Justus; Machado; Franco, 1986).

Inselbergs são relevos residuais, como picos isolados ou morros residuais. Esse tipo de relevo residual isolado destaca-se na paisagem aplainada circunvizinha (Dantas, 2016).

Depósitos de tálus são relevos de agradação com zonas de acumulações atuais. Superfícies deposicionais fortemente inclinadas, constituídas por depósitos de encosta, de matriz arenoargilosa a argiloarenosa, rica em blocos muito mal selecionados, em interdigitação com depósitos suavemente inclinados das rampas de alúvio-colúvio. Ocorrem, de forma disseminada, nos sopés das vertentes íngremes, no caso de Torres está associado às falésias dos *inselbergs*. Apresentam baixa capacidade de suporte, amplitude de relevo variável, dependendo da extensão do depósito na encosta, e inclinação das vertentes de 10°-25° (associados aos cones de tálus), (Dantas, 2016).

As planícies marinhas (restingas) são relevos de agradação, zona de acumulação atual, com superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenosos, apresentando microrrelevo ondulado, gerados por processos de sedimentação marinha. São terrenos bem drenados e não inundáveis elaborados sobre terraços marinhos e cordões arenosos, (Dantas, 2016).

Planícies lagunares ou de brejos são relevos de agradação, zona de acumulação atual. Possuem superfícies planas constituídas de depósitos argilosos a argiloarenosos, muito ricos com matéria

orgânica, resultantes do processo de colmatção de paleolagunas. A contribuição fluvial é inexpressiva. Consistem de terrenos muito mal drenados, com lençol freático subaflorante e aflorante. Descritos como turfas, ocupam depressões embrejadas, longitudinais à linha de costa, na retaguarda de cordões arenosos de origem marinha (Dantas, 2016).

Campos de dunas são superfícies de relevo ondulado, constituídas de depósitos arenoquartzosos bem selecionados, depositados por ação eólica longitudinalmente à linha de costa. Por vezes, encontram-se desprovidos de vegetação e apresentam expressiva mobilidade (dunas móveis), às vezes se encontram recobertos por vegetação pioneira (dunas fixas) (Dantas, 2016).

O complexo de dunas e planícies marinhas estendem-se por 600 km no litoral gaúcho, desde o Arroio Chuí até o Rio Mampituba (Torres), formando o maior sistema de praias arenosas do mundo (Figura 8). Em Torres, os campos de dunas destacam-se na paisagem e fazem parte do Parque Estadual de Itapeva, gerando atrativo turístico.



Figura 8 - complexo de dunas, planícies lagunares e marinhas. Fonte: Silveira (2021).

Torres tem destaque dentro do contexto da planície costeira gaúcha, por apresentar fragmentos da Formação Serra Geral, do Cretáceo Inferior da Bacia do Paraná (Petry; Almeida; Zeffass, 2005), sobre arenitos da Formação Botucatu, (Scherer, 2000). Os afloramentos das formações Serra Geral e Botucatu despertaram interesse geológico e turístico, resultando na criação do Parque da Guarita, onde se encontram a Torre Sul, a Torre da Guarita ou Agulha da Guarita e a Torre do Meio.

Fora do parque, ainda, encontra-se o Morro do Farol, que também é um grande atrativo turístico e religioso como o Caminho da Santinha. (Figura 9).



Figura 9 - Escarpa do Morro do Farol e Caminho da Santinha. Fonte: Elaborado pelos autores.

O Caminho da Santinha foi construído em uma zona onde blocos caem após se desprenderem das falésias, formando o depósito de tálus, o que configura risco geológico aos visitantes (Figura 10).

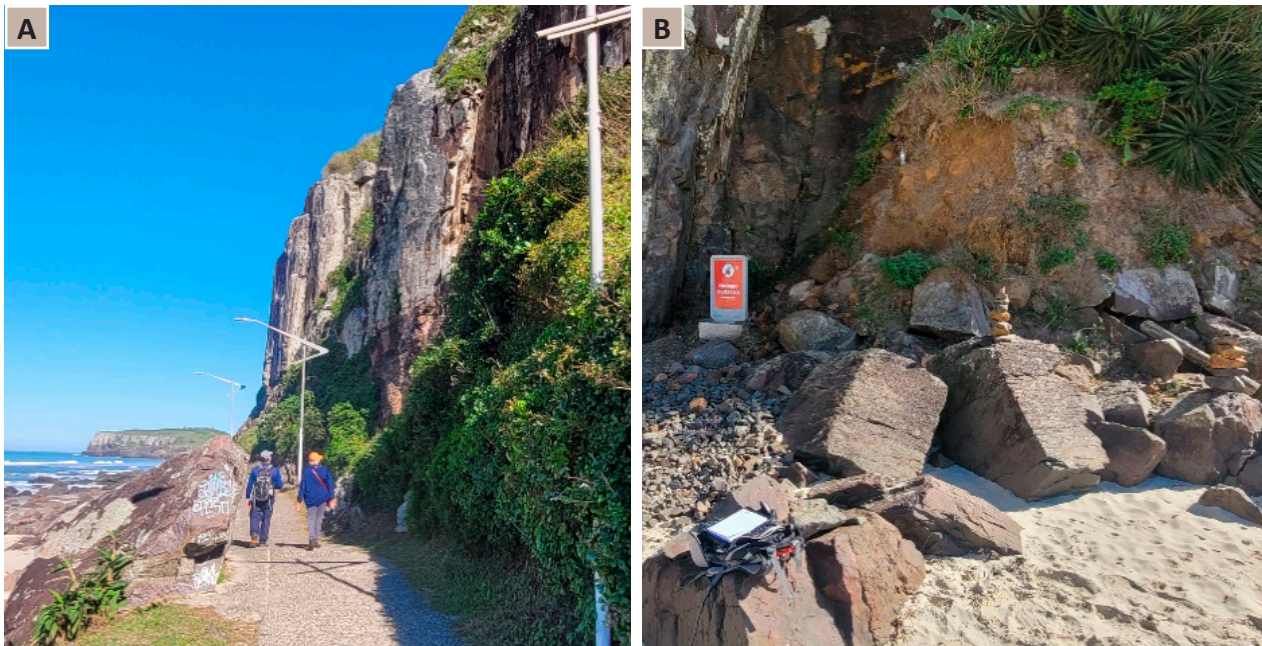


Figura 10 - Depósito de tálus no Caminho da Santinha (A); depósito de tálus na Torre Sul (B).
Fonte: Lenilson Queiroz.

O retrabalhamento dos *inselbergs* das formações Serra Geral e Botucatu com os agentes intempéries litorâneos (água do mar, vento, ondas, etc.), juntamente com as características geológicas estruturais, tais como: lineamentos, falhas, diáclases, xistosidade, acamamento, etc, geraram estruturas como as falésias e as famosas furnas. A formação dos arcos ou furnas é indicativo de áreas com maior número de planos de fraqueza, que somadas ao solapamento, conseqüentemente, acarretam em diáclases (risco de atingimento por queda de blocos), esculpindo a Furna do Diamante, a Furninha, a Furna Grande, a Furna de Fora e a Furna Seca (Figura 11).



Figura 11 - Furna do Diamante, Furninha e Furna Grande (A); Tocão e Furna de Fora (B); Furna Seca (C); Portão (D).
Fonte: Elaborado pelos autores.

Semelhante ao Caminho da Santinha, em alguns pontos da Torre Sul (Figura 11B) há o risco de atingimento de blocos junto às falésias onde se depositam, formando alguns depósitos de tálus.

As configurações morfológicas do Parque da Guarita e o Caminho da Santinha são representadas no Mapa de Padrões de Relevo (Figura 12), que está compartimentado em duas unidades já descritas.

6. METODOLOGIA

6.1. Trabalho de campo

As ações de mapeamento de perigo geológico no Parque da Guarita e no Caminho da Santinha foram executadas com coleta de dados e informações das características estruturais, geológico-geomorfológicas, tectônicas e ambientais, para posterior identificação de feições indicativas de alguma, ou mesmo nenhuma, instabilidade no terreno e subsequentes movimentos gravitacionais de massa que venham a oferecer risco aos turistas.

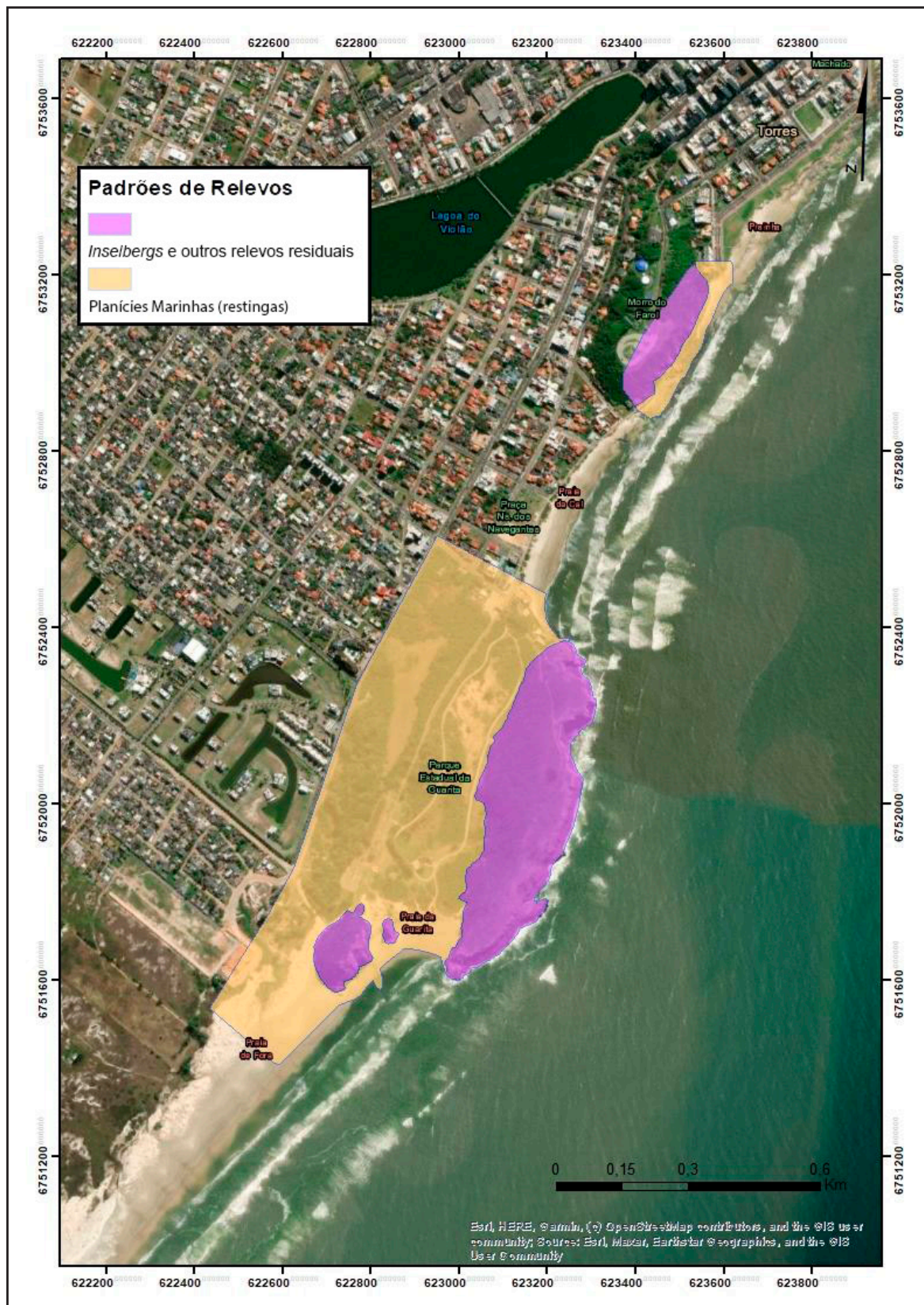


Figura 12 - Mapa de Padrões de Relevo do Parque da Guarita e do Morro da Santinha. Escala 1:25.000. Fonte: Elaborado por Lenilson J. S. de Queiroz- SGB.

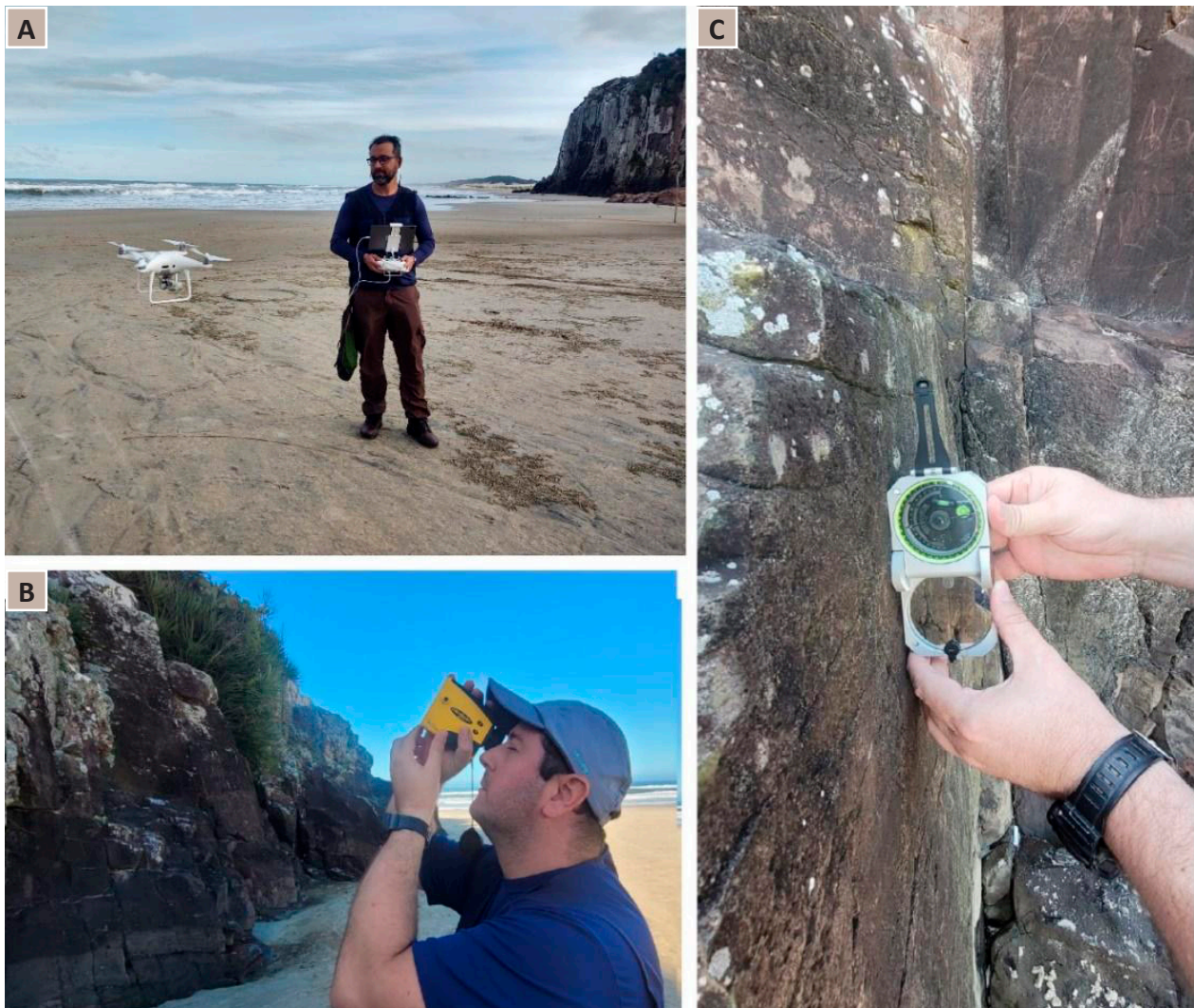


Figura 13 - Imagens das coletas de dados em campo. Levantamentos de imagens com drone (A); utilização de hipsômetro (B); medição de parâmetros estruturais (C). Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a coleta de dados *in loco*, foram utilizados: veículo aéreo não tripulado (drone), levantamento litológico, medição de parâmetros estruturais com uso de bússola, altura e inclinação dos paredões com hipsômetro (Figura 13). Todas essas informações, acrescidas de levantamento bibliográfico, foram analisadas para posterior identificação e caracterização de pontos com eventuais fragilidades que possam configurar riscos potenciais.

6.2. Modelagem

As análises de perigo para deslizamentos e de queda de blocos de rocha apresentadas neste trabalho foram realizadas a partir de adaptações do método proposto por Pimentel *et al.* (2018). Com o intuito de embasar tais avaliações, durante os trabalhos de campo, foram empregados métodos expeditos para descrever detalhadamente o contexto estrutural das escarpas/encostas, incluindo identificação e interpretação dos *sets* de fraturas e sua correlação com processos de cimentação, lixiviação e crescimento de raízes *in loco*. De igual maneira, foram registrados os processos erosivos e de movimento de massa identificados na área de estudo.

Conforme Pimentel *et al.* (2018), a avaliação de perigo consiste na compartimentação da encosta analisada em áreas críticas e de dispersão, cuja definição é apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 - Caracterização de áreas crítica e de dispersão.

Análise de Perigo de Escritório (APE)	Área Crítica (AC)	Área com maior probabilidade de deflagração de movimentos gravitacionais de massa (MLIT, 1988, Ministry of Construction, 1996, Ministry of Construction, 2009) e atingimento do material mobilizado (MLIT, <i>op.cit.</i> , Ministry of Construction, <i>op. cit.</i>). Considera-se que a energia potencial do movimento ocorra de forma concentrada na área afetada (Ministry of Construction, <i>op. cit.</i> , Hayashi <i>et. al.</i> , 2000).
	Área de Dispersão (AD)	Área sujeita a deposição do material mobilizado durante um movimento gravitacional de massa (MLIT, 1988, Ministry of Construction, 1996, Ministry of Construction, 2009). Considera-se que a energia potencial do movimento ocorra de forma dispersa na área afetada (Ministry of Construction, <i>op. cit.</i> , Hayashi <i>et. al.</i> , 2000).

Fonte: Pimentel *et al.* (2018).

O potencial para ocorrência de deslizamento planar é reconhecido na topografia por meio de observação da inclinação e altura da encosta. Parâmetros determinados por meio da análise de dados japoneses e experimentos em municípios brasileiros indicam que as porções da encosta atendem aos critérios de inclinação igual ou superior a 25° e altura igual ou maior que 5 metros entre os limites da condição topográfica (Figura 14).

O processo de quedas de blocos é subdividido em três grupos na metodologia de mapeamento de perigo proposta por Pimentel *et al.* (2018), definidos em função da inclinação do maciço rochoso e da existência ou não de rampa na base da encosta, uma vez que a presença da rampa influencia consideravelmente no alcance e na trajetória do bloco rochoso (Figura 15).

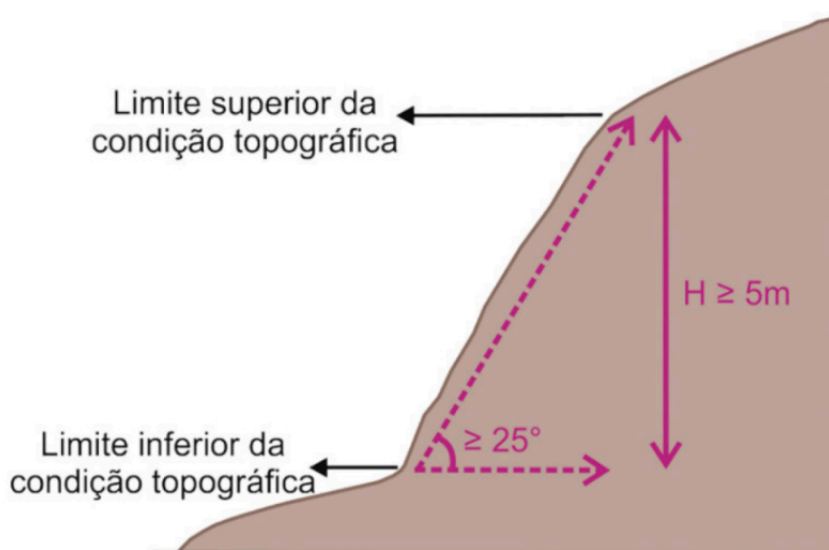


Figura 14 - Critérios topográficos para o processo de deslizamento planar. Fonte: Pimentel *et al.* (2018).

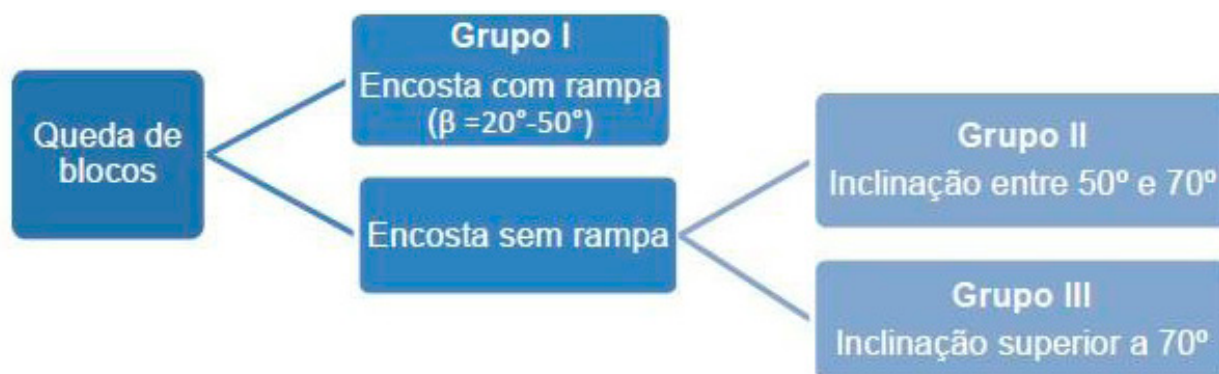


Figura 15 - Grupos referentes ao processo de queda de blocos. Fonte: Pimentel *et al.* (2018).

Assim, estabeleceu-se que os maciços rochosos que apresentarem rampa corresponderiam ao Grupo I (Figura 16) e os sem rampa aos Grupos II e III, a depender de suas inclinações. O primeiro, denominado Grupo II, corresponde às encostas com inclinação de 50° a 70°; o segundo, chamado Grupo III, refere-se às encostas cuja inclinação é superior a 70° (Figura 17).

A fim de verificar se a utilização da metodologia de mapeamento de perigo, preconizada no trabalho de Pimentel *et al.* (2018), poderia ser aplicada nas áreas visitadas, foram observados *in loco* se as encostas atendiam aos critérios topográficos para deslizamento planar e os registros existentes dos depósitos de acumulação de blocos próximos às encostas das áreas visitadas (Figuras 18).

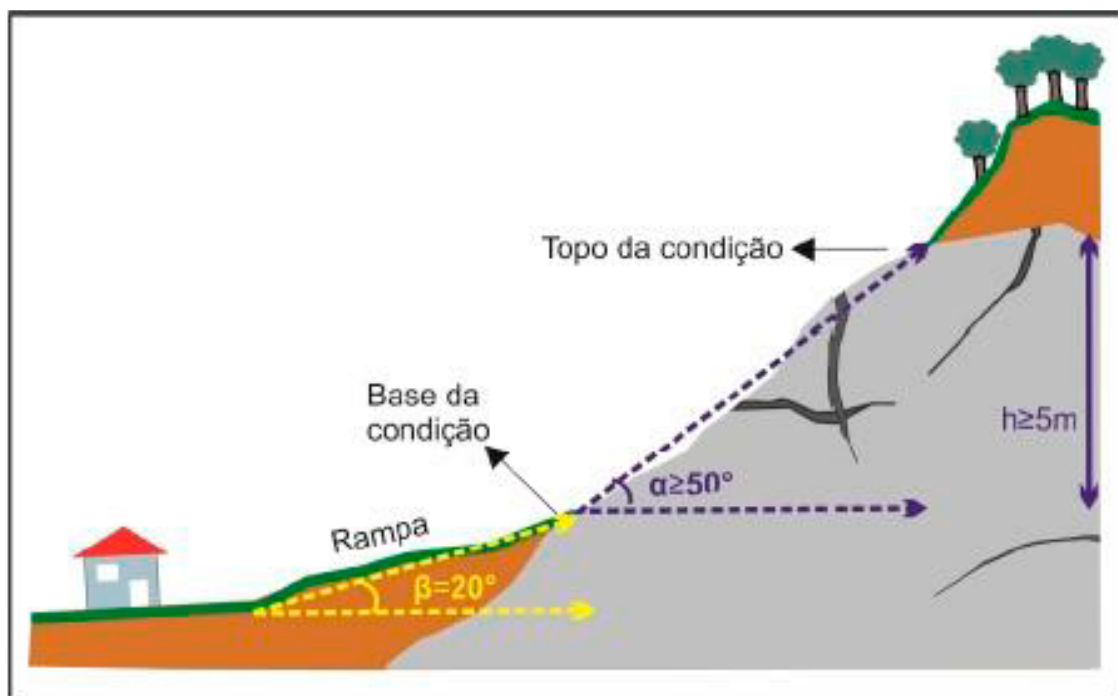


Figura 16 - Encosta com presença de rampa. Fonte: Pimentel *et al.* (2018).

Os registros dos depósitos de acumulação observados próximos às encostas indicam que as distâncias percorridas pelos blocos, na maior parte dos casos, são inferiores a 1/3 (um terço) da altura das encostas. Porém, eventualmente, observam-se alguns blocos com distâncias maiores.

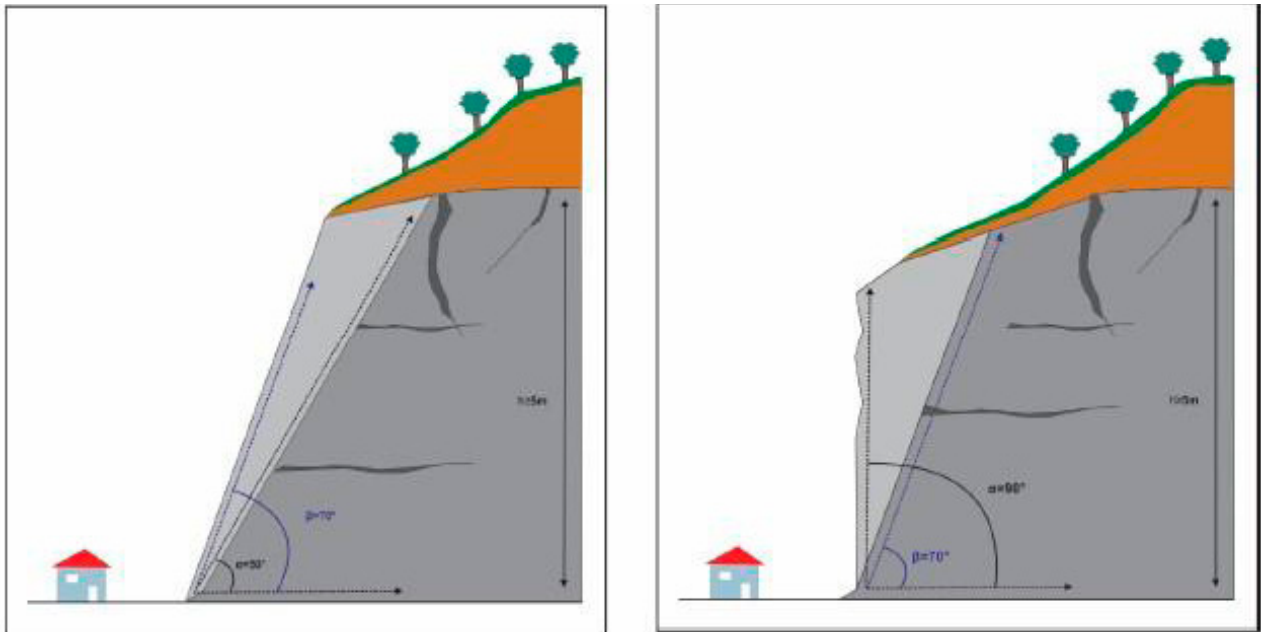


Figura 17 - Esquema de encostas sem rampa. À esquerda, configuração do Grupo II, com inclinação variando de 50° a 70°; à direita, o Grupo III, com inclinação superior a 70°. Fonte: Pimentel *et al.* (2018).

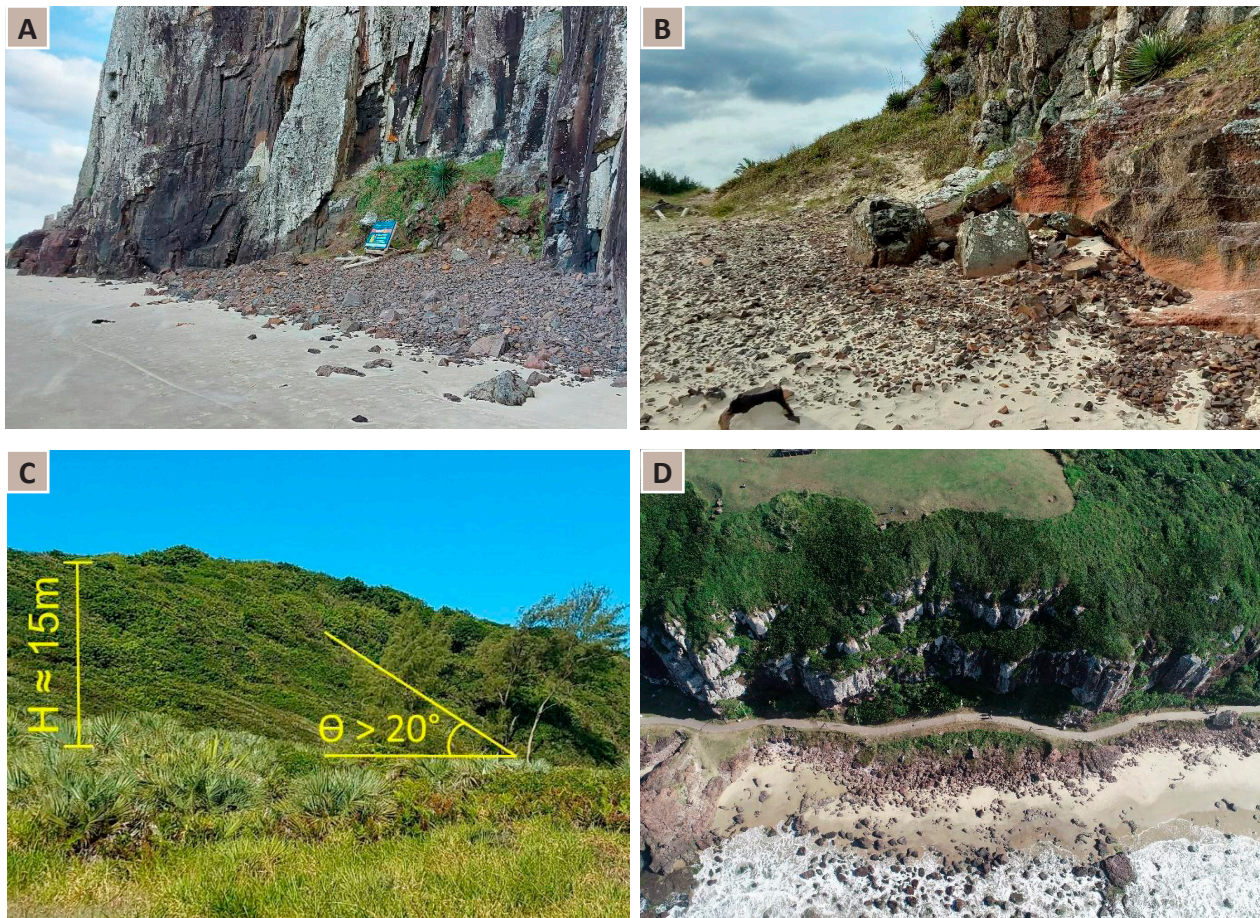


Figura 18 - Depósitos de acumulação: Torre Sul (A); Torre da Guarita (B); Calçadão Praia da Cal (C); condição topográfica da encosta da Torre do Meio voltada para a Trilha Verde (D). Fonte: Elaborada pelos autores.

A qualificação do grau de perigo fundamenta-se na experiência do pesquisador para atribuir classes de perigo às áreas delimitadas, com base na observação de indícios de instabilidade no terreno. Essas classes referendam observações para uma estação chuvosa normal, ou seja, não são aplicáveis a situações climáticas extremas.

A análise de qualificação de perigo (Figura 19) será realizada apenas sobre a área (AC). Por serem áreas de deflagração, entende-se que ali estão presentes as condições de instabilidade para início dos processos de movimentação de massa e, por essa razão, assume-se, neste manual, que as áreas críticas receberão um grau mínimo de perigo moderado.

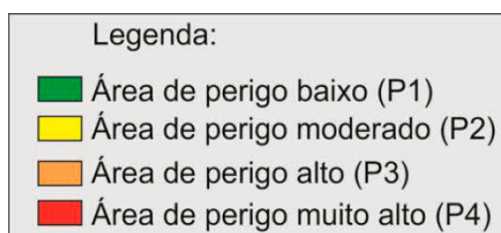


Figura 19 -Legenda com as cores da qualificação de perigo. Fonte: Pimentel *et al.* (2018).

A área de dispersão (AD) assume a classificação um grau inferior em relação à área crítica, uma vez que pode não apresentar evidências de instabilidade oriundas do desencadeamento de processo de movimento gravitacional de massa.

A partir das observações de campo, pode-se afirmar que a aplicação da metodologia de mapeamento de perigo, com a demarcação das áreas críticas e de dispersão para atingimento de blocos apresentada no Pimentel *et al.* (2018), atendem de forma satisfatória os pré-requisitos para aplicação dos parâmetros observados no Quadro 3.

7. RESULTADOS E MODELAGEM

O Parque Estadual da Guarita teve seu início com a promulgação do Decreto Estadual nº. 21.540, de 28 de dezembro de 1971, no qual foi declarado de utilidade pública, para fins de desapropriação, duas áreas situadas no município de Torres, na periferia da zona urbana, ao sul da cidade. Em 14 de outubro de 1981, o estado declarou, pelo Decreto nº. 30.377, o Parque da Guarita como área especial de interesse turístico. Em 2003, teve seu nome alterado, pela Lei Estadual nº.11.884, para Parque Estadual José Lutzenberger, em homenagem ao engenheiro agrônomo e ambientalista José Lutzenberger (1926-2002).

O Parque da Guarita é um sítio geológico, ou seja, um lugar de particular interesse para o estudo da geologia, com cenário de relevância geológica internacional. Por isso, Torres faz parte do Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul, região composta por outros seis municípios do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, como um geoparque mundial da UNESCO.

As Unidades de Conservação não encontram, na legislação federal atual, dispositivo normatizador de ações relativas à gestão de perigo geológico ou de risco ao usuário de suas áreas turísticas. Com

Quadro 3 - Síntese das regras de delimitação de áreas críticas (AC) e de dispersão (AD).

MGM	APE		Limite	
	Superior	Inferior	Laterais	
Deslizamento	Planar	AC [Topo + 10m] AD Final AC	[Base + 1H (Máx 30m)] [Base + 2H (Máx 50m)]	Fim da Condição Topográfica Fim da Condição Topográfica
	Rotacional	AC Estreitamento CN (Topo) AD Final AC	[L1 + (0.2 x L2)] [0,8 x L2 (Máx 250m)]	Fim da Condição Topográfica Fim da Condição Topográfica
Fluxo de Detritos	AC PI	INC ≈ 7° (intervalo: 200 m)	Confinado [H > 5m ← (LF) → H > 5m] Não_Confinado [20m ← (LF) → 20m]	
	AD PE	INC ≈ 2° (intervalo: 200 m)	Semi-Confinado [H > 5m ← (LF) → H > 5m] Não_Confinado [V30° ou H > 5m] ← (LF) → [V30° ou H > 5m]	
Queda de Blocos	Grupo 1 (rampa) (inc: 20°-50°)	AC Topo (RX) AD Final da Rampa (inc: 20°)	Final da Rampa (inc: 20°) 2 H (Máx 200m)	[V20°] ← (Fim Condição Topográfica Lateral) → [V20°] [V20°] ← (Fim Condição Topográfica Lateral) → [V20°]
	Grupo 2 (inc: 50°-70°)	AC Topo (RX)	1/2 H (Máx 100m)	Fim da Condição Topográfica
		AD FINAL AC	1 H (Máx 200m)	Fim da Condição Topográfica
	Grupo 3 (inc: 70°-90°)	AC Topo (RX)	1/3 H (máx 50m)	Fim da Condição Topográfica
		AD FINAL AC	1 H (Máx 100m)	Fim da Condição Topográfica

Legenda: AC (área crítica), AD (área de dispersão), H (altura), CN (curva de nível), L1 (comprimento do deslizamento rotacional), L2 (projecção do comprimento do deslizamento rotacional), PI (ponto de início do fluxo), PE (ponto de espraiamento), INC (inclinação), LF (linha de fluxo), V30° (ângulo de dispersão = 30°), RX (afloreamento de rocha e/ou campo de blocos, depósito de tálus), V20° (ângulo de dispersão lateral = 20°)

Fonte: Pimentel *et al.* (2018).

isto, fica a cargo dos gestores a definição e a implantação de estratégias voltadas para a prevenção de desastres e acidentes suscetíveis de ocorrerem em suas jurisdições.

No caso específico de Torres, onde há, pela própria origem e formação geológica, uma predominância de paredões rochosos, a probabilidade de ocorrência de quedas, tombamento e/ou deslizamentos de blocos é significativamente elevada diante das feições geomorfológicas e das características estruturais ali encontradas, conferindo, a algumas regiões, elevada suscetibilidade para tais processos, como ilustrados na Figura 20.



Figura 20 - Tipos de riscos geológicos de grau muito alto associados a movimentos de blocos em pontos de visitação turística: (A) - queda; (B) - tombamento; (C) – rolamento; (D) – deslocamento. Fonte: Elaborado pelos autores.

Além dos processos mencionados acima, existe também a suscetibilidade a processos de deslizamento planar, principalmente na face oeste da Torre do Meio, onde, ao contrário das falésias, ocorrem encostas com moderadas declividades e cobertura de solo residual e coluvionar.

Diante dos acontecimentos recentes de acidentes em áreas de forte potencial e uso turístico, fica evidente a necessidade de uma prática constante de avaliação dos riscos e perigos geológicos que essas formações rochosas oferecem ao visitante.

Deve ficar entendido que a identificação do perigo não necessariamente concorre para a interdição das atividades turísticas nesses pontos, mas levanta a necessidade da implementação de práticas seguras que venham fornecer aos visitantes e aos gestores os devidos cuidados que devem ser postos

em prática quando da visitação e/ou permanência nas áreas onde processos geológicos são tidos como de elevado potencial de risco ou de perigo à integridade.

A presença de um sistema de falhas e fraturas geológicas com diferentes direções e a forte interação dos respectivos planos de fraqueza do maciço rochoso, com subsequente isolamento e individualização de blocos de diferentes tamanhos, funciona como planos ou superfícies de elevada permeabilidade para a água (Figura 21). Nessa situação, a água tem seu caminho até o interior do maciço rochoso facilitado, bem como uma ação mais efetiva do intemperismo químico responsável pela diminuição da coesão da rocha facilitando, assim, a instalação de movimentos de massa ou quedas de blocos localizados de grande porte e alcance.

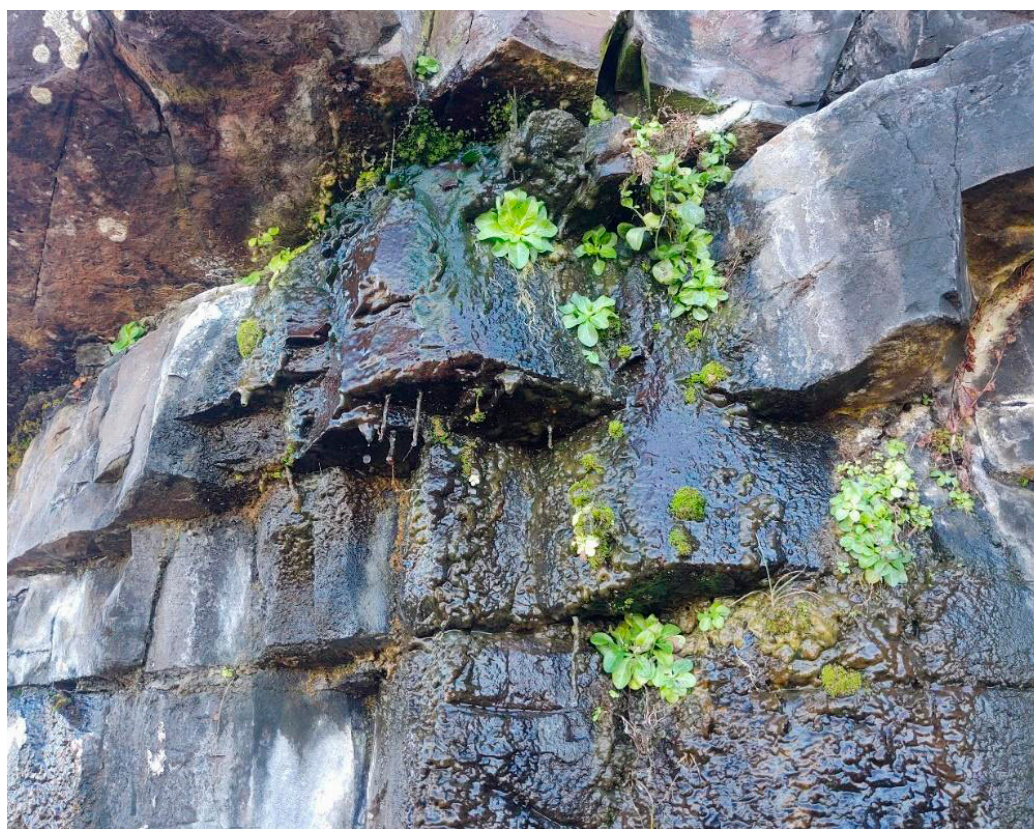


Figura 21 - Percolação e surgência de água através do sistemas de fraturas que se inter cruzam, evidenciando o grau de saturação do maciço mesmo em época de estiagem e favorecendo a perda de atrito entre os blocos rochosos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Diante do número significativo de descontinuidades e estruturas tectônicas encontradas em todas as áreas levantadas neste estudo, foram tomadas medidas de direções dos principais sistemas de fraturas, que se cortam ortogonalmente ou com ângulos menores correspondendo, no geral, a esforços tectônicos ou devido ao resfriamento dos diferentes derrames das rochas vulcânicas e, nesse caso, respondem pelas descontinuidades próximas da horizontal e, por isso, com mergulhos mais suaves (Figura 22).

Com relação às fraturas, observou-se uma maior frequência nas direções ENE-WSW e NNE-SSW, com variações para NW-SE, com mergulhos oscilando próximo ao vertical (80° a 89°) ou próximo ao horizontal (6° a 15°), (Figura 23).



Figura 22 -Sistemas de fraturas que se inter cruzam nas mais diferentes direções com presença constante em todos os maciços rochosos da área pesquisada. Fonte: Elaborado pelos autores.

Essas famílias de fraturas observadas na área de estudo respondem pela compartimentação do maciço, individualizando os blocos e os prismas rochosos e instalando fragilidades condicionantes e definidoras dos processos de movimentação de massa observados em cada local. Essa suscetibilidade aos processos geológicos imprimida a cada maciço rochoso está diretamente relacionada às características do seu substrato, do intemperismo, da alteração e da intensidade do faturamento. As diferentes reentrâncias (furnas), formadas principalmente nos costões, parecem refletir o efeito e a potência da ação das ondas, tendo como resultado quedas e deslizamentos de blocos, bem representado pelos depósitos desse material ao pé das encostas.

A presença marcante desses processos de movimentação de massa constitui pontos de preocupação diante do risco e do perigo oferecidos pelos mesmos, tendo em vista que os blocos movimentados observados *in situ* chegam a atingir dimensões métricas e com áreas de atingimento consideráveis, dependendo da altura e inclinação da vertente, que no geral é bem elevada ou quase vertical na maioria.

O levantamento de dados geológico-geotécnico nas diferentes áreas que constituem o objeto deste estudo, nomeadamente identificação, delimitação e caracterização geológica e estrutural dos pontos visitados, seguiu uma metodologia desenvolvida pelo (e.g. Barros *et al.* 2022; Oliveira *et al.* 2022; Pedrazzi; Cunha; Dias, 2022; Silva; Kuhlmann; Ribeiro, 2022).

Os dados obtidos em campo de fraturas e/ou falhas, deslizamentos, rolamentos de blocos, cicatrizes de quedas de blocos, blocos em balanço, depósitos de tálus e erosão, principalmente, forneceram informações que fundamentaram e embasaram a caracterização geológico-geotécnica desses pontos.

A seguir serão descritos os processos geológicos-geotécnicos, potenciais e instalados, identificados nas áreas visitadas, bem como o respectivo grau de risco.



Figura 23 -A - Representação dos sistemas de falhas/fraturas que compartimentam e individualizam blocos, cujos planos ou descontinuidades, sob a ação dos agentes erosivos, contribuem para o elevado grau de risco a quedas e rolamentos desses blocos por todo o maciço rochoso. Linhas amarelas: ENE-WSW; linhas vermelhas: NNE-SSW; linhas azuis: NW-SE; B - Fraturas com mergulhos próximos ao vertical; C – Fraturas com mergulho próximo ao horizontal. Fonte: Elaborado pelos autores.

7.1. Torre Sul

Localizada dentro dos limites do Parque da Guarita, trata-se de um *inselberg* com formato relativamente oval, onde o eixo maior, com direção SW-NE, se estende por cerca de 180 metros de comprimento, e o eixo menor, com direção SE-NW, se estende por cerca de 130 metros de comprimento (Figura 24). O topo é moderadamente aplainado e está a uma altura de aproximadamente 40 metros do nível do mar.



Figura 24 - Imagem do topo da Torre Sul exibindo seu formato. Fonte: Elaborado pelos autores.

As faces laterais possuem declividades variadas, sendo as faces leste e sul, as mais íngremes, variando de 70° a 90° de inclinação, com algumas partes apresentando, inclusive, inclinações negativas, formando pequenos tetos. Essas faces são formadas por paredões de rocha basáltica, com evidente disjunção colunar poliedral, onde as famílias de fraturas verticalizadas são as principais condicionantes da segmentação do maciço, individualizando, preferencialmente, colunas rochosas (Figuras 25). Na face leste, ocorrem dois depósitos de tálus com cerca de 20 metros de largura cada, formados por blocos caídos do paredão acima. Esses depósitos evidenciam processos instalados de queda livre de blocos rochosos na Torre Sul (Figuras 26).

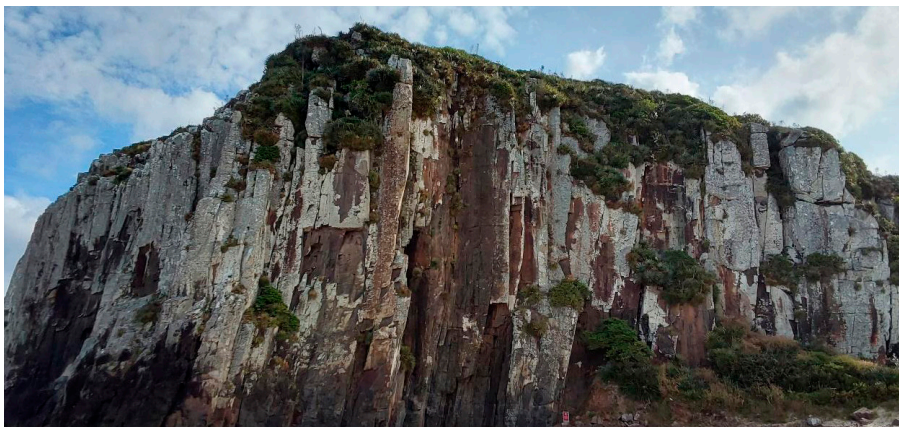


Figura 25 - Imagem da face leste da Torre Sul exibindo colunas rochosas formadas pelo fraturamento verticalizado. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 26 - Imagem da face leste da Torre Sul exibindo depósito de acúmulo de blocos rochosos (A); Imagem da face leste da Torre Sul exibindo depósito de acúmulo de blocos rochosos (B). Fonte: Elaborado pelos autores.

Ainda na face sul, existe um acidente geográfico conhecido como Filhote da Torre Sul, que na realidade é uma extensão do maciço, mas parcialmente separado. Trata-se de um contraforte rochoso formado por rocha basáltica, com disjunção colunar poliedral, intensamente fraturado. As colunas rochosas estão suavemente inclinadas na direção do maciço (Figura 27). O Filhote da Torre Sul também era conhecido como “Cabeça do Índio”, pois se assemelhava à face de um indígena de frente para o oceano. Segundo relatos, essa “cabeça” desabou na praia em decorrência de fortes tempestades, sendo mais uma evidência dos processos ativos no local.

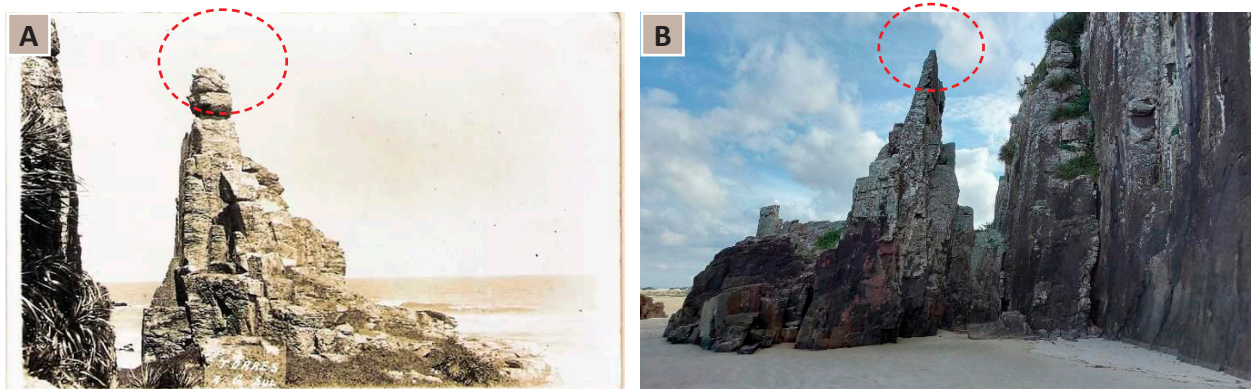


Figura 27 - Imagem antiga mostrando a cabeça do índio ainda no topo do Filhote (A); Imagem recente do Filhote já sem a Cabeça do Índio (B). Essa sucessão de imagens ilustra bem os efeitos da passagem do tempo sob a ação da gravidade e da erosão, bem como comprova a existência dos processos geotécnicos. Fontes: (A) – Autor desconhecido, reprodução da internet; (B) – Elaborado pelos autores.

A face oeste da Torre Sul possui declividades variadas. De sua base até aproximadamente 12 metros de altura, é formada por paredões de rocha basáltica, com disjunção colunar poliedral e inclinações maiores que 80° . Acima, a superfície se encontra com inclinações variando entre 30° e 60° , coberta por vegetação rasteira sobre depósitos de material coluvionar com tálus associado, até uma altura que varia de 15 a 28 metros, dependendo da parte. Nessa faixa da face leste, ocorrem novos paredões rochosos verticalizados, porém sem total continuidade lateral. Acima dos 28 metros de altura, a face oeste volta a apresentar declividades moderadas (30° a 60°) e a cobertura vegetal, até atingir o topo (Figura 28).

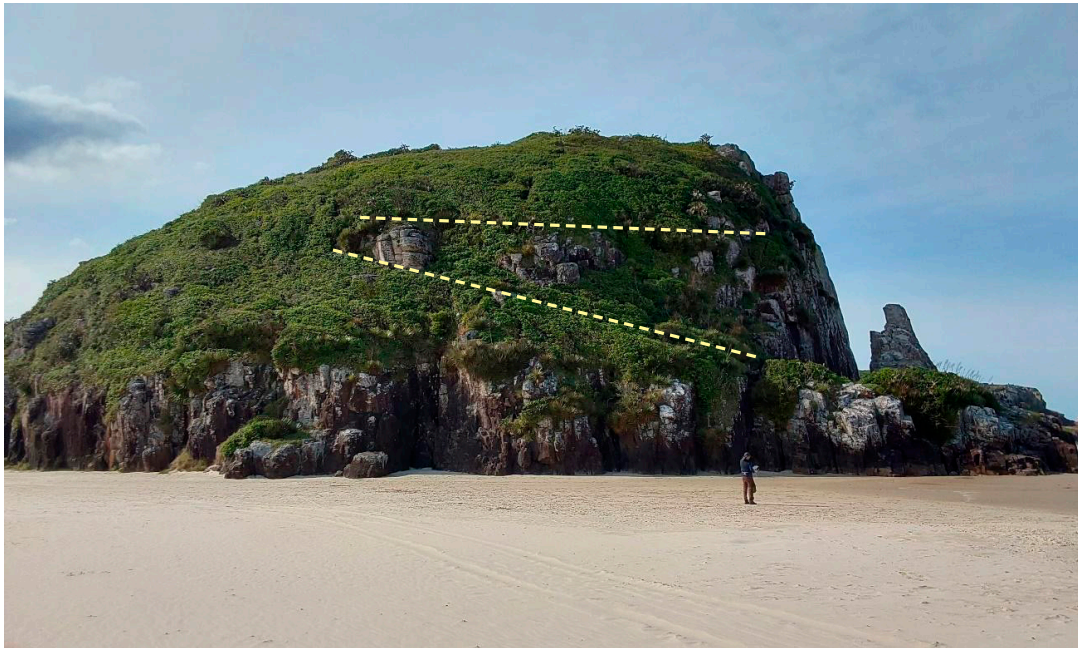


Figura 28 - Imagem da face oeste da Torre Sul, exibindo suas variações de amplitude e declividade.
Fonte: Elaborado pelos autores.

A face norte apresenta as menores declividades, variando entre 15° e 50° , até atingir o topo. Não ocorrem paredões rochosos verticalizados. É formada por uma rampa de material coluvionar com tálus associado e densa vegetação arbórea de pequeno porte. É nessa face que foi aberta a trilha usada para se alcançar o topo da torre (Figura 29). Ao longo das encostas da Torre Sul, foram identificados vários blocos e colunas rochosas instáveis e suscetíveis a processos de movimentos gravitacionais de massa.

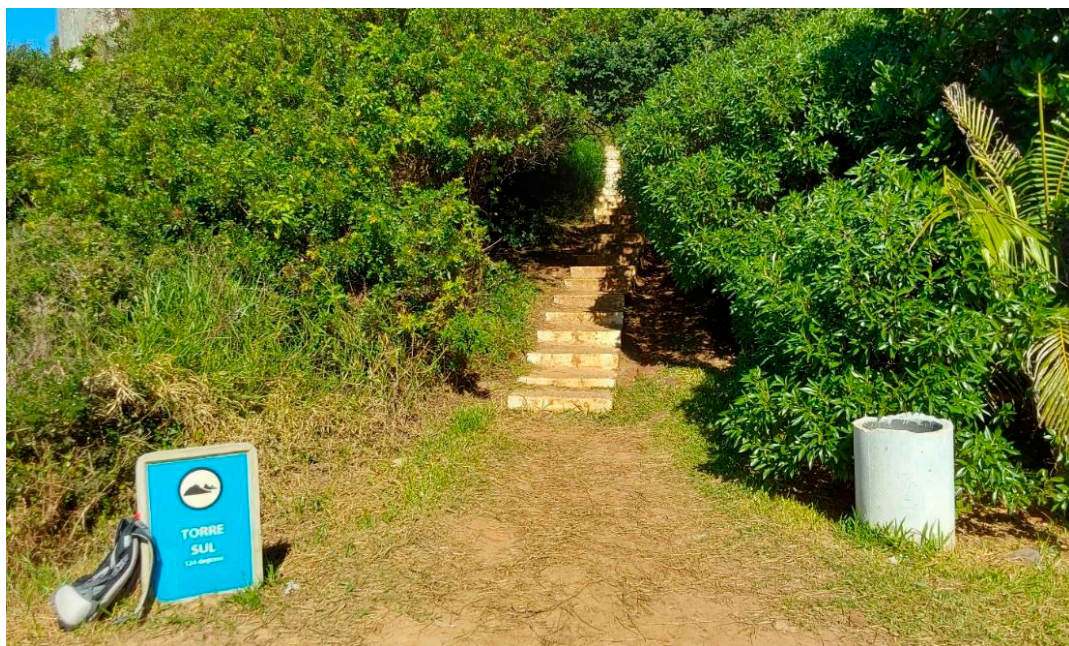


Figura 29 - Imagem da face norte da Torre Sul, exibindo parcialmente a base da encosta, onde identifica-se o início da trilha que leva ao cume. Fonte: Elaborado pelos autores.

O topo da Torre Sul é moderadamente aplainado, parcialmente coberto por um solo residual raso sob uma cobertura vegetal arbustiva, e parcialmente aflorando rocha basáltica moderadamente alterada (Figura 30), onde foi possível constatar a presença de diques clástico de injeção. Não foram identificados, no topo, indícios geodinâmicos de instabilidade geotécnica, tais como trincas e degraus de abatimento. Além disso, foram identificados poucos blocos rochosos e de pequenas proporções nas bordas da Torre Sul.



Figura 30 - Imagem do topo da Torre Sul, exibindo sua superfície aplainada e o detalhe da localização do dique clástico identificado (detalhe no canto superior). Fonte: Elaborado pelos autores.

7.1.1. Modelagem de Perigo

Na Torre Sul, foram identificadas as seguintes tipologias de movimentos gravitacionais de massa, suscetíveis a serem deflagradas:

- Tombamento de colunas rochosas;
- Queda livre de blocos rochosos;
- Desplacamento rochoso;
- Rolamento de blocos rochosos;
- Deslizamento planar.

A aplicação da metodologia de perigo para a Torre Sul, para os processos identificados, resultou na delimitação e na qualificação das áreas crítica e de dispersão (Figura 31).

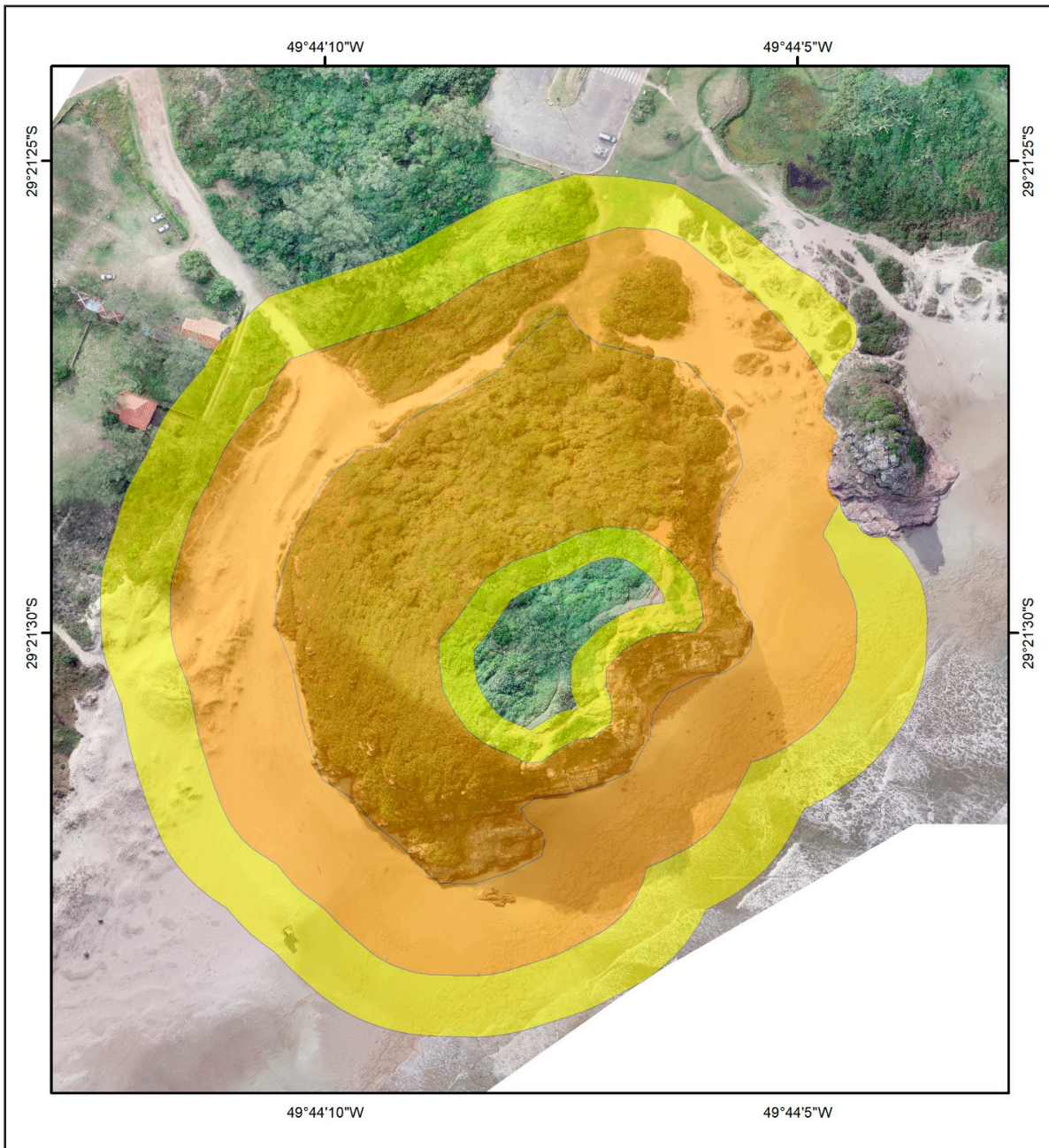


Figura 31 - Área crítica (laranja = perigo alto - P3) e área de dispersão (amarelo = perigo médio - P2) para deflagração e atingimento de blocos e deslizamento planar na Torre Sul. Fonte: Elaborado pelos autores.

7.2. Torre da Guarita

Localizada dentro dos limites do Parque da Guarita, trata-se de um *inselberg*, também conhecido como “Sentinela”. Apresenta uma base alongada com cerca de 55 metros de comprimento e 25 metros de largura, formada pelo arenito da Formação Botucatu (Figura 32). A base apresenta inclinações variando de baixa a moderada, ergue-se até uma altura de aproximadamente 2 metros acima do nível da praia e não constitui área fonte de deflagração de processos geotécnicos.

Sobre a base, encontra-se uma torre formada por rochas basálticas com evidente disjunção colunar poliedral. Tais colunas rochosas podem chegar a um comprimento de até 3 metros e muitas acham-se



Figura 32 - Imagem lateral da Torre da Guarita, onde se pode diferenciar a base de arenito da Fm. Botucatu (avermelhado) e a torre de colunas de rocha basáltica da Fm. Serra Geral (cinza). Fonte: Elaborado pelos autores.

instáveis por estarem majoritariamente segmentadas do maciço, apoiadas apenas na própria base. Apresenta faces rochosas subverticais, com inclinações variando de 70° a 90° (Figura 33), com exceção apenas da face NNW, a qual apresenta inclinações moderadas (aproximadamente 45°) e possui cobertura formada por depósitos coluvionares com tálus associado e vegetação rasteira (Figura 34).

É possível, também, identificar depósitos de tálus (blocos) ao redor da base (Figura 35A) e um matacão caído sobre o arenito, o que comprova a ocorrência de quedas. Seu topo é estreito e moderadamente aplainado e está a uma altura de aproximadamente 26 metros do nível do mar (Figura 36).

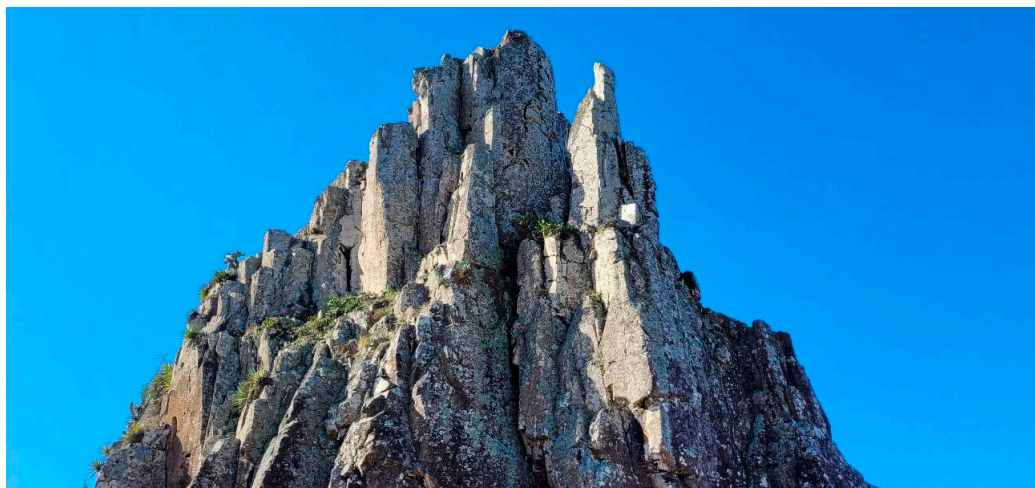


Figura 33 - Imagem lateral da Torre da Guarita, exibindo colunas instáveis suscetíveis a tombamento. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 34 - Imagem lateral da face nordeste da Torre da Guarita, exibindo a face menos declivosa, com cobertura coluvionar. Fonte: Elaborado pelos autores.

A base da Torre da Guarita, por ser formada pelo arenito, que possui menor resistência física à erosão marinha, desenvolveu, no lado leste, um recuo erosivo, formando teto estreito e com pouca sustentação (Figura 37A). Ainda, nesse local, existe o resquício de uma laje de concreto armado, o qual já fez parte da estrutura de um ponto de venda de comes e bebes. O concreto armado se encontra deteriorado exibindo claros sinais de corrosão da armadura por carbonatação e oxidação. É justamente nesse local do parque, que frequentadores foram observados sentados se abrigando do sol (Figura 37B).

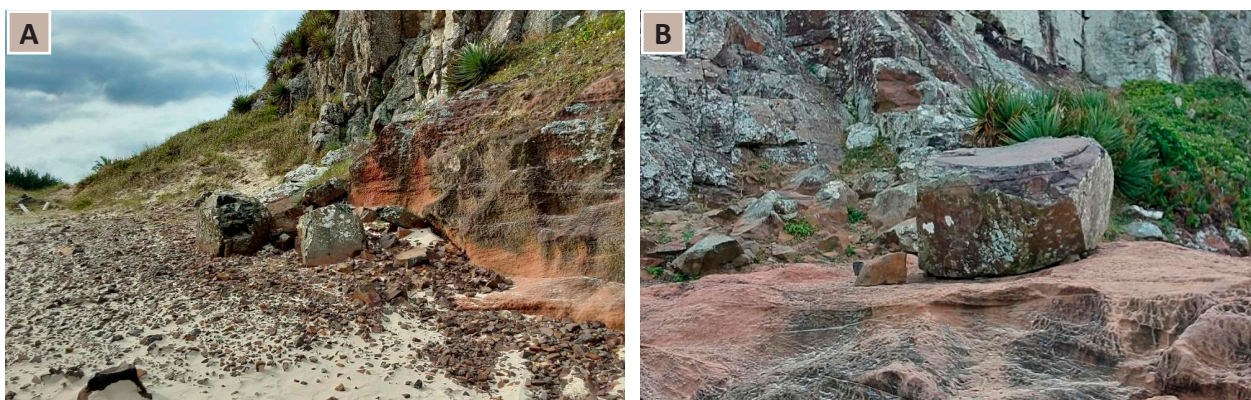


Figura 35 - Imagem exibindo blocos rochosos acumulados na face oeste da Torre da Guarita (A); Imagem exibindo matacão rochoso na base da Torre da Guarita, após ter desabado do topo (B).
Fonte: Elaborado pelos autores.

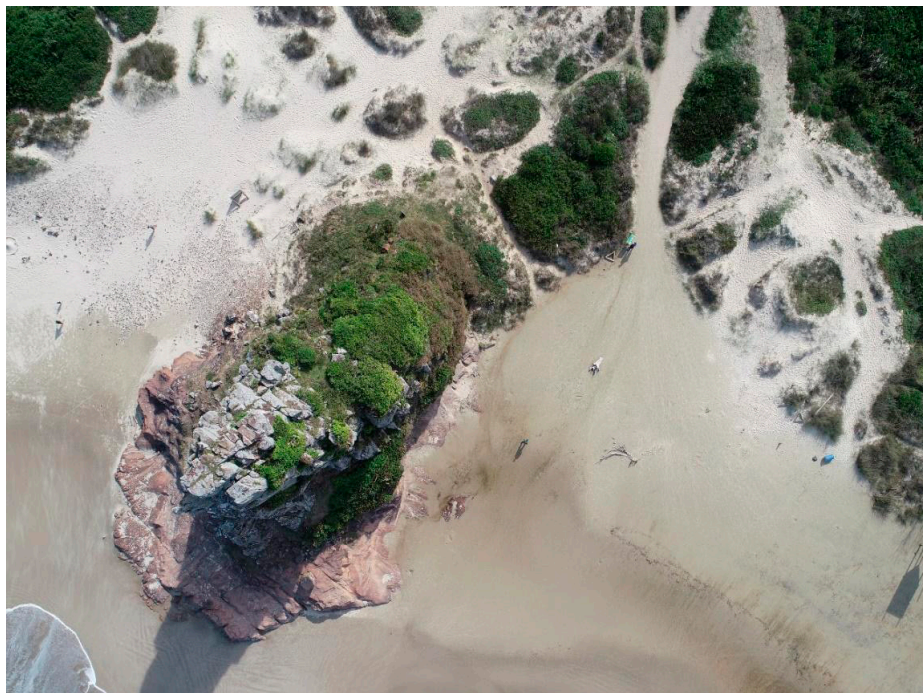


Figura 36 - Imagem vista de cima da Torre da Guarita, onde é observado seu formato alongado na direção NE-SW e seu topo aplainado com evidentes fraturas concorrentes. Fonte: Elaborado pelos autores.

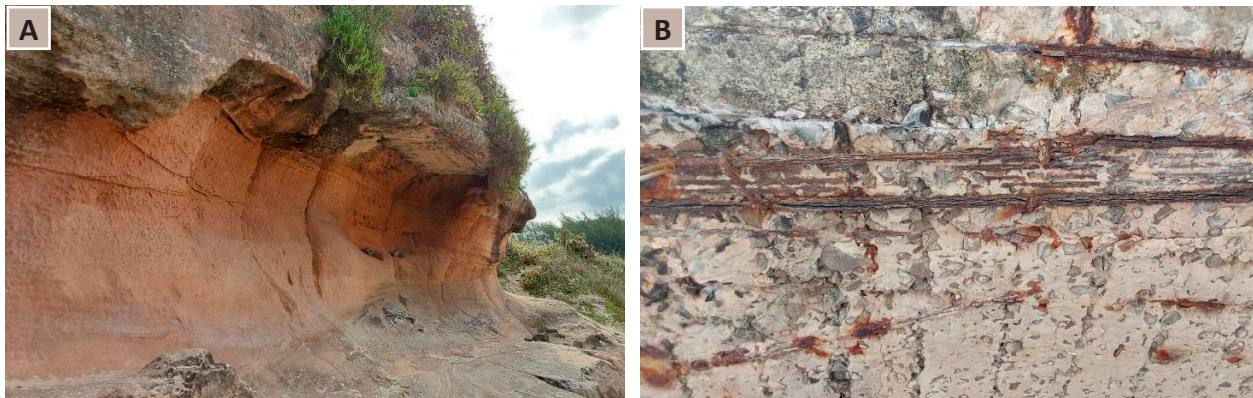


Figura 37 - Imagem exibindo matacão rochoso na base da Torre da Guarita, após ter caído do topo. Fonte: Elaborado pelos autores.

7.2.1. Modelagem de Perigo

Na Torre da Guarita, foram identificadas as seguintes tipologias de movimentos gravitacionais de massa, suscetíveis a serem deflagradas:

- Tombamento de colunas rochosas;
- Queda livre de blocos rochosos;
- Rolamento de blocos rochosos.

A aplicação da metodologia de perigo na Torre da Guarita, para os processos identificados, resultou na delimitação e na qualificação das áreas crítica e de dispersão (Figura 38).

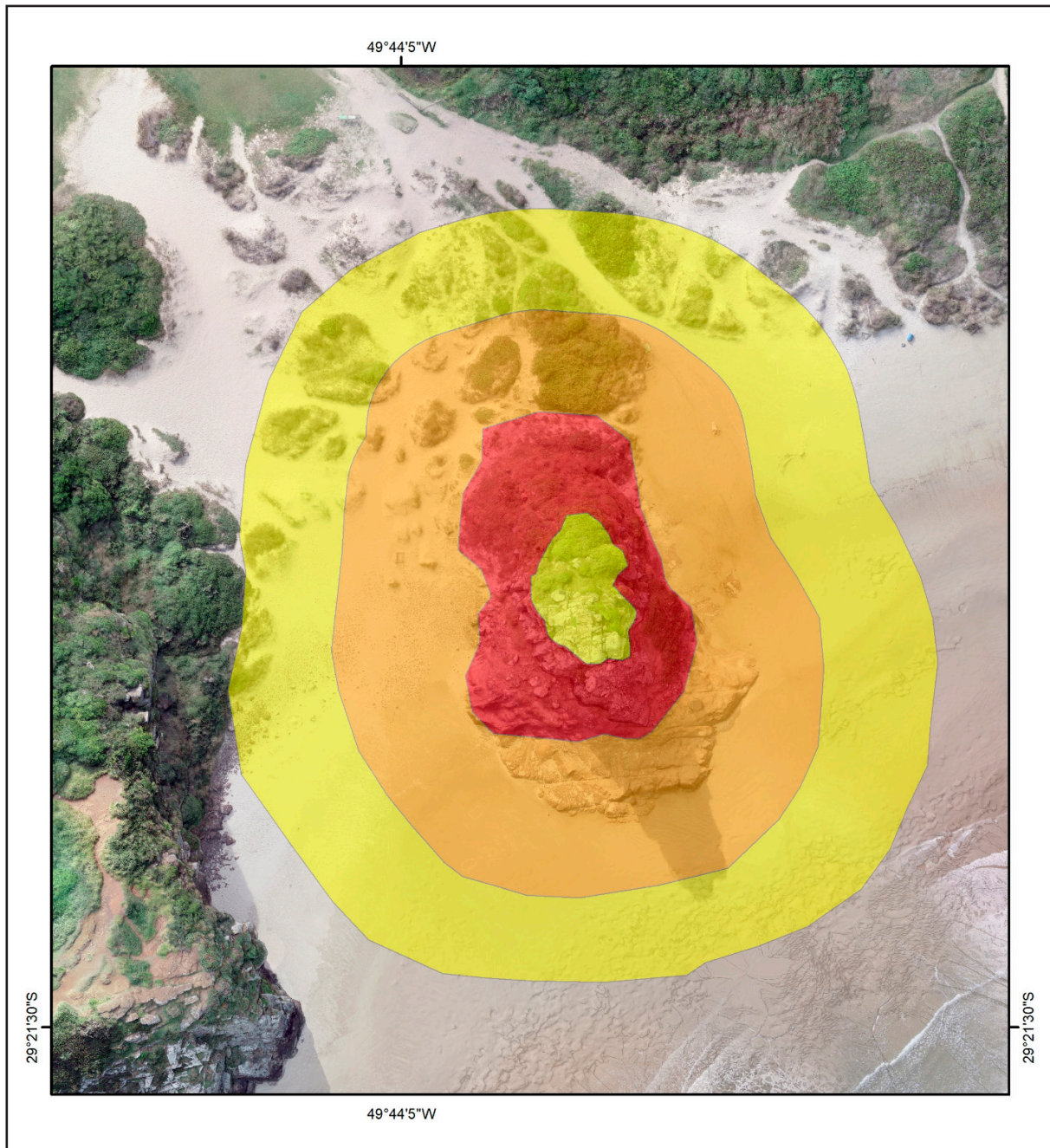


Figura 38 - Área crítica de deflagração (vermelha = perigo muito alto – P4), área crítica potencial (laranja = perigo alto – P3) e área de dispersão (amarelo = perigo médio – P2) para deflagração e atingimento de blocos e deslizamento planar na Torre da Guarita. Fonte: Elaborado pelos autores.

7.3. Torre do Meio

Localizada dentro dos limites do Parque da Guarita, trata-se de um *inselberg*, também conhecido como Torre das Furnas. É a maior das “torres”, possuindo cerca de 800 metros de comprimento na direção SSW-NNW e largura que pode chegar a 210 metros na direção WNW-ESE (Figura 39).

Seu topo, apesar de parecer relativamente aplainado, possui uma variação altimétrica de 12 metros até a borda da falésia, que possui mais 26 metros de paredão até o nível do mar, totalizando

aproximadamente 38 metros de amplitude (Figura 40). Apresenta cobertura residual formada por solo imaturo e pouco espesso, com pronunciado horizonte A orgânico sobre horizonte saprolítico (Figura 41). A vegetação é rasteira. No topo, encontra-se a Lagoinha dos Suspiros, um pequeno corpo aquoso, com cerca de 15 m x 10 m (Figura 42), o que evidencia a baixa capacidade de drenagem.



Figura 39 - Depósitos de calhaus de basalto com arestas arredondadas pela ação das ondas.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 40 - Imagem da Torre do Meio, onde as amplitudes e as declividades do relevo, acima e abaixo da borda do paredão, podem ser diferenciadas. Foto: Elaborado pelos autores.



Figura 41 - Imagem de perfil do solo residual acima da borda do paredão, onde os distintos horizontes pedológicos podem ser diferenciados. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 42 - Imagem aérea com vista em planta da Lagoinha dos Suspiros. Fonte: Elaborado pelos autores.

A face oeste é formada por encostas retilíneas, com inclinações moderadas, variando entre 15° e 50°, e cobertura inconsolidada residual, com pequenos depósitos de colúvio compondo o sopé. A vegetação varia de rasteira a arbórea. Na parte a jusante da encosta oeste, existe a Trilha Verde, que possui trajeto, com direção aproximada SSW-NNE, pela base da encosta (Figura 43).

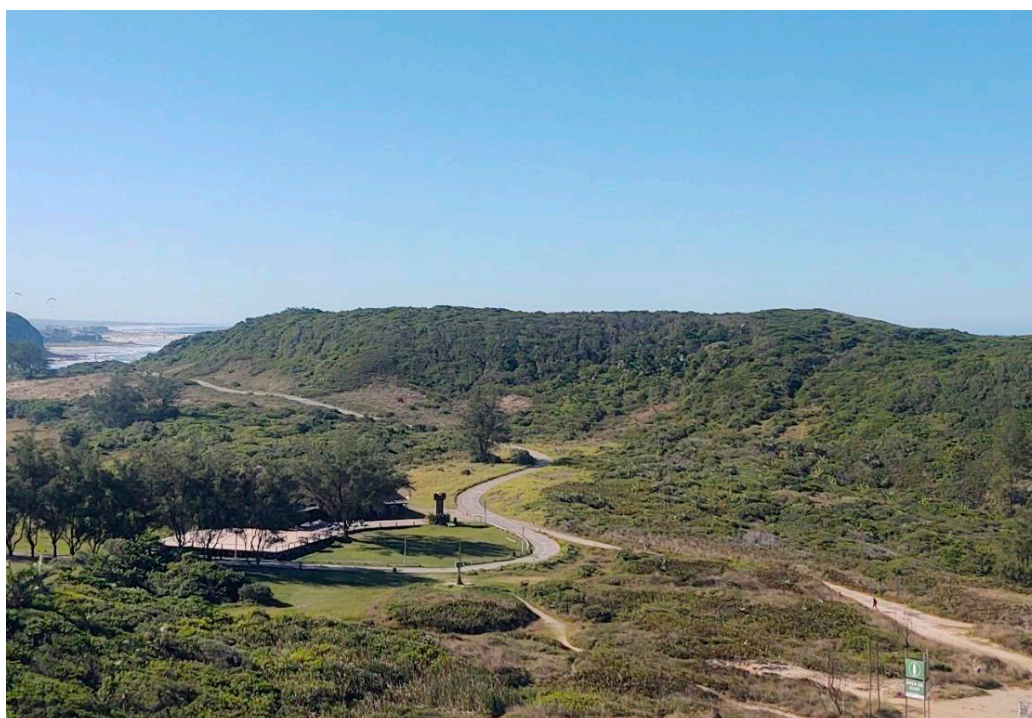


Figura 43 - Imagem da face oeste da Torre do Meio, com vista parcial da Trilha Verde.
Fonte: Elaborado pelos autores.

A face leste, por sua vez, é formada por falésias rochosas de basalto, com até 30 metros de altura e inclinações que podem chegar a 90° (Figura 44). Na base da falésia, ocorrem furnas, as quais dão nome à torre, que são feições erosivas formadas por desabamento e criam cavidades de diferentes tamanhos (Figura 45). Essas “furnas” são o resultado da erosão diferencial nas diferentes litofácies do basalto (Figura 46), por possuírem erosibilidades devido à ação das ondas do mar.

Em função da grande extensão da Torre do Meio, a área foi dividida em cinco partes para o detalhamento das características geotécnicas. Essas áreas foram escolhidas com base na localização das escadarias que permitem aos frequentadores do parque alcançarem a base da falésia, caracterizada como área crítica tanto para deflagração dos processos, quanto para atingimento. Esses locais são amplamente conhecidos como áreas onde pescadores permanecem por longos períodos de tempo (Figura 47) e como rotas de acesso para surfistas. São elas: Bico do Luiz, Furna do Diamante, Saltinho, Portão e Trilha Verde.

7.4. Bico do Luiz

A área do Bico do Luiz caracteriza-se como um promontório que avança em direção ao mar por aproximadamente de 30 metros, localizado cerca de 12 metros abaixo da falésia da Torre do Meio



Figura 44 - Imagem exibindo as falésias da Torre do Meio, onde se pode observar o topo do paredão e a Furna de Fora. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 45 - Imagem exibindo uma furna em desenvolvimento, na base do paredão. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 46 - Imagem exibindo a variação de litofácies basálticas na base da falésia.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 47 - Depósitos de calhaus de basalto com arestas arredondadas pela ação das ondas.
Fonte: Elaborado pelos autores.

(Figura 48). Esse promontório, segundo evidências identificadas no local e por relatos coletados, teve origem por processos antrópicos, realizados para a construção do Porto Marítimo de Torres, em 1890 (Figura 49). O acesso ocorre por uma trilha pavimentada, costeando a Torre do Meio, a partir da Praia da Guarita. Do promontório, uma escadaria de alvenaria dá acesso ao topo da falésia e, por conseguinte, às trilhas Vermelha e Amarela.

Toda a área é constituída por rochas basálticas, exibindo as três litofácies: disjunção tabular, basalto com disjunção colunar e basalto vesicular/amigdaloidal; encontra-se muito fraturada em algumas



Figura 48 -Imagem aérea com vista de cima do promontório conhecido como Bico de Luiz.
Fonte: Elaborado pelos autores.

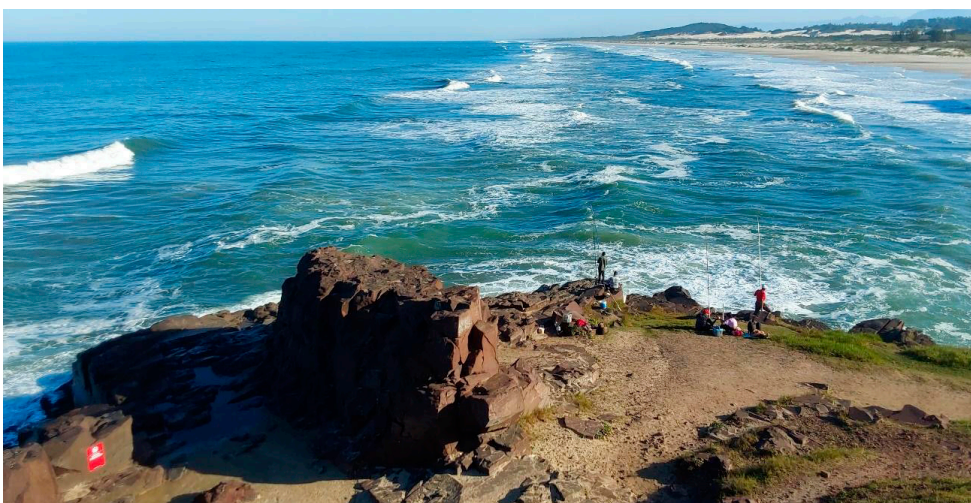


Figura 49 -Imagem exibindo o local de onde foi extraído material rochoso para construção civil. Atualmente, serve de ponto de pesca. Fonte: Elaborado pelos autores.

partes, resultando em inúmeros blocos e colunas de rocha soltos e instáveis (Figura 50). Apesar disso, não foram identificados expressivos indícios geodinâmicos em grande número e magnitude que indiquem processos com um elevado grau de desenvolvimento.

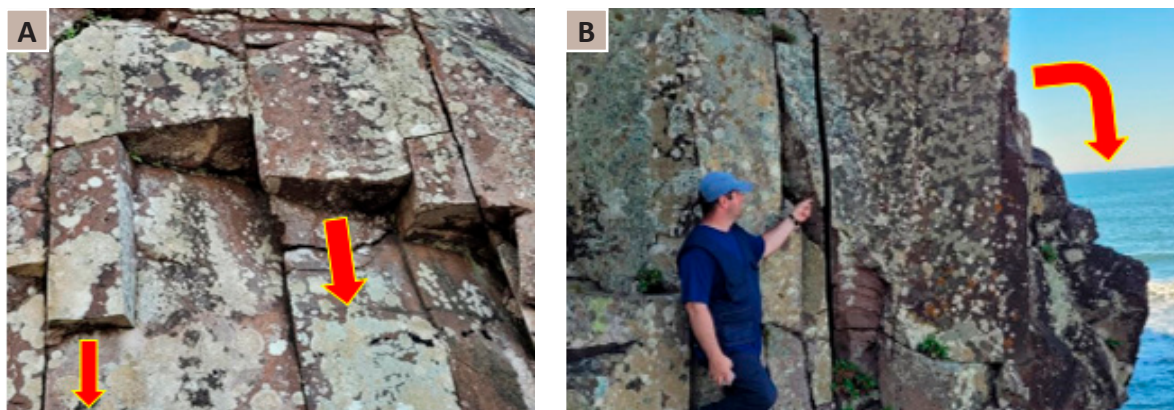


Figura 50 - Imagem exibindo o maciço rochoso fraturado, resultando em blocos rochosos descalçados sujeitos à queda (A); Imagem exibindo as extensas fraturas verticais, típicas do local, as quais resultam na individualização de colunas rochosas suscetíveis a tombamento (B). Fonte: Elaborado pelos autores.

7.4.1. Modelagem de Perigo

No Bico do Luiz, foram identificadas as seguintes tipologias de movimentos gravitacionais de massa, suscetíveis a serem deflagradas:

- Tombamento de colunas rochosas;
- Queda livre de blocos rochosos;
- Desplacamento rochoso;
- Rolamento de blocos rochosos;
- Deslizamento planar.

A aplicação da metodologia de perigo para o Bico do Luiz, para os processos identificados, resultou na delimitação e qualificação das áreas crítica e de dispersão (Figura 51).

7.5. Furna do Diamante

A área da Furna do Diamante, neste trabalho, abrange a Escada Furna do Diamante, o Alto do Diamante, a Furna do Diamante, a Furna Grande, a Furninha, a Escada da Furninha e a Escada do Balcão. A Furna do Diamante caracteriza-se como um pequeno cabo, com três patamares em cotas distintas, separados por paredões rochosos (Figura 52). O primeiro patamar, o mais alto, é formado pelo topo da Torre do Meio até a borda da falésia, que desce com alta declividade por cerca de 10 metros. A seguir, segue um promontório, com aproximadamente 30 metros de extensão, até atingir uma nova quebra no relevo caracterizada por um outro paredão rochoso subvertical com cerca de 7 metros de altura, separando o promontório do patamar mais baixo, que mede aproximadamente 35 metros de extensão e com uma baixa declividade até alcançar o nível do mar.

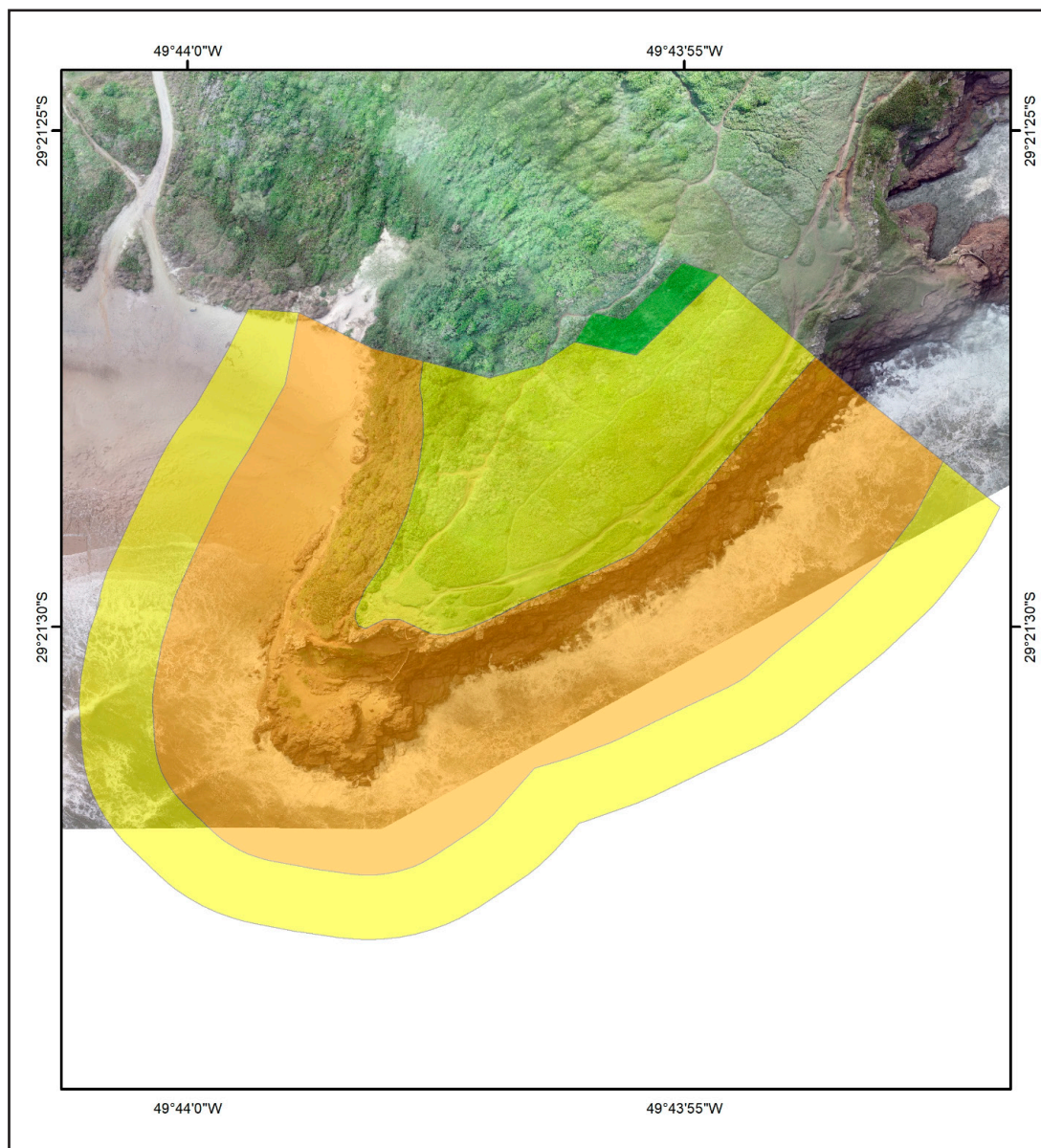


Figura 51 - Área crítica (laranja = perigo alto - P3) e área de dispersão (amarelo = perigo médio - P2) para deflagração e atingimento de blocos e deslizamento planar na área do Bico do Luiz. Fonte: Elaborado pelos autores.

Esse cabo, somado à continuação do costão a nordeste, acaba por formar uma pequena enseada (Figura 53), que apresenta, ao fundo, duas cavidades na rocha, nomeadas Furna do Diamante e Furninha (Figura 54), sendo que a Furna do Diamante se estende por baixo do patamar intermediário.

O local é acessado pela Escada Furna do Diamante, construída em alvenaria. Tem início na Trilha Vermelha e se estende até o patamar inferior da península (Figura 55).

A Furna Grande, caracteriza-se por uma pequena reentrância em forma de “V”, no costão da Torre do Meio. Ao fundo da reentrância, foi formada uma cavidade pouco profunda denominada Furna Grande (Figura 56), que pode ser alcançada tanto pela Escada da Furninha quanto pela Escada do Balcão (Figura 57), as quais têm início na Trilha Vermelha, localizada na borda da falésia, e descem por cerca de 16 metros de paredão rochoso, com alta declividade, até alcançar um patamar rochoso e estreito que se estende costeando a falésia (Figura 58).



Figura 52 - Imagem aérea oblíqua da península sobre onde se desenvolveu a Furna do Diamante. Também é possível identificar a localização de cada um dos patamares. Fonte: Elaborado pelos autores.

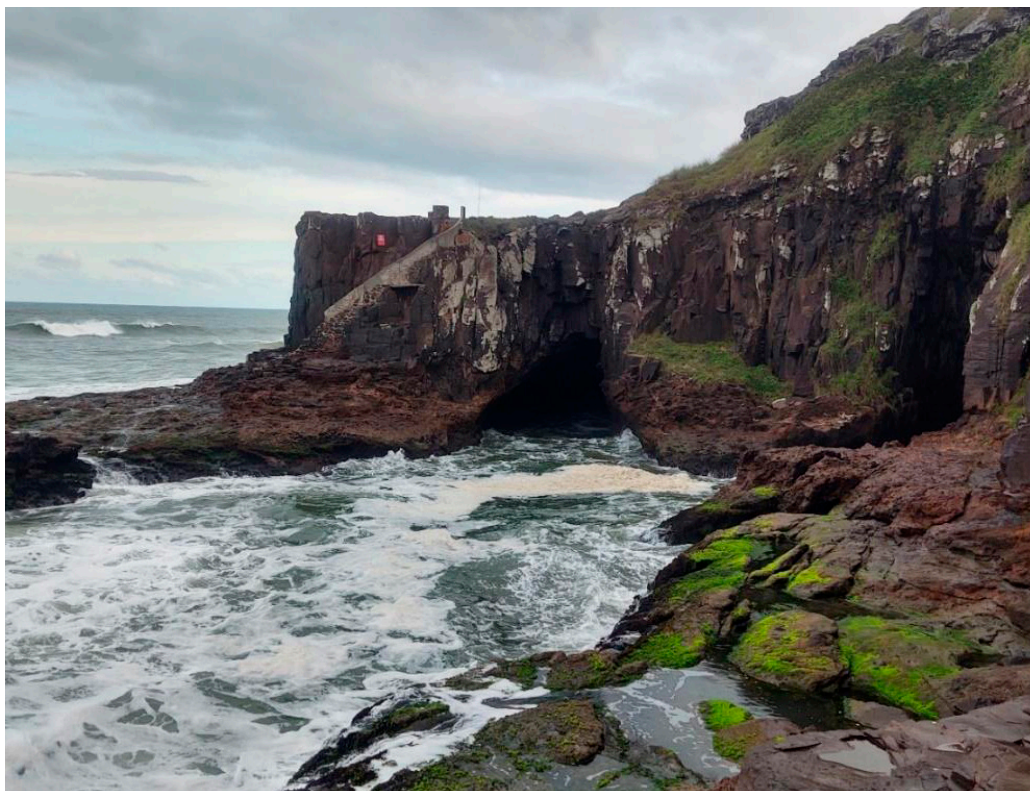


Figura 52 - Imagem exibindo a pequena enseada formada entre o paredão da falésia e o pequeno cabo da Furna do Diamante. Fonte: Elaborado pelos autores.

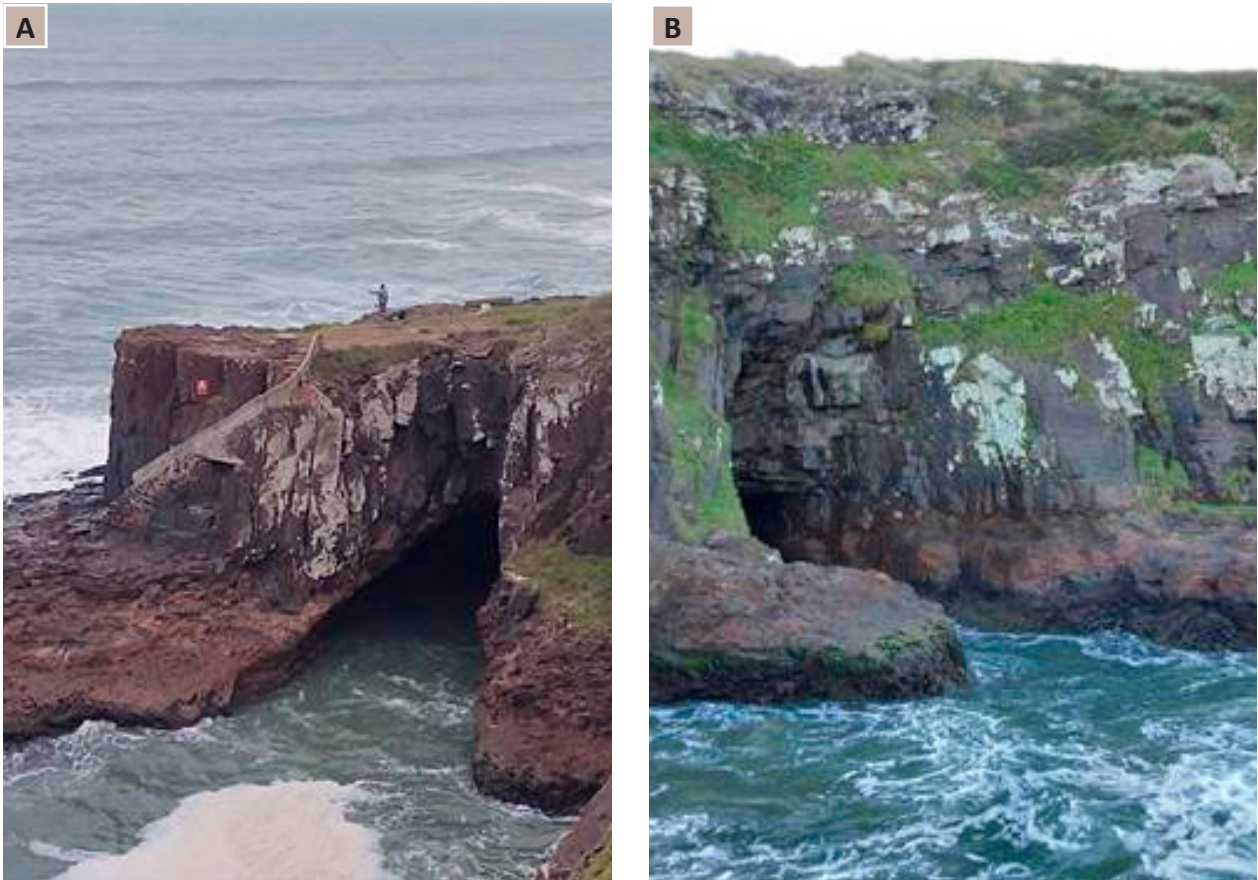


Figura 54 -Imagem exibindo as entradas da Furna do Diamante (A) e da Furninha (B).
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 55 -Imagem exibindo a escadaria de acesso à Furna do Diamante. Fonte: Elaborado pelos autores.

Toda a área é constituída por rochas basálticas, exibindo as três litofácies: disjunção tabular, basalto com disjunção colunar e basalto vesicular/amigdaloidal, encontram-se muito fraturadas em algumas partes, resultando em inúmeros blocos e colunas de rocha soltas e instáveis (Figura 59). Apesar disso, não foram identificados expressivos indícios geodinâmicos em grande número e magnitude que indiquem processos com um elevado grau de desenvolvimento.

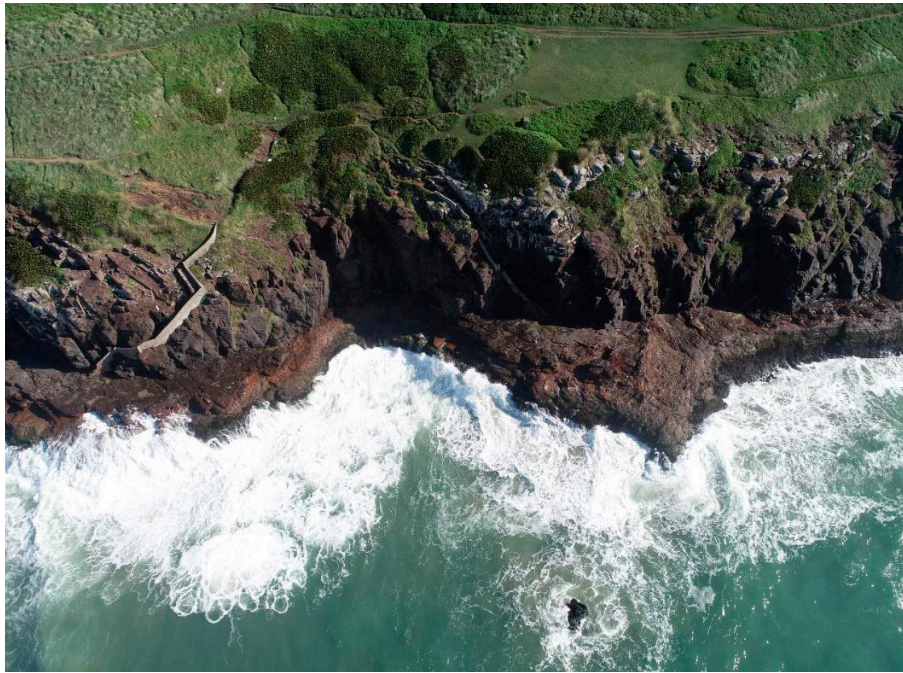


Figura 56 - Imagem exibindo o trecho da falésia onde se encontra a Furna Grande.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 57 - Imagem exibindo detalhes da Escada da Furninha. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 58 - Imagem do paredão ao norte da Furna Grande, exibindo a “calçada” formada na base da falésia.
Fonte: Elaborado pelos autores.

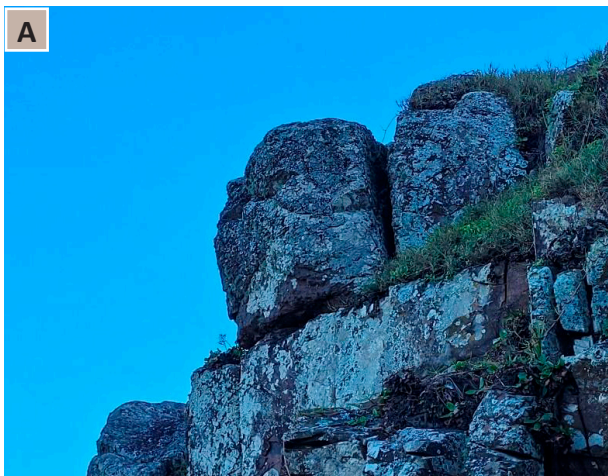


Figura 59 - Imagem exibindo blocos e matacões rochosos suscetíveis a rolamento (A) e deslocamento (B).
Fonte: Elaborado pelos autores.

7.5.1. Modelagem de Perigo

Na área da Furna do Diamante, foram identificadas as seguintes tipologias de movimentos gravitacionais de massa, suscetíveis a serem deflagradas:

- Tombamento de colunas rochosas;
- Queda livre de blocos rochosos;
- Rolamento de blocos rochosos.

A aplicação da metodologia de perigo para a Torre da Guarita, para os processos identificados, resultou na delimitação e qualificação das áreas crítica e de dispersão (Figura 60).

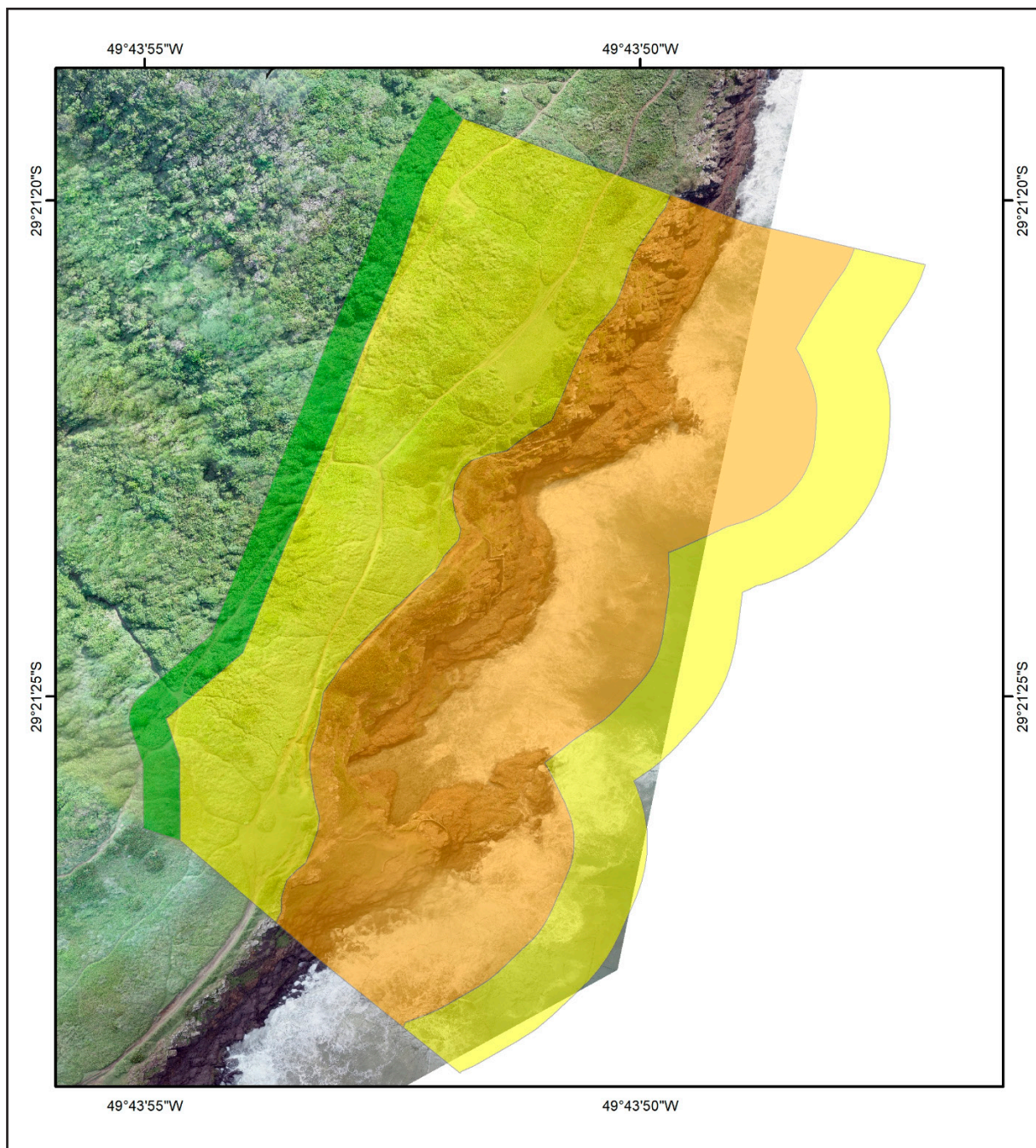


Figura 60 - Área crítica (laranja = perigo alto - P3) e área de dispersão (amarelo = perigo médio - P2) para deflagração e atingimento de blocos na área da Forna do Diamante. Fonte: Elaborado pelos autores.

7.6. Saltinho

A área do Saltinho, neste trabalho, abrange a Escada do Saltinho, o Saltinho, o Pesqueiro Feio, o Alto do Tocão, o Tocão e o Paredão. Trata-se de uma falésia com aproximadamente 20 metros de altura em média, desde a borda do topo da Torre do Meio, com inclinações variando entre 70° e 90° no paredão, até um patamar estreito (como uma calçada), que contorna a base do penhasco, a aproximadamente 5 metros do nível do mar (Figura 61). Esse patamar (o Saltinho) é alcançado por uma escadaria muito estreita e íngreme, nomeada Escada do Saltinho, feita de alvenaria (Figura 62).

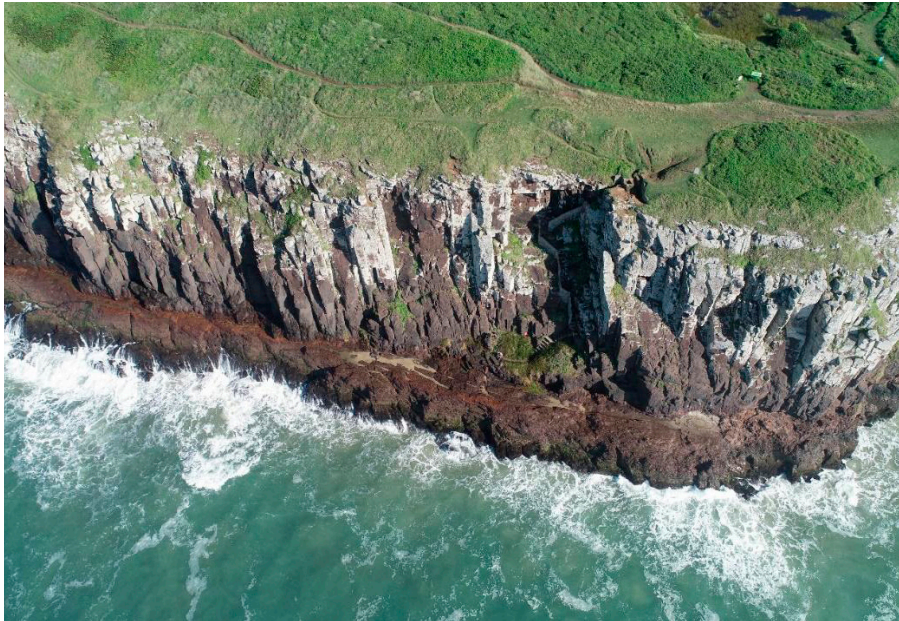


Figura 61 - Imagem aérea oblíqua exibindo o local conhecido como Saltinho. Fonte: Arquivo dos autores.



Figura 62 - Imagem do acesso à Escada do Saltinho, na borda do topo da Torre do Meio.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Seguindo o costão no sentido norte, localiza-se uma reentrância na falésia denominada Alto do Tocão, muito utilizada como ponto de pescaria (Figura 63). Possui aproximadamente 20 metros de altura em média, desde a borda do topo da Torre do Meio até o nível do mar, com inclinações variando entre 70° e 90° , até um estreito depósito de blocos rochosos acumulado no seu interior.

Ao lado desse local, na base da falésia, pontualmente conhecida como Paredão, existe uma cavidade na rocha, com aproximadamente 12 metros de largura, 2 metros de altura e 5 metros de profundidade, conhecida como Tocão (Figura 64). Tal feição é o resultado da ação da erosão marinha, atuando de maneira diferencial, em decorrência da variação de competência das camadas rochosas que compõem o Paredão.

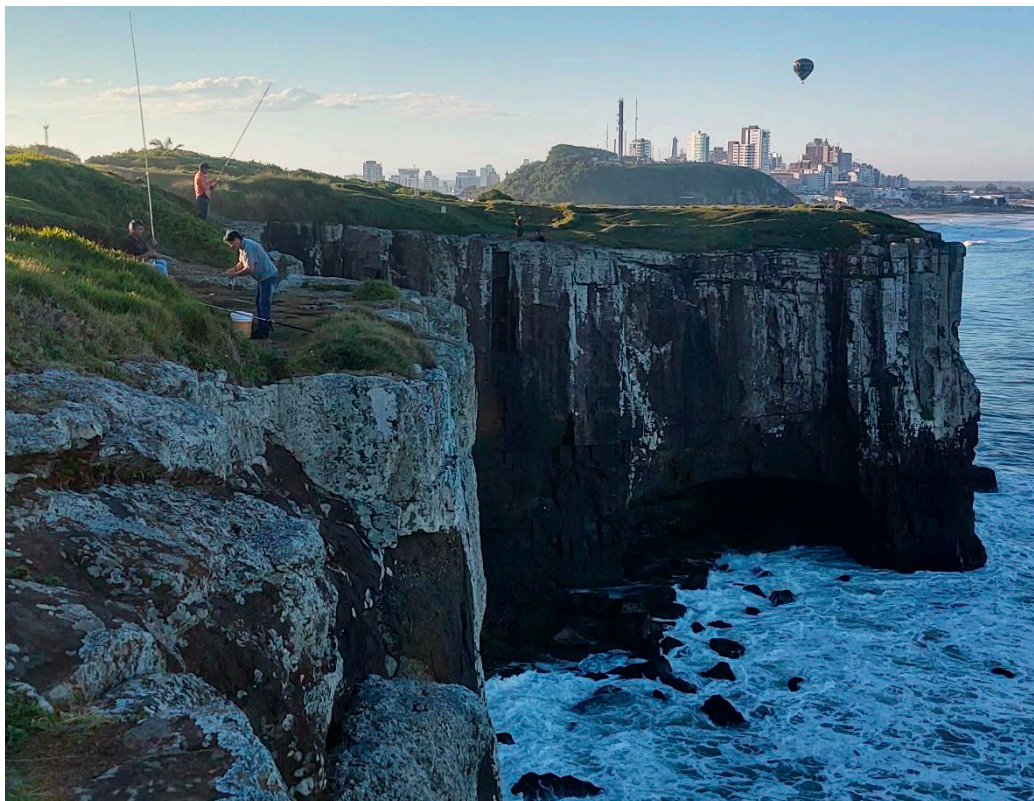


Figura 63 - Imagem exibindo a área do Alto do Tocão e o Paredão. Fonte: Elaborado pelos autores.

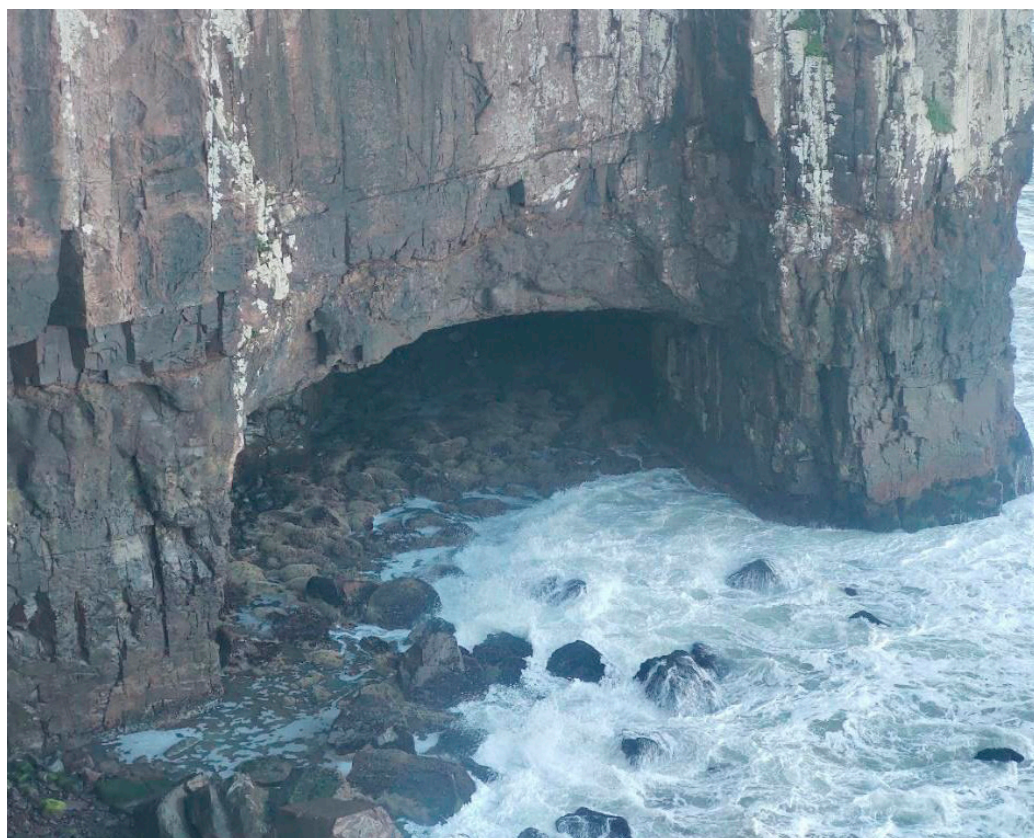


Figura 64 - Imagem de detalhe da furna conhecida como Tocão. Fonte: Elaborado pelos autores.

Toda a área é constituída por rochas basálticas, exibindo as três litofácies: disjunção tabular, basalto com disjunção colunar e basalto vesicular/amigdaloidal. Encontra-se muito fraturada em algumas partes, resultando em inúmeros blocos e colunas de rocha soltos e instáveis (Figura 65). Apesar disso, não foram identificados expressivos indícios geodinâmicos, em grande número e magnitude, que indiquem processos com um elevado grau de desenvolvimento.

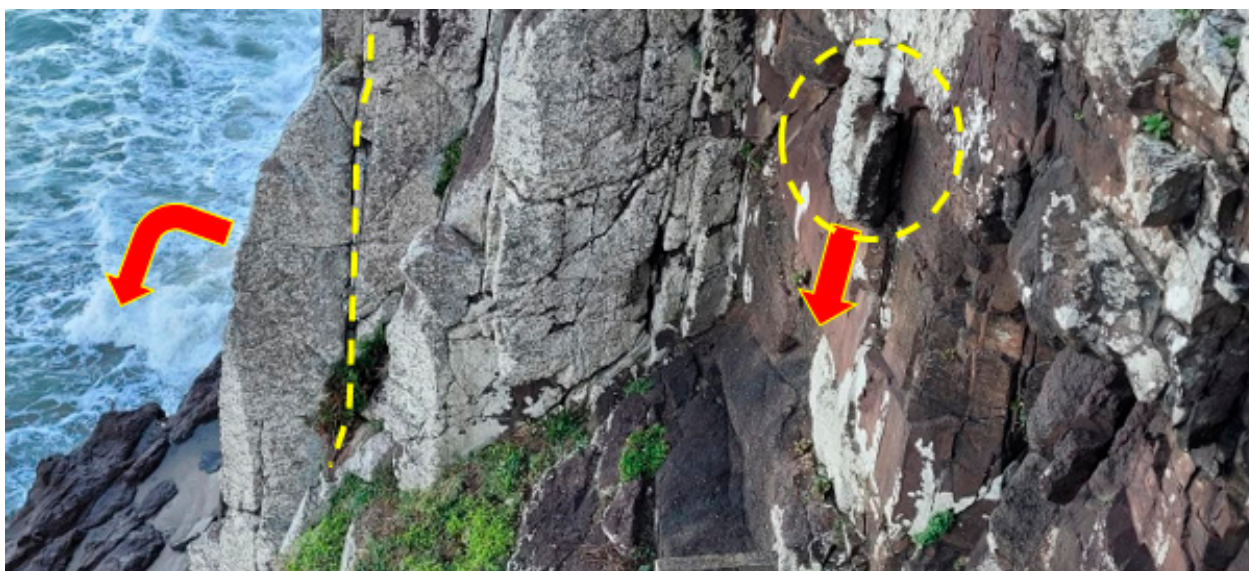


Figura 65 - Imagem exibindo blocos e matacões rochosos suscetíveis á queda (A) e tombamento (B).
Fonte: Elaborado pelos autores.

7.6.1. Modelagem de Perigo

Na área do Saltinho, foram identificadas as seguintes tipologias de movimentos gravitacionais de massa, suscetíveis a serem deflagradas:

- Tombamento de colunas rochosas;
- Queda livre de blocos rochosos;
- Rolamento de blocos rochosos;

A aplicação da metodologia de perigo para a área do Saltinho, para os processos identificados, resultou na delimitação e qualificação das áreas crítica e de dispersão (Figura 66).

7.7. Portão

A área do Portão, neste trabalho, abrange a Furna Seca, o Portão, a Pontezinha e a trilha que leva à Praia da Cal (Figura 67), no extremo norte da Torre do Meio, onde a erosão marinha criou diferentes feições geomorfológicas.

A Furna Seca (Figura 68) é o resultado do colapso do teto de uma profunda cavidade, o que criou uma reentrância na falésia com cerca de 40 metros de largura e 30 metros de profundidade. Atualmente, outra “furna” se encontra em processo de evolução na face norte da Furna Seca.

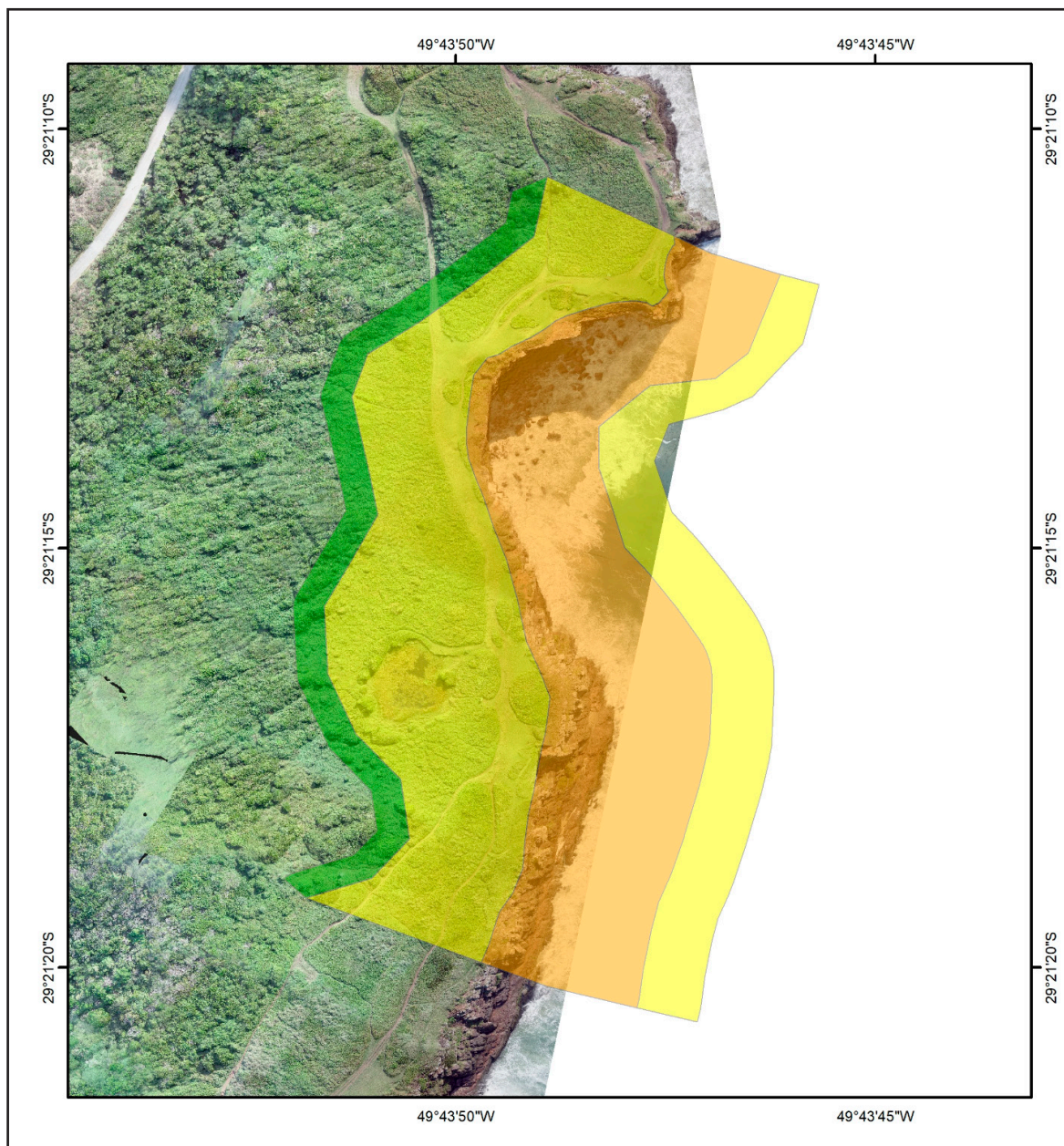


Figura 66 - Área crítica (laranja = perigo alto - P3) e área de dispersão (amarelo = perigo médio - P2) para deflagração e atingimento de blocos na área do Saltinho. Fonte: Elaborado peos autores.

Outra feição criada é o Portão, um arco rochoso, com formato retangular (Figura 69), o qual liga a falésia da Torre do Meio a um promontório rochoso cercado de água, que se ergue a 3 metros do nível do mar (Figura 70). Esse promontório é acessado por uma trilha que se inicia no extremo sul da Praia da Cal, contorna a base do penhasco e, por fim, passa sobre uma pequena ponte, nomeada Pontezinha (Figura 71).

Toda a área é constituída por rochas basálticas, exibindo as três litofácies: disjunção tabular, basalto com disjunção colunar e basalto vesicular/amigdaloidal. Encontra-se muito fraturada em algumas partes, resultando em inúmeros blocos e colunas de rocha soltos e instáveis (Figura 72). Apesar disso, não foram identificados expressivos indícios geodinâmicos, em grande número e magnitude, que indiquem processos com um elevado grau de desenvolvimento.



Figura 67 - Imagem exibindo a área do Portão, desde a trilha de acesso pela Praia da Cal até a Furna Seca.
Fonte: Elaborado pelos autores.

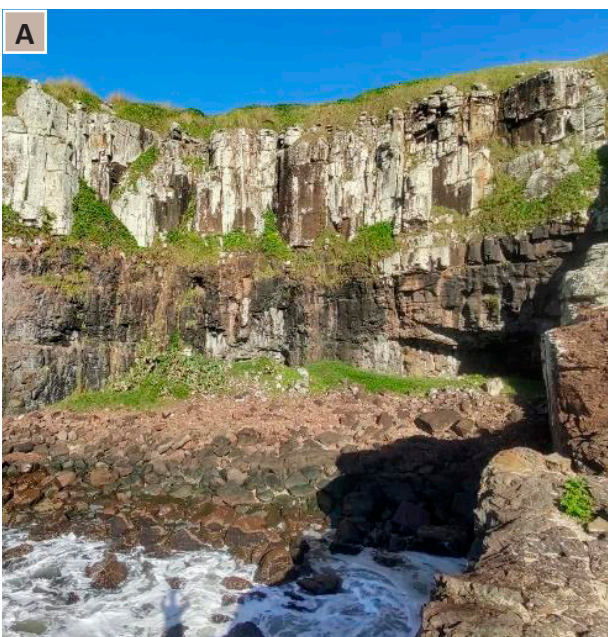


Figura 68 - Imagem frontal exibindo o interior da Furna Seca (A); Imagem aérea exibindo o contorno e as dimensões da Furna Seca (B). Fonte: Elaborado pelos autores.

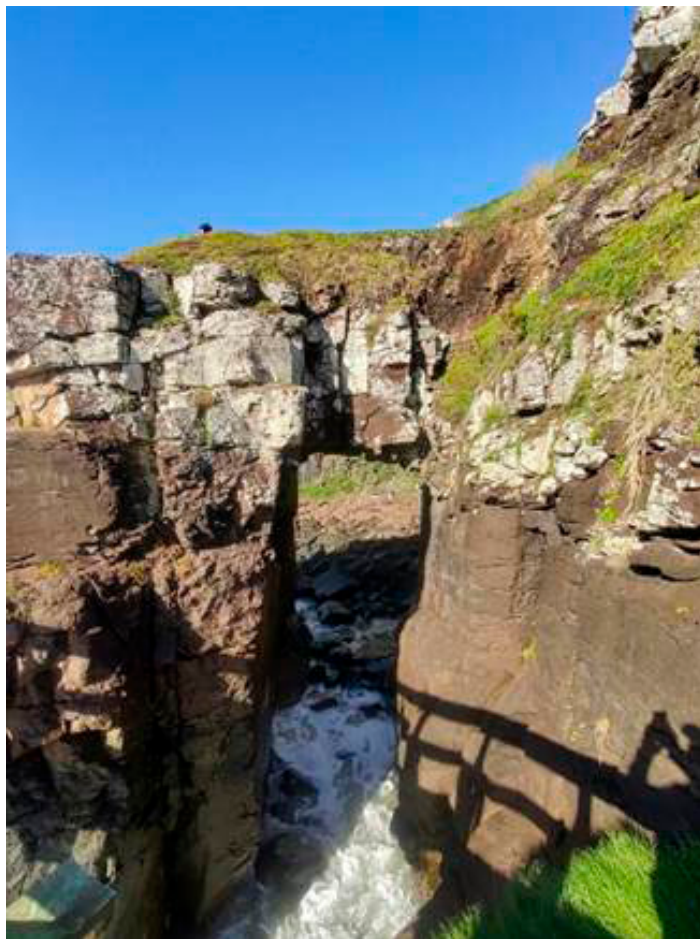


Figura 69 - Imagem exibindo o arco de rocha, conhecido como Portão, ligando a Torre do Meio ao promontório.
Fonte: Elaborado pelos autores.

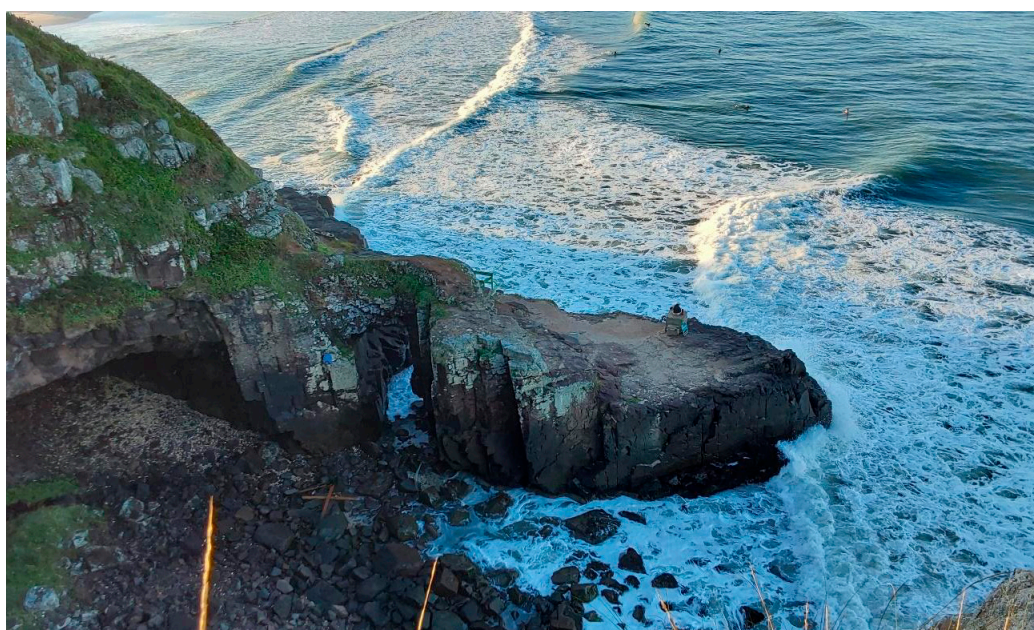


Figura 70 - Imagem lateral exibindo o promontório do Portão. Esse local é regularmente usado por pescadores e por surfistas para acessarem o mar. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 71 - Imagem da ponte que serve de acesso ao promontório. Vale ressaltar que a mesma está localizada ao alcance de processos de queda de blocos rochosos. Fonte: Elaborado pelos autores.

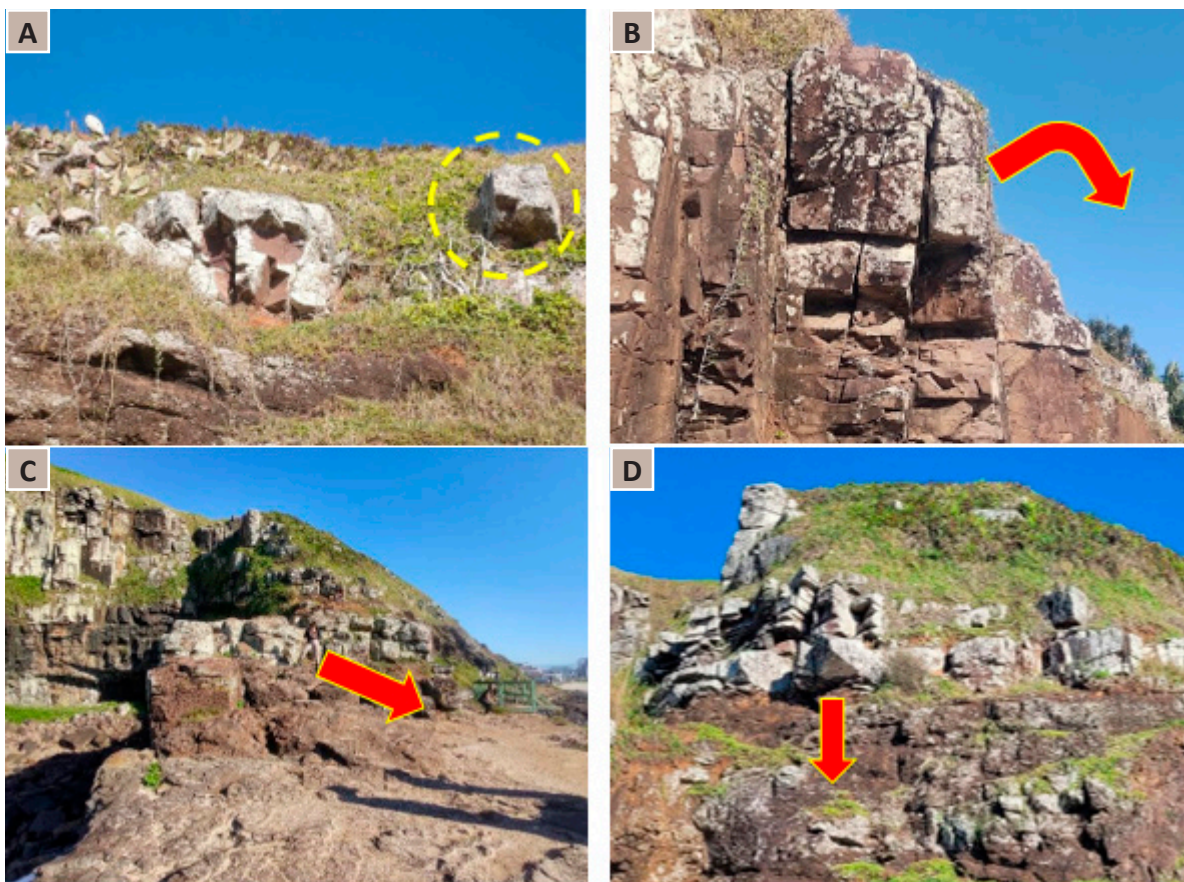


Figura 72 - Imagem exibindo blocos e matacões de rocha soltos, suscetíveis a processos de rolamento (A), tombamento (B), deslocamento (C) e queda (D). Fonte: Elaborado pelos autores.

7.7.1. Modelagem de Perigo

Na área do Portão, foram identificadas as seguintes tipologias de movimentos gravitacionais de massa, suscetíveis a serem deflagradas:

- Tombamento de colunas rochosas;
- Queda livre de blocos rochosos;
- Rolamento de blocos rochosos;
- Deslocamento de lascas de rocha.

A aplicação da metodologia de perigo para a área do Portão, para os processos identificados, resultou na delimitação e qualificação das áreas crítica e de dispersão (Figura 73).

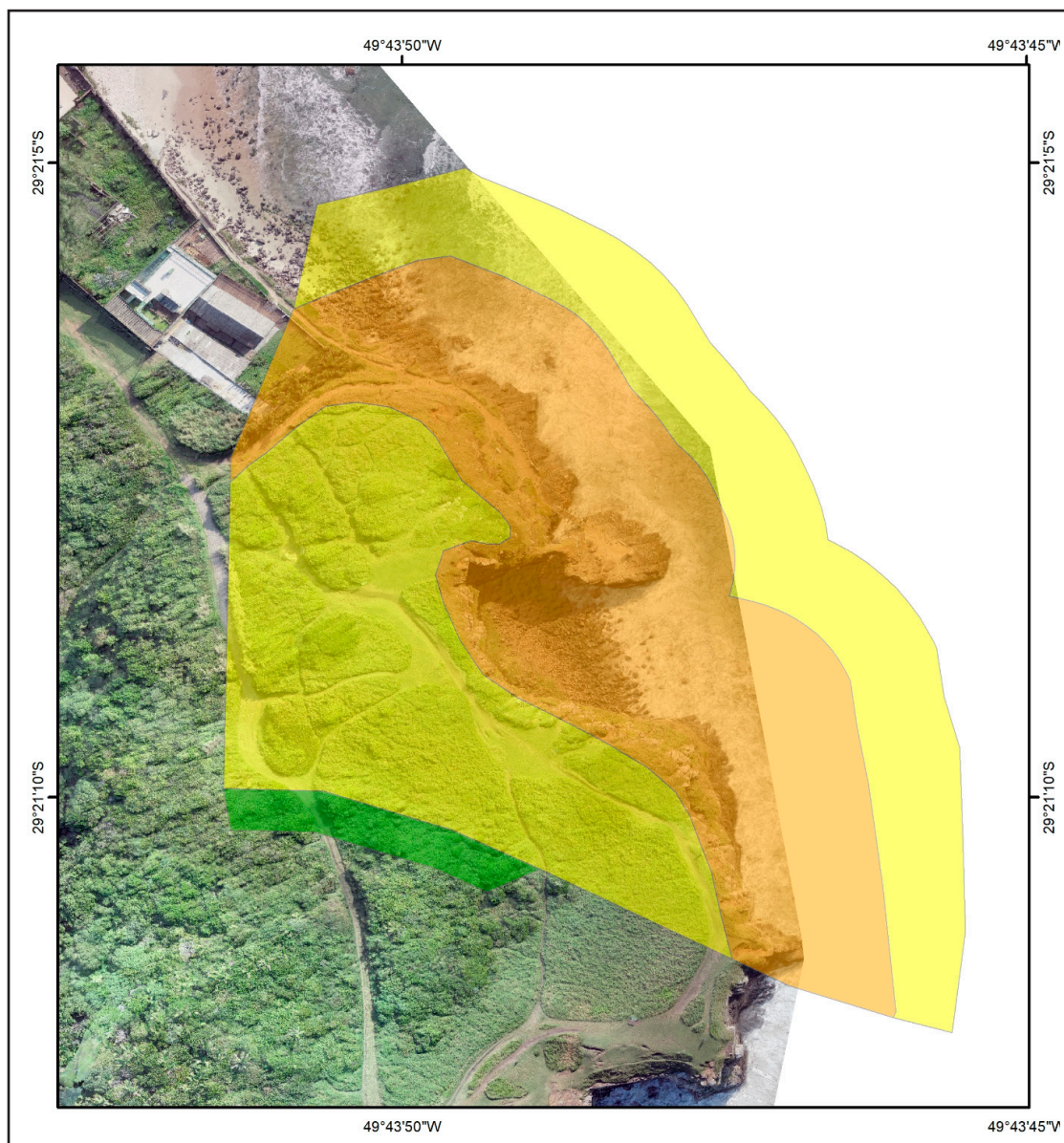


Figura 73 - Área crítica (laranja = perigo alto - P3) e área de dispersão (amarelo = perigo médio - P2) para deflagração e atingimento de blocos na área do Portão. Fonte: Elaborado pelos autores.

7.8. Trilha Verde

A área da Trilha Verde, neste trabalho, abrange todo o percurso de aproximadamente 1,5 km da trilha, bem como as áreas externas, principalmente no sentido leste, em direção à Torre do Meio, onde as encostas apresentam suas maiores amplitudes e declividades (Figura 74). Nessa área, a encosta possui amplitudes variando entre 12 e 16 metros e inclinações variando entre 18 e 32°. É formada por solos residuais no topo, seguidos por rampas de colúvio com eventuais depósitos de tálus associados na base (Figura 75). Nessas encostas, não foram identificados sinais de processos de movimentos gravitacionais de massa instalados, como cicatrizes de deslizamentos antigos, trincas ou degraus de abatimento. Apresenta vegetação variando entre o tipo rasteira e arbórea.



Figura 74 - Imagem exibindo ilustração do percurso da trilha Verde.

Fonte: Prefeitura Municipal de Torres - <https://torres.rs.gov.br/vivatorres/parque-da-guarita/>

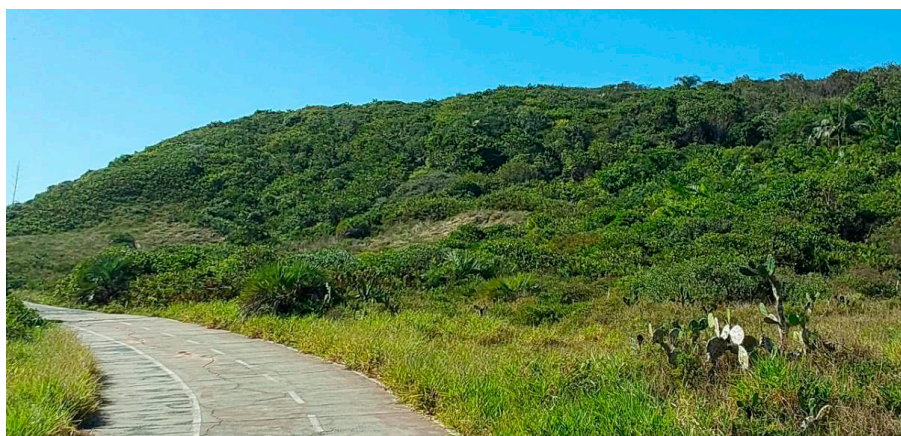


Figura 75 - Imagem exibindo o flanco oeste da Torre do Meio. Fonte: Elaborado pelos autores.

Na área contida dentro do percurso da Trilha Verde, o terreno se encontra suavemente inclinado (entre 3° e 9°), com uma variação de cotas na ordem de 8 metros. É formada por depósitos arenosos de origem eólica do período Holoceno, entretanto sem apresentar típica formação de dunas. Está parcialmente coberta por vegetação rasteira ou arbustiva (Figura 76). Nessa área interna da trilha, a probabilidade de processos geotécnicos serem deflagrados é muito baixa, sendo apenas uma área de atingimento e de dispersão dos processos que venham a se originar da Torre do Meio.

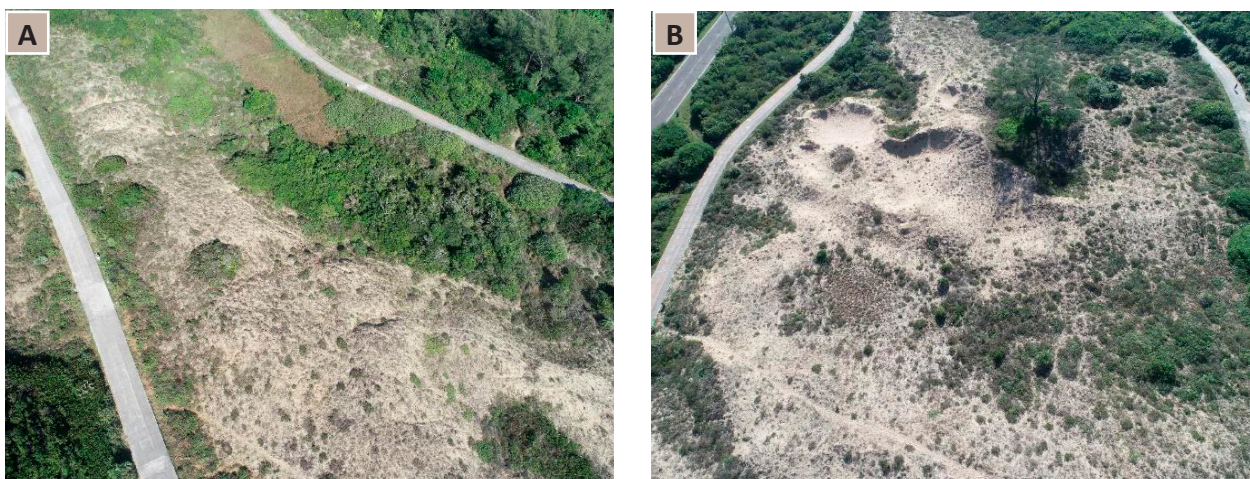


Figura 76 - Imagem exibindo o terreno contido pela Trilha Verde, onde se pode observar sua composição arenosa proveniente de processos eólicos e seu tipo de vegetação. Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, a área a oeste da Trilha Verde está fora de qualquer atingimento de processos decorridos de eventos de intensidade costumeiros. Todavia, cabe mencionar que se trata de uma área com nível de água subterrânea muito próximo da superfície, tornando-se suscetível de alagamentos de origem natural (Figura 77).



Figura 77 - Imagem da área de charco, a oeste da Trilha Verde, suscetível a alagamentos naturais. Fonte: Elaborado pelos autores.

7.8.1. Modelagem de Perigo

Na Trilha Verde, foram identificadas as seguintes tipologias de movimentos gravitacionais de massa, suscetíveis a serem deflagradas:

- Deslizamento planar;
- Rastejo.

A aplicação da metodologia de perigo para a área da Trilha Verde, para os processos identificados, resultou na delimitação e qualificação das áreas crítica e de dispersão (Figura 78).

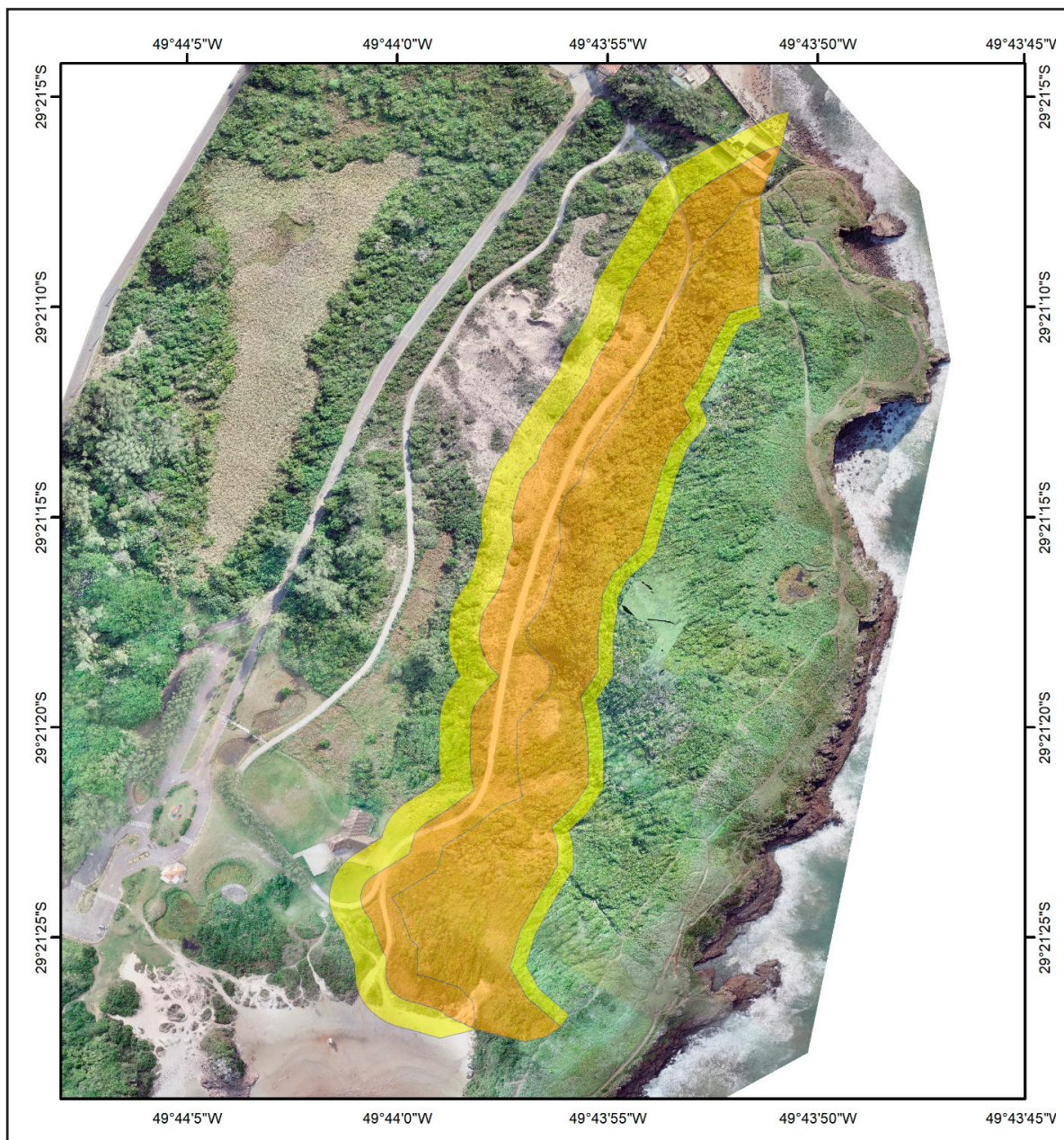


Figura 78 - Área crítica (laranja = perigo alto – P3) e área de dispersão (amarelo = perigo médio – P2) para deflagração e atingimento de deslizamento planar e rastejo na área da Trilha Verde.

Fonte: Elaborado pelos autores.

7.9. Caminho da Santinha

Na base da falésia da Torre do Farol, encontra-se o Calçadão Praia da Cal, também conhecido como Caminho da Santinha, que se estende por cerca de 280 metros de comprimento, podendo ser acessado tanto pelo sul, na Praia da Cal, quanto pelo norte, na Prainha.

Trata-se de um *inselberg* com cerca de 400 metros de comprimento na direção SSW-NNE, cerca de 180 metros de largura na direção NW-SE, e com amplitudes de aproximadamente 30 metros. Possui um topo aplainado, sendo mais amplo no lado sul e mais estreito no lado norte (Figura 79). No topo, encontra-se o Farol Torres, localizado na Praça Júlio de Castilhos, acessada pela Rua Alferes Ferreira Porto.



Figura 79 - Imagem exibindo vista panorâmica da Torre do Farol, com o Caminho da Santinha percorrendo sua base.
Fonte: Elaborado pelos autores.

A face leste, na qual em seu sopé está o Caminho da Santinha, é caracterizada por uma encosta, onde, da borda do topo até aproximadamente metade de sua altura (≈ 15 metros), é coberta por vegetação rasteira sobre solo residual com colúvio associado, com inclinações variando entre 40° e 70° , e, na parte inferior, apresenta-se como um paredão rochoso, onde é possível identificar as três litofácies basálticas, o peperito e o arenito com estratificação plano paralela, com inclinações variando entre 70° e 90° (Figuras 80).

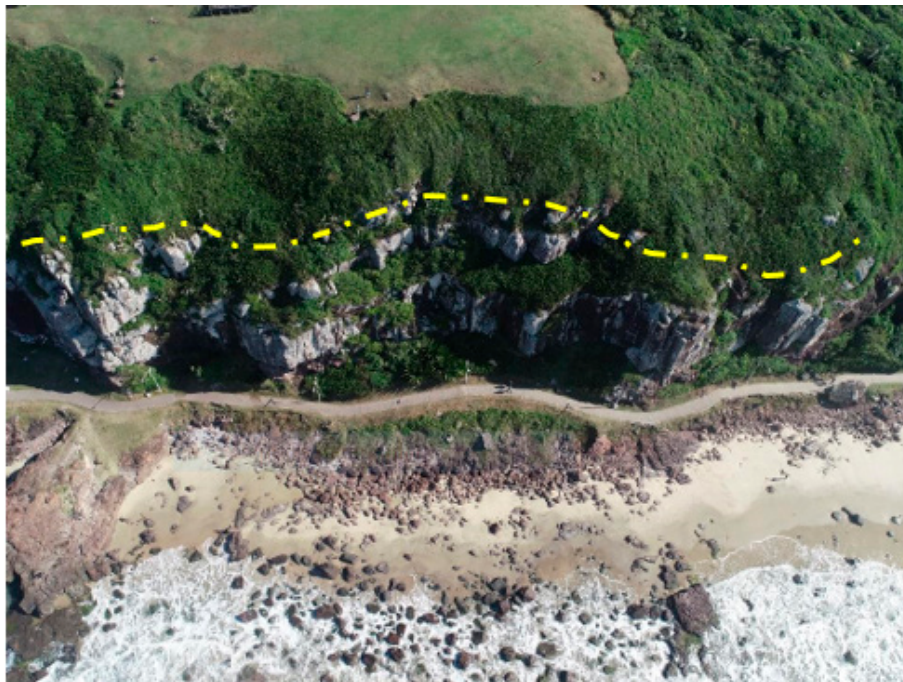


Figura 80 - Imagem da falésia da Torre do Farol, exibindo variação de amplitudes e declividades.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Na parte do paredão rochoso, o padrão de fraturamento acompanha o tipo de litofácies presente (Figura 81). Na parte mais baixa, onde aflora um arenito relativamente maciço, o fraturamento é

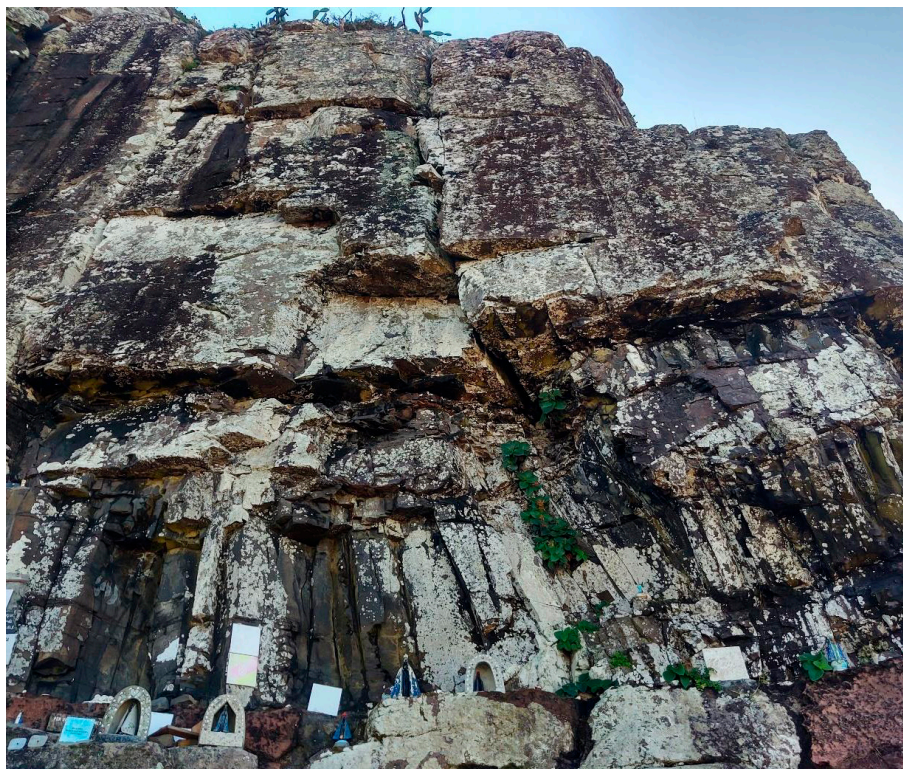


Figura 81 - Imagem da falésia da Torre do Farol, exibindo variação de amplitudes e declividades.
Fonte: Elaborado pelos autores.

pouco presente. Acima, é possível identificar camadas de peperito, mostrando maiores efeitos de erosão, causando um recuo no talude. Subindo, existe uma camada variando entre 1 e 2 metros de basalto com disjunção colunar poliedral, conferindo um intenso faturamento verticalizado. A seguir, o basalto passa a ser dominado, preferencialmente, por fraturas sub-horizontais, típicas da litofácie tabular, com menos de um metro de espessura. A maior parte restante do paredão é constituído por basalto majoritariamente maciço ou pouco fraturado, com exceção da borda superior onde o fraturamento originou uma grande quantidade de blocos rochosos segmentados, altamente instáveis e suscetíveis a processos de queda de blocos (Figura 82).

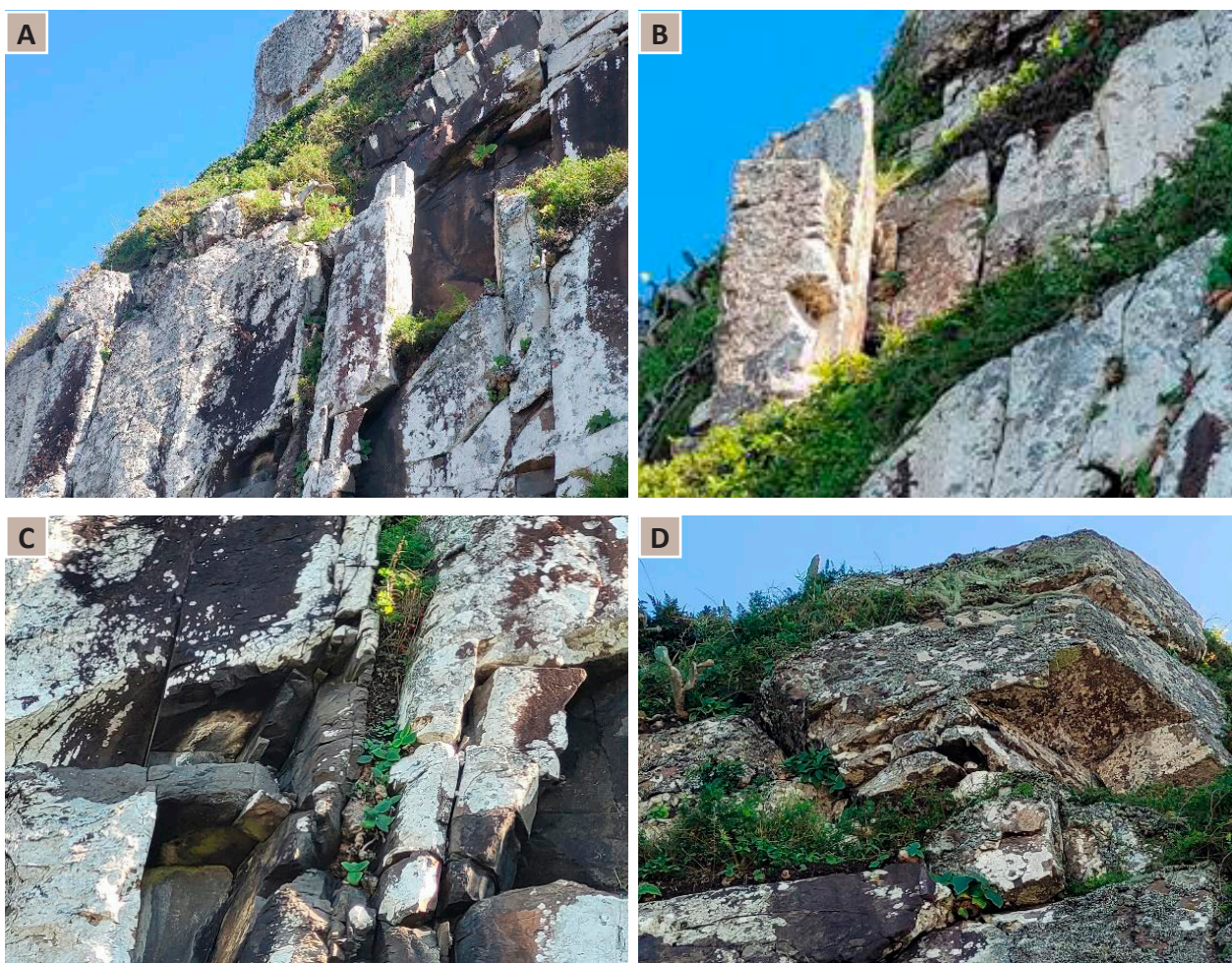


Figura 82 - Imagem da falésia da Torre do Farol, exibindo variação de amplitudes e declividades.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao longo de toda a base da encosta, é possível identificar depósitos de tálus com blocos rochosos e até matacões de dimensões métricas (Figura 83). Na realidade, o próprio Caminho da Santinha foi construído sobre o depósito de tálus (Figura 84), por ser um terreno elevado em relação ao nível do mar, o que constitui argumento irrefutável para a delimitação da área como sendo de atingimento para processos de queda de blocos. É preciso frisar que todo o percurso do Caminho da Santinha está em área crítica de perigo muito alto para atingimento, incluindo se, obviamente, o próprio local do altar, onde os fiéis buscam a água da fonte que ali existe (Figura 83).



Figura 83 - Imagem exibindo matacões depositados ao lado do calçadão da Praia da Cal, após sofrerem quedas da encosta. Fonte: Elaborado pelos autores.

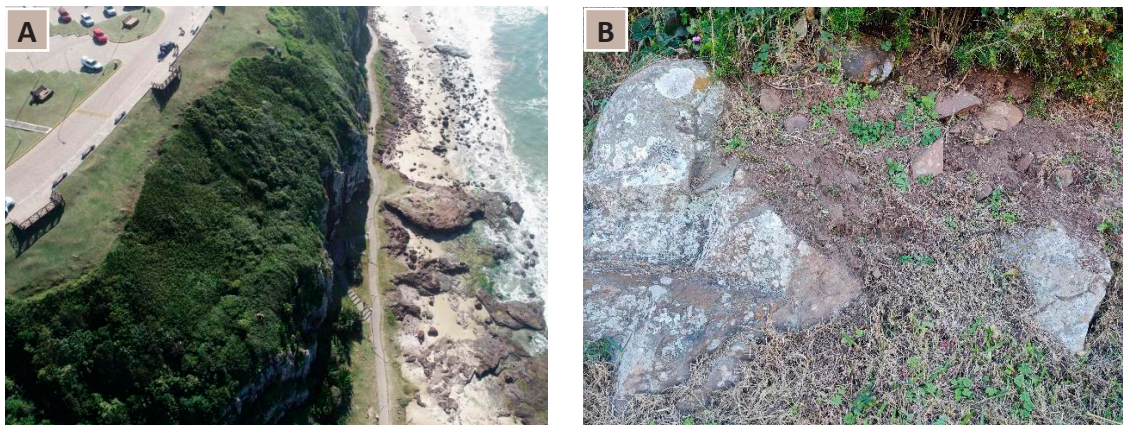


Figura 84 - Imagem exibindo a delimitação dos depósitos de tálus na base da encosta. Fonte: Elaborado pelos autores.

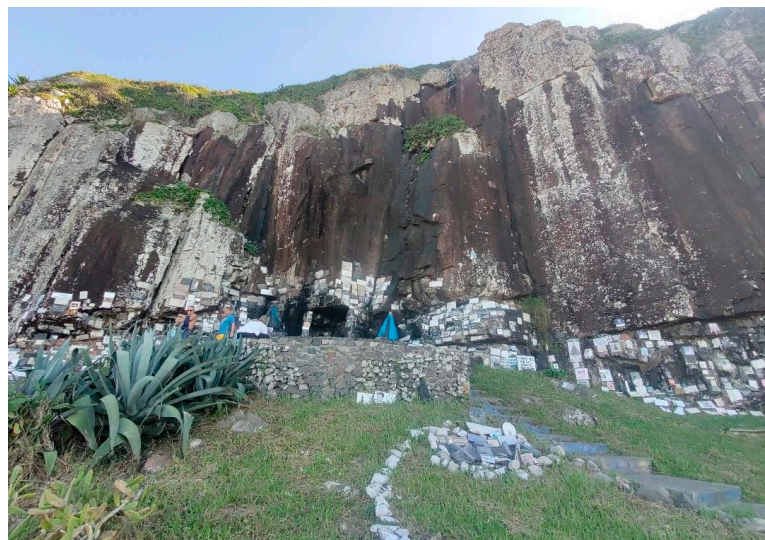


Figura 83 - Encosta da Baía dos Porcos com a formação de depósitos de acumulação na base da encosta. Fonte: Elaborado pelos autores.

7.9.1. Modelagem de Perigo

Na área do Caminho da Santinha, foram identificadas as seguintes tipologias de movimentos gravitacionais de massa, suscetíveis a serem deflagradas:

- Tombamento de colunas rochosas;
- Queda livre de blocos rochosos;
- Rolamento de blocos rochosos;
- Deslocamento de lascas de rocha.

A aplicação da metodologia de perigo para a área do Portão, para os processos identificados, resultou na delimitação e qualificação das áreas crítica e de dispersão (Figura 84).

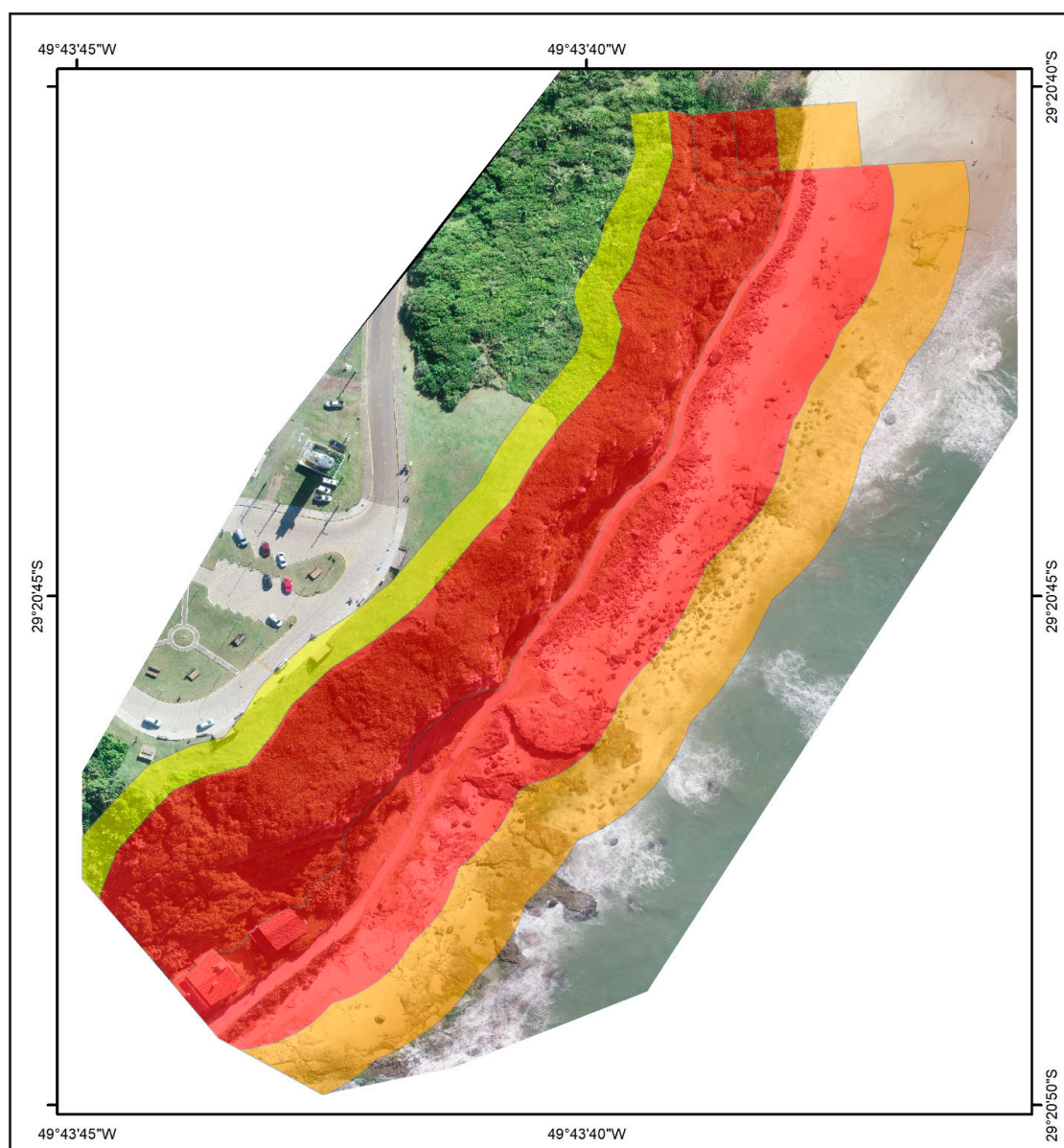


Figura 84 - Área crítica (vermelha = perigo muito alto – P4) e área de dispersão (laranja = perigo alto – P3) para deflagração e atingimento de blocos no Caminho da Santinha. Fonte: Elaborado pelos autores.

8. CONCLUSÕES

Os perigos geológicos encontrados em Torres são resultados de diversos fatores que quando conjugados acabam por exigir atenção, tanto dos turistas e moradores quanto das administrações do Parque da Guarita e do Caminho da Santinha.

De modo geral, as grandes amplitudes encontradas refletem a alta quantidade de energia potencial gravitacional existente nas encostas e falésias, aliadas às altas declividades medidas nas áreas estudadas, onde a energia cinética gerada nos processos, acabam por aumentar a velocidade e o volume do material transportado.

Além disso, a grande oferta de material rochoso instável não contribui em nada para a segurança do local. Essa oferta decorre, principalmente, da intensidade e dos padrões de fraturamento presentes nas torres.

Quanto aos processos geotécnicos categorizados como movimentos gravitacionais de massa suscetíveis a ocorrerem nas áreas estudadas, temos:

- Tombamento de colunas rochosas;
- Queda livre de blocos rochosos;
- Rolamento de blocos rochosos;
- Desplacamento de lascas de rocha;
- Deslizamento planar;
- Rastejo.

Quanto à classificação do grau de perigo nas áreas estudadas, foi considerado, quando na aplicação da metodologia (página 26), o fato do terreno ao redor das torres, em grande parte, ser constituído por sedimentos arenosos não compactados (areia fofa) e, também, pela água do mar. Essa particularidade contribui para a diminuição da área de alcance da dispersão dos processos envolvendo blocos de rocha, uma vez que esses “terrenos” absorvem a energia e evitam que o material transportado quique, alcançando maiores distâncias.

No geral, as áreas críticas foram qualificadas como possuindo grau de perigo alto (P3), com exceção da Torre da Guarita e da Torre do Farol, que possuem grau de perigo muito alto (P4). As áreas de dispersão variam de grau de perigo médio (P2) a grau de perigo alto (P3). Essas qualificações não podem ser abrandadas, mesmo que sejam aplicadas profundas intervenções estruturais, pois decorrem de características naturais. Entretanto, um aumento do gerenciamento, pela resiliência e a diminuição da vulnerabilidade das pessoas, podem permitir que acidentes e seus efeitos sejam minimizados, caso sejam adotadas as recomendações abaixo.

9. RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas sugestões de ações baseadas nas situações verificadas durante a realização do presente trabalho.

É de suma importância esclarecer que as medidas de intervenção apresentadas constituem orientações gerais, não mandatórias, que objetivam nortear as administrações municipais e as autoridades competentes a respeito de possíveis formas de atuação para mitigar o risco geológico.

Dessa forma, em nenhuma hipótese, as propostas apresentadas dispensam a realização de estudos e projetos que, em função das características específicas de cada região, indiquem a viabilidade, o tipo e as formas de implantação de medidas de intervenção eficazes. Com isso em mente, de modo geral, sugere-se:

- Continuar promovendo novos estudos cada vez mais detalhados ou em áreas temáticas complementares. É preciso reunir e aplicar todo o conhecimento existente, incluindo um banco de dados com o histórico de ocorrências e acidentes.
- Informar a população e os frequentadores dos locais avaliados com relação aos perigos a qual estão sujeitos sempre que adentram nas áreas críticas e de dispersão. Pode-se considerar como a medida mais importante, pois as pessoas têm o direito de saber o grau de perigo a que estão expostos. Essa informação deve ser feita por meio de placas de aviso que já existem (sugere-se que novas placas sejam instaladas no acesso de cada escada e trilha, onde ainda não existem), mas também por panfletos, vídeos educativos e outras formas que sejam eficientes.
- Preparar as administrações do parque e do município para que possam agir, no caso de ocorrer um eventual acidente, tendo em vista a possibilidade real. Sugere-se a criação de um plano de contingência incluindo os itens: atendimento de primeiros socorros, transporte da vítima, definição da unidade de saúde capacitada para o atendimento, dentre outros. As providências devem ser pensadas antes dos acidentes ocorrerem. No caso do Parque da Guarita, por ter acesso controlado, pode ser estudada a possibilidade de se solicitar a assinatura de um termo de ciência e até mesmo algum tipo de seguro.
- Reforçar as regras de uso e permanência nos locais avaliados. É preciso que as leis e regras existentes sejam seguidas e respeitadas, necessitando de mecanismos e agentes fiscalizadores, além da aplicação correta e justificada das punições previstas. Sugere-se que as regras do parque sejam revisadas à luz dos novos conhecimentos. Quanto às leis, recomenda-se que a Lei nº. 12.608, de 10 de abril de 2012, seja de conhecimento de todos os responsáveis.

De forma mais específica, sugere-se:

1. Avaliar a remoção e/ou contenção de blocos soltos e instáveis localizados entre a borda e o topo dos paredões, acima de áreas onde é comum a presença humana.
2. Remover imediatamente o resquício de laje de concreto armado da face leste da Torre da Guarita.
3. Evitar a criação de estruturas fixas, em locais que estejam dentro das áreas críticas e de dispersão.
4. Fiscalizar e realizar manutenção das escadas que servem de acesso à parte baixa da falésia.
5. Vistoriar preventivamente os paredões das torres, sempre após eventos de tempestade, ressacas e ciclones, para mudanças de estabilidade, antes da liberação do acesso aos visitantes.
6. Avaliar manutenção das permissões de acesso e de permanência continuada, nas áreas mapeadas que foram qualificadas como sendo de perigo alto (P3) e muito alto (P4). É possível manter o acesso a essas áreas pelos turistas e frequentadores do parque, desde que as medidas necessárias sejam colocadas em prática, para que ocorra da forma mais segura possível.

REFERÊNCIAS

BANCO MUNDIAL. **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 – 2019**. 2 ed. [S.l.]: Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária; Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil, 2020. 156p.

BARROS, J. S.; OLIVEIRA FILHO, J. M.; OLIVEIRA FILHO, I. B.; FERNANDES, R. J. A. R.; NASCIMENTO, J. R. S. **Avaliação geotécnica dos cânions do Rio Poti**: Buriti dos Montes, PI. [S. l.]: CPRM, 2022. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22710>. Acesso em: 31 jan. 2024.

CAS, R. A. F.; WRITE, J. V. **Volcanic successions, modern and ancient**. London: Allen and Unwin, 1988. 528 p.

DANTAS, M. E. **Biblioteca de padrões de relevo**: carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação. CPRM: Rio de Janeiro, [2016]. 70 p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/16589>. Acesso em: 01 fev. 2024.

FACCINI, U. F. **O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul**: uma análise sob o ponto de vista das seqüências deposicionais. 1989. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989. 121 p.

JERRAM, D. A.; STOLLHOFEN, H. Lava-sediment interaction in desert settings: are peperite-like textures the result of magma-water interaction?. *In*: SKILLING, I. P.; WHITE, J. D. L.; McPHIE, J. (ed.). **Peperite**: processes and products of magna – sediment mingling. [S.l.]: Elsevier, 2002. p. 231-249.

JUSTUS, J. O.; MACHADO, M. L. A.; FRANCO, M. S. M. Geomorfologia. *In*: IBGE. **Projeto RADAMBRASIL, 33. Folha SH-22 – Porto Alegre e parte das folhas SH-21 – Uruguaiana e SI-22 – Lagoa Mirim**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986, p. 313-404.

MILANI, E. J.; FACCINI, U. F.; SCHERER, C. M.; ARAÚJO, L. M.; CUPERTINO, J. A. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), Southern Brazil. **Boletim de Geociências da USP**, v. 29, p. 125-173, 1998. Série Científica.

MOREIRA, J. C. **Patrimônio geológico em unidades de conservação**: atividades interpretativas, educativas e geoturísticas. 2008. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

OLIVEIRA FILHO, I. B.; BARROS, J. S.; DIAS, G. P.; ANTONELLI, T.; AUGUSTO, F. T. A. **Avaliação geotécnica nos atrativos geoturísticos de Fernando de Noronha, PE**. Recife: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2023, 77p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/23740>. Acesso em: 1 fev. 2024.

OLIVEIRA, M. A.; ANDRETTA, E. R.; OLIVEIRA FILHO, I. B.; MARMOS, J. L.; SOUZA, A. G. H. **Avaliação geotécnica nos atrativos geoturísticos de Presidente Figueiredo, AM**. [Manaus]: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2022. 43p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22747>. Acesso em: 1 fev. 2024.

PEDRAZZI, A. C.; CUNHA, F. L. B.; DIAS, R. **Avaliação geotécnica da região dos Cânions do Xingó**. [S.l.]: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2022, 96p. Disponível em: . Acesso em: 1 fev. 2024.

PETRY, K. **O vulcanismo Serra Geral em Torres, RS**: feições de interação vulcanosedimentares. 2003. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2003, 51 p.

PETRY, K.; ALMEIDA, D. del P.M. de; ZERFASS, H. O vulcanismo Serra Geral em Torres, Rio Grande do Sul, Brasil: empilhamento estratigráfico local e feições de interação vulcano-sedimentar. **Gaea – Journal of Geoscience**, Unisinos, v. 1, n. 1, 2005. 47p.

PETRY, K.; ALMEIDA, D., del P. M. de; ZERFASS, H.; FREITAS, R. M., de. Evidências de interações vulcanosedimentares na Formação Serra Geral: peperitos, diques clásticos e estrias de fluxo – Torres, RS.

In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UFRGS, 15., 2003, Porto Alegre. **Boletim de Resumos Digital** [...]. Porto Alegre: [UFRGS], 2003b. p. 42.

PETRY, K.; ALMEIDA, D., del P.M. de; ZERFASS, H. ; DANIELI, C. Dinâmica da interação de lavas e areias – Formação Serra Geral – Torres, RS, Brasil. *In*: SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 2., 2002, Belém, 2002. **Boletim de Resumos** [...]. Belém: SBG – Núcleo Norte, 2002. p. 63.

PETRY, K.; ALMEIDA, D., del P.M. de; ZERFASS, H. O vulcanismo Serra Geral na região de Torres, Rio Grande do Sul: um modelo para interação de lavas e areias. *In*: MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UNISINOS, 2., 2003, São Leopoldo, RS. **Boletim de Resumos Digital** [...]. São Leopoldo, RS: [UNISINOS], 2003a.

PIMENTEL, J.; SANTOS, T. D. dos.; PEIXOTO, D. D.; SILVA, D. R.; LANA, J. C.; MENEZES, I. P. de.; SILVA, L. F. M.; LOPES, N. D.; PFALTZGRAFF, P. A. S.; RIBEIRO, R. S.; ARAUJO, R. S. **Manual de mapeamento de perigo e risco a movimentos gravitacionais de massa**. [Rio de Janeiro]: CPRM, 2018. 200p. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20452>. Acesso em: 4 jan. 2022.

ROISENBERG A.; VIERO, A. P. O vulcanismo mesozóico da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. *In*: HOLZ, M.; De ROS, L. F. (ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/ UFRGS, 2000. p. 335- 354.

ROSSETTI, D. de F. Ambientes costeiros. *In*: FLOREZANO, T. G. (org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SCHERER, C. M. S. **Análise estratigráfica e litofaciológica da Formação Botucatu (Neocomiano) no Estado do Rio Grande do Sul**. 1998. Tese (doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998. 208 p.

SCHERER, C. M. S. Eolian dunes of the Botucatu Formation (Cretaceous) in southernmost Brazil: morphology and origin. **Sedimentary Geology**, v. 137, 2000. p. 63-84.

SCHERER, C. M. S. Preservation of Aeolian genetic units by lava flows in the Lower Cretaceous of the Paraná Basin, southern Brazil. **Sedimentology**, v. 49, p. 97-116, 2002.

SCHERER, C. M. S.; FACCINI, U. F.; LAVINA, E. L. Arcabouço estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. *In*: HOLZ, M.; De ROS, L. F. (ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/ UFRGS, 2000. p. 335-354.

SILVA, L. F. M.; KUHLMANN, L. G.; RIBEIRO, L. M. A. L. **Avaliação geotécnica nos atrativos turísticos no Parque Nacional da Serra da Canastra: São Roque de Minas e Delfinópolis, MG**. [Belo Horizonte]: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2022. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22807>. Acesso em: 1 fev. 2024.

SILVEIRA, M. R. **Saiba mais sobre as dunas costeiras**. Torres, RS: Prefeitura de Torres, 2021. Disponível em: <https://torres.rs.gov.br/2021/06/09/saiba-mais-sobre-as-dunas-costeiras/>. Acesso em: 1 fev. 2024.

SKILLING, I. P.; WHITE, J. D. L.; McPHIE, J. Peperite: a review of magma–sediment mingling. *In*: SKILLING, I. P.; WHITE, J. D. L.; McPHIE, J. (ed.). **Peperite: processes and products of magma-sediment mingling**. Amsterdam: Elsevier, 2002. p. 1-17.

STEWART, K.; TURNER, S.; KELLEY, S.; HAWKESWORTH, C.; KIRSTEIN, L.; MANTOVANI, M. 3-D, 40Ar-39Ar geochronology in the Paraná continental flood basalt province. **Earth and Planetary Letters**, v. 143, p. 95-109, 1996.

TEIXEIRA, W.; CORDANI, U. G.; MENOR, E. A.; TEIXEIRA, M. G.; LINSKER, R. **Arquipélago de Fernando de Noronha: o paraíso do vulcão**. São Paulo: Terra Virgem Editora, 2003. Tempos do Brasil.

UNESCO. **Convenção para Protecção do Património Mundial, Cultural e Natural**. 2016. Disponível em: <https://whc.unesco.org/archive/convention-pt.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2023.

WHITE, J. D. L.; McPHIE, J.; SKILLING, I. P. Peperite: a useful genetic term. **Bulletin of Volcanology**, v. 62, p. 65-66, 2000.

ANEXO I

MAPAS DE PERIGO

Mapa de Perigo da Torre Sul

Deslizamentos e Quedas



40 20 0 40 M

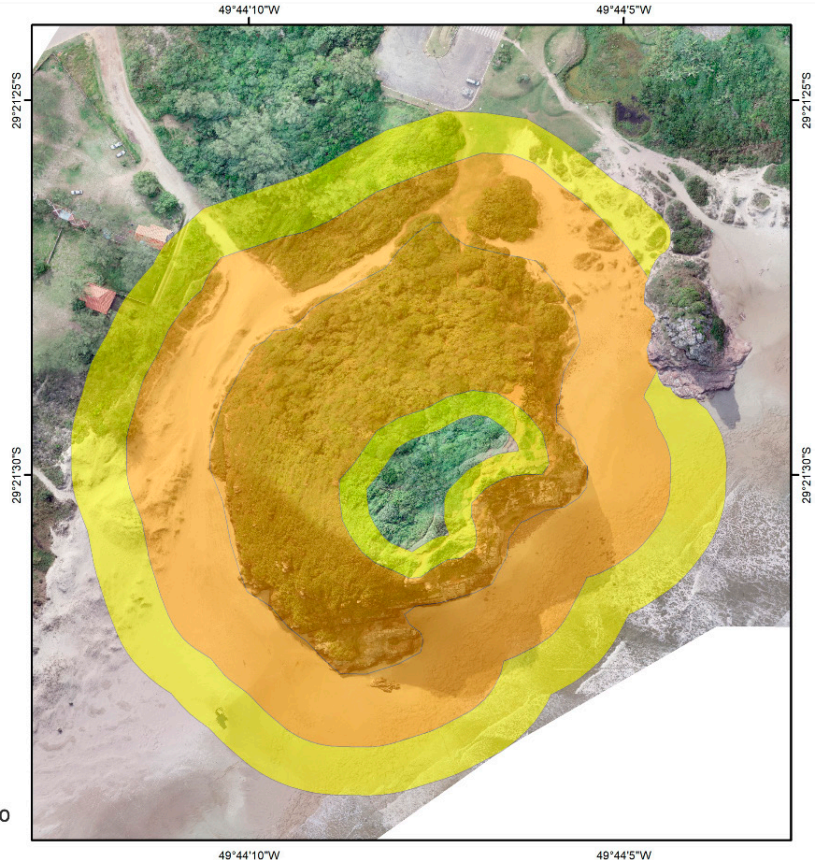
Legenda

Perigo_Torre Sul

TIPO

- Borda superior
- Encosta
- Área crítica
- Área de dispersão de blocos

P4 MUITO ALTO P3 ALTO P2 MÉDIO P1 BAIXO



Mapa de Perigo da Torre da Guarita

Deslizamentos e Quedas



20 10 0 20 M

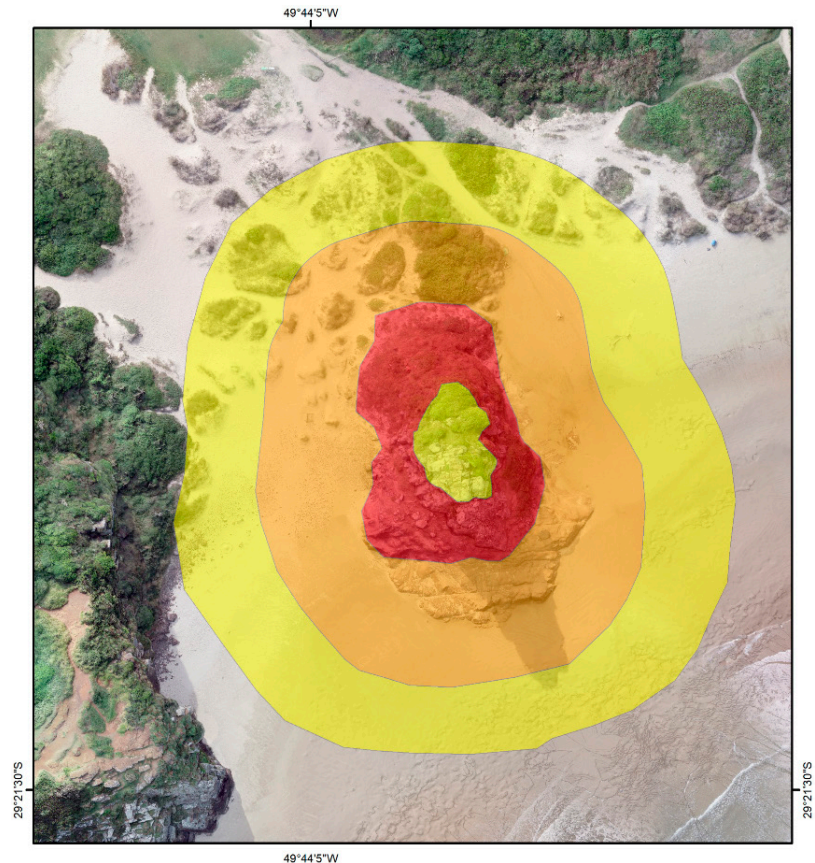
Legenda

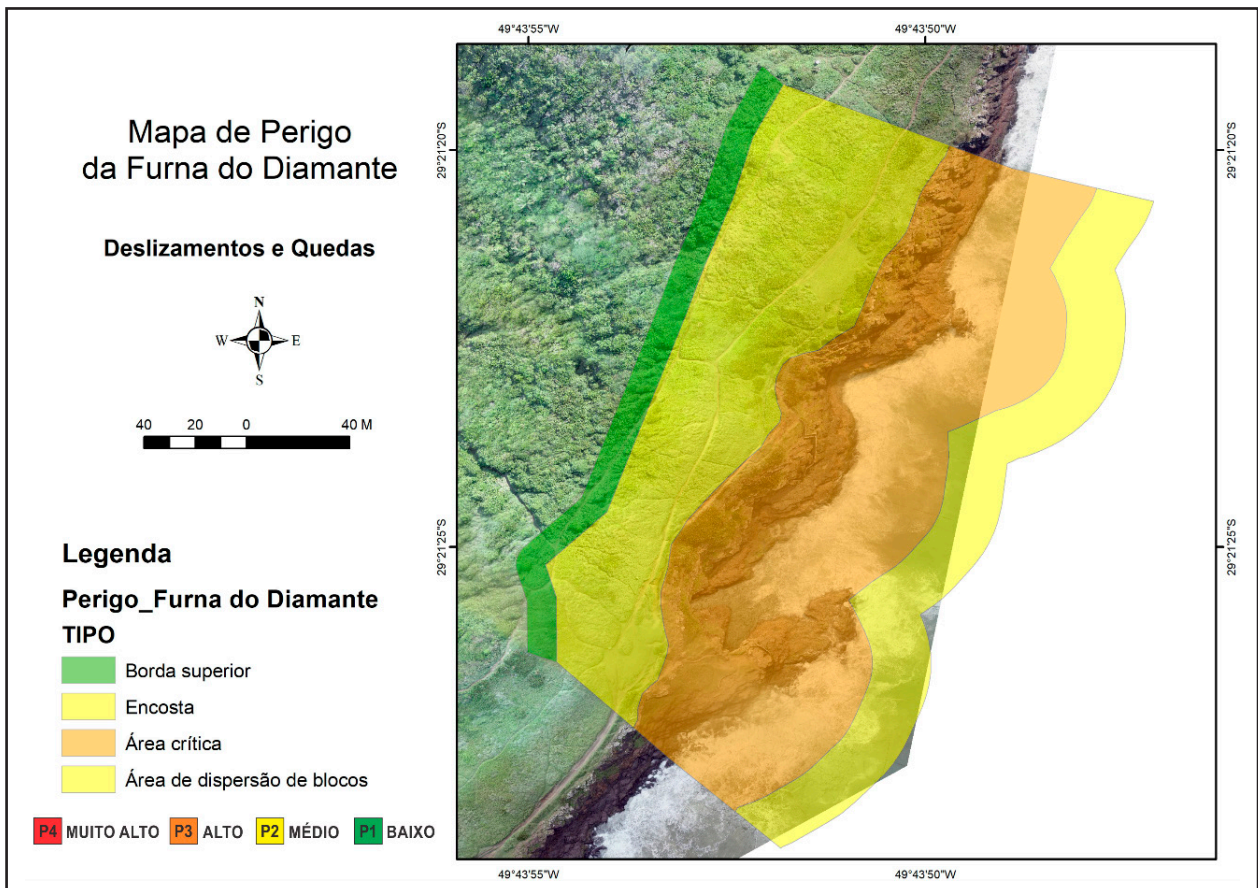
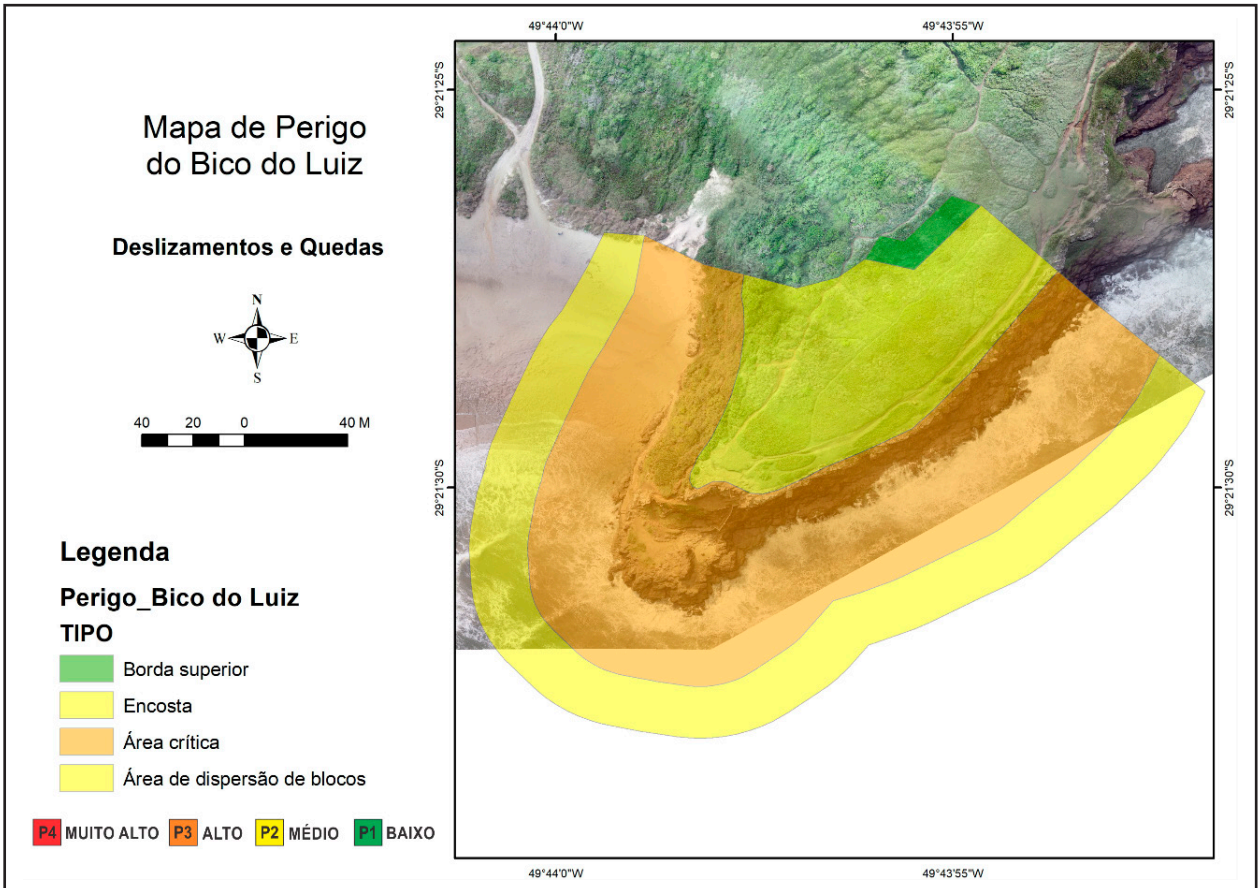
Perigo_Torre da Sentinela

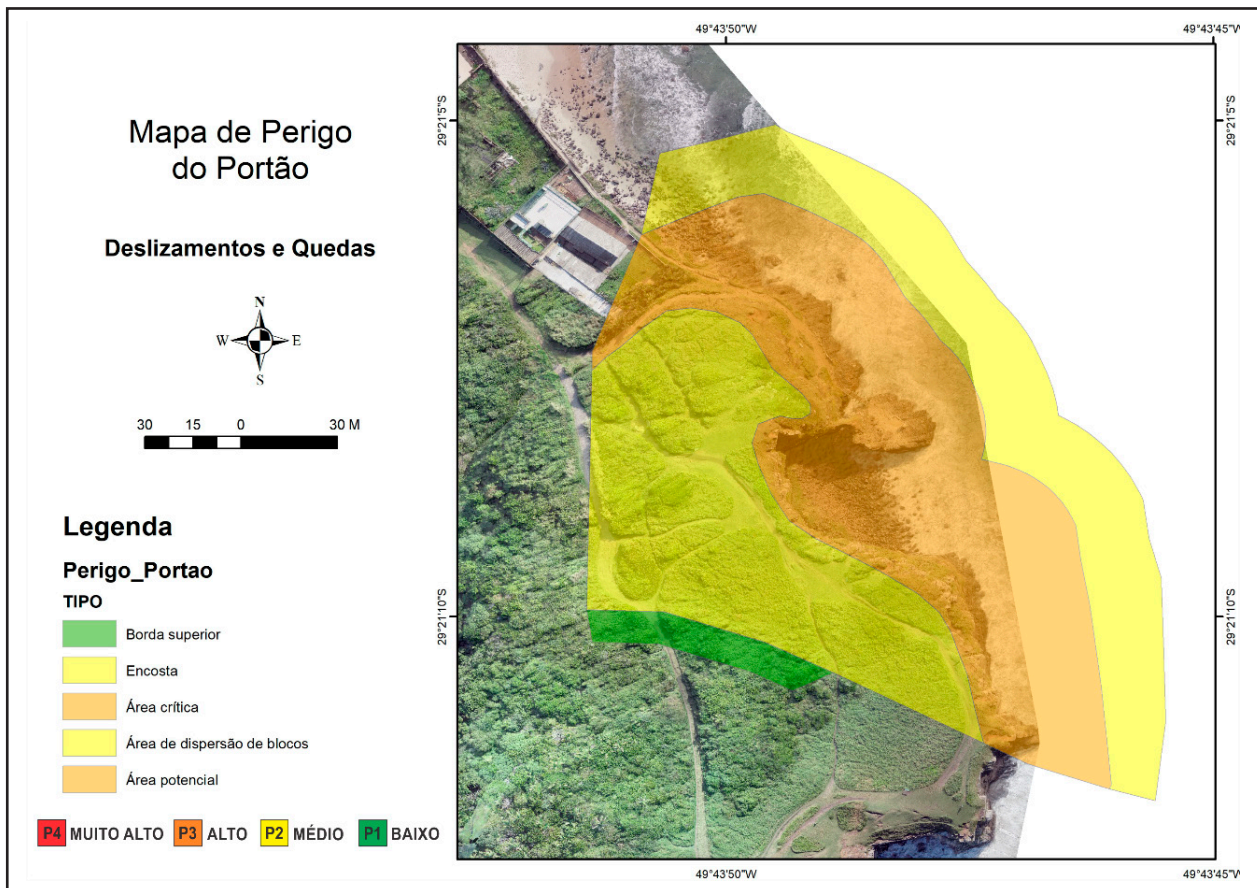
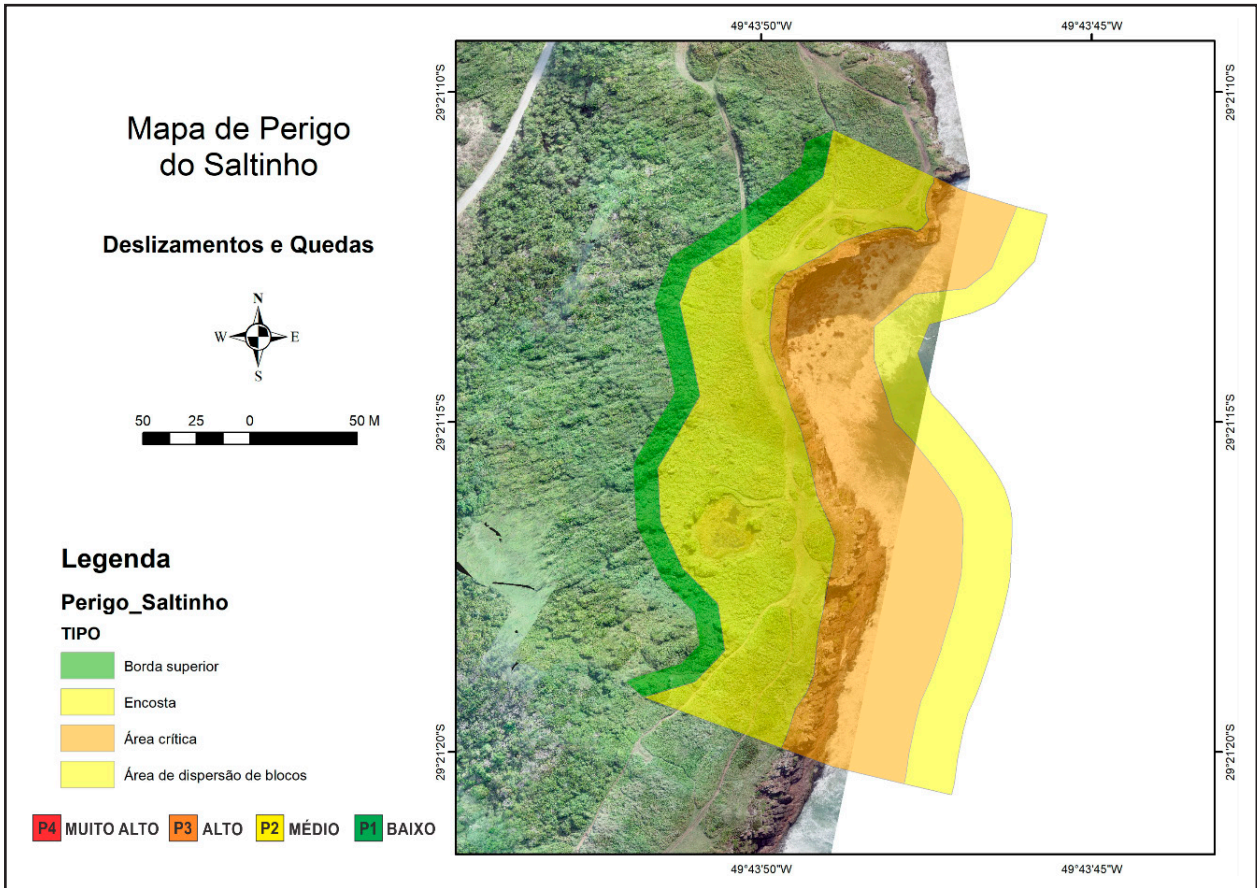
TIPO

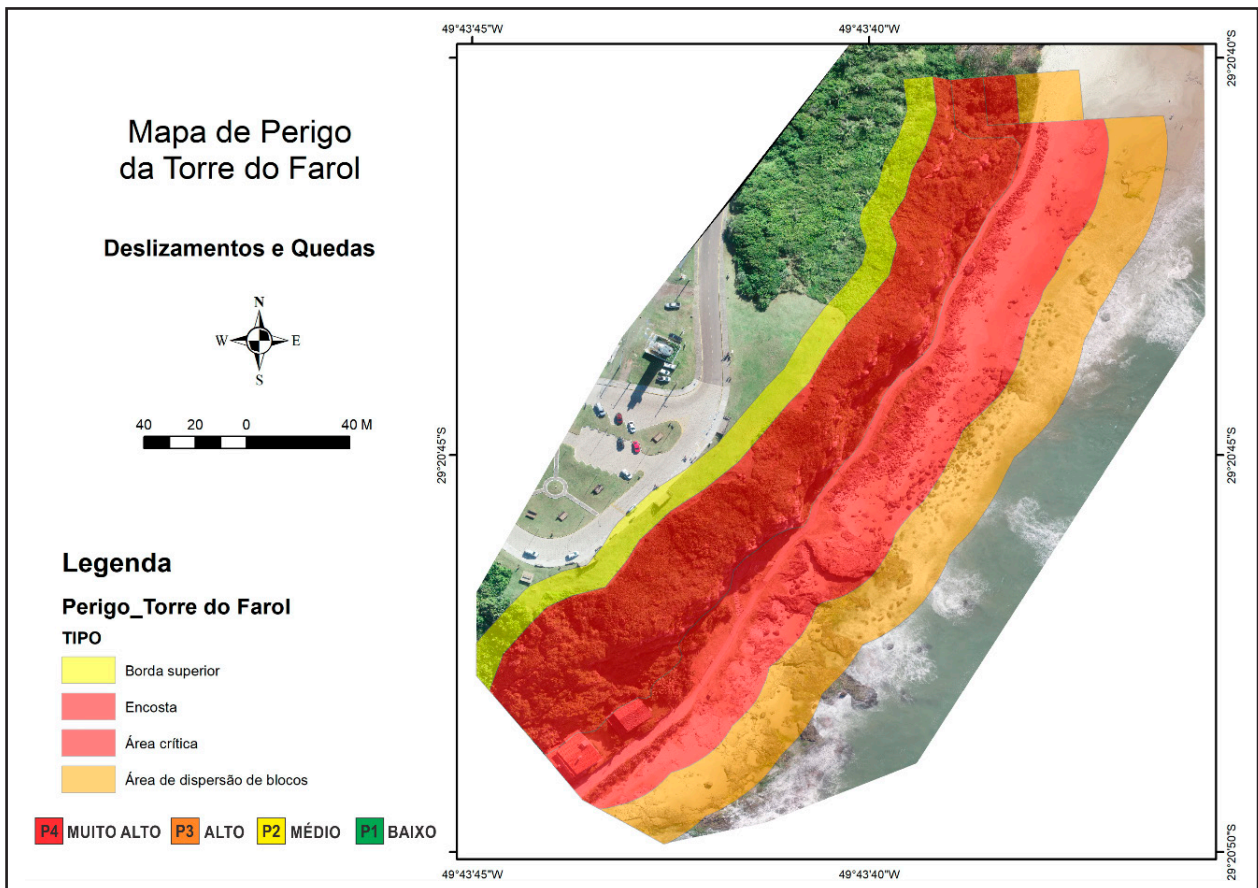
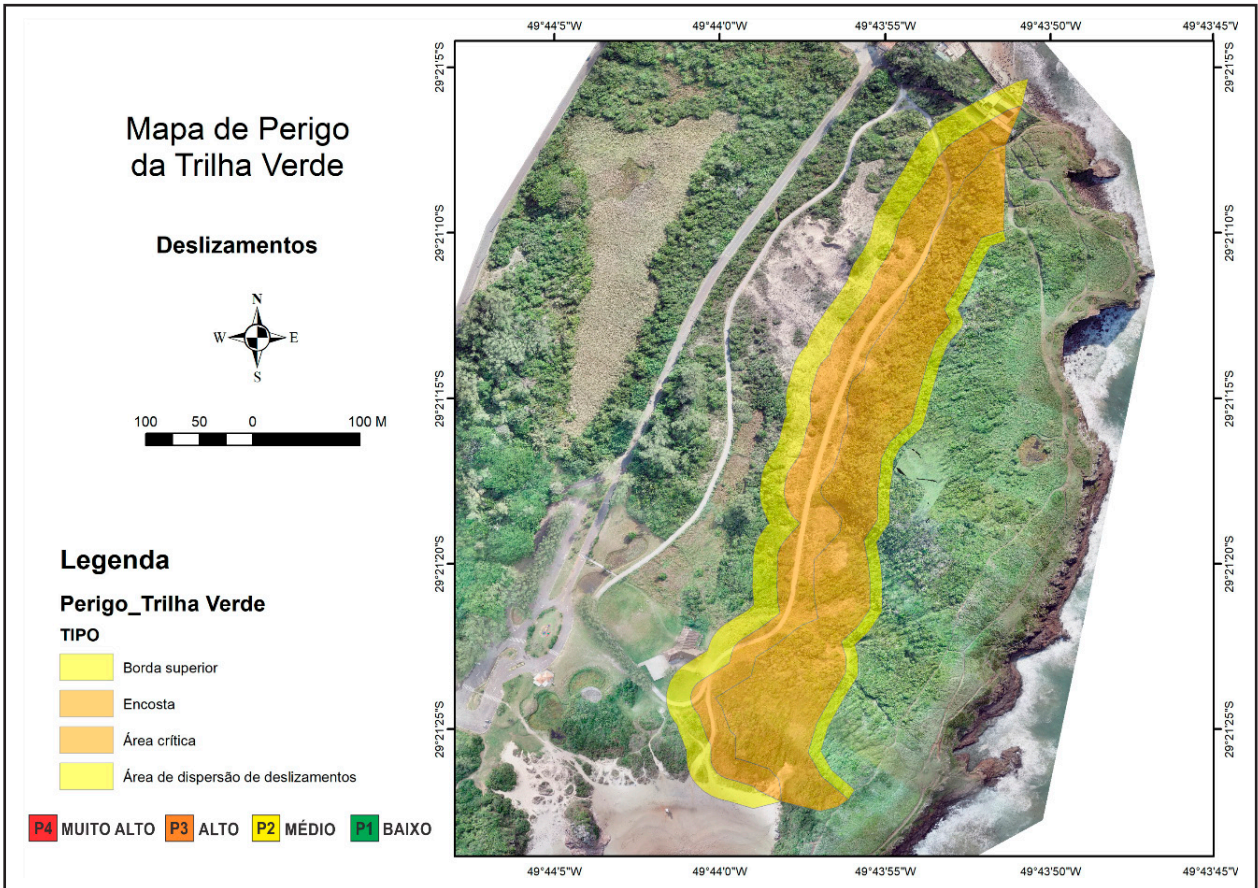
- Borda superior
- Encosta
- Área crítica
- Área de dispersão de blocos

P4 MUITO ALTO P3 ALTO P2 MÉDIO P1 BAIXO









ANEXO II

ARQUIVOS DIGITAIS
(animações 3D, vídeos panorâmicos e fotos)

ANEXO III

ARQUIVOS VETORIAIS

(curvas de nível, geologia, imagens, limites, modelagem, pontos de campo e relevo)

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO
SERVIÇOS COMPARTILHADOS

ÁREA DE ATUAÇÃO
GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GIODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



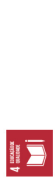
PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



ÁREA DE ATUAÇÃO
PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA





MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

