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/COBRAMSEG2026.4/96

Intervenção emergencial em edificação sobre talude instável após rompimento de drenagem pluvial: um estudo de caso

Danilo Bastos Barbosa
Engenheiro Civil - Gestor de Obras II, Concreta Tecnologia em Engenharia Ltda, Salvador, Brasil, danilo.bastos@concreta.com.br

Minos Trocoli de Azevedo
Engenheiro Civil - Diretor, Concreta Tecnologia em Engenharia Ltda, Salvador, Brasil, minos.trocoli@concreta.com.br

RESUMO: O artigo apresenta um estudo de caso sobre uma intervenção emergencial realizada numa edificação de quatro pavimentos na cidade de Salvador (BA), na qual, em razão das fortes chuvas, ocorreu um escorregamento do talude em decorrência do rompimento de uma antiga rede de drenagem pluvial que passava sob essa edificação. O rompimento da rede provocou o escorregamento do maciço de terra sob a edificação e o desabamento do muro de contenção existente no pé do talude, com consequente exposição de trechos consideráveis de fuste dos tubulões que compunham as fundações do prédio, inclusive com fissuras horizontais no corpo de alguns dos tubulões. Três veículos estacionados em garagens localizadas à frente do prédio acompanharam o deslizamento do talude, passando por baixo da laje armada da garagem coberta. O evento gerou uma enorme sensação de insegurança entre os moradores e a comunidade local, com a clara impressão de colapso iminente da estrutura. Apesar da gravidade da situação, o tipo de fundação adotado — em tubulões — foi determinante para evitar o colapso total do edifício. A resistência individual dos elementos e sua capacidade de manter parte da carga estrutural suportada impediram o desabamento completo, proporcionando tempo hábil para estudos e intervenções técnicas. A obra teve como objetivo restabelecer a segurança e a estabilidade da edificação por meio de um conjunto de ações integradas. Foram realizados reforços das fundações expostas, reconstrução das estruturas colapsadas e implantação de diferentes soluções de estabilização de taludes, adequadas às características geotécnicas locais, como contenções em solo grampeado, muros de flexão em concreto armado, cortina atirantada e drenagem superficial, com o objetivo de mitigar riscos de novos escorregamentos e garantir a durabilidade das soluções implantadas. O trabalho aborda detalhadamente o processo de diagnóstico das causas do sinistro, a análise da concepção estrutural original, os estudos complementares realizados, o desenvolvimento dos projetos executivos de recuperação e estabilização dos taludes do entorno e sob a edificação e as etapas construtivas adotadas. O estudo destaca os desafios técnicos enfrentados durante a obra, especialmente em função da proximidade com edificações vizinhas e da instabilidade do terreno, além de apresentar os resultados obtidos com as intervenções. A experiência contribui para o aprendizado em situações de colapsos induzidos por falhas em redes de drenagem antigas, comuns em áreas urbanas densamente ocupadas.

PALAVRAS-CHAVE: Estabilidade de taludes, Intervenção emergencial, Tubulões, Reforço de fundações, Estacas raiz, Drenagem pluvial

ABSTRACT: This paper presents a case study of an emergency intervention carried out on a four-story residential building located in the city of Salvador, Bahia, Brazil. Due to intense rainfall, a slope failure occurred as a result of the rupture of an old stormwater drainage network running beneath the building. The failure of this drainage system triggered soil sliding beneath the structure and led to the collapse of an existing retaining wall at the toe of the slope. As a consequence, significant portions of the shafts of the foundation caissons were exposed, including the occurrence of horizontal cracks in some of these elements. Three vehicles parked in garages located in front of the building were dragged along with the sliding mass, passing beneath the reinforced concrete slab of the covered garage. The event generated a strong sense of insecurity among residents and the surrounding community, with a clear perception of imminent structural collapse. Despite the severity of the situation, the foundation system adopted—caissons—played a decisive role in preventing total collapse. The individual resistance of these elements and their ability to sustain part of the structural loads avoided complete failure, providing sufficient time for technical assessments and emergency interventions.

The main objective of the intervention was to restore the safety and stability of the building through a set of integrated actions. These included the strengthening of exposed foundations, reconstruction of collapsed structural elements, and the implementation of different slope stabilization solutions adapted to local geotechnical conditions, such as soil nailing, reinforced concrete flexural retaining walls, anchored retaining walls, and surface drainage systems, aiming to mitigate the risk of further slope failures and ensure the durability of the adopted solutions. This work discusses in detail the diagnostic process used to identify the causes of the failure, the analysis of the original structural design, the complementary investigations performed, the development of executive designs for recovery and slope stabilization around and beneath the building, and the construction stages adopted. The study highlights the technical challenges faced during the intervention, particularly due to the proximity of neighboring buildings and ground instability, and presents the results achieved. The experience contributes to technical learning in situations involving collapses induced by failures in old drainage networks, which are common in densely occupied urban areas.

KEYWORDS: Slope stabilization, Peripheral urban areas, Retaining structures, Soil nailing, Surface drainage, Urban transformation

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de escorregamentos de taludes em áreas urbanas densamente ocupadas representa um dos principais riscos geotécnicos enfrentados pelas cidades brasileiras, sobretudo em regiões sujeitas a regimes pluviométricos intensos e com infraestrutura de drenagem antiga ou deficiente. Em Salvador (BA), onde a ocupação de encostas se deu de forma acelerada e, muitas vezes, sem o devido planejamento técnico, episódios dessa natureza são recorrentes e frequentemente associados a falhas em sistemas de drenagem pluvial e/ou esgotamento sanitário.

Nesse contexto, o presente artigo apresenta um estudo de caso referente a uma intervenção emergencial realizada em uma edificação residencial de quatro pavimentos, implantada sobre um talude natural, que sofreu um grave sinistro após o rompimento de uma antiga rede de drenagem pluvial localizada sob o prédio. O evento, agravado por chuvas intensas, provocou o escorregamento do maciço de solo de fundação, o colapso de estruturas de contenção existentes e a exposição parcial dos elementos de fundação profunda da edificação.

Apesar da severidade do cenário observado e da clara percepção de colapso iminente por parte dos moradores, a concepção estrutural original, baseada em fundações profundas do tipo tubulões, mostrou-se decisiva para evitar o desabamento total da edificação. A integridade residual desses elementos permitiu a redistribuição parcial dos esforços e garantiu tempo hábil para a realização de estudos técnicos, elaboração de projetos executivos e execução das obras de recuperação e estabilização.

A solução definitiva adotada envolveu a combinação de diferentes técnicas de estabilização geotécnica e reforço estrutural, incluindo o reforço dos tubulões existentes, cortina atirantada apoiada sobre estacas raiz, solo grampeado e estruturas de concreto armado. A integração dessas soluções permitiu restabelecer a segurança da edificação e garantir a estabilidade global do talude em uma condição de elevada complexidade geotécnica e construtiva.

O objetivo deste trabalho é apresentar, de forma sistematizada, o diagnóstico das causas do acidente, a caracterização da edificação e do evento, bem como os estudos técnicos desenvolvidos para avaliação dos riscos e definição das soluções de engenharia adotadas. Busca-se, ainda, contribuir para o aprendizado técnico em situações de emergência associadas a falhas de drenagem em áreas urbanas consolidadas, fornecendo subsídios para intervenções futuras em cenários semelhantes.

2 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A edificação objeto deste estudo está localizada no bairro Alto do Politeama, na cidade do Salvador, Bahia, área urbana consolidada caracterizada por ocupação densa e presença de edificações implantadas em terrenos com declividades acentuadas. O edifício consiste em um prédio residencial de quatro pavimentos como estrutura em concreto armado, formado por pilares, vigas e lajes maciças, e foi projetado para uso predominantemente residencial, com garagens localizadas no pavimento inferior.

A fundação da edificação é constituída por tubulões a céu aberto, executados até atingir camadas de solo com capacidade de suporte compatível com as cargas transmitidas pela superestrutura. Esse tipo de fundação, amplamente utilizado à época da construção, apresenta como característica a elevada capacidade de carga individual dos elementos e uma maior tolerância a redistribuições de esforços em situações excepcionais, quando comparado a fundações rasas.

O edifício encontra-se implantado parcialmente sobre um talude natural, com diferença significativa de cotas entre a parte posterior e frontal do terreno. No pé do talude existia um muro de contenção em arrimo de pedra, responsável pela estabilização do maciço e pela proteção das áreas de garagem localizadas à frente da edificação. Sob o prédio, passava uma antiga rede de drenagem pluvial, integrante da infraestrutura urbana local, cuja presença não era plenamente conhecida ou considerada nos projetos originais.

3. CARACTERIZAÇÃO DO ACIDENTE

O acidente ocorreu após um período de chuvas intensas, quando houve o rompimento da antiga rede de drenagem pluvial localizada sob a edificação. A falha da tubulação provocou a infiltração contínua de grandes volumes de água no maciço de solo, resultando no aumento da poropressão, redução da resistência ao cisalhamento e consequente perda de estabilidade do talude.

Como consequência direta, verificou-se o escorregamento de parte significativa do solo sob o edifício, acompanhado do colapso das estruturas de contenção existentes. Destaca-se que, na parte posterior da edificação, havia originalmente uma contenção executada em alvenaria de pedra, a qual, em função do acréscimo significativo do empuxo de terra associado ao acúmulo de água no maciço, veio a sofrer tombamento, perdendo sua função estabilizante e contribuindo para a progressão do movimento de massa.

O escorregamento do maciço expôs trechos consideráveis do fuste de diversos tubulões de fundação, sendo observadas, inclusive, fissuras horizontais no corpo de alguns desses elementos, indicando solicitação estrutural atípica e risco potencial à estabilidade global da edificação.



Figura 1 – Vista geral do local logo após o acidente

O tombamento da contenção em alvenaria de pedra e o escorregamento do solo atingiram ainda uma edificação pública implantada ao pé da encosta. Essa edificação teve parte destruída, sendo invadida e recoberta pelo material terroso e lama provenientes do movimento de massa, evidenciando a magnitude do evento e seus impactos além dos limites do lote originalmente afetado. O cenário pós-acidente caracterizou-se por grande instabilidade do terreno, presença de vazios sob a edificação e elevado risco de novos escorregamentos progressivos.

O evento gerou intensa sensação de insegurança entre os moradores e a comunidade do entorno, com a percepção generalizada de possibilidade de colapso iminente do edifício, o que demandou a adoção imediata de medidas emergenciais de isolamento da área e avaliação técnica especializada.

4. CAUSAS PROVÁVEIS E CONSEQUÊNCIAS

A principal causa do acidente foi atribuída ao rompimento da antiga rede de drenagem pluvial, cuja integridade estrutural encontrava-se comprometida pelo envelhecimento dos materiais e, possivelmente, por ausência de manutenção adequada ao longo dos anos. A ruptura da tubulação resultou em um fluxo contínuo e não controlado de água para o interior do maciço de solo, agravando significativamente as condições geotécnicas locais.

O processo de saturação do solo levou à elevação da poropressão e à redução dos parâmetros de resistência, favorecendo o desencadeamento do escorregamento do talude. A inexistência ou insuficiência de sistemas complementares de drenagem profunda e superficial contribuiu para a progressão do fenômeno.

Entre as principais consequências observadas destacam-se o colapso do muro de contenção existente, a exposição e danos parciais aos elementos de fundação profunda, a perda de suporte do solo sob a edificação e o comprometimento funcional das áreas de garagem. Do ponto de vista social, o evento provocou transtornos significativos aos moradores, incluindo a interdição do edifício e o impacto psicológico associado ao risco.

5. ESTUDOS TÉCNICOS PARA CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E AVALIAÇÃO DOS RISCOS

Diante da gravidade do cenário observado após o sinistro, foram desenvolvidos estudos técnicos multidisciplinares com o objetivo de compreender o comportamento do maciço, avaliar a estabilidade da edificação e subsidiar a definição das soluções emergenciais e definitivas de engenharia. As atividades foram organizadas de forma sequencial e integrada, conforme descrito a seguir.

5.1 Vistoria técnica, levantamento de informações e busca por projetos anteriores

Como etapa inicial dos estudos técnicos, foi realizada vistoria técnica in loco, conduzida por equipe multidisciplinar de especialistas, com o objetivo de avaliar as condições estruturais da edificação, os impactos decorrentes do acidente e os danos observados, visando à atestação da viabilidade técnica de recuperação e reforço da estrutura existente.

Durante a visita técnica, foram executadas inspeções visuais detalhadas nos elementos estruturais, fundações e taludes adjacentes, bem como avaliadas as condições geotécnicas do entorno imediato. Nessa fase, também foram levantadas informações técnicas relevantes que permitiram comprovar a real situação da edificação, identificando que, apesar da gravidade do evento, a estrutura principal não apresentou comprometimentos irreversíveis, evidenciando a possibilidade técnica de reforço e recuperação.

Paralelamente à vistoria, procedeu-se à busca por projetos e registros técnicos anteriores, tendo sido obtido o projeto original de locação dos tubulões, contendo o detalhe típico das fundações, datado de 2004. Esse material serviu como base para os estudos iniciais, possibilitando a compreensão do sistema estrutural adotado à época da construção e auxiliando na identificação das causas prováveis do mecanismo de ruptura, especialmente no trecho correspondente ao término da armação dos tubulões.

A integração entre as informações obtidas em campo e a análise dos projetos existentes foi fundamental para a definição das estratégias de reforço estrutural e das soluções geotécnicas adotadas, garantindo maior segurança técnica às intervenções propostas.

5.2 Levantamento topográfico e cadastral da área

Foi realizado levantamento topográfico e cadastral detalhado da área afetada, contemplando a geometria do terreno na condição pós-sinistro, a posição da edificação, das estruturas colapsadas e das áreas com perda de material. Esse levantamento permitiu a correta representação do relevo e das descontinuidades existentes, constituindo base fundamental para a elaboração dos modelos geométricos utilizados nas análises de estabilidade dos taludes e no desenvolvimento dos projetos executivos das soluções de contenção e reforço estrutural.

5.3 Sondagem de simples reconhecimento do solo

Considerando a inexistência de registros geotécnicos da época da construção, foram executadas duas sondagens de simples reconhecimento do solo (SPT) no entorno da edificação, com o objetivo de caracterizar o perfil estratigráfico local e obter parâmetros geotécnicos preliminares. As sondagens possibilitaram a identificação das camadas de solo predominantes, a avaliação de sua consistência e resistência, bem como o reconhecimento das condições de saturação, fornecendo subsídios essenciais para as análises de estabilidade e para o dimensionamento das soluções de contenção propostas.

5.4 Análise da estabilidade dos taludes e da edificação

Com base nos dados topográficos, geotécnicos e estruturais levantados, foram realizadas análises de estabilidade dos taludes naturais e artificiais existentes, bem como da interação solo–estrutura da edificação. Essas análises consideraram diferentes cenários de carregamento e condições de drenagem, incluindo a situação crítica imediatamente após o rompimento da rede pluvial. Paralelamente, procedeu-se à avaliação da capacidade residual dos tubulões expostos, verificando-se a redistribuição de esforços e os riscos associados à continuidade do escorregamento e a um eventual desmoronamento progressivo do prédio.

5.5 Projeto de reforço dos tubulões (encamisamento)

A inspeção dos elementos de fundação revelou que, conforme o detalhe típico do projeto original, a armação dos tubulões se estendia apenas até aproximadamente 2,5 m de profundidade. Após o escorregamento, alguns tubulões ficaram expostos em trechos de até 5,0 m, sendo observadas fissuras horizontais localizadas justamente na região de transição entre o trecho armado e o não armado, caracterizando um mecanismo de ruptura por cisalhamento.

Diante desse quadro, foi desenvolvido um projeto de reforço por encamisamento integral dos trechos expostos dos tubulões, mediante instalação de nova armadura longitudinal e transversal, seguida da aplicação de concreto projetado. A solução permitiu recompor a capacidade resistente dos elementos nas regiões fissuradas e submetidas a esforços de flexão e cisalhamento decorrentes da perda de confinamento lateral do solo. A Figura 2 apresenta o detalhe típico do reforço adotado, evidenciando a disposição das armaduras e a seção final encamisada.

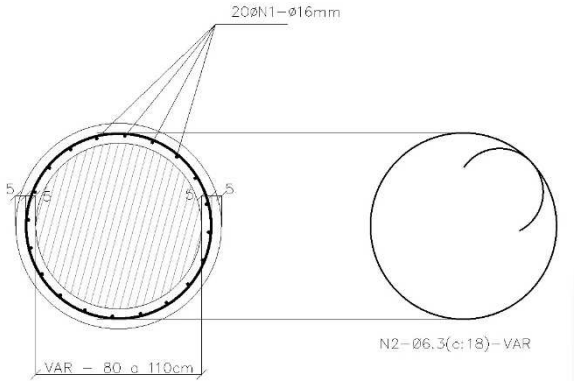


Figura 2 – Detalhe típico do reforço dos tubulões por encamisamento.

Considerando que o fuste dos tubulões permaneceu sem reaterro ao longo do trecho exposto, esse segmento passou a se comportar estruturalmente como pilares sem travamento lateral, sujeitos a esforços de flexão e cisalhamento. Em função dessa nova condição de contorno, o projeto de reforço incluiu a execução de vigas de travamento laterais interligando os tubulões entre si, com o objetivo de reduzir os comprimentos livres, promover o trabalho solidário dos elementos e conferir maior rigidez e estabilidade global ao conjunto estrutural durante e após as intervenções.

5.6 Projeto das soluções de contenção

Para a estabilização definitiva do maciço e mitigação do risco de novos escorregamentos, foram concebidas soluções de contenção compatíveis com as condições geotécnicas locais e com as restrições

impostas pela área urbana consolidada. O conjunto de soluções adotadas incluiu três painéis de cortina atirantada apoiados sobre estacas raiz (Ø 200 mm), totalizando 59 tirantes protendidos com carga de trabalho de 35 tf. Os tirantes foram dimensionados com comprimentos variando entre 8,0 m e 12,0 m, de forma a garantir a adequada ancoragem além das superfícies potenciais de ruptura identificadas nos estudos de estabilidade.

Complementarmente, foram executados painéis de solo grampeado utilizando grampos com comprimentos de 3,0 m e 6,0 m, distribuídos conforme a geometria e as condições geotécnicas dos taludes. Em trechos específicos, onde as condições de implantação exigiam estruturas de contenção rígidas, foram adotados muros de flexão em concreto armado com alturas variando até 4,0 m.

As soluções foram dimensionadas de forma integrada, considerando a estabilidade global do talude, a segurança da edificação, as cargas atuantes e as interferências com as construções vizinhas. A Figura 3 apresenta uma seção transversal típica da contenção executada, destacando os principais elementos da solução adotada.

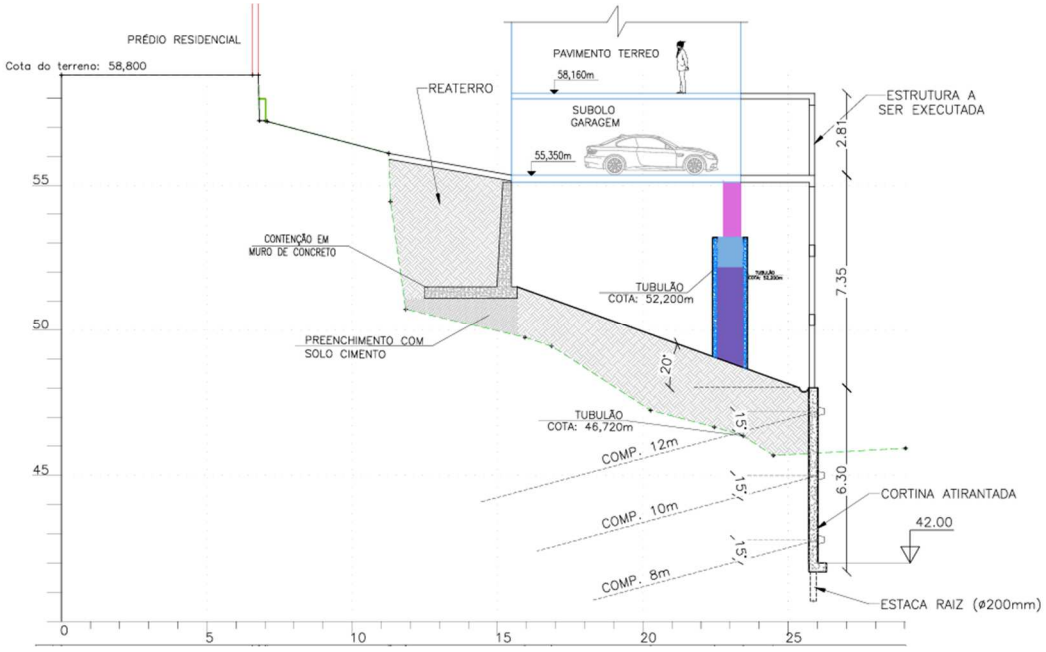


Figura 3 – Seção transversal típica da contenção executada

5.7 Plano de ataque para minimização do risco

Paralelamente ao desenvolvimento dos projetos executivos, foi elaborado um plano de ataque emergencial com foco na minimização imediata dos riscos à vida e ao patrimônio. As ações iniciais contemplaram o esvaziamento integral do prédio, a injeção de calda de cimento nos tubulões para recomposição de vazios e melhoria das condições de apoio, o escoramento provisório de trechos estratégicos e o início do encamisamento dos tubulões com armação e concreto projetado.

Durante todas as etapas da intervenção, foi realizado acompanhamento técnico contínuo da edificação, com inspeções periódicas voltadas à verificação do surgimento de fissuras, deslocamentos ou quaisquer indícios de movimentação estrutural. Esse monitoramento sistemático permitiu avaliar o comportamento da superestrutura frente às atividades executivas e às alterações progressivas das condições de apoio.

Ressalta-se que, ao longo de todo o período de obra, não foram constatados abalos estruturais, movimentações significativas ou o aparecimento de novas fissuras na edificação, evidenciando o comportamento estável da estrutura e a eficiência das medidas emergenciais adotadas.

Na sequência, procedeu-se à escavação controlada para retirada do material inservível, à execução de estacas raiz para apoio da cortina atirantada, à implantação dos sistemas de cortina atirantada, solo grampeado e muros de flexão, e, por fim, à reconstrução da garagem colapsada. Esse encadeamento de ações foi fundamental para garantir a estabilidade progressiva do conjunto durante todas as etapas da obra, reduzindo significativamente o risco de novos eventos críticos.



Figura 4 – Injeção de calda de cimento nos tubulões cisalhados.



Figura 5 – Encamisamento dos tubulões: detalhe da armação e aplicação de concreto projetado.



Figura 6 – Execução das estacas raiz como elemento de fundação da cortina atirantada e execução das soluções de contenção (cortina atirantada e solo grampeado).



Figura 7 – Vista geral da obra concluída, com o talude estabilizado e estruturas reconstruídas.

Na Figura 7 é possível visualizar a obra finalizada, destacando-se a contenção em cortina atirantada executada ao fundo da edificação, responsável pela estabilização definitiva do talude. As demais soluções de reforço estrutural e geotécnico implantadas ao longo da intervenção — tais como o encamisamento dos tubulões com vigas de travamento, estacas raiz, solo grampeado e sistemas de drenagem — encontram-se incorporadas ao maciço e não são perceptíveis na imagem, uma vez que ficaram ocultas pela reconstrução da parede da garagem, restabelecendo a funcionalidade e a segurança da edificação sem impacto visual significativo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso apresentado evidencia, de forma clara, a elevada vulnerabilidade das edificações implantadas em áreas de encosta quando associadas à existência de redes antigas de infraestrutura urbana, especialmente sistemas de drenagem pluvial sem cadastro confiável, histórico de manutenção ou monitoramento adequado. O rompimento da tubulação sob a edificação foi o fator desencadeante de um processo complexo de instabilização do maciço, cujas consequências estruturais e geotécnicas poderiam ter evoluído para um colapso catastrófico.

A inexistência de registros precisos das redes enterradas e a falta de manutenção preventiva mostraram-se elementos críticos para a ocorrência do sinistro, ressaltando a importância da gestão integrada da infraestrutura urbana, sobretudo em áreas densamente ocupadas. Esse aspecto reforça a necessidade de políticas públicas voltadas ao mapeamento, cadastramento e conservação de redes antigas, como medida essencial para mitigação de riscos geotécnicos e estruturais.

Do ponto de vista técnico, a obra proporcionou um aprendizado significativo, ao demandar a atuação integrada de diferentes disciplinas da engenharia, envolvendo geotecnia, estruturas, fundações, drenagem e execução de obras emergenciais. A concepção e execução do reforço dos tubulões por encamisamento, a utilização de estacas raiz como elementos fundação, bem como a adoção de diferentes tipologias de contenção — como cortina atirantada, solo grampeado e muros de flexão em concreto armado — demonstraram a importância de soluções combinadas e adaptadas às condições específicas do terreno e do ambiente urbano.

Destaca-se, ainda, que a robustez do sistema de fundações profundas originalmente adotado foi determinante para evitar o colapso total da edificação, permitindo a implementação das intervenções corretivas em condições controladas. A experiência adquirida neste empreendimento contribui de forma relevante para o aprimoramento das práticas de engenharia em situações de emergência, reforçando a necessidade de diagnóstico preciso, planejamento criterioso das etapas construtivas e constante avaliação dos riscos ao longo de todo o processo de intervenção.

Por fim, o caso analisado reforça que intervenções em encostas urbanas devem ser tratadas de forma sistêmica, considerando não apenas o comportamento do solo e das estruturas, mas também a infraestrutura existente e sua interação ao longo do tempo, de modo a garantir a segurança, a durabilidade das soluções adotadas e a proteção da população envolvida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2019). NBR 6122. *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2023). NBR 8044. *Projeto geotécnico - Procedimento*. Rio de Janeiro.

Gerscovich, D. M. S. (2016). *Estabilidade de Taludes*. São Paulo: Oficina de Textos.

Ortigão, J. A. R. (2007). *Introdução à Mecânica dos Solos dos Estados Críticos*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.

Schnaid, F.; Odebrecht, E. (2012). *Ensaios de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos.