

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

TRANSPosição DE CORDILHEIRAS ESCARPADAS POR RODOVIAS: DESAFIOS GEOLÓGICOS – GEOTÉCNICOS NA INTER - OCEÂNICA NORTE, PERU

Antonio Carvalho – Engenheiro Civil, Odebrecht, Lima, Peru

Marcelo Aguiar Martinez – Engenheiro Civil, Odebrecht Lima, Peru

Luiz Orellana – Geólogo, Engevix, Lima, Peru

Mario Ancasi – Geólogo, Odebrecht, Lima, Peru

Marcio Angelieri Cunha – Geólogo, GeoCompany, São Paulo, Brasil

Roberto Kochen – Engenheiro Civil, GeoCompany, São Paulo, Brasil

RESUMO

A transposição de cordilheiras escarpadas por rodovias envolve sempre desafios geológicos – geotécnicos significativos, no projeto e construção. Se as rodovias forem de elevado volume de tráfego (p.ex., Rodovia dos Imigrantes, SP, Brasil), as soluções envolvem túneis e viadutos de grande porte, obras caras que se justificam para volumes de tráfego acima de 80.000 veículos/dia.

No caso da Rodovia Inter Oceânica Norte, o seu tramo 1, liga Yurimaguas (Amazônia Peruana) a Tarapoto, com pouco mais de 100 km de extensão e volume de tráfego reduzido. Faz parte de um corredor multimodal de transporte, que irá ligar o Brasil ao Oceano Pacífico, dentro do programa IIRSA (Iniciativa para a Integração Regional Sul Americana). Neste tramo há a transposição da Cordilheira Escalera, uma cordilheira intermediária entre a Planície Amazônica e os Andes.

Entre os km 10 e 57 deste tramo 1, os estudos geológicos e geotécnicos de campo identificaram 81 Zonas Críticas, na Cordilheira Escalera, em um trecho bastante íngreme. A topografia local levou à análise de alternativas como muros ancorados, meia-pontes e meio-túneis, e das 81 Zonas Críticas, algumas levaram a cortes muito elevados, embora o maciço rochoso permitisse inclinação de cortes de até 5V : 1H. Duas Zonas Críticas tiveram soluções de corte alto, com altura superior a 50 m, e a alternativa de meio túnel, foi descartada em função do baixo fator de segurança obtida na análise sísmica.

Outras Zonas Críticas apresentaram movimentos de massa (tálus), por estarem situadas em selas entre picos da cordilheira. Regiões de aterro tiveram soluções de aterros de enrocamento, projetados e analisados para condições estáticas e dinâmicas.

Este trabalho descreve os desafios geológicos e geotécnicos enfrentados na transposição da Cordilheira Escalera pela Rodovia Inter Oceânica Norte, e as soluções adotadas para estabilização da pista, especialmente para os aspectos relacionados a taludes de cortes e encostas.

PALAVRA-CHAVE: Rodovia, Cordilheira, Estabilização de Encostas.

ABSTRACT

The transposition of sharp cordilleras for highways always involves geologicals - geotechnical challenges significant, in the project and construction. If the highways go high volume of traffic (i.e., Highway of the Immigrants, SP, Brazil), the solutions involve tunnels and viaducts of great load, expensive works that are justified for volumes of traffic above 80.000 vehicle/day.

In the case of the Highway Inter North Oceanic, your stretch 1, linking Yurimaguas (Amazonian Peruvian) to Tarapoto, with little more than 100 km of extension and volume of reduced traffic. It is part of a corridor transport multimodal, that it will link Brazil to the Pacific Ocean, inside of the program IIRSA (Initiative for the South Regional Integration American). In this stretch there is

01-66R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA
DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

Cordillera Escalera's transposition, an intermediate cordillera between the Amazonian Plain and Andes.

Among the km 10 and 57 of this stretch 1, the geological and geotechnical studies of field identified 81 Critical Zones, in the Cordillera Escalera, in a quite steep passage. The local topography took to the analysis of alternatives as anchored walls, stocking-bridges and middle-tunnels, and of the 81 Critical Zones, some took to very high cuts, although the solid rocky it allowed inclination of cuts of up to 5V: 1:H. Two Critical Zones had solutions of high cut, with superior height to 50 m, and the alternative of half tunnel, it was discarded in function of the low factor of safety obtained in the seismic analysis.

Other Critical Zones presented mass movements, for they be placed in saddles among picks of the cordillera. Embankment areas had solutions of rock embankments, projected and analyzed for static and dynamic conditions.

This work describes the geological and geotechnical challenges faced in Cordillera Escalera's transposition by the Highway Inter North Oceanic, and the solutions adopted for stabilization of the track, especially for the aspects related to slopes of cuts and slopes.

KEY WORDS: Highway, Cordillera, Slope Stabilization

INTRODUÇÃO

A Rodovia Inter Oceânica Norte, situada no Peru, no seu Tramo 1, liga a cidade de Yurimaguas (na Amazônia Peruana – Província do Alto Amazonas, Departamento de Loreto) à cidade de Tarapoto (na Cordilheira Escalera – Província de San Martín y Lamas, Departamento de San Martín), tem pouco mais de 100 km de extensão de estrada sem pavimentação e volume de tráfego reduzido. Este trecho faz parte do corredor multimodal de transporte, que irá ligar o Brasil ao Oceano Pacífico (pelo Peru), dentro do programa IIRSA (Iniciativa para a Integração Regional Sul Americana).

O trabalho aqui apresentado fez parte do projeto de ampliação e pavimentação deste trecho, e destaca o trecho entre os km 10 e 57, onde há a transposição da Cordilheira Escalera, uma cordilheira intermediária entre a Planície Amazônica e os Andes, com altitude máxima da ordem de 1.000 m.

Este projeto é parte do programa de Reabilitação de Transporte do Ministério de Transporte, Comunicação, Habitação e Construção do Peru.

LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIOGRAFICOS DA REGIÃO

A área por onde se estende o trecho rodoviário estudado se localiza na Região conhecida como Selva Alta ou Rupa Rupa. Apresenta clima quente e úmido durante todo o ano, temperaturas anuais que variam de 22° a 26° C e precipitações entre 3.000 e 8.000 mm/ano, concentrados entre dezembro e maio.

A zona de estudo é parte das vertentes orientais mais baixas da Cordilheira dos Andes, onde se observam fortes contrastes morfológicos com zonas planas e onduladas até fortes vertentes escarpadas.

Apresentam uma grande variedade litológica de rochas sedimentares a metassedimentares e com intenso intemperismo de suas rochas, devido às fortes precipitações e ao clima tropical úmido. Esta situação proporciona a formação de espessas camadas de solos residuais e transportados (coluviões e talus) originando grandes instabilidades dos terrenos ao longo da rodovia.

01-66R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

ASPECTOS GEOLÓGICOS DE INTERESSE

De uma maneira geral dois grandes compartimentos podem ser distintos ao longo deste trecho de cerca 100 km; uma primeira unidade com início na cidade de Tarapoto (km 0)até o km 55, constituída pela cadeia Longitudinal Sub-Andina, caracterizada por fortes e extensas vertentes, com altitudes de até 1000 m e outra correspondendo a Planície Amazônica com zonas semi-planas até a cidade de Yurimaguas. É sobre o Primeiro trecho que o presente trabalho enfoca, dadas às graves condições de instabilidade de taludes.

Os terrenos por onde cruza a rodovia, principalmente entre os km 10+000 e 57+000 corresponde a zona morfoestrutural Cadeia Longitudinal Subandina, que é uma zona de fortes contrastes geomorfológicos e com grande deformação estrutural, conformada por rochas Mesozoicas e Cenozoicas.

Regionalmente a seqüência sedimentar é representada pelas rochas Mesozóicas e depósitos quaternários distribuídas desde a Formação Sarayaquillo do Jurássico Superior que constitui o núcleo de um bloco falhado, originando uma estrutura onde ambos os flancos, concordantes, as quais são formados pelas rochas do Grupo Oriente. De modo geral, são encontrados diferentes materiais, apresentados no Quadro 1, mostrando a estratigrafia da região e seus respectivos tipos litológicos. Destes, podem ser destacados, por ocorrerem em maior freqüência ao longo da rodovia, os arenitos avermelhados geralmente em boa condição, da Formação Sarayaquillo, os arenitos brancos e quartzosos intercalados com materiais mais finos da Formação Cushabatay, e as lutitas que são argilo-siltitos com elevada expansão quando alterados para solo, pertencentes à Formação Chonta. As demais formações tem ocorrência de menor expressão territorial.

Um dos grandes condicionantes para a estabilidade dos taludes rochosos neste trecho, são as estruturas do maciço rochoso, principalmente a estratificação que é bastante proeminente, e que quando se apresenta desfavorável, acarretam sérios problemas para a sua estabilidade em cortes. As diversas unidades apresentam uma orientação geral N40°W com mergulhos variando para SW. As falhas principais e as dobras longitudinais seguem a mesma tendência regional.

Quadro 1.- Estratigrafia e litologia

Unidades estratigráficas e descrição dos tipos de materiais que ocorrem ao longo da rodovia

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCION	
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holoceno	Depósitos Coluviales	Q-co	Suelos gravo-limo arcillosos, gris rojizo, no consolidado y bloques heterométricos de roca en todos los estados de intemperismo.
	NEOGENO	Mioceno	F. Chambira	PN-ch	LODOLITAS abigarradas, predominantemente rojizas, interestratificadas con LIMOLITAS en estratos gruesos y niveles de ARENISCAS rojas de grano fino. En la parte media LODOLITAS rojizas a gris verdosas y cremas con estratificaciones de ARENISCAS limoarcillíticas, rojizas a púrpuras en ocasiones calcáreas. Niveles de Anhidrita y Yeso en venillas.
	PALEOGENO	Oligoceno			F. Pozo
Eoceno					

01-66R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

					CARBON, ARENISCAS tobáceas, LIMOARCILLITAS y CALIZAS grises con fósiles marinos.
		Paleoceno	F. Yahuarango	P-y	LODOLITAS, ARENISCAS y LIMOLITAS, rojizas a púrpuras con algunos niveles de grano grueso, subarcósica, lítica y grauwacas. Niveles de venillas de YESO así como concreciones calcáreas y silíceas. Presencia de algunos niveles de ARENISCA conglomerádica.
MESOZOICA		Superior	F. Casablanca	Ks-ca-h-cb	ARENISCAS cuarzosas blancas macizas de grano fino. LODOLITAS rojo púrpura y gris cremas. LUTITAS y LODOLITAS grises fosilíferas con niveles delgados de CALIZAS micríticas.
			F. Huchpayacu – Cachiyacu		
			F. Vivian	Ks-v	ARENISCAS cuarzosas blancas bien seleccionadas con LUTITAS y LIMOLITAS carbonosas negras a grises en la parte superior. Niveles de estratos sesgados.
	CRETACEO		F. Chonta	Kis-ch	LUTITAS y LODOLITAS gris claras a oscuras en la parte media a superior. LIMOARCILLITAS, MARGAS, y CALIZAS gris claras a oscuras con algunos niveles verdosos. CALIZAS micríticas a biomicríticas fosilíferas gris claras a marrones, en estratos medios de superficies onduladas irregulares. Niveles locales de ARENISCAS glauconíticas gris claras con interestratificaciones de LUTITAS y LIMOLITAS gris oscuras con fósiles.
		Inferior	F. Agua Caliente	Ki-ac	ARENISCAS cuarzosas blancas de grano grueso a fino en estratificación sesgada y ondulada con algunas interestratificaciones de LUTITAS gris oscuras comúnmente carbonosas así como niveles de LIMOLITAS amarillentas a púrpuras.
			F. Esperanza	Ki-e	LIMOARCILLITAS gris verdosas y gris oscuras fisibles con interestratificaciones de CALIZAS gris oscuras fosilíferas. LUTITAS carbonosas y ARENISCAS glauconíticas.
			F. Cushabatay	Ki-c	ARENISCAS cuarzosas blancas de grano grueso a fino en estratos gruesos con marcada estratificación sesgada y paralela con interestratificaciones de LUTITAS y LIMOLITAS, y algunos

01-66R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

	JURASICO	Superior	F. Sarayaquillo	Js-s	LIMOLITAS y LODOLITAS rojas a marrones, que tienden a predominar en la parte superior. ARENISCAS arcóscas líticas y subcuarzosas rojas a marrones de grano subredondeado a redondeado, matriz limoarcillítica, estratos gruesos y estratificación sesgada, laminación paralela.
--	----------	----------	-----------------	------	---

PRINCIPAIS PROBLEMAS ENCONTRADOS AO LONGO DA RODOVIA

Os principais problemas associados aos materiais encontrados ao longo do trecho estão diretamente associados às fortes declividades das encostas, ao elevado índice pluviométrico e forma de ocorrência dos materiais (solo, rocha, descontinuidades, etc.) e podem ser identificados como os seguintes:

- Queda de blocos – representa o principal problema para a estrada e está relacionado aos taludes rochosos que apresentam descontinuidades desfavoráveis (estratificação e fraturamentos).
- Escorregamentos – estão associados a taludes da rodovia onde ocorrem solos ou associações de solos e rocha em taludes com inclinações incompatíveis. Estão diretamente relacionados à atuação da água, que funciona como elemento detonador do processo.
- Erosões – ocorrem em superfícies dos solos provocando sulcos de diferentes profundidades e conseqüências.
- Rastejos – estão associados a depósitos superficiais (coluviões) onde a ação da água em materiais heterogêneos (solo e blocos) provoca movimentações lentas do terreno.
- Corrida de detritos (Debris Flow ou Huayaco) – podem ser observadas evidências ao longo de alguns talvegues, pois forma-se pela composição de um ou vários escorregamentos na encosta que se juntam e descem pelo talvegue existente. Podem ter dimensão variável em função dos volumes envolvidos.
- Ruptura de aterros – ocorrem devido ao forte declive da encosta ou por ruptura das obras de contenção. Tem pequena dimensão (poucos metros) pelo fato de que a rodovia estar implantada na sua maior parte em cortes.

ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA ANÁLISE DOS TALUDES DE CORTE

Conforme mencionado anteriormente o presente trabalho deu enfoque aos problemas de corte e desta forma é apresentado a seguir o enfoque metodológico para a definição dos taludes de corte que foi fundamentada na classificação do maciço rochoso. Foi utilizada a seguinte classificação:

- Maciço Classe I – rocha sã, sem fraturas;
- Maciço Classe II - rocha sã fraturada;
- Maciço Classe III – rocha sã a alterada fraturada (subdividido em III e III inferior);
- Maciço Classe IV – rocha alterada a muito alterada e muito fraturada;
- Maciço Classe V – solo de alteração de rocha.

Esta classificação baseou-se na caracterização geológico-geotécnica de campo associada a uma análise de estabilidade utilizando-se métodos estatísticos.

Os parâmetros geológico-geotécnicos de campo foram os seguintes:

Grau de alteração da rocha

01-66R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

Trata-se de um parâmetro de avaliação macroscópica, de difícil precisão em condições de campo sendo recomendado à fixação de reduzidas classes de alteração, para minimizar subjetivismo na sua determinação. São consideradas as seguintes classes:

- A1 - sã ou praticamente sã
- A2 - alterada
- A3 - muito alterada

Grau de coerência

Trata-se de um parâmetro complementar importante para caracterização de rochas sedimentares como é o caso da região de estudo. Baseia-se nas resistências ao impacto e ao risco e na friabilidade.

- C1 - muito coerente (quebra com dificuldade ao golpe do martelo)
- C2 - coerente (quebra com relativa dificuldade ao golpe do martelo)
- C3 - pouco coerente (quebra facilmente com golpe de martelo)
- C4 - friável (esfarela ao golpe do martelo)

Avaliação estrutural das descontinuidades

Este parâmetro tem grande importância nos taludes rochosos visto que se trata do elemento determinante na estabilidade do maciço. Para este trabalho foi considerado visualmente as atitudes dessas descontinuidades, quando possível de serem observadas e comparados com as atitudes encontradas nos mapas geológicos regionais, definindo-se a sua periculosidade (favorabilidade ou desfavorabilidade), em função de sua posição com relação ao talude.

O Quadro 2, abaixo, apresenta a conjugação dos parâmetros de tipo de rocha e maciço rochoso, resultando na definição de inclinação de taludes utilizada neste trabalho.

Quadro 2 - Parâmetros de tipo de rocha e classe maciço rochoso

TIPO DE ROCHA	CLASSE DO MACIÇO	INCLINAÇÃO DO TALUDE
A1 C1 C2 pouco fraturado (Rocha sã)	II	10:1
A1 A2 C1 C2 A2 C2 A1 A2 C2 A2 C1 C2 (Rocha sã alterada - Obs: em situação de estratificação totalmente desfavorável, prever chumbadores)	III	5:1
A1 A2 C2 A2 C2 A1 A2 C1 C2 A2 C1 C2 A2 C2 C3 (Com presença de solos na parte superior)	III inf	2:1 (parte superior) 5:1 (parte inferior)
A2 C2 + solo A2 C3 A3 C3 C4 A3 C3 A2 A3 C2 C3 A2 C2 C3	IV	2:1

01-66R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

A2 A3 com solos e blocos		
Solo de lutitas e depósito coluvionar	V	1:1

As Fotos a seguir mostram alguns exemplos da classificação utilizada.



Foto 1 – Formação Cushabatay com características geológicas-geotécnicas do tipo A1 C1 C2 (Classe II).

01-66R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil



Foto 2 – Formação Cushabatay com características geológicas-geotécnicas do tipo A1 C1 C2 (Classe II).



Foto 3 – Formação Sarayaquillo com características geológicas-geotécnicas do tipo A1 A2 C1 C2 (Classe III).

01-66R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

ANÁLISE DE ESTABILIDADE COMO FERRAMENTA INTEGRADA AOS TRABALHOS DE CARACTERIZAÇÃO DE CAMPO

O maciço rochoso foi mapeado no campo com a classificação anteriormente apresentada. Para as análises de estabilidade foram utilizados os parâmetros obtidos da retro análise de taludes de corte naturais em diversas classes de maciços encontrados ao longo da rodovia.

A partir desta informação de retro análise desenvolvida na fase de engenharia de detalhe, e com base no mecanismo de ruptura e propriedades dos materiais, realizaram-se análises de estabilidade com o programa FLAC Slope (www.hcitasca.com), que permite modelar superfícies de ruptura de forma circular e irregular. Considerou-se a classe do maciço rochoso para os 4 cortes de maior altura do Km 40 a 57, situados em formações geológicas de classe III, IV e V. Foram consideradas as condições hidrogeológicas locais, e as forças sísmicas mediante métodos pseudo-estáticos. O coeficiente sísmico foi obtido da Norma Técnica de Edificación da Republica Del Peru, nº. E 030 – Diseno Sismorresistente, de 02 de abril de 2003 (coeficiente sísmico igual a 0,15 da aceleração da gravidade, recomendada no mapa de sismicidade do Perú).

A Tabela 1 apresenta um resumo dos valores encontrados nas retro análises de estabilidade, que permitiram estabelecer os parâmetros de resistência do maciço rochoso. Para os maciços classe III e V, foram retro-analisados cortes de grande altura, críticos, que permitiram estabelecer a coesão e ângulo de atrito do maciço rochoso. Para o maciço classe IV, de ocorrência mais freqüente no trecho do km 40 a 57, foram analisados 2 taludes de corte de grande altura, e adotou-se para o parâmetro de resistência de coesão a média das 2 retro-análises, que resultaram próximas.

Para este tipo de taludes, considera-se aceitável um Fator de Segurança mínimo de 1,3 para condições estáticas, e de 1,0 para as análises pseudo-estáticas.

Nos taludes analisados, a condição de Fator de Segurança mínimo estático e dinâmico é atendida, comprovando a segurança da geometria dos taludes projetados.

Tabela 1 – Resumo dos valores encontrados nas retro-análises de estabilidade.

Trecho	Tipo de Rocha	Classe do Maciço	H (m)	Talude	γ (kN/m ³)	c (kPa)	ϕ (°)	FS (Estático)	FS (Dinâmico) 0,15
40+860 a 40+890	A3 A2 C2	IV	22	2:1	23	40	32	1,42	1,12
42+930 a 42+950	A2 A3 C2 C3 e solo	V	17	1:1	20	30	30	1,85	1,42
45+210 a 45+240	A2 C2	III	30	5:1	24	100	35	1,40	1,13
49+790 a 49+850	A2 C2 C3	IV	24	2:1	23	40	32	1,40	1,10

As Figuras 1 a 5 apresentam exemplos de resultados da análise numérica pelo FLAC Slope, mostrando, além do Fator de Segurança calculado nas retro-análises, e nas análises estáticas e dinâmicas, o padrão de deformação do talude.

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

Estaca 40+860 ($c=35\text{kPa}$)

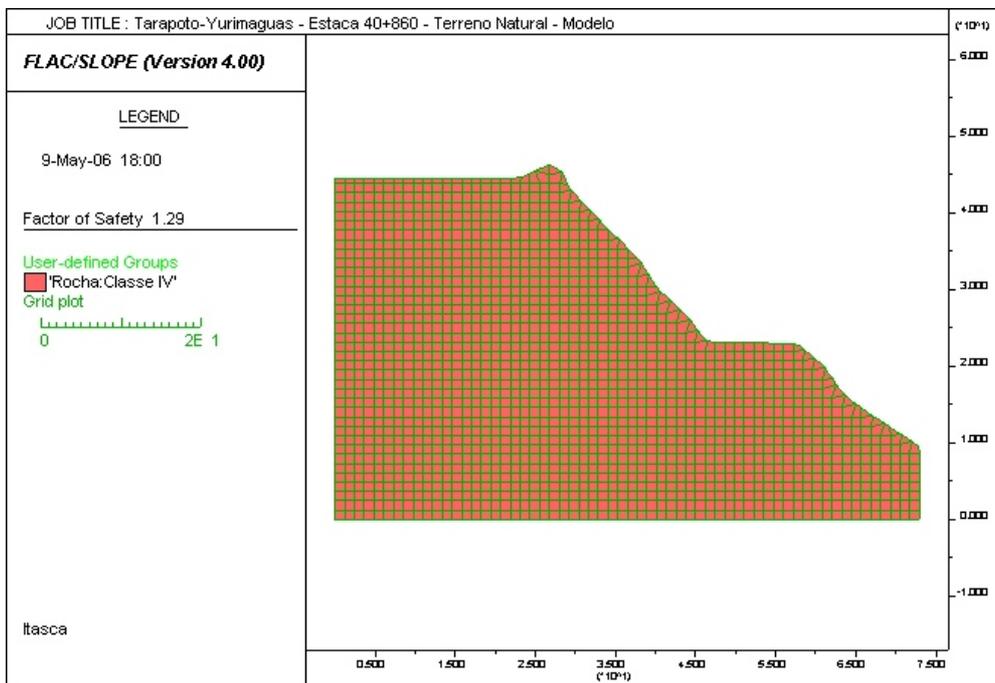


Figura 1 – (Estaca 40+860) Grid para modelagem numérica de estabilidade (terreno natural).

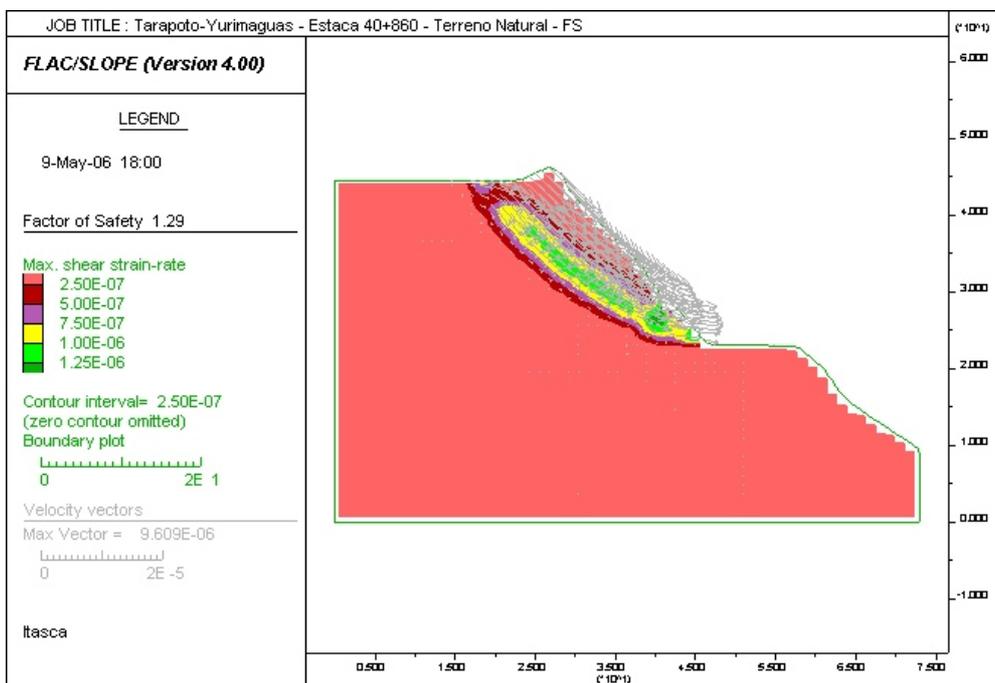


Figura 2 – (Estaca 40+860) Deformações cisalhantes na superfície de ruptura e fator de segurança (terreno natural).

01-66R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

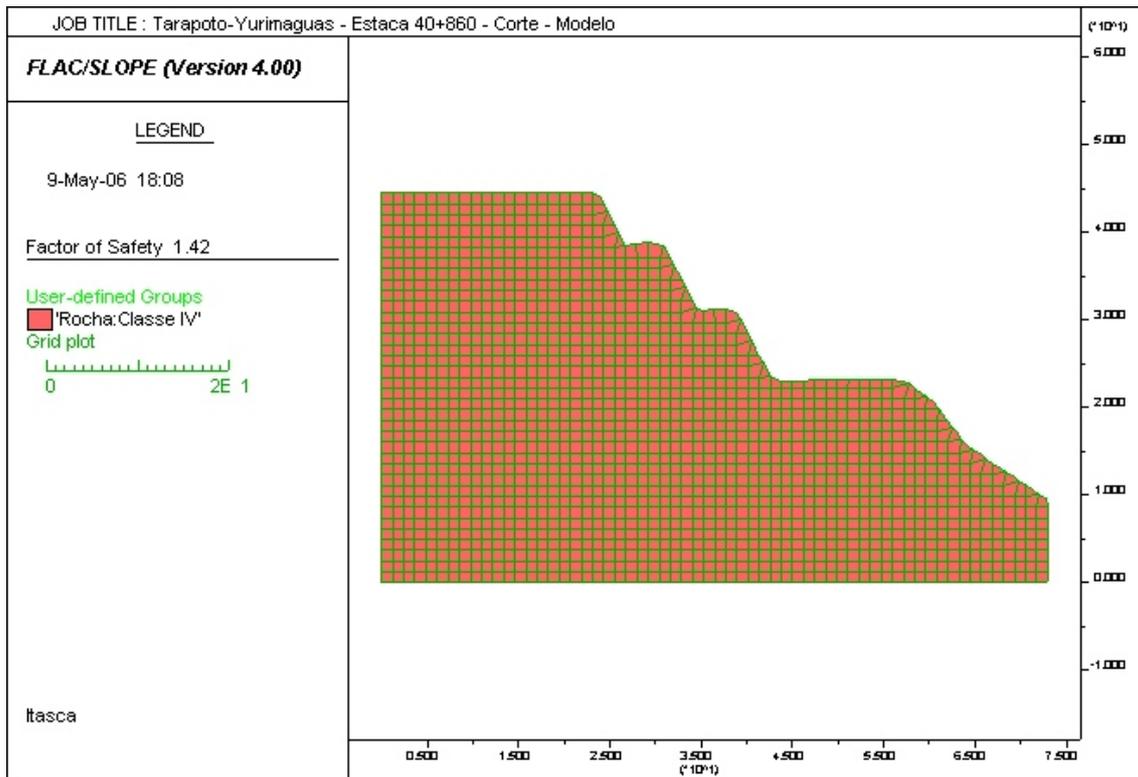


Figura 3 – (Estaca 40+860) Grid para modelagem numérica de estabilidade (talude de corte).

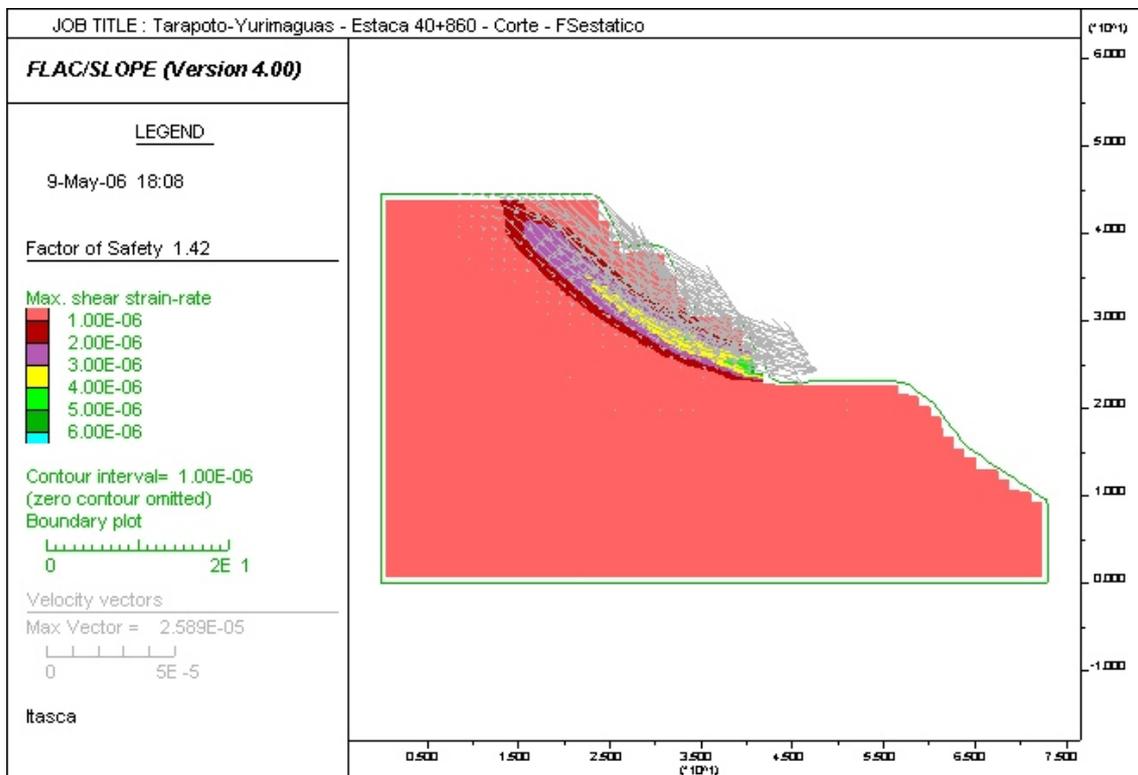


Figura 4 – (Estaca 40+860) Deformações cisalhantes na superfície de ruptura e fator de segurança estático (talude de corte).

01-66R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

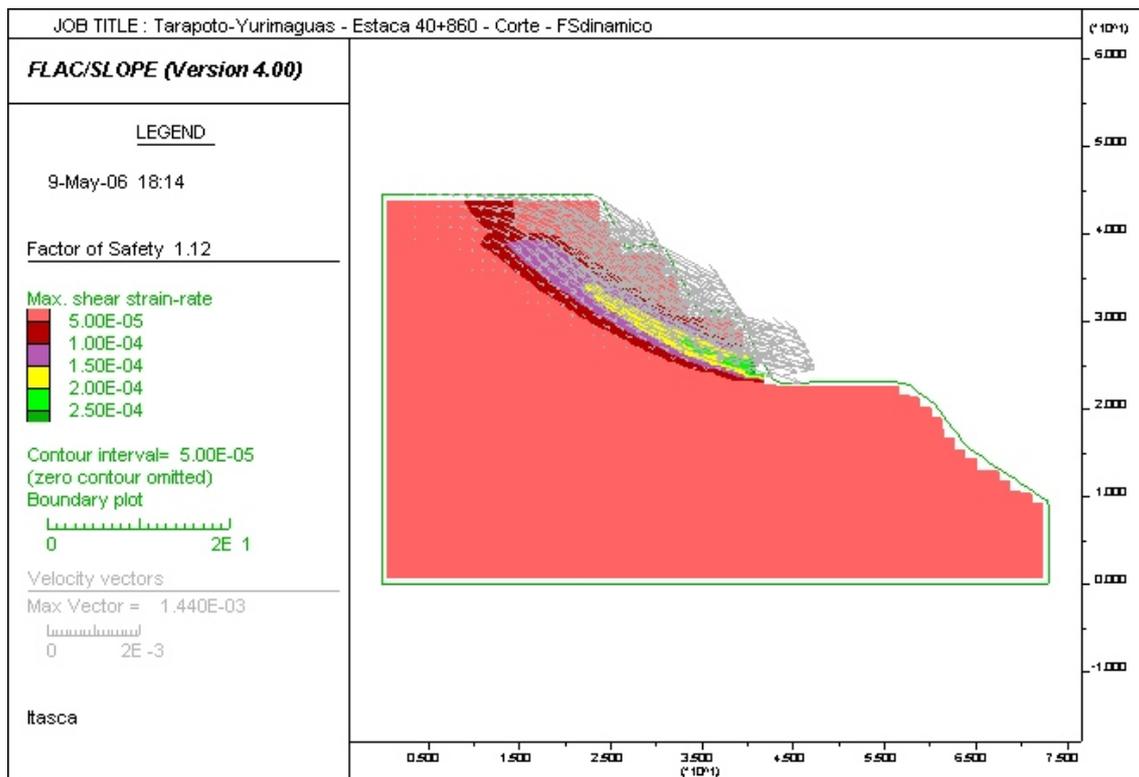


Figura 5 – (Estaca 40+860) Deformações cisalhantes na superfície de ruptura e fator de segurança dinâmico (talude de corte).

A análise de estabilidade global foi realizada pelo programa FLAC/Slope, e mostrou que as diversas seções estudadas encontravam-se estáveis na situação natural. O terreno natural apresentou fator de segurança entre $FS = 1,29$ e $1,32$. Nos diversos cortes projetados para as diversas classes de maciço, fatores de segurança estáticos atingiram valores entre $FS = 1,40$ e $1,85$. Para uma situação dinâmica, com aceleração sísmica de $0,148$, os valores passaram a apresentar fator de segurança acima de 1 (FS entre $1,10$ e $1,42$).

Deve-se destacar que o importante condicionamento estrutural encontrado nos maciços ao longo do trecho (planos de estratificação e fraturamento) implicou na definição ou não da utilização de ancoragem, ou chumbamentos de áreas consideradas instáveis, previstos na fase de projeto.

CONCLUSÕES

Os resultados dos trabalhos foram apresentados para os trechos compartimentados com características geológico-geotécnicas semelhantes e definidas as diretrizes de soluções para cada local. Nesses locais foram definidas como solução as seguintes possibilidades:

- inclinação dos taludes de corte;
- orientação para tratamento de escorregamentos;
- relocação de eixo para evitar cortes em trechos críticos;
- análise da implantação da alternativa em meio túnel em substituição a corte;
- indicação de aterros reforçados com geogrelhas.

Para alguns destes locais, por se tratar de situações mais complexas, foi necessário a elaboração de projeto mais detalhado com investigações complementares.

01-66R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HOEK E.; BRAY J. W. (1981) – *Rock Slope Engineering*. Institution of Mining and Metallurgy, London, 3th edition, 358 p.

FLAC (2006) – User's Guide. Itasca Consulting Group, Minneapolis, Minnesota, USA.

01-66R