

SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA MELHOR CUSTO BENEFÍCIO DE CONTENÇÕES EM OBRA RESIDENCIAL EM JOINVILLE/SC.

VANDERWEGEN, Giovanna Marcella ¹
CAMPOS, Jamili ²
CAMPOS, Prof. Guilherme de Luca³

RESUMO

O presente estudo apresenta uma análise comparativa de custos de contenção em muro de arrimo do tipo gabião e concreto à gravidade, para execução de uma obra residencial com presença de solo mole e movimentações de terra. O objetivo foi compreender qual melhor custo benefício relacionado à execução dos dois tipos de muro citados. Para tal fez-se necessária ampla pesquisa bibliográfica, realização do dimensionamento dos muros com a determinação do fator de segurança mínimo, utilizando o software GEO5 e por fim, a realização do levantamento de quantitativos para elaboração dos custos finais em cada um dos casos, com base no Sinapi. Perante a análise dos resultados obtidos o muro de concreto à gravidade apresentou menor custo e outras vantagens como, menor geometria e menor ângulo do talude.

Palavras-chave: Estabilidade de taludes; muro de contenção; custos.

1 INTRODUÇÃO

O rápido crescimento urbano tem influenciado na ocupação e execução de obras em áreas de risco com solos instáveis. Em períodos chuvosos com elevado índice pluviométrico, as encostas ficam mais suscetíveis a escorregamentos devido ao excesso de poropressão que reduz a resistência do solo ao cisalhamento.

Assim, a instabilidade das encostas se torna um problema de grande proporção a ser resolvido pela construção civil, pois o deslocamento de taludes causam acidentes catastróficos, com grandes perdas econômicas e até fatais. Tendo em vista

¹Jamili Campos Graduanda do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, jamilicampos16@hotmail.com; ²Giovanna Marcella Vanderwegen Graduanda do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, vanderwegeng@gmail.com; ³Professor orientador: Guilherme de Luca Campos, Centro Universitário UNISOCIESC, ecti.engenharia@gmail.com; ³Professor coorientador: Msc. Michela Steluti Poleti Faria,, Centro Universitário UNISOCIESC, michela.steluti@unisociesc.com.br;

este problema, se faz importante o estudo da estabilidade e técnicas de contenção de terra, a fim de obter soluções estruturais que melhor se adequam, garantindo qualidade de vida e segurança à população.

Dentre as soluções técnicas disponíveis, os muros de arrimo têm como princípio a estabilização destas superfícies inclinadas, mantendo-as em equilíbrio, para que não ocorram danos à edificação ocasionados por movimentos indevidos no terreno. Um muro de arrimo pode ser executado por meio de diversos sistemas construtivos, como em concreto, tanto armado quanto simples, alvenaria estrutural, ou com elementos especiais. Existem ainda diferentes tipos de muros de arrimo, destacando-se os de gravidade, com tirantes, sem tirantes e flexão (PIAZZA, 2018).

No entanto, a de se destacar que a construção de um muro de arrimo demanda um alto custo financeiro pesando no orçamento da obra, em alguns casos esse custo pode ser superior ao da própria edificação, principalmente em casos de obras residenciais unifamiliares. Alves (2011) afirma que em grande parte das situações o dimensionamento é feito de maneira empírica, o que pode ocasionar um sub ou superdimensionamento, elevando demasiadamente o custo final da obra ou não atingindo a segurança desejada. Diante disso, ressalta-se a importância de se desenvolver um projeto considerando diferentes opções de estruturas de contenção de forma a atender a segurança necessária ao empreendimento com os menores custos envolvidos.

Sendo assim, este estudo tem como objetivo geral analisar as soluções técnicas para execução de um muro de arrimo para uma edificação residencial unifamiliar, com propósito de garantir o melhor custo benefício. Deste modo, foram definidos os seguintes objetivos específicos: analisar características e parâmetros do solo através de ensaios de laboratório e de campo; avaliar a necessidade de contenção de talude através da análise da estabilidade natural; adotar e dimensionar duas opções construtivas para muro de contenção; analisar o dimensionamento da estrutura e realizar o levantamento de quantitativos de materiais e serviços; apontar qual das contenções estudadas é a mais viável através comparativos técnicos e financeiros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica apropriada para orientação do estudo de estabilidade de talude, causas de instabilidade, movimentos de massas, métodos de análise e muros de arrimo.

2.1 CONTENÇÃO DE TALUDES

Define-se talude como uma superfície íngreme que determina um maciço de terra, de rocha ou de ambos. A definição de talude como a inclinação de uma superfície de terra, natural, de aterro ou construído, que pode ser representada através de um ângulo de inclinação, uma relação de proporção entre a distância vertical e horizontal ou em porcentagem (NEIS e SILVA, 2018).

O ângulo de uma talude natural, é o maior ângulo de inclinação de um tipo de solo aparente ao tempo, arranjado sem ruptura do maciço. Nos solos não coesivos, esse ângulo se concilia com o ângulo de atrito interno, já nas argilas pode ser verticalizado, por conta da elevada coesão, porém as fissuras causadas graças a retração por molhagem e secagem liberam a entrada de água no interior do talude, o que causa sua instabilidade (TAVARES, 2019).

A contenção é estrutura destinada a contrapor-se a empuxos ou tensões geradas em maciço cuja condição de equilíbrio foi alterada por algum tipo de escavação, corte ou aterro. A contenção é feita pela introdução de uma estrutura ou de elementos estruturais compostos que apresentam rigidez distinta daquela do terreno que conterà (CIDRAL, 2018).

Conforme Teixeira (2011) em situações onde o resultado obtido pela avaliação de estabilidade de um talude resulta valores inferiores ao fator de segurança exigido pela norma, ou em quando a mudança de geometria ou processo de drenagem não for suficiente para garantir tal estabilidade, devem-se prever estruturas de intervenções no maciço.

Queiroz (2009) caracteriza as estruturas de contenções em:

- Estruturas de contenção: muros de arrimos;
- Estruturas de contenção flexíveis: os gabiões;

- Estruturas de contenção em solo reforçado: muros e taludes reforçados;
- Estruturas atirantadas: solos grampeados e cordinhas atirantadas, entre outros.

No processo de elaboração de projetos e escolha do tipo de contenção para taludes, deve-se analisar bem cada caso e lembrando-se que cada situação é única, assim escolha de uma solução deve estar fundamentada em estudos minuciosos, que levem em consideração as características do meio físico e os processos de estabilização envolvidos (DUTRA, 2013).

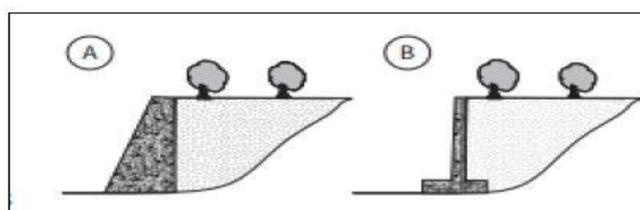
Esta pesquisa tem como foco o estudo de muros de arrimo.

2.2 MURO DE ARRIMO

Muros de arrimo são um dos tipos de estruturas de contenção, tratam-se de paredes verticais ou quase verticais apoiadas em uma fundação rasa ou profunda, a depender das demandas de projeto. A contenção do terrapleno ocorre, geralmente, por meio do peso próprio da estrutura (GERSCOVICH, DANZIGER e SARAMAGO, 2016).

Pinheiro (2018) explica que os muros podem se constituir em seção plana, chamados de muros de peso ou gravidade (Figura 1a), ou ainda, quando em seções mais esbeltas, são chamados de muros a flexão (Figura 1b).

Figura 1: Muros de arrimo (a) por gravidade (b) flexão



Fonte: Gerscovich, Danziger e Saramago (2016)

Este estudo visa analisar os muros por gravidade. Os muros de gravidade são estruturas corridas que se opõem aos empuxos horizontais impostos a ele através de seu próprio peso. Frequentemente utilizado para conter desníveis pequenos ou médios, alturas inferiores a 5 metros. Os muros de gravidade podem ser executados

com alvenaria de pedras, gabião, concreto armado, entre outros, nesta pesquisa serão estudados os muros de gravidade tipo gabião e concreto armado (SILVA, 2018).

2.2.1 Muro de gabião

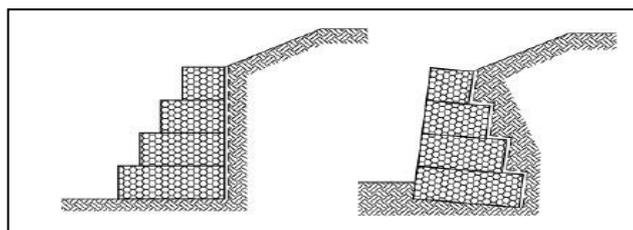
O muro em gabião representa o sistema mais tradicional dentre as estruturas de contenção, trabalhando por gravidade a fim de conter encostas (MARAGON e AMARAL, 2017).

Moliterno (1994, p. 174), explica em detalhes sobre muro de gabião:

Trata-se de um cestão de arame zincado à fogo, ou mesmo arame revestido com PVC. O cestão é cheio de pedra de mão ou seixos rolados de grande diâmetro. O empilhamento de várias cestas forma um maciço em condições de resistir esforços horizontais, devido ao seu elevado peso próprio que se consegue com o empilhamento adequado ao problema.

Maragon e Amaral (2017) são executados com fios de aço galvanizado em malha hexagonal de dupla torção formando gaiolas, são preenchidas com pedras arrumadas manualmente dentro da caixa. Essas gaiolas podem ser executadas em distintas dimensões, mais comumente com medida de 2 metros na horizontal por 1 metro de altura unido entre si por meio de costuras com arames galvanizados formando um só bloco, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Muro de gabião



Fonte: Barros, 2009 apud Soares (2017)

Barros (2009 apud Soares, 2017) explica que a estrutura de um muro de gabião deve, em uso, atender as seguintes características técnicas: Estrutura monolítica; Resistente; Duráveis; Armadas; Flexíveis; Permeáveis.

Monolítica pois ambas as gaiolas, preenchidas com pedras devem ser unidas a fim de formar um bloco homogêneo, garantindo alta resistência em qualquer ponto da estrutura. Resistente pois as malhas galvanizadas hexagonal de dupla torção

devem resistir ao desfiamento da tela em ocorrência de rupturas em pontos de amarração. Duráveis, uma vez que os arames devem receber um revestimento especial a fim de prevenir a ação da corrosão, assegurando que a deterioração da estrutura ocorra de maneira lenta, assegurando vida útil de 50 anos (SOARES, 2017).

Armadas, pois as estruturas metálicas além de conter as pedras, atuam a fim de distribuir as forças de tração e resistir aos recalques localizados que não tiverem sido previstos em cálculos. Flexíveis, ou seja, a estrutura deve resistir às deformações e acomodações sem perderem a estabilidade e eficiência. Essa flexibilidade permite ainda que a estrutura se deforma, de maneira elástica em excesso antes de uma possível ruptura, permitindo assim a realização de reparos, evitando acidentes e gastos excessivos. Permeáveis já que a maior causa de instabilidade de muros está relacionada a má execução de sistemas de drenagem. Entre as pedras de um muro de gabião existem vazios, permitindo serem permeáveis e autodrenantes, reduzindo o empuxo hidrostático no muro (PIAZZA, 2018).

Maragon e Amaral (2017) destacam que o muro em gabião é um sistema de fácil execução e de mão de obra barata. Os materiais e insumos aplicados são de fácil acesso. Além disso, uma das vantagens do sistema é a versatilidade para alterações no projeto, que podem ser feitas durante a execução no próprio local, retirando ou adicionando os materiais da estrutura original. A Quadro 1 apresenta as dimensões padrões.

Quadro 1: Dimensões mais usadas em muros de gabião

Gabião caixa com diafragma				
Comprimento (m)	Dimensões padrão		Volume (m³)	Diafragmas
	Largura (m)	Altura (m)		
1,50	1,0	0,50	0,75	-
2,0	1,0	0,50	1,0	1
3,0	1,0	0,50	1,50	2
4,0	1,0	0,50	2,0	3
1,50	1,0	1,0	1,50	-
2,0	1,0	1,0	2,0	1
3,0	1,0	1,0	3,0	2
4,0	1,0	1,0	4,0	3

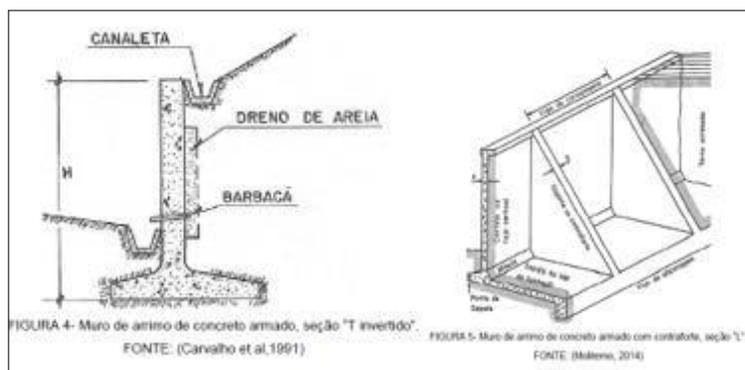
Fonte: Barros (2009)

2.2.2 Muro de arrimo de concreto armado

Os muros de arrimo de concreto armado são estruturas esbeltas, com seção transversal em forma de “L” (Figura 3a) ou “T invertido” (Figura 3b), que devem resistir

a empuxos por flexão. Podem ser ancorados com contrafortes, tirantes e chumbadores. Estas soluções de projeto são adotadas para manter a estabilidade do conjunto contra o tombamento. Este tipo de estrutura de contenção se torna antieconômica, para alturas superiores a 7 metros, e para solos com capacidade de carga inferiores a 2 kgf/cm^2 (BONISSONI, 2017).

Figura 3: Muro de concreto armado (a) em T (b) em L



Fonte: Carvalho et al. (2011) e Moliterno (2014)

Castro e Serpa (2019) explica que a laje da base do muro em sapata corrida deve ser executada com largura, em média, entre 50% e 60% da altura da estrutura do muro, a fim de assegurar o equilíbrio estático do sistema.

Os muros de arrimo têm função de conter o solo, então sobre estes há um esforço atuante. O empuxo de terra pode ser definido como a ação produzida pelo maciço sobre as estruturas que estão em contato com o mesmo (CAPUTO, 1987).

A teoria de Rankine baseia-se na equação de ruptura de Mohr (Equação 1) e analisa o interior de uma determinada massa de solo. Esta massa é considerada um semi espaço infinito, sendo apenas limitada pela superfície do solo e ainda, sem sobrecargas. Nesta situação existem duas tensões principais: uma vertical ($\sigma_1 = \sigma_v$) e outra horizontal ($\sigma_3 = \sigma_4$), sendo o valor da tensão principal vertical dado pelo peso próprio do solo, conforme Figura 4 (CAPUTO, 1987).

$$\sigma_1 = \sigma_3 \cdot N_\varphi + 2 \cdot C \sqrt{N_\varphi} \quad (1)$$

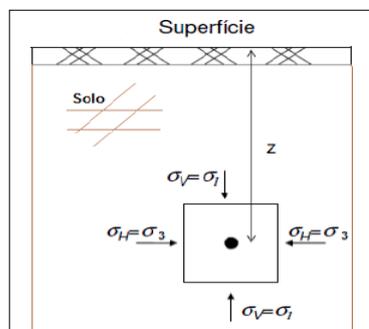
Onde:

$$N_\varphi = \text{tg}^2(45 + \varphi/2)$$

φ = ângulo de atrito interno;

C = coesão.

Figura 4: Tensões principais



Fonte: Cardoso (2010)

Gerscovich (2010) comenta que a teoria de Rankine considera estados limites plásticos, a partir do deslocamento de uma parede. Dessa maneira, surgem infinitos planos de ruptura e, conseqüentemente, ocorre a plastificação de todo o maciço. Ademais, o autor resume as hipóteses assumidas no método de Rankine da seguinte maneira: Solo em estado de equilíbrio plástico; Solo isotrópico e homogêneo; Superfície do terreno plana; Muro perfeitamente liso (não considera o atrito solo-muro); A parede da estrutura em contato com o solo é vertical; A ruptura ocorre simultaneamente em todos os pontos do maciço; A ruptura ocorre sob o estado plano de deformação.

A partir da Equação 1, e considerando dois casos de deslocamento (afastamento da parede e deslocamento da parede de encontro ao maciço), Gerscovich (2010) explica as condições ativa e passiva do solo. Na hipótese do afastamento da parede, ocorrerá um decréscimo de σ_h e σ_v permanece inalterado. No entanto, as tensões verticais e horizontais permanecem sendo as tensões principais, máxima e mínima, respectivamente. Quando este processo atinge o ponto limite (a σ_h não reduz o valor independentemente do deslocamento da parede), o solo terá alcançado a condição ativa de equilíbrio plástico. Neste dado instante a razão entre a tensão efetiva horizontal e a tensão efetiva vertical resulta no coeficiente de empuxo ativo (K_a).

Já para o deslocamento da parede de encontro ao maciço, Gerscovich (2010) esclarece que acontecerá um acréscimo de σ_h e σ_v , e não sofre alteração. Com a seqüência do movimento, a tensão aumentará o seu valor até que a razão σ_h/σ_v

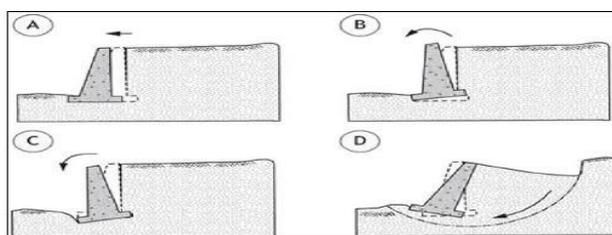
alcança o limite superior e posteriormente a ruptura. Neste momento o solo terá atingido a condição passiva de equilíbrio plástico, e a razão σ_h/σ_v é representada pelo coeficiente de empuxo passivo (K_p).

2.2.3 Condições de segurança em muros de arrimo

Dentre os tipos, os muros de arrimo por gravidade podem ter perfil retangular, trapezoidal e escalonado, sendo o retangular o mais econômico, conforme defende Pinheiro (2018).

Conforme Pinheiro (2018) devem ser verificadas as condições de estabilidade (Figura 5) de um muro de arrimo a fim de verificar os fatores mínimos de segurança (Quadro 2), quanto ao deslizamento da base, ao tombamento, a estabilidade global e a capacidade de carga.

Figura 5: Estabilidade do muro de arrimo (a) deslizamento (b) tombamento (c) capacidade de carga (d) estabilidade global



Fonte: Gerscovich, Danziger e Saramago (2016)

Quadro 2: Fatores mínimos de segurança

Verificação da segurança	Fator de segurança mínimo
Tombamento	2,0
Deslizamento da base	1,5
Capacidade de carga da fundação	3,0
Nota: Na verificação da capacidade de carga da fundação podem ser alternativamente utilizados os critérios preconizados pela ABNT NBR 6122.	

Fonte: NBR 11682 (2009)

Gerscovich (2016) complementa que além dos fatos de segurança estabelecidos pela NBR 11682 (2009), pode ser adotado o valor de 1,5, sendo valor de referência para obras permanentes, utilizando-se, para sua determinação, de qualquer um dos métodos de cálculo para estabilização de taludes disponíveis,

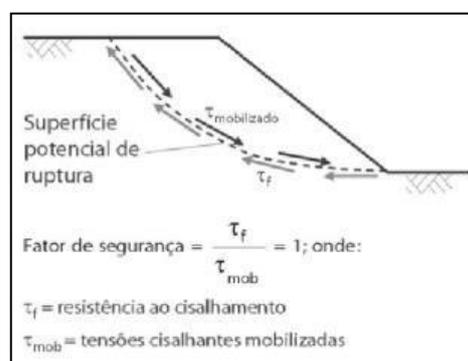
considerando o muro como um corpo rígido que se desloca junto com a massa de solo.

2.3 MOVIMENTOS DE MASSAS

O movimento de massa é definido pela ação da gravidade associada aos efeitos da variação de temperatura e umidade que ocorrem em taludes e encostas. A maioria das classificações tem aplicabilidade regional e baseia-se nas condições geológicas e climáticas locais. As principais características desses movimentos constam no Anexo A e os mecanismos deflagradores da ruptura no Anexo B (GERSCOVICH, 2016).

Além desses fatores, a condição de fator de segurança (FS) igual a 1 pode ser atingida caso haja aumento das tensões cisalhantes mobilizantes ou a redução da resistência ao cisalhamento do solo, conforme Figura 6 (GERSCOVICH, 2016).

Figura 6 - Condição de ruptura por escorregamento



fonte: Gerscovich (2016)

2.4 ANÁLISE ESTABILIDADE DE TALUDES

As análises de estabilidade de taludes são realizadas com base na geometria do problema, na inclusão de possíveis carregamentos externos, no conhecimento das propriedades geomecânicas dos materiais e nos padrões de fluxo, condições hidrológicas e identificação de possíveis rupturas e movimentações prévias (GERSCOVICH, 2016).

O objetivo da análise de estabilidade é avaliar a possibilidade de ocorrência de escorregamento de massa do solo presente em talude natural ou construído.

- Métodos probabilísticos: análise quantitativa expressa sob a forma de uma probabilidade ou risco de ruptura;
- Métodos determinísticos: análise quantitativa expressa sob a forma de um coeficiente ou fator de segurança (FS) (Equação).

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_{mob}} \left\{ \begin{array}{l} > 1 \rightarrow \text{obra estável} \\ = 1 \rightarrow \text{ocorre ruptura} \\ < 1 \text{ não tem significado físico} \end{array} \right.$$

(2)

2.5 FATOR DE SEGURANÇA

A norma NBR 11682 (ABNT, 2009) determina que é necessário avaliar os riscos existentes e deve-se delimitar o projeto em uma classificação de Nível de Segurança, que é definida de acordo com os riscos de pernas humanas e perdas materiais (Quadro 3). Essa qualificação não deve apenas levar em consideração as condições atuais do talude, como também o uso futuro dessa área, preservando-se o talude contra cortes na base, desmatamento, sobrecargas e infiltração excessiva (GERSCOVICH, 2016).

Quadro 3: Valores típicos de Fator de segurança pela NBR 11682

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais \ Nível de segurança contra danos a vidas humanas	Alto	Médio	Baixo
	Alto	1,5	1,5
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Fonte: ABNT (2009)

A estrutura será considerada segura somente quando puder suportar as ações a elas solicitadas durante sua vida útil, sem ser impedida de desempenhar as funções para as quais foi concebida. Através da análise se faz possível definir a geometria mais adequada ou mais econômica para garantir a segurança, decorrente de solicitações naturais ou da ação do homem (FIAMONCINI, 2009).

Silva (2018) explica que existem variadas técnicas para estabilização de taludes, as mais comuns são: diminuição da inclinação do talude, drenagem superficial e/ou profunda ou execução de elementos estruturais de contenção.

Para um comportamento satisfatório de uma estrutura de contenção, é fundamental a utilização de sistemas eficientes de drenagem, que devem captar e conduzir as águas que incidem na superfície do talude, considerando-se não só a área da região estudada como toda a bacia de captação (BONISSONI, 2017).

2.6 ORÇAMENTAÇÃO

Orçamento é o produto. Orçamentação é o processo de determinação de tal produto, consiste em um exercício de previsão que envolve diversas atividades, como identificar, descrever, valorizar e quantificar uma infinidade de itens (MATTOS, 2006). O produto orçamento é o que permite verificar a viabilidade de um empreendimento através da determinação de seu custo (AVILA; LIBRELOTTO; LOPES, 2003).

Mesmo que executado um bom orçamento este continua sendo uma previsão, visto que determinar o custo exato de um empreendimento se torna algo inexecutável, devido a fatores improváveis como, condições climáticas, ausência de mão de obra/trabalhador, entre outras. Devem ser levado em consideração da mesma forma, o planejamento da obra, dimensionamento de equipes, cronogramas, análise de viabilidade da construção (MATTOS, 2006).

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia aplicada neste estudo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa pode ser caracterizada como exploratória, por meio de consultas feitas em documentos científicos publicados nas plataformas Scielo e Google Acadêmico relacionados ao tema. Além de estudo de caso por meio de coleta de informações *in loco* e qualitativa através de levantamento dados e análises que concederam embasamento para elaboração de soluções aplicáveis.

3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

O terreno analisado está localizado no município de Joinville, no Norte do estado de Santa Catarina, região Sul do Brasil, conforme Figura 7. O endereço do local a ser analisado encontra-se na rua Rua Rubens Francisco Guimarães Diniz, s/n, no bairro Santa Catarina ao Sul do município.

Figura 7: Delimitação do terreno a ser estudado



Fonte: Adaptado pelas Autoras de Google Earth (2021)

O terreno foi adquirido em função da boa localização e altura elevada em relação ao nível da rua, contudo não foi averiguado antecipadamente o tipo de solo presente. No projeto arquitetônico (Anexo C) foi utilizado a melhor taxa de ocupação possível dentro das leis municipais, conforme Figura 8. No entanto, para execução desta obra se fez necessário a elaboração de projetos de terraplanagem e muro de contenção (Anexo D).

Figura 8: Imagens 3D do Projeto Arquitetônico - vista (a) e (b)



Fonte: Benghi Arquitetura (2021)

Em função da qualificação do solo, presença de talude com sobrecarga permanente, movimentação de terra e custos acentuados com muros de arrimo como parte da estrutura da casa, a Figura 9 ilustra o talude escolhido para análise de verificação de estabilidade natural e diretriz de contenção sugerida.

Figura 9: Imagem do talude a ser estudado

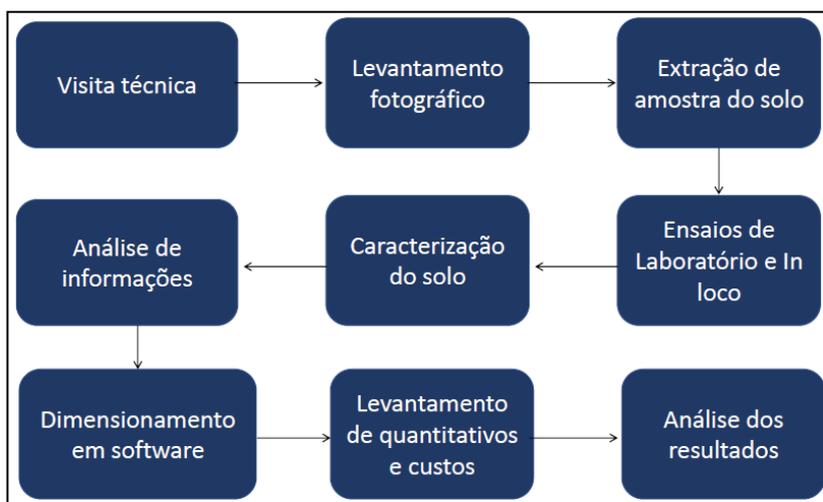


Fonte: Adaptado pelas Autoras de Google Maps (2021)

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Para o desenvolvimento deste estudo foi preciso realizar algumas etapas durante a pesquisa indicado no Fluxograma, conforme Figura 10.

Figura 10: Fluxograma das etapas de pesquisa



Fonte: As Autoras (2021)

Foi realizada uma visita técnica para analisar as características e particularidades do terreno, com levantamento fotográfico e execução do ensaio de sondagem à percussão (SPT). Este ensaio tem como objetivo classificar o tipo de solo por camada, determinar a altura do lençol freático, consistência e resistência do solo conforme ingressão do equipamento, afim de recolher informações para análises de dimensionamentos e capacidade de carga da estrutura.

Após o relatório de sondagem, decorrente das características frágeis e de baixa resistência do solo, houve preocupação do órgão responsável, SAMA - Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Joinville, que solicitou um ensaio de cisalhamento direto para informações mais precisas, como ângulo de atrito interno,

coesão e comportamento do solo através de esforços cisalhantes, afim de obter o fator de segurança do talude, do qual foi realizado pela empresa Geoforma.

A escolha quanto ao tipo de muro de arrimo para análise deste estudo, gabião e concreto, foi definido por atender as características do projeto arquitetônico. Os dois métodos construtivos agregam valores ao projeto, atendem ao limite de área para execução e ao objetivo de contenção.

Com todas as informações compiladas foi averiguado os *softwares* existentes, optando-se pela utilização do Geo 5 com ênfase nos programas de estabilidade de taludes, muro de gabião e muro de gravidade. Após a determinação da geometria a verificação de estabilidade, foi dado sequência ao levantamento de custos e comparativos. O orçamento foi embasado na composição de custos da tabela SINAPI/SC - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, do período de junho de 2021.

O software Geo 5 foi projetado para lidar com a maioria dos problemas geotécnicos, desde os básicos como verificação de fundações, muros, estabilidade de taludes, até os mais primoros como projeto de túneis, verificação de danos devido a escavação de túneis e a estabilidade de talude rochosos. Os cálculos utilizados nos programas são aplicáveis em todo o mundo decorrente da introdução de normas e fatores inclusos, da mesma forma que é possível inserir configurações próprias. Gera um relatório de saída de dados claro e eficiente que pode ser ajustado de acordo coma necessidade do usuário.

Neste estudo, foi verificado que o software Geo 5 permite realizar as verificações de estabilidade de taludes por diversos métodos (Bishop, Fellenius/Petterson, Spencer, Janbu e Morgenstern- Price) de forma simultânea e com três formas de análise: padrão, otimização e grelha. Os programas de dimensionamento de contenções possuem configurações associadas às normas brasileiras, análises de empuxo de terra por método de Coulomb e metodologia de verificação por fator de segurança.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apontados os resultados obtidos através deste estudo, sendo: parâmetros geotécnicos, determinação do perfil do talude, verificação de estabilidade e orientação técnica para contenção do talude.

4.1 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

Com o intuito da análise de estabilidade de talude, foram realizados dois ensaios para indicar as características e os parâmetros do solo, a fim de obter segurança no dimensionamento. O relatório de sondagem SPT cedido pela empresa João A. Günther Jr (Anexo E), detalhado na Tabela 1.

Tabela 1: Camadas de solo - Relatório de Sondagem

Furo	Camada	Tipo de solo	Profundidade (m)	Espessura (m)	Nspt Médio	Consistência	Compacidade	N.A
1	1°	Argila arenosa, roxa, mole	1,00 a 3,00	2,00	4	Mole		5,80
	2°	Argila arenossiltosa, roxa, de muito mole a média	3,00 a 15,60	12,60	2	Muito mole		
	3°	Silte arenoso, Marrom, de medianamente compacto a compacto	15,60 a 20,45	4,85	18		Compacto	
2	1°	Argila arenosa, roxa, mole	0 a 5,00	5,00	4	Mole		6,00
	2°	Silte arenoso, de mole a médio	5,00 a 9,75	4,75	4	Mole		
	3°	Argila arenossiltosa, Amarelo, de mole a rija	9,75 a 15,83	6,08	12	Média		
	4°	Silte arenoso, Marrom, de medianamente compacto a compacto	15,83 a 20,45	4,62	39		Compacto	

fonte: As autoras (2021)

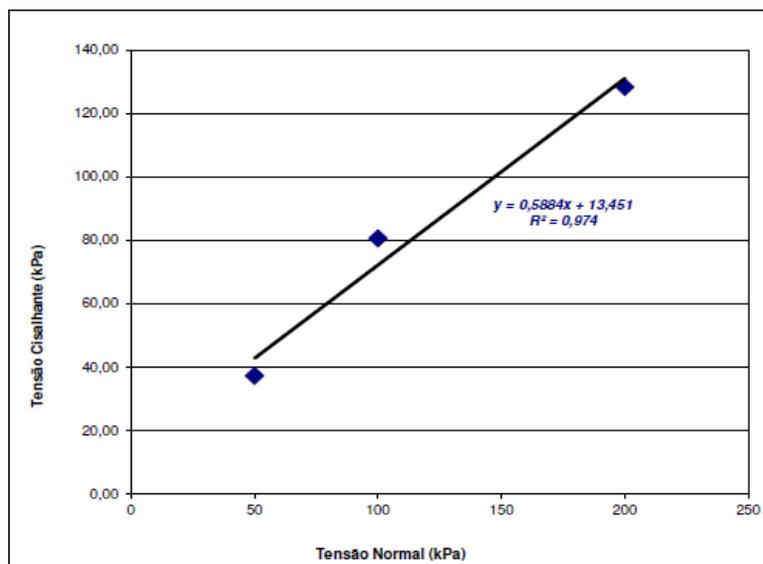
Conforme a Tabela 1, o relatório indicou a predominância de solos argilosos e siltosos de consistência mole nas camadas superficiais até uma profundidade de 10 metros aproximadamente, a presença de compacidade e resistência foram ampliadas no decorrer do ensaio até atingir a cota limite de 20,45 metros.

O ensaio de cisalhamento direto foi executado pela Empresa Geofoma e desempenhado conforme a norma ASTM D 3080/98 e regulamentada pela NBR 11682:2009 em seu anexo D. As tensões aplicadas no ensaio foram 50 kPa, 100 kPa e 200 kPa e o processo teve uma velocidade média de 0,0149 mm/min que resultou em uma envoltória linear para obtenção dos parâmetros esperados, citados na Figura 11

- Ângulo de atrito: $\Phi = 30,47$ graus.
- Peso específico: $\gamma = 17,57$ kN/m³;
- Coesão: $c = 13,45$ kPa

O relatório do ensaio apresentou através de gráficos o adensamento do solo em relação ao tempo em minutos, a ação da tensão cisalhante pelo deslocamento horizontal em milímetros e o seu deslocamento vertical em relação ao vertical, que representou um solo com variação volumétrica de comportamento fofo e compressível, relatado no Anexo F.

Figura 11 : Gráfico de Tensão Cisalhante x Tensão Normal (kPa)



Fonte: Geofirma Engenharia (2021)

4.2 FATOR DE SEGURANÇA

O fator de segurança foi definido conforme Quadro 3 como alto contra danos a vidas humanas e médio contra danos materiais e ambientais devido a proximidade da imóvel e o talude de corte. Sendo assim, determinado um fator de segurança de 1,50 para este estudo.

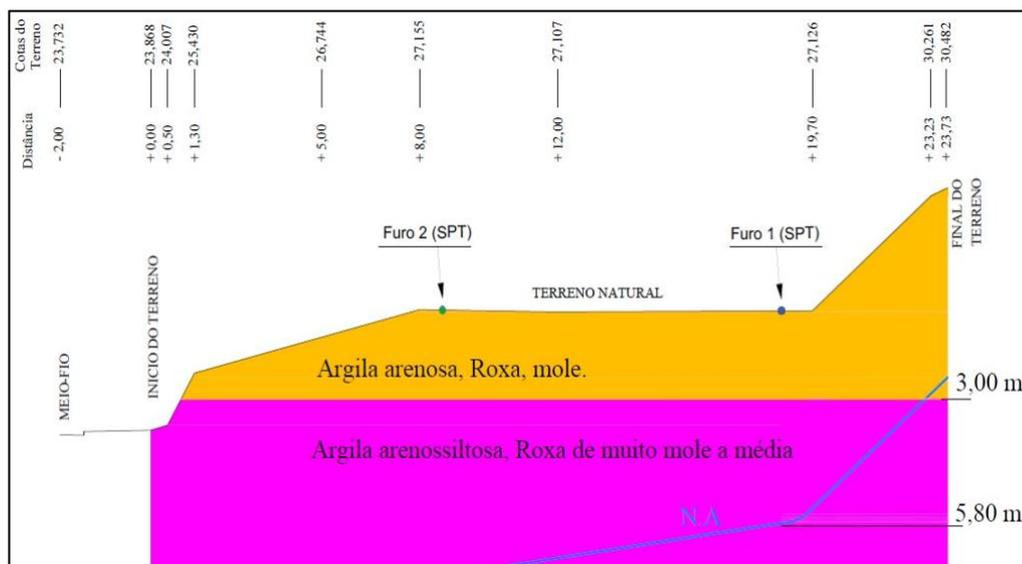
4.3 ANÁLISE DE ESTABILIDADE

Neste tópico serão apresentados a análise de estabilidade global, dimensionamentos dos muro de arrimo em gabião e em concreto por gravidade.

4.3.1 Análise de estabilidade Global

O software Geo5 2021 foi a principal ferramenta na verificação de estabilidade global do talude. Foram realizadas duas análises do talude, em condição natural e conforme a solicitações de corte solicitadas em projeto. As informações contidas na Figura 12 e os dados obtidos através do ensaio de cisalhamento direto: ângulo de atrito (30,47 graus), peso específico: (17,57 kN/m³), coesão (13,45 kPa).

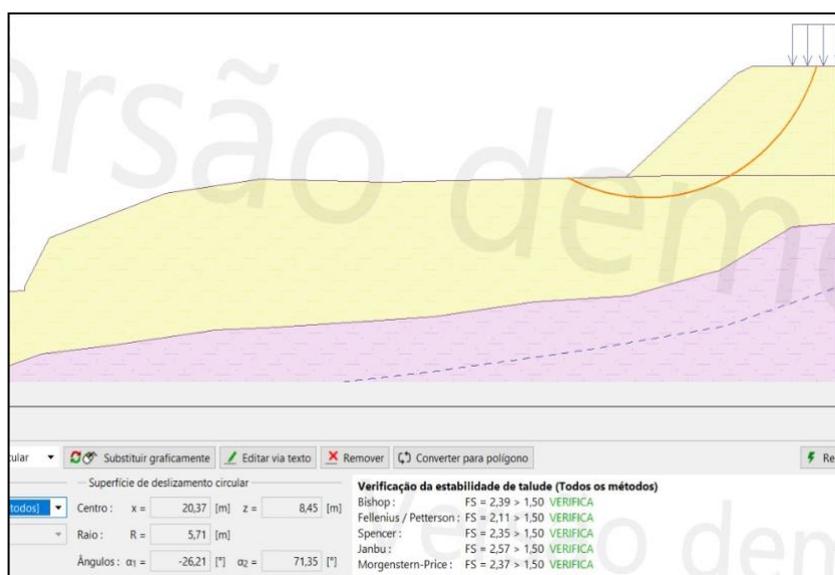
Figura 12 : Seção Geotécnica



Fonte: As Autoras (2021)

O resultado da primeira verificação de estabilidade do talude natural Figura 13, resultou em um fator de segurança maior que o mínimo estabelecido de 1,50 em todos os métodos. Já na segunda verificação (Anexo G) foi estabelecido os pontos de corte de acordo com projeto de terraplanagem (Anexo F) o método selecionado foi Fellenius/Petterson com análise em uma grelha que resultou em um fator de segurança 1,61 dentro do valor previsto.

Figura 13 : Verificação de Estabilidade do Talude Natural



Fonte: As Autoras (2021)

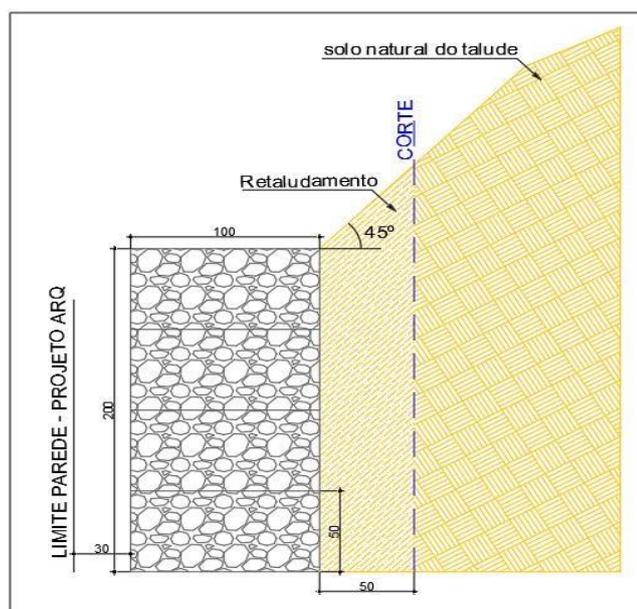
O fator de segurança de 1,61 foi atingido devido a utilização do angulo de atrito de 30,47 graus, entretando para análises ainda mais realistas, deve-se utilizar 2/3 desse valor e verificar se ainda atinge a estabilidade natural em favor da segurança.

4.3.1 Análise de muro de arrimo em gabião

A análise de muro de arrimo em gabião foi realizada através do software Geo5, a partir informações contidas na Figura 12 e os dados da Tabela 1. Foram realizadas diversas simulações de geometria para o muro em gabião e a opção que se encaixa em todos os fatores de segurança, parâmetros de projeto e com o menor custo benefício, foi com um muro de 2 metros de altura, constituído por quatro camadas de 0,5 metros de altura por 1 metro de largura. O novo ângulo de inclinação do talude foi calculado a partir da geometria da estrutura definida, a região de corte e a altura total do talude, resultando em 45 graus, apresentado na Figura 14.

O solo do talude está presente na camada 1, sendo assim os parâmetros utilizados no pré-dimensionamento do muro e na base foram os mesmos: ângulo de atrito (30,47 graus), peso específico: (17,57 kN/m³), coesão (13,45 kPa).

Figura 14 : Dimensões e locação - Muro de Gabião



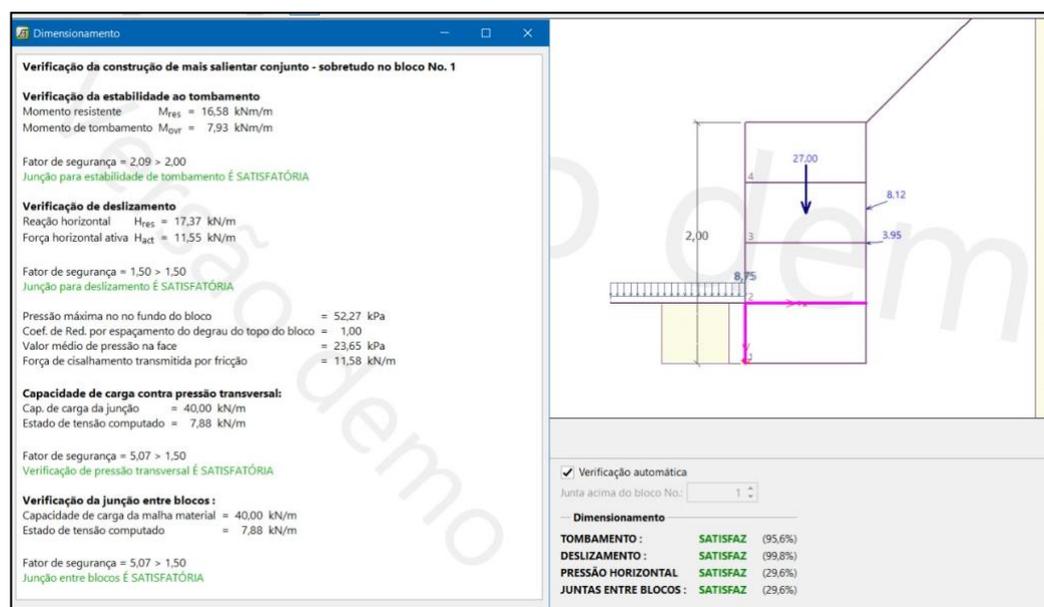
Fonte: As Autoras (2021)

Conforme apresenta as fotos do laudo cautelar cedido pela empresa Duobra Engenharia e Gestão de Obras (Anexo H), o imóvel de divisa dos fundos possui uma estrutura em alvenaria sob uma caixa d'água próxima ao topo do talude e com condições estruturais incertas. Através da NBR 6120/2018 foi calculado o valor da sobrecarga em (30 kN/m²) considerando o peso de alvenaria e a caixa d'água cheia.

- Alvenaria 11,5 x 19 x 19 = 1,6 kN/m² (NBR 6120/2018)
- Área = 12 m²
- Caixa d'água: 10 kN/m²

Conforme demonstra na Figura 15 a verificação do dimensionamento do muro de gabião é satisfatória, com o coeficiente de segurança contra o tombamento 2,09 e contra o deslizamento 1,50. Os fatores de segurança mínimos para estabilidade ao tombamento e deslizamento segundo a NBR 11682/2009 são de 2,0 e 1,50 respectivamente, sendo assim, os fatores mínimos de segurança foram atingidos.

Figura 15: Verificação de dimensionamento Muro de Gabião



Fonte: As Autoras (2021)

O Anexo K apresenta a análise de estabilidade do talude utilizando a estrutura de gabião dimensionada, que obteve um fator de segurança 2,15 através do método de Fellenius/Petterson.

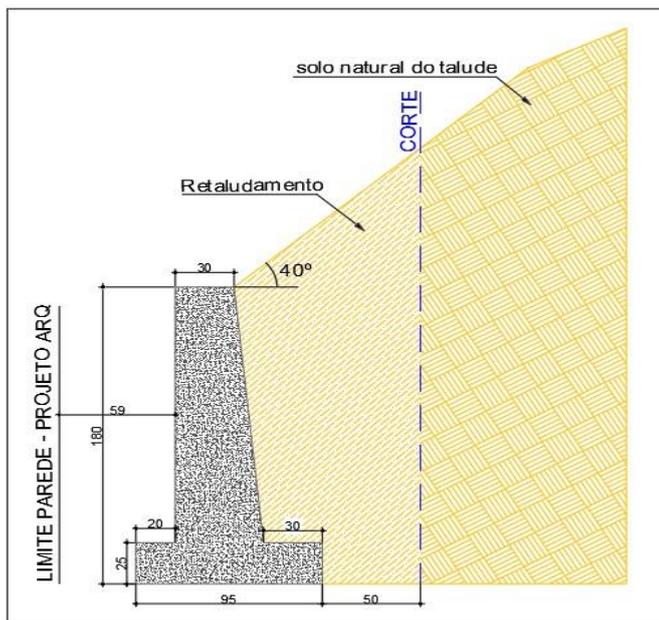
O dimensionamento se mostrou viável de acordo com as condicionantes necessárias para execução, como a estabilidade do muro, os coeficientes de segurança e as dimensões mínimas do projeto arquitetônico. Entretanto, este estudo somente disserta um conduta técnica para estabilização com contenção, sendo assim se faz necessário análises complementares, como o dimensionamento de um sistema de drenagem e fundação do muro de arrimo em gabião.

4.3.1 Análise de muro de arrimo à gravidade

A análise de muro de arrimo de gravidade foi realizada através do software Geo5, a partir informações contidas na seção geotécnica (Figura 12) e os dados da Tabela 1. Foram realizadas diversas simulações de geometria para o muro de concreto à gravidade com base nas dimensões mínimas necessárias. O novo ângulo

de inclinação do talude foi calculado a partir da geometria da estrutura definida, a região de corte e a altura total do talude, resultando em 40 graus, conforme Figura 16

Figura 16: Dimensões e localização - Muro de concreto à gravidade

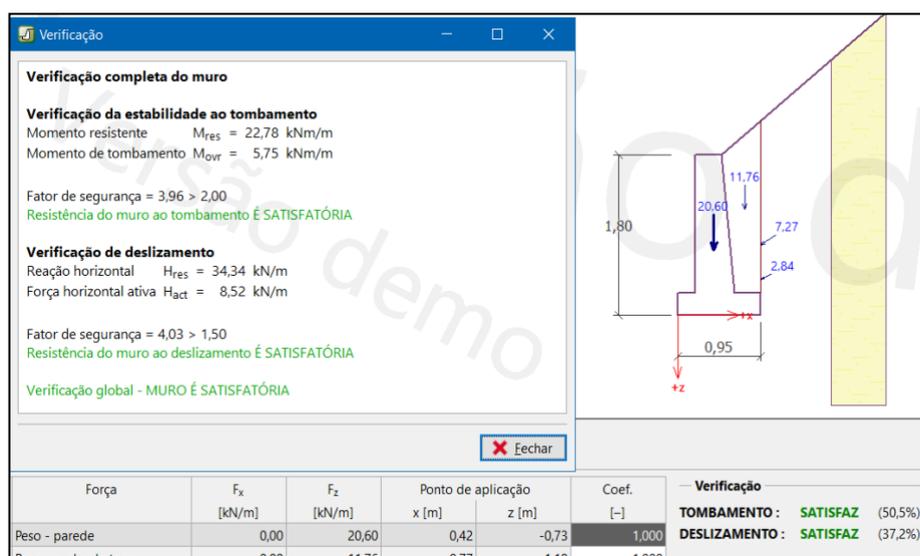


Fonte: As Autoras (2021)

Os parâmetros inseridos no software para o pré-dimensionamento foram os valores de peso específico do concreto (25 kN/m^3), resistência à compressão (f_{ck} : 20 MPa) e resistência média à tração (f_{ctm} : 2,20 MPa) e os demais já utilizados para o muro em gabião: ângulo de atrito (30,47 graus), peso específico: ($17,57 \text{ kN/m}^3$), coesão (13,45 kPa) e sobrecarga caixa d'água: 30 kN/m^2

Conforme demonstrado na Figura 17, a verificação global do muro de concreto à gravidade foi satisfatória com o coeficiente de segurança contra o tombamento 3,96 e contra o deslizamento 4,03, sendo assim os fatores de segurança mínimos de 2,0 para estabilidade ao tombamento e 1,5 para deslizamento segundo a NBR 11682/2009 foram atingidos. Para análise da verificação quanto ao dimensionamento, conferir Anexo J.

Figura 17: Verificação Global - Muro de gravidade



Fonte: As Autoras (2021)

O Anexo K apresenta a análise de estabilidade do talude utilizando a estrutura de concreto à gravidade dimensionada, que obteve um fator de segurança 1,81 através do método de Fellenius/Petterson.

O dimensionamento do muro de concreto à gravidade se mostrou viável para execução, porém, este estudo somente disserta uma conduta técnica para contenção, sendo assim se faz necessário análises complementares, como o dimensionamento de um sistema de drenagem, impermeabilização e verificação de reforço para fundação do muro de arrimo de gravidade.

4.4 COMPARATIVO DE CUSTOS

Através da análise de dimensionamento do muro de arrimo em gabião, foram utilizados os dados do Quadro 4 e para o levantamento dos serviços também utilizou-se como base SINAPI/SC de junho 2021. Através planilha de composições sintéticas para custo de execução de gabião, o valor da estrutura com BDI custa R\$14.288,19, conforme apresenta o Quadro 5.

Quadro 4: Detalhamento levantamento de Quantitativos

Levantamento de Quantitativos		
Muro de Gabião:		
Volume de corte	$[(2,94 \times 2,61) / 2] \times 10,33 = 39,63 \times 40\%$ empolamento Argila	55,5 m³
Volume da estrutura	$2 \times 1 \times 10,33 = 20,70$	20,7 m³
Volume da compactação	$[(2,61 + 2) \times 0,5 / 2] \times 10,33 = 11,90$	11,90 m³
Muro de concreto à gravidade:		
Volume de corte	$[(2,97 \times 2,63) / 2] \times 10,33 = 40,34 \times 40\%$ empolamento Argila	56,48 m³
Volume da estrutura	$0,82 \text{ m}^2 \text{ (área)} \times 10,33 \text{ m (comprimento)} = 8,47 + 10\%$ de perda	9,30 m³
Volume da compactação	$1,88 \text{ m}^2 \text{ (área)} \times 10,33 \text{ m} = 19,43$	19,43 m³
Armadura	<ol style="list-style-type: none"> 1) 5 barras (0,88 cm) por metro -> (dados projeto Anexo J) 2) $5 \times 10,33 = 51,56$ barras -> $51,56 \times 0,88 \text{ m} = 45,45 \text{ m}$ 3) $45,45 \text{ m} / 12 \text{ m (1 barra)} = 3,78 \sim$ 4 barras (φ 12,5 mm) 4) 1 barra de 12,5 mm de 12m = $11,55 \text{ kg} \times 4 = 46,20$ 	46,20 kg
Forma	$(1,80 + 1,56 + 0,25) \times 10,33 = 37,29 + 10\%$ de perda	41 m²
Impermeabilização	$(0,30 + 1,56 + 0,30 + 0,25) \times 10,33 = 24,90$	24,90 m²

Fonte: As Autoras (2021)

Quadro 5: Detalhamento de serviços para execução muro de gabião

ITEM	FONTE	CÓD. COMP	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PR. UNIT. (R\$) COM BDI	VALOR TOTAL
1			serviços				
1.1	SINAPI	101211	Escavação vertical a céu aberto. Em obras de edificação, incluindo carga, descarga e transporte, em solo de 1ª categoria com escavadeira hidráulica (caçamba: 1,2 m³ / 155 HP), frota de 8 caminhões basculantes de 10 m³, DMT de 4 km e velocidade média 22km/h. Af_05/2020	M3	55,5	16,37	R\$ 908,54
1.2	SINAPI	96385	Execução e compactação de aterro com solo predominantemente argiloso - exclusive solo, escavação, carga e transporte. Af_11/2019	M3	11,9	9,55	R\$ 113,65
1.3	SINAPI	92744	Muro de gabião, enchimento com pedra de mão tipo rachão, de gravidade, com gaiolas de comprimento igual a 5 m, para muros com altura menor ou igual a 4 m fornecimento e execução. Af_12/2015	M3	20,7	640,87	R\$ 13.266,01
Custo Total							R\$ 14.288,19

Fonte: As Autoras (2021)

Já na definição do custo para muro de concreto à gravidade, foram utilizados os dados do Quadro 4 e para o levantamento dos serviços também utilizou-se como base SINAPI/SC de junho 2021. O valor da estrutura com BDI custa R\$13.397,58, conforme apresenta o Quadro 6.

Quadro 6: Detalhamento de serviços para execução muro de concreto à gravidade

ITEM	FONTE	CÓD. COMP.	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PR. UNIT. (R\$) COM BDI	VALOR TOTAL
1			serviços				
1.1	SINAPI	101211	Escavação vertical a céu aberto. Em obras de edificação, incluindo carga, descarga e transporte, em solo de 1ª categoria com escavadeira hidráulica (caçamba: 1,2 m³ / 155 HP), frota de 8 caminhões basculantes de 10 m³, DMT de 4 km e velocidade média 22km/h. Af_05/2020	M3	56,48	16,50	R\$ 931,92
1.2	SINAPI	96385	Execução e compactação de aterro com solo predominantemente argiloso - exclusive solo, escavação, carga e transporte. Af_11/2019	M3	19,43	9,62	R\$ 186,92
1.3	SINAPI	100345	Armação de cortina de contenção em concreto armado, com aço ca-50 de 12,5 mm - montagem. Af_07/2019	KG	46,2	16,36	R\$ 755,83
1.4	SINAPI	100341	Fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para cortina de contenção, em chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm, 10 utilizações. Af_07/2019	M2	41	39,24	R\$ 1.608,84
1.5	SINAPI	100349	Concretagem de cortina de contenção, através de bomba lançamento, adensamento e acabamento. Af_07/2019	M3	9,3	606,53	R\$ 5.640,73
1.6	SINAPI	98547	Impermeabilização de superfície com manta asfáltica, duas camadas, inclusive aplicação de primer asfáltico, e=3mm e e=4mm. Af_06/2018	M2	24,9	171,62	R\$ 4.273,34
Custo Total							R\$ 13.397,58

Fonte: As Autoras (2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as análises de estabilidade e dimensionamento estabelecidas no presente artigo, ambos métodos construtivos atenderam ao objetivo de qualidade e segurança para edificação. Levando em consideração a predominância de solo argiloso de consistência mole, ausência de poropressão e presença de sobrecarga, o muro de concreto à gravidade sinalizou como a opção mais econômica entre os dois métodos, no entanto para esse modelo construtivo é necessário aplicar sistema de drenagem eficiente, pois muros de concreto não possuem escoamento natural como muros de gabião.

Ressalta-se que não foram considerados valores de fundação para do muro de gabião e drenagem de ambos, necessitando um aprofundamento do estudo para verificação. Além disso, é importante elaborar um plano de ação para execução da movimentação de terra, logística e implantação da contenção, a fim de observar a edificação no topo do talude, o desnível acentuado que dificulta o acesso de materiais pesados e a segurança da equipe no local.

Muros de gabião possuem vantagens de ter um baixo impacto ambiental, auxiliam na redução da velocidade da água por ter característica drenante, é flexível e passível a manutenções, pode ser utilizado como decoração e não necessita de

mão de obra especializada. Já muros de concreto contêm geometria variável, ocupam menos espaço, têm baixo custo de manutenção, permite aplicação de revestimentos e implantação de conduites elétricos para decoração.

Deste modo, os valores apresentados nesta análise não tiveram grandes diferenças, ainda assim, nota-se a necessidade de uma fundação mais robusta para o muro de gabião, devido à característica de solo compressível em relação ao peso da estrutura com predisposição a recalques futuros.

Dessa forma, tende como conclusão que o muro de concreto à gravidade trás a proposta mais atraente em questões técnicas e econômicas, perante as particularidades adotadas em projeto arquitetônico e avaliadas no presente artigo.

AGRADECIMENTOS

A vida é feita de ciclos e a graduação é um dos mais importantes da vida de uma pessoa. Gostaríamos a de agradecer a Deus por guiar nós até este momento e ajudar a superar os obstáculos existente durante todo o curso.

Especialmente a nossa família pelo apoio constante, com muita compreensão pela ausência durante a graduação e na execução desse trabalho.

Um grande abraço e carinho à todos os professores que ajudaram a buscar nosso melhor desempenho e criar profissionais além de conteúdos técnicos, com qualidade, empatia e humanidade.

Ao nosso orientador, professor Guilherme de Luca Campos pela exemplar perícia e excelente condução do trabalho, a professora Michela Steluti Poleti Faria pela incrível paciência na aplicação da matéria e auxílio aos aluno, à coordenadora Dilarimar Maria Costa por abordar a Engenharia Civil com tanta paixão e realizar uma assistência impecável durante todo o curso.

As nossas amigas Ana Paula Schmoeller, Gessica Viganó Gonçalves, Ana Claudia Lorini e Jordana Nazaroff pelo incentivo e apoio durante toda a realização deste artigo.

Aos nossos colegas do curso pela excelente troca de experiências,

conhecimentos e boas noites de estudos.

REFERÊNCIAS

DUTRA, V. A. S. **Projeto de estabilização de taludes e estruturas de contenção englobando dimensionamento geotécnico e estrutural**. Monografia (Bacharel em engenharia civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

TEIXEIRA, I. J. **Estudo comparativo de duas alternativas para Contenção de taludes verticais: solo Grampeado e cortina atirantada**. Monografia (Bacharel em engenharia civil). Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Feira de Santana, 2011.

FIAMONCINI, C. M. **Estabilização de talude através da técnica de cortina atirantada - Estudo de caso**. Monografia (Bacharel em engenharia civil). Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

QUEIROZ, Rudney C. **Geologia e geotecnia básica para engenharia civil**. 1. ed. São Carlos: RiMa, 2009.

MARANGON, M. **Estabilidade de taludes**. Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2006.

PINHEIRO, R. L. O. **Otimização da geometria de muros de gravidade de blocos concreto com agregado reciclado**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2018.

MARANGON, A.; AMARAL, G. P. **Avaliação comparativa entre métodos de**

contenção de taludes: muro de gabião e logblock estudo de caso em Caçador/SC. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Do Sul De Santa Catarina. Palhoça. 2017.

GERSCOVICH, D. M. S.; DANZIGER, B. R. ; SARAMAGO, R. **Contenções: teoria e aplicação em obras.** 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2016.

DUTRA, M. A. **Análise comparativa entre muro de arrimo de concreto armado e cortina de estacas de concreto armado em obra de contenção.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Faculdade Santa Rita – FASAR. Conselheiro Lafaiete. 2015.

SILVA, A. H. S. **Desenvolvimento de planilha no software excel para dimensionamento de estrutura de contenção – muro de flexão.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal Rural Do Semi-Árido. Mossoró. 2018.

GERSCOVICH, D.M.S. **Estruturas de Contenção: Muros de Arrimo.** Rio de Janeiro: FEUERJ, 2010. Disponível em: <http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2021.

BARROS, P. L. de A. **Obras de contenção: manual técnico.** Maccaferri: ago. 2009. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/19778355/maccaferri---obras-de-contencao>. Acesso em: 04 mai. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR11682: Estabilidade de taludes.** Rio de Janeiro, 2009.

MOLITERNO, Antônio. **Caderno de muros de arrimo.** 2ª edição. São Paulo: Editora Edgard, 2014.

RANZINI, S. M. T.; NEGRO JR, A. **Obras de contenção: tipos, métodos construtivos, dificuldades executivas.** In: HACHICH, Waldemar; *et al.* (Ed.). Fundações: Teoria e prática. 2ª edição. São Paulo: Editora PINI, 2012. Cap. 13, p.497-515.

SINAPI – **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.** Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_66. Acesso em 15 junho de 2021.

MATTOS, A.D. **Como preparar orçamentos de obras.** São Paulo: Pini, 2006. ISBN 85-7266-176-X

AVILA, A.V.; LIBRELOTTO, L.; LOPES, O.C. **Orçamento de Obras – Construção Civil.** Florianópolis: Universidade do Sul de Santa Catarina: 67 p. 2003.

GEO5 – **Software para geotecnia.** finesoftware.com.br/software-para-geotecnia/caracteristicas/

ANEXOS

ANEXO A - CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS GRANDES GRUPOS DE MOVIMENTO DE MASSA

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO, MATERIAL E GEOMETRIA
Rastejo ou fluência	Vários planos de deslocamento (internos) Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada Geometria indefinida
Escorregamento	Poucos planos de deslocamento (externos) Velocidades médias (km/h) a altas (m/s) Pequenos a grandes volumes de material Geometria e materiais variáveis Planares ⇒ solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza Circulares ⇒ solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas Em cunha ⇒ solos e rochas com dois planos de fraqueza
Queda	Sem planos de deslocamento Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado Velocidades muito altas (vários m/s) Material rochoso Pequenos a médios volumes Geometria variável: lascas, placas, blocos etc. Rolamento de matacão Tombamento
Corrida	Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação) Movimento semelhante ao de um líquido viscoso Desenvolvimento ao longo das drenagens Velocidades médias a altas Mobilização de solo, rocha, detritos e água Grandes volumes de material Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

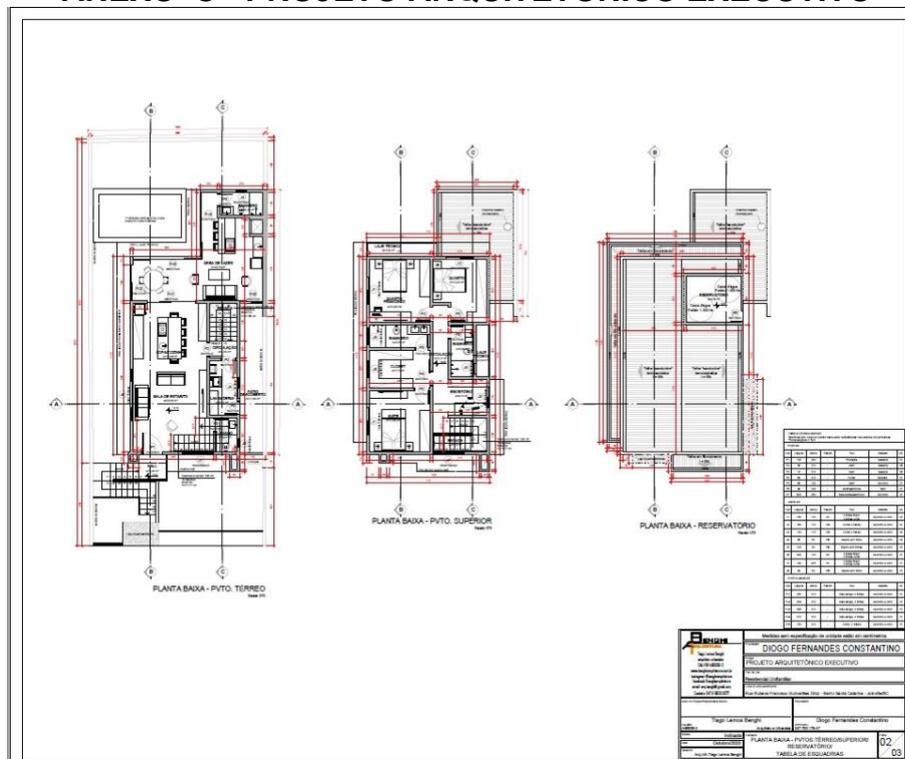
Fonte: Augusto Filho (1992) apud Gerscovich (2016)

ANEXO B - CLASSIFICAÇÃO DOS FATORES DEFLAGRADORES DOS MOVIMENTOS DE MASSA

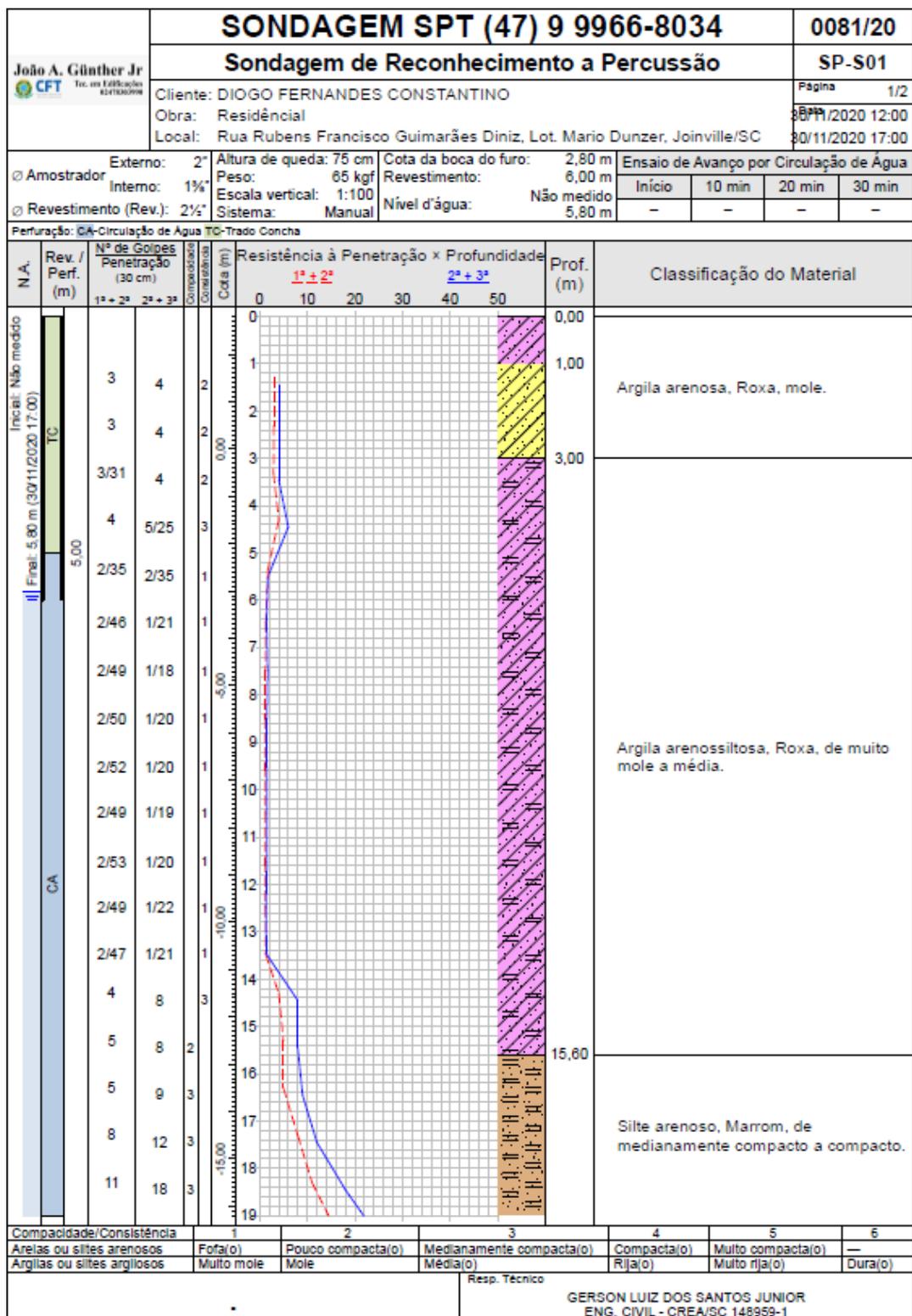
AÇÃO	FATORES	FENÔMENOS GEOLÓGICOS / ANTRÓPICOS
Aumento da sollicitação	Remoção de massa (lateral ou da base) (Fig. 1.22)	Erosão Escorregamentos Cortes
	Sobrecarga	Peso da água de chuva, neve, granizo etc. Acúmulo natural de material (depósitos) Peso da vegetação Construção de estruturas, aterros etc.
	Solicitações dinâmicas	Terremotos, ondas, vulcões etc. Explosões, tráfego, sismos induzidos
	Pressões laterais	Água em trincas (Fig. 1.23) Congelamento Material expansivo
Redução da resistência ao cisalhamento	Características inerentes ao material (geometria, estruturas etc.)	Características geomecânicas do material
	Mudanças ou fatores variáveis	Ação do intemperismo provocando alterações físico-químicas nos minerais originais, causando quebra das ligações e gerando novos minerais com menor resistência. Processos de deformação em decorrência de variações cíclicas de umedecimento e secagem, reduzindo a resistência. Variação das poropressões (Fig. 1.24): Elevação do lençol freático por mudanças no padrão natural de fluxo (construção de reservatórios, processos de urbanização etc.). Infiltração da água em meios não saturados, causando redução das pressões de água negativas (sucção). Geração de excesso de poropressão, como resultado de implantação de obras. Fluxo preferencial através de trincas ou juntas, acelerando os processos de infiltração.

fonte: Adaptado de Varnes (1978) apud Gerscovich (2016)

ANEXO C - PROJETO ARQUITETÔNICO EXECUTIVO



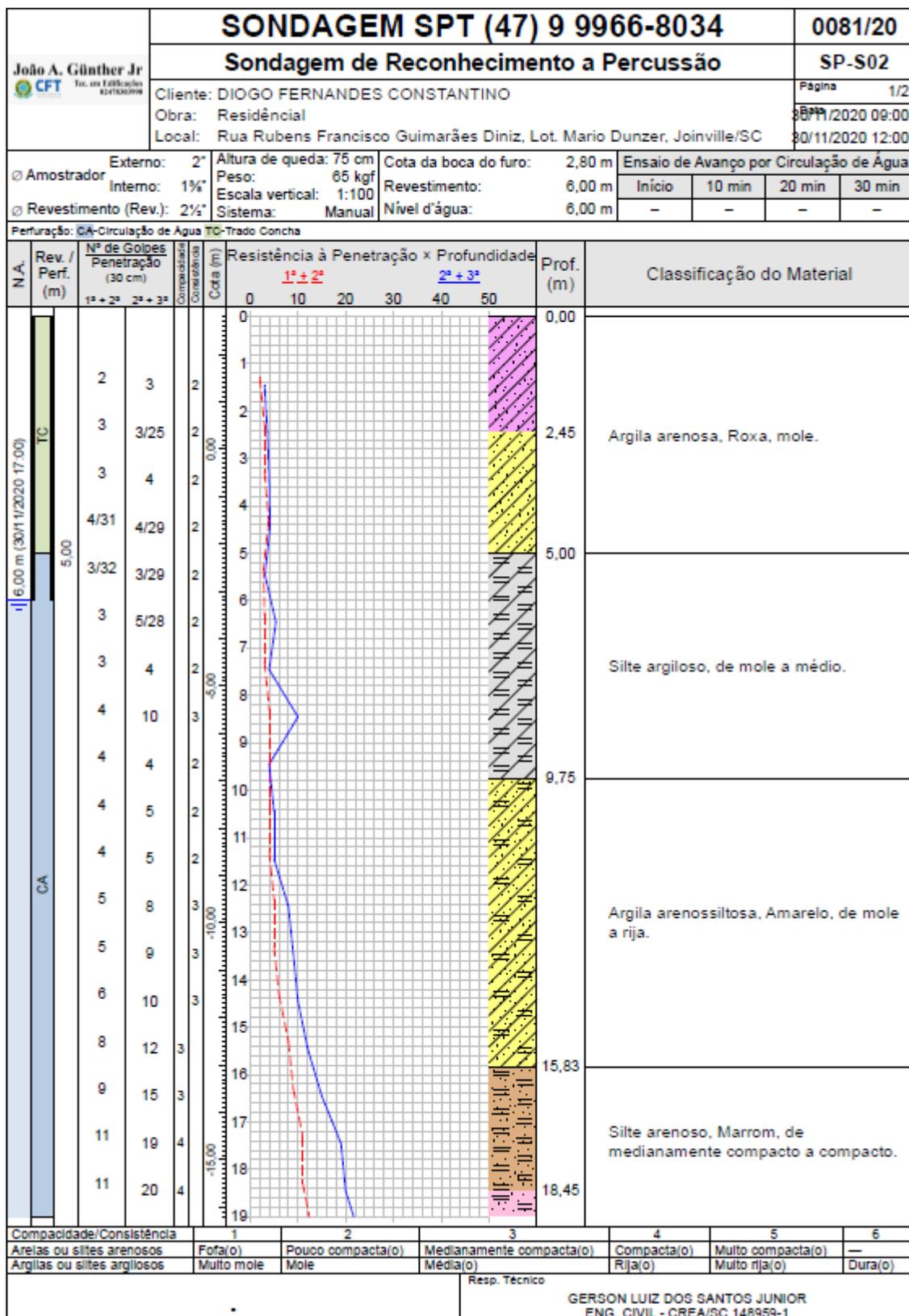
Fonte: Benghi Arquitetura (2021)



Fonte: João A. Günther Jr (2020)

	SONDAGEM SPT (47) 9 9966-8034	0081/20
	Memorial Fotográfico	SP-S01
Cliente: DIOGO FERNANDES CONSTANTINO Obra: Residencial Local: Rua Rubens Francisco Guimarães Diniz, Lot. Mario Dunzer, Joinville/SC		Página 1/1 30/11/2020 12:00 30/11/2020 17:00
 <p style="text-align: center; font-size: small;">© 2020 SONDAGEM SPT (47) 9 9966-8034 WhatsApp image 2020-11-30 at 15.17.04</p>		
•	Resp. Técnico GERSON LUIZ DOS SANTOS JUNIOR ENG. CIVIL - CREA/SC 148959-1	

Fonte: João A. Günther Jr (2020)



CONFIRME NBR 6484:2020

Fonte: João A. Günther Jr (2020)

João A. Günther Jr CFT Inc. em Engenharia		SONDAGEM SPT (47) 9 9966-8034				0081/20							
		Sondagem de Reconhecimento a Percussão				SP-S02							
		Cliente: DIOGO FERNANDES CONSTANTINO				Página 2/2							
		Obra: Residencial				30/11/2020 09:00							
		Local: Rua Rubens Francisco Guimarães Diniz, Lot. Mario Dunzer, Joinville/SC				30/11/2020 12:00							
Amostrador		Externo: 2"	Altura de queda: 75 cm	Cota da boca do furo: 2,80 m	Ensaio de Avanço por Circulação de Água								
		Interno: 1 1/2"	Peso: 65 kgf	Revestimento: 6,00 m	Início	10 min	20 min	30 min					
Revestimento (Rev.): 2 1/2"			Escala vertical: 1:100	Nível d'água: 6,00 m	-	-	-	-					
			Sistema: Manual										
Perfuração: CA-Circulação de Água TC-Trado Concha													
N.A.	Rev. / Perf. (m)	Nº de Golpes Penetração (30 cm)		Compa. / Consist.	Cota (m)	Resistência à Penetração × Profundidade				Prof. (m)	Classificação do Material		
		1ª + 2ª	2ª + 3ª			1ª + 2ª		2ª + 3ª					
	CA 20,45	13	23	4	19	10		20		20,45	Silte arenoso, Marrom, de medianamente compacto a compacto.		
		25	39	4	20	15		30			LIMITE DE SONDAGEM		
					21								
					22								
					23								
					24								
					25								
					26								
					27								
					28								
					29								
					30								
					31								
					32								
					33								
					34								
					35								
					36								
					37								
					38								
Compa. / Consist.		1		2		3		4		5		6	
Arelas ou siltes arenosos		Fofa(o)		Pouco compacta(o)		Medianamente compacta(o)		Compacta(o)		Muito compacta(o)		—	
Argilas ou siltes argilosos		Muito mole		Mole		Média(o)		Rija(o)		Muito rija(o)		Dura(o)	
						Resp. Técnico		GERSON LUIZ DOS SANTOS JUNIOR		ENG. CIVIL - CREA/SC 148959-1			

Fonte: João A. Günther Jr (2020)

SONDAGEM SPT (47) 9 9966-8034		0081/20
João A. Günther Jr  <small>Tr. em Edificações</small> <small>42100009</small>	Memorial Fotográfico	
	Cliente: DIOGO FERNANDES CONSTANTINO Obra: Residencial Local: Rua Rubens Francisco Guimarães Diniz, Lot. Mario Dunzer, Joinville/SC	Página 1/1 30/11/2020 09:00 30/11/2020 12:00
	 <p>© 2020 SONDAGEM SPT (47) 9 9966-8034 WhatsApp Image 2020-11-30 at 15.17.04 (1)</p>	
	Resp. Técnico GERSON LUIZ DOS SANTOS JUNIOR ENG. CIVIL - CREA/SC 148959-1	

Fonte: João A. Günther Jr (2020)



GEOFORMA
Engenharia Ltda.

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO - ASTM D 3080-98

RE962-05/21

CLIENTE: **AMBIENT ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA**
Identificação da amostra: **AM01**
Classificação da amostra: **Argila arenosa variegada (amarela)**

Condições do ensaio:

Velocidade do ensaio (mm/min):	0,0149
Condições de saturação:	inundado

Características da amostra:

Data:	10/05/2021	11/05/2021	12/05/2021
Pressão Normal Inicial σ_N (kPa)	50	100	200
Altura inicial interna do anel (mm)	19,61	19,61	19,61
Largura interna do anel 1 (mm)	51,95	51,95	51,95
Largura interna do anel 2 (mm)	51,68	51,68	51,68
Área interna do anel (m ²)	2,68E-03	2,68E-03	2,68E-03
Volume interno do anel (m ³)	5,27E-05	5,27E-05	5,27E-05
Massa do anel (g)	125,98	125,98	125,98
Massa do anel + Solo (g)	218,48	218,24	218,10
Massa inicial do corpo de prova (g)	92,50	92,26	92,12
Umidade inicial do corpo de prova (%)	36,71	35,09	35,12
Massa seca do corpo de prova (g)	67,66	68,30	68,18
Peso específico úmido (kN/m ³)	17,57	17,52	17,50
Peso específico seco (kN/m ³)	12,85	12,97	12,95

Teor de umidade:

Amostra	Antes do ensaio			Após o ensaio		
	50 (kPa)	45	52	Amostra 9	48	49
Cap.	4					
P. Cap. (g)	8,14	8,02	7,95	8,39	7,60	7,99
P. Cap.+Solo úmido (g)	19,77	22,07	20,94	30,33	28,74	27,82
P. Cap.+Solo seco (g)	16,68	18,26	17,45	24,09	22,75	22,02
Teor de umidade	36,18	37,21	36,74	39,75	39,54	41,34
Média Teor de Umidade (%)	36,71			40,21		

Amostra	100 (kPa)			100 (kPa)		
	3	30	31	Amostra 3	48	89
Cap.	3					
P. Cap. (g)	8,23	7,96	8,07	8,22	7,59	8,02
P. Cap.+Solo úmido (g)	19,94	17,29	20,84	23,50	31,55	26,43
P. Cap.+Solo seco (g)	16,91	14,86	17,52	19,21	24,77	21,16
Teor de umidade	34,91	35,22	35,13	39,04	39,46	40,11
Média Teor de Umidade (%)	35,09			39,54		

Amostra	200 (kPa)			200 (kPa)		
	1	9	30	Amostra 21	27	49
Cap.	1					
P. Cap. (g)	8,49	8,39	7,97	8,23	7,74	7,98
P. Cap.+Solo úmido (g)	20,41	25,32	23,88	25,25	24,57	27,09
P. Cap.+Solo seco (g)	17,09	21,36	19,65	20,40	19,94	21,73
Teor de umidade	38,60	30,53	36,22	39,85	37,95	38,98
Média Teor de Umidade (%)	35,12			38,93		

Geofoma Engenharia Ltda. CNPJ: 85.370.948/0001-91
Rua Tenente Antônio João, 2195 - Bom Retiro - CEP 89223-100 - Joinville - SC - Brasil
Fone/Fax (47) 3435-4776 - geofoma@geofoma.com.br - www.geofoma.com.br

Fonte: Geofoma Engenharia Ltda (2021)

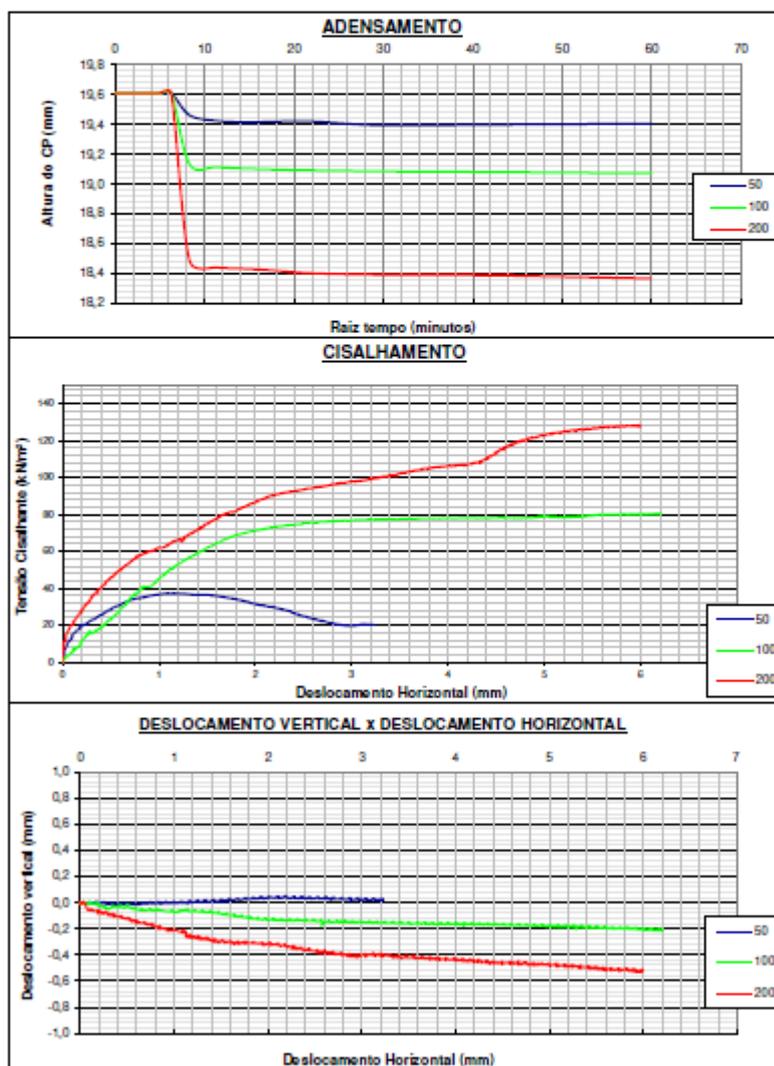
ANEXO F - RELATÓRIO ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO



GEOFORMA
Engenharia Ltda.

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO - ASTM D 3080-98
RE962-05/21

CLIENTE: **AMBIENT ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.**
Identificação: **AM01**
Classificação da amostra: **Argila arenosa variegada (amarela)**



Geoforma Engenharia Ltda. CNPJ: 85.370.948/0001-91
Rua Tenente Antônio João, 2195 - Bom Retiro - CEP 89223-100 - Joinville - SC - Brasil
Fone/Fax (47) 3435-4778 - geoforma@geoforma.com.br - www.geoforma.com.br

Fonte: Geoforma Engenharia Ltda (2021)

ANEXO F - RELATÓRIO ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO



GEOFORMA
Engenharia Ltda.

ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO - ASTM D 3080-98

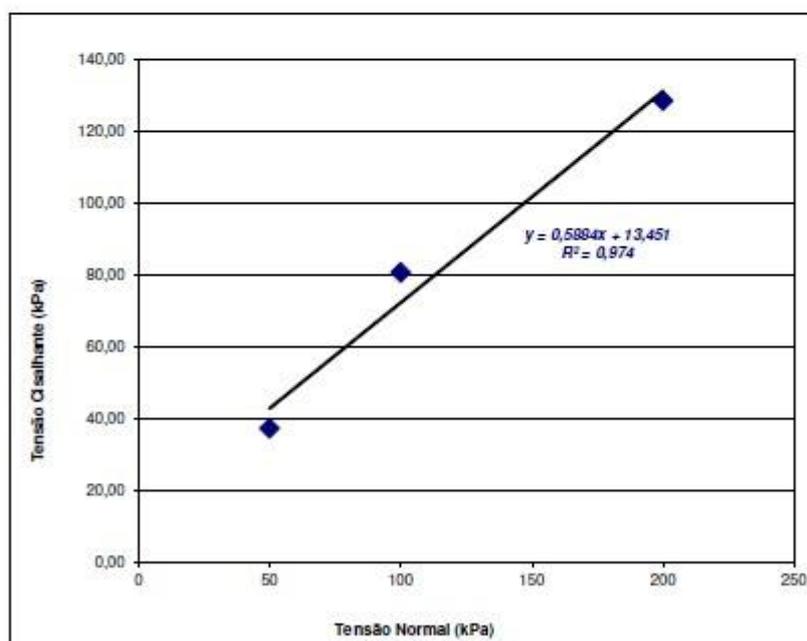
RE962-05/21

CLIENTE: **AMBIENT ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.**
 Identificação: **AM01**
 Classificação da amostra: **Argila arenosa variegada (amarela)**

ENVOLTÓRIA

σ_N (kPa):	50	100	200
τ_{max} (kPa):	37,32	80,62	128,36

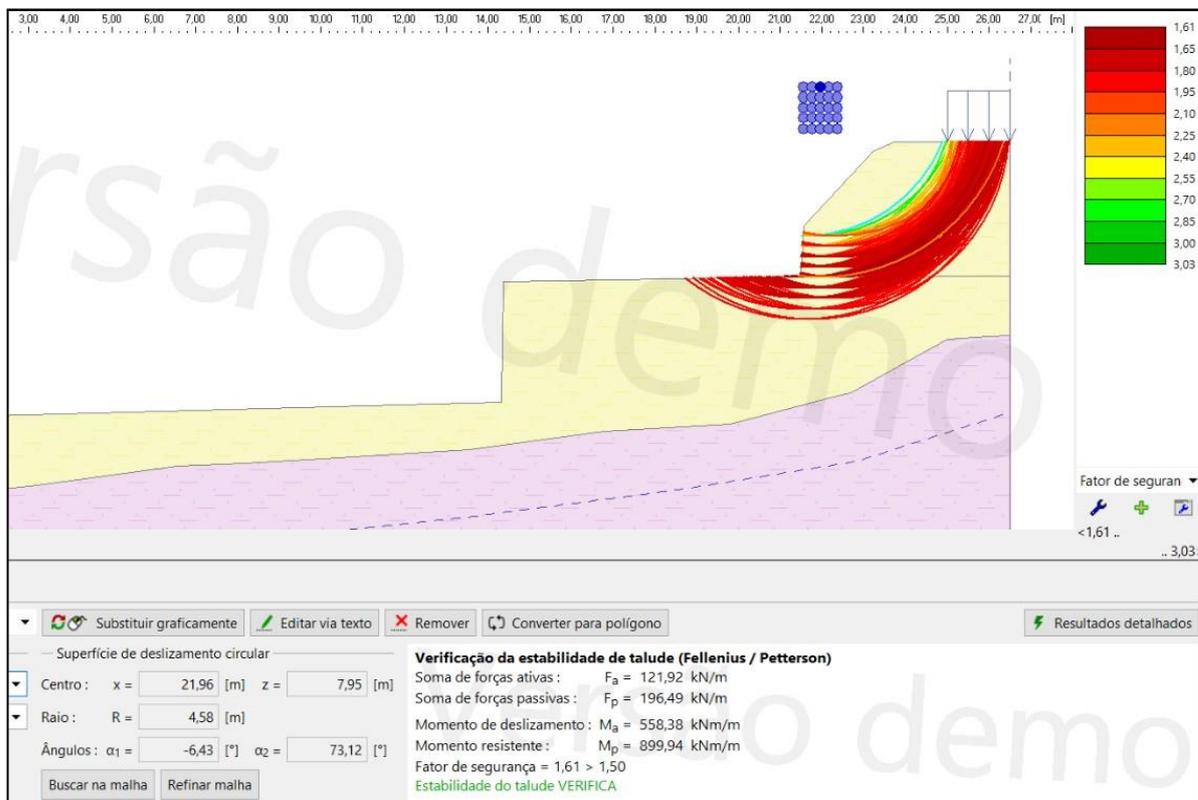
Coesão C (kPa):	(*)	13,45
Ângulo de atrito (ϕ):	(*)	30,47



(*) A envoltória de resistência apresentada neste relatório é uma simples regressão linear dos pontos por nós definidos. Os parâmetros obtidos no ensaio deverão ser objeto de avaliação e interpretação pelo projetista envolvido no estudo de estabilidade e/ou contenção nos termos do item 1.3 da norma ASTM D3080-98. Observe-se ainda que o procedimento para obtenção da envoltória de projeto é regulado pela NBR 11682:2009 em seu anexo D.

Geoforma Engenharia Ltda. CNPJ: 85.370.948/0001-91
 Rua Tenente Antônio João, 2195 - Bom Retiro - CEP 89223-100 - Joinville - SC - Brasil
 Fone/Fax (47) 3435-4776 - geoforma@geoforma.com.br - www.geoforma.com.br

ANEXO G - VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE DE TALUDE EM CORTE



Fonte: As Autoras (2021)

ANEXO H - FOTOS LAUDO CAUTELAR DE VIZINHANÇA

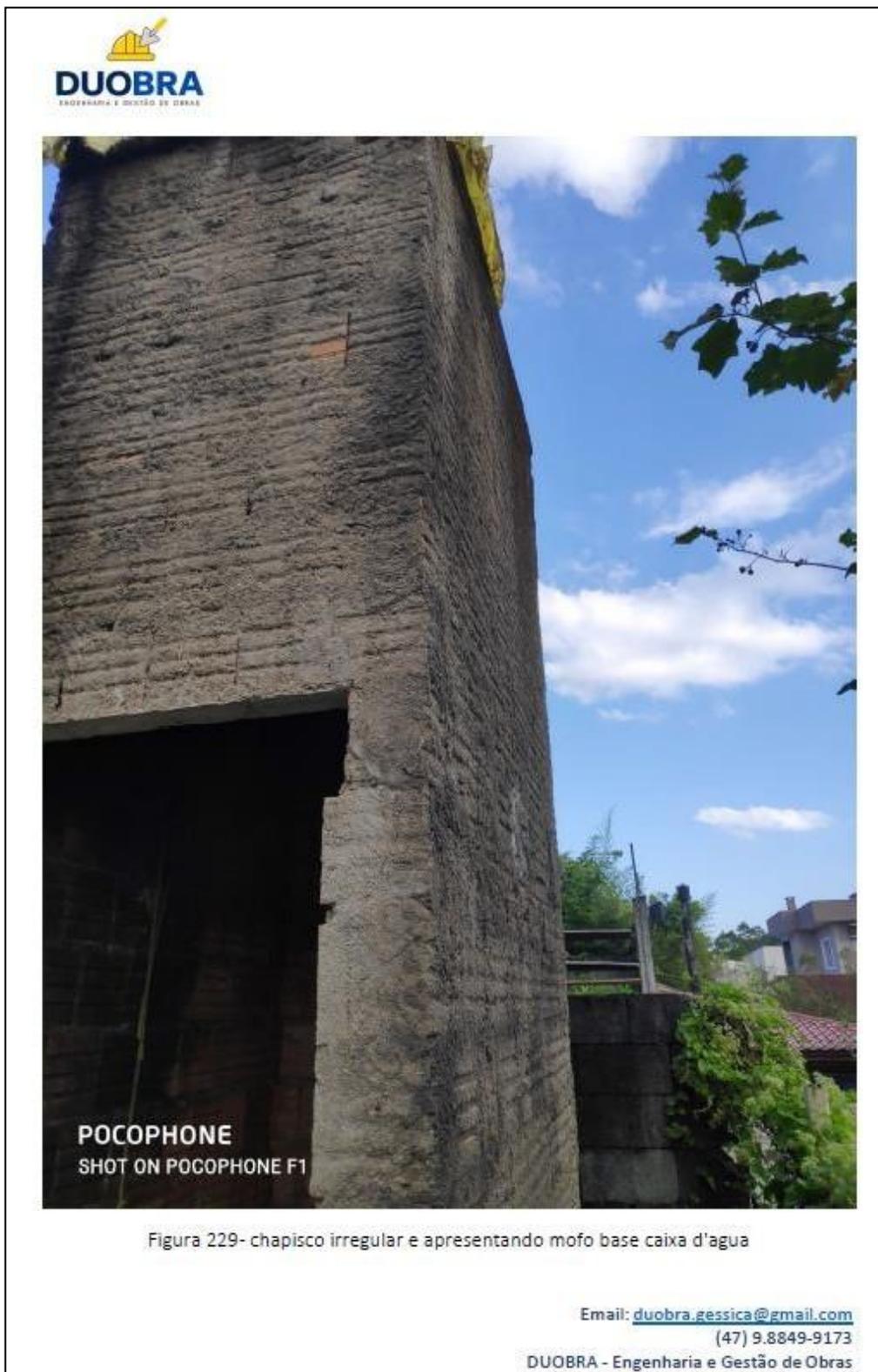


Figura 229- chapisco irregular e apresentando mofo base caixa d'agua

Fonte: Duobra Engenharia e Gestão de Obras (2021)

ANEXO H - FOTOS LAUDO CAUTELAR DE VIZINHANÇA



Figura 230- detalhe muro divisa suspenso, com um grande vão em balanço

fonte: Duobra Engenharia e Gestão de Obras (2021)

ANEXO H - FOTOS LAUDO CAUTELAR DE VIZINHANÇA



Figura 232- Vista parcial caixa d'agua

Fonte: Duobra Engenharia e Gestão de Obras (2021)

ANEXO H - FOTOS LAUDO CAUTELAR DE VIZINHANÇA



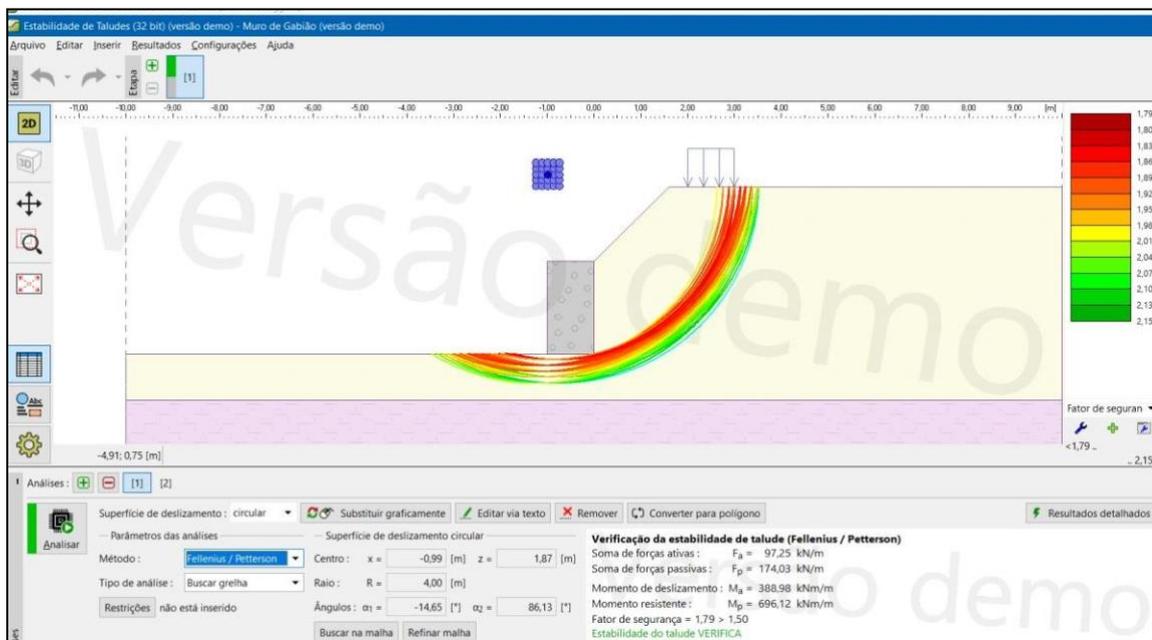
POCOPHONE
SHOT ON POCOPHONE F1

Figura 233-vista parcial caixa d'água

Email: duobra.gessica@gmail.com
(47) 9.8849-9173
DUOBRA - Engenharia e Gestão de Obras

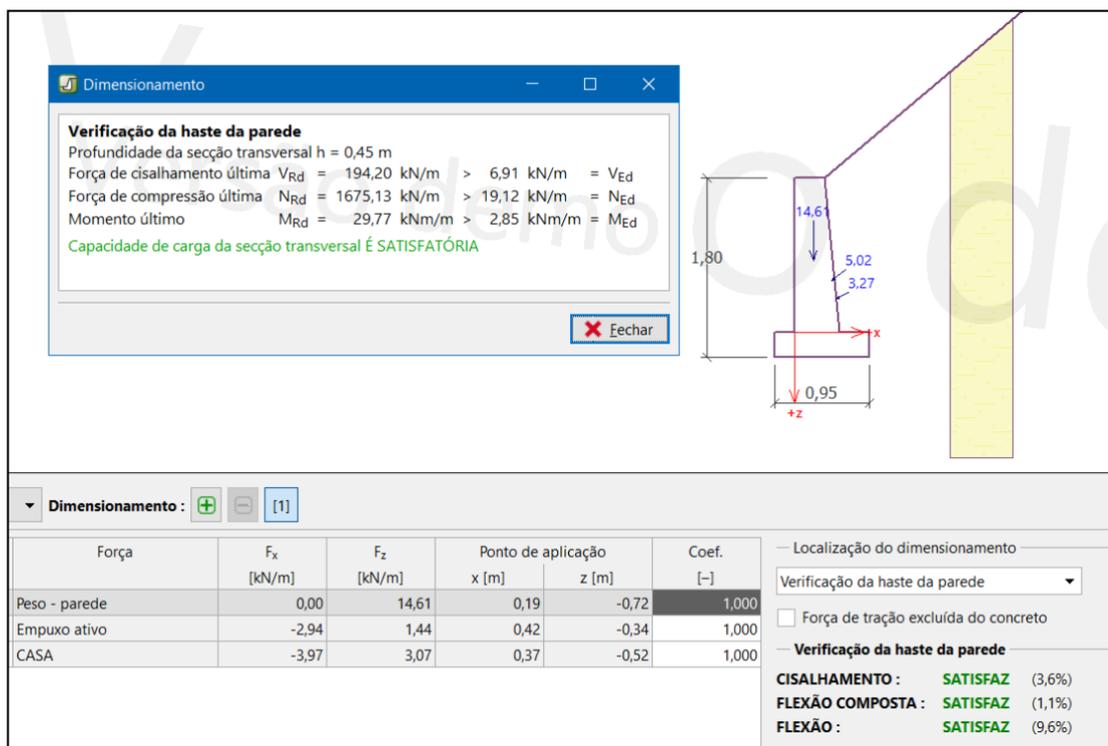
Fonte: Duobra Engenharia e Gestão de Obras (2021)

ANEXO I - VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE DO TALUDE - MURO DE GABIÃO



Fonte: As Autoras (2021)

ANEXO J - VERIFICAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO: MURO DE GRAVIDADE



Fonte: As Autoras (2021)

ANEXO J - VERIFICAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO: MURO DE GRAVIDADE

Verificação do avanço da base parede

Armadura e dimensões da seção transversal:
 5 prof. 12,5 mm, revest. 30,0 mm

Largura da seção transversal = 1,00 m
 Profundidade da seção transversal = 0,25 m

Rácio de armadura $\rho = 0,29\% > 0,13\% = \rho_{min}$
 Posição do eixo neutro $x = 0,03\text{ m} < 0,13\text{ m} = x_{max}$
 Força de cisalhamento última $V_{Rd} = 92,32\text{ kN} > 7,71\text{ kN} = V_{Ed}$
 Momento último $M_{Rd} = 54,36\text{ kNm} > 0,78\text{ kNm} = M_{Ed}$

A seção transversal é **SATISFATÓRIA**.

Fechar

Dimensionamento: [1]

Força	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Ponto de aplicação x [m] z [m]		Coef. [-]
eso - parede	0,00	20,60	0,42	-0,73	1,000
eso - cunha de terra	0,00	11,76	0,77	-1,19	1,000
mpuxo ativo	-2,53	1,28	0,96	-0,40	1,000
ASA	-5,99	4,12	0,96	-0,79	1,000

Localização do dimensionamento: Verificação do avanço da base da parede

Dados para dimensionamento:

Cobrimento da armadura: 30,0 [mm] Número de barras: 5,00 [pcs]
 Largura da seção transversal: 1,00 [m] Diâmetro da barra: 12,5 [mm]

Área de armadura necessária: 277,9 mm²
 Área de armadura introduzida: 613,6 mm²

Verificação do avanço da base da parede:

CISLHAMENTO: SATISFAZ (8,3%)
PRINCÍPIOS DE DIM.: SATISFAZ (45,3%)
FLEXÃO: SATISFAZ (1,4%)

Fonte: As Autoras (2021)

ANEXO J - VERIFICAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO: MURO DE GRAVIDADE

Sapata (32 bit) (versão demo) - Muro de Gravidade (versão demo)

Arquivo Editar Inserir Análise Resultados Ferramentas Ajuda

Editar [1]

Verificação da capacidade de carga da base da sapata contínua

Verificação de capacidade de carga vertical

Forma da tensão de contato: retângulo
 Combinação de cargas mais desfavorável No. 1. (LC 1)
 Projeto da capacidade de carga da fund. do solo $R_d = 331,65\text{ kPa}$
 Pressão de contato extrema $\sigma = 41,88\text{ kPa}$

Fator de segurança = 7,92 > 1,50
 Capacidade de carga na direção vertical É **SATISFATÓRIA**

Verificação da excentricidade da carga

Excentricidade máx. na direção x $e_x = 0,028 < 0,333$
 Excentricidade máx. na direção y $e_y = 0,000 < 0,333$
 Excentricidade total máx. $e_t = 0,028 < 0,333$
 Excentricidade da carga É **SATISFATÓRIA**

Verificação da capacidade de carga horizontal

Combinação de cargas mais desfavorável No. 1. (LC 1)
 Capacidade de carga horizontal $R_{dh} = 34,34\text{ kN}$
 Força horizontal extrema $H = 8,52\text{ kN}$

Fator de segurança = 4,03 > 1,50
 Capacidade de carga horizontal É **SATISFATÓRIA**

Análise: [1]

Escolher valores máximos automaticamente

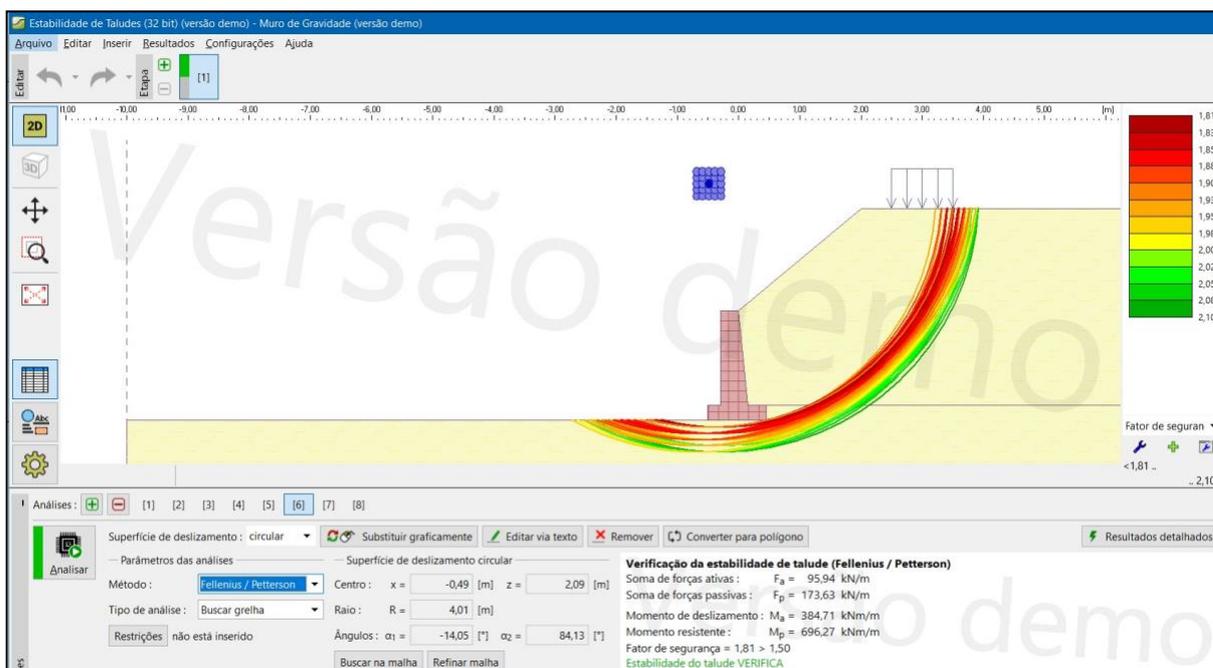
Capacidade de carga vertical Capacidade de carga horizontal Verificação

Forma da tensão de contato: retângulo Resistência do solo: passivo

CAP. DE CARGA VERTICAL: SATISFAZ (18,9%)
CAP. DE CARGA HORIZONTAL: SATISFAZ (37,2%)

Fonte: As Autoras (2021)

ANEXO K - VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE DO TALUDE: MURO DE GRAVIDADE



Fonte: As Autoras (2021)