



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Anderson Martins de Oliveira

ANÁLISE COMPARATIVA DE ESTABILIDADE DE MACIÇO TERROSO APÓS RUPTURA

Palmas – TO
2020

Anderson Martins de Oliveira

ANÁLISE COMPARATIVA DE ESTABILIDADE DE MACIÇO TERROSO APÓS
RUPTURA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr(a). Jacqueline Henrique.

Palmas – TO
2020

Anderson Martins de Oliveira

ANÁLISE COMPARATIVA DE ESTABILIDADE DE MACIÇO TERROSO APÓS
RUPTURA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr(a). Jacqueline Henrique.

Aprovado em: 13/06/2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr(a). Jacqueline Henrique

Orientador(a)

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof.a Esp. Kenia Parente Lopes Mendonça

Avaliador 1º

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Avaliador 2º

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2020

RESUMO

Com a preocupação cada vez maior e conseqüentemente a valorização das áreas urbanas, faz-se necessário novas áreas de loteamento. Assim, as técnicas de análise de taludes vêm sendo cada vez mais frequente. Com a implantação de um em um talude, dependendo da resistência deste solo, este talude pode ficar instável, sendo necessário fazer diversas análises do talude. Após a realizar os ensaios foi possível observar o comportamento do solo em questão em diversas situações, com o apoio de outros estudos mais profundos do comportamento do solo sob grandes precipitações. O presente trabalho tem como propósito apresentar uma metodologia bem definida para a análise de um talude em questão, o qual já está rompido, e trazer possíveis causas do rompimento do mesmo e uma baseada em informações coletadas em local, ensaios realizados em laboratório e dados de trabalhos com o mesmo intuito.

Palavras chaves: Análise patológica. Instabilidade de talude. Fator de segurança.

ABSTRACT

With the increasing concern and consequently the valorization of urban areas, it is necessary new areas of subdivision. Thus, slope analysis techniques are becoming more and more frequent. With the implantation of one in a slope, depending on the resistance of this soil, this slope may become unstable, making it necessary to make several analyzes of the slope. After carrying out the tests, it was possible to observe the behavior of the soil in question in various situations, with the support of other, deeper studies of the behavior of the soil under heavy rainfall. The purpose of this work is to present a well-defined methodology for the analysis of a slope in question, which is already broken, and to bring about possible causes of its breakdown and one based on information collected on site, tests performed in the laboratory and data from works with the same intention.

Key words: *Pathological analysis. Slope instability. Safety factor.*

Equação 1	16
Equação 2	19
Equação 3	19
Equação 4	20
Equação 5	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Terminologia usualmente utilizada e uma encosta	15
Figura 2 - Aplicações do solo grampeado - a) estabilização de taludes; b) contenção taludes em cortes	21
Figura 3 - Muro de gabiões com degraus externos e internos	22
Figura 4 – Mapa de localização do local de estudo	25
Figura 5 - Superfície do talude	25
Figura 6 - Pé do talude	25
Figura 7– Detalhe do excesso de umidade no pé do talude.....	26
Figura 8 - Mapa de curvas de nível do local.....	27
Figura 9- Corte transversal do talude	27
Figura 10 - Erosão no talude	27

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva de compactação do Solo 1	33
Gráfico 2 - Curva de compactação do Solo 2	34
Gráfico 3 - Amostra de solo 1	37
Gráfico 4 - Amostra de solo 2	37

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Determinação da umidade hidrocópica	32
Quadro 2 - Dados respectivos do ensaio de compactação da amostra 01	33
Quadro 3 - Dados respectivos do ensaio de compactação da amostra 02	33
Quadro 4 - Amostra 01.....	34
Quadro 5 - Amostra 02.....	35
Quadro 6 - Amostra de solo 01	36
Quadro 7 - Amostra de solo 02.....	36
Quadro 8 - Limite de plasticidade amostra 01	38
Quadro 9 - Limite de plasticidade amostra 02.....	38
Quadro 10 - Índice de plasticidade dos solos.....	38
Quadro 11 - Correlações empíricas.....	39
Quadro 12 - Fator de segurança considerando para um único solo.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Problema da Pesquisa	12
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 Justificativa	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Solo	14
2.2 Taludes	14
2.3 Estabilidade em taludes	15
2.4 Movimentação de Massa	16
2.4.1 Principais causas das movimentações de massa	17
2.5 Principais causas da instabilidade em taludes	17
2.5.1 Causas Internas	18
2.5.2 Causas Externas	18
2.6 Como se dá a segurança de um talude	19
2.7 Métodos de Fellenius	19
2.8 Principais Métodos de Contenção de taludes	20
2.8.1 Solo grampeado	20
2.8.2 Muros de gabião	22
3 METODOLOGIA	24
3.1 Local de Estudo	25
3.2 Ensaios de caracterização	28
3.3 Compactação	28
3.4 Índice de Suporte Califórnia – ISC	29
3.5 Consistência do solo	29
3.5.1 Limite de Liquidez – LL	30
3.5.2 Limite de Plasticidade – LP	30
3.5.3 Índice de Plasticidade	30
4 RESULTADOS	32
4.1 Compactação do solo	32

4.2 Índice de Suporte Califórnia - ISC	34
4.3 Consistência do solo.....	35
4.3.1 Limite de Liquidez - LL.....	35
4.3.2 Limite de Plasticidade – LP.....	37
4.4 Correlações empíricas	39
4.4.1 Solos Argilosos	39
4.4.2 Contenção	40
5 CONCLUSÃO.....	41
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população nas grandes cidades, surge a necessidade de

ocupação de novas áreas. Nem sempre novas áreas são próprias para construção. Em virtude disso se faz necessário estudos prévios nas novas áreas para habitação, e garantir a segurança dos ocupantes dessas áreas. A grande preocupação são as regiões de encostas, naturais ou artificiais.

A instabilidade do talude ocorre devido a ruptura do solo por cisalhamento. Portanto em qualquer ponto do solo quando solicitado a um carregamento tanto do peso próprio, cargas externas ou saturação do solo, assim exercendo uma tensão de cisalhamento maior ou igual a resistência ao cisalhamento do solo, ocorre a ruptura no solo, causando uma instabilidade no local, e se não for tratado de forma adequada, essa patologia acarreta um desmoronamento. Isso quando a ruptura não é brusca, ou seja, quando a mesma rompe bruscamente sem aviso prévio e o desmoronamento do solo é imediato.

Na ocorrência de uma instabilidade de uma obra geotécnica, faz-se necessário a execução de um redimensionamento geométrico, seguido de métodos de contenção caso seja necessário. Para realizar uma contenção, um diagnóstico no local é o ideal, com o intuito de ter um estudo do local, para comparar custos e disponibilidade do material a ser empregado para o reparo, assim chegando a melhor solução.

A análise da estabilidade de talude faz-se necessária devido ao escorregamento da massa de solo. Essa análise resulta em um fator de segurança (FS), a qual representa a separação dos esforços solicitantes da resistência ao cisalhamento ao longo da projeção da superfície de ruptura.

Nos últimos anos a tecnologia vem ajudando bastante os profissionais da área de engenharia em seus projetos e dimensionamento estruturais, na área da geotécnica não é diferente, também vem surgindo tecnologias a fim de ajudar os profissionais a lidar com tamanha estrutura e seus riscos.

Dessa forma o trabalho consiste em um estudo de caso da ruptura de um talude localizado no loteamento 141-B de frente para o Ribeirão Taquaruçu Grande em Palmas-TO. A ação antrópica levou ao aparecimento de condições propícias à ocorrência de processos de instabilidade, e, com isso, faz-se necessária uma avaliação das causas.

1.1 Problema da Pesquisa

É de fato necessário fazer um estudo preliminar e um projeto específico para

obras geotécnicas, o mesmo consequentemente diminuiria o risco de ruptura e minimizaria ao máximo os riscos à vida humana, pois o maciço terroso nessa situação de instabilidade oferece grande risco de desabamento. Com base nisso, faz-se o questionamento, o que causou a instabilidade e posterior ruptura de um maciço terroso localizado no loteamento 141-B e como seria possível minimizá-lo?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Análise comparativa do talude localizado no loteamento 141-B e apontar a(s) causa(s) da sua instabilidade.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a área de estudo através do levantamento de informações pré-existent;
- Caracterizar o solo através de ensaios de: Consistência do solo, índice suporte Califórnia e ensaio de compactação;
- Cruzar as informações coletadas com trabalhos já existentes que possuem o mesmo intuito;
- Apontar a possível causa do rompimento do talude no local.

1.3 Justificativa

As movimentações de grandes massas de solos podem acarretar graves e imensuráveis danos à vida humana e ao meio ambiente, seja ela decorrida de causas naturais ou por imprudência humana. Todavia, existe sempre a necessidade de ter um estudo prévio de uma região contemplada por um local de encosta natural, seja por prudência ou por exigência de projeto.

Este trabalho se justifica pelo risco eminente da estrutura a qual já teve um deslizamento de uma parte da massa de solo localizada no rompimento do talude, e pelo fato da ferramenta computacional a ser utilizada nesse trabalho estar entrando no mercado agora. Outro fator que torna esse estudo mais importante ainda, é o fato de ser um problema não muito corriqueiro no município de Palmas – TO, devido à topografia da cidade ser de planícies.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, fez-se uma fundamentação teórica para servir de embasamento no desenvolvimento deste estudo. A revisão se estendeu até o final deste estudo para a sua complementação.

O referencial teórico compreendeu temas como solos e sua origem, características; taludes e sua definição; como se dá a estabilidade de um talude; as principais causas que torna um talude instável; principais movimentações de massas; como se dá a segurança de um talude; os principais métodos de cálculo da estabilidade; estruturas de contenção, focados em muros de gravidade, especialmente muros de gabiões; cortinas atirantadas; e ensaios como compactação; compressão simples; cisalhamento direto; limite de liquidez e plasticidade; software GEO 5.

2.1 Solo

O solo é um material inconsolidado que cobre a superfície terrestre emersa, entre a litosfera e a atmosfera. É produto do intemperismo, processo de desgaste rochoso por meio de processo mecânico e químico, sobre um material de origem, cuja transformação se desenvolve em um determinado relevo, clima, bioma e ao longo do tempo. A sua origem pode ser residual, devido à decomposição das rochas ou sedimentar, que é o caso dos solos transportados por água, vento ou qualquer outro mecanismo externo (MACHADO,1997).

2.2 Taludes

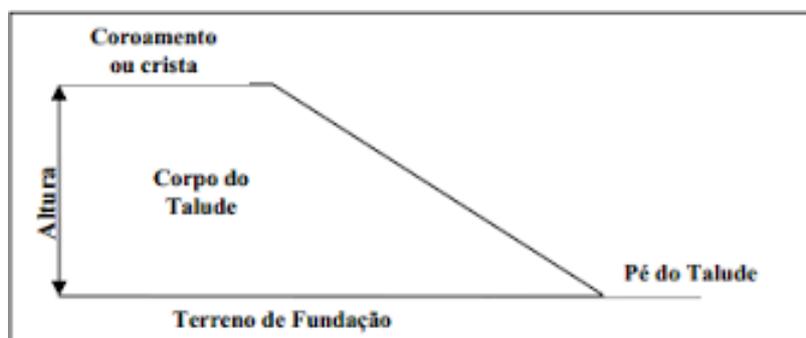
Superfície inclinada de modo a formar um ângulo com a superfície horizontal, cujo e formada por um maciço rochoso, solo ou ambos. Tem como classificação natural ou artificial, sendo naturais encostas ou vertentes formadas pela natureza. Taludes naturais são aqueles formados pela ação da natureza sem nenhuma interferência humana (MACHADO,1997).

Artificiais podendo ser cortes ou aterros construídos pelo homem, assim se adequam melhor a teoria de estabilidade dos taludes, pelo fato de serem mais

homogêneos que os naturais (CAPUTO, 1988).

O projeto e a execução de um talude fazem parte de uma das grandes atividades da engenharia civil, no ramo da geotécnica e da construção civil. Em relação a esse tipo de projeto torna-se fundamental fazer uma análise levando em consideração suas características hidrostáticas, esforços internos e externos (esforços horizontais, verticais e momento), de tal modo que é essencial extrair as características mecânicas das camadas que compõe o maciço, e assim então determinar a geometria e área de ocupação, limites de escavações e por último a inclinação em função da economia e da segurança. A Figura 1 ilustra a composição de um talude segundo CAPUTO (1988).

Figura 1 - Terminologia usualmente utilizada e uma encosta



Fonte: Adaptado Caputo (1987, P. 379).

2.3 Estabilidade em taludes

Estabilidade de um talude se dá em função da tensão de cisalhamento ser igual ou inferior à resistência ao cisalhamento apresentada pelo solo, a partir do momento em que a tensão ao cisalhamento se torna superior, já não é considerado mais estável. O mesmo está sujeito a uma ruptura. Portanto, existe uma camada de solo em torno da superfície de cisalhamento que perde suas características durante o processo de ruptura, formando assim uma zona cisalhada e, em seguida, desenvolvendo a superfície de cisalhamento (GERSCOVICH, 2012).

Para avaliar a estabilidade em um talude, são realizadas várias análises, podendo ser analíticas ou numéricas. Tais análises têm por finalidade mensurar a segurança do talude. Por diversas vezes foi sugerido à análise dos mesmos através de ábacos, planilhas e tabelas, entre outros métodos que não analisavam o caso isolado, mas todos os malsucedidos. A análise de um talude tem que ser criteriosa e de forma artesanal, pois

há uma infinidade de situações, as quais se destacam: nível de lençol freático, precipitação média anual do local, densidade do maciço terroso, percolação da água no solo, ângulo de atrito do solo, coesão, resistência ao cisalhamento entre outros fatores.

Para chegar na resultante favorável, e ser considerado talude estável, torna-se essencial conhecer mais a fundo, o solo que compõe o interior do solo. Definir a topografia do terreno, cargas a serem aplicadas sobre o talude, nível freático do local, as condições críticas do talude, classificação do solo. A qualidade do projeto depende da confiabilidade das investigações de campo, e laboratório, e da capacidade do projetista em interpretar os resultados experimentais (GERSCOVICH, 2012).

Em virtude da geometria do talude, o interior do solo é submetido a esforços gerados por peso próprio da estrutura e cargas externas. Os mesmos são representados nessa análise como resultantes que atuam nas direções tangenciais e normais, os quais estão diretamente ligados a análise da estrutura, pois os fatores ponderam-se e a tensão de cisalhamento em kPa (τ_a), a qual é resultante da divisão do esforço tangencial em kn/m^3 (T_a), dividido pela área em m^2 da partícula de solo (A), a qual tem como resultante, a tensão de cisalhamento (τ_a), como mostra a Equação 1:

Equação 1

$$\tau_a = \frac{T_a}{A}$$

No entanto esses conceitos são aplicados para condições tridimensionais na análise de uma contenção, e em outras vezes são tratados os termos bidimensionais, pois os esforços levados em consideração são apenas o ortogonal a face do muro, a deformação longitudinal e desprezível.

A deformação de tal elemento ocorrem devido a variação das tensões normais e de cisalhamento, cuja tensão exclusivamente normal faz com que o elemento varie de comprimento. A soma das parcelas das deformações normais define a deformação volumétrica (GERSCOVICH, 2012).

Já a deformação exclusivamente por tensões de cisalhamento, gera distorções no corpo, sendo definida pelo ângulo formado pela configuração final e inicial.

2.4 Movimentação de Massa

Ao estudar e analisar a estabilidade de um talude recomenda-se obter um estudo prévio das suas causas, levando em consideração suas vulnerabilidades. Com a infinidade de fatores que associam e entrelaçam às causas, o estudo se torna complexo.

2.4.1 Principais causas das movimentações de massa

Pode-se afirmar que os movimentos de solos são divididos em três categorias de acordo com a velocidade de sua incidência. São eles: os desmoronamentos, que são movimentos rápidos resultantes da ação da gravidade sobre a massa de solo que se desloca em relação à parte fixa do maciço; os escorregamentos, que também são rápidos, só que não há uma separação efetiva dos corpos; e os rastejos ou fluimentos, que são movimentos muito lentos e que ocorrem nas camadas superiores do maciço (CARVALHO, 1991 é MARANGON, 2009).

O escorregamento é a categoria que mais se adequa à análise de estabilidade. E pode ser classificado, de acordo com (CARVALHO, 1991 é MARANGON, 2009) pela inclinação, por descontinuidades, por percolação, em aterro, em massas coluviais, ou queda e rolamento de blocos.

Terzaghi (1952) enumera as causas de instabilidade em três níveis:

1. Causas externas – são ações externas que geram um aumento de tensões cisalhantes que igualando ou superando a resistência ao cisalhamento resultam em ruptura. O aumento de inclinação do talude, deposições de material ao longo da crista do talude, efeitos sísmicos, cortes no pé do talude, dentre outros, são alguns exemplos desse tipo de causa.
2. Causas internas – são ações internas que sem a alteração visual da geometria do maciço atuam reduzindo a resistência ao cisalhamento. Podem ocorrer devido ao intemperismo/decomposição, erosão interna, decréscimo da coesão, etc.
3. Causas intermediárias – são ações que podem acontecer na fundação do maciço devido à elevação ou rebaixamento do lençol freático, liquefação espontânea, empuxo hidrostático da água preenchendo fendas verticais, dentre outros.

2.5 Principais causas da instabilidade em taludes

São inúmeras as causas que podem levar um talude a ruptura, incluindo a falha humana e ação da natureza, pois os maciços terrosos e rochosos estão expostos a várias intempéries. Para a concepção de um projeto torna-se indispensável um estudo das causas que podem levá-lo a uma vulnerabilidade. Esse estudo se torna complexo devido à infinidade de fatores que se associam e entrelaçam essas causas (PEREIRA, 2013).

Neste sentido, Vernes (1978 apud PEREIRA, 2013) afirma que a movimentação de terra é dividida em três categorias, conforme a velocidade de sua incidência. São eles: os desmoronamentos, onde ocorrem rápidos movimentos, resultantes da ação gravitacional sobre a massa de solo, e com isso se desloca rapidamente em relação à parte estável do maciço; os escorregamentos, que também são rápidos, só que não ocorre uma separação dos corpos; e os rastejo ou fluimentos, que são movimentos muito lentos e ocorrem na maioria dos casos na camada superior do maciço.

As causas, por sua vez, podem ser separadas dependendo de sua posição com relação ao talude (Terzaghi, 1952). Assim é possível classificá-las entre as causas externas, internas e as intermediárias.

2.5.1 Causas Internas

As mesmas ocasionam colapso sem que haja qualquer mudança na forma geométrica do talude, e têm como princípio a alteração da resistência do material, através do aumento da pressão hidrostática e diminuição do ângulo de atrito interno devido o processo de alteração.

O efeito térmico tem grande influência uma vez que, se o mesmo estiver exposto a uma grande variação de temperatura, a rocha pode variar seu volume, podendo contrair ou expandir, ocasionando o destaque de blocos rochosos.

O intemperismo pode levar ao enfraquecimento do meio rochoso ou terroso. Isso ocorre devido ao carreamento dos elementos solúveis contidos dentro dos próprios minerais, os quais são carreados pela água em uma rede de micro fraturas, em um meio rochoso que não as possuía.

2.5.2 Causas Externas

Fatores externos influenciam diretamente na instabilidade de um maciço e normalmente ocorrem por: aumento da inclinação, depósito de material ao longo da crista,

efeitos sísmicos. Todos esses fatores podem elevar a tensão de cisalhamento atuante, conseqüentemente se iguala ou ultrapassa a tensão de cisalhamento resistente, provocando a instabilidade do local.

2.6 Como se dá a segurança de um talude

A segurança de um talude vem da relação entre os esforços resistentes pelos esforços atuantes, chamado de fator de segurança (FS) que é o valor da razão entre a resistência (tensão cisalhante máxima disponível) e a resistência mobilizada (tensão cisalhante atuante) ao longo da superfície de ruptura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009). É definido através de um método determinístico, fruto de uma análise quantitativa expressa sob a forma de um valor numérico da relação estabelecida entre os esforços, e qual deve ser no mínimo 1, mas em certos casos que serão abordados ao longo do trabalho o FS por norma tem que ser maior que 1.

2.7 Métodos de Fellenius

A superfície de ruptura pode ser em um formato qualquer, mas o método de Fellenius considera a ruptura em formato de arco, subdividida em lamelas ou fatias. Considera-se que não há interação entre as lamelas e assim adota-se que os resultantes das forças laterais em cada face da lamela são colineares, e com igual magnitude, então possibilitando eliminar os efeitos dessa força.

Há uma interação entre as lamelas que é considerada pelo método de Fellenius, qual é imprescindível na hora de calcular os parâmetros de resistência do solo, ângulo de atrito e coesão. Essa interação é a ruptura progressiva, no qual se aplica em uma ruptura de massa de solo.

Para se terminar o momento resistente usaremos:

Equação 2

$$MR = S.R = R \sum_{i=1}^N b_0 (c' + \sigma \cdot tg \phi') = R \sum_{i=1}^N (c' b_0 + N' tg \phi)$$

Para se terminar o momento atuante usaremos:

Equação 3

$$MA = \sum W.X = R \cdot \sum_{i=1}^N W \cdot \text{sen } \alpha$$

Onde:

W = peso total da lamela (kn/m³);

N = força normal atuante na base da lamela (kn);

b = largura da lamela (m);

h = altura da lamela (m);

L = comprimento da corda AB (m);

θ = ângulo da normal N com a vertical (°);

x = distância do centro do círculo ao centro da lamela (m);

R = raio do círculo (m).

Logo após ser calculado os momentos atuante e resistente, faz-se necessário calcular o fator de segurança, definido através da somatória do momento resistente dividido pela somatória do momento atuante, assim:

Equação 4

$$FS = \frac{\sum MR}{\sum MA}$$

2.8 Principais Métodos de Contenção de taludes

As estruturas de arrimo em solos são geralmente classificadas quanto a aplicação, do ponto de vista de segurança e economia, em função da altura do maciço (QUEIROZ, 2009).

Serão abordadas algumas das principais estruturas de contenção, como muros de arrimo a gravidade, gabião e CRIB-WALL (estrutura de contenção que trabalha a tração usando tirantes).

2.8.1 Solo grampeado

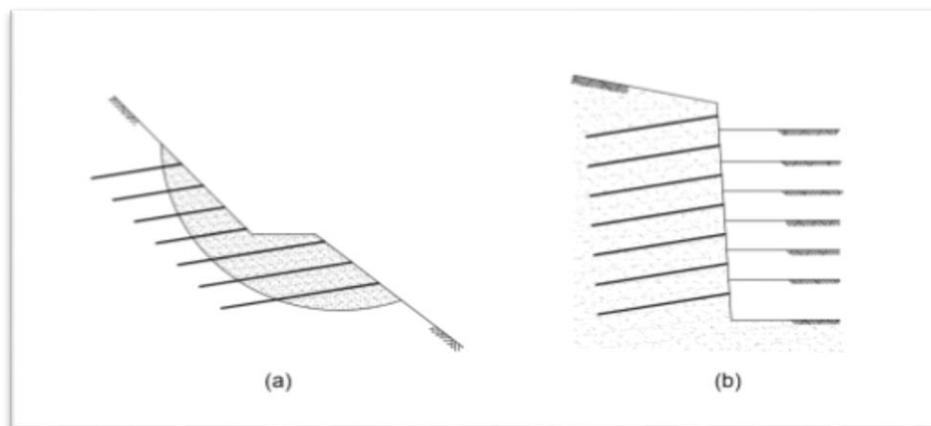
Uma técnica muito utilizada para melhoramento de solos, e que permite a contenção de faces inclinadas de solo através da execução de chumbadores, concreto projetado e drenos é a técnica de grampear o solo. A utilização dos chumbadores ou grampos, possibilitam a estabilização total do maciço; o concreto projetado dá uma rigidez interna, juntamente com os drenos que eliminam a possibilidade de uma saturação

e conseqüentemente o controle da coesão do solo e das cargas que atuam na estrutura. Os elementos são muito semelhantes as ancoragens, mas sem pré-tensão ou trecho livre.

Contenções utilizando solo grampeado têm sido usuais em taludes naturais, ou escavados, e nas escavações onde o fator de segurança não atende. No caso de cortes, o solo natural adjacente à escavação é reforçado de modo a manter-se sem suporte a profundidades que exigiriam, normalmente, a instalação de cortinas de estacas ou paredes moldadas, ancoradas ou escoradas.

Não há uma normativa específica para padronizar o solo grampeado. Sua necessidade pode ter origem de uma falta de estabilidade do talude já existente, como mostra a Figura (2.a), onde a execução pode ser de forma ascendente ou descendente. Nesse caso de talude já existente não há uma ordem de execução. Quando surge a necessidade de escavar e conter o talude originado da escavação, a execução começa com a escavação a uma altura predefinida em projeto, posteriormente a perfuração para implantar o grampo, e sua devida implantação, e escava novamente, assim suscetivamente até alcançar a altura desejada, como mostra na figura (2.b).

Figura 2 - Aplicações do solo grampeado - a) estabilização de taludes; b) contenção taludes em cortes



Fonte: (ORTIGÃO et al, 1993)

A diferença entre essas duas situações é que, na primeira não há necessidade de escavações e o elemento de reforço tem como objetivo reduzir os deslocamentos, enquanto que para a segunda, há necessidade de escavações, as quais são realizadas em etapas alternadas. Outra diferença entre essas situações são os esforços que solicitam o reforço. Na estabilização do talude, são mobilizados esforços cisalhantes e momentos fletores e na contenção de taludes, são mobilizados esforços de tração.

A execução persiste em posicionar os chumbadores nos pré-furos do maciço, junto

a barra de aço que vai no furo, onde também são inseridos espaçadores para centralizar a barra e mangueiras de injeção, para garantir o devido preenchimento de calda de cimento em todo o furo. Em seguida são preenchidos os vazios do furo com nata de cimento sob pressão e, finaliza-se, alinhando na face externa do talude com concreto projetado e armado. Na medida que os grampos são executados, também faz-se necessário a execução dos drenos profundos e as canaletas ou descidas d'água, conforme especificação de projeto.

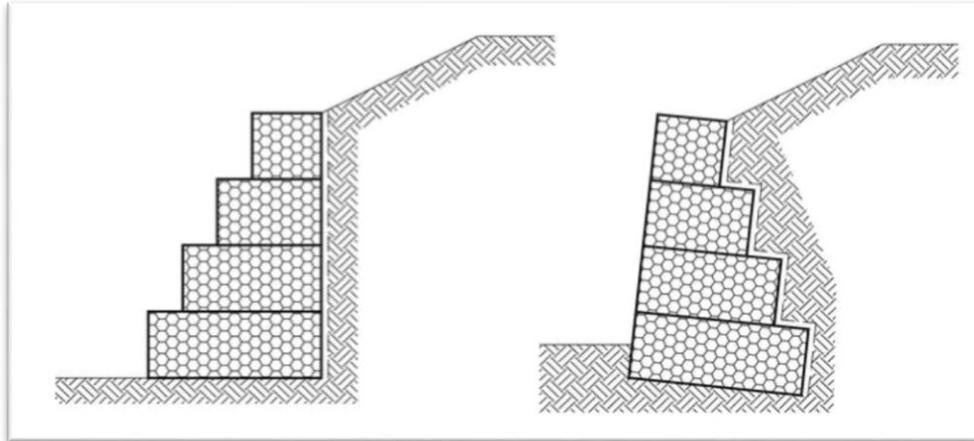
2.8.2 Muros de gabião

As contenções a gravidade, muros de gabiões, são constituídos por elementos metálicos (telas de malha hexagonal) de dupla torção usando arame galvanizado e preenchidos por pedras (MACCAFERRI, 2009). A palavra gabião vem do italiano *gabbia*, que significa gaiola. Os gabiões são formados por um prisma de rochas fragmentadas envoltos por algum material que possua funcionalidade para formar esses fragmentos. Na história da construção civil tem-se evidenciado da utilização de gabiões com tela de fibra vegetal na China e no Egito antigo (QUEIROZ, 2009).

Arame formando uma malha hexagonal com torção dupla, são utilizados como gaiolas de forma retangular e com dimensões previstas em projeto, posteriormente preenchidas com fragmentos de rochas de granulometria contínua, usualmente se adota pedras de mão. As malhas hexagonais de dupla torção são capazes de distribuir uniformemente os esforços de tração que a estrutura está submetida, além de impedir que ocorram desfilamentos da tela.

A Figura (3) retrata dois tipos usuais no posicionamento do gabião, os degraus para dentro ou para fora da estrutura, segundo MACCAFERRI (2009).

Figura 3 - Muro de gabiões com degraus externos e internos



Fonte: MACCAFERRI (2009).

Barros (2009) faz uma série de citações para demonstrar as principais características do muro a gabião, que ao final da sua execução, possuirá tais características técnicas:

- **Estrutura monolítica:** todas as gaiolas preenchidas com pedras são unidas formando um só bloco homogêneo, tendo uma elevada resistência em qualquer ponto da estrutura;

- **Resistente:** as malhas que são galvanizadas de maneira hexagonal com dupla torção, impedem o desfilamento da tela, caso ocorram rupturas de pontos do arame;

- **Duráveis:** os arames recebem revestimentos especiais para evitar a corrosão, garantindo que a deterioração da estrutura seja lenta, com uma vida útil de no mínimo 50 anos;

- **Armadas:** as estruturas metálicas além de conter as pedras, têm função de distribuir os esforços de tração e suportar os recalques localizados e não previstos em cálculos;

- **Flexíveis:** permite que a estrutura sofra deformações e acomodações sem perder sua estabilidade e eficiência. Em razão da sua flexibilidade, permite que a estrutura se deforme elasticamente em excesso antes de um possível colapso, e, possibilita a realização de reparos, minimizando gastos e acidentes;

- **Permeáveis:** o maior problema de instabilidade dos muros em geral se dá em razão da má drenagem. Os muros de gabião contêm vazios entre as pedras, o que os torna permeáveis e autodrenantes, minimizando o empuxo hidrostático no muro;

- **Execução:** facilidade construtiva e mão de obra barata composta por mestre de obra e serventes. Os materiais utilizados são de fácil acesso e um dos pontos positivos é que, em caso de modificação no projeto com a obra em andamento, exigindo mudanças no local, pode ser realizado retirando ou colocando os materiais da estrutura original.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão abordados o local de estudo do caso, todo o procedimento utilizado na classificação do solo, ensaios mecânicos, utilização do Software GEO 5 como ferramenta de apoio na projeção da estrutura de contenção.

3.1 Local de Estudo

O local de estudos encontra-se em uma encosta localizada no loteamento 141-B, no município de Palmas – TO. No local ocorreu o rompimento de um talude, o qual necessita de uma intervenção com uma estrutura de contenção, para evitar danos materiais e riscos a vida humana. Na Figura (4) indica o local de estudo, Figura (5) mostra a superfície do rompimento no talude.

Figura 4 – Mapa de localização do local de estudo



Fonte: Google Maps, 2019.

Figura 5 - Superfície do talude



Fonte: Autor, 2019

Figura 6 - Pé do talude



Fonte: Autor, 2019

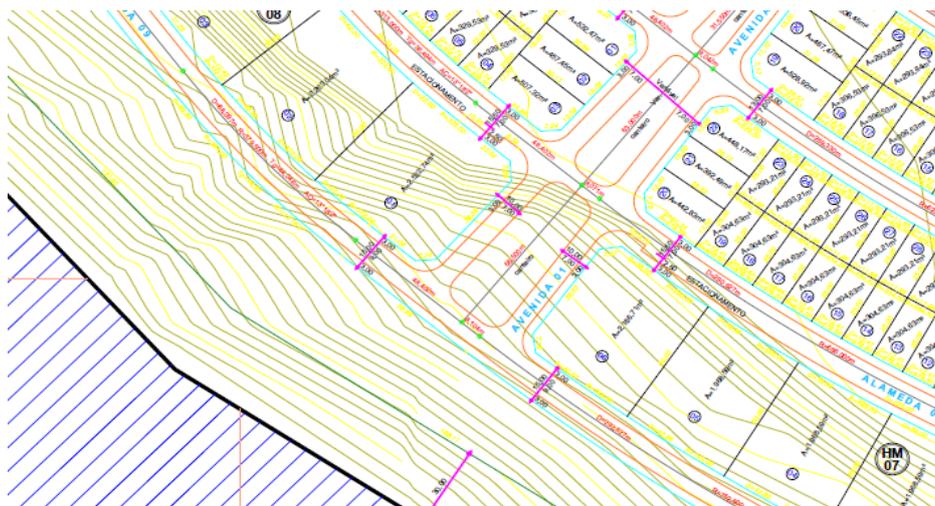
Figura 7– Detalhe do excesso de umidade no pé do talude



Fonte: Autor, 2019

O talude em questão tem inclinação de 28° , obtido através de medidas *in loco*, feita por trenas a laser e fita métrica convencional. Tais medidas são de suma importância para o estudo, uma vez que a geometria do talude é diretamente ligada a sua estabilidade. Para auxiliar no levantamento dos dados geométricos do talude, também foi utilizado um mapa com curvas de nível do local, como mostra a Figura (06). Esse mapa foi cedido pela empresa responsável pelo terreno.

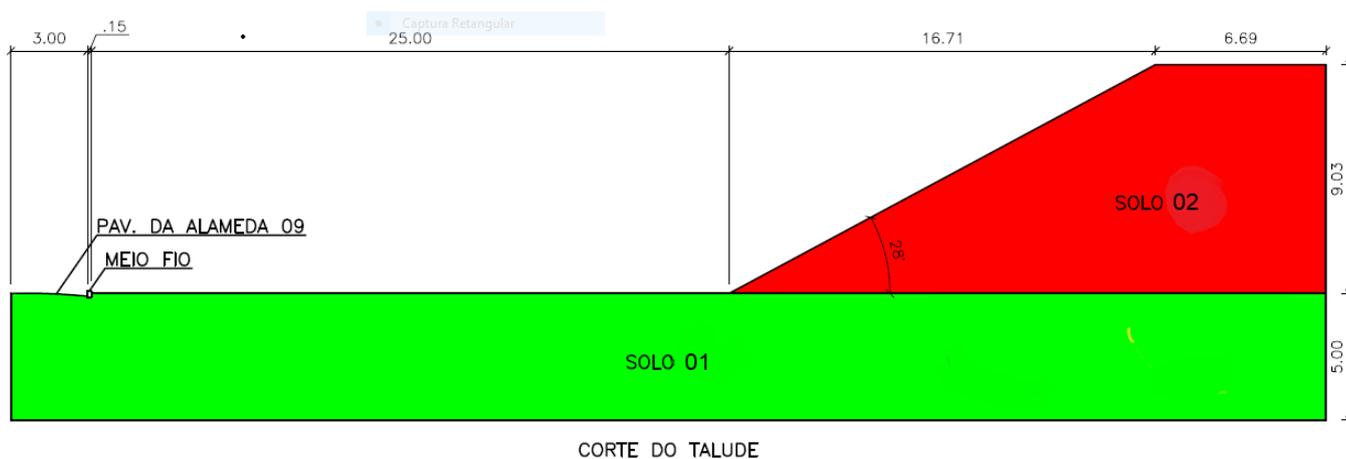
Figura 8 - Mapa de curvas de nível do local



Fonte: Buriti empreendimentos, 2019

Através de medidas em campo e com o auxílio do mapa topográfico da Figura 6, foi possível traçar o perfil do talude em questão, o qual vai ser utilizado na interface do GEO5. A Figura 7 traz um esboço do perfil do talude a Figura 8 mostra a erosão dele.

Figura 9- Corte transversal do talude



Fonte: Autor, 2019

Figura 10 - Erosão no talude



Fonte: Autor, 2020

3.2 Ensaio de caracterização

Na elaboração de qualquer tipo de obra no âmbito da engenharia civil, há uma carência que precisa ser suprida antes de dar início a concepção de projeto, e que consiste em conhecer o solo na qual a mesma será inserida, não só em obras de geotécnica, mas como prediais, pavimentação entre outras. Para isso se fazem necessários vários ensaios de caracterização e mecânicos.

Os ensaios de caracterização e mecânicos foram feitos a partir de uma amostra coletada em campo no topo e no pé do talude, e que possuíam características totalmente diferentes. As amostras foram preparadas de acordo com a norma NBR: 6457/2016.

As amostras retiradas possuem 31,05 kg (da parte superior do talude), e 26,90 kg (da parte inferior do talude). Esses valores foram obtidos após secagem, peneiramento e destorroamento das amostras.

3.3 Compactação

O ensaio de compactação foi realizado com o intuito de extrair dados mecânicos do solo, que são essenciais neste estudo.

O ensaio foi realizado com as duas amostras coletadas, tanto a que foi coletada no topo como a que foi coletada no pé do talude, e que foram preparadas de acordo com a NBR: 6457/2016. Houveram os processos secagem, peneiramento e destorroamento com as peneiras #19 mm #4,75 mm. Assim, houve a sepração dos materiais grosso e fino, e

posteriormente foram montadas 5 amostras de 5 kg de solo com a porcentagem de grosso e fino de acordo com a amostra coletada em todos.

Teve início o ensaio com a pesagem dos moldes e a coleta de seus respectivos volumes, que variaram entre 2077 cm³ e 2089 cm³. Após a coleta dos dados do molde, foi feito a compactação do solo de acordo com a NBR: 7182/2016, utilizando as 5 amostras separadas, adicionando a primeira amostra 4% de água e a cada molde adicionando 2% a mais de água, até atingir o percentual de 12% de água em relação a amostra de solo.

Foi adotado a energia de compactação procto intermediário, ou seja, cada corpo de prova foi compactado com 5 camadas de solos, e cada camada foi compactada com 26 golpes. Logo após a compactação, houve a pesagem dos moldes de solo e adição de água. O intuito desse ensaio é chegar á sua umidade ótima e sua densidade máxima. Após a pesagem dos 5 corpos de prova, foi obtido a curva de umidade ótima.

3.4 Índice de Suporte Califórnia – ISC

O Índice de Suporte Califórnia, foi obtido a partir da metodologia proposta por Porter (1929) e normatizada pela NBR 9895/2016. Foram moldados três corpos de prova de cada amostra de solo recolhida, totalizando 6 moldes. Os corpos de prova foram preparados de acordo com a norma NBR 7182/2016 (Ensaio de Compactação). Após a preparação dos cilindros, os mesmos foram imersos, com sobrecarga para a saturação de água, num processo de até 96 horas. Após o período os mesmos foram retirados e colocados um por vez na prensa, onde o pistão de aplicação de carga possui área de contato de aproximadamente 19,36 cm² (4,96 cm de diâmetro) e penetra no solo (corpo-de-prova) com velocidade de aplicação da carga de 0,05” por minuto (1,27 mm/min).

Após a execução do ensaio foi obtido um gráfico, onde traz a penetração no molde nos intervalos de tempo predeterminado, com a leitura da pressão no devido instante.

3.5 Consistência do solo

O ensaio de consistência do solo tem como base determinar o limite de liquidez, plasticidade e índice de plasticidade, realizados conforme a NBR: 7180/2016.

Primeiramente separa-se 200 gramas de material (seco ao ar) que passa na peneira #40 (0,42mm). Após a separação, ocorreu o peneiramento para o ensaio de Limite de Liquidez de acordo com a NBR 7180/2016

3.5.1 Limite de Liquidez – LL

Iniciou-se o ensaio através da adição de água em uma parcela do solo previamente separada. Foi misturado até a sua homogeneização e então, transferida para a concha de Casagrande. Em seguida, através do cinzel foi realizada uma ranhura em sua parte central.

Foram contados os golpes necessários para fechar a parte central da ranhura do solo em aproximadamente 13 mm e então tomado o teor de umidade do solo. O ciclo foi repetido 4 vezes para diferentes valores de umidade.

Através dos 5 valores de umidade e de número de golpes, foi plotado um gráfico e feita uma regressão linear dos pontos.

O LL consiste no teor de umidade que os solos possuam para que, com 25 golpes, seja fechada a ranhura aberta no solo para execução do ensaio. Este valor é tipicamente determinado a partir de uma equação linear, em que o número de golpes é apresentado em uma escala logarítmica.

3.5.2 Limite de Plasticidade – LP

A transição do estado plástico para o estado semissólido é determinada pelo limite de plasticidade. O ensaio é normatizado pela NBR 6459/16 e consiste em rolar com a palma da mão um bastão moldado de solo com aproximadamente 10 cm de comprimento e 3 mm de diâmetro em uma placa de vidro até que a perda de umidade resulte em trincas.

Quando verificada esta condição, é calculado o teor de umidade do solo e repetido o procedimento por 4 vezes. O valor para o LP adotado é a média de 5 valores de umidade obtidos experimentalmente.

3.5.3 Índice de Plasticidade

O índice de plasticidade é determinado em função do limite de liquidez e do limite de plasticidade através da Equação 5. Este índice determina a zona que o solo se encontra no estado plástico, sendo maiores para argilas e menores para areias.

Equação 5

$$IP = LL - LP$$

Segundo Caputo (1988) é possível classificar o solo através do IP da seguinte maneira:

- i. $1 < IP < 7$: fracamente plásticos;
- ii. $7 < IP < 15$: mediamente plásticos;
- iii. $IP > 15$: altamente plásticos.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos através de ensaios realizados em laboratório e dados coletados em campo.

4.1 Compactação do solo

Para realizar do ensaio de compactação, fez-se necessário definir a umidade que possui o solo. Para chegar nesse valor foi adotado a umidade higroscópica, que é a umidade que o solo perde quando é exposto a radiação solar em local aberto, ou seja, ao ar livre. Foi coletado uma amostra de solo de cada região a ser estudada (região 1: solo argiloso predominante no pé do talude, região 2: solo mais granuloso, localizado na crista do talude).

O Quadro 1 mostra a umidade hidrosférica dos dois solos:

Quadro 1 - Determinação da umidade hidrosférica

Umidade Higroscópica					
Descrição	Und.	Amostra 1		Amostra 2	
Nº Cápsula	#	1	2	1	2
C + S + A	(g)	73,1	63,0	97,4	97,3
C + S	(g)	72,6	61,7	95,5	95,4
C - Cápsula	(g)	18,5	18,1	18,8	18,3
A - Água	(g)	0,5	1,3	1,9	1,9
S - Solo	C	54,1	43,6	76,7	77,1
w - Umidade	(%)	0,9	3,0	2,5	2,5
Umidade Média	(%)	2,0		2,5	

Fonte: Autor, 2020

Através do ensaio foi definido como umidade hidrosférica ou umidade inicial para a amostra 01 com 2,0% de umidade inicial, e na amostra 02, umidade de 2,5%. Essas mesmas umidades serão acrescentadas no ensaio de compactação.

O ensaio de compactação do solo é feito com 5 corpos de provas, diferenciados pelo teor de umidade de cada um dos moldes. No ensaio foi adotada uma energia de 26 golpes (Energia Intermediária).

Nos Quadros 2 e 3, são apresentados os resultados obtidos através do ensaio de compactação dos solos da amostra 1 e 2:

CBR entre 8% e 20%, sendo que a amostra apresentou um valor de 18,7% com o molde de umidade ótima e 4 minutos de penetração.

Quadro 5 - Amostra 02

PENETRAÇÃO																
Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde 02				Molde 03				Molde 04				
	Min.	mm		Pol.	Leitura	Pressão Kg/m ²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m ²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m ²	ISC			
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	
0,0	0,00	0,000	-													
0,5	0,63	0,025	-	100	10,49			110	11,5			30	3,1			
1,0	1,27	0,050	-	160	16,78			170	17,8			75	7,9			
1,5	1,90	0,075	-	245	25,69			265	27,8			120	12,6			
2,0	2,54	0,100	70,31	305	31,98	32,0	45,5	320	33,6	33,6	47,7	165	17,3	17,3	24,6	
3,0	3,81	0,150	-	410	42,99			445	46,7			238	25,0			
4,0	5,08	0,200	105,46	490	51,38	51,4	48,7	520	54,5	54,5	51,7	300	31,5	31,5	29,8	
6,0	7,62	0,300	-	535	56,09			540	56,6			340	35,6			
8,0	10,16	0,400	-													
10,0	12,70	0,500	-													

Fonte: Autor, 2020

A amostra de solo 02 consta em uma classificação de solos grossos, como pedregulhos e as britas graduadas, que situam-se em patamares de 50% a 100%, podendo atingir valores mais elevados. O solo da amostra atingiu o valor de 51,7% de umidade ótima com 4 minutos de penetração.

Assim, podemos concluir que a resistência da amostra de solo 02 é bastante elevada em relação a amostra 01. Durante o ensaio também foi constatado uma expansão da amostra de solo 01, característica de argilas expansivas cuja resistência é bem inferior aos demais solos.

4.3 Consistência do solo

Ao realizar os ensaios de consistência do solo, foi possível chegar a determinados valores, os quais podem servir de base para fazer algumas afirmações sobre as características do solo e seu comportamento, discorridos a seguir.

4.3.1 Limite de Liquidez - LL

Utilizou-se em torno de 50g de solo passante na peneira de N° 40, no qual foi adicionada em torno de 15 a 20ml de água destilada, misturados até adquirirem consistência plástica. Logo em seguida, foi transferido para a concha do aparelho Casa Grande, moldado de tal forma que a parte central do equipamento fique com uma

espessura de 1 cm. Com a utilização do cinzel, foi dividido a massa do solo na concha, em duas partes iguais, abrindo uma ranhura no centro.

A amostra foi golpeada em uma frequência de mais ou menos 2 voltas por segundo, até as bordas inferiores do solo encostarem em torno de 1,3 cm de comprimento, observando a quantidade de golpes necessárias para chegar a tal fechamento. Com isso retirou-se uma amostra do material, e levou-a até a estufa, para determinar sua umidade. Em seguida foi adicionado em torno de 1 a 3 ml de água destilada, repetindo o processo até obter 5 pontos no gráfico.

Nos Quadros 6 e 7 apresentam os valores obtidos durante os ensaios nas amostras 01 e 02.

Quadro 6 - Amostra de solo 01

LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459						
Determinação	#	1	2	3	4	5
Cápsula	#	1	2	3	4	7
Massa Solo Úmido + Cásul	(g)	51,00	58,50	52,40	50,00	49,50
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	42,50	49,80	44,70	42,10	41,00
Massa da Cápsula	(g)	12,00	19,40	19,10	16,20	14,90
Massa da Água	(g)	8,50	8,70	7,70	7,90	8,50
Massa Solo Seco	(g)	30,50	30,40	25,60	25,90	26,10
Teor de Umidade	(%)	27,87	28,62	30,08	30,50	32,57
Número de Golpes	#	40	34	28	22	15

Fonte: Autor, 2020

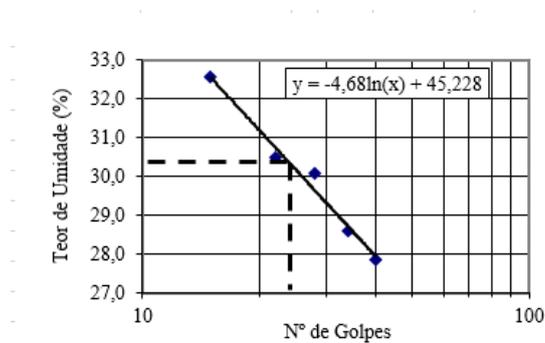
Quadro 7 - Amostra de solo 02

LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR-6459						
Determinação	#	1	2	3	4	5
Cápsula	#	1	2	3	4	7
Massa Solo Úmido + Cásula	(g)	60,10	63,90	69,20	70,90	70,60
Massa Solo Seco + Cápsula	(g)	50,30	50,20	54,00	54,30	54,00
Massa da Cápsula	(g)	17,00	15,40	18,80	17,50	18,00
Massa da Água	(g)	9,80	13,70	15,20	16,60	16,60
Massa Solo Seco	(g)	33,30	34,80	35,20	36,80	36,00
Teor de Umidade	(%)	29,43	39,37	43,18	45,11	46,11
Número de Golpes	#	37	24	19	14	12

Fonte: Autor, 2020

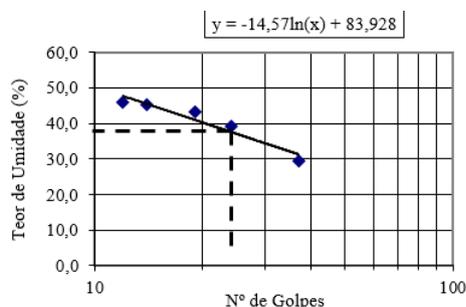
A partir desses dados, foi possível gerar o gráfico e assim, determinar o limite de liquidez:

Gráfico 3 - Amostra de solo 1



Fonte: Autor, 2020

Gráfico 4 - Amostra de solo 2



Fonte: Autor, 2020

De acordo com os gráficos apresentados, pode-se concluir que amostra de solo 01 apresenta um limite de liquidez de 30,4% e amostra 02 possui 39%.

Para compor o ensaio de consistência do solo, foi realizado o ensaio de limite de plasticidade, descrito a seguir.

4.3.2 Limite de Plasticidade – LP

O procedimento consistiu em acrescentar o material em uma cápsula de porcelanato, junto com uma pequena quantidade de água. Os mesmos, foram misturados até ficar homogêneos e com uma massa plástica uniforme. Posteriormente, foram moldadas com as mãos, uma quantidade amostra, no formato de esfera, e foram roladas sobre uma placa de vidro esmerilado até tomarem forma cilíndrica de 3 mm de diâmetro e 10cm de comprimento, igual o gabarito. O mesmo é rolado até se fragmentar por perda de umidade. Após atingirem tais medidas, o material utilizado é levado a estufa para

determinar sua umidade, o processo se repete por mais 4 vezes até atingir 5 amostras. Os Quadros 8 e 9 contêm os valores obtidos durante o ensaio.

Quadro 8 - Limite de plasticidade amostra 01

LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180							
Determinação		#	1	2	3	4	5
Cápsula		#	1	2	3	4	5
Massa Solo Úmido + Cápsula		(g)	9,40	9,50	10,00	10,00	9,70
Massa Solo Seco + Cápsula		(g)	9,00	9,10	9,60	9,60	9,30
Massa da Cápsula		(g)	8,40	8,50	8,60	8,40	8,50
Massa da Água		(g)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Massa Solo Seco		(g)	0,60	0,60	1,00	1,20	0,80
Teor de Umidade		(%)	66,67	66,67	40,00	33,33	50,00

Fonte: Autor, 2020

Quadro 9 - Limite de plasticidade amostra 02

LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR-7180							
Determinação		#	1	2	3	4	5
Cápsula		#	1	2	3	4	5
Massa Solo Úmido + Cápsula		(g)	9,30	10,30	11,50	9,70	9,60
Massa Solo Seco + Cápsula		(g)	8,90	9,90	11,10	9,30	9,20
Massa da Cápsula		(g)	7,90	8,50	9,40	8,10	8,10
Massa da Água		(g)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Massa Solo Seco		(g)	1,00	1,40	1,70	1,20	1,10
Teor de Umidade		(%)	40,00	28,57	23,53	33,33	36,36

Fonte: Autor, 2020

Utilizando a equação 5, foi possível determinar o índice de plasticidade, onde o solo da amostra 01 obteve 20,09%, e solo da amostra 02 obteve 6,7%. O Quadro 10 mostra em detalhes esses valores:

Quadro 10 - Índice de plasticidade dos solos

	Amostra 01	Amostra 02
Limite de Liquidez (LL)	30,4	39,0
Limite de Plasticidade (LP)	51,3	32,4
Índice de Plasticidade (IP)	20,9	6,7

Fonte: Autor, 2020

Com isso, concluímos que:

Amostra do solo 01: $IP > 15$: altamente plásticos.

Amostra do solo 02: $1 < IP < 7$: fracamente plásticos

4.4 Correlações empíricas

O quadro 11 mostra as correlações propostas por Waltham (1994), nas quais estão relacionadas às classificações unificadas dos solos com valores de limites de liquidez (LL), índice de plasticidade (IP) e o ângulo de atrito interno.

Quadro 11 - Correlações empíricas

Classificação do Solo		Dimensão das Partículas	Valores Típicos		
Tipo	Classe		LL (%)	IP (%)	ϕ (°)
Cascalho	G	2mm - 60mm	-	-	>32
Areia	S	0,06mm - 2mm	-	-	>32
Silte	ML	0,002mm - 0,006mm	30	5	32
Silte argiloso	MH	0,002mm - 0,06mm	70	30	25
Argila	CL	< 0,002 mm	35	20	28
Argila Plástica	CH	< 0,002 mm	70	45	19
Orgânico	O	-	-	-	<10

Fonte: Waltham, (1994).

De acordo com a correlação proposta por Waltham (1994), o ângulo de atrito (ϕ) solo 01 adotado será 28°, solo 02 adotado será 32°.

4.4.1 Solos Argilosos

A figura trás em detalhe o comportamento de um solo argiloso durante uma precipitação. José Antonio (2000) é notório que após 2h de precipitação o FS cai bruscamente, chegando a 1,0. Utilizando o método de Bishop os valores após 15h com uma precipitação de 20mm/h o FS chega a 0,10.

Quadro 12 - Fator de segurança considerando para um único solo

	FS	raio (m)	ϕ'	c'	ϕ_b	Ensaio
1) Solo "in situ" inicial com sucção	1,07[19.1,29.4]	22,1	35	0	20	CD
2) Solo "in situ" +Precipitação de 20mm/h (t=2h)	1,06[19.1,29.4]	22	35	0	20	CD
3) Solo "in situ" + Precipitação de 20mm/h (t=15h)	0,10[22.6,31.6] ⁽¹⁾	17,4	35	0	20	CD
4) Solo "in situ" +Precipitação de 70mm/h (t=30min)	1,00[18.3,33.2] ⁽¹⁾	24,4	35	0	20	CD
5) Solo "in situ" +Precipitação de 70mm/h (t=2h)	0,12[25,31.8] ⁽¹⁾	15	35	0	20	CD
6) Solo saturado	0,26[19.9,35] ⁽¹⁾	20	35	0	0	CD
7) Situação não drenada	0,63[16.8,31.2]	22	22.3	11	0	UU

⁽¹⁾ Superfície de ruptura crítica menor a superfície crítica assumida, ruptura superficial.

Fonte: José Antonio, 2000

4.4.2 Contenção

Ano de 2019 foi realizando um trabalho academico com o talude vizinho com o talude em questão.

Em relação à estabilidade, tanto a cortina atirantada quanto a geocélula preenchida com solo trouxeram um acréscimo na estabilidade suficientes para que o fator de segurança fosse atendido o padrão das normas ABNT NBR 11682 (2011) e ABNT NBR 5629 (2006). (Antonio, 2019, p. 61)

Após tais afirmações e evidente que o talude vizinho, o qual está sendo estudado, possuindo a mesma característica geológica também seria necessário uma contenção para que seu fator de segurança alcance o mínimo de 1,5.

5 CONCLUSÃO

Após o rompimento de um talude, localizado no loteamento 141-B de frente para o Ribeirão Taquaruçu Grande em Palmas- TO, foram feitos alguns ensaios em laboratório para conhecer melhor as características do solo, e definir um modelo mais adequado de talude para a região.

Tomando como base trabalhos voltado a mesma finalidade e possível concluir que o talude em questão é instável devido o solo qual compõe sua base, no período chuvoso o solo de base apresenta uma saturação, podendo ser observado através da figura 7, segundo o trabalho do José Antonio, tal saturação faz com que o fator de segurança de um talude composto por solo argiloso (solo parecido com o de estudo), com uma queda brusca de FS ocorrido por grandes volumes de precipitação combinado com uma falta de contenção, a junção dos dois fatores resultou no rompimento do solo.

É notório que a ação antrópica levou ao aparecimento de condições propícias à ocorrência de processos de instabilidade, e, com isso, ocorreu o rompimento do talude. No entanto, esses ensaios que caracterizariam o solo, como consistência do solo, índice suporte Califórnia, ensaio de compactação e cisalhamento direto, seriam de suma importância para que se calculasse o fator de segurança. Assim, seria possível apontar com mais precisão, a possível causa do rompimento do talude no local.

O problema da determinação da resistência aos esforços cisalhantes nos solos constitui um dos pontos fundamentais de toda a Mecânica dos Solos. Uma avaliação correta deste conceito é um passo indispensável para qualquer análise da estabilidade das obras civis. Sem isso, ficou impossibilitada a correta conclusão deste trabalho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 11682: **Estabilidade de encostas**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5629: **Execução de tirantes ancorados no terreno**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9895–**Solo–Índice de suporte Califórnia**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: **determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: **preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182: **Solo: Ensaio de compactação**. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR, 6457 (2016). **Amostras de solo–Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**, Rio de Janeiro, RJ

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: **solo: determinação do limite de plasticidade: método de ensaio**. ABNT, 2016.

BARROS, Pérsio Leister de Almeida. **Obras de contenção: manual técnico**. Maccaferri: ago. 2009. Disponível em: Acesso em: 13 setembro 2018.

CAPUTO, H. P.; **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos S.A., 1981.

CONCRIB CONSTRUCTIONS. **Concrib Constructions**. Disponível em: Acesso em: 08 outubro 2018.

CRIB WALL: **CONTENÇÃO DE MURO EM FOGUEIRA. Infraestrutura Urbana**. São Paulo: PINI, 11 edição, fev. 2012. Disponível em:

[<http://www.infraestruturaurbana.com.br/solucoes-tecnicas/11/artigo245176-1.asp>]. Acesso em: 10 setembro 2018.

GERSCONVICH, Denise M. S. **Estabilidade de talude**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. Pg 37-60.

MACCAFERRI DO BRASIL LTDA. **Gabiões e outras soluções em malha hexagonal de dupla torção: necessidades e soluções**. Publicação Técnica. 2010.

MACHADO, Sandro Lemos; MACHADO, Miriam de Fátima. **Mecânica dos solos 2: conceitos introdutórios**. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 1997.

MARANGON, Márcio. **Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra**. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

NBR, ABNT. 6457 (2016). **Amostras de solo–Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização, Rio de Janeiro, RJ**

NIEBLE, Guido Guidicini Carlos. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 1993

PADRÃO, A. S. T. M. D3080–04. **Método de teste padrão para teste de cisalhamento direto de solos sob condições drenadas consolidadas** [En linea]. West Conshohocken: ASTM International, 2004a. Disponible en internet: <http://www.astm.org>. Consultado em maio de, 2019.

PEREIRA, Tonismar dos S. **Avaliação do Desempenho de Diferentes métodos de Análise de Estabilidade de Taludes em Barragens de Terra**. 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2013.

PEREIRA, Tonismar dos S. **Avaliação do Desempenho de Diferentes métodos de Análise de Estabilidade de Taludes em Barragens de Terra**. 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2013.

CALLE, José Antonio Cacino. **Análise de Ruptura de Talude em Solo Não Saturado**. 2000 Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2000.

BARBOSA, João Pedro Noletto. **Alternativas Para Estabilização Preventiva de um Talude em Zona Urbana na Cidade de Palmas, Tocantins**. 2019 Projeto de Pesquisa – Universidade Luterana de Palmas, Palmas – TO, 2019.