*XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*
*XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens*
*24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF*
**DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/67**

# Estabilização de encosta urbana em Itajaí/SC a partir de investigação geotécnica e geofísica integrada

Sidnei Helder Cardoso Teixeira
Professor, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, s.teixeira@ufpr.br

Tennison Freire de Souza Junior
Consultor Geotécnico, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, tennisongeotec@gmail.com

Jean Carlo García Núñez
Consultor Geotécnico, Techsolum, Curitiba, Brasil, jeancarlo@techsolum.com.br

Rafael Petronilho de Oliveira Rocha
Doutorando, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, rafaelpetronilho@gmail.com

RESUMO: Este trabalho apresenta o estudo de caso da estabilização da encosta de Cabeçudas, em Itajaí/SC, cuja estabilidade foi comprometida pela execução de cortes irregulares. A investigação geotécnica foi conduzida por meio da integração de sondagens SPT e métodos geofísicos de resistividade elétrica, permitindo a identificação de um colúvio superficial, uma zona de baixa resistividade associada ao cisalhamento e o embasamento rochoso xistoso. As análises de estabilidade, realizadas pelo método de Morgenstern-Price (1965), indicaram fatores de segurança próximos à unidade após o corte preliminar. A solução adotada consistiu em solo grampeado associado a concreto projetado e sistemas de drenagem. Os resultados demonstraram fatores de segurança locais superiores a 1,50, em conformidade com a ABNT NBR 11682:2009, enquanto a estabilidade global condicionou a adoção de medidas adicionais de drenagem. O estudo evidencia a importância da geofísica na redução de incertezas e no dimensionamento de soluções de estabilização em encostas urbanas.

PALAVRAS-CHAVE: Estabilidade de encostas; Solo grampeado; Geofísica aplicada; Drenagem; Contenção de taludes.

ABSTRACT: This paper presents a case study on the stabilization of the Cabeçudas slope, in Itajaí, Brazil, whose stability was affected by irregular excavations. The geotechnical investigation combined standard penetration tests (SPT) and electrical resistivity methods, allowing the identification of a superficial colluvial layer, a low resistive associate to a shear zone, and a schist bedrock. Slope stability analyses performed using the Morgenstern–Price (1965) method indicated safety factors close to unity after the preliminary excavation. The adopted solution consisted of soil nailing combined with shotcrete facing and drainage systems. The results showed local safety factors greater than 1.50, in accordance with ABNT NBR 11682:2009, while global stability required additional drainage measures. The study highlights the relevance of geophysics in reducing uncertainties and improving the reliability of slope stabilization projects in urban areas.

KEYWORDS: Slope stability; Soil nailing; Applied geophysics; Drainage; Slope reinforcement.

## 1 INTRODUÇÃO

A ocupação urbana de encostas em regiões brasileiras tem se intensificado nas últimas décadas, frequentemente associada à execução de cortes e aterros sem o devido respaldo técnico. De acordo com o MapBiomas (2024), áreas de encostas, naturalmente mais suscetíveis a deslizamentos, apresentaram crescimento médio de 3,3% ao ano entre 1985 e 2023, sendo que aproximadamente 70% dessa ocupação ocorreu nos últimos 38 anos, ampliando a exposição de áreas urbanas a processos de instabilidade geotécnica.

Como consequência desse processo, observa-se o aumento da ocorrência de fissuras de tração, movimentos de massa e, em casos mais críticos, rupturas progressivas, com riscos significativos à infraestrutura e à segurança da população. Em ambientes geológicos complexos, especialmente aqueles

caracterizados por depósitos coluvionares sobre embasamento rochoso fraturado, a compreensão dos mecanismos de instabilização torna-se particularmente desafiadora, uma vez que os solos coluvionares são materiais heterogêneos, formados por fragmentos de rocha com diferentes graus de intemperismo, transportados por processos gravitacionais e acumulados nos pés de taludes (Gerscovich, 2012).

O presente trabalho apresenta o estudo de caso da estabilização da encosta localizada no bairro Cabeçudas, no município de Itajaí, Santa Catarina, cuja estabilidade foi comprometida em função da execução de cortes irregulares. A investigação geotécnica possibilitou a identificação de três unidades principais — um colúvio superficial, uma zona de baixa resistividade elétrica e o embasamento rochoso constituído por xisto — cujas características geotécnicas e hidrogeológicas foram incorporadas às análises de estabilidade conduzidas por meio do método de equilíbrio-limite de Morgenstern-Price (1965).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A ocupação urbana de encostas tem sido apontada como um dos principais fatores associados ao aumento da ocorrência de movimentos de massa em áreas tropicais, sobretudo em ambientes caracterizados por solos residuais e coluvionares sobre embasamento rochoso fraturado. Abramson et al. (2002), Gerscovich, (2012) e Duncan et al., (2014) indicam que cortes executados sem critérios técnicos, associados à modificação do regime natural de drenagem superficial e subterrânea, tendem a reduzir significativamente os fatores de segurança, favorecendo a ocorrência de fissuras de tração, escorregamentos rasos e rupturas progressivas.

Os depósitos coluvionares apresentam elevada heterogeneidade espacial, fraca estruturação interna e propriedades mecânicas fortemente dependentes do grau de intemperismo, da distribuição granulométrica e do estado de saturação. Esses materiais são frequentemente marcados pela presença de superfícies de cisalhamento reliquiares, oriundas de eventos pretéritos de instabilização, que atuam como planos preferenciais de ruptura quando submetidos a novas alterações geométricas ou hidráulicas (Gerscovich, 2012). Em regiões tropicais úmidas, a elevação das poropressões durante eventos pluviométricos intensos é reconhecida como um dos principais mecanismos de perda de resistência efetiva e de deflagração de movimentos de massa (Fredlund & Rahardjo, 1993; Duncan et al., 2014).

Nesse contexto, a caracterização adequada do modelo geológico-geotécnico é etapa fundamental para a análise de estabilidade e o dimensionamento de soluções de contenção. Embora as sondagens à percussão (SPT) permaneçam amplamente empregadas como ferramenta básica de investigação, diversos autores destacam suas limitações na representação da continuidade lateral de camadas, zonas cisalhadas e condições hidrogeológicas em encostas complexas (Abramson et al., 2002; Dahlin & Zhou, 2004). Assim, a integração de métodos geofísicos, especialmente os baseados em resistividade elétrica, tem se consolidado como uma abordagem eficiente para complementar as investigações tradicionais.

O uso de caminhamentos elétricos e sondagens elétricas verticais permite identificar contrastes geoelétricos associados a variações litológicas, grau de fraturamento, teor de umidade e presença de zonas de percolação preferencial (Loke, 2000; Dahlin & Zhou, 2004). A combinação da eletrorresistividade com a técnica de sísmica de refração pode ser um meio de mapear com segurança a saturação e as condições do subsolo, tais como feições de movimentação de massa e/ou bolsões de baixa resistividade (Santos et al., 2024). Aplicações em encostas instáveis demonstram que zonas de baixa resistividade estão frequentemente associadas a materiais mais argilosos, regiões cisalhadas ou setores com maior grau de saturação, fornecendo condições suficientes para superfícies potenciais de ruptura e para drenagem. Avanços recentes na tomografia de resistividade elétrica com aquisição repetida no tempo (time-lapse ERT) têm permitido o monitoramento contínuo do comportamento hidrogeológico de encostas instáveis, possibilitando identificar variações de saturação e antecipar processos de instabilização (Lapenna & Perrone, 2022).

No que se refere às técnicas de estabilização, o solo grampeado tem sido amplamente empregado em áreas urbanas devido à sua versatilidade geométrica, menor impacto construtivo e boa adaptação a maciços heterogêneos. O desempenho desse sistema está diretamente relacionado à mobilização progressiva da resistência do solo ao longo dos grampos, à rigidez do revestimento superficial e às condições hidráulicas atuantes no maciço. Estudos experimentais e numéricos indicam que, em solos coluvionares, a eficiência do grampeamento pode ser significativamente reduzida na presença de elevadas poropressões, reforçando a necessidade de soluções associadas de drenagem (Abramson et al., 2002; Duncan et al., 2014).

A drenagem, tanto superficial quanto profunda, é amplamente reconhecida como um dos métodos mais eficazes para o aumento da estabilidade de encostas, uma vez que atua diretamente na redução das pressões neutras e no controle do fluxo subterrâneo. A literatura destaca que a eficácia desses sistemas depende do correto posicionamento, espaçamento e conectividade hidráulica com as zonas mais permeáveis do maciço (Abramson et al., 2002).

Para a avaliação quantitativa da estabilidade, os métodos de equilíbrio-limite permanecem amplamente aceitos na prática profissional e em normativas técnicas. Formulações rigorosas, como o método de Morgenstern-Price, permitem a análise de superfícies de ruptura gerais e a consideração de diferentes cenários construtivos e condições hidráulicas, sendo compatíveis com os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 11682 (2009) para obras permanentes em encostas. A combinação entre investigação integrada, modelagem geotécnica representativa e análises de estabilidade em múltiplos cenários é apontada como abordagem robusta para reduzir incertezas e aumentar a confiabilidade das soluções adotadas em encostas urbanas (Duncan et al., 2014; Gerscovich, 2012).

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Localização

A área objeto do projeto de estabilização está localizada no bairro Cabeçudas, município de Itajaí, estado de Santa Catarina, conforme ilustrado na Figura 1. A encosta situa-se em área urbana consolidada, com ocupação residencial a montante e a jusante, o que confere maior relevância aos aspectos de segurança e desempenho das soluções adotadas.

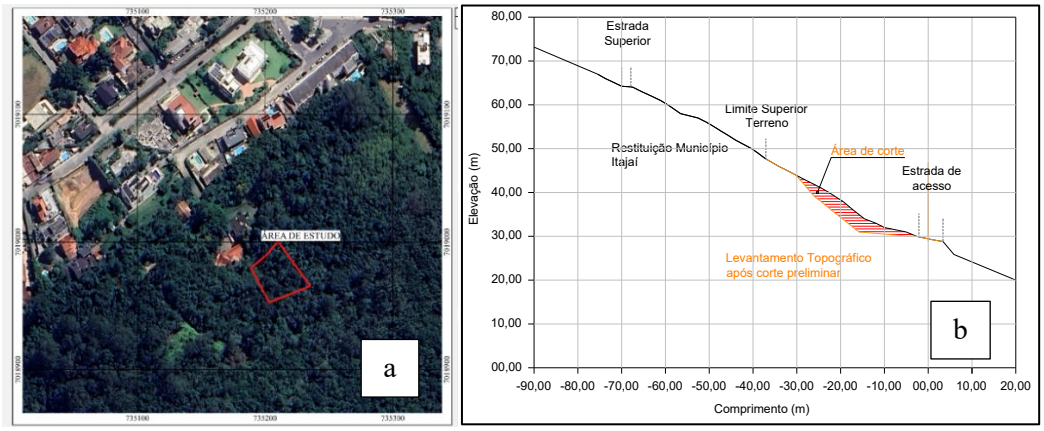



Figura 1. Localização do empreendimento da intervenção. a) Vista aérea e b) seção transversal.

### 3.2 Programa de investigação

O programa de investigação geotécnica foi composto por visita técnica de campo, duas sondagens de simples reconhecimento do tipo SPT e uma investigação geofísica baseada em métodos elétricos, incluindo três caminhamentos elétricos e duas sondagens elétricas verticais. Essa combinação teve como objetivo caracterizar tanto os materiais do maciço quanto as condições hidrogeológicas associadas.

As sondagens elétricas verticais foram executadas com arranjo de Schlumberger, com espaçamento máximo entre os eletrodos de corrente de 120 m, permitindo investigar profundidades da ordem de 30 m. Os dados de resistividade aparente foram interpretados por meio de inversão unidimensional, utilizando o software IX1D v.2. Os caminhamentos elétricos, com extensão de 150 m, foram realizados com arranjo dipolo-dipolo, espaçamento entre eletrodos de 10 m e até 13 níveis de investigação, possibilitando alcançar profundidades aproximadas de 35 m. A interpretação dos dados foi realizada por inversão bidimensional, com auxílio do software RES2DINV. Em ambas as técnicas foi utilizado resistivímetro com potência de 250 W.

### 3.3 Modelo geológico-geotécnico

O modelo geológico-geotécnico da encosta foi desenvolvido a partir da integração da base topográfica com os resultados das investigações geotécnicas e geofísicas).

### 3.4 Análises de estabilidade

As análises de estabilidade foram realizadas por meio do módulo SLOPE/W do software GeoStudio, utilizando o método de equilíbrio-limite de Morgenstern-Price. As superfícies potenciais de ruptura foram investigadas a partir de malhas de centros e conjuntos de linhas tangentes, permitindo avaliar mecanismos de ruptura tanto no colúvio quanto na interface com o maciço rochoso.

A avaliação realizada baseou-se na definição de uma matriz de estudos composta por quatro cenários distintos, representativos das diferentes condições geométricas e construtivas da encosta ao longo do processo de intervenção. Esses cenários, analisados de forma sequencial, permitem avaliar a evolução do comportamento do maciço e a influência isolada e combinada da geometria, do reforço estrutural e do controle das condições hidráulicas. Os cenários considerados foram: (I) talude na condição natural; (II) talude após a execução do corte preliminar; (III) talude estabilizado com solo grampeado sem a presença de drenagem; e (IV) talude estabilizado com solo grampeado associado a sistemas de drenagem.

O cenário I corresponde à geometria natural do terreno, previamente à execução de quaisquer intervenções, sendo utilizado como referência para a avaliação da condição original de estabilidade da encosta. O cenário II representa a condição do talude após a realização da escavação preliminar, na qual foi adotada declividade mínima de 0,75H:1V, com base posicionada na cota EL. 31,00 m e crista de elevação variável ao longo do perfil analisado. Esse cenário reproduz a condição geométrica que desencadeou o processo de instabilização observado em campo.

Os cenários III e IV contemplam a intervenção com sistema de contenção do tipo solo grampeado. O sistema é constituído por grampos metálicos associados a revestimento superficial em tela metálica soldada do tipo Felcon Q-138, ou equivalente, com acabamento em concreto projetado. Os grampos foram executados com barras de aço THB 25, com comprimento de 24,00 m, com carga mínima de escoamento de 35 tf, sendo instalados em furos de 10 cm de diâmetro, inclinados a 15° em relação à horizontal. A disposição dos grampos seguiu uma malha regular com espaçamento de 2,00 m na vertical e 1,70 m na horizontal, assegurando desempenho compatível com as exigências normativas para obras permanentes e contribuindo para a estabilidade global do maciço.

No cenário IV, além do sistema de solo grampeado, foi considerada a implantação de dispositivos de drenagem, constituídos por drenos horizontais profundos (DHP) e barbacãs. Os DHP foram projetados em tubos de PVC com diâmetro de 50 mm e comprimento de 24,00 m. A malha de barbacãs foi disposta com espaçamento de 3,00 m na vertical e 3,40 m na horizontal, com o objetivo de promover a redução das poropressões no maciço e melhorar as condições de estabilidade do talude.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Sondagens a percussão (SPT)

Após a execução das investigações geotécnicas, não foi identificada a presença de nível freático em nenhum dos furos de sondagem. O furo SPT-01, executado no pé do talude, na cota aproximada de 30,00 m, indicou a ocorrência de solo classificado como silte argiloso marrom, de consistência dura, com presença de material de alteração de rocha. Já o furo SPT-02, realizado em um patamar localizado à esquerda do terreno, na cota de 34,00 m, revelou a presença de silte argiloso marrom-avermelhado, de consistência rija, igualmente associado à alteração de rocha.

Observações de campo complementares permitiram identificar que o impenetrável corresponde a um maciço rochoso xistoso, variando de medianamente a muito alterado, com grau de coerência entre medianamente coerente e incoerente, e apresentando intenso fraturamento. O índice de qualidade da rocha

(RQD) varia de péssimo a regular, sendo essa condição observada principalmente nas regiões onde o embasamento rochoso foi exposto após a execução do corte preliminar, o que evidencia a elevada heterogeneidade geológica e geotécnica do maciço.

## 4.2 Sondagens geofísicas

A interpretação integrada dos resultados permitiu identificar três unidades geoelétricas bem definidas ao longo da encosta. A unidade mais superficial, denominada C1, corresponde a um depósito coluvionar constituído por solos transportados e solos de alteração, frequentemente contendo fragmentos rochosos de dimensões variando entre blocos e matacões. Essa unidade apresenta comportamento geoelétrico predominantemente resistivo, compatível com materiais relativamente menos saturados e de granulometria heterogênea.

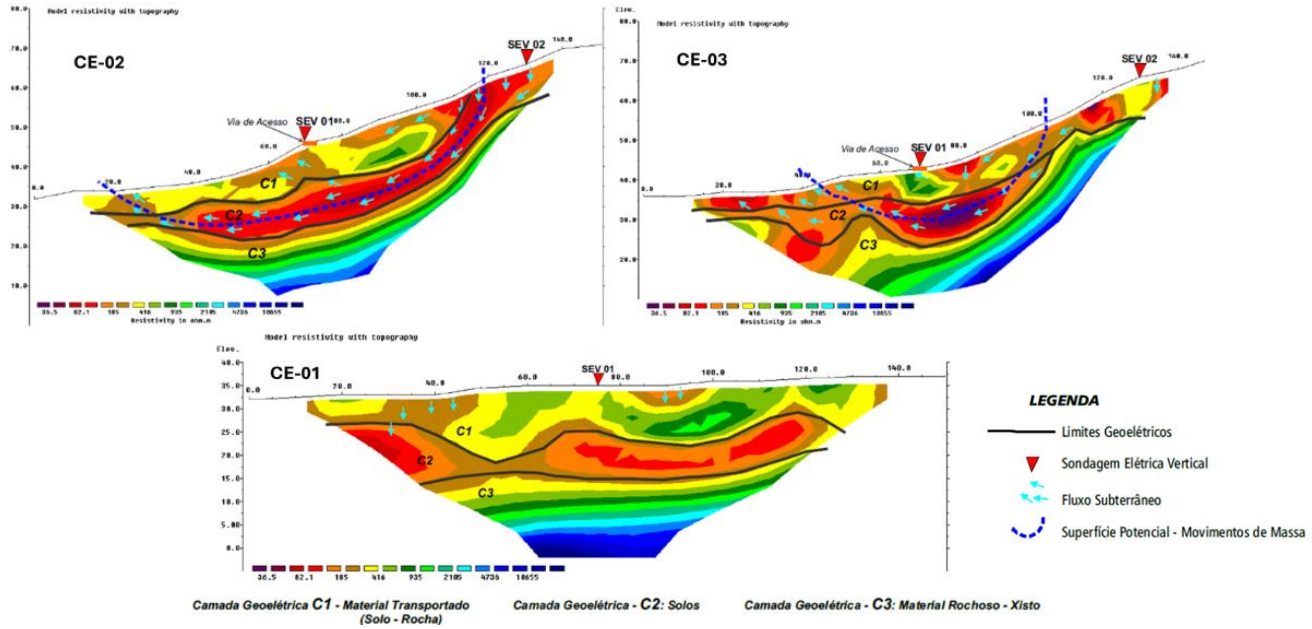



Figura 2. Perfis eletroresistivos do terreno

A unidade intermediária, denominada C2, foi caracterizada por comportamento geoelétrico marcadamente pouco resistivo, sendo interpretada como uma zona de baixa resistividade associada ao cisalhamento, associada a maior grau de alteração, fraturamento e presença de água. A continuidade espacial dessa camada, identificada ao longo de grande parte da encosta, indica que a unidade C2 atua como um caminho preferencial para o fluxo subterrâneo, favorecendo a concentração de água principalmente no terço inferior do talude, em função da geometria do contato com o embasamento rochoso.

A unidade mais profunda, denominada C3, corresponde ao embasamento rochoso constituído por xisto, apresentando comportamento geoelétrico fortemente resistivo. Observações de campo e dados geofísicos indicam que esse embasamento se encontra intensamente fraturado e dobrado, com variação da direção da xistosidade ao longo da encosta, condição que pode influenciar de maneira diferenciada os mecanismos de instabilização e a resposta do maciço aos carregamentos hidráulicos.

A identificação da camada cisalhada pouco resistiva (C2) por meio da geofísica elétrica foi determinante para a definição das hipóteses de linha freática adotadas nas análises de estabilidade. Com base nos resultados obtidos, assumiu-se que, em períodos chuvosos, o nível freático tende a se estabelecer preferencialmente no interior dessa camada, elevando-se conforme a intensidade pluviométrica. Essa interpretação fundamentou a simulação dos diferentes cenários hidráulicos considerados nas análises numéricas, bem como o posicionamento e a concepção do sistema de drenagem profunda adotado na solução de estabilização.

Dessa forma, a investigação geofísica não apenas complementou os dados obtidos pelas sondagens SPT, mas constituiu elemento central para a compreensão do comportamento hidrogeológico da encosta, reduzindo incertezas no modelo geológico-geotécnico e aumentando a confiabilidade das análises de estabilidade e das soluções de engenharia propostas. A Figura *4* mostra o modelo do terreno definido a partir da interpretação dos resultados das sondagens.

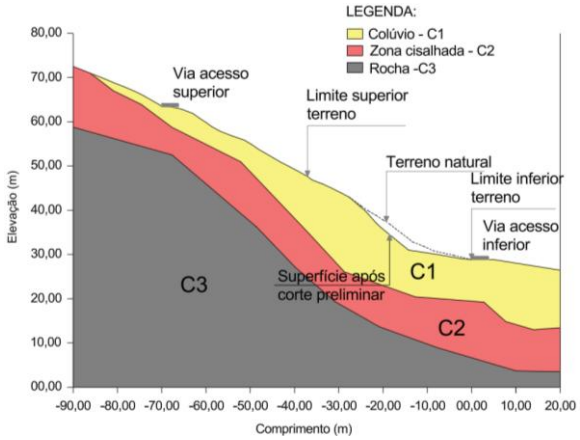



Figura 3. Modelo geológico-geotécnico concebido a partir dos resultados das sondagens.

### 4.3 Parâmetros geotécnicos

Os parâmetros geotécnicos empregados nas análises de estabilidade foram definidos a partir de correlações com os resultados das sondagens SPT, da interpretação dos ensaios geofísicos e de retroanálises realizadas em modelos computacionais. Essas informações foram complementadas pela experiência dos autores em obras com materiais de características semelhantes. A Tabela 1 apresenta os valores adotados de peso específico, coesão efetiva e ângulo de atrito efetivo para os materiais identificados.

Tabela 1. Parâmetros de resistência dos materiais

| Material | Parâmetros de Resistência | | |
|---|---|---|---|
| | γ(kN/m³) | c'(kN/m²) | φ'(°) |
| Colúvio – C1 | 18 | 8 | 30 |
| Zona cisalhada - C2 | 18 | 5 | 28 |
| Rocha – C3 | 26 | 150 | 32 |

### 4.4 Análises de estabilidade

A análise de estabilidade do talude indica que, na condição natural, o maciço apresenta fator de segurança próximo ao limite mínimo recomendado pela ABNT NBR 11682 (2009), com superfícies potenciais de ruptura desenvolvendo-se preferencialmente nos materiais de menor resistência, como o colúvio (C1) e a zona cisalhada (C2), caracterizando uma condição de estabilidade iminente a ruptura (FS=1,0). Como pode ser observado na Figura 4ª, a geometria natural favorece concentração de tensões cisalhantes na transição entre colúvio e rocha e associada a ausência de sistema de drenagem implica pressões neutras elevadas, incrementando empuxo ativo.

A execução do corte preliminar (Figura 4b) alterou o equilíbrio de tensões do maciço, pois aumento da inclinação (mais íngreme) do talude desenvolveu uma condição suscetível a ruptura local, de modo que a redistribuição de tensões cisalhantes reduziu o fator de segurança global, tornando o talude inadequado para condições permanentes e novamente iminente a ruptura (Gerscovich, 2012).

A introdução do sistema de solo grampeado (Figura 5a) promoveu aumento do fator de segurança por meio da mobilização da resistência ao cisalhamento ao longo dos reforços, porém, na ausência de drenagem, a manutenção de pressões neutras elevadas limita a eficiência do sistema, sendo essa condição aceitável apenas de forma temporária. Por outro lado, a associação do grampeamento com sistemas de drenagem (barbacãs) resultou na redução das poropressões, reduzindo o empuxo ativo, e consequentemente elevando o fator de segurança para valores compatíveis com as exigências normativas para obras permanentes, atendendo aos critérios da ABNT NBR 11682 (2009), como pode ser observado na Figura 5b. A partir dos dados da Figura 4 e da Figura 5 foi possível consolidar as informações via
Tabela 2.

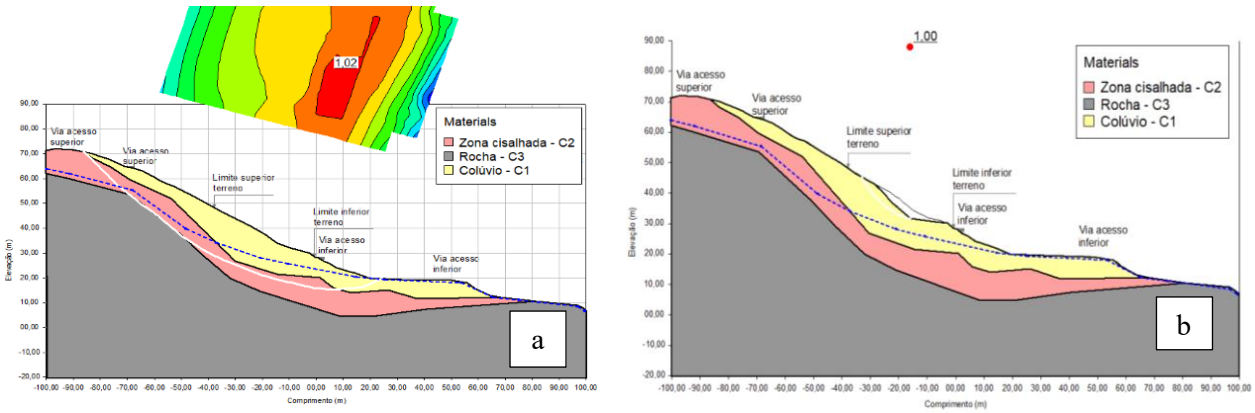



Figura 4. Análise de estabilidade do talude: (a) Condição Natural: (b) Corte preliminar no talude

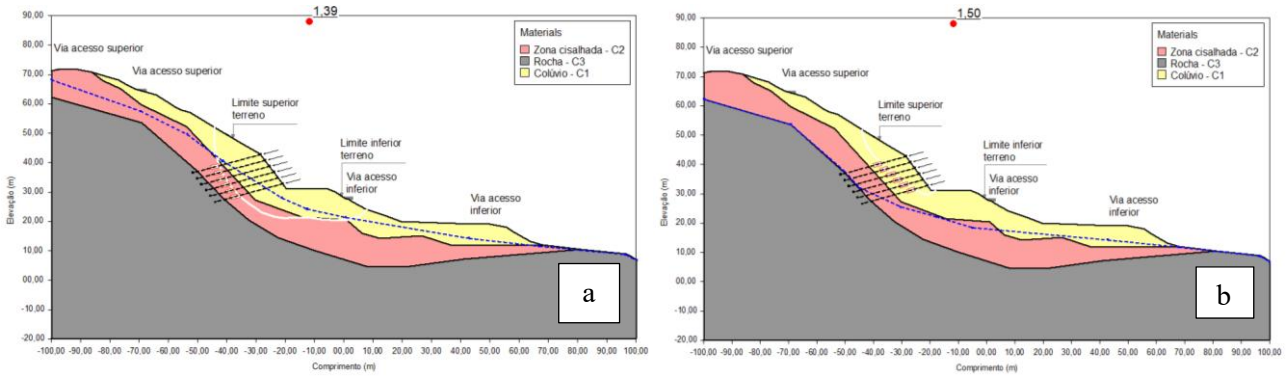



Figura 5. Análise de estabilidade do talude: (a) Contenção sem drenagem; (b) Contenção com drenagem

Tabela 2. Consolidação dos Fatores de Segurança por cenário de análise

| Cenários | Descrição | FS |
|---|---|---|
| I | Talude natural | 1,02 |
| II | Talude escavado sem tratamento | 1,00 |
| III | Solo grampeado s/ drenagem | 1,39 |
| IV | Solo grampeado c/ drenagem | 1,50 |

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o estudo de caso da estabilização da encosta de Cabeçudas, em Itajaí/SC, cuja instabilidade foi desencadeada pela execução de cortes irregulares, resultando no surgimento de fissuras de tração e em uma condição crítica de equilíbrio. A investigação geotécnica foi conduzida a partir da integração de sondagens à percussão (SPT) e métodos geofísicos de resistividade elétrica, o que possibilitou uma caracterização mais consistente do modelo geológico-geotécnico e das condições hidrogeológicas do maciço.

As análises de estabilidade consideraram quatro cenários representativos da evolução geométrica e construtiva da encosta: condição natural, pós-corte, contenção sem drenagem e contenção associada à drenagem. Os resultados indicaram fatores de segurança baixos na condição natural (FS = 1,02) e após o corte preliminar (FS ≈ 1,0), ambos incompatíveis com critérios de segurança para situações permanentes.

A aplicação integrada da geofísica elétrica foi fundamental para a identificação de uma zona de baixa resistividade associada ao cisalhamento, interpretada como caminho preferencial de fluxo subterrâneo, e para a definição das hipóteses de linha freática adotadas nas análises numéricas. Essa informação foi determinante para a correta concepção dos cenários hidráulicos e para o posicionamento do sistema de drenagem, reduzindo incertezas associadas à interpretação exclusivamente pontual das sondagens SPT.

A adoção do sistema de contenção em solo grampeado, associada à drenagem horizontal profunda e aos dispositivos de alívio superficial, promoveu aumento significativo da estabilidade local do talude, com fatores de segurança superiores a 1,50, atendendo aos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 11682 (2009) para obras permanentes. Esses resultados confirmam que a eficiência do solo grampeado, em encostas coluvionares, está fortemente condicionada ao controle das poropressões no maciço.

Por outro lado, a análise da estabilidade global da encosta, que extrapola os limites do terreno e envolve áreas adjacentes do condomínio, indicou fatores de segurança da ordem de 1,30, condicionados à implantação de medidas adequadas de controle e desvio das águas pluviais na região de cabeceira. Dessa forma, a solução contemplou um sistema de drenagem em escala mais ampla.

De forma geral, o estudo evidencia que a integração entre investigação geotécnica convencional, métodos geofísicos e análises de estabilidade constitui uma abordagem robusta e eficiente para a redução de incertezas e para o dimensionamento de soluções de estabilização em encostas urbanas, especialmente em contextos geológicos complexos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores expressam os seus agradecimentos ao CNPQ (Conselho Nacional de Pesquisa) e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo fomento à pesquisa no Brasil, como também a Universidade Federal do Paraná (UFPR) pelo incentivo a atividades científicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abramson, L. W.; Lee, T. S.; Sharma, S.; Boyce, G. M. (2002). *Slope Stability and Stabilization Methods*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 712 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2009). *NBR 11682: Estabilidade de encostas*. Rio de Janeiro.

Dahlin, T.; Zhou, B. (2004). A numerical comparison of 2D resistivity imaging with ten electrode arrays. *Geophysical Prospecting*, v. 52, n. 5, p. 379–398.

Duncan, J. M., Wright, S. G., Brandon, T. L. (2014). *Soil Strength and Slope Stability*. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 336 p.

Fredlund, D. G.; Rahardjo, H. (1993). *Soil Mechanics for Unsaturated Soils*. New York: John Wiley & Sons, 517 p.

Gerscovich, D. M. S. (2012). *Estabilidade de Taludes*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 176 p.

Loke, M. H. (2000). Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies: a practical guide to 2D and 3D surveys. Penang: Geotomo Software, 67 p.

Lapenna & Perrone (2022), "Time-Lapse Electrical Resistivity Tomography (TL-ERT) for Landslide Monitoring: Recent Advances and Future Directions

MapBiomas Brasil (2024). *Cidades brasileiras crescem mais em encostas e áreas de risco*. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/2024/11/08/cidades-brasileiras-crescem-mais-em-encostas-e-areas-de-risco/. Acesso em: 01 jan. 2026.

Morgenstern, N. R.; Price, V. E. (1965). The analysis of the stability of general slip surfaces. *Géotechnique*, v. 15, n. 1, p. 79–93.

Santos, C. L.; Picanço, J. L.; Gandolfo, O. C. B.; Stangari, M. C.; Santo, J. V.; Lämmle, L. (2024) Tomografia de resistividade elétrica e sísmica de refração na avaliação de encostas: o caso da Encosta do Mirante, Guarujá-São Paulo. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 10, n. 1, p. 177-196.