

Estabilização de Encostas de Corte Utilizando Solo Grampeado: Estudo de Caso no Município de Bananeiras-PB

Ricardo Nascimento Flores Severo

Professor Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal - RN, Brasil, ricardo.severo@ifrn.edu.br

Olavo Francisco dos Santos Júnior

Professor Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, Brasil, olavo.santos@ufrn.br

Osvaldo de Freitas Neto

Professor Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, Brasil, osvaldo.neto@ufrn.br

Arthur Silva de Moraes

Diretor Técnico Engenrout Geotécnica. Natal-RN, Brasil, arthur.morais@engenroutgeotecnica.com

Gustavo Clementino Santos

Mestrando Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil, gustavo.clementino@aluno.unb.br

RESUMO: Os solos grampeados são uma excelente solução de estabilização de taludes de corte. A fim de estabilizar uma área onde será construído um empreendimento do tipo condomínio residencial multifamiliar de alto padrão, com edificações de dois pavimentos na cidade de Bananeiras-PB, foi utilizada a técnica de solo grampeado. O objetivo deste trabalho é apresentar as metodologias de cálculo de previsão de carga nos grampos (resistência ao cisalhamento no contato solo-grampo - qs) conforme Ortigão (1997) e Ortigão e Sayão (2000) e mostrar como esses resultados dos ensaios realizadas nos grampos são importante para o projeto. Foram analisadas a topografia para a identificação das alturas, inclinações e demais elementos geométricos dos taludes; realizadas visitas ao local do empreendimento para reconhecimento das condições superficiais vigentes na área objeto do estudo; realização de ensaios em amostras indeformadas e interpretação dos resultados desses estudos dos solos dos taludes de corte a fim de elaborar o projeto de estabilização dos taludes com base nos ensaios de campo. Os taludes de corte têm alturas que variam entre 6 a 20 metros, inclinações entre 45° e 65°. A área do empreendimento é composta por solos residuais resultantes da decomposição de rochas sedimentares que são classificados pedologicamente como Planossolos e sob o ponto de vista geotécnico argila e silte de baixa compressibilidade. Os resultados dos ensaios de cisalhamento direto em condição inundada para blocos dos cortes apresentaram ângulos de atrito variando entre 23,5° e 33,9° e intercepto coesivo variando entre 7,8 kPa e 37,2 kPa. Para o controle tecnológico dos grampos foram realizados ensaios de arrancamento de acordo com a NBR 16920-2(2021) - Parte 2: Solos grampeados. Concluiu-se que os ensaios de arrancamento devem ser realizados antes da execução da obra para se definir o projeto, sendo as correlações apresentadas, excelentes para uma primeira determinação da resistêncai solo-grampo.

PALAVRAS-CHAVE: Solo Grampeado, Ensaios e Metodologia de Dimensionamento, Propriedades Geotécnicas.

ABSTRACT: Nailed soils are an excellent solution for stabilizing cut and fill slopes. In order to stabilize an area where a high-end multifamily residential condominium project with two-story buildings will be built in the city of Bananeiras-PB, the nailed soil technique was used. The objective of this work is to present the calculation methodologies for predicting load on the nails (shear strength at the soil-nail contact - qs) according to Ortigão (1997) and Ortigão e Sayão (2000). For this purpose, the topography was analyzed to identify the heights, inclinations and other geometric elements of the slopes; visits were made to the project site to recognize the surface conditions in force in the area under study; carrying out tests on undisturbed samples and interpreting the results of these studies of the soils of the cut slopes in order to prepare the slope stabilization project based on the field tests. The cut slopes have heights that vary between 6 and 20 meters, inclinations between 45° and 65°. The project area is composed of residual soils resulting from the



2 0 2 5

decomposition of sedimentary rocks that are classified pedologically as Planosols and from a geotechnical point of view as low compressibility clay and silt. The results of the direct shear tests in flooded conditions for the landfill blocks and cuts showed friction angles ranging from 23.5° to 33.9° and cohesive intercept ranging from 7.8 kPa to 37.2 kPa. For the technological control of the nails, pullout tests were carried out in accordance with NBR 16920-2(2021) - Part 2: Nailed soils. It was concluded that pullout tests should be carried out before the execution of the work in order to define the project, with the correlations presented being excellent for an initial determination shear strength at the soil-nail contact.

KEYWORDS: Nailed Soil, Tests and Dimensioning Methodology, Geotechnical Properties.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho trata de um projeto em empreendimento tipo condomínio residencial horizontal multifamiliar, com edificações de dois pavimentos, localizado na cidade de Bananeiras-PB. Neste local encontram-se taludes que variam entre 6 a 20 metros de altura, com inclinações entre 45° e 65°. Os solos grampeados são uma excelente solução de estabilização para taludes terrosos de corte como os presentes na área. Desta forma, para estabilizar estes taludes foi utilizada a técnica de solo grampeado.

O objetivo deste trabalho é apresentar as metodologias de cálculo de previsão de carga nos grampos (resistência ao cisalhamento no contato solo-grampo - q_s) conforme Ortigão (1997) e Ortigão e Sayão (2000) e mostrar como esses resultados dos ensaios realizadas nos grampos são importantes para o projeto.

A metodologia de trabalho consistiu nas análises geológica, geomorfológica e geotécnica da área, para dimensionamento dos comprimentos e quantidades dos grampos. Foi obtida a topografia para a identificação das alturas, inclinações e demais elementos geométricos dos taludes; realizadas visitas ao local do empreendimento para reconhecimento das condições dos terrenos existentes; realização de ensaios de caracterização em amostras deformadas e ensaios de cisalhamento direto em amostras indeformadas. A seguir foram interpretados os resultados desses estudos dos solos dos taludes de corte, a fim de elaborar o projeto de estabilização, também com base nos ensaios de campo (SPT e Arrancamento dos Grampos Testes e Permanentes).

2 DESCRIÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

De acordo com CPRM (2005), o município de Bananeiras está localizado na Microrregião Bananeiras e na Mesorregião Agreste Paraibano do Estado da Paraíba. Sua Área é de 258 km². O município de Bananeira, está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, formada por maciços e outeiros altos, com altitude de aproximadamente 550 metros. Bananeiras possui as seguintes Unidades Geomorfológicas em sua composição: Planaltos residuais, Planalto da Borborema com formas convexas e com formas aguçadas. O relevo é movimentado e recortado por rios perenes nas superfícies suaves a onduladas.

O clima é do tipo Tropical Chuvoso, com verão seco. Sob influência da Massa Equatorial Atlântica, a estação seca é curta e dura no máximo 4 meses. A precipitação pluviométrica mensal ultrapassa os 120 mm no período chuvoso que compreende os meses de março a julho e a temperatura média varia em torno dos 22°C.

A Geologia do município de Bananeiras tem data inicial, aproximada de 2,5 bilhões de anos, a partir da Era Paleoproterozóica, tendo as Formações Barreiras e Serra dos Martins, como as mais recentes, datando da época Cenozóica, dentro da estrutura geológica do Planalto da Borborema. Os solos predominante é o latossolo além da presença de cambissolos e gleissolos. No município de Bananeiras, entretanto há a predominância de latossolo, argissolo, luvisso e neossolo. As demais formações geológicas do município datam do Éon Proterozóico, sendo o Complexo Serrinha - Pedro Velho, da Era Paleoproterozóica, o mais antigo. Já a Formação Dona Inês e Seridó, além das unidades Granitóide Solânea e Intrusiva Gabro-diorito-monzonítica, datando da Era Neoproterozóica (Andrade, 2019). No município de Bananeiras, a localização dessas formações, está representada na Figura 1.

A partir das observações de campo das feições morfológicas e geológicas da área do empreendimento, observa-se que o relevo é movimentado e composto por superfície ondulada aparentemente bem drenada, onde predomina vegetação rasteira e solos residuais de rochas sedimentares.

2.1 Levantamento Topográfico, Sondagens de Reconhecimento (SPT) e Caracterização dos Solos

Os trabalhos de terraplenagem foram executados anteriormente a solicitação da execução da estabilização dos solos. Logo após a terraplenagem foram executados 17 (dezesete) ensaios de Sondagem à Percussão SPT, denominados SP 06, SP 07, SP 08, SP 09, SP 10, SP 11, SP 12, SP 13, SP 14, SP 15, SP 16, SP 17, SP 18, SP 19, SP 20, SP 21 e SP 22 para investigação geotécnica de campo após a terraplenagem. Os resultados foram apresentados na forma de perfis geotécnicos individuais. Os locais dos furos de sondagens estão apresentados na Figura 2. As sondagens foram executadas de acordo com NBR 6484. Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio (2020).

Dos 17 (dezesete) ensaios de Sondagem à Percussão do tipo SPT, quatro são furos executados no topo dos cortes (camada de topo), cinco na base dos cortes (camada do meio), cinco no topo dos aterros (camada inferior e três na base dos aterros (camada abaixo da saia dos aterros). O total perfurado foi de 145,52 metros e as cotas dos furos conforme topografia. Nenhuma das sondagens atingiu o lençol freático. A topografia e o local das sondagens estão apresentados na Figura 2.

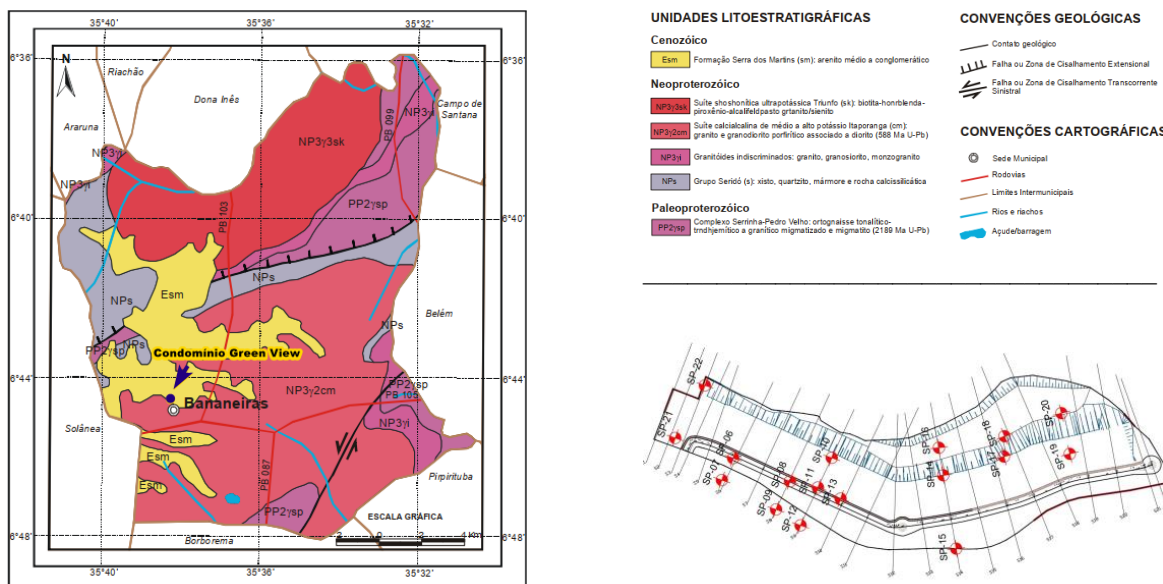


Figura 1. Mapa Geológico do Município de Bananeiras-PB (CPRM, 2005) com indicação da área do empreendimento. Fonte: Modificado de CPRM, 2005.

Figura 2. Locais dos furos de Sondagem SPT. Fonte: Relatório das Sondagens de Simples Reconhecimento (SPT). Fonte: Relatório de Sondagem, 2023.

Para a realização da estabilização dos solos foram solicitados novos estudos de análise de estabilidade dos taludes de corte da área do empreendimento. Foi realizada a abertura de três poços de inspeção para coleta de novas amostras do tipo blocos indeformados, retirados das diferentes camadas que compõem o perfil geotécnico da área do empreendimento, para realização de ensaios de caracterização e de obtenção dos parâmetros de resistência dos solos. Também foram executados mais quatro furos de sondagens de simples reconhecimento do tipo SPT. O local de coleta dos três blocos indeformados (blocos coletados em duplicidade) e local da realização das quatro sondagens SPT adicionais estão apresentados na Figura 3. Resumo dos resultados dos ensaios de caracterização dos solos dos blocos indeformados (Figura 4) estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3.



Figura 3. Locais das novas Sondagens à Percussão SPT e da coleta dos novos Blocos Indeformados. Fonte: Autores, 2024.

a) Camada de Topo dos
Cortes (Bloco 01^a).b) Camada do Meio dos
Cortes (Bloco 01B).c) Camada Inferior dos Cortes
(Bloco 03A).

Figura 4. Imagens dos Blocos Indeformados (Topo, Meio e Camada Inferior). Fonte: Autores, 2024.

Tabela 1. Caracterização - Análise Granulométrica dos Solos. Fonte: Autores, 2024.

AMOSTRA	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
BLOCO 01A	3,12%	8,36%	18,72%	12,22%	5,44%	52,14%
BLOCO 02A	1,20%	12,44%	12,16%	7,24%	64,39%	2,57%
BLOCO 03A	3,44%	22,39%	17,09%	5,04%	42,83%	9,21%

Tabela 2. Caracterização - Limites de Atterberg e Classificação (SUCS). Fonte: Autores, 2024.

AMOSTRA	LL (%)	LP (%)	IP (%)	I _a	SUCS
BLOCO 01A	34,6%	22,2%	12,4%	0,24	CL
BLOCO 02A	41,1%	27,8%	13,3	5,17	ML
BLOCO 03A	33,46%	18,02%	15,44%	1,67	CL

CL – Argila de baixa plasticidade, ML – Silte de baixa compressibilidade.

Tabela 3. Índices Físicos dos Solos. Fonte: Autores, 2024.

AMOSTRA	G _s	ρ (g/cm ³)	ρ_d (g/cm ³)	w (%)	e	n	S _r (%)
BLOCO 01A	2,738	1,50	1,41	6,40	0,87	0,47	19,0
BLOCO 02A	2,770	1,80	1,64	9,62	0,61	0,38	42,0
BLOCO 03A	2,706	1,76	1,68	4,57	0,58	0,37	21,0

2.2 Ensaios de Cisalhamento Direto e Caracterização dos Solos

Os ensaios de cisalhamento direto foram realizados conforme preconiza a norma ASTM D3080/D3080M-11. Todos os corpos de prova ensaiados têm formato cilíndrico e foram moldados com diâmetro nominal de 60 mm e altura de 30 mm. Cada uma das amostras foi submetida à no mínimo 04 (quatro) ensaios os quais foram realizados sob condição inundada. As tensões normais empregadas para cada uma das amostras foram 50kPa, 100kPa, 150kPa e 200kPa e o cisalhamento foi realizado com a velocidade de 0,05 mm/min. Na Tabela 4 é apresentado o resumo dos resultados destes ensaios.

Tabela 4. Resultados do Cisalhamento Direto. Fonte: Relatório de Ensaios de Cisalhamento Direto (2024).

Blocos Indeformados	2 mm de deslocamento		Pico das envoltórias de	
	Ângulo de Atrito	Intercepto de Coesão	Ângulo de Atrito	Intercepto de Coesão
BLOCO 01A	23,5°	10,1 kPa	33,9°	7,8 kPa
BLOCO 02A	26,5°	0,0 kPa	33,0°	23,8 kPa
BLOCO 03A	28,5°	0,0kPa	32,2°	0,0 kPa

3 PROJETO DE ESTABILIZAÇÃO DOS TALUDES DE CORTE

Para o desenvolvimento do Projeto de Estabilização dos Taludes foi necessário a determinação de parâmetros de resistência de projeto dos solos do local do empreendimento. Esses parâmetros foram determinados a partir de informações obtidas na investigação geotécnica de campo e a partir dos ensaios de resistência ao cisalhamento direto em amostras de solos indeformadas.

Após a análise de diversas alternativas para estabilização dos taludes de corte, optou-se pela utilização da técnica de solo grampeado. Foi considerada uma carga distribuída de 40 kPa em toda a extensão do local das residências e na parte superior do terreno no local da estrada e muro foi considerada uma carga distribuída de 20 kPa. A posição dos perfis utilizados para as análises de estabilidade e projeto de estabilização dos cortes estão apresentadas na Figura 5 (Perfis S02, S06, S09, S14, S19 e S21).



Figura 5. Perfis Tipo considerados para Análise de Estabilidade e Projeto de Estabilização dos Cortes (S02, S06, S09, S14, S19 e S21). Fonte: Autores, 2024.

3.1 Análise da Estabilidade dos Taludes de Corte na área do empreendimento considerando a solução em Solo Grampeado para os Taludes

Neste item são apresentadas as análises de estabilidade por ferramenta computacional de acordo com metodologia prescrita na NBR 11682 (2009) - Estabilidade de Encostas. Nas análises de estabilidade foram usados métodos cuja rotina de cálculo baseia-se na teoria do equilíbrio limite.

As análises de estabilidade consideraram as cargas previstas em projeto e a introdução dos grampos (Solo Grampeado). Utilizou-se para a análise o método de Morgenstern & Price que é um método consagrado, que leva em conta o equilíbrio de forças e momentos, atuantes e resistentes. Foi considerado como fator de segurança mínimo recomendável para esta situação analisada, o valor do Fator de Segurança ($FS = 1,5$).

Foram analisados cinco perfis (distribuídos ao longo do terreno), representativos dos taludes de corte que compõe a área do empreendimento. Esses perfis foram determinados a partir do levantamento topográfico planialtimétrico e da visita de inspeção realizada no local. As respectivas camadas de solos componentes dos referidos perfis, foram obtidas com base em observação visual dos taludes de corte e a partir dos ensaios de sondagem à percussão (SPT). Desta forma, foi possível determinar a espessura e o tipo de solo de cada camada constituinte do perfil estratigráfico da área. Na Tabela 5 são apresentados os ensaios do tipo SPT relativos aos perfis escolhidos para a análise de estabilidade.

Tabela 5. Denominação dos Perfis analisados com sondagens de referência dos perfis. Fonte: Autores, 2024.

PERFIL	SPT
SEÇÃO 06	SP 07 e SP 06
SEÇÃO 09	SP 12, SP11 e SP 10
SEÇÃO 14	SP 15, SP 14 e SP 17
SEÇÃO 19	SP 19 e SP 20
SEÇÃO 21	SP 19

3.2 Controle Tecnológico dos Grampos

Para a elaboração do projeto foram realizados ensaios testes de controle tecnológico de arrancamento dos grampos. Estes ensaios consistem na medição do parâmetro da resistência do contato da interface solo/grampo ao longo do trecho injetado (parâmetro q_s - Resistência ao Cisalhamento no Contato Solo-Grampo).



No projeto foram considerados Grampos de diâmetro 20,0 mm com carga máxima de ensaio (T'_{\max}) dada pela seguinte equação:

$$T'_{\max} = 0,9 \cdot \sigma_{\text{aço}} \cdot A_s \text{ (limite do grampo)} \quad (1)$$

As estimativas preliminares de q_s para aplicação em projetos foram calculadas pela metodologia de Ortigão (1997) e Ortigão e Sayão (2000), dadas pelas seguintes formulações matemáticas:

$$q_s(\text{kPa}) = 50 + 7,5 N_{\text{SPT}} \text{ (Resistência da interface solo-grampo – Ortigão, 1997)} \quad (2)$$

$$q_s(\text{kPa}) = 67 + 60 \ln(N_{\text{SPT}}) \text{ (Resistência da interface solo-grampo – Ortigão e Sayão (2000))} \quad (3)$$

onde N_{SPT} equivale ao número de golpes do ensaio tipo SPT.

Os ensaios de arrancamento foram realizados para verificação da eficácia do processo executivo adotado e coerência com os condicionantes de projeto (grampos de sacrifício). A aparelhagem, a montagem e a execução do ensaio seguiram o previsto na NBR 16920-2 (2021). A quantidade de ensaios de arrancamento para a verificação do parâmetro “ q_s ” em ensaios obrigatórios de desempenho, foram executados em mais de 1% da totalidade de grampos da obra, em regiões representativa de cada tipo de solo.

O critério de aceitação é atendido se todos os ensaios atingirem o valor de “ q_s ” especificado em projeto. Caso algum grampo ensaiado não atingisse o valor de “ q_s ” especificado em projeto, o “ q_s ” dos ensaios deveria ser avaliado conforme a avaliação estatística constante da NBR 16920-2 (2021). O valor de “ q_s ” nos ensaios é calculado conforme a expressão matemática:

$$q_s(\text{kPa}) = T_N / (\pi \cdot \phi_{\text{furo}} \cdot L_{\text{inj}}) \quad (4)$$

onde:

q_s = resistência ao cisalhamento no contato solo-grampo; T_N =força normal máxima (carga que leva o grampo à ruptura por cisalhamento com o solo); ϕ_{furo} =diâmetro do furo e L_{inj} =comprimento do trecho injetado do grampo.

Para exemplificar, apresenta-se a previsão de ensaio de arrancamento para a Seção 6, por Ortigão (1997) e ; Ortigão Sayão et al. (2000):

$$q_s = 50 + 7,5 N_{\text{SPT}} \dots q_s = 50 + 7,5 15 = 162 \text{ kPa} \dots q_s \text{ admissível} = q_s / 2 = 162 / 2 = 81 \text{ kPa.}$$

$$q_s = 67 + 60 \ln(\text{SPT}) \dots q_s = 67 + 60 \ln(15) = 230 \text{ kPa} \dots q_s \text{ admissível} = q_s / 2 = 230 / 2 = 115 \text{ kPa.}$$

3.3 Ensaios de Arrancamento dos Grampos

Nos ensaios de arrancamento dos grampos foi utilizada um capacete vazado, conjunto macaco-bomba da Guimmy para 600 kN, perfis metálicos e independentes, relógios comparadores e bases magnéticas. Uma luva GW 25 mm foi soldada no arranque do grampo e uma barra compatível com a luva, também, foi utilizada na montagem do sistema. Os resultados são obtidos por 02 relógios comparadores com curso de 50,00 mm e precisão de 0,01 mm, instalados do mesmo modo com auxílio de base magnética articulada fixada em chapa de aço posicionada em frente a barra, enquanto os 02 relógios nas laterais do tubo obtinham o deslocamento pela transferência de carga no tubo.

A carga foi aplicada em 05 estágios iguais e sucessivos, observando-se que a carga aplicada em cada estágio não deve ser superior a 20% da carga prevista para o ensaio. A leitura é realizada após intervalos de 0 e 5 minutos, sendo no 5º e último estágio o acompanhamento feito por 15 minutos. Caso não ocorra o arrancamento do grampo até T_{ensaio} , o ensaio deve prosseguir com o mesmo critério até atingir o arrancamento ou $T_{\text{último}}$. O $T_{\text{último}}$ para barra CA-50 de 20 mm é 15.700 kgf. Sendo a área da barra: 314,4 mm². Na Tabela 6 são apresentados resultados de três ensaios testes e na Figura 6 apresentado um gráfico de ensaio teste de arrancamento de grampo da Seção 6.

Tabela 6. Resultados da Resistência ao Cisalhamento no Contato Solo-Grampo - q_s . Fonte: Autores, 2024.

Seção / Estimativa	Ortigão		Ortigão Sayão et al.	
	Previsto	Resultado	Previsto	Resultado
Seção 06	81 kPa	154 kPa	115 kPa	154 kPa
Seção 12	81 kPa	144 kPa	115 kPa	144 kPa
Seção 18	81 kPa	89 kPa	115 kPa	89 kPa

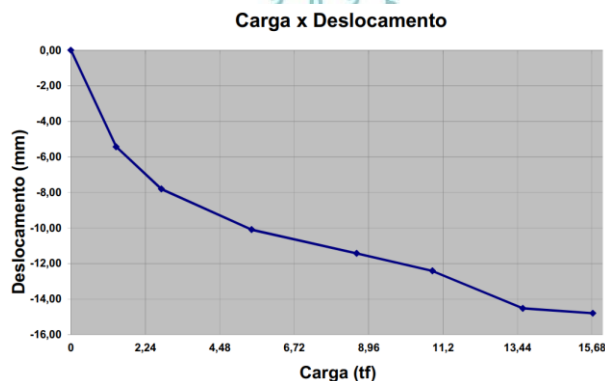


Figura 6. Resultado ensaio arrancamento grampo - Seção 6. Fonte: Autores, 2024.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES DA ESTABILIDADE

De acordo com as recomendações da Norma Brasileira NBR 11.682 – Estabilidade de Encostas, que trata da estabilidade de taludes e dos Fatores de Segurança mínimos para deslizamentos, os taludes em estudo foram considerados estáveis se os Fatores de Segurança mínimo atingissem 1,5. Esse valor foi definido levando em conta o nível de segurança necessário para evitar danos a vidas humanas, bem como prejuízos materiais e ambientais. Os resultados obtidos de duas seções de corte analisadas, considerando a introdução dos grampos, são apresentados nas Figuras 7 e 8 e na Tabela 7 o resultado das análises de estabilidade para cinco seções analisadas, todas apresentando ($FS > 1,5$).

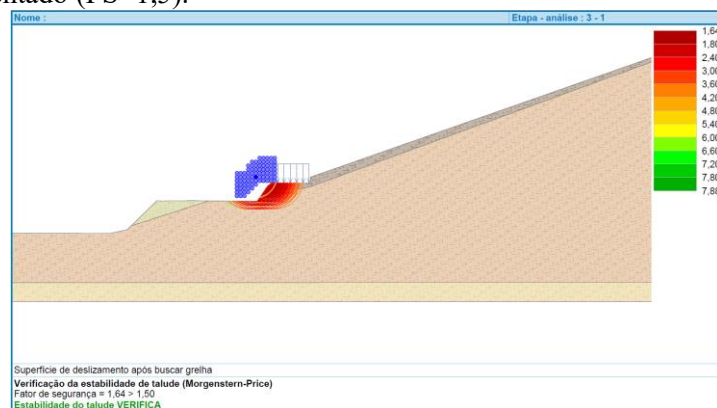


Figura 7. Seção de Corte 06 (SP 06 e SP 07) com 01 (Uma) Linha de Grampos – $FS = 1,64$. Fonte: Autores, 2024.

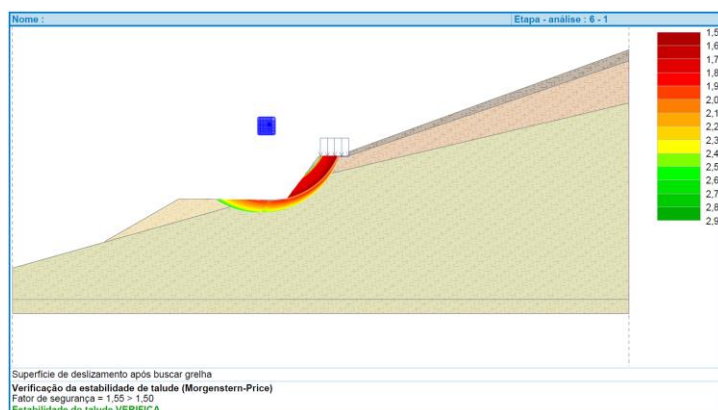


Figura 8. Seção de Corte 19 (SP 15, 19 e SP 20) com 04 (Quatro) Linhas de Grampos – $FS = 1,55$. Fonte: Autores, 2024.

Tabela 7. Fatores de Segurança (FS) dos taludes de corte após projeto de estabilização. Fonte: Autores, 2024.



PERFIS	TALUDE DE CORTE
SEÇÃO 06	1,64 (01 Linhas de Grampos)
SEÇÃO 09	1,56 (02 Linhas de Grampos)
SEÇÃO 14	1,56 (03 Linhas de Grampos)
SEÇÃO 19	1,55 (04 Linhas de Grampos)
SEÇÃO 21	1,65 (05 Linhas de Grampos)

4.1 Especificações Para Execução do Solo Grampeado nos Taludes de Corte

Foi seguida a NBR 16920-2(2021) - Muros e taludes em solos reforçados - Parte 2: Solos grampeados e naquilo que foi pertinente o Manual de Serviços Geotécnicos Solotrat (2023). Todos os grampos têm espaçamento horizontal de 1,0m de eixo a eixo; as linhas de grampo e os comprimentos de cada grampo estão dispostos conforme projeto, variando de acordo com a altura dos taludes. O Paramento projetado é de revestimento verde com tela metálica, podendo ser utilizados sementeiras manuais, hidrossemeaduras, gramas em placa ou mesmo utilização de proteção com grama sintética devido às inclinações acentuadas dos taludes. O Paramento Projetado em tela metálica quadrada de 10 cm de aresta com aço de diâmetro de 8,0 mm não faz parte do escopo deste artigo.

Também foram dimensionados e especificados duas linha de barbacãs e DHPs a partir dos parâmetros do solo, como Capacidade de Absorção (20 l/m²/dia) e Coeficiente de Permeabilidade ($k = 1 \times 10^{-4}$ cm/s). Com as informações geométricas do talude, foi calculada a possível vazão de água para os taludes em um valor igual a 15.488 l/dia/m, quando da saturação dos solos. Para suprir essa vazão, foi necessário executar DHPs com distâncias entre eixos de 6,0m. Na região das faces dos taludes foi previsto a instalação de duas linhas alternadas de DHPs (dois níveis). Estes equipamentos de drenagem não fazem parte do escopo deste artigo, mas são inerentes a qualquer obra de contenção e/ou estabilização.

5 CONCLUSÕES

Para o controle tecnológico dos grampos foram realizados ensaios de arrancamento de acordo com a NBR 16920-2 (2021) - Muros e taludes em solos reforçados - Parte 2: Solos grampeados.

Concluiu-se que os ensaios de arrancamento devem ser realizados antes da execução da obra para se definir o projeto, sendo as correlações apresentadas, excelentes para uma primeira determinação da resistência solo-grampo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2009). NBR 11.682. *Estabilidade de Encostas*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2021). NBR 16920-2. *Muros e taludes em solos reforçados - Parte 2: Solos grampeados*. Rio de Janeiro.
- Autores. Severo et al. (2024). *Projeto de Estabilização de Encostas de Corte Utilizando Solo Grampeado*. Bananeiras-PB.
- Andrade, E. H. A. de (2019). *Quadro Geográfico do Município de Bananeiras/PB com Auxílio do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Guarabira/PB*. Dissertação Mestrado. UEPB.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. (2005). *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Bananeiras, estado da Paraíba/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas et al*. Recife: CPRM/PRODEEM.
- Teles, G.; Brendolan, R.; Henn, Sheila et al. (2023). *Manual de Serviços Geotécnicos Solotrat*. 7ª Ed.
- Ortigão, J. A. R. (1997). *Pullot Tests in Soil Nailing Structures*. Revista Solos e Rochas, São Paulo, v. 20, Nº 1, p. 39-43.
- Ortigão, J. A. R.; Sayão, A. S. F. J. (Ed.). (2000). *Manual técnico de encostas: ancoragens e grampos*. 2. ed. Rio de Janeiro: GeoRio, v. 4, 184 p.