



**BRAZIL
ROAD
EXPO 2013**
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

**COMO APRIMORAR O PROJETO E CONSTRUÇÃO DE
TÚNEIS**

PREVENÇÃO E GERENCIAMENTO DE RISCOS

Prof. Dr. Roberto Kochen – Diretor Técnico
kochen@geocompany.com.br

MARÇO/2013 www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

1




O grande número de obras subterrâneas, principalmente as urbanas, em execução no mundo, podem gerar acidentes, e para evitá-los ou minimizar seus impactos é necessário seguir uma série de critérios, é com este intuito que o workshop abordará diversos aspectos importantes do gerenciamento de riscos em obras subterrâneas, como a importância de um projeto correto e detalhado, abrangendo inclusive medidas de contingência, antes do início das obras, a identificação de anomalias e riscos geológicos, e a correta identificação, redução e eliminação de riscos geotécnicos.

- Requisitos essenciais de um bom projeto;
- Prevenção e gerenciamento de riscos;
- Medidas de contingência;
- A importância da análise detalhada da geotecnia.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

2

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Projeto de Túneis
 - Estudos Geológicos e Geo - hidrológicos
 - Estudos Geotécnicos
 - Método Construtivo
 - Projeto dos Elementos de Suporte
 - ATO – Acompanhamento Técnico de Obra
 - Gestão de Riscos Geológicos – Geotécnicos – Construtivos
 - Gestão Contratual
- Tipos de túneis em solo:
 - Escavação “Manual” (NATM)
 - Escavação Mecanizada (TBM)

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

3

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente



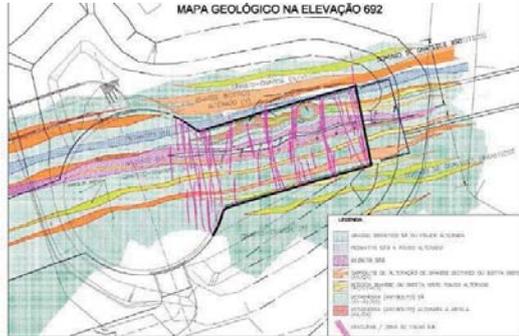
Estação Pinheiros – Extensão do Colapso

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

4

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente



MAPA GEOLÓGICO NA ELEVÇÃO 692

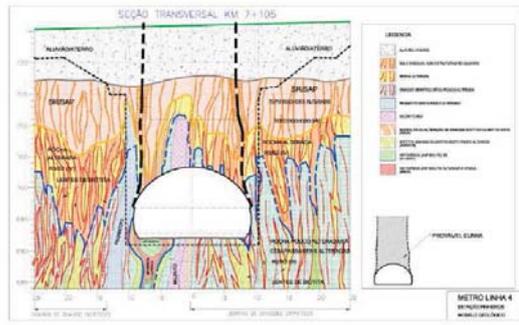
Mapa Geológico (David P. Hight, COBRAMSEG 2012).

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

5

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente



SEÇÃO TRANSVERSAL KM 7+105

Seção transversal – Geologia (David P. Hight)

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

6

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

7120
7100
7080
7070
7060
7050
7040

Locação da descontinuidade paralela a rua Capri (David P. Hight)

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

7

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

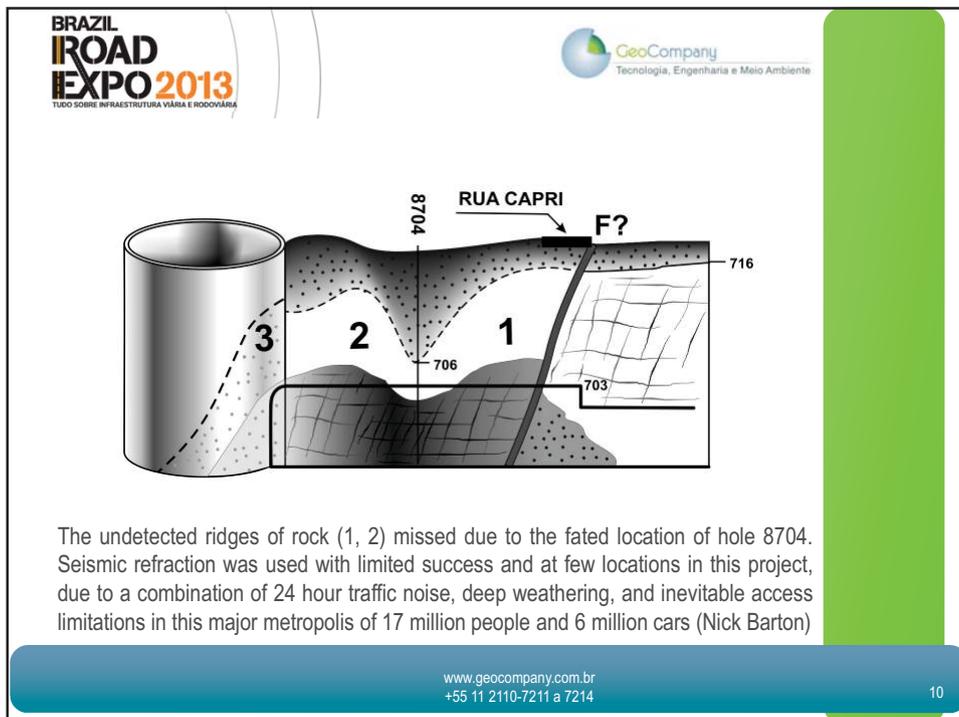
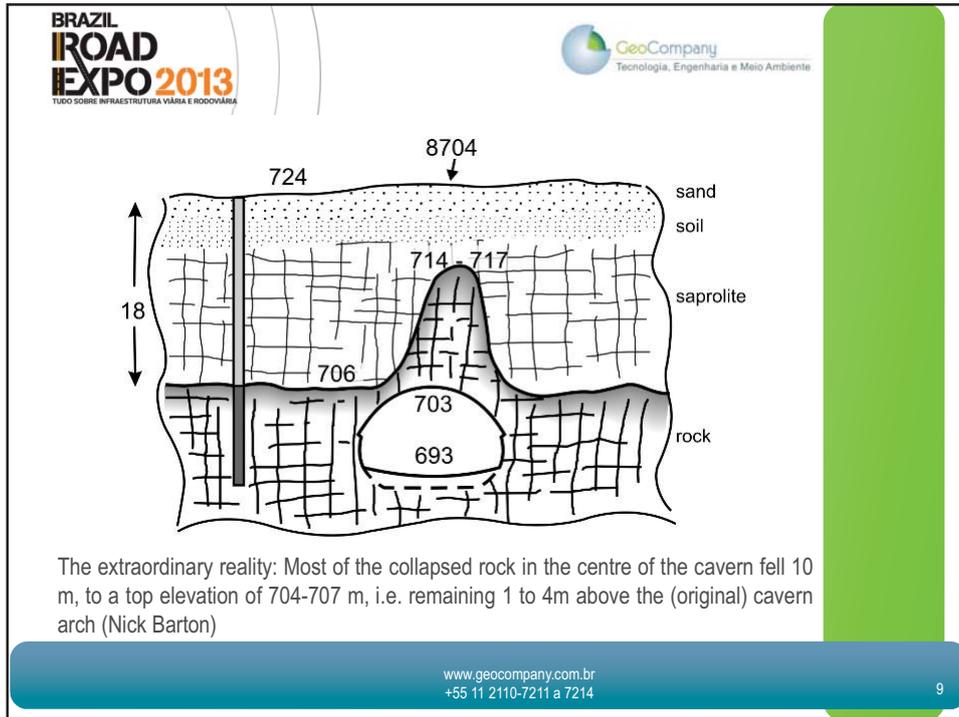
724
18
706
703
693

sand
soil
saprolite
rock

Expected mean elevations: The closest boreholes were drilled from 723-724 m surface elevations, and rock was reached between elevation 706-707 m in the majority of cases (Nick Barton, 2007).

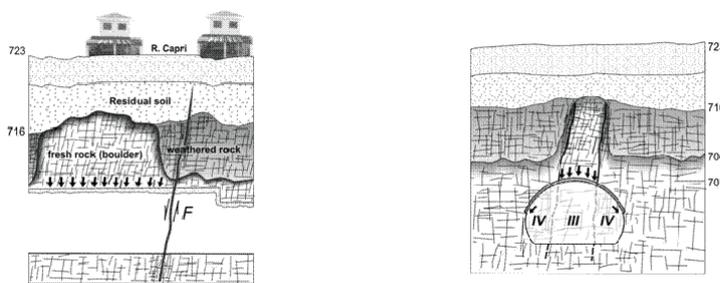
www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

8





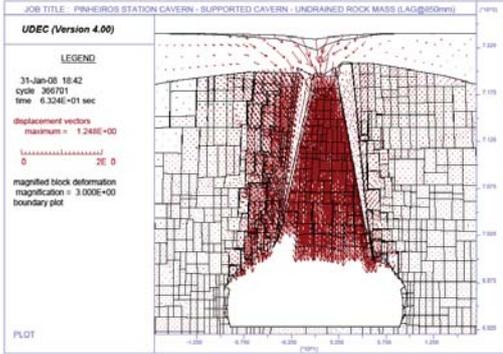
View of the cavern (and running tunnel) some days prior to collapse. The last eight lattice girders, beyond a fault in the foreground, did not fail (Nick Barton).



Conceptual model that was developed as a possible explanation of the final stage of differential weathering, leaving a threatening ridge (and wedge) of rock that threatened stability as it prevented efficient arching above the cavern due to clay along its sides. Evidence for such a ridge was gradually exposed, during careful excavation through the fallen rock debris (Nick Barton).

**BRAZIL
ROAD
EXPO2013**
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA





Final stage of collapse in a UDEC model of the lattice-girder and S(fr) supported cavern, following softening of overloaded plastic hinges in the lattice girders in the arch. Footing failures involving rock fracturing and interaction with local jointing were also seen (Nick Barton).

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

13

**BRAZIL
ROAD
EXPO2013**
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA





The collapsed crater and the debris flown into Rákóczi tér station (Budapest Metro, Hungary - László Frigyük, Eurometro).

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

14

SABESP



Túnel 2 - SPAT

SABESP



Túnel 2 - SPAT

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

SABESP



Túnel 2 - SPAT

17

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

SABESP



Túnel 2 - SPAT

18

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

SABESP



Túnel Vertedor Tulipa – Barragem Biritiba - SPAT

19

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

SABESP



Túnel Vertedor Tulipa – Barragem Biritiba - SPAT

20

SABESP



Túnel Vertedor Tulipa – Barragem Biritiba - SPAT

21

SABESP



Túnel Vertedor Tulipa – Barragem Biritiba - SPAT

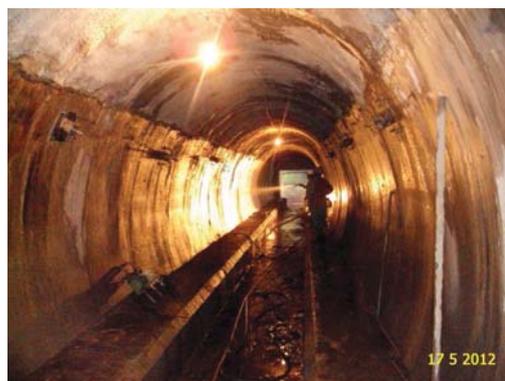
22

SABESP



Túnel Vertedor Tulipa – Barragem Biritiba - SPAT

SABESP



Túnel Vertedor Tulipa – Barragem Biritiba - SPAT

➤ Conseqüências de Investigações Geológicas & Geotécnicas – Projeto – ATO – Construção – Gestão de Riscos Aquém do Ideal



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

25



Diferença de inclinações entre os taludes esquerdo e direito (menos acentuado).

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

26

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente



Trinca na laje de fundo decorrente da distorção do túnel.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

27

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente



Trinca no encontro da calota com o pé-direito (segunda ruptura).

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

28

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente



Trinca verificada na primeira ruptura.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

29

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente



Projeto Executivo e ATO (Acompanhamento Técnico de Obra) do túnel de dutos, com 5 km de extensão, sendo 300 m escavado pelo método convencional (NATM) e 4,9 km escavado por tuneladora (TBM) em rocha.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

30

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente



Tuneladora para escavação de 4.900 m de rocha.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

31

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

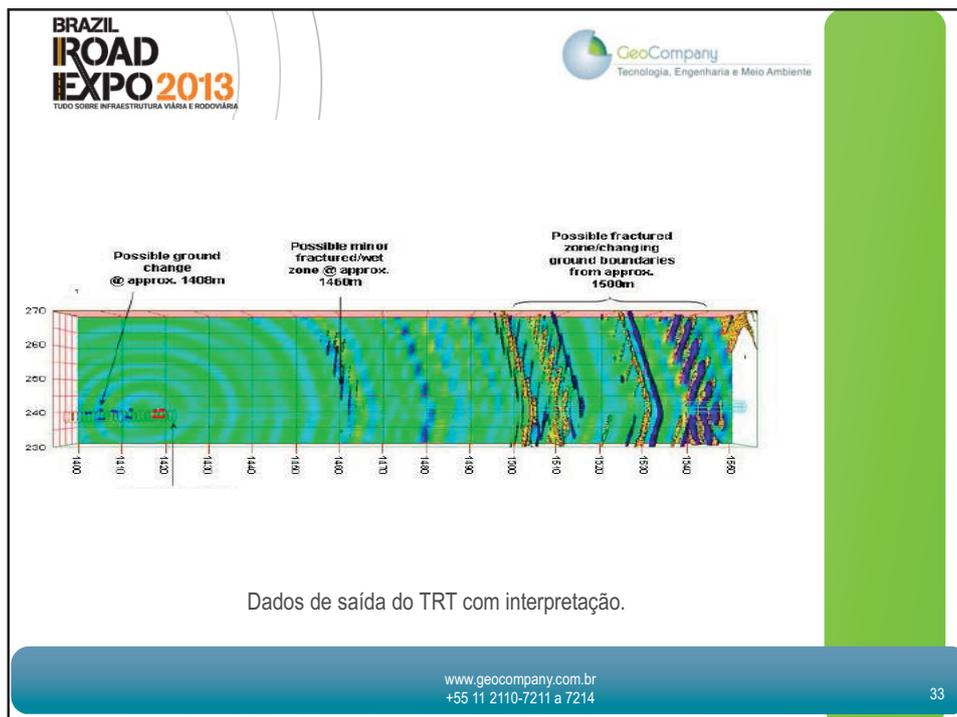
MAPEAMENTO ADIANTE DA FRENTE DE ESCAVAÇÃO - SÍSMICA TRT (TUNNEL REFLECTION TOMOGRAPHY)

Para um mapeamento prévio da frente de escavação, possibilitando antecipar feições geológicas desfavoráveis e obter maior segurança no avanço do túnel pode – se utilizar tomografia sísmica (TRT).

Trata-se de ondas sísmicas emitidas e refletidas novamente aos sensores instalados na região em escavação, geradas junto à frente de escavação. Interpretando-se as características destas ondas refletidas, é possível estimar e caracterizar limites entre as camadas geológicas ou descontinuidades no maciço rochoso situado adiante da escavação atual. Possui alcance de 100m.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

32



BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

MAPEAMENTO GEOELÉTRICO ADIANTE DA FRENTE DE ESCAVAÇÃO - SISTEMA BEAM (BORE-TUNNELLING ELECTRICAL AHEAD MONITORING)

Trata-se de uma formação artificial de campos elétricos de baixa frequência alternada, gerados pela configuração de 3 eletrodos específicos, pelo ajuste de voltagem constante, e pelas correntes forçadas por injeção galvânica no terreno à frente de escavação.

É gerada uma zona de maior sensibilidade, principalmente quando ocorre alteração do terreno na região logo à frente. Este equipamento permite uma exploração permanente das condições do terreno em avanço em cerca de três vezes o diâmetro do túnel, à medida que a máquina está em funcionamento.

A aquisição dos dados e a avaliação são efetuadas automaticamente e os resultados são obtidos em tempo real. A figura abaixo ilustra o modelo de saída dos dados do sistema.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

34

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Ground change warning system

- detection distance: 3-4 times the tunnel diameter
- PFE-values => rock classification
- Resistivity => hydrogeological characterization
- PFE-value range (<0%) = critical rock section

Percentage Frequency Effect (PFE)

"principle of traffic lights",
critical fault and fracture zone in a calcareous weathered geology, no water-inflow

Chainage and date of current face

Legend of geological classification

Modelo de saída de dados do sistema BEAM.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

35

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

SYSTEM STATUS

BEAMControl: Running
Cables OK
Rotary Encoder: Turned Off
Chainage: 1874.60 m
PPS: OK, receiving...
Boring Signal: [Green]

Ground Change Indicator

Created: 1873.70 m [24 Apr 2010 - 05:15]

Percentage Frequency Effect (PFE) [%]

Resistivity [Ohm m]

INTERPRETATION: Geological & Hydrogeological Characterization

Signature / Chainage	1614
Hardrock	Low Fractured
Potential Water - Inflow	No (Small)

RELATORIO SEMANAL DE ACOMPANHAMENTO
Semanal de acompanhamento
Data: 22/03/10
Aut: JAG/01

GRAFICOS DA INVESTIGACAO GEOFISICA (BEAM)
Dados do BEAM entre a profundidade 1.865,1 e 1.890m

Modelo de saída de dados do sistema BEAM.

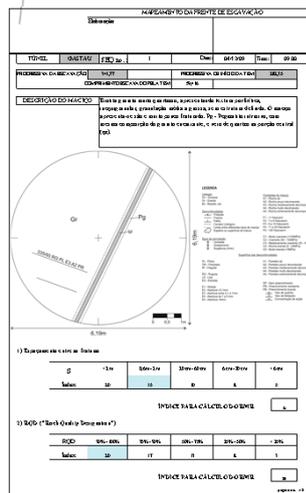
www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

36

MAPEAMENTO DA FRENTE DA ESCAVAÇÃO

O mapeamento da frente de escavação tem por objetivo registrar a ocorrência dos tipos litológicos, feições geológicas, infiltrações de água e classes geomecânicas do maciço em documento apropriado. Consiste de diversas atividades, entre as quais de destacam as seguintes:

- Observação e registro fotográfico da frente de escavação;
- Identificação do tipo litológico, determinação dos graus de coerência e alteração da rocha e medida da atitude das fraturas;
- Determinação dos parâmetros básicos e classificação geomecânica do maciço;
- Determinação da direção das fraturas através da comparação da posição do traço da fratura em relação a um círculo com azimutes referenciado à direção do eixo do túnel. O valor do mergulho e sua direção são estimados visualmente, ou com bússola geológica.



EXEMPLO DE MAPEAMENTO DE FRENTE DE ESCAVAÇÃO



BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA



GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

MAPEAMENTO DA FREITE DE ESCAVAÇÃO

Elaboração: **Marcelo Eduardo Hartwig**

TUNEL GASTAU	SEQ nº:	206	Data:	02/03/11	Time:	17h37
PROGRESSO DA ESCAVAÇÃO:	48%3	PROGRESSO DA FACE DA TUNEL:	28%33			

COMPARATIVO DE CÂMBIO PARA TUNEL

DIREÇÃO DO MACIÇO:
Norte: grande quantidade de rochas com foliação. Não ocorreu por empilhamento de foliagem. É a granito colorido e claro de tonalidade. Há também o tipo de foliação característico com a foliação decorada de um tipo de granito (20%) quanto foliação de foliação.





1) Equipamento usado no trabalho:

S	0-2m	0,0m - 2,0m	20 m - 40 m	40 m - 20 m	0-6 m
Índice	10	10	10	10	10

ÍNDICE PARA CÁLCULO DO RMR

2) RQD ("Rock Quality Designation")

RQD	80% - 100%	70% - 80%	50% - 70%	20% - 50%	< 20%
Índice	10	10	10	10	10

ÍNDICE PARA CÁLCULO DO RMR

página 1/2

EXEMPLO DE MAPEAMENTO DE FREITE DE ESCAVAÇÃO

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

39



BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA



GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

MAPEAMENTO DA FREITE DE ESCAVAÇÃO

Elaboração: **Marcelo Eduardo Hartwig**

TUNEL GASTAU	PROGRESSO DA FACE	48%3
Seq nº:	Data:	Elaborado por:
206	02/03/11	Marcelo E. Hartwig

3) Resultado de cada teste:

R	0-2m	0,0m - 2,0m	20 m - 40 m	40 m - 20 m	0-6 m
Índice	10	10	10	10	10

ÍNDICE PARA CÁLCULO DO RMR

4) Condição das juntas:

Abertura	0,0m - 0,2m	0,2m - 0,5m	0,5m - 1,0m	1,0m - 2,0m	2,0m - 4,0m	4,0m - 6,0m	6,0m - 12,0m	12,0m - 20,0m	20,0m - 40,0m
Índice	10	10	10	10	10	10	10	10	10

ÍNDICE PARA CÁLCULO DO RMR

5) Água Subterrânea:

Abundância	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Índice	10	10	10	10	10	10	10	10	10

ÍNDICE PARA CÁLCULO DO RMR

6) Observação das discontinuidades em relação ao eixo do túnel:

Abundância	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Índice	10	10	10	10	10	10	10	10	10

ÍNDICE PARA CÁLCULO DO RMR

CLASSIFICAÇÃO

RMR	80	100
ROCK CLASS	B0	B1
ROCK CLASS RMR	B	B
ROCK CLASS "Q"	A	A

página 1/1

EXEMPLO DE MAPEAMENTO DE FREITE DE ESCAVAÇÃO

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

40

**BRAZIL
ROAD
EXPO 2013**
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Métodos atuais de projeto – Conceitos Básicos;
- NATM (New Austrian Tunnelling Method) para túneis em solo;
- TBM como método mecanizado, e o NATM como método observacional;
- Aspectos Geológicos-Geotécnicos de túneis em solo;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

41

**BRAZIL
ROAD
EXPO 2013**
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Túneis Rasos e Profundos;
- Avaliação da Estabilidade de Túneis em solo – Teto, frente de escavação, geral;
- Previsão de deslocamentos e recalques causados pela escavação de túneis em solo;
- Danos associados à escavação de túneis em solo, em edificações e utilidades subterrâneas;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

42

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Suporte e revestimento de túneis em solo – Tipos, métodos de cálculo e dimensionamento;
- Tratamento de túneis em solo (enfilagens , drenos, Jet Grouting pregagens de frente, e outros);
- A importância do ATO – Acompanhamento Técnico de Obras – na construção de túneis NATM em solo;
- Gestão da segurança em túneis em solo – Áreas urbanas e não urbanas;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

43

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Riscos inerentes ao projeto, construção e operações de túneis em solo e/ou rocha;
- Gestão de Riscos e suas aplicações em obras subterrâneas – Conceitos Básicos;
- Riscos Imprevisíveis X Riscos Imprevistos;
- Responsabilidades: Concedente, Construtor e do Projetista;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

44

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Riscos e imprevistos Geológicos-Geotécnicos;
- Detecção antecipada de riscos;
- Ações corretivas para minimizar riscos;
- Matriz de riscos de projeto e construção de túneis;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

45

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Impactos na superfície e em edificações próximas;
- Impactos na superfície e em edificações próximas;
- Compartilhamento de riscos construtivos, geológicos e geotécnicos;
- Gestão da segurança em túneis em solo, em áreas urbanas e não urbanas;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

46

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Gestão de riscos em obras subterrâneas de engenharia

Objetivo:

Apresentar e discutir os princípios e metodologias práticas para gerenciar os principais riscos geológicos, geotécnicos, de segurança do trabalho, de projeto e da construção de obras subterrâneas de engenharia.

Apresentar casos de estudo que permitam capacitar as equipes, no que se refere a identificação e gestão de riscos, desde a fase da proposta até o comissionamento final por parte do cliente, e a operação do empreendimento.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

47

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Mitos e Fatos na Engenharia de Túneis:

- Na Engenharia de Túneis, o número de acidentes ultrapassa em muito o número de sucessos.
- FALSO
- O número de acidentes em túneis NATM no Exterior é maior que no Brasil.
- VERDADEIRO

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

48

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- A "Cultura da Segurança em Obras Subterrâneas" está implantada entre Projetistas / Proprietárias / Construtores no Brasil.

- FALSO

- A contratação de projeto e consultoria em obras subterrâneas deve ser feita sempre pelo menor preço, por não serem estes serviços relevantes para o sucesso do empreendimento.

- FALSO

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

49

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- A segurança na construção de túneis NATM, no sentido de evitar rupturas e colapso, não é relevante em termos do orçamento e prazo do empreendimento.

- FALSO

- A monitoração de túneis NATM é importante na avaliação da segurança da escavação.

- VERDADEIRO

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

50

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Acidentes em túneis com escavação mecanizada (TBM) não ocorrem por motivos geológicos.

- FALSO

- Quando ocorre um desvio de condição construtiva (aumentando o risco e a probabilidade de ruptura), deve - se observar os acontecimentos até que os riscos fiquem bem caracterizados.

- FALSO

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

51

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- O risco de acidentes e rupturas em obras subterrâneas é objetivo, ou seja, sempre pode ser quantificado e medido da mesma forma por qualquer observador.

- FALSO

- Planos de Gerenciamento de Riscos em Obras Subterrâneas devem identificar riscos e tolerâncias, avaliar e medir, monitorar e comunicar, e controlar os riscos.

- VERDADEIRO

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

52

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- O acidente nos túneis do Aeroporto de Heathrow, Inglaterra, 1994, não poderia ter sido evitado.

- FALSO

- Um empreendimento com obras subterrâneas pode dispensar análises geológicas - geotécnicas detalhadas e assistência técnica à obra para ser bem sucedido.

- FALSO

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

53

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Riscos Geológicos, Geotécnicos e de Segurança do trabalho em obras subterrâneas.

- Análise crítica do projeto e identificação de riscos;
- O melhor momento para reduzir riscos e na fase de projeto (estudos de viabilidade, projeto básico, projeto executivo), antes de iniciar a obra;
- Procedimentos de controle e protocolos de gestão de risco;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

54

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Procedimentos de controle e protocolos de gestão de risco.

- Plano de gestão de riscos da obra (PGR);
- Registro de riscos (Risk Register);
- Monitoramento e acompanhamento técnico da obra (A.T.O.);

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

55

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Práticas recomendadas para a gestão de riscos.

- Consulting board e comite de gestão de risco;
- Riscos e sua gestão (previsões para dano máximo provável, gestão regular de riscos, etc.);
- Gestão de riscos em projetos complexos;
- Responsabilidades e riscos depois do comissionamento (fase de operação);

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

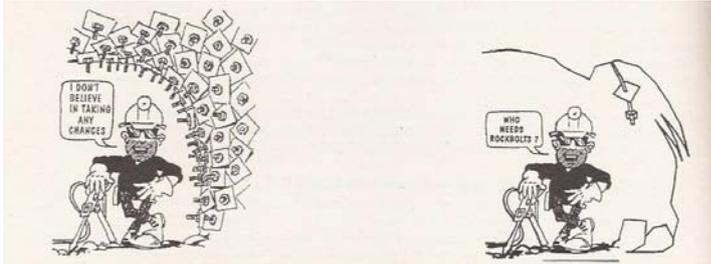
56

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

RISCO

- É o evento ou condição desconhecida, que poderá ter efeitos positivos e/ou negativos.



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

57

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Prevenir-se ante o imprevisível, impactos na construção;
- Custos;
- Segurança:
 - Acidentes durante a obra;
 - Acidentes durante a operação;



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

58




Risco é um evento que se compõe de três elementos:

- Probabilidade, escolha e consequencia;

Por exemplo: Molhar-se com água da chuva durante o caminho de casa até o escritório é um risco que se corre. A probabilidade de que isso ocorra é calculado em função dos número de dias que choveu na hora de ir ao trabalho ao longo do ano passado, dividido por 365 dias.

As consequencias (impactos) deste evento são:

- Gripe;
- Situação desagradável;
- Incômodo durante a jornada de trabalho;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

59




As possibilidades para este evento:

- Aceitar o risco (não me importo em me molhar, e não gosto de guarda chuva);
- Descobrir um conjunto de controles que minimizem (ou mitiguem) as possibilidades de ser vítima do evento, caso ele ocorra.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

60

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Controles: São políticas, procedimentos, práticas ou estruturas organizacionais pensados de forma a conferir uma garantia razoável de que os objetivos de negócio serão alcançados e os eventos indesejáveis serão prevenidos ou detectados, e corrigidos.

Para o risco anterior, temos a seguinte situação:

- Objetivo: Trabalhar sempre seco.

Os controles neste caso se resumem às seguintes práticas?

- Como forma de detecção:
 - ✓ Consultas realizadas diariamente para saber a previsão do tempo;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

61

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Como forma de prevenção:
 - ✓ Carregar diariamente um guarda chuva;
 - ✓ Ir de carro diariamente, desde o estacionamento coberto de casa, até o estacionamento coberto do prédio onde está o escritório;
- Como forma de correção:
 - ✓ Administrar a crise (trabalhar molhado, arriscando-se a adoecer de pneumonia);

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

62

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Cinco pontos básicos na Gestão de Riscos em Obras Subterrâneas

- Plano e estratégia de gestão de riscos;
- Processo de identificação dos riscos;
- Processo de qualificação dos riscos;
- Processo de quantificação dos riscos;
- Processo de monitoramento e controle dos riscos.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

63

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Casos históricos – Riscos em túneis, acidentes durante a obra.



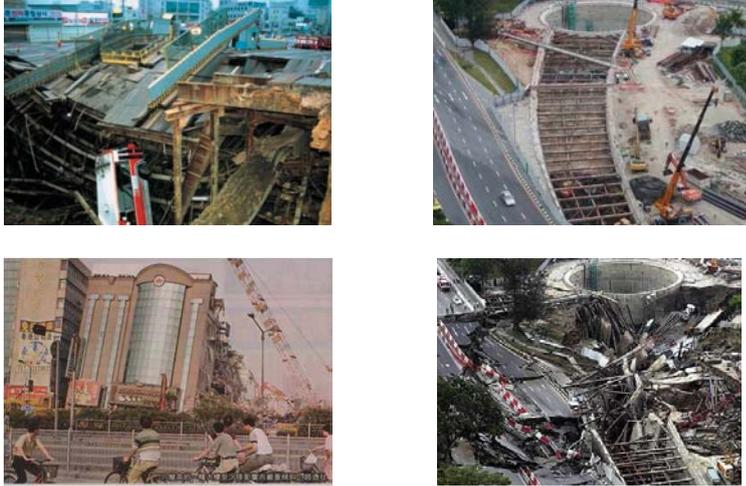
- Aumento significativo do número de demandas de seguro (Claims);
- Prêmios <<< Demandas de seguro;
- Gastos com reparações >>> Custo inicial da obra;
- Dificuldades de obtenção de seguros para obras.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

64

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

65

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Principales Pérdidas desde 1994 (Obras Subterráneas)

PROJECT	CAUSE	LOSS
1994 Great Belt Link, Denmark	Fire	US\$ 33 mio
1994 Munich Metro, Germany	Collapse	US\$ 4 mio
1994 Heathrow Express Link, GB	Collapse	US\$ 141 mio
1994 Metro Taipei, Taiwan	Collapse	US\$ 12 mio
1995 Metro Los Angeles, USA	Collapse	US\$ 9 mio
1995 Metro Taipei, Taiwan	Collapse	US\$ 29 mio
1999 Hull Yorkshire Tunnel, UK	Collapse	US\$ 55 mio
1999 TAV Bologna - Florence, Italy	Collapse	US\$ 9 mio
1999 Anatolia Motorway, Turkey	Earthquake	US\$ 115 mio
2000 Metro Taegu, Korea	Collapse	US\$ 24 mio

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

66

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Principales Pérdidas desde 1994 (Obras Subterráneas)

PROJECT	CAUSE	LOSS
2000 TAV Bologna - Florence, Italy	Collapse	US\$ 12 mio
2002 Taiwan High Speed Railway	Collapse	US\$ 30 mio
2002 SOCATOP Paris, France	Fire	US\$ 8 mio
2003 Shanghai Metro, PRC	Collapse	US\$ 80 mio
2004 Singapore Metro, Singapore	Collapse	t.b.a.
2005 Barcelona Metro, Spain	Collapse	t.b.a.
2005 Lausanne Metro, Switzerland	Collapse	t.b.a.
2005 Lane Cove Tunnel, Sydney	Collapse	t.b.a.
2005 Kaohsiung Metro, Taiwan	Collapse	t.b.a.

19 Prejuízos de Grande Importância Valor Total : ~ US\$ 600 mi

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

67

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

➤ Necessidade de promover procedimentos proativos de gestão de riscos.



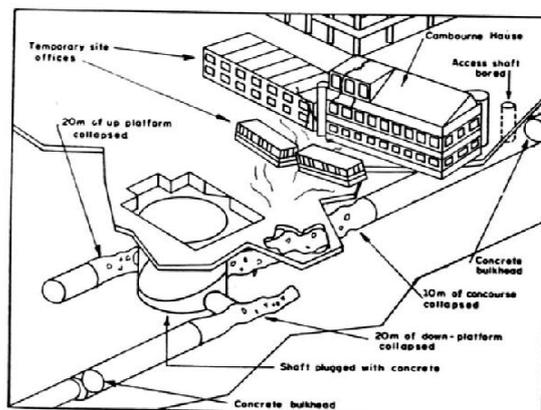
www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

68

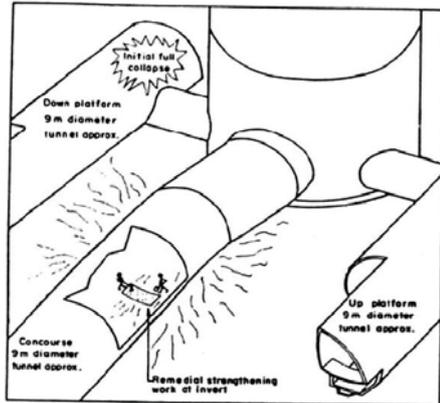
Objetivos e resultados do procedimento de Gestão de Riscos

- Fixar padrões mínimos de avaliação de riscos e procedimentos de gestão de riscos;
- Definir claramente as responsabilidades das partes envolvidas;
- Reduzir as probabilidades de perda;
- Diminuir o número e tamanho dos "Engineering Claims".

Colapso de três túneis em Heathrow (1994)



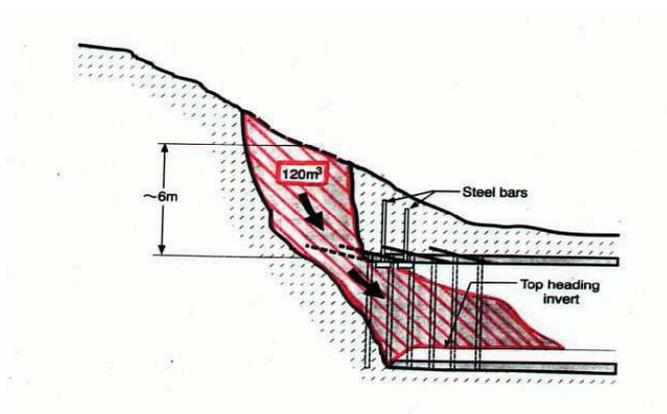
Colapso de túneis em Heathrow



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

71

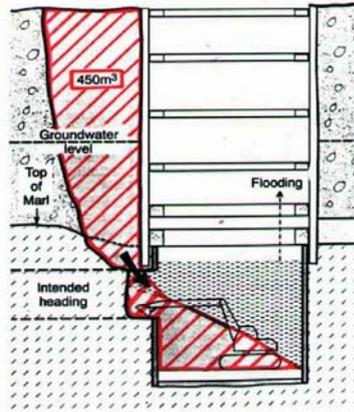
Colapso de túneis em Munich (1987)



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

72

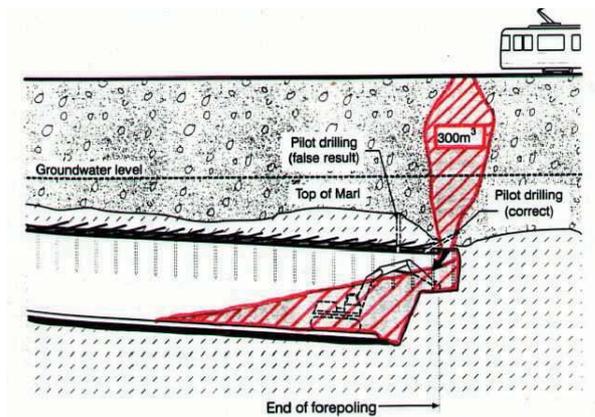
Colapso de túneis em Munich (1987)



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

73

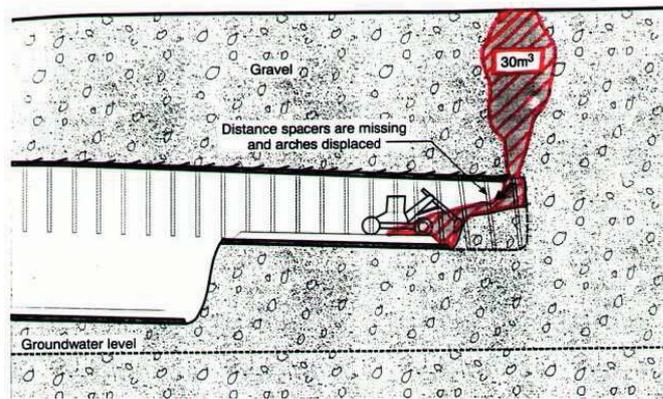
Colapso de túneis em Munich (1987)



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

74

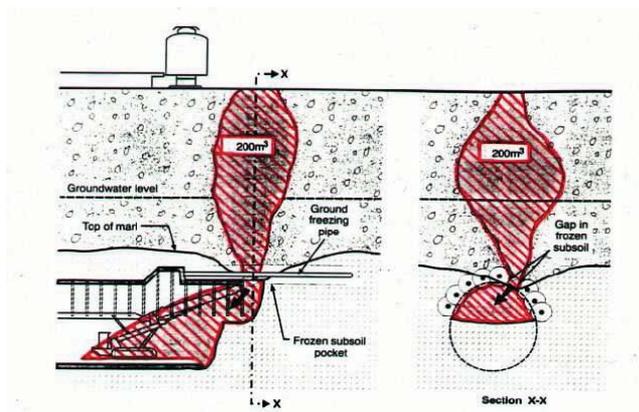
Colapso de túneis em Munich (1987)



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

75

Colapso de túneis em Munich (1987)



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

76



Colapso de túnel em construção na Suíça



Aeroporto de Heathrow, Londres, 1994: início do colapso dos túneis, com formação de um buraco na superfície.



Colapso de edifício, posteriormente ao colapso dos túneis de Heathrow (1994)



Vista geral da área afetada pelo colapso (Heathrow, 1994), após a demolição dos edifícios danificados.

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente



Colapso do Túnel Hull (interceptor de esgoto), Inglaterra, 1999: recalques excessivos e ruptura do maciço acima do túnel.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

81

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente



Colapso do Metrô de Taegu (cortar e cobrir), Coreia do Sul, 2000.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

82

Colapso do Metrô de Shanghai, China, 2003.



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

83

Colapso no Metrô de Shanghai, China, 2003.



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

84

Colapso em “cut and cover” de sistema viário em Singapura, 2004.



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

85

Colapso de obra subterrânea no Metrô Kaosiung, 2005.



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

86

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Plano de gestão de riscos

Abaixo uma sequência obrigatória de atividades:

```
graph TD; A[Identificar riscos e tolerâncias] --> B[Monitorar e comunicar riscos]; B --> C[Avaliar e medir riscos]; C --> D[Controlar riscos]; D --> A;
```

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

87

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Tendências gerais do setor da construção

- Tendência para os contratos de preço global;
- Termos de contrato unilateral;
- Cronogramas exigentes;
- Orçamentos financeiros reduzido;
- Extrema concorrência;
- Necessidade de procedimentos pró-ativos de gestão de riscos;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

88

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Análises de riscos em obras subterrâneas

- Identificar riscos em potencial;
- Identificar modos de ruptura;
- Estimativa estatística de riscos;
- Avaliar medidas de redução de riscos;
- Avaliar medidas corretivas necessárias;
- Estabelecer estratégia para reduzir os riscos;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

89

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- risco= f (danos, probabilidade, consequência);
- O que pode dar errado (danos)?
- É provável que isso aconteça (probabilidade)?
- O que as perdas (materiais, ambiental, vidas, etc.) causarão (consequência)?

$$R = P \times I$$

Risco = Probabilidade x Impacto

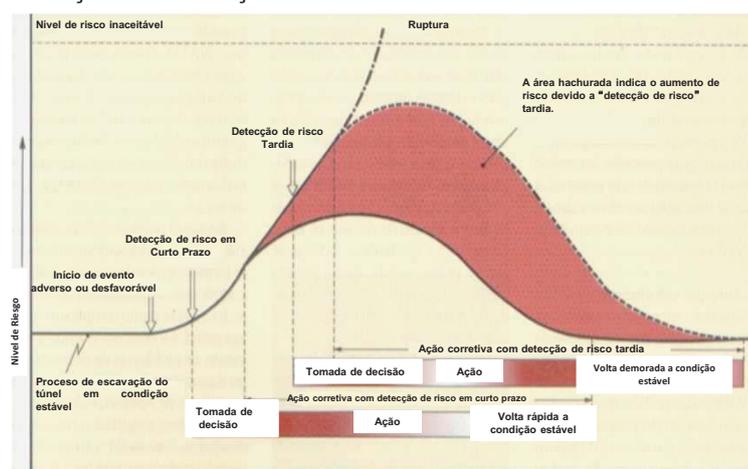
www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

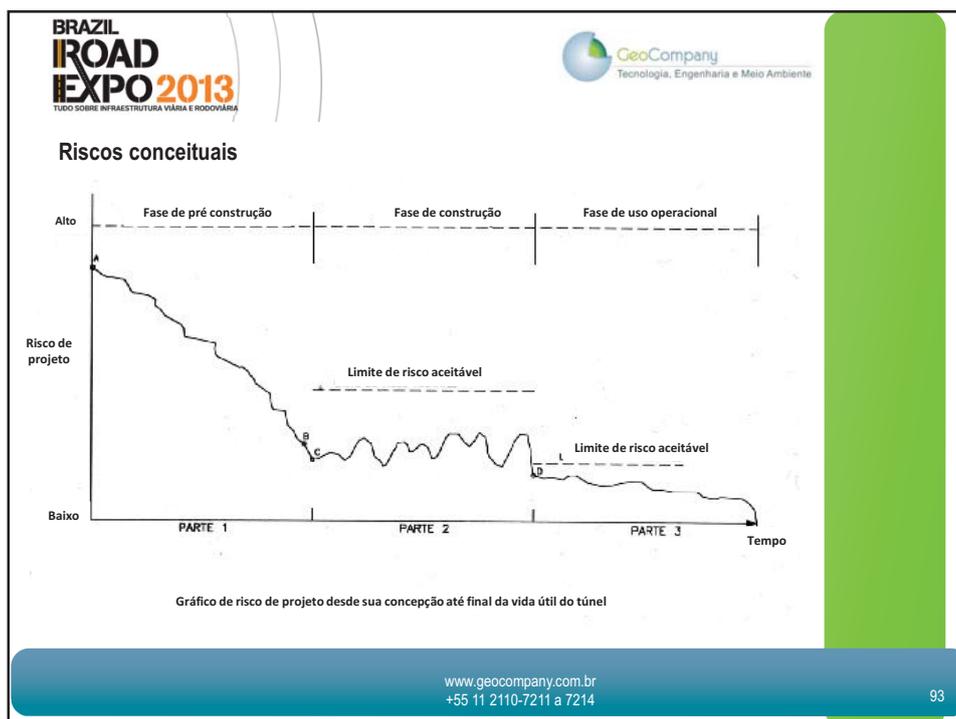
90

Gestão de riscos no projeto , construção e operação em obras de infraestrutura

- Detecção de riscos e ação corretiva;
- O risco conceitual;
- Enfoque estruturado de análises de riscos;
- Recomendações para aumentar a segurança;
- Questionário (complementação das informações);
- Lista de verificação (*check list*);

Detecção de riscos – Ação Corretiva





BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Análises de riscos e de decisão

- **Objetivo:** Estudar o problema dos riscos na construção e operação de uma forma mais estruturada, usando uma análise formal para minimizar os riscos.
- **Resultado:** Decisões deixam de ser intuitivas e empíricas, e tornam-se mais estruturadas. Evita-se correr riscos sem ter avaliado as consequências.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

94

**BRAZIL
IROAD
EXPO 2013**
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Estudo de caso

➤ **Barragem La Yesca**

**Comissão Federal de Eletricidade
México**

Análises críticas do projeto e os riscos de construção

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

95

**BRAZIL
IROAD
EXPO 2013**
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Analisar aspectos Geológicos-Geotécnicos referentes a:

➤ Informações geológicas disponíveis;

➤ Túneis de desvio;

➤ Túneis de adução, descarga e acessos;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

96

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Cavernas subterrâneas - casa de máquinas e câmara de equilíbrio;
- Barragem de enrocamento com face de concreto;
- Zona do plinto;
- Escavação de drenagem;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

97

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

The drawing shows a plan view of a dam structure with various sections and chambers. A legend in the bottom left corner identifies the sections: TRECHO 1 (diagonal hatching), TRECHO 2 (horizontal hatching), TRECHO 3 (vertical hatching), TRECHO 4 (dotted pattern), and CHAMBA (white). The title block in the bottom right corner contains the following information:

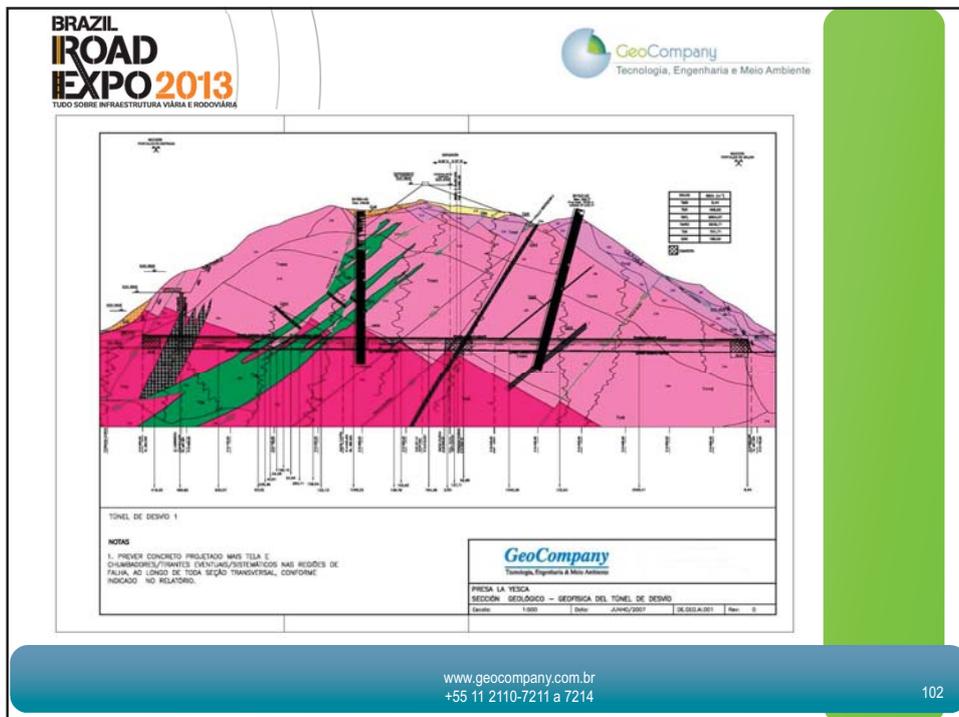
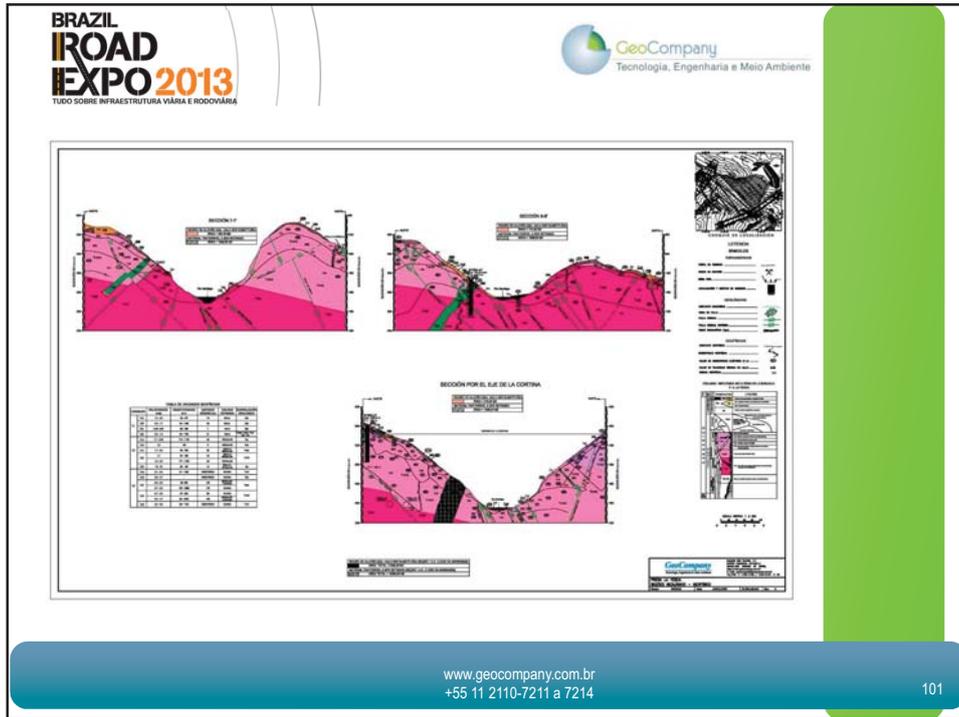
GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

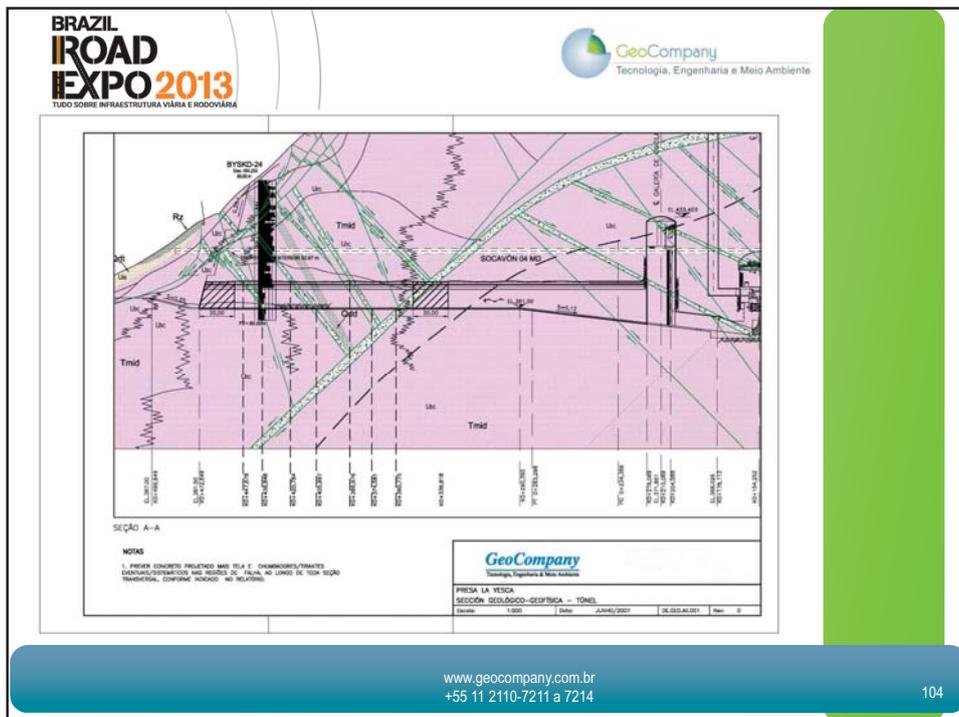
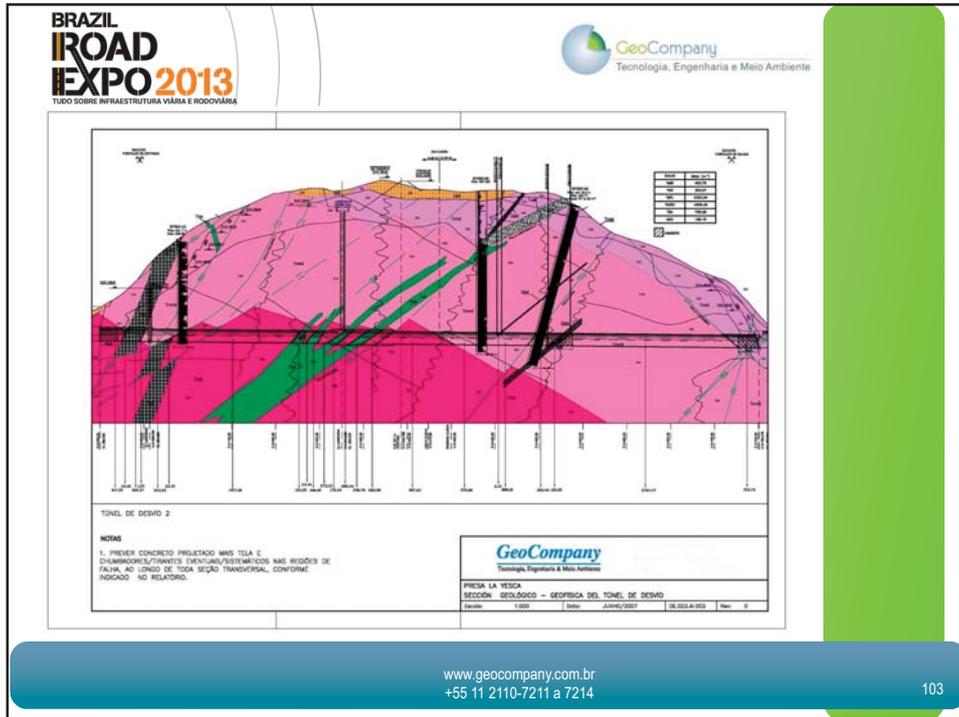
PRESA LA YESCA
SITUAÇÃO ATUAL COM ACHRESCIMO DE TRECHO PARA CASA DE MÁQUINAS

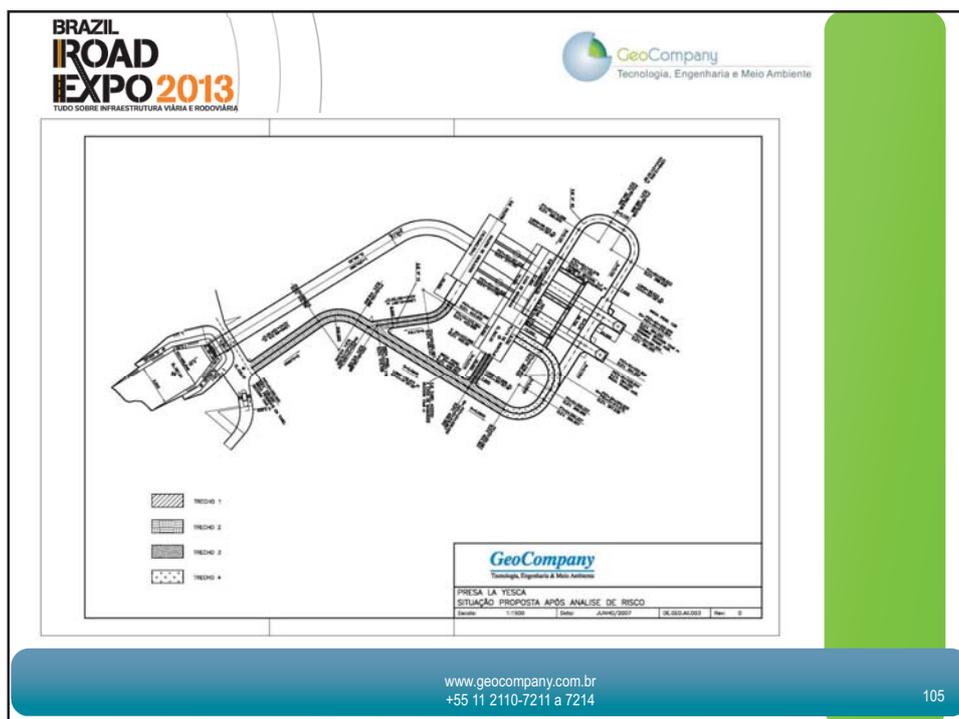
Projeto: 11/1020 | Data: 02/04/2012 | 25.02.04.002 | Rev: 0

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

98







BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

A Análise crítica e de risco do projeto (2007) da barragem La Yesca foi realizada a fim de propor recomendações para a gestão de riscos na construção do empreendimento.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

106

**BRAZIL
ROAD
EXPO 2013**
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Pelo que vimos, estudando e analisando, cabe-se destacar as seguintes considerações e recomendações

Estudos Geológicos-Geotécnicos

- Os estudos geológicos-geotécnicos através de galerias e exploração (túneis) revelam um maciço rochoso de melhor qualidade do que o suposto pela CFE .
- No entanto, esta caracterização do maciço rochoso feita pelo CFE é incompleta e pode ser melhorado.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

107

**BRAZIL
ROAD
EXPO 2013**
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- De acordo com a classificação geomecânica preliminar da CFE, o único material de boa qualidade é a ignimbrita dacítica e riódacítica são (RMR de 71). Os demais materiais são de má qualidade (RMR de 21 a 39), com exceção da zona de falha do vertedouro, cujo material é de péssima qualidade (RMR de 9). Esta classificação do CFE é excessivamente pessimista, na opinião da GeoCompany .

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

108

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- As obras subterrâneas (túneis e cavernas) se implantarão nos níveis inferiores do maciço rochoso, que é de boa qualidade embora seja bastante fraturado e com algumas falhas.
- CFE especificou suporte de túneis com cambotas metálicas e contenção com pranchas de madeira, no qual se encontra em desuso. A pratica atual recorre a sistemas de suporte com concreto lançado, tirantes, chumbadores, e para a classe de maciço rochoso identificada nos túneis (classe III – RMR / Bienwasky) não se utilizam cambotas metálicas, portanto reduzirá a produtividade das escavações.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

109

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Se recomenda substituir cambotas metálicas por concreto lançado, tirantes ou chumbadores, tela metálica ou fibras de aço, o que aumenta a produtividade e reduz custo.
- A sobre escavação no maciço rochoso poderá ser significativa nas zonas fraturadas, por ocorrência de overbreak após a detonação com explosivos.
- Para túneis de acesso, desvio e adução pode-se calcular avanços de 3m por turno de escavação (1 a 2 turnos em um período de 24 horas), correspondentes a um maciço classe III, com exceção da falha de Crucero Pitayo.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

110

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Nas cavernas subterrâneas, a abóboda pode avançar 3m por dia, com túnel central e dois alargamentos laterais de 18m . As escavações ainda podem ser feitas em bancadas de 6m de altura, com instalação de tirantes ou chumbadores, e drenos antes do aprofundamento de cada fase de escavação.
- Nos túneis de desvio não é necessário utilizar cambotas.
- No túnel de descarga está previsto um suporte com cambota metálica de 30kg/m nos primeiros 20m; foi previsto utilização de concreto projetado e tela metálica em 50% do trecho com falhas. Nos primeiros 20m, é esperado avanço de 1,5 m com suporte sistemático.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

111

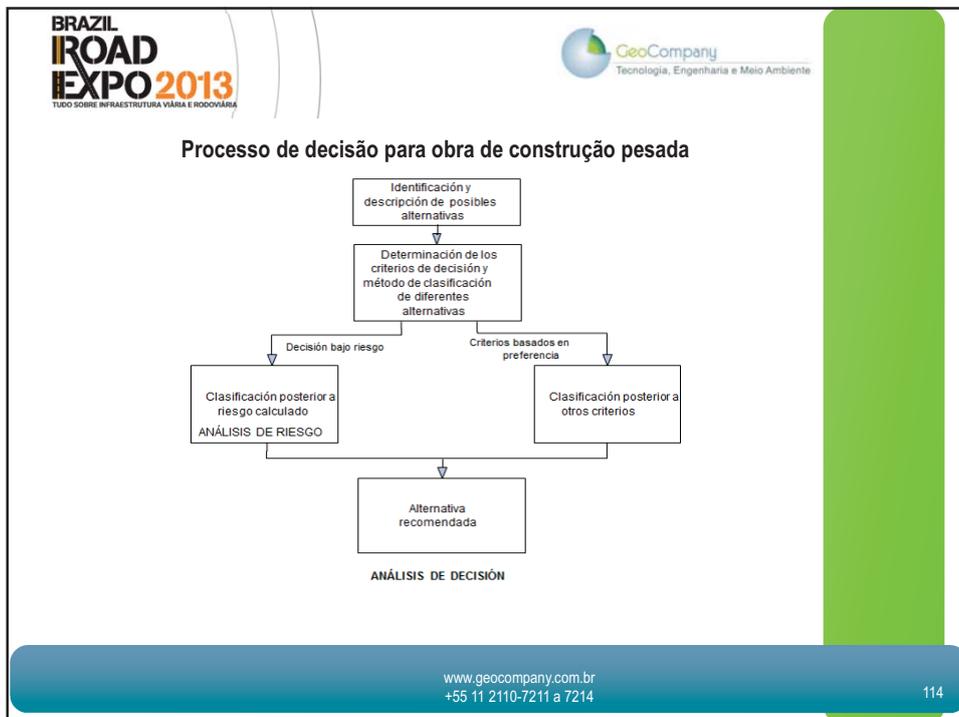
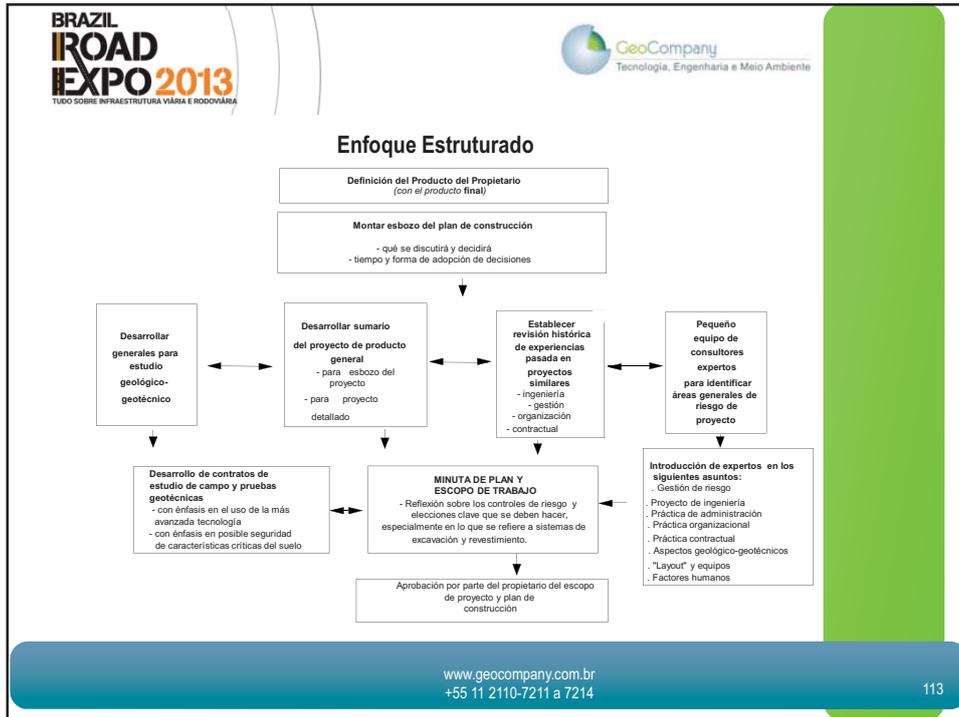
BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

 **GeoCompany**
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Antes de continuar a escavação das cavernas, talvez o mais prudente seja realizar o tratamento da falha de Crucero Pitayo, com injeções de calda de cimento e/ou ancoragens, seja para os túneis de acesso, galerias existentes ou a ser construídas especificamente para este propósito.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

112



BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Conclusões

Principais causas de acidentes:

- O desconhecimento da hidrogeologia e geotecnia, devido à investigações insuficientes;
- Falta de planejamento, controle e gestão das obras;
- Subestimação dos riscos;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

115

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Risk

Management

Successful Project

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

116

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Considerações Finais

Sugestões para minimizar a probabilidade de encontrar condições inesperadas de natureza crítica:

- Planejamento e estudo geólogo executados em mais do que uma fase e, dependendo do método de construção selecionado;
- Selecionar o método construtivo com base nas condições geológicas, usando análise de riscos e de decisão;
- No princípio do projeto, identificar os riscos e melhorar as estratégias de controle de riscos efetivos .

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

117

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Apoio de A.T.O (Acompanhamento Técnico de Obra);
- Elaborar planos e procedimentos de contingência;
- É necessário implementar a prática comum em outros países de análise crítica – revisão e validação de projeto;
- Contratação pelo melhor preço (menor preço final para o projeto como um todo – trabalho - operação – manutenção) e não o menor custo de construção;
- Iniciar a obra com projeto executivo detalhado;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

118

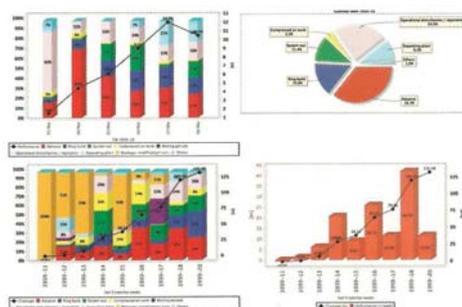
DMS (DATA MANAGEMENT SYSTEM) da GeoCompany para o Acompanhamento Técnico da Obra

GeoCompany implementará um sistema de gerenciamento de dados para o acompanhamento técnico da obra, permitindo monitorar o progresso da construção do túnel, segurança e produtividade, on line, via internet pelo moderno sistema DMS (Data Base Management System – Sistema de Gerenciamento de dados). Isto permitirá o monitoramento pela internet de todas as atividades, nas distintas etapas de sua construção (através de fotos, mapas diários, resultados da instrumentação, etc.)

Esse acesso estará disponível aos membros, para o controle "pari passu" , no progresso do trabalho sobre os aspectos técnicos.

- Entre os vários parâmetros que podem ser controlados, se destacam as seguintes:

WEEKLY PROGRESS SUMMARY



Monitoramento semanal da evolução da obra

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

INTERACTIVE TUNNEL VIEWER

- Perfil Geológico atualizado de acordo com o andamento da escavação

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

123

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

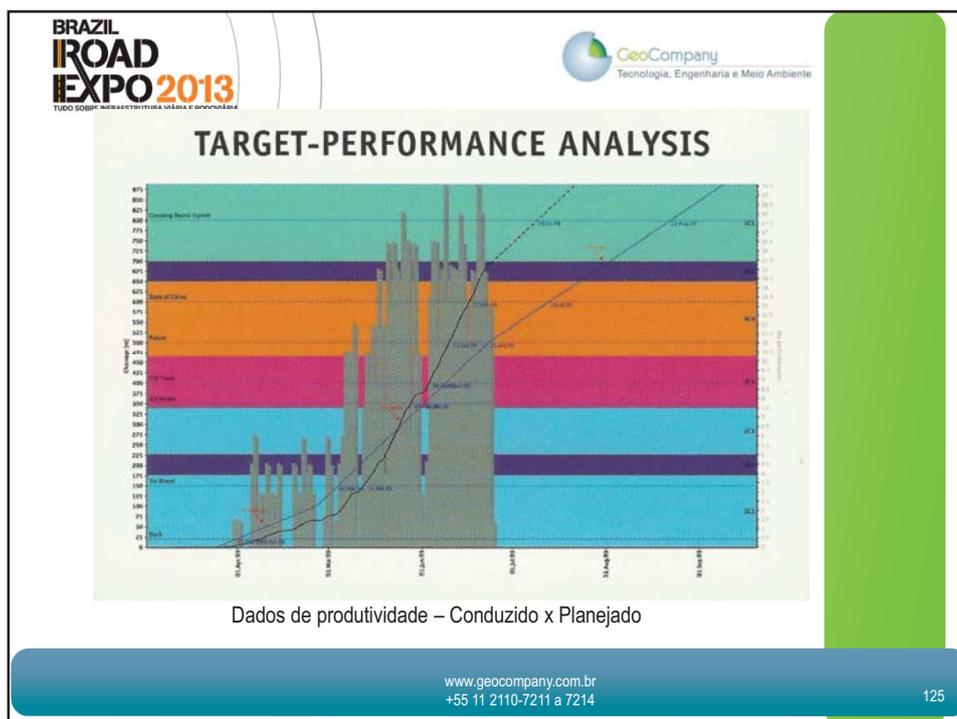
GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

MAP VIEWER

Vista dos mapas e atributos especiais da construção do túnel

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

124



BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Conclusões e Considerações finais

Implantação da cultura de segurança entre:

- Projetistas;
- Construtores;
- Proprietários;

Junto com a lista de verificação (check list) reduzirão os riscos na construção.

- **RMP** – Risk Management Plan (Plano de Gestão de Riscos);
- **RR** – Risk Register (Registro de Riscos),

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

126



Todos estes procedimentos e ações, em conjunto com a aplicação da lista de verificação (check list) de anomalias, reduzirão os riscos no projeto, construção e operação das obras subterrâneas construção pesada.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

127



Como resultado, os sucessos
irão tornar-se cada vez
mais frequente e, conseqüentemente,
a falta de sucesso
irá tornar-se cada vez menos frequentes.

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

128



BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA



GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

- Tendências Atuais na Gestão de Riscos;
- Indicadores de ocorrências e não conformidades;
- Procedimentos para Execução de Atividades;

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

129



BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA



GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

APRI – Análise Preliminar de Riscos e Incertezas

1	3	4	5	8		9		10		11	12	13		14		15	
				Quantidade	Qualidade	Quantidade	Qualidade	Quantidade	Qualidade			Quantidade	Qualidade	Quantidade	Qualidade	Quantidade	Qualidade
Item N°	Risco Identificado	Possíveis Causas (do Evento de Risco Identificado)	Efeitos (consequência, impacto)	Categoria Probabilidade	Categoria Severidade	GRAU de RISCO		Ações Propostas (para o gerenciamento do Risco)		Observações e Comentários	Categoria Probabilidade	Categoria Severidade	GRAU de RISCO				
1	Desmoronamento de rocha sem perda da TBM	Presença de fraturas/rocha alterada sem água	Ataço na obra	B	I	1	1	I - O resultado do probe drill realizado na progressiva 4.688,22m alcançou a progressiva 4.730m indicando um maciço competente (apresentando velocidades de avanço compatíveis com maciço de qualidade adequada para continuidade da escavação) e com ausência de depósitos de água. C - Conforme modelo geológico, resultado da sondagem SR-111 e resultado do último TRT realizado no dia 15/02/10 o maciço apresenta-se competente até a progressiva 4.770m. O Colegiado entende que a escavação deve prosseguir até a progressiva 4.770m devendo ser realizado um novo ensaio de TRT até a progressiva 4.730m (aproveitando o período de manutenção da TBM), devendo ainda ser analisados diariamente os mapeamentos de frente e o material escavado no local sempre para posterior monitor do Colegiado para nova APRI na progressiva 4.770m.									
2	Desmoronamento de rocha com perda da TBM		Paralisação da obra														

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

130

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

“Nenhum projeto de construção está livre de riscos. Os riscos podem ser administrados , minimizados, compartilhados , transferidos e aceitos, mas jamais podem ser ignorados”



www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

131

BRAZIL IROAD EXPO 2013
TUDO SOBRE INFRAESTRUTURA VIÁRIA E RODOVIÁRIA

GeoCompany
Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Você estudou detalhes de alguns dos grandes acidentes da história da escavação de túneis e obras subterrâneas.

Cite três importantes aprendizados diretos que a Engenharia de Túneis aprendeu com os acidentes, associando a prática atual ao sinistro

www.geocompany.com.br
+55 11 2110-7211 a 7214

132

Muito obrigado

Roberto Kochen

Kochen@geocompany.com.br

+55 11 2110-7211 a 7214

Bibliografia utilizada:

- **Gestão de riscos em obras Subterrâneas de engenharia**
(Revista Engenharia, 2009 - Download em
www.geocompany.com.br/ftp/gros.pdf)