

XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
O Futuro Sustentável do Brasil passa por Minas
COBRAMSEG 2016 — 19-22 Outubro, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil
© ABMS, 2016

Investigações Geotécnicas e Proposta para Estabilização e Recuperação de Taludes na Rodovia GO 132 no Trecho: Colinas do Sul – Minaçu, Norte do Estado de Goiás

Rideci Farias.

UCB / Reforsolo Engenharia / UniCEUB / IesPlan, Brasília, Brasil, rideci.reforsolo@gmail.com

Haroldo Paranhos.

UCB / Reforsolo Engenharia / UniCEUB / IesPlan, Brasília, Brasil, reforsolo@gmail.com

Josiel Reis Cordeiro.

CMT Engenharia, Brasília, Brasil, jrcordeiro18@hotmail.com

Maicon Vitor Oliveira.

Reforsolo Engenharia Ltda., Brasília, Brasil, obras.reforsolo@gmail.com

RESUMO: Na implantação da terraplenagem, pavimentação asfáltica e obras de artes especiais na Rodovia GO 132 no trecho dos municípios Colinas do Sul – Minaçu, norte do Estado de Goiás, diversos cortes realizados em taludes laterais à Rodovia entraram em processo de degradação e (ou) instabilização progressiva que necessitaram de intervenções com vistas à mitigação dos problemas, tanto para os cortes em solos como para os cortes em rochas. Assim sendo, este Artigo objetiva apresentar os resultados de estudos geológicos/geotécnicos e proposta para estabilização dos taludes referentes a cortes executados ao longo do trecho indicado. Para caracterização e solução ao problema foi realizado um programa de incursões a campo com vistas à verificação das condições geotécnicas, bem como a execução de ensaios em laboratório e análises de estabilidades dos taludes, por meio de programa computacional, a fim de indicar solução aos cortes executados necessários à conclusão da Rodovia. Em termos de geometria, os taludes apresentam alturas até aproximadamente 55 metros, conforme evidenciado nas seções analisadas. Em se tratando de rocha, ressalte-se que em termos de geologia estrutural, a estabilidade e deformabilidade dos maciços rochosos dependem, em grande parte, da presença de descontinuidades nas rochas – planos de fraqueza, tais como: planos de acamamento, juntas, falhas, fendas, contatos litológicos, formações metamórficas. Nas áreas analisadas, verifica-se que em alguns cortes os sentidos das instabilidades (planos de escorregamentos) são favorecidos pelas descontinuidades existentes nos materiais constituintes dos taludes que potencializam as rupturas verificadas ao longo do trecho estudado. Em termos de resultados, verifica-se que diante das análises de estabilidades e dos levantamentos de campo realizados, que os Fatores de Segurança foram baixos (próximos de 1,0) para os tipos de cortes executados, indicando, dessa forma, a necessidade de ações com vistas à solução dos problemas que os taludes marginais à rodovia vinham apresentando.

PALAVRAS-CHAVE: Estabilidade, Talude, Investigação, Rodovia GO 132.

1 INTRODUÇÃO

Este Artigo objetiva apresentar os resultados

dos estudos geológicos/geotécnicos e proposta para estabilização dos taludes referentes a cortes existentes na Rodovia GO 132 que liga

os municípios goianos de Colinas do Sul a Minaçu. Os estudos consistiram na execução de um programa de incursões a campo para verificação das condições geotécnicas ao longo do trecho indicado, bem como a execução de ensaios em laboratório, e análises de estabilidades dos taludes com vistas a indicar soluções aos cortes executados necessários à instalação da Rodovia.

2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

As Fotos 1 a 10 apresentam parte do levantamento fotográfico realizado em janeiro de 2014 com as condições dos taludes referentes aos cortes 107; 108; 110; 111; 112; 114; 119; 120; 126 e 127.

Verifica-se nas fotos que alguns dos taludes laterais à Rodovia encontram-se em processo de degradação e (ou) instabilização progressiva que requerem intervenções com vistas à mitigação dos problemas em curso.

Em termos de geometria, os taludes apresentam alturas até aproximadamente 55 metros, conforme evidenciado nas seções analisadas. Ao se tratar dos cortes em rocha, ressalte-se que em termos de geologia estrutural, a estabilidade e deformabilidade dos maciços rochosos dependem, em grande parte, da presença de discontinuidades nas rochas – planos de fraqueza, tais como: planos de acamamento, juntas, falhas, fendas, contatos litológicos, formações metamórficas. Observação: O termo “descontinuidade” é utilizado em mecânica das rochas num sentido muito geral para designar toda a interrupção física da continuidade do maciço rochoso. Inclui os tipos de fraturas, contatos geológicos, as diaclases, os planos de estratificação, de foliação e de xistosidade, as alternâncias litológicas, as clivagens, as falhas, etc.

Nas áreas analisadas, verifica-se que em alguns cortes os sentidos das instabilidades (planos de escorregamentos) são favorecidos pelas discontinuidades existentes nos materiais constituintes dos taludes que potencializam as rupturas verificadas ao longo do trecho estudado.



Figura 1. Vista do talude do Corte 107.



Figura 2. Vista do talude do Corte 108.



Figura 3. Vista do talude do Corte 110.



Figura 4. Vista do talude do Corte 111.



Figura 5. Vista do talude do Corte 112.



Figura 9. Vista geral da área do Corte 120.



Figura 6. Vista do talude do Corte 114.



Figura 10. Vista geral da área do Corte 126.



Figura 7. Ruptura no talude do Corte 119.



Figura 11. Vista geral da área do Corte 127.



Figura 8. Vista do talude do Corte 119.

3 ENSAIOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS

Para a determinação dos parâmetros necessários à verificação da estabilidade dos taludes, foram utilizados materiais predominantes coletados em áreas estudadas.

Ressalte-se que pela heterogeneidade e descontinuidades dos materiais existentes nas áreas estudadas, procedeu-se a ensaios em algumas amostras – após devidas análises prévias nos materiais em campo, bem como

simulações em termos de estabilidade com vistas a se trabalhar, mas também a de se buscar condições análogas a situação observada em campo. Dessa forma, foram necessárias, além das análises, a adoção de parâmetros corriqueiros, em alguns casos, com a similaridade verificada em campo.

A adoção de parâmetros - em alguns casos - para as condições verificadas em campo se justifica pelas dificuldades em se estabelecer, principalmente nos ensaios de cisalhamento, as descontinuidades existentes com os planos de ruptura em cada talude existente. Outro fator de considerável relevância é a constituição de materiais diferentes para um mesmo talude que a rigor dificultaria bastaste análises refinadas caso se partisse para a composição real de cada corte, tornando-se um número quase infinito de composições de forma a se tornar inviável o estudo em questão. Dessa forma, buscou-se consultas em estudos sobre o assunto.

Foram realizados diversos ensaios para os mais variados cortes a fim de se desenvolver um estudo o mais condizente possível com a realidade. A Tabela 1, apresenta o resumo dos resultados dos ensaios geotécnicos efetuados e parâmetros determinados para o Corte 114. Alguns dos parâmetros foram utilizados nas análises de estabilidades dos taludes.

Tabela 1. Resumo dos resultados dos ensaios geotécnicos efetuados e parâmetros determinados para a Amostra do Corte 114.

Corte 114		
Peso Específico Natural	γ_{nat} (kN/m ³)	18,46
Umidade natural	w (%)	13,07
Coesão Efetiva	C (kPa)	10 (Condição Inundada)
Ângulo de atrito efetivo	ϕ' (graus)	30 (Condição Inundada)
Peso Específico Aparente Seco	γ_d (kN/m ³)	16,33
Peso Específico dos Sólidos	γ_s (g/cm ³)	2,718
Peso Específico Saturado	γ_{sat} (kN/m ³)	20,13
Índice de Vazios	-	0,63
Porosidade	n (%)	38,74
Grau de Saturação (%)	Sr (%)	56,17

Os ensaios foram executados de acordo com normas ABNT e/ou procedimentos usuais utilizados em laboratório geotécnico. Para os ensaios de cisalhamento direto (norma ASTM D3080/D3080M:2011) com vistas à determinação dos parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito), os corpos-de-prova foram ensaiados na condição inundada com vistas a verificar o possível comportamento mecânico crítico do solo.

4 ANÁLISES DE ESTABILIDADES EXECUTADAS

Em função da heterogeneidade e das dificuldades encontradas, tanto na seleção de coleta dos materiais quanto na moldagem dos corpos ensaiados com vistas a se obter parâmetros que pudessem representar a similaridade de campo, foram executadas diversas análises de estabilidade e deformabilidade dos taludes por meio de programa computacional SLOPE/W e SIGMA/W, versão 2012, comercializados pela Geo-slope international. Tais análises compreenderam a utilização dos parâmetros obtidos em laboratório, bem como simulações com parâmetros mais realísticos (adotados) que representassem estabilidade com fator de segurança próximo a 1 (um), ou um pouco abaixo, em observância às condições dos taludes. Tais observâncias objetivaram às diversas análises com vistas a encontrar parâmetros mais realísticos para os materiais que compõem os taludes dos cortes estudados.

Além das considerações acima, optou-se por se trabalhar com materiais similares, na maioria das situações, para a constituição dos taludes. Isso em função da heterogeneidade e descontinuidades existentes nos materiais constituintes das áreas de cortes. Ressalte-se que por meio das Figura 1 a 11, apresentadas no início deste Artigo, pode-se observar a complexidade na constituição de cortes existentes na área estudada.

Enfatiza-se aqui que a prática de engenharia adota o fator de segurança igual a 1,50 como o necessário e suficiente em termos de estabilidade de um maciço de terra que teve

seus parâmetros adequadamente determinados em laboratório de acordo com procedimentos normalizados em geotecnia. Neste trabalho, buscou-se fatores de segurança mínimo da ordem de 1,2 para o tipo de obra em questão e também visando a economicidade.

Em termos de estabilidade foram realizadas diversas análises com vistas a se verificar a condição atual bem como a de se buscar uma condição que pudesse ser econômica e que apresentasse a estabilidade requerida para a obra em questão. A seguir, são apresentados na Tabela 2 um resumo dos estudos de estabilidade para taludes dos Cortes 114; 116, 119, 120, 126 e 127 que representam - de uma forma geral - os taludes mais críticos encontrados ao longo do trecho estudado.

As análises se dão inicialmente para a condição atual com os taludes de 1,0V:1,0H. Posteriormente apresentam-se as análises com os retaludamentos indicados de 1,0V:1,5H. Em seguida, os estudos são realizados com uma possível elevação do lençol freático de forma inferida (N. A. Inferido) para os retaludamentos propostos.

A seguir, no Item 4, como exemplificação dos estudos realizados, mostra-se a estabilidade do Corte 114 (Estaca 3380) na condição da época (inclinação do talude 1V:1H). Em seguida, apresenta-se a estabilidade desse corte para uma inclinação do talude de 1V;1,5H.

Tabela 2. Resumo dos Fatores de Segurança (FS) para as análises efetuadas.

Corte	FS Atual (Talude 1:1)	FS com Retaludamento (Talude 1:1,5)	FS com Retaludamento e N. A. Inferido.
114	1,069	1,377	1,032
116	0,960	1,213	1,165
119	1,074	1,378	1,126
120	1,105	1,427	1,246
126	1,019	1,278	1,015
127	1,030	1,276	1,016

5 ESTABILIDADE COM PARÂMETROS OBTIDOS EM LABORATÓRIO

A Figura 12 apresenta a estabilidade o Corte 114 (Estaca 3380), como forma de exemplo de uma das análises estudadas.

5.1. Estabilidade do Corte 114 (Estaca 3380)

A Figura 13 mostra a estabilidade do Corte 114 (Estaca 3380) com a indicação de retaludamento a fim de se buscar uma geometria mais estável para o talude indicado. Na Figura 14, a mesma condição, com a inserção de um possível nível d'água no talude.

Convém ressaltar que em campo foram observadas os mais variados tipos localizados de rupturas (planar, em cunha, circular, rolamentos de pequenos blocos, pequenos deslocamentos). Dentro dessa complexidade, partiu-se na maioria dos casos à reprodução de rupturas circulares que são mais comuns em solos, apesar de que em alguns cortes há presença de material rochoso.

A simplificação adotada em parte do estudo para ruptura circular advém da já citada complexidade em termos de heterogeneidade e das dificuldades encontradas, tanto na seleção de coleta dos materiais quanto na moldagem das amostras ensaiadas com vistas a se obter parâmetros que pudessem representar a similaridade de campo.

Dentro do assunto em questão, para as análises e conclusões quanto ao posicionamento nas intervenções adequadas, objetivando geometrias estáveis, há de se considerar - além dos estudos computacionais com as diversas particularidades, mas também, a importância dos levantamentos *in situ* por profissionais que sejam capazes de se posicionar em soluções face aos mais diversos problemas que possam ser identificados.

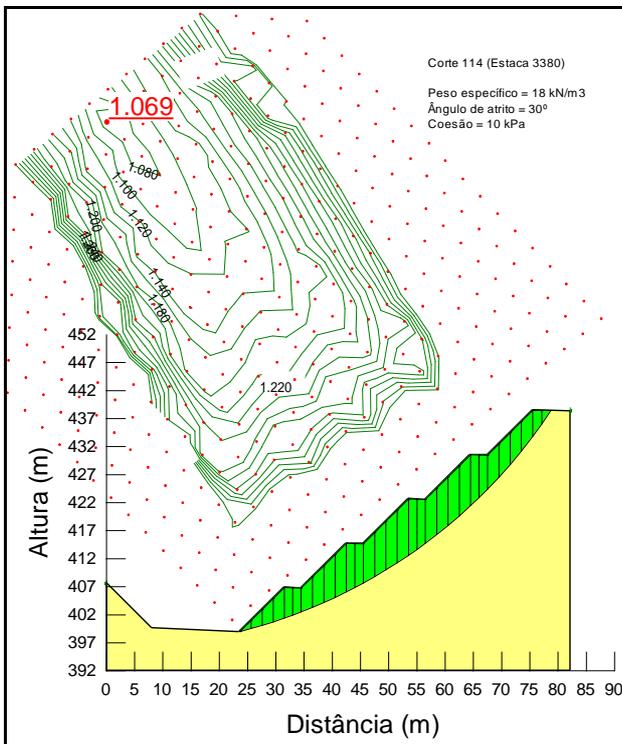


Figura 12. Estabilidade do Corte 114 (Estaca 3380) - Talude Lado Direito (Inclinação do Talude 1V:1H).

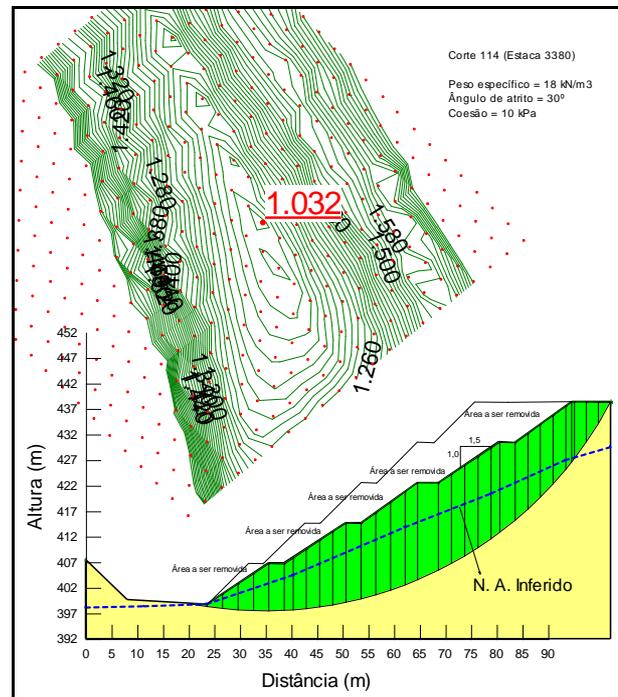


Figura 14. Estabilidade do Corte 114 (Estaca 3380) - Retaludamento - Talude Lado Direito (Inclinação do Talude 1:1,5 com N. A. Inferido).

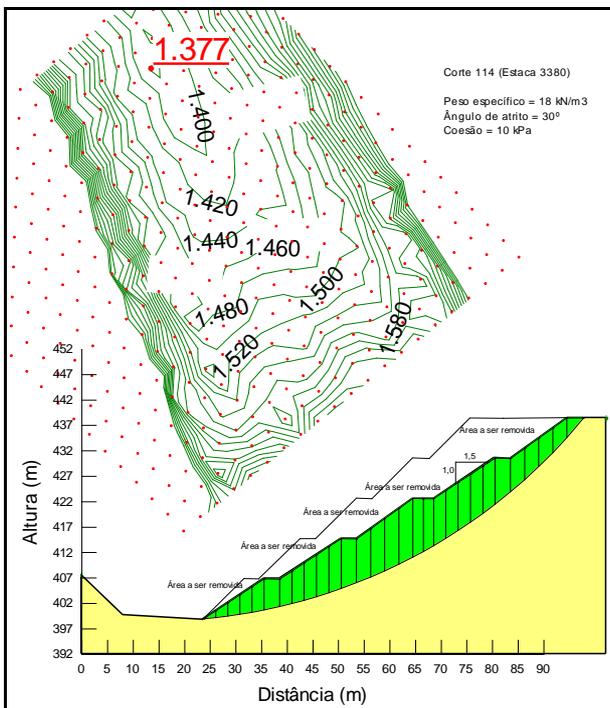


Figura 13. Estabilidade do Corte 114 (Estaca 3380) - Retaludamento - Talude Lado Direito (Inclinação do Talude 1V:1,5H).

6 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ANÁLISES DE ESTABILIDADE REALIZADAS

Diante das análises de estabilidades executadas e dos levantamentos de campo realizados, verifica-se que os Fatores de Segurança estão baixos (próximos de 1,0) para os tipos de cortes executados, indicando, dessa forma, a necessidade de ações com vistas à solução dos problemas que os taludes marginais à rodovia vêm apresentando. Para isso, há diversos tipos de intervenções como a adoção de solo grampeado, atirantamento, estacas raiz, etc. No caso em questão a solução mais econômica, a princípio, é o retaludamento com inclinações estáveis de acordo as avaliações indicadas dentro da prática de engenharia. Neste caso, deve-se verificar a disponibilidade de áreas para corte na faixa de domínio da rodovia bem como o local de disposição do material a ser removido. Para o caso em questão, em função de períodos chuvosos mais intensos, há a necessidade de se intervir o mais rápido possível. Recomenda-se também nas seções, onde necessário, a execução de drenagem

profunda e de superfície. Para a drenagem profunda usa-se o DHP – Dreno Subhorizontal Profundo, e a drenagem de superfície é contemplada pelos drenos de paramento e canaletas.

Dentro das simulações de retaludamento, indica-se a inclinação mínima de 1,0V : 1,5H bem como as devidas avaliações em campo a fim de conciliar as particularidades existentes ao longo do trecho da obra.

Outra recomendação a ser feita é a execução de colchão drenante na rodovia ao longo dos cortes executados com vistas a impedir a possível surgência de água que comprometem as camadas superficiais da rodovia, como a sub-base, base e revestimento, isso pela constatação de saturação em bases dos taludes nos cortes executados.

7 CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES PARA ESTABILIZAÇÃO E RECUPERAÇÃO DOS TALUDES ESTUDADOS

As análises de estabilidade mostraram que os fatores de segurança necessitam ser melhorados para os cortes estudados e (ou) aqueles semelhantes ao longo do trecho da obra. Tem-se também que a análise de estabilidade não é uma ciência exata e que riscos são inerentes a toda e qualquer atividade que envolva fenômenos ou materiais da natureza, os critérios e procedimentos constantes neste estudo procuram traduzir o equilíbrio entre condicionantes técnicos, econômicos e de segurança usualmente aceitos pela sociedade na data deste estudo. Ademais, recomenda-se ao mínimo o acompanhamento de um profissional com qualificação na área geotécnica/geológica com vistas a verificar possíveis comportamentos, pois, tem-se por estudiosos da engenharia que riscos existem nas mais diversas situações, e se existem são para ser observados, medidos, monitorados, mas nunca desprezados, principalmente pela heterogeneidade de material na área de escavação.

Em campo foram observadas os mais variados tipos localizados de rupturas (planar, em cunha, circular, rolamentos de pequenos

blocos, pequenos deslocamentos). Dentro dessa complexidade, partiu-se na maioria dos casos à reprodução de rupturas circulares que são mais comuns em solos, apesar de que em alguns cortes há presença de material rochoso. A simplificação em parte do estudo para ruptura circular advém da complexidade em termos de heterogeneidade e das dificuldades encontradas, tanto na seleção de coleta dos materiais quanto na moldagem das amostras ensaiadas com vistas a se obter parâmetros que pudessem representar a similaridade de campo.

Tem-se que dentro do assunto em questão, para as análises e conclusões quanto ao posicionamento nas intervenções adequadas, objetivando geometrias estáveis, há de se considerar - além dos estudos computacionais com as diversas particularidades, mas também, a importância dos levantamentos *in situ* por profissionais que sejam capazes de se posicionar em soluções face aos mais diversos problemas que possam ser identificados.

AGRADECIMENTOS

A Reforsolo Engenharia Ltda., CMT Engenharia, Universidade Católica de Brasília (UCB), Centro Universitário de Brasília (UniCEUB) e ao Instituto de Ensino Superior Planalto com contribuições importantes que tornaram possível a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ASTM D3080/D3080M:2011 - Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.
- Geo-slope international. (2012). Stability modeling with SLOPE/W, an engineering methodology. 238 p
- Geo-slope international. (2012). Stress deformation modeling with SIGMA /W, an engineering methodology. 335 p.