

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

CATARINA MARCHI JASPER

**PROJETO GEOTÉCNICO DE ATERROS VIÁRIOS SOBRE SOLOS MOLES:
ESTUDO DE CASO - CONDOMÍNIO DE LOTES EM PORTO BELO – SC**

FLORIANÓPOLIS

2025

CATARINA MARCHI JASPER

PROJETO GEOTÉCNICO DE ATERROS VIÁRIOS SOBRE SOLOS MOLES
ESTUDO DE CASO - CONDOMÍNIO DE LOTES EM PORTO BELO – SC

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Civil, do Instituto Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. Fábio Krueger Da Silva

FLORIANÓPOLIS, 2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Jasper, Catarina Marchi
Projeto Projeto Geotécnico Projeto Geotécnico de Projeto
Geotécnico de Aterros Projeto Geotécnico de Aterros Viários
Projeto Geotécnico de Aterros Viários Sobre
Projeto Geotécnico de Aterros Viários Sobre Solos
Moles: estudo Moles: estudo de Moles: estudo de Caso
Moles: estudo de Caso - Moles: estudo de Caso
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado
em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico
de Construção Civil.
Inclui Referências.

1. Solos Moles. 2. Projeto Geotécnico. 3. Estabilidade
de Aterros Viários. I. Silva, Fábio Krueger da.
II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. Projeto Projeto
Geotécnico Projeto Geotécnico de Projeto Geotécnico
de Aterros Projeto Geotécnico de Aterros Viários
Projeto Geotécnico de Aterros Viários Sobre Projeto


**PROJETO GEOTÉCNICO DE ATERROS VIÁRIOS SOBRE SOLOS MOLES
ESTUDO DE CASO – CONDOMÍNIO DE LOTES EM PORTO BELO – SC**

CATARINA MARCHI JASPER


Este trabalho foi julgado adequado para a obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 17 de dezembro, 2025.


Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **FABIO KRUEGER DA SILVA**
Data: 19/02/2026 19:52:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eng. Fábio Krueger da Silva
Orientador – Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Florianópolis

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDA SIMONI SCHUCH**
Data: 19/02/2026 15:27:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Eng. Fernanda Simoni Schuch
Coordenadora da Engenharia Civil – Instituto Federal de Santa Catarina – Campus
Florianópolis

Documento assinado digitalmente
 **JUCELIO GONCALVES**
Data: 19/02/2026 00:03:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Ms. Eng. Jucélio Gonçalves
Professor Aposentado – Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Florianópolis

Aos meus pais, meu alicerce. Dedico esta conquista a vocês, que com imenso amor, paciência e incentivo, me deram forças para nunca desistir. Este trabalho é o fruto do sonho que sonhamos juntos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por estar sempre ao meu lado, guiando meus passos e renovando minhas forças nos momentos de desafio.

Agradeço ao Professor Fábio pela orientação e apoio ao longo da graduação e, especialmente, durante o desenvolvimento deste trabalho.

À RAV Engenharia e Geotecnia e a todos que fazem parte desta empresa referência no mercado — Rafael, Alexandra, Vicente, Matheus e Eduardo — agradeço pelos ensinamentos, convivência e por disponibilizarem as informações base para a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus pais por todo apoio e pela luta incansável desde tão jovens para que eu pudesse ter condições de realizar este e diversos outros sonhos. Sou profundamente grata por toda educação, amor, paciência e suporte. Nada seria sem a presença e o exemplo de vocês.

Aos meus familiares, que me acompanharam ao longo dessa jornada, torceram por mim e celebraram minhas conquistas como se fossem suas, deixo minha gratidão. Deixo, de forma especial, a minha eterna gratidão aos meus avós, que enfrentaram tantas dificuldades para construir uma família íntegra, honesta e unida. Obrigada por me ensinarem que o maior sucesso da vida é, acima de tudo, ser uma boa pessoa.

Aos amigos que estiveram comigo desde sempre e aos que encontrei pelo caminho, meu muito obrigada. Em especial à Mariane e à Thaissa, que considero como irmãs e que vivenciaram comigo tantos desafios e alegrias, e aos colegas e amigos de curso e profissão — Vagner, Lauren, João, Alexssandra, Mariana, Gilmar, Mariana, Mateus, Vitor, Gabriel, Mariana e Hendy — agradeço por tornarem a caminhada mais leve.

Por fim, agradeço ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Câmpus Florianópolis, aos professores e servidores, presentes na minha trajetória educacional desde os 14 anos de idade. Sou grata por todas as oportunidades e torço para que todos os jovens deste país tenham a chance de estudar em uma instituição tão qualificada quanto esta.

“A persistência é o caminho do êxito”
(Charles Chaplin)

RESUMO

Com o avanço da urbanização nas regiões costeiras brasileiras, especialmente no litoral de Santa Catarina, tornou-se necessário o uso de soluções geotécnicas eficazes para a implantação de infraestrutura em áreas com solos de baixa capacidade de suporte. Nesse contexto, os solos moles, caracterizados por elevada compressibilidade e baixa resistência ao cisalhamento, representam um desafio técnico relevante para a engenharia civil. O presente trabalho propõe o desenvolvimento do projeto geotécnico dos aterros viários do condomínio Porto Belo Tennis Resort, localizado no município de Porto Belo (SC). A proposta envolve a análise de dados de investigação do subsolo, a definição do perfil estratigráfico da área e a seleção de soluções geotécnicas como sobrecargas temporárias, geodrenos, colunas de brita, geossintéticos e bermas de equilíbrio. Os resultados mostraram que os solos moles da área geram recalques elevados e consolidação lenta, exigindo soluções que acelerem o adensamento e garantam estabilidade. O comportamento dos aterros foi diretamente influenciado pela presença e espessura das camadas de solo mole, e as decisões de projeto seguiram a lógica: magnitude do recalque, velocidade de consolidação e estabilidade global. As técnicas adotadas mostraram-se adequadas, viáveis e compatíveis com o cronograma e as condições locais. O presente estudo evidenciou a importância da adoção de uma metodologia sequencial para a definição de soluções geotécnicas em aterros sobre solos moles, confirmando a eficácia da hierarquia de análise proposta.

Palavras-chave: Solos moles. Projeto geotécnico. Estabilidade de aterros viários.

ABSTRACT

With the advancement of urbanization in the Brazilian coastal regions, especially on the coast of Santa Catarina, it has become necessary to use effective geotechnical solutions for the implementation of infrastructure in areas with low bearing capacity soils. In this context, soft soils, characterized by high compressibility and low shear strength, represent a relevant technical challenge for civil engineering. This work proposes the development of the geotechnical design for the road embankments of the Porto Belo Tennis Resort condominium, located in the municipality of Porto Belo (SC). The proposal involves the analysis of subsurface investigation data, the definition of the area's stratigraphic profile, and the selection of geotechnical solutions such as preloading (temporary surcharges), prefabricated vertical drains (PVDs), stone columns, geosynthetics, and stability berms. The results showed that the soft soils in the area generate high settlements and slow consolidation, requiring solutions that accelerate consolidation and ensure stability. The behavior of the embankments was directly influenced by the presence and thickness of the soft soil layers, and the design decisions followed the logic: magnitude of settlement, consolidation rate, and global stability. The adopted techniques proved to be appropriate, feasible, and compatible with the project schedule and local conditions. This study highlighted the importance of adopting a sequential methodology for defining geotechnical solutions in embankments on soft soils, confirming the effectiveness of the proposed analysis hierarchy.

Keywords: Soft soils. Geotechnical design. Stability of road embankments.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos solos segundo a NBR 6484:2020	13
Tabela 2: Estimativa da consistência das argilas através do índice de consistência	14
Tabela 3: Determinação da consistência das argilas através da resistência à compressão simples	15
Tabela 4: Classificação de solos em função do índice de classificação do material I _c e I _{cRW}	27
Tabela 5: Classificação de argilas quanto à sensibilidade	29
Tabela 6: Classificação Valores de K ₁ das argilas brasileiras.....	33
Tabela 7: Classificação Valores de K ₂ das argilas brasileiras.....	34
Tabela 8: Fatores de Segurança Mínimo conforme a DNIT 381/22 - PRO.....	42
Tabela 9: Recalques residuais máximos no sentido longitudinal do aterro viário	43
Tabela 10: Recalque residuais diferenciais máximos no sentido transversal ao aterro viário.....	43
Tabela 11: Densidade dos materiais utilizados para aterros leves	51
Tabela 12: Relação dos geossintéticos e sua aplicação em aterros	54
Tabela 13: Relação de instrumentações geotécnicas e grandezas medidas	56
Tabela 14: Relação dos ensaios realizados no empreendimento anexo	67
Tabela 15: Parâmetros obtidos dos ensaios de adensamento realizados nas respectivas ilhas	70
Tabela 16: Resistência não drenada corrigida (Bjerrum 1973) e N _{kt} característico do projeto.	71
Tabela 17: Parâmetros geotécnicos adotados nas análises.....	79
Tabela 18: Parâmetros de compressibilidade adotados para as camadas de solo moles	80
Tabela 19: Variação do Fator Tempo (T _v) em função do grau de adensamento médio (U%)	85
Tabela 20: Determinação do OCR da camada de argila mole - Seção A.....	89
Tabela 21: Determinação da tensão efetiva final na camada de argila mole - Seção A	89
Tabela 22: Cálculo do recalque por adensamento primário - Seção A.....	90
Tabela 23: Determinação da evolução do recalque ao longo do tempo - Seção A.....	90
Tabela 24: Análise da evolução temporal do recalque com sobrecarga de 0,50m - Seção A	92
Tabela 25: Análise da evolução temporal do recalque com sobrecarga de 1,00m - Seção A	93
Tabela 26: Determinação do OCR da camada de argila mole - Seção B.....	99
Tabela 27: Determinação da tensão efetiva final nas camadas de argila mole - Seção B....	99
Tabela 28: Cálculo do recalque por adensamento primário - Seção B.....	100
Tabela 29: Determinação da evolução do recalque ao longo do tempo - Seção B.....	100
Tabela 30: Resumo das soluções geotécnicas adotadas para as seções de análise.....	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Seção geológica na várzea do rio Pinheiros, São Paulo - Brasil	16
Figura 2: Seção geológica esquemática da via dos Imigrantes, São Paulo - Brasil.....	17
Figura 3: Adensamento das camadas de solos moles após aplicação da carga de aterros .	19
Figura 4: Distribuição de tensões em solos saturados	19
Figura 5: Analogia mecânica proposta por Terzaghi para o adensamento em solos saturados	21
Figura 6: Representação gráfica do critério de ruptura de Mohr-Coulomb	22
Figura 7: Círculo de Mohr-Coulomb	23
Figura 8: Esquema representativo do ensaio de SPT	24
Figura 9: Detalhe da sonda utilizada no ensaio de CPTu.....	25
Figura 10: Proposta para classificação dos solos (Robertson et al. (1990))	26
Figura 11: Detalhe da palheta utilizada no ensaio Vane test.....	28
Figura 12: Fator de correção empírico - μ	29
Figura 13: Configuração do ensaio de adensamento	31
Figura 14: Curvas de adensamento características da argila normalmente adensada com sensibilidade baixa a média	31
Figura 15: Divisão da curva de adensamento para obtenção dos índices do ensaio de adensamento	35
Figura 16: Forças atuantes em uma fatia genérica	38
Figura 17: Fatia de Bishop	39
Figura 18: Geometria do método de Janbu simplificado	41
Figura 19: Seção esquemática com duas camadas drenantes	46
Figura 20: Seção esquemática com apenas uma camada drenante	46
Figura 21: Métodos construtivos de aterros sobre solos moles	47
Figura 22: Remoção de camada de solos moles	48
Figura 23: Sequência executiva de substituição de solos moles	48
Figura 24: Aceleração de recalques com sobrecarga temporária.....	49
Figura 25: Detalhes esquemático de aterro sobre solos moles com bermas laterais	50
Figura 26: Execução de aterro leve sobre solos moles	51
Figura 27: Seção de aterro projetado em etapas	52
Figura 28: Detalhe esquemático de aterro sobre drenos verticais.....	53
Figura 29: Esquema representativo de um aterro sobre solos moles estaqueado e seus elementos	53
Figura 30: (a) Geogrelha sintética; (b) Exemplo de aplicação	55
Figura 31: Geotêxtil composto para aplicação em aterros	55
Figura 32: Placa de recalque	57
Figura 33: Cuidados com a instalação das placas de recalque	57
Figura 34: Instalação e leitura de inclinômetro	58
Figura 35: Perfil típico de um piezômetro Casagrande.....	59
Figura 36: Indicação do local de estudo.....	60
Figura 37: Projeto Urbanístico do Condomínio Tennis Resort.....	61
Figura 38: Trecho do perfil geométrico da Avenida 02	62
Figura 39: Mapa geológico do local de estudo	63
Figura 40: Localização dos furos de investigação geotécnica realizada in situ	64
Figura 41: Perfil estratigráfico da Avenida 01	64
Figura 42: Perfil estratigráfico da Avenida 02.....	65

Figura 43: Perfil estratigráfico da Avenida 03.....	66
Figura 44: Entorno do local de estudo	67
Figura 45: Perfis Geotécnicos Obtidos por Ensaio CPTu na Ilha de Investigação 01: Resistência de Ponta (qt) e Razão de Poropressão (u_0 / u_2).....	68
Figura 46: Ilha de investigação 01 – (a) Resultados de OCR e (b) σ'_{vm} ao longo da profundidade.....	69
Figura 47: Perfil de Su ao longo da profundidade na ilha de investigação 01	70
Figura 48: Fluxograma com as etapas executadas no presente estudo.....	74
Figura 49: Demarcação em planta dos segmentos de análise	75
Figura 50: Indicação, em planta, dos segmentos de análise do presente estudo.....	76
Figura 51: Seção esquemática - Seção A.....	77
Figura 52: Seção esquemática - Seção B.....	78
Figura 53: Ábaco de Osterberg.....	83
Figura 54: Esquema de submersão de aterro: (a) início do carregamento; (b) após ocorrência do recalque	84
Figura 55: Fluxograma da tomada de decisões para definição das soluções geotécnicas mais adequadas	87
Figura 56: Curva de recalque por adensamento primário <i>versus</i> tempo - Seção A.....	91
Figura 57: Comparação das curvas de recalque por adensamento primário com diferentes sobrecargas temporárias	94
Figura 58: Análise de estabilidade global, Seção A, sem solução, Bishop Simplificado, apresentando FS = 1,1	95
Figura 59: Análise de estabilidade global, Seção A, com solução geotécnica, longo prazo, Bishop Simplificado, apresentando FS = 1,5.....	97
Figura 60: Análise de estabilidade global, Seção A, com solução geotécnica, período construtivo, Bishop Simplificado, apresentando FS = 1,5.....	98
Figura 61: Curva de recalque por adensamento primário <i>versus</i> tempo - Seção B.....	101
Figura 62: Análise de estabilidade global, Seção B, com solução geotécnica, longo prazo, Bishop Simplificado, apresentando FS = 1,5.....	102
Figura 63: Análise de estabilidade global, Seção B, com solução geotécnica, período construtivo, Bishop Simplificado, apresentando FS = 1,5.....	103
Figura 64: Seção esquemática - Soluções Geotécnicas para a Solução 06 da Avenida 02 (Seção A).....	104
Figura 65: Seção esquemática - Soluções Geotécnicas para a Solução 02 da Avenida 03 (Seção B).....	105
Figura 66: Seção esquemática – Posicionamento da Placa de Recalque para a Solução 02 da Avenida 03 (Seção B).....	107
Figura 67: Detalhe de Projeto da Placa de Recalque.....	107

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Justificativa	11
1.2. Definição do Problema	12
1.3. Objetivo geral	12
1.4. Objetivos específicos	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1. Solos Moles: Formação e comportamento mecânico.....	13
2.1.1. Gênese e ocorrência no território brasileiro	15
2.1.2. Comportamento geomecânico de solos moles: Adensamento e resistência ...	18
2.2. INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA	23
2.2.1. Investigações Preliminares: Sondagem a percussão – SPT	23
2.2.2. Investigações Complementares: Ensaio de Piezocone - CPTu	24
2.2.3. Resistência Não Drenada (Su)	27
2.2.4. Ensaio de Palheta - Vane Shear Test.....	27
2.2.5. Ensaio de Adensamento.....	30
2.2.6. Histórico de Tensões (OCR).....	32
2.3. PROJETO DE ATERROS SOBRE SOLOS MOLES.....	37
2.3.1. Análise de Estabilidade	37
2.3.2. Análises de Recalques	42
2.4. TÉCNICAS DE MELHORAMENTO E SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS.....	47
2.4.1. Substituição de solos moles	47
2.4.2. Sobrecarga temporária	49
2.4.3. Compensação de recalques	49
2.4.4. Bermas laterais de equilíbrio	50
2.4.5. Aterros Leves	50
2.4.6. Aterros em etapas	51
2.4.7. Aterros sobre drenos verticais	52
2.4.8. Aterros sobre estacas.....	53
2.4.9. Aterros reforçados com geossintéticos	54
2.5. PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO E MONITORAMENTO GEOTÉCNICO.....	56
3. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DA OBRA	60
3.1. LOCALIZAÇÃO	60
3.2. DADOS DA OBRA.....	61
3.3. DADOS DO SUBSOLO	62
3.3.1. Caracterização geológica	62

3.3.2. Campanha de investigação geotécnica	63
4. METODOLOGIA.....	73
4.1. Definição das Seções Críticas de Análise.....	74
4.2. Parâmetros Geotécnicos Adotados	79
4.3. Análise de Recalque	80
4.4. Análise de Estabilidade	86
4.5. Premissas para a Definição das Soluções Geotécnicas	86
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	89
5.1. SEÇÃO A	89
5.2. SEÇÃO B	99
5.3. SOLUÇÕES GEOTÉCNICAS FINAIS DE PROJETO	104
5.3.1. Plano de Monitoramento Geotécnico	106
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	110
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
APÊNDICE	114

1. INTRODUÇÃO

O litoral brasileiro, de extensão continental e ocupação desde o período colonial, concentra altas densidades demográficas e uma rede urbana diversificada, configurando-se como área estratégica para o desenvolvimento econômico e social do país (Silva, 2021). Neste contexto, o litoral de Santa Catarina destaca-se significativamente no cenário nacional, com municípios como Florianópolis, Balneário Camboriú, Itapema e Porto Belo se destacando e apresentando significativo crescimento populacional e imobiliário (Zanon, 2024).

Contudo, embora que contribua para o desenvolvimento econômico do país, o avanço da urbanização tem levado à carência de terrenos favoráveis à construção, resultando na necessidade de ocupação de áreas menos adequadas do ponto de vista da engenharia, como aquelas constituídas por solos moles (Magnani, 2006).

Depósitos de solos moles, comuns em costas oceânicas e várzeas ribeirinhas, são encontrados em diversas cidades brasileiras, como Recife (PE), Rio de Janeiro (RJ) e Porto Alegre (RS), sendo geralmente definidos como solos argilosos saturados, com baixa resistência ao cisalhamento e à permeabilidade, além de elevada compressibilidade (Neto *et al.*, 2022). Tais características resultam em desafios significativos para a Engenharia Civil, especialmente porque, quando submetidos a carregamentos, esses solos tendem a sofrer processos de adensamento prolongados, que podem durar anos ou até décadas (Junior *et al.*, 2021).

Posto isto, para mitigar os desafios relacionados à construção sobre solos moles, diversas soluções geotécnicas têm sido propostas. Cola e Serrano (2018) sugerem, entre elas: O uso de sobrecarga temporária, com o objetivo de acelerar os recalques primários e compensar os secundários; A instalação de geodrenos, que promovem a drenagem da água intersticial; A execução de colunas de brita por vibro substituição, que reduzem o período de consolidação e redistribuem as tensões; O emprego de geogrelhas, que reforçam a fundação e aumentam a capacidade resistente do aterro; E, ainda, a construção de bermas de equilíbrio, as quais contribuem para o aumento da estabilidade e do fator de segurança, constituindo-se em alternativa rápida e economicamente viável em muitos casos.

Diante do cenário apresentado, o presente trabalho tem como principal objetivo apresentar um estudo de caso do projeto geotécnico dos aterros sobre solos moles para implantação das avenidas do condomínio de lotes '*Porto Belo Tennis Resort*' em

Porto Belo, Santa Catarina. Serão abordadas as etapas de investigação geotécnica realizadas, a caracterização das camadas de solo e as análises das soluções geotécnicas adotadas, visando a garantia do desempenho e estabilidade.

1.1. Justificativa

Este trabalho apresenta relevante justificativa técnica ao propor a análise e aplicação de soluções geotécnicas à implantação de infraestrutura viária sobre solos moles, especificamente em empreendimento residencial, localizado no litoral catarinense — região em acelerado processo de urbanização. A proposta visa contribuir com a engenharia civil por meio da sistematização de um estudo de caso real, que contempla desde a análise de dados do subsolo, fornecidos por investigações geotécnicas, até a definição de alternativas viáveis para garantir a estabilidade e o desempenho de aterros construídos em condições geotécnicas desafiadoras.

Nas regiões costeiras brasileiras, a escassez de terrenos naturalmente estáveis tem levado à ocupação de áreas compostas por solos moles, cuja natureza compressível e baixa resistência pode comprometer a segurança e a durabilidade das obras. Em muitos casos, a falta de um projeto geotécnico adequado acarreta recalques excessivos, rupturas e elevados custos de manutenção corretiva. Ainda que haja avanços em termos de normas técnicas e ferramentas computacionais, a seleção criteriosa de soluções exige o domínio de práticas consolidadas e a capacidade de adaptação às condições locais (Junior et al., 2021; Neto et al., 2022).

As soluções analisadas neste trabalho — como o uso de sobrecargas temporárias, geodrenos, colunas de brita, geossintéticos e bermas de equilíbrio — foram escolhidas com base em critérios técnicos de eficiência, viabilidade econômica e compatibilidade com o local, demonstrando o compromisso com o planejamento sustentável das obras.

Este trabalho busca não apenas consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo da formação acadêmica, mas também retribuir à comunidade técnica e à sociedade por meio da produção de um material de referência aplicável a contextos semelhantes em todo o território nacional.

1.2. Definição do Problema

O problema deste trabalho pode ser definido pela seguinte pergunta: como desenvolver um projeto geotécnico para a implantação de aterros viários sobre solos moles em condomínio de lotes residencial, considerando as características geotécnicas locais e as necessidades do empreendimento?

1.3. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um projeto geotécnico dos aterros viários para implantação das avenidas do condomínio de lotes '*Porto Belo Tennis Resort*', situado no município de Porto Belo, em Santa Catarina - Brasil.

1.4. Objetivos específicos

Este trabalho se propõe a atingir os seguintes objetivos específicos:

- a) Desenvolver a concepção do projeto geotécnico dos aterros viários com base nas condições do subsolo e nas necessidades do empreendimento;
- b) Avaliar a estabilidade dos aterros viários com uso de ferramentas computacionais;
- c) Apresentar as soluções geotécnicas finais, adotadas no projeto, justificando tecnicamente sua escolha e adequação às condições locais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho aborda temas essenciais para o desenvolvimento de projetos geotécnicos em áreas com solos moles, destacando os desafios associados a esse tipo de subsolo e as soluções técnicas disponíveis para sua superação. Serão explorados conceitos sobre a caracterização e o comportamento dos solos moles, os processos de adensamento e recalque, bem como as principais técnicas de melhoria e reforço do solo, como sobrecargas temporárias, geodrenos, colunas de brita, geossintéticos e bermas de equilíbrio. Além disso, será discutido o uso de ferramentas computacionais aplicadas à análise de estabilidade, com o objetivo de garantir a segurança, eficiência e viabilidade das obras de infraestrutura em terrenos com baixa capacidade de suporte.

2.1. Solos Moles: Formação e comportamento mecânico

Solos moles são descritos como depósitos compostos predominantemente de partículas siltosas ou argilosas que tipicamente apresentam baixa resistência ao cisalhamento, alta compressibilidade e baixa permeabilidade (Mohamad *et al.*, 2015).

A identificação dos solos moles pode ser realizada seguindo a NBR 6484 (ABNT, 2020), que classifica os solos argilosos e silto-argilosos, como sendo de consistência muito mole ou mole de acordo com a sua resistência à penetração (N), obtida por meio do ensaio SPT (Standard Penetration Test), conforme apresenta a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos solos segundo a NBR 6484:2020

Solo	Índice de resistência à penetração N	Designação
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 a 8	Pouco Compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
	> 40	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	20 a 30	Muito rija(o)
	> 30	Dura(o)

Fonte: Adaptado da NBR 6484:2020

De forma complementar, a literatura apresenta outros métodos para o reconhecimento de solos argilosos de consistência mole, como através da determinação do Índice de Consistência (IC) e da resistência à compressão simples (Pinto, 2006).

Proposto por Terzaghi, o Índice de Consistência é determinado através da Equação 1, utilizando dos limites de Atterberg. Conforme apresenta a Tabela 2, as argilas classificadas como moles são aquelas que apresentam um índice de consistência inferior a 0,5.

Equação 1: Índice de consistência

$$IC = \frac{LL - w}{LL - LP}$$

Onde:

LL = Limite de liquidez;

w = Teor de umidade;

LP = Limite de plasticidade

Tabela 2: Estimativa da consistência das argilas através do índice de consistência

Consistência	Índice de consistência
Mole	< 0,5
Média	0,5 a 0,75
Rija	0,75 a 1
Dura	> 1

Fonte: Adaptado de Pinto (2006)

Já a determinação da consistência das argilas através do ensaio de compressão simples, para amostras indeformadas, é expressa pelos termos apresentados na Tabela 3. Constata-se que as argilas moles a muito moles apresentam resistência à compressão simples abaixo de 50 kPa.

Tabela 3: Determinação da consistência das argilas através da resistência à compressão simples

Consistência	Resistência (kPa)
muito mole	< 25
mole	25 a 50
média	50 a 100
rija	100 a 200
muito rija	200 a 400
dura	> 400

Fonte: Adaptado de Pinto (2006)

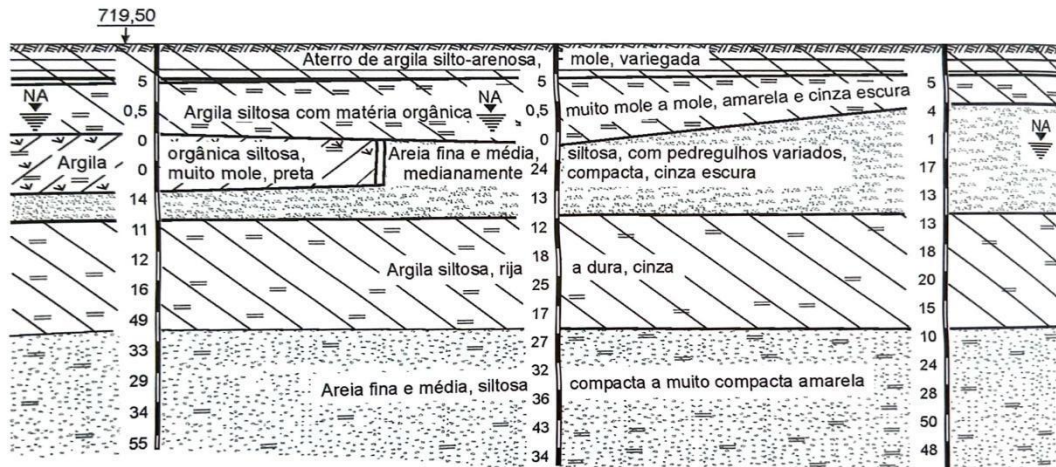
2.1.1. Gênese e ocorrência no território brasileiro

Pedreira *et al.* (2008) definem os solos moles como depósitos de formação geológica de idade recente. Outrossim, Massad (2010) indica que a deposição e formação de argilas moles remonta ao período Quaternário, podendo ser encontradas em variados ambientes de deposição, desde o fluvial até o costeiro.

Sendo assim, as argilas moles de formação quaternária podem ser distinguidas devido a algumas características como: o meio de deposição, água doce, salgada ou salobra; o processo deposicional, fluvial ou marinho; e/ou ainda pelo local de deposição, várzeas ou planícies de inundação, praias, canais de mar, entre outros (MASSAD, 2010). Na literatura, a classificação devido ao processo de deposição é a mais usual, apresentando uma categorização dos solos moles em dois grupos: os de origem fluvial e os de origem marinha.

Os solos moles de origem fluvial, aluviões, formaram-se nas planícies de inundação, regiões alagáveis pelas cheias do rio, através da decantação dos sedimentos mais finos, como argilas e siltes. Por sua vez, esses depósitos comumente apresentam estratificações e intercalações com camadas de areias finas, conferindo ao solo uma heterogeneidade vertical acentuada (MASSAD, 2010), conforme é possível observar na Figura 1, a qual apresenta uma seção geológica de terreno localizado na várzea do rio Pinheiros, São Paulo.

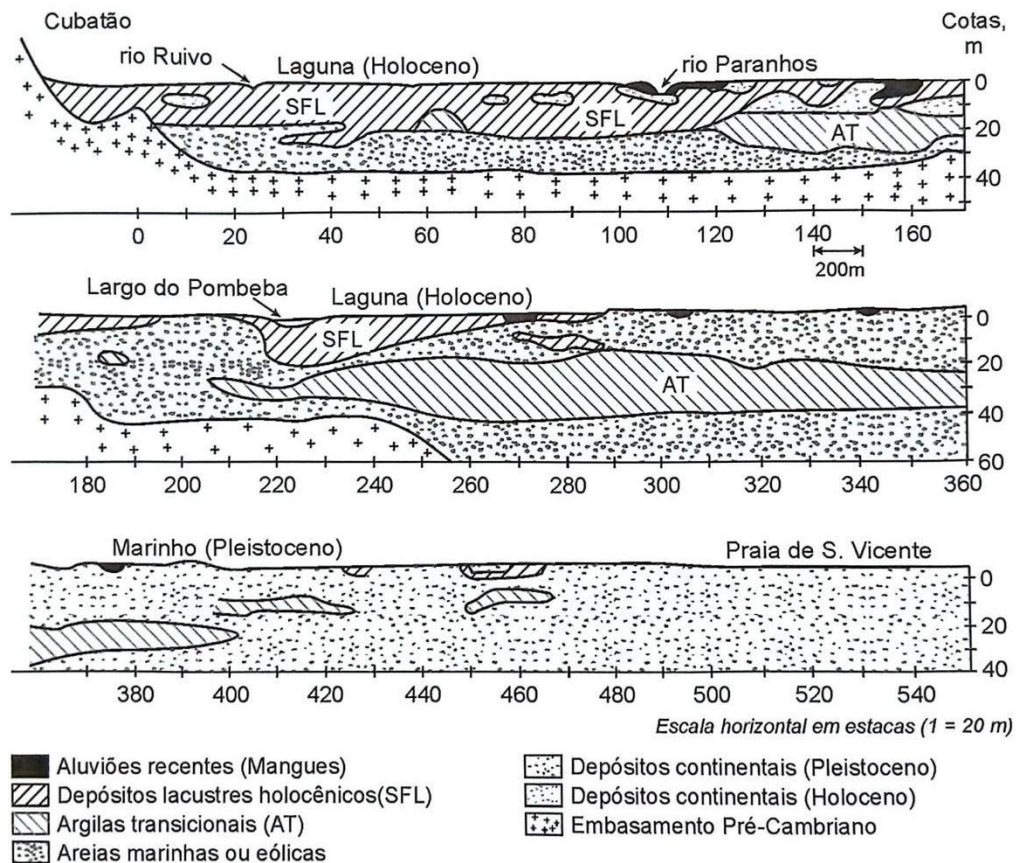
Figura 1: Seção geológica na várzea do rio Pinheiros, São Paulo - Brasil



Fonte: Massad (2010)

Os solos moles de origem marinha, têm a sua gênese associada aos movimentos de transgressão do mar, que remontam ao Holoceno e Pleistoceno, épocas geológicas do período Quaternário, conforme descrito por Massad (2010). Em um primeiro ciclo de sedimentação, formaram-se depósitos argilosos na base e arenosos no topo, muitos dos quais foram removidos pela erosão glacial. Posteriormente, com o fim da glaciação e a elevação do nível do mar, os vales fluviais foram inundados, dando origem a lagunas e baías onde se depositaram sedimentos marinhos, frequentemente compostos por areias e argilas. Essa trajetória geológica explica a forte sobreconsolidação observada em argilas mais antigas. A Figura 2 apresenta, através de seção geológica, os diferentes tipos de sedimentos formados devido ao processo de deposição marinha na Via dos Imigrantes, em São Paulo.

Figura 2: Seção geológica esquemática da via dos Imigrantes, São Paulo - Brasil



Fonte: Massad (2010)

Conforme concluem Yun *et al.* (2019), devido a sua gênese, os solos moles estão presentes em toda a extensa costa brasileira e nas regiões ribeirinhas, compreendendo uma grande parte do território nacional. Tal conclusão é corroborada pela literatura, que documenta a ocorrência de depósitos de solos moles nas regiões das cidades de Recife (PE), Rio de Janeiro (RJ), Porto Alegre (RS) e Florianópolis (SC) e também nas regiões de várzeas do Rio Pinheiros (SP), do Pantanal Mato-grossense (MT) e as bacias do Alto Xingu e Alto Araguaia (MT) (Massad, 2010).

Em Santa Catarina, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de analisar o comportamento dos solos moles e propor soluções técnicas adequadas para obras de infraestrutura sobre esse tipo de subsolo. Spada (2021), realizou a avaliação das propriedades geotécnicas de um depósito de solo mole no município de Governador Celso Ramos, com foco em recalques e estabilidade de aterros. Guesser (2019) analisou a instrumentação de aterros na BR-470, com ênfase no monitoramento de recalques e no desempenho de técnicas como geodrenos e bermas

de equilíbrio. Philippi (2020) abordou os tempos de consolidação e recalques em trechos da BR-280, comparando diferentes metodologias de tratamento do solo. Alves (2017) estudou o comportamento geotécnico dos solos moles no contorno viário de Florianópolis, destacando as soluções aplicadas. Espíndola (2011) investigou os parâmetros geotécnicos na ampliação do Aeroporto Hercílio Luz, enquanto Trojan (2018) analisou recalques em um condomínio industrial em Joinville, destacando a importância de caracterizações detalhadas do subsolo.

Esses estudos evidenciam os esforços técnicos e acadêmicos voltados à compreensão do comportamento de solos moles, que são amplamente presentes em diferentes regiões de Santa Catarina, especialmente em áreas litorâneas e urbanas em expansão, representando um desafio recorrente para a engenharia geotécnica.

2.1.2. Comportamento geomecânico de solos moles: Adensamento e resistência

De acordo com Rodrigues (2018), na construção civil, os solos moles são caracterizados por sua alta compressibilidade, baixa resistência ao cisalhamento, parcial ou completamente saturado, reduzida permeabilidade e consistência mole ou muito mole. Diante desse cenário, soluções geotécnicas são empregadas sobre solos moles para solucionar problemas envolvendo o controle de recalques e o controle de estabilidade (Marques e Almeida, 2010).

2.1.2.1. Adensamento de solos moles

A compressibilidade dos solos é definida como a redução de volume decorrente da aplicação de cargas (Caputo, 1996). Essa propriedade está diretamente relacionada aos recalques em obras de engenharia, os quais, diferentemente de outros materiais estruturais, ocorrem de forma progressiva ao longo do tempo e podem apresentar magnitudes significativas.

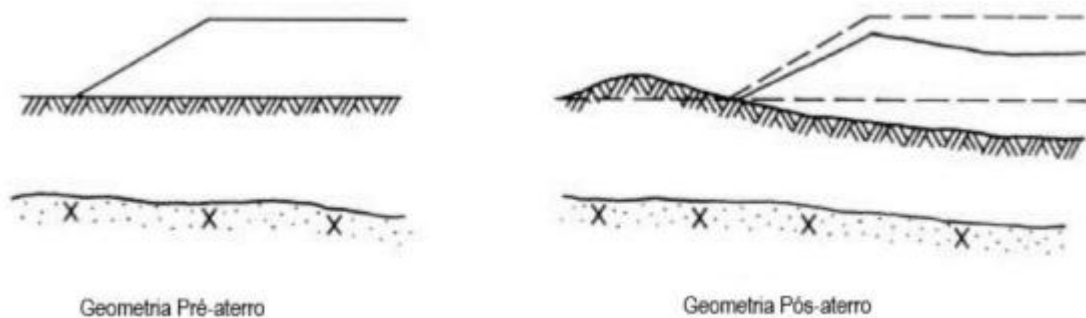
Em solos saturados e lateralmente confinados, como as argilas moles, esse comportamento manifesta-se na forma de recalques por adensamento, também denominados recalques por consolidação (Caputo, 2015).

Visto isso, é de grande interesse para os engenheiros civis, de fundações e geotécnicos a estimativa dos recalques por adensamento e a previsão de como esses

recalques podem repercutir sobre as estruturas, uma vez que apresentam grande influência na escolha da solução de engenharia a ser adotada.

Segundo Craig (2014), o adensamento é um processo gradual de redução de volume em solos totalmente saturados e de baixa permeabilidade, como as argilas moles, causado pela variação da pressão efetiva, ou pressão grão a grão.

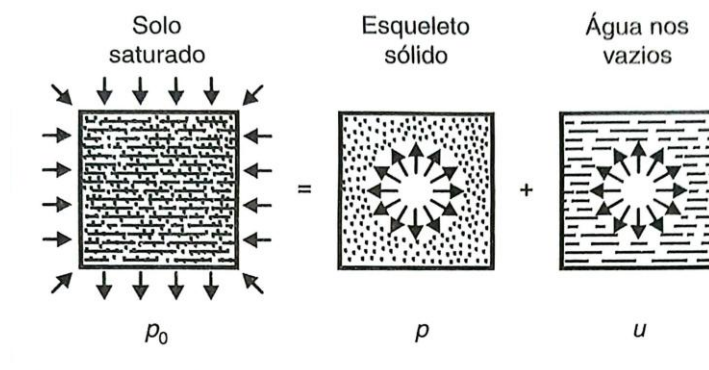
Figura 3: Adensamento das camadas de solos moles após aplicação da carga de aterros



Fonte: Bezerra (2018)

Quando cargas são aplicadas sobre a camada de solo saturado, a pressão exercida sobre esse solo (p_0) é, primeiramente, distribuída entre o esqueleto sólido, resultando na pressão efetiva (p), ou pressão grão a grão, e água presente nos vazios intergranulares, resultando na denominada pressão neutra (u), conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4: Distribuição de tensões em solos saturados



Fonte: Caputo (2015)

Uma vez que a água apresenta a tendência de escoar para os meios drenantes, adjacentes à camada de solo saturado, a pressão total, antes distribuída entre água e

esqueleto granular, agora encontra-se concentrada no esqueleto granular, ocorrendo assim, o aumento da tensão efetiva do solo.

Assim sendo, ocorre o recalque por adensamento, deslocamento vertical da superfície em decorrência dessa variação de volume ao longo das diferentes etapas do processo de adensamento (Craig, 2014).

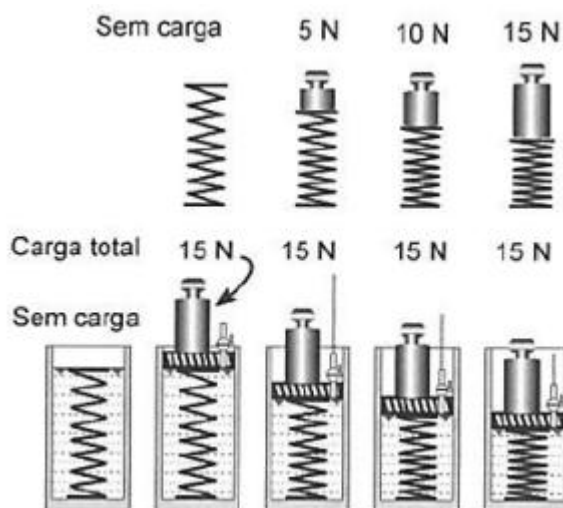
Além do adensamento propriamente dito, ainda se consideram outras etapas, como a compressão inicial ou imediata, que representa a deformação da camada de argila decorrente da aplicação súbita de carga, e a compressão secundária ou secular, associada à acomodação e deformação lenta do esqueleto sólido formado pelas partículas do solo (Caputo, 2015).

Diante da complexidade desses processos e da necessidade de compreendê-los e prevê-los ao longo do tempo, foram desenvolvidos modelos teóricos para descrever o comportamento do adensamento dos solos. Conforme destaca Caputo (2015), a teoria do adensamento é considerada uma das mais desenvolvidas da literatura geotécnica, com avanços significativos desde os estudos iniciais de Tyndall, em 1856, até os trabalhos de Terzaghi e Fröhlich, em 1936.

O processo de adensamento dos solos, segundo a hipótese proposta por Terzaghi (1941), ocorre de forma contínua e pode ser dividido em duas etapas: primária e secundária. Inicialmente, durante o adensamento primário, a água livre presente nos vazios do solo é responsável por suportar a totalidade da tensão aplicada. Com o decorrer do tempo, essa água é expulsa e sua influência torna-se mínima, marcando o início do adensamento secundário. Nessa nova fase, a carga aplicada é transferida para a estrutura do solo, sendo inicialmente absorvida pela fração viscosa e, posteriormente, redistribuída de maneira gradual para a parte sólida.

Terzaghi utilizou de uma analogia mecânica para explicar o adensamento dos solos saturados (Figura 5), comparando o solo a uma mola inserida em um pistão cheio de água, com um pequeno orifício representando a permeabilidade (BIZ, 2021). Ao aplicar uma carga constante, a água inicialmente suporta todo o esforço, impedindo a deformação da mola. Com o tempo, a água escoava lentamente pelo orifício, transferindo progressivamente a carga para a mola, que então começa a se deformar de forma proporcional ao carregamento (Pinto, 2006).

Figura 5: Analogia mecânica proposta por Terzaghi para o adensamento em solos saturados



Fonte: Pinto (2006)

Na formulação de sua teoria do adensamento, Terzaghi adotou um conjunto de premissas fundamentais. Entre elas, considera-se que o solo está completamente saturado e que tanto a deformação quanto o escoamento da água ocorrem em uma única direção. Assume-se ainda que o solo é homogêneo, formado por um meio contínuo mesmo sendo constituído por partículas sólidas e vazias. A água e os grãos são considerados praticamente incompressíveis em relação à compressibilidade do solo como um todo. Além disso, o escoamento segue a Lei de Darcy, as propriedades do solo permanecem constantes durante o processo e o índice de vazios varia linearmente com o aumento da tensão efetiva (Pinto, 2006)

2.1.2.2. Resistência ao Cisalhamento

Segundo Das e Sobhan (2015), a resistência ao cisalhamento de um solo pode ser definida como à capacidade que ele possui, por unidade de área, de se opor à ruptura ou ao deslocamento ao longo de superfícies internas. Para o desenvolvimento de projetos geotécnicos, a análise da resistência ao cisalhamento dos solos é essencial, sendo a obtenção precisa e confiável dos parâmetros de resistência ao cisalhamento indispensável para a prática da engenharia geotécnica (Carvalho, 2022).

De acordo com Terzaghi e Perk (1948), na mecânica dos solos, a ruptura de solos costuma ser representada pelo critério de resistência de Mohr-Coulomb, amplamente utilizado para descrever o comportamento desses materiais.

De acordo com o critério de Mohr (1990), a ruptura de um material ocorre quando, no plano de falha, a combinação entre a tensão normal e a tensão cisalhante atinge um valor crítico, caracterizado por uma tensão de cisalhamento máxima ($\tau = f(\sigma)$).

Para simplificar o uso desse critério, Mohr propôs que essa envoltória, que apresenta, curva pode ser adequadamente aproximada por retas, facilitando sua obtenção a partir dos resultados de ensaios de compressão e tração uniaxiais. O critério de ruptura de Mohr-Coulomb, expresso em termos de tensão efetiva, ou seja, pela tensão suportada pela parte sólida do solo, será o seguinte:

Equação 2: Plano de ruptura como uma função da tensão efetiva do solo

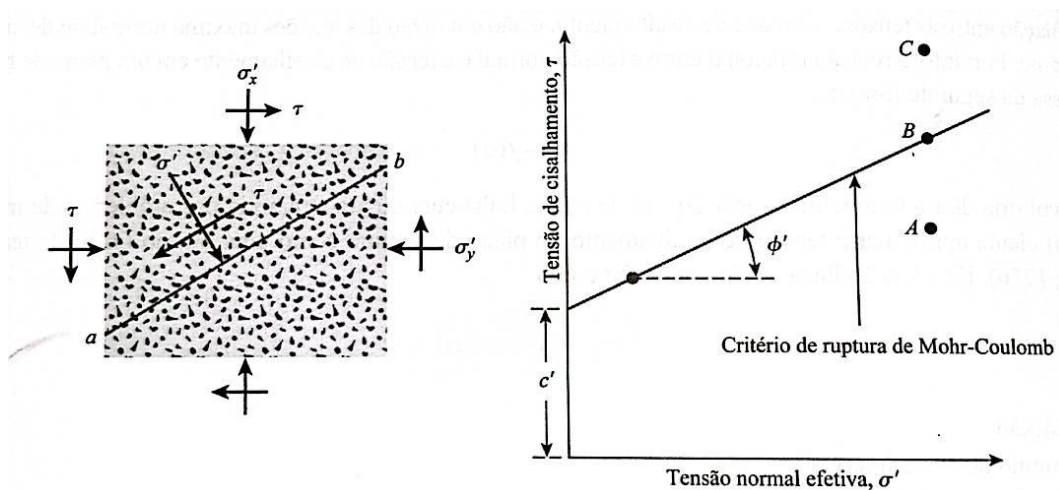
$$\tau_f = c' + \sigma' \operatorname{tg} \phi'$$

Onde:

c' : Coesão;

ϕ' : Ângulo de atrito interno;

Figura 6: Representação gráfica do critério de ruptura de Mohr-Coulomb



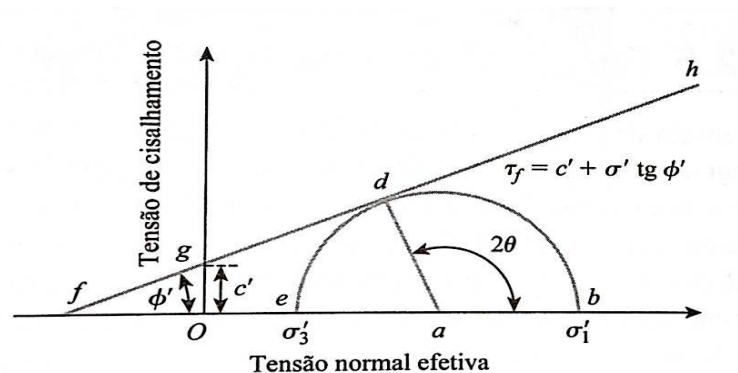
Fonte: Das e Sobhan (2015)

O parâmetro c' , também conhecido como intercepto de coesão, tende a ser aproximadamente zero em argilas normalmente adensadas, enquanto em argilas sobreadensadas pode apresentar valores significativamente maiores. Já o ângulo de atrito interno (ϕ'), também chamado de ângulo de atrito drenado, é característico de

solos granulares, como areias e siltes, refletindo a resistência ao cisalhamento resultante do atrito entre partículas (Das e Sobhan, 2015).

Ao se traçar essa envoltória para um determinado material, torna-se possível avaliar se um estado de tensões causará a falha: basta construir o círculo de Mohr correspondente às tensões principais ($\sigma_3 =$ máxima, $\sigma_1 =$ mínima) e verificar se ele intercepta a envoltória (Equação 2).

Figura 7: Círculo de Mohr-Coulomb



Fonte: Das e Sobhan (2015)

2.2. INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA

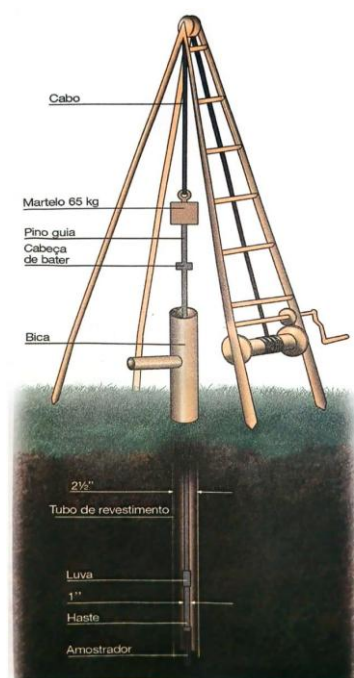
Segundo Schnaid e Odebrecht (2012), os projetos geotécnicos, independentemente de sua natureza, são geralmente elaborados com base em ensaios de campo, que fornecem dados fundamentais para a definição adequada da estratigrafia do subsolo e para a estimativa das propriedades de comportamento dos materiais presentes.

Marques e Almeida (2010) ainda destacam, a programação e a execução das investigações para elaboração de projetos sobre solos moles são compostas por campanhas de investigação preliminar, para a determinação do perfil estratigráfico, e por ensaios complementares, de campo e laboratoriais, com o objetivo de melhorar o embasamento dos parâmetros utilizados durante a fase de projeto.

2.2.1. Investigações Preliminares: Sondagem a percussão – SPT

O ensaio de sondagem a percussão, também conhecido como *Standard Penetration Test* (SPT), é considerada a ferramenta de investigação geotécnica mais rotineira e econômica, sendo utilizada em praticamente todos os países (Schnaid e Odebrecht, 2012). Através do registro dos golpes necessários para a cravação de 30 cm de um amostrador no solo, utilizando dos golpes ocasionados pela queda livre de um martelo de 65,0 kg de uma altura de 75 cm, é possível obter algumas informações do subsolo, como a identificação das diferentes camadas, bem como resistências e consistências dos solos.

Figura 8: Esquema representativo do ensaio de SPT



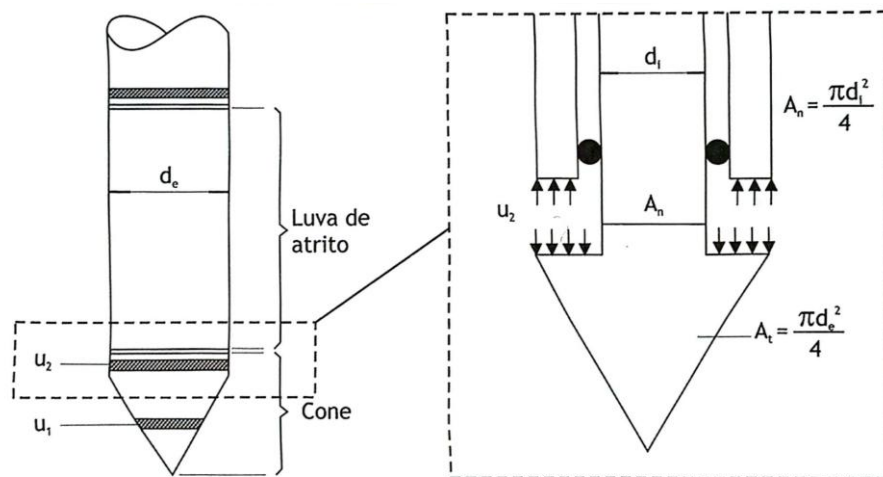
Fonte: Schnaid e Odebrecht (2012)

Entre as principais vantagens desse método de investigação geotécnica em relação aos demais, destacam-se o baixo custo, a simplicidade dos equipamentos utilizados e a possibilidade de obtenção de um valor numérico que pode ser relacionado a diversas características geomecânicas, por meio de regras empíricas utilizadas em projetos.

2.2.2. Investigações Complementares: Ensaio de Piezocone - CPTu

O ensaio de piezocone, ou *Piezocone Penetration Test* (CPTu), é um método de investigação geotécnica com alto nível de confiabilidade, capaz de fornecer resultados para uma ampla gama de utilizações em projetos geotécnicos. Dentre as suas principais aplicações, destaca-se a determinação da estratigrafia de perfis de solos, previsão da capacidade de carga dos solos de fundação até a determinação de propriedades dos materiais, especialmente nos casos de solos moles (Schnaid e Odebrecht, 2012).

Figura 9: Detalhe da sonda utilizada no ensaio de CPTu



Fonte: Almeida e Marques (2010)

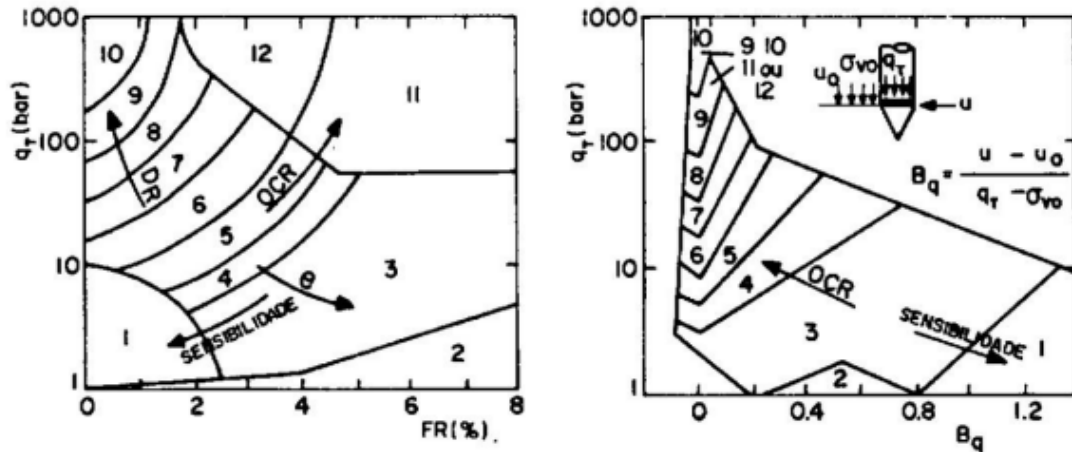
A realização do ensaio consiste da cravação de uma ponteira cônica a uma velocidade constante, de aproximadamente 20 mm/s, obtendo como resultado as medidas elétricas de resistência de ponta (q_c) e o atrito lateral (f_s), além da realização do monitoramento contínuo, ao longo do processo de cravação, da pressão ocasionada devido a água, pressão neutra (u_2).

A partir dos dados obtidos no ensaio, é possível obter diversos parâmetros geotécnicos do solo por meio de correlações empíricas. Entre esses parâmetros destacam-se:

- Classificação dos solos conforme o Soil Behavior Types (SBT);
- Histórico de tensões representado pelo OCR (Overconsolidation Ratio);
- Resistência não drenada (S_u).

Robertson et al. (1990) apresentaram ábacos destinados à identificação do comportamento dos solos com base nos resultados do ensaio de piezocone, originando o sistema de classificação denominado Soil Behavior Type (SBT).

Figura 10: Proposta para classificação dos solos (Robertson et al. (1990))



1. Solo fino sensível	7. Areia siltosa para silte arenoso
2. Material orgânico	8. Areia para areia siltosa
3. Argila	9. Areia
4. Argila siltosa para argila	10. Areia grossa para areia
5. Silte argiloso para argila siltosa	11. Solo fino duro*
6. Silte arenoso para silte argiloso	12. Areia para areia argilosa*

*pré-adensado ou cimentado

fonte: Danziger (1990) *apud* Nejaim (2015).

Posteriormente, Jefferies e Davies (1993) revisaram essa proposta, adaptando-a de modo a permitir sua utilização em planilhas computacionais, o que resultou no índice de classificação do material (I_c , material classification index). Mais tarde, Robertson e Wride (1998) simplificaram o método do I_c , introduzindo o índice revisado de classificação (I_{crw}).

Tabela 4: Classificação de solos em função do índice de classificação do material I_c e I_{cRW}

Classificação de Solo	Zona	Índice I_c	Índice I_{cRW}
Argilas orgânicas	2	$I_c > 3,22$	$I_{cRW} > 3,60$
Argilas	3	$2,82 < I_c < 3,22$	$2,95 < I_{cRW} < 3,60$
Misturas de siltes	4	$2,54 < I_c < 2,82$	$2,60 < I_{cRW} < 2,95$
Misturas de areias	5	$1,90 < I_c < 2,54$	$2,05 < I_{cRW} < 2,60$
Areias	6	$1,25 < I_c < 1,90$	$1,31 < I_{cRW} < 2,05$
Areias com pedregulhos	7	$I_c < 1,25$	$I_{cRW} < 1,31$
Solos sensitivos	1	NA	---

fonte: Schnaid e Odebrecht (2012).

2.2.3. Resistência Não Drenada (S_u)

A resistência à penetração obtida no CPTu pode ser empregada para estimar a resistência ao cisalhamento não drenada (S_u) das argilas, conforme indicado por Schnaid e Odebrecht (2012), onde o fator N_{kt} — que pode ser definido por equilíbrio limite, métodos de trajetória de tensões ou correlação com valores de S_u medidos em ensaios laboratoriais e de campo — desempenha papel fundamental.

Equação 3: Estimativa da resistência ao cisalhamento não drenada das argilas (S_u) com base no N_{kt} e valores do ensaio de CPTu

$$S_u = \left(\frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}} \right)$$

Onde:

S_u : Resistência ao cisalhamento não drenada (kPa);

q_t : Resistência de ponta do ensaio CPTu;

σ_{v0} : Tensão vertical total;

N_{kt} : Fator de capacidade de carga;

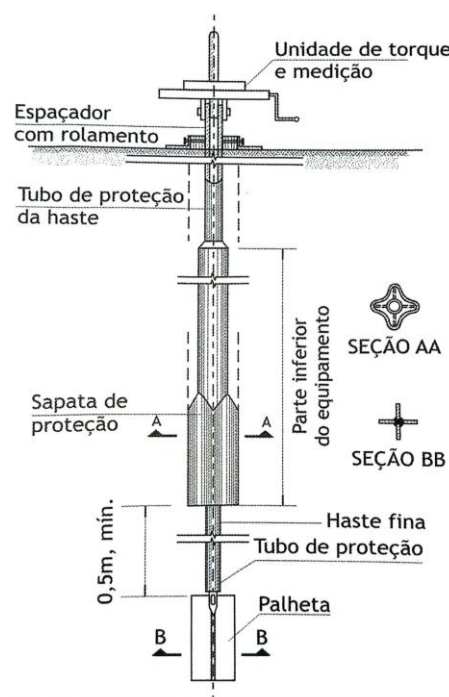
Diversos autores recomendam que N_{kt} seja ajustado para cada depósito, considerando diferentes profundidades e adotando-se posteriormente um valor médio representativo (Almeida e Marques, 2010).

2.2.4. Ensaio de Palheta - Vane Shear Test

Amplamente utilizado para a determinação da resistência ao cisalhamento de solos não drenados (S_u) de depósitos de solos moles, o ensaio de palheta ou *vane test* é utilizado de referência para a aplicação de metodologias e correlações semi-empíricas.

A realização do ensaio consiste da utilização de uma palheta de seção em forma de cruz (Figura 11), cravada em argilas saturadas e submetida a um torque, com velocidade de $6^\circ/\text{minuto}$, até que ocorra o cisalhamento do solo. Além da resistência ao cisalhamento não drenada (S_u), é possível obter a resistência amolgada (S_{ur}), medida após realização de dez revoluções completas da palheta e repetição do ensaio (Schnaid e Odebrecht, 2012).

Figura 11: Detalhe da palheta utilizada no ensaio Vane test



Fonte: Almeida e Marques (2010)

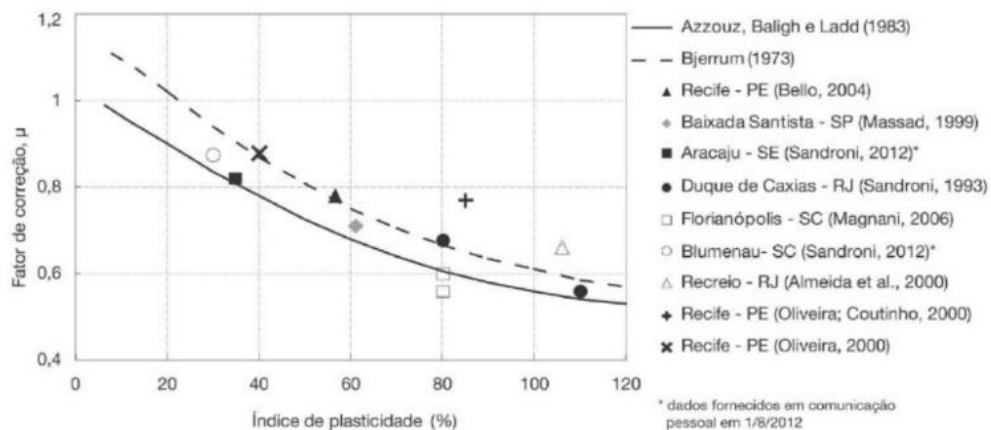
O ensaio de palheta fornece diretamente a resistência não drenada (S_u) do solo a partir do torque mobilizado durante a execução, permitindo identificar tanto a resistência de pico quanto a residual, associada ao material amolgado. Entretanto, como o valor de S_u obtido é influenciado por fatores como velocidade de carregamento, anisotropia e efeitos de fluência, torna-se necessária a aplicação de uma correção por meio de um fator empírico μ .

Equação 4: Estimativa do valor de Resistência Não Drenada Corrigida (S_u)

$$S_u(\text{corrigido}) = \mu * S_u(\text{palheta})$$

Esse coeficiente μ é derivado de retroanálises de rupturas em solos argilosos e correlacionado ao índice de plasticidade do material, conforme ilustrado no gráfico correspondente, que apresenta as curvas de correção propostas por Bjerrum (1973) e por Azzouz, Baligh e Ladd (1983), bem como dados adicionais provenientes da experiência brasileira.

Figura 12: Fator de correção empírico - μ



fonte: Schnaid e Odebrecht (2012)

Através da razão entre a resistência ao cisalhamento não drenada e a resistência amolgada, é obtida a sensibilidade da argila (St), ou seja, a tendência da camada de argila analisada perder resistência quando amolgada, conforme a classificação da Tabela 5.

Tabela 5: Classificação de argilas quanto à sensibilidade

Sensibilidade	St
Argilas insensíveis	1
Argilas de baixa sensibilidade	1-2
Argilas de média sensibilidade	2-4
Argilas sensíveis	4-8
Argilas com extra sensibilidade	> 8
Argilas com excepcional sensibilidade (quick-clays)	> 16

Fonte: Adaptado de Marques e Almeida (2010)

2.2.5. Ensaio de Adensamento

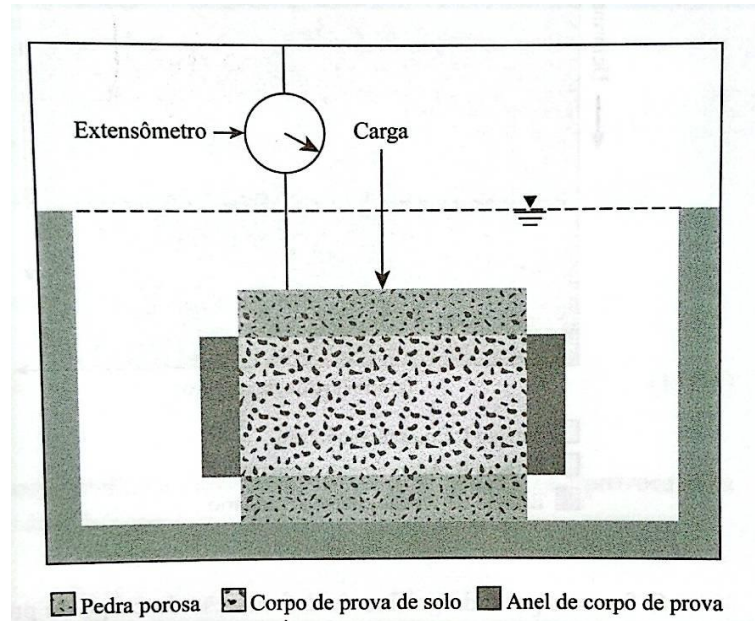
A norma ABNT NBR -12007/1990 descreve o ensaio:

O método requer que um elemento de solo, mantido lateralmente confinado, seja axialmente carregado em incrementos, com pressão mantida constante em cada incremento, até que todo excesso de pressão na água dos poros tenha sido dissipado. Durante o processo de compressão, medidas de variação da altura da amostra são feitas, e estes dados são usados no cálculo dos parâmetros que descrevem a relação entre a pressão efetiva e o índice de vazios, e a evolução das deformações em função do tempo.

A confiabilidade dos parâmetros obtidos no ensaio de adensamento depende da qualidade da amostra, que deve ser indeformada e representativa. Para solos argilosos moles, utiliza-se o tubo Shelby, cravado estaticamente conforme a ABNT NBR 9820:1997, a fim de preservar a estrutura do solo. Após a coleta, o tubo é selado para manter o teor de umidade natural até a análise em laboratório, a amostra é então extraída com cuidado (Das e Sobhan, 2015).

A preparação do corpo de prova ocorre em ambiente com umidade controlada, sendo talhado com ferramentas adequadas até ser inserido no anel edométrico. Em solos muito moles, o próprio anel pode ser cravado na amostra. Garante-se o nivelamento da amostra e sua colocação entre duas pedras porosas antes da aplicação das cargas no edômetro (Massad, 2016; Das e Sobhan, 2015).

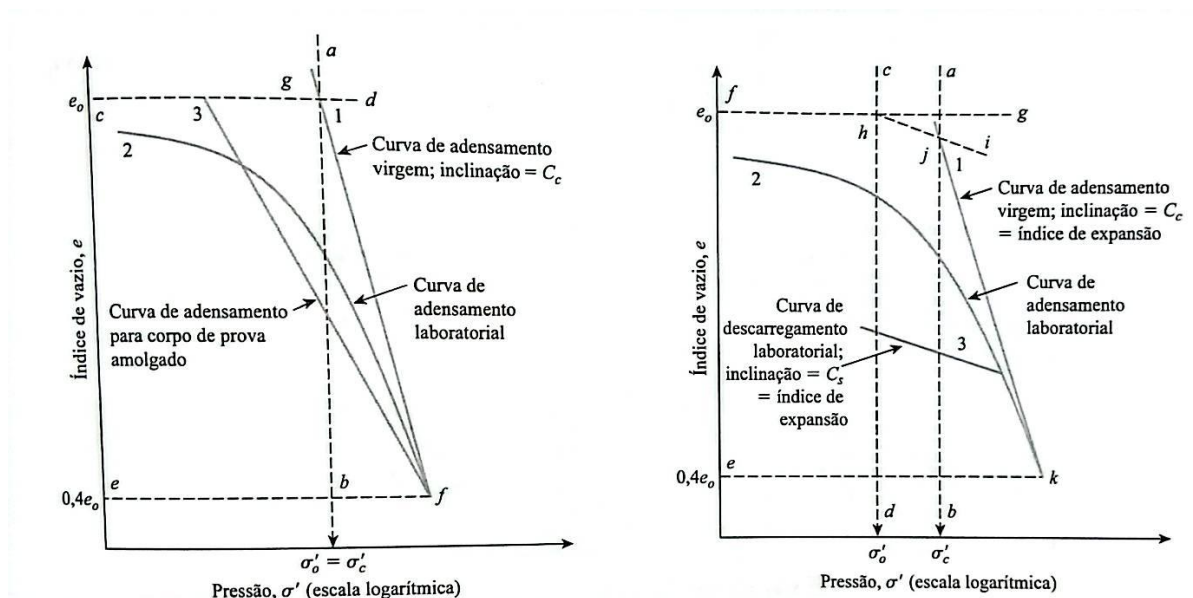
Figura 13: Configuração do ensaio de adensamento



Fonte: (Das e Sobhan, 2015)

Ao se executar um ensaio oedométrico podem ser obtidos diversos parâmetros geotécnicos de compressibilidade a partir das curvas de compressão, que representam a relação entre a variação da altura da amostra, geralmente expressa pela variação do índice de vazios (e), de acordo com as tensões verticais aplicadas.

Figura 14: Curvas de adensamento características da argila normalmente adensada com sensibilidade baixa a média



Fonte: (Das e Sobhan, 2015)

A compressibilidade da curva de adensamento do solo pode ser numericamente representada por diversos parâmetros, cada um refletindo uma característica específica do comportamento do solo frente a variações de tensão. A tensão de pré-adensamento (σ'_{vm}) representa a maior tensão efetiva vertical que o solo experimentou no passado, sendo crucial para determinar se o solo está normalmente adensado ou sobre adensado, através da determinação do OCR (*Over Consolidation Ratio*, ou razão de sobre adensamento) (Almeida e Marques, 2010).

2.2.6. Histórico de Tensões (OCR)

Com base nos resultados dos ensaios de adensamento, aliados às correlações propostas por diferentes autores é possível determinar os perfis de σ'_{vm} (tensão de pré-adensamento) e do OCR (razão de sobre adensamento) ao longo da profundidade. Estes parâmetros encontram-se definidos no item 2.2.5 mais adiante no presente trabalho.

Entre as correlações citadas, destaca-se a proposta de Kulhawy e Mayne (1990), expressa pela Equação 5, na qual o coeficiente k_1 proposto pelos autores, desempenha papel central; seus valores podem ser encontrados na literatura para diferentes depósitos de argilas brasileiras (Tabela 6).

Equação 5: Tensão de pré-adensamento σ'_{vm} conforme correlação proposta por Kulhawy e Mayne (1990)

$$\sigma'_{vm} = k_1 \cdot (q_t - \sigma_{v0})$$

Onde:

σ'_{vm} : Tensão de pré-adensamento do solo (kPa) ;

k_1 : Coeficiente de correlação de Kulhawy e Mayne (1990);

q_t : Resistência de ponta do ensaio CPTu;

σ_{v0} : Tensão vertical total;

Tabela 6: Classificação Valores de K1 das argilas brasileiras

Referência	K1	Local
Massad (2009)	0,333	Santo Amaro (SP)
Massad (2009)	0,333	Unisanta (SP)
Massad (2009)	0,256	Barnabé (SP)
Almeida et al. (2005 apud Massad, 2009)	0,290	Sarapuí (RJ)
Futai, Almeida e Lacerda (2001 apud Massad, 2009)	0,143	Duque de Caxias (RJ)
Coutinho, Oliveira e Oliveira (2000 apud Massad, 2009)	0,222	Recife (PN) (RRS1) Camada 1
Brugger et al. (1997 apud Massad, 2009)	0,313	Sergipe (SE) TPS
Oliveira et al. (2001 apud Massad, 2009)	0,263	Santa Catarina (SC)
Odebrecht, Schnaid e Mantaras (2012)	0,180	Santos (SP)
Jannuzi (2009)	0,150	Sarapuí (RJ)
Baroni (2010)	0,150	Barra da Tijuca (RJ)
Soares (1997)	0,301	Porto Alegre (RS)
Teixeira, Sayão e Sandroni (2012)	0,200	Barra da Tijuca (RJ)

fonte: Schnaid e Odebrecht (2012)

Por sua vez, a correlação apresentada por Chen e Mayne (1996) faz uso do coeficiente k_2 na estimativa dos parâmetros de adensamento. Os valores desse coeficiente, obtidos para diferentes argilas brasileiras, estão compilados na Tabela 7.

Equação 6: Tensão de pré-adensamento σ'_{vm} conforme correlação proposta por Chen e Mayne (1996)

$$\sigma'_{vm} = k_2 \cdot (q_t - u_2)$$

Onde:

σ'_{vm} : Tensão de pré-adensamento do solo (kPa) ;

k_2 : Coeficiente de correlação de Chen e Mayne (1996);

q_t : Resistência de ponta do ensaio CPTu;

u_2 : Poropressão do ensaio CPTu;

Tabela 7: Classificação Valores de K_2 das argilas brasileiras

Referência	Valor médio de K_2	Observação
Baroni (2010)	0,265	Argilas orgânicas muito moles da Barra da Tijuca - RJ
Jannuzi (2009)	0,265	Argilas orgânicas muito moles d Sarapuí - RJ
Soares (1997)	0,53	Argilas de Porto Alegre - RS

fonte: Schnaid e Odebrecht (2012)

A partir da determinação da tensão de pré-adensamento, torna-se possível calcular o OCR, definido como a razão entre a tensão de pré-adensamento (σ'_{vm}) e a tensão efetiva vertical atual (σ'_{vo}), conforme pode-se observar na Equação 7.

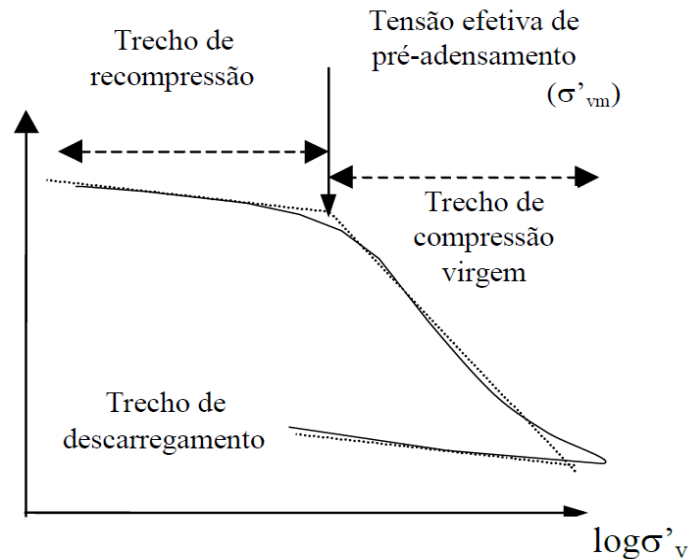
Equação 7: Determinação da razão de sobreadensamento

$$OCR = \frac{\sigma'_{vm}}{\sigma'_{vo}}$$

Quando o OCR é aproximadamente 1, o solo é classificado como normalmente adensado, o que indica que ele nunca foi submetido a tensões efetivas superiores às atuais. Nessa condição, o comportamento do solo durante o adensamento segue o trecho de compressão virgem da curva (Figura 15).

Por outro lado, quando o OCR é maior que 1, o solo é considerado pré-adensado (ou sobreadensado), o que significa que, em algum momento no passado, o solo foi submetido a tensões maiores do que a atual. Nesse caso, o solo apresenta um comportamento inicial mais rígido, seguindo o trecho de recompressão da curva de adensamento, até atingir novamente a tensão de pré-adensamento.

Figura 15: Divisão da curva de adensamento para obtenção dos índices do ensaio de adensamento



Fonte: Cordeiro (2019)

Neste contexto, o índice de vazios (e_0) e os coeficientes de compressão (C_c) e de recompressão (C_r) são parâmetros fundamentais para analisar o comportamento deformável de solos moles submetidos a carregamentos.

O índice de vazios (e_0) é obtido ao longo dos estágios do ensaio de adensamento, sendo obtido através da razão entre o volume de vazios do corpo de prova ao início do estágio e o volume de sólidos (Santos, 2015). Sua variação ao longo do ensaio é obtida com base na redução da altura da amostra ao final de cada etapa analisada.

Equação 8: Determinação do índice de vazios de cada estágio do ensaio de adensamento

$$e_0 = \frac{V_v}{V_s}$$

Onde:

e_0 : Índice de vazios;

V_v : Volume de vazios;

V_s : Volume de sólidos.

O C_c representa a variação do índice de vazios durante o adensamento de solos normalmente adensados, enquanto o C_r é aplicado na faixa de tensões abaixo da tensão de pré-adensamento, sendo geralmente menor por refletir menor deformabilidade nessa fase. Esses coeficientes são essenciais em projetos sobre solos moles, como argilas saturadas, pois ajudam a prever a magnitude dos recalques primários ao longo do tempo (Santos, 2010; Craig, 2019).

Equação 9: Determinação dos índices de compressão, expansão e recompressão

$$C_c = C_s = C_r = -\frac{\Delta e}{\Delta \log \sigma'_v}$$

Onde:

C_c : Índice de compressão (trecho virgem);

C_s : Índice de expansão (ciclo de carregamento e descarregamento);

C_r : Índice de recompressão (trecho de recompressão).

Por fim, o coeficiente de adensamento vertical (C_v) relaciona a velocidade do processo de adensamento com a permeabilidade e a compressibilidade do solo, sendo essencial na estimativa do tempo necessário para que ocorram os recalques por adensamento (Santos, 2010).

2.3. PROJETO DE ATERROS SOBRE SOLOS MOLES

2.3.1. Análise de Estabilidade

A análise de estabilidade de taludes e aterros é um procedimento técnico destinado a avaliar a probabilidade de ocorrência da movimentação das massas de solo em taludes naturais ou construídos, visando garantir a segurança dessas superfícies e do seu entorno.

Na literatura, essas análises são divididas em duas abordagens: as determinísticas, baseadas em métodos de tensão deformação e equilíbrio limite, que fornecem um fator de segurança (FS) que representa numericamente a estabilidade do talude; e as probabilísticas, que também baseadas em alguns princípios dos métodos de equilíbrio limite, incorporam a variabilidade dos parâmetros geotécnicos, e estimam a probabilidade de falha de um talude.

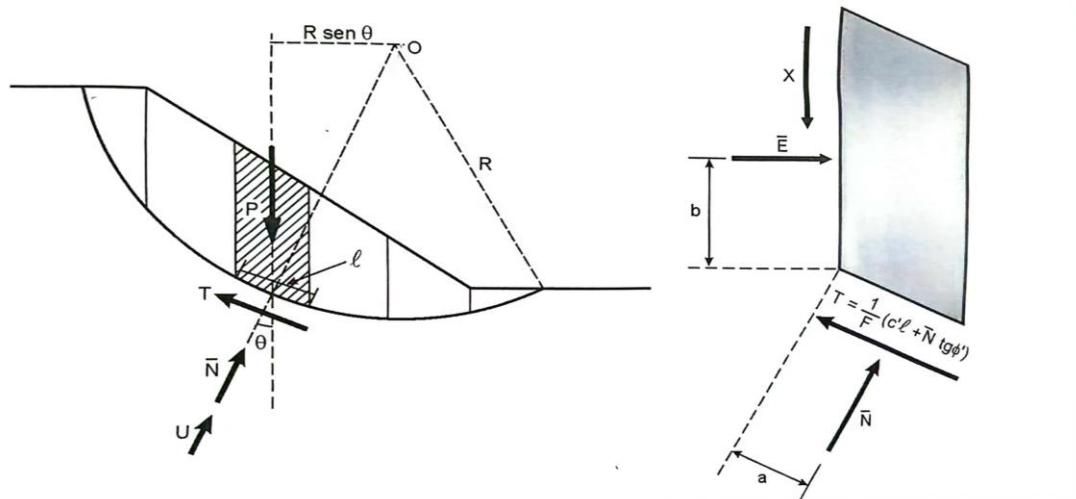
O fator de segurança é definido, pela NBR 11.682 – Estabilidade de Encostas (ABNT, 2009), como sendo o valor da razão entre as forças resistentes do solo, tensão cisalhante máxima disponível do solo, e as forças desestabilizantes, tensão cisalhante atuante ao longo da superfície de ruptura de um talude.

Conforme expõe Rodrigues (2015), a segurança de um projeto de engenharia geotécnica é comumente avaliada utilizando-se de análises determinísticas utilizando do método de equilíbrio limite, por meio da determinação de um fator de segurança (FS), conforme é possível constatar pelas normativas nacionais aplicáveis, como a norma DNIT 381/22 - PRO, para projetos de aterros sobre solos moles para obras viárias.

2.3.1.1. Método de equilíbrio limite – Método das Fatias

O método das fatias foi apresentado por Fellenius (1927) e é um método de análise determinístico de estabilidade de superfícies que consiste em dividir a superfície de ruptura preferencial, que é circular, em fatias (Figura 16), aplicando em cada uma dessas fatias as equações de equilíbrio nos sentidos horizontais ($\Sigma F_h = 0$), verticais ($\Sigma F_v = 0$) e momentos ($\Sigma M = 0$).

Figura 16: Forças atuantes em uma fatia genérica



Fonte: Massad (2010)

Sendo assim, ao aplicar as equações de equilíbrio, encontra-se um sistema de equações no qual o número de incógnitas é maior que o número de equações, sendo necessária a proposição de hipóteses simplificadoras.

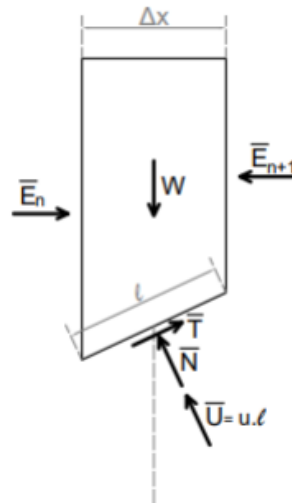
A proposição de diferentes hipóteses simplificadoras resulta no surgimento e aplicação de diferentes métodos, formulações de análise, como são os métodos de Fellenius (1927), Bishop Simplificado (1955) e Janbu Simplificado (1955), sob o critério de falha de Mohr-Coulomb.

2.3.1.1.1. Método de Bishop Simplificado

O método de Bishop Simplificado foi proposto por Alan Wilfred Bishop, em 1955, e se baseia no equilíbrio de forças atuantes de uma ruptura circular, com centro em um ponto O e com raio r , e propõe a hipótese de que a resultante das forças entre as fatias é horizontal.

A análise de estabilidade pelo método de Bishop envolve a verificação do equilíbrio de momentos em relação ao centro da superfície de ruptura, bem como o equilíbrio das forças verticais atuantes em cada fatia. Essa formulação permite a determinação das forças normais e tangenciais mobilizadas ao longo da base das fatias, possibilitando o cálculo da resistência ao cisalhamento disponível ao longo da superfície de ruptura (Filho e Fernandes, 1998).

Figura 17: Fatia de Bishop



Fonte: Massad (2003) apud Alves et al. (2023)

A resistência ao cisalhamento mobilizada na base de cada fatia é avaliada com base nos parâmetros de resistência efetiva do solo, considerando a coesão efetiva (c'), o ângulo de atrito interno efetivo (ϕ') e a influência da pressão neutra (u), que reduz a tensão efetiva atuante. Dessa forma, o fator de segurança é definido como a razão entre as forças resistentes e as forças solicitantes ao longo da superfície de ruptura.

A equação geral que descreve o fator de segurança pelo método de Bishop Simplificado pode ser expressa conforme apresentado a seguir:

Equação 10: Equação do método de Bishop Simplificado

$$FS = \frac{1}{\sum W \operatorname{sen} \alpha} \sum [c' b + (W - ub) \operatorname{tg} \phi'] / m \alpha$$

Onde:

FS : o Fator de segurança (indica a estabilidade do talude);

W : o peso da fatia (massa de solo da fatia analisada);

A : o ângulo da base da fatia em relação à horizontal;

c' : a coesão efetiva do solo;

b : a largura da fatia considerada na discretização do talude;

u : Pressão neutra (pressão de poros), que influencia a resistência ao cisalhamento.

ϕ' : Ângulo de atrito interno do solo;

$m\alpha$: Fator de correção para considerar o equilíbrio de momentos, obtido através da fórmula:

Equação 11: Fator de correção $m\alpha$

$$m\alpha = \cos \alpha \left[1 + \frac{\text{tg } \alpha \cdot \text{tg } \phi'}{FS_i} \right]$$

Onde:

$\text{Cos}\alpha$: a componente horizontal do ângulo da base da fatia.

FS_i : Valor arbitrado do fator de segurança na iteração atual.

tana : Tangente do ângulo da base da fatia.

A solução é obtida por meio de um processo iterativo, no qual se assume inicialmente um valor arbitrário para o fator de segurança inicial (FS_i) e em seguida, esse valor é utilizado na mesma fórmula para calcular um novo fator de segurança (FS). O procedimento é repetido até que o valor calculado (FS) seja igual ao valor arbitrado (FS_i), garantindo a convergência do resultado (Alves et al., 2023).

2.3.1.1.2. Método de Janbu Simplificado

O método de Janbu Simplificado constitui uma versão reduzida do método generalizado de fatias desenvolvido por Nils Janbu, em 1955, sendo amplamente aplicado na análise de estabilidade de taludes naturais e aterros. Assim como o método de Bishop Simplificado, a formulação baseia-se no princípio do equilíbrio limite, no qual o maciço potencialmente instável é subdividido em fatias verticais ao longo da superfície de ruptura.

Diferentemente do método de Bishop, o método de Janbu Simplificado considera o equilíbrio global das forças atuantes nas fatias, admitindo que as forças de interação entre as fatias possuem resultante predominantemente horizontal e desprezando as componentes verticais dessas forças laterais (Filho e Fernandes, 1998). Essa simplificação permite a obtenção de uma formulação matemática mais direta, mantendo boa representatividade do comportamento do maciço.

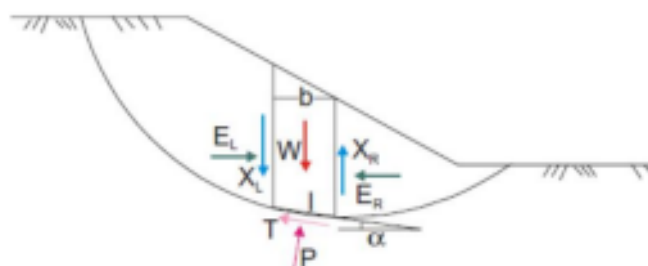
A análise considera as forças atuantes em cada fatia, incluindo o peso próprio do solo, as forças normais e tangenciais na base da fatia e a influência da pressão neutra. A resistência ao cisalhamento mobilizada ao longo da superfície de ruptura é

determinada a partir dos parâmetros efetivos do solo, conforme o critério de ruptura de Mohr-Coulomb (Filho e Fernandes, 1998).

Na formulação do método, o equilíbrio das forças é resolvido nas direções vertical e paralela à base das fatias, permitindo a determinação das tensões normais e das forças resistentes ao cisalhamento mobilizadas ao longo da superfície de ruptura (Filho e Fernandes, 1998).

Entretanto, o método não satisfaz diretamente o equilíbrio de momentos, sendo necessário empregar um fator de correção empírico, denominado f_0 , depende das características geotécnicas do solo e da geometria da superfície potencial de ruptura, podendo ser determinado por meio de ábacos ou gráficos experimentais disponíveis na literatura técnica (Yasin e Cavalcante, 2023).

Figura 18: Geometria do método de Janbu simplificado



Fonte: Yasin e Cavalcante (2023)

Dessa forma, o fator de segurança no método de Janbu Simplificado pode ser expresso pela seguinte formulação geral:

Equação 12: Equação do método de Janbu Simplificado

$$FS = \frac{f_0}{\sum W \tan \alpha} \sum [c' b + (W - ub) \tan \phi'] / \cos \alpha \cdot m_\alpha$$

Onde:

FS : o Fator de segurança (indica a estabilidade do talude);

f_0 : fator de correção empírico

W : peso da fatia (massa de solo da fatia analisada);

A : ângulo da base da fatia em relação à horizontal;

c' : coesão efetiva do solo;

b : largura da fatia considerada na discretização do talude;

u : Pressão neutra (pressão de poros), que influencia a resistência ao cisalhamento.

ϕ' : Ângulo de atrito interno do solo;

$m\alpha$: Fator de correção para considerar o equilíbrio de momentos, da fórmula já apresentada no método de Bishop Simplificado.

2.3.1.2. Condições de Análise

Os limites mínimos do Fator de Segurança, conforme estabelecido pela norma DNIT 381/22 – PRO, devem ser atendidos em todas as etapas de construção e operação de aterros viários sobre solos moles. Essas etapas incluem o período construtivo, o término da construção e o longo prazo, cada uma considerando diferentes condições de carregamento. A Tabela 8 apresenta os fatores de segurança mínimos exigidos para cada uma dessas fases.

Tabela 8: Fatores de Segurança Mínimo conforme a DNIT 381/22 - PRO

Etapa de Construção e Operação	Fator de Segurança Mínimo (F_{smin})
Período Construtivo	1,2
Final da Construção	1,3
Longo Prazo	1,5
Rebaixamento Rápido	1,3

Fonte: Adaptado da norma DNIT 381/22 - PRO

Durante o período construtivo, para a execução da análise de estabilidade considerando as cargas atuantes *in loco*, adota-se uma sobrecarga de 10 kPa, exceto em situações mais críticas, como o tráfego de equipamentos especiais, nas quais a carga deve ser analisada individualmente. Já no período operacional, considera-se uma sobrecarga de 20 kPa atuando sobre a pista e o acostamento, salvo quando houver especificações diferentes no projeto.

2.3.2. Análises de Recalques

O recalque é definido como o assentamento vertical do solo sob a imposição de cargas e a sua previsão e controle são essenciais para garantir a segurança, funcionalidade e durabilidade das obras geotécnicas. Conforme apresenta Sant (2015), para fins de análise e projeto, o recalque total é decomposto em três

componentes principais, governados por mecanismos físicos distintos e que se manifestam em escalas de tempo diferentes: o recalque inicial, imediato ou elástico, o recalque por adensamento primário e o recalque por compressão secundária.

O recalque imediato é o deslocamento vertical do solo que se manifesta logo após a aplicação de uma carga, decorrente da deformação elástica dos grãos do solo, sem que haja variação no teor de umidade ou movimentação da água contida em seus vazios (Cordeiro, 2019). Segundo Almeida e Marques (2014), por representar deslocamentos relativamente pequenos quando comparados aos recalques provocados por adensamento, esse tipo de recalque costuma ser desconsiderado em projetos de aterros de grande porte.

Nesse contexto, embora o recalque imediato tenha impacto reduzido em aterros de grande porte, os recalques residuais — resultantes, em grande parte, do adensamento de solos moles ao longo do tempo — tornam-se mais relevantes e, por isso, são objeto de controle por normas técnicas específicas.

A norma DNIT 381/2022-PRO define limites máximos admissíveis para recalques residuais, tanto no sentido longitudinal (ao longo do eixo da rodovia – Tabela 9) quanto no sentido transversal (perpendicular ao eixo – Tabela 10), com o objetivo de assegurar a estabilidade, o conforto e a durabilidade da estrutura viária. O controle desses recalques é fundamental para evitar problemas como irregularidades no pavimento, trincas e falhas estruturais, comprometimento da estabilidade dos aterros e conseqüente redução da vida útil da via.

Tabela 9: Recalques residuais máximos no sentido longitudinal do aterro viário

Verificação	Aterro Classe I	Aterro Classe II	Aterro Classe III
Recalque residual - 10 anos	2cm	Obs.1	Obs.1
Recalque residual - 25 anos	5cm	Obs.1	Obs.1

Fonte: Adaptado da norma DNIT 381/2022 - PRO

Tabela 10: Recalque residuais diferenciais máximos no sentido transversal ao aterro viário

Verificação	Aterro Classe I	Aterro Classe II	Aterro Classe III
Recalque residual - 10 anos	2cm	5cm	5cm
Recalque residual - 25 anos	5cm	10cm	10cm

Fonte: Adaptado da norma DNIT 381/2022 - PRO

Ressalta-se que os valores apresentados nas Tabelas 9 e 10 devem ser interpretados conforme as condições específicas do empreendimento, uma vez que os recalques máximos admissíveis devem ser definidos em função do tipo e da classe da rodovia, bem como de outros aspectos relevantes, como a velocidade de projeto e as características operacionais da via, conforme estabelecido pela DNIT 381/2022-PRO.

2.3.2.1. Recalque por adensamento primário

O recalque por adensamento é caracterizado pelo deslocamento vertical da superfície do solo em função da redução de volume que ocorre devido a expulsão d'água intergranular nas camadas de solos moles saturadas.

O recalque por adensamento é determinado através da Equação 13, utilizando-se dos índices obtidos no ensaio de adensamento (descritos no item 2.2.5).

Equação 13: Determinação do recalque por adensamento primário

$$\Delta h = h_{arg} \left[\frac{C_r}{1+e_0} \cdot \log \left(\frac{\sigma'_{vm}}{\sigma'_{v0}} \right) + \frac{C_c}{1+e_0} \cdot \log \left(\frac{(\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v)}{\sigma'_{vm}} \right) \right]$$

Onde:

Δh : Recalque por adensamento primário (m);

h_{arg} : Espessura da camada de solo mole (m);

e_0 : Índice de vazios;

C_c : Índice de compressão;

C_r : Índice de recompressão;

$\Delta\sigma_v$: Acréscimo de tensão no meio da camada (kPa);

σ'_{v0} : Tensão vertical no meio da camada (kPa);

σ'_{vm} : Tensão de adensamento no meio da camada (kPa).

2.3.2.2. Evolução dos recalques com o tempo

A análise da evolução do recalque primário ao longo do tempo é essencial para verificar a necessidade de intervenções geotécnicas, como a aceleração da consolidação por meio de drenos verticais, aplicação de pré-carga, uso de geossintéticos, substituição de camadas de solo compressível ou até a adoção de

soluções estruturais, como fundações profundas, que minimizem os efeitos do recalque nas estruturas.

Sendo assim, a análise da evolução do recalque primário ao longo do tempo é realizada com base na teoria de consolidação unidimensional de Terzaghi, por meio da aplicação da Equação 14 e da Equação 15.

Equação 14: Evolução dos recalques com o tempo pela Teoria de Terzaghi

$$\Delta h(t) = U_v \times \Delta h$$

Onde:

$\Delta h(t)$: Recalque por adensamento em um tempo t qualquer;

U_v : Grau de adensamento médio para o tempo t (%);

Δh : Recalque final por adensamento calculado (m - Equação 13).

O valor do grau de adensamento, representado por U_v , é determinado em função do tempo adimensional T , que, por sua vez, expressa a relação entre o tempo real decorrido e as propriedades do solo que influenciam o processo de dissipação da pressão neutra.

Equação 15: Determinação do fator T

$$T = \frac{(C_v \times t)}{H_d^2}$$

Onde:

T : fator tempo (adimensional)

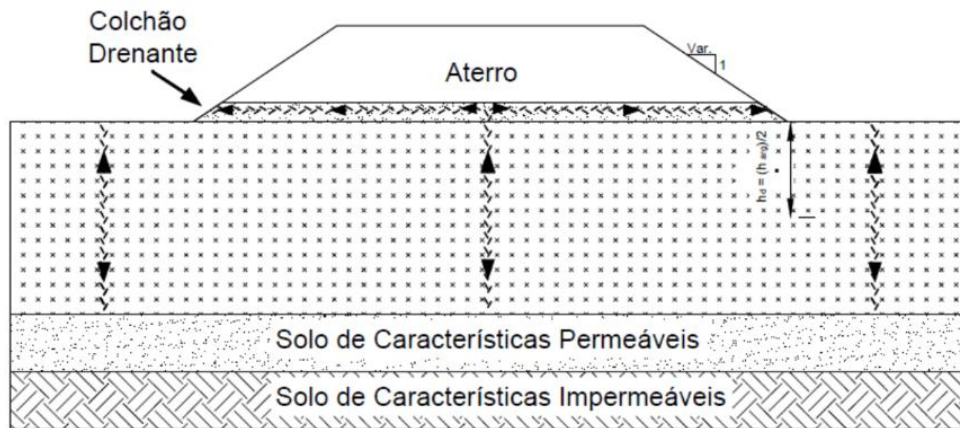
C_v : Coeficiente de adensamento (conforme o item 2.2.5);

t : tempo (meses);

H_d : Comprimento de drenagem.

O comprimento de drenagem (H_d) refere-se à maior distância que uma partícula de água precisa percorrer para alcançar uma superfície drenante. Quando a camada de solo possui drenagem em ambas as faces (superior e inferior), o comprimento de drenagem corresponde à metade da espessura da camada ($H_d = h/2$).

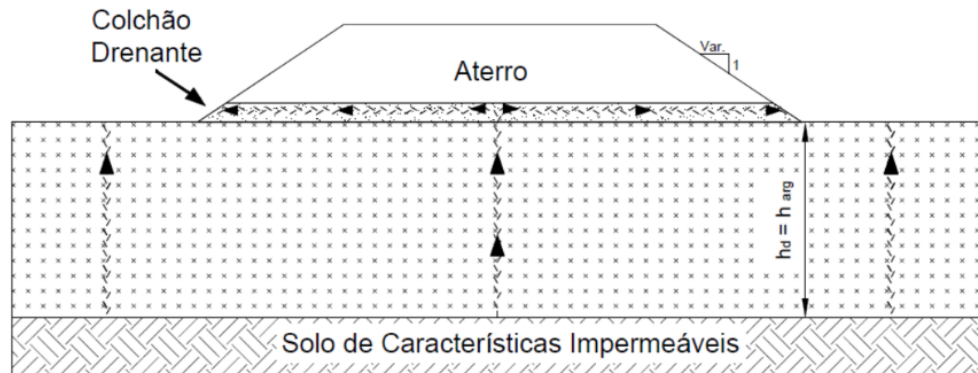
Figura 19: Seção esquemática com duas camadas drenantes



Fonte: Santos (2015)

Já nos casos em que há apenas uma face drenante, H_d é igual à espessura total da camada ($H_d = h$).

Figura 20: Seção esquemática com apenas uma camada drenante

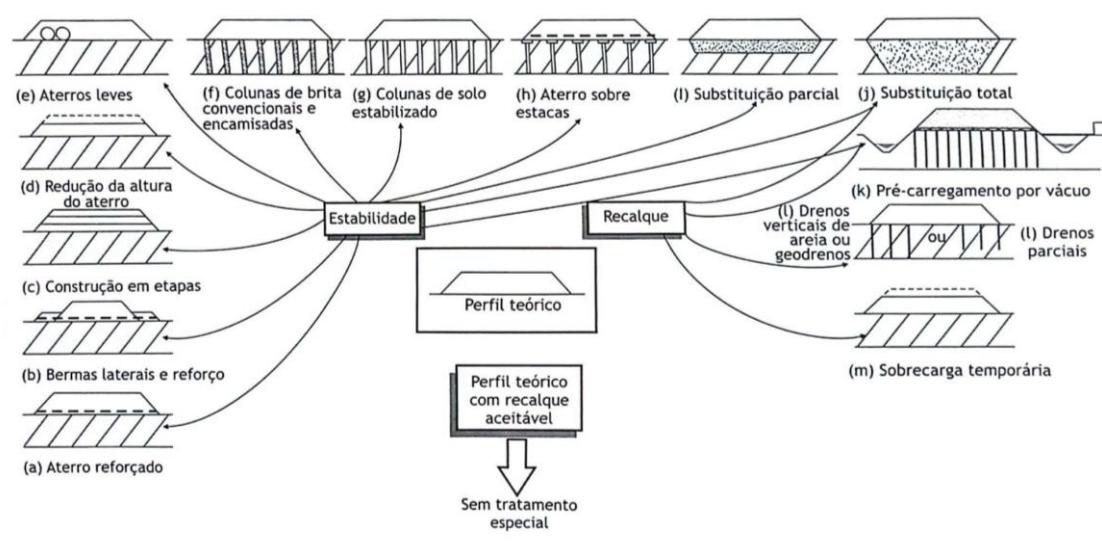


Fonte: Santos (2015)

2.4. TÉCNICAS DE MELHORAMENTO E SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

Através da Figura 21, Marques e Almeida (2010) apresentam alguns dos métodos construtivos utilizados para a execução de aterros sobre solos moles, sendo utilizados para solucionar ou minimizar os problemas relacionados aos recalques e/ou a estabilidade dos aterros.

Figura 21: Métodos construtivos de aterros sobre solos moles



Fonte: Almeida e Marques (2010)

Os autores ainda destacam que a escolha do método construtivo mais adequado deve ser realizada através da análise de diversas questões, dentre elas, os prazos construtivos, os custos envolvidos e as características geotécnicas dos depósitos existentes in loco.

2.4.1. Substituição de solos moles

A substituição das camadas de solos moles, recomendada para depósitos de solos moles de até 4m, consiste na remoção total ou parcial do material utilizando de equipamentos como dragas e escavadeiras, seguida da colocação da realização do reaterro, geralmente com materiais granulares, como rochas detonadas e rachão, em substituição ao solo mole (Almeida e Marques, 2010).

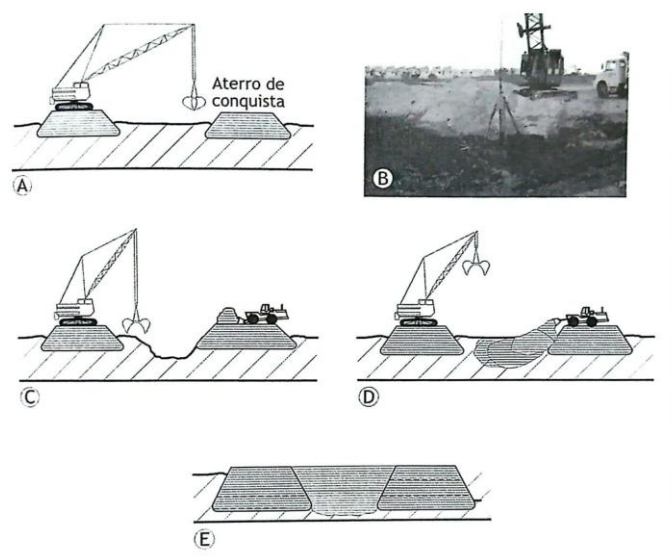
Figura 22: Remoção de camada de solos moles



Fonte: Acervo RAV Engenharia e Geotecnia

Contudo, é necessária a consideração de alguns cuidados essenciais, como o avanço em etapas e a utilização de equipamentos leves, vista a baixa capacidade de suporte da camada de solo.

Figura 23: Sequência executiva de substituição de solos moles



Fonte: Almeida e Marques (2010)

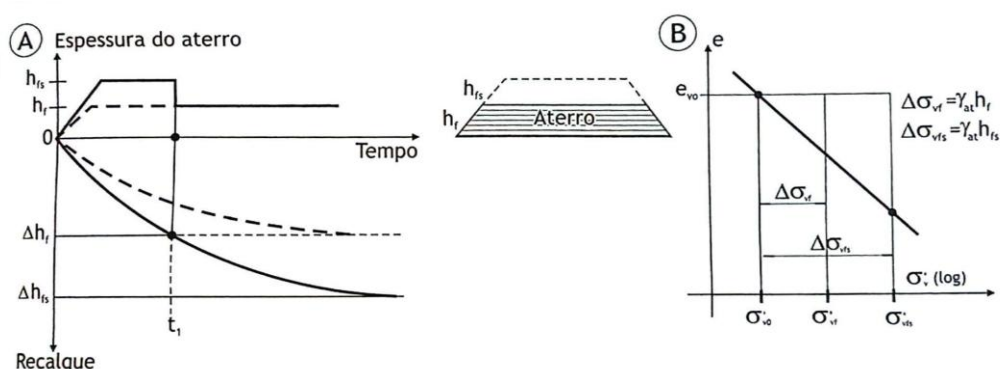
A realização da substituição dos solos moles é uma alternativa vantajosa, visto que, ao gerar a diminuição ou total retirada da camada de baixa capacidade de suporte

é possível realizar a diminuição ou completa eliminação da influência dos solos moles sobre os recalques, assim como sobre os fatores de segurança quanto à estabilidade.

2.4.2. Sobrecarga temporária

Uma prática recorrente na construção de aterros sobre solos moles é a utilização de sobrecargas temporárias. Geralmente executadas com o mesmo material do corpo do aterro, as sobrecargas temporárias correspondem a um acréscimo temporário de 20 a 30% do peso do aterro por um período especificado em projeto.

Figura 24: Aceleração de recalques com sobrecarga temporária



Fonte: Almeida e Marques (2010)

O principal objetivo para a utilização dessa solução geotécnica é o de acelerar os recalques relativos ao adensamento primário, assim como o de reduzir os recalques pós-construtivos, assim como contribuir para o cumprimento dos prazos estabelecidos no cronograma da obra (Almeida e Marques, 2010).

2.4.3. Compensação de recalques

A compensação de recalque sobre o aterro surge como solução para manter o greide de projeto em aterros que se encontram sobre solos moles ou de baixa resistência de suporte, os quais são inadequados como solo de fundação. A sua função é de compensar os recalques primários ocorridos.

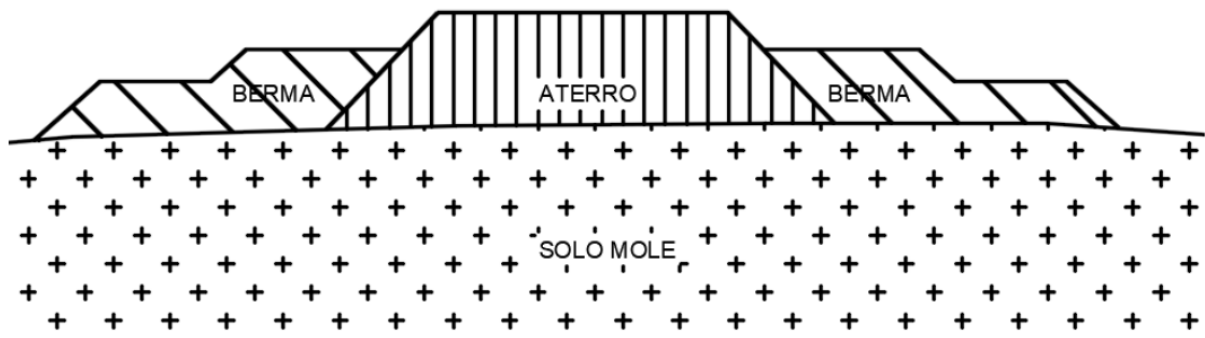
Como esses recalques decorrem da dissipação das poropressões no solo mole durante o adensamento, torna-se necessária a compensação do rebaixamento do aterro para garantir que todos os segmentos atinjam o nível final projetado. Contudo, trata-se de uma medida que não reduz o tempo de consolidação, sendo fundamental

considerar a relação entre o tempo necessário ao adensamento e o prazo disponível para a execução da obra.

2.4.4. Bermas laterais de equilíbrio

As bermas de equilíbrio são estruturas projetadas acopladas ao aterro, com o objetivo principal de servir como um contrapeso, para as tensões provocadas pelo aterro, descrito também, segundo Caputo (1998), como a geração de forças contrárias às forças provocadas pelo aterro, garantindo a estabilidade global do conjunto, de maneira que a estrutura compense os momentos instabilizantes (carga do aterro) e promova o aumento do fator de segurança. Ainda, Caputo (1998) salienta que as bermas impedem a formação de bulbos, assim como a utilização de bom material para o aterro auxilia no processo de estabilização rápida.

Figura 25: Detalhes esquemático de aterro sobre solos moles com bermas laterais



Fonte: Bouch (2017)

De acordo com Machado (2012), as bermas de equilíbrio geram um momento resistente sobre o aterro, que colabora com a resistência contra o cisalhamento do solo e o momento de ruptura gerado pela carga do aterro

Cabe-se destacar alguns fatores importantes enfatizados pelos autores e da interpretação que pode ser feita a partir deles. Portanto, para a execução de bermas de equilíbrio, deve-se levar em consideração a altura do aterro que, como pode-se observar pelas análises de estabilidade, determinam a largura da berma.

2.4.5. Aterros Leves

O uso de materiais leves no corpo do aterro contribui para a redução da magnitude dos recalques primários, ao minimizar o acréscimo de tensão vertical

gerado pela sobrecarga do aterro sobre depósitos de solos moles, além de proporcionar a melhoria das condições de estabilidade dos aterros e sua implantação mais rápida (Almeida e Marques, 2010).

Figura 26: Execução de aterro leve sobre solos moles



Fonte: Acervo RAV Engenharia e Geotecnia

A Tabela 11 apresenta o peso específico dos materiais mais comumente empregados na construção de aterros leves. Ainda, segundo Almeida e Marques (2010), o EPS tem sido amplamente utilizado, fato devido ao seu peso específico, abaixo dos demais materiais listados, assim como devido a sua alta resistência e baixa compressibilidade.

Tabela 11: Densidade dos materiais utilizados para aterros leves

Material	Peso Específico (kN/m ³)
Poliestireno expandido (EPS)	0,15 a 0,30
Tubos de concreto (ø 1,00 a 1,50m)	2 a 4
Pneus picados	4 a 6
Argila expandida	5 a 10
Serragem	8 a 10

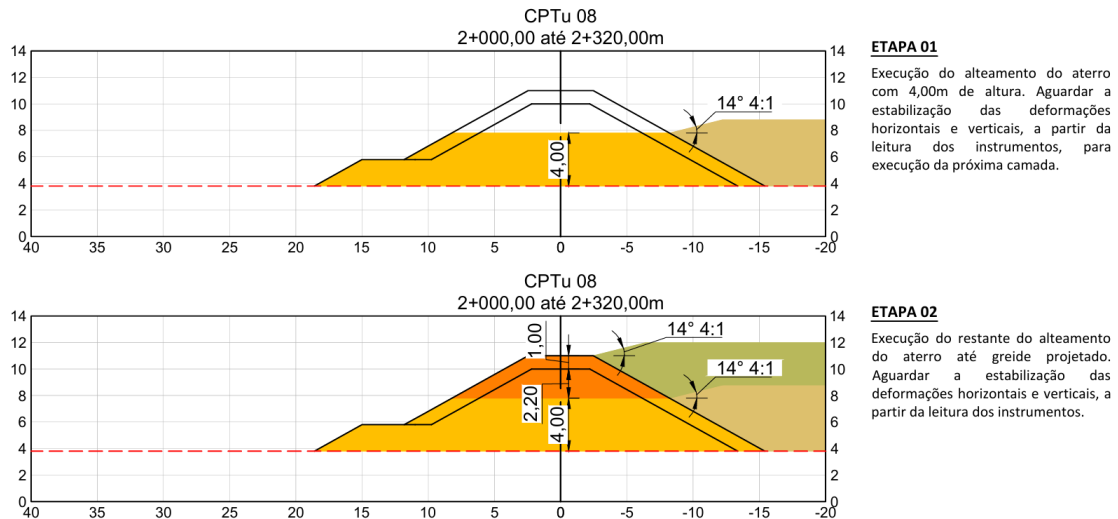
Fonte: Almeida e Marques (2010)

2.4.6. Aterros em etapas

A construção dos aterros em etapas é uma opção plausível em casos onde a resistência não drenada (S_u) das camadas do depósito de solos moles é muito baixa,

sendo verificado o risco de ruptura ao projetar a execução do aterro em etapa única. Ao construir o aterro em etapas, permite-se que ocorra um ganho gradual de resistência da argila ao longo do tempo, contribuindo para a redução do risco de instabilidade durante a construção (Marques e Almeida, 2010).

Figura 27: Seção de aterro projetado em etapas



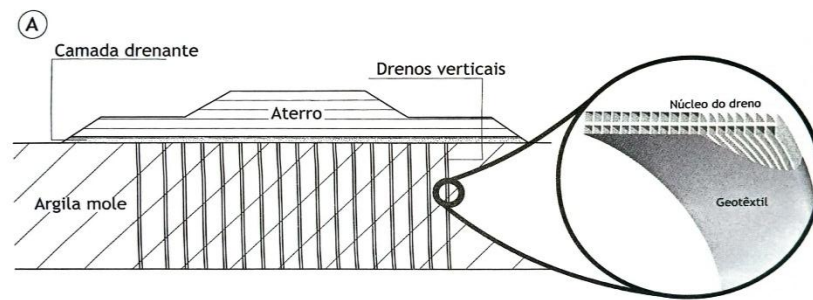
Fonte: Acervo RAV Engenharia e Geotecnia

A literatura especializada recomenda que, ainda em fase de projeto, seja realizada a verificação da estabilidade para cada etapa de alteamento, além do acompanhamento da obra, por meio do uso de instrumentação, como o uso de piezômetros e placas de recalque.

2.4.7. Aterros sobre drenos verticais

Em casos onde há a ocorrência de grandes espessuras de solos moles, recalques prolongados e que apenas a aplicação de sobrecargas temporárias pode não ser suficiente para a aceleração do processo de adensamento em período razoável, uma alternativa eficiente é a utilização dos drenos verticais (Fassad, 2010).

Figura 28: Detalhe esquemático de aterro sobre drenos verticais



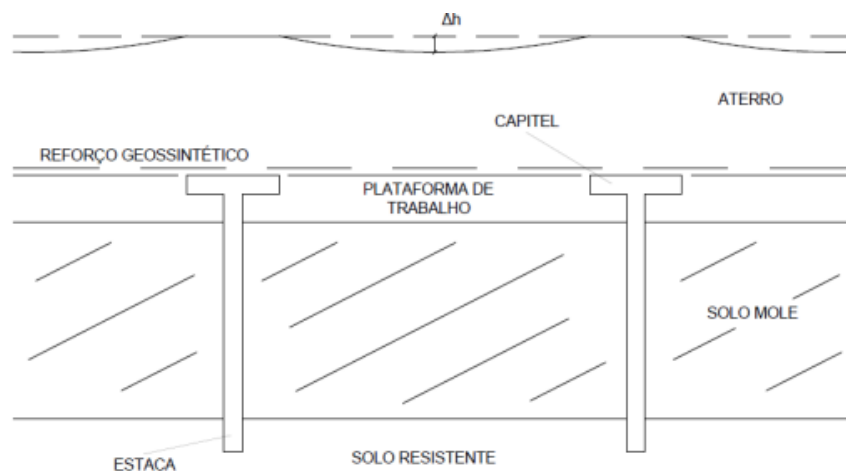
Fonte: Almeida e Marques (2010)

Os drenos verticais, geralmente executados com areia, propiciam superfícies drenantes mais próximas nas camadas de solos saturados, facilitando a expulsão da água intergranular dos solos moles, acelerando assim o processo de adensamento.

2.4.8. Aterros sobre estacas

Quando da existência de camadas de solo com maior resistência e menor compressibilidade abaixo das camadas de solos moles, umas das opções de projeto é a utilização de estacas, as quais realizam a transferência da carga dos aterros para essas camadas de solo mais competentes (Massad, 2010).

Figura 29: Esquema representativo de um aterro sobre solos moles estaqueado e seus elementos



Fonte: Giffoni et al. (2016)

Dentre as vantagens da construção dos aterros sobre estacas, Almeida e Marques (2010) destacam: aumento do controle dos recalques e redução do prazo construtivo.

2.4.9. Aterros reforçados com geossintéticos

Conforme Moraes (2019) destaca, os geossintéticos, como geotêxteis, geomembranas, geogrelhas, geoespumas e geocompósitos, desempenham funções essenciais em obras geotécnicas, atuando como elementos de separação, reforço, drenagem, filtração e contenção. Seu uso visa, principalmente, otimizar o desempenho estrutural e proporcionar soluções mais econômicas em comparação aos métodos tradicionais. Por outro lado, algumas desvantagens incluem a incerteza quanto à durabilidade do material ao longo do tempo e o risco de danos durante etapas como estocagem, manuseio e instalação.

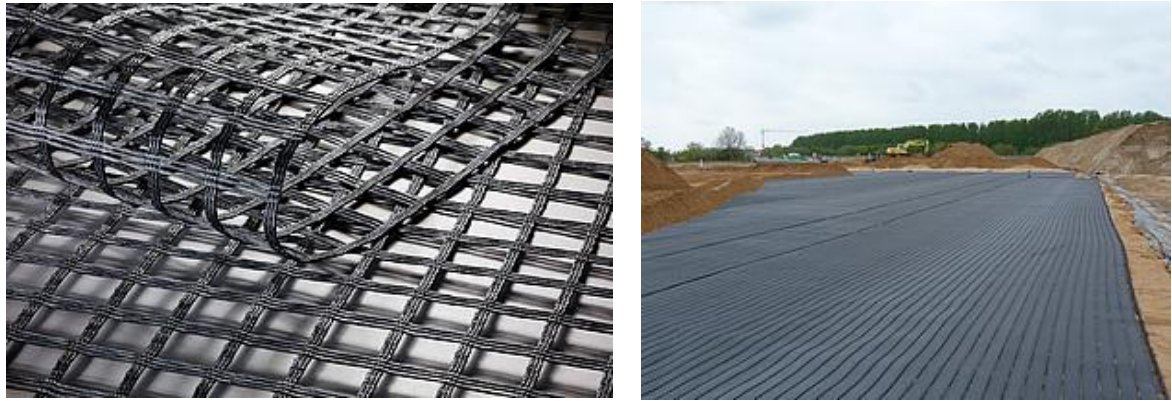
Tabela 12: Relação dos geossintéticos e sua aplicação em aterros

Geossintético	Aplicação						
	Reforço	Filtração	Drenagem	Proteção	Separação	Impermeabilização	Controle de Erosão
Geotêxtil	X	X	X	X	X		X
Geogrelhas	X						
Geomembranas					X	X	
Geocompostos	X		X			X	
Geobarras	X						
Geoespaçadores			X				
Geotiras	X						
Georredes			X				
Geotubos			X				
Geomantas						X	X
Geocélulas	X						X

Fonte: Siena (2003) apud Moraes (2019)

Conforme destacam Sgarbi et al. (2011), as geogrelhas e os geotêxteis estão entre os geossintéticos mais empregados em obras sobre solos moles. As geogrelhas, com estrutura em forma de malha, são utilizadas para o reforço do solo e podem ser unidirecionais ou bidirecionais, conforme a direção predominante da resistência à tração.

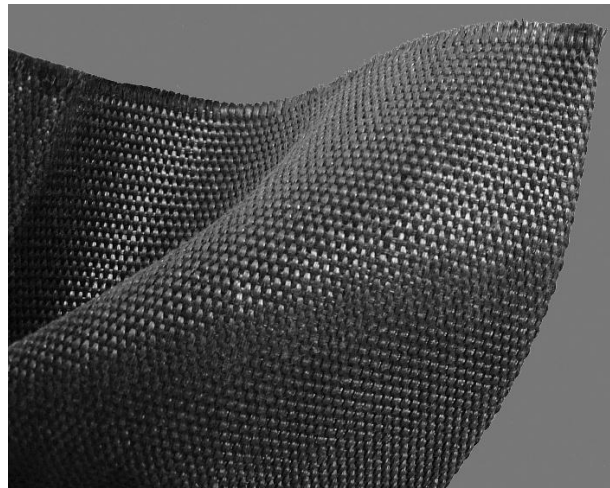
Figura 30: (a) Geogrelha sintética; (b) Exemplo de aplicação



Fonte: HUESKER (<https://www.huesker.com.br/geossinteticos/produtos/geogrelhas/fortrac/>)

Os geotêxteis, por sua vez, são materiais permeáveis, tecidos ou não tecidos, que se caracterizam pela elevada resistência à tração, baixa deformação na ruptura e reduzida susceptibilidade à fluência.

Figura 31: Geotêxtil composto para aplicação em aterros



Fonte: MACCAFERRI (<https://www.maccaferri.com/br/produtos/tecido-de-poliester-geotextil-composto/>)

2.5. PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO E MONITORAMENTO GEOTÉCNICO

A instrumentação em obras sobre solos moles é essencial para verificar os critérios de projeto e acompanhar seu desempenho durante e após a construção. O monitoramento contínuo garante a segurança da obra, permite ações preventivas e contribui para o aprimoramento dos projetos e técnicas utilizadas (Bezerra, 2018).

Cordeiro (2019) destaca que os dados obtidos por meio da instrumentação permitem acompanhar os recalques, determinar o tempo ideal de permanência de sobrecargas temporárias, monitorar as poropressões geradas durante a construção e a velocidade de sua dissipação, verificar a estabilidade da obra e avaliar a eficácia do método construtivo adotado.

Na Tabela 13, apresentam-se os instrumentos de monitoramento regularmente adotados em obras sobre solos moles, juntamente com as respectivas grandezas medidas.

Tabela 13: Relação de instrumentações geotécnicas e grandezas medidas

Grandeza medida	Instrumentação
Deslocamentos verticais	Placas de recalque
	Extensômetros
	Perfilômetros
	Referência de nível (Benchmark)
Deslocamentos horizontais	Inclinômetros
Poropressão	Piezômetro de Casagrande
	Piezômetro Elétrico
Resistência do reforço	Extensômetro elétrico de greogrelha

Fonte: Cordeiro (2019)

2.5.1.1. Placas de Recalque

As placas de recalque são utilizadas para medir os deslocamentos verticais induzidos pelo carregamento do aterro. Em geral, consistem em uma placa metálica conectada a uma haste rosqueável, que pode ser estendida com a elevação do aterro, por meio do acoplamento de novas hastes. Um tubo de PVC envolve a haste, protegendo-a do atrito com o solo, conforme apresenta a

Figura 32: Placa de recalque



Fonte: Acervo RAV Engenharia e Geotecnia

A área ao redor das placas de recalque deve ser isolada, a fim de evitar danos à haste e interferências nas leituras causadas pela movimentação de equipamentos nas proximidades. À medida que o aterro é elevado, a compactação dessa região deve ser realizada com cuidado, utilizando equipamentos adequados, como o compactador tipo "sapo", para evitar distorções nos dados obtidos.

Figura 33: Cuidados com a instalação das placas de recalque



Fonte: Acervo RAV Engenharia e Geotecnia

A instalação das placas de recalque é realizada na base do aterro, antes do início do lançamento do material, garantindo o registro completo dos recalques desde

o início da carga. A definição precisa das suas localizações é fundamental para que os dados obtidos possam ser corretamente comparados com os parâmetros previstos no projeto executivo.

2.5.1.2. Inclinômetros

O inclinômetro é um instrumento amplamente utilizado em campo por sua simplicidade e eficiência na medição de deslocamentos horizontais e verticais no solo. Ele funciona por meio de sensores que detectam variações de inclinação em tubos guia, utilizando diferentes tecnologias, como sensores vibratórios, elétricos, ópticos e, mais recentemente, sistemas MEMS, que oferecem maior precisão e compacidade.

Figura 34: Instalação e leitura de inclinômetro

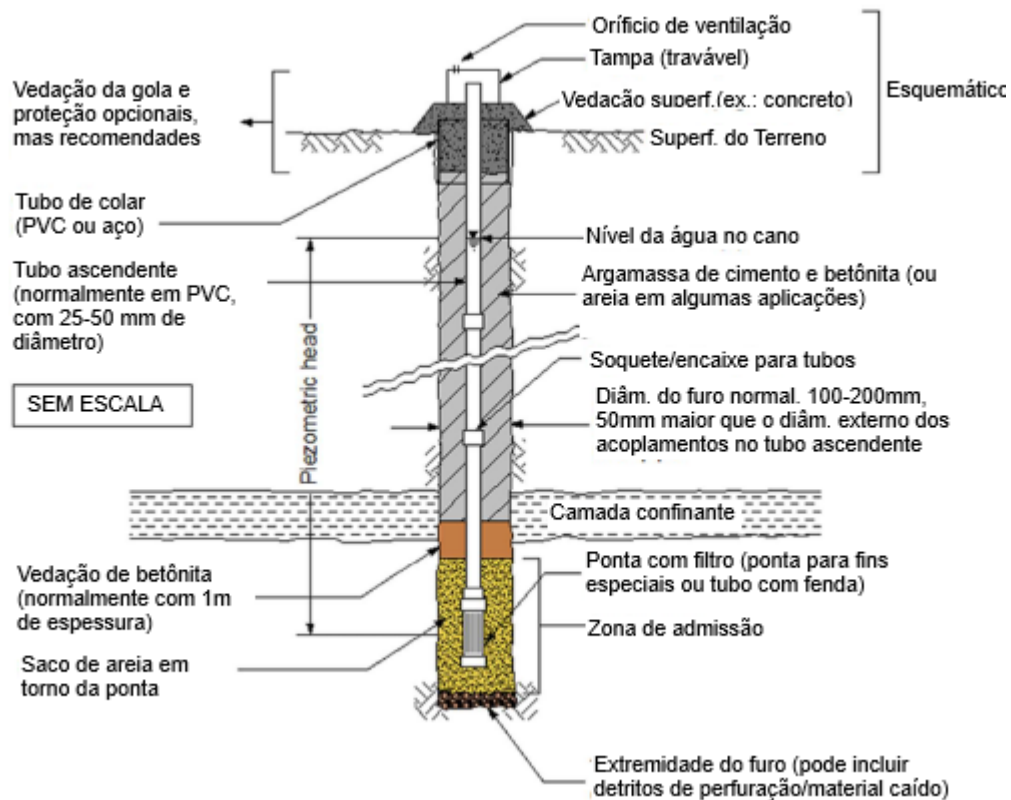


Fonte: TECNOSONDA (<https://www.tecnosonda.com.br/fundacoes-e-geotecnia/inclinometro/>)

2.5.1.3. Piezômetros

Um dos principais parâmetros a serem avaliados para a gestão da estabilidade de aterros sobre depósitos de solos moles são as variações hidrostáticas, e conseqüentemente da poropressão das camadas de solos moles saturados. Os piezômetros são instrumentos utilizados para a realização do acompanhamento da variação da pressão de água na camada de solo desejada.

Figura 35: Perfil típico de um piezômetro Casagrande



Fonte: Coffrey (2016) apud Cerqueira (2017)

Atualmente, no mercado, são encontrados diferentes tipos de piezômetros, que apresentam variações na aplicação, precisão e sensibilidade. Dentre os tipos mais utilizados, destaca-se o piezômetro de Casagrande, amplamente utilizado no monitoramento de barragens, conforme destaca Hélio *et al.* (2016), e também o piezômetro elétrico, que permite um monitoramento mais contínuo.

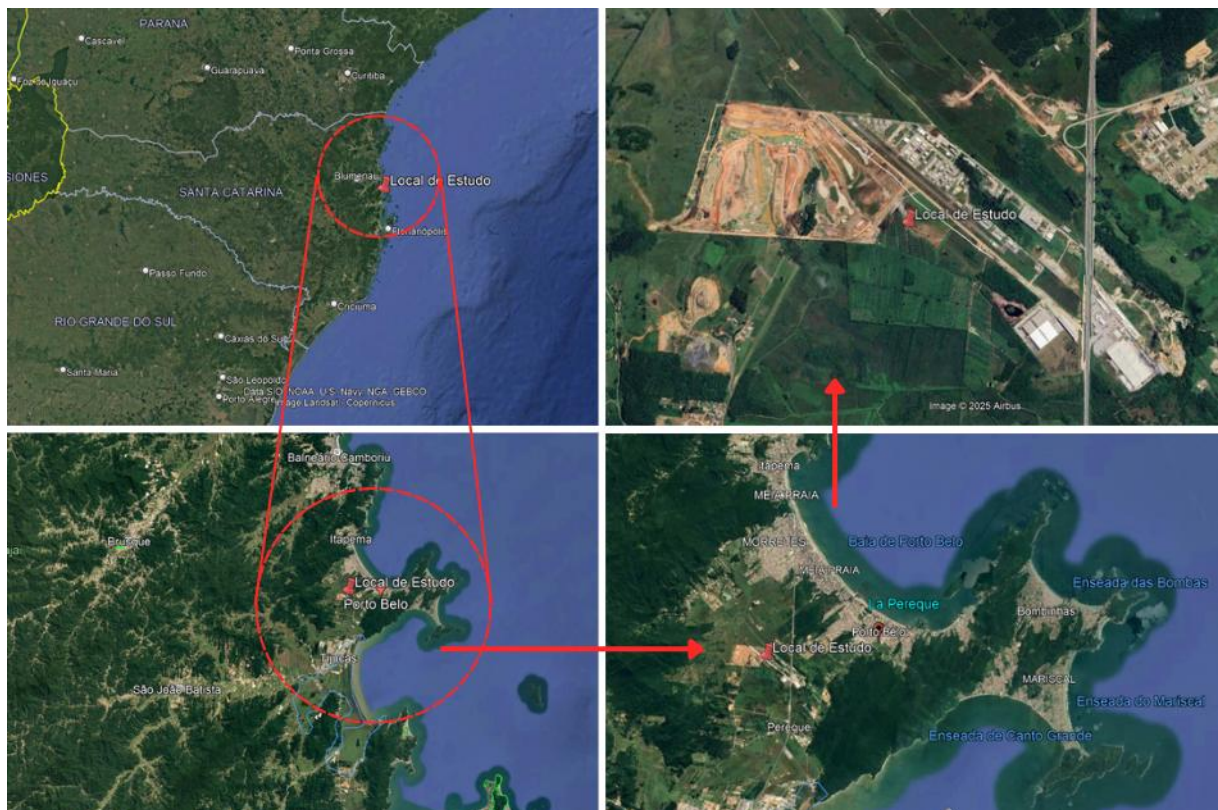
3. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DA OBRA

3.1. LOCALIZAÇÃO

O terreno onde será a implantação do condomínio de lotes fica localizado na rua Aliatar Silva, ao lado do também condomínio de lotes 'Porto Belo Golf Resort' e do condomínio aeronáutico 'Costa Esmeralda', no bairro Sertão de Santa Luzia, no município de Porto Belo, Santa Catarina.

A Figura 36 apresenta uma imagem da geolocalização do terreno em relação ao estado de Santa Catarina, extraída do Google Earth.

Figura 36: Indicação do local de estudo



Fonte: Google Earth (2025)

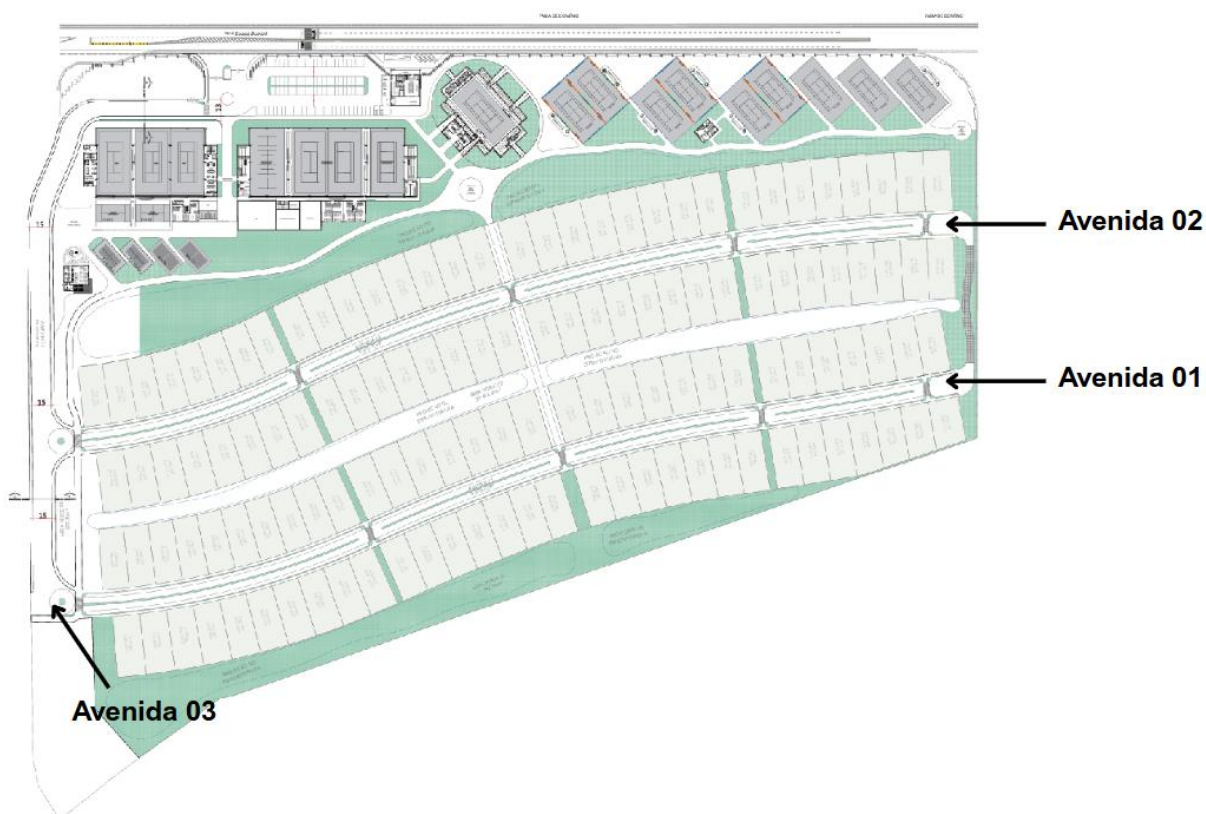
3.2. DADOS DA OBRA

O projeto em estudo refere-se a um condomínio residencial composto por aproximadamente 126 lotes privados, além de áreas de lazer de uso comum, interligados por três avenidas principais. O foco da análise recai sobre os aterros executados para a implantação dessas avenidas, que desempenham a função de vias internas de circulação e acesso aos lotes e às áreas comuns do empreendimento.

O tráfego previsto para essas avenidas é predominantemente leve, constituído majoritariamente por veículos de passeio, compatível com o uso residencial do condomínio. Entretanto, admite-se a ocorrência de tráfego pesado eventual, especialmente durante as fases de implantação das obras e de manutenção do empreendimento, envolvendo veículos de construção, caminhões de serviço e coleta.

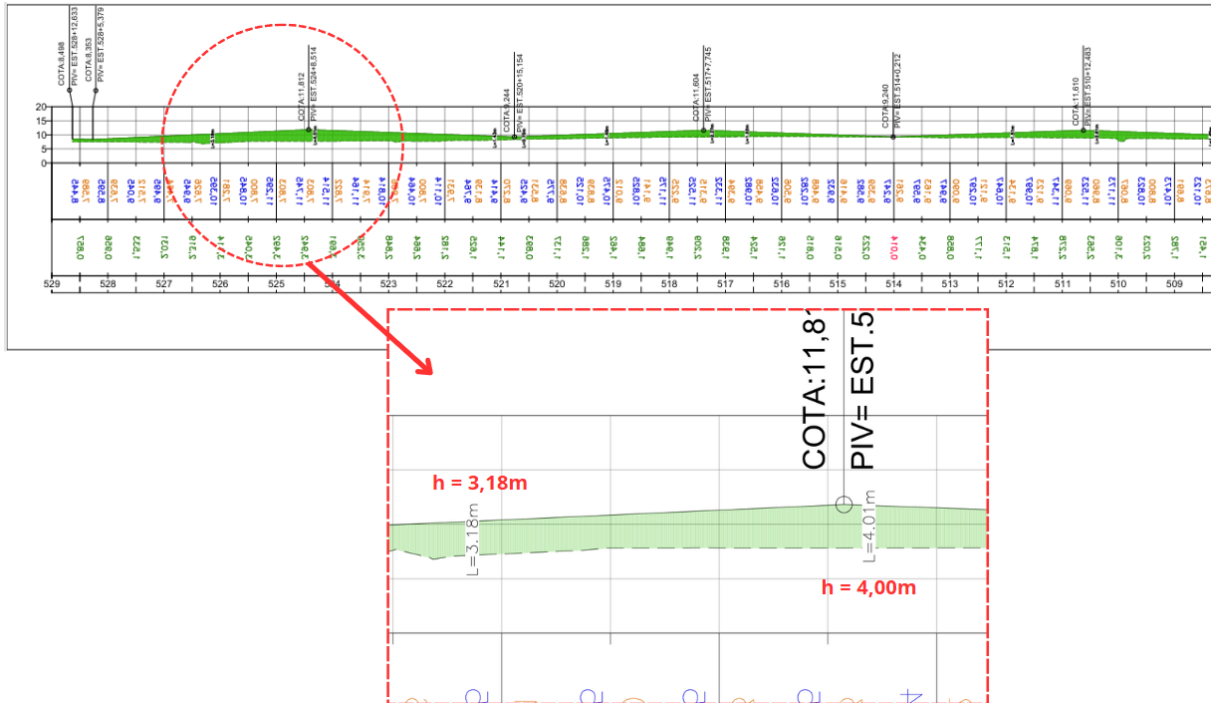
Cada uma dessas avenidas possui duas faixas de circulação para veículos, com largura média de 15 metros, sendo projetadas para velocidades operacionais reduzidas, típicas de vias internas de condomínios residenciais, sem caráter rodoviário.

Figura 37: Projeto Urbanístico do Condomínio Tennis Resort



Os aterros viários apresentam alturas variáveis ao longo de seus respectivos traçados, com valores máximos estimados em cerca de 3,60 metros na Avenida 01, 4,00 metros na Avenida 02 e 2,00 metros na Avenida 03.

Figura 38: Trecho do perfil geométrico da Avenida 02



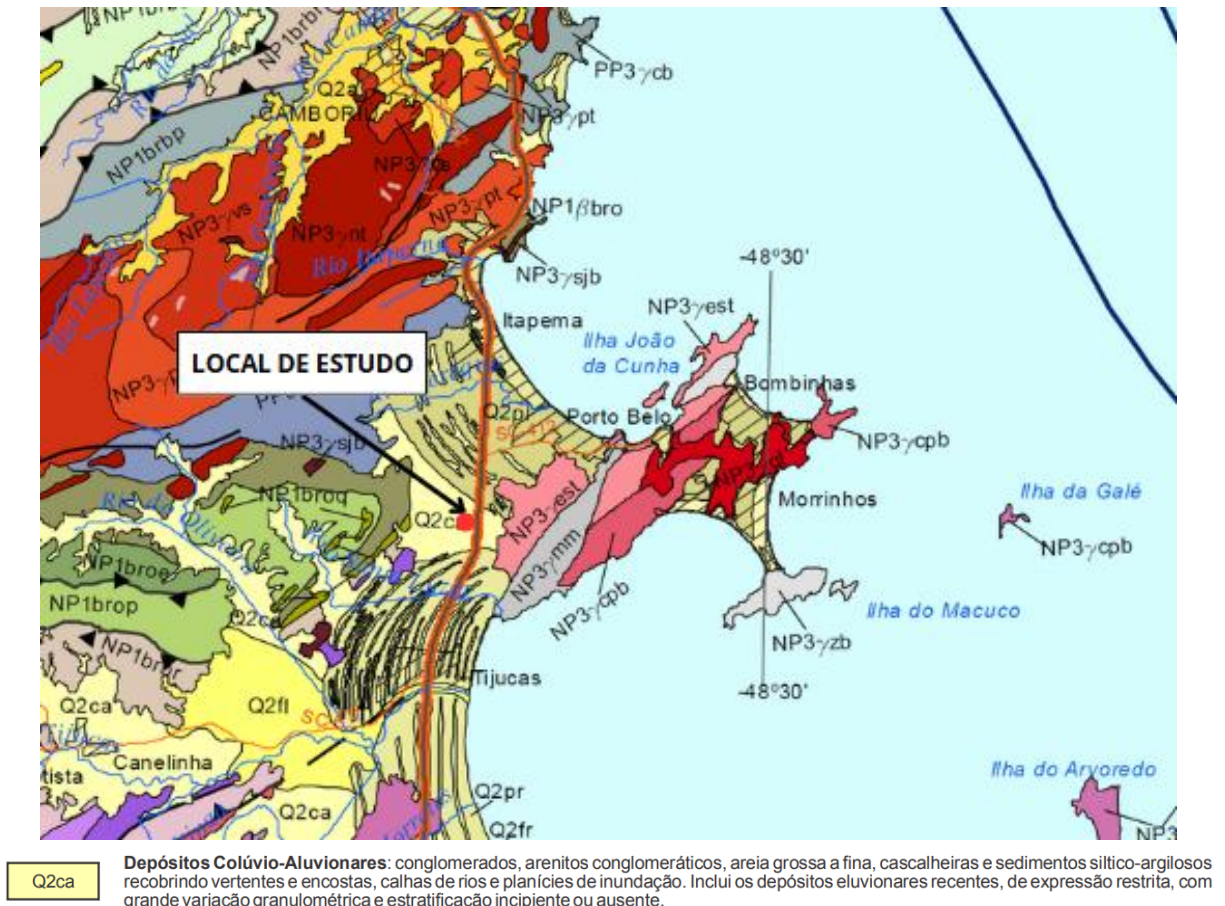
Fonte: Acervo RAV Engenharia e Geotecnia

3.3. DADOS DO SUBSOLO

3.3.1. Caracterização geológica

De acordo com o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina do ano de 2014, Escala 1:500.000, elaborado pela CPRM (Figura 39), o terreno em estudo, encontra-se sobre a Cobertura Sedimentar do Cenozoico, mais especificamente sobre Depósitos Colúvio-Aluvionares.

Figura 39: Mapa geológico do local de estudo



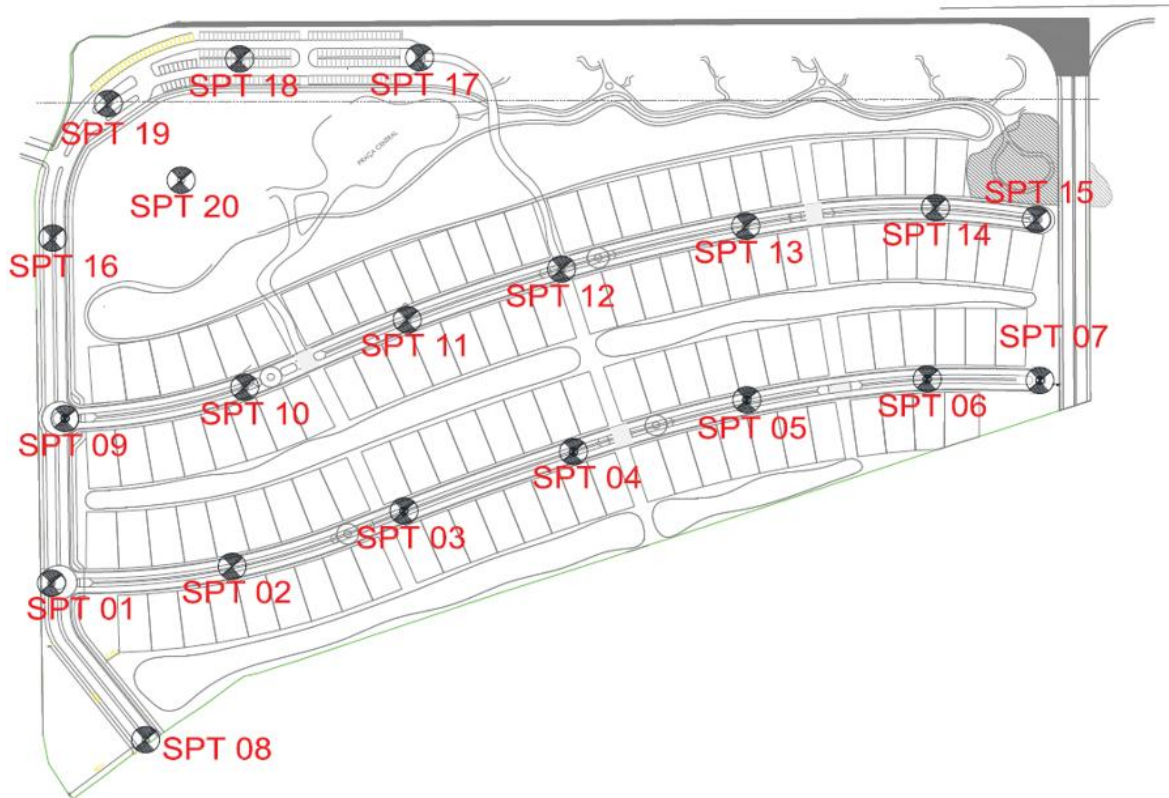
Fonte: CPRM (2014)

Os Depósitos Colúvio-Aluvionares são caracterizados por conglomerados, arenitos conglomeráticos, areias grossas a finas, cascalheiras e sedimentos siltico-argilosos, que recobrem vertentes, encostas, calhas fluviais e planícies de inundação. Incluem-se também depósitos eluvionares recentes, com variação granulométrica acentuada e estratificação incipiente ou ausente (CPRM, 2014).

3.3.2. Campanha de investigação geotécnica

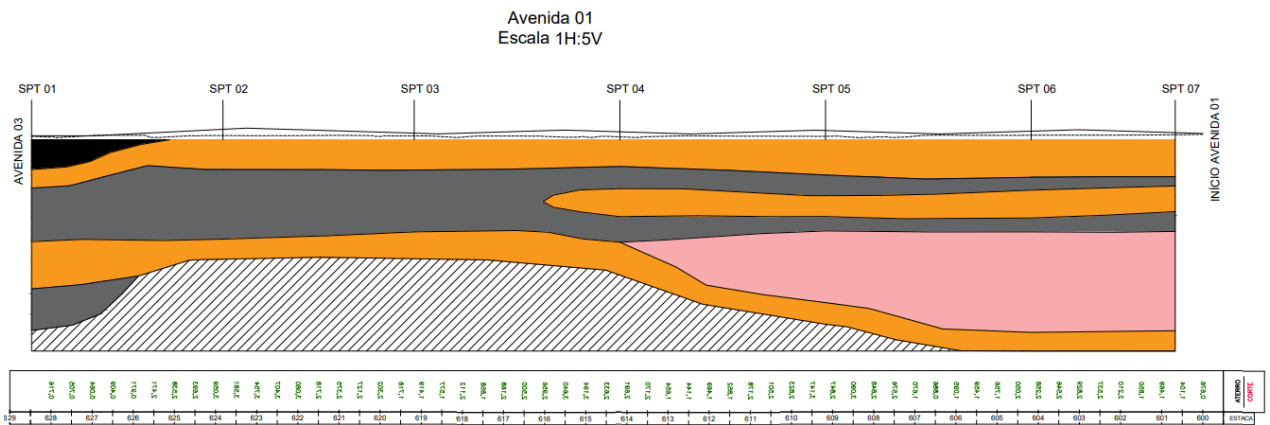
Para a realização dos estudos, foram disponibilizados pela contratante os resultados dos 20 furos de sondagem a percussão (SPT), onde foi possível verificar as camadas de solo existentes no local de estudo. A Figura 40 apresenta a localização dos furos de sondagem realizados em campo, enquanto que as Figura 42, Figura 43 e Figura 44 apresentam os perfis estratigráficos das avenidas do condomínio, elaborado com base nos resultados das sondagens.

Figura 40: Localização dos furos de investigação geotécnica realizada in situ



Fonte: Acervo RAV Engenharia e Geotecnia

Figura 41: Perfil estratigráfico da Avenida 01



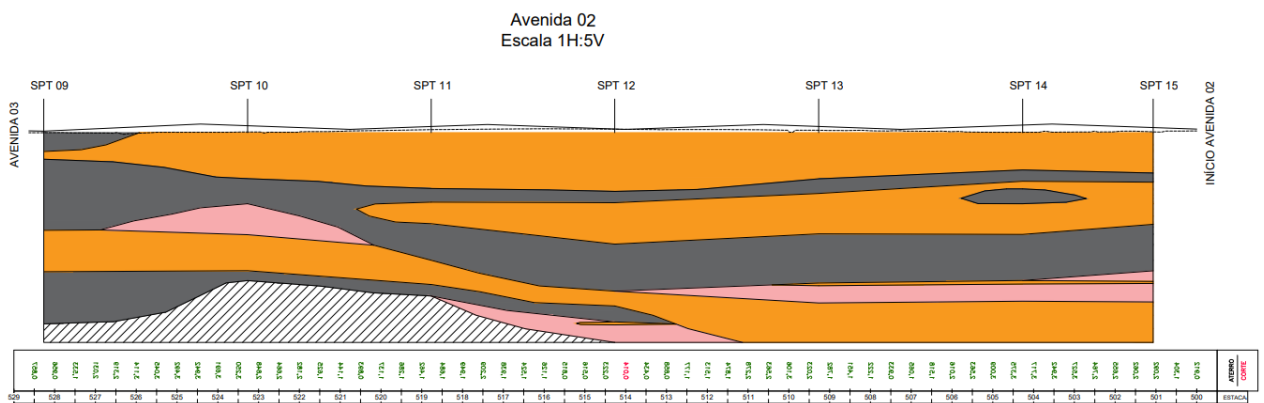
LEGENDA

- Turfa
- Argila Mole
- Areia Fina Compacta
- Argila Média
- Pedregulho Compacto

Fonte: Autora (2025)

Conforme pode ser observado, ao longo da Avenida 01 há depósitos de argilas cinzas moles intercalados com camadas de areia fina medianamente compactada, localizados em profundidades e espessuras variáveis. Em determinados trechos, as camadas de argila mole ultrapassam 6,75 metros de espessura. Além disso, na região de confluência entre a Avenida 01 e a Avenida 03, há a presença de uma área com ocorrência de turfa.

Figura 42: Perfil estratigráfico da Avenida 02



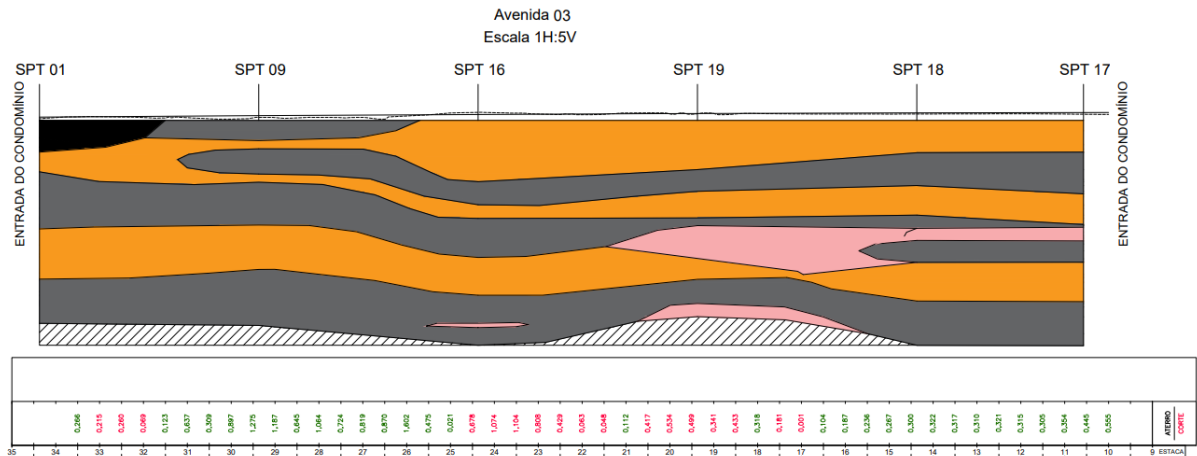
LEGENDA

- Turfa
- Argila Mole
- Areia Fina Compacta
- Argila Média
- Pedregulho Compacto

Fonte: Autora (2025)

De maneira semelhante, na Avenida 02 também se observam depósitos de argilas cinzas moles em profundidade, intercalados com areia fina, apresentando espessuras variáveis e, em alguns pontos, superiores a 6,80 metros. Há ainda ocorrência de argilas médias e pedregulho compactado. Ressalta-se, nesta região, a presença de dois tipos distintos de argila: mole e média.

Figura 43: Perfil estratigráfico da Avenida 03

**LEGENDA**

- Turfa
- Argila Mole
- Areia Fina Compacta
- Argila Média
- Pedregulho Compacto

Fonte: Autora (2025)

Na Avenida 03, além das camadas de argila mole e média, identificam-se lentes de areia grossa compactada, além de argila fina. Também é registrada a presença de turfa na área de encontro com a Avenida 01, bem como de pedregulho compactado próximo à base dos furos de sondagem.

Para a determinação dos parâmetros geotécnicos necessários às análises de recalque e estabilidade, foram utilizados os resultados de ensaios geotécnicos realizados no condomínio de lotes 'Porto Belo Golf All Resort'. Este condomínio está sendo implantado em um terreno adjacente à área de interesse, conforme ilustrado na Figura 44.

Figura 44: Entorno do local de estudo



Fonte: Google Earth (2025)

Considerando que ambos os condomínios são vizinhos e, segundo a classificação do mapa geológico de Santa Catarina, estão inseridos em um mesmo depósito colúvio-aluvionar, justifica-se a adoção dos dados obtidos no 'Porto Belo Golf All Resort' para o presente estudo. A semelhança entre as elevações dos terrenos, reforça essa equivalência, uma vez que ambos compartilham características geotécnicas compatíveis de um mesmo depósito de solos moles.

No empreendimento 'Porto Belo Golf All Resort', além dos ensaios de SPT, foram realizados ensaios com piezocone (CPTu), incluindo avaliação da dissipação da poropressão, ensaios de palheta (*VaneTest*) e ensaios de adensamento. As investigações foram organizadas em sete ilhas de sondagem, conforme apresentado na Tabela 14.

Tabela 14: Relação dos ensaios realizados no empreendimento anexo

Item	Quantidade	Ilhas de Investigação
Ensaio de Piezocone (CPTu)	7	01, 02, 03, 05, 08, 11 e 12
Ensaio de dissipação	7	01, 02, 03, 05, 08, 11 e 13
Ensaio Vanetest	5	01, 05, 08, 11 e 12
Ensaio de adensamento	9	01, 05, 08, 11 e 13

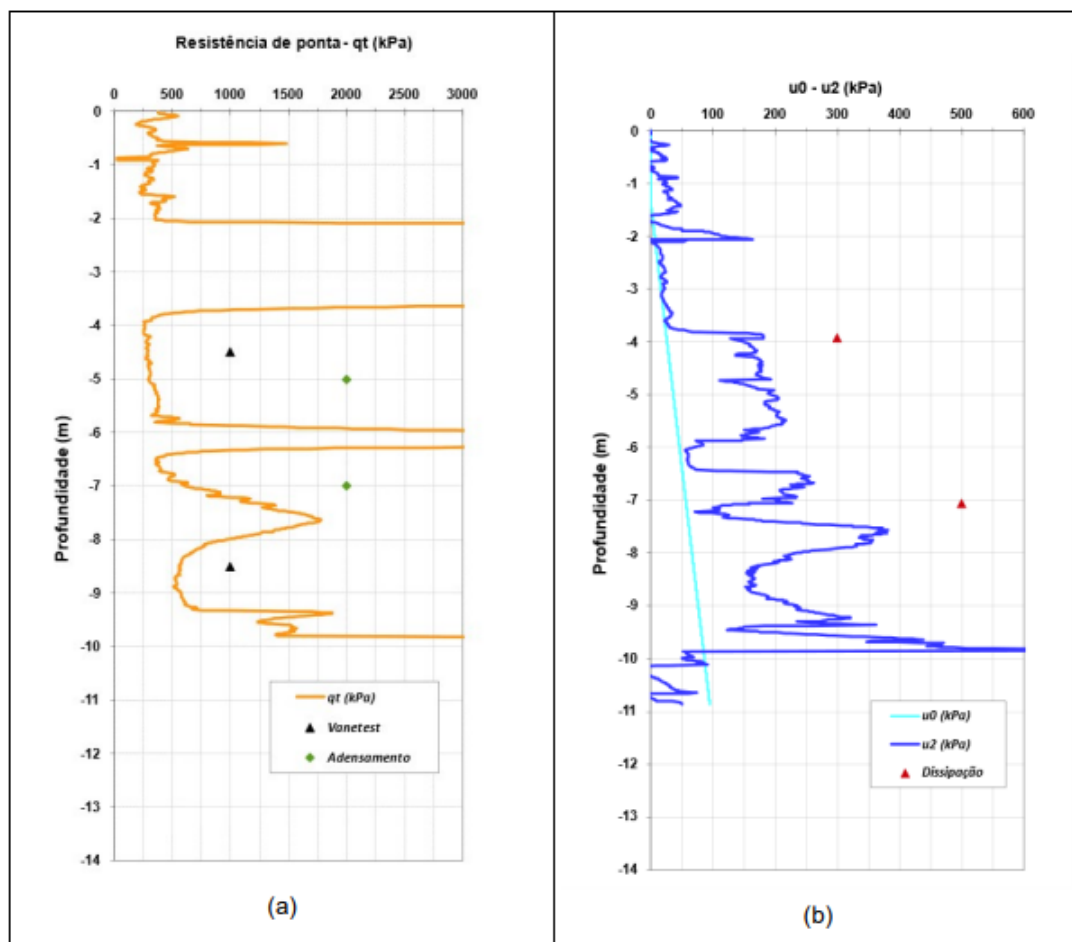
Fonte: Acervo RAV Engenharia E Geotecnia

A interpretação dos ensaios e a subsequente definição dos parâmetros geotécnicos de projeto foram conduzidas pelo projetista geotécnico responsável pelos

aterros viários do condomínio, sendo os resultados formalmente cedidos para utilização neste trabalho. O relatório técnico detalhado, contendo as análises específicas e a definição de parâmetros para cada ilha de sondagem, encontra-se disponibilizado em anexo. O procedimento de extração dos parâmetros de projeto é exemplificado pela análise apresenta a seguir, realizada pelo projetista para a Ilha 01.

Em um primeiro momento, o projetista definiu o perfil estatigráfico com base na integração dos dados obtidos nos ensaios SPT e CPTu. Para a interpretação dos resultados do ensaio de CPTu, o projetista aplicou a metodologia SBT (Soil Behaviour Type Classification Chart). Os perfis obtidos pela classificação SBT (Figura 45) foram então confrontados com as classificações provenientes dos ensaios SPT e demais ensaios realizados, permitindo uma identificação precisa e robusta das diferentes camadas ao longo do perfil de solo.

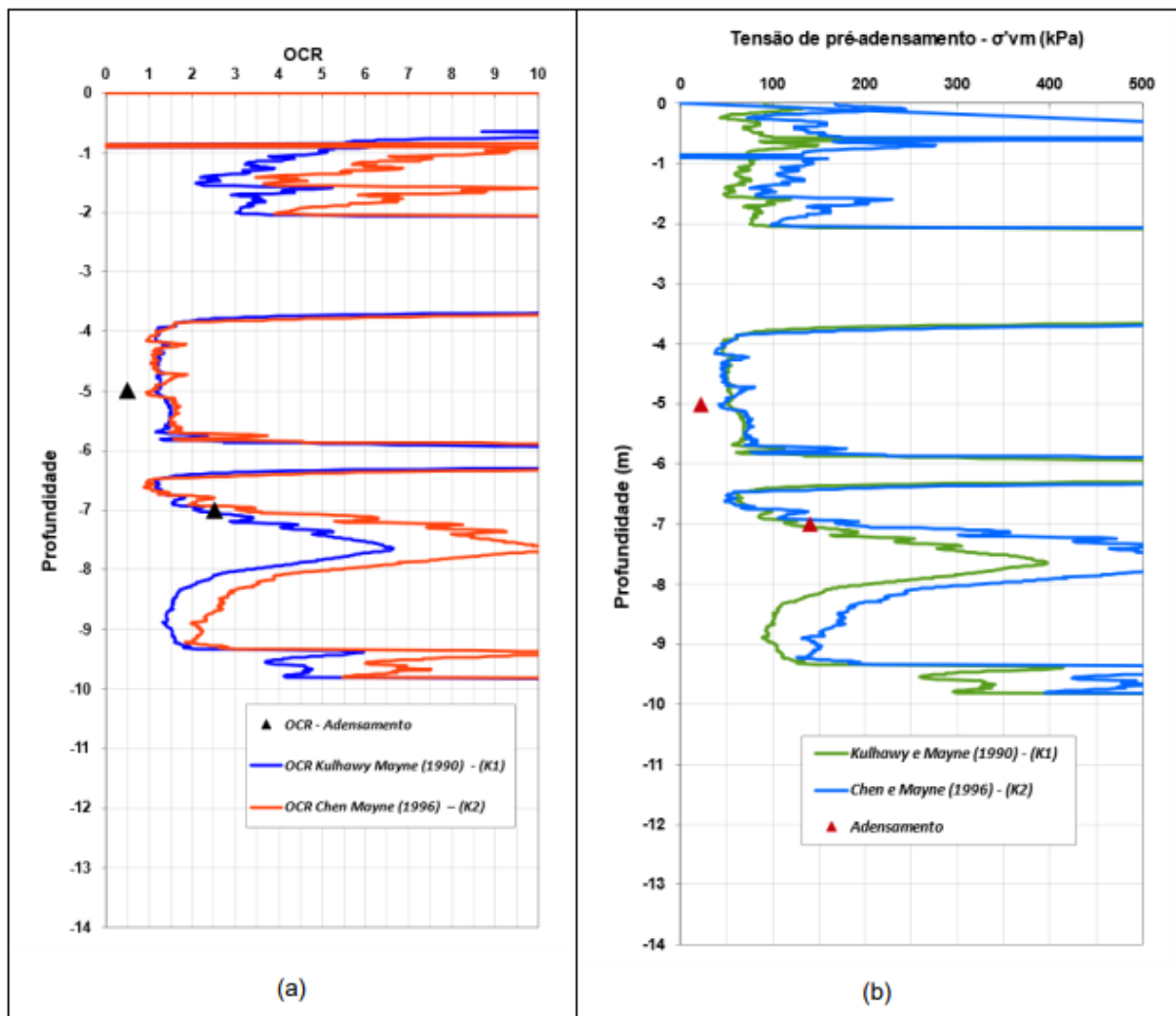
Figura 45: Perfis Geotécnicos Obtidos por Ensaio CPTu na Ilha de Investigação 01: Resistência de Ponta (q_t) e Razão de Poropressão (u_0 / u_2)



Fonte: Acervo RAV Engenharia e Geotecnia

Foi então conduzida a análise do histórico de tensões atuantes nas camadas de solos moles. A tensão de pré-adensamento (σ'_{vm}) e o razão de sobre adensamento (OCR) foram estimados pelo projetista com base nas correlações propostas por Kulhawy e Mayne (1990) e por Chen e Mayne (1996), detalhadas no item 2.2.6, aplicadas aos resultados disponíveis ao longo do perfil de solo compressível.

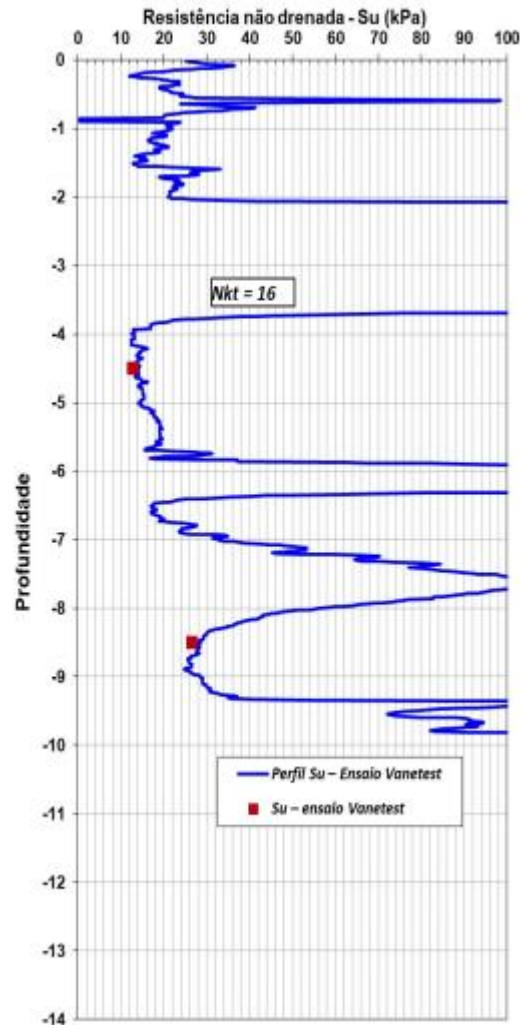
Figura 46: Ilha de investigação 01 – (a) Resultados de OCR e (b) σ'_{vm} ao longo da profundidade



Fonte: Acervo RAV Engenharia e Geotecnia

Por fim, a resistência não drenada das argilas foi determinada a partir dos valores obtidos no ensaio de palheta (Vane Test), devidamente corrigidos segundo o método proposto por Bjerrum (1973), em conjunto com os dados provenientes do ensaio CPTu, conforme item 2.2.3.

Figura 47: Perfil de Su ao longo da profundidade na ilha de investigação 01



Fonte: Acervo RAV Engenharia e Geotecnia

Os principais resultados obtidos na interpretação geotécnica realizada pelo projetista, com base nos ensaios de Adensamento, Piezocone (CPTu) e Palheta (*Vane Test*), encontram-se sintetizados nas tabelas subsequentes.

Tabela 15: Parâmetros obtidos dos ensaios de adensamento realizados nas respectivas ilhas

Ilha	Prof. (m)	γ kN/m ³	e_0	C_c	C_r	σ'_{vm} kN/m ²
01	4,5	16,63	1,70	0,61	0,11	35,00
	8,5	16,78	1,43	0,71	0,03	170,00
05	5,0	18,11	1,04	0,23	0,09	22,00
	7,0	14,78	2,34	1,44	0,04	140,00
08	4,0	16,88	2,00	0,87	0,10	40,00
	5,0	14,75	2,53	1,64	0,13	60,00
11	3,0	15,15	2,14	0,85	0,17	35,00
	5,0	15,31	2,07	1,07	0,07	70,00
12	7,0	16,65	1,49	0,75	0,07	105,00

Fonte: Acervo RAV Engenharia e Geotecnia

Através da Tabela 15, observa-se que os índices de vazios iniciais (e_0) variam significativamente, indicando solos com diferentes níveis de compressibilidade, em especial, a Ilha 05 apresenta um e_0 de até 2,34, refletindo um solo altamente compressível. As tensões efetivas verticais médias (σ'_{vm}) mostram tendência de aumento com a profundidade, conforme esperado, atingindo valores superiores a 170 kN/m² em pontos mais profundos da Ilha 01. Já os pesos específicos naturais (γ) variam entre 14,75 e 18,11 kN/m³.

Tabela 16: Resistência não drenada corrigida (Bjerrum 1973) e N_{kt} característico do projeto.

Ilha de Investigação	Prof. (m)	S_{up} (kPa)	S_{up-a} (kPa)	S_{ua-a} (kPa)	Correção Bjerrum (1973)	S_{uproj} (kPa)	Sensibilidade da argila (S_r)	N_{kt}
01	4,50	18,06	14,69	3,26	0,87	12,78	3,92	16,71
	8,50	35,23	30,53	6,91	0,87	26,56	3,84	16,12
05	5,00	32,22	29,88	8,50	0,87	26,00	3,06	11,78
	7,00	84,08	78,52	13,50	0,87	68,31	5,06	8,29
08	3,50	40,82	37,49	29,47	0,87	32,62	1,11	12,63
	5,50	60,17	56,57	39,31	0,87	49,22	1,25	4,93
11	3,50	14,92	12,61	3,86	0,87	10,97	2,84	38,61
	5,50	26,80	23,74	5,57	0,87	20,65	3,71	21,74
12	3,50	63,87	60,51	8,77	0,87	52,64	6,00	11,91
	7,50	26,88	23,26	9,21	0,87	20,24	2,20	25,03
N_{kt} de projeto adotado								16,00

Fonte: Acervo RAV Engenharia e Geotecnia

O padrão geral da Resistência Não Drenada (S_u) nas investigações (Ilhas 01, 05, 08 e 11) revela um aumento com a profundidade. A S_u média eleva-se de 18,79 (kPa) nas camadas mais superficiais de argila mole (profundidade < 5,00m) para 38,15 (kPa) em camadas mais profundas (profundidade > 5,00 m).

A literatura indica que o valor de $N_{kt} = 16$ encontra-se dentro da faixa usualmente reportada para argilas brasileiras e, em particular, para as argilas do estado de Santa Catarina. Estudos regionais, como o realizado em Itajaí (SC), apontam que esse parâmetro varia tipicamente entre 12 e 16 (Massocco, 2013). Assim, o valor de 16 é amplamente adotado como representativo das camadas superficiais de argilas moles na região, sendo consistente com recomendações presentes em investigações mais abrangentes sobre argilas sul-americanas (Schneid e Odebrecht, 2012).

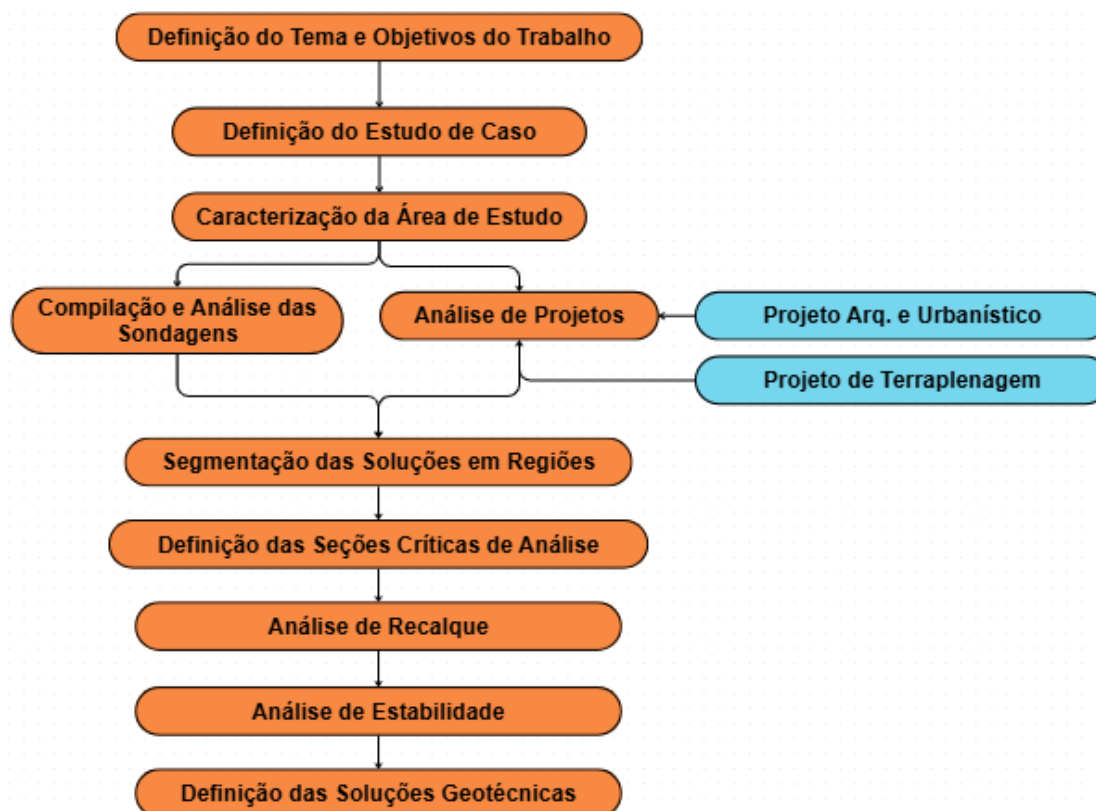
A sensibilidade da argila (S_t) expressa a redução da resistência não drenada (S_u) decorrente da perturbação do solo, permitindo sua classificação conforme Tabela 5, presente no item 2.2.4 do presente estudo. Com base nos valores da Tabela 16, observa-se que as argilas analisadas apresentam S_t entre 1,11 e 6,00, enquadrando-se, portanto, nas categorias de baixa sensibilidade, média sensibilidade e argilas sensíveis.

4. METODOLOGIA

A construção do presente estudo consistiu no desenvolvimento de um projeto geotécnico para implantação dos aterros viários em condomínio de lotes residenciais, localizado no município de Porto Belo (SC), focado na análise de recalques e de estabilidade. Para tanto, foram realizadas diferentes etapas de análise e modelagem que permitiram compreender as condições geotécnicas locais, a fim de definir e dimensionar as soluções geotécnicas mais adequadas à implantação das vias sobre solos moles.

A metodologia adotada compreendeu na interpretação dos dados de investigação geotécnica, a elaboração dos perfis estratigráficos representativos, a definição das seções críticas de análise e a determinação dos parâmetros de projeto, utilizados nas avaliações de recalque e estabilidade. Dessa forma, as soluções geotécnicas foram definidas a partir da análise conjunta dos resultados de recalque e estabilidade e dos condicionantes de projeto, como a disponibilidade de espaço e o cronograma de execução. As etapas do estudo estão resumidas no fluxograma a seguir.

Figura 48: Fluxograma com as etapas executadas no presente estudo



Fonte: Autora (2025)

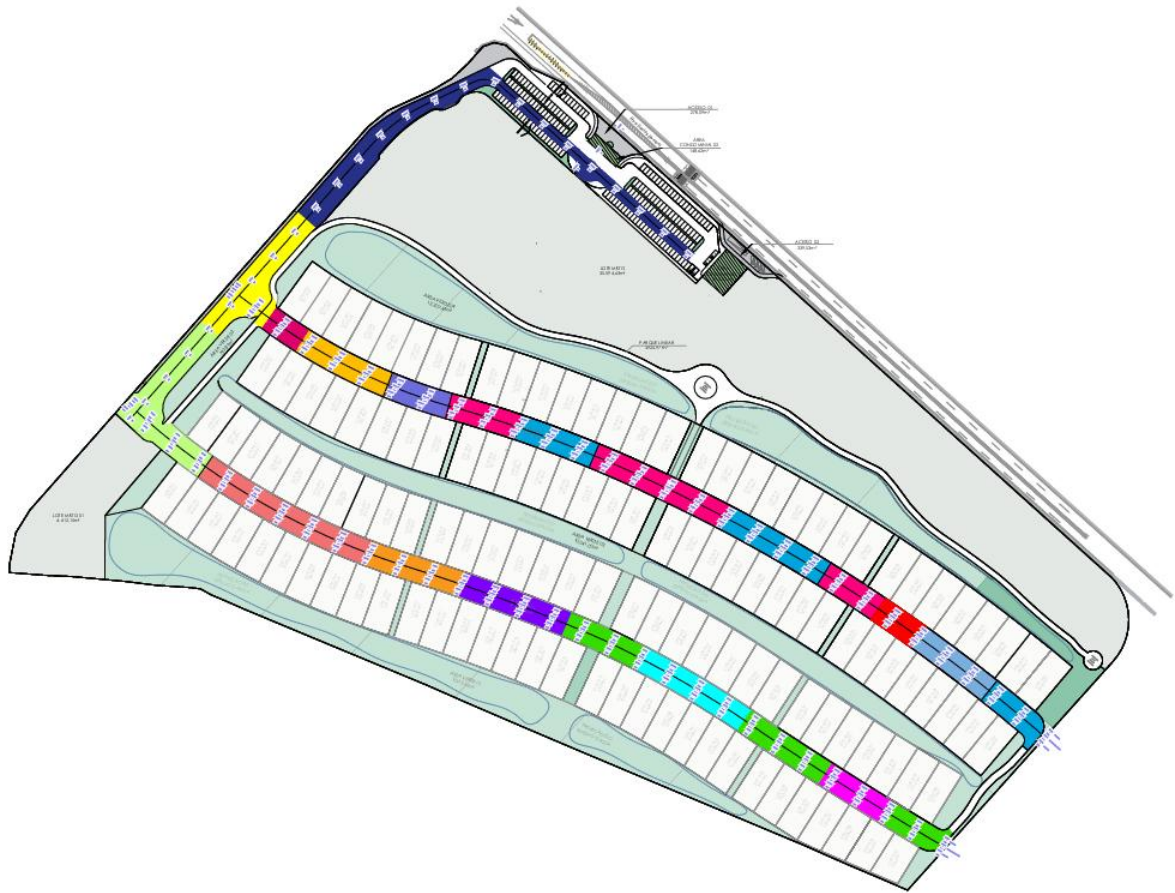
4.1. Definição das Seções Críticas de Análise

A segmentação das vias do empreendimento em trechos de comportamento geotécnico semelhante foi realizada a partir da comparação entre a geometria dos aterros projetados e os perfis estratigráficos obtidos a partir das sondagens. Essa análise, possibilitou a delimitação de trechos homogêneos quanto ao comportamento esperado. Essa abordagem otimiza análises, custos e cronograma, possibilita a adoção de soluções específicas para cada trecho e facilita o controle executivo e o monitoramento de desempenho da obra.

A Figura 49 seguir apresenta a demarcação, em planta, dos segmentos em que foram subdivididas as avenidas que compõem o empreendimento. A Avenida 01 foi particionada em sete segmentos, cada um associado a uma solução específica. A Avenida 02 foi subdividida em onze segmentos, para os quais foram definidas oito soluções. A Avenida 03, por sua vez, foi dividida em três segmentos, cada qual correspondendo a uma solução. Para facilitar a identificação e a análise visual das

subdivisões, cada conjunto de segmentos é representado na planta por meio de cores distintas.

Figura 49: Demarcação em planta dos segmentos de análise



CONVENÇÕES DE PROJETO

	Av. 01 - Sol. 01		Av. 02 - Sol. 01		Av. 03 - Sol. 01
	Av. 01 - Sol. 02		Av. 02 - Sol. 02		Av. 03 - Sol. 02
	Av. 01 - Sol. 03		Av. 03 - Sol. 03		Av. 03 - Sol. 03
	Av. 01 - Sol. 04		Av. 02 - Sol. 04		
	Av. 01 - Sol. 05		Av. 02 - Sol. 05		
	Av. 01 - Sol. 06		Av. 02 - Sol. 06		
	Av. 01 - Sol. 07		Av. 02 - Sol. 07		
			Av. 02 - Sol. 08		

Fonte: Autora (2025)

A partir dessa segmentação, foram definidas as seções críticas de análise do projeto, estabelecidas com base na geometria dos aterros e na espessura das camadas compressíveis de solo mole:

- Seção A: trecho de maior altura de aterro (aproximadamente 4,0 m);

- Seção B: trecho com maior altura de aterro (aproximadamente 2,0m) sobre camada de solo mole superficial.

Os segmentos correspondentes às seções de análise definidas como objeto de estudo deste trabalho estão destacados na Figura 50. O trecho referente à Seção Crítica A localiza-se na Avenida 02 do condomínio, com extensão aproximada de 60 m, entre as estacas, 523 + 5,75 m e 526 + 5,75 m, enquanto o segmento da Seção Crítica B situa-se na Avenida 03, apresentando cerca de 90 m de comprimento, entre as estacas 25 + 10,00 e 30 + 0,00 m.

Figura 50: Indicação, em planta, dos segmentos de análise do presente estudo

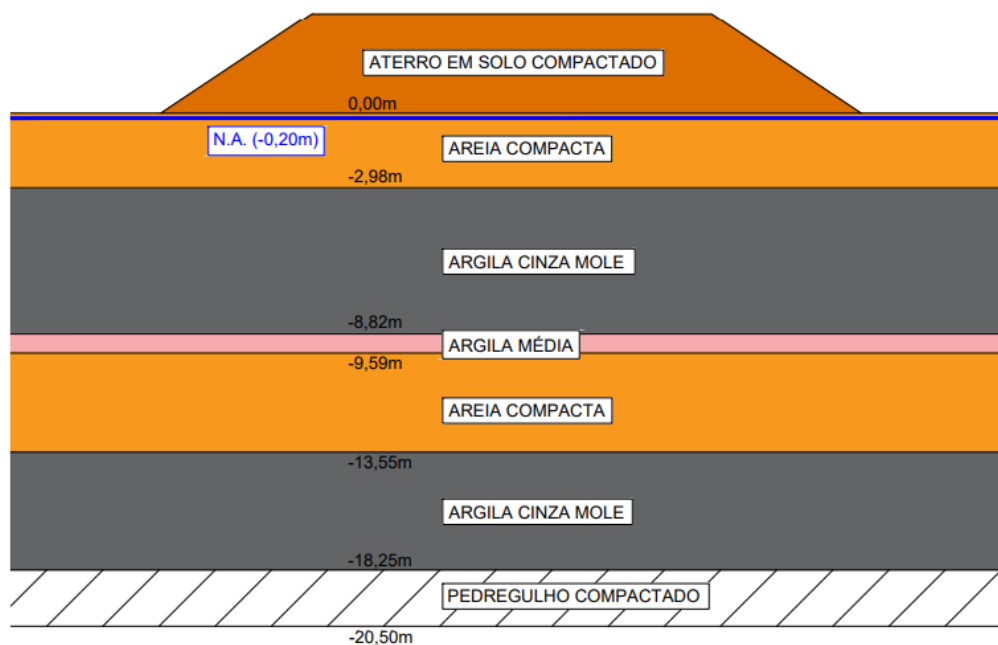


Fonte: Autora (2025)

Conforme a Figura 51, a Seção A apresenta um aterro com altura aproximada de 4,00 m, em região com nível d'água próximo à superfície (N.A.=-0,20m). A estratigrafia local é composta, inicialmente, por uma camada superficial de aproximadamente 3,00 m de areia, seguida por uma camada de argila cinza mole, com cerca de 5,84 m de espessura. Abaixo dessa camada, identifica-se uma camada

arenosa com espessura média de 3,96 m, sobreposta por uma camada de argila mole de aproximadamente 4,70 m. Por fim, observa-se uma camada de pedregulho com 2,25 m de espessura, atingindo o limite final da sondagem e/ou impenetrável.

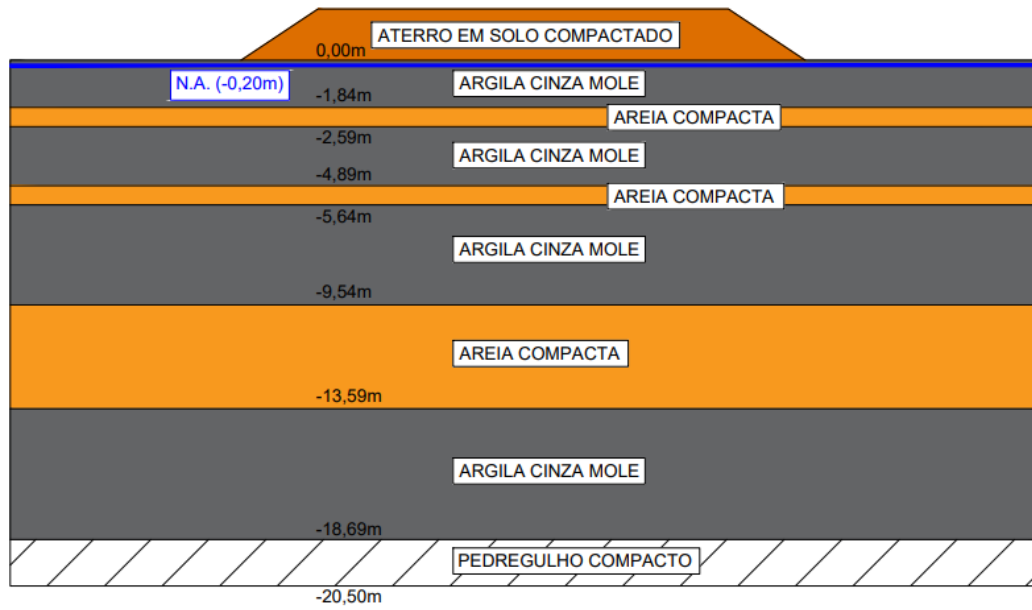
Figura 51: Seção esquemática - Seção A



Fonte: Autora (2025)

Conforme Figura 52, na Seção B observa-se um aterro com aproximadamente 2,00 m de altura, assentado sobre camadas alternadas de solo mole e lentes arenosas. Identifica-se, a partir do topo, uma camada de argila cinza mole com 1,84 m de espessura, seguida por uma lente de areia de 0,75 m, outra camada de solo mole com 2,30 m, nova lente arenosa de 0,75 m, camada mais espessa de solo mole com 3,90 m, seguida por 4,03 m de areia, 5,10 m de argila mole e, por fim, uma camada de pedregulho.

Figura 52: Seção esquemática - Seção B



Fonte: Autora (2025)

4.2. Parâmetros Geotécnicos Adotados

Os parâmetros adotados nas análises foram definidos com base nos resultados de ensaios de campo e laboratório, conforme apresentado a seguir.

Tabela 17: Parâmetros geotécnicos adotados nas análises

Material	Peso específico (kN/m ³)	Coesão (kPa)	Su (kPa)	Ângulo de Atrito (°)
Aterro Compactado	18,50	5,00	-	32,00
Argila Mole	15,50	-	13,00	-
Argila Média	16,00	-	20,00	-
Areia Compacta	17,00	0,00	-	38,00
Compensação de Recalque	18,50	5,00	-	32,00
Sobrecarga Temporária	18,50	5,00	-	32,00
Pedregulho Compactado	19,00	0,00	-	45,00

Fonte: Autora (2025)

Para o aterro, considerou-se peso específico de 18,50 kN/m³, coesão de 5,00 kPa e ângulo de atrito de 32°, valores usualmente empregados em projetos de aterros executados com solo compactado. Como a compensação de recalque, a sobrecarga temporária e a berma de equilíbrio são executadas com o mesmo material utilizado no aterro, essas também foram caracterizadas pelos mesmos parâmetros geotécnicos.

Para a camada de areia, adotou-se um valor médio de N_{spt} igual a 27, obtido através dos boletins de sondagem SPT em anexo, a partir do qual o ângulo de atrito foi estimado utilizando as correlações propostas por Teixeira (1996) e Godoy (1983), optando-se pelo menor valor obtido.

Equação 16: Correlação para determinação do ângulo de atrito com base no N_{spt}

$$\phi' = \sqrt{20N} + 15$$

Fonte: Teixeira (1996).

Equação 17: Correlação para determinação do ângulo de atrito com base no N_{spt}

$$\phi = 28^\circ + 0,4.N_{SPT}$$

Fonte: Godoy (1983).

O peso específico e a resistência não drenada do solo mole foram definidos a partir da interpretação dos ensaios de CPTu, conforme os gráficos e análises apresentados nos itens 2.2.2 e 3.3.2 e no relatório técnico em anexo.

Os demais parâmetros geotécnicos do solo mole, obtidos a partir de ensaios de laboratório realizados para o empreendimento 'Porto Belo Golf All Resort' e empregados como dados de entrada para os cálculos de recalque, estão detalhados na Tabela 18.

Tabela 18: Parâmetros de compressibilidade adotados para as camadas de solo moles

Seção de Análise	PARÂMETROS - CAMADAS DE SOLO MOLE						
	V (kN/m ³)	e ₀	C _c	C _r	σ'vm (kPa)	C _v (cm ² /s)	OCR
Seção A	15,50	2,30	1,30	0,09	60,00	0,001	1,54
Seção B	15,50	2,30	1,30	0,09	40,00	0,001	1,17
	15,50	2,30	1,30	0,09	80,00	0,002	1,44

Fonte: Adaptado de RAV Engenharia e Geotecnia / Autora (2025)

O valor de OCR foi calculado conforme a Equação 7, evidenciando que as argilas do local apresentam comportamento pré-adensado, isto é, a tensão de pré-adensamento — maior tensão efetiva já suportada pelo solo ao longo de sua história geológica — supera a tensão vertical total atualmente atuante no centro da camada.

4.3. Análise de Recalque

A análise do recalque por adensamento primário foi realizada com o foco na determinação da magnitude final dos recalques e na sua evolução ao longo do tempo. A avaliação desses dois fatores é fundamental para a definição da solução geotécnica, seja para compensar o afundamento previsto ou para acelerar sua ocorrência a fim de atender ao cronograma da obra. As estimativas foram realizadas em planilhas eletrônicas, considerando como premissas um nível d'água próximo do nível do terreno (N.A. = -0,20m) e a construção dos aterros em etapa única.

Para a determinação da magnitude dos recalques, aplicou-se o método de determinação de recalques considerando uma cota fixa de aterro, contemplando o efeito de submersão da camada, conforme apresentado por Almeida e Marques (2014). A fim de garantir que a cota final do aterro se estabilize no valor de projeto, os autores apontam o emprego de um método iterativo.

Inicialmente, o recalque é estimado sem levar em conta os efeitos da submersão. Para isso, procedeu-se à verificação da razão de pré-adensamento das camadas de solo mole. No centro de cada camada, determinaram-se as tensões efetivas verticais iniciais e a tensão máxima de adensamento obtida em ensaio edométrico. Com esses parâmetros, avaliou-se se cada estrato se comporta como normalmente adensado ($OCR = 1$) ou pré-adensado ($OCR > 1$).

Prosseguiu-se, então, ao cálculo do recalque por adensamento primário. Para as camadas classificadas como normalmente adensadas ($OCR = 1$), utilizou-se a Equação 18, apresentada a seguir:

Equação 18: Determinação do recalque por adensamento primário para solos normalmente adensados

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \left(\frac{\sigma'_v + \Delta\sigma'}{\sigma'_v} \right)$$

Onde:

S: recalque por adensamento primário (m);

H: espessura da camada compressível (m);

e_0 : índice de vazios inicial;

σ'_v : tensão vertical efetiva inicial (kPa);

$\Delta\sigma'$: acréscimo de tensão vertical efetiva (kPa);

C_c = índice de compressão;

Para as argilas classificadas como pré-adensadas ($OCR > 1$), a estimativa dos recalques totais exige a consideração de dois cenários distintos. No Cenário 01, quando a tensão efetiva final — resultante do somatório entre a tensão efetiva vertical inicial e o acréscimo de tensão efetiva devido à execução do aterro — não excede a tensão de pré-adensamento ($\sigma'_v + \Delta\sigma' \leq \sigma_{vm}'$), utilizou-se a seguinte equação.

Equação 19: Determinação do recalque por adensamento primário para argilas pré-adensadas com tensão efetiva final menor que a tensão de pré-adensamento

$$S = \frac{C_r \cdot H}{1 + e_0} \cdot \log \left(\frac{\sigma'_v + \Delta\sigma'}{\sigma'_v} \right)$$

Onde:

S: recalque por adensamento primário (m);
 Cr: índice de recompressão;
 H: espessura da camada compressível (m);
 e0: índice de vazios inicial;
 σ'_v : tensão vertical efetiva inicial (kPa);
 $\Delta\sigma'$: acréscimo de tensão vertical efetiva (kPa).

Já para um segundo cenário, quando a tensão efetiva final excede a tensão de pré-adensamento ($\sigma'_v + \Delta\sigma' > \sigma'_{vm}$), utilizou-se a seguinte equação:

Equação 20: Determinação do recalque por adensamento primário para argilas pré-adensadas com tensão efetiva final maior que a tensão de pré-adensamento

$$S = \frac{C_r \cdot H}{1 + e_0} \cdot \log \left(\frac{\sigma'_{vm}}{\sigma'_v} \right) + \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \cdot \log \left(\frac{\sigma'_v + \Delta\sigma'}{\sigma'_{vm}} \right)$$

Onde:

S: recalque por adensamento primário (m);
 Cr: índice de recompressão;
 H: espessura da camada compressível (m);
 e0: índice de vazios inicial;
 σ'_v : tensão vertical efetiva inicial (kPa);
 $\Delta\sigma'$: acréscimo de tensão vertical efetiva (kPa);
 Cc = índice de compressão;

Conforme pode ser observado pelas equações apresentadas, em ambos os cenários é necessária a determinação do acréscimo de tensão vertical decorrente da construção do aterro sobre as camadas de solo. Esse incremento foi calculado por meio da Equação 21.

Equação 21: Determinação do acréscimo de tensão vertical devido a construção do aterro

$$\Delta\sigma' = I(\gamma_{at}h_{at}) + \gamma IS$$

Onde:

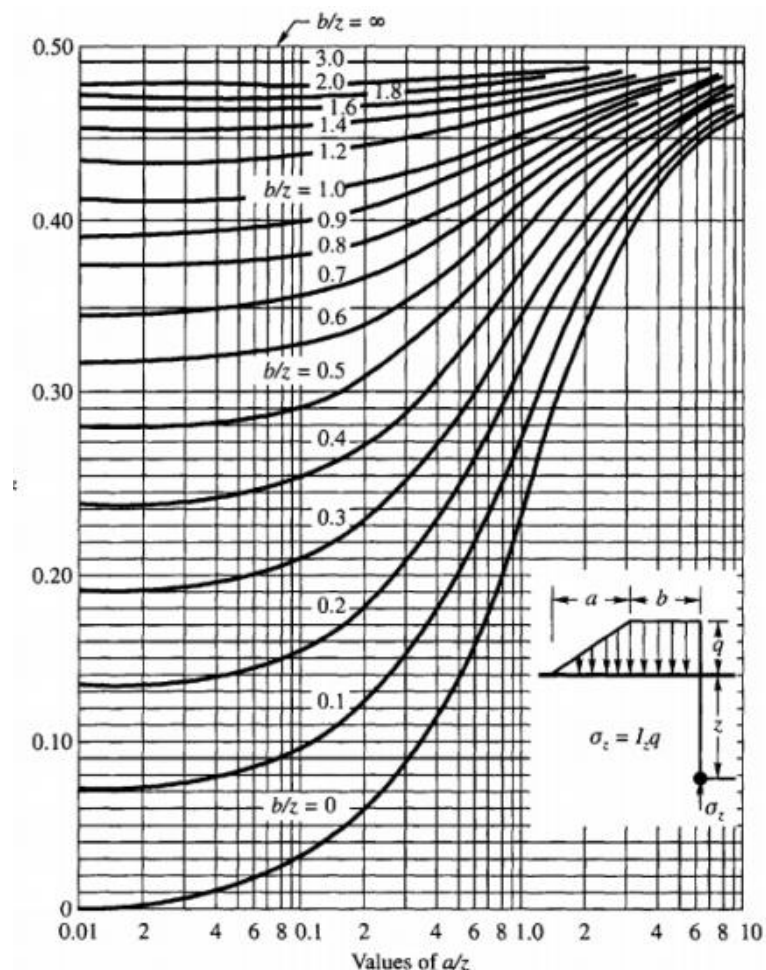
I = fator de influência, obtido no ábaco de Osterberg (Poulos & Davis, 1974);
 γ_{at} = peso específico do material do aterro (kN/m³);

h = altura do aterro (m);

γ' = peso específico efetivo do solo saturado ($\gamma - \gamma_w$) (kN/m^3).

Como se verifica através das equações apresentadas, esse acréscimo de tensão depende da geometria do aterro – especial altura e peso específico do solo utilizado - e necessitou, adicionalmente, da obtenção do fator de influência I , a partir do ábaco de Osterberg, que correlaciona as dimensões do aterro, conforme Figura 53. Para fins de simplificação, foi considerado um fator de influência I igual a 1.

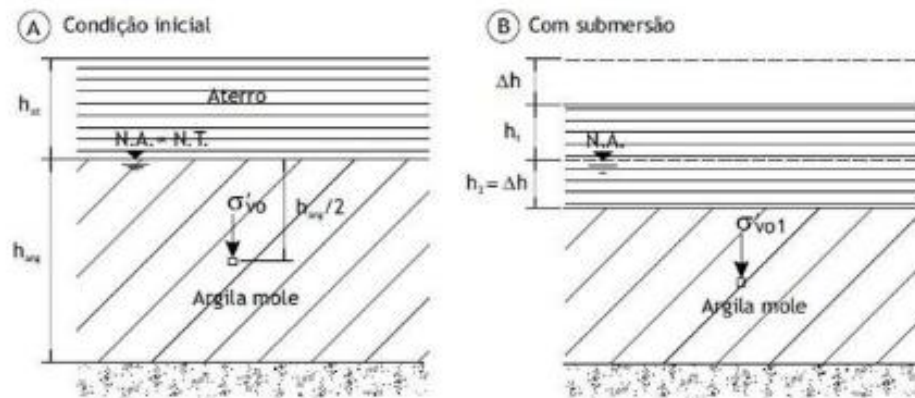
Figura 53: Ábaco de Osterberg



Fonte: Almeida e Marques (2014)

Nas etapas seguintes, o cálculo foi refinado, ao se considerar o nível d'água na superfície do terreno, o que dividiu o aterro em uma porção submersa e outra não submersa, conforme Figura 54.

Figura 54: Esquema de submersão de aterro: (a) início do carregamento; (b) após ocorrência do recalque



Fonte: Almeida e Marques (2014)

O procedimento é repetido sucessivamente até que os valores de recalque calculados converjam, indicando que a solução foi encontrada. Em solos de fundação compostos por múltiplas camadas (estratificados), o recalque total na porção submersa é obtido pela somatória dos recalques individuais de cada subcamada.

Para a avaliação do período de consolidação, o cálculo do recalque em função do tempo foi realizado segundo a Teoria do Adensamento Unidimensional de Terzaghi (1943), conforme apresentado no item 2.3.2.2.

Nesse procedimento, o recalque em um instante específico foi obtido multiplicando-se o recalque total por adensamento primário, obtido anteriormente, pela fração média de adensamento vertical (U) correspondente, a qual é determinada com base na referida teoria.

Equação 22: Determinação do recalque por adensamento unidimensional em determinado momento

$$S_c(t) = S_c \cdot U$$

Onde:

$S_c(t)$: representa o recalque em função de um instante t qualquer;

S_c : representa o recalque primário final calculado;

U : representa o grau (porcentagem) de adensamento médio, para um tempo;

O grau de adensamento médio (U) foi determinado em função do Fator Tempo (T_v), parâmetro adimensional que relaciona o tempo decorrido às propriedades de

consolidação do solo. A correlação entre o grau de adensamento (U) e o Fator Tempo (Tv) é usualmente obtida por meio de tabelas ou de curvas derivadas, como a Tabela 19 utilizada no presente estudo.

Tabela 19: Variação do Fator Tempo (Tv) em função do grau de adensamento médio (U%)

Variação TV com U%(Grau de adensamento)							
U%	Tv	U%	Tv	U%	Tv	U%	Tv
1	0,00008	26	0,0531	51	0,204	76	0,493
2	0,0003	27	0,0572	52	0,212	77	0,511
3	0,00071	28	0,0615	53	0,221	78	0,529
4	0,00126	29	0,066	54	0,23	79	0,547
5	0,00196	30	0,0707	55	0,239	80	0,567
6	0,00283	31	0,0754	56	0,248	81	0,588
7	0,00385	32	0,0803	57	0,257	82	0,61
8	0,00502	33	0,0855	58	0,267	83	0,633
9	0,00636	34	0,0907	59	0,276	84	0,658
10	0,00785	35	0,0962	60	0,286	85	0,684
11	0,0095	36	0,102	61	0,297	86	0,712
12	0,0113	37	0,107	62	0,307	87	0,742
13	0,0133	38	0,113	63	0,318	88	0,774
14	0,0154	39	0,119	64	0,329	89	0,809
15	0,0177	40	0,126	65	0,304	90	0,848
16	0,0201	41	0,132	66	0,352	91	0,891
17	0,0227	42	0,138	67	0,364	92	0,938
18	0,0254	43	0,145	68	0,377	93	0,993
19	0,0283	44	0,152	69	0,39	94	1,055
20	0,0314	45	0,159	70	0,403	95	1,129
21	0,0346	46	0,166	71	0,417	96	1,219
22	0,038	47	0,173	72	0,431	97	1,336
23	0,0415	48	0,181	73	0,446	98	1,5
24	0,0452	49	0,188	74	0,461	99	1,781
25	0,0491	50	0,197	75	0,477	100	∞

Fonte: Acervo RAV Engenharia e Geotecnia

A determinação do fator tempo (Tv), é definido pela seguinte equação:

Equação 23: Determinação do Fator Tv

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{H_d^2}$$

Onde:

Tv: representa o Fator Tempo (adimensional);

Cv: coeficiente de adensamento (geralmente em m²/ano)

t: tempo

Hd: comprimento de drenagem, comprimento da maior trajetória percorrida por uma partícula até a camada drenante.

Quando a camada de solo apresenta drenagem tanto na superfície superior quanto na inferior, o comprimento de drenagem é igual à metade da espessura da camada ($H_d = h/2$). Por outro lado, em situações em que há apenas uma superfície drenante, considera-se o comprimento de drenagem igual à espessura total da camada ($H_d = h$).

4.4. Análise de Estabilidade

A verificação da estabilidade global dos aterros foi realizada com o auxílio do software Slide v.6.0 (Rocscience), que utiliza métodos de equilíbrio limite. Foram aplicadas as formulações de Bishop Simplificado (2.3.1.1.1) e Janbu Simplificado (2.3.1.1.2), a fim de comparação, considerando os critérios de segurança da norma DNIT 381/2021-PRO (2.3.1.2).

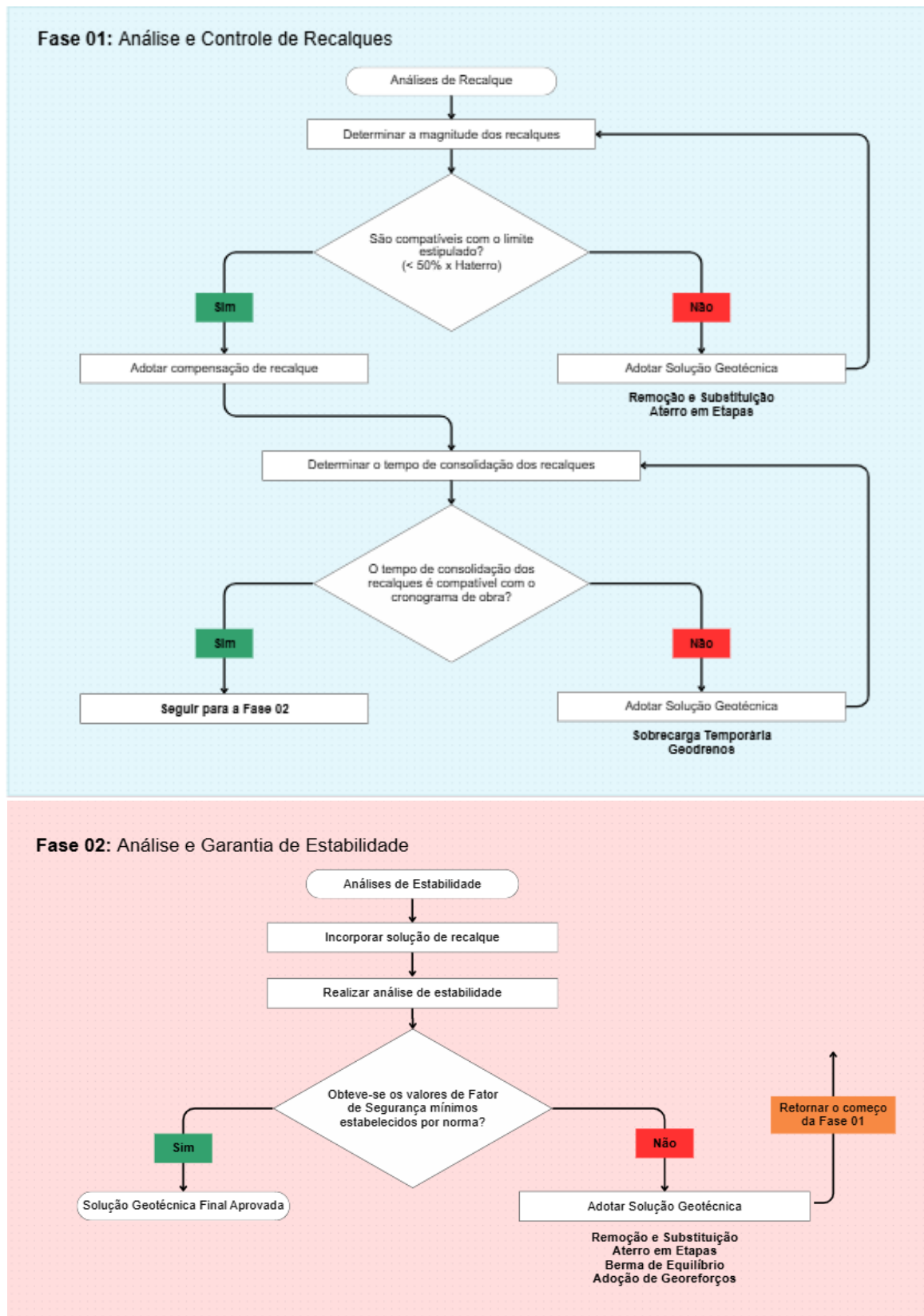
4.5. Premissas para a Definição das Soluções Geotécnicas

A definição da solução geotécnica adotou uma metodologia sequencial, fundamentada nas alternativas apresentadas no capítulo 2.4.

Inicialmente, foram priorizadas as soluções de terraplenagem — como a aplicação de sobrecarga, a remoção e substituição de solo e a execução de bermas de equilíbrio —, avançando-se para o emprego de geossintéticos apenas quando necessário. Essa abordagem foi adotada por possibilitar a otimização dos custos e da logística de execução, uma vez que as soluções propostas podem ser implementadas pelas mesmas equipes e com o uso dos equipamentos já mobilizados no canteiro para a execução do corpo dos aterros, favorecendo o cumprimento do cronograma e reduzindo a necessidade de contratação de serviços especializados.

O raciocínio lógico adotado para a tomada de decisão e a definição das soluções geotécnicas mais adequadas encontra-se resumido no fluxograma apresentado a seguir.

Figura 55: Fluxograma da tomada de decisões para definição das soluções geotécnicas mais adequadas



Fonte: Autora (2025)

A avaliação das soluções iniciou-se pela análise da magnitude dos recalques. Quando os valores estimados são excessivos — por exemplo, superiores a 50% da altura do aterro —, a primeira medida consiste na adoção de soluções destinadas ao seu controle, como a remoção e substituição do solo mole ou a execução do aterro em etapas. Caso a magnitude dos recalques seja considerada aceitável, procedeu-se apenas à compensação do recalque, por meio da adição de camada com mesmo material do corpo do aterro por sobre o aterro, de modo a garantir a cota final de projeto.

Dando prosseguimento a definição das soluções, à análise seguiu com a avaliação da evolução dos recalques ao longo do tempo. Caso o prazo de consolidação se mostre incompatível com o cronograma executivo de obra, a solução é complementada com técnicas de aceleração, tais como a aplicação de sobrecarga temporária ou a instalação de drenos verticais (geodrenos).

Com a solução geotécnica voltada ao controle dos recalques definida, realizou-se então a verificação da estabilidade global. Se os Fatores de Segurança (FS) obtidos apresentarem valores inferiores aos mínimos recomendados por norma, são implementadas medidas como:

- Execução de bermas de equilíbrio (desde que haja disponibilidade espacial);
- Remoção e substituição do solo mole, indicada para camadas mais superficiais, com espessura de até aproximadamente 4,00 m;
- Execução do aterro em etapas;
- Utilização de georreforços (geogrelhas).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados das análises de recalque e estabilidade para as seções críticas do projeto. A apresentação e análise dos resultados foi dividida por seção, detalhando a proposição e avaliação das soluções geotécnicas adotadas.

5.1. SEÇÃO A

Seguindo a metodologia proposta, a definição da solução geotécnica para a Seção A iniciou-se pelas análises de recalque, considerando a condição natural do terreno, sem a aplicação de técnicas de melhoria do solo.

Em um primeiro momento foi realizada a avaliação da razão de pré-adensamento (OCR), cuja análise confirmou que a camada de argila mole investigada apresenta comportamento pré-adensado ($OCR > 1,00$).

Tabela 20: Determinação do OCR da camada de argila mole - Seção A

SEÇÃO DE ANÁLISE	CAMADA DE SOLO MOLE							
	Descrição	Cota Topo da Camada (m)	Cota Fundo da Camada (m)	Espessura Total (m)	N.A (m)	σ'_{v0} (kPa)	σ'_{vm} (kPa)	OCR
A	Argila Mole 01	2,98	8,82	5,84	0,20	38,92	60,00	1,54

Fonte: Autora (2025)

Em seguida, procedeu-se ao cálculo da tensão efetiva final, com o objetivo de verificar se seu valor seria superior ou inferior à tensão de pré-adensamento, permitindo assim a classificação no cenário correspondente descrito no item 4.3. Conforme apresentado na Tabela 21, a tensão efetiva final excedeu a tensão de pré-adensamento.

Tabela 21: Determinação da tensão efetiva final na camada de argila mole - Seção A

SEÇÃO DE ANÁLISE	CAMADA DE SOLO MOLE			ATERRO		
	Descrição	σ'_{v0} (kPa)	σ'_{vm} (kPa)	Haterro (m)	$\Delta\sigma_{at}$ (kPa)	σ'_{vf} (kPa)
A	Argila Mole 01	38,92	60,00	4,00	76,0	114,92

Fonte: Autora (2025)

Avançando com o processo iterativo, os recalques associados à cota fixa e à submersão do aterro foram estimados com base na Equação 20, sendo os valores

calculados até a convergência para cada camada, conforme apresentado na Tabela 22.

Tabela 22: Cálculo do recalque por adensamento primário - Seção A

							Recalque cota fixa (m) - Iterações					
Camada	Harg. (m)	σ'_{v0} (kPa)	σ'_{vf} (kPa)	σ'_{vm} (kPa)	cc/1+e0	cr/1+e0	Δh (m) It 01	Δh (m) It 02	Δh (m) It 03	Δh (m) It 04	Δh (m) It 05	Δh (m) It 06
1	5,8	38,92	114,92	60	0,39	0,03	0,68	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Total							0,679	0,747	0,752	0,753	0,753	0,753

Fonte: Autora (2025)

Dessa forma, verificou-se que o recalque total estimado para a Seção A foi de 0,75 m, valor considerado aceitável, não havendo necessidade de adoção de soluções geotécnicas visando sua redução.

Prosseguindo com a análise, para a determinação da evolução do recalque ao longo do tempo na Seção A, considerou-se uma espessura de 5,80 m para a camada de argila mole e adotou-se um coeficiente de adensamento vertical igual a $1,00 \times 10^{-3}$ cm²/s. A Tabela 23 apresenta os resultados obtidos.

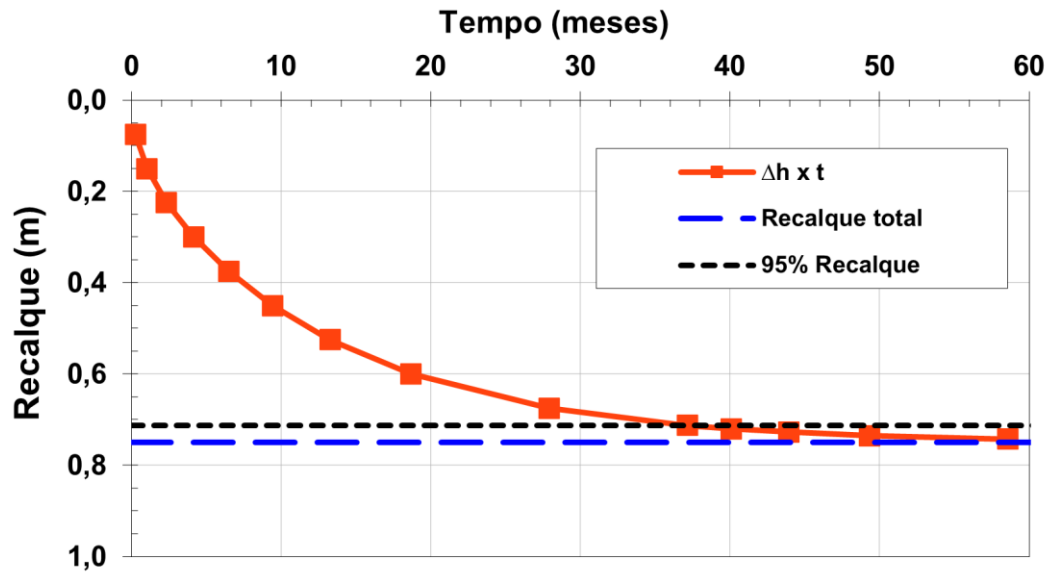
Tabela 23: Determinação da evolução do recalque ao longo do tempo - Seção A

Média Cv's camadas				Distância drenagem			ΔTv com Uv%		Evolução Δh x tempo		
Cv (cm ² /s)	Cv (m ² /dia)	Cv (m ² /mês)	Cv (m ² /ano)	Harg. (m)	Hdren. 1 ou 2	Hd (m)	Uv%	Tv	$\Delta h(t)$ (m)	t (meses)	t (anos)
1,00E-03	0,00864	0,2592	3,1622	5,8	2	2,9	10	0,00785	0,08	0,3	0
							20	0,0314	0,15	1	0,1
							30	0,0707	0,23	2,3	0,2
							40	0,126	0,3	4,1	0,3
							50	0,197	0,38	6,5	0,5
							60	0,286	0,45	9,4	0,8
							70	0,403	0,53	13,3	1,1
							80	0,567	0,6	18,7	1,5
							90	0,848	0,68	27,9	2,3
							95	1,129	0,71	37,1	3
							96	1,219	0,72	40,1	3,3
							97	1,336	0,73	43,9	3,6
							98	1,5	0,74	49,3	4
							99	1,781	0,74	58,6	4,8
100	∞	0,75									

Fonte: Autora (2025)

A análise da evolução do recalque ao longo do tempo, conforme a teoria de adensamento, indicou que 95% deste recalque (aproximadamente 0,71 m) ocorreria em um período de 37,1 meses, ou cerca de 3 anos, conforme pode-se observar através da curva de recalque versus tempo para esta condição (Figura 56).

Figura 56: Curva de recalque por adensamento primário *versus* tempo - Seção A



Fonte: Autora (2025)

Considerando que este prazo é incompatível com o cronograma de execução do empreendimento, previsto para até 18 meses, avaliou-se a implementação de uma sobrecarga temporária para acelerar o processo de adensamento. Foram analisadas duas espessuras de sobrecarga: 0,50 m e 1,00 m.

Os resultados indicaram uma redução significativa no tempo de consolidação. Com a aplicação de uma sobrecarga de 0,50 m, o tempo necessário para atingir o recalque primário — equivalente a 95% do recalque total — foi reduzido para 19,7 meses, conforme ilustrado na Tabela 24.

Tabela 24: Análise da evolução temporal do recalque com sobrecarga de 0,50m - Seção A

SOBRECARGA 02				
Hsobrecarga (m) :	0,50	Δh (m)	0,83	
Uv%	Tv	$\Delta h(t)$ (m)	t (meses)	t (anos)
10	0,00785	0,08	0,3	0,0
20	0,03140	0,17	1,0	0,1
30	0,07070	0,25	2,3	0,2
40	0,12600	0,33	4,1	0,3
50	0,19700	0,42	6,5	0,5
60	0,28600	0,50	9,4	0,8
70	0,40300	0,58	13,3	1,1
80	0,56700	0,66	18,7	1,5
90	0,84800	0,75	27,9	2,3
95	1,12900	0,79	37,1	3,0
96	1,21900	0,80	40,1	3,3
97	1,33600	0,81	43,9	3,6
98	1,50000	0,81	49,3	4,0
99	1,78100	0,82	58,6	4,8
100	∞	0,83		

$$U_s = \Delta h_f / \Delta h_{fs}$$

Δh_f cm (95%)	Δh_{fs} (cm)	U _s %	Tv	t (meses)
0,68	0,83	81,3	0,599	19,7

fonte: Autora (2025)

Já com a aplicação de uma sobrecarga de 1,00 m (Tabela 25), observou-se uma redução ainda mais expressiva no tempo de consolidação, alcançando 15,4 meses. Esse comportamento era esperado, uma vez que o aumento da tensão aplicada acelera o processo de dissipação das pressões neutras e, conseqüentemente, a taxa de adensamento.

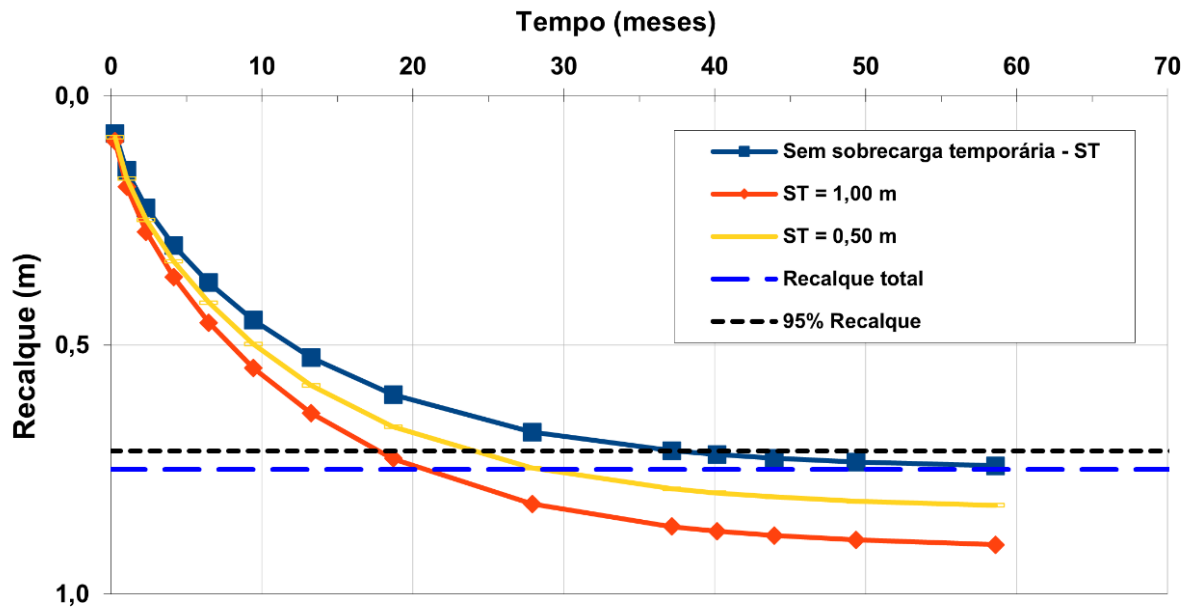
Tabela 25: Análise da evolução temporal do recalque com sobrecarga de 1,00m - Seção A

SOBRECARGA 01				
Hsobrecarga (m) :	1,00	Δh (m)	0,91	
Uv%	Tv	$\Delta h(t)$ (m)	t (meses)	t (anos)
10	0,00785	0,09	0,3	0,0
20	0,03140	0,18	1,0	0,1
30	0,07070	0,27	2,3	0,2
40	0,12600	0,36	4,1	0,3
50	0,19700	0,46	6,5	0,5
60	0,28600	0,55	9,4	0,8
70	0,40300	0,64	13,3	1,1
80	0,56700	0,73	18,7	1,5
90	0,84800	0,82	27,9	2,3
95	1,12900	0,86	37,1	3,0
96	1,21900	0,87	40,1	3,3
97	1,33600	0,88	43,9	3,6
98	1,50000	0,89	49,3	4,0
99	1,78100	0,90	58,6	4,8
100	∞	0,91		
$U_s = \Delta h_f / \Delta h_{fs}$				
Δh_f cm (95%)	Δh_{fs} (cm)	U_s %	Tv	t (meses)
0,68	0,91	74,2	0,469	15,4

Fonte: Autora (2025)

A Figura 57 apresenta a comparação entre as curvas de recalque, evidenciando a eficiência de ambas as sobrecargas na aceleração do processo.

Figura 57: Comparação das curvas de recalque por adensamento primário com diferentes sobrecargas temporárias

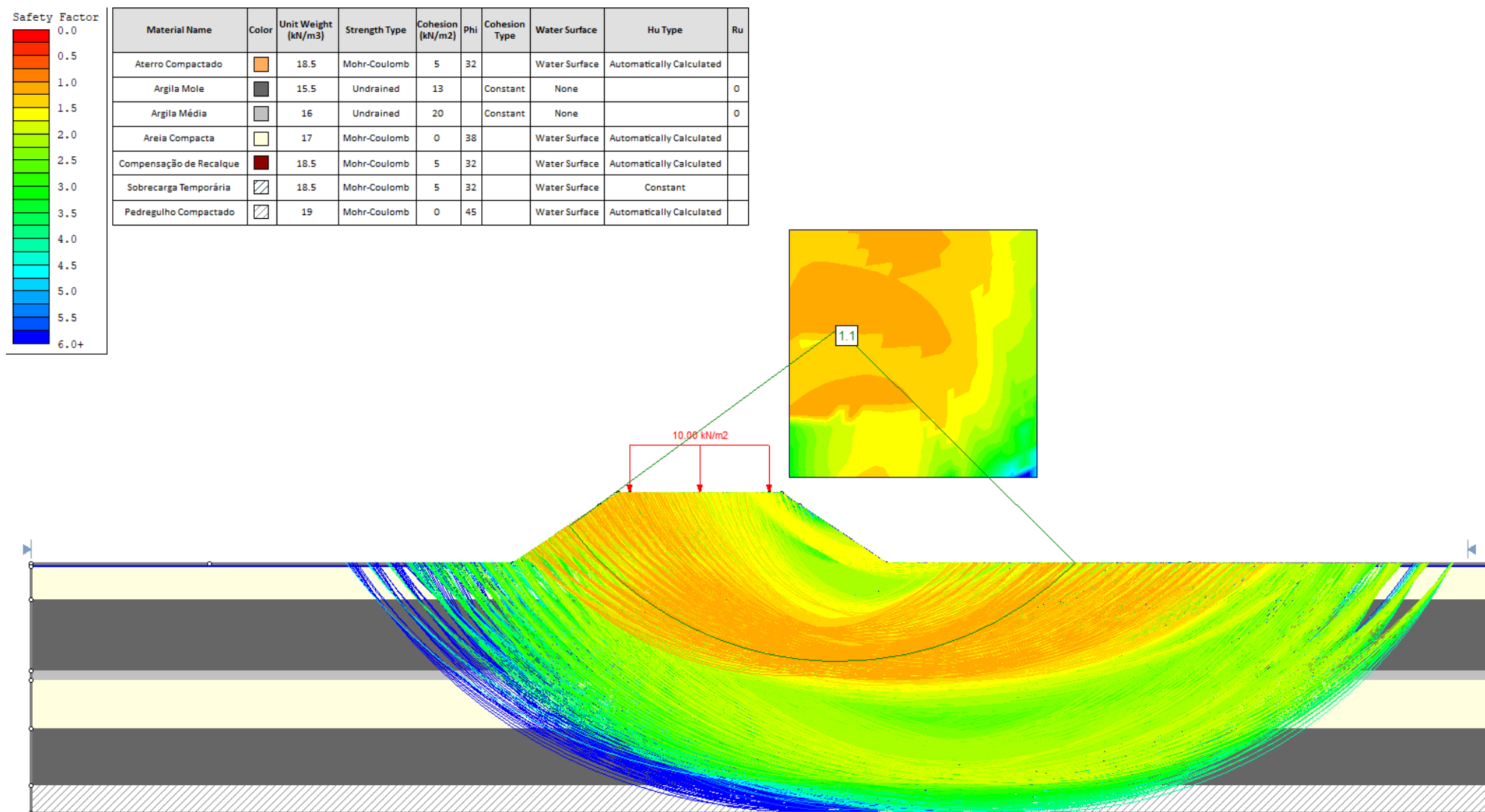


Fonte: Autora (2025)

Deste modo, a adoção da sobrecarga de 1,00 m mostrou-se a alternativa mais vantajosa, pois antecipa a liberação da área em aproximadamente 4 meses em relação à sobrecarga de 0,50 m, sendo, portanto, a solução adotada para o controle de recalques nesta seção.

Uma vez definida a solução para o recalque, procedeu-se à análise de estabilidade de taludes para a Seção A. Na condição sem nenhuma melhoria, os Fatores de Segurança (FS) calculados, tanto pelo método de Bishop Simplificado quanto por Jambu, foram inferiores aos mínimos normativos, indicando uma condição de instabilidade.

Figura 58: Análise de estabilidade global, Seção A, sem solução, Bishop Simplificado, apresentando FS = 1,1



Fonte: Autora (2025)

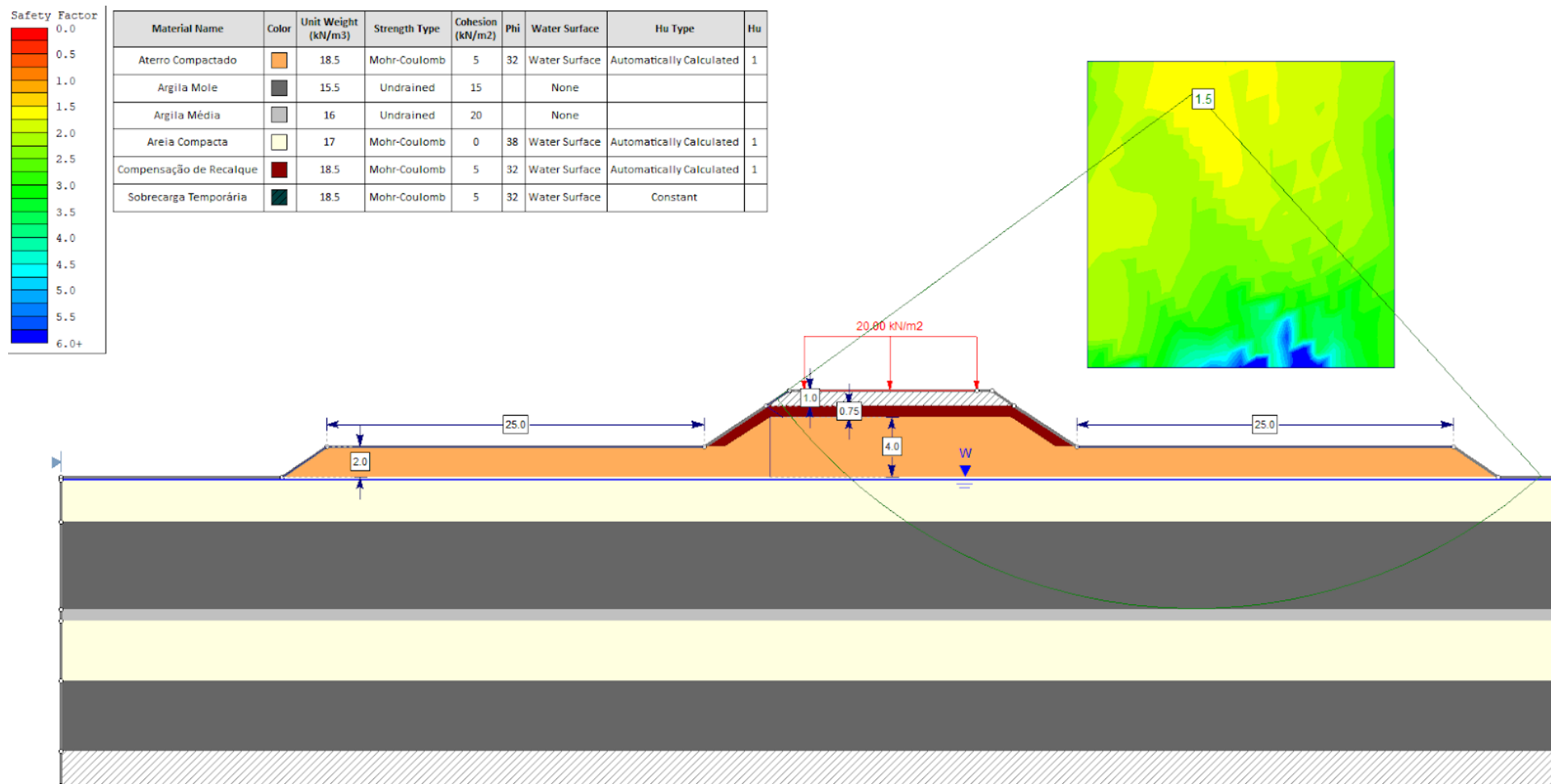
A análise de estabilidade evidencia que a superfície de ruptura crítica se desenvolve em profundidade, atravessando a camada de argila mole, que se apresenta como o material de menor resistência e, portanto, controla o mecanismo de ruptura global. O fator de segurança obtido ($F.S. = 1,1$), encontra-se abaixo dos valores mínimos exigidos pela DNIT 381/22-PRO, indicando que a seção não atende aos critérios normativos e apresenta potencial de instabilidade global devido à baixa resistência não drenada da argila mole e ao carregamento imposto pelo aterro.

Dada a altura elevada do aterro (4,00 m), a solução proposta para garantir a estabilidade foi a execução de bermas de equilíbrio. Essa escolha se justifica pela otimização da terraplenagem, uma vez que as bermas poderão ser posteriormente incorporadas aos aterros dos lotes adjacentes, representando, na prática, o alteamento desses terrenos em relação ao aterro viário. As bermas projetadas possuem 2,00 m de altura e 25 m de comprimento, dimensões definidas com base na geometria dos terrenos vizinhos, de modo a assegurar o atendimento aos critérios de estabilidade e a integração com o entorno.

Para a região correspondente à Seção A, caso o alteamento dos terrenos adjacentes não seja executado de forma concomitante ao aterro viário, recomenda-se a execução de um aterro mínimo de 2,00 m nos lotes vizinhos, a fim de garantir a estabilidade global do conjunto. No entanto, a condição ideal consiste na execução simultânea do aterro viário e dos aterros dos terrenos adjacentes, assegurando o desempenho geotécnico previsto no projeto.

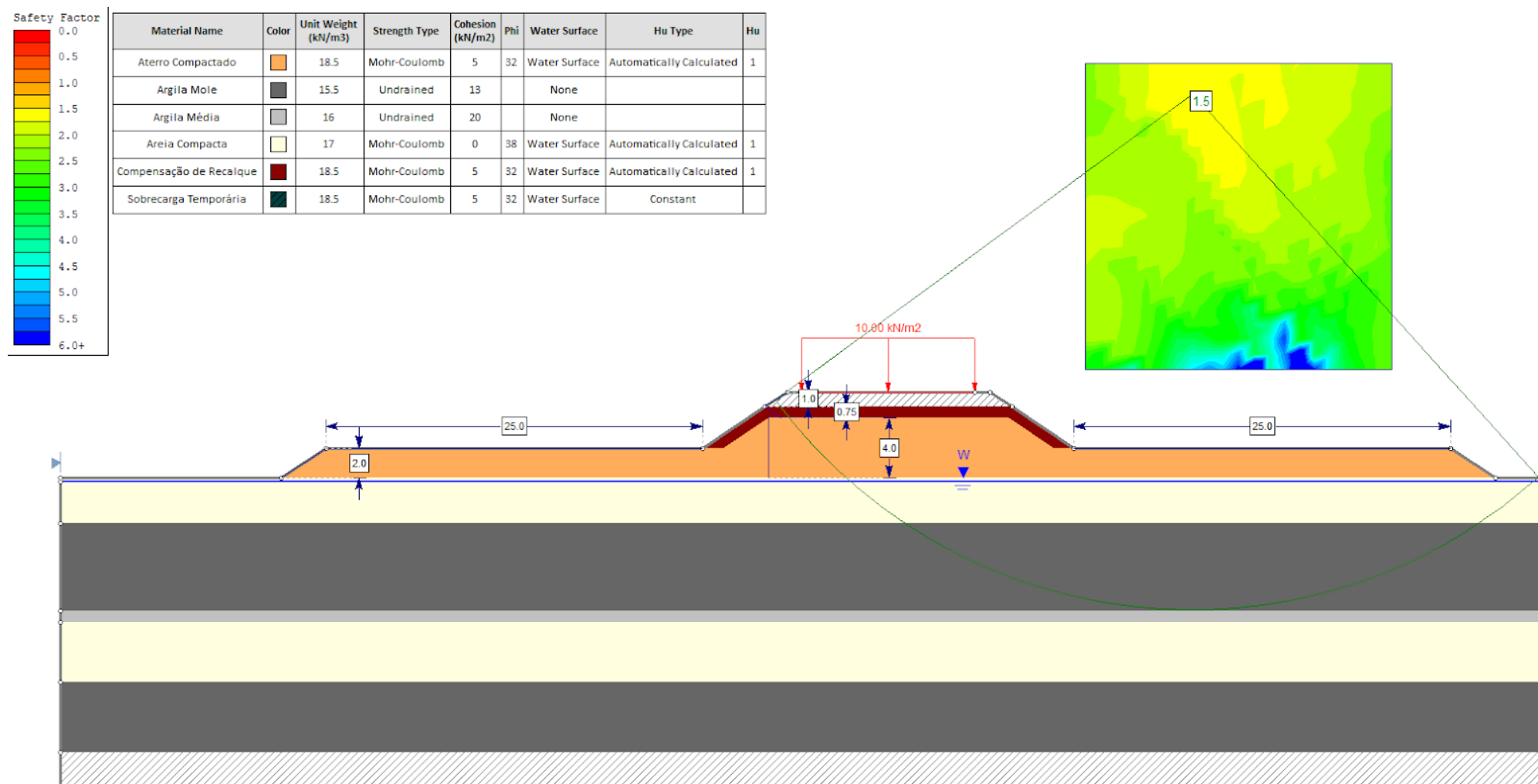
Com a inclusão das bermas no modelo, os Fatores de Segurança foram recalculados para as fases construtiva e de longo prazo. Os resultados, apresentados nas Figura 59 e Figura 60, demonstram que os valores obtidos atendem às exigências normativas, validando a solução proposta. O fator de segurança de longo prazo resultou em $FS = 1,5$, valor que satisfaz plenamente o critério estabelecido pelo DNIT, indicando que a configuração geométrica do aterro, associada aos parâmetros geotécnicos adotados e às condições de carregamento consideradas, proporciona estabilidade global adequada para a seção analisada.

Figura 59: Análise de estabilidade global, Seção A, com solução geotécnica, longo prazo, Bishop Simplificado, apresentando FS = 1,5



Fonte: Autora (2025)

Figura 60: Análise de estabilidade global, Seção A, com solução geotécnica, período construtivo, Bishop Simplificado, apresentando FS = 1,5



Fonte: Autora (2025)

5.2. SEÇÃO B

A análise preliminar realizada para a Seção B evidenciou que a magnitude do recalque previsto era desproporcional à altura do aterro, ultrapassando 50% do seu valor, o que, conforme a metodologia adotada, indica a necessidade de intervenção geotécnica. Assim, ao contrário da Seção A, optou-se diretamente pela solução de remoção e substituição da camada de solo mole.

Ainda assim, seguindo o procedimento metodológico, a avaliação inicial da razão de pré-adensamento (OCR) foi conduzida, confirmando que as camadas de argila mole também apresentaram comportamento pré-adensado ($OCR > 1,0$).

Tabela 26: Determinação do OCR da camada de argila mole - Seção B

SEÇÃO DE ANÁLISE	CAMADA DE SOLO MOLE							
	Descrição	Cota Topo da Camada (m)	Cota Fundo da Camada (m)	Espessura Total (m)	N.A (m)	$\sigma'v0$ (kPa)	$\sigma'vm$ (kPa)	OCR
B	Argila Mole 01	3,00	4,89	1,89	0,20	34,20	40,00	1,17
	Argila Mole 02	5,64	9,54	3,90	0,20	55,37	80,00	1,44

fonte: Autora (2025)

Em seguida, procedeu-se ao cálculo da tensão efetiva final para ambas as camadas de argila mole, permitindo a classificação no cenário correspondente. Ambas apresentaram tensão efetiva final superior a tensão de pré-adensamento.

Tabela 27: Determinação da tensão efetiva final nas camadas de argila mole - Seção B

SEÇÃO DE ANÁLISE	CAMADA DE SOLO MOLE			ATERRO		$\sigma'vf$ (kPa)
	Descrição	$\sigma'v0$ (kPa)	$\sigma'vm$ (kPa)	Haterro (m)	$\Delta\sigma v$ at (kPa)	
B	Argila Mole 01	34,20	40,00	2,00	38,0	72,20
	Argila Mole 02	55,37	80,00			93,37

fonte: Autora (2025)

Avançando com o processo iterativo, os recalques associados à cota fixa e à submersão do aterro foram determinados para ambas as camadas. Conforme apresentado, o recalque total resultante da soma dos recalques individuais foi de 0,375 m; contudo, para fins de projeto, adotou-se o valor arredondado de 0,40 m.

Tabela 28: Cálculo do recalque por adensamento primário - Seção B

Camada	Harg. (m)	σ'_{v0} (kPa)	σ'_{vf} (kPa)	σ'_{vm} (kPa)	cc/1+e0	cr/1+e0	Recalque cota fixa (m) - Iterações						
							Δh (m) It 01	Δh (m) It 02	Δh (m) It 03	Δh (m) It 04	Δh (m) It 05	Δh (m) It 06	
1	1,9	34,2	72,2	40	0,39	0,03	0,19	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
2	3,9	55,37	93,37	80	0,39	0,03	0,12	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Total							0,315	0,369	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375

fonte: Autora (2025)

Prosseguindo com a análise, para a determinação da evolução do recalque ao longo do tempo na Seção B a Tabela 29 apresenta os resultados obtidos.

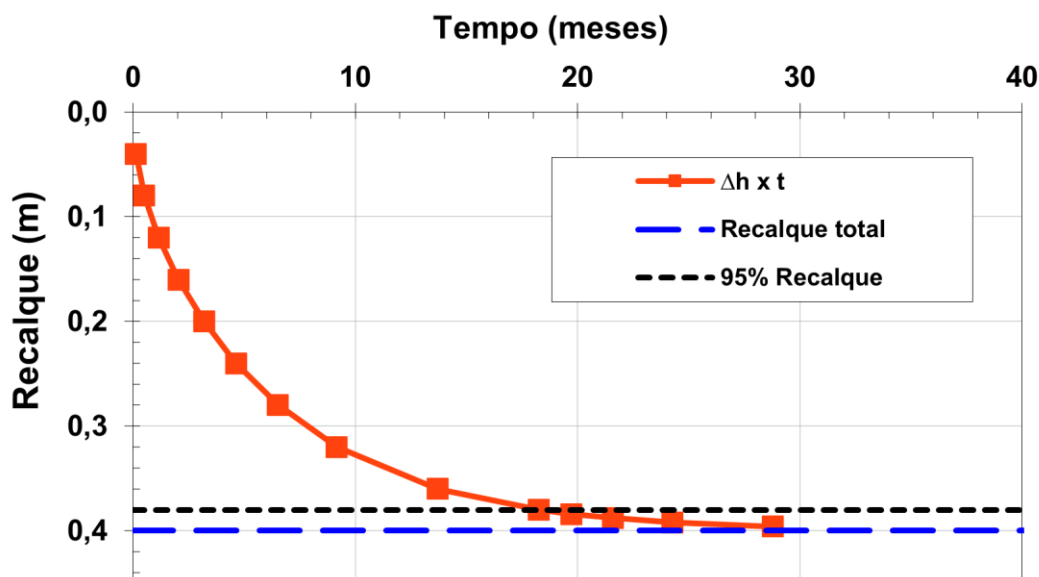
Tabela 29: Determinação da evolução do recalque ao longo do tempo - Seção B

$T_v = (C_v \times t) / H_d^2$ ou $t = (T_v \times H_d^2) / C_v$											
Média C_v 's camadas				Distância drenagem			ΔT_v com $U_v\%$		Evolução $\Delta h \times$ tempo		
C_v cm ² /s	C_v m ² /dia	C_v m ² /mês	C_v m ² /ano	Harg. (m)	Hdren. 1 ou 2	Hd (m)	$U_v\%$	T_v	Δh (t) (m)	t (meses)	t (anos)
2,0E-3	0,01728	0,5184	6,3245	5,8	2,0	2,9	10	0,00785	0,04	0,1	0,0
							20	0,0314	0,08	0,5	0,0
							30	0,0707	0,12	1,1	0,1
							40	0,126	0,16	2,0	0,2
							50	0,197	0,20	3,2	0,3
							60	0,286	0,24	4,6	0,4
							70	0,403	0,28	6,5	0,5
							80	0,567	0,32	9,2	0,8
							90	0,848	0,36	13,7	1,1
							95	1,129	0,38	18,3	1,5
							96	1,219	0,38	19,7	1,6
							97	1,336	0,39	21,6	1,8
							98	1,500	0,39	24,3	2,0
99	1,781	0,40	28,8	2,4							
100	∞	0,40									

fonte: Autora (2025)

A análise temporal indicou que 95% do valor total do recalque (0,38 m) seria atingido em 18,3 meses. Verificou-se ainda que a maior parte do recalque (0,37 m) ocorreria nos primeiros 16 meses, restando apenas 3 cm de recalque residual a longo prazo, um valor considerado tecnicamente aceitável para a obra.

Figura 61: Curva de recalque por adensamento primário versus tempo - Seção B



Fonte: Autora (2025)

A análise de estabilidade para a Seção B foi realizada considerando o cenário com a solução de remoção e substituição. Os Fatores de Segurança obtidos para as fases construtiva e de longo prazo, por ambos os métodos de Bishop Simplificado e Jambu, atenderam aos critérios mínimos de segurança estabelecidos em norma, conforme ilustrado nas Figura 62 e Figura 63.

A superfície crítica de ruptura atravessa principalmente a argila mole, confirmando que esse material controla o mecanismo de instabilidade; contudo, a resistência disponível é suficiente para garantir a estabilidade global. Isso confirma que a solução de remoção e substituição, além de controlar os recalques, também garante a estabilidade do aterro.

Figura 62: Análise de estabilidade global, Seção B, com solução geotécnica, longo prazo, Bishop Simplificado, apresentando FS = 1,5

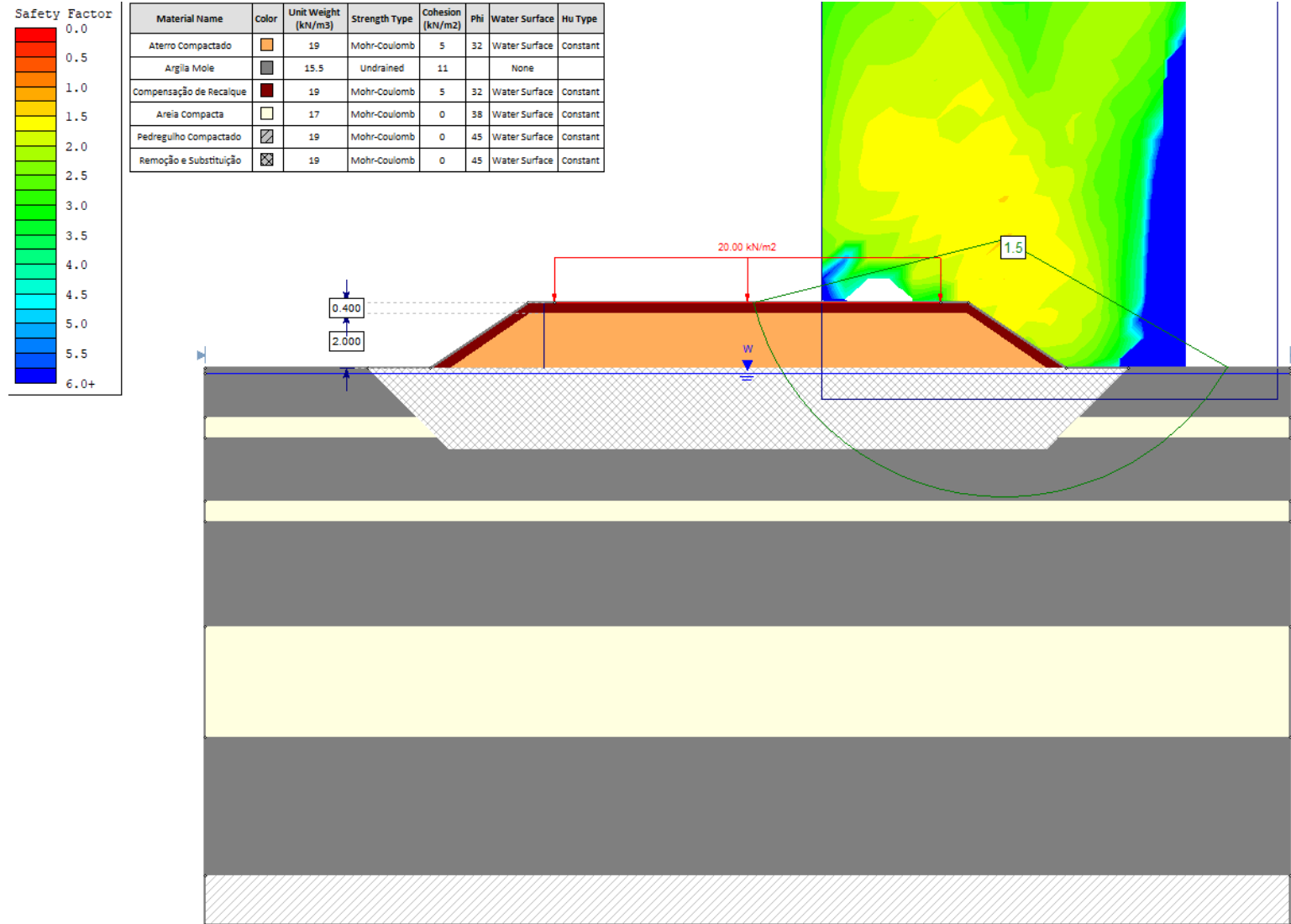
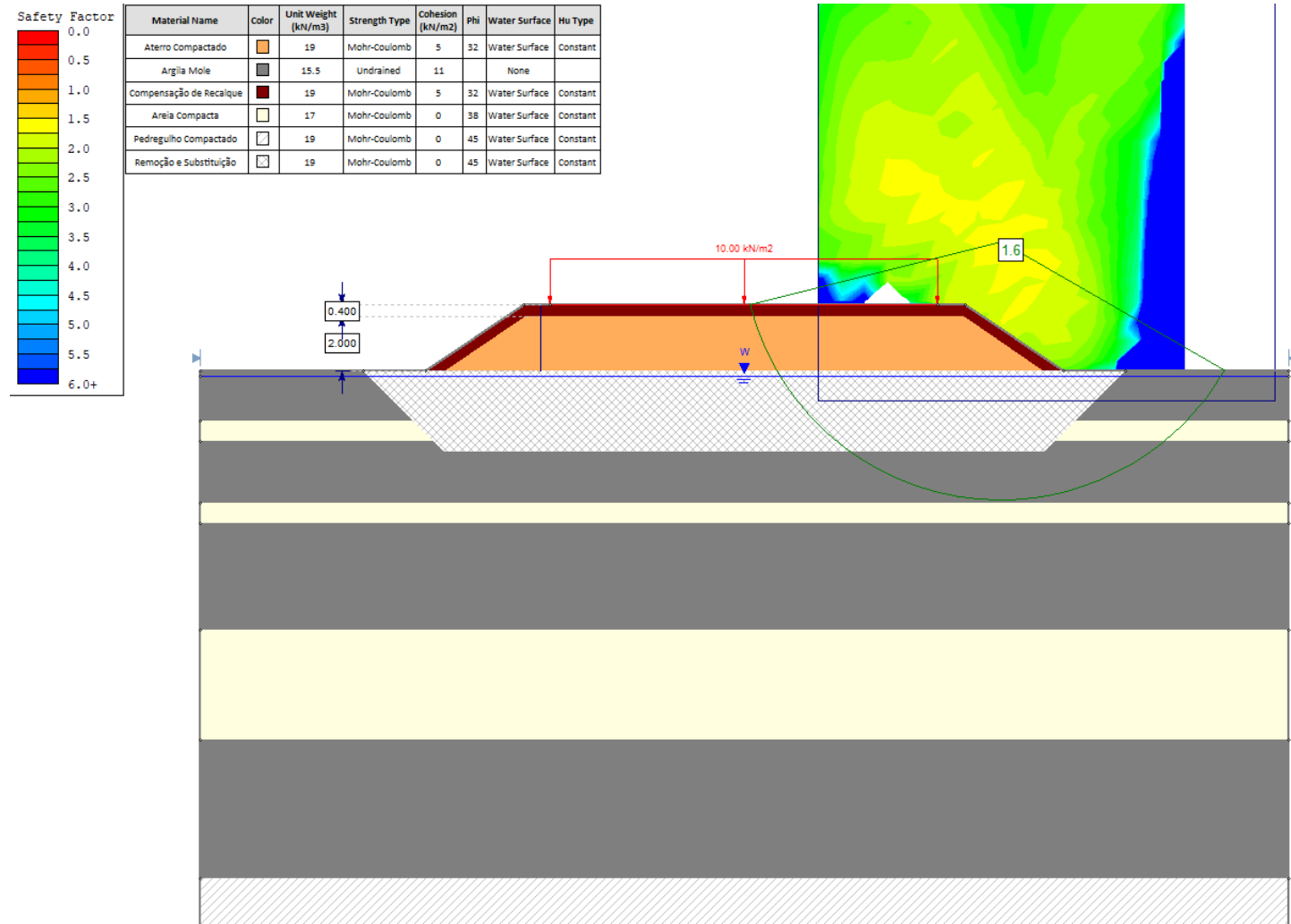


Figura 63: Análise de estabilidade global, Seção B, com solução geotécnica, período construtivo, Bishop Simplificado, apresentando FS = 1,5



Fonte: Autora (2025)

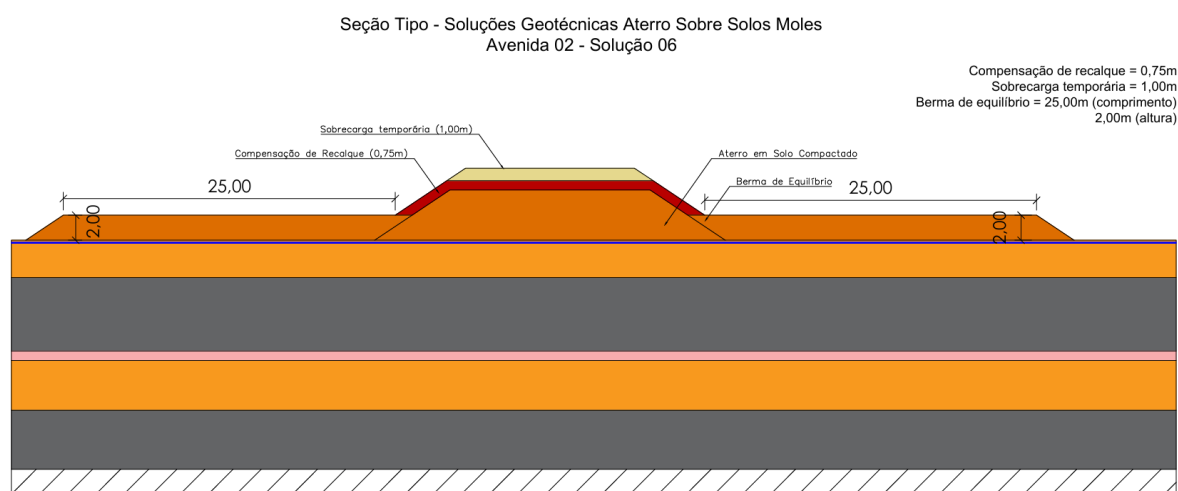
5.3. SOLUÇÕES GEOTÉCNICAS FINAIS DE PROJETO

Com base nas análises de recalque e estabilidade detalhadas anteriormente, as soluções geotécnicas finais foram definidas para cada seção representativa do projeto. A escolha buscou atender aos critérios de desempenho (magnitude e tempo de recalque) e segurança (fatores de segurança), otimizando a execução conforme a metodologia proposta.

Para a Seção A, as análises indicaram que o tempo de recalque era o principal condicionante, sendo incompatível com o cronograma da obra. Adicionalmente, a altura elevada do aterro resultou em Fatores de Segurança insuficientes na condição inicial. Desta forma, a solução composta adotada foi:

- Controle de Recalques: Aplicação de sobrecarga temporária de 1,00 m, que reduz o tempo para ocorrência de 95% do recalque primário para 15,4 meses.
- Garantia da Estabilidade: Execução de bermas de equilíbrio nas laterais do aterro para garantir que os Fatores de Segurança atendam aos mínimos normativos durante as fases construtiva e de longo prazo.

Figura 64: Seção esquemática - Soluções Geotécnicas para a Solução 06 da Avenida 02 (Seção A)

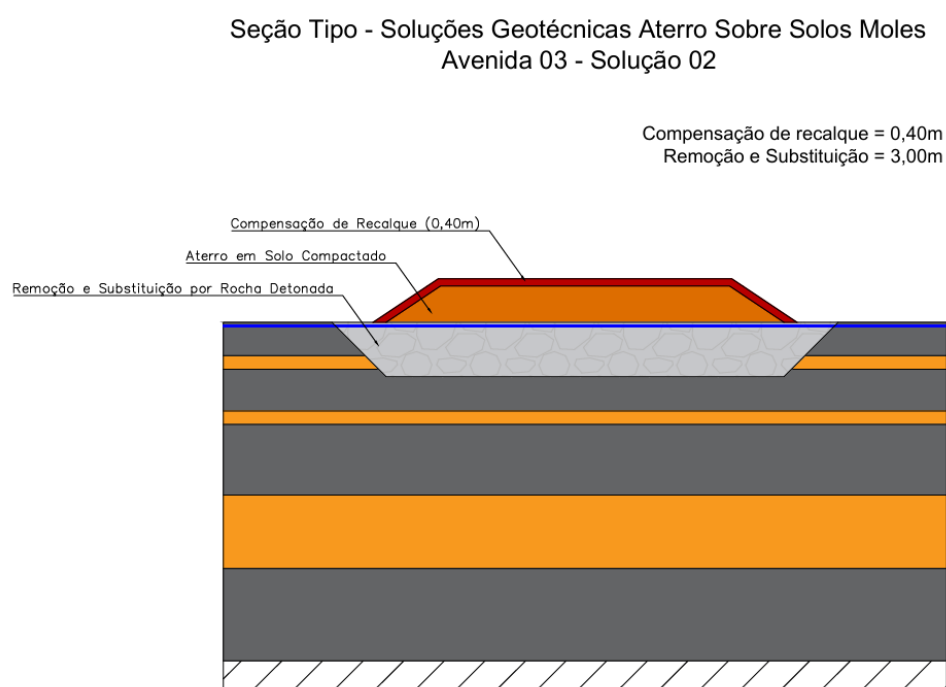


Fonte: Autora (2025)

Já para a Seção B, o problema principal foi a magnitude do recalque, considerada excessiva por ser desproporcional à altura do aterro. A solução definida foi:

- Controle de Recalques e Estabilidade: Remoção e substituição da camada de solo mole. Esta medida única mostrou-se a mais adequada, pois resolveu de forma definitiva o problema da magnitude do recalque e, simultaneamente, garantiu que os Fatores de Segurança fossem atendidos sem a necessidade de reforços adicionais.

Figura 65: Seção esquemática - Soluções Geotécnicas para a Solução 02 da Avenida 03 (Seção B)



Fonte: Autora (2025)

A Tabela 30 resume as soluções finais propostas para cada seção analisada.

Tabela 30: Resumo das soluções geotécnicas adotadas para as seções de análise

Seção Representativa	Altura do Aterro	Desafios Identificados	Solução Geotécnica Adotada
Seção A	4,00 m	Tempo de recalque incompatível com o cronograma de obra;	Sobrecarga temporária de 1,00 m
		Fator de Segurança insuficiente;	Bermas de equilíbrio
Seção B	2,00 m	Magnitude do recalque excessiva (>50% da altura do aterro).	Remoção e substituição de 3,00m da camada de solo mole superficial

Fonte: Autora (2025)

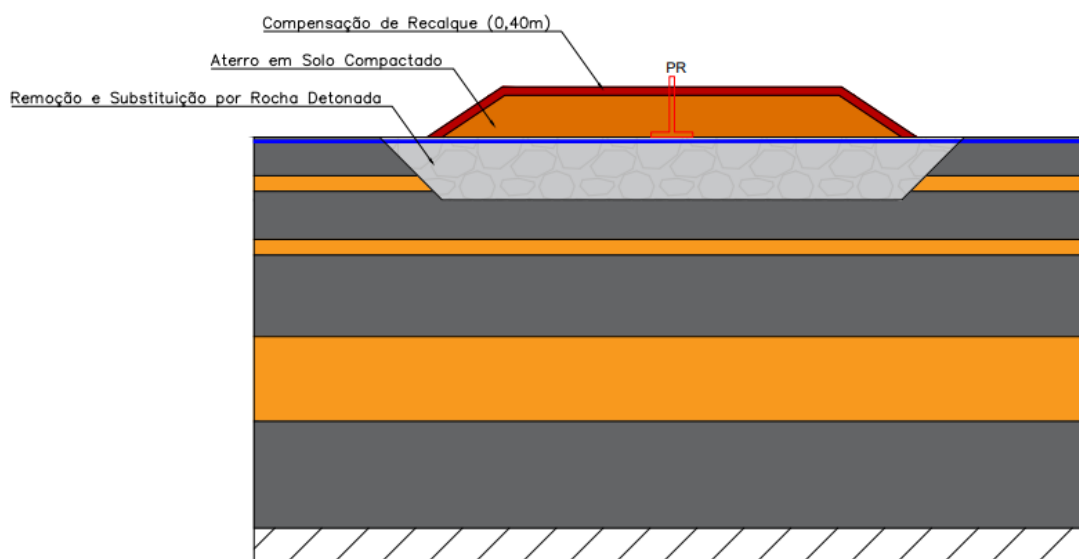
As soluções geotécnicas adotadas para as seções críticas foram representadas graficamente nas pranchas de desenho do projeto, apresentadas em anexo. Essas pranchas ilustram a configuração final das soluções propostas, incluindo as camadas de solo, os níveis de aterro, as bermas de equilíbrio e os elementos de reforço eventualmente empregados, para ambas as seções analisadas.

5.3.1. Plano de Monitoramento Geotécnico

No presente estudo, a instrumentação geotécnica foi definida como etapa essencial para a verificação do comportamento dos aterros, uma vez que permitiria avaliar se os parâmetros adotados em projeto correspondiam às condições reais de campo e se os recalques evoluíam conforme o previsto.

Foram projetadas placas de recalque a serem instaladas logo após a execução da camada de substituição em rocha, posicionadas sobre superfície devidamente nivelada para possibilitar o acompanhamento dos recalques desde as fases iniciais do aterro, conforme demonstra a Figura 66.

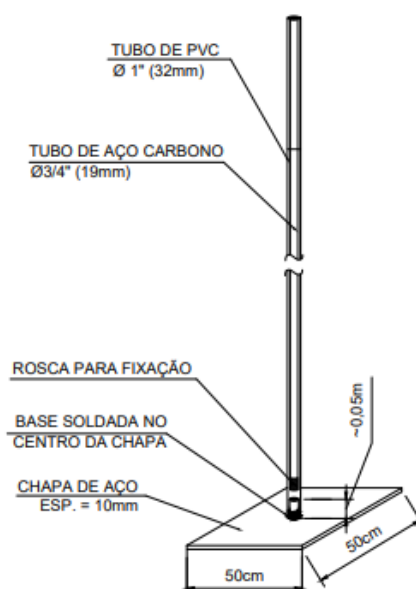
Figura 66: Seção esquemática – Posicionamento da Placa de Recalque para a Solução 02 da Avenida 03 (Seção B)



Fonte: Autora (2025).

As placas foram concebidas com base metálica quadrada e haste central rosqueada, dimensionada para permitir prolongamentos sucessivos à medida que o aterro se elevasse. Previu-se o uso de revestimento em PVC ao longo das hastes, visando minimizar o atrito com o solo e garantir maior precisão às leituras.

Figura 67: Detalhe de Projeto da Placa de Recalque



Fonte: Autora (2025).

Também foi estabelecida a necessidade de proteção física das hastes, recomendando-se o uso de cercados de madeira ou tubos de concreto, além do controle do tráfego de máquinas nas proximidades para evitar danos.

O projeto estabeleceu ainda a implantação de um ponto de referência topográfica fixo, localizado fora do alinhamento das vias, para assegurar estabilidade na cota de referência utilizada ao longo de todo o monitoramento.

Recomenda-se que as leituras sejam realizadas por meio da comparação entre a cota inicial da extremidade da haste e as cotas obtidas periodicamente, registrando-se os valores em planilha eletrônica juntamente com a data e a altura do aterro correspondente.

A periodicidade indicada durante a execução dos aterros e da sobrecarga é de duas leituras semanais, podendo ser reduzida para semanal após a conclusão dessa etapa. Caso alguma placa seja danificada, recomenda-se sua substituição imediata, a fim de evitar lacunas no histórico de dados.

Quanto à distribuição dos instrumentos, o projeto definiu espaçamento médio de cerca de 40 m entre placas, admitindo pequenas variações conforme as condições locais. Para as Seções Críticas A e B, com extensões aproximadas de 60 m e 90 m, foram previstas, respectivamente, uma e duas placas de recalque.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou a importância da adoção de uma metodologia sequencial para a definição de soluções geotécnicas em aterros sobre solos moles, confirmando a eficácia da hierarquia de análise proposta. Os resultados apontam que a presença da camada de solo mole foi o principal fator condicionante do projeto, influenciando de forma distinta o comportamento de cada seção em função da geometria do aterro.

Na Seção B, com aterro de 2,00 m de altura e camada superficial de solo mole, a magnitude dos recalques apresentou-se excessiva e desproporcional, o que justificou a adoção imediata da remoção e substituição do solo mole como solução, a fim de eliminar o problema de forma definitiva. Por outro lado, na Seção A, com aterro de 4,00 m, o desafio predominante não foi a magnitude dos recalques, mas sim a evolução da consolidação ao longo do tempo, cujo prazo mostrou-se incompatível com o cronograma executivo da obra. Para esse caso, a aplicação de sobrecarga temporária mostrou-se eficaz na aceleração do adensamento até um prazo aceitável.

Em relação à estabilidade, a altura elevada desse mesmo aterro resultou em Fatores de Segurança (FS) insuficientes, o que demandou a execução de bermas de equilíbrio com 2,00 m de altura e 25 m de comprimento. Essa decisão reforça a premissa central do trabalho de priorizar soluções baseadas em terraplenagem, por se tratarem de alternativas economicamente vantajosas, que otimizam o uso dos equipamentos e equipes já mobilizados no canteiro antes de recorrer a técnicas com geossintéticos.

Quanto aos métodos de análise, os resultados obtidos pelos métodos de Bishop Simplificado e Jambu Simplificado mostraram-se convergentes, identificando as mesmas condições críticas e confirmando a consistência das soluções propostas, mesmo diante das diferentes formulações teóricas empregadas.

Em síntese, o estudo demonstrou que a metodologia adotada é robusta, coerente e aplicável em contextos práticos, permitindo a formulação de soluções seguras, tecnicamente fundamentadas e economicamente otimizadas, ao tratar de forma sistemática e integrada os problemas de recalque e estabilidade em aterros sobre solos moles.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como continuidade deste estudo, sugerem-se as seguintes linhas de pesquisa:

- Análise comparativa de métodos de cálculo de recalque: realizar novas análises utilizando diferentes teorias e metodologias, como o método de Asaoka ou o método dos elementos finitos, a fim de comparar os resultados obtidos quanto à magnitude e ao tempo de recalque.
- Modelagem numérica avançada: empregar softwares baseados no método dos elementos finitos para uma análise mais detalhada do comportamento tensão-deformação do maciço, permitindo uma simulação mais precisa dos recalques e da interação solo-estrutura.
- Instrumentação e monitoramento em campo: considerando que o empreendimento se encontra em fase de execução, recomenda-se a implementação de um plano de monitoramento geotécnico. A obtenção de dados de campo permitiria calibrar os parâmetros de projeto, comparar os recalques medidos com os estimados e validar a eficácia das soluções adotadas, conferindo maior confiabilidade e valor prático ao estudo teórico desenvolvido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 6484. Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 12007. Solo – Ensaio de Adensamento unidimensional. Rio de Janeiro, 1990.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 9820. Coleta de amostras indeformadas de solos de baixa consistência em furos de sondagem. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 11682. Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro, 2009.

ALMEIDA, M. S.; MARQUES, M. E. S. Aterros sobre solos moles: projeto e desempenho. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ALVES, Mariana P.; ANGELI, Stephanie R. Estudo da Estabilidade de um Talude por Diferentes Métodos. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2023.

BIZ, Joabby C. Abordagem Matemática para a Teoria do Adensamento. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica do Paraná, Toledo, 2021.

CARVALHO, Matheus G. et al. Aplicações de inteligência artificial na determinação de parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo: um mapeamento sistemático da literatura. *Research Society and Development*, v. 11, n. 1, jan. 2021.

CORDEIRO, Rafael F. Avaliação do Comportamento de Aterro Executado sobre Depósito de Argila Mole na Rodovia BR 470 em Gaspar/SC. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER-PRO 381: Projeto de aterros sobre solos moles para obras viárias. Rio de Janeiro, 2022.

DOMINONI, Claudi M. B. Análise de Estabilidade e Compressibilidade de um Aterro Sobre Solo Mole no Porto de Suape Região Metropolitana do Recife. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

ESPÍNDOLA, Murilo S. Análise dos Parâmetros Geotécnicos dos Solos Moles da Obra de Ampliação do Aeroporto Internacional Hercílio Luz, Florianópolis. 2011.

Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

FIGUEIREDO, Lucas F. Avaliação do Comportamento Tensão Deformação em Argila Mole do Campo Experimental da UFSC – Perini Bussines Park. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil de Infraestrutura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2024.

GIFFONI, Rayssa E. et al. Análise Numérica de Aterro Estaqueado com Plataforma de Geossintético. *IBERIAN LATIN AMERICAN CONGRESS ON COMPUTACIONAL METHODS IN ENGINEERING*, XXXVII, 2016. Brasília. Anais... Brasília: Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia, 2016.

GOMES, Felipe B. Análise Comparativa de Soluções Construtivas de Aterros sobre Solos Moles. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2024.

JUNIOR, Ailson R. R. Estudo de Diferentes Métodos de Análises de Estabilidade de Taludes Terrosos. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) - Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2015.

JUNIOR, Edison F. V. et al. Solos Moles: os desafios na construção civil. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.5, p. 51803-51824, maio. 2021.

LOPES, Miriam; PINTO, Alexandre. Tratamento de solos moles com recurso a aterros de pré-carga no lote 14 da Plataforma Logística Lisboa Norte. *CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA*, XXI, 2024. Balneário Camboriú. Anais... Balneário Camboriú, 2024.

MASSAD, F. Obras de terra: curso básico de geotecnia, 2 ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MASSOCO, T. L. Geodrenos: Estudo do adensamento de um aterro sob solo mole. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MONTEIRO, Paula R. Análise da Influência do Uso de Geogrelhas em Aterros Sobre Solos Moles Utilizando os Métodos do Equilíbrio Limite e Elementos Finitos. 2024. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2024.

MORAES, Ana Carolina C. Aterros Sobre Solos Moles: Revisão de Literatura. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

NETO, Danisete Pereira S.; COUTINHO, Roberto Q.; SOUZA, Fabiano Q. Análise da Ruptura de um Aterro Rodoviário Construído sobre Solos Moles na Cidade de Goiana-PE, Brasil. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 77, maio. 2022.

OLIVEIRA, Nilene J. Estudo Comparativo de Recalques Observados e Calculados Utilizando a Teoria de Terzaghi: O Caso de um Edifício Situado em Santos. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Solos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

PINTO, C. S. Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas. 3 edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROCHEDO, Guilherme A. Efeitos Adversos da Implantação de Estacas de uma OAE sobre Solos Moles em Adensamento. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

SANTOS, Felipe S. Aterros Sobre Solos Moles: Dimensionamento dos Encontros da Ponte Sobre o Rio Três Riachos, BR-101 (SC). 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SCHNAID, F.; ODEBRECHT, E. Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações. 2ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SILVA, Rhafic C. Urbanização e Exploração Turística do Litoral Brasileiro: Relações e Implicações. 2011.

SOUSA, Carlos Eduardo P. et al. Análise Comparativa da Estabilidade de Taludes Utilizando Métodos de Fellenius e Bishop Simplificado: Influência dos Parâmetros Geotécnicos no Fator de Segurança. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, v.10, n. 06, set. 2024.

YUN, Alberto T.; TONON, João P. G. R. A.; PEREIRA, Rafael S. M. Solos Moles e Utilização de EPS na Construção de Aterros. 2019. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

ZANON, Paulo H. Análise Estocástica do Risco Econômico de Um Desenvolvimento Imobiliário em Porto Belo – SC. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024.

APÊNDICE

APÊNDICE 01

Pranchas de Desenho do Projeto Geotécnico

E

F

G

H

I

D

C

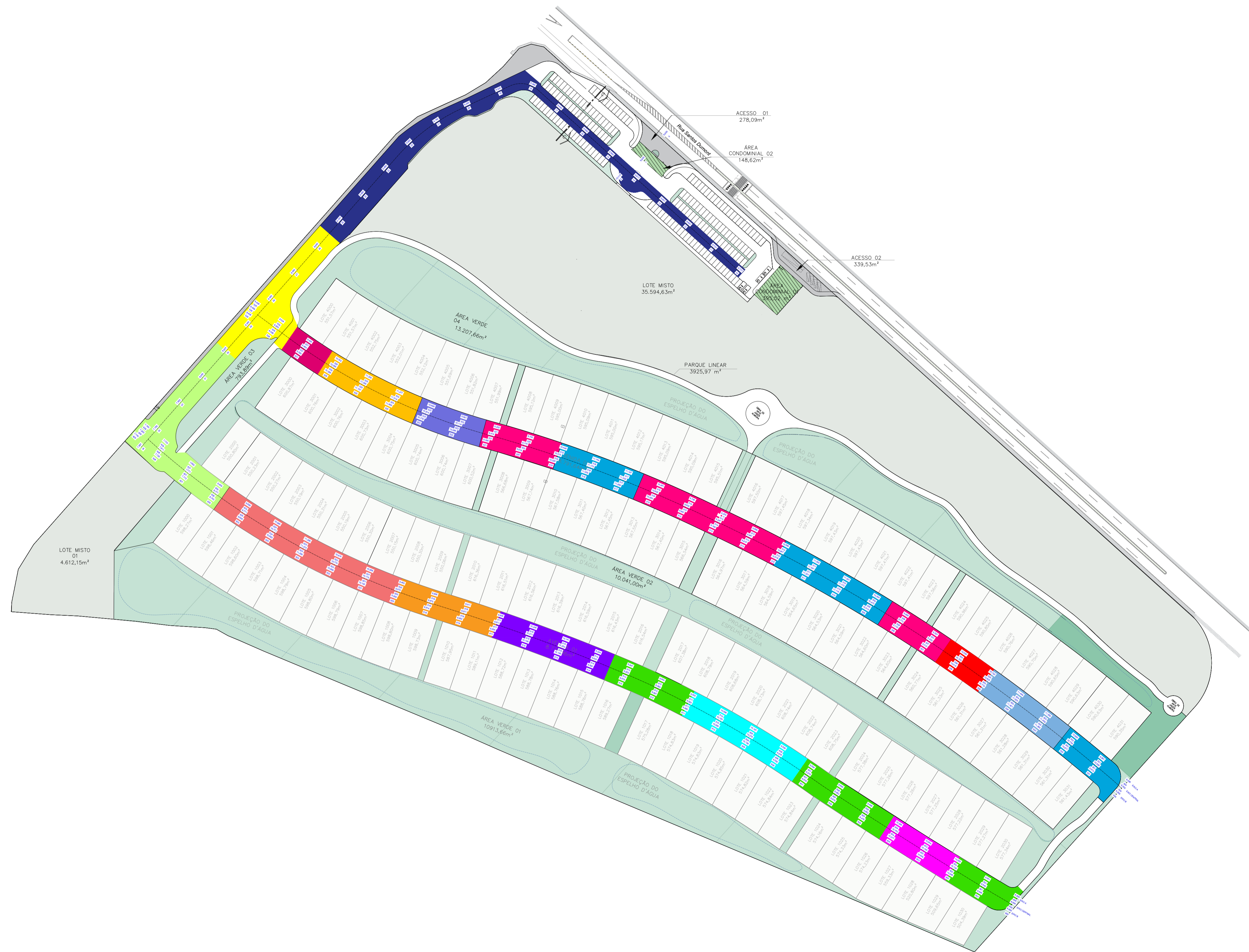
B

A

NOTAS TÉCNICAS:

CRITÉRIO DE PROJETO:

- Cálculo de recalques realizado com base nas alturas de aterro extraídas do perfil longitudinal das ruas;
- O terreno apresenta camadas e lentes de areia, o que favorece a drenagem e reduz o tempo de recalque;
- As soluções geotécnicas adotadas são compostas de: Remoção de solo mole e substituição por rocha, compensação de recalque e sobrecarga temporária e bermas de equilíbrio;
- Para evitar ruptura dos aterros das pistas, os aterros das quadras deverão ser executados concomitantemente com estes;
- Este aterro das quadras servirá como bermas de equilíbrio para o aterro das ruas.



CONVENÇÕES DE PROJETO

	Av. 01 - Sol. 01		Av. 02 - Sol. 01		Av. 03 - Sol. 01
	Av. 01 - Sol. 02		Av. 02 - Sol. 02		Av. 03 - Sol. 02
	Av. 01 - Sol. 03		Av. 03 - Sol. 03		Av. 03 - Sol. 03
	Av. 01 - Sol. 04		Av. 02 - Sol. 04		
	Av. 01 - Sol. 05		Av. 02 - Sol. 05		
	Av. 01 - Sol. 06		Av. 02 - Sol. 06		
	Av. 01 - Sol. 07		Av. 02 - Sol. 07		
			Av. 02 - Sol. 08		

	Aterro em Solo Compactado		Argila Mole
	Compensação de Recalque		Areia Compacta
	Sobrecarga Temporária		Argila Média
	Remoção e Substituição por Rocha Detonada		Pedregulho Compacto

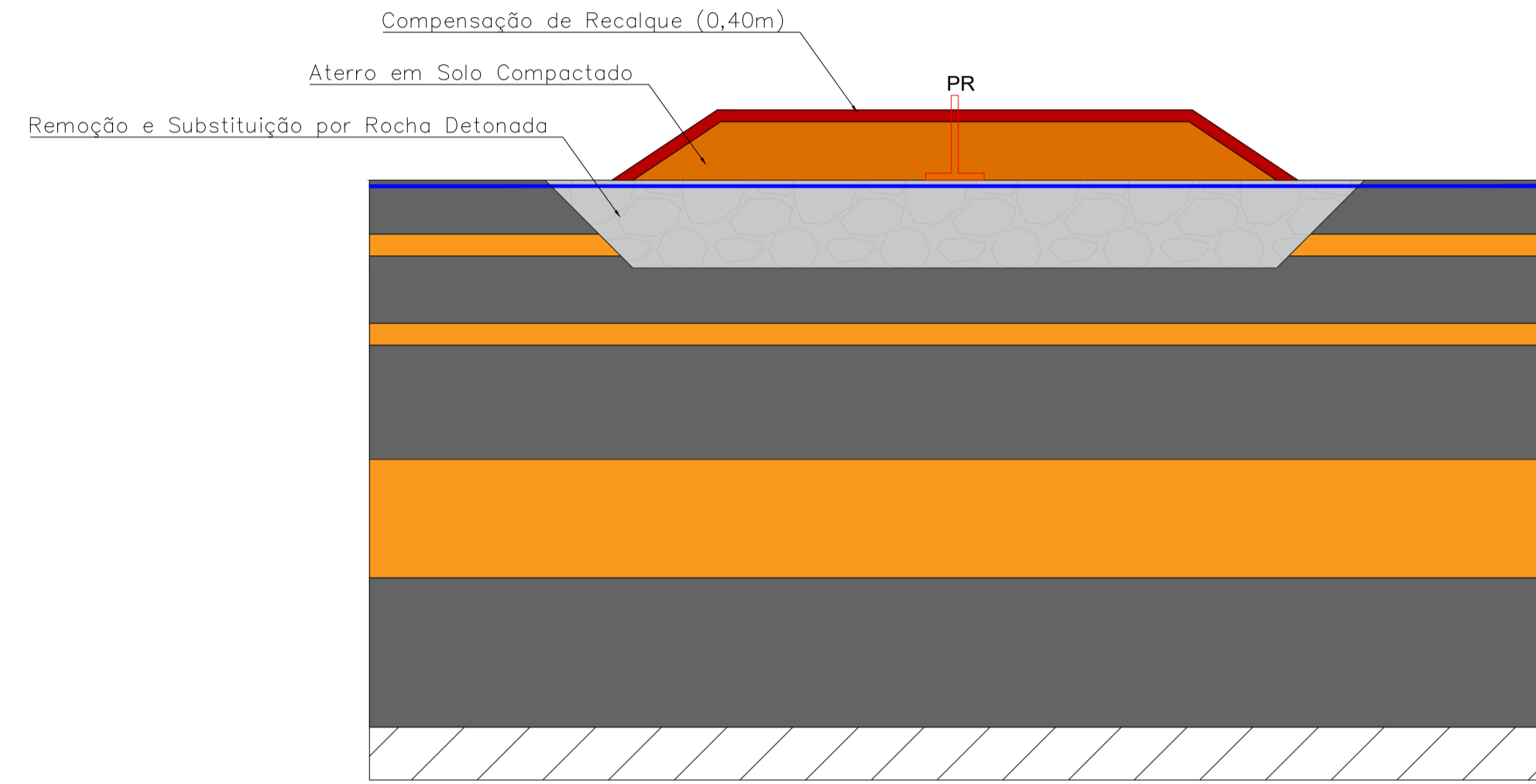
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



Item da prancha: PLANTA DE LOCAÇÃO DAS SOLUÇÕES GEOTÉCNICAS	
Orientador:	Fábio K. da Silva
Aluna:	Catarina Marchi Jasper
Disciplina:	TCC 22210
PROJETO PARA FINS EDUCACIONAIS - SEM VALIDADE TÉCNICA E EXECUTIVA	
01 / 02	

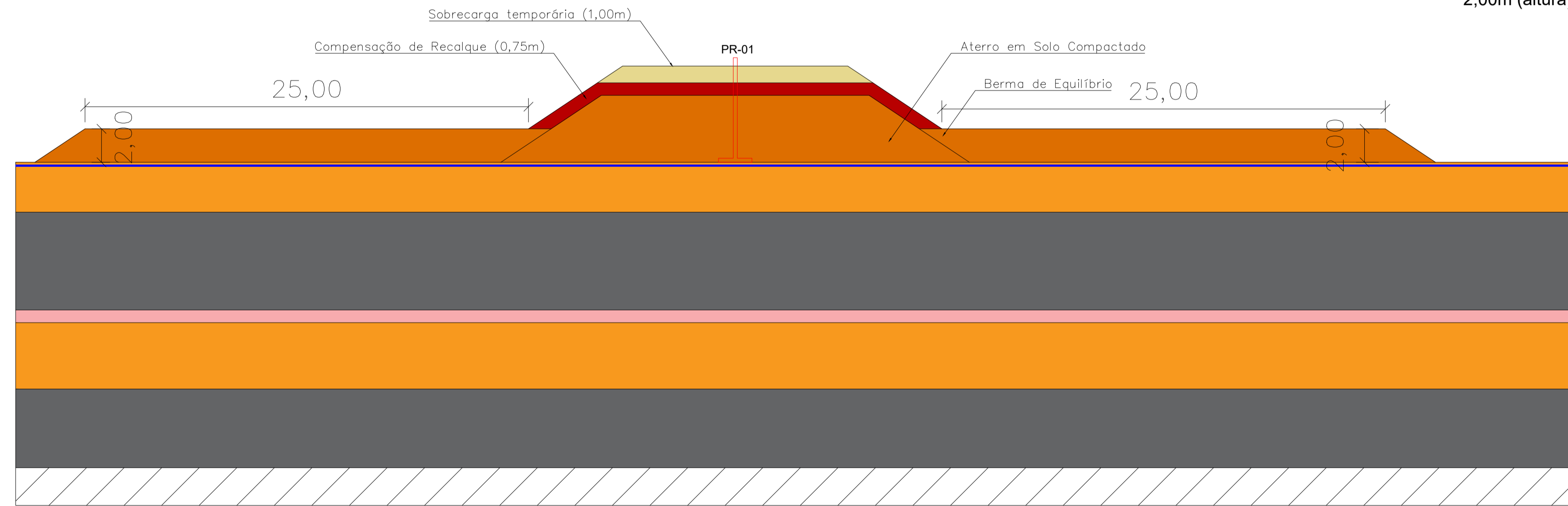
Seção Tipo - Soluções Geotécnicas Aterro Sobre Solos Moles
Avenida 03 - Solução 02

Compensação de recalque = 0,40m
 Remoção e Substituição = 3,00m



Seção Tipo - Soluções Geotécnicas Aterro Sobre Solos Moles
Avenida 02 - Solução 06

Compensação de recalque = 0,75m
 Sobrecarga temporária = 1,00m
 Berma de equilíbrio = 25,00m (comprimento)
 2,00m (altura)



NOTAS TÉCNICAS:

CRITÉRIO DE PROJETO:

- Cálculo de recalques realizado com base nas alturas de aterro extraídas do perfil longitudinal das ruas;
- O terreno apresenta camadas e lentes de areia, o que favorece a drenagem e reduz o tempo de recalque;
- As soluções geotécnicas adotadas são compostas de: Remoção de solo mole e substituição por rocha, compensação de recalque e sobrecarga temporária e berma de equilíbrio;
- Para evitar ruptura dos aterros das pistas, os aterros das quadras deverão ser executados concomitantemente com estes;
- Este aterro das quadras servirá como berma de equilíbrio para o aterro das ruas.

CONVENÇÕES DE PROJETO

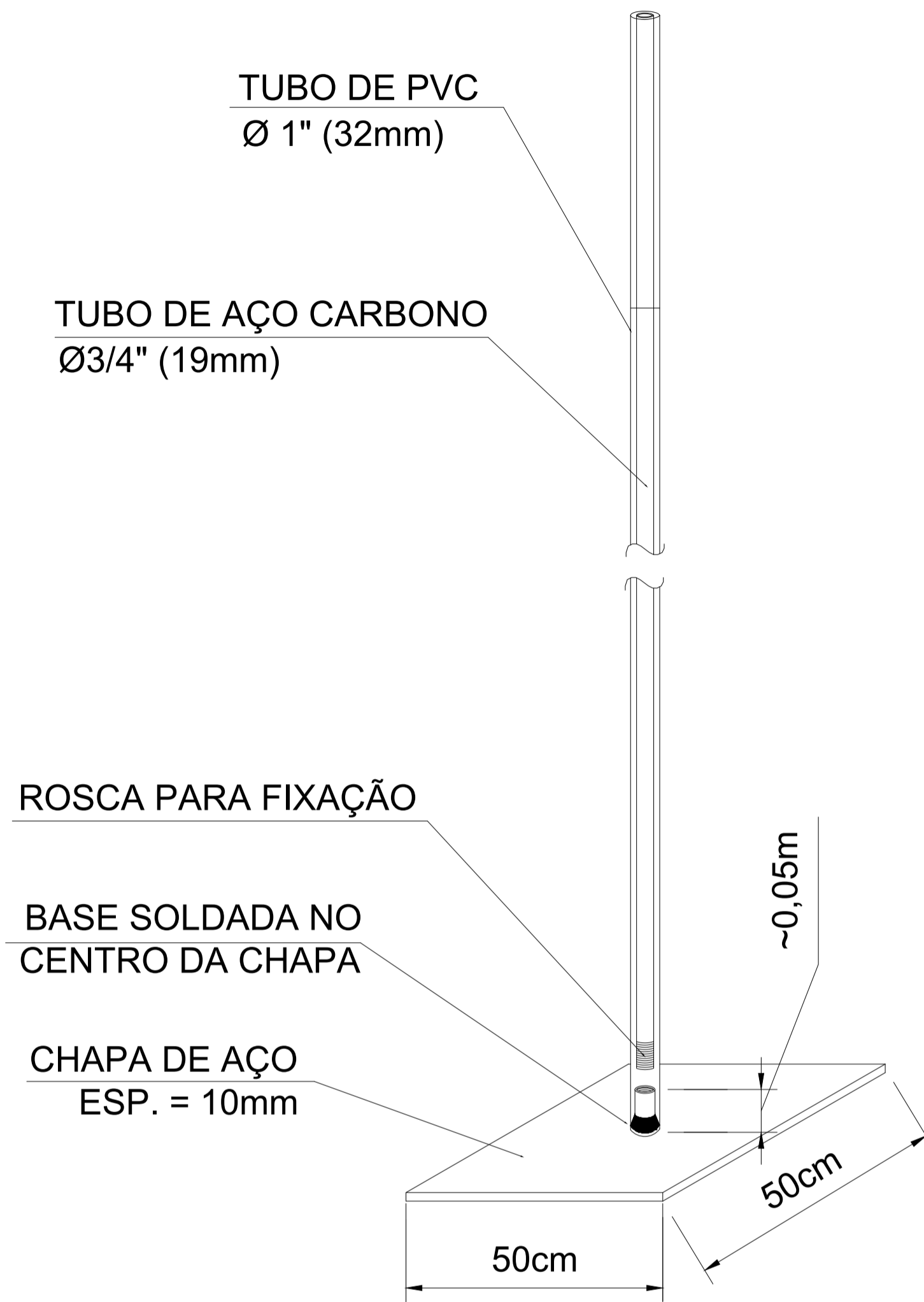
	Av. 01 - Sol. 01		Av. 02 - Sol. 01		Av. 03 - Sol. 01
	Av. 01 - Sol. 02		Av. 02 - Sol. 02		Av. 03 - Sol. 02
	Av. 01 - Sol. 03		Av. 03 - Sol. 03		Av. 03 - Sol. 03
	Av. 01 - Sol. 04		Av. 02 - Sol. 04		
	Av. 01 - Sol. 05		Av. 02 - Sol. 05		
	Av. 01 - Sol. 06		Av. 02 - Sol. 06		
	Av. 01 - Sol. 07		Av. 02 - Sol. 07		
			Av. 02 - Sol. 08		

	Aterro em Solo Compactado		Argila Mole
	Compensação de Recalque		Areia Compacta
	Sobrecarga Temporária		Argila Média
	Remoção e Substituição por Rocha Detonada		Pedregulho Compacto

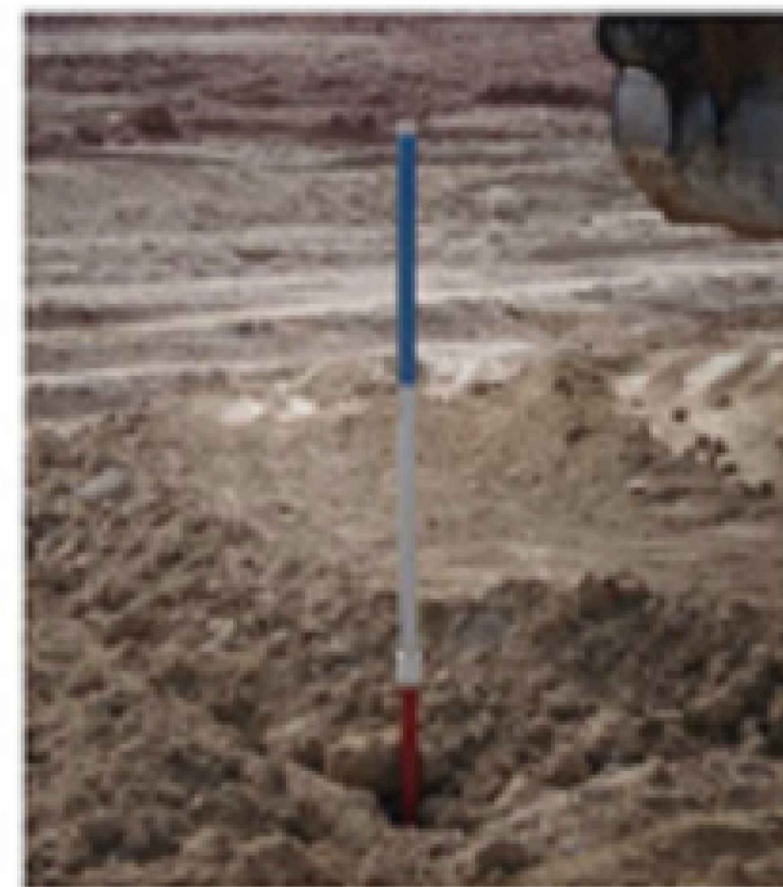
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

<p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina</p>	Item da prancha:	SEÇÃO TRANSVERSAIS	
	Orientador:	Fábio K. da Silva	
	Aluna:	Catarina Marchi Jasper	
	Disciplina:	TCC 22210	Folha:
PROJETO PARA FINS EDUCACIONAIS - SEM VALIDADE TÉCNICA E EXECUTIVA			
Desenho:	CATARINA M. JASPER	Data:	NOVEMBRO/2025
Escala:	1:200	Arquivo:	TCC

Detalhe placa de recalque S/E



(a) nivelada, antes de instalação -apresenta o 1º segmento de tubo



(b) após a instalação, com o 2º tubo conectado



NOTAS TÉCNICAS

SEQUÊNCIA EXECUTIVA:

- Assim que for executada a camada de rocha (substituição), deve-se proceder a instalação das placas de recalques.
- As placas de recalque deverão ser instaladas sobre a camada de rocha (nivelada) ou sobre uma pequena camada de aterro (para que fique nivelada) de modo que a placa já possa registrar os recalques, desde o início da execução dos aterros.
- As hastes das placas deverão ser revestidas com tubo de PVC (para evitar o atrito com o aterro) e ainda, deverão ser protegidas por cercados de madeira conforme fotos em anexo.
- Após a instalação das placas, deve-se instalar uma referência de nível (um ponto topográfico fixo), fora do alinhamento das ruas, para que, por topografia, se possa monitorar os recalques. Este referencial deverá ser **INDESLOCÁVEL**, para que se mantenha na mesma cota.
- Com a cota fixa do referencial de nível, compara-se com a cota inicial do topo da haste e anota-se em planilha eletrônica.
- Posteriormente, ao longo do tempo, repete-se o mesmo procedimento, onde será verificado que as cotas do topo das placas estarão diminuindo (mesmo que lentamente). A diferença entre a cota de referência (zero) do início das leituras e a cota ao final da última leitura, será o recalque ocorrido.
- A medida que as hastes vão sendo prolongadas, as cotas de topo das placas de recalque deverão ser corrigidas.
- Todas as leituras dos recalques deverão constar de data, cotas, altura de aterro e serem inseridas em planilhas eletrônica.
- Caso uma placa seja danificada, esta deverá ser substituída imediatamente, para que as leituras não sejam perdidas.
- Atentar para o trânsito de equipamentos nas proximidades das placas, de modo que não batam nas placas.

ESPECIFICAÇÃO DAS PLACAS DE RECALQUE:

- As placas de recalque estão numeradas e locadas na planilha de planta (GT-01).
- A distância entre as placas é de 40 m, podendo sofrer pequenas variações, quando necessário.
- A placa de recalque é composta por uma base metálica quadrada, de 500 mm x 500 mm x 10 ou 20 mm, com um orifício central roscado, no qual se enrosca uma haste central protudente ao aterro. Esta haste é revestida com um tubo de PVC à medida que o aterro sobe e permite o nivelamento topográfico da sua extremidade superior e a obtenção dos recalques.
- Cada haste metálica deverá ter diâmetro de 25 mm e comprimento de 1 m.
- Ainda, deverá possuir ponta rosqueada, tanto para fixação na placa (na base) quanto para a fixação dos prolongamentos de hastes.
- As hastes deverão ser revestidas com tubo de PVC (para evitar o atrito com o aterro).
- Deverão ser protegidas por **cercado de madeira** conforme fotos em anexo ou com **tubos de concreto**.
- A última haste deverá ficar pelo menos 50 cm acima do nível do aterro.
- Uma prática recomendável é a alternância das cores dos segmentos das hastes, pois, neste caso, consegue-se ter uma orientação da altura do aterro no campo.

FREQUÊNCIA DE LEITURA DOS RECALQUES:

- Durante a execução dos aterros e sobrecargas, as leituras deverão ocorrer 2x por semana, com espaçamento de 2 a 3 dias entre as leituras.
- Após a conclusão da sobrecarga, as leituras poderão ocorrer semanalmente.

NOTAS TÉCNICAS:

CRITÉRIO DE PROJETO:

- Cálculo de recalques realizado com base nas alturas de aterro extraídas do perfil longitudinal das ruas;
- O terreno apresenta camadas e lentes de areia, o que favorece a drenagem e reduz o tempo de recalque;
- As soluções geotécnicas adotadas são compostas de: Remoção de solo mole e substituição por rocha, compensação de recalque e sobrecarga temporária e bermas de equilíbrio;
- Para evitar ruptura dos aterros das pistas, os aterros das quadras deverão ser executados concomitantemente com estes;
- Este aterro das quadras servirá como bermas de equilíbrio para o aterro das ruas.

CONVENÇÕES DE PROJETO

	Av. 01 - Sol. 01		Av. 02 - Sol. 01		Av. 03 - Sol. 01
	Av. 01 - Sol. 02		Av. 02 - Sol. 02		Av. 03 - Sol. 02
	Av. 01 - Sol. 03		Av. 03 - Sol. 03		Av. 03 - Sol. 03
	Av. 01 - Sol. 04		Av. 02 - Sol. 04		
	Av. 01 - Sol. 05		Av. 02 - Sol. 05		
	Av. 01 - Sol. 06		Av. 02 - Sol. 06		
	Av. 01 - Sol. 07		Av. 02 - Sol. 07		
			Av. 02 - Sol. 08		

	Aterro em Solo Compactado		Argila Mole
	Compensação de Recalque		Areia Compacta
	Sobrecarga Temporária		Argila Média
	Remoção e Substituição por Rocha Detonada		Pedregulho Compacto

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

	Item da planilha:	DETALHES - MONITORAMENTO	
	Orientador:	Fábio K. da Silva	
	Aluna:	Catarina Marchi Jasper	
	Disciplina:	TCC 22210	Folha:
PROJETO PARA FINS EDUCACIONAIS - SEM VALIDADE TÉCNICA E EXECUTIVA			
Desenho:	CATARINA M. JASPER	Data:	NOVEMBRO/2025
Escala:	INDICADO	Arquivo:	TCC

ANEXO 01

Relatório de Sondagem a Percussão (SPT) do Condomínio *Porto Belo Tennis All
Resort*

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 1
DATA 11/03/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg					
						10	20	30			
	1/15	1/15	1/15	2	2				1	TURFA	
	1/15	1/15	1/15	2	2				2		
	1/15	1/15	1/15	2	2				3		2,89
	5/15	7/15	10/15	12	17				4	TRECHO SEM RECUPERAÇÃO DE AMOSTRA	
	5/15	6/15	8/15	11	14				5		4,69
	1/15	1/15	1/15	2	2				6	ARGILA, CINZA, MUITO MOLE	
	1/15	1/15	1/15	2	2				7		6,59
	2/15	2/15	2/15	4	4				8	AREIA, CINZA	
	2/15	2/15	2/15	4	4				9		6,94
	2/15	2/15	3/15	4	5				10	ARGILA, CINZA CLARO, MOLE	
	15/15	25/15	30/15	40	55				11		9,89
	17/15	28/15	39/15	45	67				12	AREIA FINA SILTOSA, CINZA, COMPACTA A MUITO COMPACTA	
	15/15	23/15	35/15	38	58				13		
	13/15	19/15	28/15	32	47				14		
	10/15	11/15	12/15	21	23				15		14,47
	1/15	1/15	1/15	2	2				16	ARGILA POUCA ARENOSA, CINZA, MUITO MOLE A MOLE	
	1/15	2/15	2/15	3	4				17		
	2/15	2/15	2/15	4	4				18		
	2/15	2/15	2/15	4	4				19		18,49
	3/15	3/15	4/15	6	7				20	20,00	ARGILA ARENOSA, CINZA, MOLE A MÉDIA

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:		LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA
INICIAL:	0.98 em 11/03/2023 - 09:00 Hrs				
FINAL:	0.90 em 13/03/2023 - 08:00 Hrs				
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:	8.00				

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 1
DATA 11/03/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 02/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2" Queda de 75cm	Ø 1 3/8" PESO DE 65 kg				
	3 15	4 15	5 15	7	9	10	20	30	20,50	ARGILA ARENOSA, CINZA, MOLE A MÉDIA	
									21	TÉRMINO DE SONDAAGEM CONFORME ORIENTAÇÃO DO RESPONSÁVEL.	
									22		
									23		
									24		
									25		
									26		
									27		
									28		
									29		
									30		
									31		
									32		
									33		
									34		
									35		
									36		
									37		
									38		
									39		
									40		
PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 0.98 em 11/03/2023 - 09:00 Hrs FINAL: 0.90 em 13/03/2023 - 08:00 Hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 8.00						LAVAGEM POR TEMPO			TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 2
DATA 14/03/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA										
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg														
						10	20	30												
									1	AREIA FINA ARGILOSA, MARRON ESCURO, POUCO COMPACTA										
	2/15	3/15	4/15	5	7				1,50											
									2	AREIA FINA SILTOSA, CINZA ESVERDEADO, MEDIANAMENTE COMPACTA										
	3/15	4/15	6/15	7	10				2,89											
									3											
	1/15	1/15	1/15	2	2				4	ARGILA, CINZA, MUITO MOLE										
									5											
	1/15	1/15	1/15	2	2				4,64											
									6	AREIA GROSSA POUCO ARGILOSA, CINZA, COMPACTA										
	5/15	7/15	12/15	12	19				5,94											
									7											
	1/15	1/15	2/15	2	3				8	ARGILA, CINZA CLARO, MOLE										
									9											
	2/15	2/15	2/15	4	4				9,64											
									10											
	2/15	2/15	2/15	4	4				11	AREIA FINA SILTOSA, CINZA, COMPACTA										
									12											
	5/15	7/15	20/15	12	27				11,59											
									13											
	8/15	10/15	26/15	18	36				12,08	PEDREGULHOS, COMPACTO										
									14											
	40/4			40/4					15											
									16											
									17											
									18											
									19											
									20											
PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 0.68 em 14/03/2023 - 10:20 Hrs FINAL: 0.64 em 14/03/2023 - 16:30 Hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 5.00						LAVAGEM POR TEMPO <table border="1"> <tr> <th>TEMPO</th> <th>DE</th> <th>PARA</th> </tr> <tr> <td>10</td> <td>12,04</td> <td>12,06</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>12,06</td> <td>12,07</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>12,07</td> <td>12,08</td> </tr> </table>			TEMPO	DE	PARA	10	12,04	12,06	10	12,06	12,07	10	12,07	12,08
TEMPO	DE	PARA																		
10	12,04	12,06																		
10	12,06	12,07																		
10	12,07	12,08																		

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 3
DATA 02/03/22	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2" Queda de 75cm	Ø 1 3/8" PESO DE 65 kg			
						10	20	30		
	1	2	2	3	4				1	AREIA FINA ARGILOSA, MARROM ESCURO, FOFA
	1/15	2/15	2/15						1,49	
	4	6	8	10	14				2	AREIA FINA SILTOSA POUCO ARGILOSA, CINZA, MEDIANAMENTE COMPACTA
	4/15	6/15	8/15						2,94	
	1	1	1	2	2				3	
	1/15	1/15	1/15						4	ARGILA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE
	1	1	1	2	2				5	
	1/15	1/15	1/15						5,59	
	1	1	1	2	2				6	AREIA, CINZA
	1/15	1/15	1/15						5,94	
1	1	2	2	3				7		
1/15	1/15	2/15						8	ARGILA ARENOSA, CINZA, MOLE	
2	2	2	4	4				9		
2/15	2/15	2/15						8,94		
2	2	2	4	4				9		
2/15	2/15	2/15						9,49		
8	25	50	33	75				10	SILTE ARENO-ARGILOSO, CINZA, MUITO COMPACTO	
8/15	25/15	50/19		75/34				10	ROCHA, ALTERAÇÃO OU MATAÇÃO - IMPENETRÁVEL A SONDA DE PERCUSSÃO D'ÁGUA.	
								11	PARA MAIOR APROFUNDAMENTO DA CAMADA, SUGERIMOS A EXECUÇÃO DE SONDAGEM ROTATIVA.	
								12		
								13		
								14		
								15		
								16		
								17		
								18		
								19		
								20		

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:	
INICIAL:	0.54 em 02/03/2023 - 13:15 Hrs
FINAL:	0.43 em 03/03/2023 - 13:00 Hrs
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:	7.00

LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 4
DATA 01/03/22	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2" Queda de 75cm	Ø 1 3/8" PESO DE 65 kg			
						10	20	30		
	2	2	2	4	4				1	AREIA FINA ARGILOSA, MARROM ESCURO, FOFA
	15	15	15						1,64	
	5	8	14	13	22				2	AREIA FINA, CINZA CLARO, COMPACTA
	15	15	15						2,59	
	1	1	1	2	2				3	ARGILA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE
	15	15	15						4	
	1	1	1	2	2				4,74	
	15	15	15						5	AREIA MÉDIA A GROSSA, CINZA, MEDIANAMENTE COMPACTA A COMPACTA
	4	7	10	11	17				6	
	15	15	15						7	
	5	9	12	14	21				7,46	
15	15	15						8		
4	5	6	9	11				8,49	ARGILA, CINZA ESCURO, MOLE	
15	15	15						9	ARGILA ARENOSA, CINZA CLARO, MOLE	
1	1	2	2	3				10		
15	15	15						9,94		
2	2	3	4	5				11	AREIA, COMPACTA	
15	15	15	18	30				11,11		
40	7		40	7				12	IMPENETÁVEL AO TRÉPANO DE LAVAGEM (DE ACORDO COM A NBR 6484/20 - PROCEDIMENTO 5.2.4.4)	
								13	PARA MAIOR APROFUNDAMENTO DA CAMADA, SUGERIMOS A EXECUÇÃO DE SONDAGEM ROTATIVA.	
								14		
								15		
								16		
								17		
								18		
								19		
								20		

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:	
INICIAL:	0.50 em 01/03/2023 - 14:40 Hrs
FINAL:	0.45 em 02/03/2023 - 08:10 Hrs
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:	8.00

LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA
	10	11.07	11.09
	10	11.09	11.10
	10	11.10	11.11

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 5
DATA 28/02/22	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg				
						10	20	30		
	2/15	2/15	2/15	4	4				1	AREIA FINA ARGILOSA, MARROM ESCURO, FOFA A POUCO COMPACTA
	2/15	2/15	3/15	4	5				2,49	
	7/15	12/15	15/15	19	27				3,46	AREIA, MARROM, COMPACTA
	1/15	1/15	1/15	2	2				4	ARGILA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE A MOLE
	1/15	1/15	2/15	2	3				5,47	
	7/15	10/15	15/15	17	25				6	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, COMPACTA
	10/15	13/15	19/15	23	32				7,49	
	1/15	1/15	1/15	2	2				8	ARGILA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE
	2/15	3/15	3/15	5	6				8,89	
	3/15	3/15	4/15	6	7				10	ARGILA, CINZA CLARO, MÉDIA
	3/15	4/15	4/15	7	8				11	
	3/15	4/15	4/15	7	8				12	
	3/15	4/15	4/15	7	8				12,60	
	3/15	3/15	4/15	6	7				13	ARGILA ARENOSA, CINZA CLARO, MÉDIA
	2/15	3/15	3/15	5	6				14	
	2/15	3/15	3/15	5	6				15	
	2/15	3/15	4/15	5	7				15,84	
	15/15	20/15	33/15	35	53				16	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	19/15	25/15	39/15	44	64				17	
	2/15	3/15	3/15	5	6				17,94	ARGILA, CINZA ESCURO, MÉDIA
2/15	3/15	4/15	5	7				18		
									19	
									20	20,00

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:		LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA
INICIAL:	0.65 em 28/02/2023 - 11:25 Hrs				
FINAL:	0.63 em 01/03/2023 - 08:00 Hrs				
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:	8.00				

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 5
DATA 28/02/22	SONDAGEM 6780	FOLHA 02/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA			
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2" Queda de 75cm PESO DE 65 kg	Ø 1 3/8" 10	20			30		
	3 15	3 15	4 15	6	7					20,50	ARGILA, CINZA ESCURO, MÉDIA		
										21	TÉRMINO DE SONDAGEM CONFORME ORIENTAÇÃO DO RESPONSÁVEL.		
										22			
										23			
										24			
										25			
										26			
										27			
										28			
										29			
										30			
										31			
										32			
										33			
										34			
										35			
										36			
										37			
										38			
										39			
										40			
PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 0.65 em 28/02/2023 - 11:25 Hrs FINAL: 0.63 em 01/03/2023 - 08:00 Hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 8.00									LAVAGEM POR TEMPO		TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO
DATA 08/02/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	6

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1º	2º	3º	Nº 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2" Queda de 75cm	Ø 1 3/8" PESO DE 65 kg				
	3	4	6	7	10				1	AREIA FINA ARGILOSA, MARROM ESCURO, MEDIANAMENTE COMPACTA	
	15	15	15						2		
	3	4	7	7	11				3		
	15	15	15						4	3,64	ARGILA POUCA ARENOSA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE
	4	6	9	10	15				5		
	15	15	15						6	4,89	AREIA FINA, CINZA CLARO, MEDIANAMENTE COMPACTA A COMPACTA
	1	1	1	2	2				7		
	15	15	15						8		
	5	7	10	12	17				9	7,59	ARGILA ARENOSA, CINZA, MOLE
	15	15	15						10		
	7	10	13	17	23				11	8,94	ARGILA, CINZA CLARO, MÉDIA A RIJA
	15	15	15						12		
	8	13	15	21	28				13		
	15	15	15						14		
	1	1	2	2	3				15		
	15	15	15						16		
	2	3	3	5	6				17		
	15	15	15						18		
	2	3	4	5	7				19		
	15	15	15						20		
2	4	4	6	8					18,69	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA	
15	15	15									
3	4	5	7	9							
15	15	15									
5	6	8	11	14							
15	15	15									
5	8	10	13	18							
15	15	15									
5	7	10	12	17							
15	15	15									
4	7	8	11	15							
15	15	15									
4	5	7	9	12							
15	15	15									
4	5	6	9	11							
15	15	15									
15	23	34	38	57							
15	15	15									

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:		LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA
INICIAL:	0,40 em 08/02/2023 às 11:45hrs				
FINAL:	0,35 em 09/02/2023 às 08:15hrs				
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:	5,00				

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 6
DATA 08/02/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 02/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT N° 30cm INICIAIS	SPT N 30cm FINAIS	AMOST.: TERZAGHI & PECK Ø 2" QUEDA DE 75cm Ø 1 3/8" PESO DE 65 kg			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1°	2°	3°			10	20	30			
	13	20	25	33	45				20,50	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA	
	15	15	15						21	TÉRMINO DE SONDAGEM CONFORME ORIENTAÇÃO DO RESPONSÁVEL	
									22		
									23		
									24		
									25		
									26		
									27		
									28		
									29		
									30		
									31		
									32		
									33		
									34		
									35		
									36		
									37		
									38		
									39		
									40		
PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 0.40 em 08/02/2023 às 11:45hrs FINAL: 0,35 em 09/02/2023 às 08:15hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 5.00						LAVAGEM POR TEMPO			TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 7
DATA 07/02/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg				
						Ø 2"	Ø 1 3/8"	10 20 30		
	3/15	4/15	5/15	7	9				1	AREIA FINA ARGILOSA, MARROM ESCURO, POUCO A MEDIANAMENTE COMPACTA
	3/15	3/15	4/15	6	7				2,50	
	3/15	4/15	4/15	7	8				3,59	AREIA GROSSA, MARROM CLARO, POUCO COMPACTA
	1/15	1/15	1/15	2	2				4,49	ARGILA POUCO ARENOSA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE
	7/15	11/15	16/15	18	27				6	AREIA FINA, CINZA CLARO, COMPACTA
	5/15	9/15	14/15	14	23				6,97	
	1/15	1/15	1/15	2	2				8	
	1/15	1/15	1/15	2	2				8,89	ARGILA ARENOSA, CINZA, MUITO MOLE
	2/15	3/15	4/15	5	7				10	ARGILA, CINZA CLARO, MÉDIA A RIJA
	2/15	3/15	5/15	5	8				11	
	3/15	4/15	6/15	7	10				12	
	3/15	3/15	4/15	6	7				13	
	4/15	4/15	5/15	8	9				14	
	5/15	6/15	9/15	11	15				15	
	5/15	7/15	9/15	12	16				16	
	4/15	6/15	8/15	10	14				17	
	4/15	6/15	6/15	10	12				18	
	4/15	5/15	5/15	9	10				18,53	
	17/15	26/15	37/15	43	63				20,00	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:					LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA
INICIAL:	0.70 em	07/02/2023 às 13:15hrs						
FINAL:	0,65 em	08/02/2023 às 08:05hrs						
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:	5.00							

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 7
DATA 07/02/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 02/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2" Queda de 75cm	Ø 1 3/8" PESO DE 65 kg				
						10	20	30			
	15	22	29	37	51				20,50	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA	
	15	15	15						21	TÉRMINO DE SONDAGEM CONFORME ORIENTAÇÃO DO RESPONSÁVEL	
									22		
									23		
									24		
									25		
									26		
									27		
									28		
									29		
									30		
									31		
									32		
									33		
									34		
									35		
									36		
									37		
									38		
									39		
									40		
PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 0.70 em 07/02/2023 às 13:15hrs FINAL: 0,65 em 08/02/2023 às 08:05hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 5.00						LAVAGEM POR TEMPO			TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 8
DATA 15/03/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2" Queda de 75cm PESO DE 65 kg				
						10	20	30		
	1/15	1/15	1/15	2	2				1	TURFA
	2/15	2/15	2/15	4	4				1.79	AREIA FINA, POUCO ARGILOSA, MARROM ESCURO, FOFA
	1/53			1/53					3.54	ARGILA, CINZA, MUITO MOLE
	1/15	1/15	2/15	2	3					ARGILA, CINZA CLARO, MOLE A MÉDIA
	2/15	2/15	2/15	4	4					
	2/15	2/15	3/15	4	5					
	3/15	3/15	4/15	6	7				7.50	
	4/15	5/15	6/15	9	11				8.89	ARGILA, CINZA CLARO, RIJA
	11/15	15/15	17/15	26	32					AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, COMPACTA
	14/15	17/15	20/15	31	37					
	13/15	15/15	18/15	28	33				11.49	ARGILA ARENOSA, CINZA
	15/15	19/15	26/15	34	45				11.94	
	1/15	2/15	2/15	3	4				12.89	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	2/15	2/15	2/15	4	4					ARGILA, CINZA ESCURO, MOLE A MÉDIA
	2/15	2/15	3/15	4	5					
	2/15	3/15	3/15	5	6				16.74	
	2/15	3/15	4/15	5	7				16.95	
	3/15	3/15	4/15	6	7					PEDREGULHOS
	3/15	4/15	4/15	7	8					ARGILA ARENOSA, CINZA, MÉDIA
									20.00	

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:

INICIAL: 1.08 em 15/03/2023 - 10:20 Hrs

FINAL: 1.05 em 16/03/2023 - 08:00 Hrs

PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 6.00

LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 8
DATA 15/03/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 02/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2" Queda de 75cm PESO DE 65 kg	Ø 1 3/8" 10	20			30
	3	4	5	7	9					20,50	ARGILA ARENOSA, CINZA, MÉDIA
	15	15	15								TÉRMINO DE SONDAGEM CONFORME ORIENTAÇÃO DO RESPONSÁVEL.
										21	
										22	
										23	
										24	
										25	
										26	
										27	
										28	
										29	
										30	
										31	
										32	
										33	
										34	
										35	
										36	
										37	
										38	
									39		
									40		
PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 1.08 em 15/03/2023 - 10:20 Hrs FINAL: 1.05 em 16/03/2023 - 08:00 Hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 6.00						LAVAGEM POR TEMPO			TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO
DATA 09/03/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	9

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2" Queda de 75cm PESO DE 65 kg	Ø 1 3/8"	10 20 30		
	1			1					1	ARGILA POUCO ARENOSA, MARROM ESCURO, MUITO MOLE
	64			64					1,84	
	2	3	3	5	6				2,59	AREIA FINA, CINZA, FOFA
	15	15	15						3	
	1			1					4	ARGILA ARENOSA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE
	54			54					5	
	1			1					4,89	
	46			46					5,64	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, MEDIANAMENTE COMPACTA
	4	5	9	9	14				6	
	15	15	15						7	ARGILA ARENOSA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE
	1	1	1	2	2				6,94	
	15	15	17						8	
	1	1	1	2	2				9	ARGILA, CINZA CLARO, MUITO MOLE A MOLE
	15	15	15						9,54	
	2	2	3	4	5				10	
	15	15	15						11	
	21	38	55	59	93				12	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, COMPACTA A MUITO COMPACTA
	17	30	41	47	71				13	
	15	15	15						13,59	
	15	21	30	36	51				14	
15	15	15						15		
12	14	17	26	31				16		
15	15	15						17	ARGILA, CINZA ESCURO, MOLE A MÉDIA	
2	2	2	4	4				18		
15	15	15						18,69		
2	2	2	4	4				19		
15	15	15						19,08	PEDREGULHOS, MUITO COMPACTO	
2	2	3	4	5						
15	15	15								
2	3	3	5	6						
15	15	15								
3	3	4	6	7						
15	15	15								
50			50							
4			4							

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:					
INICIAL:	0.60 em	09/03/2023 - 11:45 Hrs			
FINAL:	0.55 em	10/03/2023 - 08:30 Hrs			
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:	10.00				

LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA
	10	19,04	19,06
	10	19,06	19,07
	10	19,07	19,08

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 11
DATA 25/01/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
	1º	2º	3º	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg				
						Ø 2" Ø 1 3/8" 10	20	30		
	5/15	8/15	12/15	13	20				1	AREIA FINA POUCA ARGILOSA, MARROM ESCURO, COMPACTA A MUITO COMPACTA (PIÇARRÃO)
	31/15	59/15	67/15	90	126				2,50	
	3/15	4/15	5/15	7	9				3	AREIA FINA POUCA ARGILOSA, MARROM ESCURO, POUCA A MEDIANAMENTE COMPACTA (PIÇARRÃO)
	5/15	8/15	10/15	13	18				4,55	
	4/15	4/15	5/15	8	9				5	AREIA FINA SILTOSA, CINZA ESVERDEADO, MEDIANAMENTE COMPACTA
	1/15	1/15	1/15	2	2				5,46	
	4/15	5/15	9/15	9	14				6	ARGILA MUITO ARENOSA, CINZA, MUITO MOLE
	5/15	11/15	13/15	16	24				6,79	
	1/15	1/15	1/15	2	2				7	AREIA FINA A MÉDIA, CINZA CLARO, MEDIANAMENTE COMPACTA A COMPACTA
	1/15	1/15	2/15	2	3				8,89	
	2/15	2/15	2/15	4	4				9	ARGILA, CINZA CLARO, MUITO MOLE A MOLE
	2/15	2/15	3/15	4	5				10	
	11/15	23/15	29/15	34	52				11	ARGILA, CINZA CLARO, MOLE
	2/15	2/15	3/15	4	5				10,94	
	17/15	39/15	48/15	56	87				12	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	1/15	1/15	2/15	2	3				12,47	
21/15	38/15	40/5	59	78/20				13	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA	
1/15	1/15	2/15	2	3				13,49		
								14	ARGILA, CINZA	
								13,89		
								15	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA	
								14,84		
								16	ARGILA MUITO ARENOSA, CINZA ESCURO, MOLE	
								15,96		
								17	TRECHO SEM RECUPERAÇÃO DE AMOSTRA (PEDREGULHOS)	
								16,40		
								18	IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO DE LAVAGEM (DE ACORDO COM A NBR 6484/20 - PROCEDIMENTO 5.2.4.4)	
								19		
								20	PARA MAIOR APROFUNDAMENTO DA CAMADA SUGERIMOS A EXECUÇÃO DE SONDAÇÃO ROTATIVA	

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:				LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA
INICIAL:	0,91	em	25/01/2023 às 15:20hrs		10	15,35	15,37
FINAL:	0,85	em	26/01/2023 às 13:00hrs		10	15,37	15,39
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 3.00					10	15,39	15,40

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO
DATA 27/02/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	12

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg				
						10	20	30		
	3	3	4	6	7				1	AREIA FINA POUCO ARGILOSA, MARROM ESCURO, POUCO COMPACTA
	15	15	15						1,49	
	10	47	74	57	121				2	AREIA FINA POUCO ARGILOSA, MARROM ESCURO, MUITO COMPACTA
	15	15	15						2,65	
	14	18	32	32	50				3	
	15	15	15						4	AREIA FINA SILTOSA, MARROM, COMPACTA
	4	10	12	14	22				5	
	15	15	15						5,74	
	6	11	14	17	25				6	
	15	15	15						6,84	ARGILA ARENOSA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE
	1	1	1	2	2				7	
	15	15	15						8	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, COMPACTA A MUITO COMPACTA
	10	22	25	32	47				9	
	15	15	15						10	
	15	29	38	44	67				11	
	15	15	15						10,89	
	17	34	45	51	79				12	
	15	15	15						13	ARGILA, CINZA, MUITO MOLE A MOLE
	13	14	16	27	30				14	
	15	15	15						15	
1	1	1	2	2				15,49		
15	15	15						16	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO ESVERDEADO, MUITO COMPACTA	
1	1	2	2	3				16,94		
15	15	15						17		
1	2	2	3	4				18	ARGILA, CINZA, MOLE	
15	15	15						18,49		
2	2	3	4	5				18,79	AREIA, CINZA	
15	15	15						19		
2	3	3	5	6				20,00	ARGILA, CINZA ESCURO, MÉDIA, COM CONCHAS	
15	15	15								

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:					LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA
INICIAL:	0.70 em	27/02/2023 - 08:45 Hrs						
FINAL:	0.65 em	28/02/2023 - 08:30 Hrs						
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:	5.00							

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 12
DATA 27/02/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 02/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA		
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2"	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg					
						Ø 1 3/8"	10	20			30	
	2 15	3 15	4 15	5	7					20,50	ARGILA, CINZA ESCURO, MÉDIA, COM CONCHAS	
										21	TÉRMINO DE SONDAGEM CONFORME ORIENTAÇÃO DO RESPONSÁVEL.	
										22		
										23		
										24		
										25		
										26		
										27		
										28		
										29		
										30		
										31		
										32		
										33		
										34		
										35		
										36		
										37		
										38		
										39		
										40		
PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 0.70 em 27/02/2023 - 08:45 Hrs FINAL: 0.65 em 28/02/2023 - 08:30 Hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 5.00						LAVAGEM POR TEMPO				TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO
DATA 30/01/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	13

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg					
						Ø 2" Ø 1 3/8"	10	20			30
	7/15	11/15	20/15	18	31				1	AREIA FINA POUCO ARGILOSA, MARROM ESCURO, COMPACTA A MUITO COMPACTA (PIÇARRÃO)	
	53/15	115/15		168	115/15				2		
	25/15	27/15	30/15	52	57				3		
	4/15	4/15	5/15	8	9				3,50	4	AREIA FINA POUCO ARGILOSA, MARROM ESCURO, MEDIANAMENTE COMPACTA (PIÇARRÃO)
	1/15	2/15	2/15	3	4				4,51	5	ARGILA POUCO ARENOSA, CINZA ESCURO, MOLE
	10/15	15/15	17/15	25	32				5,94	6	AREIA FINA SILTOSA, CINZA, COMPACTA
	15/15	26/15	44/15	41	70				6,50	7	AREIA FINA SILTOSA, CINZA, COMPACTA
	21/15	32/15	53/15	53	85					8	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	25/15	34/15	55/15	59	89					9	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	1/15	1/15	1/15	2	2				9,89	10	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	1/15	1/15	2/15	2	3					11	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	1/15	1/15	2/15	2	3					12	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	1/15	1/15	2/15	2	3					13	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	1/15	2/15	2/15	3	4					14	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	2/15	2/15	2/15	4	4				14,69	15	AREIA, CINZA
	2/15	3/15	4/15	5	7				14,96	15	AREIA, CINZA
	2/15	3/15	4/15	5	7					16	ARGILA, CINZA CLARO, MÉDIA
	2/15	3/15	4/15	5	7				16,64	17	ARGILA, CINZA CLARO, MÉDIA
	12/15	15/15	21/15	27	36					18	AREIA FINA SILTOSA POUCO ARGILOSA, CINZA AMARELADO, COMPACTA A MUITO COMPACTA
	15/15	20/15	30/15	35	50					19	AREIA FINA SILTOSA POUCO ARGILOSA, CINZA AMARELADO, COMPACTA A MUITO COMPACTA
13/15	18/15	25/15	31	43					20	AREIA FINA SILTOSA POUCO ARGILOSA, CINZA AMARELADO, COMPACTA A MUITO COMPACTA	

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 0,90 em 30/01/2023 às 14:35hrs FINAL: 0,75 em 30/01/2023 às 17:00hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 2,00	LAVAGEM POR TEMPO <table border="1"> <tr> <th>TEMPO</th> <th>DE</th> <th>PARA</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	TEMPO	DE	PARA									
TEMPO	DE	PARA											

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO
DATA 30/01/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 02/01	13


PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1º	2º	3º	Nº 30cm INICIAIS	Nº 30cm FINAIS	Ø 2" Queda de 75cm PESO DE 65 kg	Ø 1 3/8"				
	11	15	19	26	34				20,50	AREIA FINA SILTOSA POUCA ARGILOSA, CINZA AMARELADO, COMPACTA A MUITO COMPACTA	
	15	15	15								
										22	TÉRMINO DE SONDAGEM CONFORME ORIENTAÇÃO DO RESPONSÁVEL
										23	
										24	
										25	
										26	
										27	
										28	
										29	
										30	
										31	
										32	
										33	
										34	
										35	
										36	
										37	
										38	
										39	
									40		
PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 0.90 em 30/01/2023 às 14:35hrs FINAL: 0,75 em 30/01/2023 às 17:00hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 2.00						LAVAGEM POR TEMPO			TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO
DATA 01/02/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	14

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg					
						Ø 2" Ø 1 3/8"	10	20			30
	10/15	13/15	25/15	23	38				1	AREIA FINA ARGILOSA, MARROM ESCURO, COMPACTA A MUITO COMPACTA (PIÇARRÃO)	
	55/15	121/15		176	121/15				2		
	23/15	26/15	29/15	49	55				3		
									3,64		
	2/15	2/15	2/15	4	4				4	ARGILA, CINZA, MOLE	
									4,75		
	8/15	11/15	15/15	19	26				5	AREIA, CINZA, COMPACTA	
									5,49		
	1/15	1/15	1/15	2	2				6	ARGILA POUCO ARENOSA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE	
									6,94		
	17/15	28/15	49/15	45	77				7	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA	
	20/15	31/15	55/15	51	86				8		
	25/15	36/15	57/15	61	93				9		
									9,94		
	2/15	2/15	2/15	4	4				10	ARGILA, CINZA, MOLE	
	1/15	2/15	2/15	3	4				11		
	2/15	2/15	2/15	4	4				12		
									13		
	1/15	2/15	2/15	3	4				14	AREIA, CINZA	
	2/15	2/15	3/15	4	5				14,45		
2/15	3/15	3/15	5	6				14,79			
								15			
2/15	3/15	3/15	5	6				16	ARGILA, CINZA CLARO, MÉDIA		
								16,47			
3/15	3/15	4/15	6	7				17	AREIA FINA SILTOSA POUCO ARGILOSA, CINZA AMARELADO, COMPACTA A MUITO COMPACTA		
10/15	12/15	15/15	22	27				18			
13/15	18/15	27/15	31	45				19			
13/15	15/15	23/15	28	38				20			
								20,00			

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:		LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA
INICIAL:	0,60 em 01/02/2023 às 09:30hrs				
FINAL:	0,53 em 02/02/2023 às 08:00hrs				
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:	2,00				

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC		FURO
DATA 01/02/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 02/01
		14

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2" Queda de 75cm	Ø 1 3/8" PESO DE 65 kg				
						10	20	30			
	10	13	17	23	30				20,50	AREIA FINA SILTOSA POUCA ARGILOSA, CINZA AMARELADO, COMPACTA A MUITO COMPACTA	
	15	15	15								
										21	
										22	TÉRMINO DE SONDAGEM CONFORME ORIENTAÇÃO DO RESPONSÁVEL
										23	
										24	
										25	
										26	
										27	
										28	
										29	
										30	
										31	
										32	
										33	
										34	
										35	
										36	
										37	
										38	
									39		
									40		
PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 0.60 em 01/02/2023 às 09:30hrs FINAL: 0,53 em 02/02/2023 às 08:00hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 2.00						LAVAGEM POR TEMPO			TEMPO	DE	PARA

LOCAL		PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC		FURO	15
DATA	SONDAGEM			FOLHA	
06/02/23	6780			01/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg					
						10	20	30			
	8/15	11/15	20/15	19	31				1	AREIA FINA ARGILOSA, MARROM ESCURO, COMPACTA A MUITO COMPACTA (PIÇARRÃO)	
	51/15	118/15		169	118/15				2		
	25/15	28/15	33/15	53	61				3		
									4		3.94
	2/15	2/15	3/15	4	5				5	4.84	ARGILA ARENOSA, CINZA, MOLE
	10/15	13/15	15/15	23	28				6	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, COMPACTA A MUITO COMPACTA	
	13/15	15/15	19/15	28	34				7		
	15/15	27/15	46/15	42	73				8		
	20/15	31/15	55/15	51	86				9		8.96
	1/15	1/15	1/15	2	2				10		ARGILA, CINZA, MUITO MOLE A MOLE
	1/15	1/15	1/15	2	2				11		
	1/15	2/15	2/15	3	4				12		
	2/15	2/15	2/15	4	4				13		
	2/15	2/15	3/15	4	5				14	13.50	
	2/15	3/15	3/15	5	6				15	14.54	ARGILA, CINZA, MÉDIA
									15	14.74	AREIA, CINZA
	3/15	3/15	4/15	6	7				16	ARGILA, CINZA CLARO, MÉDIA	
	3/15	4/15	5/15	7	9				17		
									18		16.54
	12/15	14/15	18/15	26	32				19	AREIA FINA SILTOSA POUCA ARGILOSA, CINZA AMARELADO, COMPACTA A MUITO COMPACTA	
15/15	29/15	32/15	44	61				20			
15/15	20/15	28/15	35	48				21			
								22	20.00		

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:				LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA
INICIAL:	0,53 em	06/02/2023 às 08:15hrs					
FINAL:	0,50 em	07/02/2023 às 08:00hrs					
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:		2.00					

C		
LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC		FURO
DATA 06/02/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 02/01
		15

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2" Queda de 75cm	Ø 1 3/8" PESO DE 65 kg				
	13	16	23	29	39				20,50	AREIA FINA SILTOSA POUCA ARGILOSA, CINZA AMARELADO, COMPACTA A MUITO COMPACTA	
	15	15	15						21		
									22	TÉRMINO DE SONDAGEM CONFORME ORIENTAÇÃO DO RESPONSÁVEL	
									23		
									24		
									25		
									26		
									27		
									28		
									29		
									30		
									31		
									32		
									33		
									34		
									35		
									36		
									37		
									38		
									39		
									40		
PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 0,53 em 06/02/2023 às 08:15hrs FINAL: 0,50 em 07/02/2023 às 08:00hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 2.00						LAVAGEM POR TEMPO			TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO
DATA 19/01/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	16

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg				
						Ø 2" Ø 1 3/8" 10	20	30		
	10/15	21/15	44/15	31	65				1	AREIA FINA SILTOSA, MARROM ESCURO, COMPACTA A MUITO COMPACTA (PIÇARRÃO)
	35/15	59/15	110/15	94	169				2	
	8/15	10/15	11/15	18	21				3	
	3/15	4/15	4/15	7	8				4	AREIA FINA SILTOSA, MARROM ESCURO ACINZENTADO, POUCO COMPACTA
	3/15	3/15	4/15	6	7				5	
	1/15	1/15	1/15	2	2				6	ARGILA SILTOSA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE A MOLE
	1/15	1/15	2/15	2	3				7	
	4/15	6/15	7/15	10	13				8	AREIA FINA SILTOSA, CINZA, MEDIANAMENTE COMPACTA
	1/15	1/15	2/15	2	3				9	
	2/15	2/15	2/15	4	4				10	ARGILA SILTOSA, CINZA ESCURO, MOLE
	2/15	3/15	4/15	5	7				11	
	3/15	4/15	5/15	7	9				12	ARGILA, CINZA CLARO, MOLE A MÉDIA
	13/15	19/15	24/15	32	43				13	
	15/15	23/15	27/15	38	50				14	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	16/15	25/15	27/15	41	52				15	
	1/15	1/15	2/15	2	3				16	AREIA, CINZA
	1/15	2/15	2/15	3	4				17	
	2/15	2/15	2/15	4	4				18	ARGILA ARENOSA, CINZA CLARO, MOLE
	2/15	2/15	3/15	4	5				19	
										20

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:		LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA
INICIAL:	1,28 em 19/01/2023 às 08:40hrs				
FINAL:	1,25 em 19/01/2023 às 13:00hrs				
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:	3.00				

CLIENTE			
LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO
DATA 19/01/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 02/01	16

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA		
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2"	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg					
						Ø 1 3/8"	10	20			30	
	2	3	4	5	7					20,50	ARGILA ARENOSA, CINZA CLARO, MOLE	
	15	15	15							21		TÉRMINO DE SONDAGEM CONFORME ORIENTAÇÃO DO RESPONSÁVEL
											22	
											23	
											24	
											25	
											26	
											27	
											28	
											29	
											30	
											31	
											32	
											33	
											34	
											35	
											36	
											37	
											38	
											39	
										40		
PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 1,28 em 19/01/2023 às 08:40hrs FINAL: 1,25 em 19/01/2023 às 13:00hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 3.00						LAVAGEM POR TEMPO			TEMPO	DE	PARA	

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO
DATA 23/01/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	17

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg				
						10	20	30		
	10/15	21/15	44/15	31	65				1	AREIA FINA POUCA ARGILOSA, MARROM ESCURO, MUITO COMPACTA (PIÇARRÃO)
	53/15	117/15				170	117/15			
	2/15	2/15	2/15	4	4				3	ARGILA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE A MOLE
	1/15	1/15	2/15	2	3				4	
	1/15	1/15	1/15	2	2				5	
	1/15	1/15	1/15	2	2				6	
	1/15	1/15	1/15	2	2				7	
	21/15	29/15	34/15	50	63				8	
	25/15	32/15	39/15	57	71				9	
	20/15	23/15	25/15	43	48				9,49	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	7/15	8/15	15/15	15	23				9,74	
	2/15	2/15	2/15	4	4				10	ARGILA, CINZA
	2/15	2/15	3/15	4	5				10,49	AREIA, CINZA, COMPACTA
	2/15	2/15	3/15	4	5				10,69	ARGILA, CINZA
	2/15	2/15	3/15	4	5				10,96	AREIA, CINZA
	2/15	2/15	2/15	4	4				12	ARGILA, CINZA CLARO, MOLE
	2/15	2/15	3/15	4	5				12,89	
	10/15	13/15	25/15	23	38				13	AREIA GROSSA POUCA ARGILOSA, CINZA, COMPACTA A MUITO COMPACTA
	13/15	20/15	29/15	33	49				14	
	15/15	24/15	32/15	39	56				15	
	10/15	11/15	13/15	21	24				16	
	2/15	2/15	3/15	4	5				16,49	AREIA GROSSA POUCA ARGILOSA, CINZA, COMPACTA A MUITO COMPACTA
	2/15	3/15	3/15	5	6				17	
	2/15	2/15	3/15	4	5				18	ARGILA ARENOSA, CINZA CLARO, MOLE A MÉDIA
	2/15	3/15	3/15	5	6				19	
	2/15	3/15	4/15	5	7				20	

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:

INICIAL: 0,75 em 23/01/2023 às 08:10hrs

FINAL: 0,70 em 24/01/2023 às 09:40hrs

PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 3,00

LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 17
DATA 23/01/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 02/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT N° 30cm INICIAIS	SPT N 30cm FINAIS	AMOST.: TERZAGHI & PECK Ø 2" QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg Ø 1 3/8" 10 20 30			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1°	2°	3°								
	3 15	3 15	4 15	6	7				20,50	ARGILA ARENOSA, CINZA CLARO, MOLE A MÉDIA	
									21	TÉRMINO DE SONDAGEM CONFORME ORIENTAÇÃO DO RESPONSÁVEL	
									22		
									23		
									24		
									25		
									26		
									27		
									28		
									29		
									30		
									31		
									32		
									33		
									34		
									35		
									36		
									37		
									38		
									39		
									40		
PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 0,75 em 23/01/2023 às 08:10hrs FINAL: 0.70 em 24/01/2023 às 09:40hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 3.00						LAVAGEM POR TEMPO			TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO
DATA 20/01/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	18

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg					
						10	20	30			
	8/15	17/15	39/15	25	56				1	AREIA FINA SILTOSA, MARROM ESCURO, MUITO COMPACTA (PIÇARRÃO)	
	49/15	105/15		154	105/15				2		
									3	2,95	ARGILA SILTOSA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE A MOLE
	1/15	1/15	2/15	2	3				4		
	1/15	1/15	1/15	2	2				5		
	1/15	1/15	2/15	2	3				6	5,94	AREIA FINA SILTOSA, CINZA, MEDIANAMENTE COMPACTA A COMPACTA
	5/15	6/15	6/15	11	12				7		
	8/15	11/15	15/15	19	26				8	8,64	AREIA GROSSA, CINZA, COMPACTA
	10/15	13/15	18/15	23	31				9		
	1/15	1/15	1/15	2	2				10	9,84	ARGILA SILTOSA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE
	9/15	13/15	19/15	22	32				11	10,49	AREIA GROSSA, CINZA, COMPACTA
	2/15	2/15	3/15	4	5				12	10,74	
	2/15	3/15	4/15	5	7				13	10,94	ARGILA, CINZA AREIA, CINZA
	2/15	2/15	3/15	4	5				14	12,94	ARGILA, CINZA CLARO, MOLE A MÉDIA
	11/15	15/15	28/15	26	43				15		
	15/15	23/15	32/15	38	55				16	16,47	AREIA GROSSA, CINZA CLARO, COMPACTA A MUITO COMPACTA
	17/15	26/15	35/15	43	61				17		
	13/15	14/15	15/15	27	29				18		
	2/15	2/15	2/15	4	4				19	20,00	ARGILA ARENOSA, CINZA CLARO, MOLE A MÉDIA
	2/15	2/15	3/15	4	5				20		
2/15	3/15	3/15	5	6							

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:

INICIAL: 1,25 em 20/01/2023 às 09:00hrs

FINAL: 1,21 em 20/01/2023 às 13:00hrs

PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 2.00

LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO 18
DATA 20/01/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 02/01	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
	1º	2º	3º	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	Ø 2" Queda de 75cm	Ø 1 3/8" PESO DE 65 kg				
	2 15	3 15	4 15	5	7	10	20	30	20,50	ARGILA ARENOSA, CINZA CLARO, MOLE A MÉDIA	
									21	TÉRMINO DE SONDAGEM CONFORME ORIENTAÇÃO DO RESPONSÁVEL	
									22		
									23		
									24		
									25		
									26		
									27		
									28		
									29		
									30		
									31		
									32		
									33		
									34		
									35		
									36		
									37		
									38		
									39		
									40		
PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 1,25 em 20/01/2023 às 09:00hrs FINAL: 1,21 em 20/01/2023 às 13:00hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 2.00						LAVAGEM POR TEMPO			TEMPO	DE	PARA

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO
DATA 17/01/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	19

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg				
						Ø 2" Ø 1 3/8"	10	20		
	15/15	35/15	71/15	50	106				1	AREIA FINA SILTOSA, MARROM ESCURO, MUITO COMPACTA (PIÇARRÃO)
	53/15	119/15		172	119/15				2,50	
	10/15	11/15	13/15	21	24				3	AREIA FINA SILTOSA, CINZA, MEDIANAMENTE COMPACTA A COMPACTA (PIÇARRÃO)
	4/15	5/15	6/15	9	11				4,49	
	1/15	1/15	1/15	2	2				5	ARGILA SILTOSA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE
	1/15	1/15	1/15	2	2				6,47	
	15/15	23/15	30/15	38	53				7	AREIA FINA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	18/15	30/15	39/15	48	69				8	
	1/15	1/15	2/15	2	3				8,89	ARGILA, CINZA ESCURO, MOLE
	2/15	3/15	5/15	5	8				9,59	
	3/15	4/15	5/15	7	9				10	ARGILA, CINZA CLARO, MÉDIA A RIJA
	3/15	4/15	7/15	7	11				11	
	15/15	21/15	24/15	36	45				12,64	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, COMPACTA A MUITO COMPACTA
	10/15	11/15	13/15	21	24				13	
	1/15	1/15	2/15	2	3				14,49	ARGILA SILTOSA, CINZA ESCURO, MOLE
	2/15	2/15	3/15	4	5				15	
	8/15	13/15	15/15	21	28				16,69	AREIA, CINZA, MEDIANAMENTE COMPACTA
	40/5			40/5					17,89	
									18,12	TRECHO SEM RECUPERAÇÃO DE AMOSTRA (SILTE)
								19	IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO DE LAVAGEM (DE ACORDO COM A NBR 6484/20 - PROCEDIMENTO 5.2.4.4)	
								20	PARA MAIOR APROFUNDAMENTO DA CAMADA SUGERIMOS A EXECUÇÃO DE SONDAGEM ROTATIVA	

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:				LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA
INICIAL:	1,35	em	17/01/2023 às 15:45hrs		10	18,05	18,08
FINAL:	1,30	em	18/01/2023 às 08:00hrs		10	18,08	18,10
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:					10	18,10	18,12

LOCAL PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC			FURO
DATA 24/01/23	SONDAGEM 6780	FOLHA 01/01	20

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N 30cm FINAIS	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg				
						Ø 2" Ø 1 3/8" 10	20	30		
	-	-	-						1	
	3/15	5/15	20/15	8	25				2	AREIA FINA POUCO ARGILOSA, MARROM ESCURO, COMPACTA A MUITO COMPACTA (PIÇARRÃO)
	55/15	108/15	-	163	108/15				3	
	7/15	10/15	11/15	17	21				3,49	
	2/15	2/15	2/15	4	4				4	ARGILA ARENOSA, CINZA, MOLE
	1/15	1/15	1/15	2	2				5	
	1/15	1/15	1/15	2	2				6	ARGILA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE
	1/15	1/15	1/15	2	2				6,54	
	9/15	11/15	13/15	20	24				7	
	6/15	9/15	10/15	15	19				8	AREIA FINA, CINZA CLARO, MEDIANAMENTE COMPACTA A COMPACTA
	1/15	1/15	2/15	2	3				9	
	2/15	2/15	3/15	4	5				10	ARGILA, CINZA, MOLE
	2/15	3/15	3/15	5	6				11	
	2/15	3/15	4/15	5	7				12	ARGILA, CINZA CLARO, MOLE A MÉDIA
	2/15	3/15	4/15	5	7				12,49	
	15/15	28/15	35/15	43	63				13	
	20/15	45/15	52/15	65	97				14	AREIA FINA SILTOSA, CINZA CLARO, MUITO COMPACTA
	14/15	21/15	30/15	35	51				15	
	1/15	2/15	2/15	3	4				15,49	
	1/15	1/15	1/15	2	2				16	
	1/15	1/15	1/15	2	2				17	ARGILA ARENOSA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE A MOLE
	1/15	1/15	2/15	2	3				18	
	1/15	2/15	2/15	3	4				19	
	1/15	2/15	2/15	3	4				20	
									20,00	

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA:				
INICIAL:	0,90 em	24/01/2023 às 14:00hrs		
FINAL:	0,85 em	25/01/2023 às 13:00hrs		
PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO:	3,00			

LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA

LOCAL		PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC		FURO	20
DATA	24/01/23	SONDAGEM	6780	FOLHA	

PERFIL GEOLOGICO	ENSAIO PENETROMÉTRICO			SPT	SPT	AMOST.: TERZAGHI & PECK			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA
	1°	2°	3°	N° 30cm INICIAIS	N° 30cm FINAIS	Ø 2"	QUEDA DE 75cm PESO DE 65 kg			
	10	20	30			Ø 1 3/8"				
	2/15	2/15	2/15	4	4				20,50	ARGILA ARENOSA, CINZA ESCURO, MUITO MOLE A MOLE
									21	
									22	TÉRMINO DE SONDAGEM CONFORME ORIENTAÇÃO DO RESPONSÁVEL
									23	
									24	
									25	
									26	
									27	
									28	
									29	
									30	
									31	
									32	
									33	
									34	
									35	
									36	
									37	
									38	
									39	
									40	

PROFUNDIDADE NO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: 0.90 em 24/01/2023 às 14:00hrs FINAL: 0,85 em 25/01/2023 às 13:00hrs PROFUNDIDADE DO REVESTIMENTO: 3.00	LAVAGEM POR TEMPO	TEMPO	DE	PARA

LOCAL
PORTO BELO GOLF RESORT - PORTO BELO - SC

FURO

DATA
24/01/23

SONDAGEM
6780

COTA

ESCALA

FOLHA
01/01

