

## **OBRA DE CONTENÇÃO EM ENCOSTA NA CIDADE DE CAXIAS/MA: estudo de caso**

MIKHAEL FERREIRA DA SILVA SANTOS<sup>1</sup>, JOÃO BATISTA DA SILVA JÚNIOR<sup>2</sup> e CLÁUDIO VIDRIH FERREIRA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eng. Civil, professor universitário, UNIFACEMA, Caxias-MA, contato@engmikhaelferreira.com.br;

<sup>2</sup>Graduando em engenharia civil, UNIFACEMA, Caxias-MA, jrmg.ba@gmail.com;

<sup>3</sup>Dr. em engenharia, Via Vidrih Engenharia, São Paulo - SP, vidrih@vidrih.com.br.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO:** O presente artigo científico apresenta um estudo de caso de uma obra de contenção realizada na cidade de Caxias, Maranhão, onde foi implementado a técnica de solo reforçado com geogrelhas e blocos segmentais ou blocos terre. A intervenção apresenta aproximadamente 40 metros de extensão a uma altura variável com máximo de 5,5 metros. Observa-se que para obras de contenção desta natureza, as deformações são de grande relevância e os reforços devem ser bastante rígidos para se evitar deslocamentos visíveis da face, rachaduras e surgimento de fissuras. São levados em conta alguns critérios e normas de projeto utilizados em obras deste tipo e a sua aplicação em obras de contenção com alturas elevadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** muro de contenção, geogrelha, blocos terrae, solo reforçado.

### **BACKGROUND CONTAINMENT WORK IN THE CITY OF CAXIAS / MA: a case study**

**ABSTRACT:** This scientific article presents a case study of a containment work carried out in the city of Caxias, Maranhão, where a reinforced soil technique with geogrids and segmental blocks or terre blocks was implemented. The intervention is approximately 40 meters long at a variable height with a maximum of 5.5 meters. It is observed that for containment works of this nature, the deformations are of great production and the reinforcements must be quite rigid to avoid displacements sought from the face, cracks and the appearance of cracks. They are taken into account in some criteria and design standards used in works of this type and their application in containment works with high heights.

**KEYWORDS:** retaining wall, geogrid, terrae blocks, reinforced soil.

### **INTRODUÇÃO**

Ano após ano em várias localidades, as enchentes e os deslizamentos de terra representam um desafio constante para a nossa sociedade, em especial para as pessoas de baixa renda. Os deslizamentos de terra consistem num processo de desgaste dos solos, onde as áreas com declividade sofrem a ação da força das águas das chuvas. Sem o devido planejamento, a urbanização brasileira não foi acompanhada de obras estruturais compatíveis com as características naturais e com a velocidade das transformações socioeconômicas (IBGE, 2014).

Deslizamentos induzidos em encostas ocupadas por assentamentos precários com elevada situação de vulnerabilidade é uma realidade presente nas aglomerações urbanas e metrópoles especialmente na América Latina e Ásia. A ameaça de desastres naturais nestas áreas é uma preocupação crescente com a intensificação de tempestades resultantes da dinâmica de extremos climáticos constatada atualmente no planeta associada ao crescimento populacional desordenado (SILVA JUNIOR et al., 2016).

Para tal, firmou-se, em 2013, um acordo de cooperação técnica entre IBGE e Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), a fim de desenvolver uma proposta

metodológica pautada na criação de um novo recorte espacial que auxiliará na gestão de riscos a desastres naturais. (CEMADEN, 2013).

O presente artigo científico apresenta um estudo de caso de uma obra de contenção realizada na cidade de Caxias, Maranhão, onde foi implementado a técnica de solo reforçado com geogrelhas e blocos segmentais ou blocos Terrae. A intervenção apresenta aproximadamente 40 metros de extensão a uma altura variável com máximo de 5,5 metros. Observa-se que para obras de contenção desta natureza, as deformações são de grande relevância e os reforços devem ser bastante rígidos para se evitar deslocamentos visíveis da face, rachaduras e surgimento de fissuras. São levados em conta alguns critérios e normas de projeto utilizados em obras deste tipo e a sua aplicação em obras de contenção com alturas elevadas.

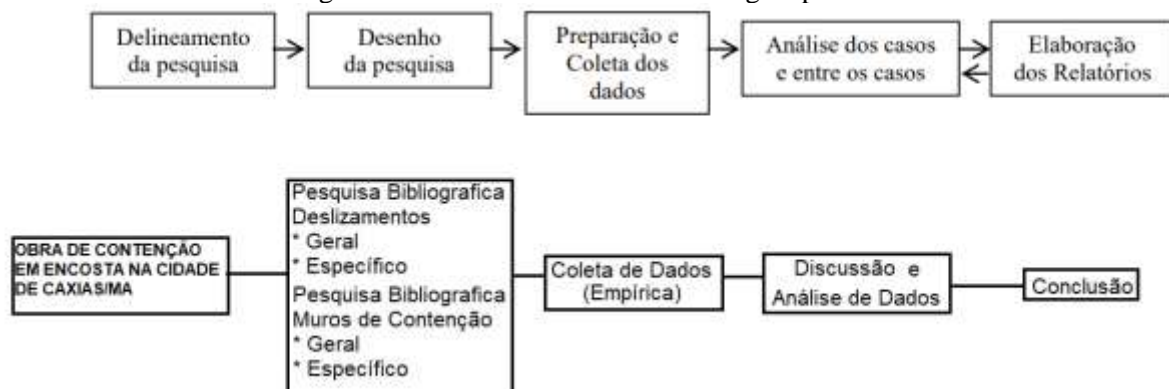
## MATERIAL E MÉTODOS

O significado de estudo de caso é um método de pesquisa que utiliza, geralmente, dados qualitativos, coletados a partir de eventos reais, com o objetivo de explicar, explorar ou descrever fenômenos atuais inseridos em seu próprio contexto. Caracteriza-se por ser um estudo detalhado e exaustivo de poucos, ou mesmo de um único objeto, fornecendo conhecimentos profundos (YIN, 2009).

Quanto ao objetivo, há três categorias básicas: exploratória, explicativa e descritiva. Pesquisas exploratórias visam compreender um fenômeno ainda pouco estudado ou aspectos específicos de uma teoria ampla (caso específico desse trabalho). Pesquisas explicativas, identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, explicando suas causas. E, finalmente, a descritiva, descrever determinada população ou fenômeno.

Todo estudo de caso deve cumprir cinco etapas: delineamento da pesquisa; desenho da pesquisa; preparação e coleta dos dados; análise dos casos e entre os casos; e elaboração dos relatórios (Figura 01).

Figura 1. Gráfico síntese da metodologia aplicada.



**Etapa 1:** o interesse sobre o tema ocorreu após a divulgação de um deslizamento de uma encosta causando o desmoronamento de uma pizzaria e a obstrução de uma via paralela a subida do morro da balaiada. **Etapa 2:** nessa fase do trabalho foram feitas pesquisas bibliográficas direcionadas para a causa do incidente (deslizamento) e a intervenção (muro terrae). Para o deslizamento fez-se pesquisa de nível geral com dados e pesquisas de caráter geral em seguida afunilou-se para nível estadual (Maranhão) e local (Caxias). **Etapa 3:** foram feitas diversas visitas ao local construtivo, onde a empreiteira responsável deu livre acesso ao local, aos dados e elementos construtivos. Com o andamento do trabalho houve um contato direto com o detentor autoral desse modelo construtivo no Brasil enriquecendo mais ainda o trabalho. **Etapa 4:** com o embasamento teórico adquirido pela pesquisa bibliográfica, dados técnicos obtidos in loco, e, contato com o detentor autoral, obteve-se conteúdo suficiente para elaborar o presente trabalho de conclusão de curso. **Etapa 5:** com a relação final de aporte de informações pesquisadas e colhidas, contatos e visitas in loco, levou a um resultado satisfatório.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A obra foi executada em uma área onde houve um deslizamento de terra que bloqueou uma via na subida de um morro, conforme figura 02.

Figura 2. Gráfico síntese da metodologia aplicada.



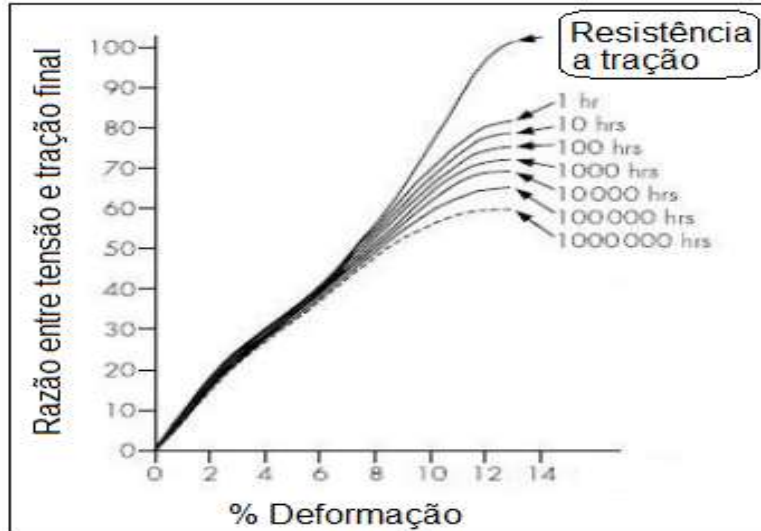
Foi construído um muro de contenção com medidas aproximadas de 40 metros de comprimentos e altura variando desde zero até 5,50 metros. O muro possui um trecho único reto. O solo usado para a construção do muro e aterramento de toda a área foi o próprio solo do local, composto basicamente por silte arenoso, conforme relatório de sondagem. Já para os cálculos do empuxo no tardo do muro levou-se em consideração os seguintes parâmetros de resistência: coesão de 5 kPa, ângulo de atrito interno de  $25^\circ$  e peso específico natural de  $19 \text{ kN/m}^3$ . Para o aterro reforçado o solo é foi utilizado areia lavada, resultando em uma compactação maior e mais controlada. O dimensionamento foi feito em três partes: (1) Verificação do equilíbrio externo; (2) Dimensionamento dos reforços na ruptura e (3) Previsão de deformações da obra nas condições de trabalho. A terceira parte utiliza conceitos de “servicibilidade”, que tem como base a norma inglesa BS 8006. Em nosso país estes conceitos ainda são pouco difundidos, mas para obras com grandes alturas são imprescindíveis, uma vez que as deformações podem prejudicar o aspecto estético e funcional das obras, independente da segurança ao colapso. A empreiteira contratada para executar a obra utilizou para o dimensionamento o Programa For Terrae (BRUGGER et. al., 2005).

O dimensionamento externo resume-se em determinar o comprimento dos reforços para que a estrutura de solo reforçado como um todo resista ao empuxo da massa de solo no seu tardo sem tombar, deslizar e com tensões verticais na base inferiores às tensões admissíveis que o solo de fundação suporta. O Programa For Terrae analisa diretamente o diagrama de esforços para diferentes ângulos do plano de ruptura que parte do pé interno do muro.

Para garantir a estática, funcionalidade e estética de muros com face em blocos segmentais é necessária a utilização de geogrelhas de alta resistência, alto módulo e baixa fluidez. Geralmente essas análises são realizadas em termos de deformações específicas ou alongamentos máximos nas fases de compactação, e, fase final de construção a longo prazo. Para tanto é necessário que se conheçam as curvas tensão de deformação das geogrelhas para curto e longo prazo. A figura 3 apresenta as curvas tensão-deformação normalizadas pela resistência última para geogrelhas Fortrac de poliéster para diferentes tempos.

Toda obra de engenharia deve atender a critérios de funcionalidade e estética, além da certeza de uma segurança adequada ao colapso. Assim como no concreto armado e nas estruturas metálicas, onde são verificadas as deformações e aberturas de trincas após o dimensionamento no estado limite. Na geotecnia, e particularmente no dimensionamento de muros de contenção, o conceito definido como “servicibilidade” (do inglês serviceability) é pouco utilizado, fazendo com que muitas vezes a execução de obras atendam parcialmente os requisitos do projeto.

Figura 3. Gráfico síntese da metodologia aplicada.



Fonte: HUESKER (2020).

Abrangentemente são recomendados os seguintes critérios: A energia de compactação deve ser alta, de modo a veicular o maior volume das tensões (e das deformações). O aditivo no alongamento específico máximo entre o final da compactação e o final da construção deve ser menor do que 5%. O adicional no alongamento específico máximo entre o final da construção e a longo prazo deve ser menor do que 1% (a norma inglesa BS 8006 recomenda 1% para muros em geral e 0,5% para muros portantes de pontes e viadutos).

A partir dos resultados apresentados na tabela de deformações é detalhada na figura de seção transversal do muro a distribuição dos reforços, camadas drenantes na base, no tardo dos reforços e junto à face em blocos segmentais, conforme figura 4 e figura 5.

Figura 4. Seção transversal da solução adotada.

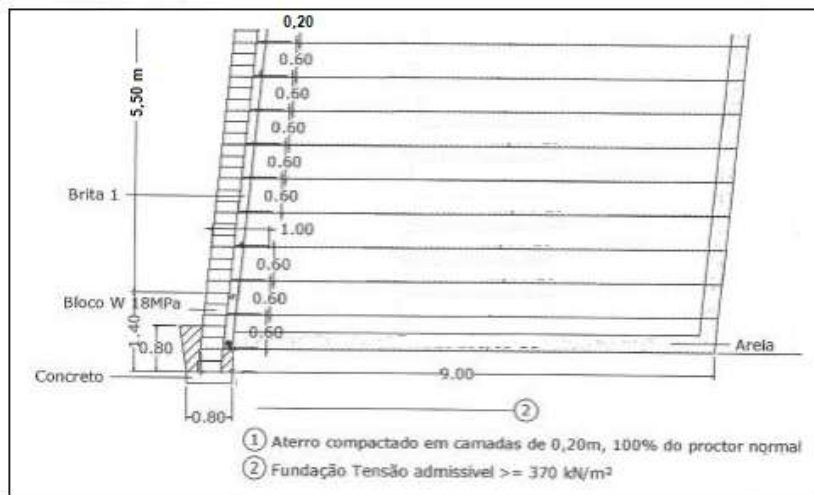
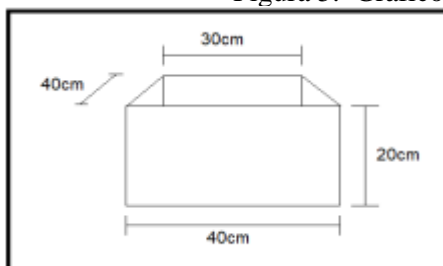


Figura 5. Gráfico síntese da metodologia aplicada.



## CONCLUSÃO

Os resultados da obra em si e das análises, demonstram que: a utilização de geogrelhas de alta resistência, alto módulo e baixa fluência, aliadas a uma compactação bem feita resultou em um muro pouco deformável, que atendem aos requisitos de aspecto estético e funcionalidade, além da segurança ao colapso.

Mencionando-se o conceito de servicibilidade enfatizado neste trabalho, tem que se destacar a relevância de sua consideração em projetos de estruturas de contenção (bem como de outras estruturas geotécnicas), em casos particulares para muros de grande altura.

## REFERÊNCIAS

- BRUGGER, P. J.; SILVA, A. E.; RODRIGUES, V. J.; SARAMAGO, R. P. Muro em Solo Reforçado com Geogrelhas e Blocos Segmentares – Um Caso de Obra com Altura de 13,50 metros. Salvador BA, 2005.
- CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEM. Sistema de Alertas e Visualização de Áreas de Risco – SALVAR. Disponível em: < <https://www.cemaden.gov.br/sistema-de-alertas-e-visualizacao-de-areas-de-risco-salvar/> >. Acesso: 28/02/19; 14h05.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Informações Ambientais. Disponível em: < [https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/geomorfologia/mapas/unidades\\_da\\_federacao/m\\_a\\_geomorfologia.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/unidades_da_federacao/m_a_geomorfologia.pdf) > Acesso: 23/03/2019; 15h46.
- \_\_\_\_\_. População em áreas de risco no Brasil. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/21538-populacao-em-areas-de-risco-no-brasil.html?=&t=o-que-e/> > Acesso: 28/02/19; 14h04.
- SILVA JUNIOR, C. H. L.; BEZERRA, D. DA S.; ANDERSON, L. O.; ANDRADE, M. R. M. DE; PEREIRA, D. C. A.; BEZERRA, V. L. A. R.; SILVA, F. B.; ARAGÃO, L. E. O. E C. DE. Zoneamento de susceptibilidade a deslizamentos induzidos em bacias hidrográficas com base na lógica fuzzy e no processo analítico hierárquico (AHP). Revista Brasileira de Cartografia, v. 68, n. 9, 17 out. 2016.
- Yin, R.K. Case study research, design and methods (applied social research methods). Thousand Oaks. California: Sage Publications, 2009.