DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/120

Suscetibilidade a deslizamentos rasos em trecho da SC-401 - Saco Grande e Santo Antônio de Lisboa, Florianópolis-SC

Andreilson Ferreira da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, andreilson.ferre@gmail.com

Ana Sofia Pierri
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, anasofiapierrisc@gmail.com

João Guilherme Quevedo dos Santos
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, joaogqs@gmail.com

Kauê Angelino de Souza
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, kaueangelinosouza@gmail.com

Rafael Reis Higashi
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, rrhigashi@gmail.com

RESUMO: A rodovia SC-401, uma das principais vias de ligação entre o centro de Florianópolis e o norte da Ilha de Santa Catarina, é um local recorrente de acidentes geotécnicos que colocam em risco a segurança da população. Citam-se os eventos de chuva intensa ocorridos nos anos 2008, 2011 e 2013 que resultaram em movimentos de massa de grandes volumes. Desta forma, o presente trabalho analisa o comportamento geomecânico dos solos nos taludes da rodovia SC-401, e avalia a sua suscetibilidade a deslizamentos rasos, a partir das bacias hidrográficas do Saco Grande e Santo Antônio de Lisboa, em Florianópolis (SC). Assim, para a realização desta pesquisa foram utilizados os dados geotécnicos existentes nas pesquisas desenvolvidas por Silveira (2017), Massocco (2017), Nunes (2017) e Salum (2019). A partir de dados vetoriais e matriciais em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), foram gerados mapas de relevo e de unidades geotécnicas da região e, então, calculados os fatores de segurança das encostas das duas bacias em diferentes cenários, tendo como apoio o software QGIS. Como resultado final, foram elaborados mapas geotécnicos que espacializaram o Fator de Segurança das encostas analisadas com a crescente urbanização do local, e com base nessas informações, observou-se que fica evidenciada a necessidade de políticas públicas que priorizem ações preventivas que visem a segurança do ambiente em questão.

PALAVRAS-CHAVE: Cisalhamento; Bacia Hidrográfica; Rodovia.

ABSTRACT: The SC-401 highway, one of the main connecting roads between downtown Florianópolis and the north of the island of Santa Catarina, is a recurring site of geotechnical accidents that put at risk the safety of the population. Heavy rain events occurred in 2008, 2011 and 2013 that resulted in mass movements of large volumes. In this way, the present work analyzes the geomecanic behavior of soils on the slopes of the SC-401 highway, and evaluates their susceptibility to shallow landslides, from the hydrographic basins of Saco Grande and Santo Antônio de Lisboa, in Florianópolis (SC). Thus, for the realization of this research were used existing geotechnical data in the researches developed by Silveira (2017), Massocco (2017), Nunes (2017) and Salum (2019). From vector and matrix data in GIS (Geographic Information System) environment, relief maps and geotechnical units of the region were generated and then calculated the safety factors of the slopes of the two basins in different scenarios, using the QGIS software. As a final result, geotechnical maps were prepared that spatialized the Safety Factor of the slopes analyzed with the increasing urbanization of the site, and based on this information, it was observed that there is evidence of the need for public policies that prioritize preventive actions aimed at the safety of the environment in question.

KEYWORDS: Shear, Watershed, Highway.

1 INTRODUÇÃO

A rodovia SC-401, principal via de ligação entre o centro de Florianópolis e o norte da Ilha de Santa Catarina, é um local recorrente de acidentes geotécnicos que colocam em risco a segurança da população, como os ocorridos durante as chuvas intensas nos anos 2008, 2011 e 2013. O presente estudo trata sobre a análise da suscetibilidade a deslizamentos rasos na região em questão, com foco nas bacias hidrográficas do Saco Grande e Santo Antônio de Lisboa. Assim, a partir da análise do Fator de Segurança e verificação do crescimento urbano, denota-se fundamental importância do estudo diante do histórico de instabilidade de encostas e deslizamentos na área.

A faixa litorânea de Santa Catarina, apresenta características climáticas, geológicas e geomorfológicas, aliadas ao modo de ocupação do solo, que a tornam uma área suscetível à ocorrência de escorregamentos e outros desastres naturais (Dias, 2009). Logo, a análise de parâmetros como coesão, ângulo de atrito interno e, crucialmente, o coeficiente de segurança, surge como um fator indispensável para a prevenção de novos desastres.

O fator de segurança representa a relação entre forças resistentes e forças atuantes em uma possível superfície de ruptura, sendo o principal indicador da estabilidade de taludes (Das, 2013). Valores baixos indicam risco iminente de deslizamento e subsidiam decisões técnicas relacionadas à contenção e ao monitoramento. Este trabalho visa gerar um mapa semafórico de suscetibilidade à deslizamentos, contribuindo para a gestão de riscos, o planejamento urbano e a proteção da infraestrutura viária e da população.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização e bacias hidrográficas

No presente estudo, foram analisados o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Elevação (MDE) referentes às bacias hidrográficas de Saco Grande e Santo Antônio de Lisboa, localizadas no município de Florianópolis, Santa Catarina. A delimitação e identificação das unidades hidrográficas específicas foram realizadas por meio de georreferenciamento, utilizando a plataforma Geoportal, desenvolvidos pelo pelo IPUF (Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis).

A camada temática utilizada foi “Bacias Hidrográficas - IDE/SC”, com seleção das unidades correspondentes aos IDs 118 (Saco Grande) e 120 (Santo Antônio de Lisboa), como detalhado na Figura 1.

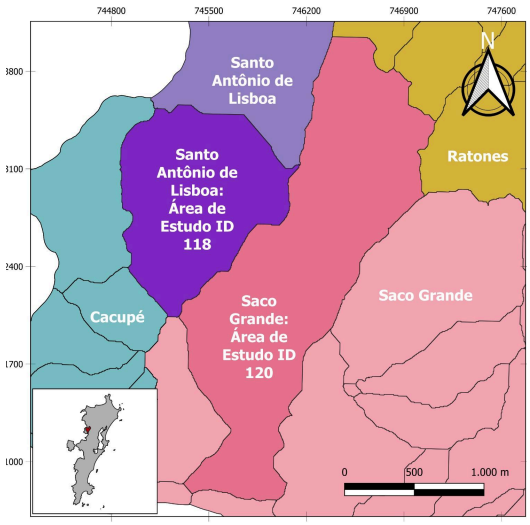


Figura 1 - Área de estudo. Fonte: Geoportal (2025).

2.2 Unidades geotécnicas

As unidades identificadas na região de estudo, detalhadas na Figura 2, foram as seguintes: PVgi (Podzólico Vermelho-Amarelo de substrato granito Ilha), Ddia (Diques de diabásio), Dr (Diques de riolito), Cde (Cambissolo de substrato depósito de encostas), AQsq (Areia Quartzosa sobre sedimentos quaternários) e SMsq (Solos Moles sobre sedimentos quaternários).

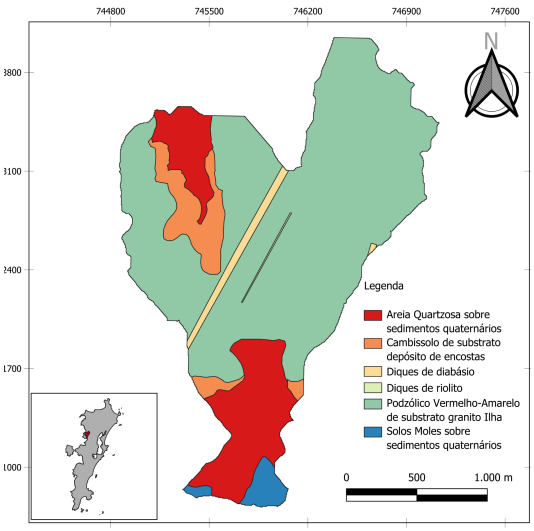


Figura 2 - Mapeamento das unidades geotécnicas. Fonte: Christ (2019), Tomazzoli e Pellerin (2023), ajustado.

3 MÉTODO

O método adotado neste trabalho utilizou como base dados obtidos em pesquisas anteriores que tratam da estabilidade de encostas na Ilha de Santa Catarina. Foram especialmente considerados os resultados apresentados por Nunes (2017), Silveira (2017), Massocco (2017) e Salum (2019). Estas pesquisas analisaram a influência das variações sazonais do perfil de sucção no fator de segurança das encostas em estudo, o efeito da variação do nível de água subterrânea na estabilidade dessas formações e, de uma forma mais abrangente, o mapeamento geotécnico e a análise da suscetibilidade a deslizamentos das encostas da Ilha de Santa Catarina. Além disso, tais trabalhos disponibilizaram parâmetros geotécnicos e geomorfológicos essenciais sobre o comportamento do solo, que serviram como base para as análises aqui desenvolvidas.

Os dados extraídos das referentes pesquisas foram organizados e geoprocessados no software QGIS, utilizado como ferramenta principal de geoprocessamento. Para a representação topográfica, recorreu-se às curvas de nível disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Florianópolis, que permitiram a construção de um Modelo Digital de Elevação (MDE). A partir desse modelo, calculou-se a declividade do terreno, possibilitando a identificação de áreas mais íngremes. Em seguida, os resultados foram confrontados com as informações geotécnicas e geomorfológicas apresentadas por Nunes (2017), Silveira (2017), Massocco (2017) e Salum (2019), integrando dados de relevo e características do solo.

Assim, com base nessa integração, foram determinados os fatores de segurança das encostas, utilizando-se como referência os parâmetros já consolidados nas pesquisas mencionadas, bem como à análise da suscetibilidade a deslizamentos e movimentos de massa na região de estudo.

3.1 Determinação do Fator de Segurança - deslizamentos translacionais

A análise da suscetibilidade de deslizamentos translacionais nas Bacias do Saco Grande e Itacorubi baseia-se em um método determinístico fundamentado em modelo físico, o qual considera parâmetros geométricos e geotécnicos representativos da área de estudo, conforme amplamente descrito na literatura especializada (Montgomery & Dietrich, 1994).

O método dos taludes infinitos é amplamente utilizado para caracterização de deslizamentos translacionais, isto é, deslizamentos de camadas de 0,5m a 5m de profundidade de solo e localizadas ao longo de uma superfície de ruptura aproximadamente paralela ao talude (HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014). Esse método determinístico avalia a estabilidade do talude por meio de Fatores de Segurança (FS). Os fatores de segurança derivados de modelos de estabilidade constituem descritores absolutos e confiáveis para avaliar quantitativamente a suscetibilidade a deslizamentos. Sendo assim, a equação para o FS para taludes infinitos com percolação constante é dada por:

$$FS = \frac{c'}{\Upsilon_{sat} \cdot H \cdot cos^2\beta \cdot tg\beta} + \frac{\Upsilon' \cdot tg\varphi'}{\Upsilon_{sat} \cdot tg\beta} \quad (1)$$

$$\Upsilon' = \Upsilon_{sat} - \Upsilon_w \, (peso\ específico\ submerso\ do\ solo) \quad (2)$$

Onde:

c = Coesão
H = Profundidade do solo
γsat = Peso específico saturado do solo
φ = Ângulo de atrito
γ = Peso específico do solo
γ' = Peso específico efetivo do solo
β = Inclinação do talude
FS = Fator de Segurança

Para a etapa de classificação, realizaram-se operações pixel a pixel com base na expressão apresentada na equação anterior. A análise espacial resultou na geração de mapas semafóricos do fator de segurança (FS) para cada um dos cenários de profundidade do solo considerados, os quais indicam as áreas com maior suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos translacionais, em função dos valores de FS obtidos. Nesse contexto, os mapas foram classificados em quatro faixas de fator de segurança descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação do Fator de Segurança. Fonte: Paiva, 2023.

Instável	FS < 1,15
Média Estabilidade	1,15 < FS < 1,3
Estável	1,3 < FS < 1,5
Altamente Estável	FS > 1,5

3.2 Obtenção e organização dos dados Geotécnicos

Através dos dados obtidos por Silveira (2017), Nunes (2017), Massocco (2017) e Salum (2019) em seus respectivos trabalhos, foram selecionados os seguintes parâmetros geotécnicos para análise: unidade geotécnica, coesão, ângulo de atrito, peso específico do solo e peso específico saturado. As unidades AQsq e SMsq correspondem a áreas predominantemente planas, enquanto a unidade Dr apresenta ocorrência pouco representativa no contexto da análise. Dessa forma, os parâmetros geotécnicos e o fator de segurança dessas unidades não foram considerados nos resultados.

Na sequência, foi realizado o tratamento estatístico sobre os dados mais relevantes, obtendo-se a média conforme as unidades geotécnicas e sob toda a área de estudo (Tabela 2). Esses valores esperados foram os utilizados para o cálculo do fator de segurança.

Tabela 2 - Médias dos parâmetros geotécnicos relevantes. Fonte: Dados obtidos da análise de trabalhos de Silveira (2017), Massocco (2017), Nunes (2017) e Salum (2019).

Unidade Geotécnica	**c (kPa)**	**φ (°)**	**γsat(kN/m³)**
PVgi	14,14	30,84	17,51
Cde	16,45	30,00	18,30
Ddia	14,48	30,50	18,42
Geral	**15,02**	**30,45**	**18,08**

3.3 Geração do Mapa de Declividade

O padrão de classificação de relevo atribuído ao mapa de declividade segue a classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de 1979, que divide o relevo em 6 classes de declividade (Tabela 3)

Tabela 3 - Classes de Declividade. Fonte: EMBRAPA, 1979.

Classe	Declividade(°)
Plano	0 - 3
Suave Ondulado	3 - 8
Ondulado	8 - 20
Forte Ondulado	20 - 45
Montanhoso	45 - 75
Escarpado	>75

A elaboração do mapa de declividade (Figura 3) teve como base um Modelo Digital de Elevação (MDE) da área de estudo, com resolução espacial de 30 metros.

O MDE utilizado é um produto desenvolvido pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia (Epagri/Ciram) e foi trabalhado no software de GIS (QGIS) com o objetivo de gerar as declividades com resolução de 10m.

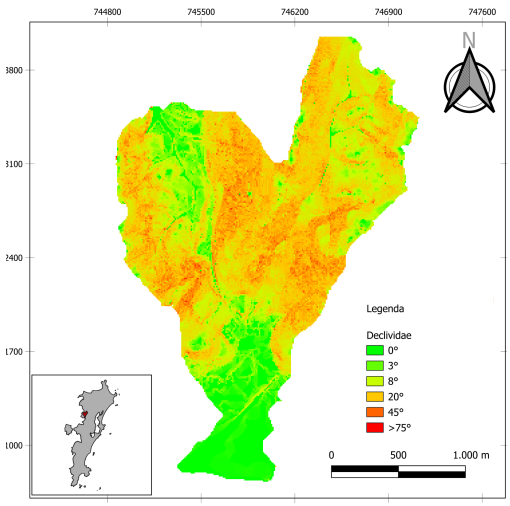


Figura 3 - Declividade da área de estudo. Fonte: Autoria própria. Obtido Modelo Digital de Elevação SRTM/NASA – SC, ajustado (Epagri-2005)

4 RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Geração dos histogramas de estabilidade e Análise Espacial por Unidades Geotécnicas

Se utilizando dos parâmetros geotécnicos organizados na Tabela 2, com a média geral dos parâmetros, foi possível gerar mapas de estabilidade conforme a profundidade (Figuras 4, 5, 6 e 7), tais mapas são generalizados para toda a área, sem levar em consideração as Unidades Geotécnicas. Através de ferramentas de geoprocessamento do programa QGIS foram obtidos os mapas de estabilidade para cada as profundidades de 1m, 2m, 3m e 4m.

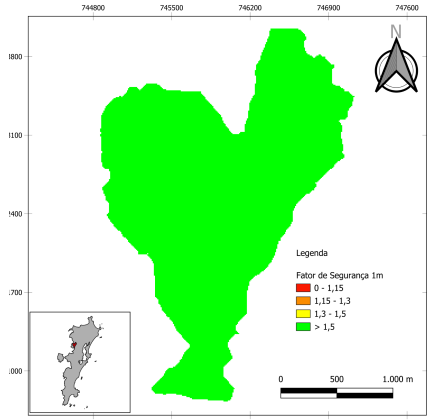


Figura 4 - FS de 1m.
Fonte: Autoria Própria

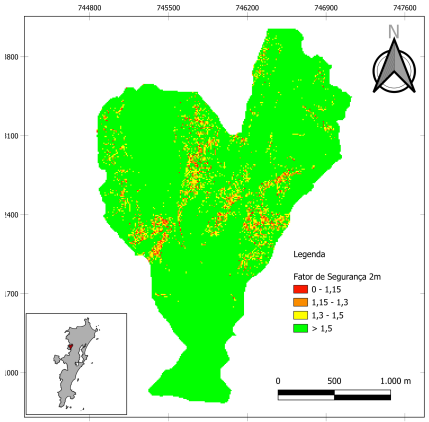


Figura 5 - FS de 2m.
Fonte: Autoria Própria

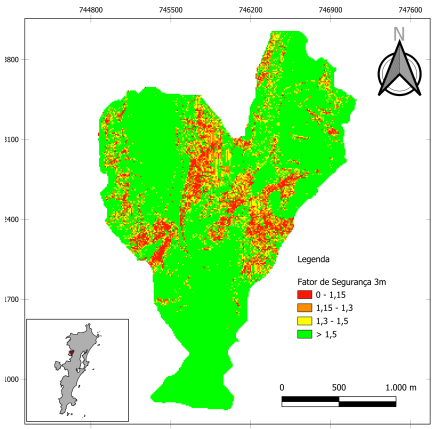


Figura 6 - FS de 3m.
Fonte: Autoria Própria

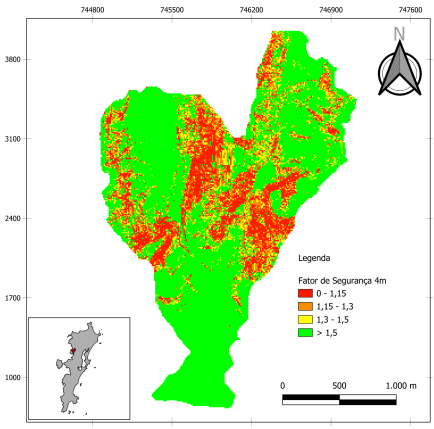


Figura 7 - FS de 4m.
Fonte: Autoria Própria

Esses dados foram utilizados para criar gráficos que ilustram a distribuição da estabilidade do solo em função da profundidade (Figura 8). Também foi realizada uma análise integrando os parâmetros de cada unidade geotécnica (Tabela 2) ao mapa de declividade para gerar rasters de fator de segurança entre 1 e 4 m (Figura 9). A média de estabilidade por unidade foi calculada e apresentada em histograma. A primeira coluna indica a estabilidade a 1 m de profundidade, seguindo-se sucessivamente até 4 m, padrão que se repete para cada tipo de solo.

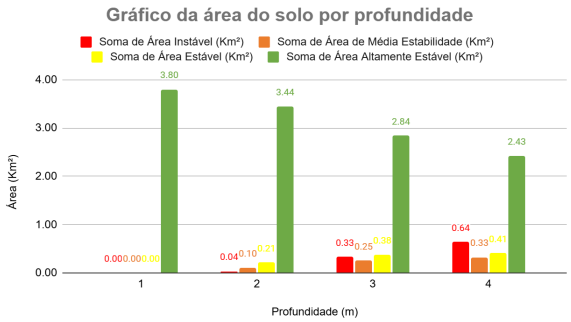


Figura 8 - Gráfico da área do solo com estabilidade em função dos cenários da profundidade.
Fonte: Autoria própria.

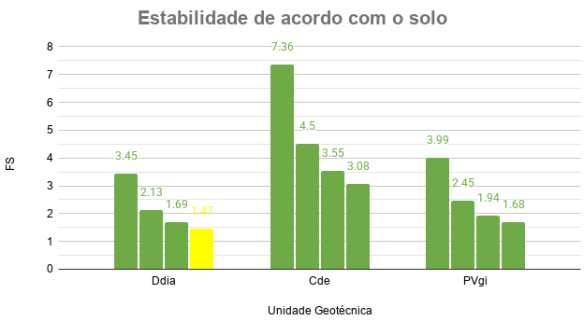


Figura 9 - Gráfico da Estabilidade de acordo com o tipo de solo.
Fonte: Autoria própria.

Denota-se que na Figura 9, por se tratar da média dos fatores de cada unidade, a média apresentada na é altamente estável por conta da predominância de áreas planas e suaves, por mais que haja regiões instáveis.

4.2 Mancha de Crescimento Urbano

A análise temporal da expansão da mancha urbana tomou como base o conceito de modelos simplificados dos padrões de crescimento, conforme preconiza Higashi (2006). A pesquisa utilizou imagens de satélite disponíveis no Geoportal, uma plataforma gerida pelo IPUF (Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis), que contém a base de dados do município de Florianópolis. O foco geográfico recaiu sobre as duas bacias de estudo do Saco Grande e Santo Antônio de Lisboa, abrangendo os anos de 1977, 1994, 2002, 2012, 2016 e 2019. O processamento desses dados viabilizou a criação de polígonos que representam o avanço da área urbanizada, os quais foram usados para a comparação entre os períodos. Posteriormente, esses limites poligonais possibilitaram o traçado dos vetores de crescimento urbano, que expressam a livre progressão das manchas.Os resultados detalhados dessa classificação estão dispostos na Figura 10.

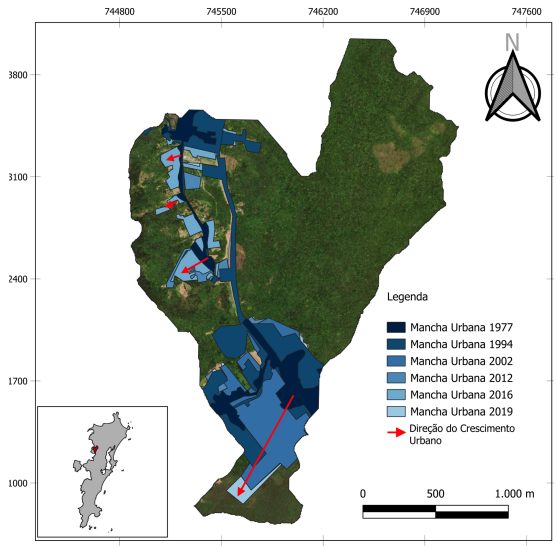


Figura 10 - Traçado de vetores de crescimento urbano da área de estudo.
Fonte: Geoportal (2025), ajustado

5 CONCLUSÕES

O estudo atingiu seu objetivo ao elaborar mapas que identificam as áreas com maior propensão a deslizamentos ao longo da SC-401, nas bacias do Saco Grande e Santo Antônio de Lisboa. A análise integrada permitiu reconhecer zonas com alta suscetibilidade a deslizamentos rasos. A análise dos vetores de crescimento da mancha urbana entre 1977 e 2019 confirma a expansão contínua e heterogênea da mancha urbana na região, com seu crescimento sendo principalmente direcionado para as regiões mais planas. Os resultados destacam a necessidade de um planejamento urbano eficaz para a gestão dessas áreas em Florianópolis.

Em síntese, este trabalho contribui para o aprimoramento do conhecimento sobre a suscetibilidade a deslizamentos rasos nas bacias na região estudada, fornecendo subsídios técnicos relevantes para o planejamento urbano e a gestão de riscos geotécnicos. Paralelo a isso, os resultados apresentados reforçam a importância da integração entre análises geotécnicas, geomorfológicas e ferramentas de geoprocessamento na identificação de áreas vulneráveis, servindo como base para a formulação de estratégias preventivas e políticas públicas voltadas à mitigação de desastres e à promoção de um desenvolvimento territorial e ocupação do solo mais seguro.

REFERÊNCIAS

Das, B. M.; Sobhan, K. (2019) *Principles of Geotechnical Engineering*. 8. ed. Stamford: Cengage Learning.

Dias, M. A. F. S. (2009) *Nota técnica: As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: um estudo de caso visando à melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos*. Relatório técnico, 67 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1979) *Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos*. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, 83 p.

Higashi, R. R. (2006) *Metodologia de uso e ocupação dos solos de cidades costeiras brasileiras através de SIG com base no comportamento geotécnico e ambiental*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Hungr, O.; Leroueil, S.; Picarelli, L. (2014) *The Varnes classification of landslide types, an update*. Landslides, v. 11, n. 2, p. 167–194.

Massocco, N. S. (2017) *Determinação dos parâmetros geotécnicos de solos residuais com ênfase na mecânica dos solos não saturados*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Montgomery, D. R.; Dietrich, W. E. (1994) *A physically based model for the topographic control on shallow landsliding*. Water Resources Research, v. 30, n. 4, p. 1153–1171.

Nunes, G. B. (2017) *Estudo da influência das variações sazonais do perfil de sucção no fator de segurança ao deslizamento de uma encosta de solo residual de granito e diabásio*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Paiva, J. A. G. P.; Santos, T.; Balansin, V. B.; Zimmermann, C.; Higashi, R. R. (2023) *Mapeamento de áreas suscetíveis a deslizamentos rotacionais na Bacia Hidrográfica do Itacorubi*. In: XIII Simpósio de Práticas de Engenharia Geotécnica da Região Sul – GEOSUL 2023. Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (ABMS), Florianópolis.

Prefeitura de Florianópolis. (2025) *GeoPortal*. IPUF (Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis), Florianópolis. Disponível em: https://geoportal.pmf.sc.gov.br/downloads/camadas-em-sig-do-mapa. Acesso em: 11 nov. 2025.

Salum, B. R. (2019) *Levantamento dos condicionantes geológicos e geotécnicos de um talude rodoviário afetado por um deslizamento no bairro Saco Grande/Florianópolis*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Silveira, L. R. (2017) *Avaliação de vulnerabilidades por dois diferentes métodos e mapeamento de áreas suscetíveis a deslizamentos translacionais rasos*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Tomazzoli, E. R.; Pellerin, J. R. G. M. (2023) *Atlas geológico da Ilha de Santa Catarina e áreas adjacentes: (com texto explicativo)*. 1. ed. Edições do Bosque/Nuppe/UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), Florianópolis.