

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

GESTÃO DOS RISCOS GEOMECÂNICOS DEVIDOS À
ESCAVAÇÃO DE TÚNEIS URBANOS: APLICAÇÃO AO
METRÔ DE BOGOTÁ

JORGE ESTEBAN ALARCON GUERRERO

ORIENTADOR: ANDRÉ PACHECO DE ASSIS

TESE DE DOUTORADO EM GEOTECNIA

PUBLICAÇÃO: G.TD-091/2014

BRASÍLIA / DF: JANEIRO/2014

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**GESTÃO DOS RISCOS GEOMECÂNICOS DEVIDOS À
ESCAVAÇÃO DE TÚNEIS URBANOS: APLICAÇÃO AO
METRÔ DE BOGOTÁ**

JORGE ESTEBAN ALARCÓN GUERRERO

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR.**

APROVADA POR:

**ANDRÉ PACHECO DE ASSIS, PhD (ENC/UnB)
(ORIENTADOR)**

**MARCIO MUNIZ DE FARIAS, PhD. (ENC/UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**HERNÁN EDUARDO MARTÍNEZ CARVAJAL, D.Sc. (ENC/UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**NORIS COSTA DINIZ, D.Sc. (IG/UnB)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**BERNARDO CAICEDO HORMAZA, D.Sc. (UNIVERSIDAD DE LOS ANDES)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

FICHA CATALOGRÁFICA

ALARCÓN GUERRERO, JORGE ESTEBAN

Gestão dos riscos Geomecânicos Devidos à Escavação de Túneis urbanos: Aplicação
ao Metrô de Bogotá [Distrito Federal] 2014

xix, 342 p., 210x297 mm (ENC/FT/UnB, Doutor, Geotecnia, 2014)

Tese de Doutorado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. Gestão do risco geotécnico | 2. Túneis urbanos |
| 3. Probabilidade em geotecnia | 4. Método dos elementos finitos |
| 5. Cartografia geotécnica | 6. Caracterização estatística em geotecnia |
| I. ENC/FT/UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALARCÓN, J.E. (2014). Gestão dos Riscos Geomecânicos Devidos à Escavação de Túneis Urbanos: Aplicação ao Metrô de Bogotá, Publicação GTD-091/2014, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 342 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Jorge Esteban Alarcón Guerrero

TÍTULO DA TESE: Gestão dos Riscos Geomecânicos Devidos à Escavação de Túneis Urbanos: Aplicação ao Metrô de Bogotá

GRAU / ANO: Doutor/2014

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Jorge Esteban Alarcón Guerrero
Rua Frei Caneca 485 Bloco B Apto 44
01307-001 – São Paulo/SP - Brasil

DEDICATÓRIA

*A mi amada esposa Catalina, a mis padres
Gregória y Jorge Eliécer, y a la memoria de la
Heroína Montiel*

AGRADECIMENTOS

Pelos aportes dados a esta tese agradeço a os professores da pós-graduação em Geotecnia da UNB Newton Moreira de Souza, Marcio Muniz de Farias e Manoel Cardão Neto, ao professor na UNAM de México Juan Felix Rodríguez, assim como aos professores do departamento de estatística da UNB Alan Ricardo da Silva e Eduardo Nakano.

Ao CNPQ e Capes pelo financiamento desta tese.

Do *Servicio Geológico de Colombia* Especialmente ao engenheiro Carlos Alvarado, quem me ajudou a abrir portas em Bogotá, e ao engenheiro Alberto García. Do *Acueducto de Bogotá* ao senhor Flavio Rodríguez e ao engenheiro Oscar Garzón Martínez. Do FOPAE ao Engenheiro Fernando Díaz. De Catastro Distrital de Bogotá ao senhor Ivan Fernando Herrera. Todos eles aportaram fundamentalmente no árduo processo de coleta de informação.

Agradeço especialmente ao Héctor Mauricio Osorio e aos professores Humberto Caballero e Alejandro Chica Sánchez por suas oportunas e amigáveis palavras. Ao professor Hernán Martínez Carvajal por sua grande ajuda neste meu processo de me converter em doutor. Ao meu amigo e colega Paulo André Charbel por revisar carinhosamente o português de cada capítulo da minha tese e pelos muitos cafezinhos. Igualmente aos meus colegas e amigos Juan Carlos Ruge e Cristhian Mendoza pela ajuda na busca de informação.

Por último minha eterna e incondicional gratidão para meu orientador André Pacheco de Assis, que me tratou como um pai trata um filho e que foi, durante estes quatro anos, um claro e bom exemplo como orientador, como engenheiro e principalmente como ser humano.

GESTÃO DOS RISCOS GEOMECÂNICOS DEVIDOS À ESCAVAÇÃO DE TÚNEIS URBANOS: APLICAÇÃO AO METRÔ DE BOGOTÁ

RESUMO

A engenharia geotécnica envolve grandes incertezas. Estas estão associadas às metodologias de sondagem e amostragem; aos procedimentos associados aos ensaios de campo e laboratório; e à variabilidade natural das variáveis geotécnicas (Christian *et al.*, 1994). Numerosos acidentes que ocorreram nas últimas duas décadas indicam que 69% tem a ver com as mencionadas incertezas. Metodologias probabilísticas como o método da primeira ordem segundo momento (FOSM na sigla em inglês), estimativas pontuais, Monte Carlo entre outras, aparecem para tentar dar solução ao problema de incorporar as mencionadas incertezas, no entanto, não são suficientes para incorporá-las em empreendimentos civis. Metodologias de gestão do risco (GR) dão uma melhor solução a este problema devido a que incorporam adicionalmente à probabilidade de ocorrência, os custos associados aos danos ocasionados e fornecem melhores ferramentas para tomada de decisões aos engenheiros e gerentes de empreendimentos. Embora haja importantes publicações relacionadas com as metodologias de GR na engenharia geotécnica como a de Einstein (1996) e a guia da ITA entre outras, não há um entendimento do que significa uma metodologia de GR. Não existe um consenso referente às definições básicas, etapas associadas e escopo destas etapas, assunto que provavelmente gerou a mencionada situação e atrasou a popularização das metodologias de GR. Esta tese apresenta uma metodologia de GR e sua aplicação ao Metrô de Bogotá (Colômbia). Foi realizada uma coleta de dados e construído um banco de dados espacial. Posteriormente, foi construído um modelo geomecânico do maciço associado à região de estudo e um processo estatístico para atribuir distribuições de probabilidade às variáveis utilizadas. Foram calculadas probabilidade de excedência de certas variáveis de controle típicas usando FOSM e métodos numéricos e foram calculadas as consequência dada sua ocorrência. Foi calculado o risco expresso em termos monetários e finalmente foi feito um zoneamento da região de estudo em função do mencionado risco.

GEOMECHANICAL RISK MANAGEMENT ASSOCIATED WITH URBAN TUNNEL EXCAVATION: BOGOTÁ SUBWAY CASE APPLICATION

ABSTRACT

Geotechnical Engineering involves many uncertainties. Uncertainties are associated to: drilling and sampling methodologies, field and laboratory test procedures, and natural variability of the variables involved (Christian *et al.*, 1994). Numerous accidents happened in the last two decades show that 69% of the accidents are concerned with the handling of the uncertainties (Seidenfuß, 2006). Probabilistic methodologies like First Order Second Moment (FOSM), Point Estimate, Monte Carlo and others, appears to give solutions to the problem of incorporate those uncertainties, although are no sufficient to incorporate appropriately the uncertainties in civil projects. Risk Management Methodologies (RMM) give a better solution to these problem due incorporate further the probability of occurrence, the costs associated to the damage occasioned and give better decisions tools to designers and project managers. Notwithstanding important publications about RMM in geotechnical area like Einstein (1996) and the ITA guidelines (Eskesen *et al.*, 2004) and others, there isn't an understanding of that RMM means. There is not a consensus about basic definitions, steps and scope of those steps which probably generated this situation and avoided the popularization of the RMM. This PhD thesis presents a RMM and its application to Bogotá Subway (COL). Both a collect of data and a spatial data base were made. Subsequently was made a 3D geo-mechanical model and a statistical process to define the variable's distributions of probability. Probabilities of to exceed typical control variables was calculated using FOSM and FEM, and were calculated the consequences of its occurrence. Risk, expressed in money, was calculated and a spatial zoning about Risk was presented.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	MOTIVAÇÃO	1
1.2	OBJETIVOS	2
1.3	METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	3
1.4	ESCOPO DA TESE	3
2	TÚNEIS URBANOS	4
2.1	SISTEMA TÚNEL-MACIÇO-SUPORTE	5
2.2	COMPORTAMENTO TENSÃO-DEFORMAÇÃO DE UM TÚNEL RASO.....	7
2.3	CONDIÇÃO DE CAMPO LIVRE E DESLOCAMENTOS SUPERFICIAIS INDUZIDOS POR UM TÚNEL RASO.....	12
2.4	EFEITO NAS EDIFICAÇÕES PRODUZIDO PELA ESCAVAÇÃO DE TÚNEIS RASOS.....	16
2.5	QUANTIFICAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO DO DANO NAS EDIFICAÇÕES	21
2.6	CAUSAS DE ACIDENTES EM TÚNEIS	25
3	GESTÃO DO RISCO	27
3.1	INTRODUÇÃO	27
3.2	GESTÃO DO RISCO	31
3.3	DIMENSIONALIDADE DO RISCO	34
3.4	RISCO ADMISSÍVEL, RESIDUAL E MITIGAÇÃO DO RISCO	35
3.5	TEMPORALIDADE DO RISCO	36

3.6	POLÍTICAS DO RISCO.....	37
3.7	ANÁLISE DO RISCO	38
3.7.1	ANÁLISE QUALITATIVA	39
3.7.2	ANÁLISE QUANTITATIVA.....	45
3.8	TOMADA DE DECISÃO E TRANSFERÊNCIA DOS RISCOS.....	48
4	CASO DE APLICAÇÃO.....	51
4.1	METRÔ DE BOGOTÁ.....	51
4.2	GEOLOGIA E MATERIAIS ESPERADOS.....	53
4.3	AMBIENTE URBANO	57
5	BANCO DE DADOS, FERRAMENTAS E PRIMEIROS ELEMENTOS DO MODELO GEOMECÂNICO	61
5.1	SOFTWARE.....	62
5.2	SISTEMA DE PROJEÇÃO	62
5.3	COLETA DE DADOS.....	63
5.4	VARIAÇÕES NO TRAÇADO E NAS CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO METRÔ DE BOGOTÁ.....	66
5.5	ÁREA DE ESTUDO.....	68
5.6	BANCO DE DADOS CARTOGRÁFICO	70
5.7	ESCALA DE PROJETO vs. ESCALA DA INFORMAÇÃO.....	70
5.8	MODELO GEOMÉTRICO DO MODELO GEOMECÂNICO E PRIMEIRA SEPARAÇÃO POPULACIONAL	74

5.9	MODELO CONSTITUTIVO E SEUS PARÂMETROS	78
5.10	BANCO DE DADOS GEOTÉCNICO	81
5.10.1	CONTEXTOS DEPOIS DA COLETA DOS DADOS E COMPLEMENTAÇÃO DO BANCO DE DADOS	81
5.10.2	CÁLCULO DOS PARÂMETROS DO MODELO	87
6	MODELO GEOMECÂNICO	90
6.1	CARATERIZAÇÃO ESTATÍSTICA DE DADOS GEOTÉCNICOS.....	91
6.1.1	SEGMENTAÇÃO DA AMOSTRA	92
6.1.2	VALIDAÇÃO FÍSICA E/OU ESPACIAL DA SEGMENTAÇÃO	93
6.1.3	VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA DA SEGMENTAÇÃO.....	93
6.1.4	AJUSTE DE UMA FUNÇÃO DE DENSIDADE DE PROBABILIDADE TEÓRICA	94
6.2	SOFTWARE R E BIBLIOTECAS	95
6.3	VARIÁVEIS $M, \lambda, \kappa, \gamma_b, e_0$	95
6.3.1	VARIÁVEL ALEATÓRIA λ	95
6.3.2	VARIÁVEL ALEATÓRIA M	104
6.3.3	VARIÁVEIS ALEATÓRIAS κ, γ_t, e_0	106
6.4	VARIÁVEIS E, ν	112
6.5	VARIÁVEL P_{c0}	115
6.6	RESUMO DOS RESULTADOS	116

7	ANÁLISE DO RISCO DO METRÔ DE BOGOTÁ, TOMADA DE DECISÃO E TRANSFERÊNCIA DO RISCO.....	118
7.1	ANÁLISE QUALITATIVA DO RISCO DO METRÔ DE BOGOTÁ.....	118
7.2	ANÁLISE QUANTITATIVA DO RISCO DO METRÔ DE BOGOTÁ.....	120
7.2.1	PANORAMAS DE RISCO, AMEAÇAS E VARIÁVEIS DE PROJETO.....	120
7.2.2	MODELAGEM NUMÉRICA.....	122
7.2.3	ANÁLISE PROBABILÍSTICA E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DAS AMEAÇAS	128
7.2.4	CONSEQUÊNCIAS ASSOCIADAS AOS PANORAMAS DE RISCO	137
7.2.5	RISCOS INDIVIDUAIS E RISCO TOTAL.....	140
7.3	TOMADA DE DECISÃO E TRANSFERÊNCIA DO RISCO.....	140
7.4	RESTRICÇÕES E ENTENDIMENTO DOS RESULTADOS APRESENTADOS.....	147
8	CONCLUSÕES.....	148
8.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	148
8.2	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	151
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	153
	APÊNDICE A. BANCO DE DADOS	157
	APÊNDICE B. ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS ALEATÓRIAS.....	181
	B.1. ANÁLISE DESCRITIVA PARA e_0	181
	B.2. ANÁLISE DESCRITIVA PARA γ_t	189

B.3. ANÁLISE DESCRITIVA PARA κ	197
B.4. ANÁLISE DESCRITIVA PARA λ	205
B.5. ANÁLISE DESCRITIVA PARA M.....	213
B.6. ANÁLISE DESCRITIVA PARA P_c	220
APÊNDICE C. ENQUETE PARA O DELPHI.....	224
APÊNDICE D. MODELAÇÃO NUMÉRICA.....	226
D.1 RESUMO GRÁFICO DOS RESULTADOS DA MODELAÇÃO NUMÉRICA.....	226
D.2 PERFIS PARA A MODELAÇÃO NUMÉRICA.....	277
APÊNDICE E. ANALISE PROBABILÍSTICA FOSM.....	283
E.1. ANALISE PROBABILÍSTICA FOSM TBM.....	283
E.2. ANALISE PROBABILÍSTICA FOSM TBM – FALHA DA TBM.....	305
APÊNDICE F. MAPAS PRODUTO DA ANÁLISE DO RISCO.....	327

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Efeito de arco tridimensional (modificado de Eisenstein <i>et al.</i> , 1984).....	5
Figura 2.2 Curva de reação do maciço a) sem sistema de suporte, b) com sistema de suporte (modificado de Hoek <i>et al.</i> ,1995).....	6
Figura 2.3 Resposta conceitual do maciço à escavação de um túnel (modificado de Eisenstein <i>et al.</i> , 1984).....	8
Figura 2.4 Rotação dos eixos de aplicação das tensões principais (Souza & Marques, 2001)..	9
Figura 2.5 Trajetórias de tensões a) no teto, b) no ombro, c) na parede e d) na soleira (modificado de Souza & Marques, 2001)	10
Figura 2.6 Deformações na parede da escavação de um túnel (modificado de Souza & Marques, 2001).....	11
Figura 2.7 Comportamento em proximidades da escavação de um túnel (modificado de Wong & Kaiser, 1991)	11
Figura 2.8 Bacia de recalques (Modificado de Attewell <i>et al.</i> , 1986).....	12
Figura 2.9 Bacia de recalque, vista transversal (modificado de Peck, 1969).....	13
Figura 2.10 Exemplo de recalques medidos e previstos para a <i>Mansion House</i> em Londres (modificado de Mair <i>et al.</i> , 1996)	13
Figura 2.11 Volume da bacia e volume de perda de solo (modificado de Souza <i>et al.</i> , 2001)	14
Figura 2.12 Zonas de tração e compressão (modificado de Franzius, 2003).....	15
Figura 2.13 Bacia de recalque, vista longitudinal (modificado de Attewell & Woodman , 1982).....	16
Figura 2.14 Resposta da edificação nas regiões de compressão e tração (modificado de Burland <i>et al.</i> , 1974).....	17

Figura 2.15 Resposta esquemática das edificações às deformações induzidas por um túnel raso (modificado de ITA/AITES, 2007).	18
Figura 2.16 Definição das deformações de uma edificação (modificado e depois de Burland, 1995).....	20
Figura 2.17 Esquema do processo de projeto necessário para a avaliação do dano nas edificações devido à escavação de um túnel raso (modificado de Franzius, 2003)	21
Figura 2.18 Causas de acidentes em túneis (modificado de Seidenfuß, 2006)	26
Figura 3.1 Análise de risco para túneis versus análise de riscos para zoneamentos sísmicos e de encostas.....	28
Figura 3.2 Etapas da gestão do risco	31
Figura 3.3 Metodologia geral de gestão do risco para a etapa de projeto de um empreendimento de um túnel.	33
Figura 3.4 Risco residual, risco admissível e distribuição no tempo dos mesmos	36
Figura 3.5 Metodologia geral para a análise quantitativa específica do risco (AQER) na fase de projeto.....	50
Figura 4.1 Localização da linha 1 do Metrô de Bogotá (fonte da informação: AMB, 2010) ..	52
Figura 4.2 Mapa Geológico da região (fonte da informação: INGEOMINAS, 1997).....	54
Figura 4.3 Mapa de cobertura da região (fonte da informação: INGEOMINAS, 1997)	56
Figura 4.4 Perfil geológico-geotécnico para a região de estudo, escala da informação: 1:25.000, sem escala gráfica (modificado de FOPAE, 2010)	57
Figura 4.5 Igreja <i>nuestra señora de Lourdes</i> (tomado de GoogleEarth)	58
Figura 4.6 Igreja <i>La Porciúncula</i> (tomado de GoogleEarth)	59
Figura 4.7 Shopping <i>Avenida Chile</i> (tomado de GoogleEarth)	59

Figura 4.8 Avenida 13 com rua 28. Ambiente urbano com edificações de diferente tipo (tomado de GoogleEarth).....	60
Figura 5.1 Localização das sondagens aglomeradas e área inicial de interesse.....	67
Figura 5.2 Localização de área de estudo e traçados de projetos históricos e atual da linha 1 do Metrô de Bogotá.....	69
Figura 5.3 Elementos do ambiente antrópico e do ambiente físico superficial.....	72
Figura 5.4 Elementos acoplados do ambiente antrópico e do ambiente físico superficial.....	73
Figura 5.5 Modelo inicial <i>raster</i> da geometria do subsolo. Aumento vertical: 10X.....	77
Figura 5.6 Modelo classificado do subsolo (Modelo de camadas) em contexto com o MDE. Aumento vertical: 5X.	79
Figura 5.7 <i>fence</i> do modelo de camadas em contexto com as sondagens a) geral b) detalhe dos três grandes eventos de sedimentação aluvio-glacial c) detalhe intercalação marcada de material fino e grosso. Aumento vertical: 10X.	80
Figura 5.8 Relação ente ϕ' e o índice de plasticidade IP para argilas normalmente consolidadas (modificado de Mitchell & Soga, 1976).....	84
Figura 5.9 Relação ente ϕ' e o limite de liquidez ω_L (%) para dados do micro-zoneamento sísmico da cidade de Bogotá (modificado de Ingeominas & Uniandes, 1997).....	85
Figura 5.10 Relação de CC e CS com IP para argilas (Modificado de Mitchell e Soga, 2005)	86
Figura 6.1 Função de densidade Kernel para uma variável aleatória qualquer, Xi.....	92
Figura 6.2 Função de densidade Kernel para λ	96
Figura 6.3 Segmentação inicial de λ	96
Figura 6.4 Segmentação de λ segundo o tipo de material a) granulares com finos, b) finos, c) argilas, d) argilas pré-adensadas, e) argilas normalmente adensadas e f) siltes.....	97

Figura 6.5 Localização espacial de cada população produto da primeira segmentação de λ ...	99
Figura 6.6 <i>Box Plot</i> para populações de λ	100
Figura 6.7 Diagramas Q-Q para λ de a) pré-adensadas, b) normalmente adensadas	101
Figura 6.8 <i>Box Plot</i> para λ das argilas.....	102
Figura 6.9 Histograma de frequência e função de densidade de probabilidade teórica ajustada para λ das argilas	103
Figura 6.10 Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para λ de: a) siltes, b) argilas e siltes, c) turfas, d) granulares e e) granulares com finos.....	104
Figura 6.11 Localização espacial de cada população produto da primeira segmentação de M	105
Figura 6.12 Histograma de frequência e função de densidade de probabilidade teórica ajustada para M	106
Figura 6.13 Histograma de frequência e função de densidade de probabilidade teórica ajustada para κ das argilas	106
Figura 6.14 Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para κ de: a) siltes, b) argilas e siltes, c) turfas, d) granulares e e) granulares com finos.....	107
Figura 6.15 Histograma de frequência e função de densidade de probabilidade teórica ajustada para γ_t [kN/m ³] das argilas normalmente adensadas.	108
Figura 6.16 Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para γ_t [kN/m ³] de: a) argilas pré-adensadas, b) siltes pré-adensados, c) siltes normalmente adensados, d) argilas e siltes, e) areias, f) areias com finos	109
Figura 6.17 Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para e_0 de: a) argilas pré-adensadas, b) argilas normalmente adensadas, c) siltes, d) argilas e siltes, e) areias, f) areias com finos	111

Figura 6.18 Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para E [MPa] de: a) argilas, b) siltes, c) argilas e siltes, d) turfas, e) granulares, e f) granulares com finos.....	113
Figura 6.19 Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para v de: a) argilas, b) siltes, c) argilas e siltes, d) turfas, e) granulares, e f) granulares com finos.....	114
Figura 6.20 Dados de Pc0 para os depósitos sedimentares da cidade de Bogotá	115
Figura 6.21 Histograma de frequência e função de densidade de probabilidade teórica ajustada para Pc0 [kPa].	115
Figura 7.1 Exemplo de geometria de seção: acamamento e malha correspondente à seção 21+700.....	125
Figura 7.2 Exemplo bacia de recalque e variações da mesma própria da análise probabilística, correspondete à análise feita sobre uma das camadas da seção 21+700.....	127
Figura 7.3 Geometria do modelo numérico para análise da influencia das variáveis.....	129
Figura 7.4 Bacias de recalque para valores esperados das variáveis aleatórias envolvidas e para as variações do 10% de cada uma delas	130
Figura 7.5 Diagrama de barras do aporte na variância $\sigma^2(\beta)$ de cada uma das variáveis aleatórias consideradas	132
Figura 7.6 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 1	138
Figura 7.7 Mapa da consequência total associada aos panoramas 1 e 4	141
Figura 7.8 Mapa de risco total – fase de projeto básico	142
Figura 7.9 Mapa de risco total– fase de projeto básico – detalhe 1, entre ruas 56 e 72 (Avenida Chile).....	143
Figura 7.10 Mapa de risco total as – fase de projeto básico – detalhe 2, entre ruas 47 e 53..	144
Figura 7.11 Mapa de risco total – fase de projeto básico – detalhe 1, entre ruas 36 e 37	145

Figura 7.12 Ambiente urbano e o zoneamento segundo o risco total – fase de projeto básico	146
Figura D.1 Bacia de recalque. Variação silte 1 da seção 18+100	226
Figura D.2 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 18+100.....	226
Figura D.3 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 18+100.....	227
Figura D.4 Bacia de recalque. Variação argilas 1. Seção 18+100	227
Figura D.5 Bacia de recalque. Variação areias 2 Seção 18+100.....	228
Figura D.6 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 18+100.....	228
Figura D.7 Bacia de recalque. Variação siltes 2 Seção 18+100.....	229
Figura D.8 Bacia de recalque. Variação areia 3 Seção 18+100	229
Figura D.9 Bacia de recalque. Variação argila 3 Seção 18+100.....	230
Figura D.10 Bacia de recalque. Variação areias 4 Seção 18+100.....	230
Figura D.11 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 18+100	231
Figura D.12 Bacia de recalque. Variação siltes 3 Seção 18+100.....	231
Figura D.13 Bacias de recalques. Variação argilas 1 Seção 18+400	232
Figura D.14 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 18+400.....	232
Figura D.15 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 18+400	233
Figura D.16 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 18+400.....	233
Figura D.17 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 18+400.....	234
Figura D.18 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 18+400	234
Figura D.19 Bacia de recalque. Variação areias 2 Seção 18+400.....	235

Figura D.20 Bacia de recalque. Variação argilas 4 Seção 18+400	235
Figura D.21 Bacia de recalque. Variação areias 3 Seção 18+400.....	236
Figura D.22 Bacia de recalque. Variação areias 5 Seção 18+800.....	236
Figura D.23 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 18+800	237
Figura D.24 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 18+800.....	237
Figura D.25 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 18+800.....	238
Figura D.26 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 18+800	238
Figura D.27 Bacia de recalque. Variação areias 2 Seção 18+800.....	239
Figura D.28 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 18+800	239
Figura D.29 Bacia de recalque. Variação areias 3 Seção 18+800.....	240
Figura D.30 Bacia de recalque. Variação argilas 4 Seção 18+800	240
Figura D.31 Bacia de recalque. Variação areias 4 Seção 18+800.....	241
Figura D.32 Bacia de recalque. Variação argilas 5 Seção 18+800	241
Figura D.33 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 19+200	242
Figura D.34 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 19+200.....	242
Figura D.35 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 19+200.....	243
Figura D.36 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 19+200	243
Figura D.37 Bacia de recalque. Variação siltes 2 Seção 19+200.....	244
Figura D.38 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 19+200	244
Figura D.39 Bacia de recalque. Variação siltes 3 Seção 19+200.....	245

Figura D.40 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 19+200.....	245
Figura D.41 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 19+600.....	246
Figura D.42 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 19+600.....	246
Figura D.43 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 19+600	247
Figura D.44 Bacia de recalque. Variação siltes 2 Seção 19+600.....	247
Figura D.45 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 19+600.....	248
Figura D.46 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 19+600.....	248
Figura D.47 Bacia de recalque. Variação turfas 1 Seção 19+600.....	249
Figura D.48 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 19+600	249
Figura D.49 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 19+600	250
Figura D.50 Bacia de recalque. Variação areias com finos 3. Seção 19+600.....	250
Figura D.51 Bacia de recalque. Variação argilas 3. Seção 19+600	251
Figura D.52 Bacia de recalque. Variação areias com finos 4. Seção 19+600.....	251
Figura D.53 Bacia de recalque. Variação argilas 1. Seção 20+100	252
Figura D.54 Bacia de recalque. Variação siltes 1. Seção 20+100.....	252
Figura D.55 Bacia de recalque. Variação turfas. Seção 20+100.....	253
Figura D.56 Bacia de recalque. Variação argilas 2. Seção 20+100	253
Figura D.57 Bacia de recalque. Variação siltes 2. Seção 20+100.....	254
Figura D.58 Bacia de recalque. Variação areias 1. Seção 20+100.....	254
Figura D.59 Bacia de recalque. Variação areias com finos. Seção 20+100.....	255

Figura D.60 Bacia de recalque. Variação argilas 3. Seção 20+100	255
Figura D.61 Bacia de recalque. Variação siltes 3. Seção 20+100.....	256
Figura D.62 Bacia de recalque. Variação areias 2. Seção 20+100.....	256
Figura D.63 Bacia de recalque. Variação argilas 4 Seção 20+100	257
Figura D.64 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 20+400	257
Figura D.65 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 20+400.....	258
Figura D.66 Bacia de recalque. Variação turfas 1 Seção 20+400.....	258
Figura D.67 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 20+400	259
Figura D.68 Bacia de recalque. Variação siltes 2 Seção 20+400.....	259
Figura D.69 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 20+400.....	260
Figura D.70 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 20+400	260
Figura D.71 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 20+400.....	261
Figura D.72 Bacia de recalque. Variação argilas 4 Seção 20+400	261
Figura D.73 Bacia de recalque. Variação siltes 3 Seção 20+400.....	262
Figura D.74 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 20+400.....	262
Figura D.75 Bacia de recalque. Variação siltes 4 Seção 20+400.....	263
Figura D.76 Bacia de recalque. Variação turfas 2 Seção 20+400.....	263
Figura D.77 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 20+800.....	264
Figura D.78 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 20+800.....	264
Figura D.79 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 20+800	265

Figura D.80 Bacia de recalque. Variação siltes 2 Seção 20+80.....	265
Figura D.81 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 20+800	266
Figura D.82 Bacia de recalque. Variação siltes 3 Seção 20+800.....	266
Figura D.83 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 20+800.....	267
Figura D.84 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 21+400	267
Figura D.85 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 21+400.....	268
Figura D.86 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 21+400.....	268
Figura D.87 Bacia de recalque. Variação argilas com siltes 1 Seção 21+400	269
Figura D.88 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 21+400.....	269
Figura D.89 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 21+400	270
Figura D.90 Bacia de recalque. Variação siltes 2 Seção 21+400.....	270
Figura D.91 Bacia de recalque. Variação areias 2 Seção 21+400.....	271
Figura D.92 Bacia de recalque. Variação argilas com siltes 2 Seção 21+400	271
Figura D.93 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 21+400.....	272
Figura D.94 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 21+400	272
Figura D.95 Bacia de recalque. Variação siltes 3 Seção 21+400.....	273
Figura D.96 Bacia de recalque. Variação areias 3 Seção 21+400.....	273
Figura D.97 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 21+700	274
Figura D.98 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 21+700.....	274
Figura D.99 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 21+700.....	275

Figura D.100 Bacia de recalque. Variação A com s 1 Seção 21+700.....	275
Figura D.101 Bacia de recalque. Variação argilas pré-adensadas Seção 22+100.....	276
Figura D.102 Bacia de recalque. Variação Siltes pré-adensadas Seção 22+100	276
Figura D.103 Bacia de recalque. Variação Siltes Norma - A Seção 22+100.....	277
Figura D.104 Seção 18+100.....	277
Figura D.105 Seção 18+400.....	278
Figura D.106 Seção 18+800.....	278
Figura D.107 Seção 19+200.....	279
Figura D.108 Seção 19+600.....	279
Figura D.109 Seção 20+100.....	280
Figura D.110 Seção 20+400.....	280
Figura D.111 Seção 20+800.....	281
Figura D.112 Seção 21+400.....	281
Figura D.113 Seção 21+700.....	282
Figura D.114 Seção 22+100.....	282
Figura F.1 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 1.....	327
Figura F.2 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 2.....	328
Figura F.3 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 3.....	329
Figura F.4 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 4.....	330
Figura F.5 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 5.....	331

Figura F.6 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 6.....	332
Figura F.7 Consequência total associada aos panoramas 1 e 4.....	333
Figura F.8 Consequência total associada aos panoramas 2 e 5.....	334
Figura F.9 Consequência total associada aos panoramas 3 e 6.....	335
Figura F.10 Risco associado ao panorama 1	336
Figura F.11 Risco associado ao panorama 2	337
Figura F.12 Risco associado ao panorama 3	338
Figura F.13 Risco associado ao panorama 4	339
Figura F.14 Risco associado ao panorama 5	340
Figura F.15 Risco associado ao panorama 6	341
Figura F.16 Mapa de risco total	342

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Classificação de danos visíveis em paredes em relação particular à facilidade na reparação da alvenaria (modificado de Mair <i>et al.</i> , 1996)	22
Tabela 2.2 Relação entre a categorização do dano e a deformação de tração limite ϵ_{lim} (modificada de Mair <i>et al.</i> , 1996).....	24
Tabela 2.3 Classificação de danos segundo a distorção angular limite proposta por Bjerrum em 1963 (modificado de Foá, 2005)	25
Tabela 3.1 Escala de classificação da probabilidade de ocorrência da ameaça.	43
Tabela 3.2. Escala de classificação da consequência.	43
Tabela 3.3 Exemplo matiz de risco	43
Tabela 3.4. Análise qualitativa do produto $P(A).C$	44
Tabela 3.5. Escala de classificação do Risco	45
Tabela 5.1 Relação entre quantidade de pontos de observação e a escala do mapeamento geotécnico (modificado de Zuquette & Gandolfi, 2004)	71
Tabela 5.2 Contextos de cálculo encontrados na coleta de dados necessários para a complementação dos dados.....	83
Tabela 5.3 Critérios usados no Procedimento iii.....	88
Tabela 5.4 Critérios usados no Procedimento iv.....	88
Tabela 5.5 Critérios usados no Procedimento v	89
Tabela 6.1 Parâmetros de ajuste de λ para argilas.....	103
Tabela 6.2 Parâmetros de ajuste de M	105

Tabela 6.3 Parâmetros de ajuste de P_{C0}	116
Tabela 6.4 Resumo dos resultados obtidos do valor esperado, $E(X_i)$, e desvio padrão, $\sigma(X_i)$, de cada população.	117
Tabela 7.1. Qualificação dos riscos identificados	119
Tabela 7.2 Relação entre as seções modeladas e as seções que representa tal numeração	124
Tabela 7.3 Análise FOSM para β para a análise da influencia dos variáveis aleatórias na variância $\sigma^2(\beta)$	131
Tabela 7.4 Análise FOSM para β para a análise da influencia dos variáveis aleatórias na variância $\sigma^2(\beta)$	133
Tabela 7.5 Valores esperados, desvios padrão, coeficientes de variação e probabilidades obtidas para os Panoramas 1,2 e 3.....	135
Tabela 7.6 Valores esperados, desvios padrão, coeficientes de variação e probabilidades obtidas para os Panoramas 4,5 e 6.....	136
Tabela 7.7 Consequência C e probabilidade e ocorrência da consequência dada a ocorrência do evento ameaçante A	139
Tabela A.1 Banco de dados.....	157
Tabela C.1 Enquete usada para o desenvolvimento do Delphi	224
Tabela E.1 FOSM Seção 18+100, β	283
Tabela E.2 FOSM Seção 18+100, V_s^f	284
Tabela E.3 FOSM Seção 18+400, β	285
Tabela E.4 FOSM Seção 18+100, V_s^f	286
Tabela E.5 FOSM Seção 18+800, β	287
Tabela E.6 FOSM Seção 18+800, V_s^f	288

Tabela E.7 FOSM Seção 19+200, β	289
Tabela E.8 FOSM Seção 19+200, Vs^f	290
Tabela E.9 FOSM Seção 19+600, β	291
Tabela E.10 FOSM Seção 19+600, Vs^f	292
Tabela E.11 FOSM Seção 20+100, β	293
Tabela E.12 FOSM Seção 20+100, Vs^f	294
Tabela E.13 FOSM Seção 20+400, β	295
Tabela E.14 FOSM Seção 20+400, Vs^f	296
Tabela E.15 FOSM Seção 20+800, β	297
Tabela E.16 FOSM Seção 20+800, Vs^f	298
Tabela E.17 FOSM Seção 21+400, β	299
Tabela E.18 FOSM Seção 21+400, Vs^f	300
Tabela E.19 FOSM Seção 21+700, β	301
Tabela E.20 FOSM Seção 20+800, Vs^f	302
Tabela E.21 FOSM Seção 22+100, β	303
Tabela E.22 FOSM Seção 22+100, Vs^f	304
Tabela E.23 FOSM - Falha da tuneladora Seção 18+100, β	305
Tabela E.24 FOSM - Falha da tuneladora Seção 18+100, Vs^f	306
Tabela E.25 FOSM - Falha da tuneladora Seção 18+400, β	307
Tabela E.26 FOSM - Falha da tuneladora Seção 18+400, Vs^f	308

Tabela E.27 FOSM - Falha da tuneladora Seção 18+800, β	309
Tabela E.28 FOSM - Falha da tuneladora Seção 18+800, V_s^r	310
Tabela E.29 FOSM - Falha da tuneladora Seção 19+200, β	311
Tabela E.30 FOSM - Falha da tuneladora Seção 19+200, V_s^r	312
Tabela E.31 FOSM - Falha da tuneladora Seção 19+600, β	313
Tabela E.32 FOSM - Falha da tuneladora Seção 19+600, V_s^r	314
Tabela E.33 FOSM - Falha da tuneladora Seção 20+100, β	315
Tabela E.34 FOSM - Falha da tuneladora Seção 20+100, V_s^r	316
Tabela E.35 FOSM - Falha da tuneladora Seção 20+400, β	317
Tabela E.36 FOSM - Falha da tuneladora Seção 20+400, V_s^r	318
Tabela E.37 FOSM - Falha da tuneladora Seção 20+800, β	319
Tabela E.38 FOSM - Falha da tuneladora Seção 20+800, V_s^r	320
Tabela E.39 FOSM - Falha da tuneladora Seção 21+400, β	321
Tabela E.40 FOSM - Falha da tuneladora Seção 21+400, V_s^r	322
Tabela E.41 FOSM - Falha da tuneladora Seção 21+700, β	323
Tabela E.42 FOSM - Falha da tuneladora Seção 21+700, V_s^r	324
Tabela E.43 FOSM - Falha da tuneladora Seção 22+100, β	325
Tabela E.44 FOSM - Falha da tuneladora Seção 22+100, V_s^r	326

LISTA DE ABREVIACOES, NOMENCLATURAS E SIMBOLOS

A = ameaça;

AR = análise do risco;

AQR = análise quantitativa do risco;

A_{esc} = área da seção transversal do túnel;

CHILE = meio contínuo, homogêneo, isotrópico, linear e elástico;

C = consequência;

C_C e C_S = coeficientes de compressão e recompressão respectivamente;

DAT = siglas da frase em inglês *decision aids for tunnelling*;

DEM = modelo digital de elevação;

DR = ndice de deflexão;

E = módulo de Young;

$E(X_i)$ = valor esperado da variável aleatória X_i ;

FEM = método dos elementos finitos

FOSM = método primeira ordem segundo momento;

e_0 = ndice de vazios inicial;

GR = gestão do risco;

i_x = ponto de inflexão medido perpendicularmente ao eixo do túnel;

i_y = ponto de inflexão medido ao longo do eixo do túnel;

K_0 = coeficiente empuxo em estado de repouso;

K_{cr} = coeficiente de empuxo crítico;

MLE = máxima verossimilhança;

MGR = metodologias de gestão do risco;

P_{C0} = pressão de pré-adensamento;

$P[A]$ = probabilidade de ocorrência da ameaça;

$P[C|A]$ = probabilidade de ocorrência da consequência dada a ameaça;

R = risco;

RR = risco residual;

R_{TOT} = risco total;

S_v = recalque ou recalque absoluto;

$V_{S'}$ = volume da bacia de recalque relativo à área do túnel;

α = deformação angular;

β = distorção angular ;

Δ = deflexão;

δX_i = variação da variável independente X_i ;

δY_{ji} = variação da variável resposta Y_j dada a variação de X_i ;

δS_v = recalque diferencial ou relativo;

ϵ_{crit} = deformação crítica de tração;

ϵ_{lim} = deformação limite de tração

ϵ_v e ϵ_h = as deformações verticais e horizontais, respectivamente;

γ_{vh} = distorção;

λ_p = parâmetro de Panet e Guenot (1982);

γ_t = peso específico total ou natural;

ϕ' = ângulo de atrito;

ν = coeficiente de Poisson;

ω = inclinação

θ = rotação;

$\sigma(X_i)$ = desvio padrão da variável aleatória X_i ;

$\sigma^2(X_i)$ ou $V[X_i]$ = variância da variável aleatória X_i ;

M , λ e κ = parâmetros do modelo Cam-Clay modificado;

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

A busca pelo bem-estar do homem levou, entre outras coisas, à definição e evolução do conceito do que hoje se conhece como engenharia. Além disso, a compreensão e o desenvolvimento de diferentes áreas do conhecimento como a física, a informática etc. levaram o homem à modernidade.

O mundo moderno, caracterizado por suas grandes cidades, estradas, ferrovias, portos e outras infraestruturas, levou a engenharia a uma dinâmica tal que o homem jamais imaginou. Dentro do processo de construção dessas cidades e infraestrutura, o homem está se vendo cada vez mais forçado a interagir com situações muito complexas, o que tem causado enormes perdas econômicas e de vidas humanas.

A construção de túneis não é alheia a esta dinâmica. Catástrofes como as que ocorreram com a estação Pinheiros do Metrô de São Paulo (Barros *et al.*, 2008), o colapso dos metrôs de Bochum (1985) e Munich (1987), na Alemanha; Seul (1991) na Coreia (1991 e 1992) entre outros, demonstram isto (Ribeiro, 2006).

Esta situação levou à busca da compreensão dos fenômenos que podem ser potencialmente catastróficos, e do comportamento dos materiais, que constituem o subsolo, em resposta à escavação de um túnel.

Especificamente, a construção de um túnel urbano envolve muitas incertezas que são associadas, principalmente:

- A relação entre o maciço, o túnel e o sistema de suporte, que é complexa;
- As variáveis associadas aos materiais do subsolo, as quais exibem considerável variação de um ponto a outro no espaço, isto somado às incertezas intrínsecas ou próprias de cada uma delas;
- A condição da investigação geológico-geotécnica ser insuficiente para fornecer informações que permitam uma descrição detalhada determinística do maciço;
- O ambiente geológico-geotécnico ser geralmente muito complexo.

- A existência de uma relação de mútua interação entre o túnel e as estruturas que se encontram na superfície, e esta relação ser complexa o que leva a existência de incertezas epistêmicas.

É preciso, portanto, uma abordagem que permita incorporar a incerteza dentro dos elementos de projeto de um túnel, de modo que este atenda simultânea e verdadeiramente os quatro critérios básicos em uma estrutura: segurança, serviço, economia e estética (Einstein, 1996). As metodologias de gestão do risco (MGR), como será explicado mais frente, são uma clara resposta a esta necessidade.

Existe um desentendimento no que se refere às MGR. Autores como, por exemplo, Sturk *et al.* (1996), Einstein (1996), Eskesen *et al.* (2004), Guglielmetti *et al.* (2008) coincidem em alguns elementos associados à MGR, porém não em todos: coincidem nas definições mais gerais, porém diferem nas definições das variáveis específicas, seu escopo e ordem em que entram no processo associado à MGR.

Esta tese pretende estudar detalhadamente essas coincidências e diferenças, construir, baseado no existente, uma metodologia lógica, sem ambiguidades, que permita a um projetista de um túnel urbano implementá-la em um caso real de engenharia. Para tanto será trabalhado como caso de estudo e para sua fase de projeto básico, o futuro metrô da cidade de Bogotá, Colômbia.

1.2 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo geral, definir uma *metodologia de gestão do risco (MGR)* e implementá-la no caso dos riscos geomecânicos associados a um projeto básico de um túnel urbano.

Como objetivos específicos serão tratados quatro assuntos essenciais:

- Definir uma metodologia de gestão do risco lógica que seja geral para cada projeto de túnel raso urbano.
- Construir um banco de dados georreferenciados 3D para os parâmetros geomecânicos do maciço em que serão escavados os túneis do projeto Metrô de Bogotá, Colômbia.
- Construir o modelo geomecânico 3D do maciço caracterizado estatisticamente, e incorporá-lo na determinação da influência da escavação do túnel no maciço.

- Implementar a MGR no caso da aplicação citada anteriormente.

1.3 METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Visando desenvolver os objetivos gerais e específicos descritos no Item 1.2, a pesquisa considera cinco etapas de trabalho: 1) coleta de dados geotécnicos e cartográficos da cidade de Bogotá, 2) construção de um banco de dados georreferenciado, 3) construção de um modelo geomecânico do maciço associado à região de estudo, com suas variáveis caracterizadas estatisticamente 4) estudo do comportamento túnel-macizo, e 5) aplicação e verificação da metodologia de gestão do risco (MGR).

1.4 ESCOPO DA TESE

Esta tese está dividida em oito capítulos. O presente capítulo introduz o problema e apresenta os objetivos gerais e específicos. O Capítulo 2 descreve as características dos túneis escavados em ambiente urbano ressaltando sua complexidade e apresenta ao final algumas estatísticas relacionadas com as causas de acidentes comuns em túneis. O Capítulo 3 apresenta o contexto das metodologias de gestão do risco atuais e apresenta uma nova metodologia que será trabalhada durante o desenvolvimento da tese e seu caso de aplicação. O Capítulo 4 apresenta uma descrição breve do caso de aplicação, Metrô de Bogotá; do ambiente geológico geotécnico esperado; e ambiente urbano. O Capítulo 5 descreve as características do banco de dados construído, as ferramentas usadas e a geometria do modelo geomecânico e uma primeira classificação do mesmo. O Capítulo 6 apresenta o modelo geomecânico e a análise que levou a caracterização estatística das variáveis que associadas. O Capítulo 7 apresenta a análise do risco aplicada ao caso Metrô de Bogotá como parte do processo de gestão do risco trabalhada durante o desenvolvimento da tese. Finalmente o Capítulo 8 apresenta as conclusões do presente trabalho. Após este capítulo, são listadas as referências bibliográficas citadas durante o trabalho e apresentados os apêndices desta tese.

2 TÚNEIS URBANOS

A origem histórica dos túneis é desconhecida, porém há alguns indícios, por exemplo, os arqueólogos acreditam que os primeiros túneis submersos foram construídos pelos Babilônios embaixo do Rio Eufrates, entre o ano 2180 e 2016 AC no que hoje é Iraque. Eles usavam a técnica de escavação que hoje é chamada Vala Recoberta (*Cut-and-Cover*, em Inglês). Outro exemplo, refere-se à descoberta que os Egípcios construíram túneis, há cinco mil anos atrás, para o acesso aos túmulos, usando técnicas que desenvolvidas para escavar rochas brandas. As escavações eram feitas com serras de cobre e perfuratrizes de junco oco, ambos revestidos com um abrasivo, que facilitava a escavação (Sandström, 1963). Embora não se tenha uma ideia clara da origem, achados como as mãos pré-históricas pintadas nas cavernas de Gargas, no sul dos Pirineus, dão uma ideia de que os espaços subterrâneos fazem parte da vida do homem, desde o começo da sua história.

Referente aos túneis em ambiente urbano é conhecido que até o início do ano 1800, só era possível a sua construção mediante o uso de duas diferentes metodologias: vala recoberta e escavação tuneleira usando suportes de madeira, quando do avanço da escavação para logo revestir com alvenaria. Estas metodologias foram aplicadas amplamente, porém limitadas a escavações acima do nível freático (Guglielmetti *et al.*, 2008).

Só até o ano de 1825 foi possível a primeira escavação sob o nível freático, isto para um túnel embaixo do rio Tâmis, em Londres, mediante o uso da primeira máquina de escavação com *shield*, a qual tinha secção retangular, denominada máquina de Brunel (Mathewson *et al.*, 2006, citado em Guglielmetti *et al.*, 2008).

No percurso do século XIX, foram introduzidas outras tecnologias, como o uso de anéis de aço, as fases pressurizadas e a industrialização do processo de escavação, dando origem às modernas tuneladoras ou TBM (*Tunnel Boring Machine*, em inglês) conhecidas hoje.

O conhecimento associado aos túneis, tal e como é hoje, foi desenvolvido recentemente. Especificamente, para túneis rasos (os mais comuns em ambientes urbanos) somente na década de sessenta obtiveram-se as primeiras aproximações analíticas, que permitiram algum tipo de entendimento da influência da escavação de um túnel sobre um maciço.

Na modernidade, obteve-se um grande amadurecimento nas metodologias usadas no mundo tuneleiro, devido, tanto ao avanço nas ferramentas computacionais, permitindo-se soluções numéricas a problemas complexos, como à melhoria nas técnicas de escavação, controle e registro de deslocamentos.

2.1 SISTEMA TÚNEL-MACIÇO-SUPORTE

Maciço deve ser entendido como o conjunto de qualquer geomaterial (rocha, solo ou a combinação de ambos), as discontinuidades e condições hidrogeológicas que constituem o subsolo.

Em termos gerais, a escavação de um túnel induz uma mudança nas tensões presentes no maciço antes da escavação. Estas tensões são induzidas progressivamente no mesmo, na medida em que a frente de escavação avança, distribuindo-as ao redor do maciço próximo da face e das paredes do túnel, mediante o denominado efeito arco.

O efeito arco é tridimensional, quer dizer, usando como exemplo um túnel escavado em um meio contínuo, homogêneo, isotrópico, linear e elástico (meio CHILE), apresenta-se tanto no plano perpendicular ao eixo do túnel, como uma circunferência, longe da face de escavação, quanto na frente de escavação, na forma de balão (Figura 2.1).

A distribuição esférica das tensões mostrada na Figura 2.1, para meios que não são CHILE, pode não coincidir com dita geometria: muda conforme as características do ambiente geomecânico, ao método construtivo e ao estado inicial de tensões no maciço, mas o efeito arco ainda seguirá sendo tridimensional.

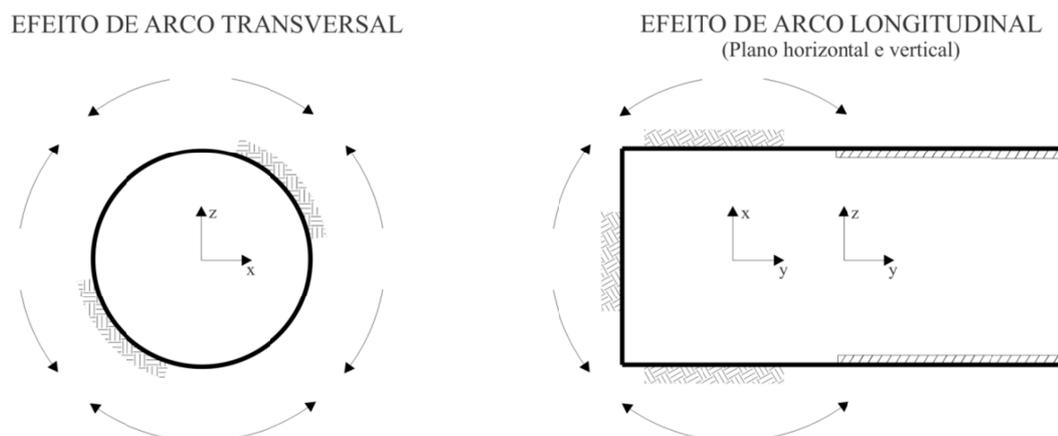


Figura 2.1 Efeito de arco tridimensional (modificado de Eisenstein *et al*, 1984)

A mudança nas tensões do maciço induz deslocamentos e deformações no mesmo. Tais deslocamentos quando são medidos, radialmente, na parede da escavação são denominados convergência. A convergência se apresenta progressivamente até que um novo estado de equilíbrio seja atingido pelo efeito arco e pela mobilização parcial ou total da resistência do maciço.

Em maciços CHILE e a grandes profundidades, assumindo que o coeficiente de empuxo de terra em repouso (K_0) é igual a um, a distribuição das tensões é uniforme ao longo da superfície da escavação e, portanto, também são uniformes os deslocamentos.

Um maciço é denominado de autossuportado quando consegue o equilíbrio somente com a mobilização de sua resistência. No caso em que não se tenha um maciço autossuportado, ou no caso em que seja necessário o controle da convergência, esta pode ser limitada mediante a instalação de sistemas de suporte que resistam parte das tensões induzidas no maciço, portanto o estado final de tensões e também de deslocamentos dependerá do sistema maciço-suporte.

Eisenstein *et al.* (1984) expressaram o comportamento tensão deformação de um maciço associado a escavação de um túnel, mediante o uso das denominadas *curvas de reação do maciço*. As curvas de reação do maciço integram realmente, além do comportamento do maciço, o comportamento do sistema maciço-suporte, plotando-se a tensão radial contra o deslocamento radial (Figura 2.2).

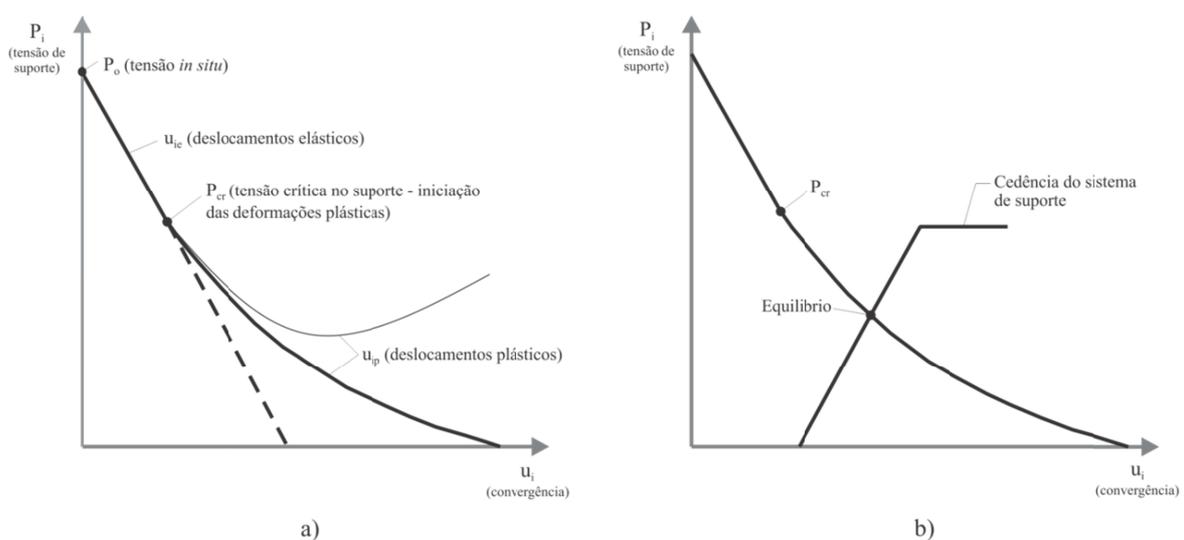


Figura 2.2 Curva de reação do maciço a) sem sistema de suporte, b) com sistema de suporte (modificado de Hoek *et al.*,1995)

Na Figura 2.2 a), a linha tracejada corresponde a um maciço auto-suportado que atinge o equilíbrio ainda com deslocamentos na faixa elástica, a contínua e grossa corresponde a um maciço auto-suportado que atinge o equilíbrio depois da plastificação e a linha contínua e delgada corresponde a um maciço que não é auto-suportado. A Figura 2.2 b) mostra a curva de reação maciço-suporte, sendo o suporte um material elástico perfeitamente plástico.

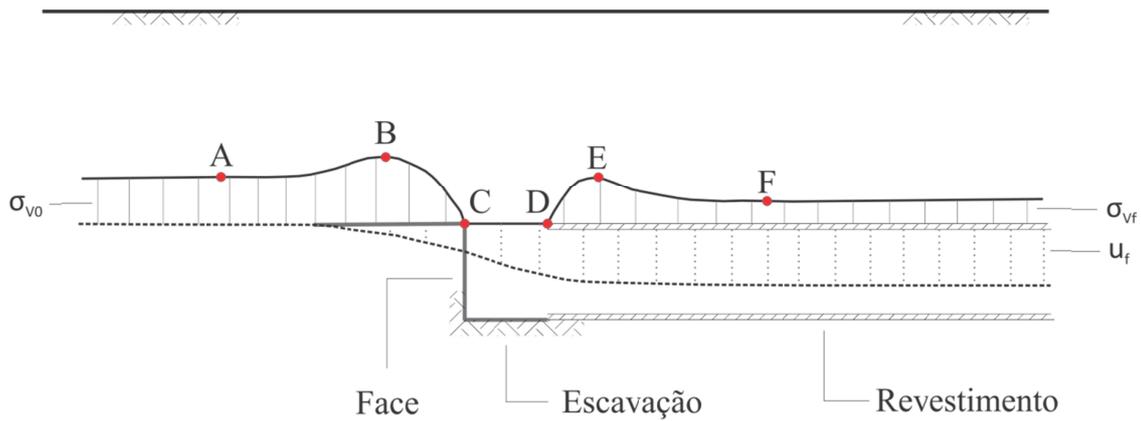
A Figura 2.3-a mostra um esquema conceitual do que seria a distribuição longitudinal das tensões verticais e deslocamentos no teto de um túnel. Observa-se o aumento das tensões presentes no maciço como consequência da proximidade da face da escavação (ponto B) e como consequência da instalação do revestimento (ponto E); além disso, observa-se que nos pontos C e D a referida tensão é zero. Isto ocorre devido ao efeito arco mencionado anteriormente. O incremento das tensões no ponto E pode ou não se apresentar, dependendo da rigidez relativa entre o revestimento e o material do maciço.

Quando usado para a escavação algum mecanismo que permita a indução de pressão de face, as tensões no trecho \overline{CD} têm um valor diferente de zero. O ponto F corresponde a uma região onde, depois de certa relaxação se atinge um novo equilíbrio. Observa-se igualmente que esse incremento de tensões devido à presença do túnel induz deslocamento à frente da escavação. Finalmente a Figura 2.3 b) mostra a curva tensão deformação associada.

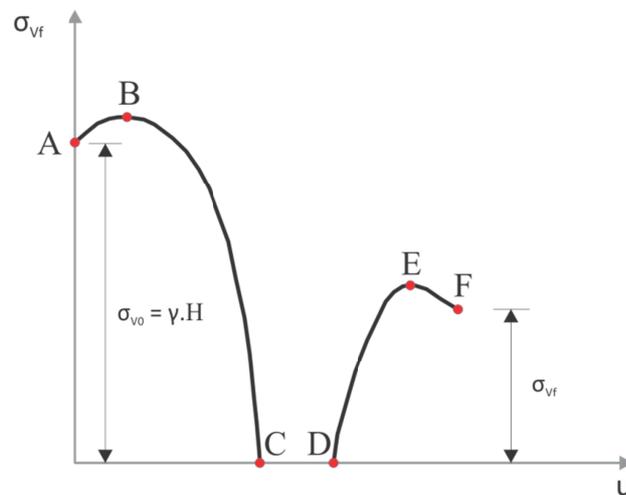
2.2 COMPORTAMENTO TENSÃO-DEFORMAÇÃO DE UM TÚNEL RASO

Os túneis rasos são, além do caso mais comum em ambiente urbano, o de maior interesse de estudo, à luz da Gestão do Risco. O túnel em condições rasas têm diferenças significativas com o túnel profundo, mesmo em ambientes geotécnicos similares. Túneis rasos e profundos exibem diferentes características mecânicas e diferentes mecanismos de falha.

Pode-se considerar que um túnel raso é todo aquele cuja escavação influencia o maciço até a superfície. A partir de certa profundidade, quando um túnel apresenta mecanismos de falha nos quais se formam arcos de colapso sobre o teto do mesmo, pode-se dizer que se tem um túnel profundo (Yang & Huang, 2011). Há dificuldade em definir a referida profundidade, pois esta depende tanto das características geomecânicas do maciço, como da geometria e método construtivo do túnel, embora normalmente seja aceito, que a partir de quadro diâmetros de profundidade o túnel tem o comportamento típico de um túnel profundo.



a) Tensões verticais e distribuição do deslocamento ao longo do teto



b) Resposta do maciço no teto

Figura 2.3 Resposta conceitual do maciço à escavação de um túnel (modificado de Eisenstein *et al*, 1984)

A proximidade do túnel escavado com a superfície do terreno gera um contexto de relação interativa: as tensões induzidas ao maciço, pela escavação do túnel, podem gerar deslocamentos na superfície, e a proximidade com a superfície afeta a distribuição das tensões ao redor da escavação. Portanto, e dando um exemplo, a convergência é devida ao efeito da gravidade e do peso das estruturas existentes sobre o maciço. Em consequência e em relação à distribuição de tensões, o comportamento de um túnel raso se diferencia do caso de túneis profundos, sendo a distribuição de tensões não uniforme ao redor do túnel escavado, mesmo para K_0 igual a um.

Ao redor da escavação de um túnel raso, devido aos efeitos explicados anteriormente, as tensões verticais e horizontais mudam desde o teto até a soleira, sendo que, no teto e na soleira a tensão vertical corresponde à tensão principal menor σ_3 , enquanto nas paredes a

tensão vertical é a tensão principal maior σ_1 , ou seja, há uma rotação dos eixos de aplicação das tensões principais (Figura 2.4).

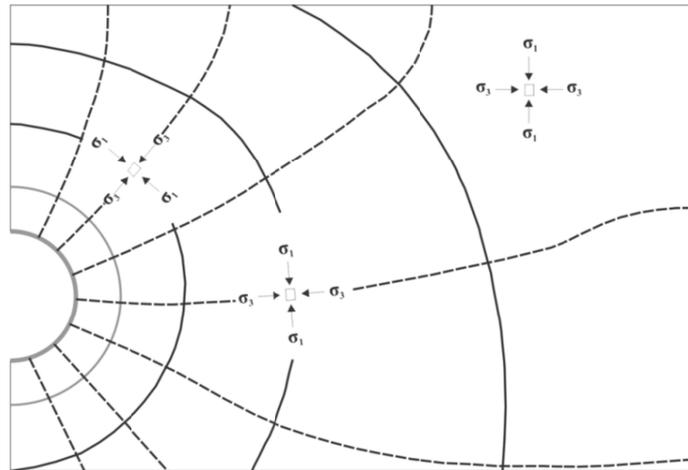


Figura 2.4 Rotação dos eixos de aplicação das tensões principais (Souza & Marques, 2001)

A título de exemplo, a Figura 2.5 apresenta nas imediações da escavação de um túnel raso as trajetórias típicas de tensões originadas pela escavação em diferentes pontos localizados no teto, no ombro, na parede e na soleira (0° , 45° , 90° e 180° respectivamente medidos desde um eixo que passa verticalmente pelo centro do túnel). Isto assumindo estado plano de deformações.

Em termos gerais, observa-se que desde o estado correspondente a k_0 existe decremento da tensão desviadora ($\sigma_1 - \sigma_3$) no teto e na soleira do túnel e incremento no ombro e na parede. Observa-se como diminui a influência da escavação no campo de tensões do maciço à medida que se afasta da face da escavação. Por último, e entre outras coisas, observam-se como as trajetórias de tensões são diferentes para cada ponto analisado, o que implica que são diferentes as mobilizações da resistência ao corte em cada ponto no maciço.

A Figura 2.6 mostra as deformações ao longo da parede da escavação. Nesta, ϵ_v e ϵ_h são as deformações verticais e horizontais, respectivamente, e γ_{vh} é a distorção. Observa-se que no teto, na parede e na soleira é onde se apresentam as maiores deformações horizontais e verticais, e no ombro é onde se apresentam as maiores distorções. É por isso que a análise, quando analítica, geralmente, apresenta como foco esses pontos da superfície da escavação.

Baseados em resultados de aproximações analíticas, numéricas e de dados de campo, Wong & Kaiser (1991) identificaram três modos para o início da plastificação em um túnel (MODO

I,II,III) tal como é mostrado na Figura 2.7. Estes modos são separados basicamente em função da magnitude de K_θ . A grandeza K_{cr} , denominada coeficiente de empuxo crítico, separa os Modos I e II da iniciação da plastificação, e depende das condições de tensões iniciais do maciço. Adicionalmente à Figura 2.7 mostra a progressão da plastificação até a superfície.

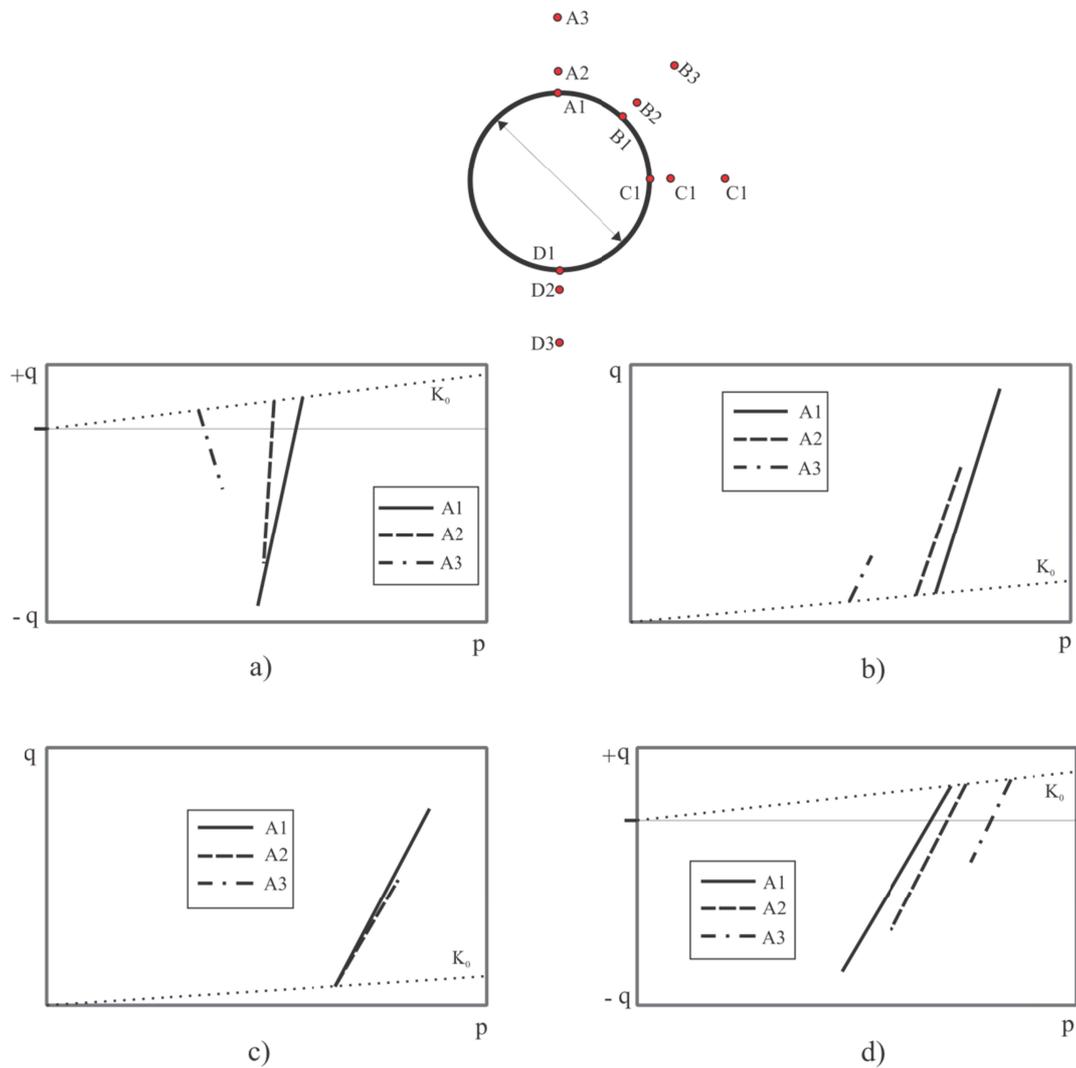


Figura 2.5 Trajetórias de tensões a) no teto, b) no ombro, c) na parede e d) na soleira (modificado de Souza & Marques, 2001)

Observa-se que existe uma propagação predominante da plastificação em uma direção radial, cujo ângulo é aproximadamente 45° , medido a partir do teto do túnel (na região do ombro). Isto é explicado devido à presença de distorções nessa região das imediações do túnel, tal como foi mostrado na Figura 2.6.

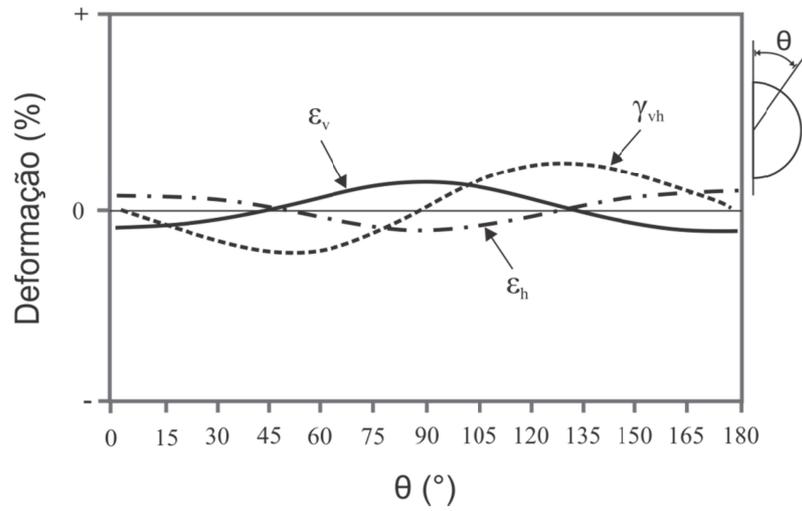


Figura 2.6 Deformações na parede da escavação de um túnel (modificado de Souza & Marques, 2001)

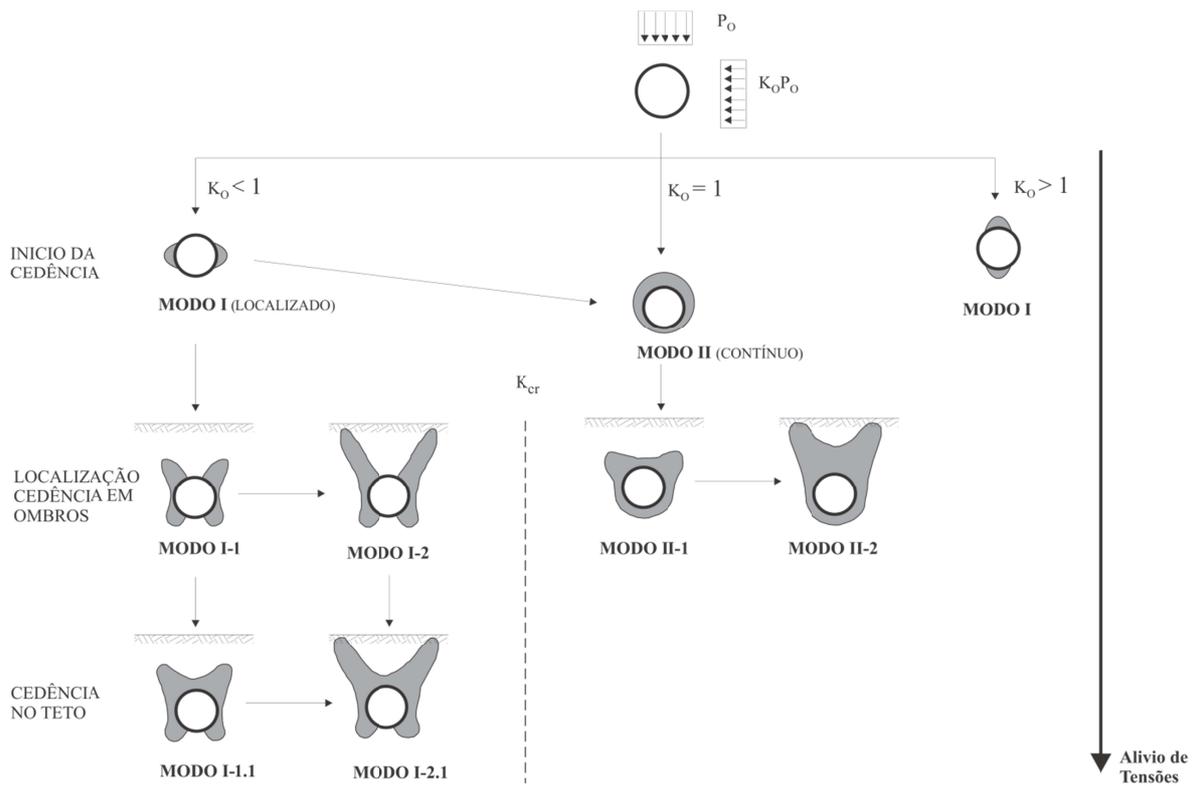


Figura 2.7 Comportamento em proximidades da escavação de um túnel (modificado de Wong & Kaiser, 1991)

2.3 CONDIÇÃO DE CAMPO LIVRE E DESLOCAMENTOS SUPERFICIAIS INDUZIDOS POR UM TÚNEL RASO

A condição onde não há edificações e nenhum outro tipo de infraestrutura na superfície, imediatamente acima da escavação de um túnel, é denominada de Campo Livre (*Greenfield*, em inglês).

No caso da escavação de um túnel raso e devido ao comportamento explicado no Item 2.2, são geradas na superfície deslocamentos que seguem, em condições de Campo Livre, a geometria mostrada na Figura 2.8. Esse campo de deslocamentos é denominado *bacia de recalques*.

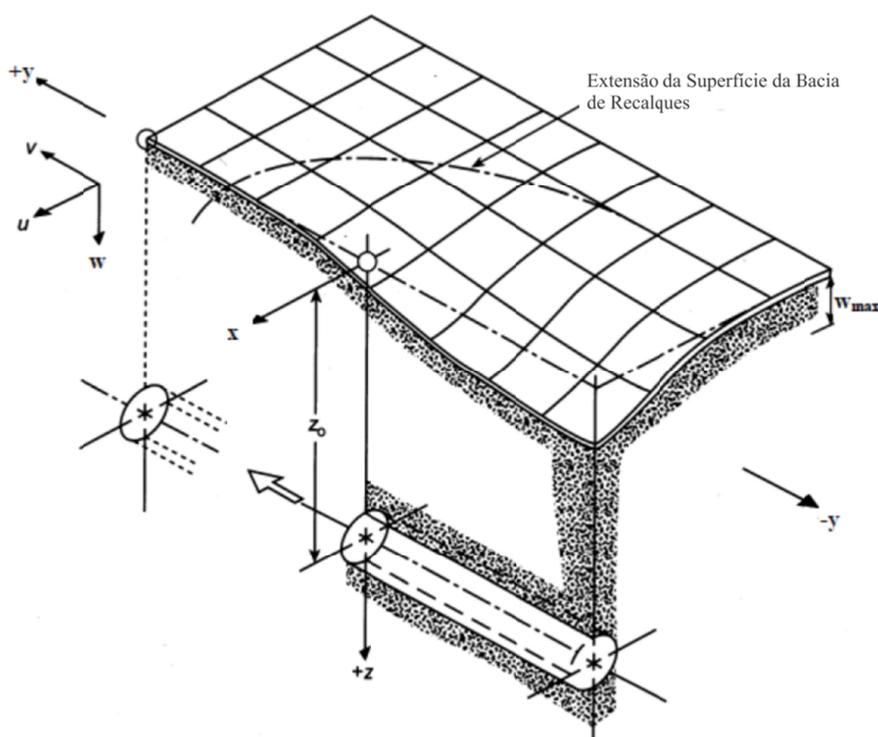


Figura 2.8 Bacia de recalques (Modificado de Attewell *et al.*, 1986)

Um esquema do que seria a bacia de recalques, a partir de uma vista transversal ao eixo do túnel em um ambiente CHILE, é apresentado na Figura 2.9. Observa-se que a curva que descreve transversalmente a bacia de recalques, atinge a grandeza máxima acima do teto do túnel escavado. Além de isso, observa-se que ela tem dois pontos de inflexão localizados, simetricamente, a uma distância i_x em relação a um eixo vertical que passa pelo centro do túnel; e que a influência da escavação do túnel no maciço acaba a uma distância de $2,5i_x$, medida a partir do descrito eixo (Peck, 1969).

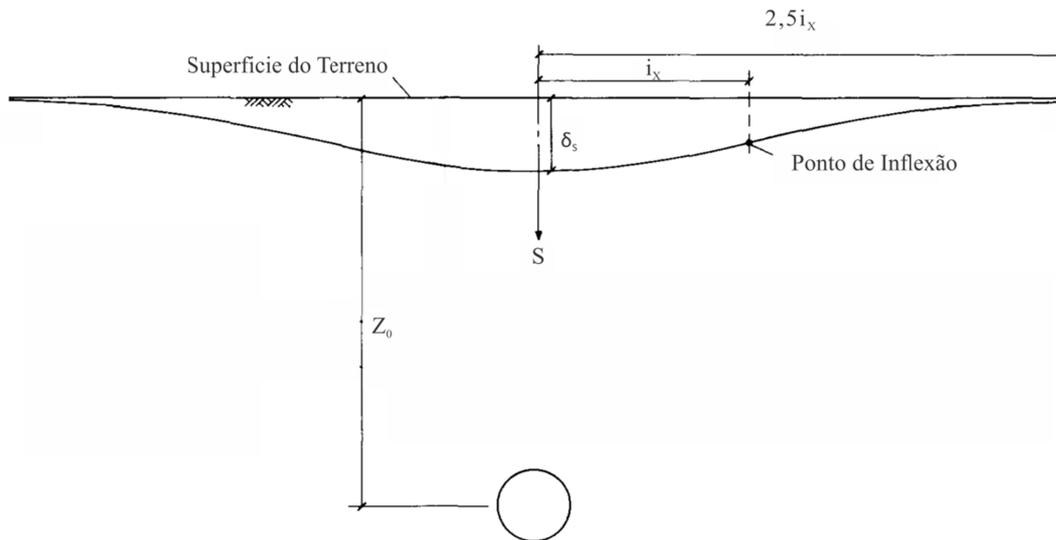


Figura 2.9 Bacia de recalque, vista transversal (modificado de Peck, 1969)

Os recalques devidos à escavação de um túnel raso foram medidos inicialmente por Schmidt (1969) e Peck (1969), que concluíram que para o caso de maciços constituídos por argilas, uma curva de Gauss invertida descrevia razoavelmente a geometria do perfil de recalques. Porém, esta condição geométrica pode não necessariamente se ajustar a uma Gaussiana, por exemplo, quando se têm acamamentos ou outro tipo de ambiente geotécnico mais complexo, ou sobrepesos na superfície do terreno como o associado às edificações. A Figura 2.10 mostra o caso real da *Mansion House* em Londres apresentado por Frischmann *et al.* em 1994, citado por Mair *et al.* (1996), onde foram previstos os recalques sem edificações e medidos, posteriormente, durante a escavação do túnel, permitindo observar a diferença entre os mesmos.

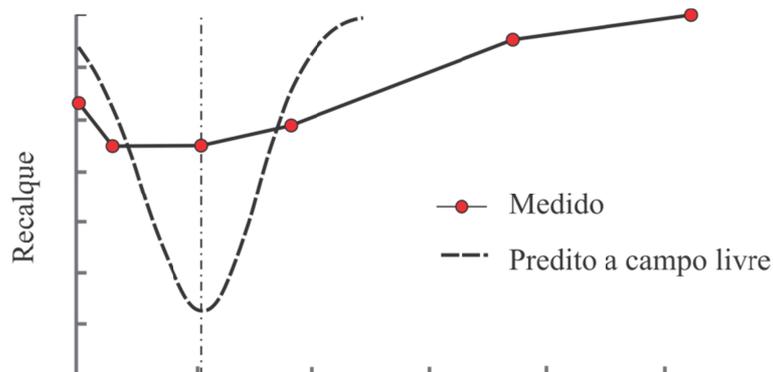


Figura 2.10 Exemplo de recalques medidos e previstos para a *Mansion House* em Londres (modificado de Mair *et al.*, 1996)

A Figura 2.11 mostra os deslocamentos horizontal e vertical e a mudança na área seccional escavada do túnel depois de se atingir um novo equilíbrio subsequente à escavação. O volume por unidade de comprimento, associado à diferença entre a área inicial do túnel e final, é denominado *volume de perda de solo* e é denotado como V_L (por suas siglas em inglês). Mostra-se sombreado, na parte superior da figura, a área associada à diferença entre a posição inicial e final da superfície do terreno, o volume por unidade de comprimento associado a essa área é denominado *volume da bacia* e é denotado como V_S .

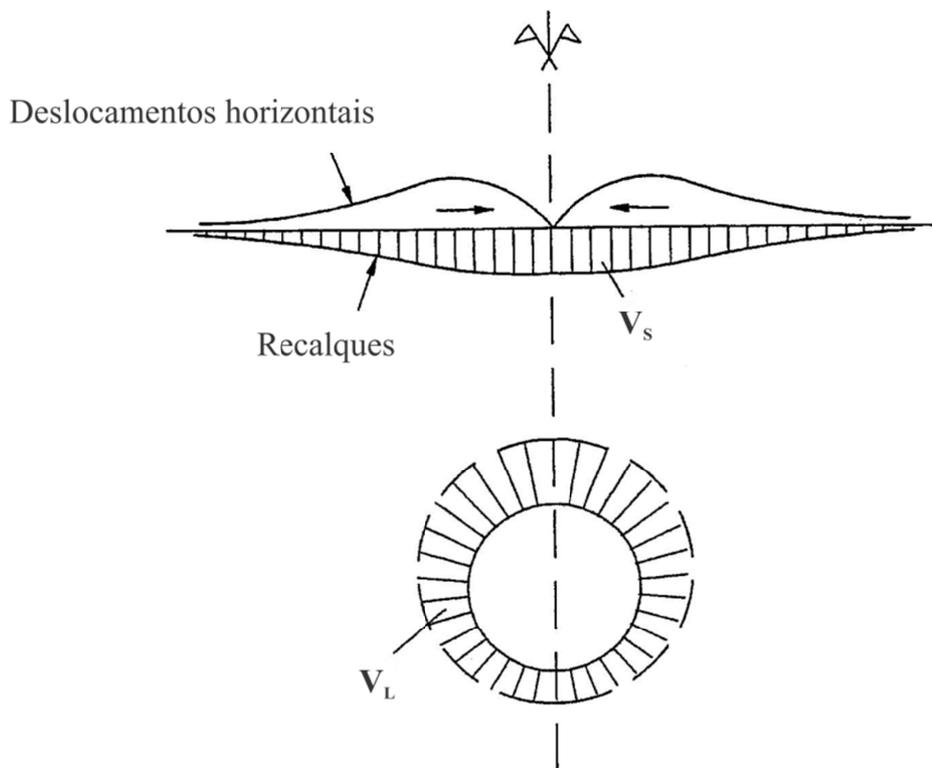


Figura 2.11 Volume da bacia e volume de perda de solo (modificado de Souza *et al.*, 2001)

A Figura 2.12 mostra, no contexto dos deslocamentos e deformações horizontais superficiais induzidos pela escavação de um túnel raso, que se distinguem duas zonas, uma de tração e outra de compressão. Estas regiões são separadas pelo ponto de inflexão i_x , e como será explicado mais a frente, influenciam a resposta das edificações e demais infraestruturas localizadas na superfície e no maciço.

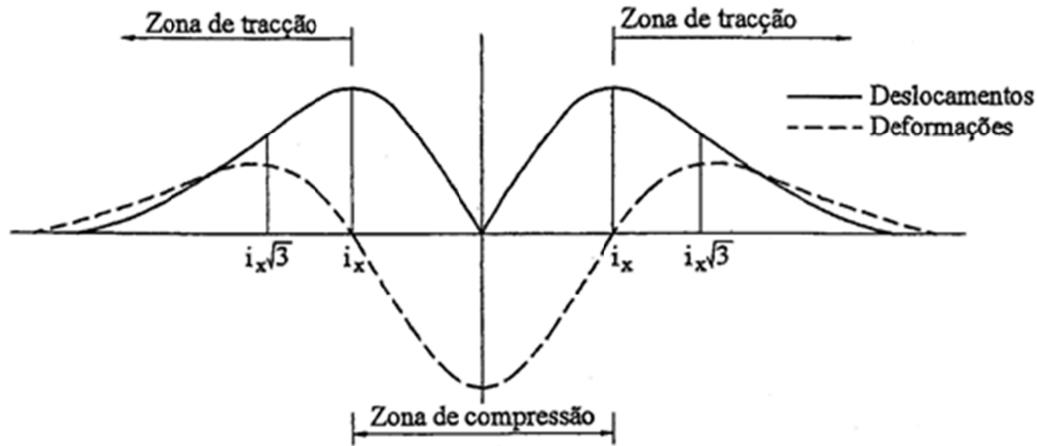


Figura 2.12 Zonas de tração e compressão (modificado de Franzius, 2003)

O'Reilly & New (1982) mostraram que existe uma dependência linear do parâmetro i_x com a profundidade do túnel, e que essa dependência responde às expressões apresentadas nas Equações 2.1 e 2.2. Essas expressões podem ser simplificadas mediante a Equação 2.3, onde K é um fator de correlação que varia entre 0,4 e 0,7, adquirindo um valor de 0,5 para argilas e de 0,25 a 0,35 para materiais não coesivos (Kimura & Mair 1981, Rankine 1988); e segundo Potts (2001) de 0,4 a 0,5 para argilas rígidas e 0,7 para argilas moles.

$$i_x = 0,43xZ_o + 1,1 \text{ Para materiais coesivos} \quad 2.1$$

$$i_x = 0,28xZ_o - 0,1 \text{ Para materiais não coesivos} \quad 2.2$$

$$i_x = KxZ_o \quad 2.3$$

Longitudinalmente, a bacia de recalque apresenta a forma mostrada na Figura 2.13. Attewell & Woodman em 1982, citados por Franzius (2003), indicam que para maciços CHILE, a bacia apresenta a forma da função de densidade de probabilidade acumulada de Gauss. Observa-se que ela também tem dois pontos de inflexão localizados, simetricamente, a uma distância i_y .

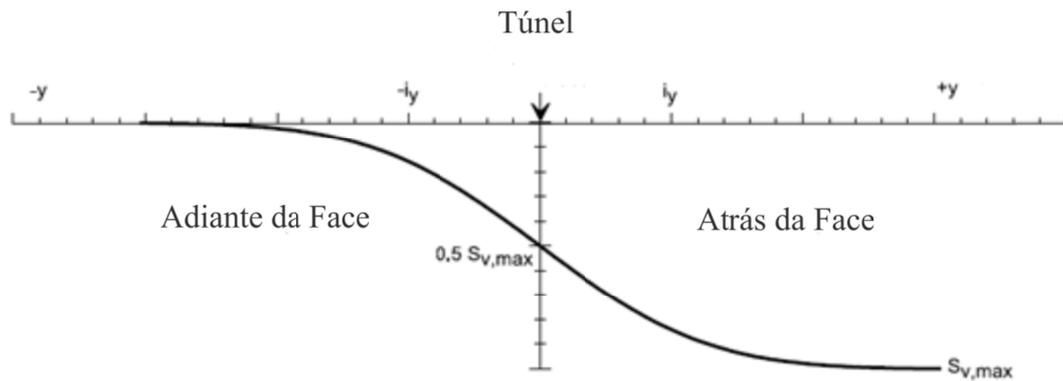


Figura 2.13 Bacia de recalque, vista longitudinal (modificado de Attewell & Woodman , 1982)

Observa-se que os recalques máximos são atingidos atrás da face do túnel, região onde o maciço há alcançado um novo equilíbrio, e que os recalques são zero quando $y = -\infty$. Os recalques na face da escavação equivalem à metade dos recalques máximos.

2.4 EFEITO NAS EDIFICAÇÕES PRODUZIDO PELA ESCAVAÇÃO DE TÚNEIS RASOS

Como já mencionado, as deformações horizontais devidas à escavação de um túnel raso estabelecem uma região de compressão e outra de tração. As edificações que se encontram sobre a superfície são afetadas por estas duas regiões, tal e como observam-se na Figura 2.14. Nesta figura observa-se que existe uma tendência da edificação em acompanhar as deformações do maciço na superfície. Esta capacidade, em primeira medida, depende da rigidez geral à flexão da edificação, acompanhando melhor quando a rigidez da edificação é baixa.

Observa-se que a posição da edificação na bacia de recalques influencia fortemente os deslocamentos que ela experimenta. A Figura 2.15 mostra alguns padrões de resposta idealizados, segundo Attewell *et al.*, 1986 (citado em ITA/AITES, 2007), para algumas configurações típicas de estruturas, em relação a sua posição na bacia.

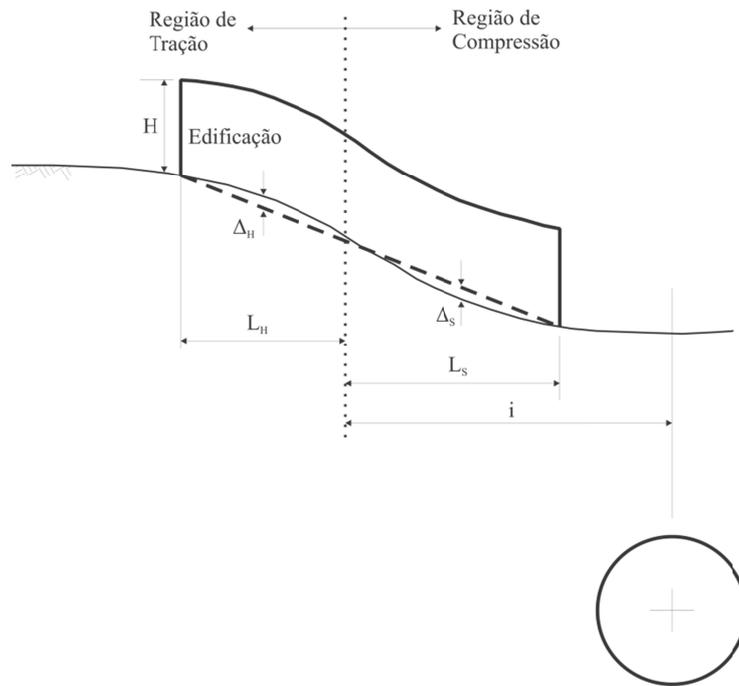


Figura 2.14 Resposta da edificação nas regiões de compressão e tração (modificado de Burland *et al.*, 1974)

Em resumo, pode-se esperar que as estruturas localizadas na vizinhança de um túnel raso experimentem os seguintes movimentos (ITA/AITES, 2007):

- Recalques uniformes (ou soerguimento);
- Recalques diferenciais (ou soerguimento);
- Rotações globais ou diferenciais;
- Deslocamentos horizontais globais;
- Deslocamentos horizontais diferenciais em compressão o extensão.

Burland & Wroth em 1974, citados em Franzius (2003), propuseram um grupo de nove parâmetros para definir, de maneira mais específica, a deformação em uma edificação (Figura 2.16):

- Recalque ou recalque absoluto (S_v): definido como o movimento vertical de cima para baixo de um elemento de fundação. Quando este movimento ocorre de baixo para cima é chamado de soerguimento (Figura 2.16 a).
- Recalque diferencial ou relativo (δS_v): é a diferença entre os valores dos recalques em dois pontos quaisquer nos elementos de fundação (Figura 2.16 a)

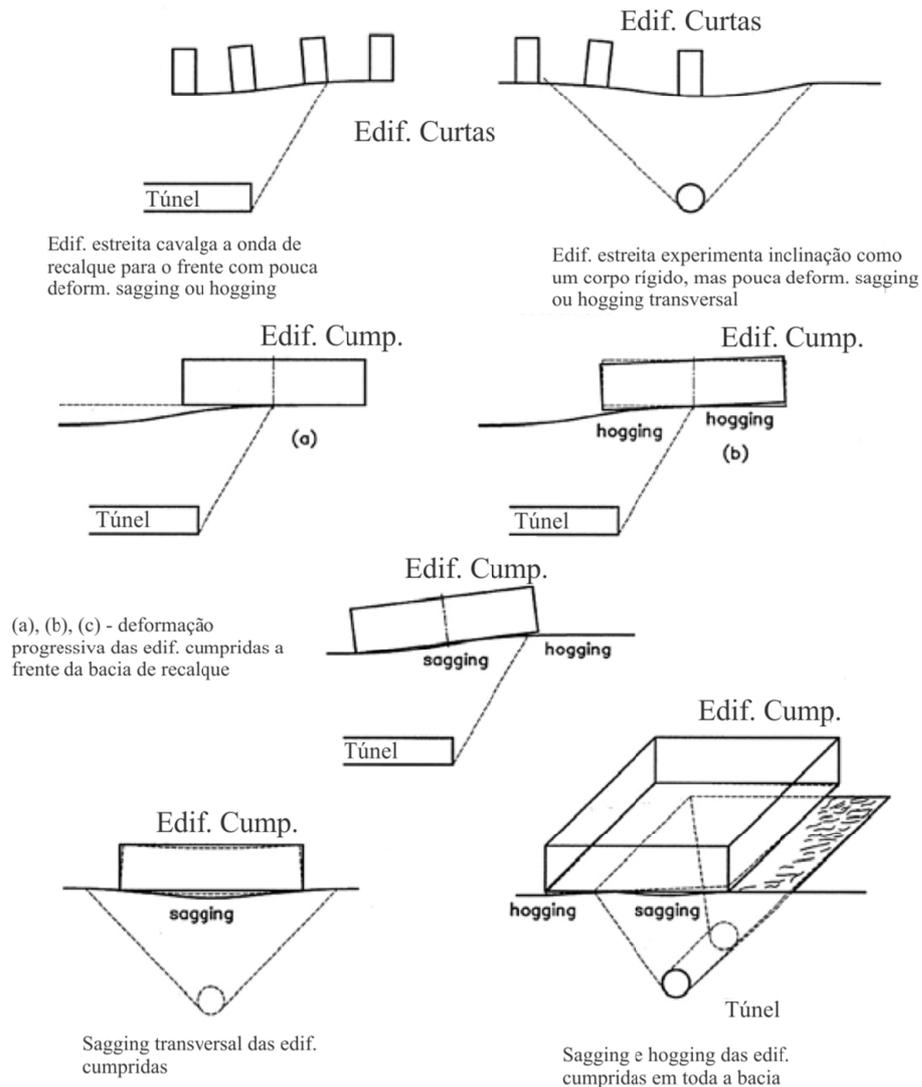


Figura 2.15 Resposta esquemática das edificações às deformações induzidas por um túnel raso (modificado de ITA/AITES, 2007).

- Rotação (θ): descreve a mudança no gradiente da linha reta definida por dois pontos de referência da fundação (Figura 2.16 a).
- Deformação angular (α): Seus valores positivos estão associados a situações de compressão e os negativos a situações de tração (Figura 2.14 e Figura 2.16 a).
- Deflexão (Δ): é o deslocamento máximo do perfil de recalques, medido a partir de uma linha reta que une dois pontos de referência em uma distância L . Valores positivos indicam situação de compressão (Figura 2.16 b).

- Índice de deflexão (DR): é a relação entre o valor da deflexão e a distância entre os dois pontos de referência onde se mediu a deflexão (Figura 2.16 b):

$$DR = \frac{\Delta}{L} \quad 2.4$$

- Inclinação (ω): Descreve a rotação do corpo rígido da estrutura como um todo ou uma parte dela bem definida (ver Figura 2.16 c).
- Distorção angular (β): é obtido pela relação entre o recalque diferencial e a distância entre os pontos que serviram de referência para medição do mesmo:

$$\beta = \frac{\delta S}{L} \quad 2.5$$

- Deformação horizontal média (ϵ_h): é obtida dividindo-se a variação do comprimento pelo próprio comprimento:

$$\epsilon_h = \frac{\Delta L}{L} \quad 2.6$$

As definições listadas acima só descrevem as deformações num estado plano de deformação, fenômenos tridimensionais como as torções não são incluídas. Rankin em 1988, citado por Franzius em 2003, ressalta que apesar destas definições serem amplamente aceitas até hoje, notou que essa informação normalmente não está disponível na engenharia prática, isso no contexto onde, aliás, seria necessário ter um grande número de observações para descrever adequadamente os parâmetros de deformação.

Mair *et al.* (1996) sugeriram três etapas de projeto, que devem ser consideradas para a avaliação do dano potencial nas edificações para projetos de túneis na Inglaterra. Mair *et al.* (1996) e depois Franzius (2003) chamaram equivocadamente este processo como uma aproximação à avaliação do risco de dano na edificação. O conceito da avaliação do risco, tal e como será visto no Capítulo 3, é um conceito muito mais amplo e contempla outras atividades diferentes à simples avaliação do dano.

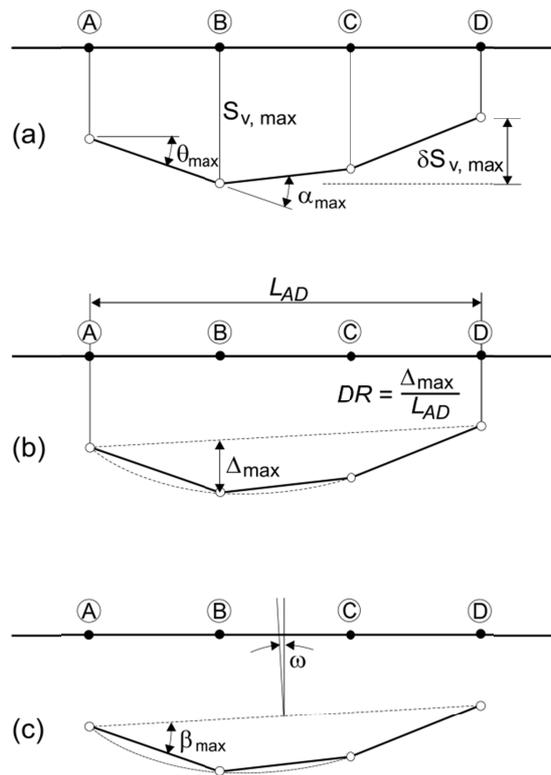


Figura 2.16 Definição das deformações de uma edificação (modificado e depois de Burland, 1995)

Franzius esquematizou o processo estabelecido por Mair mediante a Figura 2.17, e embora tivesse sido impreciso na sua denominação, seu esquema é válido como ilustração do procedimento que deve ser adotado no momento do projeto de um túnel urbano, ao avaliarem-se os danos induzidos por sua escavação (Figura 2.17).

Observa-se na Figura 2.17, que a filosofia do processo consiste em tratar inicialmente o problema mediante uma abordagem simples, e segundo os resultados obtidos levar a análise, quando superados certos limiares pré-estabelecidos, em direção a abordagens mais complexas. Esses limiares serão discutidos mais a frente e denotam uma categorização do dano que o projetista está disposto a assumir, dada sua ocorrência. Conforme observado anteriormente, sugere-se que o assunto da ocorrência de dano na estrutura seja um assunto que possa ser tratado por meio de uma probabilidade condicional, tal e como será discutido no Capítulo 3.

Adicionalmente, observa-se que os parâmetros avaliados em cada uma dessas etapas são os definidos por Burland & Wroth em 1974, citados em Franzius (2003), e listados acima. Deve-se considerar isto como uma sugestão, e o projetista deve se sentir na liberdade de incluir outros parâmetros definidos por Burland & Wroth, ou desconsiderar os sinalados na Figura 2.17.

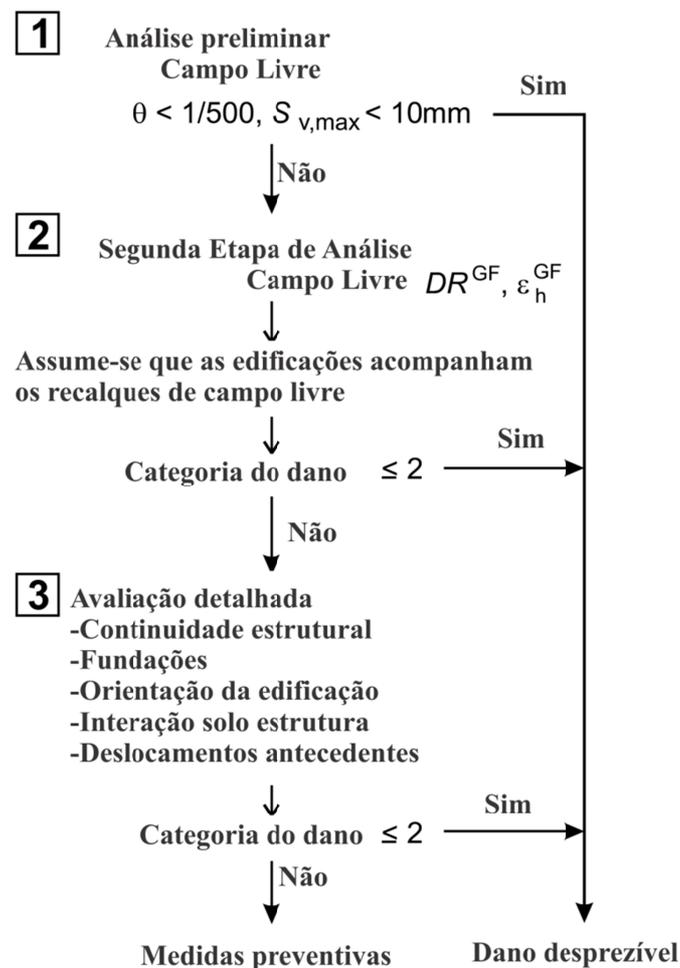


Figura 2.17 Esquema do processo de projeto necessário para a avaliação do dano nas edificações devido à escavação de um túnel raso (modificado de Franzius, 2003)

2.5 QUANTIFICAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO DO DANO NAS EDIFICAÇÕES

Como foi mencionado, para definir os tipos de análises que devem ser considerados, é importante estabelecer uma categorização do tipo de dano que pode sofrer a estrutura. Para o caso de edificações, Burland *et al.* em 1977, citado por Mair *et al.* (1996), estabeleceram os critérios resumidos na Tabela 2.1, baseados na facilidade da reparação dos danos. Esses

critérios foram estabelecidos segundo os trabalhos de Jennings & Kerrich de 1962, *UK Coal Board* de 1975 e MacLeod & Littlejohn de 1974, citados por Mair (1996).

Tabela 2.1 Classificação de danos visíveis em paredes em relação particular à facilidade na reparação da alvenaria (modificado de Mair *et al.*, 1996)

Categoria do dano	Severidade	Descrição dos danos	Espessura da trinca (mm)
0	Desprezíveis	Trincas capilares	< 0,1
1	Muito leves	Trincas estreitas de fácil reparo. Dano restrito à alvenaria externa, visíveis sob inspeção detalhada.	< 1,0
	Leves	Trincas facilmente preenchidas. Trincas externas visíveis e sujeitas a infiltração. Portas e janelas emperrando nas esquadrias.	< 5,0
2	Moderados	O fechamento das trincas requer significativo preenchimento. Talvez seja necessário substituir pequenas áreas de alvenaria externa. Portas e janelas emperradas. Redes de serviços podem sofrer trincamentos.	5 a 15 mm ou várias com mais de 3 mm
	Severos	Necessidade de reparos envolvendo remoção e reposição de pedaços de paredes, especialmente sobre portas e janelas. Esquadrias de portas e janelas, bastante fora do esquadro. Paredes fora do prumo, com eventual descolamento de vigas de suporte. Redes de serviços com operação interrompida.	15 a 25 mm dependendo do número de trincas
3	Muito severos	Reparos significativos envolvendo reconstrução parcial ou total. Paredes requerem escoramento. Janelas quebradas. Perigo de instabilidade.	Maior de 25 mm dependendo do número de trincas

A categoria dois indicada na Figura 2.17 faz referência a que os danos leves do tipo mencionado na Tabela 2.1 podem ser desconsiderados. Adicionalmente, a figura indica que deformações associadas a categorias superiores, devem ser estudadas a profundidade mediante o uso de análises mais detalhadas e sofisticadas. Essas análises levam a avaliações mais acuradas como as de Boscardim & Cording em 1989 ou Potts & Addenbrooke em 1997, citados em Franzius (2003) e amplamente discutidos pelo mesmo Franzius e por Foá (2005) e Chissolucombe (2009), sendo esses dois últimos trabalhos, teses de doutorado desenvolvidas na Pós-graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília. Análises ainda mais sofisticadas do tipo 3-D, como aquelas de Burd *et al.* (2000) e Houlsby *et al.* (1999), incorporam a edificação na análise numérica mediante elementos finitos (FEM).

Devido a este fato, como será visto nos capítulos três e seis, a metodologia proposta nesta tese se concentra em uma etapa de análise, que melhor se relaciona com aquelas mencionadas na Etapa 1 da Figura 2.17, onde serão explicados somente os critérios de avaliação concernentes a esta etapa. Recomenda-se, para uma leitura mais detalhada referente às metodologias de avaliação do dano, procurar as referências mencionadas no parágrafo anterior.

Burland & Wroth (1974), citado em Franzius (2003), mostraram que a deformação de tração é um parâmetro fundamental na determinação do início das fissuras. Eles obtiveram esses resultados após vários testes a grande escala sobre painéis e muros de alvenaria. Seus testes mostraram que as trincas visíveis estão associadas com um valor claro da deformação de tração média. Definiram essa deformação, medida para 1 m de comprimento, como a deformação crítica de tração ϵ_{crit} .

Para alvenaria de tijolo, foram reportados valores de deformação de tração crítica de $\epsilon_{crit} = 0,05\% - 0,1\%$, enquanto para concreto de baixa resistência, os valores foram de $\epsilon_{crit} = 0,03\% - 0,05\%$. Burland & Wroth notaram que esses valores foram maiores que os da deformação de tração local correspondente à tensão de ruptura.

Posteriormente em 1977, Burland & Wroth, citados em Franzius (2003), substituíram a notação de deformação de tração crítica ϵ_{crit} , e se referiram a ela como deformação de tração limite ϵ_{lim} , considerando os diferentes tipos de materiais e os estados limites de funcionalidade. Boscardin & Cording em 1989, citados por Franzius (2003), utilizaram o conceito de deformação de tração limite e estabeleceram uma relação entre ela e as categorias de danos apresentadas na Tabela 2.1 (Tabela 2.2).

Skempton e MacDonald em 1956 (citados em Foá, 2005) monitoraram 98 edificações, construídas com diversos tipos de materiais tais como aço, concreto armado, alvenaria de tijolos e de blocos, assentadas sobre diversos tipos de fundações. As estruturas foram monitoradas com relação aos recalques e à existência de danos. Das 98 edificações monitoradas, 40 delas apresentaram danos.

A partir dessas observações, eles definiram três categorias de danos, como sendo: arquitetônicos, aqueles relacionados com o aparecimento de pequenas fissuras, desajustes no acabamento que provocam efeitos negativos na estética da edificação; funcionais, que afetam a funcionalidade da edificação como o empenamento de portas e janelas, rupturas de esgotos e

Tabela 2.2 Relação entre a categorização do dano e a deformação de tração limite ϵ_{lim} (modificada de Mair *et al.*, 1996)

Categoria do dano	Severidade	deformação de tração limite (%)
0	Desprezíveis	0 - 0,05
1	Muito leves	0,05 - 0,075
2	Leves	0,075 - 0,15
3	Moderados	0,15 - 0,3
4 a 5	Severos a muito severos	> 0,3

cabos telefônicos; e estruturais, como aqueles que afetam os elementos estruturais da edificação, como, por exemplo, vigas, pilares, alvenaria. Ao final do seu estudo, eles obtiveram as seguintes conclusões:

- Apareciam fissuras em alvenarias estruturais e em paredes divisórias de edificações armadas quando o valor da distorção angular era maior que 1/300;
- Apareciam danos estruturais quando a distorção angular ultrapassava o valor de 1/150;
- Sugeriram o valor de distorção angular de 1/500 como sendo seguro contra qualquer fissura;
- Para distorção angular $\delta S/L = 1/300$, o maior valor de recalque diferencial para fundações sobre solos argilosos seria de 45 mm, e para fundações sobre solos arenosos, de 30 mm. Para um dado valor de $\delta S/L$, os recalques admissíveis são maiores para fundações sobre fundações em radier do que para fundações em sapatas.

Grant et al. em 1974 (citado em Foá, 2005) analisando o comportamento das 98 edificações estudadas por Skempton e MacDonald em 1956 (citados Foá, 2005), acrescentam ao seu estudo, outras 95 edificações. Neste estudo, as edificações foram agrupadas em categorias de acordo com as seguintes informações:

- Uso, locação e data de construção;
- Tipo de edificação de acordo com o material construtivo;
- Comprimento, largura e número de andares e indicadores de rigidez ou flexibilidade;
- Condições do solo e tipo de fundação;
- Recalques observados;
- Presença e a natureza de danos.

Bjerrum em 1963 (citado em Foá, 2005), baseado nos estudos feitos por Skempton e MacDonald propôs um critério de danos, definido como sendo a deformação máxima que uma edificação pode suportar, sem prejudicar sua utilização. Na Tabela 2.3, são mostradas as várias categorias de potencial de danos em função do valor da distorção angular da edificação.

Tabela 2.3 Classificação de danos segundo a distorção angular limite proposta por Bjerrum em 1963 (modificado de Foá, 2005)

Categoria de potencial de danos	$\beta = \delta S/L$
Perigo para máquinas sensíveis a recalques	1/750
Perigo para pórticos com diagonais	1/600
Inadmissibilidade de fissuras em edificações	1/500
Primeiras fissuras em painéis	1/300
Dificuldades com pontes rolantes	1/300
rotações em edifícios altos tornam-se visíveis	1/250
Fissuras consideráveis em paredes de painéis e de tijolos	1/150
Danos estruturais em qualquer edifício	1/150
Limite para paredes de tijolos flexíveis $L/H > 4$	1/150

2.6 CAUSAS DE ACIDENTES EM TÚNEIS

Até agora, a discussão realizada neste capítulo permite ter uma noção do contexto existente na condição de uma escavação de um túnel raso em ambiente urbano: existe uma grande influência do túnel raso no meio que o contorna e esta influência afeta a infraestrutura que se encontra sobre e sob a superfície. Por outro lado, viu-se que da mesma forma que o túnel tem influência no seu entorno, o entorno influencia o túnel: as tensões presentes no maciço e as sobrecargas da superfície influenciam o campo de tensões sobre as paredes do túnel.

Estas condições somadas às condições geológico-geotécnicas, normalmente, presentes a pouca profundidade em ambientes urbanos (alta perturbação antrópica, presença de água e materiais muito intemperizados) geram um contexto complexo onde sobram incertezas. Em um ambiente incerto ocorrem acidentes, e os ocorridos em túneis construídos em ambiente urbano são foco da atenção da comunidade e da imprensa, ou seja, tem um grande impacto político além dos impactos econômicos, que podem influenciar a imagem de uma obra para a sociedade.

Seidenfuß (2006) estudou diferentes eventos ocorridos em túneis e classificou-os tal como apresentado na Figura 2.18. Observa-se que 20% das causas de acidentes em túneis não são conhecidas e que causas como alterações nas condições do maciço, más condições do maciço e a influência da água (causas que realmente se referem ao conhecimento do contexto geomecânico) são responsáveis por 49% dos acidentes em túneis.

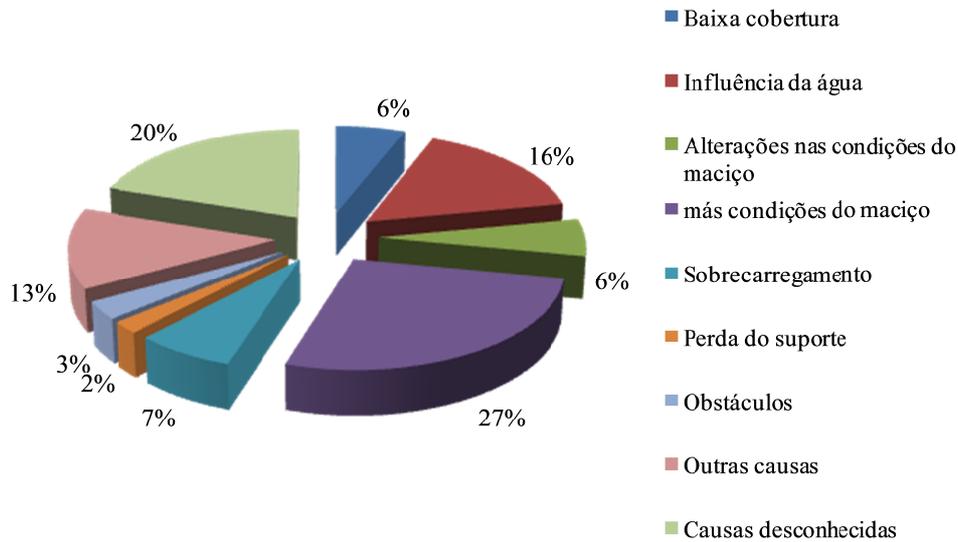


Figura 2.18 Causas de acidentes em túneis (modificado de Seidenfuß, 2006)

Entendendo risco como os sobrecustos prováveis devidos à ocorrência de eventos (incertos) que geram prejuízo, em um contexto como o descrito no parágrafo anterior, se torna importante o entendimento e gestão dos riscos prováveis, de tal jeito que desde a etapa de projeto seja possível antecipar tais situações de risco e tomar medidas que visem a diminuição das perdas de vidas e econômicas, em um empreendimento de um túnel urbano.

3 GESTÃO DO RISCO

3.1 INTRODUÇÃO

Foi na década de 1950 que, pela primeira vez, propôs-se um modelo para a estimação do risco (Meng *et al.*, 2010). Somente em 1975, com o *Rasmussen Report (US Nuclear Regulatory Commission, 1975)*, foi apresentada a primeira metodologia PRA (*Probabilistic Risk Analysis*) desenvolvida para a indústria nuclear. O *Rasmussen Report* constituiu-se na semente que gerou a forma como hoje é vista a análise do risco (Meng *et al.*, 2010).

Entretanto, na engenharia civil, somente nas últimas duas décadas têm sido comum a inclusão completa ou parcial da gestão do risco em diferentes tipos de problemas. Embora as aplicações mais comuns façam referência a fenômenos como a resposta sísmica, a estabilidade de encostas e a inundação, todas associadas com os estudos de planejamento e administração regional para definição do uso do território, algumas poucas se referem à gestão do risco em obras de grande porte, tais como barragens, rodovias e túneis.

Especificamente, em empreendimentos de túneis, após reportagens nos jornais mostrando importantes acidentes ocorridos durante a década de 1990, centrou-se a atenção do público e em particular dos donos dos empreendimentos de túneis, sobre os riscos associados aos trabalhos de obras subterrâneas. Como resultado, a gestão do risco converteu-se em uma parte integral da maioria dos empreendimentos de obras subterrâneas no final da mencionada década (Eskesen *et al.*, 2004).

Cabe neste momento abrir espaço para incluir algumas definições clássicas que permitem esclarecer o significado dos diferentes termos usados neste capítulo. A *ameaça* (A) é definida como a situação ou condição que apresenta um potencial de prejuízo humano, de danos à propriedade ou a própria obra, de danos ao meio ambiente, de perdas econômicas ou atrasos na finalização da obra, entre outros. O *risco* (R) é a combinação da frequência de ocorrência de uma determinada ameaça e as consequências de sua ocorrência.

Como definições derivadas das anteriores aparecem: (i) *análise do risco* (AR), que é o processo estruturado no qual é identificada a probabilidade e calculada as consequências

adversas geradas por uma dada atividade; (ii) *gestão do risco* (GR), que é o processo o qual inclui a identificação das ameaças, a análise, mitigação e controle do risco.

Em geral, para todos os problemas de engenharia civil poderia ser usada a mesma *metodologia de gestão do risco* (MGR), porém, há diferenças que devem ser consideradas no momento da *análise do risco*. Para estabelecer essas diferenças, serão separados dois grandes grupos. O primeiro refere-se aos empreendimentos de zoneamento de encostas e de resposta sísmica (e demais estudos de planejamento regional), e o segundo refere-se aos empreendimentos de túneis e às demais obras de grande porte. Essa separação foi feita partindo do fato que o primeiro grupo é aquele onde, historicamente, tem sido abordado o tema de gestão do risco com maior frequência e sucesso, como foi mencionado em parágrafos anteriores. E o segundo é o tema de interesse desta tese. Essas diferenças estão resumidas na Figura 3.1.

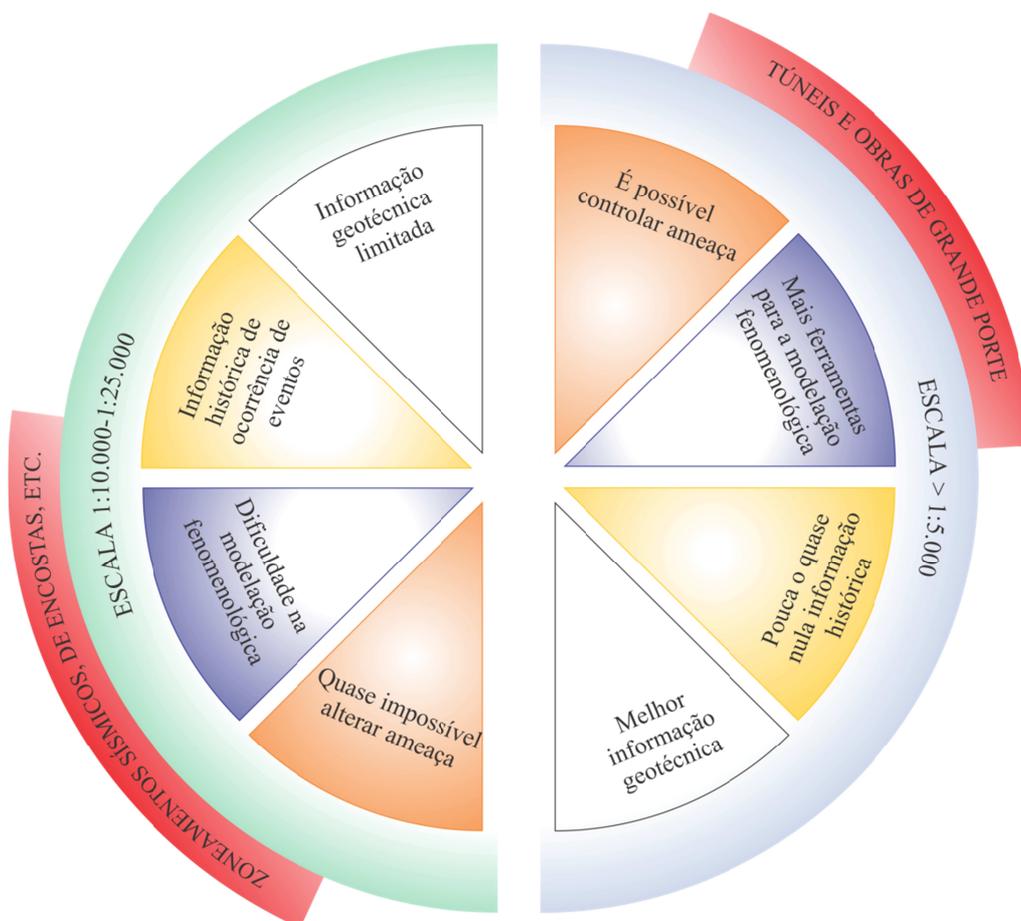


Figura 3.1 Análise de risco para túneis versus análise de riscos para zoneamentos sísmicos e de encostas

A Figura 3.1 mostra que a mudança na escala de abordagem é o elemento que estabelece a principal diferença na análise do risco (AR), entre a abordagem de um empreendimento de grande porte e aquele de zoneamentos destinados à definição do uso do território. O empreendimento de uma obra de grande porte exige que os zoneamentos sejam trabalhados em escalas de maior detalhe que 1:5000. Essa circunstância implica em mudanças de aspectos que são importantes quando se quer aplicar, com sucesso, a AR. Dentre as mudanças, algumas constituem vantagens e outras desvantagens. Em relação aos projetos de túneis, são características vantajosas a possibilidade de controlar a ameaça e a disponibilidade *softwares* que constituem importantes ferramentas para a modelagem fenomenológica. Porém, há aspectos que, claramente, constituem-se em desvantagens, como o fato de que em etapas primárias de execução da AR, além de não se ter informação histórica, não há também informação realmente útil, ou esta é escassa, fazendo com que a maioria da informação geotécnica seja produzida dentro do empreendimento. Por outro lado, este último aspecto permite ao especialista definir as características da informação geotécnica que será coletada, configurando uma situação vantajosa.

Além da definição dada no início deste capítulo, há muitas maneiras de expressar, matematicamente, o risco (Sousa, 2010; Shahriar *et al.*, 2008; Sturk *et al.*, 1996; Einstein, 1996). Entretanto, inicialmente será apresentada sua expressão mais simples:

$$R = P[A] \cdot C \quad 3.1$$

em que R é o risco, P(A) é a probabilidade de ocorrência da ameaça A e C é a consequência.

Embora, encontrem-se na bibliografia muitas discussões referentes à AR ou a seus componentes, tais como, a de Varnes (1984), Fell *et al.* (2008), Uzielli *et al.* (2008), Isaza (2011); Hildalgo-Montoya (2013), Tiga-Entralgo (2013), todos estes exemplos de aplicação da análise do risco em encostas e taludes, e Fenton & Griffiths (2008) em alguns outros casos de engenharia geotécnica, são poucas as discussões referente a GR. Na área de túneis, desde as primeiras publicações, já citavam-se os elementos da GR, conforme observado nos trabalhos de Sturk *et al.* (1996) e Einstein (1996). Eskesen *et al.* (2004) e Guglielmetti *et al.* (2008) apresentaram, também para túneis, metodologias e conceitos da GR mais elaborados e completos.

Einstein (1996) associa pela primeira vez conceitos que, como serão vistos, são próprios da GR e ainda são válidos, por exemplo, a necessidade da definição dos critérios de aceitação e a necessidade do estudo dos fenômenos associados às ameaças à luz desses critérios de aceitação. Einstein ao definir tais necessidades estabelece, em consequência e de maneira indireta, o conceito moderno do risco residual que será discutido a frente. Estas atividades vão além do que pode ser considerado, dentro da definição dada anteriormente, como *análise do risco*, deixando clara a necessidade de um procedimento mais amplo que ele chamou, em publicações posteriores de metodologia DAT, siglas da frase em inglês *decision aids for tunnelling* (Einstein *et al.*, 1999 e Einstein, 2004, citados por Einstein, 2006). A DAT pode ser considerada como consequência da primeira metodologia de GR, embora, como será visto, a GR requer procedimentos além dos mencionados.

Em termos gerais, os especialistas concordaram em relação aos elementos que devem constituir a *gestão do risco* e às suas definições. Existe, porém, discordância relacionada com a metodologia de gestão do risco, não existe uma metodologia que forneça um caminho bem definido, onde passos sejam indicados para a implementação da GR em um empreendimento civil.

Embora o contexto explicado no parágrafo anterior seja o geral, dentre essas publicações, algumas estabelecem contextos que geram um panorama ainda mais desfavorável, dado que usam equivocadamente alguns conceitos e/ou desconsideram outros. Por exemplo, trabalhos como os de Yoo & Kim (2003) com o denominado TU-RISK, Burland (1995) e Franzius (2003) confundem o processo de análise do risco com o processo de classificação e avaliação dos danos gerados pela escavação de um túnel urbano.

Não é escopo desta tese a validação de cada um dos trabalhos citados, pois isto requereria algum tipo de metodologia sistemática e racional, que avaliasse o sucesso da aplicabilidade dos conceitos e/ou metodologias tratadas nos mesmos, para diferentes casos reais e/ou hipotéticos. Não entanto, considera-se que as metodologias existentes são confusas e constituem o motivo do fracasso da popularização e aplicação das metodologias de GR. Deve-se considerar o seguinte panorama, as apreciações colocadas anteriormente são produto do estudo e tentativa de entendimento, do autor desta tese e seu orientador, das referências citadas. Portanto, as conclusões colocadas são produto do que poderia ser considerada a apreciação pessoal deles.

Nos itens posteriores deste capítulo apresenta-se uma proposta de metodologia para levar a cabo a gestão do risco num empreendimento de um túnel. Tal metodologia é constituída por cada um dos tópicos constituintes do Item 3.2 que são estabelecidos, em parte, a partir de uma compatibilização e reorganização das metodologias propostas até hoje pelos diferentes autores.

3.2 GESTÃO DO RISCO

É necessário ampliar a definição dada no Item 3.1 de *gestão do risco*, além delimitá-la no contexto das obras subterrâneas. A gestão do risco é uma *metodologia de projeto* de caráter estocástica, que têm associada um conjunto de processos, em adicionais aos normalmente considerados no projeto, o qual busca identificar as potenciais ameaças associadas às atividades características das obras subterrâneas, atribuir uma probabilidade de ocorrência a cada ameaça, identificar e calcular as consequências dada a ocorrência de cada ameaça, calcular os riscos associados a cada ameaça, definir e tomar as medidas de mitigação desses riscos, definir seus mecanismos de transferência e tomar as medidas para seu controle e seguimento. Procedimentos associados à anterior definição serão ampliados ao longo deste capítulo.

A MGR engloba todas as etapas do empreendimento, sendo que existe uma etapa da GR para cada uma delas. A Figura 3.2 mostra estas etapas e apresenta como se relacionam.

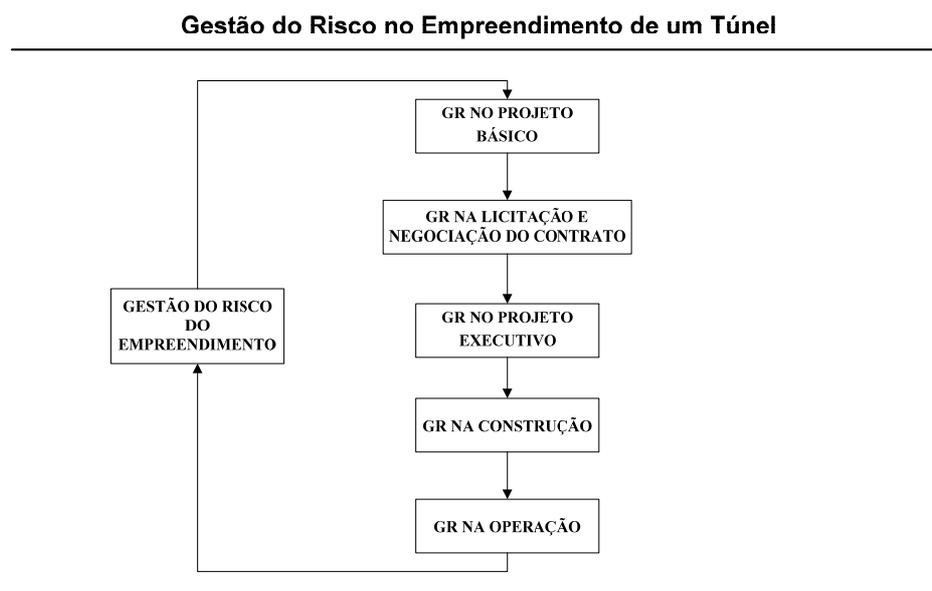


Figura 3.2 Etapas da gestão do risco

O interesse desta tese é focar na fase de projeto básico. A Figura 3.3 apresenta, de maneira mais detalhada, uma sugestão para a GR nesta etapa. Nesta mesma figura, o significado dos pontos A, A', B e B' serão discutidos a frente, ao explicar os elementos constitutivos da *análise quantitativa específica do risco*.

Observam-se quatro grandes grupos de atividades constitutivos da GR: a definição das políticas do risco, a análise qualitativa dos riscos, a análise quantitativa específica dos riscos e uma quarta, a tomada de decisão e transferência dos riscos. Conceitos como o *risco admissível (RA)*, *mitigação do risco* e *transferência do risco*, serão discutidos a frente.

Cabe ressaltar que o processo de gestão do risco nunca termina, ele está presente durante toda a vida útil da obra. Requer, como será visto, a participação do dono do empreendimento durante todo este tempo e dos projetistas, empreiteiros e operadores em diferentes etapas do mesmo.

Embora seja do interesse desta tese, unicamente, a GR na fase de projeto básico, como indicado, na sequência apresentam-se os procedimentos que, em termos gerais, englobam as diferentes etapas da GR apresentadas na Figura 3.2 (modificado de Eskesen *et al.*, 2004):

Etapa 1 – Projeto básico. Nesta etapa são indispensáveis:

- Estabelecimento de políticas de risco;
- Estabelecimento de critérios de aceitação do risco;
- Identificação da tipologia das consequências e cálculo das mesmas;
- Determinação qualitativa e quantitativa do risco do projeto;
- Transferência dos riscos para a Etapa 2.

Etapa 2 – Licitação e Negociação do Contrato. Envolve não só riscos geotécnicos, mas também, riscos financeiros e até mesmo variáveis políticas e sociais. Inclui as seguintes fases:

- Recepção dos riscos transferidos desde a Etapa 2;
- Definição dos requerimentos do edital;
- Determinação do risco associado às propostas das empresas que participaram da licitação;
- Definição de cláusulas de risco no contrato.
- Transferência dos riscos para a Etapa 4.

Metodología Geral de Gestão do Risco na Fase de Projeto

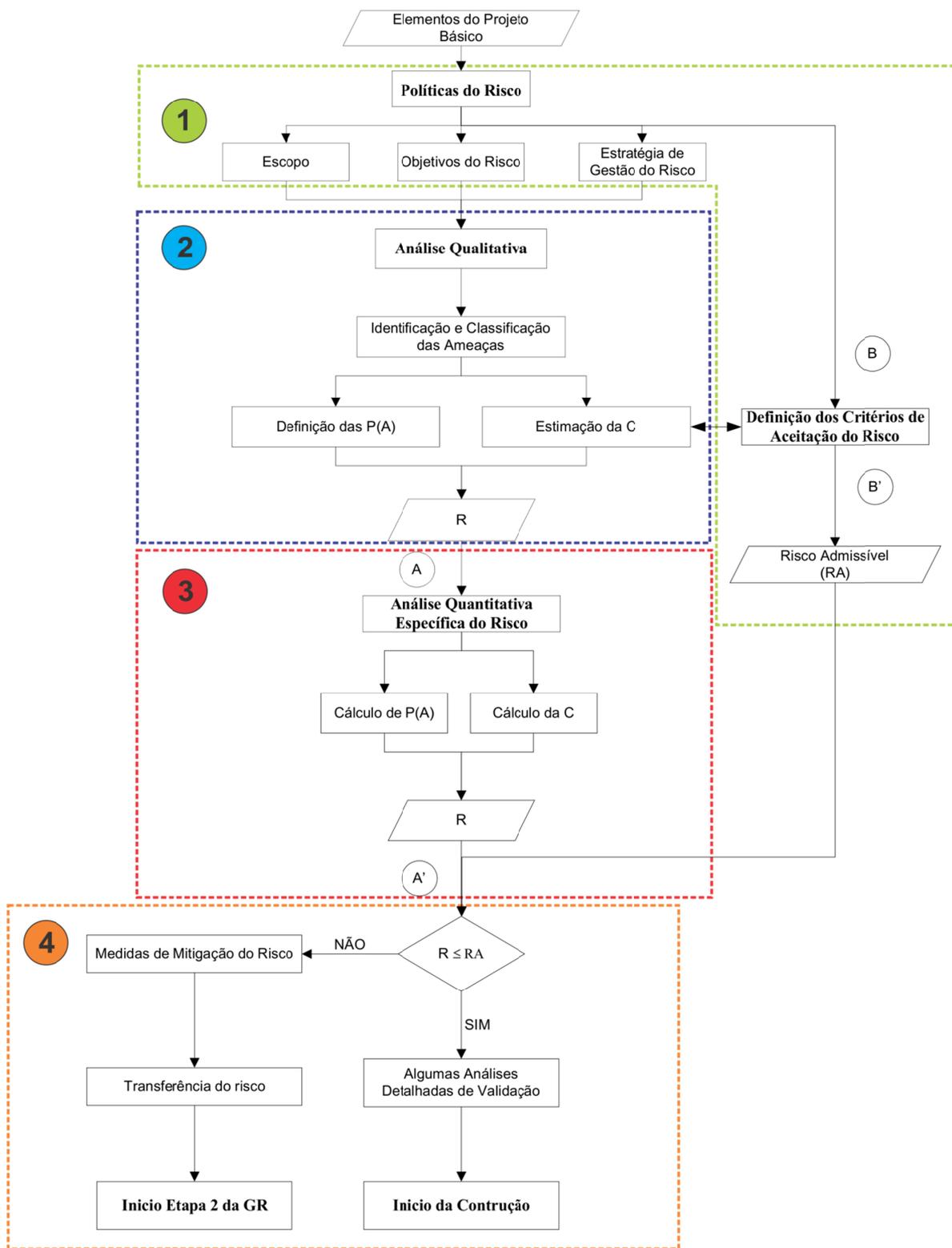


Figura 3.3 Metodologia geral de gestão do risco para a etapa de projeto de um empreendimento de um túnel.

Etapa 3 – Projeto executivo. Nesta etapa são indispensáveis em termos gerais:

- Recepção dos riscos transferidos desde a Etapa 1;
- Determinação detalhada quantitativa dos riscos transferidos;
- Definição e aplicação das medidas de mitigação;
- Transferência dos riscos para a Etapa 3.

Etapa 4 – Construção. Inclui estas fases:

- Recepção dos riscos transferidos desde a Etapa 3;
- Gestão do risco do empreiteiro, que por sua vez inclui a implementação das medidas de mitigação, de controle dos riscos definidos pelo projetista e de identificação de novos riscos, entre outras atividades;
- Gestão do risco do dono do empreendimento, que por sua vez inclui a fiscalização da implementação das medidas de mitigação, de controle dos riscos definidos pelo projetista e o ajuste dos mesmos segundo os resultados, entre outras atividades;
- Definição de uma equipe de gestão do risco conjunto, entre o dono e o empreiteiro.
- Transferência dos riscos para a Etapa 5.

Etapa 5 – Operação. Levando em consideração que um número importante de rupturas de obras geotécnicas ocorre durante a etapa de operação do empreendimento, é importante considerar a GR nesta etapa, principalmente para empreendimentos de grande porte. Nesses casos, devem ser considerados riscos que só fazem parte do processo de operação, mas que devem ser identificados no projeto básico. As fases a serem consideradas são:

- Recepção dos riscos transferidos desde a Etapa 4;
- Gestão do risco do operador, que por sua vez inclui a implementação das medidas de mitigação e de controle dos riscos definidos pelo projetista, entre outras atividades;
- Gestão do risco do dono do projeto, que por sua vez inclui a fiscalização da implementação das medidas de mitigação, de controle dos riscos definidos pelo projetista e o ajuste dos mesmos segundo os resultados, entre outras atividades;
- Definição de uma equipe de gestão do risco conjunto, entre o dono e o operador.

3.3 DIMENSIONALIDADE DO RISCO

A GR do risco é uma componente de um mundo mais amplo denominado gestão da infraestrutura, que por sua vez faz parte de outro ainda mais amplo denominado a gestão do

território. Para facilitar a toma de decisões dos especialistas gestores do território, é necessário expressar o risco em termos monetários, tal como foi sugerido por O'Reilly & Stovin (1996) e por Eskesen *et al.* (2004).

Vendo de novo a Equação 3.1, dada a condição adimensional da primeira componente da mesma ($P[A]$), é necessário que a consequência seja expressa em termos monetários. Isto, como será visto, implica em um grande desafio para os especialistas gestores do risco, que consiste em que esta abordagem requer a atribuição de custos, por exemplo, à indenização por perda da vida humana e outras consequências sociais cuja quantificação não é comum e, as vezes, questionada por algumas áreas do conhecimento, porém é necessária. Isto estabelece um interessante panorama, onde trabalhos de pesquisa e discussões acadêmicas devem ser direcionados a tal quantificação.

3.4 RISCO ADMISSÍVEL, RESIDUAL E MITIGAÇÃO DO RISCO

Não existe uma situação ausente de riscos, portanto é necessário que o dono do empreendimento defina quais são os riscos que está disposto a assumir. Isto definirá os riscos mínimos que terá o empreendimento, os quais serão chamados de *riscos admissíveis* (RA). O risco admissível deverá ser, para etapas posteriores a do projeto básico, definido, preferivelmente, em consequência de uma análise comparativa de custo da implementação das medidas de mitigação em comparação com o ganho na redução dos custos do risco, quer dizer, em consequência de uma análise do tipo *custo-benefício*. Entretanto, alguns tipos de riscos, como aqueles associados a consequências sociais e políticas, devem ser analisados sob uma ótica mais ampla além da relação *custo-benefício*, sendo possível que alguns desses riscos sejam considerados simplesmente inaceitáveis e obrigatoriamente mitigados.

É necessário, para as etapas envolvidas na GR do projeto básico (veja o grupo de atividades 4 da Figura 3.3), definir riscos admissíveis que sejam expressos como um valor absoluto em dinheiro, ou como uma fração do custo da obra. O autor de esta tese, recomenda para esta etapa definir o risco admissível como 0,5% do valor do custo da obra.

O processo de *mitigação dos riscos* consiste na implementação de medidas que visem à diminuição dos riscos, até atingir os níveis estabelecidos pelo risco admissível. Em geral, para o caso das obras civis, é possível reduzir tais riscos diminuindo a probabilidade de ocorrência

do evento com potencial prejuízo (P[A]) modificando, por exemplo, o método construtivo e/ou controlando os prejuízos.

O *risco residual* (RR) é a soma dos riscos restantes depois da implementação das medidas de mitigação, durante as etapas de projeto executivo e construção da obra. Portanto, o risco residual varia ao longo da implementação das diferentes etapas do projeto. Esta relação é apresentada na Figura 3.4, onde a área hipotética sombreada corresponde aos riscos que foram mitigados durante a execução das diferentes etapas do empreendimento, a linha vermelha tracejada demarca o limiar estabelecido pelo risco admissível e a área embaixo desta linha corresponde aos riscos residuais do empreendimento.

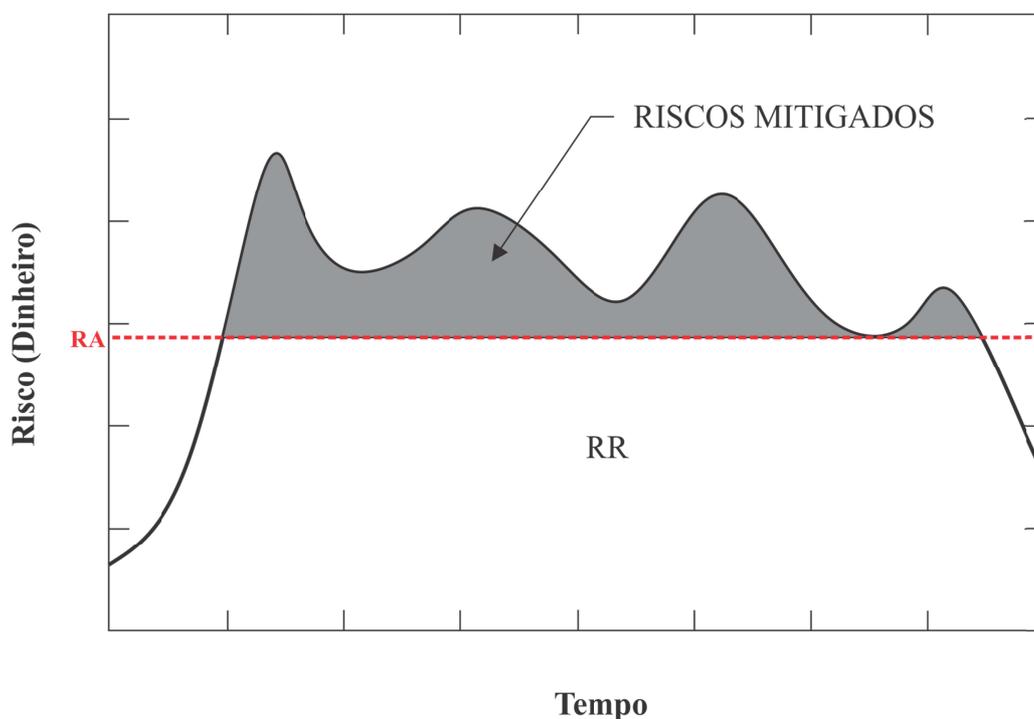


Figura 3.4 Risco residual, risco admissível e distribuição no tempo dos mesmos

3.5 TEMPORALIDADE DO RISCO

Os riscos são distribuídos, como visto, ao longo do tempo e da execução das diferentes etapas do empreendimento de um túnel (Figura 3.4). O risco total é a soma dos riscos presentes na totalidade do empreendimento do túnel e equivale à área embaixo da curva na Figura 3.4. Em geral, esses riscos totais diminuem ao longo do tempo, à medida que são dissipados ou que simplesmente o evento ameaçante não ocorre, dada sua natureza aleatória. Ao chegar à etapa

de operação, os riscos geotécnicos equivalem ao risco admissível pré-definido no contexto da definição das políticas do risco pelo dono.

3.6 POLÍTICAS DO RISCO

Antes de dar início à definição das políticas do risco, é necessário garantir que o especialista em risco conheça detalhadamente os principais elementos do projeto básico, tais como: posição do túnel em relação às feições geomorfológicas mais importantes; carregamentos impostos; geometria do túnel; alinhamento vertical e horizontal preliminares; localização das galerias, dos poços e cavernas associados a, por exemplo, estações de metrô ou poços de acesso; método construtivo preliminar; modelo de comportamento geomecânico a ser considerado; caracterização geológica; topografia; interferências localizadas, entre outros (ver primeiro grupo de atividades da Figura 3.3).

É muito importante realizar essa atividade na etapa preliminar do projeto básico. O objetivo é estabelecer os lineamentos comuns para todas as partes envolvidas: dono, projetista, empreiteiro e seguradora. As políticas do risco devem ser estabelecidas pelo dono do empreendimento, Eskesen *et al.* (2004) disseram que elas podem indicar:

- O escopo;
- Os objetivos do risco;
- As estratégias de gestão do risco.

Como um exemplo, o escopo pode incluir os seguintes riscos (Eskesen *et al.*, 2004):

- O risco para a saúde e seguridade dos trabalhadores, incluindo danos pessoais e, em caso extremo, perda de vidas humanas;
- O risco para a saúde e seguridade de terceiros;
- O risco para propriedades de terceiros, especificamente edifícios e estruturas existentes, edifícios de patrimônio cultural e infraestrutura superficial e subterrânea;
- O risco para o meio ambiente, incluindo possível contaminação do solo, da água e do ar, e dano à flora e fauna;
- O risco para o dono, referente ao atraso na entrega da obra;
- O risco para o dono, em relação a perdas financeiras e elevação dos custos;

A elaboração das políticas do risco pode indicar que a ênfase esteja focada na minimização do risco global, mediante a redução da probabilidade de ocorrência dos eventos com grandes

consequências (com muitas fatalidades ou de grande impacto político). Isso deve ser feito caso o dono considere mais importante os eventos de baixa probabilidade com consequências elevadas, em relação aos eventos de alta probabilidade de ocorrência com consequências baixas, mesmo que o risco, expresso como o produto entre a probabilidade e a consequência, seja o mesmo (Eskesen *et al.*, 2004).

A elaboração das políticas de risco podem também incluir algumas declarações gerais sobre a distribuição do risco entre os diferentes grupos de especialistas ou de trabalho envolvidos no projeto (Eskesen *et al.*, 2004).

Simultaneamente à definição do escopo, dos objetivos e das estratégias de gestão do risco, devem ser estabelecidos os critérios de aceitação do risco (Item 3.4). Este procedimento faz parte integral de todo o processo de gestão do risco e servirá posteriormente à Análise Quantitativa do Risco (AQR) como elemento de comparação e aceitação dos níveis de risco presentes no empreendimento. Nesta etapa deverão ser definidos os diferentes Riscos Aceitáveis (RA) que deverão ter concordância com os objetivos definidos previamente. Deverá ser estabelecido um RA para cada um dos riscos individuais que serão analisados na AQR.

3.7 ANÁLISE DO RISCO

Uma definição mais ampla de *análise do risco* é aquela que a define como o processo que consiste em: identificar e classificar os principais riscos; calcular suas probabilidades de ocorrência e suas respectivas consequências e o produto dessas duas componentes (ver segundo e terceiro grupo de atividades da Figura 3.3).

O processo de análise do risco (AR) tem como primeira atividade a análise qualitativa dos riscos, e como segunda a análise quantitativa. Em um processo de AR, a análise qualitativa é inevitável, porém a decisão em fazer a análise quantitativa é função da conjugação de diferentes elementos, tais como: a disponibilidade e qualidade dos dados; o tipo de problema; o escopo do empreendimento; e até o nível de entendimento do analista, no que tange ao conceito e às ferramentas de análise de risco.

Uma metodologia é chamada de qualitativa ou quantitativa dependendo da forma em que são determinadas as componentes da Equação 3.1. Quando as componentes $P[A]$ e C são expressas através de *valores numéricos* obtidos a partir de inferência direta do especialista,

partindo do seu conhecimento e/ou experiência, ou através de procedimentos estocásticos, a AR é denominada de *quantitativa*. Quando estas componentes do risco são expressas mediante *adjetivos* que os qualifique, a AR é denominada de *qualitativa*.

3.7.1 ANÁLISE QUALITATIVA

É recomendado, mesmo que se tenha planejado fazer a análise quantitativa, fazer a análise qualitativa na etapa de projeto, visando à identificação das ameaças potenciais e considerando todos os tipos de riscos incluídos, inicialmente, na etapa de definição das Políticas do Risco. Isso tem o objetivo de identificar os principais riscos durante a construção, da maneira mais completa possível, e prover uma base estruturada para as decisões de projeto, que devem ser tomadas na etapa de *projeto básico*. Os resultados da análise qualitativa podem ser usados também para a definição dos pontos que devem ser analisados detalhadamente na análise quantitativa e como ponto de partida para a gestão do risco durante a etapa de licitação (Eskesen *et al.*, 2004).

Em resumo, a análise qualitativa do risco deve incluir:

- A identificação e classificação de todas as possíveis ameaças;
- A qualificação das probabilidades de ocorrência de todas as ameaças identificadas;
- A qualificação das consequências dada a ocorrência de cada uma das ameaças;
- O cálculo da matriz de risco e identificação, mediante o processo de classificação, os riscos importantes que serão analisados, individualmente, na análise quantitativa.

Esse processo pode ser feito mediante as diferentes metodologias de trabalho em grupo existentes, tais como as chuvas de ideias, as metodologias do tipo Delphi com todas suas variações (Landeta *et al.* 2011), entre outras, manejadas isoladamente ou como uma combinação entre elas. O objetivo final é obter uma matriz que permita identificar os riscos importantes, definindo, assim, aqueles riscos que serão considerados na análise quantitativa. Um risco é importante quando a consequência é importante (desde o ponto de vista político, econômico, administrativo etc.), quando a probabilidade de ocorrência é alta, ou quando a combinação dos dois é alta, considerando que finalmente tudo deve ser submetido ao critério do especialista, o qual, por sua vez, deve apresentar a capacidade de ver além do produto $P(A)*C$.

Segundo Eskesen *et al.* (2004), nos processos de identificação e de classificação das ameaças, deverão ser levadas em conta as causas comuns dos eventos ameaçantes, tais como:

- A complexidade e maturidade das tecnologias aplicadas;
- As condições adversas do subsolo e da água no solo;
- A incompetência gerencial ou técnica;
- Os fatores humanos e/ou erros humanos;
- A falta de comunicação e coordenação entre as partes internas e externas do empreendimento;
- As combinações de vários eventos indesejados, que individualmente não são necessariamente críticos.

Em relação aos projetos geotécnicos de obras subterrâneas, os principais tipos de risco são:

- Risco geológico, relacionado à insuficiência de informação obtida por meio das investigações planejadas;
- Risco de projeto, especialmente relacionado à dificuldade de adaptação do projeto às condições geomecânicas encontradas, construção inapropriada, experiência do projetista limitada e limitações contratuais;
- Risco de construção, relacionado à seleção de uma técnica construtiva inapropriada ou insuficientemente industrializada, ocorrência de instabilidade, experiência do construtor, e limitações contratuais;
- Risco financeiro, relacionado a limitações sociais e políticas, confusa definição de responsabilidades, litígios, e seguridade.

As ameaças mais relevantes associadas a esses riscos, tanto por sua alta probabilidade de ocorrência, como pela apresentação de consequências importantes, ou ainda por uma combinação de ambos os elementos, são:

- Condições do maciço desfavoráveis ao comportamento geomecânico perante a escavação do túnel;
- Modelo geomecânico equivocado;
- Modelo geomecânico inexato;
- Falta de validação/atualização do modelo geomecânico durante a escavação;
- Entendimento inapropriado do comportamento do sistema maciço-túnel;
- Falta de incorporação da gestão do risco no empreendimento ou gestão inapropriada e/ou incompleta;

- Avaliação equivocada das tensões naturais e das tensões e recalques induzidos pela construção do túnel;
- Seleção equivocada do método construtivo;
- Inadequado sistema de monitoramento e controle e/ou inadequada frequência das leituras;
- Sondagem insuficiente na face da escavação;
- Variação do comportamento durante a construção do sistema maciço-túnel em comparação com o comportamento teórico;
- Manejo inapropriado do período da curva de aprendizagem e/ou falta ou demora na implementação de correções
- Logística e procedimentos inadequados;
- Ocorrência de instabilidades da escavação;
- Falta de dinheiro durante a construção;
- Falha no fornecimento de insumos/elementos de construção na obra;
- Ocorrência de sismos durante a construção;
- Acidentes durante a construção, alheios ao projeto (por exemplo, inundações).

Embora a lista anterior pretenda ser exaustiva, devido à complexidade das variáveis que intervêm nos projetos de engenharia civil, é importante que o grupo de especialistas defina uma lista própria que seja condizente com as características específicas do empreendimento. As ameaças listadas deverão ser expressas mediante variáveis e condições de projeto que representem bem a situação ameaçante, quer dizer, caso deseje-se analisar o evento de ocorrência de instabilidades da escavação, deverão ser bem definidas as variáveis e condições de projeto, que permitam identificar se realmente existem ou não instabilidades da escavação.

Tanto as ameaças identificadas e suas probabilidades de ocorrência, como as consequências, devem ser classificadas de acordo com a magnitude do risco que representam. O propósito desta classificação é prover um marco de referência para as decisões tomadas na implementação das medidas de mitigação do risco (Eskesen *et al.*, 2004) quando se toma a decisão de não realizar a análise quantitativa e, caso contrário, prover uma base para uma futura análise quantitativa individual.

O risco é obtido, necessariamente, do produto $P(A)*C$, para o qual realizam-se, separadamente e em primeiro lugar, a estimação de $P(A)$ e de C . Para isso serão, inicialmente, estabelecidas classes para cada um deles, que permitam ao especialista representar com

facilidade sua opinião. Posteriormente, serão também estabelecidas as classes para o produto $P(A)*C$, quer dizer, para o risco R. Esse processo é denominado processo de classificação do risco, e deve ser realizado de acordo com um sistema de classificação concebido, especificamente, para satisfazer as necessidades do empreendimento. Os sistemas de classificação podem ser incluídos nos critérios de aceitação do risco.

O sistema de classificação de P(A) é denominado sistema de classificação por frequência, e o sistema de classificação de C, sistema de classificação por consequência. O sistema de classificação por frequência deve ser comum para todos os tipos de risco considerados, enquanto um sistema de classificação por consequência pode ser estabelecido, separadamente, para cada tipo de risco considerado. Preferivelmente, o sistema de classificação por consequência deve ser estabelecido de tal forma, que um sistema de classificação do risco comum possa ser usado para todos os tipos de risco considerados (Eskesen *et al.*, 2004).

A classificação da frequência pode ser feita identificando o número de eventos (ameaças ocorridas) em uma unidade de tempo (por exemplo, um ano) ou em uma unidade de longitude (por exemplo, quilômetro de túnel).

Existem cinco grandes grupos de consequências associadas a um empreendimento de túneis urbano:

1. Consequências físicas:

- Diretas sobre a obra;
- Sobre a infraestrutura de terceiros;

2. Consequências sociais:

- Perdas de vidas humanas;
- Psicológicas e morais associadas, por exemplo, a condições, tais como, a ruptura da estrutura familiar devida a perda de um de seus integrantes e a desagregação social;
- Culturais ou simbólicas associadas, por exemplo com a perda da rotina e dos hábitos de uma sociedade;

3. Consequências ao meio ambiente;

4. Consequências políticas ou de imagem do empreendimento na sociedade;

5. Consequências econômico-administrativas, tais como, o atraso na finalização da obra.

Um exemplo de classificação por frequência é apresentado na Tabela 3.1. É recomendada uma separação em classes pares, pois a tradicional separação em classes ímpares, sejam cinco

ou três classes ou intervalos, gera ao especialista, uma tendência em selecionar a classe do meio. A Tabela 3.2 apresenta uma classificação similar para a consequência.

Tabela 3.1 Escala de classificação da probabilidade de ocorrência da ameaça.

Qualificação	Número de Classe
Improvável (I)	1
Pouco provável (PP)	2
Provável (P)	3
Muito provável (MP)	4

Tabela 3.2. Escala de classificação da consequência.

Qualificação	Número de Classe
Desprezível (D)	1
Considerável (C)	2
Alta (A)	3
Muito alta (MA)	4

Observa-se na Tabela 3.1 que o menor número identificador de classe corresponde à situação mais improvável de ocorrência do evento, e o maior número identificador a mais provável. Observa-se também que um critério similar foi aplicado na Tabela 3.2, onde o menor identificador de classe corresponde à situação de consequência desprezível, e assim por diante. Como será visto, esta situação, além de proposital, será conveniente no momento da classificação dos riscos.

O objetivo principal da análise quantitativa é a classificação dos riscos. Para isso é necessário construir a denominada *matriz de risco* (Tabela 3.3). A matriz do risco é a representação qualitativa do produto mostrado na Equação 3.1. Os elementos da matriz estão formados pelo resultado do produto entre os marcadores de classe designados na Tabela 3.1 e na Tabela 3.2.

Tabela 3.3 Exemplo matriz de risco

		C			
		Desprezível (D)	Considerável (C)	Alta (A)	Muito alta (MA)
P(A)	Classe	1	2	3	4
Improvável (I)	1	1	2	3	4
Pouco provável (PP)	2	2	4	6	8
Provável (P)	3	3	6	9	12
Muito provável (MP)	4	4	8	12	16

Deve ser definido, posteriormente, o significado de cada produto $P(A) \times C$ em termos qualitativos, baseando-se no significado que o especialista atribua para tal produto e na sua análise plenamente heurística. Por exemplo, um risco, que é o produto de uma ameaça improvável e uma consequência desprezível, pode ser qualificado como um risco

insignificante. Um exemplo de uma análise deste tipo apresenta-se na Tabela 3.4 uma sugestão para a qualificação de tal produto.

Na Tabela 3.4, a primeira, terceira e quinta colunas apresentam, respectivamente, todas as possíveis combinações de P(A) e C, e a qualificação de seu produto. A segunda, quarta e sexta colunas apresentam, respectivamente, o número identificador de classe das Tabelas 3.1 e 3.2 e o valor do produto desses números identificadores.

Identifica-se que os resultados do produto locados na sexta coluna, correspondentes a 1 e 2, estão associados a qualificações do risco como insignificante. Aqueles correspondentes a 3, 4, 5 e 7 a qualificações como aceitável, e assim por diante. Um resumo disto, que constitui a escala de classificação do risco, é apresentado na Tabela 3.5.

Tabela 3.4. Análise qualitativa do produto P(A).C

P(A)	Classe de P(A)	C	Classe de (C)	Qualificação do produto	Produto
Improvável (I)	1	Desprezível (D)	1	Insignificantes (IN)	1
Pouco provável (PP)	2	Desprezível (D)	1	Insignificantes (IN)	2
Provável (P)	3	Desprezível (D)	1	Aceitáveis (AC)	3
Muito provável (MP)	4	Desprezível (D)	1	Aceitáveis (AC)	4
Improvável (I)	1	Considerável (C)	2	Insignificantes (IN)	2
Pouco provável (PP)	2	Considerável (C)	2	Aceitáveis (AC)	4
Provável (P)	3	Considerável (C)	2	Aceitáveis (AC)	6
Muito provável (MP)	4	Considerável (C)	2	Aceitáveis sob condições (ACC)	8
Improvável (I)	1	Alta (A)	3	Aceitáveis (AC)	3
Pouco provável (PP)	2	Alta (A)	3	Aceitáveis (AC)	6
Provável (P)	3	Alta (A)	3	Aceitáveis sob condições (ACC)	9
Muito provável (MP)	4	Alta (A)	3	Inaceitáveis (IA)	12
Improvável (I)	1	Muito alta (MA)	4	Aceitáveis (AC)	4
Pouco provável (PP)	2	Muito alta (MA)	4	Aceitáveis sob condições (ACC)	8
Provável (P)	3	Muito alta (MA)	4	Inaceitáveis (IA)	12
Muito provável (MP)	4	Muito alta (MA)	4	Inaceitáveis (IA)	16

Tabela 3.5. Escala de classificação do Risco

Qualificação	Nomenclatura
Insignificantes (IN)	1-2
Aceitáveis (AC)	3-7
Aceitáveis sob condições (ACC)	8-11
Inaceitáveis (IA)	>12

Partindo desta classificação e para ajudar no uso da matriz de risco como elemento classificador, na Tabela 3.3, são demarcados em azul aquelas combinações que produzem riscos IN, em verde os AC, em amarelo os ACC em vermelho os IA. A classificação designada na Tabela 3.5 deve ser compatível com os critérios discutidos no Item 3.1 e no Item 3.4.

3.7.2 ANÁLISE QUANTITATIVA

Para cada um dos riscos mais importantes identificados na etapa de análise qualitativa, deve ser feita uma análise quantitativa. A análise quantitativa individual, denominada por Eskesen *et al.* (2004) como análise específica do risco, consiste em acurar a análise feita na fase de análise qualitativa, mediante aproximação estatística, aprimoramento dos elementos e metodologias de projeto, e valoração detalhada das consequências.

A estatística permite a designação de distribuições probabilísticas a vários eventos, sejam discretos, por exemplo, mediante distribuição de Poisson, ou contínuos, por exemplo, mediante distribuições Gaussianas, logarítmicas ou exponenciais, entre outras (Chiriotti *et al.*, 2003). Tais distribuições probabilísticas são a base para a avaliação da probabilidade do sistema se comportar dentro de patamares esperados.

Guglielmetti *et al.* (2008) descrevem que, no campo dos túneis urbanos mecanizados, o conceito de probabilidade pode ser aplicado à maioria das variáveis de entrada do projeto, tais como, os parâmetros geotécnicos, a sequência espacial do estado do parâmetro (por exemplo, variação espacial da litologia), a duração do ciclo de construção e os eventos discretos, tais como, o aumento de uma situação adversa (por exemplo, desconhecimento das características do solo, instabilidade da frente de escavação, acidentes etc.).

Portanto, os dados relacionados às características do subsolo, às variáveis de construção e aos eventos imprevisíveis podem ser tratados, estatisticamente, para identificar a mais apropriada função de distribuição para cada variável. Por exemplo, a resistência à compressão simples e o módulo de deformação podem ser representados mediante uma distribuição Gaussiana, o espaçamento das descontinuidades por uma distribuição exponencial negativa (Chiriotti *et al.*, 2003), e uma simples distribuição triangular pode ser usada para representar a duração ou o custo de um ciclo construtivo simples, realizado em condições predefinidas (Guglielmetti *et al.*, 2008).

O processo de análise quantitativo pode compreender uma ou várias das seguintes metodologias (Eskesen *et al.*, 2004):

1. Designação de um valor numérico para cada uma das componentes do risco, partindo de uma análise plenamente heurística, por parte do especialista ou conjunto de especialistas;
2. Uma árvore de falhas das causas das ameaças;
3. Uma árvore de eventos das consequências;
4. Uma quantificação completa do risco, com o propósito de avaliar, por exemplo, a relação custo-benefício de implementação das medidas de mitigação, ou com o propósito de prover bases quantitativas para a seleção entre linhas alternativas de ação.

Referente ao Ponto 1 anterior, uma quantificação completa do risco pode simplesmente ser feita para cada ameaça, mediante a designação de um número F para a frequência (ou probabilidade de ocorrência $P(A)$) e um número C para a consequência. O risco para essa ameaça é, então, estimado mediante o produto de $P(A)$ e C, análogo à análise qualitativa. E o risco total do empreendimento pode ser estimado mediante a agregação de todos os riscos associados a cada ameaça. Esse tipo de abordagem tem a desvantagem de não conseguir descrever as incertezas envolvidas na estimação do risco (Eskesen *et al.*, 2004). Porém, a fim de incorporar tais incertezas, pode-se considerar a variabilidade por meio de designações de desvios padrão, a partir da experiência do especialista.

Uma expressão matemática para o risco, mais completa, foi dada por Einstein em 1996. Essa expressão considera que a consequência pode ser tratada como o produto de duas componentes: a probabilidade de ocorrência do prejuízo, dada à ocorrência do evento, e o custo dos prejuízos, como expressada na Equação 3.2.

$$R = P[A].P[C|A].C \quad 3.2$$

Portanto, pode-se obter uma descrição das incertezas, mediante a consideração de cada consequência como uma variável estocástica, e a designação de uma distribuição para cada variável, em lugar de um único valor. A distribuição pode ser obtida mediante a designação do valor mais provável, do mínimo e do máximo. A partir do valor mais provável, do mínimo e do máximo, pode-se atribuir uma distribuição triangular ou outra de qualquer tipo. O risco total pode ser obtido, por exemplo, mediante uma simulação de Monte Carlo. Igualmente, outros métodos probabilísticos podem ser usados, como as metodologias de primeira ordem segundo momento (FOSM, por suas siglas em inglês) e de Roseblueth (1975), para determinar os parâmetros das funções de densidade de probabilidade, cuja forma teórica pode ser simplesmente atribuídas.

Realmente a análise do risco requer uma expressão mais ampla que a dada por Einstein e apresentada na Equação 3.2. Essa expressão mais ampla e geral é apresentada na Equação 3.3, nela a consequência total devida a ocorrência de um evento A_i é a soma das consequências C_j , do tipo físico, social, ou de outro tipo tal como explicado anteriormente neste mesmo item, multiplicada pela probabilidade condicional de ocorrência da consequência dada a ocorrência do evento ameaçante A_i . O *risco total* será então a soma dos produtos das probabilidades $P[A_i]$ e as consequências totais associadas a $\sum_j P[C_j|A_i].C_j$ devidas ao evento A_i .

$$R_{TOT} = \sum_i \left\{ \prod P[A_i]. \sum_j P[C_j|A_i].C_j \right\} \quad 3.3$$

A ameaça A_i estabelecerá então um contexto de análise denominado *panorama do risco*. Cada *panorama de risco* terá um risco associado calculado a partir de uma probabilidade de ocorrência do evento ameaçante $P[A_i]$ e um conjunto de consequências totais associadas $\sum_j P[C_j|A_i].C_j$. Em consequência poderá ser definido, de igual forma, *risco total* como aquele resultado da soma dos riscos associados a cada *panorama do risco*.

A probabilidade $P[A_i]$ pode ser determinada mediante uma abordagem plenamente probabilística ou mediante um produto de várias probabilidades $\prod P[A_i]$ associadas, por exemplo, a uma árvore de falhas.

A Figura 3.5, apresenta uma proposta de metodologia de análise quantitativa de risco. Esta metodologia será aplicada conjuntamente com aquela apresentada no Item 3.2, especificamente, para o caso descrito no Capítulo 4.

Na Figura 3.5, o ponto A, A', B e B' se concatenam com os pontos indicados na Figura 3.3. Nesta figura, a atividade “Recálculo em função das características do evento” refere-se aos recálculos necessários para expressar, em termos da reação do maciço, o evento gerador de risco, por exemplo, o evento da ocorrência de um atraso na construção de um túnel, pode ser interpretado como uma situação onde devem ser consideradas as deformações de longo prazo. Em geral todo evento ameaçador, na AQER, deve ser expresso em termos das implicações que teria na relação sistema túnel-suporte-macício.

A definição dos limites de danos admissíveis é uma atividade intrinsecamente relacionada à atividade “Definição dos critérios de aceitação do risco”, que por sua vez, faz parte da definição das Políticas do Risco, e, portanto, devem ser realizadas de maneira simultânea. Além de isso, esta atividade influi no cálculo da probabilidade de ocorrência do evento.

3.8 TOMADA DE DECISÃO E TRANSFERÊNCIA DOS RISCOS

O risco residual deve ser transferido mediante o procedimento denominado *transferência do risco* de etapa a etapa do empreendimento do túnel. Esta transferência deve ser controlada pelo dono do empreendimento, de tal forma que seja garantida: a recepção dos mesmos pela equipe encarregada das etapas posteriores, para as quais os riscos estão sendo transferidos; e a implementação das medidas de mitigação posteriores até atingir os níveis do risco admissível (ver grupo de atividades da Figura 3.3).

A transferência do risco requer que o especialista pré-estabeleça, dentro da etapa de definição das políticas do risco, os riscos admissíveis. Os riscos superiores aos admissíveis deverão, dentro do contexto do projeto básico, serem demarcados como importantes e analisados na etapa de projeto executivo com maior detalhe e acurácia, por exemplo, melhorando o modelo geomecânico e metodologias de análise. Os riscos transferidos à etapa de licitação, construção deverão ser exclusivamente os aceitáveis, da mesma forma que os transferidos para a etapa de operação. Deve-se garantir durante a etapa de licitação que as propostas dos empreiteiros não induzam riscos superiores as admissíveis.

Dentro da etapa de projeto base, as medidas de mitigação consistirão simplesmente na definição dos lineamentos para a realização desta tarefa na etapa de projeto executivo. Na etapa de projeto executivo, deve-se implementar as medidas de mitigação até atingir o risco admissível. Na etapa de licitação, a mitigação deve consistir no controle das propostas dos diferentes empreiteiros, de forma a garantir que os riscos admissíveis não sejam superados.

Por outro lado, durante a construção, a mitigação consiste em controlar, acompanhar, identificar as possíveis novas ameaças e recalcular, durante toda a fase de projeto, os novos riscos. A mitigação na etapa de operação resume-se ao controle dos riscos transferidos a partir de etapas anteriores.

A implementação de um sistema de instrumentação moderno, automatizado, de rápida resposta e imediata acessibilidade de seus resultados, é indispensável para o controle dos riscos, nas etapas de construção e operação do empreendimento.

Metodologia Geral Para a Análise Quantitativa Específica do Risco (AQER) na Fase de Projeto

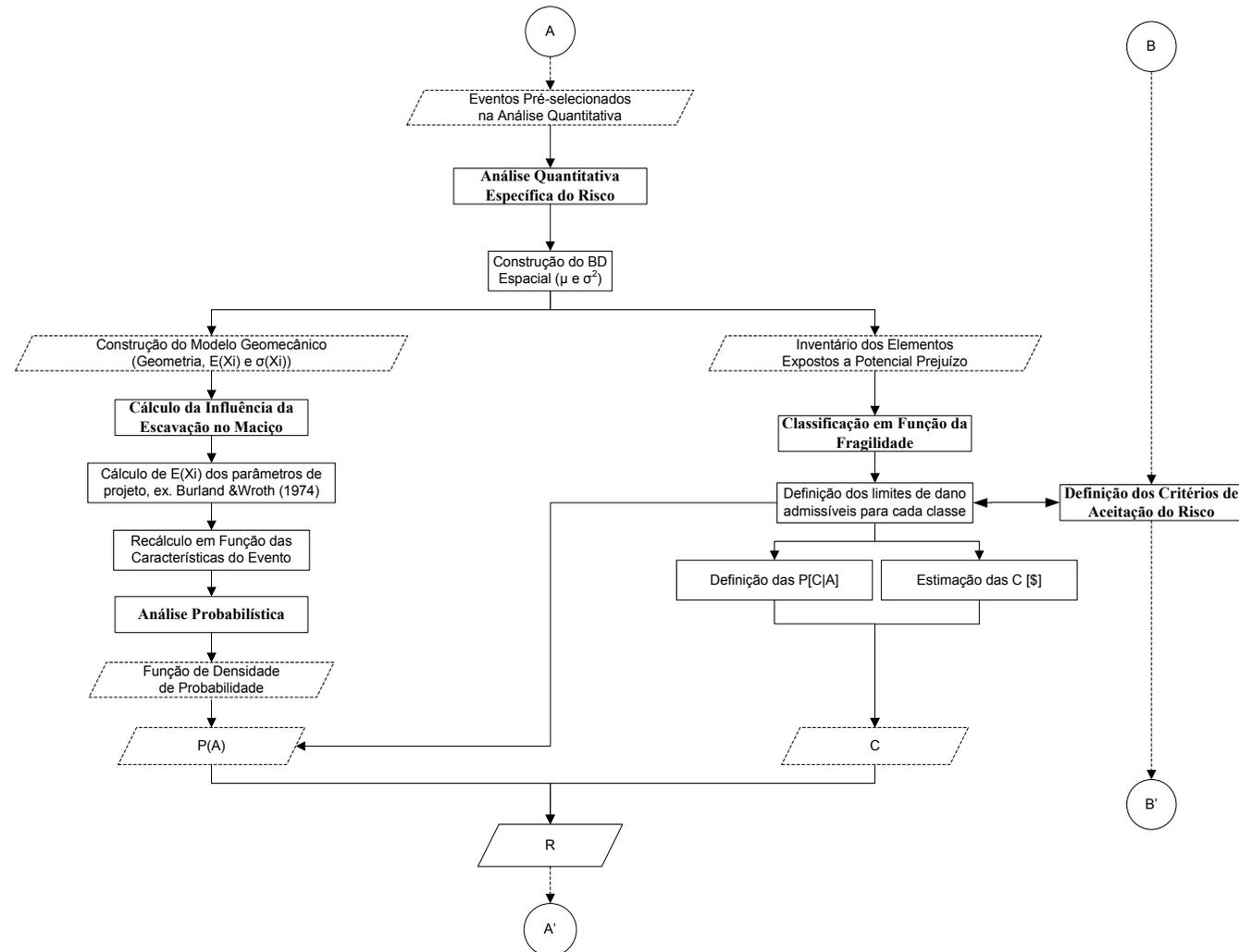


Figura 3.5 Metodologia geral para a análise quantitativa específica do risco (AQER) na fase de projeto

4 CASO DE APLICAÇÃO

Como caso de aplicação, foi considerado o futuro Metrô de Bogotá que se encontrava, no segundo semestre de 2013, na etapa de projeto básico.

Bogotá, capital da República da Colômbia, está localizada na Latitude Norte 4°35'56" e Longitude a Oeste de Greenwich 74°04'51", sobre a extensão noroeste dos Andes, uma vasta savana na altitude de 2650 m, onde habitam cerca de 6,8 milhões de pessoas (DANE, 2005).

Como alternativa de transporte de massa e a fim de complementar algumas medidas já implementadas, que buscam solucionar o problema dos transportes públicos por meio de um sistema organizado e regulamentado pelo Estado, a prefeitura de Bogotá prevê a construção daquela que será sua primeira linha de metrô.

4.1 METRÔ DE BOGOTÁ

Os estudos preliminares de viabilidade preveem 24 km de linha, dos quais 15 serão construídos no subsolo. Trinta estações estão planejadas. Espera-se que o metrô mobilize cerca de 600.000 passageiros por dia, na linha 1 (Zea, 2010). A prefeitura de Bogotá já definiu o traçado e localização das estações, as quais se apresentam na Figura 4.1 (AMB, 2010).

O projeto conceitual (projeto operacional, dimensionamento legal e financeiro) da primeira linha do metrô no marco do sistema integrado de transporte público para a cidade de Bogotá, nos denominados 30 produtos AMB (2010), consideraram, para as partes do traçado subterrâneo, a metodologia de escavação tuneleira do tipo mecanizada (com TBM) e com único túnel, o qual apresenta 10 m de diâmetro para os dois sentidos do fluxo do trem. Os 30 produtos consideram, inicialmente e sem realização de estudo de interferência, uma profundidade do túnel medida até o teto, aproximadamente, igual a dois diâmetros.

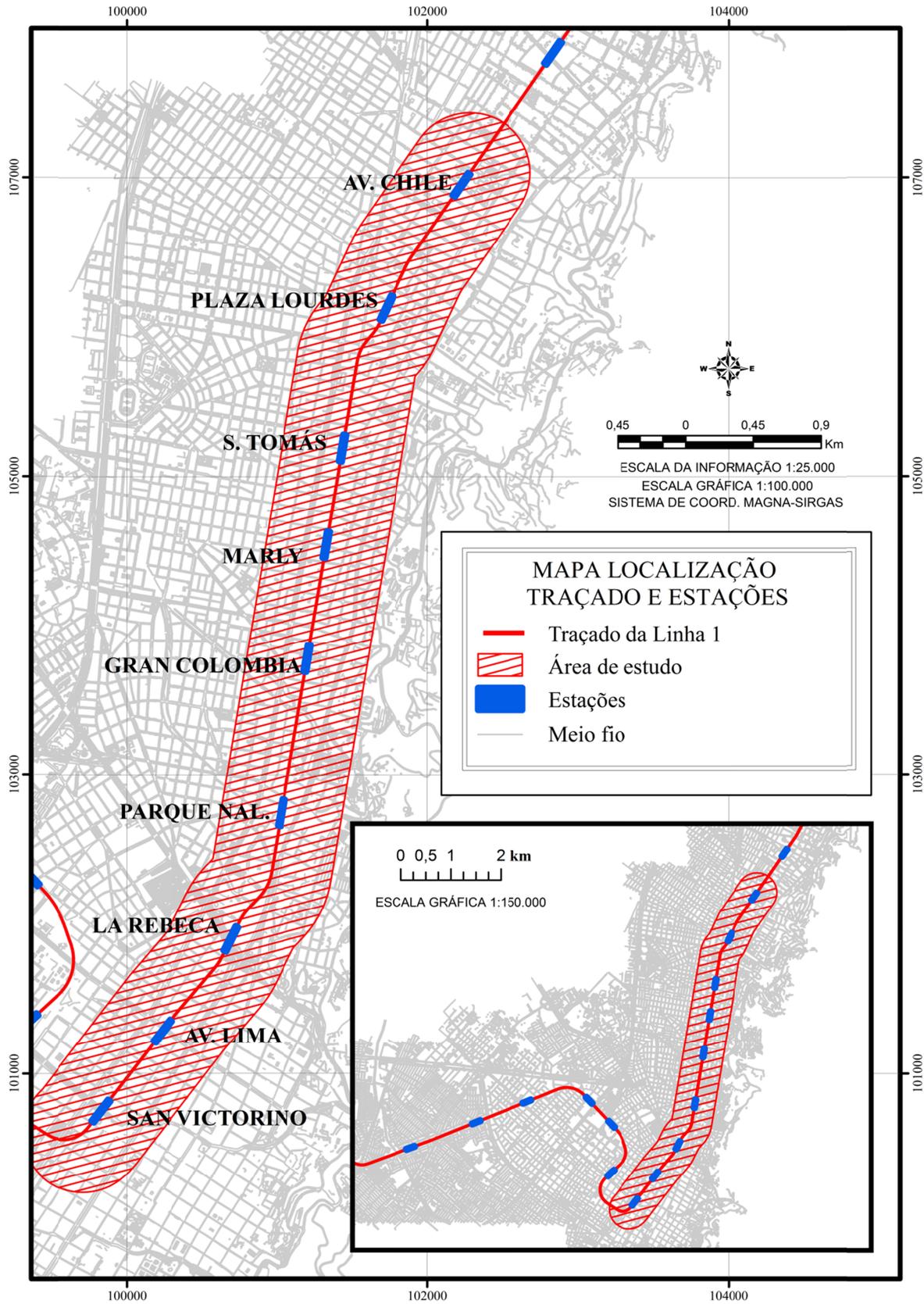


Figura 4.1 Localização da linha 1 do Metrô de Bogotá (fonte da informação: AMB, 2010)

4.2 GEOLOGIA E MATERIAIS ESPERADOS

Geomorfologicamente, a região é dividida em duas áreas: a primeira é plana, localizada na área central, onde se concentra a maioria da população; a segunda é montanhosa, com uma parte habitada, uma dedicada à escavação a céu aberto e uma ainda intocada pelo homem, localizado no leste e sudoeste da cidade (FOPAE, 2010).

A região plana é drenada pelo rio Bogotá que corre no sentido NNE-SSW com seus afluentes Tunjueito, Fucha e Juan Jaramillo. A região montanhosa é drenada pelos rios Tunjuelito, San Francisco e córregos de menor vazão, que correm no sentido S-N e E-W e cujos canais, ao entrar na região plana, são utilizados como condutos de águas servidas da capital aos rios Bogotá e Tunjuelito.

Geologicamente, a cidade localiza-se sobre um depósito sedimentar que faz parte da savana de Bogotá, e está cercada por colinas constituídas de rochas de todo tipo, tais como, arenito, argilito e conglomerados (Figura 4.2). Na sequência são apresentadas, resumidamente, as unidades geológicas associadas à área de influência (e redondezas) do túnel ligado ao Metrô de Bogotá e presentes na Figura 4.2 (INGEOMINAS, 1997).

Nas formações rochosas afloram rochas sedimentares de origem marinha e continental, dentro das quais encontram-se, da mais antiga à mais jovem, as seguintes: *Chipaque* (Ksch), *Guadalupe arenisca dura* (arenito duro, Ksgd), *Guadalupe Planaers* (Ksgp), *Guadalupe Labor-Tierna* (Ksdl), Guaduas (KTg), *Cacho* (Tpc) e Bogotá (Tpb).

Os depósitos de vertente (Qdp) são produto do fraturamento, intemperismo e erosão das rochas pré-existentes, que foram transportadas pela ação da gravidade e depositadas na parte média e inferior das encostas. Seus melhores afloramentos se apresentam na base da serra leste, sul-leste e sul-oeste. Existem, dentro da área, dois tipos de depósitos de vertente, colúvios, onde predomina uma matriz fina sobre o material grosso, e tálus, onde predomina o grosso.

O complexo de cones ou leques (Qcc) agrupa o leque do Rio Tunjuelo, o leque de Terrenos, depósitos torrenciais e os cones da base da serra leste de Bogotá, como os de San Cristóbal e Claret, ente outros.

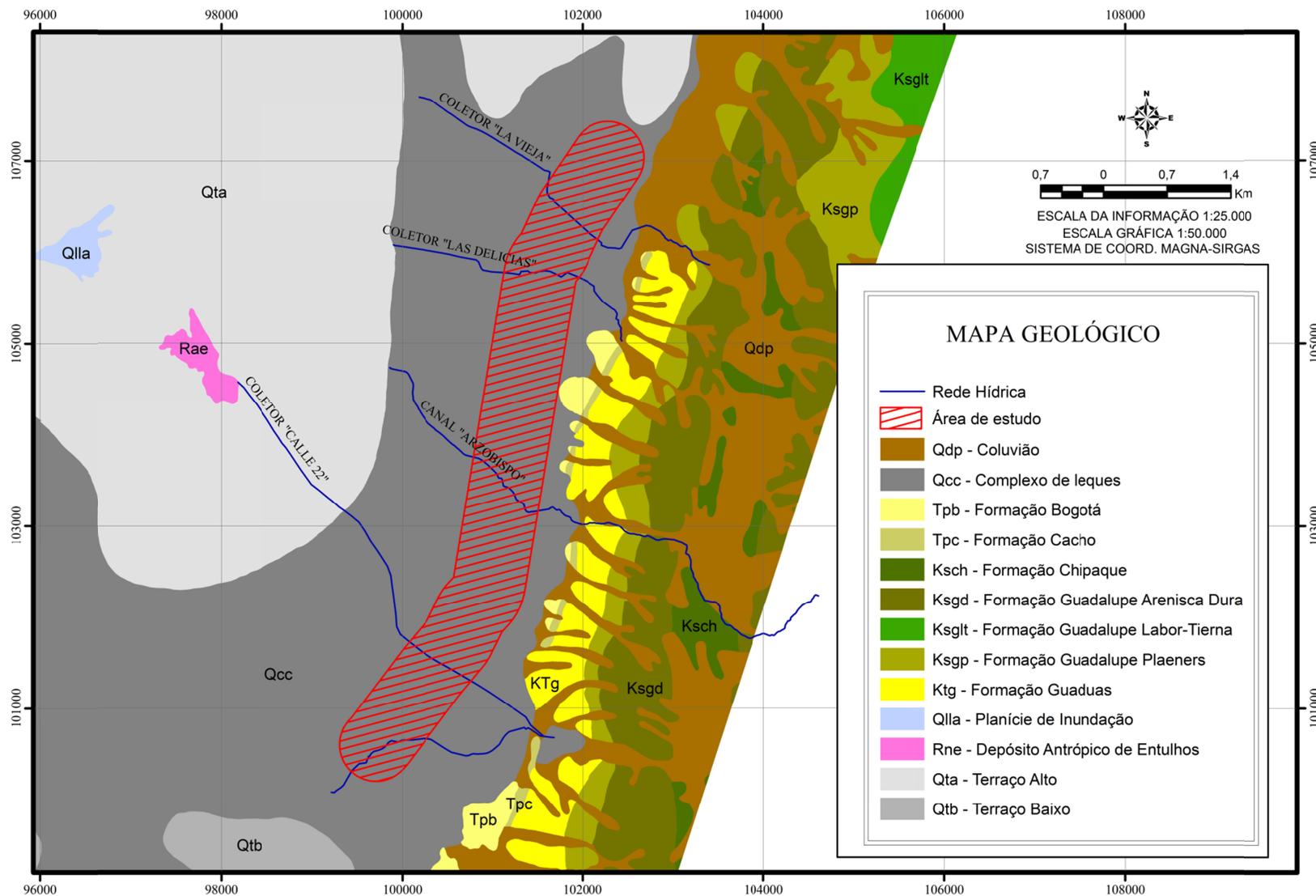


Figura 4.2 Mapa Geológico da região (fonte da informação: INGEOMINAS, 1997)

A composição, textura, espessura e idade são variáveis e diferentes para cada depósito, segundo suas fontes, e distância e tipo de transporte. Em geral, as unidades se compõem de bancos de matacões dentro de uma matriz areno-argilosa nas regiões apicais, e nas distais encontram-se materiais, predominantemente, arenosos e silto-argilosos.

Os depósitos flúvio-lacustres (Terraço alto, Qta), denominado também de *Formação Sabana*, são constituídos por argilas moles e plásticas com lentes de areia solta e intercalações de cinzas vulcânicas. Em alguns setores apresentam-se vários níveis de turfas com até 1 m de espessura. Esta unidade constitui o depósito mais importante da savana, sendo sua origem principalmente lacustre.

Os depósitos flúvio-lacustres (Terraço baixo, Qtb), denominado também de *Formação Chía*, correspondem a depósitos originados pelos rios *Bogotá*, *Tujuelo*, *Juan Jaramillo* e *Fucha*. Apresenta formas de relevo planas e levemente onduladas, as quais se elevam aproximadamente 5 m sobre as planícies aluviais. Sua composição é, principalmente, por siltes-argilosos e o ambiente de deposição é considerado primordialmente aluvial.

A planície de inundação (Qlla), assim como a formação anterior, denomina-se como *Formação Chía*, é composta pelos depósitos mais jovens dos rios Bogotá, Tunjuelo, e alguns de seus afluentes, e constituída por argilas e siltes, com espessura média de 5 m. São materiais de um ambiente aluvial e, localmente, lacustre.

Os depósitos antrópicos de entulhos são decorrentes de entulhos de escavação dispostos tecnicamente nos leitos dos córregos.

No mapa de cobertura da Figura 4.3, observa-se que dentro da área de estudo encontram-se cinco unidades de cobertura: Lacustre A, Aluvial, Cerros B, Depósitos de Vertente e Base encosta B. Na sequência, apresenta-se uma breve descrição (FOPAE, 2010).

O Lacustre A apresenta forma de relevo plana e os materiais que compõem esta unidade são argilas ou siltes muito moles e, portanto, muito compressíveis, com espessura de 20 a 500 m (FOPAE, 2010).

O Aluvial apresenta forma de relevo plana, compõe-se por materiais grossos a médios, principalmente, areias, as quais apresentam-se desde o estado solto até denso.

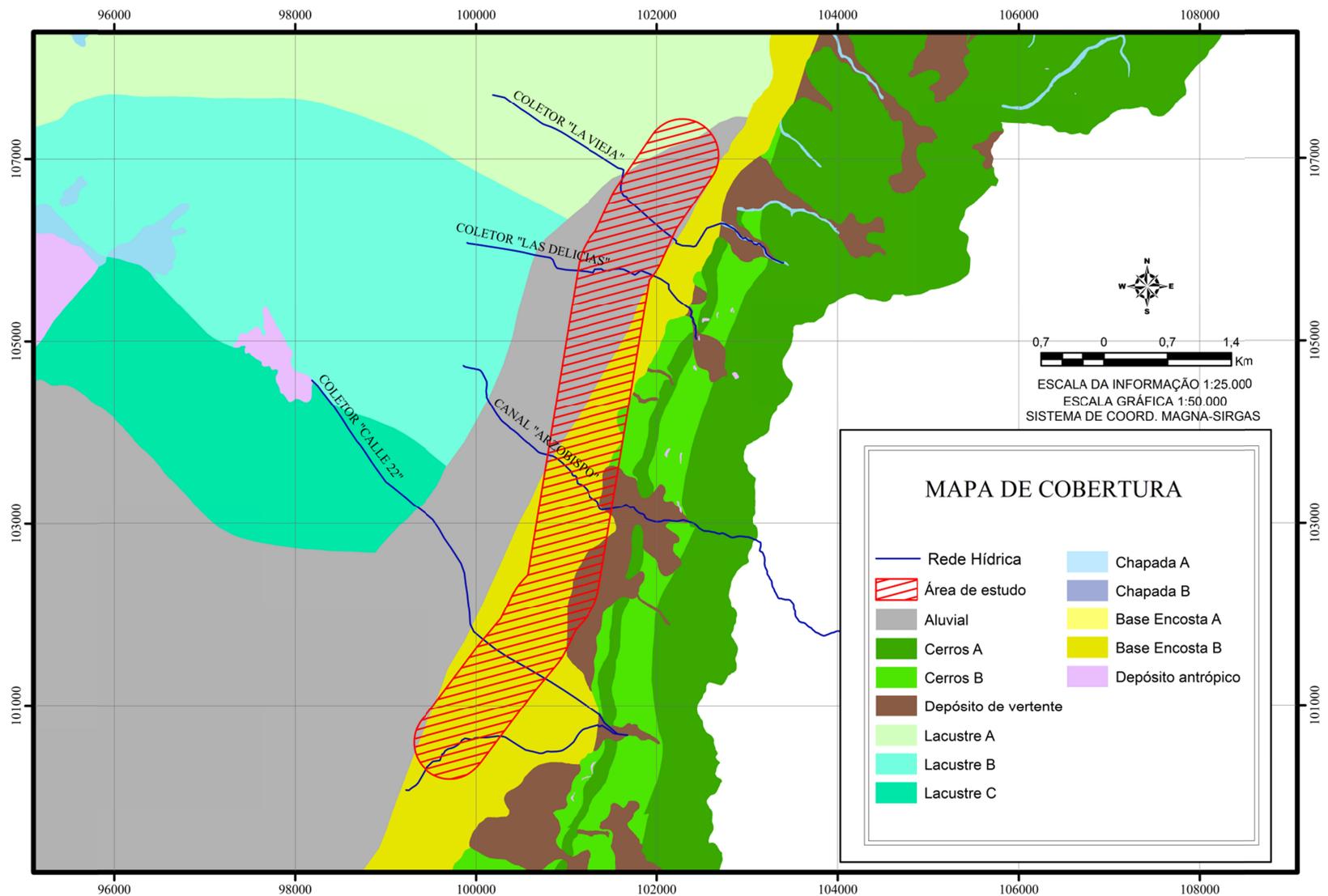


Figura 4.3 Mapa de cobertura da região (fonte da informação: INGEOMINAS, 1997)

O Cerro B é composto de argilitas brandas susceptíveis a intemperismo e de inclinação moderada a alta. Os depósitos de vertente é composto por pedregulhos e/ou areias compactas com conteúdo de argilas.

A base encosta B é constituída por materiais coluviais e aluviais associados aos leques da base da encosta, composta por pedregulhos e/ou areias compactas com conteúdo de argilas.

A região, associada à primeira etapa da primeira linha do Metrô, está na faixa de transição entre os materiais superficiais, associados à base da encosta, e os sedimentos descritos anteriormente. Na Figura 4.4 apresenta-se um esquema do perfil associado a esta região, onde a zona de transição corresponde às regiões demarcadas como IV e IIIB, nas quais é esperada uma grande variabilidade vertical maior que a horizontal. Nestas regiões é comum encontrar intercalações de materiais cuja granulometria varia de argila até areia ou pedregulho, produto de diferentes tipos de processos de transporte e de deposição, descritos anteriormente, onde alguns apresentam maior energia envolvida que outros.

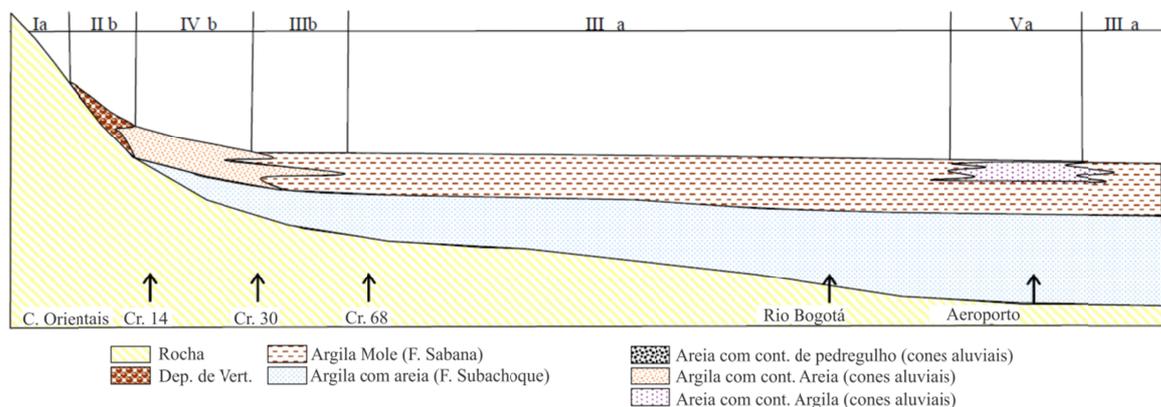


Figura 4.4 Perfil geológico-geotécnico para a região de estudo, escala da informação: 1:25.000, sem escala gráfica (modificado de FOPAE, 2010)

4.3 AMBIENTE URBANO

O empreendimento do Metrô de Bogotá, na região de estudo (que será discutida a frente) passa pelo centro histórico e comercial da cidade de Bogotá. Edificações de todo tipo estão presentes na mencionada região: edificações de valor histórico e patrimonial, edificações modernas de grande porte, shoppings e lugares de convergência urbana, e edificações de pequeno e mediano porte de uso comercial e residencial.

Igrejas como a de *nuestra señora de Lourdes* e *La Porciúncula* as apresentadas respetivamente na Figura 4.5 e na Figura 4.6 são exemplo não só de edifícios de grande importância social como de centros de aglomeração e concentração urbana.



Figura 4.5 Igreja *nuestra señora de Lourdes* (tomado de GoogleEarth)

Da mesma forma centros comerciais como o *Avenida Chile*, apresentado na Figura 4.7 constitui uma edificação de grande importância devido a seu valor e ao fato de ser um centro de aglomeração de pessoas.

É comum no ambiente urbano existente na região de estudo que se misturem todos os tipos de estes tipos de edificações criando ambientes como o apresentado na Figura 4.8. É típico adicionalmente o transito elevado de pedestres e de veículos.



Figura 4.6 Igreja *La Porciúncula* (tomado de GoogleEarth)



Figura 4.7 Shopping *Avenida Chile* (tomado de GoogleEarth)



Figura 4.8 Avenida 13 com rua 28. Ambiente urbano com edificações de diferente tipo (tomado de GoogleEarth)

5 BANCO DE DADOS, FERRAMENTAS E PRIMEIROS ELEMENTOS DO MODELO GEOMECÂNICO

Um modelo geomecânico é uma representação do subsolo quanto a seus elementos geométricos, tais como, camadas (se for o caso), descontinuidades e lençol freático, e quanto a suas variáveis geotécnicas que descrevem seu estado e comportamento.

Visando a construção do modelo geomecânico associado à região de estudo, foram coletados dados cartográficos e geotécnicos da cidade de Bogotá. Para isso foram consultadas várias fontes, coletada a informação relevante, organizada, padronizada, filtrada e georreferenciada. Não existe na cidade de Bogotá um banco de dados com informação geotécnica e/ou cartográfica aglomerada. A informação está desagrupada e armazenada em diferentes órgãos do estado e disponível em alguns casos mediante pagamento alto, para o contexto de um trabalho acadêmico.

Trabalhar com grandes volumes de informação requer também grande complexidade, devido a incompatibilidades de formatos e unidades, sistemas de projeção não reportados, problemas de escala, impossibilidade de verificação mediante acesso a fonte primária, entre outras.

Foi necessário, em consequência, um processo dispendioso, demorado, e sobretudo político, de gestão dos dados, num contexto desorganizado e receoso da disponibilização dos mesmos, onde foram necessárias várias tentativas e um tempo aproximado de dois anos para a conclusão da atividade de coleta de dados. Nesse período, foram feitas quatro viagens somente destinadas ao *lobby* e obtenção da informação, que complementaram o processo de gestão por meio telefônico e/ou eletrônico.

Considera-se que este panorama possa ser o mais provável e comum, pelo menos em países em desenvolvimento, onde não existe uma cultura de gestão da informação, e onde se tem um conceito da distribuição da informação equivocado, que desconsidera o grande ganho que se obtém, em termos do desenvolvimento e da prática das diferentes atividades técnicas, quando a informação técnica de qualidade é disponibilizada de maneira gratuita.

Em consequência, é importante para um empreendimento urbano, do tipo túnel de metrô (obra geralmente pública), que existam cláusulas contratuais onde sejam bem definidos os canais e tempos de entrega da informação, cujo dono seja o estado.

5.1 SOFTWARE

Entre outros os software mais importantes usados para o desenvolvimento desta tese foram:

- RockWorks V.15 da Rockware, software com licença adquirida pelo Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília, usado para a administração de sondagens e interpolação da informação geotécnica;
- ArcGIS V.10 da ESRI, software com licença adquirida pelo Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília, usado para a administração da informação espacial e outros procedimentos cartográficos;
- Spring V.5.2.2 do INPE, software de distribuição gratuita, usado para a administração da informação espacial e outros procedimentos cartográficos;
- Google Earth da Google Inc. V.7.1.1.1888, software de distribuição gratuita, usado para alguns procedimentos cartográficos e obtenção de informação espacial e imagens de satélite.
- R V.2.5.2 da *The R Foundation for Statistical Computing*, software de distribuição gratuita, usado para o manejo e análises estatística dos dados.
- Cesar-LCPC V.5.0.1.3 do IFSTTAR, software com licença adquirida pelo Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília, usado para a modelagem numérica mediante o método dos elementos finitos (FEM).

5.2 SISTEMA DE PROJEÇÃO

Sirgas é a extensão do Marco Internacional de Referência Terrestre (ITRF, siglas em inglês) para América. O marco geocêntrico estabelecido para Colômbia pelo *Instituto Geográfico Agustín Codazzi* (IGAC), entidade colombiana encarregada de determinar, estabelecer e proporcionar os sistemas de referência geodésica é o sistema MAGNA, que por se referir ao sistema Sirgas, foi denominado Magna-Sirgas (IGAC, 2004).

Toda a informação espacial foi trabalhada e será apresentada nesta tese neste sistema de coordenadas.

Os meta-dados associados ao sistema de coordenadas Magna-Sirgas são os seguintes:

- Projeção: Transversa de Mercator
- Falso leste: 92.334,879000
- Falso norte: 109.320,965000
- Meridiano central: -74,146592
- Fator de escala: 1,000400
- Latitude da origem: 4,680486
- Unidade linear: metro

5.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados para a gestão do risco de um empreendimento de um túnel urbano deve focar-se na obtenção de todo tipo de informação que permita identificar, para a região de interesse, os aspectos gerais e específicos do:

- Meio ambiente: antrópico, biótico e físico (Zuquete & Gandolfi, 2004);
- Ambiente socioeconômico.

O ambiente antrópico, no contexto desta tese, faz referência aos elementos do ambiente urbano, e o físico aos elementos do ambiente geomecânico (meio físico subsuperficial), do relevo, da rede hídrica, etc. (meio físico superficial). O ambiente socioeconômico faz referência a aspectos que descrevem aspectos da economia e em geral da sociedade e que é descrito com indicadores como o produto interno bruto (PIB) per capita, densidade populacional, entre outros.

Para isto, deve-se considerar a informação desde meso-escala (de 1:10.000 até 1:25.000) até a escala do projeto executivo do túnel (1:500 até 1:1.000), incluindo qualquer informação existente em escalas entre meso-escala e de projeto.

Visando este objetivo, foram cinco as fontes principais da informação:

- *Fondo de Prevención y Atención de Emergencias*, FOPAE;
- *Servicio Geológico Colombiano*, SGC, antigo *Instituto Colombiano de Geología y Minas*, INGEOMINAS;
- *Catastro* Distrital;
- *Acueducto* da cidade de Bogotá;
- Extinta *Gerencia del Metro de Bogotá*.

Do FOPAE (2010) se obtiveram, entre outras, as seguintes informações:

- Informação sobre o zoneamento da resposta sísmica de Bogotá para o projeto sismo resistente de edificações (título original em espanhol);
- Alguns dos insumos deste projeto, tais como: mapa geológico da cidade de Bogotá para a região do *cerro*, em escala 1:10.000 em formato .SHP (ArcGis), publicado pela *Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá*, DPAE, em 2010 e citado em FOPAE (2010); mapa geológico da cidade de Bogotá publicado pelo INGEOMINAS em 1995, em escala 1:25.000 também em .SHP, para a região restante da cidade e citado também em FOPAE (2010);
- Informação tabular das sondagens recopiladas pelo estudo de zoneamento, com informação geotécnica em relação às variáveis de umidade natural gravimétrica, limite de liquidez e limite plástico, peso específico, índice de vazios, e resistência à compressão uniaxial.

Do SGC, foi obtida a seguinte informação:

- Mapa de cota do nível freático em escala 1:200.000 em .SHP;
- Relatório executivo e subprodutos oito, nove, dez e onze do micro-zonemaneto sísmico da cidade de Bogotá (Ingeominas e Uniandes,1997), denominados respetivamente: Estudos Geotécnicos-Recopilação da Informação, Estudos Geotécnicos–Sondagens, e Ensaios de Laboratório e Campo, Zoneamento Geotécnico-Informe Definitivo (títulos originalmente em espanhol), com dados de umidade natural gravimétrica, limite de liquidez e limite plástico, peso específico, índice de vazios, e resistência à compressão uniaxial, Classificação unificada, ângulo de atrito efetivo, entre outros.

Do *Catastro Distrital*, foi obtida a seguinte informação, em escalas que variam de 1:500 a 1:1.000:

- Informação poligonal, em formato .SHP, das edificações com o número de andares, de subsolos e do valor venal;
- Informação poligonal, em formato .SHP, das curvas de nível com diferença de cota de um metro;
- Informação poligonal do meio fio e eixos de vias em formato .SHP;
- Informação poligonal com limite das quadras em formato .SHP;
- Informação poligonal com limite de bairros em formato .SHP;

- Informação poligonal com limites de setores com mesma classificação socioeconômica (denominados em Colômbia como estratos socioeconômicos).

Do *Acueducto de Bogotá* (aqueduto de Bogotá) foi obtida a seguinte informação, em escalas que variam de 1:500 a 1:1.000:

- Informação poligonal com a hidrografia para o setor limitado pela área de estudo, que será definida no Item 5.5;
- Informação poligonal com a rede de alta pressão de água para o setor limitado pela área de estudo, que será definida no Item 5.5;
- Informação poligonal com a rede principal e local pluvial para o setor limitado pela área de estudo, que será definida no Item 5.5;
- Informação poligonal com a rede principal e local de esgoto para o setor limitado pela área de estudo, que será definida no Item 5.5;
- Informação poligonal com os limites das sub-bacias e micro-bacias sanitárias para o setor limitado pela área de estudo, que será definida no Item 5.5.

Da gerência do Metrô de Bogotá foi obtida informação associada aos denominados *30 produtos*, associados ao projeto conceitual da rede de transporte massivo e projeto operacional, dimensionamento legal e financeiro da primeira linha do metrô no marco do sistema integrado de transporte público para a cidade de Bogotá (originalmente em espanhol), AMB (2010);

A Figura 5.1 mostra a localização das sondagens coletadas, separadas segundo a fonte. Em total, somando as sondagens coletadas do FOPAE e do SGC, obtiveram-se 361 sondagens, das quais 214 foram obtidas da FOPAE e 147 do SGC (antigo INGEOMINAS). Para a tese, como poderá ser visto nas tabelas e figuras associadas tanto às sondagens coletadas do FOPAE como às das do SGC, foram conservados os nomes de identificação de cada sondagem usados na fonte original, sendo que para os últimos foi agregado o prefixo *IG*.

Observa-se que, próximo ao traçado do túnel existe uma concentração de sondagens demarcadas pelo quadro azul. Tal área será denominada como área inicial de interesse e será discutida mais a frente

5.4 VARIAÇÕES NO TRAÇADO E NAS CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO METRÔ DE BOGOTÁ

No começo do desenvolvimento da tese, acordou-se com a gerência do Metrô de Bogotá a disponibilização da informação obtida, por meio de uma bateria de sondagens e ensaios de laboratório, planejados para serem executados no ano 2010, como parte do projeto básico pré-licitação. Somente no segundo semestre deste ano, 2013, a prefeitura de Bogotá deu início a tais atividades. Por tanto foi necessário limitar o banco de dados à informação recopilada e associada a projetos realizados na cidade, não necessariamente afins, em termos de escala, objetivo e escopo, com o projeto geotécnico de um túnel urbano (Item 5.3).

O contexto do empreendimento Metrô de Bogotá durante o desenvolvimento desta tese tem sido muito politizado, e com consequência indefinida. Adiamentos das fases do empreendimento, mudanças no traçado e até discussões posteriores ao projeto conceitual, em relação à tecnologia, mudando inclusive várias vezes, durante determinados períodos, o conceito da tecnologia metrô para outras do tipo trole-ônibus ou bonde.

Dadas essas mudanças, a limitação da informação adquirida e pretendendo que a aplicação da metodologia criada fosse para o contexto mais provável possível, foram considerados os seguintes elementos:

- Manteve-se a ideia de projeto dos 30 produtos (AMB, 2010), onde foi considerada a tecnologia do tipo Metrô, por vezes subterrâneo, por vezes em superfície; quando subterrâneo, refere-se a túnel construído mediante escavação mecanizada com dez metros de diâmetro e, em média, dois diâmetros de profundidade medida desde o teto;
- Dado que, os elementos que definem o traçado de uma linha de metrô escapam aos conhecimentos de um geotécnico, pesquisaram-se antigos traçados em diferentes projetos feitos nas décadas de 1980 e 1990 (ABM, 2010), com o intuito de identificar as partes do traçado prevalecentes ao longo da história do empreendimento, e definindo essas partes do traçado como as mais improváveis de apresentarem futuras variações (Figura 5.2);

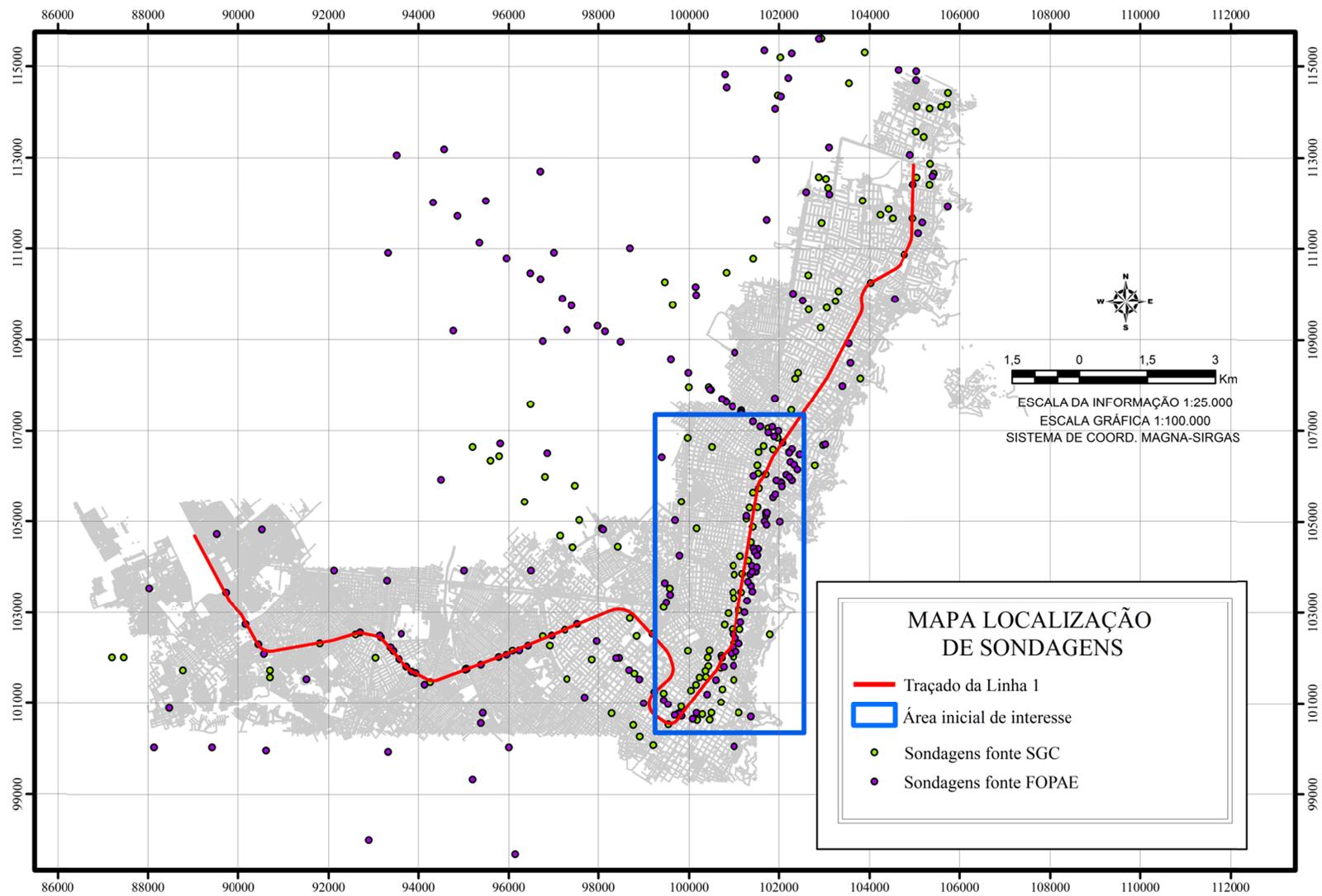


Figura 5.1 Localização das sondagens aglomeradas e área inicial de interesse

Finalmente, como mostrado pela revista Semana (2013), a prefeitura da cidade de Bogotá adotou o traçado considerado pelos mencionados 30 produtos em 2010. O contexto mencionado marcou fortemente o desenvolvimento da tese em referência à definição da área de aplicação da metodologia de gestão do risco.

5.5 ÁREA DE ESTUDO

A semi-largura teórica da bacia, devida à escavação do túnel, está dada pela expressão $2,5.i_x$ (como visto no Item 2.3), sendo que i_x é dado pela Equação 2.3. Usando o valor de k igual a 0,7, dado por Potts (2001) para argilas moles, caso onde mais se estende a bacia em condições de campo livre, obtem-se uma semi-largura igual a 43,75 m. Não entanto, dado o contexto variante explicado anteriormente que em fases primárias da tese, deixou aberta à possibilidade de mudanças no traçado, foi definida uma semi-largura para área de estudo de 400 m, aproximadamente de 10 vezes o valor da semi-largura da bacia.

Selecionou-se, em consequência, uma nova área de interesse considerando quatro condições: boa densidade e qualidade de informação; que o traçado fosse o mais provável possível, inclusive no contexto político do empreendimento; que considerasse um trecho do traçado onde existisse uma previsão de escavação de túnel, desde o conceito dos 30 produtos apresentados pela AMB no ano 2010 (Item 5.4); e que tivesse a largura definida no anterior parágrafo, obtendo-se a área delimitada pelo polígono Vermelho da Figura 5.2 com aproximadamente 6,2 km².

Esta área definiu coisas importantes como a delimitação regional para a compra de alguma informação, definição dos limites de seleção de sondagens para a posterior digitalização da informação tabular geotécnica e os limites do modelo geomecânico.

Em consequência foram selecionadas 98 sondagens no total, sendo que 44 foram tomadas do banco de dados do FOPAE e 54 do SGC. Essas sondagens foram revisadas segundo a sua posição, visando encontrar informação replicada, e segundo seu conteúdo, visando descartar as sondagens com informação de má qualidade. Depois desta filtragem foram selecionadas finalmente para a região de estudo 73 sondagens.

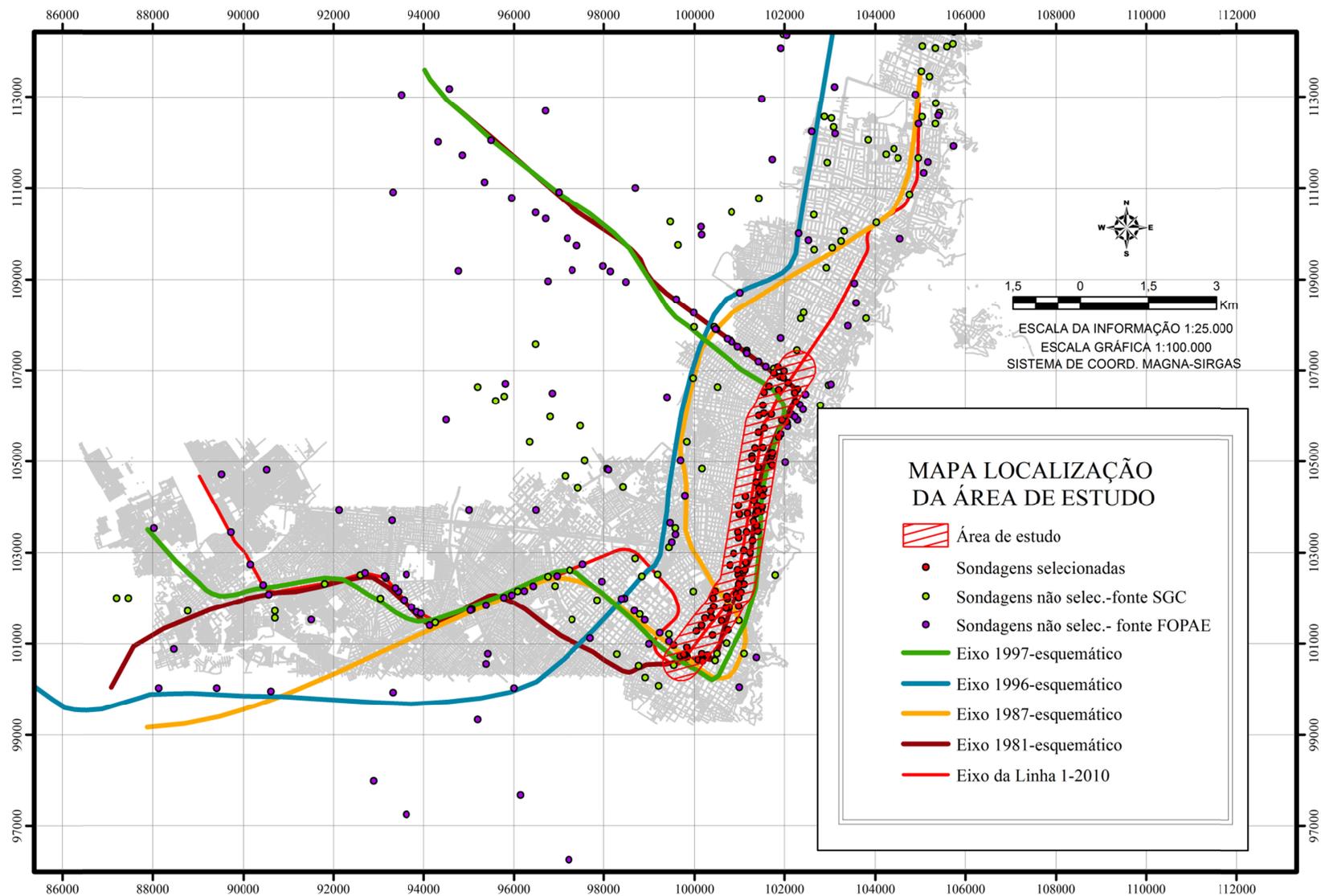


Figura 5.2 Localização de área de estudo e traçados de projetos históricos e atual da linha 1 do Metrô de Bogotá

5.6 BANCO DE DADOS CARTOGRÁFICO

Visou-se representar com ajuda da informação cartográfica o meio-ambiente antrópico, físico e o ambiente socioeconômico (Figura 5.5), com o objetivo de incorporá-la nos diferentes processos e análises desenvolvidos nesta tese.

No que se refere à informação cartográfica, o meio ambiente físico foi representado, em adição à informação apresentada no Capítulo 4, mediante:

- Informação poligonal em formato .SHP das curvas de nível com diferença de cota de um metro, com as quais gerou-se um modelo digital de elevação DEM com resolução espacial de 1 m. para sua incorporação dentro de ArcGIS e para a análise FEM, e de 10 m para sua incorporação dentro do RockWorks;
- Informação poligonal com a hidrografia para o setor limitado pela área de estudo, que será definida no Item 5.5.

O ambiente urbano foi representado, em adição à informação descrita na Figura 5.1 e na Figura 5.2, mediante a informação listada a seguir:

- Imagens de satélite do ano 2012 da Digital Globe, adquirida através de Google Earth e com aproximadamente 0,5 m de resolução espacial;
- Informação poligonal em formato .SHP das edificações com informação do número de andares, número de subsolos e informação do valor venal;
- Informação poligonal do meio fio e eixos de vias em formato .SHP;
- Informação poligonal com limite das quadras em formato .SHP;

A Figura 5.3 mostra os elementos cartográficos utilizados para a representação do meio antrópico e do meio físico superficial e a Figura 5.4 mostra esses elementos acoplados.

5.7 ESCALA DE PROJETO vs. ESCALA DA INFORMAÇÃO

A amostragem geotécnica normalmente não é aleatória, porém é necessário que seja espacialmente e uniformemente distribuída. Matula e Pasek em 1984, citados por Zuquette & Gandolfi (2004), sugeriram uma relação entre a escala do mapeamento e a quantidade de pontos que devem ser observados, em concordância com a representatividade da escala. Para mapeamento geotécnico, esta relação pode ser observada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 Relação entre quantidade de pontos de observação e a escala do mapeamento geotécnico (modificado de Zuquette & Gandolfi, 2004)

Tipo de trabalho	Escala	Pontos observados por km ²
Geral	1:500.000 até	1
	1:75.000	
Fundamental	1:50.000	3-5
	1:25.000	5-10
Detalhado	1:25.000	10-15
	1:15.000	15-25
	1:5.000	25-40
	1:2.000	40 ou mais
1:1.000		

A escala da informação que exige o projeto de um túnel, geralmente, está entre 1:1.000 e 1:500. Isto exigiria, tal e como explicado na Tabela 5.1, 40 ou mais sondagens distribuídas espacialmente para cada km² da região de estudo.

É normal que o plano de sondagens, associado a um empreendimento de um túnel urbano, defina sondagens com 40 m de profundidade e espaçadas de 40 m ao longo da direção do traçado. Essas sondagens devem ser distribuídas em três linhas paralelas, uma central ao longo do eixo e duas aproximadamente simétricas em relação ao eixo, considerando o critério dito anteriormente. À distância, da qual se afasta a sondagem do eixo, depende das interferências encontradas normalmente em um ambiente urbano, em relação à localização da sondagem.

Visando fazer o cálculo da área associada ao projeto geral de um túnel, considerou-se tal distância igual a 100 m (comprimento médio de um quarteirão), pensando que a localização da sondagem é feita normalmente nas interseções das vias que separam os quarteirões. Em consequência, a largura de influência média de um projeto e túnel urbano é 200 m e sua área por km² é de 0,2 km², o que sugere uma malha de 125 sondagens/km². Esta densidade é afim com a complexidade do subsolo, geralmente, associada ao ambiente urbano e à complexidade decorrente de um túnel raso.

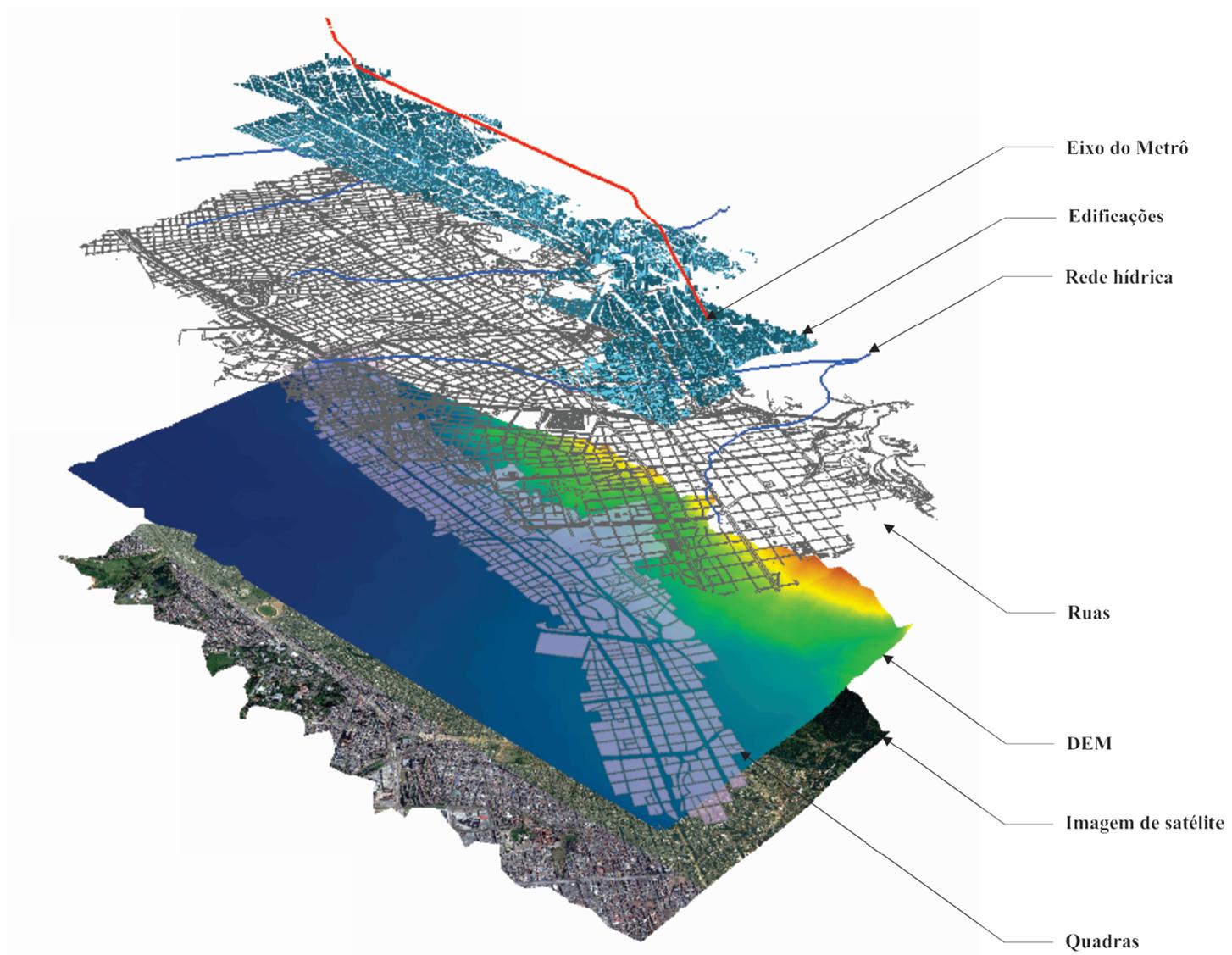


Figura 5.3 Elementos do ambiente antrópico e do ambiente físico superficial

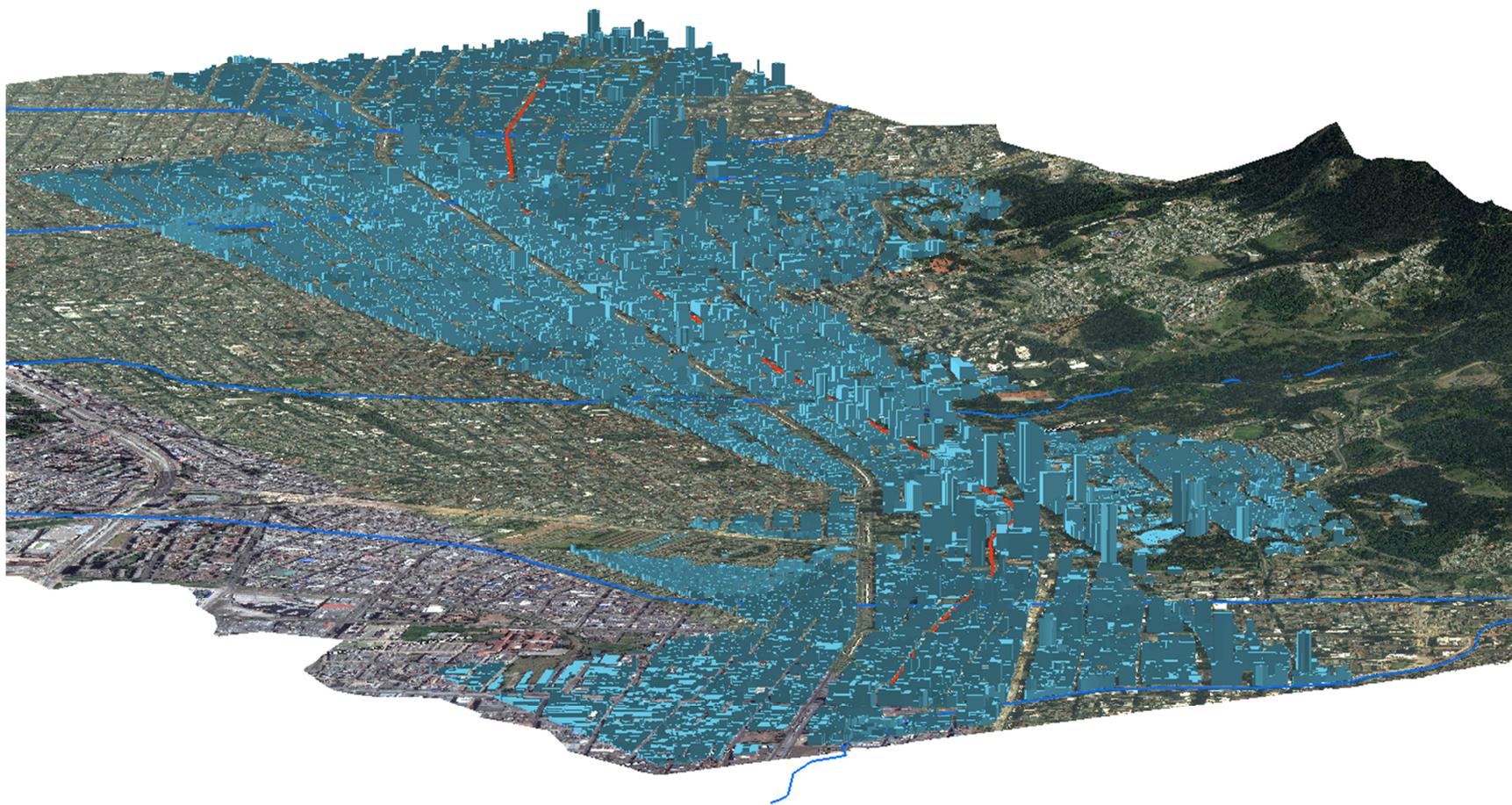


Figura 5.4 Elementos acoplados do ambiente antrópico e do ambiente físico superficial.

A área, associada ao polígono demarcado na Figura 5.2, corresponde a 6,2 km². Por tanto, há uma densidade aproximadamente igual 12 sondagens/km², a qual seria concordante com uma escala de informação de menor detalhe, entre 1:25.000 a 1:15.000. Note-se a grande diferença que existe entre este valor e o apresentado no parágrafo anterior.

Esta comparação é importante porque estabelece um contexto, no qual sugerem-se grandes incertezas ligadas às variáveis geotécnicas e geométricas, que definem o modelo geomecânico do maciço, dado que a informação, de fato, é insuficiente para a escala exigida pelo projeto de um túnel urbano.

Posto que, a metodologia associada a esta tese foca-se na fase de projeto básico, o contexto explicado no parágrafo anterior deve ser entendido como algo circunstancial, que permite fazer as análises necessárias em tal etapa de projeto, mas que deve ser solucionado em etapas posteriores do empreendimento do túnel urbano. Isto, como será visto deve ser incorporado na gestão do risco como parte do processo de mitigação.

Análises similares, como aquela realizada neste item, deverão ser feitas de maneira obrigatória não só para empreendimentos de túneis, como também, para todo empreendimento geotécnico, de tal forma que, que seja conferida se a densidade da informação é apropriada à escala de estudo do problema, verificando assim a representatividade da mesma.

Como exemplo, cita-se que uma média estatística é representativa sempre e quando os dados usados para calculá-la estejam associados a uma informação, cuja densidade seja afim com a escala necessária para o estudo do problema, e assim para as demais variáveis e parâmetros usados nos diferentes processos associados ao projeto.

5.8 MODELO GEOMÉTRICO DO MODELO GEOMECÂNICO E PRIMEIRA SEPARAÇÃO POPULACIONAL

Para definir um modelo geométrico que represente bem as formas dos elementos constitutivos do subsolo, é necessário um processo heurístico e iterativo (de tentativa e erro). Tal processo deve visar à identificação do tipo de perfil geotécnico presente na região de estudo (por exemplo, de acamamento sedimentar, de encosta ou residual etc.), os elementos típicos constitutivos desse perfil (por exemplo, camadas típicas, identificação do tipo material como rocha ou solo etc.), suas singularidades (como presença de planos de debilidade,

descontinuidades, direção de tensões principais, etc.), escala possível de representação segundo a densidade da informação (Item 5.7) etc.

Para realizar com sucesso este processo, pode-se basear em informação existente e/ou levantada especificamente com o objetivo da elaboração do mencionado modelo. Começar o estudo partindo da informação de menor escala de detalhe (como por exemplo, meso-escala) e logo direcioná-lo, de maneira tal, que incorpore os elementos da informação mais detalhada, pode ser uma abordagem que impõe racionalidade e consistência a este processo. Em consequência é importante basear-se nas seguintes informações:

- Mapas geológicos e geotécnicos em meso-escala;
- Topografia e/ou modelos digitais de elevação de baixa resolução como SRTM ou GDEM;
- Imagens de satélite;
- Rede hidrográfica em meso-escala;
- Informação de testes de campo físicos e geofísicos;
- Registros de sondagens existentes na região e/ou feitos para a elaboração do mencionado modelo; etc.

Ainda é comum que o geólogo esquematize o perfil, apoiando-se em vários desses elementos anteriormente listados, fazendo a mão, a união dos elementos das sondagens e definindo, também por tentativa e erro, a geometria dos elementos do perfil geológico e/ou geotécnico. É importante ressaltar que na verdade com este procedimento, o geólogo ao estabelecer curvas ou superfícies que separam estratos, estabelece uma classificação dos valores numéricos que ele tem para se apoiar, ou seja, designa um valor qualitativo associado a uma faixa de valores quantitativos.

Visando facilitar tal processo, nesta tese foi usada como ferramenta de apoio na elaboração do modelo geométrico, o software RockWorks (Item 5.1). O RockWorks ajuda na organização, administração, armazenagem e interpolação dos dados, quer dizer, na construção do modelo geométrico do subsolo, entre outras coisas. Mesmo usando esta ferramenta o processo ainda é heurístico. Embora isto seja inevitável, recomenda-se o seguinte procedimento, que traz certa racionalidade ao processo:

- i. Identificação do tipo de perfil geotécnico típico na região e estudo apoiando-se na informação regional;

- ii. Busca de informação geofísica ou de ensaios de penetração que dêem uma luz às mudanças de rigidez no subsolo, e portando às mudanças de material;
- iii. Georreferenciação da informação;
- iv. Elaboração de um modelo espacial numérico com a informação coletada. Este modelo numérico, também denominado matricial, será representado por *Pixels*, quando se estiver modelando em 2D, e por *Voxels*, quando 3D;
- v. Identificação e separação por faixas do modelo numérico ou *raster* (definição de classes);
- vi. Elaboração de um modelo classificado (vetorial).

Referente ao Ponto i, o estudo da informação regional mostrou a localização da região de estudo em uma zona transicional entre os depósitos de vertente existentes ao oriente da cidade de Bogotá e os depósitos sedimentares de origem alúvio-glacial, tal e como, foi mostrado com maior detalhe no Capítulo 4.

Referente ao Ponto ii, procurou-se informação geofísica ou de ensaios de penetração que dessem luz às mudanças de rigidez. Teve-se insucesso nesta busca, e, portanto, foi usada inicialmente a informação de classificação unificada (USCS), que como será visto, encontrou-se de maneira abundante. Identificaram-se os seguintes grupos da USCS, presentes na região de estudo: CH, CH-MH, CL, CL-ML, GC, GM, GP, GW, MH, ML, OH, PT, SC, SM, SP, SW.

A USCS, dada à ausência de outra informação, pode ser um bom classificador em ambientes sedimentares sem presença de materiais estruturados: usa elementos para a classificação que dependem das características dos minerais presentes no material, como o ω_L e ω_P , que estão associados a variáveis que podem ser relacionadas ao comportamento mecânico dos materiais, como o ϕ' , C_c e C_s , para o caso dos finos; usa características, como o tamanho das partículas, que descrevem bem o comportamento dos grossos.

Visando simplificação, foram agrupados esses materiais nas seguintes categorias: Argilas, Siltes, Argilas e Siltes, Areias, Areias com Finos, Pedregulhos, Pedregulhos com Finos, Turfas e Rocha. A classe Argilas agrupou os materiais classificados como CH e CL, a classe Siltes agrupou os materiais classificados como MH e ML, a classe Argilas e Siltes agrupou os CH-MH e CL-ML, classe Areias agrupou os SP e SW, a classe Areias com Finos agrupou os SM e SC, a classe Pedregulhos Agrupou os GP e GW, a classe Pedregulhos com Finos agrupou GM e GC, a classe turfás agrupou os OH e PT, e foi definida uma última classe

denominada Rocha para os registros onde foi reportado tal material. Visando a construção do modelo numérico (ou *raster*) foram atribuídos a essas classes valores numéricos, sendo 1 para as Argilas, 2 para os Siltes, e assim sucessivamente, procedimento padrão e automático do software RW.

Foi construído, em consequência, o modelo apresentado na Figura 5.5, cujos *voxels* têm dimensões de 10x10x2 m.

Identificaram-se no modelo, em concordância com o descrito anteriormente e no Capítulo 4, acamamentos intercalados de material fino e grosso sendo que, identificou-se que o último aflora em algumas regiões do sul da área de estudo. Em consequência foram reclassificadas as sondagens partindo do observado. Nas sondagens coletadas, os registros reportados como rocha, depois de inspeção detalhada dos registros das sondagens, foram identificados como *outliers* e eliminados do banco de dados. Atributos de elevação foram tiradas de um modelo digital de elevação (DEM) feito com pixels de 1x1 m, a partir das curvas de nível em escala 1:1.000 mencionadas no Item 5.6.

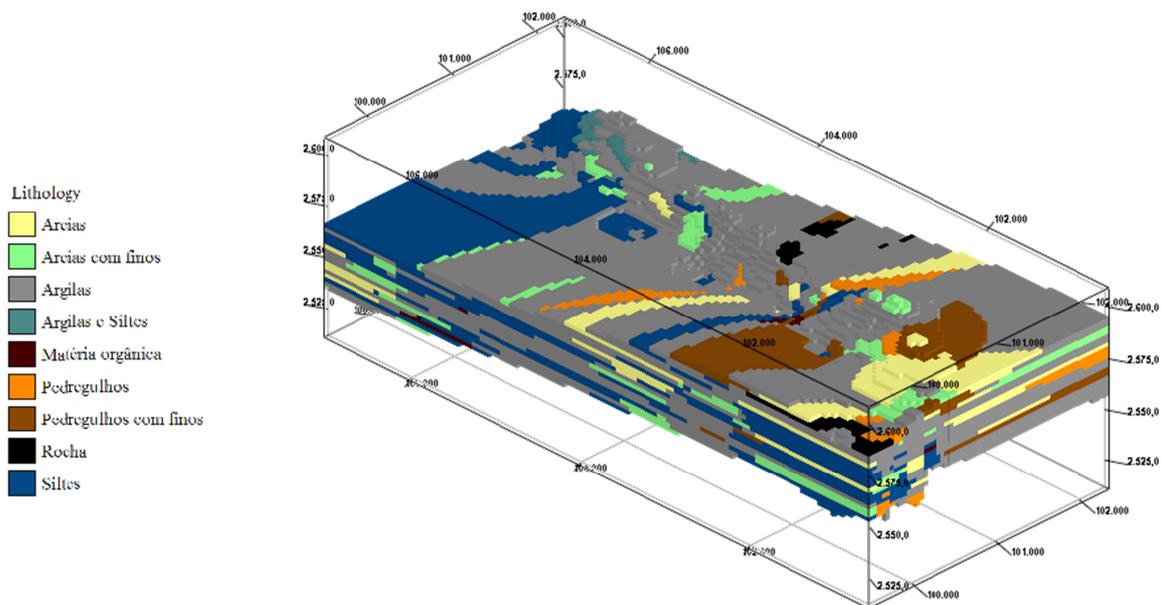


Figura 5.5 Modelo inicial *raster* da geometria do subsolo. Aumento vertical: 10X.

A Figura 5.6 apresenta o modelo classificado do subsolo em contexto e ajustado ao DEM. As superfícies que separam as camadas de solo foram criadas a partir da interpolação dos dados de elevação, no teto e na base, definidos a partir da informação das sondagens e segundo a classificação explicada. A interpolação foi feita usando o inverso da distância como algoritmo

de interpolação. O modelo de camadas, como se verá mais a frente, foi importante na definição da geometria dos modelos para a modelagem numérica mediante elementos finitos (FEM, por suas siglas em inglês).

A Figura 5.7 mostra o diagrama tipo *fence* do modelo de camadas. Observa-se, como característica geral, a persistência geral dos diferentes elementos do perfil do subsolo típico de um ambiente sedimentar no norte do modelo, e de um ambiente de transição alúvio sedimentar típico em regiões também transicionais entre encostas e savanas (Capítulo 4). Observa-se na Figura 5.7, dois diferentes pacotes de sedimentação separados por turfas, isto corresponde, segundo Dueñas (1986), a dois dos três últimos grandes ciclos de glaciação ocorridos na savana de Bogotá (Capítulo 4). Essas camadas de turfas mostraram certa persistência nas regiões mais afastadas da base das encostas.

Nas regiões localizadas na transição entre os depósitos de vertente e sedimentares, encontraram-se grandes camadas de material grosso (areias e pedregulhos), por vezes, apresentando um conteúdo de finos importante, próprio de um ambiente alúvio-sedimentar. Geralmente o material, fino e grosso, encontra-se intercalado.

5.9 MODELO CONSTITUTIVO E SEUS PARÂMETROS

Definiu-se o uso do modelo Cam-Clay modificado (Roscoe *et al.*, 1958; Roscoe & Schofield, 1963; Roscoe & Burland, 1968; Schofield & Wroth, 1968, todos em Yan & Li, 1995) para o cálculo dos parâmetros de projeto mencionados no Capítulo 2. O modelo Cam-Clay modificado foi escolhido, por ser um modelo elasto-plástico normalmente aceito pela comunidade técnica, e cujos parâmetros podem ser calculados a partir de dados obtidos de ensaios de laboratório típicos.

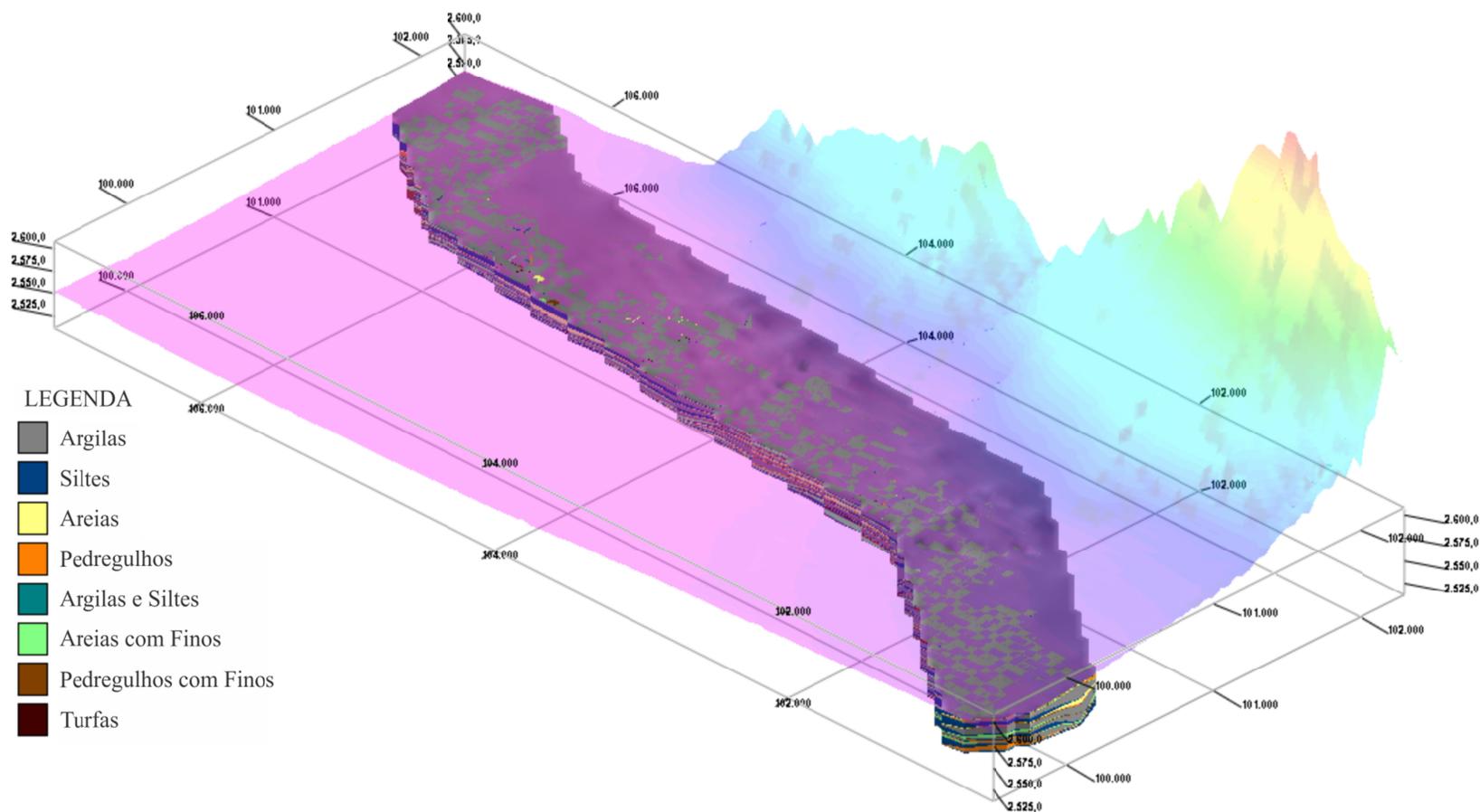


Figura 5.6 Modelo classificado do subsolo (Modelo de camadas) em contexto com o MDE. Aumento vertical: 5X.

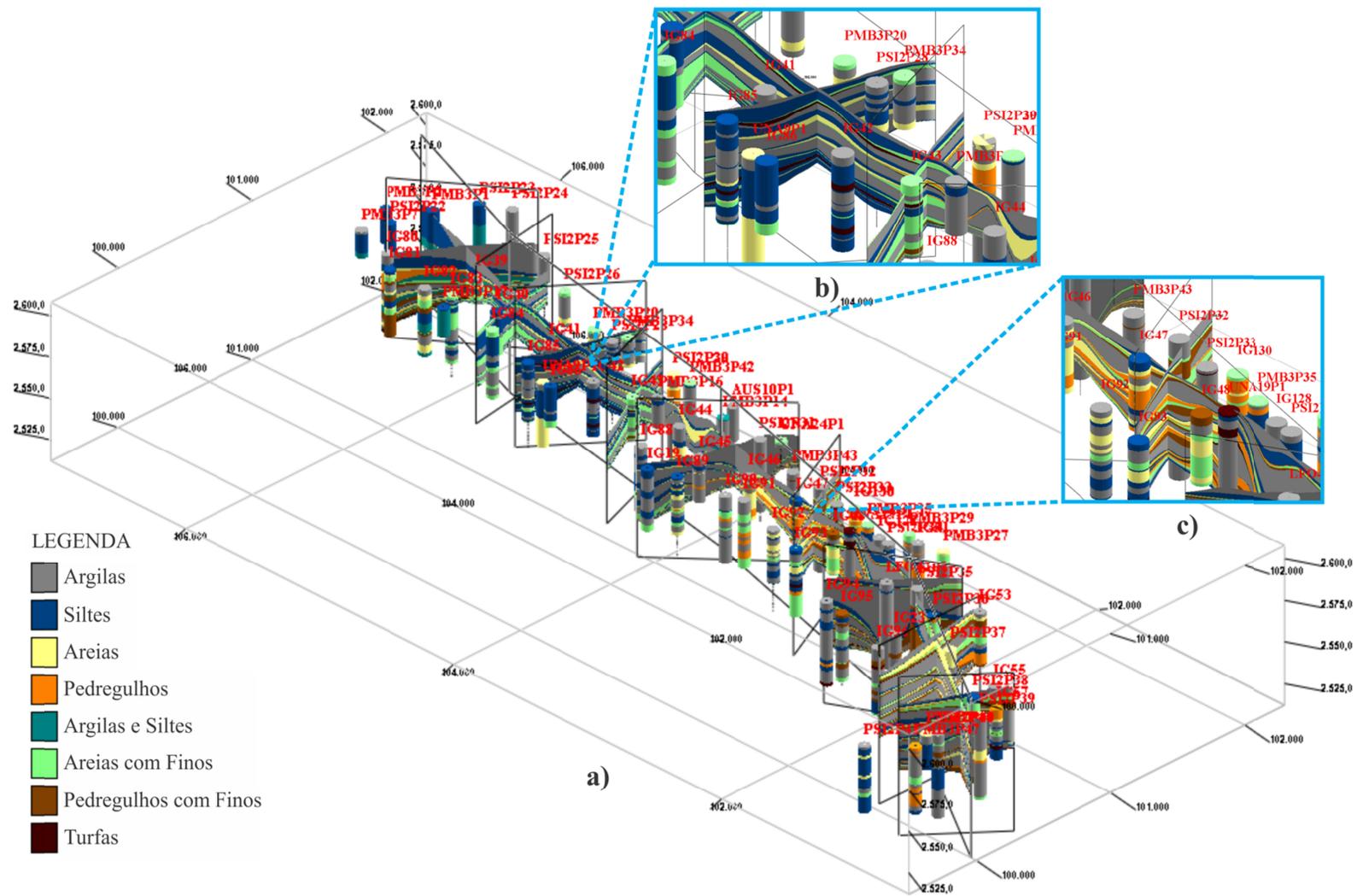


Figura 5.7 *fence* do modelo de camadas em contexto com as sondagens a) geral b) detalhe dos três grandes eventos de sedimentação aluvio-glacial c) detalhe intercalação marcada de material fino e grosso. Aumento vertical: 10X.

Para o estudo do comportamento do maciço foi usado o método de elementos finitos. Para isso foi usado o software Cesar-LCPC V5, cujo modelo constitutivo mais próximo ao Cam-Clay modificado é o que ele denominou IMOD18 (Cesar-LCPC, 2012).

O modelo IMOD18, adota a superfície de ruptura do Cam-Clay modificado e sua lei de endurecimento, porém muda a lei elástica original por uma elástica isotrópica linear (Cesar-LCPC, 2012). Portanto, o software exige, para rodar o modelo, a seguinte entrada de dados:

- Peso específico;
- Módulo de Young;
- Coeficiente de Poisson;
- λ (Cam-Clay);
- κ (Cam-Clay);
- M (Cam-Clay);
- Índice de vazios;
- Pressão de pré-adensamento.

5.10 BANCO DE DADOS GEOTÉCNICO

Obtiveram-se 1078 registros produto de coleta de informação, a partir das fontes mencionadas no Item 5.3. Cada registro corresponde têm associadas coordenadas x,y,z e correspondem a um ponto no espaço onde foi recuperada uma amostra e realizado algum tipo de ensaio sob a mesma.

Encontraram-se dados associados ao teor de umidade ω (%), limite de liquidez ω_L (%), limite plástico ω_P (%), peso específico (kN/m^3), índice de vazios e_0 , densidade específica dos sólidos G_S , coeficientes de compressão virgem e re-compressão C_C e C_S e ângulo de atrito efetivo ϕ' , entre outros. Todo o banco de dados apresentado está referenciado ao sistema internacional de unidades.

5.10.1 CONTEXTOS DEPOIS DA COLETA DOS DADOS E COMPLEMENTAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Não foram encontrados na coleta de informação, dados diretos dos parâmetros do Cam-Clay. Porém, como será visto mais a frente, estes podem ser relacionados com parâmetros tais como ϕ' , C_C e C_S . Portanto, visando encontrar os parâmetros do Item 5.9 se definiram quinze

contextos de complementação importantes, sendo que, por exemplo, o contexto um é aquele onde se tem todos os dados necessários para alimentar o Cesar-LCPC, o contexto dois é aquele onde se têm todos menos o peso específico, etc. (Tabela 5.2). Observe-se que na análise dos contextos não foram incluídos as variáveis de estado P_{C0} (pressão de pré-adensamento), ν (coeficiente de Poisson) e E (módulo de Young). Isto porque não se encontrou de maneira tabular essa informação, e a aquisição deles requereu outro tipo de tratamento que será explicado mais a frente.

Na Tabela 5.2, observa-se na segunda coluna a descrição dos elementos associados a cada contexto, na terceira coluna o número de registros com essa combinação e na quarta esse número de registros expresso em termos percentuais, relativo ao número total de registros. Observa-se que a agregação de todos os elementos, associados a cada contexto, equivale ao número total de registros, isto significa que pelo menos uma das variáveis necessárias (excetuando P_{C0} e ν) existe para cada um dos registros.

A identificação dos contextos principais ajudou a identificação e avaliação do panorama geral dos dados, e a definição da estratégia ou procedimentos para a complementação da Tabela 5.2.

Em consequência, foram seis os procedimentos seguidos para a complementação do banco de dados geotécnico, os quais foram seguidos na seguinte ordem estrita:

- i. Complementação usando associação por proximidade e compatibilidade de material, segundo a classificação USCS;
- ii. Complementação por designação de um valor médio de alguma correlação com dados de variáveis existentes no banco de dados inicial;
- iii. Complementação por designação de um valor obtido a partir do valor médio, registrado no banco inicial de dados (coletados) para materiais similares;
- iv. Complementação por designação de um valor médio obtido de uma fonte, que por sua vez obteve esse valor mediante algum tipo de procedimento estatístico;
- v. Complementação por designação de um valor típico adotado;
- vi. Complementação por cálculo analítico.

Tabela 5.2 Contextos de cálculo encontrados na coleta de dados necessários para a complementação dos dados

No. Contexto	Descrição	No. de registros	
		Absolutos	%
1	φ' , Cc-Cs, e_0 , γ_t	1	0,09
2	φ' , Cc-Cs, e_0	0	0,00
3	φ' , Cc-Cs, γ_t	0	0,00
4	φ' , e_0 , γ_t	3	0,28
5	φ' , Cc-Cs	0	0,00
6	φ' , e_0	1	0,09
7	φ' , γ_t	10	0,93
8	φ'	36	3,34
9	Cc-Cs, e_0 , γ_t	24	2,23
10	Cc-Cs, e_0	17	1,58
11	Cc-Cs, γ_t	0	0,00
12	e_0 , γ_t	2	0,19
13	Cc-Cs	3	0,28
14	e_0	0	0,00
15	γ_t	981	91,00
Total		1078	

É comum, dados os procedimentos de execução e características de sondagens e de tomada de amostras, que os engenheiros projetistas distribuam a execução de ensaios de laboratório entre amostras próximas, associadas a um mesmo material, identificado logo depois da primeira inspeção visual da sondagem. Depois disso, os dados obtidos de laboratório são designados a toda a espessura do material identificado dentro da sondagem, ou seja, se, por exemplo, uma camada é identificada dentro de uma sondagem, com uma espessura de 10 m e dentro dela foram tomadas três amostras, ensaios de resistência, limites, compressibilidade são distribuídos pelo engenheiro nas três amostras, e os dados obtidos em cada uma delas são atribuídos a todos os 10 m associados à camada.

Esta filosofia foi reproduzida no Procedimento 1. Para isso, buscou-se, quando há a situação de um dado faltante, registros próximos dentro da mesma sondagem e para um mesmo material, segundo a USCS, e designou-se para ele esse valor. Usando o Procedimento i foram solucionadas 165 situações de dados faltantes.

Por outro lado, o ângulo de atrito tem uma relação marcada com o índice de plasticidade (PI , por suas siglas em inglês) dos solos finos. Esta relação é mostrada para argilas por Mitchell em 1976 na Figura 5.8 a partir de Kenny em 1959, e Olsen em 1974 (citados em Mitchell, 1976).

Phoon & Kulhawy (1999b) expressaram a tendência mostrada na Figura 5.8 mediante a expressão:

$$\text{sen } \phi' \approx 0,8 - 0,094 \ln (PI) \quad 5.1$$

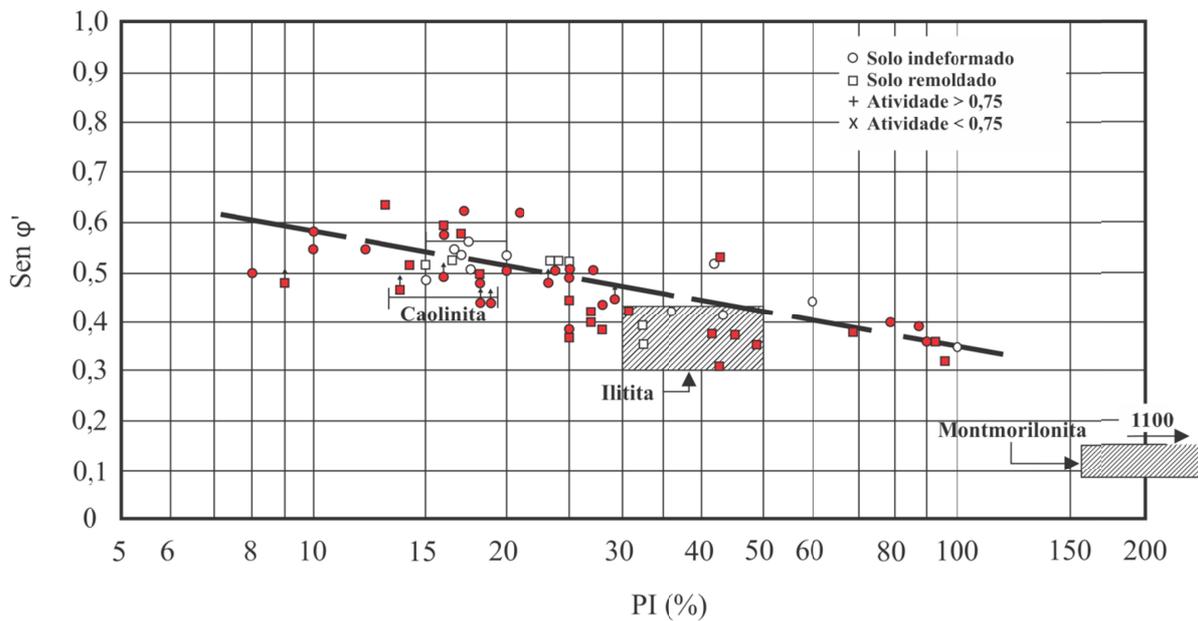


Figura 5.8 Relação ente ϕ' e o índice de plasticidade IP para argilas normalmente consolidadas (modificado de Mitchell & Soga, 1976)

A Figura 5.9 mostra uma relação similar feita por Ingeominas & Uniandes (1997). A figura apresenta a relação, entre ângulo de atrito efetivo ϕ' e o limite de liquidez ω_L (%), obtida com dados de materiais finos, coletados para o micro-zoneamento sísmico da cidade de Bogotá realizado em 1997.

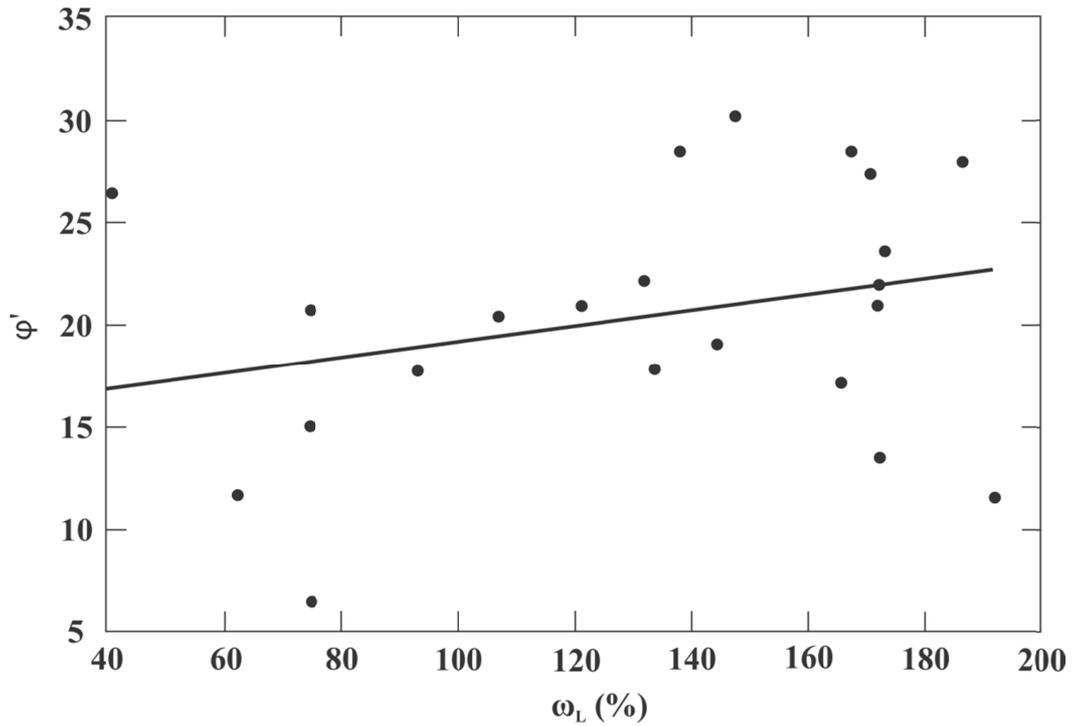


Figura 5.9 Relação entre ϕ' e o limite de liquidez ω_L (%) para dados do micro-zoneamento sísmico da cidade de Bogotá (modificado de Ingeominas & Uniandes, 1997)

Relações similares entre IP e CC, e PI e CS para materiais argilosos são mostradas por Mitchell e Soga (2005) na Figura 5.10, relação feita a partir de Kulhawy & Mayne em 1990 (citados por Mitchell e Soga, 2005). Observa-se que existe uma tendência linear para ambas as relações, as quais respondem às seguintes expressões:

$$C_c = \frac{PI}{73} \quad 5.2$$

$$C_s = \frac{PI}{385} \quad 5.3$$

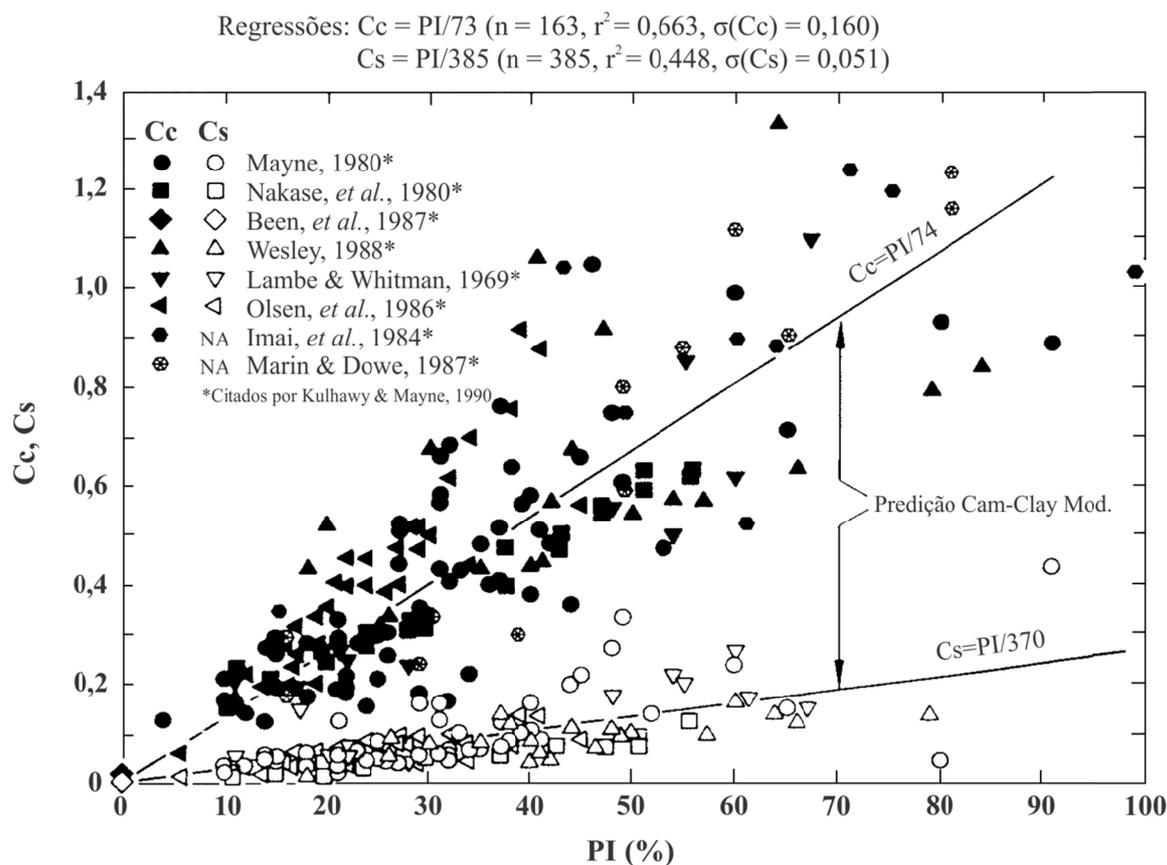


Figura 5.10 Relação de CC e CS com IP para argilas (Modificado de Mitchell e Soga, 2005)

Para o desenvolvimento do Procedimento ii, foram usadas as expressões associadas às equações 5.1, 5.2 e 5.3. A relação estabelecida por Ingeominas & Uniandes foi desconsiderada, dada à dispersão mostrada (Figura 5.9). Estas correlações foram usadas unicamente para argilas normalmente consolidadas, para o caso do ϕ' , e para todas as argilas, para o caso do CC e CS, usando 649 dados de PI calculados a partir de dados de limite de liquidez e limite plástico, coletados das fontes consultadas. Considerou-se pré-adensado todo material acima da 7,5 m de profundidade, medido a partir da superfície. Este valor foi sugerido por Prieto (1992), como a profundidade média a partir da qual se encontram os materiais normalmente adensados.

As Tabelas 5.3, 5.4 e 5.5 apresentam respectivamente os critérios usados para o desenvolvimento dos procedimentos 3,4 e 5. A Tabela 5.4 apresenta valores de ω_L e ω_P separados para os materiais pré-adensados e normalmente adensados, embora sabe-se que ω_L e ω_P estão relacionados às características mineralógicas dos solos e não a sua história de tensões (Mitchell e Soga, 2005). Como Prieto (1992) separou os valores de ω_L e ω_P dessa

maneira, manteve-se essa separação, partindo da hipótese que essa separação populacional responde a outros motivos cuja origem não é de interesse de estudo desta tese.

Prieto (1992) observou, para Bogotá, que a profundidade média que separa os materiais normalmente adensados dos pré-adensados é aproximadamente 7,5 m, essa profundidade foi considerada para separar os materiais e aplicar os critérios da Tabela 5.4 e a Tabela 5.5. Os critérios usados para o desenvolvimento do Procedimento vi serão discutidos no seguinte item.

5.10.2 CÁLCULO DOS PARÂMETROS DO MODELO

O desenvolvimento do Procedimento vi focou-se basicamente no cálculo dos parâmetros do modelo Cam-Clay Modificado M , λ e κ . Para o cálculo analítico de essas expressões foram usadas as seguintes relações (Schofield & Wroth, 1968):

$$M = \frac{6 \operatorname{sen} \phi'}{3 - \operatorname{sen} \phi'} \quad 5.4$$

$$\lambda = \frac{C_c}{2,3} \quad 5.5$$

$$\kappa = \frac{C_c}{2,3} \quad 5.6$$

Obteve-se, ao concluir os seis procedimentos para 1078 registros mencionados, valores de ϕ' , C_c , C_s , e_0 e γ_t , e adicionalmente valores de M , λ e κ , tal e como é mostrado na tabela associada ao Apêndice A.

Tabela 5.3 Critérios usados no Procedimento iii

Critério	Parâmetro	Material	Descrição
1	e_0	Areias	$e_0 = 0,66$
2	e_0	Siltes, ML-CL e MH-CH	$e_0 = 1,82$
3	C_C	Siltes, ML-CL e MH-CH	$C_C = 0,965$
4	C_S	Siltes, ML-CL e MH-CH	$C_S = 0,183$
5	φ'	Siltes	$\varphi' = 33,0^\circ$

Tabela 5.4 Critérios usados no Procedimento iv

Critério	Parâmetro	Material	Descrição	Fonte
1	γ_t	Argilas	Pré-adensada $\gamma_t = 15,3 \text{ kN/m}^3$; normalmente adensada $\gamma_t = 14,0 \text{ kN/m}^3$.*	Prieto (1992)
2	γ_t	Siltes, ML-CL e MH-CH	Pré-adensados $\gamma_t = 17,5 \text{ kN/m}^3$.*	Phoon & Kulhawy (1999a)
3	γ_t	Turfas	$\gamma_t = 1,2 \text{ kN/m}^3$.	Moreno (2004)
4	ω_L	Argilas	Pré-adensada $\omega_L = 119,3 \%$; normalmente adensado $\omega_L = 167,7 \%$.*	Prieto (1992)
5	ω_P	Argilas	Pré-adensada $\omega_P = 40,1\%$; normalmente adensado $\omega_P = 49,9 \%$.*	Prieto (1992)
6	e_0	Argilas	Pré-adensada $e_0 = 2,51$; normalmente adensado $e_0 = 3,07$.*	Prieto (1992)
7	e_0	Turfas	$e_0 = 4,1$	Moreno (2004)
8	φ'	Siltes, ML-CL e MH-CH	$\varphi' = 32,0^\circ$	NAVFAC (1986)
9	φ'	Turfas	$\varphi' = 15,0^\circ$	Moreno (2004)
10	PI	Turfas	PI = 162	Moreno (2004)
11	C_C	Turfas	$C_C = 1,800$	Moreno (2004)
12	C_S	Turfas	$C_S = 0,180$	Moreno (2004)

*Considerou-se pré-adensado todo material acima de uma profundidade média de 7,5 m Prieto (1992)

Tabela 5.5 Critérios usados no Procedimento v

Critério	Parâmetro	Material	Descrição	Fonte
1	φ'	GW	$\varphi' = 38,0^\circ$	NAVFAC (1986)
2	φ'	GP	$\varphi' = 37,0^\circ$	NAVFAC (1986)
3	φ'	GM	$\varphi' = 34,0^\circ$	NAVFAC (1986)
4	φ'	GC	$\varphi' = 31,0^\circ$	NAVFAC (1986)
5	φ'	SW	$\varphi' = 38,0^\circ$	NAVFAC (1986)
6	φ'	SP	$\varphi' = 37,0^\circ$	NAVFAC (1986)
7	φ'	SM	$\varphi' = 34,0^\circ$	NAVFAC (1986)
8	φ'	SC	$\varphi' = 31,0^\circ$	NAVFAC (1986)
9	C_C	Areias e Pedregulhos	$C_C = 0,007$	-
10	C_S	Areias e Pedregulhos	$C_S = 0,004$	-
11	C_C	GM, GC, SM e SC	$C_C = 0,014$	-
12	C_S	GM, GC, SM e SC	$C_S = 0,007$	-
13	e_0	Areias	$e_0 = 0,76$	-
14	e_0	Pedregulhos	$e_0 = 0,80$	-
15	γ_t	GP	$\gamma_t = 20,0$	NAVFAC (1986)
16	γ_t	GW	$\gamma_t = 22,0$	NAVFAC (1986)
17	γ_t	GM e GC	$\gamma_t = 20,0$	NAVFAC (1986)
18	γ_t	SW e SP	$\gamma_t = 19,0$	NAVFAC (1986)
19	γ_t	SM	$\gamma_t = 20,0$	NAVFAC (1986)
20	γ_t	SC	$\gamma_t = 20,0$	NAVFAC (1986)
21	γ_t	Siltes, ML-CL e MH-CH	Pré-adensados $\gamma_t = 17,5 \text{ kN/m}^3$; normalmente adensados $\gamma_t = 15,8 \text{ kN/m}^3$.*	-
22	PI	Siltes, ML-CL e MH-CH	PI = 25	-

*Considerou-se pré-adensado todo material acima de uma profundidade média de 7,5 m Prieto (1992)

6 MODELO GEOMECÂNICO

Como mencionado no Capítulo 5, o modelo geomecânico é uma representação do subsolo quanto à geometria de seus elementos como quanto as variáveis geotécnicas que descrevem seu estado e comportamento tenso-deformacional.

Dada a natureza estocástica da análise do risco, é necessário caracterizar estas variáveis geotécnicas estatisticamente, de tal forma que no final se obtenha para cada classe identificada (Capítulo 5) dados do valor esperado, $E(X_i)$, e desvio padrão, $\sigma(X_i)$, de cada uma delas.

Valores de $E(X_i)$ e de $\sigma(X_i)$ podem ser obtidos por diferentes procedimentos:

- A partir de valores obtidos da literatura que sejam típicos para os materiais de interesse;
- A partir da experiência do especialista atribuindo valores típicos associados aos materiais de interesse.
- Atribuindo valores médios a partir de dados reais do empreendimento, sem a realização de uma abordagem estatística, e atribuindo dispersões típicas da literatura ou segundo a experiência do especialista;
- Ou a partir do estudo estatístico detalhado das variáveis em questão.

Segundo o interesse da análise, as duas primeiras podem levar a definir uma função de densidade de probabilidade do tipo triangular e a terceira pode levar a definição de uma função de densidade de probabilidade mais complexa como a normal ou lognormal, entre outras.

Decidir qual dos procedimentos listados anteriormente deve ser usado, depende do escopo da análise e características do empreendimento; do nível de desenvolvimento das etapas de exploração e ensaios de laboratório e, portanto, do nível de conhecimento que se tenha dentro do empreendimento dos materiais em questão. É melhor uma abordagem estocástica que parta de valores de $E(X_i)$ e $\sigma(X_i)$ de origem heurística que uma abordagem plenamente determinística.

Para empreendimentos de grande porte, deve-se buscar sempre que possível uma caracterização completa a partir de um estudo estatístico detalhado. Porém, em situações onde

isto não seja possível devem ser designados valores de $E(X_i)$ e $\sigma(X_i)$ a partir dos procedimentos alternativos listados anteriormente.

No seguinte item será discutido o último procedimento da anterior lista, o qual será o usado no contexto desta tese para a definição dos valores de $E(X_i)$ e de $\sigma(X_i)$. Todos os procedimentos e conceitos usados neste capítulo pressupõem conhecimentos básicos de estatística. Visando uma leitura fácil, só serão discutidos os procedimentos considerados novos dentro do mundo da geotecnia, embora seja uma realidade que o que será discutido faz parte do uso comum dentro da estatística descritiva moderna e algumas disciplinas aplicadas diferentes da geotecnia.

Não entanto, recomenda-se como literaturas básicas a apostila do professor André Assis, da pós-graduação em geotecnia da Universidade de Basília (Assis et al, 2002); o livro *estatística moderna aplicada*, original em inglês, de Venables & Ripley (2002); e o livro de conceitos de probabilidade em engenharia de planejamento e projeto, também em inglês, de Ang & Tang (1975). Todos os conceitos que não serão discutidos em detalhe são de fácil consulta em algumas ou todas as referências citadas.

6.1 CARATERIZAÇÃO ESTATÍSTICA DE DADOS GEOTÉCNICOS

Toda grandeza relacionada com geotecnia pode ser tratada como uma variável aleatória e todo processo geotécnico como um processo estocástico.

No contexto do estudo e caracterização estatística das variáveis geotécnicas, o objetivo principal é a separação populacional e caracterização estatística de cada uma dessas populações. Esta caracterização deve ser feita mediante a atribuição de uma função de densidade de probabilidade teórica que se ajuste bem aos dados de cada população associada a cada variável aleatória.

Os procedimentos estatísticos devem acompanhar uma sequência racional desde o ponto de vista estatístico. A separação populacional deve considerar a natureza física e a localização espacial da variável.

A caracterização estatística de variáveis geotécnicas requer o desenvolvimento das seguintes atividades na ordem estrita em que serão apresentadas. Estas serão discutidas detalhadamente nos seguintes itens:

- i. Segmentação da amostra inicial e primeira eliminação de pontos singulares (denominados *outliers*). Identificação, em consequência, das primeiras populações estatísticas;
- ii. Validação física e/ou espacial da segmentação;
- iii. Validação estatística da segmentação;
- iv. Ajuste de uma função de densidade de probabilidade teórica a cada população produto da segmentação.

Alguns especialistas consideram necessária uma primeira atividade de eliminação de tendências espaciais (Phoon & Kulhawy, 1999a). Considera-se este procedimento válido quando se busca uma caracterização universal da variável, quer dizer quando, por exemplo, se quer um valor $E(X_i)$ e $\sigma(X_i)$ que represente todas as argilas montmoriloníticas, sem importar a sua localização. Em contextos diferentes ao anterior, recomenda-se não eliminar tais tendências dentro da caracterização estatística.

6.1.1 SEGMENTAÇÃO DA AMOSTRA

Deverá ser feita uma primeira segmentação populacional da amostra partindo de critérios meramente estatísticos. Isto mediante o uso da função de densidade populacional Kernel (Ang & Tang, 1975). A função Kernel é uma função não paramétrica e é útil para a primeira identificação das populações presentes na amostra e primeira eliminação de *outliers* (Figura 6.1).

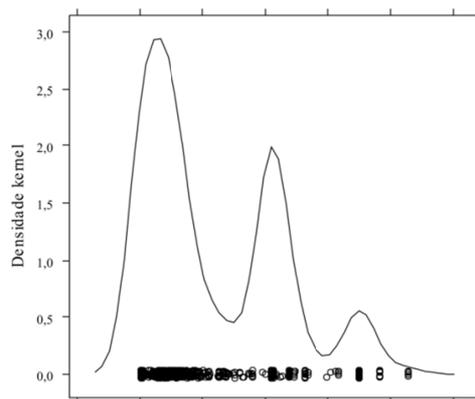


Figura 6.1 Função de densidade Kernel para uma variável aleatória qualquer, X_i

A Figura 6.1 mostra a curva que representa a função de densidade de probabilidade Kernel simultaneamente com os eventos associados à variável de interesse. As populações são separadas visualmente mediante a identificação visual da localização dos vales na curva

Kernel e seu valor associado. Os *outliers* mediante a identificação, também visual, dos pontos associados a valores da amostra isolados e/ou baixa densidade dos mesmos.

6.1.2 VALIDAÇÃO FÍSICA E/OU ESPACIAL DA SEGMENTAÇÃO

A decisão final de segmentar ou não a amostra, depende de uma análise plenamente heurística: as segmentações devem poder ser relacionadas com alguma característica física ou espacial da variável aleatória. Por exemplo, em referência as variáveis geotécnicas, uma validação física pode ser feita associando tais grupos encontrados com a origem de formação do material e/ou outro tipo de classificação prévia feita em escalas de menor detalhe. Por outro lado uma validação espacial pode ser feita associando tais grupos encontrados com sua localização espacial na direção x , y e/ou z .

Caso não seja possível uma explicação da segmentação mediante os critérios descritos, deve-se evitar a realização de tal segmentação e deve ser feito o ajuste de uma função de densidade de probabilidade da população sem tal segmentação. Trabalhos de amostragem e caracterização estatística posteriores e de maior detalhe devem estar focados a dar explicação a tal possível segmentação identificada nesta etapa de análise.

6.1.3 VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA DA SEGMENTAÇÃO

A validação estatística da segmentação consiste em dois tipos de critérios: um primeiro principalmente gráfico e observacional, e um segundo plenamente estatístico apoiado nos testes de hipótese.

O primeiro grupo de critérios deve acompanhar as seguintes atividades na ordem estrita que serão apresentadas:

- Validação gráfica mediante o uso de gráficos do tipo *Box Plot*. Deve-se plotar um *Box Plot* para cada segmento identificado e depois deverão ser plotados conjuntamente e comparados. Podem ser usadas cunhas de confiança para apoiar a comparação;
- Primeira análise de normalidade mediante o estudo do terceiro (obliquidade) e quarto (curtose) momento estatístico e diagramas do tipo $Q-Q$;
- Teste de hipótese de normalidade sobre as populações produto da segmentação;
- Teste de hipótese para validação definitiva da segmentação;

Nos testes de hipótese para validação da segmentação, como em todos os procedimentos de caracterização estatística, devem-se privilegiar os testes de hipótese paramétricos, isso devido a que estes são mais confiáveis que os outros. O Teste F e a análise ANOVA são testes paramétricos, o primeiro recomendado quando se requer a comparação de dois tipos de populações e o segundo quando se têm um número maior. Eles requerem, além de condições de normalidade, homogeneidade em variância das populações a serem comparadas.

Em consequência, antes da realização das mencionados análises, é necessária a verificação da normalidade das populações e a comparação de suas variâncias situação que justifica os procedimentos mencionados na anterior lista.

O teste de hipótese Kruskal-Wallis equivalente a ANOVA, porém não paramétrico, deve ser usado quando as hipóteses de normalidade e/ou homogeneidade em variância de pelo menos uma das populações comparadas não são cumpridas. Sua hipótese nula H_0 define que as populações comparadas são a mesma população.

6.1.4 AJUSTE DE UMA FUNÇÃO DE DENSIDADE DE PROBABILIDADE TEÓRICA

Depois da identificação das populações, é necessário o ajuste de uma função de densidade de probabilidade. Para isto, devem-se acompanhar as seguintes atividades na ordem estrita em que são apresentadas:

- Eliminação definitiva de *outliers* para cada população produto da segmentação mediante o uso do *Box Plot* tabular;
- Construção do histograma definitivo de cada população produto da segmentação usando o critério de Sturges.
- Ajuste de uma função teórica.

Recomenda-se para o ajuste de um modelo teórico de densidade de probabilidade o uso da técnica de máxima verossimilhança (MLE por suas siglas em inglês). A estimação por MLE é uma técnica estatística para estimar os parâmetros de um determinado modelo de função de densidade de probabilidade, de tal forma que eles caracterizem o melhor possível à natureza da variável. Não entanto, o método requer como dado de entrada o tipo de modelo do qual os parâmetros serão estimados. É necessário, em consequência, que o analista entre num

processo iterativo e observacional que leve, não só à definição do primeiro possível, como também ao acompanhamento de tal ajuste mediante procedimentos gráficos.

Procedimentos associados à obtenção dos dados podem levar a discretizações de variáveis que são por natureza contínuas e/ou sesgos fortes inesperados. Nestas situações recomenda-se atribuir funções triangulares.

6.2 SOFTWARE R E BIBLIOTECAS

Para a análise estatística dos dados foi usado o software R em suas versões 2.15.2 e 3.0.0. Em adição às bibliotecas instaladas por *default*, foram usadas as seguintes:

- Lattice;
- Moments;
- Mass.

6.3 VARIÁVEIS $M, \lambda, \kappa, \gamma, e_0$

A título de exemplo será apresentado o acompanhamento do processo realizado para a caracterização estatística da variável λ . Tal processo incorpora as quatro atividades apresentadas no Item 6.1.

6.3.1 VARIÁVEL ALEATÓRIA λ

Quanto à segmentação da amostra inicial e primeira eliminação de *outliers*, a Figura 6.2 apresenta a função de densidade Kernel para a variável λ . Em consequência da observação da gráfica, a amostra foi separada inicialmente em três grupos populacionais (Figura 6.3):

- $[0;0,25]$,
- $[0,25;0,55]$,
- $[0,55;1]$.

Eventos com valores superiores a um foram considerados *outliers*.

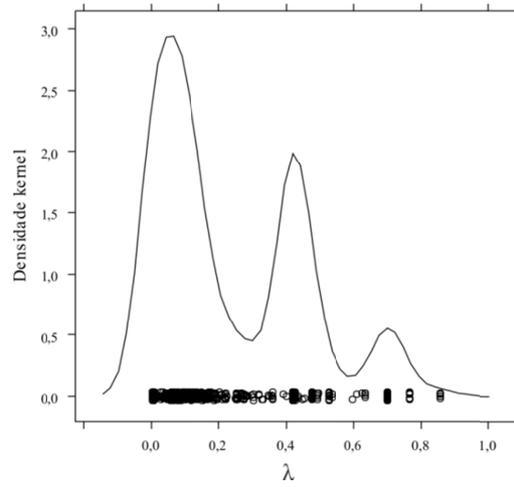


Figura 6.2 Função de densidade Kernel para λ

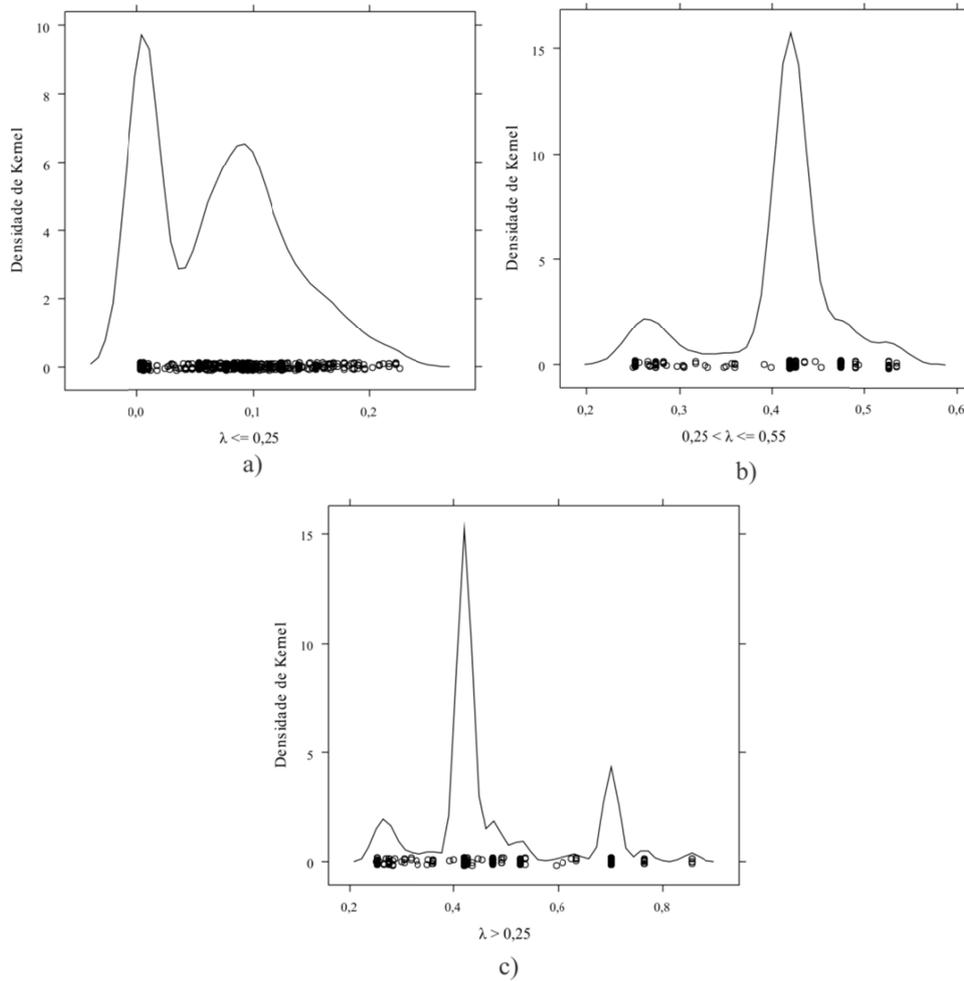


Figura 6.3 Segmentação inicial de λ

Para a validação física e/ou espacial da segmentação, buscando uma justificativa dessas separações populacionais, a amostra foi segmentada segundo a separação de classes definida

no Capítulo 5, onde os materiais granulares foram agrupados em granulares grosso e finos, em consequência da análise feita no Item 5.10 (Figura 6.4).

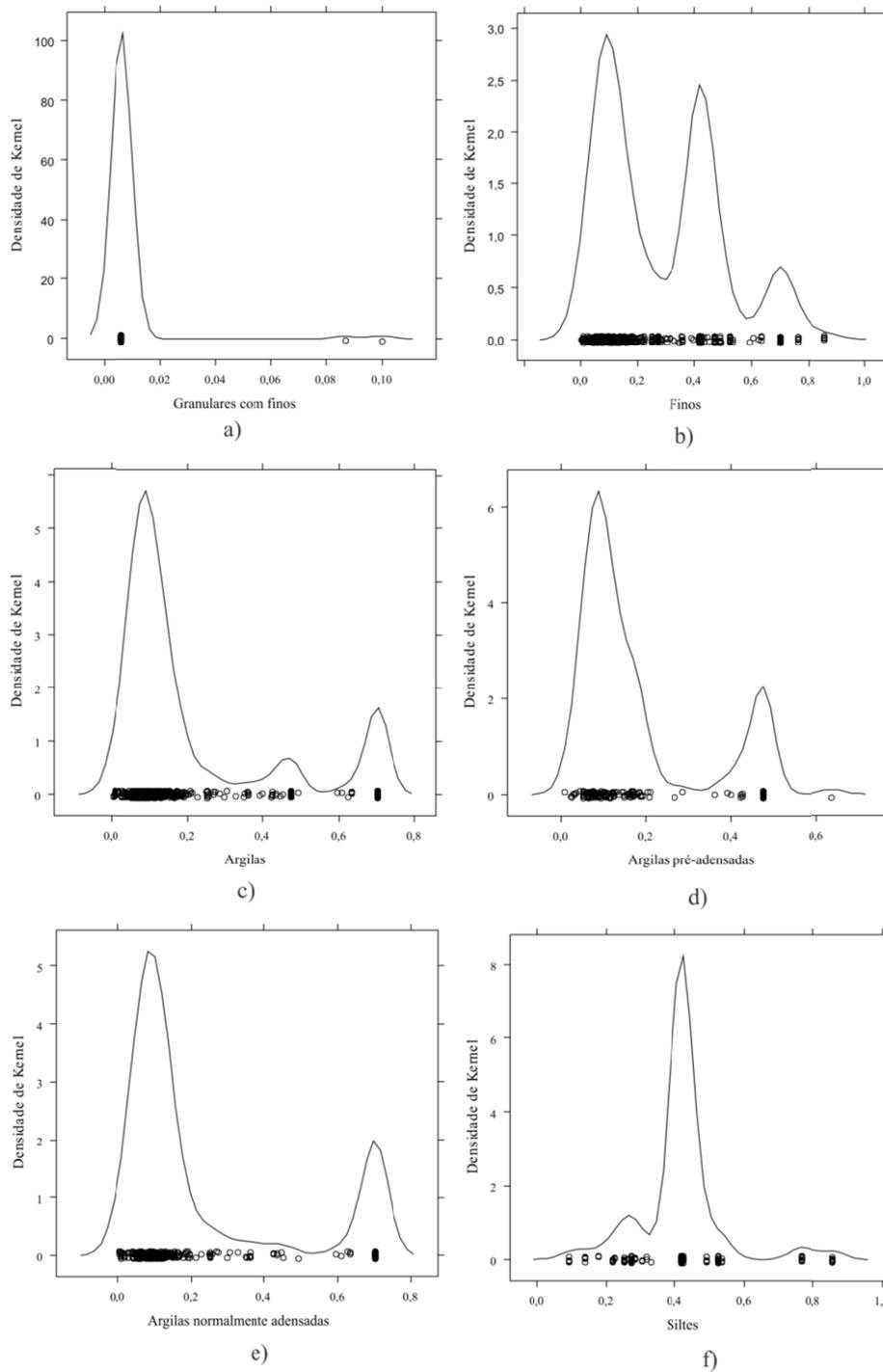


Figura 6.4 Segmentação de λ segundo o tipo de material a) granulares com finos, b) finos, c) argilas, d) argilas pré-adensadas, e) argilas normalmente adensadas e f) siltes

A Figura 6.4a apresenta, a título de exemplo, a função de densidade de probabilidade Kernel para os materiais granulares com conteúdo importante de finos conjuntamente com a

localização dos eventos associados a tal população. Observa-se que o produto dos procedimentos seguintes foi concluído definindo para a maioria dos eventos, um mesmo valor. Os pontos localizados isoladamente à direita do gráfico foram considerados *outliers*.

Situação similar foi apresentada para as populações argilas e siltes; turfas; e granulares. Mais a frente poderá ser visto que, devido a tal circunstância, tais populações receberam um tratamento particular e diferente do discutido neste item, definindo para eles uma função de densidade e de probabilidade triangular.

A Figura 6.4b e a Figura 6.4c apresentam a função Kernel para populações que aglomeram todos os finos e todas as argilas, respetivamente. Com objetivo de acompanhar e discutir a proposição de Prieto (1992) as argilas foram divididas inicialmente em argilas pré-adensadas e normalmente adensadas (Capítulo 5). Tal discussão será apresentada a frente.

Em relação à validação física da segmentação, observa-se na Figura 6.4 que dividindo a amostra inicial nas classes discutidas nos parágrafos anteriores, não é possível explicar a segmentação amostrada na Figura 6.3.

Em consequência e como tentativa de validação, agora espacial dado o insucesso na validação física, foram localizadas espacialmente as populações produto da segmentação apresentada na Figura 6.3, em contexto com as unidades da geologia de cobertura da Figura 4.3. Esta localização é apresentada na Figura 6.5.

Observa-se que em geral cada população têm eventos distribuídos uniformemente na área de estudo, quer dizer, observa-se que não há uma concentração espacial em uma sub-região dos eventos associados a cada população estatística produto da segmentação inicial, que permita uma validação segundo a localização.

Dado o insucesso na validação da segmentação física e espacial, definiu-se desconsiderar a segmentação apresentada na Figura 6.2 e ficar com a classificação (ou segmentação) dada no Capítulo 5, isso com as agrupações explicadas anteriormente. Esta alternativa é a recomendada dada a impossibilidade de explicar o comportamento estatístico. Deve-se procurar sempre que as populações escolhidas sejam explicáveis desde o ponto de vista técnico, privilegiando isso ao ponto de vista estatístico. Porém, trabalhos de caracterização dos materiais posteriores, podem e devem ser direcionados a tratar de entender o porquê do comportamento estatístico.

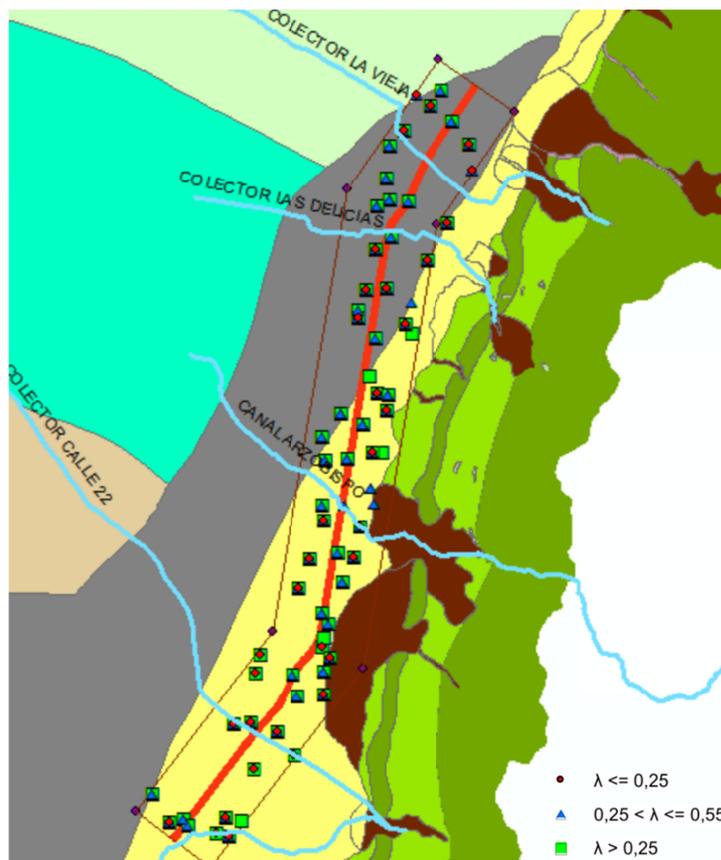


Figura 6.5 Localização espacial de cada população produto da primeira segmentação de λ

Quanto à validação estatística da segmentação, em conclusão à etapa anterior, foram mantidas as populações iniciais definidas no Capítulo 5 para a caracterização de λ , embora os materiais grossos foram, como explicado, agrupados em duas populações: grossos e grossos com conteúdo importante de finos. Portanto as análises subsequentes foram focadas para os materiais finos e suas populações associadas.

A Figura 6.6 apresenta o *Box Plot* de quatro grupos populacionais: finos (Figura 6.4b), argilas pré-adensadas (Figura 6.4d), argilas normalmente adensadas (Figura 6.4e) e siltes (Figura 6.4f), denominando cada um deles, respectivamente, Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3 e Grupo 4.

Observa-se na Figura 6.6, que a maioria dos eventos dos siltes estão concentrados no segundo quartil. Para eles foi definido em consequência e da mesma forma que para os granulares, uma função triangular. Observa-se também, que as argilas normalmente adensadas e pré-adensadas realmente são uma mesma população. Tal observação contradiz a proposição de Prieto (1992) e acompanha a de Mitchell & Soga (2005) (ver discussão no Item 5.10). Não entanto, esta observação a partir da figura deve ser validada em detalhe.

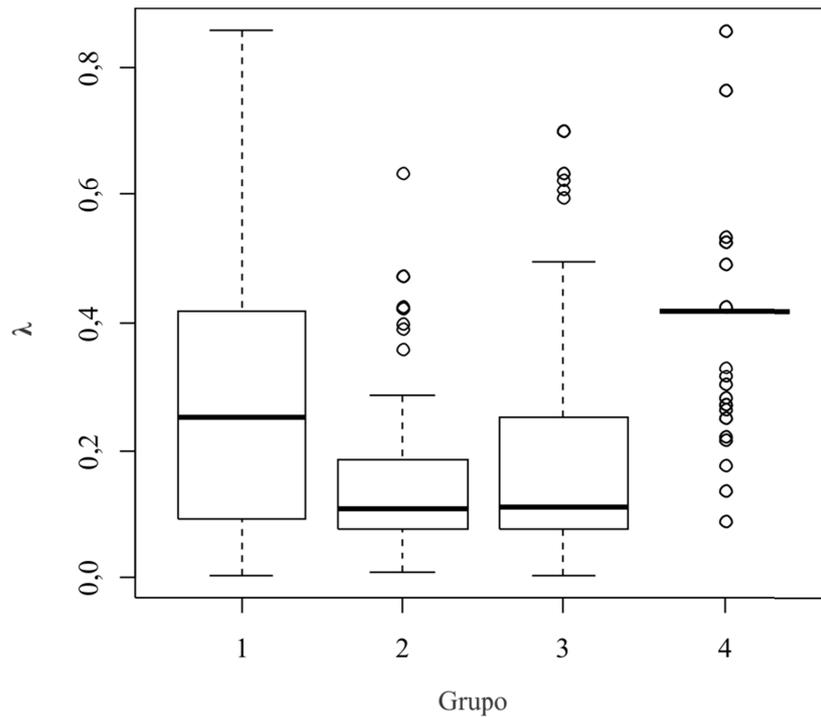
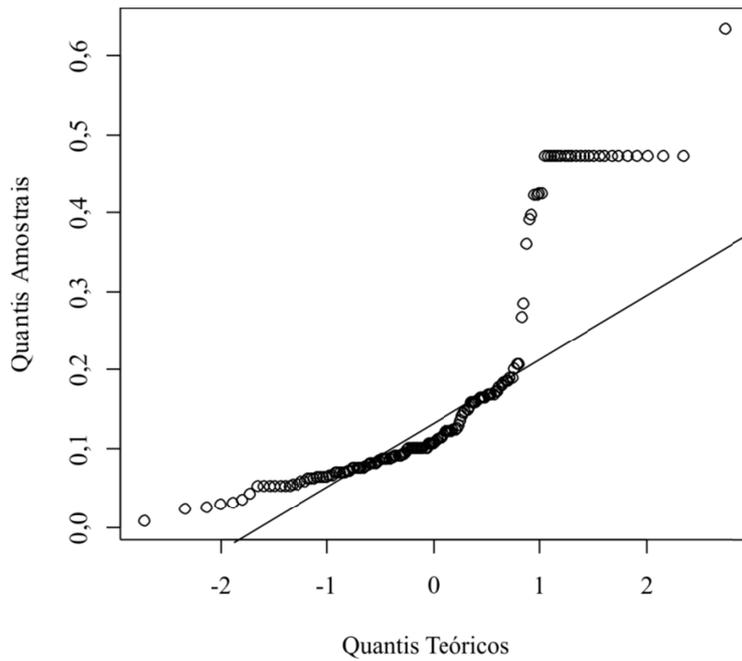


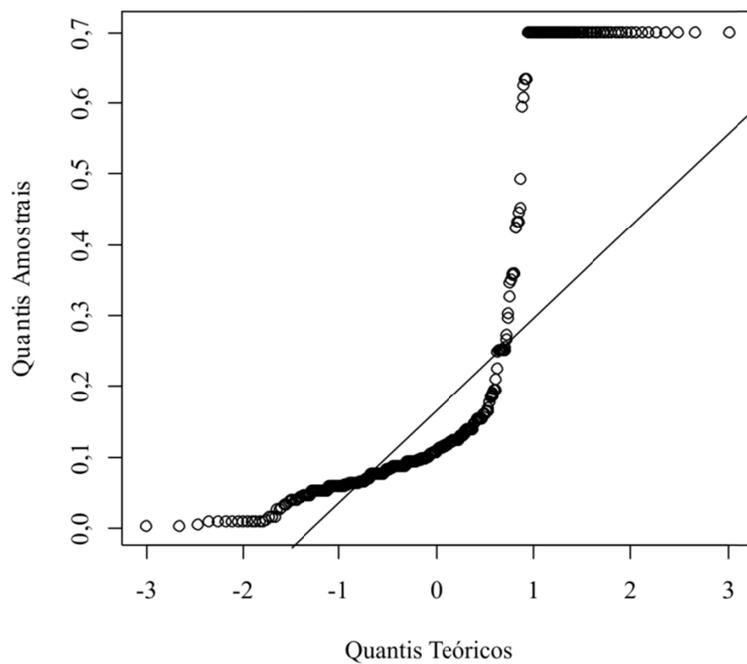
Figura 6.6 Box Plot para populações de λ

Em consequência e continuando somente com a validação da segmentação entre argilas pré-adensadas e normalmente adensadas, foram construídos os diagramas Q-Q para cada uma delas e plotados na Figura 6.6. Observa-se que nenhuma das populações apresenta um comportamento obviamente normal.

Cálculo de curtose e obliquidade deram respectivamente para as argilas pré-adensadas valores de 3,2 e 1,3; e para as normalmente adensadas de 2,9 e 1,3. Conclui-se que ambas podem apresentar curtose e assimetria. Testes do tipo *Shapiro-Wilk*, foram feitos para cada uma destas populações obteve-se um valor de *p-value* respectivamente de $5,4e-15$ e $1.2e-25$. Portanto se conclui que ambas não são normais.



a)



b)

Figura 6.7 Diagramas Q-Q para λ de a) pré-adensadas, b) normalmente adensadas

Em consequência é necessário um teste não paramétrico do tipo *Kruskal-Wallis* para a verificação se as duas populações em discussão são o não a mesma população, do qual se obteve um valor de *p-value* de 0,85, portanto concluindo que as duas populações realmente são uma mesma população.

Consequentemente à análise feita anteriormente, as argilas serão tratadas como um conjunto e uma função de densidade será ajustada para elas. A Figura 6.8 apresenta o *Box Plot* associado a esta população.

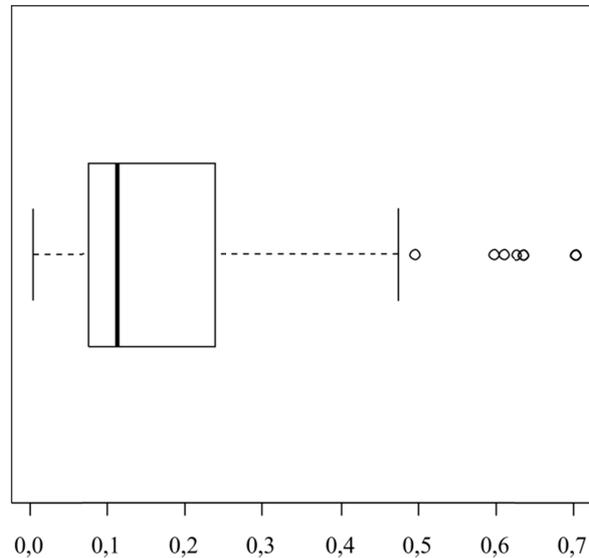


Figura 6.8 *Box Plot* para λ das argilas

A análise tabular do Boxplot levou a considerar *outliers* todos os eventos cujo valor fosse de superior a 0,473 (veja Apêndice B).

Finalmente a Figura 6.9 apresenta o histograma de frequência associado à população em questão e a função de densidade de probabilidade produto do ajuste por MLE. Os parâmetros $\log\mu$ e $\log\sigma$ são obtidos do ajuste e os parâmetros $E(\lambda)$ e $\sigma(\lambda)$ foram calculados por (Ang & Tang, 1975):

$$E(\lambda) = e^{\log\mu + \log\sigma^2} \quad 6.1$$

$$\sigma(\lambda) = \left[\left(e^{\log\sigma} - 1 \right) e^{2\log\mu + \log\sigma^2} \right]^2 \quad 6.2$$

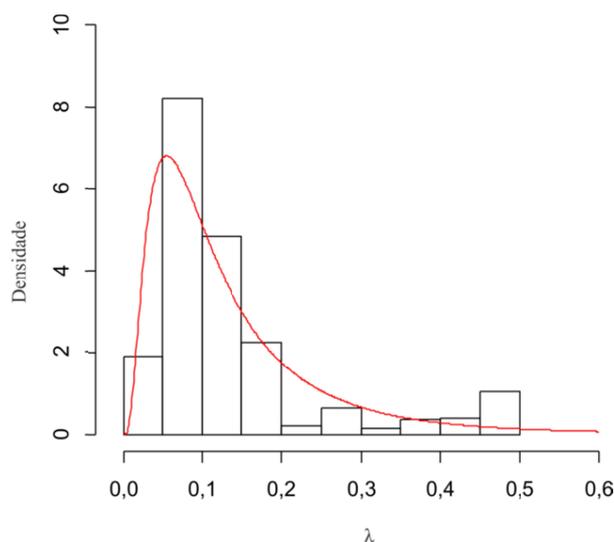


Figura 6.9 Histograma de frequência e função de densidade de probabilidade teórica ajustada para λ das argilas

Outras populações diferentes às argilas foram representadas mediante o uso de funções de densidade de probabilidade triangular, as quais são definidas mediante três parâmetros: a , b e c . O parâmetro a define o valor mínimo da distribuição o b o máximo e o c a mediana. Os valores de c foram obtidos a partir da mediana da população calculada a partir dos eventos do banco de dados (Apêndice B). Para o cálculo a e b foi atribuída o mesmo coeficiente de variação, como medida conservadora, do obtido para as argilas (Tabela 6.1). As distâncias \overline{ac} e \overline{cb} foram definidas como duas vezes a distância inter-quantil definida pelo CV. Obtiveram-se produto do procedimento descrito as funções de densidade de probabilidade apresentadas na Figura 6.10. O desvio padrão $\sigma(\lambda)$, foi calculado como $\overline{ac} / 3$. Os parâmetros associados às turfas foram tomados de valões médios, mínimos e máximos reportados por Moreno (2004).

Tabela 6.1 Parâmetros de ajuste de λ para argilas

$\log\mu(\lambda)$:	-2,2872
$\log\sigma(\lambda)$:	0,787
$E(\lambda)$:	0,13839
$\sigma(\lambda)$:	0,12813
CV (%):	34,4

6.3.2 VARIÁVEL ALEATÓRIA M

Análises similares às aquelas descritas no Item 6.3.1 foram feitas para a variável aleatória M . Não entanto, encontrou-se relação espacial para as populações segmentadas (Figura 6.11). Portanto, encontrou-se que sem importar o tipo de material existe uma população de M associada aos materiais localizados a leste do traçado do metrô e outra a oeste.

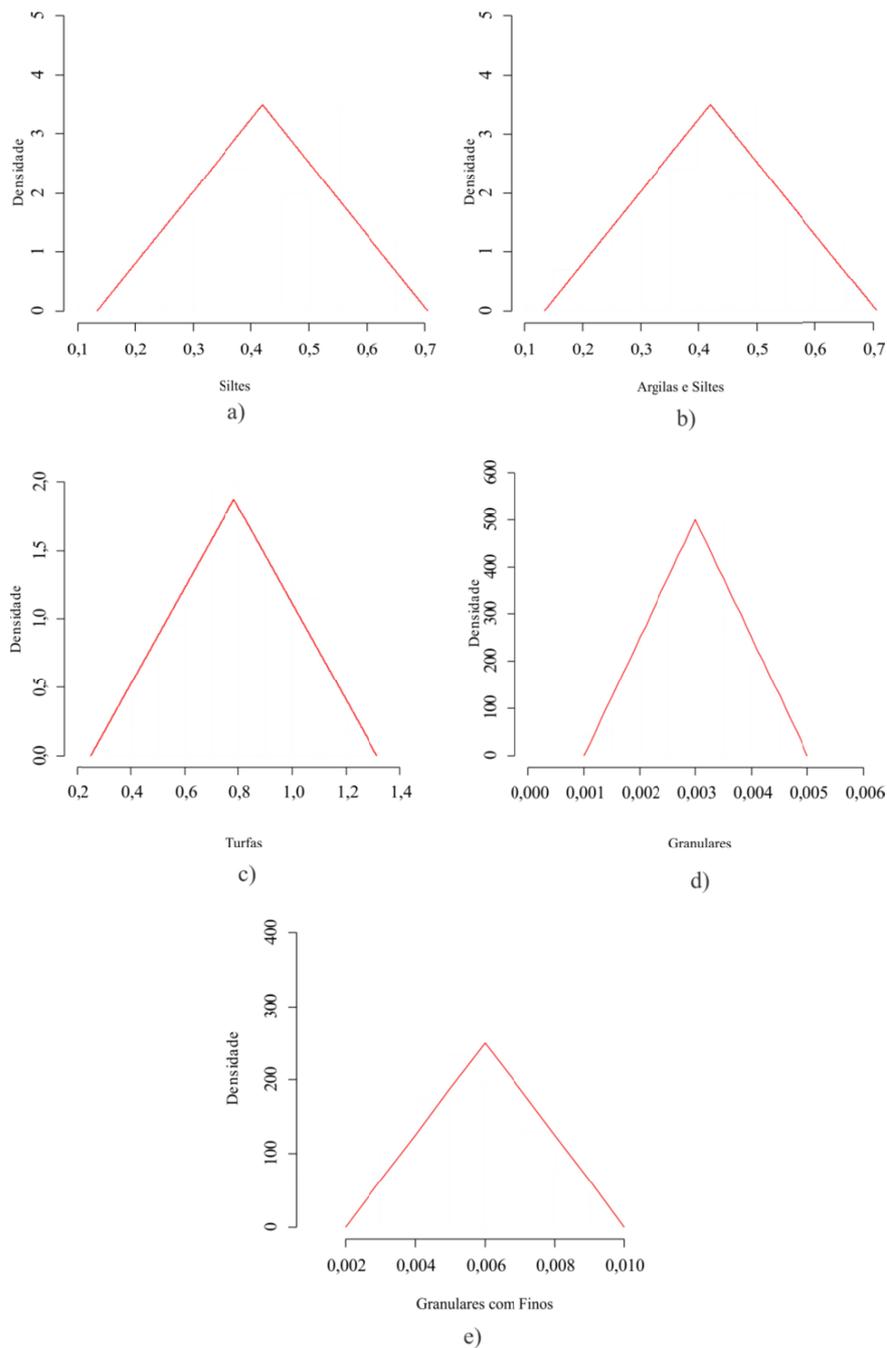


Figura 6.10 Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para λ de: a) siltes, b) argilas e siltes, c) turfas, d) granulares e e) granulares com finos

Procedimentos similares aos realizados no Item 6.3.1 foram feitos para a validação de tal segmentação, encontrando que efetivamente são duas populações diferentes. Depois da eliminação definitiva de *outliers* foram ajustadas funções de probabilidade teóricas com os parâmetros associados da Tabela 6.2. Tais ajustes são apresentados na Figura 6.12.

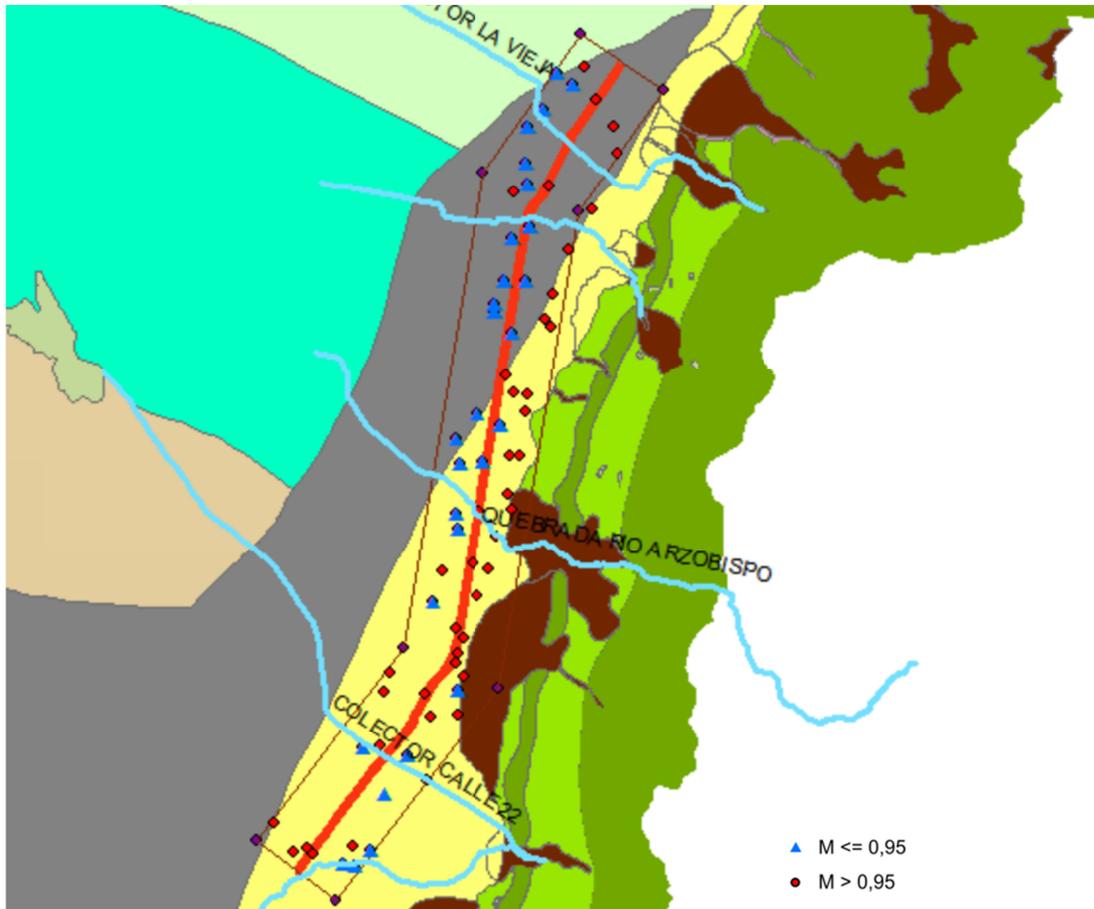


Figura 6.11 Localização espacial de cada população produto da primeira segmentação de M

Tabela 6.2 Parâmetros de ajuste de M

$\log\mu (M_{Oeste}):$	-0,25	$\log\mu (M_{Leste}):$	0,28
$\log\sigma (M_{Oeste}):$	0,03	$\log\sigma (M_{Leste}):$	0,08
$E (M_{Oeste}):$	0,78	$E (M_{Leste}):$	1,33
$\sigma (M_{Oeste}):$	0,02	$\sigma (M_{Leste}):$	0,11
$CV (\%):$	12,67	$CV (\%):$	28,57

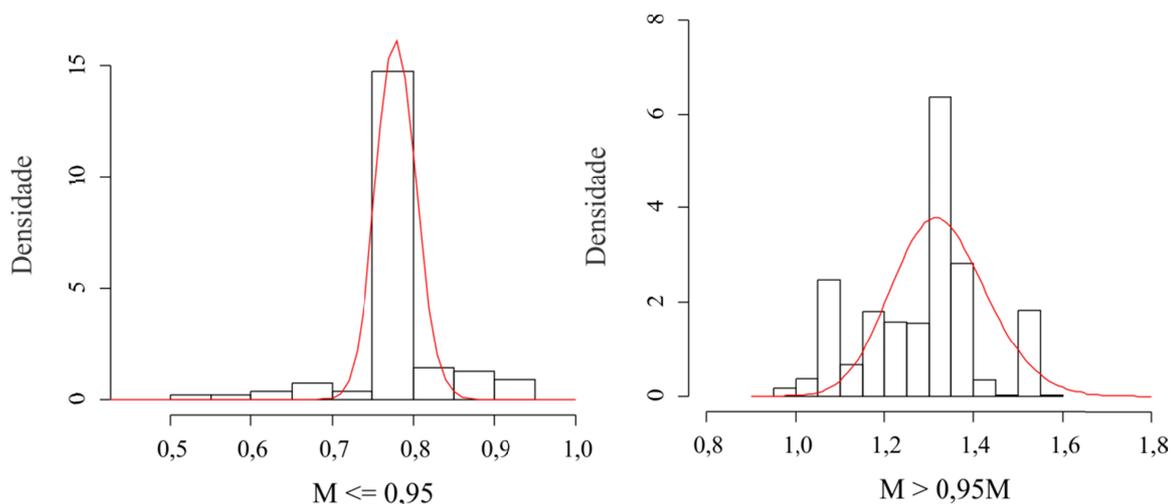


Figura 6.12 Histograma de frequência e função de densidade de probabilidade teórica ajustada para M

6.3.3 VARIÁVEIS ALEATÓRIAS κ , γ_t , e_0

Foram feitos tratamentos similares ao realizado no Item 6.3.1 para as variáveis κ e γ_t . Com a variável κ foram obtidos resultados similares e se obteve o ajuste mostrado na Figura 6.13 para o conjunto de todas as argilas e os ajustes da Figura 6.14 para as demais populações. Os critérios para o cálculo dos parâmetros dos ajustes foram os mesmos definidos para λ .

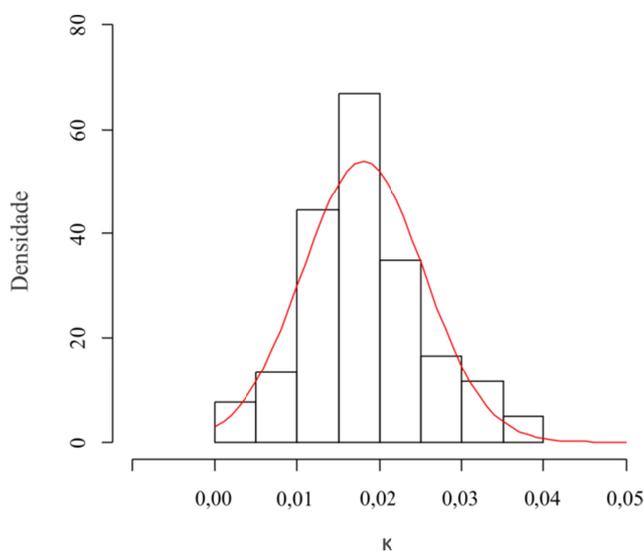
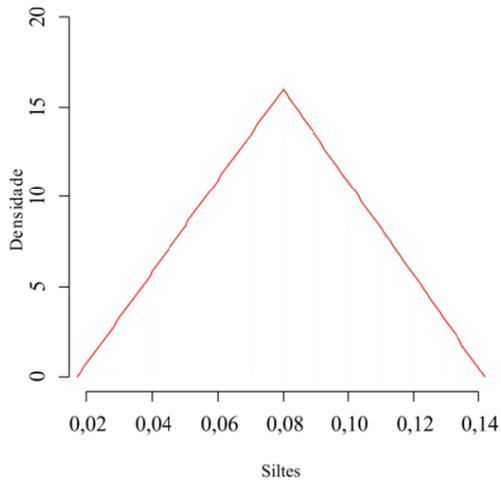
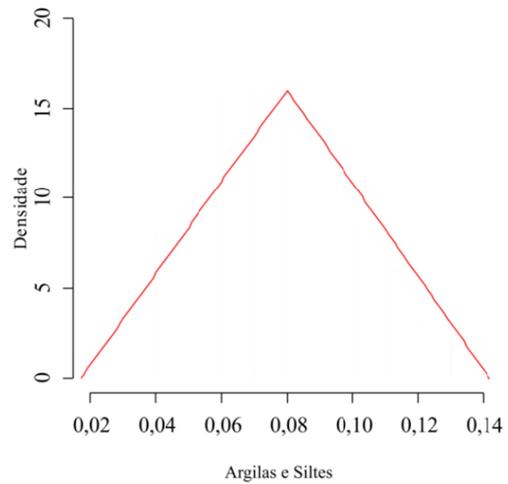


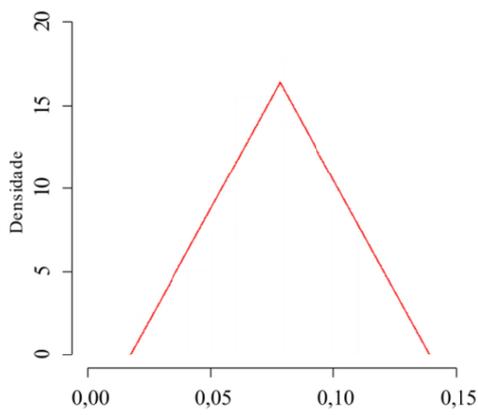
Figura 6.13 Histograma de frequência e função de densidade de probabilidade teórica ajustada para κ das argilas



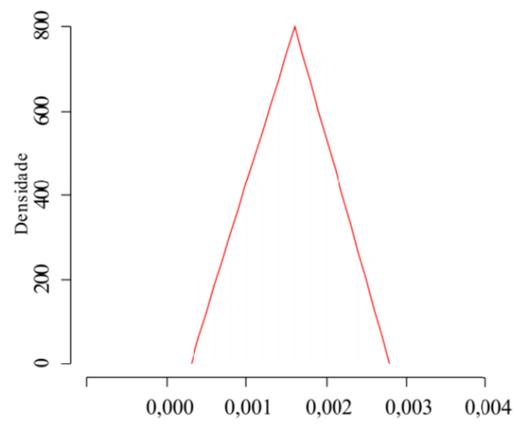
a)



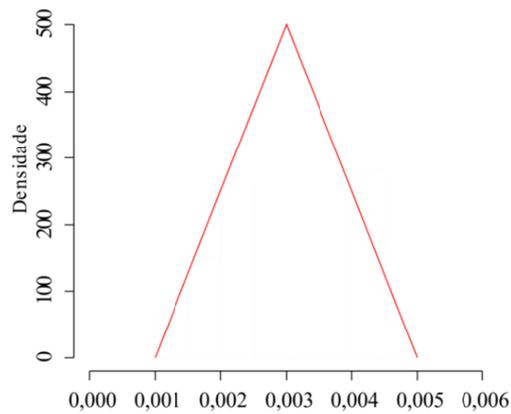
b)



c)



d)



e)

Figura 6.14 Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para κ de: a) siltes, b) argilas e siltes, c) turfás, d) granulares e e) granulares com finos

Da análise estatística feita sobre γ_t , obteve-se o ajuste apresentado na Figura 6.15 para as argilas normalmente adensadas. Os parâmetros a, b e c da função de densidade de probabilidade das argilas pré-adensadas foram obtidos através dos valores mínimo, máximo e a mediana da amostra do banco de dados.

Sobre as populações restantes foram atribuídos valores do parâmetro c a partir de valores médios obtidos da literatura (tal como foi descrito no Capítulo 5) e os parâmetros b e c a partir de valores de covariância dados por Gitirana (2005).

Especificamente para as turfas os parâmetros da distribuição triangular foram obtidos a partir de valores mínimos, médio e máximos indicados por Moreno (2004). Tais distribuições são apresentadas na Figura 6.15 e na Figura 6.16.

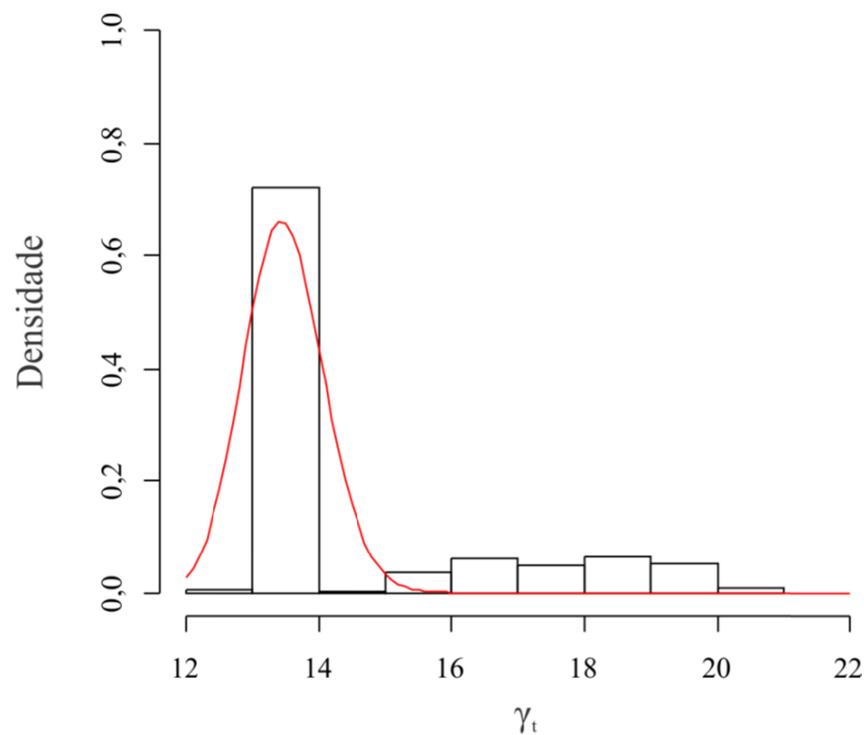


Figura 6.15 Histograma de frequência e função de densidade de probabilidade teórica ajustada para γ_t [kN/m³] das argilas normalmente adensadas.

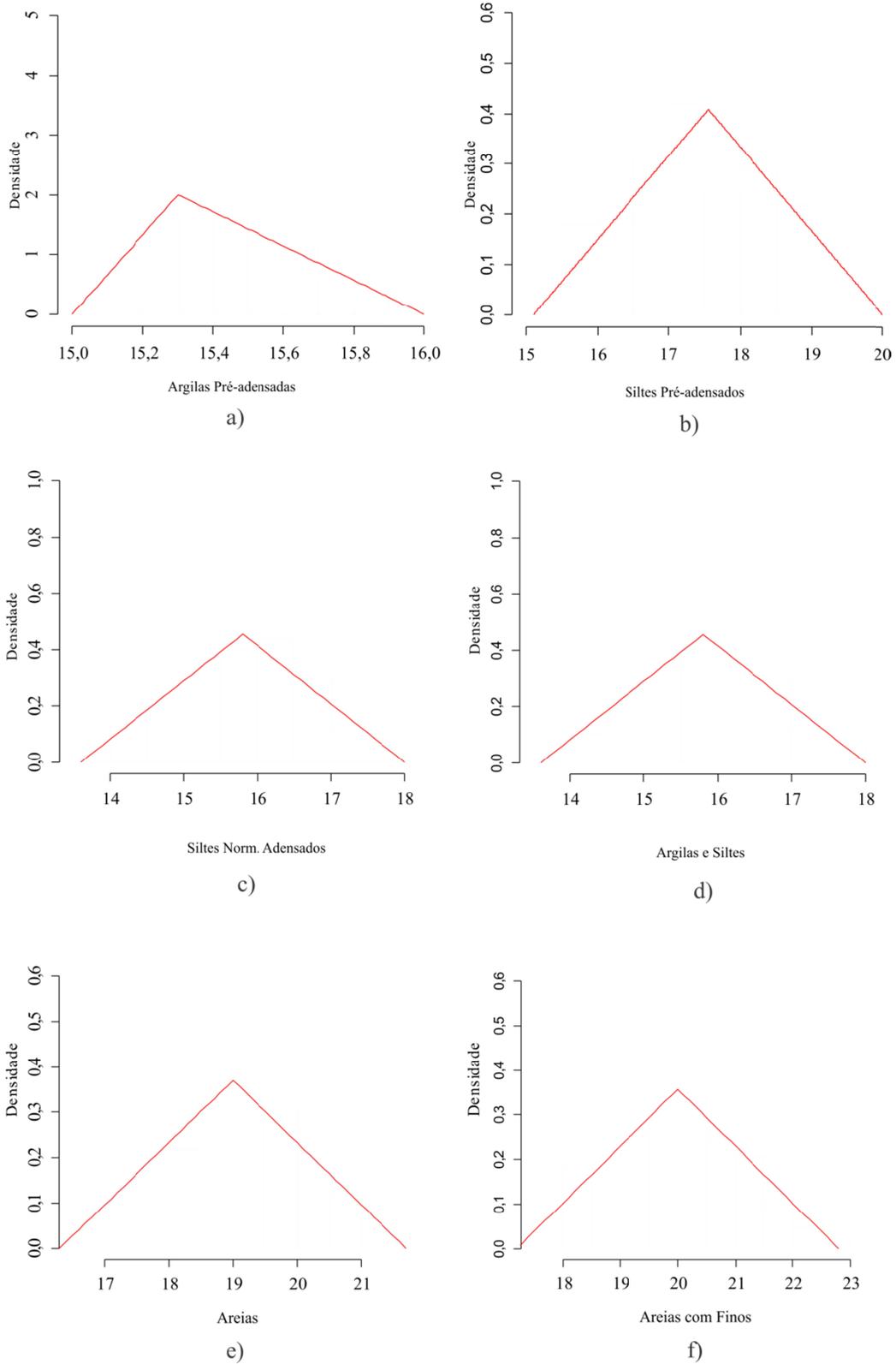


Figura 6.16 Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para γ_t [kN/m^3] de: a) argilas pré-adensadas, b) siltes pré-adensados, c) siltes normalmente adensados, d) argilas e siltes, e) areias, f) areias com finos

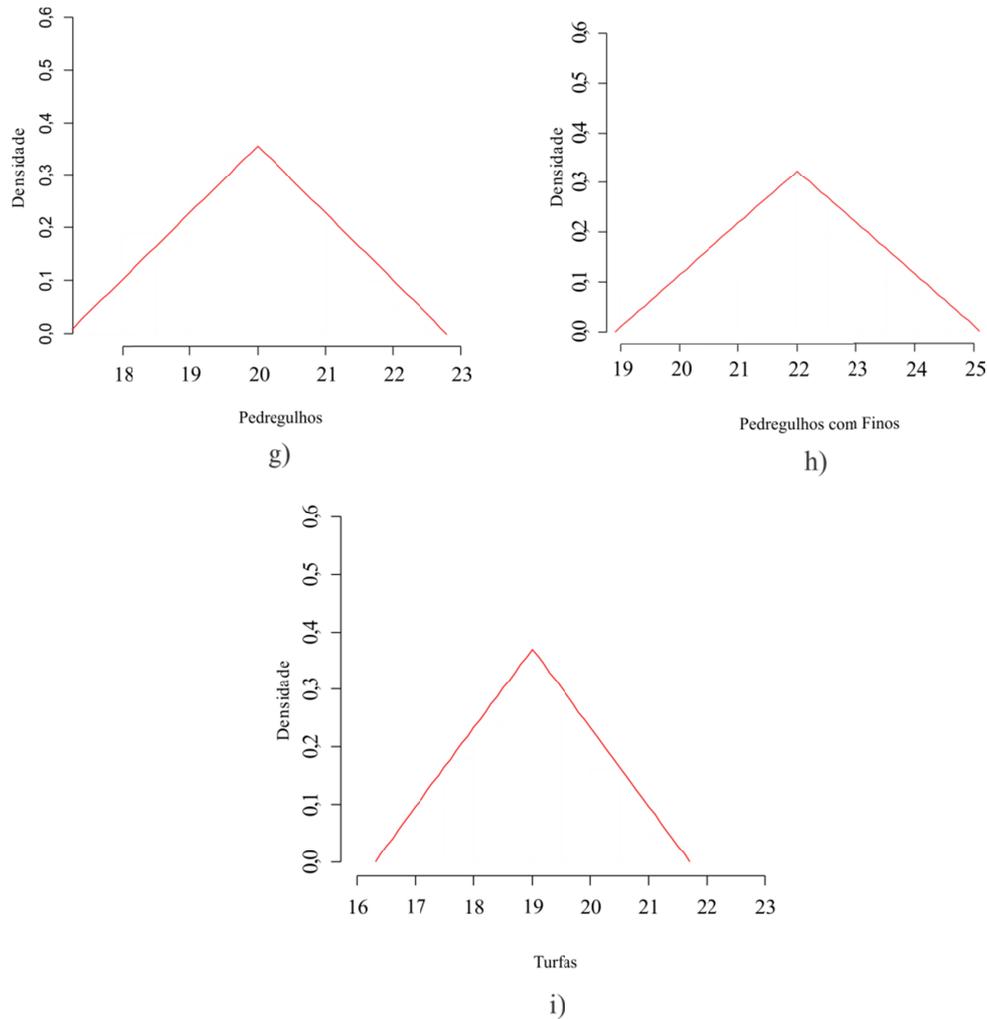


Figura 6.16 (cont.) Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para γ_t [kN/m³] de: g) pedregulhos, h) pedregulhos com finos, e i) turfas

Critérios similares aos usados para γ_t foram usados para a definição das funções de densidade de probabilidade de e_0 , os quais são apresentados na Figura 6.17, embora somente foi possível atribuir funções de densidade triangulares para todas as populações estudadas. Isso se deve ao fato de que se tinham poucos dados iniciais e o procedimento de complementação de dados gerou uma discretização da população inesperada para o tipo de variável.

Especificamente para as turfas os parâmetros da distribuição triangular foram obtidos a partir de valores mínimos, médio e máximos indicados por Moreno (2004).

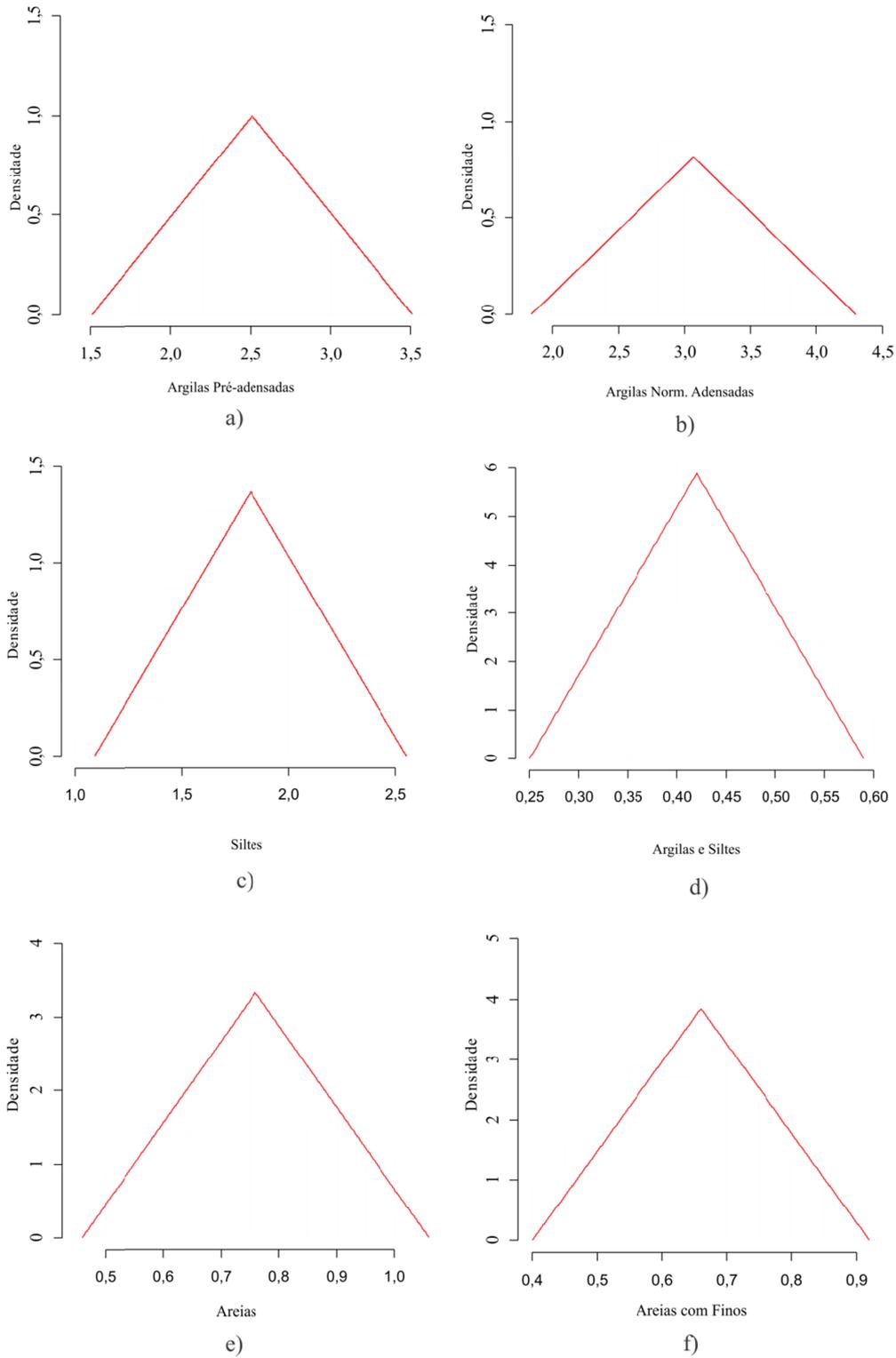


Figura 6.17 Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para e_0 de: a) argilas pré-adensadas, b) argilas normalmente adensadas, c) siltes, d) argilas e siltes, e) areias, f) areias com finos

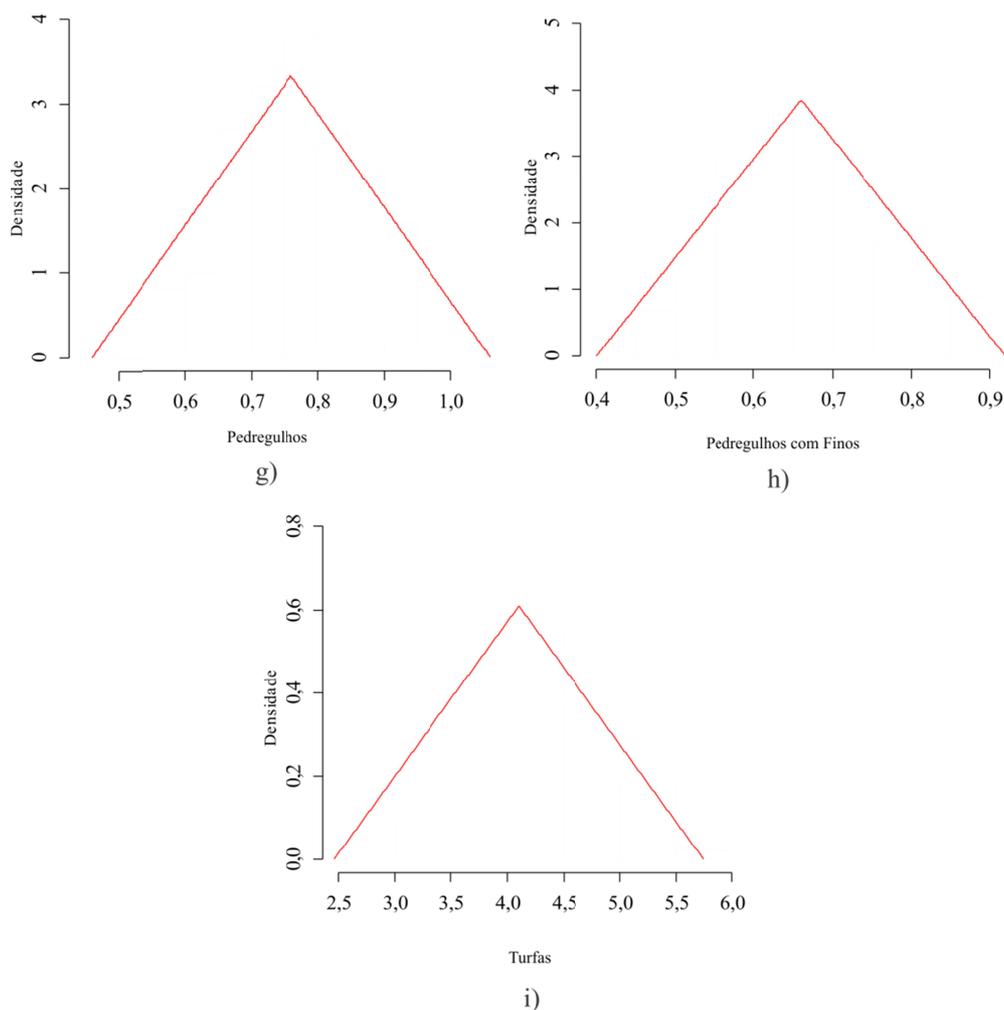


Figura 6.17 (cont.) Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para e_0 de: g) pedregulhos, h) pedregulhos com finos, e i) turfas

6.4 VARIÁVEIS E, ν

Como se tinha mencionado não se encontraram na pesquisa de informação dados associados às variáveis E e ν . Dada a esta circunstância foram atribuídas funções de distribuição triangulares simétricas para cada uma das populações definidas no Capítulo 5, aglomerando os grossos em granulares e granulares com conteúdo de finos. Foram atribuídos os parâmetros a e b a partir de valores mínimos e máximos indicados por Bowles em 1996 (Figura 6.18 e Figura 6.19)

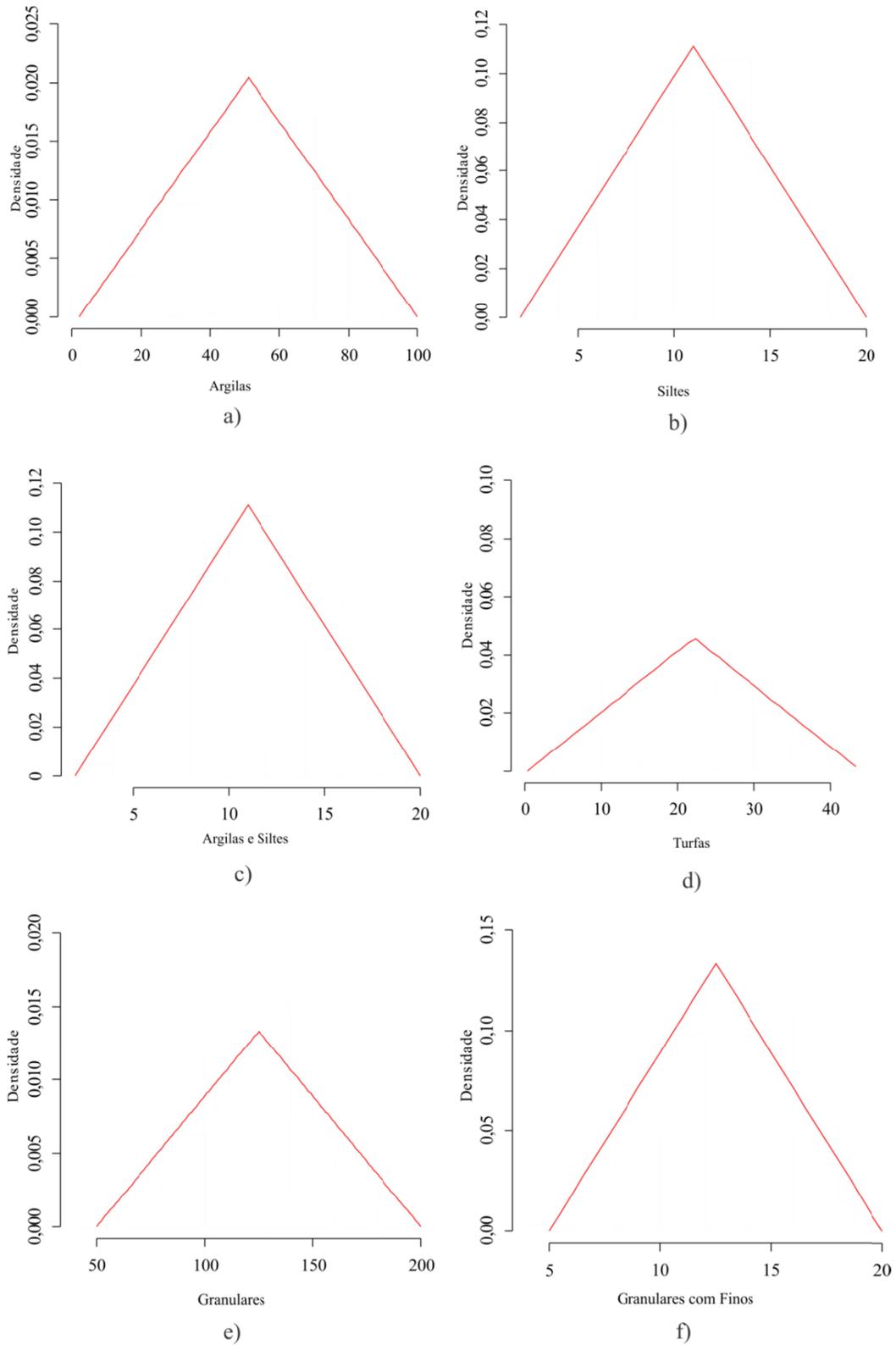


Figura 6.18 Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para E [MPa] de: a) argilas, b) siltes, c) argilas e siltes, d) turfas, e) granulares, e f) granulares com finos.

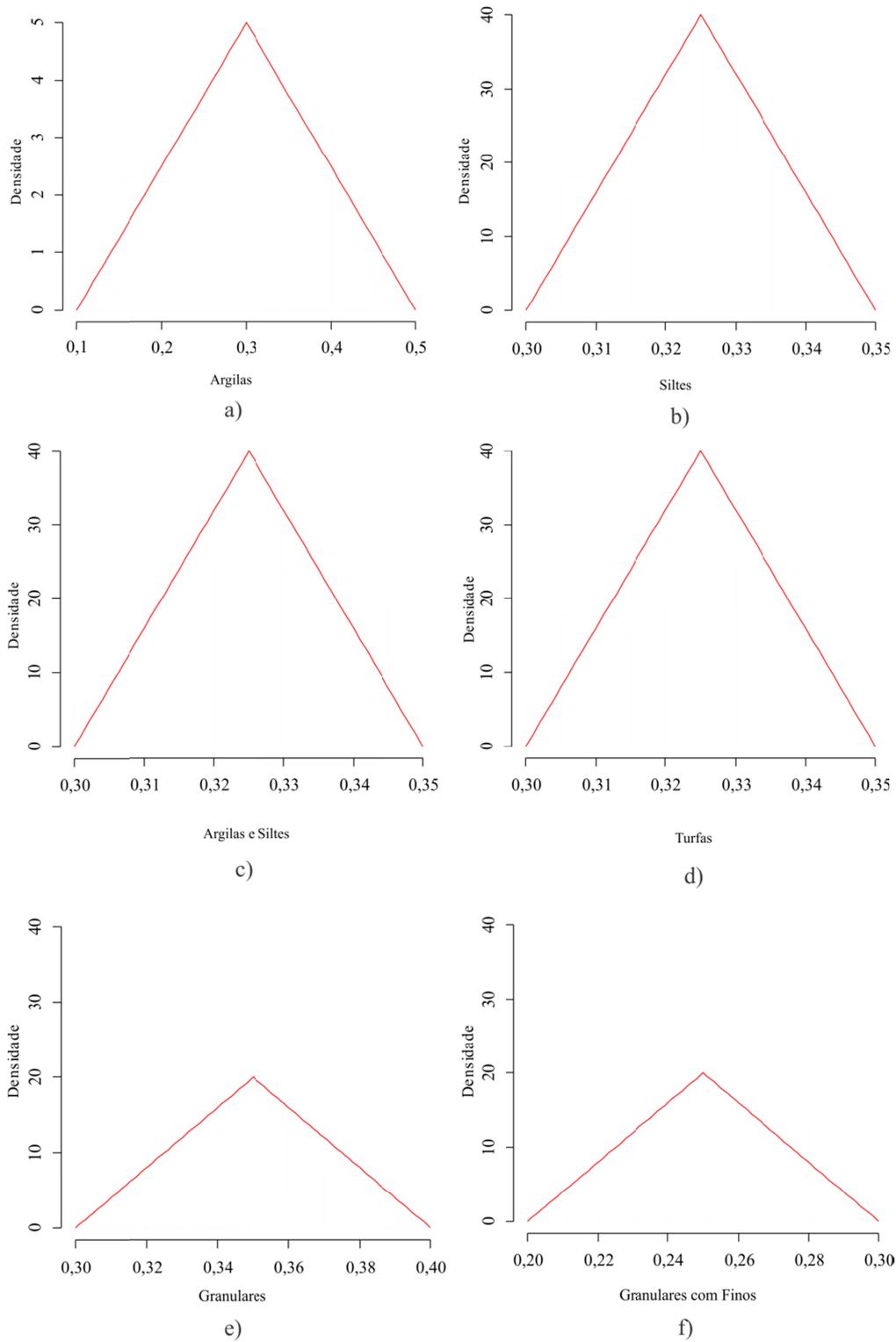


Figura 6.19 Função de densidade de probabilidade teórica ajustada para v de: a) argilas, b) siltes, c) argilas e siltes, d) turfas, e) granulares, e f) granulares com finos.

6.5 VARIÁVEL P_{c0}

Para a cidade de Bogotá, Prieto (1992) reportou dados de pressão de pré-adensamento. Tais dados correspondem a dados tomados para argilas associadas aos depósitos sedimentares discutidos no Capítulo 4 e estão apresentados na Figura 6.20.

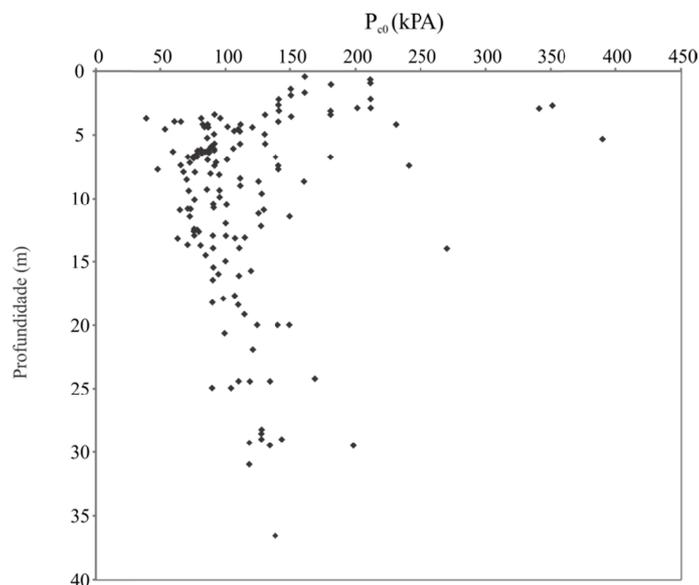


Figura 6.20 Dados de P_{c0} para os depósitos sedimentares da cidade de Bogotá

Foi feito um procedimento estatístico similar ao apresentado no Item 6.3.1. Obteve-se em consequência para toda a área de estudo e todos os materiais o ajuste apresentado na Figura 6.21. Os parâmetros do ajuste estão apresentados na Tabela 6.3.

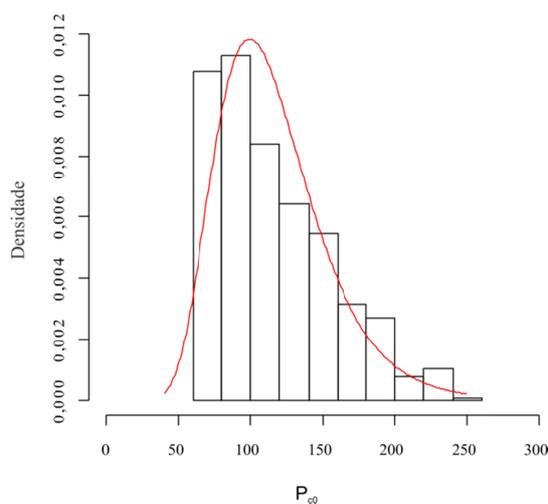


Figura 6.21 Histograma de frequência e função de densidade de probabilidade teórica ajustada para P_{c0} [kPa].

Tabela 6.3 Parâmetros de ajuste de P_{C0}

$\log\mu (\lambda)$:	4,70271
$\log\sigma (\lambda)$:	0,32211
$E (\lambda)$:	116,115
$\sigma (\lambda)$:	38,3927
CV (%):	6,84937

6.6 RESUMO DOS RESULTADOS

O resumo dos resultados obtidos do valor esperado, $E(X_i)$, e desvio padrão, $\sigma(X_i)$, é apresentado na Tabela 6.4.

Tabela 6.4 Resumo dos resultados obtidos do valor esperado, $E(X_i)$, e desvio padrão, $\sigma(X_i)$, de cada população.

Material	γ_t [kN/m ³]		E [MPa]		ν		λ		κ		M		e_0		P_{co} [kPa]	
	E(X _i)	$\sigma(X_i)$	E(X _i)	$\sigma(X_i)$	E(X _i)	$\sigma(X_i)$	E(X _i)	$\sigma(X_i)$	E(X _i)	$\sigma(X_i)$	E(X _i)	$\sigma(X_i)$	E(X _i)	$\sigma(X_i)$	E(X _i)	$\sigma(X_i)$
Argilas Pré-adensadas Oeste	15.3	0.2	51.0	16.3	0.30	0.07	0.138	0.128	0.018	0.007	0.78	0.02	2.51	0.33	116.12	38.39
Argilas Pré-adensadas Leste	15.3	0.2	51.0	16.3	0.30	0.07	0.138	0.128	0.018	0.007	1.33	0.11	2.51	0.33	116.12	38.39
Argilas Normalmente Adensadas Oeste	13.5	0.6	51.0	16.3	0.30	0.07	0.138	0.128	0.018	0.007	0.78	0.02	3.07	0.41	116.12	38.39
Argilas normalmente adensadas Leste	13.5	0.6	51.0	16.3	0.30	0.07	0.138	0.128	0.018	0.007	1.33	0.11	3.07	0.41	116.12	38.39
Siltes Pré-adensados Oeste	17.5	0.8	11.0	3.0	0.33	0.01	0.420	0.095	0.080	0.021	0.78	0.02	1.82	0.24	116.12	38.39
Siltes Pré-adensados Leste	17.5	0.8	11.0	3.0	0.33	0.01	0.420	0.095	0.080	0.021	1.33	0.11	1.82	0.24	116.12	38.39
Siltes Normalmente Adensadas Oeste	15.8	0.7	11.0	3.0	0.33	0.01	0.420	0.095	0.080	0.021	0.78	0.02	1.82	0.24	116.12	38.39
Siltes Normalmente Adensadas Leste	15.8	0.7	11.0	3.0	0.33	0.01	0.420	0.095	0.080	0.021	1.33	0.11	1.82	0.24	116.12	38.39
Argilas/Siltes Oeste	15.8	0.7	11.0	3.0	0.33	0.01	0.420	0.095	0.080	0.021	0.78	0.02	0.42	0.06	116.12	38.39
Argilas/Siltes Leste	15.8	0.7	11.0	3.0	0.33	0.01	0.420	0.095	0.080	0.021	1.33	0.11	0.42	0.06	116.12	38.39
Areias Oeste	19.0	0.9	125.0	25.0	0.35	0.02	0.003	0.001	0.002	0.000	0.78	0.02	0.76	0.10	116.12	38.39
Areias Leste	19.0	0.9	125.0	25.0	0.35	0.02	0.003	0.001	0.002	0.000	1.33	0.11	0.76	0.10	116.12	38.39
Predegulhos Oeste	20.0	0.9	125.0	25.0	0.35	0.02	0.003	0.001	0.002	0.000	0.78	0.02	0.90	0.12	116.12	38.39
Predegulhos Leste	20.0	0.9	125.0	25.0	0.35	0.02	0.003	0.001	0.002	0.000	1.33	0.11	0.90	0.12	116.12	38.39
Areias Com Finos Oeste	20.0	0.9	12.5	2.5	0.25	0.02	0.006	0.001	0.003	0.001	0.78	0.02	0.66	0.09	116.12	38.39
Areias Com Finos Leste	20.0	0.9	12.5	2.5	0.25	0.02	0.006	0.001	0.003	0.001	1.33	0.11	0.66	0.09	116.12	38.39
Predegulhos Com Finos Oeste	20.0	1.0	12.5	2.5	0.25	0.02	0.006	0.001	0.003	0.001	0.78	0.02	0.70	0.09	116.12	38.39
Predegulhos Com Finos Leste	20.0	1.0	12.5	2.5	0.25	0.02	0.006	0.001	0.003	0.001	1.33	0.11	0.70	0.09	116.12	38.39
Turfas Oeste	12.0	0.6	22.2	7.3	0.33	0.01	0.783	0.177	0.078	0.020	0.78	0.02	4.10	0.55	116.12	38.39
Turfas Leste	12.0	0.6	22.2	7.3	0.33	0.01	0.783	0.177	0.078	0.020	1.33	0.11	4.10	0.55	116.12	38.39

7 ANÁLISE DO RISCO DO METRÔ DE BOGOTÁ, TOMADA DE DECISÃO E TRANSFERÊNCIA DO RISCO

7.1 ANÁLISE QUALITATIVA DO RISCO DO METRÔ DE BOGOTÁ

Com o objetivo de fazer a análise qualitativa para o caso de aplicação, foi realizada uma dinâmica Delphi. O Método Delphi consiste na seleção de um conjunto de especialistas que são indagados referente a um fato futuro (Landeta *et al.*, 2011), neste caso, referente aos eventos que significam uma ameaça num empreendimento de um túnel, a sua probabilidade de ocorrência e as possíveis consequências, caso ocorra o evento. Estruturou-se uma enquete, com uma série de perguntas conducentes aos desenvolvimentos dos pontos antes mencionados (Apêndice C). Posteriormente submeteu o grupo de especialistas a um primeiro trabalho individual da enquete, para logo, dentro de um espaço de *chuva de ideias*, trabalhar conjuntamente cada ponto do questionário. Por último, o moderador, isoladamente processou e depurou o trabalho feito na segunda etapa.

Usou-se para esta dinâmica, as classificações para a qualificação mostradas nas Tabelas 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4.

A Tabela 7.1 resume os resultados obtidos no procedimento Delphi, onde são apresentadas as ameaças identificadas no processo Delphi e suas respectivas qualificações.

Observa-se, que em relação a algumas ameaças o grupo de especialistas não chegou a um acordo, que nestes casos adotou-se uma posição conservadora, designando o valor de classe mais alto. De igual forma observa-se que devido a os riscos que foram identificados como aceitáveis sob condições ou inaceitáveis, as preocupações do grupo de especialistas se focaram sobre situações onde se tivesse uma previsão equivocada do comportamento do maciço perante a escavação do túnel, assim como a situação onde fosse escolhido o método construtivo equivocadamente. Pode ser entendido que a segunda situação pode ser consequência da primeira.

De igual forma, foram da preocupação do grupo de especialistas as situações onde ocorrem instabilidades ou deslocamentos inesperados e demora na implementação de corretivos quando a ocorrência de esses eventos.

Tabela 7.1. Qualificação dos riscos identificados

Código	Descrição	P(A)	Classe de P(A)	C	Classe de C	Classe de Risco
R01	Modelo Geológico-Geotécnico equivocado.	PP	2	MA	4	8
R02	Modelo Geológico-Geotécnico inacurado.	P	3	C	2	6
R03	Falta de Validação/atualização do Modelo Geológico-Geotécnico durante a escavação.	P	3	A-C	3	9
R04	Entendimento inapropriado do comportamento do sistema maciço-túnel.	PP	2	A	3	6
R05	Falta de incorporação da gestão do risco no empreendimento ou gestão inapropriada e/ou incompleta	MP	4	C	2	8
R06	Avaliação equivocada das tensões naturais, e das tensões e recalques induzidos pela construção do túnel	P	3	A	3	9
R07	Seleção equivocada do método construtivo	PP	2	MA	4	8
R08	Inadequado sistema de monitoramento e controle, e/ou inadequada frequência das leituras	P	3	A	3	9
R09	Sondagem insuficiente na face da escavação	MP	4	A-C	3	12
R10	Variação do comportamento durante a construção do sistema maciço-túnel em comparação com o comportamento teórico	P	3	A	3	9
R11	Manejo inapropriado do período da curva de aprendizagem e/ou falta o demora na implementação de correções	P	3	A	3	9
R12	Logística e procedimentos inadequados	PP	2	C	2	4
R13	Importantes falhas mecânicas da equipe de escavação	PP	2	C	2	4
R14	Ocorrência de instabilidades da escavação	P	3	MA	4	12

As situações consideradas nos parágrafos anteriores foram relevantes na definição dos contextos de análise trabalhados em esta tese. Adicionalmente aos riscos identificados no processo Delphi foram incluídos outros que serão discutidos no Item 7.2.1.

7.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DO RISCO DO METRÔ DE BOGOTÁ

Análise quantitativa do risco requer o estudo do fenômeno ameaçante mediante metodologias que, por meio do entendimento do comportamento do maciço perante a escavação do túnel urbano, permitam uma abordagem estocástica para, ao final, avaliar a probabilidade de ocorrência dos fenômenos ameaçantes identificados.

Para isto foi usado o *método dos elementos finitos* (FEM por suas siglas em inglês) para o estudo das tensões e deslocamentos induzidos e o método probabilístico de *primeira ordem segundo momento* (FOSM por suas siglas em inglês) para a determinação do primeiro e segundo momento estatístico dos parâmetros de projeto. Detalhes dos procedimentos usados para o usos destas metodologias serão discutidas a frente, porém é importante mencionar neste momento que para efeitos do cálculo do risco total foi considerada a hipótese robusta de que todos os riscos ocorreram ao mesmo tempo indiferentemente da execução programática comum na construção de uma obra de metrô qualquer, quer dizer, independentemente do cronograma. Isto para efeitos de facilidade do cálculo dentro do contexto acadêmico onde só se pretende mostrar a aplicabilidade da metodologia apresentada.

7.2.1 PANORAMAS DE RISCO, AMEAÇAS E VARIÁVEIS DE PROJETO

Para a definição dos panoramas de risco, concentrou-se em dois dos cinco tipos de consequências mencionadas no Capítulo 3: consequências físicas e sociais. Sendo que para o segundo tipo só foi considerado as perdas de vidas humanas. Uma quantificação dos custos de danos associados às demais tipologias de consequências mencionadas no Capítulo 3, constitui um grande desafio e um campo claramente inexplorado até o momento pela comunidade científica. Esta interessante tarefa foge do escopo de esta tese e é o motivo pelo qual não será tratado. Não entanto, constitui um claro caminho subsequente ao acompanhado por esta tese que definirá pesquisas futuras que visem efetuar um cálculo mais acurado das consequências.

Como definido por Burland e Wroth (1974 e 1977) a distorção angular (β) está associada com os danos ocorridos em edificações e demais infraestrutura, de tal forma que, distorções superiores a 0,002 e 0,007 estão associadas, respectivamente, a trincas e danos menores nas

edificações vizinhas, e a danos estruturais das mesmas. Mair (2011) ressaltou a associação do volume da bacia de recalque relativo à área do túnel (V_S^r) com a ocorrência de falhas do tipo desabamento devido à propagação de uma falha de teto à superfície, de tal forma que, volumes superiores ao 3% do volume da escavação do túnel podem indicar a ocorrência do mencionado fenômeno. A expressão abaixo descreve V_S^r , onde A_{esc} é a área da seção transversal do túnel:

$$V_S^r = \frac{V_S}{A_{esc}} \quad 7.1$$

O comportamento do maciço e, portanto, das variáveis de projeto mencionadas no parágrafo anterior, dependem do método construtivo com que será feito o túnel. Assim, o método construtivo é claramente um dado de entrada que deverá ser predefinido. Dado o contexto urbano, o tipo de materiais encontrados na região de estudo (Capítulo 5) e a posição do nível freático, entre outros, foi definido em consequência para o marco desta tese, que a escavação do túnel será mecanizada com tuneladora de face pressurizada do tipo *Slurry* segundo critérios explicados por Ibarra *et al.* (2013).

Embora, dados os aspectos ressaltados no Delphi mencionado na análise qualitativa e em consequência do discutido do Item 7.1, será em adição considerado o caso onde ocorre um atraso na colocação do revestimento. Para isso será considerada na fase de modelagem da escavação do túnel um caso onde as distensões permitidas não são as típicas de uma escavação com *Slurry* e sim aquelas associadas a uma escavação tradicional do tipo NATM.

Em resumo foram definidos seis panoramas de risco associado a seis eventos diferentes:

1. Evento onde a distorção (β) excede um valor de 0,002;
2. Evento onde a distorção (β) excede um valor de 0,007;
3. Evento onde o volume da bacia de recalque relativo (V_S^r) excede um valor de 3%;
4. Evento onde a distorção (β) excede um valor de 0,002 dada a falha da tuneladora TBM *Slurry*;
5. Evento onde a distorção (β) excede um valor de 0,007 dada a falha da tuneladora TBM *Slurry*;
6. Evento onde o volume da bacia de recalque relativo (V_S^r) excede um valor de 3% dada a falha da tuneladora TBM *Slurry*;

Considera-se que os eventos listados anteriormente reúnem em termos gerais os elementos considerados no Item 7.1.

Dado que a metodologia se foca na etapa de projeto básico e segundo a filosofia apresentada por Franzius (2003), discutida no Item 2.4 e resumida na Figura 2.17, foram considerados os critérios de Burland e Wroth (1974 e 1977) e de Mair (2011) válidos para o estudo do problema a luz dos mencionados danos e com isso foram definidos os panoramas apresentados anteriormente.

Seguindo a mesma linha de raciocínio e para simplificação dos cálculos, foi considerado que cada seção de análise (Item 7.2.2) é bem representada mediante à distorção angular máxima transversal ao traçado do túnel, que ocorre a uma distância i do eixo do mesmo. Esta simplificação leva a cálculos do risco sobrevaloradas devido a que representa o perfil todo mediante o valor mais crítico de distorção.

É importante ressaltar que na lista anterior que os eventos ameaçantes são basicamente aqueles onde tanto a distorção como o volume da bacia de recalque excede um determinado limiar, que por sua vez está associado a um tipo de dano determinado. Este último será discutido em detalhe a frente.

7.2.2 MODELAGEM NUMÉRICA

Para o estudo do comportamento do maciço perante a imposição de tensões induzidas pela escavação do túnel foi considerado, como mencionado, o método dos elementos finitos (FEM), que foi realizado usando o software CESAR-LCPC do IFSTTAR. Para a mencionada análise foram consideradas a seguintes hipóteses:

- Foi considerado estado plano de deformação,
- Foi considerado que a condição de tensão nos interstícios é hidrostática e invariante, e que o nível freático está localizado para todo o empreendimento a uma cota média de 2550 m;
- Foi considerado que forças gravitacionais são prevaletentes sobre as induzidas pelo túnel devido à proximidade do túnel com a superfície. Portanto, só foram consideradas como relevantes as camadas acima da metade do diâmetro do túnel;

- Foi considerada a validade da representação do tempo de colocação do revestimento mediante o parâmetro de Panet e Guenet (1982) que será representado no contexto desta tese e para efeitos de diferenciação dos parâmetros do modelo Cam-Clay como λ_p ;
- Foi considerado que todo material acima de 7,5 m de profundidade está em condições pré-adensadas baseados no estudo de Prieto (1992) e segundo o indicado no Capítulo 5. Isso para atribuição de e_0 e γ_t .

Para o estudo do comportamento da obra, foi considerada unicamente a escavação do túnel. Particularidades associadas à escavação das estações, a estabilidade da face da escavação e efeitos no longo prazo não foram consideradas, dado o contexto acadêmico explicado anteriormente.

Dado o ambiente de acamamento mostrado no modelo geomecânico apresentado no Capítulo 5, foi possível mediante a modelagem numérica realizada sobre uma seção determinada, representar várias seções associadas a trechos localizados na vizinhança da seção modelada.

A relação entre as seções modeladas e aquelas que foram representadas com a mencionada modelagem é apresentada na Tabela 7.2. Observa-se que foram modeladas um total de onze seções que representaram 42 seções associadas a um trecho de 4,1 km do traçado da região de estudo. Esta redução foi feita devido a que este trecho incorpora vários dos panoramas geomecânicos associados ao traçado e portanto estabelece um contexto suficiente para a exemplificação da metodologia apresentada no Capítulo 3, reduzindo importantemente os tempos associados à modelagem numérica. As numerações das estacas usadas na Tabela 7.2 e em geral no contexto desta tese correspondem à numeração definida nos denominados 30 produtos (AMB, 2010). Em total e por necessidade do método probabilístico foram rodadas 433 modelagens heterogeneamente distribuídas entre as onze seções analisadas e segundo o número de camadas identificadas em cada uma delas a partir da análise feita no Capítulo 5. Detalhes da análise probabilística serão discutidos a frente.

A largura e altura do modelo numérico foram obtidas a partir do critério de Van der Berg de 1999, citado em ICE (2004). Sendo x a distância entre o eixo do túnel e a divisa horizontal do modelo, z a distância entre o centro do túnel e a base do modelo, z_0 a distância entre a superfície e o centro do túnel, e R o raio do túnel, as dimensões do modelo estão dadas por:

$$x = 15.R \qquad 7.2$$

Tabela 7.2 Relação entre as seções modeladas e as seções que representa tal numeração

Estaca modelada	Estacas representadas	Coord. leste ini.	Coord. norte ini.	Coord. leste fin.	Coord. norte fin.
22+100	22+100	102096,21	106898,05	102219,82	106813,08
	22+000	102039,56	106815,63	102163,18	106730,67
	21+900	101982,92	106733,22	102106,54	106648,26
21+700	21+800	101926,28	106650,81	102049,90	106565,85
	21+700	101869,35	106567,98	101993,54	106483,86
	21+600	101810,90	106480,40	101940,99	106405,12
	21+500	101763,88	106385,67	101899,14	106320,79
	21+400	101721,42	106294,02	101857,52	106230,96
21+400	21+300	101679,38	106203,29	101815,49	106140,23
	21+200	101637,82	106113,57	101772,98	106048,48
	21+100	101597,20	106032,34	101724,22	105950,98
	21+000	101536,38	105956,46	101660,06	105870,93
20+800	20+900	101477,10	105856,28	101617,95	105799,76
	20+800	101451,30	105745,51	101598,48	105716,16
	20+700	101434,50	105644,50	101582,46	105619,89
	20+600	101418,09	105545,86	101566,06	105521,24
20+400	20+500	101401,68	105447,21	101549,65	105422,60
	20+400	101385,27	105348,57	101533,24	105323,95
	20+300	101368,87	105249,92	101516,83	105225,31
20+100	20+200	101352,46	105151,28	101500,43	105126,67
	20+100	101336,05	105052,63	101484,02	105028,02
	20+000	101319,65	104953,99	101467,61	104929,38
	19+900	101303,24	104855,34	101451,21	104830,73
	19+800	101286,83	104756,70	101434,80	104732,09
19+600	19+700	101270,43	104658,05	101418,39	104633,44
	19+600	101254,02	104559,41	101401,99	104534,80
	19+500	101237,61	104460,76	101385,58	104436,15
	19+400	101221,20	104362,12	101369,17	104337,51
	19+300	101204,80	104263,47	101352,77	104238,86
19+200	19+200	101188,39	104164,83	101336,36	104140,22
	19+100	101171,98	104066,18	101319,95	104041,57
	19+000	101155,58	103967,54	101303,54	103942,93
	18+900	101139,17	103868,89	101287,14	103844,28
18+800	18+800	101122,76	103770,25	101270,73	103745,64
	18+700	101106,36	103671,60	101254,32	103646,99
	18+600	101089,95	103572,96	101237,92	103548,35
18+400	18+500	101073,54	103474,31	101221,51	103449,70
	18+400	101057,14	103375,67	101205,10	103351,06
	18+300	101040,73	103277,02	101188,70	103252,41
	18+200	101024,32	103178,38	101172,29	103153,77
18+100	18+100	101007,91	103079,73	101155,88	103055,12
	18+000	100991,51	102981,09	101139,48	102956,48

A geometria do acamamento foi obtida a partir do modelo geomecânico apresentado no Capítulo 5 (Figuras 5.6 e 5.7). Como exemplo, apresenta-se na Figura 7.1 a geometria do modelo associado à seção 21+700, onde se observa adicionalmente a geometria da malha.

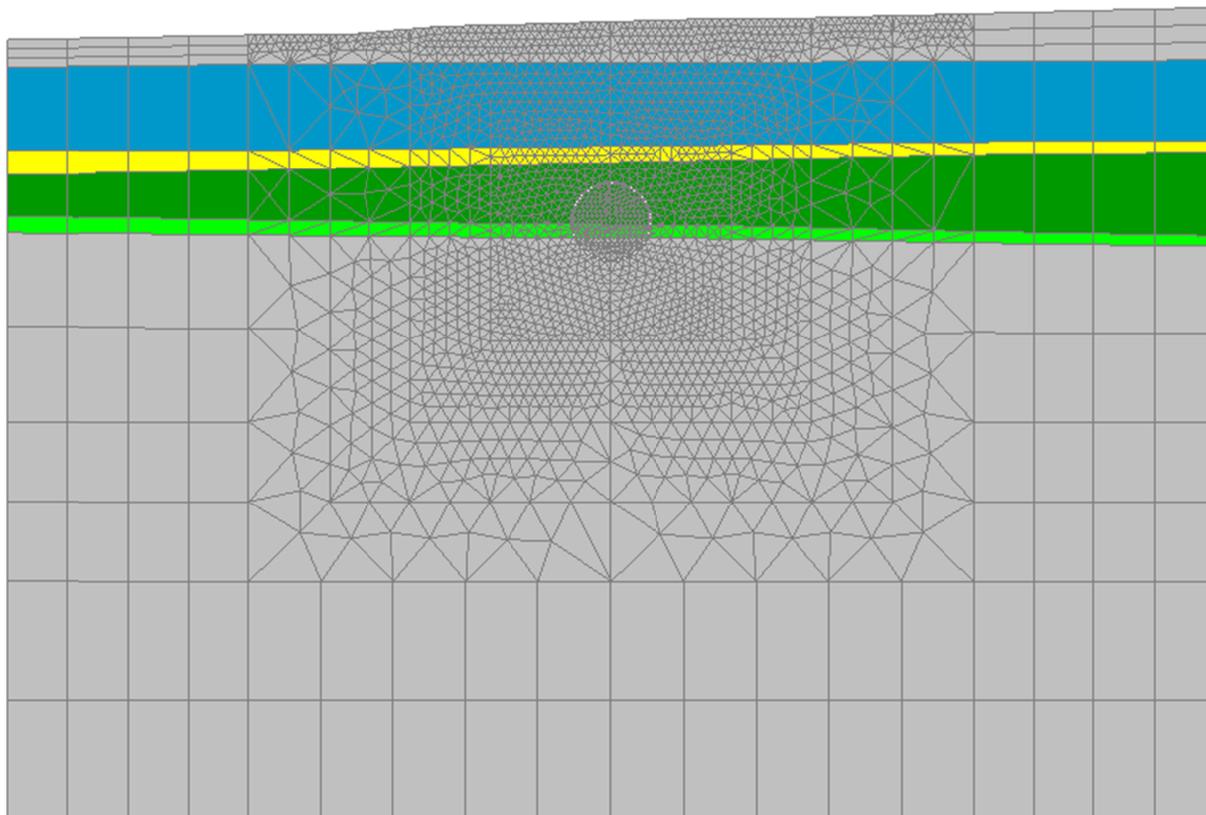


Figura 7.1 Exemplo de geometria de seção: acamamento e malha correspondente à seção 21+700

As seções usadas para as modelagens das seções restantes, assim como o acamamento e malha, são apresentados no Apêndice D. Para a malha foram usados elementos do tipo T6 quando triangular e Q8 quando retangular.

Devido à natureza do problema os tempos de modelagem, embora importantes, não foram um assunto chave na execução da atividade de modelagem numérica. Isso adicionalmente ao fato de que as inúmeras modelagens foram distribuídas entre problemas geometricamente diferentes, não foi construída uma curva de estabilização para cada problema. Em consequência foi definido uma malha, a mais densa possível, ainda dentro do marco da lógica. Essa densidade foi diminuída progressivamente, sendo mais densa nas imediações do túnel e menos densa da divisa do problema.

Para a modelagem numérica foi usado como método de solução o *método da rigidez tangente* para os primeiros três incrementos de carga. Foram definidas quatro fases de modelagem sendo que na primeira foram aplicadas as tensões iniciais do maciço; na segunda foram zeradas os deslocamentos induzidos por tal aplicação de tensões; na terceira foi realizada a escavação e aplicadas as forças de escavação permitindo uma distensão parcial do maciço mediante o parâmetro de Panet e Guenot (1982), λ_p ; e por último na quarta foi colocado o revestimento e permitido a distensão total do maciço até atingir um novo estado de equilíbrio já do sistema túnel-suporte-maciço (Capítulo 2).

O parâmetro λ_p é um dado de entrada do CESAR-LCPC e representa quanto deslocamento é permitido antes da colocação do revestimento, quer dizer, está relacionado com o tempo de colocação do mesmo. Para o caso de escavação convencional do tipo NATM considera também os tempos de endurecimento e ganho de resistência do concreto projetado.

Para NATM, é usado um valor de λ_p de 0,67. Esse valor pode ser considerado como um valor médio obtido a partir de observações de campo e modelagem numérica feita sobre situações típicas. Na prática, é um valor aceito. Embora, não se tenham trabalhos similares para definir valores de λ_p para situações de escavação com tuneladora (TBM, por suas siglas em inglês) na prática é usado um valor de 0,1. Portanto, para o marco desta tese foi adotado o valor de 0,1 para o caso de escavação com TBM *slurry*, e de 0,67 para considerar o caso onde teve demora na colocação do revestimento (Item 7.2.1).

O processo de iteração foi realizado mediante a aplicação de 20 incrementos de carga, um número médio de iterações por incremento de carga de 80 para a aplicação das tensões iniciais e de 15 para as demais etapas, e tolerâncias de 1%. Referente à tolerância na primeira fase, aplicação das tensões iniciais no maciço, esta foi definida em 36%.

A Figura 7.2 apresenta a título de exemplo, a bacia de recalque obtida da modelagem numérica sobre a seção 21+700 e as variações da mesma devido à variação dos parâmetros requerida para a análise probabilística. Detalhes de como foi feita essa variação serão apresentados a frente. O conjunto de todos os resultados produto da análise numérica sobre as seções mencionadas é apresentado no Apêndice D.

No processo de modelação numérica se apresentaram pequenos deslocamentos verticais nas bordas dos modelos. Estes deslocamentos podem ser devidos a problemas de borda dos

modelos, pequenos erros apresentados nas fases de zerado dos modelos, associados possivelmente à aplicação do modelo constitutivo, e/ou simplesmente a uma extensão natural da bacia, dada a natureza dos materiais estudados. Sendo que, este último caso é o mais improvável.

Dado que esta tese não é focada especificamente na análise numérica e sim em mostrar a aplicabilidade da metodologia de gestão do risco criada. Os dados obtidos foram considerados válidos. Por tanto os resultados obtidos, devem ser considerados dentro do contexto do exemplo de cálculo acadêmico e por tanto devem ser entendidos como uma guia e não como resultados reais que podem ser usados no projeto.

O cálculo dos parâmetros de projeto V_S^r e β , foram feitos diferencialmente. V_S^r foi calculado somando as áreas dos trapézios contidas do vetor de deslocamentos na superfície, extraídos dos resultados da modelagem numérica e dividindo o valor resultante da soma por a área no túnel.

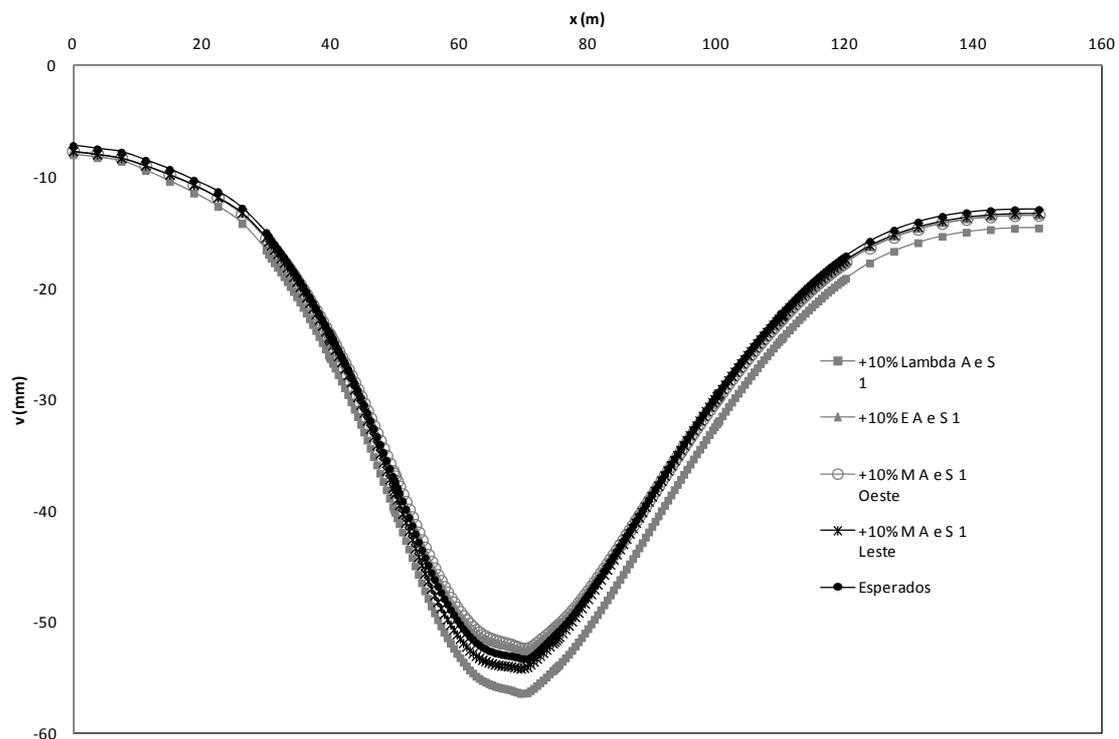


Figura 7.2 Exemplo bacia de recalque e variações da mesma própria da análise probabilística, correspondete à análise feita sobre uma das camadas da seção 21+700

Para o parâmetro β foi calculada a primeira e segunda derivada do vetor de deslocamentos, sendo que, com a segunda derivada foi identificada a localização do ponto de inflexão da

bacia e portanto da distância ix (Figura 2.12), quando a mudança de sinal de positivo para negativo ou vice-versa. Neste ponto e com a primeira derivada foi obtida a distorção angular β máxima, quer dizer, a distorção angular β no ponto de inflexão da bacia.

7.2.3 ANÁLISE PROBABILÍSTICA E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DAS AMEAÇAS

Para a análise probabilística foi usado, como mencionado, o método FOSM. Não é escopo desta tese explicar detalhadamente os métodos probabilísticos mencionados, mas recomenda-se para um estudo detalhado do tema o livro publicado por Baecher & Christian (2003).

No entanto, cabe mencionar que em termos gerais o FOSM é baseado no truncamento da função de expansão da Série de Taylor, sendo que as saídas e entradas de dados são expressas por valores esperados e desvios-padrão.

As entradas do método probabilístico são o conjunto de valores esperados e variâncias das variáveis independentes e a saída o valor esperado e variância da variável resposta. O valor esperado da variável resposta será aquele obtido a partir de rodar o programa de elementos finitos usando como valores de entrada os valores médios das variáveis independentes e a variância será dada por:

$$V[Y_{ji}] = \left[\frac{\delta Y_{ji}}{\delta X_i} \right]^2 V[X_i] \quad 7.4$$

Onde:

δX_i é a variação da variável independente X_i , δY_{ji} é a variação da variável resposta Y_j dada a variação de X_i , e $V[X_i]$ é a variância da variável X_i .

Nesta tese foram considerados quatro tipos de análises FOSM, dois para as variáveis resposta V_s^r e β quando λ_p é 0,1 e dois para as mesmas variáveis quando λ_p é 0,67. Porém, com o intuito de reduzir ao máximo os parâmetros que serão variados no processo da análise FOSM, inicialmente foram identificadas as variáveis relevantes no aporte na variância da variável resposta.

Para isto foi feito inicialmente uma análise numérica sobre um modelo teórico de única camada y um túnel escavado de 10 m de diâmetro a uma profundidade equivalente de dois diâmetros. A geometria do problema para esta modelagem numérica é apresentada na Figura 7.3.

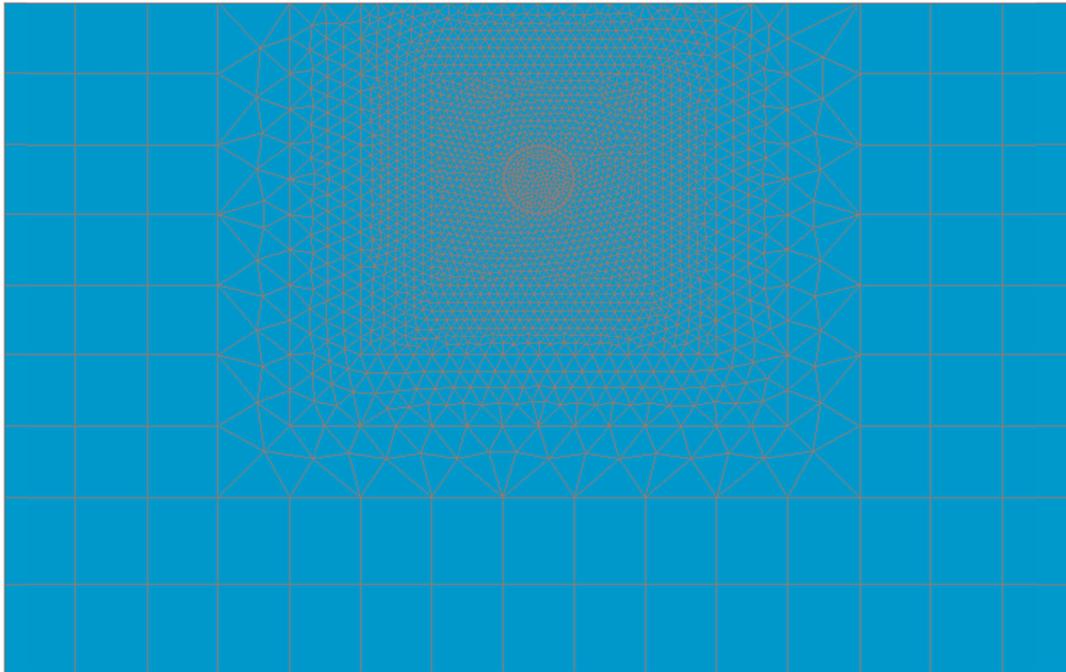


Figura 7.3 Geometria do modelo numérico para análise da influencia das variáveis

Para análise FOSM foi considerado que a escavação foi feita sobre as argilas pré-adensadas leste (Tabela 6.4). As variáveis aleatórias de entrada do CESAR-LCPC quando utilizado o modelo Cam-Clay modificado, foram consideradas como as variáveis independentes do método probabilístico e os parâmetros de projeto discutidos no Item 7.2.1 foram consideradas como variáveis resposta ou dependentes.

Para o cálculo do valor esperado das variáveis resposta foi feito uma rodagem do modelo numérico usando os valores esperados das variáveis independentes. Para o cálculo da variância de cada variável resposta foram realizados incrementos de 10% sobre cada uma das variáveis resposta.

As bacias resultantes de rodar o modelo para os valores esperados e cada um dos incrementos das variáveis independentes são apresentadas na Figura 7.4. A Tabela 7.3 apresenta o detalhes

do cálculo FOSM para a distorção angular β com seu valor esperado $E(\beta)$, variância $\sigma^2(\beta)$ e desvio padrão $\sigma(\beta)$.

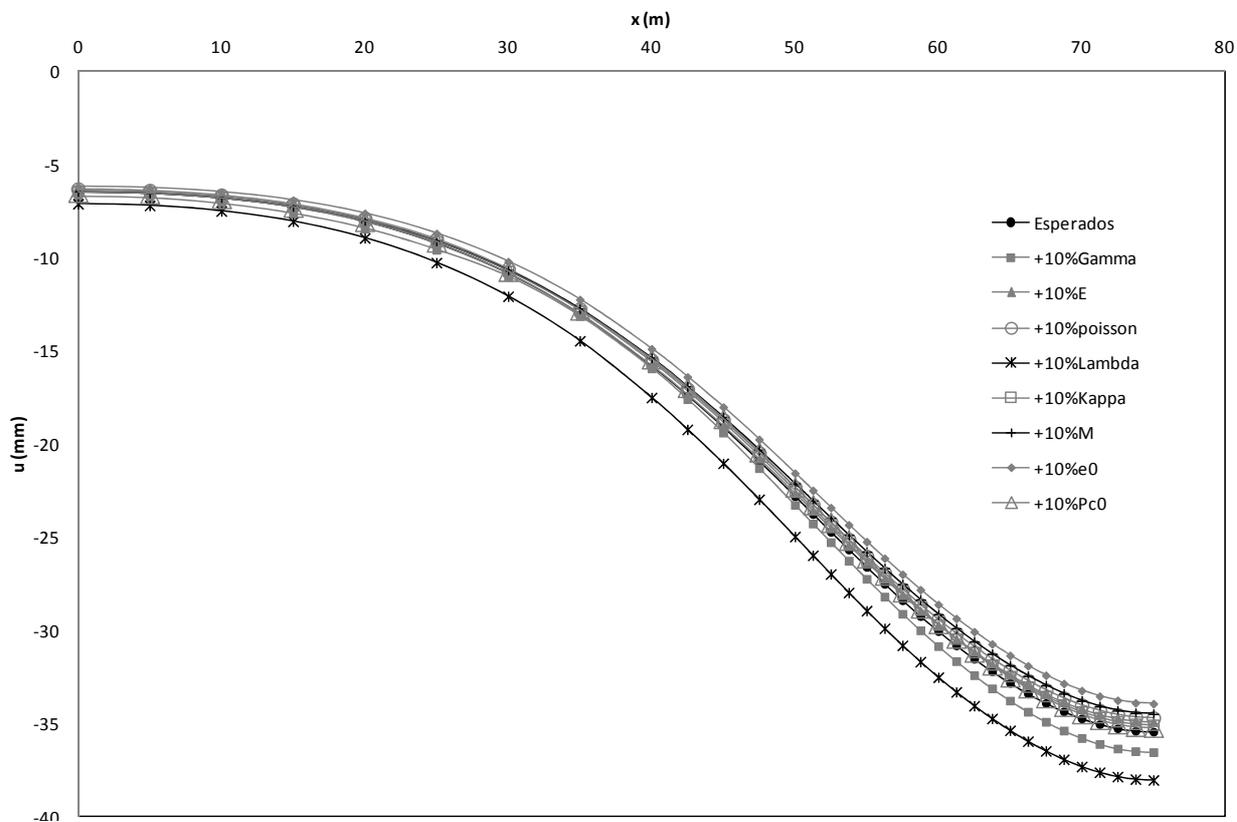


Figura 7.4 Bacias de recalque para valores esperados das variáveis aleatórias envolvidas e para as variações do 10% de cada uma delas

Na Tabela 7.3 estão ressaltados em vermelho as variáveis que mais aportam à variância da variável resposta expressada em termos percentuais relativos à variância total.

Tabela 7.3 Análise FOSM para β para a análise da influencia dos variáveis aleatórias na variância $\sigma^2(\beta)$

Variável (Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+ δXi	β	$\delta\beta_{ii}$	$\delta\beta_{ii}/\delta Xi$	V[Xi]	$(\delta\beta_{ii}/\delta Xi)^2 \times V[Xi]$	
								Absoluto	%
γ_t	15,3	1,53	16,83	0,0008	0,000036	0,000024	0,05	3,01414E-11	0,02
E	51	5,1	56,1	0,0007488	-0,000015	-0,000003	266,78	2,36971E-09	1,48
v	0,3	0,03	0,33	0,0007488	-0,000015	-0,000507	0,00	1,14105E-09	0,71
λ	0,138	0,0138	0,1518	0,0008064	0,000042	0,003072	0,02	1,54971E-07	96,55
κ	0,018	0,0018	0,0198	0,0007584	-0,000006	-0,003111	0,00	4,74272E-10	0,30
M	1,33	0,133	1,463	0,0007376	-0,000026	-0,000198	0,012	4,76749E-10	0,30
e_0	2,51	0,251	2,761	0,00074	-0,000024	-0,000096	0,11	1,024E-09	0,64
Pco	116,12	11,612	127,732	0,0007656	0,000002	0,000000	1474,00	2,79849E-11	0,02
							$\sigma^2(\beta)$ Total	0,00000016	100%
							$\sigma(\beta)$ Total	0,00040	
							E(β)=	0,00076	

A Figura 7.4 apresenta num gráfico de barras a representação do aporte à mencionada variância de cada uma das variáveis aleatórias consideradas.

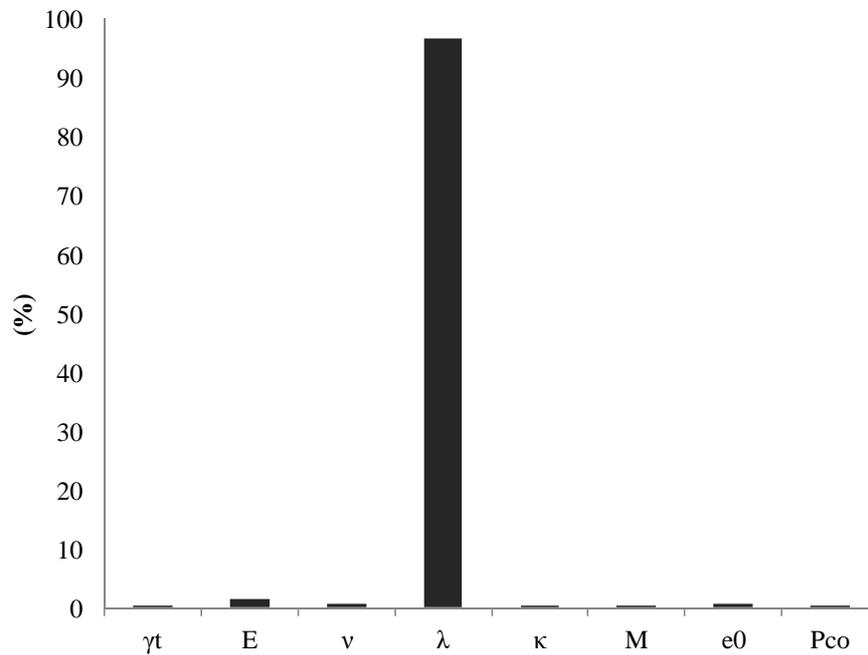


Figura 7.5 Diagrama de barras do aporte na variância $\sigma^2(\beta)$ de cada uma das variáveis aleatórias consideradas

De maneira complementar foi feita a mesma análise já para um caso real associado a caso do Metrô de Bogotá de forma a considerar o acamamento e validar as observações feitas na análise sobre o caso teórico tratado anteriormente, para isso foi usada a seção 22+100. Devido a que o parâmetro M do Cam-Clay é um para os materiais localizados a leste do eixo do túnel e outro para os materiais localizados a oeste do mesmo, se tem uma bacia assimétrica e portanto um valor da distorção β máxima (aquele localizado a uma distância i do eixo) associada a leste da bacia e outro associado a oeste da mesma.

Assim, foi calculado um FOSM para a distorção β localizada na distância i a leste e outro para oeste, obtendo um valor esperado e uma variância para cada um dos lados, apresentados na Tabela 7.4, onde são ressaltadas em vermelho as variáveis que mais aportam à variância da variável resposta expressada em termos percentuais relativos à variância total.

Tabela 7.4 Análise FOSM para β para a análise da influencia dos variáveis aleatórias na variância $\sigma^2(\beta)$

	Variável (Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+ δXi	β Oeste	β Leste	$\delta\beta_{ii}$ Oeste	$\delta\beta_{ii}$ Leste	$\delta\beta_{ii}/\delta Xi$ Oeste	$\delta\beta_{ii}/\delta Xi$ Leste	V[Xi]	$(\delta\beta_{ii}/\delta Xi)^2 \times V[Xi]$ Oeste		$(\delta\beta_{ii}/\delta Xi)^2 \times V[Xi]$ Leste	
												Absoluto	%	Absoluto	%
Argilas Pré-adensadas	λ	0,138	0,0138	0,1518	0,001284686	-0,000959759	-0,000012	-0,000002	-0,0000840	-0,000146	0,0164	1,15673E-08	13,32	3,48296E-10	1,72
	E	51	5,1	56,1	0,001285086	-0,000955734	-0,000011	0,000002	-0,000002	0,000000	266,7767	1,28557E-09	1,48	4,15236E-11	0,21
	e0	2,51	0,251	2,761	0,001310676	-0,000959759	0,000014	-0,000002	0,000057	-0,000008	0,1089	3,58144E-10	0,41	6,9979E-12	0,03
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,001264988	-0,000955734	-0,000031	0,000002	-0,000401	0,000026	0,0006	1,006E-10	0,12	4,1589E-13	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,001296281	-0,000957746	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	0	0,00
Siltos Pré-adensados	λ	0,420	0,04197	0,46167	0,00129908	-0,000961771	0,000003	-0,000004	0,000067	-0,000096	0,0090	4,01364E-11	0,05	8,29691E-11	0,41
	E	11	1,1	12,1	0,001286285	-0,000935614	-0,000010	0,000022	-0,000009	0,000020	9,0000	7,43207E-10	0,86	3,64359E-09	17,99
	e0	1,82	0,182	2,002	0,001295082	-0,000957746	-0,000001	0,000000	-0,000007	0,000000	0,0576	2,50204E-12	0,00	0	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,001267493	-0,000957746	-0,000029	0,000000	-0,000369	0,000000	0,0006	8,5139E-11	0,10	2,10407E-35	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,001297881	-0,000955734	0,000002	0,000002	0,000012	0,000015	0,0112	1,6248E-12	0,00	2,57155E-12	0,01
Siltos Norm. adensados	λ	0,420	0,04197	0,46167	0,001371451	-0,000985915	0,000075	-0,000028	0,001791	-0,000671	0,0090	2,89506E-08	33,33	4,06549E-09	20,08
	E	11	1,1	12,1	0,0012491	-0,000919517	-0,000047	0,000038	-0,000043	0,000035	9,0000	1,65575E-08	19,06	1,08706E-08	53,69
	e0	1,82	0,182	2,002	0,001258297	-0,000943662	-0,000038	0,000014	-0,000209	0,000077	0,0576	2,50899E-09	2,89	3,44955E-10	1,70
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,001177058	-0,000907258	-0,000119	0,000050	-0,001529	0,000647	0,0006	1,4602E-09	1,68	2,61863E-10	1,29
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,001487405	-0,000987928	0,000191	-0,000030	0,001437	-0,000227	0,0112	2,32026E-08	26,71	5,786E-10	2,86
											$\sigma^2(\beta)$ TOTAL	0,0000009	100	0,00000002	100
											$\sigma(\beta)$ TOTAL	0,00029		0,00014	
											E(β)	0,00130		-0,00096	

Observa-se nas Tabela 7.3 e Tabela 7.4 que as variáveis mais influentes na variância da variável β são E, λ e M. Estas variáveis são em realidade parâmetros do modelo constitutivo IMOD18 discutido no Item 5.9 e que é uma variação do modelo Cam-Clay modificado. Este resultado era esperado devido a que E está associado com a deformação do material na faixa descarregamento, λ na faixa elasto-plástica e M é está associado com a resistência do material.

Em consequência, é claro que estas variáveis são as mais influentes da determinação da variância, porém a influência relativa de cada uma delas pode variar segundo o campo de tensões induzido no maciço, que dizer, quando baixos pode ser mais influente E, e quando altos pode ser mais influente λ . Quando as variações permitem que se passe de uma situação de deformações plásticas a elasto-plásticas, M pode ter uma influência importante.

Como produto desta análise foi decidido variar só os parâmetros E, λ e M na análise FOSM realizada para as demais seções apresentadas na Tabela 7.2, sendo que em uma das rodadas foi variado M dos materiais situados a leste do eixo do túnel e outra das rodadas o M dos matérias do oeste. Em consequência quatro variáveis foram incrementadas para cada uma das camadas de cada seção modelada: E, λ , M_{Leste} e M_{Oeste} . Os resultados de cada uma das análises associadas as seções da Tabela 7.2 são apresentados graficamente no Apêndice D e as tabelas associadas com as análises FOSM no Apêndice E.

Para o cálculo das probabilidades de excedência dos limiares discutidos no Item 7.2.1 foi atribuída uma *distribuição de densidade de probabilidade* normal que foi construída com os parâmetros estatísticos obtidos da análise FOSM.

A Tabela 7.5 apresenta os valores esperados, desvios padrões e probabilidades de excedência obtidos para os Panoramas 1,2 e 3, e a Tabela 7.6 apresenta o próprio para os Panoramas 4, 5 e 6. Para estes últimos, a probabilidade de que as distorções e os volumes da bacia ocorram dada a demora na colocação do revestimento devido à falha da tuneladora, é representada pelas probabilidades condicionais $P[\beta_i > 0,002|Y]$, $P[\beta_i > 0,007|Y]$ e $P[V_s^f > 0,03|Y]$, onde o evento Y é aquele onde a TBM falha e cuja probabilidade de ocorrência será assumida como de 0,001, dado que não existe informação disponível ao respeito.

Tabela 7.5 Valores esperados, desvios padrão, coeficientes de variação e probabilidades obtidas para os Panoramas 1,2 e 3

Estaca	β - Oeste					β - Leste					V_S^r			
	E (β)	σ (β)	CV(β)	$P(\beta_i > 0,002)$	$P(\beta_i > 0,007)$	E (β)	σ (β)	CV(β)	$P(\beta_i > 0,002)$	$P(\beta_i > 0,007)$	E (V_S^r)	σ (V_S^r)	CV(V_S^r)	$P(V_S^r_i > 0,03)$
22+100	0,00130	0,00029	22,74	0,00789	0,00000	-0,00096	0,00014	14,86	0,00000	0,00000	0,000002	0,00000248	15,08	0,95784
22+000	0,00130	0,00029	22,74	0,00789	0,00000	-0,00096	0,00014	14,86	0,00000	0,00000	0,000002	0,00000248	15,08	0,95784
21+900	0,00130	0,00029	22,74	0,00789	0,00000	-0,00096	0,00014	14,86	0,00000	0,00000	0,000002	0,00000248	15,08	0,95784
21+800	0,00147	0,00025	17,18	0,01700	0,00000	-0,00094	0,00019	19,94	0,00000	0,00000	0,000001	0,00000110	16,91	0,81729
21+700	0,00147	0,00025	17,18	0,01700	0,00000	-0,00094	0,00019	19,94	0,00000	0,00000	0,000001	0,00000110	16,91	0,81729
21+600	0,00147	0,00025	17,18	0,01700	0,00000	-0,00094	0,00019	19,94	0,00000	0,00000	0,000001	0,00000110	16,91	0,81729
21+500	0,00147	0,00025	17,18	0,01700	0,00000	-0,00094	0,00019	19,94	0,00000	0,00000	0,000001	0,00000110	16,91	0,81729
21+400	0,00050	0,00009	18,10	0,00000	0,00000	-0,00044	0,00006	13,62	0,00000	0,00000	0,000000341	0,00000017	4,97	0,73912
21+300	0,00050	0,00009	18,10	0,00000	0,00000	-0,00044	0,00006	13,62	0,00000	0,00000	0,000000341	0,00000017	4,97	0,73912
21+200	0,00050	0,00009	18,10	0,00000	0,00000	-0,00044	0,00006	13,62	0,00000	0,00000	0,000000341	0,00000017	4,97	0,73912
21+100	0,00050	0,00009	18,10	0,00000	0,00000	-0,00044	0,00006	13,62	0,00000	0,00000	0,000000341	0,00000017	4,97	0,73912
21+000	0,00062	0,00008	13,57	0,00000	0,00000	-0,00050	0,00007	13,47	0,00000	0,00000	0,000000401	0,000000033	8,33	0,00259
20+900	0,00062	0,00008	13,57	0,00000	0,00000	-0,00050	0,00007	13,47	0,00000	0,00000	0,000000401	0,000000033	8,33	0,00259
20+800	0,00062	0,00008	13,57	0,00000	0,00000	-0,00050	0,00007	13,47	0,00000	0,00000	0,000000401	0,000000033	8,33	0,00259
20+700	0,00062	0,00008	13,57	0,00000	0,00000	-0,00050	0,00007	13,47	0,00000	0,00000	0,000000401	0,000000033	8,33	0,00259
20+600	0,00062	0,00008	13,57	0,00000	0,00000	-0,00050	0,00007	13,47	0,00000	0,00000	0,000000401	0,000000033	8,33	0,00259
20+500	0,00084	0,00009	11,09	0,00000	0,00000	-0,00063	0,00007	11,53	0,00000	0,00000	0,000000415	0,000000029	7,07	0,57164
20+400	0,00084	0,00009	11,09	0,00000	0,00000	-0,00063	0,00007	11,53	0,00000	0,00000	0,000000415	0,000000029	7,07	0,57164
20+300	0,00084	0,00009	11,09	0,00000	0,00000	-0,00063	0,00007	11,53	0,00000	0,00000	0,000000415	0,000000029	7,07	0,57164
20+200	0,00036	0,00006	15,22	0,00000	0,00000	-0,00037	0,00005	12,65	0,00000	0,00000	0,000000480	0,000000054	11,21	0,00061
20+100	0,00036	0,00006	15,22	0,00000	0,00000	-0,00037	0,00005	12,65	0,00000	0,00000	0,000000480	0,000000054	11,21	0,00061
20+000	0,00036	0,00006	15,22	0,00000	0,00000	-0,00037	0,00005	12,65	0,00000	0,00000	0,000000480	0,000000054	11,21	0,00061
19+900	0,00036	0,00006	15,22	0,00000	0,00000	-0,00037	0,00005	12,65	0,00000	0,00000	0,000000480	0,000000054	11,21	0,00061
19+800	0,00051	0,00004	7,53	0,00000	0,00000	-0,00063	0,00127	202,80	0,14035	0,00000	0,000000299	0,000000013	4,20	0,00000
19+700	0,00051	0,00004	7,53	0,00000	0,00000	-0,00063	0,00127	202,80	0,14035	0,00000	0,000000299	0,000000013	4,20	0,00000
19+600	0,00051	0,00004	7,53	0,00000	0,00000	-0,00063	0,00127	202,80	0,14035	0,00000	0,000000299	0,000000013	4,20	0,00000
19+500	0,00051	0,00004	7,53	0,00000	0,00000	-0,00063	0,00127	202,80	0,14035	0,00000	0,000000299	0,000000013	4,20	0,00000
19+400	0,00051	0,00004	7,53	0,00000	0,00000	-0,00063	0,00127	202,80	0,14035	0,00000	0,000000299	0,000000013	4,20	0,00000
19+300	0,00040	0,00024	59,71	0,00000	0,00000	-0,00041	0,00004	8,71	0,00000	0,00000	0,000000426	0,000000024	5,68	0,00000
19+200	0,00040	0,00024	59,71	0,00000	0,00000	-0,00041	0,00004	8,71	0,00000	0,00000	0,000000426	0,000000024	5,68	0,00000
19+100	0,00040	0,00024	59,71	0,00000	0,00000	-0,00041	0,00004	8,71	0,00000	0,00000	0,000000426	0,000000024	5,68	0,00000
19+000	0,00040	0,00024	59,71	0,00000	0,00000	-0,00041	0,00004	8,71	0,00000	0,00000	0,000000426	0,000000024	5,68	0,00000
18+900	0,00028	0,00004	16,18	0,00000	0,00000	-0,00021	0,00005	24,37	0,00000	0,00000	0,000000222	0,000000312	140,91	0,00000
18+800	0,00028	0,00004	16,18	0,00000	0,00000	-0,00021	0,00005	24,37	0,00000	0,00000	0,000000222	0,000000312	140,91	0,00000
18+700	0,00028	0,00004	16,18	0,00000	0,00000	-0,00021	0,00005	24,37	0,00000	0,00000	0,000000222	0,000000312	140,91	0,00000
18+600	0,00024	0,00003	14,69	0,00000	0,00000	-0,00020	0,00907	4582,63	0,00000	0,00000	0,000000340	0,000000008	2,38	0,00000
18+500	0,00024	0,00003	14,69	0,00000	0,00000	-0,00020	0,00907	4582,63	0,00000	0,00000	0,000000340	0,000000008	2,38	0,00000
18+400	0,00024	0,00003	14,69	0,00000	0,00000	-0,00020	0,00907	4582,63	0,00000	0,00000	0,000000340	0,000000008	2,38	0,00000
18+300	0,00024	0,00003	14,69	0,00000	0,00000	-0,00020	0,00907	4582,63	0,00000	0,00000	0,000000340	0,000000008	2,38	0,00000
18+200	0,00039	0,00004	9,21	0,00000	0,00000	-0,00032	0,00003	8,13	0,00000	0,00000	0,000000284	0,000000534	188,24	0,40067
18+100	0,00039	0,00004	9,21	0,00000	0,00000	-0,00032	0,00003	8,13	0,00000	0,00000	0,000000284	0,000000534	188,24	0,40067
18+000	0,00039	0,00004	9,21	0,00000	0,00000	-0,00032	0,00003	8,13	0,00000	0,00000	0,000000284	0,000000534	188,24	0,40067

Tabela 7.6 Valores esperados, desvios padrão, coeficientes de variação e probabilidades obtidas para os Panoramas 4,5 e 6

Estaca	β - Oeste							β - Leste							V _s ^r				
	E (β)	σ (β)	CV(β)	P(β _s >0,002Y)	P(β _s >0,002Y)	P(β _s >0,007Y)	P(β _s >0,007Y)	E (β)	σ (β)	CV(β)	P(β _s >0,002Y)	P(β _s >0,002Y)	P(β _s >0,007Y)	P(β _s >0,007Y)	E (V _s ^r)	σ (V _s ^r)	CV(V _s ^r)	P(V _s ^r >0,03PV _s ^r >0,03Y)	P(V _s ^r >0,03Y)
22+100	0,03442	0,00783	22,74	0,99998	0,00100	0,99977	0,00100	-0,02294	0,00341	14,86	1,00000	0,00100	1,00000	0,00100	0,42647	0,08667	15,08	1,00000	0,00100
22+000	0,03442	0,00783	22,74	0,99998	0,00100	0,99977	0,00100	-0,02294	0,00341	14,86	1,00000	0,00100	1,00000	0,00100	0,42647	0,08667	15,08	1,00000	0,00100
21+900	0,03442	0,00783	22,74	0,99998	0,00100	0,99977	0,00100	-0,02294	0,00341	14,86	1,00000	0,00100	1,00000	0,00100	0,42647	0,08667	15,08	1,00000	0,00100
21+800	0,04330	0,00744	17,18	1,00000	0,00100	1,00000	0,00100	-0,03096	0,00617	19,94	1,00000	0,00100	0,99995	0,00100	0,53231	0,23401	16,91	0,98408	0,00098
21+700	0,04330	0,00744	17,18	1,00000	0,00100	1,00000	0,00100	-0,03096	0,00617	19,94	1,00000	0,00100	0,99995	0,00100	0,53231	0,23401	16,91	0,98408	0,00098
21+600	0,04330	0,00744	17,18	1,00000	0,00100	1,00000	0,00100	-0,03096	0,00617	19,94	1,00000	0,00100	0,99995	0,00100	0,53231	0,23401	16,91	0,98408	0,00098
21+500	0,04330	0,00744	17,18	1,00000	0,00100	1,00000	0,00100	-0,03096	0,00617	19,94	1,00000	0,00100	0,99995	0,00100	0,53231	0,23401	16,91	0,98408	0,00098
21+400	0,01724	0,00312	18,10	1,00000	0,00100	0,99948	0,00100	-0,01106	0,00151	13,62	1,00000	0,00100	0,99641	0,00100	0,24361	0,05383	4,97	0,99996	0,00100
21+300	0,01724	0,00312	18,10	1,00000	0,00100	0,99948	0,00100	-0,01106	0,00151	13,62	1,00000	0,00100	0,99641	0,00100	0,24361	0,05383	4,97	0,99996	0,00100
21+200	0,01724	0,00312	18,10	1,00000	0,00100	0,99948	0,00100	-0,01106	0,00151	13,62	1,00000	0,00100	0,99641	0,00100	0,24361	0,05383	4,97	0,99996	0,00100
21+100	0,01724	0,00312	18,10	1,00000	0,00100	0,99948	0,00100	-0,01106	0,00151	13,62	1,00000	0,00100	0,99641	0,00100	0,24361	0,05383	4,97	0,99996	0,00100
21+000	0,01508	0,00205	13,57	1,00000	0,00100	0,99996	0,00100	-0,00872	0,00118	13,47	1,00000	0,00100	0,92753	0,00093	0,16032	0,01599	8,33	1,00000	0,00100
20+900	0,01508	0,00205	13,57	2,00000	0,00200	1,99996	0,00200	-0,00872	0,00118	13,47	1,00000	0,00100	0,92753	0,00093	0,16032	0,01599	8,33	1,00000	0,00100
20+800	0,01508	0,00205	13,57	3,00000	0,00300	2,99996	0,00300	-0,00872	0,00118	13,47	1,00000	0,00100	0,92753	0,00093	0,16032	0,01599	8,33	1,00000	0,00100
20+700	0,01508	0,00205	13,57	4,00000	0,00400	3,99996	0,00400	-0,00872	0,00118	13,47	1,00000	0,00100	0,92753	0,00093	0,16032	0,01599	8,33	1,00000	0,00100
20+600	0,01508	0,00205	13,57	5,00000	0,00500	4,99996	0,00500	-0,00872	0,00118	13,47	1,00000	0,00100	0,92753	0,00093	0,16032	0,01599	8,33	1,00000	0,00100
20+500	0,01990	0,00221	11,09	1,00000	0,00100	1,00000	0,00100	-0,01335	0,00154	11,53	1,00000	0,00100	0,99998	0,00100	0,25936	0,01912	7,07	1,00000	0,00100
20+400	0,01990	0,00221	11,09	1,00000	0,00100	1,00000	0,00100	-0,01335	0,00154	11,53	1,00000	0,00100	0,99998	0,00100	0,25936	0,01912	7,07	1,00000	0,00100
20+300	0,01990	0,00221	11,09	1,00000	0,00100	1,00000	0,00100	-0,01335	0,00154	11,53	1,00000	0,00100	0,99998	0,00100	0,25936	0,01912	7,07	1,00000	0,00100
20+200	0,00817	0,00124	15,22	1,00000	0,00100	0,82730	0,00083	-0,00602	0,00076	12,65	1,00000	0,00100	0,09862	0,00010	0,13956	0,01580	11,21	1,00000	0,00100
20+100	0,00817	0,00124	15,22	1,00000	0,00100	0,82730	0,00083	-0,00602	0,00076	12,65	1,00000	0,00100	0,09862	0,00010	0,13956	0,01580	11,21	1,00000	0,00100
20+000	0,00817	0,00124	15,22	1,00000	0,00100	0,82730	0,00083	-0,00602	0,00076	12,65	1,00000	0,00100	0,09862	0,00010	0,13956	0,01580	11,21	1,00000	0,00100
19+900	0,00817	0,00124	15,22	1,00000	0,00100	0,82730	0,00083	-0,00602	0,00076	12,65	1,00000	0,00100	0,09862	0,00010	0,13956	0,01580	11,21	1,00000	0,00100
19+800	0,00830	0,00062	7,53	1,00000	0,00100	0,98199	0,00098	-0,00518	0,01050	202,80	0,61900	0,00062	0,43119	0,00043	0,10993	0,00444	4,20	1,00000	0,00100
19+700	0,00830	0,00062	7,53	1,00000	0,00100	0,98199	0,00098	-0,00518	0,01050	202,80	0,61900	0,00062	0,43119	0,00043	0,10993	0,00444	4,20	1,00000	0,00100
19+600	0,00830	0,00062	7,53	1,00000	0,00100	0,98199	0,00098	-0,00518	0,01050	202,80	0,61900	0,00062	0,43119	0,00043	0,10993	0,00444	4,20	1,00000	0,00100
19+500	0,00830	0,00062	7,53	1,00000	0,00100	0,98199	0,00098	-0,00518	0,01050	202,80	0,61900	0,00062	0,43119	0,00043	0,10993	0,00444	4,20	1,00000	0,00100
19+400	0,00830	0,00062	7,53	1,00000	0,00100	0,98199	0,00098	-0,00518	0,01050	202,80	0,61900	0,00062	0,43119	0,00043	0,10993	0,00444	4,20	1,00000	0,00100
19+300	0,00768	0,00459	59,71	0,89204	0,00089	0,55889	0,00056	-0,00621	0,00054	8,71	1,00000	0,00100	0,07174	0,00007	0,14381	0,01164	5,68	1,00000	0,00100
19+200	0,00768	0,00459	59,71	0,89204	0,00089	0,55889	0,00056	-0,00621	0,00054	8,71	1,00000	0,00100	0,07174	0,00007	0,14381	0,01164	5,68	1,00000	0,00100
19+100	0,00768	0,00459	59,71	0,89204	0,00089	0,55889	0,00056	-0,00621	0,00054	8,71	1,00000	0,00100	0,07174	0,00007	0,14381	0,01164	5,68	1,00000	0,00100
19+000	0,00768	0,00459	59,71	0,89204	0,00089	0,55889	0,00056	-0,00621	0,00054	8,71	1,00000	0,00100	0,07174	0,00007	0,14381	0,01164	5,68	1,00000	0,00100
18+900	0,00663	0,00107	16,18	0,99999	0,00100	0,36475	0,00036	-0,00396	0,00097	24,37	0,97834	0,00098	0,00086	0,00000	0,10171	0,01023	140,91	1,00000	0,00100
18+800	0,00663	0,00107	16,18	0,99999	0,00100	0,36475	0,00036	-0,00396	0,00097	24,37	0,97834	0,00098	0,00086	0,00000	0,10171	0,01023	140,91	1,00000	0,00100
18+700	0,00663	0,00107	16,18	0,99999	0,00100	0,36475	0,00036	-0,00396	0,00097	24,37	0,97834	0,00098	0,00086	0,00000	0,10171	0,01023	140,91	1,00000	0,00100
18+600	0,00346	0,00051	14,69	0,99790	0,00100	0,00000	0,00000	-0,00236	0,00021	4582,63	0,95676	0,00096	0,00000	0,00000	0,13720	0,00411	2,38	1,00000	0,00100
18+500	0,00346	0,00051	14,69	0,99790	0,00100	0,00000	0,00000	-0,00236	0,00021	4582,63	0,95676	0,00096	0,00000	0,00000	0,13720	0,00411	2,38	1,00000	0,00100
18+400	0,00346	0,00051	14,69	0,99790	0,00100	0,00000	0,00000	-0,00236	0,00021	4582,63	0,95676	0,00096	0,00000	0,00000	0,13720	0,00411	2,38	1,00000	0,00100
18+300	0,00346	0,00051	14,69	0,99790	0,00100	0,00000	0,00000	-0,00236	0,00021	4582,63	0,95676	0,00096	0,00000	0,00000	0,13720	0,00411	2,38	1,00000	0,00100
18+200	0,00644	0,00059	9,21	1,00000	0,00100	0,17127	0,00017	-0,00431	0,00035	8,13	1,00000	0,00100	0,00000	0,00000	0,11285	0,31013	188,24	0,60527	0,00061
18+100	0,00644	0,00059	9,21	1,00000	0,00100	0,17127	0,00017	-0,00431	0,00035	8,13	1,00000	0,00100	0,00000	0,00000	0,11285	0,31013	188,24	0,60527	0,00061
18+000	0,00644	0,00059	9,21	1,00000	0,00100	0,17127	0,00017	-0,00431	0,00035	8,13	1,00000	0,00100	0,00000	0,00000	0,11285	0,31013	188,24	0,60527	0,00061

As probabilidades condicionais serão, então, o produto entre probabilidades de que sejam excedidos os limiares indicados (obtidas mediante a análise FOSM com $\lambda_p=0,67$ e a atribuição de uma função de densidade de probabilidade normal), e a probabilidade de que falhe a TBM (0,001). Tanto as probabilidades obtidas no FOSM como as condicionais indicadas estão apresentadas, como indicado, na Tabela 7.6.

A informação das probabilidades de ocorrência dos eventos associados aos seis diferentes panoramas de risco foi espacializada e consignada nos mapas apresentados no Apêndice F. No entanto, a título de exemplo, a Figura 7.6 mostra o mapa de tal probabilidade associada ao Panorama 1, explicado no Item 7.2.1.

7.2.4 CONSEQUÊNCIAS ASSOCIADAS AOS PANORAMAS DE RISCO

Como indicado anteriormente, serão trabalhadas no contexto desta tese só as consequências físicas referidas tanto aos danos na obra, como na infraestrutura de terceiros e as consequências sociais referidas à perda de vidas humanas. Cada um dos eventos associados aos panoramas de risco definidos no Item 7.2.1, define, segundo suas características, o tipo de dano ocorrido.

O especialista deverá definir o tipo de dano, segundo a sua experiência e seu entendimento do fenômeno associado ao evento.

Em decorrência da definição de risco dada no Capítulo 3 e para o cálculo da consequência, é necessário definir a probabilidade de que ocorra o dano dada a ocorrência do evento ameaçante, $P[C|A]$. A definição de tal probabilidade é um grande questionamento e não há trabalhos prévios que permitam ter uma ideia de metodologia alguma que leve ao seu cálculo ou estudos prévios que deem luz de sua magnitude. Portanto e até que seja desenvolvido algum conhecimento ao respeito deverá ser atribuído um valor de origem heurística, quer dizer, baseado na experiência do especialista em risco se apoiando de um especialista na área de túneis.

A Tabela 7.7 apresenta a tipologia da consequência associada a cada evento e os valores de $P[C|A]$ que foram adotados no contexto de esta tese. Todo o consignado na mencionada tabela é produto de uma análise heurística limitada ao contexto acadêmico e foi definido com o intuito de mostrar a aplicabilidade da metodologia definida no Capítulo 3.

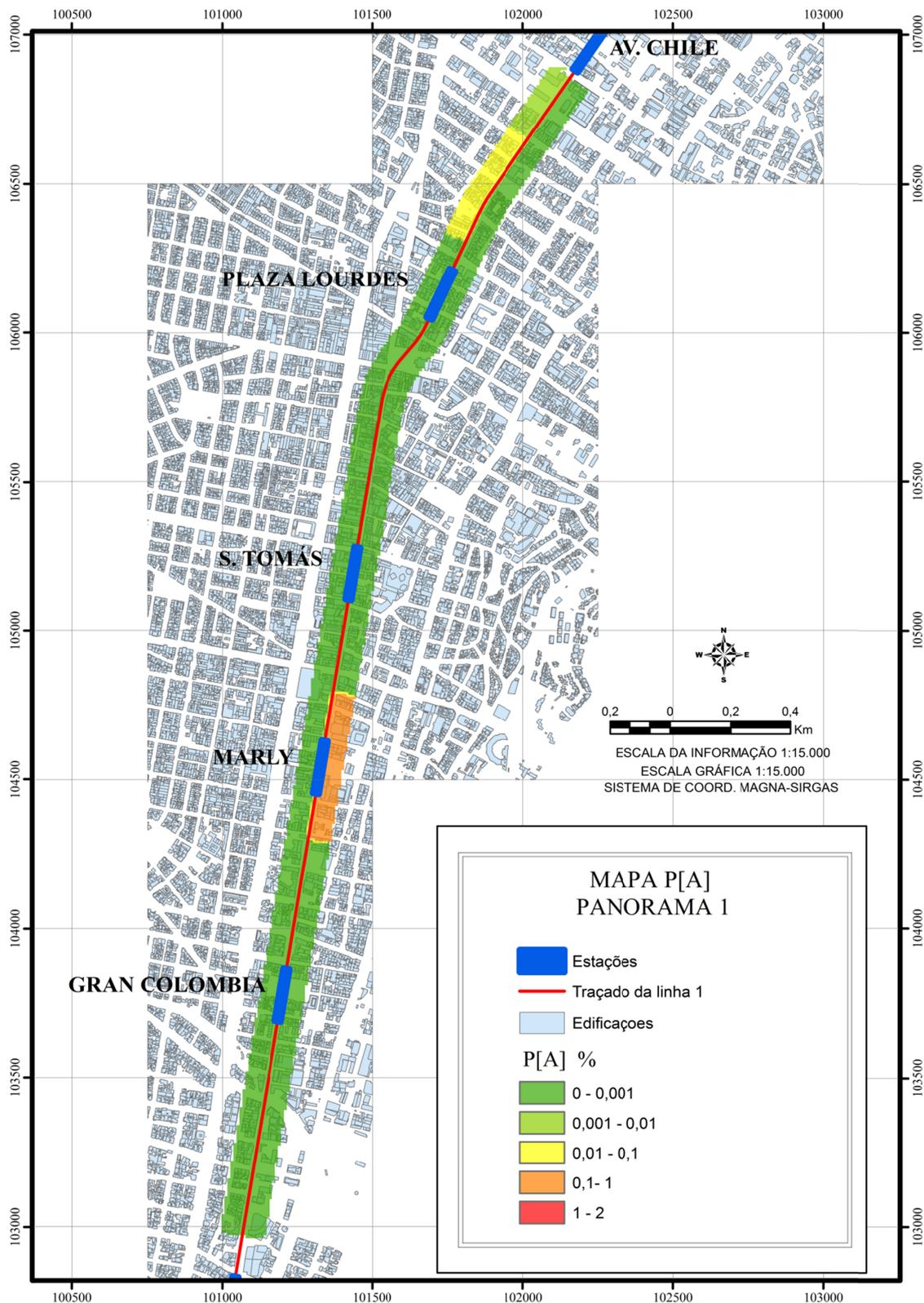


Figura 7.6 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 1

Portanto, a informação apresentada deverá ser reavaliada por um grupo de especialistas quando a situação de aplicação desta metodologia em um caso real.

Tabela 7.7 Consequência C e probabilidade e ocorrência da consequência dada a ocorrência do evento ameaçante A

Ameaça (A)	Tipo de Consequência	P [A C]	Consequência (C)
$\beta > 0,002$	Trincas e demais danos menores nas edificações vizinhas	60%	30% do custo da edificação
$\beta > 0,007$	Trincas e demais danos menores na obra	100%	60% do custo da obra
	Danos estruturais nas edificações vizinhas	60%	1,5 vezes o custo da edificação
	Vítimas fatais dentro das edificações afetadas	20%	Custo da reparação da vida humana vezes a densidade populacional
$V_s > 0,03$	Danos maiores na obra	100%	Três vezes o custo da obra
	Danos estruturais nas edificações vizinhas	60%	1,5 vezes o custo da edificação
	Vítimas fatais pedestres	50%	Custo da reparação da vida humana vezes a densidade populacional
	Vítimas fatais dentro das edificações afetadas	70%	Custo da reparação da vida humana vezes a densidade populacional

O valor da edificação foi obtido da informação poligonal obtida em *Catastro Distrital* com dados do valor venal. Foi considerado um valor médio por unidade de comprimento (m) para a obra do Metrô de Bogotá de USD 100.000. O custo da reparação da perda da vida humana foi considerado de USD 1.000.000, valor usado por aerolíneas para tal reparação dado um acidente aéreo.

Tais cálculos foram feitos e atribuídos a uma posição no espaço e interpolados segundo o vizinho próximo com o intuito de definir uma informação contínua de tal componente do risco que permitisse um cálculo futuro do risco e uma apresentação igualmente contínua no espaço de tal cálculo.

Segundo definido no Capítulo 3, a consequência total associada ao evento é a soma das consequências de cada tipo associadas à ameaça, por exemplo, a consequência total dada a ocorrência do evento $\beta > 0,007$, e a soma do custo da reparação das trincas e demais danos menores na obra, a reconstrução das edificações danadas estruturalmente e o custo da reparação das vítimas fatais ocorridas dentro das edificações afetadas. Sendo que, cada uma delas, deverá ser multiplicada por sua respectiva probabilidade condicional de ocorrência $P[C|A]$.

Observe-se que os Panoramas 1 e 4 têm associadas as mesmas consequências totais, sendo que a diferença entre eles se baseia na probabilidade de ocorrência do evento investigado. De igual forma acontece com os Panoramas 2 e 5, e 3 e 7. Com intuito ilustrativo a Figura 7.7

apresenta o mapa de tal consequência associada aos panoramas 1 e 4. Os demais mapas da consequência total associada a os demais panoramas discutidos estão apresentados no Apêndice F.

7.2.5 RISCOS INDIVIDUAIS E RISCO TOTAL

Cada produto $P[A_i].\sum P[A_i|C_j].C_j$ foi feito mediante o uso e ferramentas cartográficas e usando os mapas obtidos nos processos descritos nos Itens 7.2.3 e 7.2.4. Os mapas que representam tal produto estão apresentados no Apêndice F. O mapa com o risco total resultado da soma de todos os riscos associados a cada um dos panoramas trabalhados é apresentado na Figura 7.8. Detalhes das regiões mais problemáticas do ponto de vista do risco são apresentados nas Figura 7.9, Figura 7.10 e Figura 7.11. A Figura 7.12 apresenta o ambiente urbano classificado segundo o zoneamento do risco.

7.3 TOMADA DE DECISÃO E TRANSFERÊNCIA DO RISCO

As regiões mais problemáticas em relação ao risco total, apresentadas nas Figura 7.9, Figura 7.10 e Figura 7.11, deverão ser estudadas detalhadamente na fase de projeto executivo. Efeitos tridimensionais e de estabilidade de face deverão ser incluídos nas mencionadas análises. Por outro lado distorções ao longo da bacia deverão ser calculadas e as regiões deverão ser zoneadas com maior precisão.

Análises do comportamento da escavação deverão ser feitos à luz do risco para as estações do empreendimento, mesmo em regiões que não se mostraram ser problemáticas na etapa de projeto básico. Estas análises deverão ser feitas pelo projetista e supervisionadas pelo dono do empreendimento (Metrô de Bogotá).

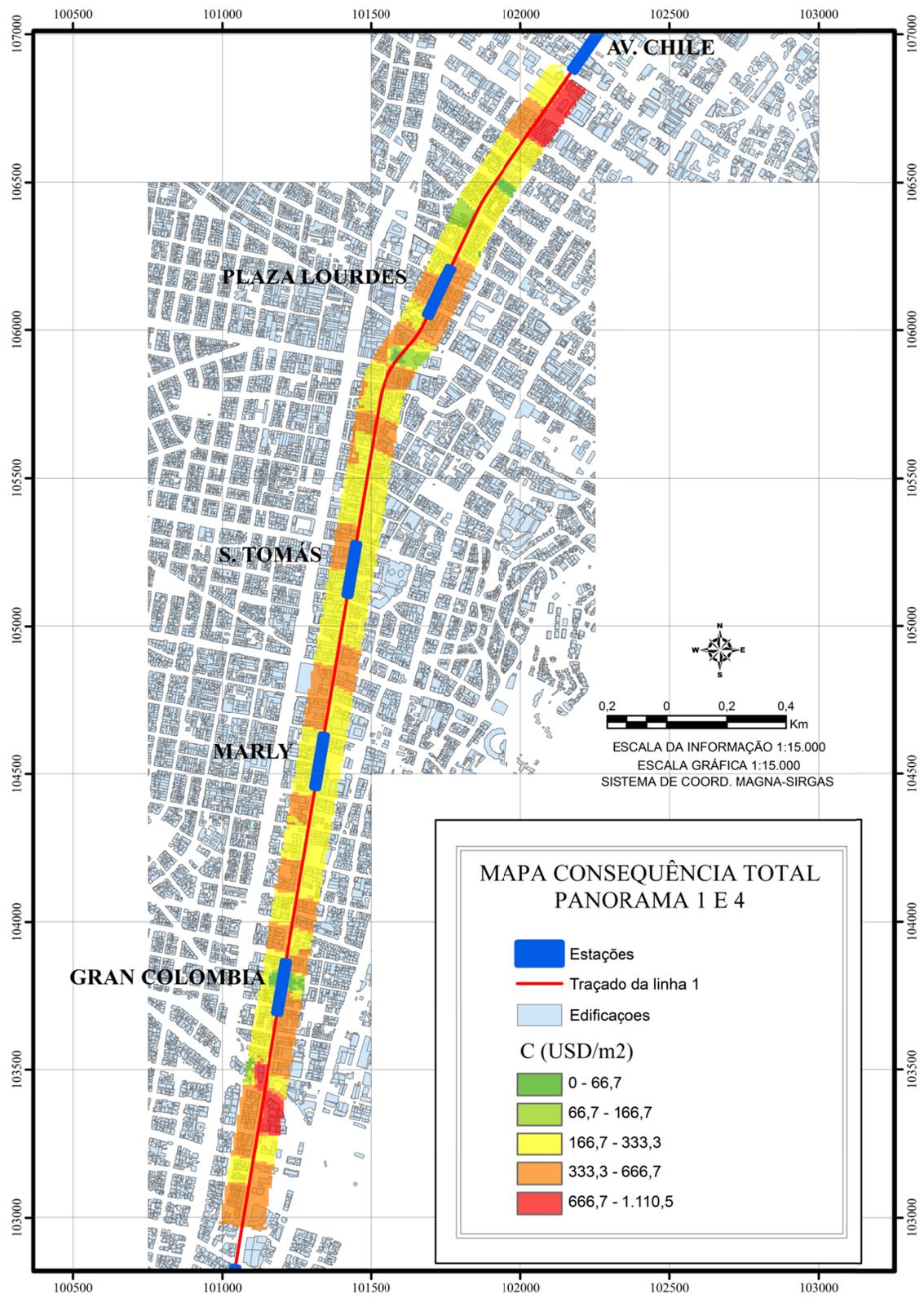


Figura 7.7 Mapa da consequência total associada aos panoramas 1 e 4

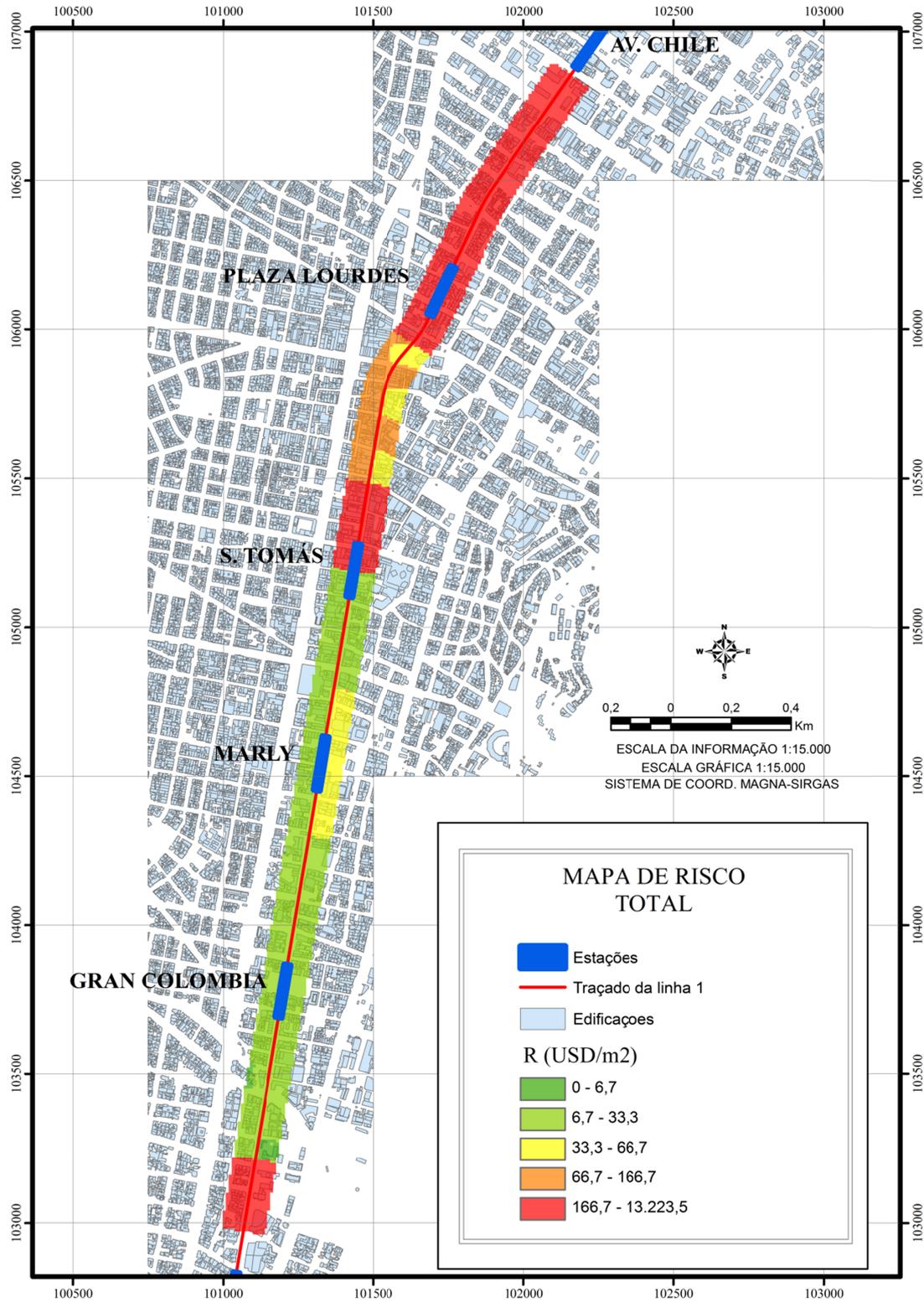


Figura 7.8 Mapa de risco total – fase de projeto básico

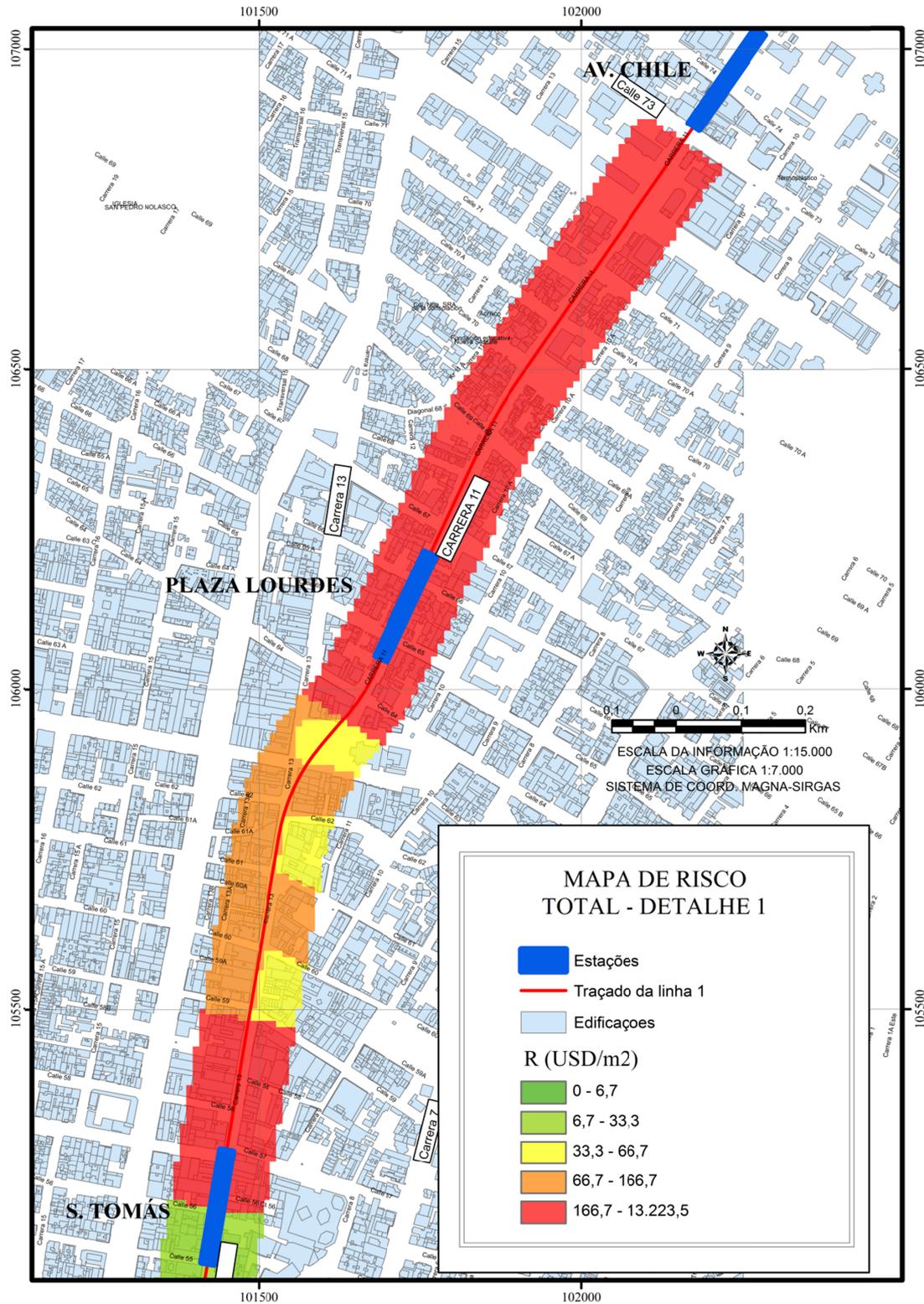


Figura 7.9 Mapa de risco total– fase de projeto básico – detalhe 1, entre ruas 56 e 72 (Avenida Chile)

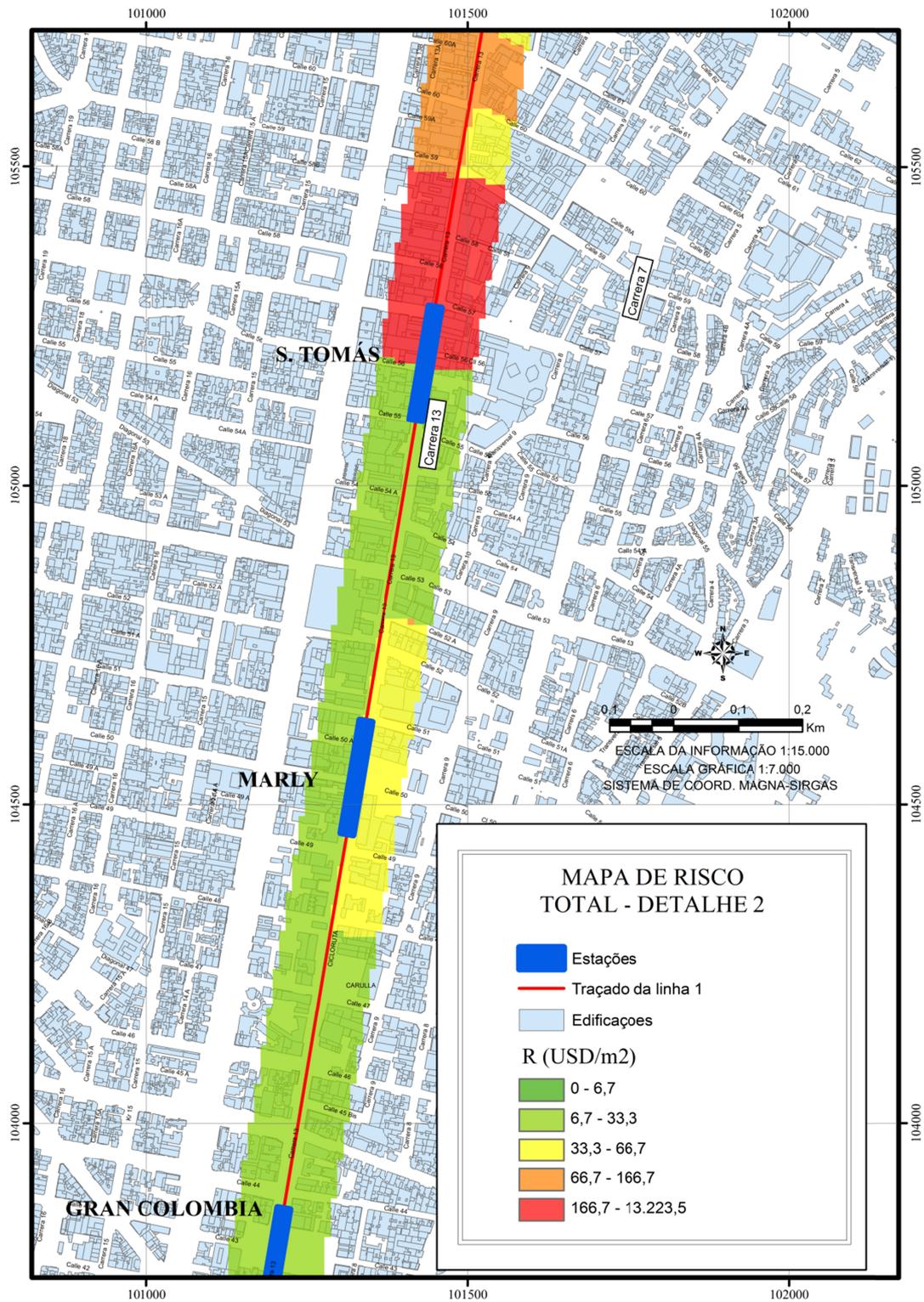


Figura 7.10 Mapa de risco total as – fase de projeto básico – detalhe 2, entre ruas 47 e 53

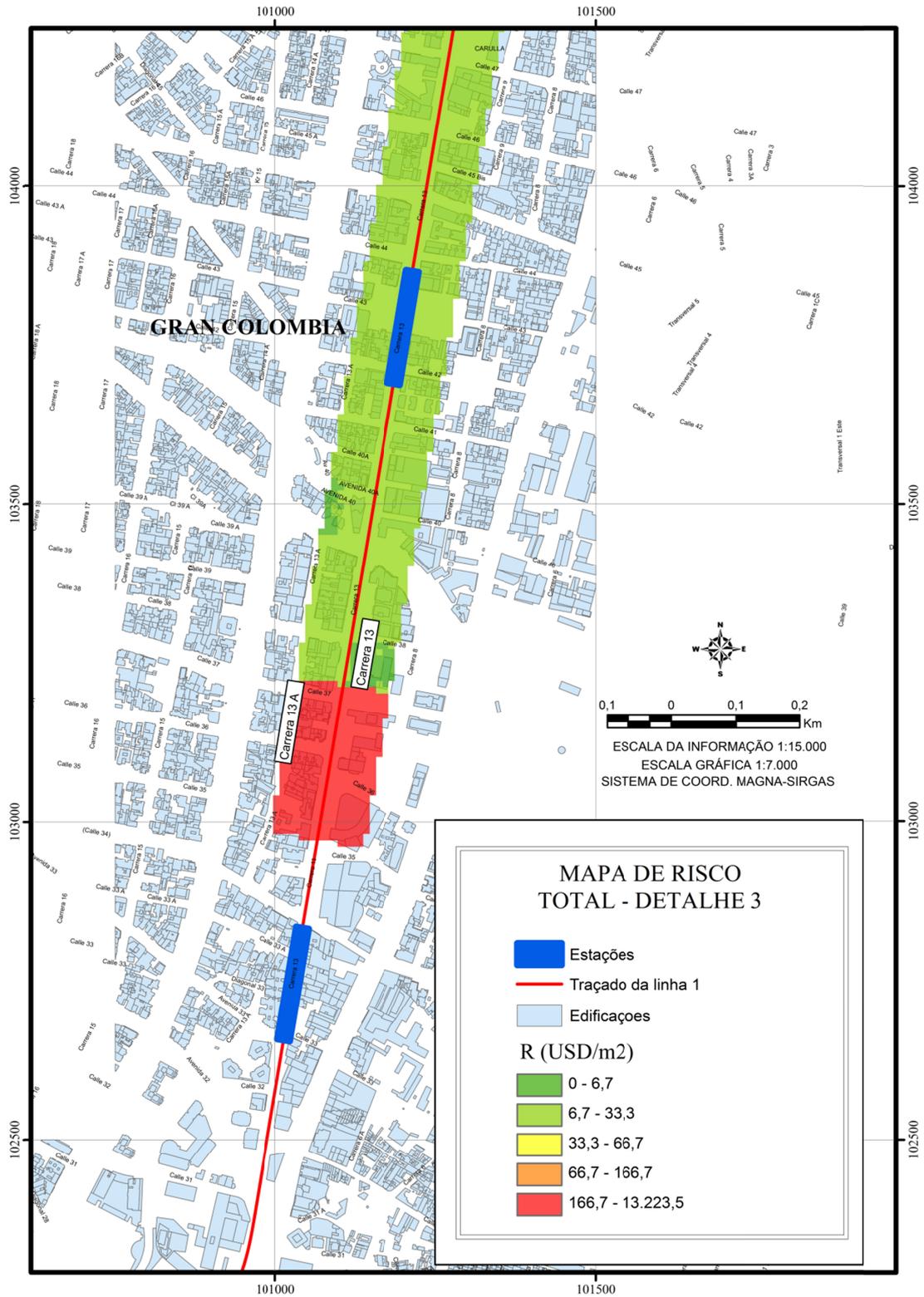


Figura 7.11 Mapa de risco total – fase de projeto básico – detalhe 1, entre ruas 36 e 37

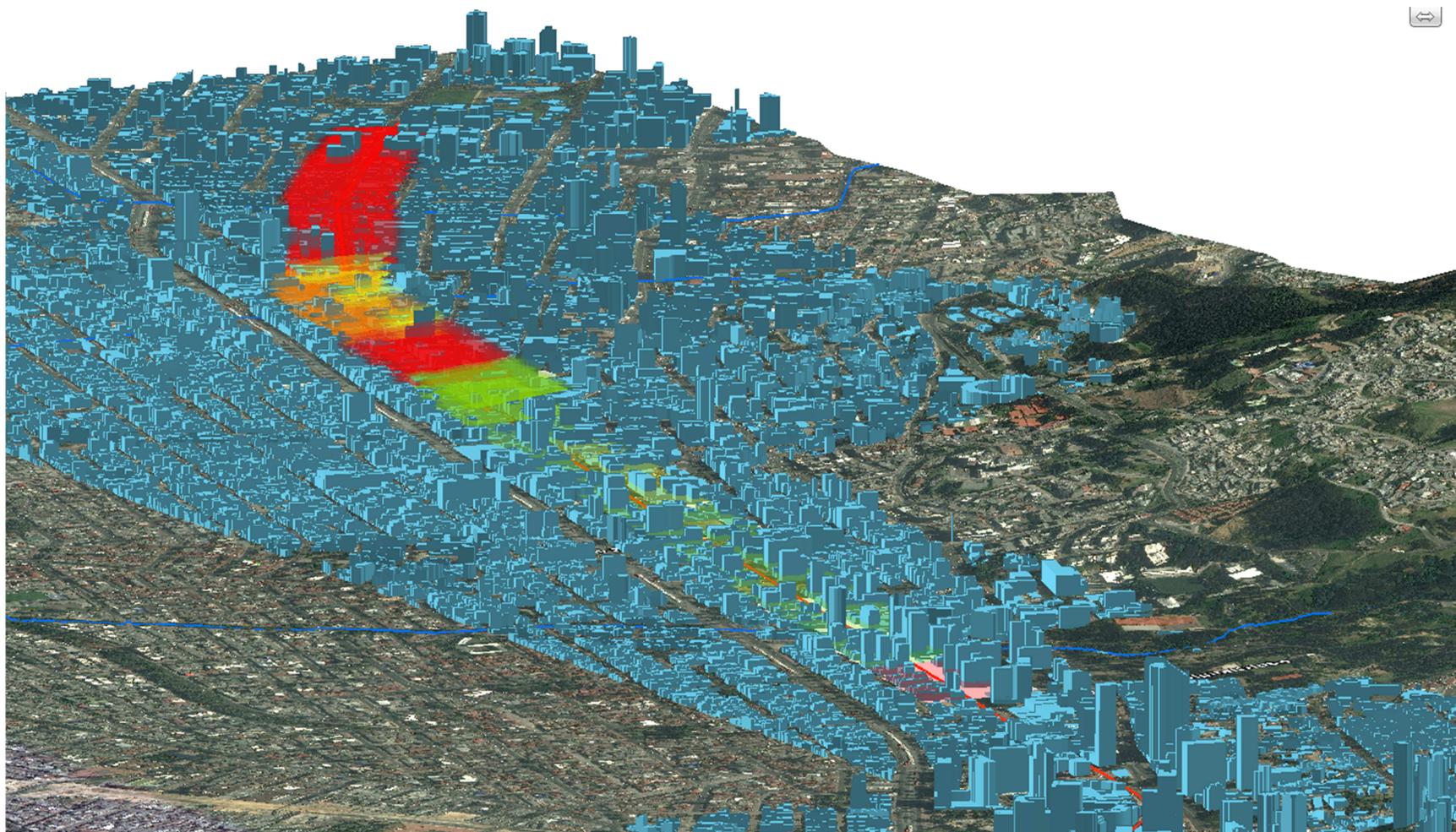


Figura 7.12 Ambiente urbano e o zoneamento segundo o risco total – fase de projeto básico

Na fase de projeto executivo deverão ser definidos quais riscos deverão ser reduzidos em consequência com uma análise do tipo custo-benefício e quais serão reduzidos a todo custo, segundo discutido no Capítulo 3.

Em conclusão os riscos serão transferidos para o projetista e dono da obra, a mitigação dos mesmos consistirá em depurar e sofisticar as análises próprias do projeto.

7.4 RESTRIÇÕES E ENTENDIMENTO DOS RESULTADOS APRESENTADOS

Os resultados obtidos em esta tese devem ser vistos como o produto de um conjunto de atividades que visou mostrar a aplicabilidade da metodologia proposta. Embora fosse feito um grande esforço na caracterização estatística das variáveis partindo de dados reais coletados, dado o escopo acadêmico, não foram considerados todos os elementos próprios de um projeto básico nem todos os possíveis panoramas de risco.

Por tanto se fosse do interesse do leitor usar a os resultados obtidos no caso específico Metro de Bogotá, devem ser incluídos, entre outros possíveis, os aspectos discutidos no Item 7.3.

8 CONCLUSÕES

8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há uma grande influência do túnel raso no meio que o contorna. e esta influência afeta a infraestrutura que se encontra sobre e sob a superfície. Por outro lado, observou-se que assim como o túnel tem influência no seu entorno, o entorno influencia o túnel, exemplo disto são as tensões presentes no maciço e as sobrecargas da superfície influenciam o campo de tensões sobre as paredes do túnel.

Estas condições somadas às condições geológico-geotécnicas, normalmente, presentes a pouca profundidade em ambientes urbanos (alta perturbação antrópica, presença de água e materiais muito intemperizados) geram um contexto complexo onde sobram incertezas. Em um ambiente incerto ocorrem acidentes, e os ocorridos em túneis construídos em ambiente urbano são foco da atenção da comunidade e da imprensa, ou seja, tem um grande impacto político além dos impactos econômicos, que podem influenciar a imagem de uma obra para a sociedade.

A mudança na escala de abordagem é o elemento que estabelece a principal diferença na análise do risco (AR), entre a abordagem de um empreendimento de grande porte e aquele de zoneamentos destinados à definição do uso do território. O empreendimento de uma obra de grande porte exige que os zoneamentos sejam trabalhados em escalas de maior detalhe que 1:5000. Essa circunstância implica em mudanças de aspectos que são importantes quando se quer aplicar, com sucesso, a AR.

Em relação aos projetos de túneis, são características vantajosas a possibilidade de controlar a ameaça modificando, por exemplo, o método construtivo, e a disponibilidade de ferramentas que permitam a modelagem fenomenológica. Esta última vantagem se deve à existência de um importante avanço no conhecimento do comportamento, nesta escala, dos fenômenos associados, de modo que é possível encontrar *softwares* comerciais que permitam abordar o problema com sucesso.

A revisão bibliográfica relacionada à gestão do risco permite concluir que, em termos gerais, os especialistas em risco coincidem em relação aos elementos que devem constituir a *gestão*

do risco e às suas definições. Entretanto existe um desentendimento relacionado à metodologia de gestão do risco, pois não há uma metodologia que apresente um caminho bem definido, onde passos sejam indicados para a implementação da GR em um empreendimento civil.

Portanto, foi necessária a definição de uma metodologia onde esses passos foram detalhados. Esta é apresentada no Capítulo 5 e, para demonstração da sua aplicabilidade, implementada no caso real do Metrô de Bogotá, que no momento de conclusão desta tese, encontra-se em etapa de projeto básico pré-licitação.

A gestão do risco (GR) do empreendimento de uma obra de grande porte, como uma obra de metrô, consta de cinco etapas: GR no projeto básico, GR na licitação e negociação do contrato, GR no projeto executivo, GR na construção e GR na operação (Figura 3.2). Os elementos destas etapas são descritos no Capítulo 3.

Há quatro grandes grupos de atividades que compõem a GR na etapa de projeto básico: a definição das políticas do risco, a análise qualitativa dos riscos, a análise quantitativa específica dos riscos e uma quarta, a tomada de decisão e transferência dos riscos. A relação entre elas é explicada na Figura 3.3.

Com as informações geotécnica e cartográfica existentes na cidade de Bogotá foi possível construir um banco de dados compatível com o conjunto de análises feitas no contexto desta tese. Embora limitado e de construção trabalhosa, o BD permitiu o desenvolvimento bem sucedido da tese.

Os materiais em que será escavado o futuro Metrô de Bogotá correspondem aos materiais transicionais entre os depósitos de vertente denominados cerros orientais de Bogotá. A disposição de tais materiais corresponde a um perfil de acamamento. No entanto, nos setores mais próximos do traçado do Metrô e aos mencionados cerros, têm-se intercalações de materiais depositados com diferentes energias de deposição.

O ambiente urbano encontrado na região corresponde a um ambiente urbano típico de regiões centrais históricas e comerciais. É característico destas regiões o alto trânsito de veículos e pedestres, e os locais de aglomeração de pessoas e de importância social e arquitetônica.

Foi possível a caracterização estatística das variáveis aleatórias trabalhadas e uma posterior aplicação do método estatístico FOSM, para os parâmetros de projeto considerados no estudo da relação entre a escavação, o maciço e as edificações.

Foi possível atribuir um mesmo valor esperado e variância do parâmetro M do Cam-Clay para todos os materiais dispostos a leste do eixo do túnel. Da mesma forma, atribuiu-se aos materiais dispostos a oeste do túnel um mesmo valor esperado e variância.

Na atividade Delphi da análise qualitativa, as preocupações do grupo de especialistas se focaram sobre situações onde se tivesse uma previsão equivocada do comportamento do maciço perante a escavação do túnel, assim como a situação onde fosse escolhido o método construtivo equivocadamente. Pode ser entendido que a segunda situação pode ser consequência da primeira. De igual forma, foram da preocupação do grupo de especialistas as situações onde ocorrem instabilidades ou deslocamentos inesperados e demora na implementação de corretivos quando a ocorrência de esses eventos.

A situação anterior é devida à tendência natural do homem em se preocupar por eventos de grandes consequências, é basicamente um instinto. No entanto, não é instintivo do homem a identificação de eventos muito frequentes e de baixas consequências. O caso da falha da TBM é um caso claro onde as consequências são altas, mas a probabilidade de ocorrência do evento é muito baixa.

As regiões mais problemáticas em relação ao risco total, apresentadas nas Figura 7.9, Figura 7.10 e Figura 7.11, deverão ser estudadas detalhadamente na fase de projeto executivo. Efeitos tridimensionais e de estabilidade de face deverão ser incluídos nas mencionadas análises. Por outro lado, distorções ao longo da bacia deverão ser calculadas e as regiões deverão ser zoneadas com maior precisão. Esta forma de zoneamento descreverá regiões mais depuradas em relação ao zoneamento do risco.

Os resultados obtidos em esta tese devem ser vistos como o produto de um conjunto de atividades que visou mostrar a aplicabilidade da metodologia proposta. Embora fosse feito um grande esforço na caracterização estatística das variáveis partindo de dados reais coletados, dado o escopo acadêmico, não foram considerados todos os elementos próprios de um projeto básico nem todos os possíveis panoramas de risco.

Por tanto se fosse do interesse do leitor usar a os resultados obtidos no caso específico Metro de Bogotá, devem ser incluídos, entre outros possíveis, os aspectos discutidos no Item 7.3.

8.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

É importante considerar no futuro a incorporação das redes de serviços na análise do risco. Isto porque, por exemplo, redes de esgoto e água potável podem ser gerar vazamentos, os quais podem modificar as condições de saturação e/ou induzir o surgimento de fenômenos como *piping*, entre outros. Estas considerações devem incluir não somente os custos associados às consequências, mas também o comportamento do maciço..

Sugere-se a verificação da metodologia quantitativa de análise do risco na fase do projeto executivo, em algumas das regiões que nas Figura 7.9, Figura 7.10 e Figura 7.11 apresentaram riscos altos. Isto considerando a aplicação de medidas de mitigação, recalculando a resposta do maciço à escavação e calculando as distorções associadas a cada uma das edificações dispostas na superfície. Obtendo-se no final um zoneamento do médio mais depurado.

A determinação da P[C|A] é um dos grandes questionamentos da análise do risco. Oferece um panorama de pesquisa claro, sendo que possivelmente um primeiro passo seja usar metodologias como árvore de eventos. No entanto, é necessário pensar em caminhos que permitam uma abordagem mais analítica e que seja aplicável a contextos gerais.

Possivelmente, a determinação da P[C|A] para o caso dos problemas mais relevantes, ajustando os trabalhos de Burd *et al.* (2000) e Houlsby *et al.* (1999), os quais modelam numericamente problemas que acoplam as edificações e o maciço. Porém os tempos associados a este tipo de análise são limitantes à aplicação prática.

No que tange às consequências que não foram consideradas nesta tese, estas devem ser estudadas, caso seja possível valorá-las. São relevantes, desde o ponto de vista da determinação do risco, as consequências sociais, psicológicas, morais ou Culturais ou simbólicas associadas, políticas e de imagem? É possível valorá-las? São questionamentos que devem ser respondidos.

É mais evidente que as consequências ambientais e econômico-administrativas sejam relevantes, porém, qual é a melhor forma de valorá-las?

Um fator que constitui uma grande fonte de incertezas no modelo geomecânico é a posição da superfície que representa a divisa entre um material e outro na representação de um perfil geotécnico. A variabilidade da posição desta superfície teórica não só deve ser considerada em trabalhos futuros, como também deve-se questionar duramente a aplicação de metodologias como o *kriging* em trabalhos geotécnicos probabilísticos. Possivelmente a simulação condicional apresenta resposta a este questionamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ang, A., Tang, W. (1975). *Probability Concepts in Engineering Planning and Design*. John Wiley & Sons Inc, Richmond, USA, pp. 399.
- AMB(2010). *Diseño conceptual de la red de transporte masivo metro y diseño operacional, dimensionamiento legal y financiero de la primera línea del metro en el marco del sistema integrado de transporte publico-sitp- para la ciudad de bogota*. Relatório, Bogotá, Colombia.
- Assis, A.P. (2002). *Métodos estatísticos e probabilísticos em geotecnia*. Apostilla. Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
- Attewell, P.B., Woodman, J.P.(1982). Predicting the dynamics of ground settlement and its derivatives caused by tunneling in soil. *Ground Engineering*, 15(7), 13-22.
- Attewell, P.B., Yeates, J., Selby, A.R. (1986). *Soil Movements Induced by Tunnelling and Their Effects on Pipelines and Structures*. Blackie & Son, Glasgow, Scotland, pp. 334.
- Barros, J.M., Iyomasa, W., Azevedo A.A., Eisenstein, Z., Assis A.P. (2008). Lessons from Brazil: Pinheiros examined. *Tunnels and tunneling*.
<http://www.tunnelonline.info/story.asp?sectioncode=2&storycode=57792>
- Burd, H.J., Houlby, G.T., Augarde, C.E., Liu, G. (2000). Modelling tunneling-induced settlement of masonry building. *Proc. Instn civ Engrs. Geotech Engng*. 143: 17-29.
- Bourgeois, E., Meslat, Ph., Pucheu, M. (2012). *CESAR-LCPC. Abridged theoretical manual*. IFSTTAR. Montreuil, France.
- Burland, J.B. (1995). Assessment of risk of damage to buildings due to tunnelling and excavation. *Proceedings of 1st International Conference of Earthquake Geotechnical Engineering, IS-Tokyo, Japan*: 611-628 1189-1201.
- Burland, J. B., Wroth, C. P. (1974). Settlement of buildings and associated damage. *Proc. Conference 'Settlement of structures'*. Pentech Press, London, pp.611-654.
- Chissolucombe, I. (2009). *Uso de Técnicas de Inteligência Artificial na Estimativa de Deslocamentos e Danos Induzidos por Escavações Subterrâneas*. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
- Chiriotti, E., Grasso, P., Xu, S. (2003). Analyses of tunnelling risk: state-of-the-art and examples. *Gallerie e Grandi Opere Sotterranee*, 69: 35-44.
- Christian J.T., Ladd C.C. & Baecher G.B. (1994). Reliability applied to slope stability analysis. *Journal of Geotechnical Engineering* , 120(12): 2180– 2207.
- Christian J.T., Baecher G.B. (2003). *Reliability and statistics in geotechnical engineering*. 203. Wiley, London, pp. 605
- DANE (2005). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Colombia. www.dane.gov.co/
- Dueñas, H. (1986). Registro palinológico de las tres últimas épocas glaciales en la sabana de Bogotá, cordillera oriental, andes colombianos. *Geología Colombiana*, 15: 48-54.
- Einstein, H. H. (1996). Risk and risk analysis in rock engineering. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 11, 141-155.
- Einstein, (2006). Use of decision aids for tunneling. *Fragmento do livro Geotechnical Risks in Rock Tunnels*, UK, pp.191.
- Eisenstein, Z., Heinz, H., Negro Jr, A. (1984). On three-dimensional response to tunneling. *Proceedings of Geotech'84, ASCE, Atlanta, USA*: 107-127.

- Eskesen, S.D., Tengborg, P., Kampmann, J., Veicherts, T.H. (2004). Guidelines for tunnelling risk management: international tunnelling association, Working Group N. 2. Tunnelling and Underground Space Technology, 19: 217-237.
- Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W.Z., (2008). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land planning. Journal Engineering Geology. 102: 85-98.
- Fenton, G. A., Griffiths, D. V. (2008). Risk Assessment in Geotechnical Engineering. Wiley, USA. pp. 480.
- Foá, S.B. (2005). Análise dos Recalques de Fundações e Seus Danos em Edifícios Devido a Escavações Subterrâneas. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
- FOPAE (2010). Zoneamento da resposta sísmica de Bogotá para o projeto sísmo resistente de edificações (em espanhol). Informe Final, Bogotá, Colômbia: 152 p.
- Franzius, J.N. (2003). Behaviour of building due to tunnel induced subsidence. PhD thesis. Imperial College of Science, Technology and Medicine. London.
- Gitirana, G.F.N. (2005). Weather-related geo-hazard assessment model for rail way embankment stability. Phd Thesis, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.
- Guglielmetti, V., Grasso, P., Mahtab, A., Xu, S. (2008). Mechanized tunnelling in urban areas. Taylor & Francis, Turin, Italia, pp. 507.
- Hidalgo, C.A.M. (2013). Incertezas, vulnerabilidades e avaliação do risco devido a deslizamento em estradas. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
- Hoek, E., Kaiser, P. K., Bawden, W. F. (1995). Support of underground. Excavations in hard rock. Balkema, UK. pp. 210.
- Houlsby, G.T., Burd, H.J., Augarde, C.E., 1999. Analysis of tunnel-induced settlement damage to surface structures in Barends et al. (eds) Geotechnical engineering for transportation infrastructure, Proceedings of the 12th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Amsterdam, 7-10th June, Balkema:Rotterdam, Vol. 1, 147-152.
- Ibarra, J., Grochski, M.L., Langmaack, L. (2013). Speciality Chemicals for TBMs. Seminar on Mechanized Tunneling, ITACET, São Paulo, Brasil.
- ICE (2004). Tunnel lining design guide. Thomas Telford Ltd, London, UK. pp. 184.
- Ingeominas, Uniandes (1997). Microzonificación sísmica de Santafé de Bogotá. Relatório, Bogotá, Colombia.
- IGAC (2004). Adopción del marco geocéntrico nacional de referencia Magna-Sirgas.DANE, Bogotá, Colombia.
- Isaza, P.A.R (2011). Avaliação do risco aceitável por escorregamentos de encostas em regiões tropicais montanhosas: caso de aplicação, Medellin – Colômbia. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
- ITA/AITES. (2007). Report on Settlements induced by tunneling in soft ground. 22: 119-149.
- Kimura, T., Mair, R.J. (1981). Centrifugal testing of model tunnels in soft clay. Proceedings of 10th International Conference, ISSMFE, Stockholm, Sweden, 1: 319-322.
- Kulhawy, F.H., Mayne, P.W. (1990). Manual on Estimating Soil properties for Foundation Desing. Final Report, Research project 1493-6. Ihaca, New York.
- Landeta, J., Barrutia, J., Lertxundi, A. (2011). Hybrid Delphi: a methodology to facilitate contribution from experts in professional contexts. Technological Forecasting and Social Change, 78(9): 1629-1641.

- Mair, R.J., Taylor, R.N., Burland, J.B. (1996). Prediction of ground movements and assessment of risk of building damage due to bored tunneling. Proc. Of the international Symposium on Geotechnical Aspects of underground construction in soft ground. Balkema, Rotterdam, 713-718.
- Mair, R.J. (2011). Tunneling in urban areas and effects on infrastructure. Advance in research and practice. Cambridge University.
- Meng, Q.; Qu, X.; Wang, X. Yuanita, V.; Wong, S. C. (2010). Quantitative risk assessment modeling for nonhomogeneous urban road tunnels. Risk Analysis, 31(3): 382-403.
- Mitchell, J. K. (1976). Fundamentals of soil behavior. John Wiley & Sons, Inc. USA, pp. 422.
- Mitchell, J. K.; Soga, K. (2005). Fundamentals of soil behavior. 3th edition, John Wiley & Sons, Inc. USA, pp. 577.
- Moreno, C. A. (2004). Comportamiento dinámico de turbas del subsuelo de Bogotá y su efecto en la propagación de las ondas sísmicas. Dissertação. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- O'Reilly, M.P, New, B.M. (1982). Settlements above tunnels in the United Kingdom-Their magnitude and prediction. Proceedings of the 3th International Symposium on Tunneling. Brighton, UK: 173-181.
- O'Reilly, M.P, Stovin, V. (1996). Trenchless construction: Risk assessment and management. Journal Trenchless Technol. Vol. 11, No.1, pp 25 – 35.
- Ortigão, J. A. R. (2007). Introdução à mecânica dos solos dos estados críticos. Distribuição gratuita na web, Brasil, pp. 396.
- Panet, M., Guénot, A. (1982). Analysis of convergence behind face of a tunnel. Proc. Tunnelling'82: 197-204.
- Peck, R.B. (1969). Deep excavation and tunnelling in soft ground. Proceedings of 7th International Conference on Soil Mechanics and Foundations Engineering, Mexico City, State of the Art Volume: 225-290.
- Phoon, K.-K.; Kulhawy, F. H. (1999a). Characterization of geotechnical variability. Canadian Geotechnical Journal, 36: 612-624.
- Phoon, K.-K.; Kulhawy, F. H. (1999b). Evaluation of geotechnical property variability. Canadian Geotechnical Journal, 36: 625-639.
- Prieto, J.C. (1992). Características de las arcillas blandas de Bogotá. Trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Rankine, W.J. (1988). Ground movements resulting from urban tunnelling : Predictions and effects. Engineering Geology Special Publications, Geological Society, London, UK: 79-92.
- Revista semana. (2013). <http://www.semana.com/nacion/articulo/movilidad-bogota-se-destraba/357595-3>
- Ribeiro, L. (2006). Learning with accidents and damage associated to underground works. Geotechnical Risk in Rock Tunnels. Taylor & Francis Group plc, London, UK, pp. 7-39.
- Rosenblueth, E. (1975). Point estimates for probability moments. Proceedings of National Academy of Sciences, 72(10): 3812-3814.
- Sandström G. (1963). The history of tunneling: underground working through the ages. Barrie and Rockliff, London, UK, pp. 429.
- Schmidt, B. (1969). Settlements and ground movements associated with tunnelling in soil. PhD thesis, University of Illinois, Urbana, USA: 234 p.

- Seidenfuß, T. (2006). Collapses in tunnelling. Master thesis, Foundation Engineering and Tunnelling, Stuttgart, Germany: 194 p.
- Shahriar, K., Sharifzadeh, M, Hamidi, J.K. (2008). Geotechnical risk assessment based approach for rock TBM selection in difficult ground conditions. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 23: 318-325.
- Souza, J., Marques, F. (2001). Fenomenologia associada à construção de túneis superficiais. Curso sobre Túneis em Meios Urbanos. SPG, Coimbra, Portugal: 1-94.
- Sousa, R. L. (2010). Risk Analysis for Tunneling Projects. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, USA: 589 p.
- Sturk, R., Olsson, L., Johansson, J. (1996). Risk and decision analysis for large underground projects, as applied to the stockholm ring road tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 11(2): 157-164.
- Tiga-Entralgo, J. F. (2013). Análise espacial e estatística dos movimentos de massa deflagrados pelas chuvas dos dias 11 e 12 de janeiro de 2011 na região serrana do estado do Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
- U. S. Nuclear Regulatory Commission. (1975). Reactor Safety Study, an Assessment of Accident Risks in U.S. Nuclear Power Plants. Appendix V, Washington, USA: 142 p.
- Uzielli, M., Nadim, F., Lacasse, S., Kaynia, A.M. (2008). A conceptual framework for quantitative estimation of physical vulnerability to landslides. *Journal Engineering Geology*, 102: 251-256.
- Varnes, D.J. (1984). Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. United Nations Educational. place de Fontenoy, Paris.
- Venables, W. N., Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S*.
- Wong, R.C.K., Kaiser, P.K. (1991). Performance assessment of tunnels in cohesionless soils. *Journal of Geotechnical Engineering*, 117(12): 1880-1901.
- Yan, W.M., Li, X.S. (1995). A model for natural soil with bonds. *Géotechnique*, 61: No. 2, 95-106.
- Yang, X.L., Huang, F. (2011). Collapse mechanism of shallow tunnel based on nonlinear Hoek-Brown failure criterion. *Journal Tunnelling and Underground Space Technology*. 26: 686-691.
- Yoo, C., Kim, J.H. (2003). A web-based tunneling –induced building/utility assessment system: TURISK. *Journal of Tunneling and Underground Space Technology*, 18: 497-511.
- Zea, C. (2010). Informação verbal.
- Zuquette, L. V.; Gandolfi, N. (2004) *Cartografia geotécnica*. Oficina de Textos, São Paulo, Brasil.

A. BANCO DE DADOS

Tabela A.1 Banco de dados

Sondagem	Coordenada Este	Coordenada Oeste	Elevação da Sondagem	Profundidade total	Profundidade Média	USCS	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ_i (kN/m ³)	e_0	Cc	Cr	ϕ (°)	M	λ	κ
AUS10P1	101488	103903	2590,81	18	0,65	CL	18,2	26,0	17,0	9,0	15,3	2,51	0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
AUS10P1	101488	103903	2590,81	18	2,5	CL	20,8	26,0	14,0	12,0	15,3	2,51	0,164	0,031	33,0	1,33	0,071	0,014
AUS10P1	101488	103903	2590,81	18	5	CL	17,8	26,0	14,0	12,0	15,3	2,51	0,164	0,031	33,0	1,33	0,071	0,014
AUS10P1	101488	103903	2590,81	18	6	CL	25,4	45,0	17,0	28,0	15,3	2,51	0,384	0,073	33,0	1,33	0,167	0,032
AUS10P1	101488	103903	2590,81	18	7,5	CL	16,6	32,0	13,0	19,0	15,3	3,07	0,260	0,049	31,5	1,27	0,113	0,021
AUS10P1	101488	103903	2590,81	18	7,7	CL	11,1	32,0	13,0	19,0	14,0	3,07	0,260	0,049	31,5	1,27	0,113	0,021
AUS10P1	101488	103903	2590,81	18	8,1	CL	13,8	32,0	13,0	19,0	14,0	3,07	0,260	0,049	31,5	1,27	0,113	0,021
AUS10P1	101488	103903	2590,81	18	10	CL	8,6	23,0	14,0	9,0	14,0	3,07	0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
AUS10P1	101488	103903	2590,81	18	12	CL	11,9	29,0	14,0	15,0	14,0	3,07	0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
AUS10P1	101488	103903	2590,81	18	13,6	CL	8,7	29,0	14,0	15,0	14,0	3,07	0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	1,25	CL	NA	47,4	20,6	26,9	17,4	2,51	0,368	0,070	33,0	1,33	0,160	0,030
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	3,25	CL	NA	47,4	20,6	26,9	17,4	2,51	0,368	0,070	33,0	1,33	0,160	0,030
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	6,5	CL	NA	32,0	17,0	15,0	17,5	2,51	0,205	0,039	33,0	1,33	0,089	0,017
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	9,5	CH	NA	32,0	17,0	15,0	17,5	3,07	0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	10,5	CH	NA	32,0	17,0	15,0	17,5	3,07	0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	11,35	CH	NA	32,0	17,0	15,0	17,5	3,07	0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	13,35	CL	NA	34,5	16,3	18,3	17,5	3,07	0,250	0,047	31,8	1,28	0,109	0,021
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	15,75	SW	NA	37,7	20,0	17,7	17,3	0,76	0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	17,5	CL	NA	37,7	20,0	17,7	17,3	3,07	0,242	0,046	32,0	1,29	0,105	0,020
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	19	CH	NA	34,6	21,2	13,5	16,8	3,07	0,184	0,035	33,8	1,36	0,080	0,015
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	19,75	CL	NA	43,4	22,4	21,0	17,1	3,07	0,288	0,055	30,9	1,24	0,125	0,024
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	21,75	CL	NA	43,4	22,4	21,0	17,1	3,07	0,288	0,055	30,9	1,24	0,125	0,024
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	24,05	CH	NA	43,4	22,4	21,0	17,1	3,07	0,288	0,055	30,9	1,24	0,125	0,024
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	24,7	CH	NA	34,6	24,4	10,2	15,1	3,07	0,140	0,026	33,0	1,33	0,061	0,012
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	34,25	CL	NA	34,1	17,8	16,3	17,6	3,07	0,223	0,042	32,5	1,31	0,097	0,018
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	40,25	NA	NA	33,4	17,3	16,1	15,7	3,07	0,223	0,042	32,5	1,31	0,097	0,018
IG128	100991,9	102318	2596,31	52	46,25	CL	NA	39,2	19,0	20,2	17,8	3,07	0,277	0,052	31,2	1,25	0,120	0,023
IG19	100981,6	104031,5	2568,44	36,5	0,25	MH	50,0	60,0	30,0	30,0	17,5	1,82	0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG19	100981,6	104031,5	2568,44	36,5	2,5	MH	25,0	60,0	30,0	30,0	17,5	1,82	0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG19	100981,6	104031,5	2568,44	36,5	6,5	CH	20,0	60,0	30,0	30,0	15,3	2,51	0,411	0,078	33,0	1,33	0,179	0,034
IG19	100981,6	104031,5	2568,44	36,5	10,5	CH	40,0	50,0	25,0	25,0	14,0	3,07	0,342	0,065	29,8	1,19	0,149	0,028
IG19	100981,6	104031,5	2568,44	36,5	14,5	MH	125,0	60,0	25,0	35,0	15,8	1,82	0,965	0,183	27,8	1,10	0,420	0,080
IG19	100981,6	104031,5	2568,44	36,5	18,5	CL	75,0	150,0	50,0	100,0	14,0	3,07	1,370	0,260	21,5	0,84	0,596	0,113
IG19	100981,6	104031,5	2568,44	36,5	22,5	CL	50,0	50,0	20,0	30,0	14,0	3,07	0,411	0,078	28,7	1,14	0,179	0,034
IG19	100981,6	104031,5	2568,44	36,5	26,5	MH	50,0	50,0	25,0	25,0	15,8	1,82	0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG19	100981,6	104031,5	2568,44	36,5	30,5	CL	50,0	75,0	25,0	50,0	14,0	3,07	0,685	0,130	25,6	1,01	0,298	0,056
IG19	100981,6	104031,5	2568,44	36,5	34,5	SC	25,0	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003

IG23	100372,1	101579,9	2593,72	40	2 CH	25,0	37,0	20,0	17,0	19,0	0,7 2,400	0,030	33,0	1,33	1,043	0,013
IG23	100372,1	101579,9	2593,72	40	4,5 CH	40,0	37,0	20,0	17,0	18,0	1 0,233	0,044	33,0	1,33	0,101	0,019
IG23	100372,1	101579,9	2593,72	40	7,25 CH	20,0	33,0	20,0	13,0	19,5	0,5 0,200	0,020	33,0	1,33	0,087	0,009
IG23	100372,1	101579,9	2593,72	40	10 CH	25,0	33,0	20,0	13,0	21,0	0,7 0,200	0,020	34,0	1,37	0,087	0,009
IG23	100372,1	101579,9	2593,72	40	11,75 GC	25,0	32,0	15,0	17,0	22,0	0,7 0,200	0,020	31,0	1,24	0,087	0,009
IG23	100372,1	101579,9	2593,72	40	22,25 CH	25,0	35,0	20,0	15,0	20,0	0,7 0,230	0,200	33,1	1,33	0,100	0,087
IG23	100372,1	101579,9	2593,72	40	32 SC	20,0	35,0	20,0	15,0	19,0	0,5 0,230	0,020	31,0	1,24	0,100	0,009
IG23	100372,1	101579,9	2593,72	40	36,25 CL	35,0	52,0	25,0	27,0	19,0	0,9 0,040	0,040	29,4	1,17	0,017	0,017
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	2,125 CL	29,0	31,0	19,0	12,0	15,3	2,51 0,164	0,031	33,0	1,33	0,071	0,014
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	2,95 CL	22,0	25,0	16,0	9,0	19,7	2,51 0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	3,95 SM	14,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	4,95 GW	11,0 NA	NA	NA		22,0	0,9 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	6,2 CL	38,0	45,0	27,0	18,0	15,3	2,51 0,247	0,047	33,0	1,33	0,107	0,020
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	7,225 CL	38,0	42,0	24,0	18,0	15,4	3,07 0,247	0,047	33,0	1,33	0,107	0,020
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	8,225 CL	22,0	24,0	16,0	8,0	14,0	3,07 0,110	0,021	33,0	1,33	0,048	0,009
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	9,7 MH	48,0	56,0	37,0	19,0	15,5	1,82 0,965	0,183	31,5	1,27	0,420	0,080
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	11,2 ML	32,0	56,0	37,0	19,0	15,8	1,82 0,965	0,183	31,5	1,27	0,420	0,080
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	12,725 CH	32,0	54,0	19,0	35,0	14,0	0,92 0,380	0,070	27,8	1,10	0,165	0,030
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	14,225 ML	22,0	56,0	37,0	19,0	15,8	1,82 0,965	0,183	31,5	1,27	0,420	0,080
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	15,7 SM	14,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	17,2 SM	20,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	18,7 SM	23,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	20,2 SM	32,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	23,225 CH	42,0	51,0	24,0	27,0	16,9	3,07 0,370	0,070	29,4	1,17	0,161	0,030
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	24,725 CH	51,0	69,0	35,0	34,0	14,0	3,19 1,400	0,170	27,9	1,11	0,609	0,074
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	26,225 CH	62,0	69,0	26,0	43,0	14,0	3,07 0,589	0,112	26,5	1,05	0,256	0,049
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	29,15 ML	261,0	56,0	37,0	19,0	15,8	1,82 0,965	0,183	31,5	1,27	0,420	0,080
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	30,65 ML	18,0	56,0	37,0	19,0	15,8	1,82 0,965	0,183	31,5	1,27	0,420	0,080
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	32,225 CL	20,0	34,0	17,0	17,0	14,0	3,07 0,233	0,044	32,3	1,30	0,101	0,019
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	33,7 CL	20,0	41,0	19,0	22,0	20,7	3,07 0,301	0,057	30,6	1,23	0,131	0,025
IG39	101711,5	106041,1	2571,93	36	35,2 CL	24,0	46,0	19,0	27,0	20,2	3,07 0,370	0,070	29,4	1,17	0,161	0,030
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	1,5 MH	NA	161,8	98,1	63,7	14,4	1,02 0,410	0,250	7,0	0,25	0,178	0,109
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	2,75 CL	NA	50,1	21,6	28,5	15,3	2,51 0,390	0,074	33,0	1,33	0,170	0,032
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	3,55 CL	NA	50,1	21,6	28,5	15,3	2,51 0,390	0,074	33,0	1,33	0,170	0,032
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	3,65 CL	NA	50,1	21,6	28,5	15,3	2,51 0,390	0,074	33,0	1,33	0,170	0,032
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	3,75 CL	NA	50,1	21,6	28,5	19,9	2,51 0,390	0,074	5,0	0,18	0,170	0,032
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	4,4 ML	NA	NA	NA	25,0	17,8	1,44 0,580	0,250	12,0	0,45	0,252	0,109
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	5,485 ML	42,7 NA	NA	NA	25,0	17,8	1,44 0,580	0,250	27,0	1,07	0,252	0,109
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	6,035 ML	NA	NA	NA	25,0	17,8	1,44 0,580	0,250	27,0	1,07	0,252	0,109
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	6,15 ML	41,0 NA	NA	NA	25,0	17,8	1,44 0,580	0,250	27,0	1,07	0,252	0,109
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	6,25 ML	NA	NA	NA	25,0	17,8	1,44 0,580	0,250	6,0	0,22	0,252	0,109
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	7,15 ML	NA	NA	NA	25,0	17,8	1,44 0,580	0,250	9,0	0,33	0,252	0,109

IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	8,5 ML	NA	NA	NA	25,0	17,8	1,44	0,580	0,250	29,8	1,19	0,252	0,109	
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	9,05 ML	NA	NA	NA	25,0	17,8	1,44	0,580	0,250	29,8	1,19	0,252	0,109	
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	9,15 MH		45,7	NA	NA	25,0	14,7	1,02	0,410	0,070	29,8	1,19	0,178	0,030
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	9,25 MH	NA	NA	NA	25,0	14,7	2,13	1,130	0,190	8,0	0,29	0,491	0,083	
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	10,15 MH	NA	NA	NA	25,0	14,7	2,13	1,130	0,190	14,0	0,53	0,491	0,083	
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	11,5 MH	NA	NA	NA	25,0	14,4	2,13	1,130	0,190	29,8	1,19	0,491	0,083	
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	12,07 MH		80,7	161,8	98,1	63,7	14,7	2,13	1,130	0,190	24,2	0,95	0,491	0,083
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	12,195 MH	NA		161,8	98,1	63,7	13,7	2,13	1,130	0,190	24,2	0,95	0,491	0,083
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	12,275 MH	NA		161,8	98,1	63,7	14,7	2,13	1,130	0,190	10,0	0,37	0,491	0,083
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	14,07 CL		35,0	50,1	21,6	28,5	14,0	3,07	0,390	0,074	29,0	1,16	0,170	0,032
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	14,6 CL	NA		50,1	21,6	28,5	17,8	1,44	0,580	0,250	9,0	0,33	0,252	0,109
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	16 SM	NA	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	8,0	0,29	0,006	0,003	
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	17,75 SM	NA	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	82,0	2,96	0,006	0,003	
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	19,25 SM	NA	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	21,0	0,81	0,006	0,003	
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	20,75 SM	NA	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	37,0	1,51	0,006	0,003	
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	22,25 SM	NA	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	30,0	1,20	0,006	0,003	
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	23,75 SM	NA	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	35,0	1,42	0,006	0,003	
IG40	101558,5	105733,9	2571,21	26	25,25 SM	NA	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	0,875 CL		23,0	41,2	24,0	17,2	15,3	2,51	0,236	0,045	33,0	1,33	0,103	0,019
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	1,225 CH		32,0	56,0	29,0	27,0	15,3	2,51	0,370	0,070	33,0	1,33	0,161	0,030
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	1,5 CL		26,0	49,0	25,0	24,0	15,3	2,51	0,329	0,062	33,0	1,33	0,143	0,027
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	2,05 CH		25,0	54,0	20,0	34,0	15,3	2,51	0,466	0,088	33,0	1,33	0,203	0,038
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	2,675 CL		25,0	49,0	23,0	26,0	15,3	2,51	0,356	0,068	33,0	1,33	0,155	0,029
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	3,45 MH		89,0	102,0	45,0	57,0	15,2	1,23	0,700	0,080	27,0	1,07	0,304	0,035
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	6,875 ML		32,0	NA	NA	25,0	17,5	1,82	0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	10,425 OH		148,0	184,0	64,0	120,0	1,2	4	1,800	0,180	15,0	0,57	0,783	0,078
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	11,725 MH		118,0	194,0	87,0	107,0	15,8	1,82	0,965	0,183	21,1	0,82	0,420	0,080
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	12,825 CL		35,0	46,0	20,0	26,0	14,0	3,07	0,356	0,068	29,6	1,18	0,155	0,029
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	13,775 CL		19,0	21,0	16,0	5,0	14,0	3,07	0,068	0,013	33,0	1,33	0,030	0,006
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	14,875 CH		47,0	64,0	22,0	42,0	14,0	3,07	0,575	0,109	26,7	1,06	0,250	0,047
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	16,05 ML		27,0	NA	NA	25,0	15,8	1,82	0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	17,225 CH		74,0	120,0	45,0	75,0	12,2	3,07	1,027	0,195	23,2	0,91	0,447	0,085
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	19,175 MH		69,0	81,0	40,0	41,0	15,8	1,82	0,965	0,183	26,8	1,06	0,420	0,080
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	20,325 SM		30,0	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	20,8 ML		106,0	NA	NA	25,0	15,8	1,82	0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	21,625 ML		31,0	NA	NA	25,0	15,8	1,82	0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	22,9 ML		38,0	NA	NA	25,0	15,8	1,82	0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	24 ML		30,0	NA	NA	25,0	15,8	1,82	0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	25,375 OH		172,0	183,0	94,0	89,0	12,9	4	1,800	0,180	15,0	0,57	0,783	0,078
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	27,175 MH		58,0	60,0	36,0	24,0	15,0	1,23	0,700	0,080	30,1	1,20	0,304	0,035
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	28,225 CH		24,0	54,0	16,0	38,0	14,0	3,07	0,521	0,099	27,3	1,08	0,226	0,043
IG41	101523	105303,8	2568,89	32,3	30,35 MH		53,0	55,0	34,0	21,0	15,8	1,82	0,965	0,183	30,9	1,24	0,420	0,080

IG42	101423,7	104876,9	2568,69	23	0,75 CL	NA	119,7	40,2	79,6	15,3	1,46 0,440	0,080	33,0	1,33	0,191	0,035		
IG42	101423,7	104876,9	2568,69	23	2 CH	NA	119,7	40,2	79,6	15,3	0,61 0,210	0,020	33,0	1,33	0,091	0,009		
IG42	101423,7	104876,9	2568,69	23	3,05 MH	NA	NA	NA	25,0	17,5	0,61 0,210	0,020	27,0	1,07	0,091	0,009		
IG42	101423,7	104876,9	2568,69	23	3,15 MH	NA	NA	NA	25,0	17,5	0,61 0,210	0,020	27,0	1,07	0,091	0,009		
IG42	101423,7	104876,9	2568,69	23	3,35 MH	NA	NA	NA	25,0	17,5	0,61 0,210	0,020	27,0	1,07	0,091	0,009		
IG42	101423,7	104876,9	2568,69	23	4,25 MH	NA	NA	NA	25,0	17,5	0,61 0,210	0,020	27,0	1,07	0,091	0,009		
IG42	101423,7	104876,9	2568,69	23	5,55 ML	NA	NA	NA	25,0	17,5	0,69 0,320	0,060	27,0	1,07	0,139	0,026		
IG42	101423,7	104876,9	2568,69	23	6,22 ML		28,4	NA	NA	25,0	17,5	0,69 0,320	0,060	27,0	1,07	0,139	0,026	
IG42	101423,7	104876,9	2568,69	23	6,37 ML	NA	NA	NA	25,0	17,5	0,69 0,320	0,060	27,0	1,07	0,139	0,026		
IG42	101423,7	104876,9	2568,69	23	7,2 ML	NA	NA	NA	25,0	17,5	0,69 0,320	0,060	27,0	1,07	0,139	0,026		
IG42	101423,7	104876,9	2568,69	23	12,355 CL		45,1	167,7	50,0	117,8	14,0	1,46 0,440	0,080	20,6	0,80	0,191	0,035	
IG42	101423,7	104876,9	2568,69	23	18,12 CH		21,1	167,7	50,0	117,8	14,0	0,61 0,210	0,020	20,6	0,80	0,091	0,009	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	1,75 SM		17,0	77,0	31,0	46,0	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	2,75 SC		70,0	77,0	31,0	46,0	20,0	0,66 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	4,35 CL		38,0	40,0	21,0	19,0	19,7	3,16 1,460	0,140	33,0	1,33	0,635	0,061	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	5,725 SM		49,0	77,0	31,0	46,0	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	6,8 PT		472,0	NA	NA		162,0	1,2	4 1,800	0,180	15,0	0,57	0,783	0,078
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	7,6 CH		75,0	84,0	27,0	57,0	14,0	3,16 1,460	0,140	24,8	0,98	0,635	0,061	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	8,5 MH		54,0	60,0	44,0	16,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,6	1,32	0,420	0,080	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	9,8 ML		24,0	60,0	44,0	16,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,6	1,32	0,420	0,080	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	11,175 SM		28,0	77,0	31,0	46,0	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	13,975 SM		21,0	77,0	31,0	46,0	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	15,075 SM		19,0	77,0	31,0	46,0	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	16,175 SC		18,0	29,0	12,0	17,0	20,0	0,66 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	17,35 CL		25,0	43,0	16,0	27,0	19,7	3,16 1,460	0,140	29,4	1,17	0,635	0,061	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	18,775 CH		38,0	52,0	18,0	34,0	20,8	3,16 1,460	0,140	27,9	1,11	0,635	0,061	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	20,225 SC		15,0	29,0	12,0	17,0	20,0	0,66 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	22,15 GM		11,0	NA	NA	NA		0,7 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	23,725 SM		16,0	77,0	31,0	46,0	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG43	101381,7	104543,5	2574,5	25	24,475 CL		26,0	29,0	19,0	10,0	14,0	3,07 0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011	
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	2,035 CL		66,1	37,4	20,3	17,1	15,3	2,51 0,234	0,044	21,3	0,83	0,102	0,019	
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	2,6 CL	NA		37,4	20,3	17,1	20,4	2,51 0,234	0,044	33,0	1,33	0,102	0,019	
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	3,12 CL		17,4	37,4	20,3	17,1	20,4	2,51 0,234	0,044	19,6	0,76	0,102	0,019	
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	3,27 CL	NA		37,4	20,3	17,1	20,4	2,51 0,234	0,044	33,0	1,33	0,102	0,019	
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	3,35 CL	NA		37,4	20,3	17,1	20,4	2,51 0,234	0,044	33,0	1,33	0,102	0,019	
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	3,45 CL	NA		37,4	20,3	17,1	18,8	2,51 0,234	0,044	33,0	1,33	0,102	0,019	
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	3,75 CL	NA		37,4	20,3	17,1	18,8	2,51 0,234	0,044	33,0	1,33	0,102	0,019	
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	4,205 CH		25,7	119,7	40,2	79,6	18,8	2,51 1,090	0,049	13,4	0,50	0,474	0,021	
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	4,43 CH	NA		119,7	40,2	79,6	18,8	2,51 1,090	0,049	33,0	1,33	0,474	0,021	
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	5,02 CL		23,4	37,4	20,3	17,1	15,3	2,51 0,234	0,044	33,0	1,33	0,102	0,019	
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	5,785 CH		44,4	119,7	40,2	79,6	17,5	2,51 1,090	0,045	3,7	0,13	0,474	0,020	
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	6,55 CH	NA		119,7	40,2	79,6	17,5	2,51 1,090	0,045	33,0	1,33	0,474	0,020	

IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	6,85 CH	NA	119,7	40,2	79,6	17,5	2,51 1,090	0,045	33,0	1,33	0,474	0,020
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	6,95 CH	NA	119,7	40,2	79,6	17,5	2,51 1,090	0,045	33,0	1,33	0,474	0,020
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	7,2 CH	NA	119,7	40,2	79,6	15,8	3,07 1,090	0,041	33,0	1,33	0,474	0,018
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	8,12 MH	45,2	69,2	34,2	35,0	17,5	1,5 0,650	0,290	12,3	0,46	0,283	0,126
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	8,785 MH	57,4	69,2	34,2	35,0	15,8	1,5 0,650	0,290	4,5	0,16	0,283	0,126
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	9,155 MH	51,7	64,5	33,6	30,9	15,8	1,5 0,650	0,290	28,5	1,14	0,283	0,126
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	9,835 MH	37,3	69,2	34,2	35,0	15,8	1,03 0,730	0,090	1,2	0,04	0,317	0,039
IG44	101327,6	104138,4	2575,84	25,5	10,155 MH	40,3	69,2	34,2	35,0	15,8	1,03 0,730	0,090	27,8	1,10	0,317	0,039
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	2,15 CL	36,6	43,1	22,3	20,8	15,3	2,51 0,285	0,054	33,0	1,33	0,124	0,023
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	3,25 CL	33,6	43,1	22,3	20,8	15,3	2,51 0,285	0,054	33,0	1,33	0,124	0,023
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	4,35 MH	33,6 NA	NA	NA	25,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	4,8 MH	65,7 NA	NA	NA	25,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	5,5 MH	84,2 NA	NA	NA	25,0	14,3	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	6,45 MH	41,9 NA	NA	NA	25,0	14,3	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	7,7 CL	22,0	43,1	22,3	20,8	14,0	3,07 0,285	0,054	31,0	1,24	0,124	0,023
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	8,75 SP	22,1 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	9,75 CH	94,2	167,7	50,0	117,8	17,0	3,07 1,613	0,044	20,6	0,80	0,701	0,019
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	11 CH	25,1	167,7	50,0	117,8	17,0	3,07 1,613	0,044	20,6	0,80	0,701	0,019
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	12,25 CL	25,1	22,2	11,4	10,8	14,0	3,07 0,148	0,028	33,0	1,33	0,064	0,012
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	14 CH	23,3	167,7	50,0	117,8	18,7	3,07 1,613	0,049	20,6	0,80	0,701	0,021
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	15,9 CH	16,5	167,7	50,0	117,8	19,3	3,07 1,613	0,050	20,6	0,80	0,701	0,022
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	17,4 GP	16,5 NA	NA	NA	NA	19,3	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	18,25 CH	24,9	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	19 CH	23,8	50,8	15,2	35,6	14,0	3,07 0,488	0,092	27,7	1,10	0,212	0,040
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	20,75 CH	15,4	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	22,25 CH	12,0	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	23,75 CH	12,9	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG45	101188,1	103852,8	2574,37	26,5	25,5 CL	15,3	167,7	50,0	117,8	19,0	3,07 1,613	0,049	20,6	0,80	0,701	0,021
IG46	101164,1	103450	2580	25	1,75 CL	15,8	20,0	14,7	5,3	15,3	2,51 0,073	0,014	33,0	1,33	0,032	0,006
IG46	101164,1	103450	2580	25	2,75 SP	17,9 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG46	101164,1	103450	2580	25	4,5 CL	18,0	30,4	18,3	12,1	15,3	2,51 0,166	0,031	33,0	1,33	0,072	0,014
IG46	101164,1	103450	2580	25	6 GP	12,6 NA	NA	NA	NA	20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG46	101164,1	103450	2580	25	7,5 CL	22,2	31,2	19,1	12,1	15,3	3,07 0,166	0,031	34,4	1,39	0,072	0,014
IG46	101164,1	103450	2580	25	9,5 SP	13,5 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG46	101164,1	103450	2580	25	11,5 SP	14,5 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG46	101164,1	103450	2580	25	14,5 SP	19,1 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG46	101164,1	103450	2580	25	17,5 SP	24,5 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG46	101164,1	103450	2580	25	19,75 GP	15,3 NA	NA	NA	NA	20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG46	101164,1	103450	2580	25	22 GP	13,2 NA	NA	NA	NA	20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG46	101164,1	103450	2580	25	24 SP	15,5 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	1,8 MH	52,2	88,2	47,1	41,1	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	2,6 MH	18,3	88,2	47,1	41,1	17,5	1,82 0,965	0,183	35,8	1,45	0,420	0,080
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	3,95 SP	18,3 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	5,3 GP	26,6 NA	NA	NA	NA	20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	6,8 CL	26,6	22,0	14,6	7,4	15,3	2,51 0,101	0,019	33,0	1,33	0,044	0,008
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	8 CL	17,7	22,0	14,6	7,4	14,0	3,07 0,101	0,019	33,0	1,33	0,044	0,008

IG47	101106,5	103046,4	2585	25	9,2 SP	9,6 NA	NA	NA		19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	10,85 GP	12,6 NA	NA	NA		20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	12,25 GP	17,7 NA	NA	NA		20,0	0,9 0,007	0,004	45,0	1,85	0,003	0,002
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	13,75 GP	14,5 NA	NA	NA		20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	15,75 GP	10,3 NA	NA	NA		20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	17,95 ML	18,0 NA	NA	25,0		15,8	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	19,95 CL	21,9	22,0	14,6	7,4	14,0	3,07 0,101	0,019	33,0	1,33	0,044	0,008
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	21,8 SP	26,0 NA	NA	NA		19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	23,1 ML	26,0 NA	NA	25,0		15,8	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG47	101106,5	103046,4	2585	25	24,3 GP	16,9 NA	NA	NA		20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	1,7 CL	20,1	119,7	40,2	79,6	15,3	2,51 1,090	0,040	33,0	1,33	0,474	0,017
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	2,7 CL	11,5	119,7	40,2	79,6	15,3	2,51 1,090	0,040	33,0	1,33	0,474	0,017
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	4,15 CL	14,1	119,7	40,2	79,6	15,3	2,51 1,090	0,040	33,0	1,33	0,474	0,017
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	5 GW	14,1 NA	NA	NA		22,0	0,9 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	6,1 CL	22,2	119,7	40,2	79,6	15,3	2,51 1,090	0,040	33,0	1,33	0,474	0,017
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	7,75 CL	19,0	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	9,25 CL	18,1	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	10,75 MH	30,7 NA	NA	25,0		15,8	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	12,55 CH	20,0	167,7	50,0	117,8	18,9	3,07 1,613	0,049	20,6	0,80	0,701	0,021
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	14,3 CH	31,0	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	16,25 GP	13,3 NA	NA	NA		20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	18,5 GP	14,0 NA	NA	NA		20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	20,5 GP	16,3 NA	NA	NA		20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	22,6 CL	22,4	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	25,6 CL	16,7	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	28 CL	23,5	167,7	50,0	117,8	20,3	3,07 1,613	0,053	20,6	0,80	0,701	0,023
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	30,05 CL	17,3	167,7	50,0	117,8	22,3	3,07 1,613	0,058	20,6	0,80	0,701	0,025
IG51	100991,9	102025,6	2604,88	35	33,3 CL	13,6	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG53	100738,3	101309	2603	31	1,6 CL	27,6	34,1	18,4	15,7	23,1	0,621 0,265	0,042	33,0	1,33	0,115	0,018
IG53	100738,3	101309	2603	31	5 GC	11,4	29,7	20,7	9,0	22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
IG53	100738,3	101309	2603	31	7 GM	8,3	29,7	20,7	9,0	22,0	0,7 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG53	100738,3	101309	2603	31	9 CL	24,1	23,4	17,8	5,6	14,0	3,07 0,077	0,015	33,0	1,33	0,033	0,006
IG53	100738,3	101309	2603	31	13 SM	19,7	19,7 NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG53	100738,3	101309	2603	31	19 CL	29,9	38,1	23,0	15,1	14,0	3,07 0,207	0,039	33,0	1,33	0,090	0,017
IG53	100738,3	101309	2603	31	21 MH	44,4	47,1	28,5	18,6	15,8	1,82 0,965	0,183	31,7	1,27	0,420	0,080
IG55	100293	100754,7	2599,24	36	4,25 CL	8,8	119,7	40,2	79,6	15,3	2,51 1,090	0,040	33,0	1,33	0,474	0,017
IG55	100293	100754,7	2599,24	36	6,5 SM	9,9 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG55	100293	100754,7	2599,24	36	14,95 CL	39,6	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG55	100293	100754,7	2599,24	36	17,7 CL	24,8	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG55	100293	100754,7	2599,24	36	20 CL	39,4	167,7	50,0	117,8	20,5	3,07 1,613	0,053	20,6	0,80	0,701	0,023
IG55	100293	100754,7	2599,24	36	22 CL	12,5	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG55	100293	100754,7	2599,24	36	29,5 CL	19,8	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	1,75 GM	9,0 NA	NA	NA		22,0	0,7 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	3,25 GM	9,0 NA	NA	NA		22,0	0,7 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	4,75 GM	10,0 NA	NA	NA		22,0	0,7 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	7,75 CL	21,0	28,0	18,0	10,0	14,0	3,07 0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011

IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	9,25 CL	26,0	29,0	20,0	9,0	19,6	3,07 0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	10,25 CL	28,0	29,0	20,0	9,0	14,0	3,07 0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	10,75 MH	55,0	77,0	41,0	36,0	17,1	1,26 0,500	0,090	16,6	0,63	0,217	0,039	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	11,75 CL	27,0	30,0	18,0	12,0	19,6	3,07 0,164	0,031	34,5	1,40	0,071	0,014	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	13,25 SC	16,0	33,0	21,0	12,0	20,0	0,66 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	14,25 GM	15,0	27,0	20,0	7,0	22,0	0,7 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	15,15 SM	13,0	28,0	21,0	7,0	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	16,65 CL	55,0	38,0	24,0	14,0	19,6	3,07 0,192	0,036	33,5	1,35	0,083	0,016	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	18,25 CH	63,0	58,0	27,0	31,0	14,0	3,07 0,425	0,081	28,5	1,13	0,185	0,035	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	20 MH	58,0	150,0	98,0	52,0	16,9	1,2 0,500	0,090	25,4	1,00	0,217	0,039	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	21,25 CL	37,0	32,0	22,0	10,0	19,6	3,07 0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	22,5 PT	74,0 NA	NA		162,0	1,2	4 1,800	0,180	15,0	0,57	0,783	0,078	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	23,75 MH	93,0	116,0	74,0	42,0	15,3	1,97 0,500	0,090	22,5	0,88	0,217	0,039	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	25 MH	68,0	87,0	46,0	41,0	15,8	1,82 0,965	0,183	26,8	1,06	0,420	0,080	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	26,25 MH	101,0	95,0	63,0	32,0	13,9	2,5 3,970	0,020	28,3	1,13	1,726	0,009	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	27,5 MH	91,0	172,0	116,0	56,0	13,7	1,97 0,500	0,090	24,9	0,98	0,217	0,039	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	28,825 MH	87,0	79,0	40,0	39,0	15,8	1,82 0,965	0,183	27,1	1,07	0,420	0,080	
IG57	100179,3	100626,5	2595,78	30	29,575 ML	60,0	41,0	28,0	13,0	15,8	1,82 0,965	0,183	34,0	1,37	0,420	0,080	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	2,65 CH	176,0	257,0	78,0	179,0	15,3	2,51 2,452	0,465	5,2	0,19	1,066	0,202	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	3,325 MH	151,0	225,0	107,0	118,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	4,375 CH	58,0	98,0	27,0	71,0	15,3	2,51 0,973	0,184	33,0	1,33	0,423	0,080	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	5,325 CH	58,0	98,0	27,0	71,0	15,3	2,51 0,973	0,184	33,0	1,33	0,423	0,080	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	6,45 SM	20,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	8,45 SM	17,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	10,225 GW	18,0 NA	NA	NA		22,0	0,9 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	11,825 SP	14,0 NA	NA	NA		19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	14,375 SM	45,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	15,475 CH	65,0	75,0	30,0	45,0	14,0	3,07 0,616	0,117	26,2	1,04	0,268	0,051	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	17 CL	30,0	31,0	16,0	15,0	14,0	3,07 0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	19,05 CH	79,0	99,0	40,0	59,0	14,0	3,07 0,808	0,153	16,0	0,61	0,351	0,067	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	20,325 OH	116,0	131,0	73,0	58,0	1,2	4 1,800	0,180	15,0	0,57	0,783	0,078	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	21,25 MH	106,0	181,0	68,0	113,0	15,0	1,82 0,965	0,183	20,8	0,81	0,420	0,080	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	23,025 OH	111,0	163,0	58,0	105,0	1,2	4 1,800	0,180	15,0	0,57	0,783	0,078	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	24,3 CL	32,0	46,0	27,0	19,0	16,7	3,07 0,260	0,049	31,5	1,27	0,113	0,021	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	25,5 SW	17,0 NA	NA	NA		19,0	0,76 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	27,225 SM	25,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	28,975 SM	14,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	33 SM	19,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	36,5 CL	27,0	32,0	18,0	14,0	14,0	3,07 0,192	0,036	33,5	1,35	0,083	0,016	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	38 CL	20,0	35,0	17,0	18,0	14,0	3,07 0,247	0,047	31,9	1,28	0,107	0,020	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	40 SM	10,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	46,475 SC	25,0	30,0	14,0	16,0	20,0	0,66 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003	
IG80	101662	106657,9	2563,24	45	47,5 GP	11,0 NA	NA	NA		20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002	
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	2,6 SM	NA	NA	NA	NA		17,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	3,1 MH	NA	NA	NA	25,0	17,0	2,06 1,210	0,130	27,0	1,07	0,526	0,057	
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	4,1 MH	NA	NA	NA	25,0	19,9	2,06 1,210	0,130	27,0	1,07	0,526	0,057	

IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	5,5 MH	NA	NA	NA	25,0	19,9	2,06	1,210	0,130	27,0	1,07	0,526	0,057	
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	6,05 MH	NA	NA	NA	25,0	19,9	2,06	1,210	0,130	27,0	1,07	0,526	0,057	
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	6,15 MH	NA	NA	NA	25,0	19,9	2,06	1,210	0,130	27,0	1,07	0,526	0,057	
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	6,25 MH	NA	NA	NA	25,0	19,9	2,06	1,210	0,130	27,0	1,07	0,526	0,057	
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	7,15 SW	NA	NA	NA	NA	19,0	0,76	0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002	
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	8,535 CH		85,1	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07	1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	10,2 CH		17,2	167,7	50,0	117,8	16,8	1,19	0,580	0,060	20,6	0,80	0,252	0,026
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	11,05 CH	NA		167,7	50,0	117,8	16,8	1,19	0,580	0,060	20,6	0,80	0,252	0,026
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	11,17 CH		68,1	167,7	50,0	117,8	16,8	1,19	0,580	0,060	20,6	0,80	0,252	0,026
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	11,243 CH	NA		167,7	50,0	117,8	16,8	1,19	0,580	0,060	20,6	0,80	0,252	0,026
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	13,996 CL	NA		167,7	50,0	117,8	16,8	1,19	0,580	0,060	20,6	0,80	0,252	0,026
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	14,096 CL	NA		167,7	50,0	117,8	16,8	1,19	0,580	0,060	20,6	0,80	0,252	0,026
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	14,196 CL	NA		167,7	50,0	117,8	18,1	3,07	1,613	0,047	20,6	0,80	0,701	0,020
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	14,596 CL	NA		167,7	50,0	117,8	16,8	1,19	0,580	0,060	20,6	0,80	0,252	0,026
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	18,631 ML		63,9	NA	NA	25,0	14,3	1,64	0,760	0,170	29,8	1,19	0,330	0,074
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	19,281 ML	NA		NA	NA	25,0	14,3	2,06	1,210	0,130	29,8	1,19	0,526	0,057
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	19,496 ML	NA		NA	NA	25,0	15,8	2,06	1,210	0,130	29,8	1,19	0,526	0,057
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	21,166 MH		151,2	NA	NA	25,0	15,8	2,06	1,210	0,130	29,8	1,19	0,526	0,057
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	25,196 ML	NA		NA	NA	25,0	16,8	2,06	1,210	0,130	29,8	1,19	0,526	0,057
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	25,496 ML	NA		NA	NA	25,0	16,8	2,06	1,210	0,130	29,8	1,19	0,526	0,057
IG81	101548,8	106526,1	2563,9	39,5	25,596 ML	NA		NA	NA	25,0	16,8	2,06	1,210	0,130	29,8	1,19	0,526	0,057
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	2,55 CH	NA		119,7	40,2	79,6	14,0	2,35	0,980	0,100	33,0	1,33	0,426	0,043
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	3,17 CH		99,5	119,7	40,2	79,6	14,1	2,35	0,980	0,100	33,0	1,33	0,426	0,043
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	3,72 SM	NA		NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	4,41 SM		159,5	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	7,15 MH	NA		71,3	33,3	38,0	14,1	2,35	0,980	0,100	27,0	1,07	0,426	0,043
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	8,535 MH		42,5	71,3	33,3	38,0	14,1	2,35	0,980	0,100	12,0	0,45	0,426	0,043
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	9,285 MH	NA		71,3	33,3	38,0	14,1	2,35	0,980	0,100	27,3	1,08	0,426	0,043
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	9,55 MH	NA		71,3	33,3	38,0	14,1	2,35	0,980	0,100	27,3	1,08	0,426	0,043
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	9,7 MH	NA		71,3	33,3	38,0	14,1	2,35	0,980	0,100	27,3	1,08	0,426	0,043
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	11,1 SM	NA		NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	11,3 SM	NA		NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	11,5 SM	NA		NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	17,6 MH	NA		71,3	33,3	38,0	15,8	2,35	0,980	0,100	27,3	1,08	0,426	0,043
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	18,25 MH	NA		71,3	33,3	38,0	15,8	2,35	0,980	0,100	27,3	1,08	0,426	0,043
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	18,455 MH		49,3	71,3	33,3	38,0	15,8	2,35	0,980	0,100	27,3	1,08	0,426	0,043
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	18,655 MH	NA		71,3	33,3	38,0	17,2	2,35	0,980	0,100	27,3	1,08	0,426	0,043
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	21,32 CL		278,0	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07	1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	24,825 CH	NA		167,7	50,0	117,8	15,7	2,35	0,980	0,100	20,6	0,80	0,426	0,043
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	25,3 CH	NA		167,7	50,0	117,8	15,7	2,35	0,980	0,100	20,6	0,80	0,426	0,043
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	25,555 CH		33,7	167,7	50,0	117,8	15,7	1,04	0,150	0,020	20,6	0,80	0,065	0,009
IG82	101524,1	106237,3	2565,47	40,2	25,955 MH	NA		71,3	33,3	38,0	18,0	2,35	0,980	0,100	27,3	1,08	0,426	0,043
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	1,475 SC		31,0	54,0	28,0	26,0	20,0	0,66	0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	2,225 MH		75,0	98,0	39,0	59,0	14,1	4,27	1,970	0,290	27,0	1,07	0,857	0,126
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	3,05 CH		58,0	141,0	41,0	100,0	12,8	1,61	0,830	0,050	33,0	1,33	0,361	0,022
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	3,825 CH		100,0	106,0	39,0	67,0	15,3	2,51	0,918	0,174	33,0	1,33	0,399	0,076

IG83	101545,3	106057,9	2568	50	4,75 ML	48,0	48,0	37,0	11,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	5,95 SM	21,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	7,2 MH	81,0	121,0	51,0	70,0	12,6	4,27 1,970	0,290	27,0	1,07	0,857	0,126
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	8,7 MH	154,0	198,0	118,0	80,0	12,9	4,27 1,970	0,290	22,8	0,89	0,857	0,126
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	9,725 CH	65,0	105,0	32,0	73,0	14,0	3,07 1,000	0,190	23,4	0,91	0,435	0,082
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	10,975 SM	26,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	12,7 SM	23,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	14,2 SM	19,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	15,7 SM	19,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	17,2 SM	17,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	18,7 SM	28,0	55,0	24,0	31,0	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	20,2 CH	83,0	129,0	42,0	87,0	13,9	1,61 0,830	0,050	22,3	0,87	0,361	0,022
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	22,75 CH	102,0	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	24,875 CH	56,0	59,0	28,0	31,0	12,8	1,61 0,830	0,050	28,5	1,13	0,361	0,022
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	26,475 CH	30,0	51,0	18,0	33,0	14,0	3,07 0,452	0,086	28,1	1,12	0,197	0,037
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	27,425 ML	28,0	48,0	37,0	11,0	19,7	4,27 1,970	0,290	35,1	1,42	0,857	0,126
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	28,4 ML	39,0	48,0	37,0	11,0	15,8	1,82 0,965	0,183	35,1	1,42	0,420	0,080
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	29,9 SC	21,0	29,0	15,0	14,0	20,0	0,66 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	31,425 CH	48,0	73,0	27,0	46,0	14,0	3,07 0,630	0,119	26,1	1,03	0,274	0,052
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	32,425 CH	47,0	54,0	24,0	30,0	14,0	3,07 0,411	0,078	28,7	1,14	0,179	0,034
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	33,725 MH	117,0	129,0	66,0	63,0	13,9	4,27 1,970	0,290	24,2	0,95	0,857	0,126
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	35,025 ML	40,0	48,0	37,0	11,0	19,7	4,27 1,970	0,290	35,1	1,42	0,857	0,126
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	35,525 CL	26,0	34,0	22,0	12,0	14,0	3,07 0,164	0,031	34,5	1,40	0,071	0,014
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	36,85 CL	29,0	35,0	20,0	15,0	19,4	1,61 0,830	0,050	33,1	1,33	0,361	0,022
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	38,175 CL	27,0	32,0	21,0	11,0	14,0	3,07 0,151	0,029	33,0	1,33	0,066	0,012
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	39,45 SC	30,0	35,0	21,0	14,0	20,0	0,66 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	42,225 CL	45,0	52,0	20,0	32,0	14,0	3,07 0,438	0,083	28,3	1,13	0,191	0,036
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	43,9 SM	18,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	45,7 SM	11,0 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	47,375 CH	35,0	76,0	21,0	55,0	14,0	3,07 0,753	0,143	25,0	0,99	0,328	0,062
IG83	101545,3	106057,9	2568	50	49,1 ML	31,0	48,0	37,0	11,0	15,8	1,82 0,965	0,183	35,1	1,42	0,420	0,080
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	2,2 SM	NA	NA	NA	NA	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	3,3 SM	NA	NA	NA	NA	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	3,5 ML	NA	NA	NA	25,0	17,0	1,45 0,630	0,120	27,0	1,07	0,274	0,052
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	3,7 ML	NA	NA	NA	25,0	17,0	1,45 0,630	0,120	27,0	1,07	0,274	0,052
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	4 ML	NA	NA	NA	25,0	17,0	1,45 0,630	0,120	27,0	1,07	0,274	0,052
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	4,3 ML	NA	NA	NA	25,0	14,7	1,45 0,630	0,120	27,0	1,07	0,274	0,052
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	4,8 ML	NA	NA	NA	25,0	14,7	1,45 0,630	0,120	27,0	1,07	0,274	0,052
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	6 ML	NA	NA	NA	25,0	14,7	1,45 0,630	0,120	27,0	1,07	0,274	0,052
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	6,9 ML	NA	NA	NA	25,0	14,7	1,45 0,630	0,120	27,0	1,07	0,274	0,052
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	7,1 ML	NA	NA	NA	25,0	14,7	1,45 0,630	0,120	27,0	1,07	0,274	0,052
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	7,3 ML	NA	NA	NA	25,0	14,7	1,45 0,630	0,120	27,0	1,07	0,274	0,052
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	7,6 ML	NA	NA	NA	25,0	14,7	1,45 0,630	0,120	29,8	1,19	0,274	0,052
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	7,97 ML	51,8 NA	NA		25,0	14,7	1,45 0,630	0,120	29,8	1,19	0,274	0,052
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	8,22 ML	51,8 NA	NA		25,0	14,7	1,45 0,630	0,120	29,8	1,19	0,274	0,052
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	8,55 ML	51,8 NA	NA		25,0	14,7	1,45 0,630	0,120	29,8	1,19	0,274	0,052

IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	9,8 MH	NA	NA	NA	25,0	16,3	2,63	1,760	0,270	29,8	1,19	0,765	0,117	
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	11,15 MH	NA	NA	NA	25,0	16,3	2,63	1,760	0,270	29,8	1,19	0,765	0,117	
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	11,55 MH	NA	NA	NA	25,0	16,3	2,63	1,760	0,270	29,8	1,19	0,765	0,117	
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	11,9 MH	NA	NA	NA	25,0	16,3	2,63	1,760	0,270	29,8	1,19	0,765	0,117	
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	12,07 MH		100,0	NA	NA	25,0	16,3	2,63	1,760	0,270	29,8	1,19	0,765	0,117
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	12,22 MH		100,0	NA	NA	25,0	16,3	2,63	1,760	0,270	29,8	1,19	0,765	0,117
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	12,55 MH		100,0	NA	NA	25,0	16,3	2,63	1,760	0,270	29,8	1,19	0,765	0,117
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	15,1 CL	NA		167,7	50,0	117,8	17,9	3,07	1,613	0,046	20,6	0,80	0,701	0,020
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	15,3 CL	NA		167,7	50,0	117,8	17,9	3,07	1,613	0,046	20,6	0,80	0,701	0,020
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	16,1 CL	NA		167,7	50,0	117,8	17,9	3,07	1,613	0,046	20,6	0,80	0,701	0,020
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	17,1 CH	NA		167,7	50,0	117,8	18,1	3,07	1,613	0,047	20,6	0,80	0,701	0,020
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	17,3 CH	NA		167,7	50,0	117,8	18,1	3,07	1,613	0,047	20,6	0,80	0,701	0,020
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	17,95 CH	NA		167,7	50,0	117,8	18,1	3,07	1,613	0,047	20,6	0,80	0,701	0,020
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	18,805 ML		66,6	NA	NA	25,0	14,7	1,64	1,230	1,130	29,8	1,19	0,535	0,491
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	19,045 ML		68,5	NA	NA	25,0	14,7	1,64	1,230	1,130	29,8	1,19	0,535	0,491
IG84	101427,6	105635,8	2569,08	40,8	20 ML		68,5	NA	NA	25,0	14,7	1,64	1,230	1,130	29,8	1,19	0,535	0,491
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	1,775 MH		41,0	31,0	28,0	3,0	17,5	1,82	0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	2,625 ML	NA		NA	NA	25,0	18,1	1,82	0,965	0,183	4,8	0,17	0,420	0,080
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	3,25 MH		52,0	61,0	33,0	28,0	17,5	1,82	0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	4 CH		63,0	69,0	24,0	45,0	15,3	2,51	0,616	0,117	33,0	1,33	0,268	0,051
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	6,45 MH		132,0	138,0	80,0	58,0	18,1	1,82	0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	8,7 MH		161,0	176,0	100,0	76,0	13,6	1,82	0,965	0,183	23,1	0,90	0,420	0,080
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	10,3 CL		37,0	39,0	24,0	15,0	17,8	3,07	0,205	0,039	3,8	0,14	0,089	0,017
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	13,1 CH		8,0	101,0	28,0	73,0	15,2	3,07	1,000	0,190	1,1	0,04	0,435	0,082
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	14,825 MH		130,0	175,0	64,0	111,0	18,1	1,82	0,965	0,183	20,9	0,81	0,420	0,080
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	15,775 CH		117,0	152,0	47,0	105,0	14,0	3,07	1,438	0,273	21,3	0,82	0,625	0,119
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	17,25 CH		96,0	119,0	43,0	76,0	16,1	3,07	1,041	0,197	1,9	0,07	0,453	0,086
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	18,25 CH		53,0	75,0	24,0	51,0	14,0	3,07	0,699	0,132	25,5	1,01	0,304	0,058
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	19,25 CH		114,0	125,0	42,0	83,0	13,4	3,07	1,137	0,216	22,6	0,88	0,494	0,094
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	21,5 MH	NA		157,0	6,0	151,0	16,3	2,63	1,760	0,270	19,2	0,74	0,765	0,117
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	22,425 ML		36,0	NA	NA	25,0	15,8	1,82	0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	23,425 PT		189,0	NA	NA	162,0	1,2	4	1,800	0,180	15,0	0,57	0,783	0,078
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	24,25 MH		104,0	157,0	6,0	151,0	14,1	1,82	0,965	0,183	19,2	0,74	0,420	0,080
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	26,835 SM		30,0	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	27,66 SM		25,0	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	28,9 ML		28,0	NA	NA	25,0	15,8	1,82	0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	30,55 MH		64,0	93,0	44,0	49,0	13,8	1,82	0,965	0,183	25,7	1,02	0,420	0,080
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	32,225 CH		42,0	89,0	29,0	60,0	16,5	3,07	0,822	0,156	2,9	0,10	0,357	0,068
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	33,575 ML		26,0	NA	NA	25,0	15,8	1,82	0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	35,05 CL		27,0	33,0	22,0	11,0	19,3	3,07	0,151	0,029	2,9	0,10	0,066	0,012
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	36,175 SM		26,0	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	37,325 SM		25,0	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	40,025 CL		21,0	24,0	14,0	10,0	19,9	3,07	0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	42,975 CL		34,0	37,0	19,0	18,0	19,1	3,07	0,247	0,047	31,9	1,28	0,107	0,020
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	44,35 CL		33,0	35,0	17,0	18,0	14,0	3,07	0,247	0,047	31,9	1,28	0,107	0,020
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	46,35 CL		32,0	44,0	16,0	28,0	14,0	3,07	0,384	0,073	29,1	1,16	0,167	0,032

IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	48,725 CL	23,0	31,0	13,0	18,0	19,8	3,07 0,247	0,047	31,9	1,28	0,107	0,020	
IG85	101353,3	105295,4	2565,88	52	51 CL	19,0	31,0	14,0	17,0	14,0	3,07 0,233	0,044	32,3	1,30	0,101	0,019	
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	0,75 MH	NA	87,1	35,1	52,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	2 MH	NA	87,1	35,1	52,0	16,0	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	2,55 MH	NA	87,1	35,1	52,0	16,0	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	2,65 MH	NA	87,1	35,1	52,0	16,0	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	2,95 MH	NA	87,1	35,1	52,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	4,6 ML	NA	NA	NA	25,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	6,1 ML	NA	NA	NA	25,0	18,3	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	6,3 ML	NA	NA	NA	25,0	18,4	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	6,5 ML	NA	NA	NA	25,0	18,4	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	7,3 ML	NA	NA	NA	25,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	8,45 MH		32,5	87,1	35,1	52,0	18,4	1,82 0,965	0,183	12,3	0,46	0,420	0,080
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	9,25 MH		32,5	87,1	35,1	52,0	18,4	1,82 0,965	0,183	12,3	0,46	0,420	0,080
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	9,785 MH		32,5	87,1	35,1	52,0	18,4	1,82 0,965	0,183	12,3	0,46	0,420	0,080
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	9,985 MH	NA		87,1	35,1	52,0	15,8	1,82 0,965	0,183	25,4	1,00	0,420	0,080
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	10,75 MH	NA		87,1	35,1	52,0	15,8	1,82 0,965	0,183	25,4	1,00	0,420	0,080
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	11,55 MH		92,6	87,1	35,1	52,0	18,4	1,82 0,965	0,183	12,3	0,46	0,420	0,080
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	11,87 MH		92,6	87,1	35,1	52,0	18,4	1,82 0,965	0,183	12,3	0,46	0,420	0,080
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	12,32 MH		92,6	87,1	35,1	52,0	18,4	1,82 0,965	0,183	12,3	0,46	0,420	0,080
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	13,25 MH	NA		87,1	35,1	52,0	15,8	1,82 0,965	0,183	25,4	1,00	0,420	0,080
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	14,25 CH		60,0	167,7	50,0	117,8	14,5	2,6 1,613	0,038	20,6	0,80	0,701	0,016
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	14,82 CH		60,0	167,7	50,0	117,8	18,9	2,6 1,613	0,049	20,6	0,80	0,701	0,021
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	15,27 CH		60,0	167,7	50,0	117,8	18,9	2,6 1,613	0,049	20,6	0,80	0,701	0,021
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	15,5 CH	NA		167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	16,55 MH	NA	NA	NA	25,0	15,8	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080	
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	17,735 MH		366,6	NA	NA	25,0	12,3	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	18,055 MH		366,6	NA	NA	25,0	12,3	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG86	101282,6	105057,1	2564,52	24	18,19 MH		241,6	NA	NA	25,0	12,3	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG88	101140,8	104236,8	2567,63	40	4,2 CH		72,9	82,0	35,0	47,0	16,0	0,904 0,258	0,015	7,3	0,27	0,112	0,007
IG88	101140,8	104236,8	2567,63	40	7,2 MH		92,9	184,0	93,0	91,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG88	101140,8	104236,8	2567,63	40	12,5 CH		53,9	54,0	28,0	26,0	14,0	3,07 0,356	0,068	29,6	1,18	0,155	0,029
IG88	101140,8	104236,8	2567,63	40	14 CH		60,8	57,0	26,0	31,0	16,0	0,904 0,258	0,015	28,5	1,13	0,112	0,007
IG88	101140,8	104236,8	2567,63	40	15,5 CH	NA		57,0	26,0	31,0	16,0	0,904 0,258	0,015	28,5	1,13	0,112	0,007
IG88	101140,8	104236,8	2567,63	40	22,3 MH		95,9	128,0	118,0	10,0	13,6	1,25 0,610	0,080	20,5	0,79	0,265	0,035
IG88	101140,8	104236,8	2567,63	40	26 ML		45,7	40,0	25,0	15,0	16,8	1,25 0,610	0,080	33,1	1,33	0,265	0,035
IG88	101140,8	104236,8	2567,63	40	35,8 CL		22,9	48,0	22,0	26,0	21,3	0,904 0,258	0,015	29,6	1,18	0,112	0,007
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	0,85 ML		41,3	NA	NA	25,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	1,25 CL		41,3	119,7	40,2	79,6	15,3	2,51 1,090	0,040	33,0	1,33	0,474	0,017
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	2,25 CH		12,4	119,7	40,2	79,6	15,3	2,51 1,090	0,040	33,0	1,33	0,474	0,017
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	3,25 SW		12,4	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	4,55 MH		2,3	NA	NA	25,0	14,3	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	9,2 MH		47,2	NA	NA	25,0	11,9	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	10,75 SW		22,6	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	12,25 SW		28,6	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	14 CL		21,1	167,7	50,0	117,8	19,1	3,07 1,613	0,050	20,6	0,80	0,701	0,022

IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	16,3 CL	12,4	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	18,05 SP	19,1 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	18,75 GW	19,1 NA	NA	NA	NA	22,0	0,9 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	19,75 SM	23,7 NA	NA	NA	NA	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	21 CL	82,0	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	24 MH	50,4 NA	NA	NA	NA	25,0	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	25,75 MH	57,6 NA	NA	NA	NA	25,0	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	27,5 SM	21,4 NA	NA	NA	NA	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	31 CL	29,0	167,7	50,0	117,8	19,3	3,07 1,613	0,050	20,6	0,80	0,701	0,022
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	33 SW	13,2 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	34,85 CL	18,8	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	36,85 CL	21,6	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG89	101006,3	103835,2	2570,6	48,3	45,85 CL	13,0	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG90	100975,6	103447	2576,43	40	8,35 MH	42,0	77,0	48,0	29,0	15,8	1,82 0,965	0,183	13,4	0,50	0,420	0,080
IG90	100975,6	103447	2576,43	40	23,85 MH	47,7	76,0	52,0	24,0	15,8	1,82 0,965	0,183	11,0	0,41	0,420	0,080
IG90	100975,6	103447	2576,43	40	29,35 CL	32,0	27,0	14,0	13,0	19,0	3,07 0,178	0,034	34,0	1,37	0,077	0,015
IG90	100975,6	103447	2576,43	40	31,35 CH	23,5	35,0	16,0	19,0	19,9	0,556 0,087	0,019	15,3	0,58	0,038	0,008
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	1,5 CH	30,0	34,0	21,0	13,0	15,3	2,51 0,178	0,034	33,0	1,33	0,077	0,015
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	4,25 CH	15,6	34,0	21,0	13,0	15,3	2,51 0,178	0,034	33,0	1,33	0,077	0,015
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	6 CL	NA	119,7	40,2	79,6	15,3	2,51 1,090	0,040	33,0	1,33	0,474	0,017
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	8 SM	NA	15,0 NA	NA	NA	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	12,25 SM	NA	20,0 NA	NA	NA	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	13,5 CL	NA	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	15,5 SM	NA	15,0 NA	NA	NA	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	17,5 SM	NA	13,0 NA	NA	NA	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	19,75 GW	NA	12,0 NA	NA	NA	22,0	0,9 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	22 CL	NA	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	24,25 GP	NA	10,0 NA	NA	NA	20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	26,5 CL	NA	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	28,5 CL	NA	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	30,5 GP	NA	52,0 NA	NA	NA	20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	32,5 GP	NA	12,0 NA	NA	NA	20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	33,75 GP	NA	25,0 NA	NA	NA	20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	35,25 SM	NA	47,0 NA	NA	NA	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	37,5 SM	NA	23,0 NA	NA	NA	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG91	100992,8	103321,7	2578	40	39,25 SM	NA	74,0 NA	NA	NA	20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	1,75 CL	61,5	27,6	17,1	10,5	15,3	2,51 0,144	0,027	33,0	1,33	0,063	0,012
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	3 SP	50,4 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	4,6 MH	95,2	70,0	47,0	23,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	6,1 CL	7,0	27,6	17,1	10,5	15,3	2,51 0,144	0,027	33,0	1,33	0,063	0,012
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	7,75 CL	8,5	27,6	17,1	10,5	14,0	3,07 0,144	0,027	33,0	1,33	0,063	0,012
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	9,5 SP	17,3 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	11,25 SW	10,8 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	12,75 CL	14,2	27,6	17,1	10,5	14,0	3,07 0,144	0,027	33,0	1,33	0,063	0,012
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	14,25 SP	11,0 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	15,5 CH	30,6	51,8	28,3	23,5	14,0	3,07 0,322	0,061	30,2	1,21	0,140	0,027

IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	17 SM	16,6	NA	NA	NA	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	18,75 CH	18,8	51,8	28,3	23,5	14,0	3,07	0,322	0,061	30,2	1,21	0,140	0,027
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	20,5 ML	29,4	NA	NA	25,0	15,8	1,82	0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	22,25 CL	29,3	27,6	17,1	10,5	14,0	3,07	0,144	0,027	33,0	1,33	0,063	0,012
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	23,75 CL	47,8	27,6	17,1	10,5	14,0	3,07	0,144	0,027	33,0	1,33	0,063	0,012
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	25,5 ML	58,9	NA	NA	25,0	15,8	1,82	0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	27,5 MH	12,2	70,0	47,0	23,0	15,8	1,82	0,965	0,183	30,3	1,22	0,420	0,080
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	29,25 CH	9,5	51,8	28,3	23,5	14,0	3,07	0,322	0,061	30,2	1,21	0,140	0,027
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	30,75 CH	61,4	51,8	28,3	23,5	14,0	3,07	0,322	0,061	30,2	1,21	0,140	0,027
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	32,5 CH	17,9	51,8	28,3	23,5	14,0	3,07	0,322	0,061	30,2	1,21	0,140	0,027
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	33,75 CL	11,5	36,5	17,1	19,4	14,0	3,07	0,266	0,050	31,4	1,26	0,116	0,022
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	35,25 CH	16,5	51,8	28,3	23,5	14,0	3,07	0,322	0,061	30,2	1,21	0,140	0,027
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	38 CL	21,7	36,5	17,1	19,4	14,0	3,07	0,266	0,050	31,4	1,26	0,116	0,022
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	38,65 ML	35,3	NA	NA	25,0	15,8	1,82	0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	39,25 GP	35,3	NA	NA	NA	20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	40,25 CH	30,8	51,8	28,3	23,5	14,0	3,07	0,322	0,061	30,2	1,21	0,140	0,027
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	41,75 CH	42,0	51,8	28,3	23,5	14,0	3,07	0,322	0,061	30,2	1,21	0,140	0,027
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	43,25 GP	21,8	NA	NA	NA	20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	46 CL	15,9	24,5	12,6	11,9	14,0	3,07	0,163	0,031	34,6	1,40	0,071	0,013
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	47,15 GP	13,0	NA	NA	NA	20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG92	100871,6	102983,3	2579,29	50	49 GP	12,2	21,5	12,8	8,7	20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
IG93	100786,7	102730,9	2581,25	40	3,55 CL	74,3	44,0	22,0	22,0	15,0	0,339	0,214	0,031	33,0	1,33	0,093	0,013
IG93	100786,7	102730,9	2581,25	40	4,8 CL	NA	44,0	22,0	22,0	14,0	0,339	0,214	0,031	33,0	1,33	0,093	0,013
IG93	100786,7	102730,9	2581,25	40	6 CL	119,4	40,0	27,0	13,0	14,0	0,339	0,214	0,031	33,0	1,33	0,093	0,013
IG93	100786,7	102730,9	2581,25	40	9,75 MH	NA	111,0	65,0	46,0	13,0	0,528	0,512	0,030	13,2	0,49	0,223	0,013
IG93	100786,7	102730,9	2581,25	40	15 MH	51,8	115,0	66,0	49,0	15,8	1,82	0,965	0,183	25,7	1,02	0,420	0,080
IG93	100786,7	102730,9	2581,25	40	20,25 MH	232,0	100,0	62,0	38,0	11,0	0,528	0,512	0,030	27,3	1,08	0,223	0,013
IG93	100786,7	102730,9	2581,25	40	23,5 MH	115,0	90,0	54,0	36,0	13,0	0,528	0,512	0,030	27,6	1,10	0,223	0,013
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	1,75 CL	22,3	41,7	20,8	20,9	15,3	2,51	0,286	0,054	33,0	1,33	0,124	0,024
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	3 CH	25,7	119,7	40,2	79,6	18,6	2,51	1,090	0,048	33,0	1,33	0,474	0,021
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	5 MH	60,2	119,9	68,3	51,6	20,0	1,82	0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	7,25 CL	21,7	41,7	20,8	20,9	17,4	3,07	0,286	0,054	33,0	1,33	0,124	0,024
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	9,75 CL	45,1	41,7	20,8	20,9	16,9	3,07	0,286	0,054	30,9	1,24	0,124	0,024
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	12,25 MH	33,7	119,9	68,3	51,6	15,4	1,82	0,965	0,183	25,4	1,00	0,420	0,080
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	14,75 ML	13,5	NA	NA	25,0	15,7	1,82	0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	17,05 CL	45,1	41,7	20,8	20,9	14,0	3,07	0,286	0,054	30,9	1,24	0,124	0,024
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	19,3 CL	31,0	32,1	20,8	11,3	13,6	3,07	0,155	0,029	34,9	1,41	0,067	0,013
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	21,75 CL	37,8	32,1	20,8	11,3	14,0	3,07	0,155	0,029	34,9	1,41	0,067	0,013
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	24,25 CL	61,2	32,1	20,8	11,3	13,6	3,07	0,155	0,029	34,9	1,41	0,067	0,013
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	26,75 CL	32,1	32,1	20,8	11,3	14,0	3,07	0,155	0,029	34,9	1,41	0,067	0,013
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	29 CL	106,7	32,1	20,8	11,3	14,0	3,07	0,155	0,029	34,9	1,41	0,067	0,013
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	31 CL	29,7	32,1	20,8	11,3	14,0	3,07	0,155	0,029	34,9	1,41	0,067	0,013
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	33 CL	28,7	33,6	21,6	12,0	14,0	3,07	0,164	0,031	34,5	1,40	0,071	0,014
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	35 MH	117,4	119,9	68,3	51,6	15,8	1,82	0,965	0,183	25,4	1,00	0,420	0,080
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	37 GW	33,8	NA	NA	NA	22,0	0,9	0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	39,25 MH	60,1	119,9	68,3	51,6	15,8	1,82	0,965	0,183	25,4	1,00	0,420	0,080

IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	41,5 CL	15,8	42,1	18,7	23,4	14,0	3,07 0,321	0,061	30,2	1,21	0,139	0,026
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	43,5 CL	35,1	42,1	18,7	23,4	14,0	3,07 0,321	0,061	30,2	1,21	0,139	0,026
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	45,5 CL	29,3	39,0	18,1	20,9	14,0	3,07 0,286	0,054	30,9	1,24	0,124	0,024
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	47,25 CL	25,4	39,0	18,1	20,9	14,0	3,07 0,286	0,054	30,9	1,24	0,124	0,024
IG94	100453,1	102165,2	2586,21	50	49 PT	100,3	183,7	102,0	81,7	1,2	4 1,800	0,180	15,0	0,57	0,783	0,078
IG95	100411,6	102012,2	2587,06	45	4,8 CL	26,8	25,0	14,0	11,0	15,3	2,51 0,151	0,029	33,0	1,33	0,066	0,012
IG95	100411,6	102012,2	2587,06	45	9,3 CL	26,8	26,0	16,0	10,0	14,0	3,07 0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011
IG95	100411,6	102012,2	2587,06	45	16,8 CL	28,5	35,0	20,0	15,0	14,0	0,917 0,269	0,046	33,1	1,33	0,117	0,020
IG95	100411,6	102012,2	2587,06	45	20,1 ML	39,8	48,0	23,0	25,0	15,8	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
IG95	100411,6	102012,2	2587,06	45	28,3 CL	18,3	22,5	18,0	4,5	14,0	0,917 0,269	0,046	31,0	1,24	0,117	0,020
IG95	100411,6	102012,2	2587,06	45	34,5 CL	30,9	41,0	23,0	18,0	14,0	3,07 0,247	0,047	31,9	1,28	0,107	0,020
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	2,35 CL	14,0	36,0	20,0	16,0	15,3	2,51 0,219	0,042	33,0	1,33	0,095	0,018
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	2,75 CL	28,0	46,0	26,0	20,0	19,7	2,51 0,274	0,052	33,0	1,33	0,119	0,023
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	4 CH	43,0	74,0	31,0	43,0	17,6	1,26 0,480	0,040	33,0	1,33	0,209	0,017
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	5,325 CL	24,0	47,0	26,0	21,0	19,0	0,75 0,300	0,040	33,0	1,33	0,130	0,017
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	6,325 CL	27,0	28,0	18,0	10,0	15,3	2,51 0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	7,75 GM	13,0	30,0	22,0	8,0	22,0	0,7 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	9,25 GM	12,0	29,0	22,0	7,0	22,0	0,7 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	10,75 PT	81,0	86,0	50,0	36,0	1,2	4 1,800	0,180	15,0	0,57	0,783	0,078
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	11,75 GM	13,0	31,0	21,0	10,0	22,0	0,7 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	13 CL	27,0	36,0	24,0	12,0	19,0	0,75 0,300	0,040	34,5	1,40	0,130	0,017
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	14,325 CL	28,0	28,0	19,0	9,0	19,0	0,75 0,300	0,040	33,0	1,33	0,130	0,017
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	15,575 CL	18,0	33,0	19,0	14,0	20,1	0,58 0,200	0,050	33,5	1,35	0,087	0,022
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	16,825 CL	35,0	43,0	23,0	20,0	19,0	0,75 0,300	0,040	31,2	1,25	0,130	0,017
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	17,9 CL	34,0	41,0	24,0	17,0	19,0	0,75 0,300	0,040	32,3	1,30	0,130	0,017
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	19,65 CH	26,0	50,0	25,0	25,0	20,2	3,07 0,342	0,065	29,8	1,19	0,149	0,028
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	20,9 SC	17,0	36,0	20,0	16,0	20,0	0,66 0,014	0,007	6,0	0,22	0,006	0,003
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	22,075 SC	14,0	30,0	19,0	11,0	20,0	0,66 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	24 CL	21,0	32,0	19,0	13,0	14,0	3,07 0,178	0,034	34,0	1,37	0,077	0,015
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	25,5 GC	20,0	36,0	21,0	15,0	20,9	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	26,75 GC	14,0	29,0	19,0	10,0	22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	28,75 CL	22,0	29,0	18,0	11,0	14,0	3,07 0,151	0,029	33,0	1,33	0,066	0,012
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	30,75 GC	10,0	30,0	20,0	10,0	22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	33,5 MH	35,0	52,0	30,0	22,0	18,9	0,99 0,965	0,183	20,0	0,77	0,420	0,080
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	35,825 MH	27,0	53,0	30,0	23,0	18,9	0,99 0,965	0,183	30,3	1,22	0,420	0,080
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	37,4 MH	39,0	54,0	31,0	23,0	18,9	0,99 0,965	0,183	30,3	1,22	0,420	0,080
IG96	100230,9	101567,8	2592	40	39,325 SC	18,0	29,0	19,0	10,0	20,0	0,66 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
LFO47P1	100729	101999	2592,67	50	2 CL	32,0	36,0	21,0	15,0	15,3	2,51 0,205	0,039	33,0	1,33	0,089	0,017
LFO47P1	100729	101999	2592,67	50	4 CL	NA	36,0	21,0	15,0	15,0	2,51 0,205	0,039	33,0	1,33	0,089	0,017
LFO47P1	100729	101999	2592,67	50	5 MH	120,0	101,0	55,0	46,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
LFO47P1	100729	101999	2592,67	50	10 CL	30,0	38,0	22,0	16,0	14,0	3,07 0,219	0,042	32,6	1,32	0,095	0,018
LFO47P1	100729	101999	2592,67	50	11 CL	NA	36,0	21,0	15,0	18,0	3,07 0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
LFO47P1	100729	101999	2592,67	50	17 CL	26,0	43,0	22,0	21,0	14,0	3,07 0,288	0,055	30,9	1,24	0,125	0,024
LFO47P1	100729	101999	2592,67	50	25 CL	NA	36,0	21,0	15,0	17,0	3,07 0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
LFO47P1	100729	101999	2592,67	50	28 CL	18,0	40,0	19,0	21,0	14,0	3,07 0,288	0,055	30,9	1,24	0,125	0,024
LFO47P1	100729	101999	2592,67	50	29 CL	NA	36,0	21,0	15,0	22,0	3,07 0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017

LFO47P1	100729	101999	2592,67	50	40 CL	23,0	45,0	18,0	27,0	14,0	3,07 0,370	0,070	29,4	1,17	0,161	0,030
LFO47P1	100729	101999	2592,67	50	50 CH	20,0	52,0	19,0	33,0	14,0	3,07 0,452	0,086	28,1	1,12	0,197	0,037
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	0,61 MH	15,5	68,0	38,0	30,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	1,52 MH	34,9	68,0	38,0	30,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	2,13 MH	98,5	113,0	76,0	37,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	3,35 MH	41,3	113,0	76,0	37,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	4,9 MH	58,8	86,0	58,0	28,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	6,4 MH	32,9	86,0	58,0	28,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	7,95 MH	69,9	82,0	45,0	37,0	15,8	1,82 0,965	0,183	27,4	1,09	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	9,5 MH	12,6	82,0	45,0	37,0	15,8	1,82 0,965	0,183	27,4	1,09	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	11 MH	11,6	82,0	45,0	37,0	15,8	1,82 0,965	0,183	27,4	1,09	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	12,8 MH	12,8	82,0	45,0	37,0	15,8	1,82 0,965	0,183	27,4	1,09	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	13,43 CL-ML	32,6 NA	NA		25,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	15,3 CL-ML	25,0 NA	NA		25,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	17,1 MH	75,0	143,0	87,0	56,0	15,8	1,82 0,965	0,183	24,9	0,98	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	18,6 MH	12,4	143,0	87,0	56,0	15,8	1,82 0,965	0,183	24,9	0,98	0,420	0,080
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	20,15 CL	21,5	28,0	18,0	10,0	14,0	3,07 0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	21,7 CL	10,3	28,0	18,0	10,0	14,0	3,07 0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	22,9 CL	11,1	27,0	18,0	9,0	14,0	3,07 0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
PMB3P1	102081	106733	2569,41	26	24,12 CL	13,1	28,0	18,0	10,0	14,0	3,07 0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	1,2 CL	35,3	37,3	20,1	17,2	15,3	2,51 0,236	0,045	33,0	1,33	0,102	0,019
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	1,5 CL	24,0	28,3	15,1	13,2	15,3	2,51 0,181	0,034	33,0	1,33	0,079	0,015
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	3,05 CL	25,1	32,0	17,1	14,9	15,3	2,51 0,204	0,039	33,0	1,33	0,089	0,017
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	4,545 CH	46,9	55,1	24,0	31,1	15,3	2,51 0,426	0,081	33,0	1,33	0,185	0,035
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	6,1 CH	36,6	60,4	25,4	35,0	15,3	2,51 0,479	0,091	33,0	1,33	0,208	0,040
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	7,3 CH	21,5	18,4	9,0	9,4	15,3	3,07 0,129	0,024	33,0	1,33	0,056	0,011
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	7,6 CH	10,5	18,4	9,0	9,4	14,0	3,07 0,129	0,024	33,0	1,33	0,056	0,011
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	9,45 CL	19,8	45,3	20,0	25,3	14,0	3,07 0,347	0,066	29,8	1,19	0,151	0,029
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	10,95 CL	21,3	32,0	18,0	14,0	14,0	3,07 0,192	0,036	33,5	1,35	0,083	0,016
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	12,5 CL	19,9	41,4	19,1	22,3	14,0	3,07 0,305	0,058	30,5	1,22	0,133	0,025
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	13,7 ML	20,9	26,3	23,1	3,2	15,8	1,82 0,965	0,183	43,7	1,79	0,420	0,080
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	14,6 CL-ML	11,1	15,8	11,1	4,7	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	15,85 CL-ML	17,1	15,0	10,2	4,8	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	17,65 CL	20,1	32,6	18,1	14,5	14,0	3,07 0,199	0,038	33,3	1,34	0,086	0,016
PMB3P14	101409	103896	2587,64	18	18,3 CL	18,1	33,1	22,1	11,0	14,0	3,07 0,151	0,029	33,0	1,33	0,066	0,012
PMB3P16	101436	104408	2577,72	20	0,6 CL	25,2	37,0	19,0	18,0	24,0	2,51 0,247	0,047	33,0	1,33	0,107	0,020
PMB3P16	101436	104408	2577,72	20	1,5 MH	43,6	63,0	42,0	21,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P16	101436	104408	2577,72	20	3,4 MH	83,2	121,0	64,0	57,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P16	101436	104408	2577,72	20	6,4 CL	24,9	37,0	19,0	18,0	19,0	2,51 0,247	0,047	33,0	1,33	0,107	0,020
PMB3P16	101436	104408	2577,72	20	7,9 CL	50,5	43,0	23,0	20,0	14,0	3,07 0,274	0,052	31,2	1,25	0,119	0,023
PMB3P16	101436	104408	2577,72	20	9,4 CL	12,7	17,0	14,0	3,0	14,0	3,07 0,041	0,008	33,0	1,33	0,018	0,003
PMB3P16	101436	104408	2577,72	20	12,25 CL	16,1	21,0	13,0	8,0	14,0	3,07 0,110	0,021	33,0	1,33	0,048	0,009
PMB3P16	101436	104408	2577,72	20	14 CL	13,1	23,0	14,0	9,0	14,0	3,07 0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
PMB3P16	101436	104408	2577,72	20	15,5 CL	11,8	22,0	13,0	9,0	14,0	3,07 0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
PMB3P16	101436	104408	2577,72	20	17,1 CL	12,2	17,0	16,0	1,0	14,0	3,07 0,014	0,003	33,0	1,33	0,006	0,001
PMB3P17	101436	106008	2566,76	16,3	0,6 MH	49,1	58,5	23,2	35,3	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080

PMB3P17	101436	106008	2566,76	16,3	0,9 CL	29,4	37,2	18,7	18,5	15,3	2,51 0,253	0,048	33,0	1,33	0,110	0,021
PMB3P17	101436	106008	2566,76	16,3	1,55 CL	20,3	20,4	9,3	11,1	15,3	2,51 0,152	0,029	33,0	1,33	0,066	0,013
PMB3P17	101436	106008	2566,76	16,3	2,15 CL	19,7	29,4	14,4	15,0	15,3	2,51 0,205	0,039	33,0	1,33	0,089	0,017
PMB3P17	101436	106008	2566,76	16,3	3,05 CL	19,5	25,8	13,0	12,8	15,3	2,51 0,175	0,033	33,0	1,33	0,076	0,014
PMB3P17	101436	106008	2566,76	16,3	4,25 CL	15,2	25,8	13,0	12,8	15,3	2,51 0,175	0,033	33,0	1,33	0,076	0,014
PMB3P17	101436	106008	2566,76	16,3	6,1 CL	14,2	25,8	13,0	12,8	15,3	2,51 0,175	0,033	33,0	1,33	0,076	0,014
PMB3P17	101436	106008	2566,76	16,3	7,65 CL	27,9	25,0	10,0	15,0	14,0	3,07 0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
PMB3P17	101436	106008	2566,76	16,3	10,35 CL	27,2	25,0	10,0	15,0	14,0	3,07 0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
PMB3P17	101436	106008	2566,76	16,3	12,2 CL	19,8	25,0	10,0	15,0	14,0	3,07 0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
PMB3P17	101436	106008	2566,76	16,3	13,4 CL	27,6	25,0	10,0	15,0	14,0	3,07 0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
PMB3P17	101436	106008	2566,76	16,3	15,25 CL	14,0	17,9	17,1	0,8	14,0	3,07 0,011	0,002	33,0	1,33	0,005	0,001
PMB3P17	101436	106008	2566,76	16,3	16,45 CL	20,5	17,9	17,1	0,8	14,0	3,07 0,011	0,002	33,0	1,33	0,005	0,001
PMB3P2	101989	106993	2563,4	20	1,2 MH	114,4	130,0	69,0	61,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P2	101989	106993	2563,4	20	2,1 MH	161,5	147,0	7,0	140,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P2	101989	106993	2563,4	20	4,9 MH	9,5	111,0	61,0	50,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P2	101989	106993	2563,4	20	7,9 MH	22,2	111,0	61,0	50,0	15,8	1,82 0,965	0,183	25,6	1,01	0,420	0,080
PMB3P2	101989	106993	2563,4	20	11 ML	36,9 NA	NA		25,0	15,8	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
PMB3P2	101989	106993	2563,4	20	14 MH	70,7	64,0	35,0	29,0	15,8	1,82 0,965	0,183	28,9	1,15	0,420	0,080
PMB3P2	101989	106993	2563,4	20	17,1 MH	12,8	23,0	19,0	4,0	15,8	1,82 0,965	0,183	42,0	1,72	0,420	0,080
PMB3P2	101989	106993	2563,4	20	20,3 MH	104,9	220,0	172,0	48,0	15,8	1,82 0,965	0,183	25,9	1,02	0,420	0,080
PMB3P20	101738	105184	2575	19	0,9 SM	12,1 NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PMB3P20	101738	105184	2575	19	1,82 CL	16,2	119,7	40,2	79,6	15,3	2,51 1,090	0,040	33,0	1,33	0,474	0,017
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	8,23 SC	16,5	25,4	13,9	11,5	20,0	0,66 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	4,95 SC	24,9	25,4	13,9	11,5	20,0	0,66 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	6,45 CH	22,6	51,0	19,6	31,4	15,3	2,51 0,430	0,082	33,0	1,33	0,187	0,035
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	6,95 CH	22,4	51,0	19,6	31,4	21,4	2,51 0,430	0,082	33,0	1,33	0,187	0,035
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	8,88 CH	21,9	51,0	19,6	31,4	14,0	3,07 0,430	0,082	28,4	1,13	0,187	0,035
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	11 CH	18,1	51,0	19,6	31,4	14,0	3,07 0,430	0,082	28,4	1,13	0,187	0,035
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	12,5 CL	16,1	36,9	19,7	17,2	14,0	3,07 0,236	0,045	32,2	1,30	0,102	0,019
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	13 CL	14,1	36,5	16,5	20,0	21,6	3,07 0,274	0,052	31,2	1,25	0,119	0,023
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	15 CL	NA	36,5	16,5	20,0	21,6	3,07 0,274	0,052	31,2	1,25	0,119	0,023
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	15,5 CL	23,1	34,4	16,7	17,7	14,0	3,07 0,242	0,046	32,0	1,29	0,105	0,020
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	17,5 CL	18,8	34,4	16,7	17,7	14,0	3,07 0,242	0,046	32,0	1,29	0,105	0,020
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	23,5 CL	16,0	35,1	18,2	16,9	14,0	3,07 0,232	0,044	32,3	1,30	0,101	0,019
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	25,38 NA	14,5 NA	NA	NA		14,0	3,07 0,232	0,044	32,3	1,30	0,101	0,019
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	27,12 NA	10,5	28,2	16,4	11,8	14,0	3,07 0,232	0,044	32,3	1,30	0,101	0,019
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	30,23 NA	11,2	32,5	15,6	16,9	14,0	3,07 0,232	0,044	32,3	1,30	0,101	0,019
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	31,7 NA	10,7 NA	NA	NA		14,0	3,07 0,232	0,044	32,3	1,30	0,101	0,019
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	33,7 NA	13,1 NA	NA	NA		14,0	3,07 0,232	0,044	32,3	1,30	0,101	0,019
PMB3P27	100991	101831	2608,03	35	35,05 NA	16,9	23,5	10,7	12,8	14,0	3,07 0,232	0,044	32,3	1,30	0,101	0,019
PMB3P29	101043	102138	2603,75	35	5 CL	14,1	40,8	20,2	20,6	15,3	2,51 0,282	0,054	33,0	1,33	0,123	0,023
PMB3P29	101043	102138	2603,75	35	7 CL	22,2	40,8	20,2	20,6	15,3	3,07 0,282	0,054	33,0	1,33	0,123	0,023
PMB3P29	101043	102138	2603,75	35	8,5 CL	19,0	40,8	20,2	20,6	14,0	3,07 0,282	0,054	31,0	1,25	0,123	0,023
PMB3P29	101043	102138	2603,75	35	10 CL	18,1	40,8	20,2	20,6	14,0	3,07 0,282	0,054	31,0	1,25	0,123	0,023
PMB3P29	101043	102138	2603,75	35	21,5 CL	30,7	40,8	20,2	20,6	14,0	3,07 0,282	0,054	31,0	1,25	0,123	0,023
PMB3P29	101043	102138	2603,75	35	23 CL	27,6	47,0	21,1	25,9	18,9	3,07 0,355	0,067	29,6	1,18	0,154	0,029

PMB3P29	101043	102138	2603,75	35	23,7	CL	20,0	47,0	21,1	25,9	14,0	3,07	0,355	0,067	29,6	1,18	0,154	0,029
PMB3P29	101043	102138	2603,75	35	25	CL	31,0	47,0	21,1	25,9	14,0	3,07	0,355	0,067	29,6	1,18	0,154	0,029
PMB3P29	101043	102138	2603,75	35	27,45	CL	13,3	47,0	21,1	25,9	14,0	3,07	0,355	0,067	29,6	1,18	0,154	0,029
PMB3P29	101043	102138	2603,75	35	29	CL	14,0	47,0	21,1	25,9	14,0	3,07	0,355	0,067	29,6	1,18	0,154	0,029
PMB3P29	101043	102138	2603,75	35	31,6	CL	16,3	47,0	21,1	25,9	14,0	3,07	0,355	0,067	29,6	1,18	0,154	0,029
PMB3P29	101043	102138	2603,75	35	33,6	CL	22,4	47,0	21,1	25,9	14,0	3,07	0,355	0,067	29,6	1,18	0,154	0,029
PMB3P34	101728	104921	2581,14	17	1,2	SM	23,3	33,1	16,2	16,9	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PMB3P34	101728	104921	2581,14	17	1,5	SM	NA	36,8	15,5	21,3	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PMB3P34	101728	104921	2581,14	17	2,15	CL	NA	47,6	19,8	27,8	15,3	2,51	0,381	0,072	33,0	1,33	0,166	0,031
PMB3P34	101728	104921	2581,14	17	11,58	CL	NA	36,2	14,7	21,5	14,0	3,07	0,295	0,056	30,8	1,23	0,128	0,024
PMB3P34	101728	104921	2581,14	17	13,1	CL	NA	30,2	14,0	16,2	14,0	3,07	0,222	0,042	32,6	1,31	0,096	0,018
PMB3P35	101029	102438	2597,59	29,5	3,7	ML	6,8	NA	NA	25,0	17,5	1,82	0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P35	101029	102438	2597,59	29,5	6	ML	13,3	NA	NA	25,0	17,5	1,82	0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P35	101029	102438	2597,59	29,5	9,1	GP	187,9	160,2	92,3	67,9	20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PMB3P35	101029	102438	2597,59	29,5	12,7	GP	11,8	NA	NA	NA	20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PMB3P35	101029	102438	2597,59	29,5	15,4	GP	15,7	NA	NA	NA	20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PMB3P35	101029	102438	2597,59	29,5	16,7	GP	11,8	NA	NA	NA	20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PMB3P35	101029	102438	2597,59	29,5	19,4	CL	18,1	20,6	13,5	7,2	14,0	3,07	0,098	0,019	33,0	1,33	0,043	0,008
PMB3P35	101029	102438	2597,59	29,5	22,6	GP	23,4	NA	NA	NA	20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PMB3P35	101029	102438	2597,59	29,5	25,1	GP	17,8	NA	NA	NA	20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PMB3P35	101029	102438	2597,59	29,5	25,6	GP	13,2	NA	NA	NA	20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PMB3P35	101029	102438	2597,59	29,5	30	GM	24,7	54,5	22,4	32,1	22,0	0,7	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PMB3P42	101522	104255	2589,24	20	1,8	CL	41,7	58,6	33,5	25,1	15,3	2,51	0,344	0,065	33,0	1,33	0,149	0,028
PMB3P42	101522	104255	2589,24	20	2,45	CL	38,7	37,1	20,3	16,8	15,3	2,51	0,230	0,044	33,0	1,33	0,100	0,019
PMB3P42	101522	104255	2589,24	20	4,88	CH	41,3	80,5	55,9	24,6	15,3	2,51	0,337	0,064	33,0	1,33	0,147	0,028
PMB3P42	101522	104255	2589,24	20	9,15	CL	29,8	42,3	21,6	20,7	14,0	3,07	0,284	0,054	31,0	1,24	0,123	0,023
PMB3P42	101522	104255	2589,24	20	10,97	CL	27,3	38,6	17,0	21,6	14,0	3,07	0,296	0,056	30,7	1,23	0,129	0,024
PMB3P42	101522	104255	2589,24	20	15,22	CL	27,8	49,3	16,5	32,8	14,0	3,07	0,449	0,085	28,2	1,12	0,195	0,037
PMB3P42	101522	104255	2589,24	20	15,55	CL	19,2	26,6	13,4	13,2	14,0	3,07	0,181	0,034	33,9	1,37	0,079	0,015
PMB3P42	101522	104255	2589,24	20	16,76	CL	15,8	23,9	14,9	9,0	14,0	3,07	0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
PMB3P42	101522	104255	2589,24	20	18,6	CL	12,2	40,7	15,2	25,5	14,0	3,07	0,349	0,066	29,7	1,19	0,152	0,029
PMB3P42	101522	104255	2589,24	20	18,9	CL	12,4	46,1	19,0	27,1	14,0	3,07	0,371	0,070	29,3	1,17	0,161	0,031
PMB3P43	101296	103262	2584,86	20	1,1	CL	48,6	88,0	40,0	48,0	15,3	2,51	0,658	0,125	33,0	1,33	0,286	0,054
PMB3P43	101296	103262	2584,86	20	2	CL	20,6	24,0	15,0	9,0	15,3	2,51	0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
PMB3P43	101296	103262	2584,86	20	2,7	CL	37,9	50,7	22,7	28,0	15,3	2,51	0,384	0,073	33,0	1,33	0,167	0,032
PMB3P43	101296	103262	2584,86	20	3,3	CL	42,4	40,0	31,0	9,0	15,3	2,51	0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
PMB3P43	101296	103262	2584,86	20	4	GM	74,6	NA	NA	NA	22,0	0,7	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PMB3P43	101296	103262	2584,86	20	5,6	CL	93,1	85,0	56,0	29,0	15,3	2,51	0,397	0,075	33,0	1,33	0,173	0,033
PMB3P43	101296	103262	2584,86	20	6,3	CL	20,6	20,7	16,7	4,0	15,3	2,51	0,055	0,010	33,0	1,33	0,024	0,005
PMB3P43	101296	103262	2584,86	20	6,9	CL	28,0	35,0	23,0	12,0	15,3	2,51	0,164	0,031	33,0	1,33	0,071	0,014
PMB3P43	101296	103262	2584,86	20	8,1	CL	22,5	37,0	18,0	19,0	14,0	3,07	0,260	0,049	31,5	1,27	0,113	0,021
PMB3P44	99799	100765	2590,34	20	3,6	CH	22,5	50,3	22,7	27,6	15,3	2,51	0,378	0,072	33,0	1,33	0,164	0,031
PMB3P44	99799	100765	2590,34	20	6	ML	27,6	32,6	16,9	15,7	17,5	1,82	0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P44	99799	100765	2590,34	20	11,2	MH	41,9	51,0	20,4	30,6	15,8	1,82	0,965	0,183	28,6	1,14	0,420	0,080
PMB3P44	99799	100765	2590,34	20	15,8	ML	21,3	32,8	17,5	15,3	15,8	1,82	0,965	0,183	32,9	1,33	0,420	0,080
PMB3P44	99799	100765	2590,34	20	19,88	ML	19,8	28,4	15,4	13,0	15,8	1,82	0,965	0,183	34,0	1,37	0,420	0,080

PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	3 CH	30,0	57,0	29,0	28,0	18,9	2,51 0,384	0,073	33,0	1,33	0,167	0,032
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	5 CH	32,0	58,0	29,0	29,0	15,3	2,51 0,397	0,075	33,0	1,33	0,173	0,033
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	5,7 CH	50,0	66,0	34,0	32,0	17,2	2,51 0,438	0,083	33,0	1,33	0,191	0,036
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	8 CH	33,0	51,0	23,0	28,0	14,0	3,07 0,384	0,073	29,1	1,16	0,167	0,032
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	9,1 CL	32,0	41,0	26,0	15,0	19,5	3,07 0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	10,1 CL	38,0	50,0	27,0	23,0	14,0	3,07 0,315	0,060	30,3	1,22	0,137	0,026
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	12 CL	28,0	35,0	21,0	14,0	14,0	3,07 0,192	0,036	33,5	1,35	0,083	0,016
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	12,5 CL	25,0	46,0	24,0	22,0	19,3	3,07 0,301	0,057	30,6	1,23	0,131	0,025
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	13 CL	16,0	37,0	21,0	16,0	14,0	3,07 0,219	0,042	32,6	1,32	0,095	0,018
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	15 CL	24,0	35,0	21,0	14,0	14,0	3,07 0,192	0,036	33,5	1,35	0,083	0,016
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	17 CL	25,0	40,0	23,0	17,0	14,0	3,07 0,233	0,044	32,3	1,30	0,101	0,019
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	19 SC	18,0	31,0	21,0	10,0	20,0	0,66 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	22,6 CL	37,0	37,0	22,0	15,0	14,0	3,07 0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	25,5 GP	13,0	28,0	21,0	7,0	20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	27,5 MH	83,0	52,0	34,0	18,0	15,8	1,82 0,965	0,183	31,9	1,28	0,420	0,080
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	28,5 GP	16,0 NA	NA	NA		20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	30 GP	14,0 NA	NA	NA		20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	32,5 GP	11,0	28,0	21,0	7,0	20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	34 GP	11,0	28,0	22,0	6,0	20,0	0,9 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	36,5 CL	26,0	35,0	19,0	16,0	14,0	3,07 0,219	0,042	32,6	1,32	0,095	0,018
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	38 CL	39,0	44,0	26,0	18,0	19,2	3,07 0,247	0,047	31,9	1,28	0,107	0,020
PMB3P47	99686	100736	2588,52	40	38,5 MH	37,0	53,0	33,0	20,0	15,8	1,82 0,965	0,183	31,2	1,25	0,420	0,080
PMB3P7	101767	106954	2560,91	17	1,4 CH	63,9	100,0	34,2	65,8	15,3	2,51 0,901	0,171	33,0	1,33	0,392	0,074
PMB3P7	101767	106954	2560,91	17	3,35 MH	230,9	337,8	160,1	177,7	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P7	101767	106954	2560,91	17	6,8 MH	22,8	337,8	160,1	177,7	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PMB3P7	101767	106954	2560,91	17	9,1 MH	13,2	337,8	160,1	177,7	15,8	1,82 0,965	0,183	18,2	0,70	0,420	0,080
PMB3P7	101767	106954	2560,91	17	12,5 MH	11,2	337,8	160,1	177,7	15,8	1,82 0,965	0,183	18,2	0,70	0,420	0,080
PMB3P7	101767	106954	2560,91	17	15,5 CL	20,0	23,5	12,1	11,4	14,0	3,07 0,156	0,030	34,8	1,41	0,068	0,013
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	2,45 MH	67,0	103,0	69,0	34,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	3,65 MH	74,0	101,0	80,0	21,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	5 MH	172,0	223,0	135,0	88,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	7 MH	NA	223,0	135,0	88,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	7,45 MH	20,0	223,0	135,0	88,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	9,45 MH	19,0	223,0	135,0	88,0	15,8	1,82 0,965	0,183	22,3	0,87	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	11 MH	21,0	223,0	135,0	88,0	15,8	1,82 0,965	0,183	22,3	0,87	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	13 MH	19,0	223,0	135,0	88,0	15,8	1,82 0,965	0,183	22,3	0,87	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	14,85 CL-ML	15,0	20,0	15,0	5,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	18,25 CL-ML	NA	20,0	15,0	5,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	20 CL-ML	NA	20,0	15,0	5,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	24,25 MH	97,0	130,0	100,0	30,0	15,8	1,82 0,965	0,183	28,7	1,14	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	25 MH	101,0	107,0	74,0	33,0	15,8	1,82 0,965	0,183	28,1	1,12	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	25,3 MH	29,0	107,0	74,0	33,0	15,8	1,82 0,965	0,183	28,1	1,12	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	27 CL-ML	35,0	28,0	21,0	7,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	29 CL-ML	19,0	28,0	21,0	7,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	31 ML	39,0	43,0	28,0	15,0	15,8	1,82 0,965	0,183	33,1	1,33	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	33,45 MH	65,0	90,0	66,0	24,0	12,5	1,82 0,965	0,183	30,1	1,20	0,420	0,080

PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	34 CH	NA	95,2	36,7	58,5	14,0	3,07 0,801	0,152	24,7	0,97	0,348	0,066
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	34,6 MH	149,0	156,0	105,0	51,0	15,8	1,82 0,965	0,183	25,5	1,01	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	36 CL-ML	20,0	22,0	18,0	4,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	38 CL-ML	23,0	22,0	18,0	4,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P22	101896	106868	2563,51	46	40 CL	17,0	19,0	17,0	2,0	14,0	3,07 0,027	0,005	33,0	1,33	0,012	0,002
PSI2P23	102222	106528	2575,75	50	2 CL-ML	29,0	33,0	24,0	9,0	17,5	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P23	102222	106528	2575,75	50	4,175 CL-ML	26,0	32,0	23,0	9,0	17,5	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P23	102222	106528	2575,75	50	6,45 CL-ML	14,0	32,0	23,0	9,0	17,5	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P23	102222	106528	2575,75	50	8,5 CL-ML	9,8	32,0	23,0	9,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P23	102222	106528	2575,75	50	12 ML	27,0	39,0	27,0	12,0	15,8	1,82 0,965	0,183	34,5	1,40	0,420	0,080
PSI2P23	102222	106528	2575,75	50	14 CL	21,0	33,0	22,0	11,0	14,0	3,07 0,151	0,029	33,0	1,33	0,066	0,012
PSI2P23	102222	106528	2575,75	50	16 CL-ML	13,0	22,0	17,0	5,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P23	102222	106528	2575,75	50	30,45 CL	24,0	29,0	19,0	10,0	14,0	3,07 0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011
PSI2P23	102222	106528	2575,75	50	34 CL	27,0	33,0	22,0	11,0	14,0	3,07 0,151	0,029	33,0	1,33	0,066	0,012
PSI2P23	102222	106528	2575,75	50	40,25 CL	NA	33,0	22,0	11,0	14,0	3,07 0,151	0,029	33,0	1,33	0,066	0,012
PSI2P23	102222	106528	2575,75	50	44,5 CL	NA	33,0	22,0	11,0	14,0	3,07 0,151	0,029	33,0	1,33	0,066	0,012
PSI2P23	102222	106528	2575,75	50	47 CL	NA	33,0	22,0	11,0	14,0	3,07 0,151	0,029	33,0	1,33	0,066	0,012
PSI2P24	102251	106309	2580	51	1,45 CL	NA	24,3	11,4	12,9	15,3	2,51 0,177	0,034	33,0	1,33	0,077	0,015
PSI2P24	102251	106309	2580	51	20,45 CL	NA	24,3	11,4	12,9	14,0	3,07 0,177	0,034	34,0	1,38	0,077	0,015
PSI2P24	102251	106309	2580	51	22,05 CL	NA	24,3	11,4	12,9	14,0	3,07 0,177	0,034	34,0	1,38	0,077	0,015
PSI2P24	102251	106309	2580	51	23,05 CL	NA	24,3	11,4	12,9	14,0	3,07 0,177	0,034	34,0	1,38	0,077	0,015
PSI2P24	102251	106309	2580	51	29,5 CL	NA	24,3	11,4	12,9	14,0	3,07 0,177	0,034	34,0	1,38	0,077	0,015
PSI2P24	102251	106309	2580	51	31,25 CL	NA	24,3	11,4	12,9	14,0	3,07 0,177	0,034	34,0	1,38	0,077	0,015
PSI2P24	102251	106309	2580	51	33 CL	NA	24,3	11,4	12,9	14,0	3,07 0,177	0,034	34,0	1,38	0,077	0,015
PSI2P24	102251	106309	2580	51	34 CL	NA	24,3	11,4	12,9	14,0	3,07 0,177	0,034	34,0	1,38	0,077	0,015
PSI2P24	102251	106309	2580	51	35 CL	NA	24,3	11,4	12,9	14,0	3,07 0,177	0,034	34,0	1,38	0,077	0,015
PSI2P24	102251	106309	2580	51	39,3 CL	NA	24,3	11,4	12,9	15,9	3,07 0,177	0,034	34,0	1,38	0,077	0,015
PSI2P24	102251	106309	2580	51	42,2 CL	NA	24,3	11,4	12,9	15,9	3,07 0,177	0,034	34,0	1,38	0,077	0,015
PSI2P24	102251	106309	2580	51	44 CL	NA	24,3	11,4	12,9	15,9	3,07 0,177	0,034	34,0	1,38	0,077	0,015
PSI2P24	102251	106309	2580	51	44,6 CL	NA	24,3	11,4	12,9	15,9	3,07 0,177	0,034	34,0	1,38	0,077	0,015
PSI2P24	102251	106309	2580	51	45,65 CL	NA	24,3	11,4	12,9	15,9	3,07 0,177	0,034	34,0	1,38	0,077	0,015
PSI2P25	102044	105865	2578,68	41	2,25 CL	28,0	27,0	16,0	11,0	15,3	2,51 0,151	0,029	33,0	1,33	0,066	0,012
PSI2P25	102044	105865	2578,68	41	3,5 CL	27,9	39,2	19,8	19,4	18,3	2,51 0,266	0,050	33,0	1,33	0,116	0,022
PSI2P25	102044	105865	2578,68	41	4,175 CL	30,0	37,0	23,0	14,0	18,3	2,51 0,192	0,036	33,0	1,33	0,083	0,016
PSI2P25	102044	105865	2578,68	41	5,95 CH-MH	60,0	53,0	29,0	24,0	17,5	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P25	102044	105865	2578,68	41	9,05 CL	28,0	35,0	20,0	15,0	18,3	3,07 0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
PSI2P25	102044	105865	2578,68	41	10,95 CL-ML	27,0	19,0	15,0	4,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P25	102044	105865	2578,68	41	12,95 CL	24,0	23,0	15,0	8,0	14,0	3,07 0,110	0,021	33,0	1,33	0,048	0,009
PSI2P25	102044	105865	2578,68	41	15,05 CL-ML	27,0	25,0	21,0	4,0	15,8	1,82 0,965	0,183	32,0	1,29	0,420	0,080
PSI2P26	101872	105536	2578	50	2,1 CL	NA	37,0	23,0	14,0	15,3	2,51 0,192	0,036	33,0	1,33	0,083	0,016
PSI2P26	101872	105536	2578	50	2,55 CL	28,0	37,0	23,0	14,0	15,3	2,51 0,192	0,036	33,0	1,33	0,083	0,016
PSI2P26	101872	105536	2578	50	3,45 CL	29,0	32,0	20,0	12,0	15,3	2,51 0,164	0,031	33,0	1,33	0,071	0,014
PSI2P26	101872	105536	2578	50	5,6 CL	NA	23,4	12,1	11,2	15,3	2,51 0,154	0,029	33,0	1,33	0,067	0,013
PSI2P26	101872	105536	2578	50	6,05 CL	29,0	28,0	22,0	6,0	15,3	2,51 0,082	0,016	33,0	1,33	0,036	0,007
PSI2P26	101872	105536	2578	50	7,95 CL	43,0	47,0	28,0	19,0	14,0	3,07 0,260	0,049	31,5	1,27	0,113	0,021
PSI2P26	101872	105536	2578	50	10,6 CL	NA	47,0	28,0	19,0	14,0	3,07 0,260	0,049	31,5	1,27	0,113	0,021

PSI2P26	101872	105536	2578	50	11,05 CL		21,0	34,0	18,0	16,0	14,0	3,07 0,219	0,042	32,6	1,32	0,095	0,018	
PSI2P26	101872	105536	2578	50	12,95 CL		24,0	38,0	22,0	16,0	14,0	3,07 0,219	0,042	32,6	1,32	0,095	0,018	
PSI2P26	101872	105536	2578	50	15,65 SP	NA	NA	NA	NA		19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002	
PSI2P26	101872	105536	2578	50	26,1 NA	NA	NA	NA	NA	NA		0,7653 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002	
PSI2P26	101872	105536	2578	50	28 NA	NA	NA	NA	NA	NA		0,7653 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002	
PSI2P26	101872	105536	2578	50	30,5 NA		27,0	48,0	24,0	24,0	NA		0,7653 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PSI2P28	101685	104996	2577,41	50	1,85 CL		22,0	35,0	24,0	11,0	15,3	2,51 0,151	0,029	33,0	1,33	0,066	0,012	
PSI2P28	101685	104996	2577,41	50	3 ML		19,0	34,0	27,0	7,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
PSI2P28	101685	104996	2577,41	50	5,3 CL	NA		35,0	24,0	11,0	15,3	2,51 0,151	0,029	33,0	1,33	0,066	0,012	
PSI2P28	101685	104996	2577,41	50	7,25 MH		43,0	58,0	42,0	16,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
PSI2P28	101685	104996	2577,41	50	6,1 MH	NA		100,5	38,3	62,2	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080	
PSI2P28	101685	104996	2577,41	50	7,45 CH		49,0	55,0	30,0	25,0	15,3	3,07 0,342	0,065	33,0	1,33	0,149	0,028	
PSI2P28	101685	104996	2577,41	50	9,45 MH		23,0	33,0	18,0	15,0	15,8	1,82 0,965	0,183	33,1	1,33	0,420	0,080	
PSI2P28	101685	104996	2577,41	50	11,3 MH	NA		32,9	13,0	19,9	15,8	1,82 0,965	0,183	31,3	1,25	0,420	0,080	
PSI2P28	101685	104996	2577,41	50	11,85 MH		22,0	30,0	17,0	13,0	15,8	1,82 0,965	0,183	34,0	1,37	0,420	0,080	
PSI2P28	101685	104996	2577,41	50	13,65 SP		19,0	NA	NA	NA		19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PSI2P28	101685	104996	2577,41	50	15,25 SP		23,0	NA	NA	NA		19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PSI2P28	101685	104996	2577,41	50	16,9 CL	NA		31,0	18,0	13,0	14,0	3,07 0,178	0,034	34,0	1,37	0,077	0,015	
PSI2P28	101685	104996	2577,41	50	24,5 CL		11,0	31,0	18,0	13,0	14,0	3,07 0,178	0,034	34,0	1,37	0,077	0,015	
PSI2P29	101540	104395	2588	50	2,55 CL		22,0	32,0	23,0	9,0	15,3	2,51 0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010	
PSI2P29	101540	104395	2588	50	3,65 CL		18,0	20,0	15,0	5,0	15,3	2,51 0,068	0,013	33,0	1,33	0,030	0,006	
PSI2P29	101540	104395	2588	50	5,5 CL	NA		34,6	13,9	20,7	15,3	2,51 0,284	0,054	33,0	1,33	0,123	0,023	
PSI2P29	101540	104395	2588	50	6 CL		19,0	28,0	18,0	10,0	15,3	2,51 0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011	
PSI2P29	101540	104395	2588	50	7,65 SW		20,0	22,0	17,0	5,0	19,0	0,76 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002	
PSI2P29	101540	104395	2588	50	9,25 GW		12,0	20,0	14,0	6,0	22,0	0,9 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002	
PSI2P29	101540	104395	2588	50	11 GW		10,0	NA	NA	NA		22,0	0,9 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002
PSI2P29	101540	104395	2588	50	17,6 CL	NA		28,0	20,0	8,0	14,0	3,07 0,110	0,021	33,0	1,33	0,048	0,009	
PSI2P29	101540	104395	2588	50	25 CL		18,0	28,0	20,0	8,0	14,0	3,07 0,110	0,021	33,0	1,33	0,048	0,009	
PSI2P29	101540	104395	2588	50	26,8 CL		19,0	34,0	22,0	12,0	14,0	3,07 0,164	0,031	34,5	1,40	0,071	0,014	
PSI2P29	101540	104395	2588	50	28,6 CL		16,0	23,0	20,0	3,0	14,0	3,07 0,041	0,008	33,0	1,33	0,018	0,003	
PSI2P29	101540	104395	2588	50	30,5 CL		14,0	31,0	24,0	7,0	14,0	3,07 0,096	0,018	33,0	1,33	0,042	0,008	
PSI2P29	101540	104395	2588	50	39,5 CL		13,0	42,0	22,0	20,0	14,0	3,07 0,274	0,052	31,2	1,25	0,119	0,023	
PSI2P30	101540	104395	2588	50	2 CL	NA		119,7	40,2	79,6	20,4	2,51 1,090	0,053	33,0	1,33	0,474	0,023	
PSI2P30	101540	104395	2588	50	3,45 CL		27,4	119,7	40,2	79,6	15,3	2,51 1,090	0,040	33,0	1,33	0,474	0,017	
PSI2P30	101540	104395	2588	50	10,75 NA	NA	NA	NA	NA		15,3	2,51 1,090	0,040	33,0	1,33	0,474	0,017	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	1,95 CL	NA		40,2	24,3	15,9	15,3	2,51 0,218	0,041	33,0	1,33	0,095	0,018	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	3,25 CL		22,9	40,2	24,3	15,9	15,3	2,51 0,218	0,041	33,0	1,33	0,095	0,018	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	12 CL	NA		40,2	24,3	15,9	14,0	3,07 0,218	0,041	32,7	1,32	0,095	0,018	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	15 NA	NA	NA	NA	NA		14,0	3,07 0,218	0,041	32,7	1,32	0,095	0,018	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	18 CL	NA		40,2	24,3	15,9	14,0	3,07 0,218	0,041	32,7	1,32	0,095	0,018	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	21 CL	NA		40,2	24,3	15,9	14,0	3,07 0,218	0,041	32,7	1,32	0,095	0,018	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	24 CL	NA		40,2	24,3	15,9	14,0	3,07 0,218	0,041	32,7	1,32	0,095	0,018	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	27 CL	NA		40,2	24,3	15,9	14,0	3,07 0,218	0,041	32,7	1,32	0,095	0,018	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	29 CL	NA		40,2	24,3	15,9	14,0	3,07 0,218	0,041	32,7	1,32	0,095	0,018	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	32,5 CL	NA		40,2	24,3	15,9	14,0	3,07 0,218	0,041	32,7	1,32	0,095	0,018	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	35,5 CL	NA		40,2	24,3	15,9	14,0	3,07 0,218	0,041	32,7	1,32	0,095	0,018	

PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	39 CL	NA	40,2	24,3	15,9	14,0	3,07	0,218	0,041	32,7	1,32	0,095	0,018	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	41,5 CL	NA	40,2	24,3	15,9	14,0	3,07	0,218	0,041	32,7	1,32	0,095	0,018	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	43,5 NA	NA	NA	NA	NA	14,0	3,07	0,218	0,041	32,7	1,32	0,095	0,018	
PSI2P31	101384	103591	2587,9	50	45 NA	NA	NA	NA	NA	14,0	3,07	0,218	0,041	32,7	1,32	0,095	0,018	
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	1,95 CL		21,5	23,8	19,3	4,5	15,3	2,51	0,062	0,012	33,0	1,33	0,027	0,005
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	3,65 CL		26,6	28,3	19,1	9,2	15,3	2,51	0,126	0,024	33,0	1,33	0,055	0,010
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	5,45 CL		17,8	17,0	15,4	1,6	15,3	2,51	0,022	0,004	33,0	1,33	0,010	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	6,8 SM		14,9	22,6	19,3	3,3	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	8,45 GM		13,2	21,0	16,5	4,5	22,0	0,7	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	10,45 GM		12,4	21,0	16,5	4,5	22,0	0,7	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	12,45 GM		12,0	22,2	18,1	4,1	22,0	0,7	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	14,45 SM		22,0	24,5	18,8	5,7	20,0	0,66	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	20,8 GP	NA	NA	NA	NA		20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	21,4 GP		15,0	NA	NA	NA	20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	24,2 GP		13,2	NA	NA	NA	20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	26,5 GP	NA	NA	NA	NA		20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	27,5 GP	NA	NA	NA	NA		20,0	0,9	0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	32 CL	NA		17,0	15,4	1,6	14,0	3,07	0,022	0,004	33,0	1,33	0,010	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	37 CL	NA		17,0	15,4	1,6	14,0	3,07	0,022	0,004	33,0	1,33	0,010	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	38 CL	NA		17,0	15,4	1,6	14,0	3,07	0,022	0,004	33,0	1,33	0,010	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	39,2 CL	NA		17,0	15,4	1,6	14,0	3,07	0,022	0,004	33,0	1,33	0,010	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	41,3 CL	NA		17,0	15,4	1,6	14,0	3,07	0,022	0,004	33,0	1,33	0,010	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	42,5 CL	NA		17,0	15,4	1,6	14,0	3,07	0,022	0,004	33,0	1,33	0,010	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	44,5 CL	NA		17,0	15,4	1,6	14,0	3,07	0,022	0,004	33,0	1,33	0,010	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	46,5 CL	NA		17,0	15,4	1,6	14,0	3,07	0,022	0,004	33,0	1,33	0,010	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	48 CL	NA		17,0	15,4	1,6	14,0	3,07	0,022	0,004	33,0	1,33	0,010	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	49 CL	NA		17,0	15,4	1,6	14,0	3,07	0,022	0,004	33,0	1,33	0,010	0,002
PSI2P32	101240	103002	2588,59	50	50 CL	NA		17,0	15,4	1,6	14,0	3,07	0,022	0,004	33,0	1,33	0,010	0,002
PSI2P33	101147	102786	2590,98	41	1,95 CH		40,5	53,1	39,5	13,6	15,3	2,51	0,186	0,035	33,0	1,33	0,081	0,015
PSI2P33	101147	102786	2590,98	41	3,35 CH		40,3	39,0	28,4	10,6	15,3	2,51	0,145	0,028	33,0	1,33	0,063	0,012
PSI2P33	101147	102786	2590,98	41	5,6 CH	NA		55,7	25,1	30,6	18,0	2,51	0,419	0,079	33,0	1,33	0,182	0,035
PSI2P33	101147	102786	2590,98	41	6,05 CH		74,7	60,2	38,9	21,3	15,3	2,51	0,292	0,055	33,0	1,33	0,127	0,024
PSI2P33	101147	102786	2590,98	41	10,6 CH		23,2	22,9	18,2	4,7	18,8	3,07	0,064	0,012	33,0	1,33	0,028	0,005
PSI2P33	101147	102786	2590,98	41	11,05 CH		23,2	22,9	18,2	4,7	14,0	3,07	0,064	0,012	33,0	1,33	0,028	0,005
PSI2P33	101147	102786	2590,98	41	12,95 GM		16,4	25,5	17,6	7,9	22,0	0,7	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P33	101147	102786	2590,98	41	15,5 GM		11,1	20,9	17,3	3,6	22,0	0,7	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P33	101147	102786	2590,98	41	26,75 GM		12,9	22,3	18,4	3,9	22,0	0,7	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P33	101147	102786	2590,98	41	28,25 GM		13,6	18,8	15,8	3,0	22,0	0,7	0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P33	101147	102786	2590,98	41	30,45 CL		21,0	27,0	17,8	9,2	14,0	3,07	0,126	0,024	33,0	1,33	0,055	0,010
PSI2P33	101147	102786	2590,98	41	32,55 CL		14,2	21,8	16,1	5,7	14,0	3,07	0,078	0,015	33,0	1,33	0,034	0,006
PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	3,65 MH		30,1	61,0	33,9	27,1	17,5	1,82	0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	5,45 MH	NA		61,0	33,9	27,1	17,5	1,82	0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	8,1 MH	NA		54,9	20,5	34,4	15,8	1,82	0,965	0,183	27,9	1,11	0,420	0,080
PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	8,55 MH		31,4	57,6	31,1	26,5	15,8	1,82	0,965	0,183	29,5	1,18	0,420	0,080
PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	10,45 MH	NA		57,6	31,1	26,5	15,8	1,82	0,965	0,183	29,5	1,18	0,420	0,080
PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	7,6 MH	NA		57,6	31,1	26,5	15,8	1,82	0,965	0,183	29,5	1,18	0,420	0,080

PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	15,45 MH		23,6	57,6	31,1	26,5	15,8	1,82 0,965	0,183	29,5	1,18	0,420	0,080
PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	17,65 GM		11,9	19,0	17,6	1,4	22,0	0,7 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	20,35 MH	NA		57,6	31,1	26,5	15,8	1,82 0,965	0,183	29,5	1,18	0,420	0,080
PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	25,45 MH		12,6	23,5	16,9	6,6	15,8	1,82 0,965	0,183	38,5	1,57	0,420	0,080
PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	32 ML	NA		21,4	19,4	2,0	15,8	1,82 0,965	0,183	47,3	1,95	0,420	0,080
PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	33,45 ML		11,5	21,4	19,4	2,0	15,8	1,82 0,965	0,183	47,3	1,95	0,420	0,080
PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	35,5 ML	NA		21,4	19,4	2,0	15,8	1,82 0,965	0,183	47,3	1,95	0,420	0,080
PSI2P34	100980	102239	2596,52	45	45,25 SC		16,3	26,5	17,1	9,4	20,0	0,66 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PSI2P35	100770	101807	2595,28	40	3,45 CL		25,3	39,1	24,0	15,1	15,3	2,51 0,207	0,039	33,0	1,33	0,090	0,017
PSI2P35	100770	101807	2595,28	40	5,45 CL	NA		39,1	24,0	15,1	15,3	2,51 0,207	0,039	33,0	1,33	0,090	0,017
PSI2P35	100770	101807	2595,28	40	7,65 CL		25,2	29,5	20,5	9,0	14,0	3,07 0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
PSI2P35	100770	101807	2595,28	40	11,05 GM	NA		42,6	25,9	16,7	22,0	0,7 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P35	100770	101807	2595,28	40	12,35 ML	NA		35,6	23,2	12,4	15,8	1,82 0,965	0,183	34,3	1,39	0,420	0,080
PSI2P35	100770	101807	2595,28	40	14,3 ML		23,8	35,6	23,2	12,4	15,8	1,82 0,965	0,183	34,3	1,39	0,420	0,080
PSI2P35	100770	101807	2595,28	40	16,25 ML	NA		35,6	23,2	12,4	15,8	1,82 0,965	0,183	34,3	1,39	0,420	0,080
PSI2P35	100770	101807	2595,28	40	18,2 ML	NA		35,6	23,2	12,4	15,8	1,82 0,965	0,183	34,3	1,39	0,420	0,080
PSI2P35	100770	101807	2595,28	40	20,6 GC	NA		42,6	25,9	16,7	22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PSI2P35	100770	101807	2595,28	40	26,65 GC		21,1	33,6	21,4	12,2	22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PSI2P35	100770	101807	2595,28	40	29,1 GC	NA		33,6	21,4	12,2	22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PSI2P35	100770	101807	2595,28	40	35 GC		34,8	29,2	17,6	11,6	22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PSI2P35	100770	101807	2595,28	40	36,95 GC		16,7	30,4	19,7	10,7	22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	5,45 SM	NA	NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	9,25 SM	NA	NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	12,45 CL	NA		167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	13,6 CL	NA		167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	15,55 CL	NA		167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	18,45 CL	NA		167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	28,15 GC	NA	NA	NA	NA		22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	29,35 GC	NA	NA	NA	NA		22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	30,45 ML	NA	NA	NA		25,0	15,8	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	35,1 CH	NA		167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	37,95 CH	NA		167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	40,45 CL	NA		167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	42,7 CL	NA		167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	43,95 GC	NA	NA	NA	NA		22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PSI2P36	100597	101513	2598,44	50	45,25 CL	NA		167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
PSI2P37	100401	101194	2599,22	50	15,1 CL		18,9	167,7	50,0	117,8	19,3	3,07 1,613	0,050	20,6	0,80	0,701	0,022
PSI2P37	100401	101194	2599,22	50	15,55 CL		18,9	167,7	50,0	117,8	14,0	3,07 1,613	0,036	20,6	0,80	0,701	0,016
PSI2P38	100164	100783	2597	51	2,6 CH	NA		119,7	40,2	79,6	15,3	2,51 1,090	0,040	33,0	1,33	0,474	0,017
PSI2P38	100164	100783	2597	51	3,35 SM	NA	NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P38	100164	100783	2597	51	4,05 SM	NA	NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P38	100164	100783	2597	51	6,05 SM	NA	NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P38	100164	100783	2597	51	8,3 SM	NA	NA	NA	NA		20,0	0,66 0,014	0,007	34,0	1,37	0,006	0,003
PSI2P38	100164	100783	2597	51	8,95 CL	NA		35,7	19,5	16,2	14,0	3,07 0,222	0,042	32,6	1,31	0,096	0,018
PSI2P38	100164	100783	2597	51	11,05 GC	NA	NA	NA	NA		22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PSI2P38	100164	100783	2597	51	13,3 CL	NA		35,7	19,5	16,2	18,8	3,07 0,222	0,042	32,6	1,31	0,096	0,018

PSI2P38	100164	100783	2597	51	13,75 CL	NA	35,7	19,5	16,2	18,8	3,07 0,222	0,042	32,6	1,31	0,096	0,018	
PSI2P38	100164	100783	2597	51	15,95 CL	NA	35,7	19,5	16,2	18,8	3,07 0,222	0,042	32,6	1,31	0,096	0,018	
PSI2P38	100164	100783	2597	51	18,3 CL	NA	42,6	25,9	16,7	16,3	3,07 0,229	0,043	32,4	1,30	0,100	0,019	
PSI2P38	100164	100783	2597	51	18,75 CL	NA	42,6	25,9	16,7	14,0	3,07 0,229	0,043	32,4	1,30	0,100	0,019	
PSI2P38	100164	100783	2597	51	21,05 CL	NA	42,6	25,9	16,7	16,3	3,07 0,229	0,043	32,4	1,30	0,100	0,019	
PSI2P38	100164	100783	2597	51	31,45 CL	NA	42,6	25,9	16,7	14,0	3,07 0,229	0,043	32,4	1,30	0,100	0,019	
PSI2P38	100164	100783	2597	51	37,4 CL	NA	42,6	25,9	16,7	14,0	3,07 0,229	0,043	32,4	1,30	0,100	0,019	
PSI2P38	100164	100783	2597	51	37,85 CL	NA	42,6	25,9	16,7	14,0	3,07 0,229	0,043	32,4	1,30	0,100	0,019	
PSI2P38	100164	100783	2597	51	39,85 CL	NA	42,6	25,9	16,7	14,0	3,07 0,229	0,043	32,4	1,30	0,100	0,019	
PSI2P38	100164	100783	2597	51	43,35 CL	NA	42,6	25,9	16,7	14,0	3,07 0,229	0,043	32,4	1,30	0,100	0,019	
PSI2P39	100080	100653	2594,38	50	3,05 CL	NA	119,7	40,2	79,6	17,2	2,51 1,090	0,045	33,0	1,33	0,474	0,019	
PSI2P39	100080	100653	2594,38	50	5,8 CL	NA	119,7	40,2	79,6	16,6	2,51 1,090	0,043	33,0	1,33	0,474	0,019	
PSI2P39	100080	100653	2594,38	50	6,25 CL	NA	119,7	40,2	79,6	16,6	2,51 1,090	0,043	33,0	1,33	0,474	0,019	
PSI2P39	100080	100653	2594,38	50	10,5 CH	NA	167,7	50,0	117,8	18,7	3,07 1,613	0,049	20,6	0,80	0,701	0,021	
PSI2P39	100080	100653	2594,38	50	10,8 CH	NA	167,7	50,0	117,8	18,7	3,07 1,613	0,049	20,6	0,80	0,701	0,021	
PSI2P39	100080	100653	2594,38	50	12,95 CL	NA	167,7	50,0	117,8	16,6	3,07 1,613	0,043	20,6	0,80	0,701	0,019	
PSI2P39	100080	100653	2594,38	50	20 CL	NA	167,7	50,0	117,8	16,6	3,07 1,613	0,043	20,6	0,80	0,701	0,019	
PSI2P39	100080	100653	2594,38	50	22,95 SP	NA	NA	NA	NA	16,6	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002	
PSI2P39	100080	100653	2594,38	50	28,45 CL	NA	167,7	50,0	117,8	16,6	3,07 1,613	0,043	20,6	0,80	0,701	0,019	
PSI2P39	100080	100653	2594,38	50	32,45 SP	NA	NA	NA	NA	16,6	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002	
PSI2P39	100080	100653	2594,38	50	36,9 CL	NA	167,7	50,0	117,8	17,7	3,07 1,613	0,046	20,6	0,80	0,701	0,020	
PSI2P39	100080	100653	2594,38	50	37,1 CL	NA	167,7	50,0	117,8	17,2	3,07 1,613	0,045	20,6	0,80	0,701	0,019	
PSI2P39	100080	100653	2594,38	50	37,55 CL	NA	167,7	50,0	117,8	16,6	3,07 1,613	0,043	20,6	0,80	0,701	0,019	
PSI2P40	99837	100719	2590,73	50	4,95 CL		27,6	42,6	28,3	14,3	2,51 0,196	0,037	33,0	1,33	0,085	0,016	
PSI2P40	99837	100719	2590,73	50	8,1 CH		30,2	29,2	19,0	10,2	3,07 0,140	0,026	33,0	1,33	0,061	0,012	
PSI2P40	99837	100719	2590,73	50	10,4 GC		10,6	28,1	18,8	9,3	22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PSI2P40	99837	100719	2590,73	50	17,35 GC		22,9	31,6	22,5	9,1	22,0	0,7 0,014	0,007	31,0	1,24	0,006	0,003
PSI2P40	99837	100719	2590,73	50	19,8 CL		32,4	37,8	19,9	17,9	14,0	3,07 0,245	0,046	31,9	1,28	0,107	0,020
PSI2P40	99837	100719	2590,73	50	20,25 ML		32,4	30,0	24,8	5,2	15,8	1,82 0,965	0,183	40,2	1,64	0,420	0,080
PSI2P40	99837	100719	2590,73	50	25,55 ML		23,9	35,4	19,9	15,5	15,8	1,82 0,965	0,183	32,8	1,32	0,420	0,080
PSI2P40	99837	100719	2590,73	50	35,05 CL		28,3	32,9	26,2	6,7	14,0	3,07 0,092	0,017	33,0	1,33	0,040	0,008
PSI2P40	99837	100719	2590,73	50	49,15 CL		27,5	37,0	22,0	15,0	14,0	3,07 0,205	0,039	33,1	1,33	0,089	0,017
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	2 CL	NA		36,0	27,0	9,0	15,3	2,51 0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	4,45 CL		22,0	36,0	27,0	9,0	15,3	2,51 0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	10,7 ML		28,0	45,0	13,0	32,0	15,8	1,82 0,965	0,183	28,3	1,13	0,420	0,080
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	11,15 MH		46,0	36,0	26,0	10,0	15,8	1,82 0,965	0,183	35,7	1,45	0,420	0,080
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	19,35 ML		46,0	45,0	13,0	32,0	15,8	1,82 0,965	0,183	28,3	1,13	0,420	0,080
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	20,7 ML		36,3	42,2	23,3	18,9	15,8	1,82 0,965	0,183	31,6	1,27	0,420	0,080
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	23,1 ML		35,0	43,0	32,0	11,0	15,8	1,82 0,965	0,183	35,1	1,42	0,420	0,080
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	25,7 CL	NA		29,4	18,1	11,3	18,5	3,07 0,155	0,029	34,9	1,41	0,067	0,013
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	30,7 ML		31,5	45,0	26,0	19,0	15,8	1,82 0,965	0,183	31,5	1,27	0,420	0,080
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	31,15 ML		43,0	45,0	26,0	19,0	15,8	1,82 0,965	0,183	31,5	1,27	0,420	0,080
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	35,7 ML	NA		33,5	19,0	14,5	19,4	1,82 0,965	0,183	33,3	1,34	0,420	0,080
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	38,25 ML		70,0	66,0	32,0	34,0	15,8	1,82 0,965	0,183	27,9	1,11	0,420	0,080
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	44,8 NA	NA	NA	NA	NA	NA	15,8	1,82 0,965	0,183	27,9	1,11	0,420	0,080
PSI2P41	99538	100974	2585,36	40	45,7 NA	NA		30,6	16,7	13,9	15,8	1,82 0,965	0,183	27,9	1,11	0,420	0,080

UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	2 ML	32,0	36,0	21,0	15,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	2,5 CL	20,0	29,0	15,0	14,0	15,3	2,51 0,192	0,036	33,0	1,33	0,083	0,016
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	4 CL	47,0	53,0	26,0	27,0	15,3	2,51 0,370	0,070	33,0	1,33	0,161	0,030
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	5,5 OH	88,0	93,0	40,0	53,0	1,2	4 1,800	0,180	15,0	0,57	0,783	0,078
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	7 OH	21,0	68,0	41,0	27,0	1,2	4 1,800	0,180	15,0	0,57	0,783	0,078
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	8,5 CL	23,0	29,0	20,0	9,0	14,0	3,07 0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	10 CL	8,0	29,0	20,0	9,0	14,0	3,07 0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	11,5 CL	7,0	42,0	28,0	14,0	14,0	3,07 0,192	0,036	33,5	1,35	0,083	0,016
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	13 CL	26,0	31,0	18,0	13,0	14,0	3,07 0,178	0,034	34,0	1,37	0,077	0,015
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	14,5 CL	15,0	20,0	13,0	7,0	14,0	3,07 0,096	0,018	33,0	1,33	0,042	0,008
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	16 CL	7,0	20,0	13,0	7,0	14,0	3,07 0,096	0,018	33,0	1,33	0,042	0,008
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	17,5 CL	19,0	25,0	15,0	10,0	14,0	3,07 0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	19 CL	17,0	25,0	17,0	8,0	14,0	3,07 0,110	0,021	33,0	1,33	0,048	0,009
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	20,5 CL	34,0	38,0	29,0	9,0	14,0	3,07 0,123	0,023	33,0	1,33	0,054	0,010
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	22 CL	44,0	44,0	34,0	10,0	14,0	3,07 0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	23,5 CL	8,0	44,0	34,0	10,0	14,0	3,07 0,137	0,026	33,0	1,33	0,060	0,011
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	26,5 CL	22,0	34,0	14,0	20,0	21,2	3,07 0,274	0,052	31,2	1,25	0,119	0,023
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	28 GW	25,0	38,0	13,0	25,0	22,0	0,9 0,007	0,004	38,0	1,55	0,003	0,002
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	29,5 CL	19,0	37,0	14,0	23,0	20,9	3,07 0,315	0,060	30,3	1,22	0,137	0,026
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	32,5 CL	30,0	35,0	14,0	21,0	14,0	3,07 0,288	0,055	30,9	1,24	0,125	0,024
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	35,5 CL	18,0	39,0	15,0	24,0	15,2	3,07 0,329	0,062	30,1	1,20	0,143	0,027
UNA19P1	100982	102523	2592,52	49,5	38,5 CL	14,0	36,0	16,0	20,0	14,0	3,07 0,274	0,052	31,2	1,25	0,119	0,023
UNA24P1	101413	103467	2591,27	17	3,25 CL	39,5	44,0	21,0	23,0	21,0	2,51 0,315	0,060	33,0	1,33	0,137	0,026
UNA24P1	101413	103467	2591,27	17	5,25 ML	31,0	43,0	16,0	27,0	21,9	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	1,2 ML	18,8	31,0	18,0	13,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	1,8 ML	39,7	54,0	28,0	26,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	3 ML	42,4	47,0	26,0	21,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	4 ML	70,9	87,0	41,0	46,0	15,4	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	6,1 ML	35,0	56,0	24,0	32,0	17,5	1,82 0,965	0,183	27,0	1,07	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	8,2 ML	40,3	54,0	29,0	25,0	17,9	1,82 0,965	0,183	29,8	1,19	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	10 ML	NA	188,9	50,9	138,0	15,8	1,82 0,965	0,183	19,7	0,76	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	10,7 ML	102,1	165,0	40,0	125,0	15,8	1,82 0,965	0,183	20,3	0,78	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	12,8 ML	90,3	160,0	48,0	112,0	15,8	1,82 0,965	0,183	20,9	0,81	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	15,2 MH	83,3	115,0	43,0	72,0	15,4	1,82 0,965	0,183	23,5	0,92	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	17,7 MH	89,0	89,0	57,0	32,0	15,8	1,82 0,965	0,183	28,3	1,13	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	19,8 ML	94,9	128,0	56,0	72,0	14,4	1,82 0,965	0,183	23,5	0,92	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	20 ML	NA	289,0	98,6	190,4	15,8	1,82 0,965	0,183	17,9	0,68	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	22,3 ML	30,4	289,0	98,6	190,4	15,8	1,82 0,965	0,183	17,9	0,68	0,420	0,080
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	24,4 SP	31,1 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	26,5 SP	32,1 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002
UNA9P1	101285	105116	2564,29	38	30,8 SP	24,3 NA	NA	NA	NA	19,0	0,76 0,007	0,004	37,0	1,51	0,003	0,002

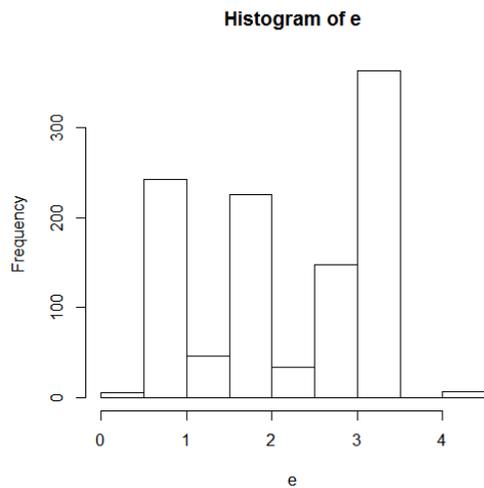
B. ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS ALEATÓRIAS

B.1. ANÁLISE DESCRITIVA PARA e_0

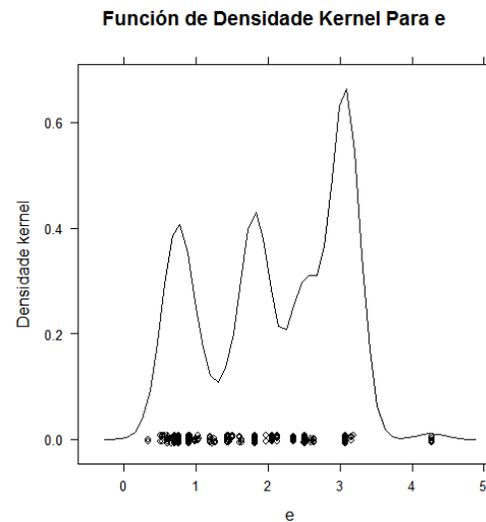
Summary(e_0)

Min,	1st Qu,	Median	Mean	3rd Qu,	Max,	NA's	n
0,339	1,44	2,13	2,098	3,07	4,27	11	1067

Histograma critério de Sturges



F.D Kernel



obs: vales em 1.4, 2.2
obs 2: depois de 4 - outLier

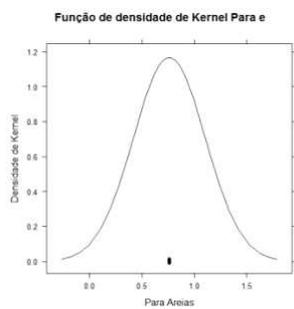
Sumario depois de eliminação de outliers

summary (e₀)

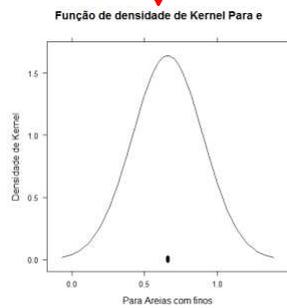
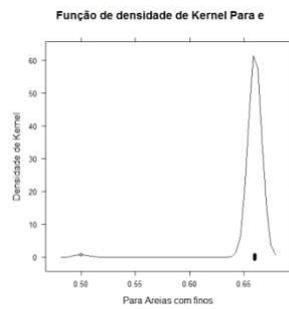
Min,	1st Qu,	Median	Mean	3rd Qu,	Max,	n
0,339	1,26	2,13	2,085	3,07	3,19	1061

Segmentação segundo classificação do solo

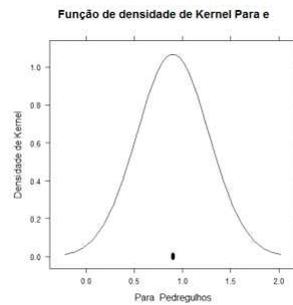
Areias



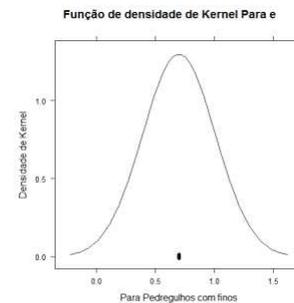
Areias com Finos



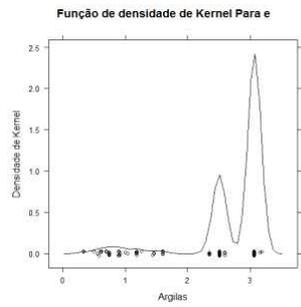
Pedregulhos



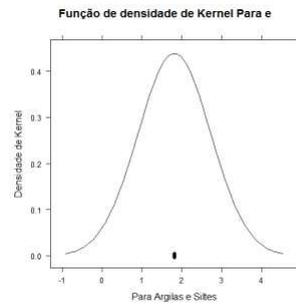
Pedregulhos com finos



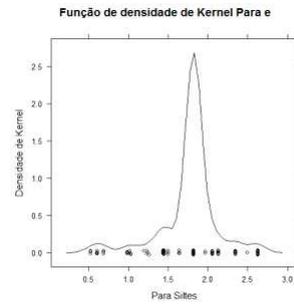
Argilas



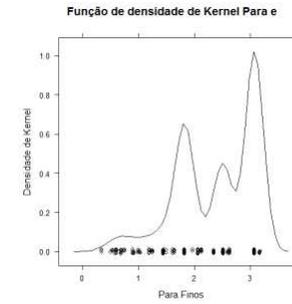
Argilas e siltes



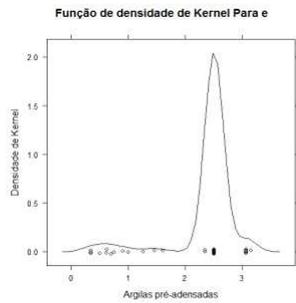
Siltes



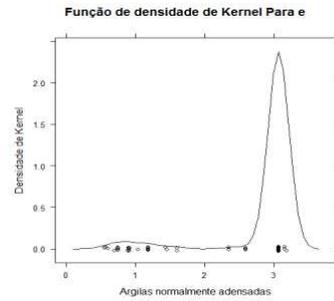
Finos



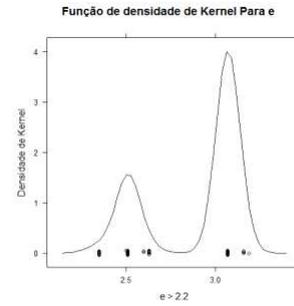
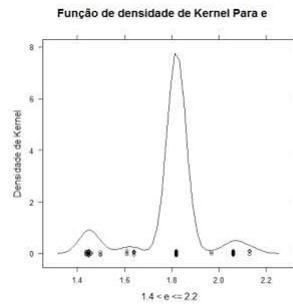
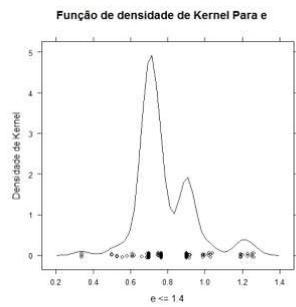
pré-adensadas



normalmente adensadas



Segmentação critérios estatísticos

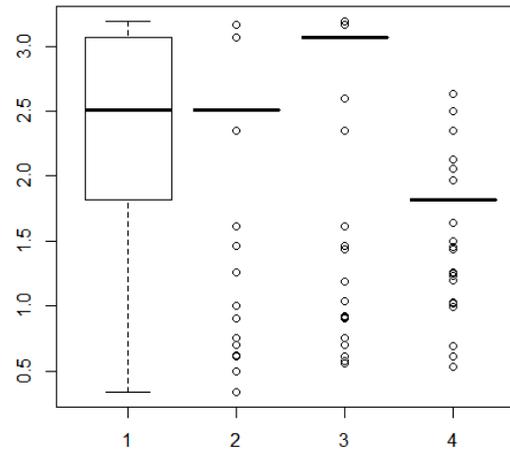


- Magna-Sirgas
 - Secciones
 - Info Acueducto
 - Estadística
 - e0
 - tabela_e14\$ Events
 - tabela_14e22\$ Events
 - tabela_22e\$ Events
 - KAPPA
 - Segundo C. Meramente Estatístico
 - tabela_KAPPA006\$ Events
 - tabela_006KAPPA01\$ Events
 - tabela_01KAPPA\$ Events
 - LAMBDA
 - Segundo C. Meramente estatístico
 - tabela_LAMBDA025\$ Events
 - tabela_025LAMBDA\$ Events
 - Segundo tipo de solo
 - > 0.55



**Validação por BOXPLOTS da segmentação
segundo o tipo de solo**

**Finos agrupados VS Argilas pré-adensadas VS Argilas
normalmente adensadas VS Siltes**



Grupo 1 Finos agrupados

Grupo 2 argilas pré-adensadas

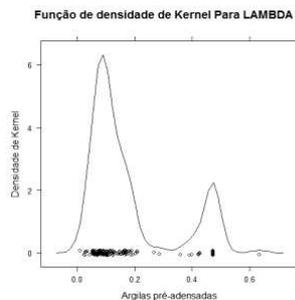
Grupo 3 argilas normal. Adensadas

Grupo 4 siltes

Obs. 1 Siltes, argilas pré e normalmente adensadas serão descritos com uma distribuição triangular

Validação por teste de hipótese da segmentação

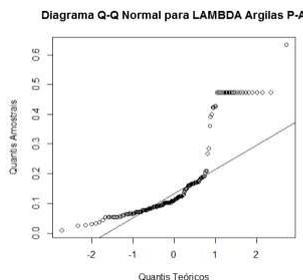
População: Argila Pré-Adensada



Verificação de normalidade

Obliquidade: 1,288462

Curtose: 3,17788



Teste Shapiro - Wilk

\$statistic

W

0.752006

\$p.value

[1] 5.393366e-15

\$method

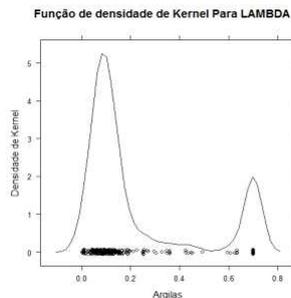
[1] "Shapiro-Wilk normality test"

\$data.name

[1] "tabela.LAMBDA.Argilas.pre\$LAMBDA"

não é normal

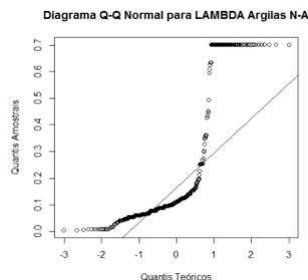
População: Argila Normalmente Adensada



Verificação de normalidade

Obliquidade: 1,275419

Curtose: 2,90342



Teste Shapiro - Wilk

\$statistic

W

0.6937946

\$p.value

[1] 1.194677e-25

\$method

[1] "Shapiro-Wilk normality test"

\$data.name

[1] "tabela.LAMBDA.Argilas.norm\$LAMBDA"

não é normal

Devido à condição de não normalidade e não homogeneidade em variância é necessário um Teste não paramétrico.

Teste Kruskal-Wallis. H0 : São a mesma população

Kruskal-Wallis rank sum test

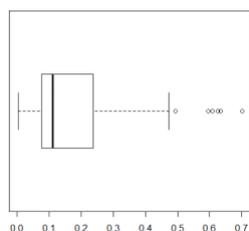
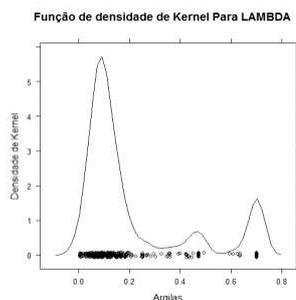
data: list(tabela.LAMBDA.Argilas.pre\$LAMBDA, tabela.LAMBDA.Argilas.norm\$LAMBDA)

Kruskal-Wallis chi-squared = 0.0366, df = 1, p-value = 0.8483

H0 válida

Ajuste de uma função teórica às populações identificadas

População: Argilas



Boxplot tabular para eliminação de OutLiers

\$stats

[,1]

[1,] 0.004764741

valor que caiu no bigode inferior

[2,] 0.076831447

Q1

[3,] 0.112173913

#Q2-mediana

[4,] 0.238237046

#Q3

[5,] 0.473972603

#Q4

\$n

[1] 535

\$conf

[,1]

[1,] 0.1011484

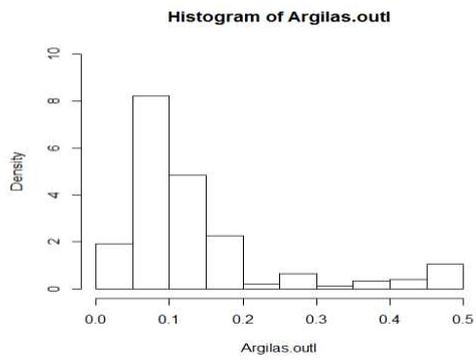
[2,] 0.1231994

\$out

[1] 0.5955926 0.6086957 0.6347826 0.6347826 0.6347826 0.6347826 0.7013103
[8] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[15] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[22] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[29] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[36] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.6253722 0.4943419 0.7013103
[43] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[50] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[57] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[64] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[71] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103

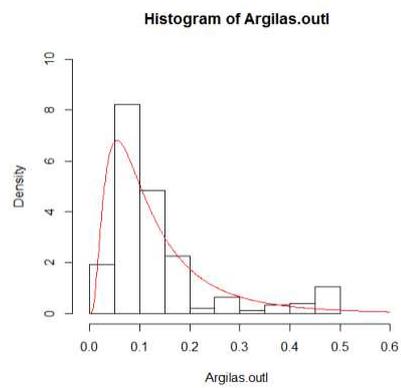
Faixa final dos dados = [0.0048, 0.4740]

histograma final depois de eliminação de OutLiers



fitLAMBDA

meanlog sdlog
-2.28718721 0.78679213
(0.03668437) (0.02593977)



meanlog= -2.28718721, sdlog=0.78679213

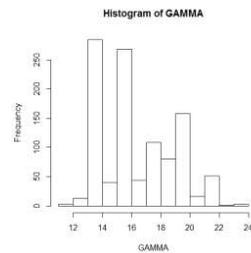
mean= 0.10, sd=2.19

B.2. ANÁLISE DESCRITIVA PARA γt

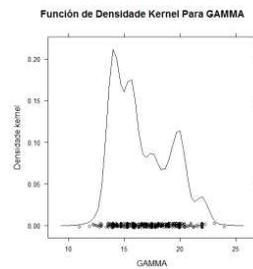
Summary(GAMMA)

Min,	1st Qu,	Median	Mean	3rd Qu,	Max,	NA's	n
11	14	15,8	16,6	19	24	11	1067

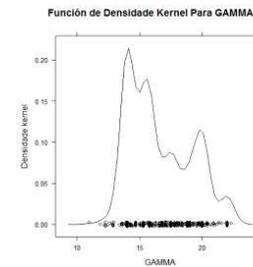
Histograma critério de Sturges



F.D Kernel



obs: vales em 17, 18.6, 21.5
obs 2: depois de 23 - outLier



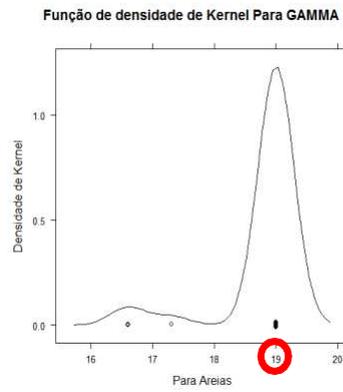
Sumario depois de eliminação

summary (GAMMA)

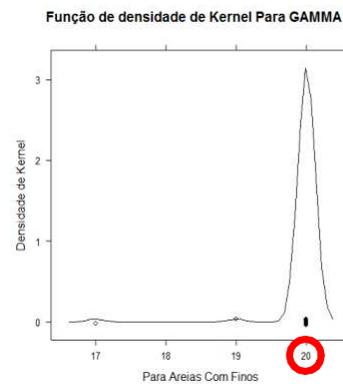
Min,	1st Qu,	Median	Mean	3rd Qu,	Max,	n
11	14	15,8	16,58	18,9	22,3	1065

Segmentação segundo classificação do solo

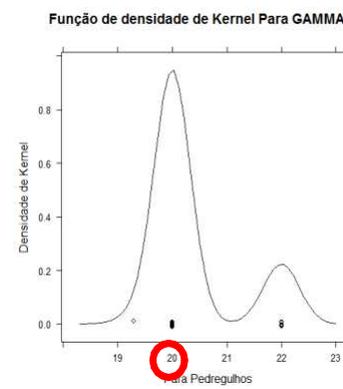
Areias



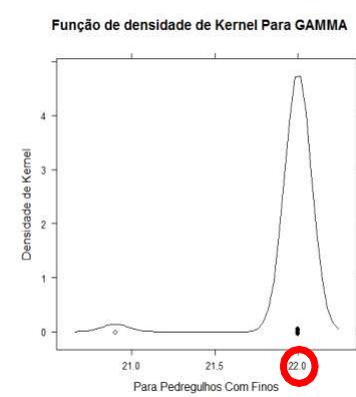
Areias Com Finos



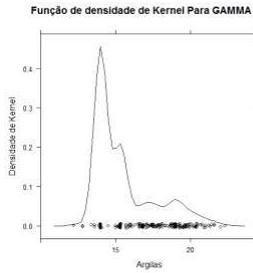
Pedregulhos



Pedregulhos Com finos

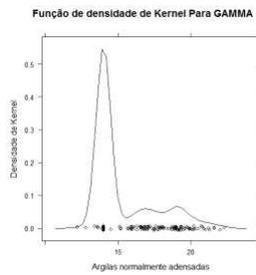
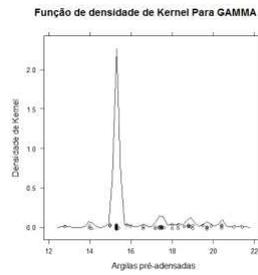


Argilas

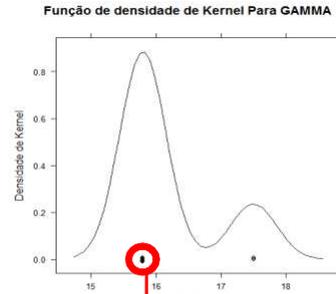


pré-adensadas

normalmente adensadas

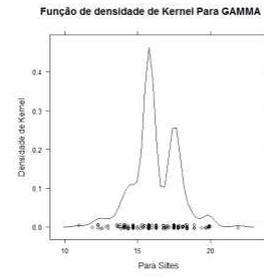


Argilas e siltes



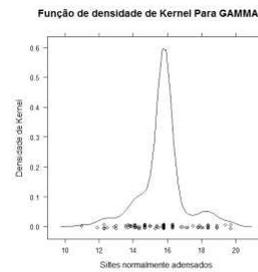
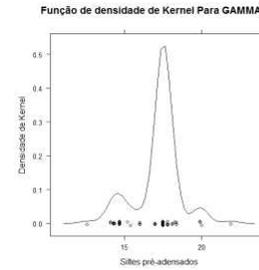
15.8

Siltes



pré-adensadas

Normalmente adensadas

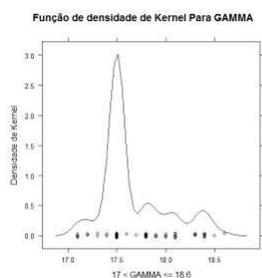
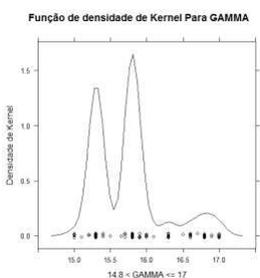
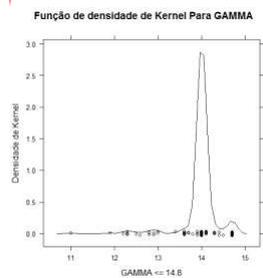
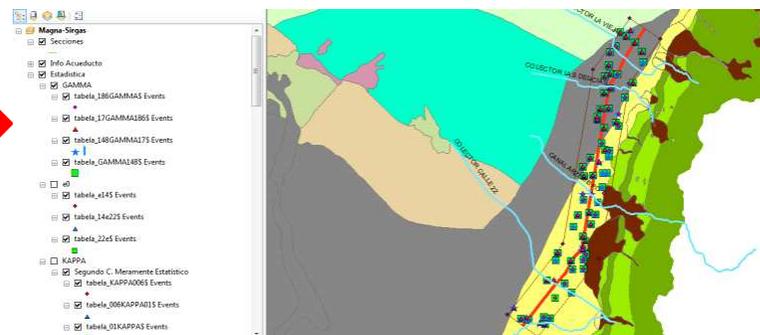
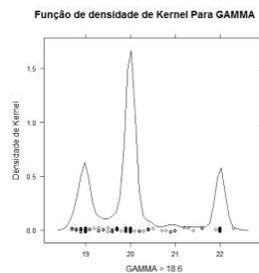
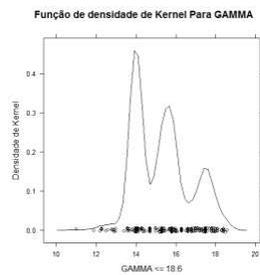


```
summary(tabela.GAMMA.Siltes.pre$G
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu.
12.60 17.50 17.50 17.22 17.50
```

```
summary(tabela.GAMMA.Siltes.p
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd
12.60 17.50 17.50 17.22
```

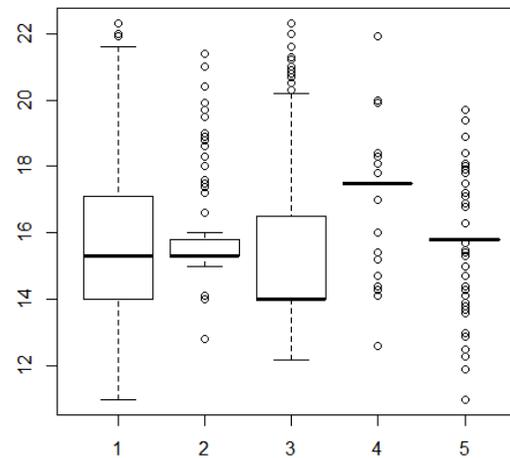
```
summary(tabela.GAMMA.Siltes.norm$GAMMA
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu.
11.00 15.80 15.80 15.71 15.80 19.70
```

Segmentação critérios estatísticos



Validação por BOXPLOTS da segmentação segundo o tipo de solo

Finos agrupados vs Argilas pré-adensadas vs Argilas normalmente adensadas vs Siltes



Grupo 1 Finos agrupados

Grupo 2 argilas pré-adensadas

Grupo 3 argilas normal. Adensadas

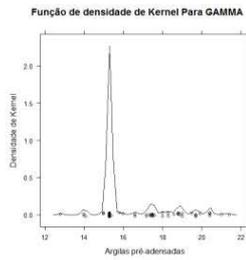
Grupo 4 siltes pré-adensados

Grupo 5 Siltes normal. Adensados

Obs 1 Siltes serão descritos com uma distribuição triangular

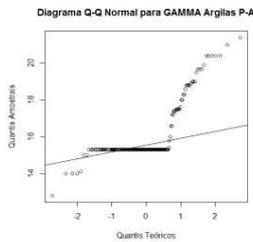
Validação por teste de hipótese da segmentação

População: Argila Pré-Adensada



Verificação de normalidade

Oblíquidade: 1,550558
Curtose: 4,447214



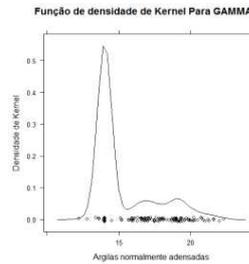
Teste Shapiro - Wilk

\$statistic
W
0.6646508
\$p.value
[1] 1.958204e-17
\$method
[1] "Shapiro-Wilk normality test"
\$data.name
[1] "tabela.GAMMA.Argilas.pre\$GAMMA"



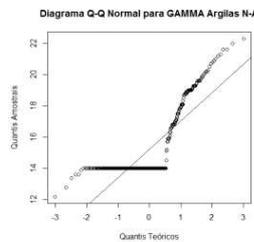
não é normal

População: Argila Normalmente Adensada



Verificação de normalidade

Oblíquidade: 1,44604
Curtose: 3,773031



Teste Shapiro - Wilk

\$statistic
W
0.6561094
\$p.value
[1] 6.383784e-27
\$method
[1] "Shapiro-Wilk normality test"
\$data.name
[1] "tabela.GAMMA.Argilas.norm\$GAMMA"



não é normal

Devido à condição de não normalidade e não homogeneidade em variância é necessário um Teste Teste Kruskal-Wallis. H_0 : São a mesma população

Kruskal-Wallis rank sum test

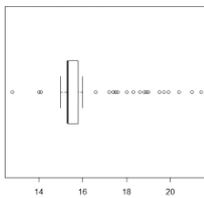
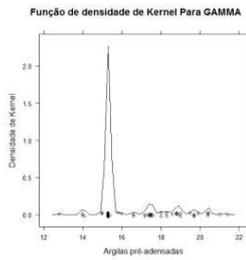
data: list(tabela.GAMMA.Argilas.pre\$GAMMA, tabela.GAMMA.Argilas.norm\$GAMMA)

Kruskal-Wallis chi-squared = 89.8024, df = 1, p-value < 2.2e-16

H_0 inválida

Ajuste de uma função teórica às populações identificadas

População: Argila Pré-Adensada



Boxplot tabular para eliminação de OutLiers

\$stats

[,1]

[1,] 15.0 # valor que caiu no bigode inferior

[2,] 15.3 # Q1

[3,] 15.3 #Q2-mediana

[4,] 15.8 #Q3

[5,] 16.0 #Q4

\$n

[1] 157

\$conf

[,1]

[1,] 15.23695

[2,] 15.36305

\$out

[1] 17.40 17.40 17.50 19.00 18.00 19.50 19.70 19.90

19.70 20.40 20.40 20.40

[13] 20.40 18.80 18.80 18.80 18.80 17.50 17.50 17.50

17.50 14.00 14.10 12.80

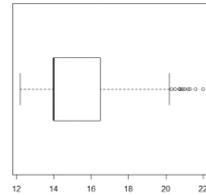
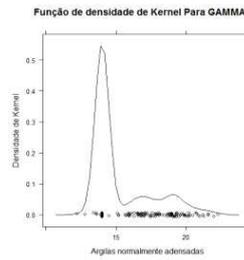
[25] 14.00 14.00 18.60 17.40 19.70 17.60 19.00 19.00

21.40 18.90 17.20 18.30

[37] 18.30 20.40 18.00 17.20 16.60 16.60 20.99

Faixa final dos dados = [15,

População: Argila Normalmente Adensada



Boxplot tabular para eliminação de OutLiers

\$stats

[,1]

[1,] 12.2 # valor que caiu no bigode inferior

[2,] 14.0 # Q1

[3,] 14.0 #Q2-mediana

[4,] 16.5 #Q3

[5,] 20.2 #Q4

\$n

[1] 378

\$conf

[,1]

[1,] 13.79683

[2,] 14.20317

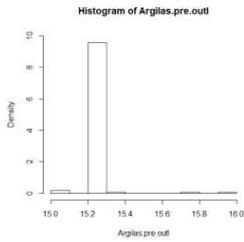
\$out

[1] 21.0 20.7 20.8 20.3 22.3 20.5 21.3 22.0 21.6 21.6

21.2 20.9

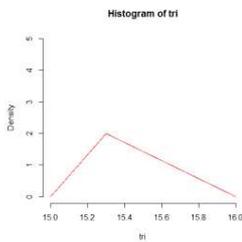
Faixa final dos dados = [12.2, 20.2]

histograma final depois de eliminação de OutLiers



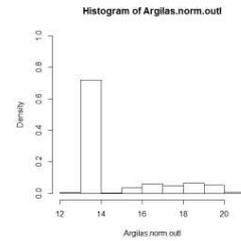
summary(Argilas.pre.out)

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
15	15,3	15,3	15,31	15,3	16



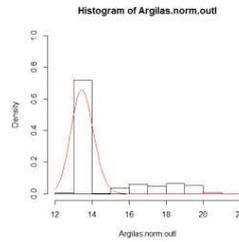
a 15
b 16
c 15,3

histograma final depois de eliminação de OutLiers



fitGAMMA

meanlog sdlog
2,703267 0,114908
-0,00601 -0,00425



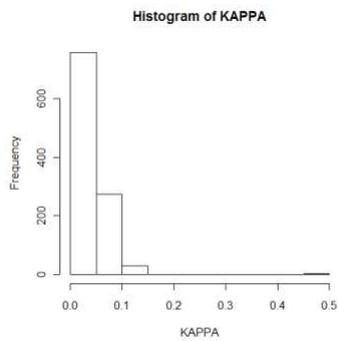
meanlog 2,6
sdlog 0,045
mean 13,47738
sd 0,606789
COV 1,7

B.3. ANÁLISE DESCRITIVA PARA κ

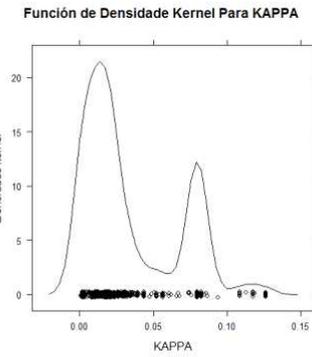
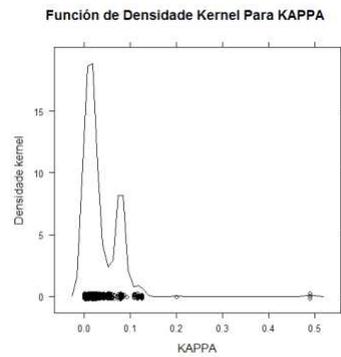
Summary(KAPPA)

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	NA's	n
0,0009	0,0102	0,0193	0,0349	0,0741	0,4913	11	1067

Histograma critério de Sturges



F.D Kernel



obs: vales em 0.06, 0.1
obs 2: depois de 0.15 -
outLier

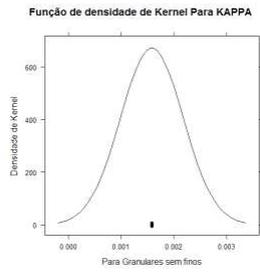
Sumario depois de eliminação de

summary (KAPPA)

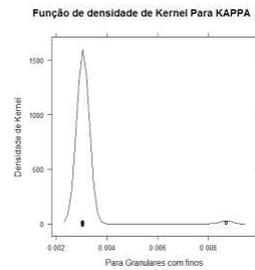
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	n
0,0009	0,0102	0,0192	0,0334	0,0672	0,1261	1063

Segmentação segundo
classificação do solo

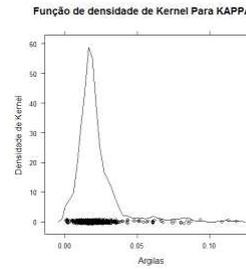
Granulares



Granulares com finos

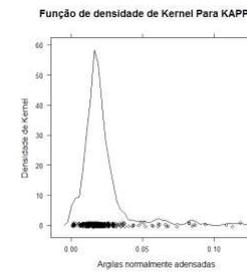
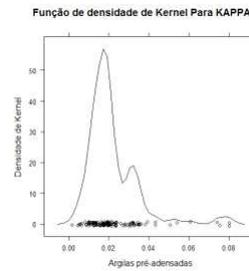
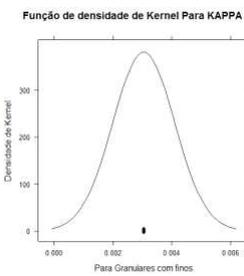


Argilas

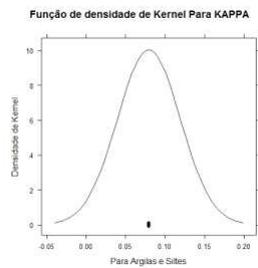


Pré-adensadas

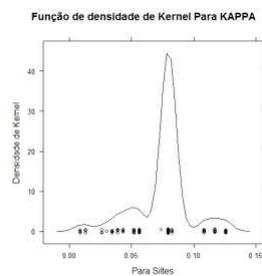
Normalmente adensadas



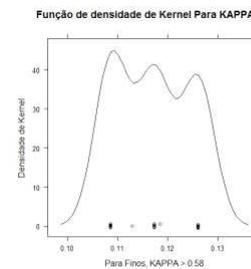
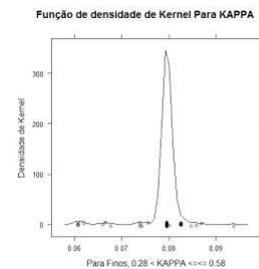
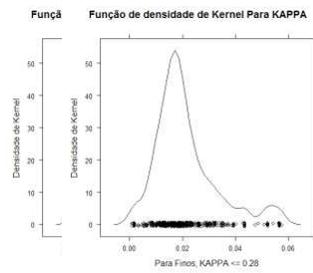
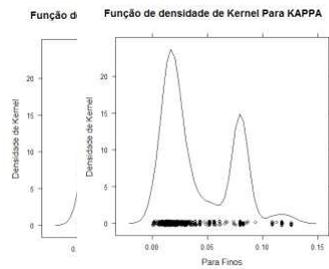
Argilas e siltes



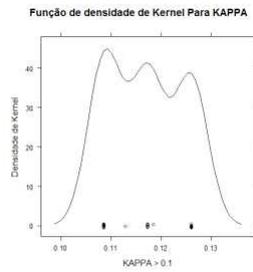
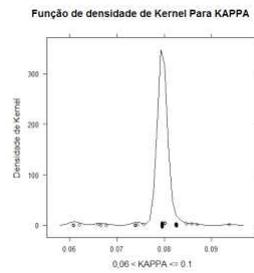
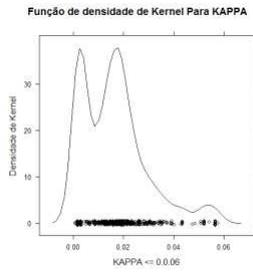
Siltes



Finos



Segmentação critérios estatísticos



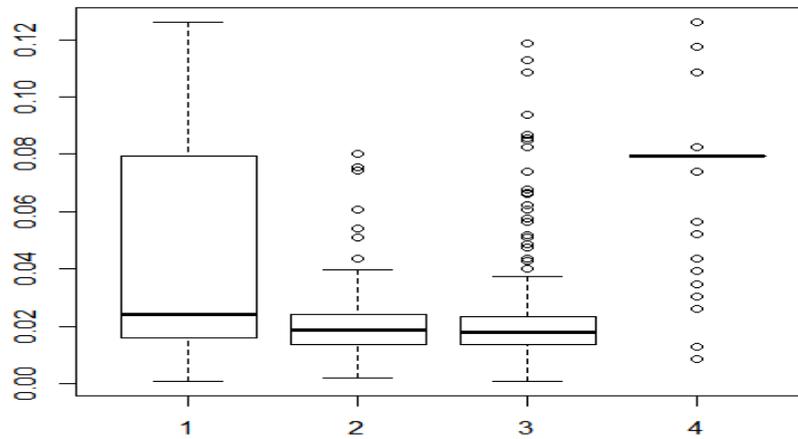
Associação com a posição no espaço



Não existe
associação com a
posição no espaço



**Validação por BOXPLOTS da
segmentação segundo o tipo de solo
Finos agrupados vs Argilas pré-adensadas vs Argilas**

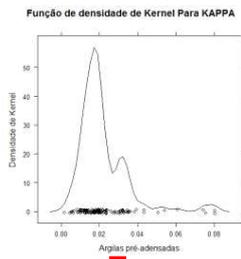


- Grupo 1 Finos agrupados
- Grupo 2 argilas pré-adensadas
- Grupo 3 argilas normal. Adensadas
- Grupo 4 siltes

- Obs 1 Argilas e siltes não pertencem a mesma população estatística**
- Obs 2 Aparentemente argilas pré e normalmente adensadas pertencem a mesma população**
- Obs 3 Siltes serão descritos com uma distribuição triangular**

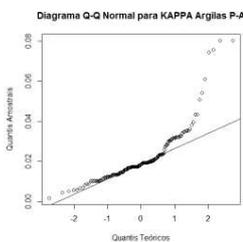
Validação por teste de hipótese da segmentação segundo o tipo de solo

População: Argila Pré-Adensada



Verificação de normalidade

Oblivuidade: 2,301152
Curtose: 9,910308

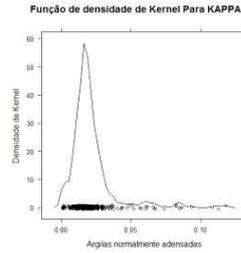


Teste Shapiro - Wilk

\$statistic
W
0.7842351
\$p.value
[1] 5.50784e-14
\$method
\$data.name
[1] "tabela.KAPPA.Argilas.pre\$KAPPA"

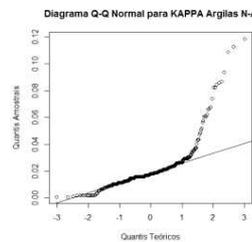
não é normal

População: Argila Normalmente Adensada



Verificação de normalidade

Oblivuidade: 3,034399
Curtose: 14,81778



Teste Shapiro - Wilk

\$statistic
W
0.6946466
\$p.value
[1] 1.280526e-25
\$method
[1] "Shapiro-Wilk normality test"
\$data.name
[1] "tabela.KAPPA.Argilas.norm\$KAPPA"

não é normal

Devido à condição de não normalidade e não homogeneidade em variância é necessário um Teste não paramétrico.

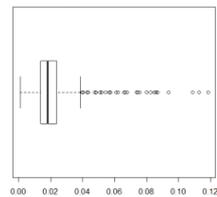
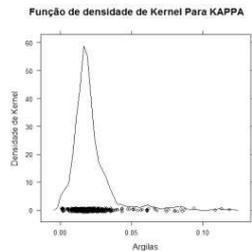
Teste Kruskal-Wallis. H0 : São a mesma população

Kruskal-Wallis rank sum test
data: list(tabela.KAPPA.Argilas.pre\$KAPPA, tabela.KAPPA.Argilas.norm\$KAPPA)
Kruskal-Wallis chi-squared = 1.3194, df = 1, p-value = 0.2507

H0 válida

Ajuste de uma função teórica às populações identificadas

População: Argilas



Boxplot tabular para eliminação de OutLiers

\$stats

[1,]	0.000903444	# valor que caiu no bigode inferior
[2,]	0.013551666	# Q1
[3,]	0.018001129	#Q2-mediana
[4,]	0.023602484	#Q3
[5,]	0.038396386	#Q4

\$n

[1] 536

\$conf

[,1]

[1,] 0.01731520

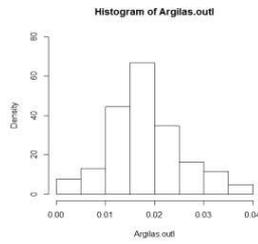
[2,] 0.01868705

\$out

[1] 0.11293055 0.05646527 0.08695652 0.07391304 0.04856014 0.10869565
[7] 0.04743083 0.08469791 0.04291361 0.06086957 0.06086957 0.06086957
[13] 0.06086957 0.04020327 0.08018069 0.08018069 0.05081875 0.06662902
[19] 0.04347826 0.04347826 0.04347826 0.04347826 0.07566347 0.08243930
[25] 0.05194805 0.06211180 0.05081875 0.08243930 0.11857708 0.08582722
[31] 0.05759458 0.09373236 0.06775833 0.03952569 0.05420666 0.07430830
[37] 0.06606437

Faixa final dos dados = [0.0009, 0.0383]

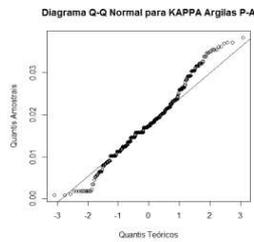
histograma final depois de eliminação de OutLiers



Verificação de normalidade

Obliquidade: 0,269538

Curtose: 3,136053



Teste Shapiro - Wilk

\$statistic

W

0.9827164

\$p.value

[1] 1.185629e-05

\$method

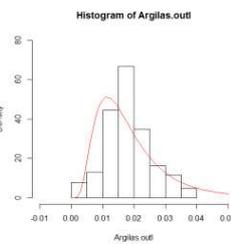
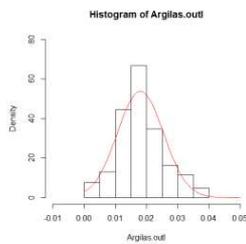
[1] "Shapiro-Wilk normality test"

\$data.name

[1] "Argilas.outl"



Não é normal



mean	0,018
sd	0,007
COV	38,9
Media-2xσ ²	0,004
Media+2xσ ²	0,032

mean= 0.0180, sd=0.0074

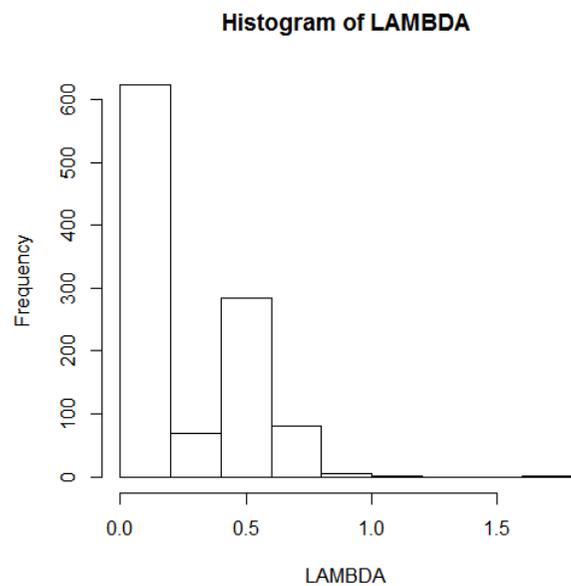
mean= 0.016, sd=1.779

B.4. ANÁLISE DESCRITIVA PARA λ .

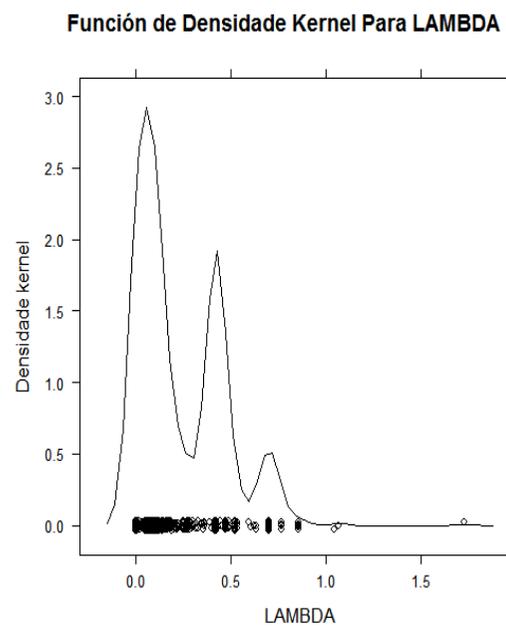
Summary(LAMBDA)

Min,	1st Qu,	Median	Mean	3rd Qu,	Max,	NA's	n
0,003199	0,0542	0,1251	0,2339	0,4197	1,726	11	1067

Histograma critério de Sturges



F.D Kernel



obs: vales em 0.25, 0.55
obs 2: depois de 1 - outLier

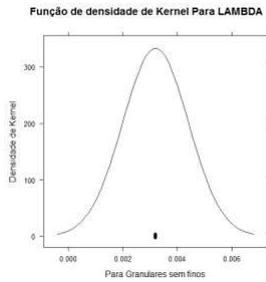
Sumario depois de eliminação de outliers

summary (LAMBDA)

Min,	1st Qu,	Median	Mean	3rd Qu,	Max,	n
0,003199	0,0536	0,1251	0,2309	0,4197	0,8565	1064

Segmentação segundo classificação do solo

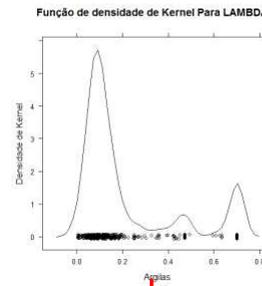
Granulares



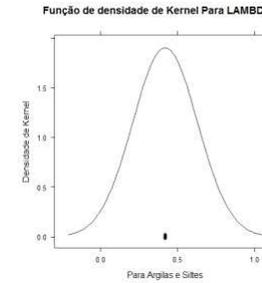
Granulares com finos



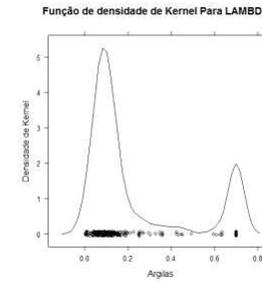
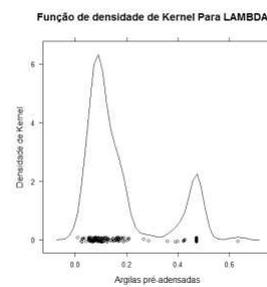
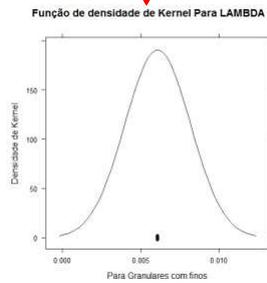
Argilas



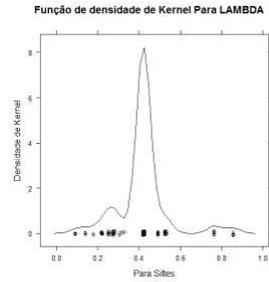
Argilas e siltes



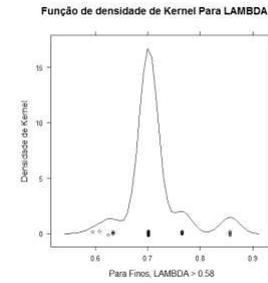
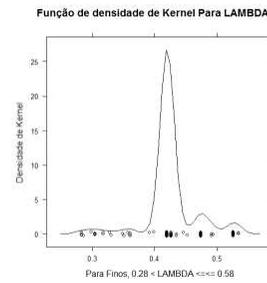
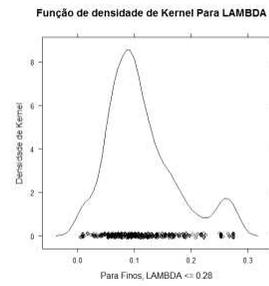
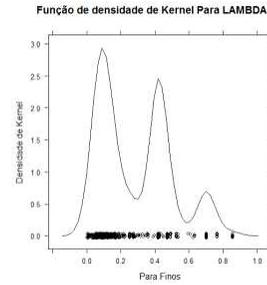
pré-adensadas **normalmente adensadas**



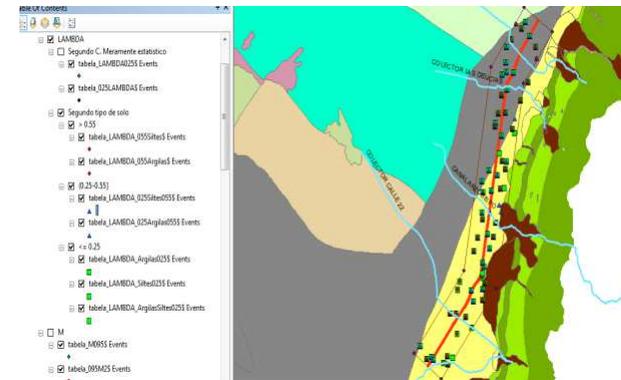
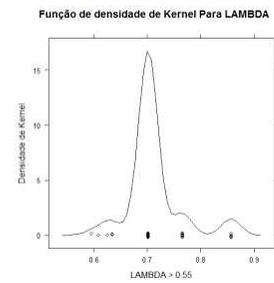
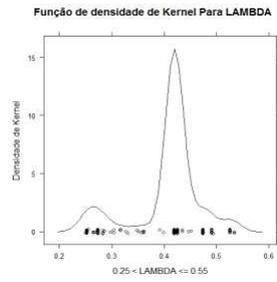
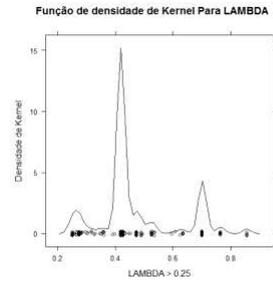
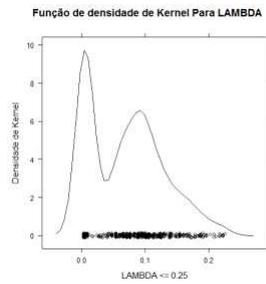
Siltes



Finos

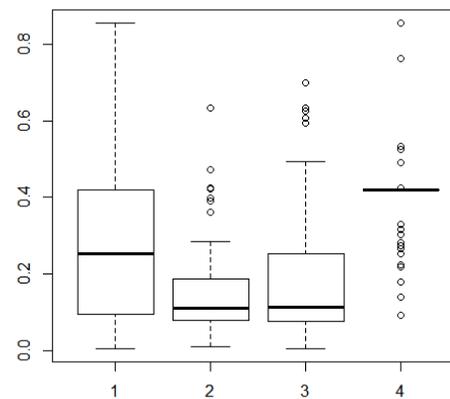


Segmentação critérios estatísticos



Validação por BOXPLOTS da segmentação segundo o tipo de solo

Finos agrupados vs Argilas pré-adensadas vs Argilas normalmente adensadas vs Siltes



Grupo 1 Finos agrupados

Grupo 2 argilas pré-adensadas

Grupo 3 argilas normal. Adensadas

Grupo 4 siltes

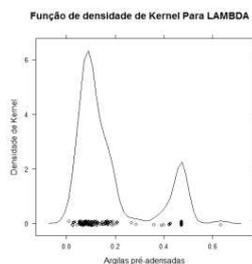
Obs 1 Argilas e siltes não pertencem a mesma população estatística
Aparentemente argilas pré e normalmente adensadas pertencem a mesma

Obs 2 população

Obs 3 Siltes serão descritos com uma distribuição triangular

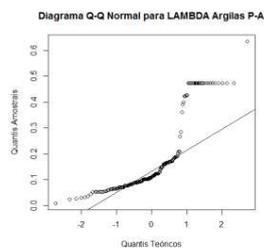
Validação por teste de hipótese da segmentação segundo o tipo de solo

População: Argila Pré-Adensada



Verificação de normalidade

Obliquidade: 1,288462
Curtose: 3,17788



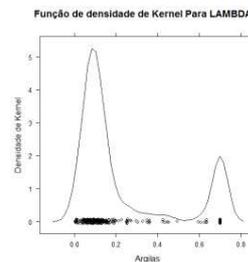
Teste Shapiro - Wilk

\$statistic
W
0.752006
\$p.value
[1] 5.393366e-15
\$method
[1] "Shapiro-Wilk normality test"
\$data.name
[1] "tabela.LAMBDA.Argilas."



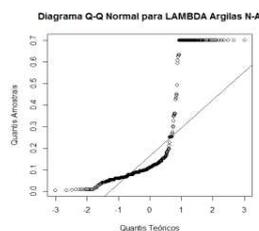
não é normal

População: Argila Normalmente Adensada



Verificação de normalidade

Obliquidade: 1,275419
Curtose: 2,90342



Teste Shapiro - Wilk

\$statistic
W
0.6937946
\$p.value
[1] 1.194677e-25
\$method
[1] "Shapiro-Wilk normality test"
\$data.name
[1] "tabela.LAMBDA.Argilas.norm\$LAMBDA"



não é normal

Devido à condição de não normalidade e não homogeneidade em variância é necessário um Teste não paramétrico.

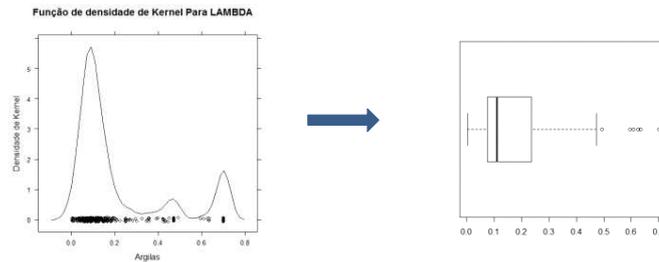
Teste Kruskal-Wallis. H0 : São a mesma população

Kruskal-Wallis rank sum test
data: list(tabela.LAMBDA.Argilas.pre\$LAMBDA, tabela.LAMBDA.Argilas.norm\$LAMBDA)
Kruskal-Wallis chi-squared = 0.0366, df = 1, p-value = 0.8483

H0 válida

Ajuste de uma função teórica às populações

População: Argilas



Boxplot tabular para eliminação de OutLiers

\$stats

[,1]

[1,] 0.004764741	# valor que caiu no bigode inferior
[2,] 0.076831447	# Q1
[3,] 0.112173913	#Q2-mediana
[4,] 0.238237046	#Q3
[5,] 0.473972603	#Q4

\$n

[1] 535

\$conf

[,1]

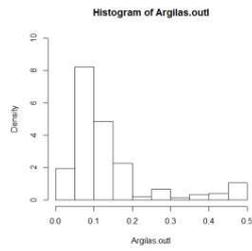
[1,] 0.1011484
[2,] 0.1231994

\$out

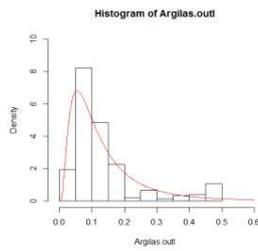
[1] 0.5955926 0.6086957 0.6347826 0.6347826 0.6347826 0.6347826 0.7013103
[8] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[15] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[22] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[29] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[36] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.6253722 0.4943419 0.7013103
[43] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[50] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[57] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[64] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103
[71] 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103 0.7013103

Faixa final dos dados = [0.0048, 0.4740]

histograma final depois de eliminação de OutLiers



```
fitLAMBDA
  meanlog   sdlog
-2.28718721 0.78679213
( 0.03668437) ( 0.02593977)
```



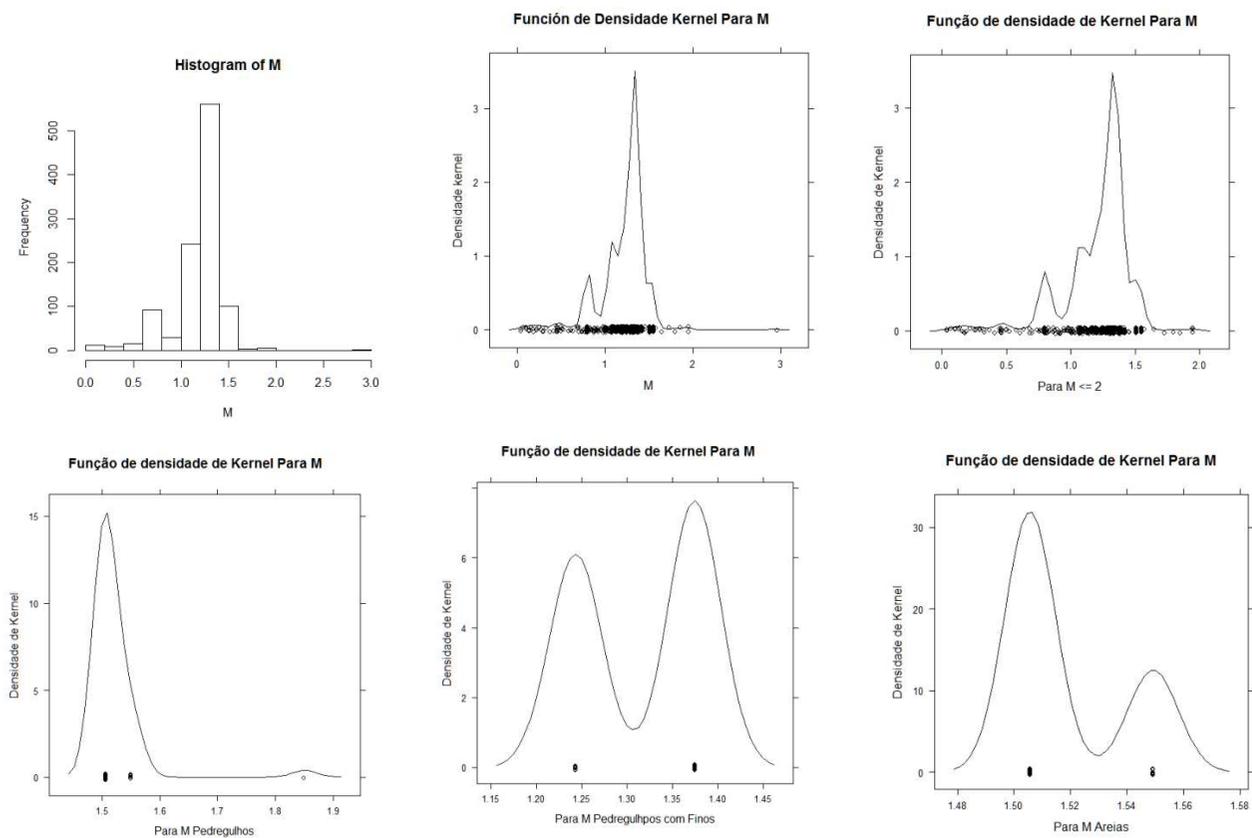
```
meanlog   -2,28719          mean tab  0.1346702
sdlog     0,786792        sd tab    0.111193
mean      0,138392
sd        0,128126
COV       34,4
```

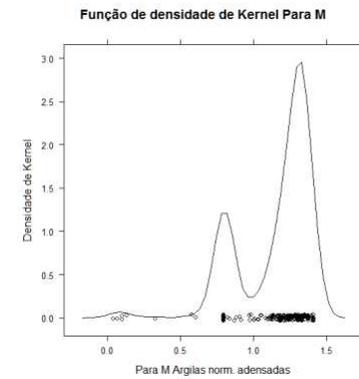
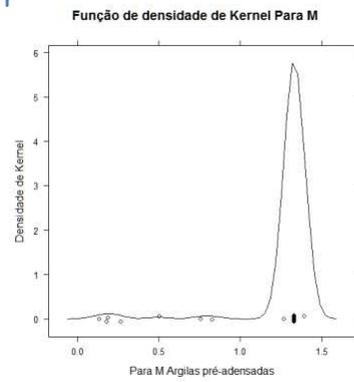
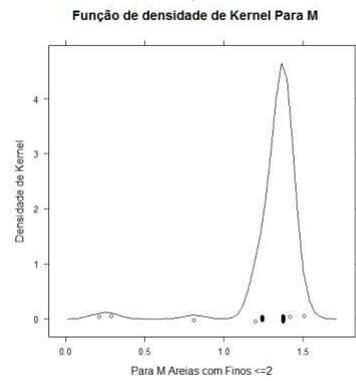
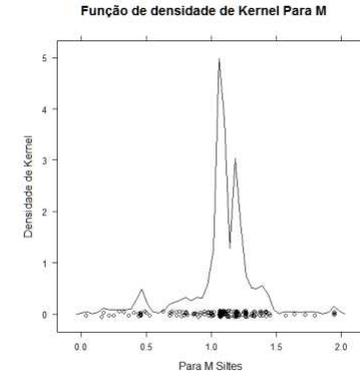
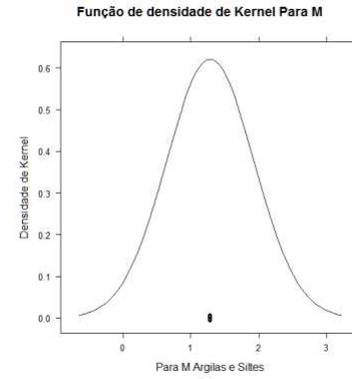
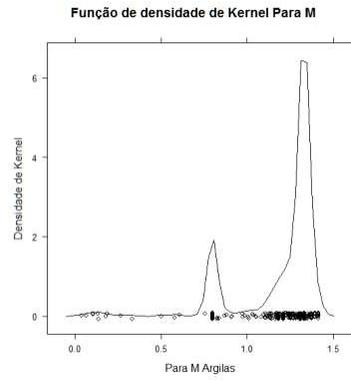
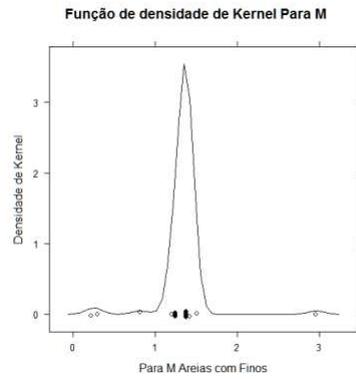
meanlog= -2.28718721, sdlog=0.78679213

mean= 0.10, sd=0.455

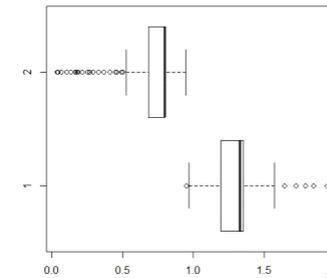
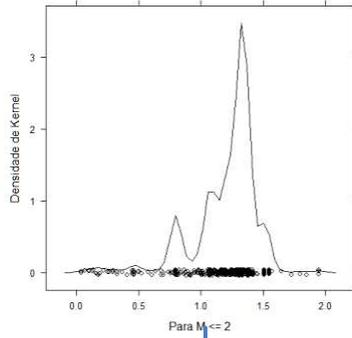
B.5. ANÁLISE DESCRITIVA PARA M

Dispersão							
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	NA's	n
0,03864	1,07	1,298	1,205	1,331	2,956	11	1067





Função de densidade de Kernel Para M



M <= 0,95

Obliquidade -1,517385

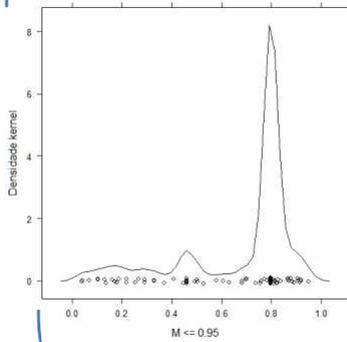
Curtose 4,040036

0,95 < M <= 2

Obliquidade 0,2281092

Curtose 4,431986

Função de Densidade Kernel Para M



Função de Densidade Kernel Para M

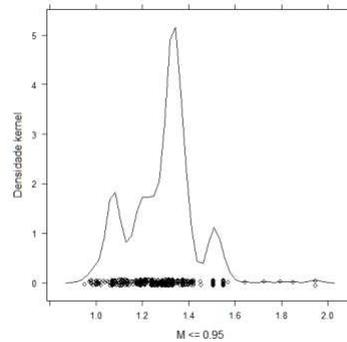


Diagrama Q-Q Normal para M <= 0,95

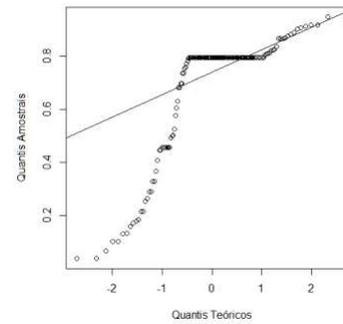
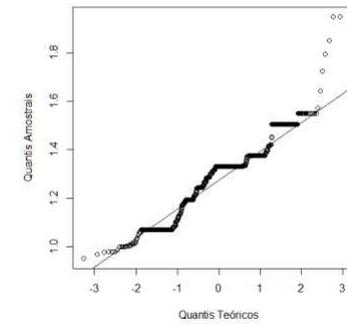
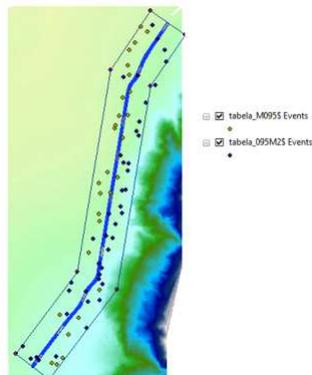


Diagrama Q-Q Normal para 0,95 < M <= 2



Distribuição Espacial



Necessário Kruskal-Wallis

Kruskal-Wallis rank sum test

data: list(tabela.M095\$M,
tabela.095M2\$M)

Kruskal-Wallis chi-squared = 388.6895,
df = 1, p-value < 2.2e-16

não são a mesma população

Ajuste de uma função de densidade de probabilidade teórica

Sobre a segmentação meramente estatística usando fitdistr de R

M <= 0.95

Boxplot tabular para eliminação de OutLiers

\$stats

[,1]

[1,] 0.5262836 # valor que caiu no bigode inferior

[2,] 0.6829584 # Q1

[3,] 0.7969542 #Q2-mediana

[4,] 0.7969542 #Q3

[5,] 0.9484834 #Q4

\$n

[1] 149

\$conf

[,1]

[1,] 0.7821988

[2,] 0.8117097

\$out

[1] 0.25405937 0.17952709 0.44678750 0.21660402 0.33008094 0.29188715

[7] 0.36863389 0.33008094 0.29188715 0.50229797 0.13190193 0.45862801

[13] 0.16113229 0.04076395 0.18691193 0.44678750 0.17215761 0.13554210

[19] 0.03864216 0.06705139 0.10292158 0.10292158 0.45862801 0.45862801

[25] 0.45862801 0.45862801 0.45862801 0.45862801 0.26536888 0.50070305

[31] 0.40871117 0.49353229 0.21660402

Faixa da população [0.526-0.948]

fitM095

meanlog sdlog

-0,232033157 0,07613527

(0.007130721) (0.005042181)

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data: M095.outl

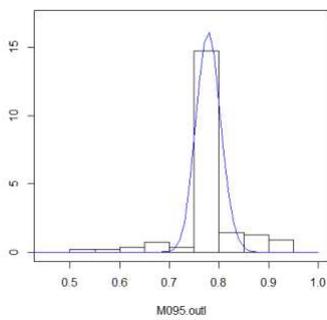
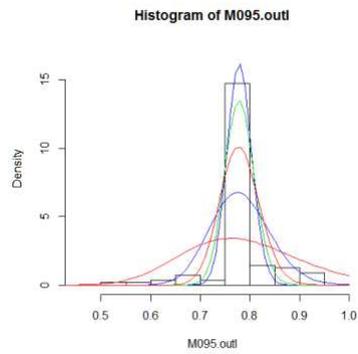
D = 0.5342, p-value < 2.2e-16

alternative hypothesis: two-sided

Mensagens de aviso perdidas:

In ks.test(M095.outl, "plnorm") :

ties should not be present for the Kolmogorov-Smirnov test



Ajuste gráfico lognormal

Parâmetros da lognormal final

meanlog	sdlog
-0,25	0.076/2.4

Parâmetros da lognormal final

meanlog	sdlog
-0,25	0,076

Parâmetros da Lognormal Final

mean	sd
0,7789	1,0309

Parâmetros da Lognormal Final

mean	sd
0,7789	1,07

0.95 < M <=2

Boxplot tabular para eliminação de OutLiers

\$stats

[,1]

[1,] 0.9700213

[2,] 1.1925936

[3,] 1.3308977

[4,] 1.3527268

[5,] 1.5713456

\$n

[1] 917

\$conf

[,1]

[1,] 1.322543

[2,] 1.339253

\$out

[1] 1.8503438 0.9512706 1.7944477 1.7242887 1.9464731 1.9464731 1.9464731

[8] 1.6433968

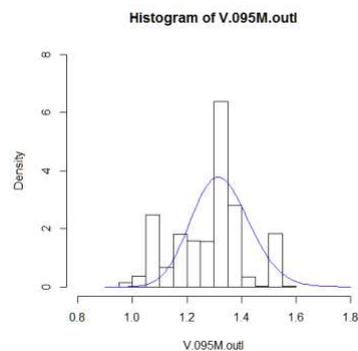
Faixa da população [0.97-1.58]

fitdistr(tabela.095M2\$M, "lognormal")

meanlog sdlog

0,2464579 0,10812038

(0.003570449) (0.002524689)



Ajuste gráfico lognormal

Parâmetros da lognormal final

meanlog=0.28, sdlog=0.08

Parâmetros da lognormal final

mean=1.32 sd=1.08

TESTE DE NORMALIDADE

Testes de normalidade Shapiro-Wilk - só valido com Frequência < 50, quer dizer mais de 50 dados aglomerados em uma classe.

hipótese nula(H0): é normal, hipótese alternativa(HA): não é normal. Se p.value > 0.005 não há evidência que permita descartar à H0 e então se pode afirmar que a distribuição é normal

Necessário verificar restrição

M <= 0.95

\$statistic

W

0,7071881

\$p.value

[1] 7.121025e-16

\$method

[1] "Shapiro-Wilk normality test"

\$data.name

[1] "tabela.M095\$M"

Não

0.95 < M <=2

\$statistic

W

0,9344907

\$p.value

[1] 1.259373e-19

\$method

[1] "Shapiro-Wilk normality test"

\$data.name

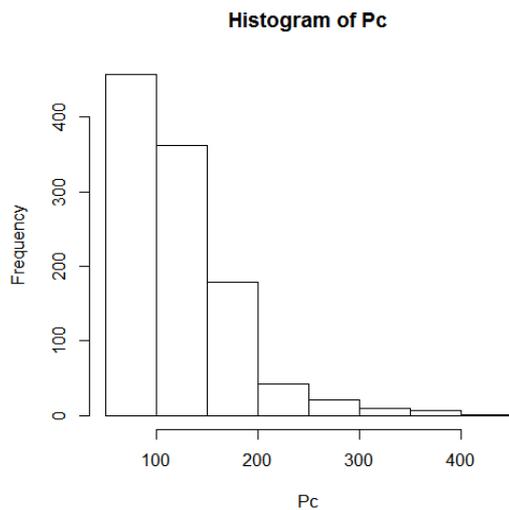
[1] "tabela.095M2\$M"

Não

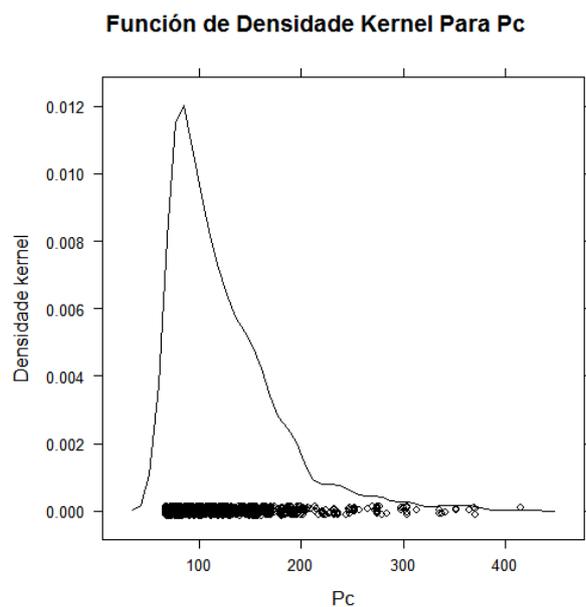
B.6. ANÁLISE DESCRITIVA PARA Pc

Summary(Pc)							
Min,	1st Qu,	Median	Mean	3rd Qu,	Max,	NA's	n
67,3	83,25	108,2	123,3	148,2	415,2	11	1067

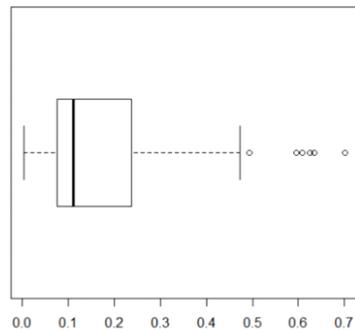
Histograma critério de Sturges



F.D Kernel



Ajuste de uma função teórica às populações



Boxplot tabular para eliminação de OutLiers

\$stats

```
[,1]
[1,] 67.30170          # valor que caiu no bigode inferior
[2,] 83.25394          # Q1
[3,] 108.24036         #Q2-mediana
[4,] 148.20236         #Q3
[5,] 244.09600         #Q4
```

\$n

```
[1] 1078
```

\$conf

```
[,1]
[1,] 105.1149
[2,] 111.3658
```

\$out

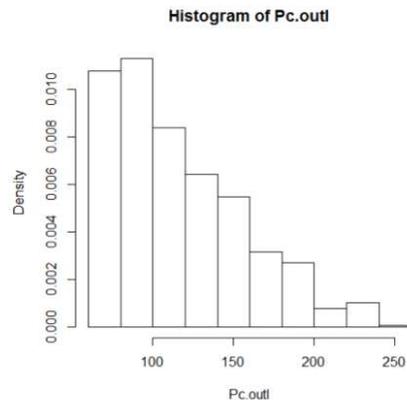
```
[1] 364.0011 298.2073 415.2071 274.3352 337.8526 300.7040 274.3352 352.1524
[9] 252.3720 252.3720 248.1985 256.6174 265.3273 252.3720 276.6346 250.2764
[17] 352.1524 340.6678 298.2073 274.3352 252.3720 252.3720 368.8444 272.5094
[25] 303.2211 274.3352 370.0646 274.3352 370.0646 335.0595 269.7935 303.2211
[33] 335.0595 246.5490 303.2211 274.3352 248.1985 313.4954 283.6485 278.9532
[41] 303.2211 248.1985
```



Faixa final dos dados = [67.3, 244.1]



histograma final depois de eliminação de OutLiers



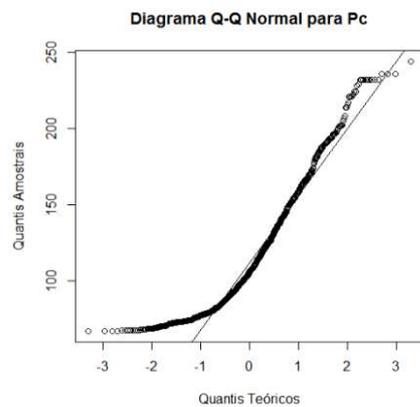
summary(Pc.outl)

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	n
67,3	82,5	106,3	116,3	141,9	244,1	1036

Verificação de normalidade

Obliquidade: 0,902629

Curtose: 3,100614



Teste Shapiro - Wilk

atistic

W

0.9116689

\$p.value

[1] 4.602042e-24

\$method

[1] "Shapiro-Wilk normality test"

\$data.name

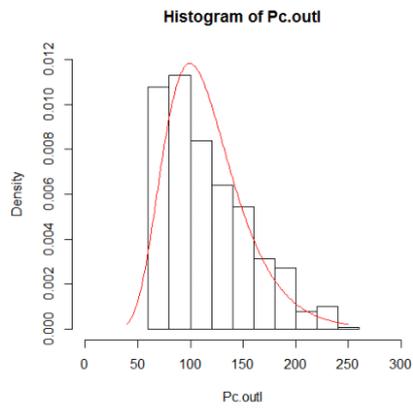
[1] "Pc.outl"

não é normal

Ajuste de uma função LogNormal

fitPc

```
meanlog    sdlog  
4.702705211 0.322105805  
(0.010007340) (0.007076258)
```



```
meanlog 4,702705  
sdlog 0,322106  
mean 116,115  
sd 38,39274  
COV 6,8
```

data: Pc.outl

D = 1, p-value < 2.2e-16

alternative hypothesis: two-sided

Mensagens de aviso perdidas:

In ks.test(Pc.outl, "plnorm") :

ties should not be present for the Kolmogorov-Smirnov test

C. ENQUETE PARA O DELPHI

Tabela C.1 Enquete usada para o desenvolvimento do Delphi

Considerando as escalas de apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3 preencha o seguinte questionário (esqueça por enquanto que as tabelas não estão completamente cheias).

Tabela 1. Escala de qualificação de probabilidade de ocorrência da ameaça.

Qualificação	Probabilidade Associada
Muito provável (MP)	P >
Provável (P)	< P <
Pouco provável (PP)	< P <
Improvável (I)	P <

Tabela 2. Escala de qualificação da Consequência.

Qualificação	Escala Quantitativa
Muito alta (MA)	C >
Alta (A)	< C <
Considerável (C)	< C <
Desprezível (D)	C <

Tabela 3. Escala de qualificação da relevância.

Qualificação	Escala Quantitativa
Muito Relevante (MR)	R >
Relevante (R)	< R <
Pouco Relevante (PR)	< R <
Irrelevante (IR)	R <

1. Segundo sua opinião, preencha a seguinte tabela com as probabilidades de ocorrência, a consequência, e a relevância das seguintes ameaças existentes durante a construção de um túnel associado a um empreendimento de metrô. Isso segundo as escalas qualitativas apresentadas nas Tabelas 1 a 3.

Descrição	Probabilidade de Ocorrência	Consequência	Relevância
Modelo Geológico-Geotécnico equivocado.			
Modelo Geológico-Geotécnico incurado.			
Falta de Validação/atualização do Modelo Geológico-Geotécnico durante a escavação.			
Entendimento inapropriado do comportamento do sistema maciço-túnel.			
Falta de incorporação da gestão do risco no empreendimento ou gestão inapropriada e/ou incompleta			
Avaliação equivocada das tensões naturais, e das tensões e recalques induzidos pela construção do			
Seleção equivocada do método construtivo			
Inadequado sistema de monitoramento e controle, e/ou inadequada frequência das leituras			
Sondagem insuficiente na face da escavação			
Variação do comportamento durante a construção do sistema maciço-túnel em comparação com o			
Manejo inapropriado do período da curva de aprendizagem e/ou falta o demora na implementação de			
Logística e procedimentos inadequados			
Importantes falhas mecânicas da equipe de escavação			
Ocorrência de instabilidades da escavação			

2. Considera que deve-se incorporar outras ameaças às listadas no Ponto 1?. Em caso afirmativo descreva a continuação quais e defina igualmente a probabilidade de ocorrência, consequência e a relevância. Além de isso diga por que considera que devem ser incluídas.

Descrição	Probabilidade de Ocorrência	Consequência	Relevância	Por que?

3. Em consequência dos recalques causados pela construção de um túnel em ambiente urbano. Que tão relevante seria estudar a afetação da seguinte infra-estrutura segundo a escala de valores apresentados na Tabela 3?.

Descrição	Relevância
Obra de Infra-estrutura de alto custo	
Obra de Infra-estrutura de valor social (tais como: hospitais, clínicas e demais centros assistenciais; postos de bombeiros e de polícia, redes de serviços, etc.)	
Obra de Infra-estrutura de valor histórico (tais como: patrimônio público, monumentos, etc.)	
Obra de Infra-estrutura de valor histórico social (tais como parques, praças, etc)	

4. Acrescentaria algum outro elemento? Qual? Explique. Além de isso, qualifique a relevância.

Descrição	Relevância	Por que?

5. Visando a seleção de um local piloto para uma análise representativa dos riscos apresentados durante a construção de um túnel associado a um empreendimento de metrô, qualifique a relevância dos seguintes elementos de decisão.

Descrição	Relevância
Qualidade da informação geotécnica	
Proximidade de Infra-estrutura de valor econômico	
Proximidade de Infra-estrutura de valor social (tais como: hospitais, clínicas e demais centros	
Proximidade de Infra-estrutura de valor histórico (tais como: patrimônio público, monumentos, etc.)	
Complexidade geológico-geotécnica	
Proximidade de locais de alta aglomeração de pessoas (tais como: parques, shoppings, etc.)	

6. Acrescentaria algum outro elemento? Qual? Explique. Além de isso, qualifique a relevância.

Descrição	Relevância	Por que?

D. MODELAÇÃO NUMÉRICA

D.1 RESUMO GRÁFICO DOS RESULTADOS DA MODELAÇÃO NUMÉRICA

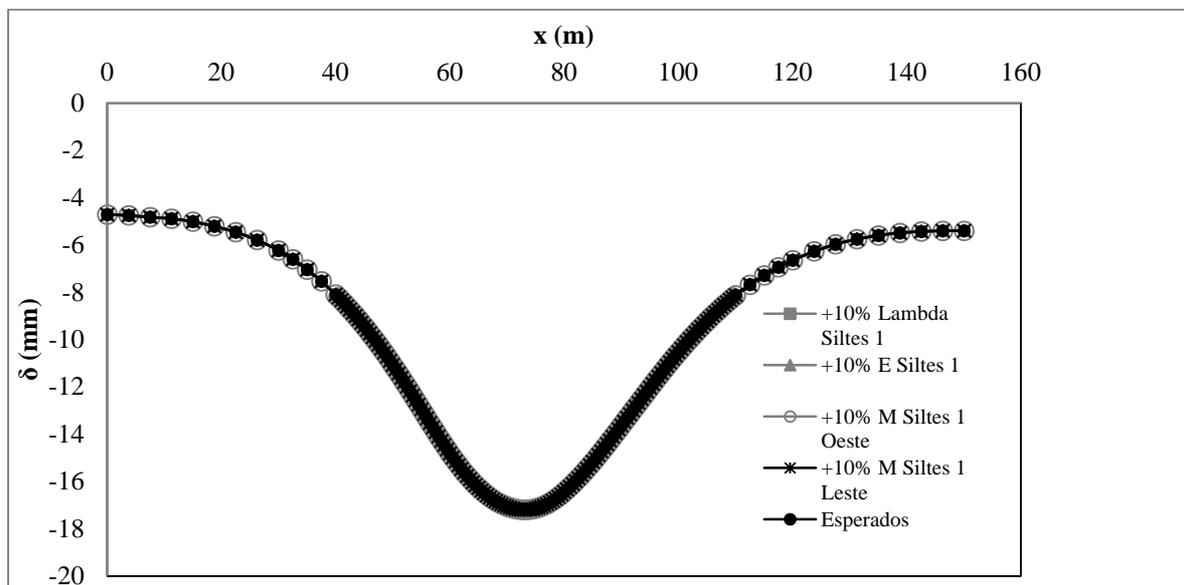


Figura D.1 Bacia de recalque. Variação silte 1 da seção 18+100

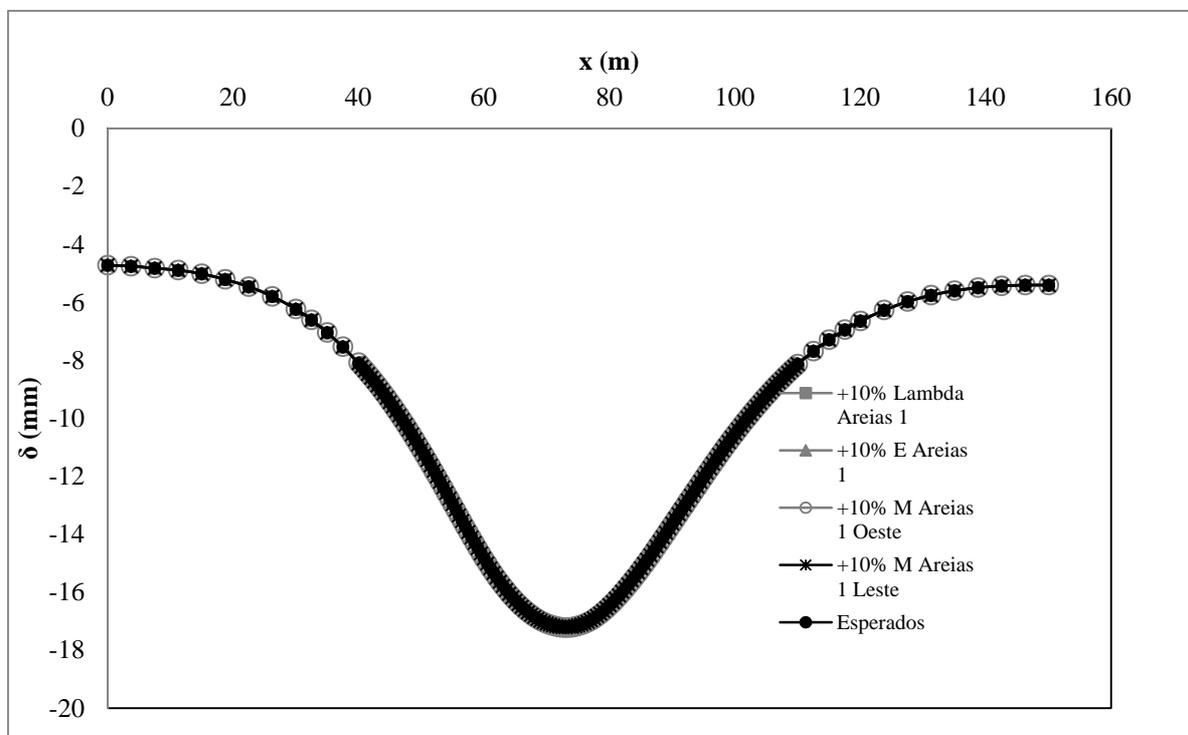


Figura D.2 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 18+100

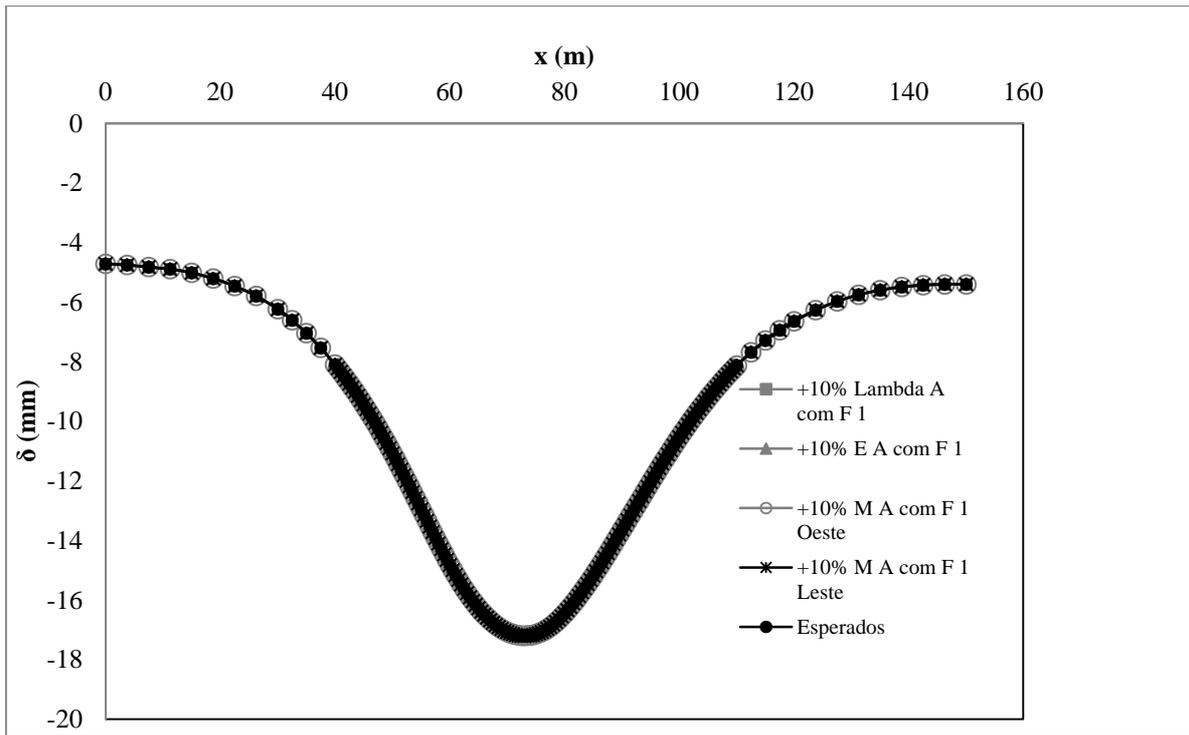


Figura D.3 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 18+100

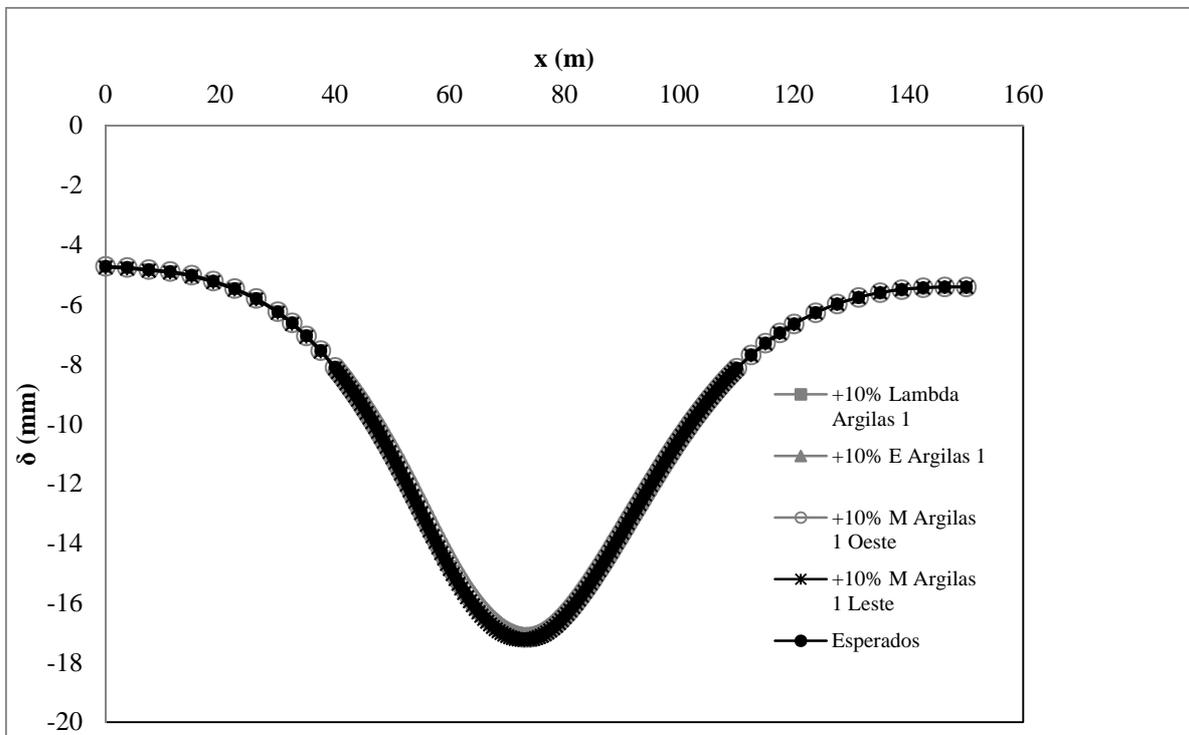


Figura D.4 Bacia de recalque. Variação argilas 1. Seção 18+100

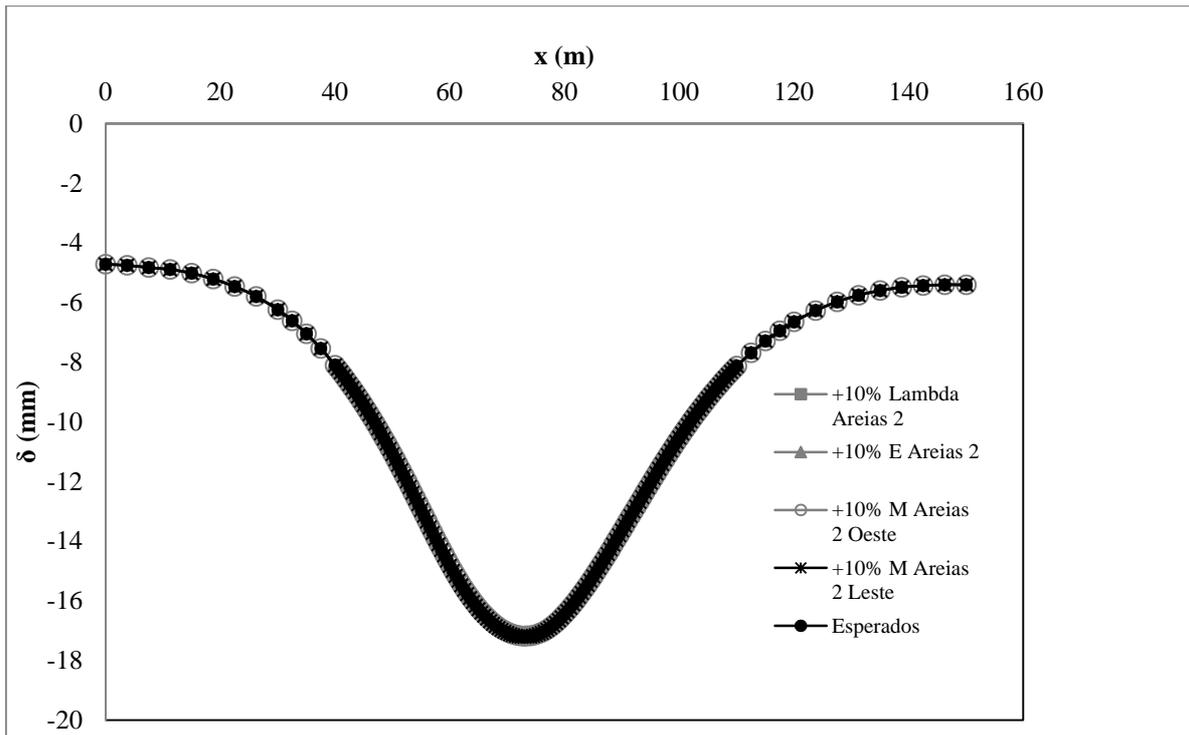


Figura D.5 Bacia de recalque. Variação areias 2 Seção 18+100

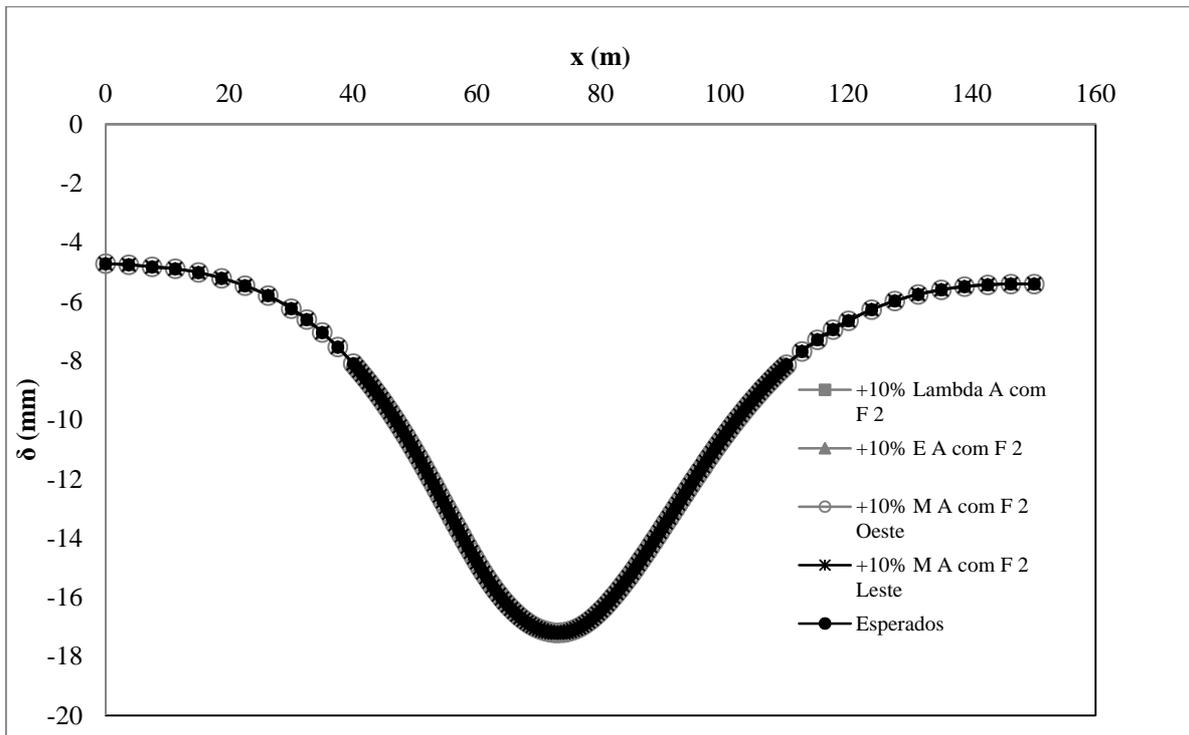


Figura D.6 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 18+100

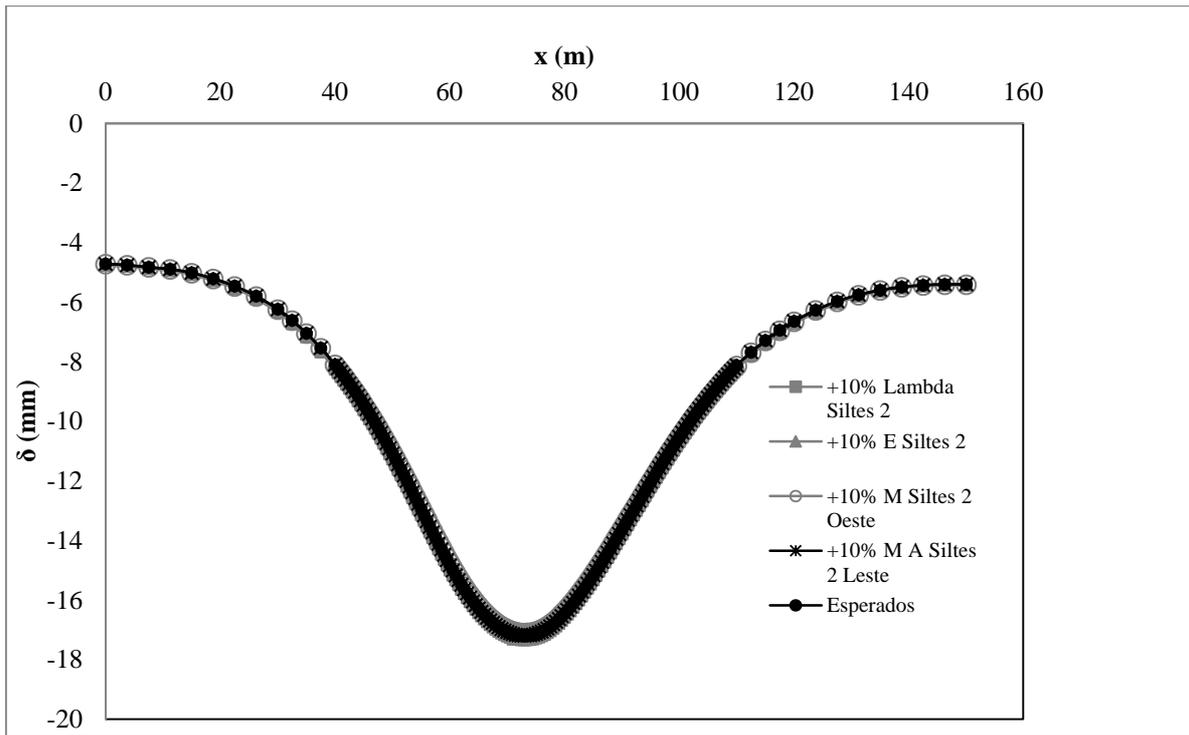


Figura D.7 Bacia de recalque. Variação siltes 2 Seção 18+100

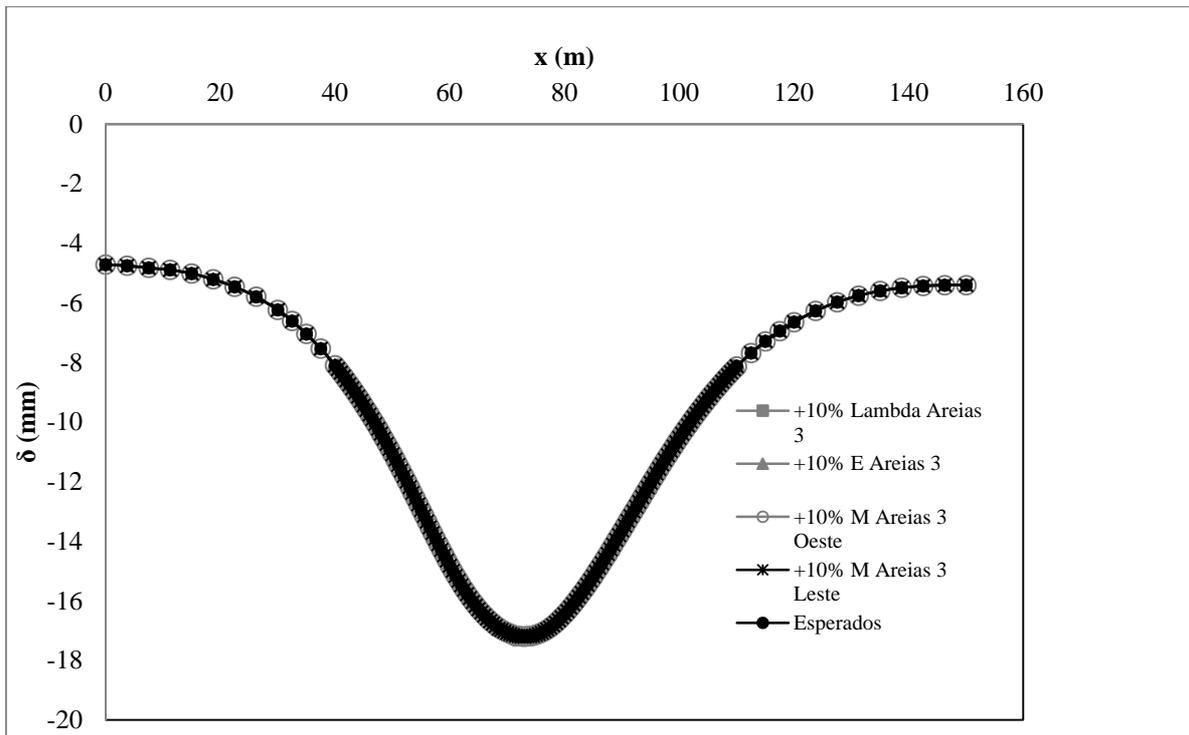


Figura D.8 Bacia de recalque. Variação areia 3 Seção 18+100

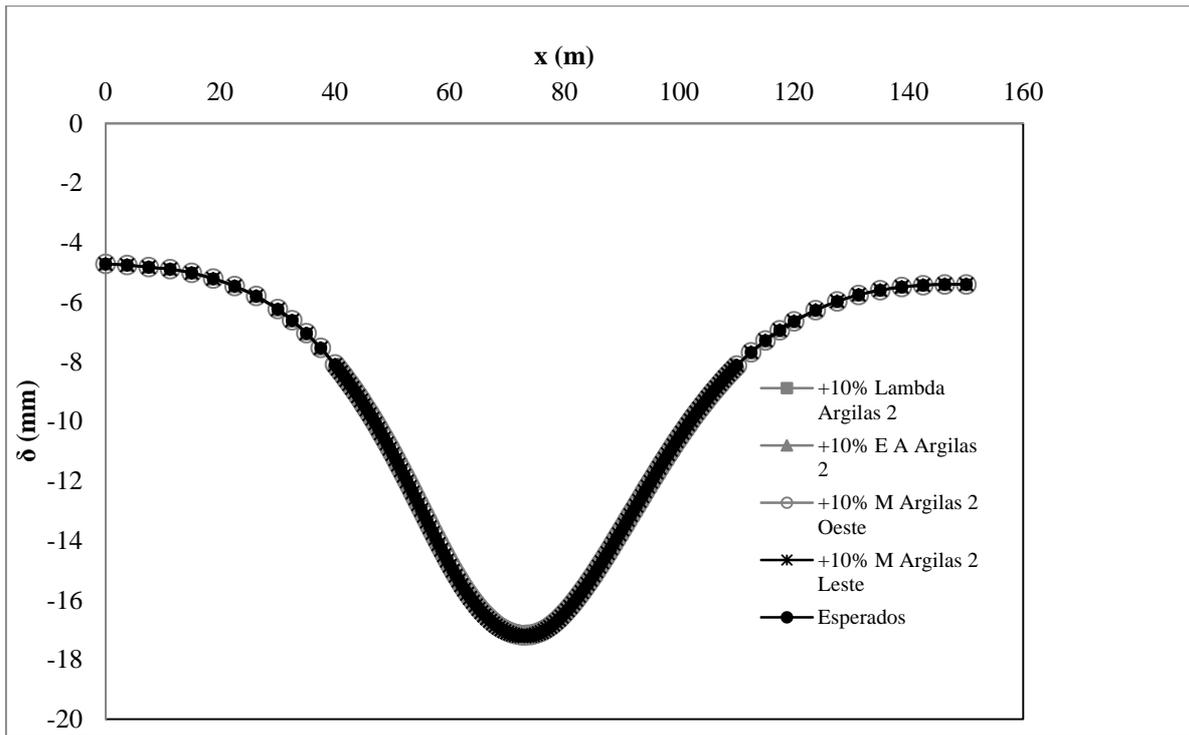


Figura D.9 Bacia de recalque. Variação argila 3 Seção 18+100

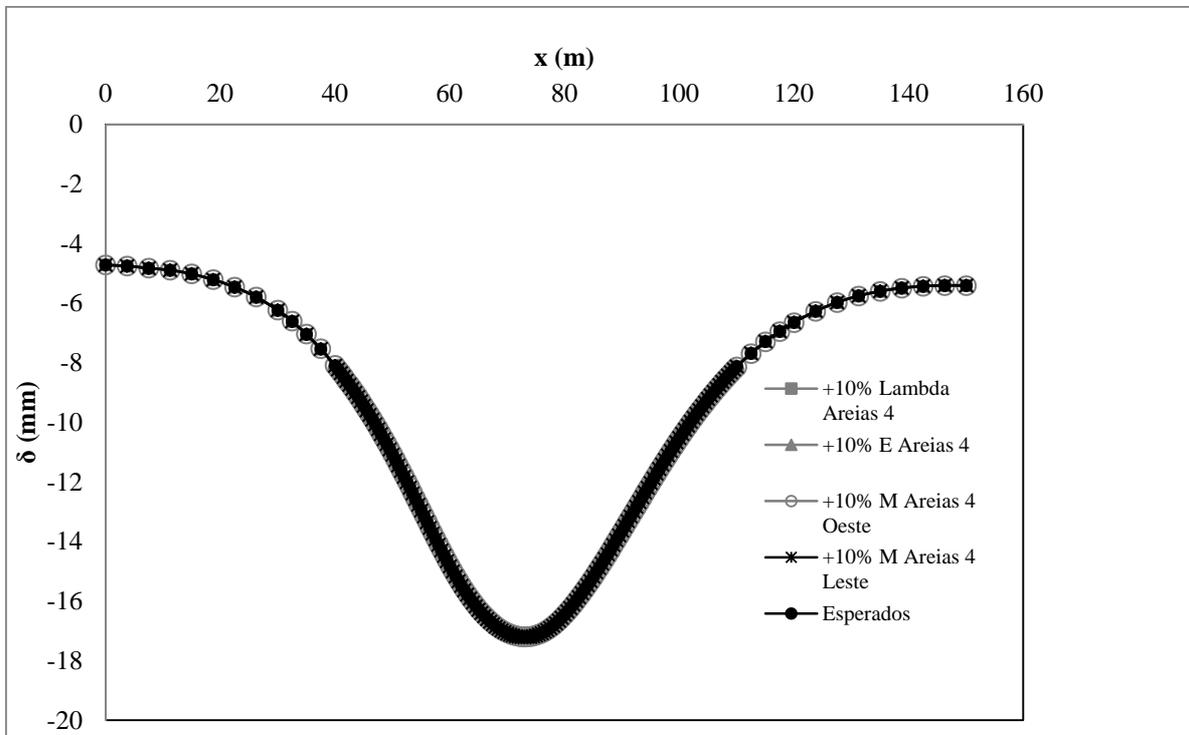


Figura D.10 Bacia de recalque. Variação areias 4 Seção 18+100

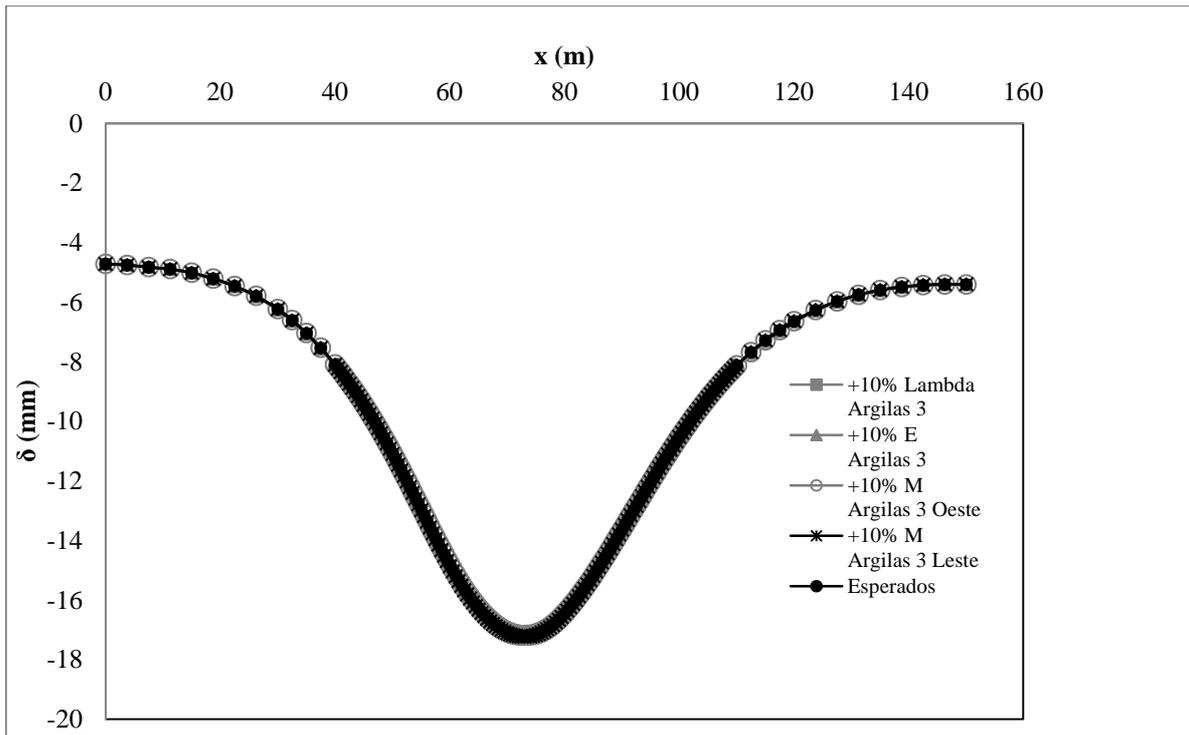


Figura D.11 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 18+100

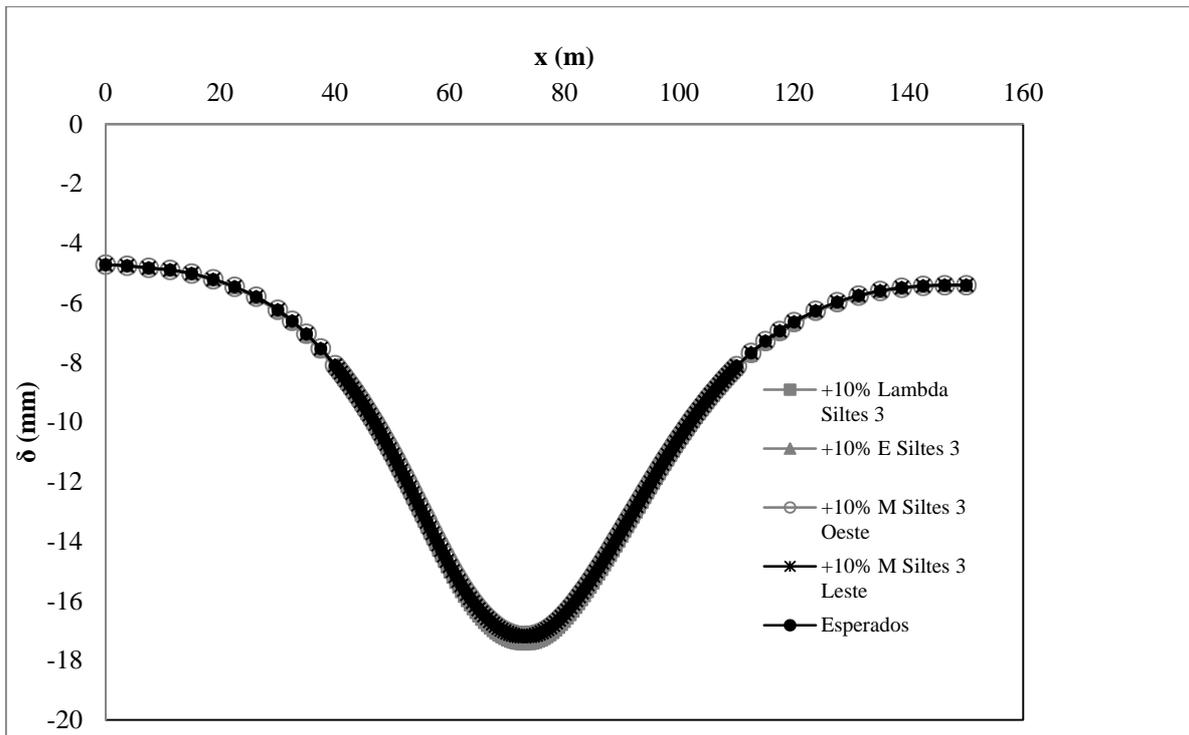


Figura D.12 Bacia de recalque. Variação siltes 3 Seção 18+100

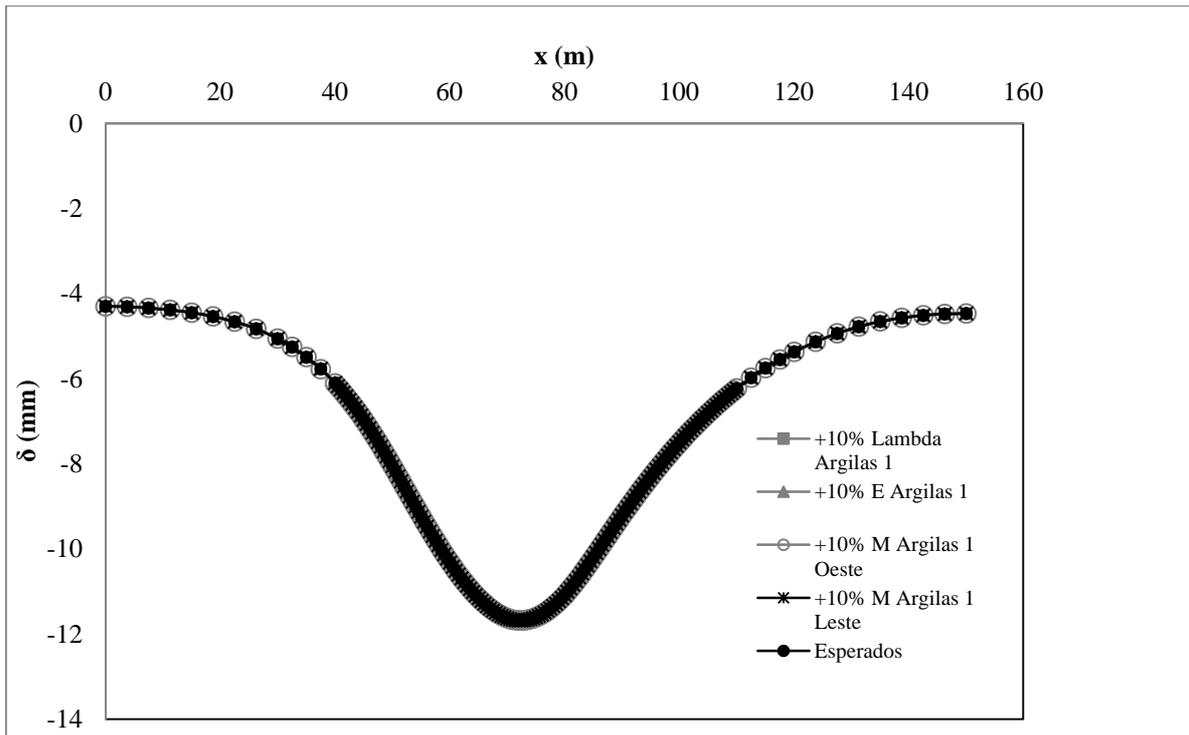


Figura D.13 Bacias de recalques. Variação argilas 1 Seção 18+400

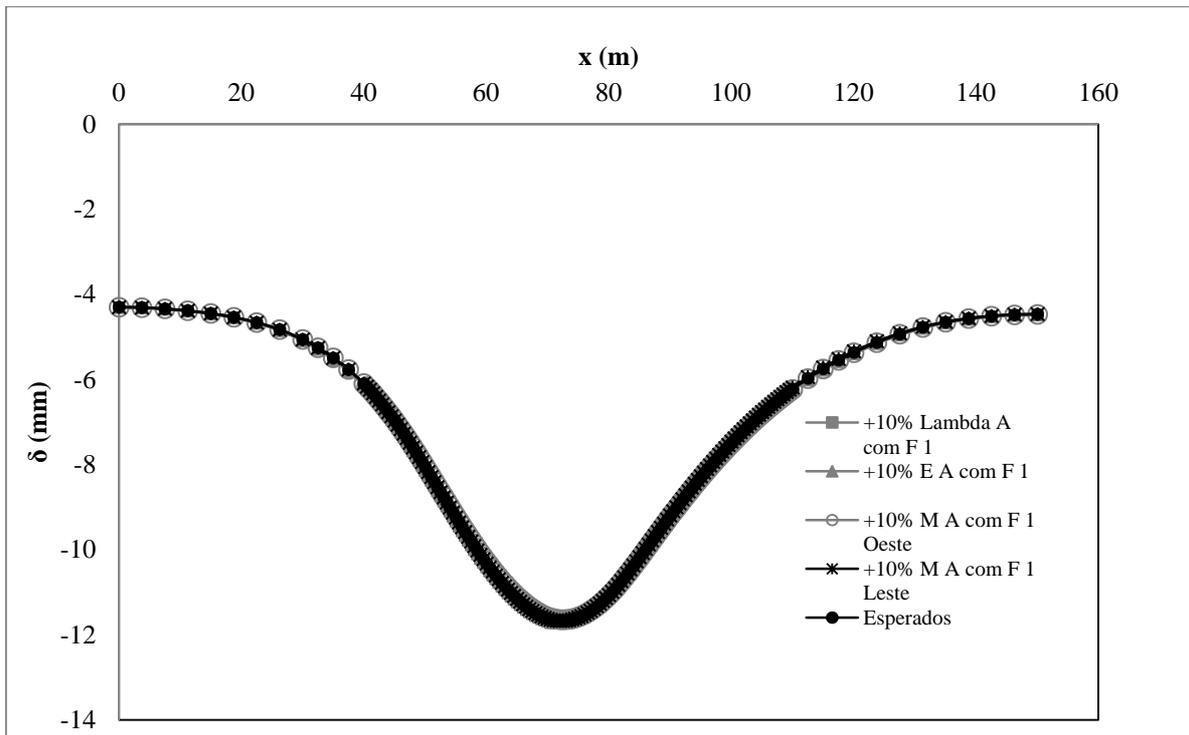


Figura D.14 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 18+400

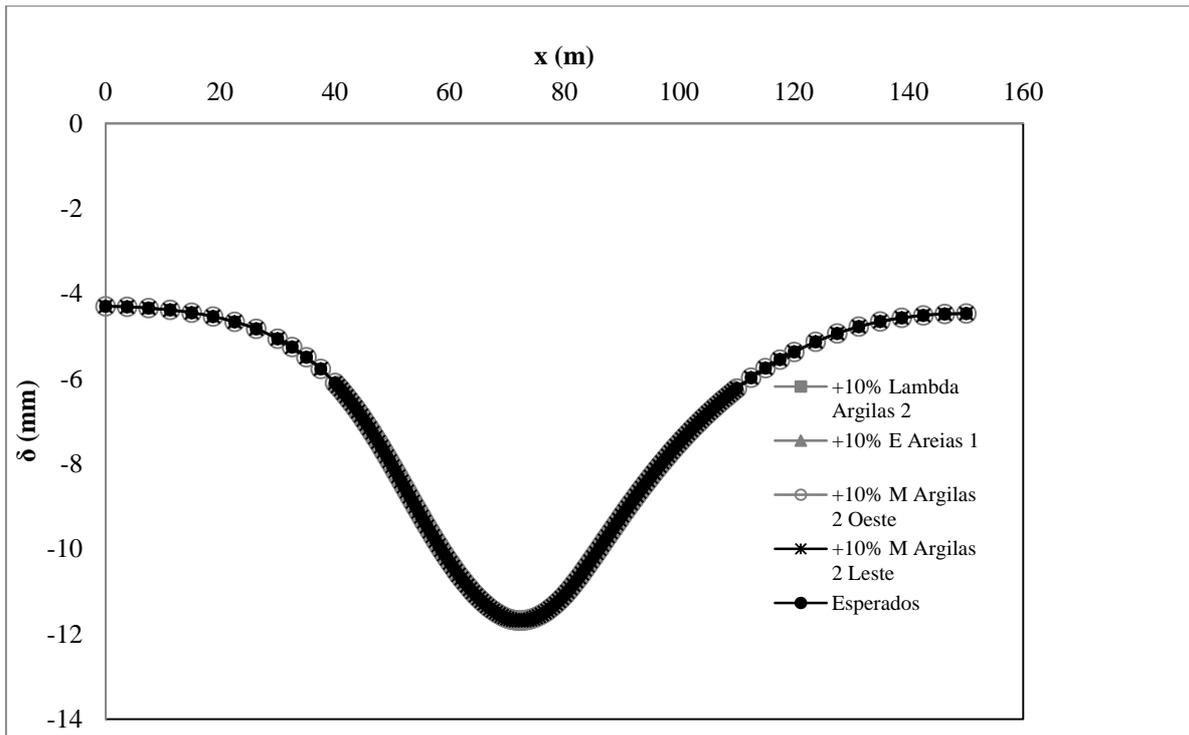


Figura D.15 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 18+400

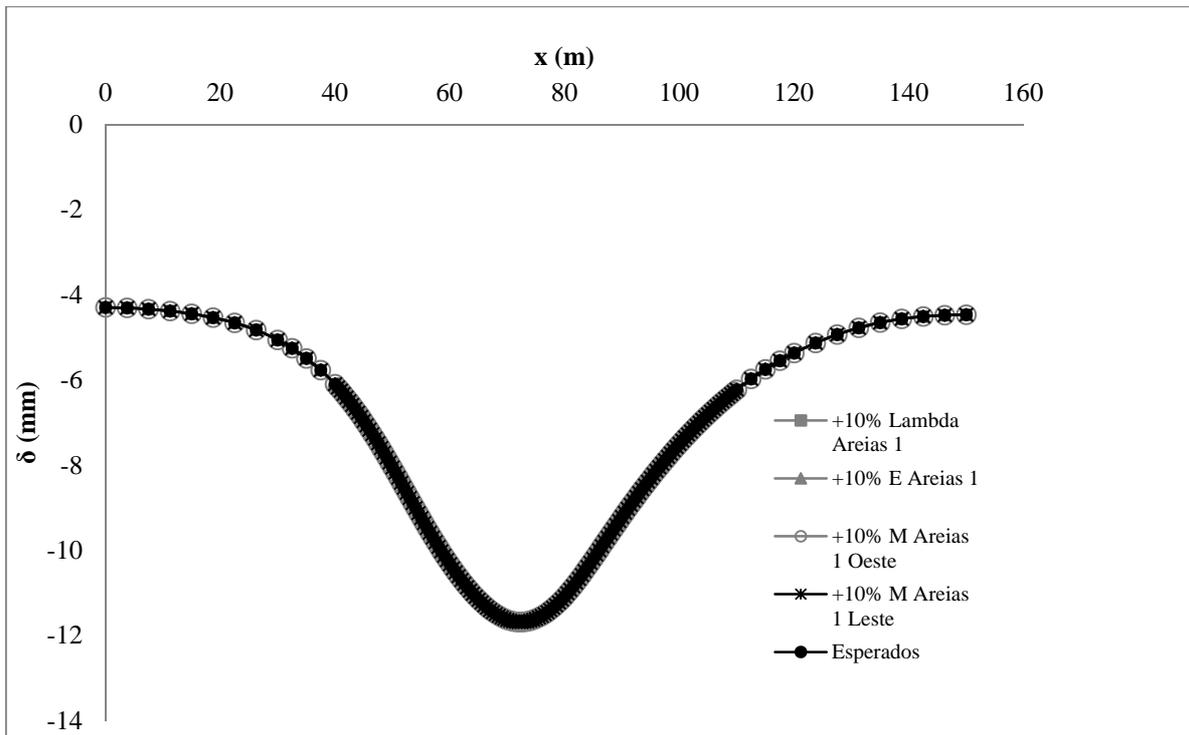


Figura D.16 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 18+400

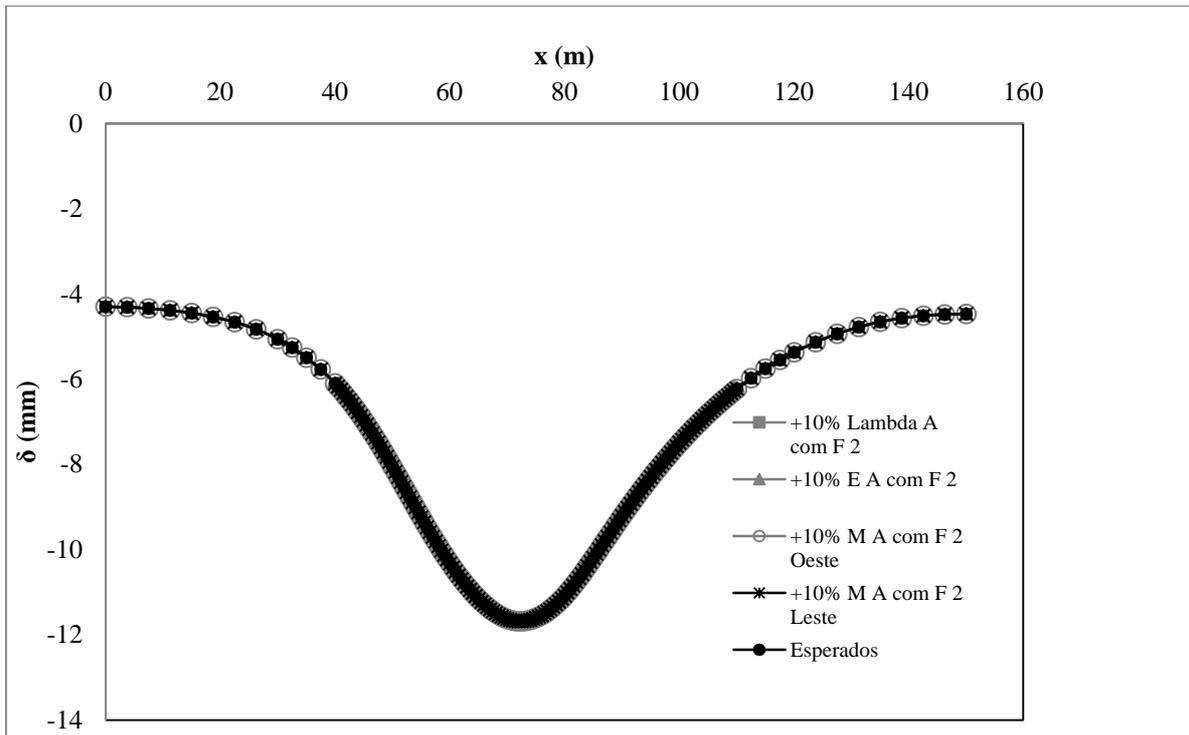


Figura D.17 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 18+400

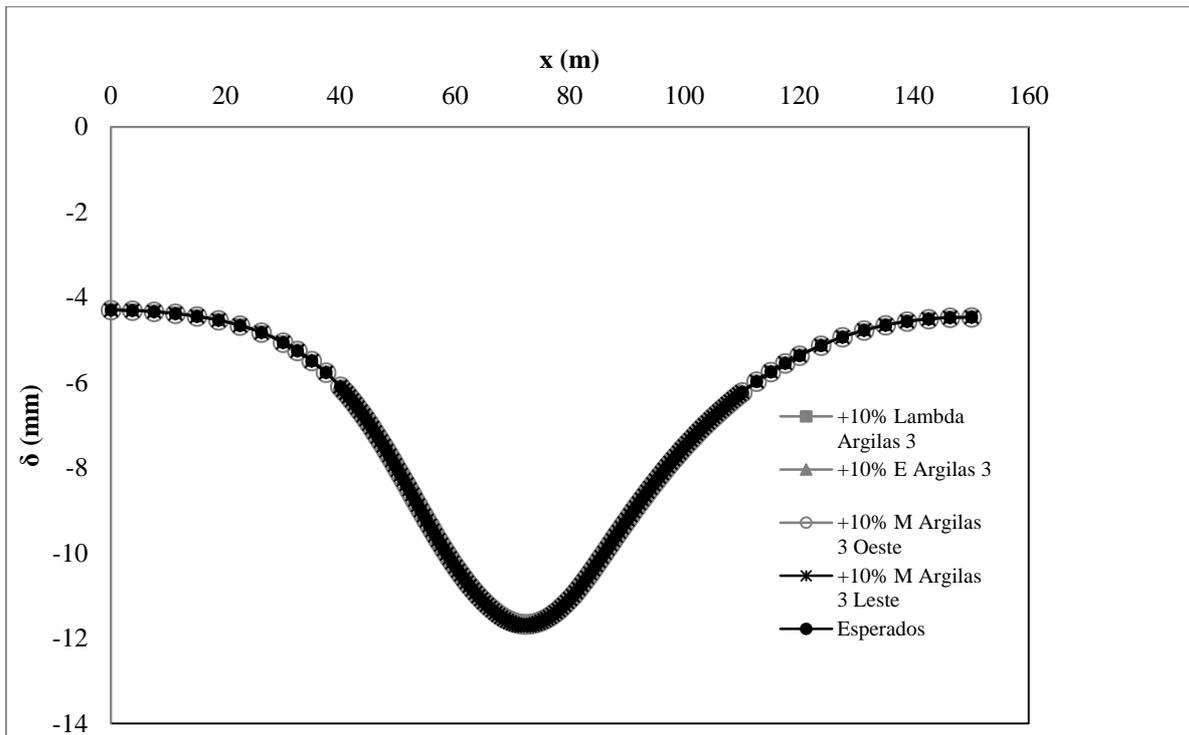


Figura D.18 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 18+400

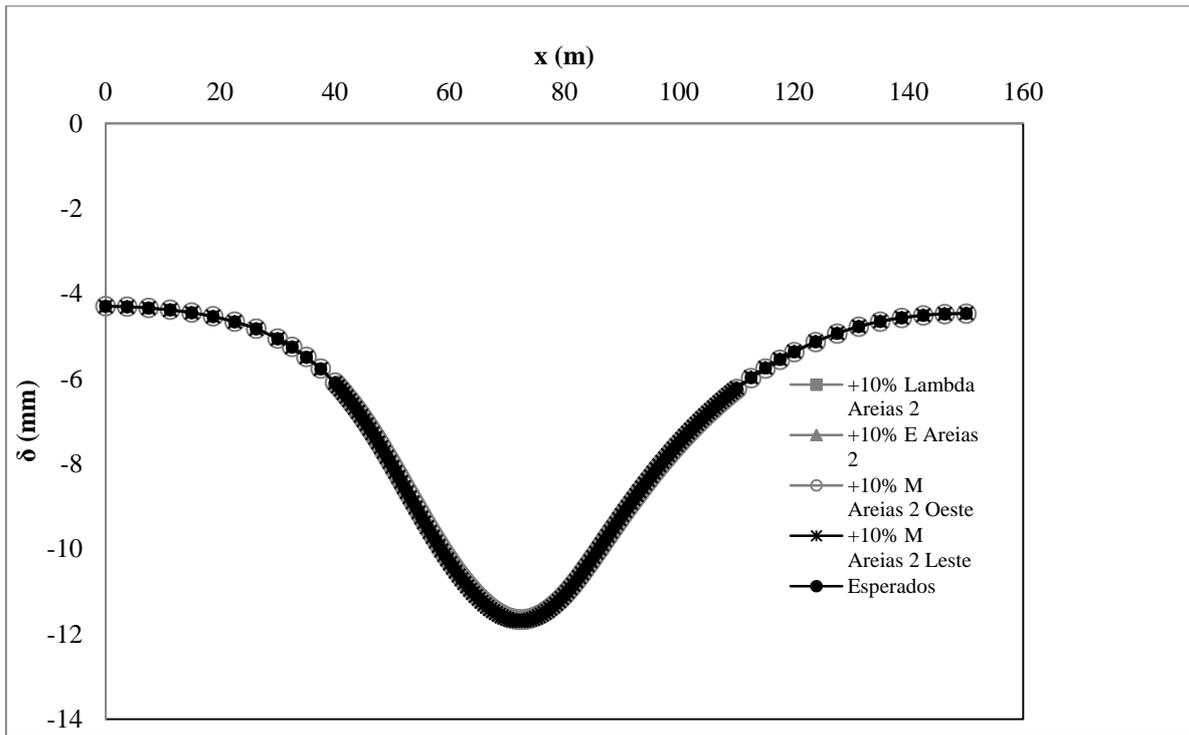


Figura D.19 Bacia de recalque. Variação areias 2 Seção 18+400

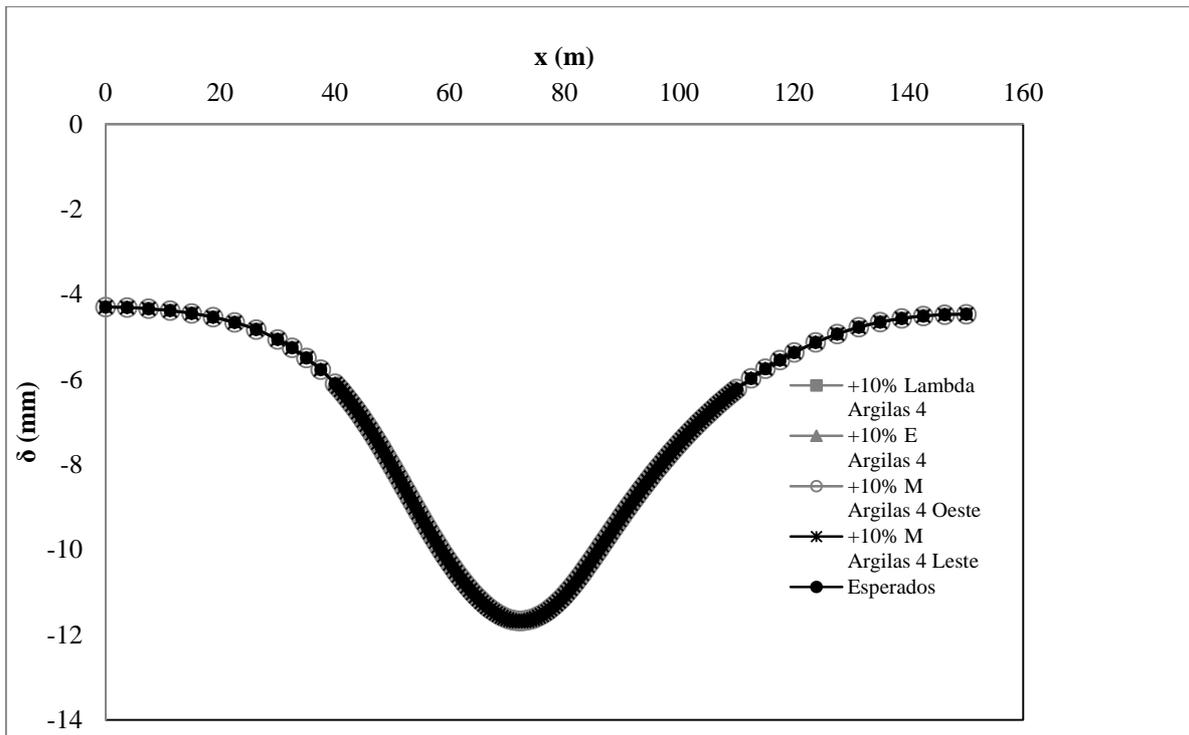


Figura D.20 Bacia de recalque. Variação argilas 4 Seção 18+400

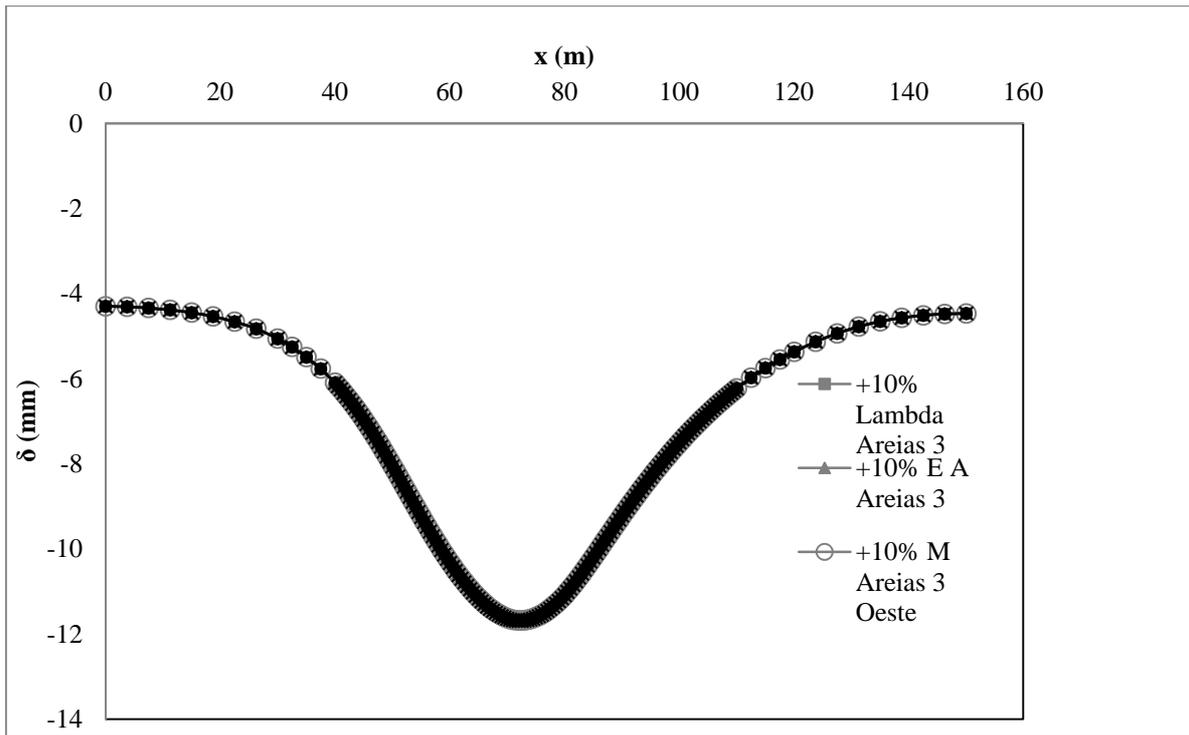


Figura D.21 Bacia de recalque. Variação areias 3 Seção 18+400

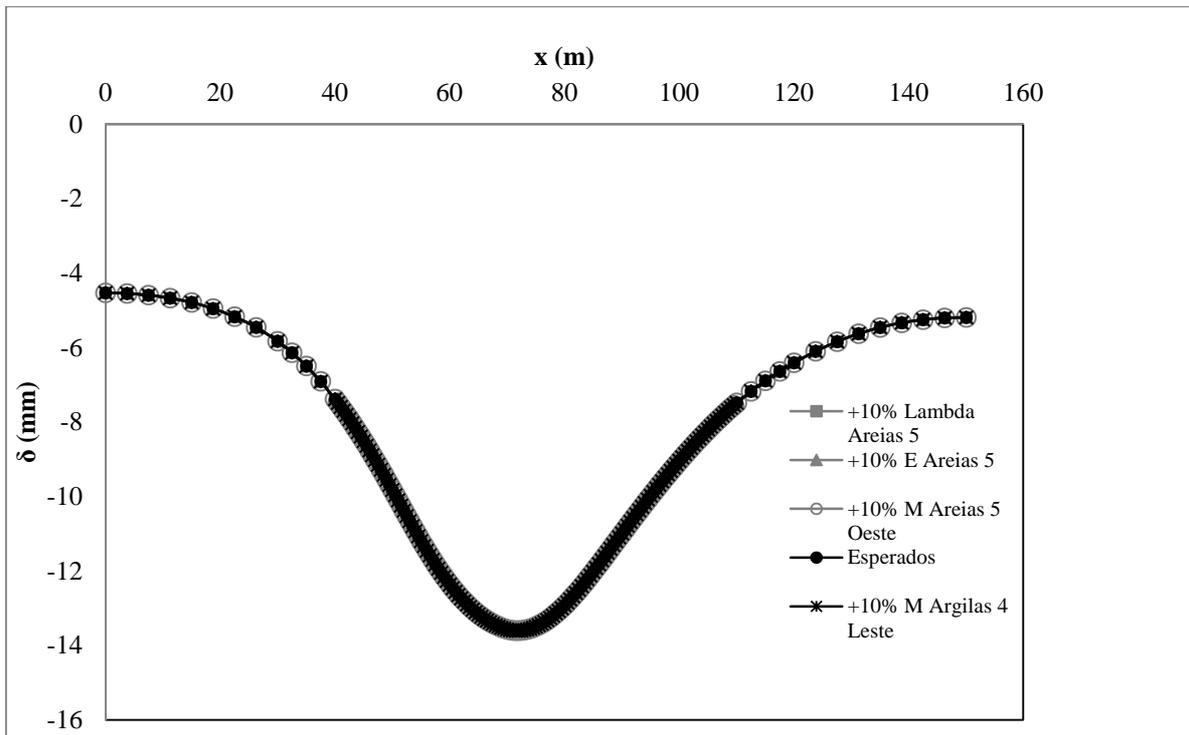


Figura D.22 Bacia de recalque. Variação areias 5 Seção 18+800

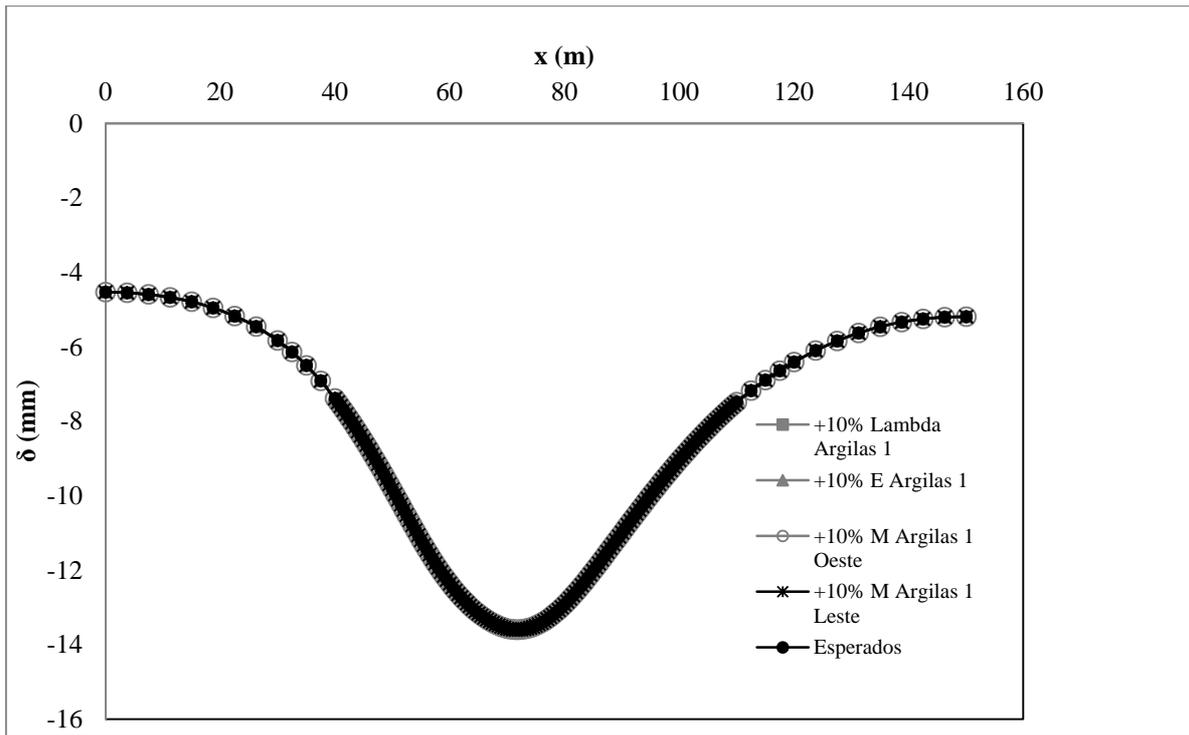


Figura D.23 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 18+800

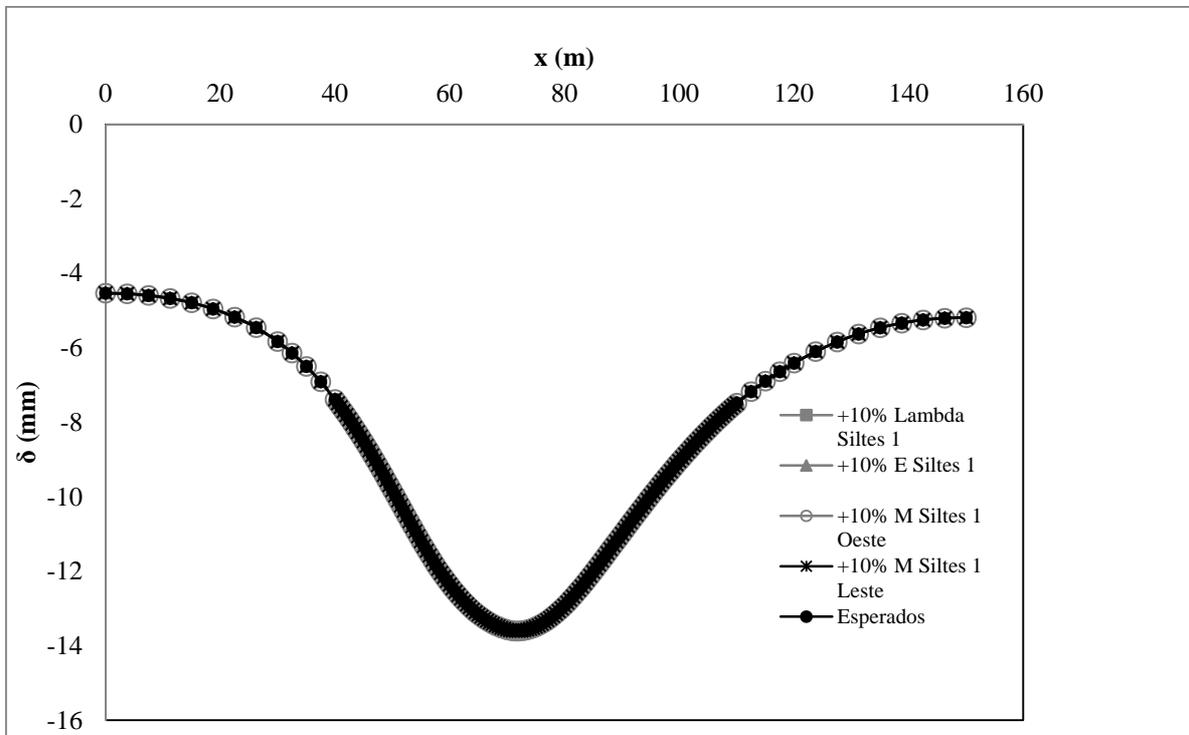


Figura D.24 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 18+800

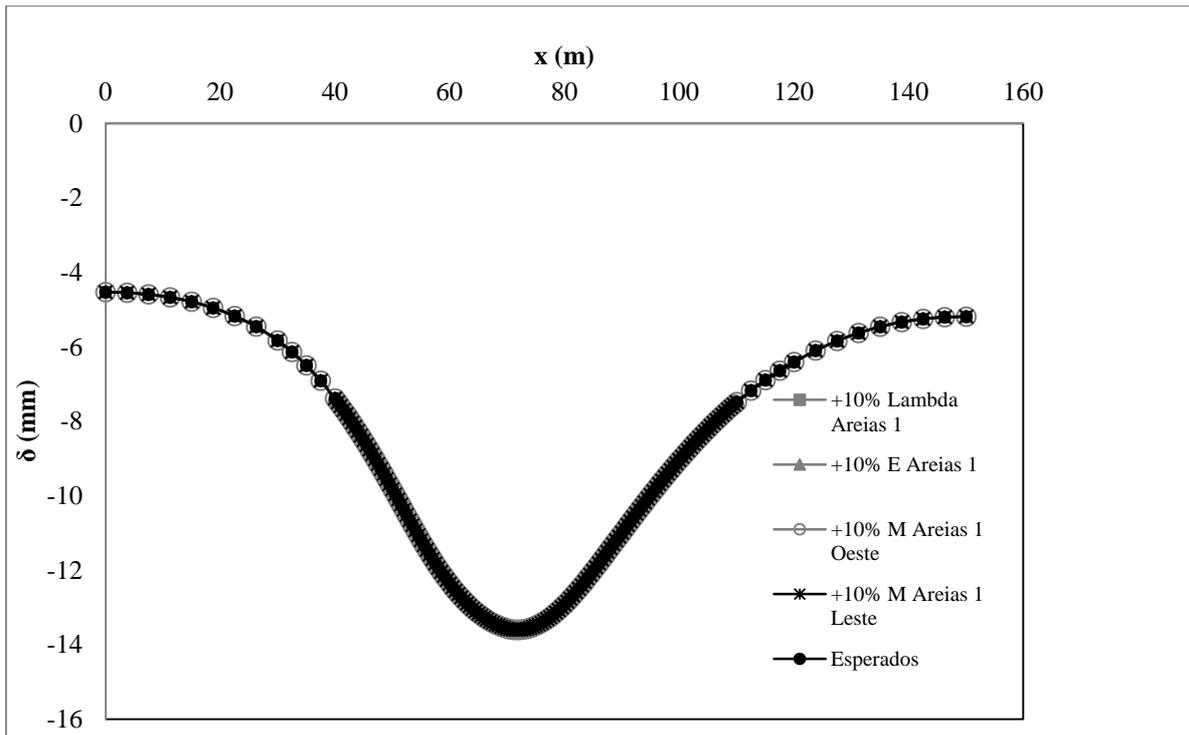


Figura D.25 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 18+800

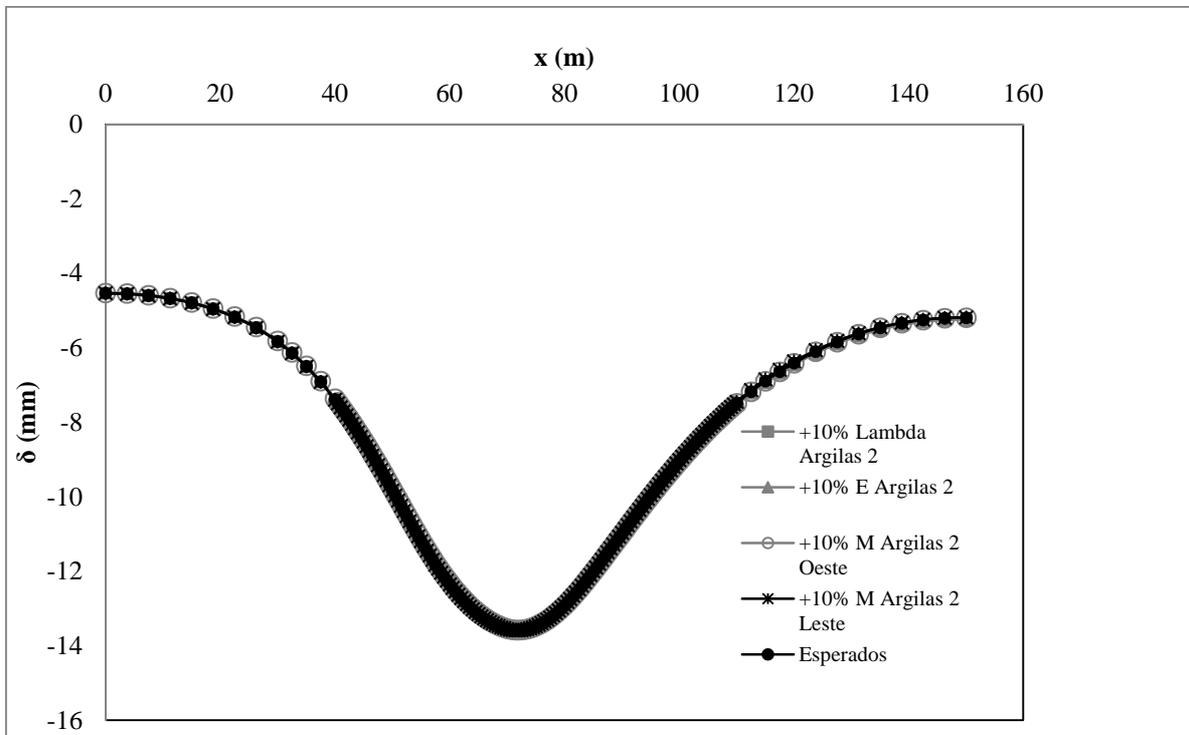


Figura D.26 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 18+800

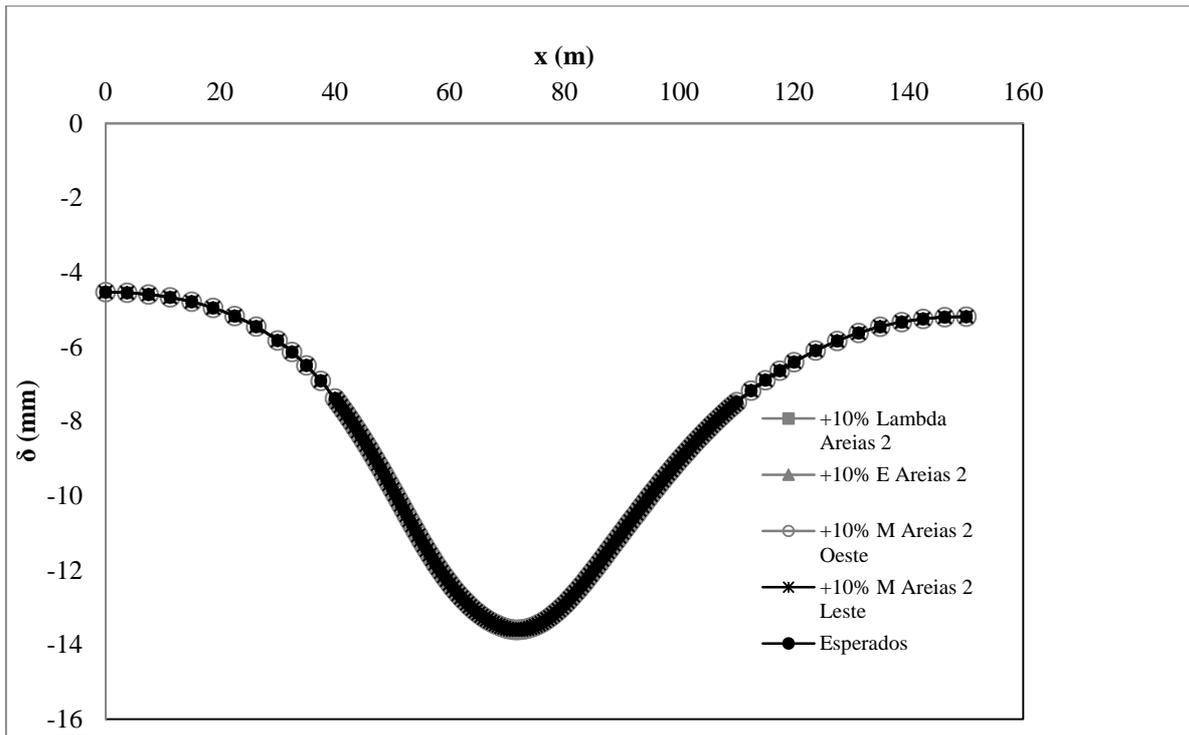


Figura D.27 Bacia de recalque. Variação areias 2 Seção 18+800

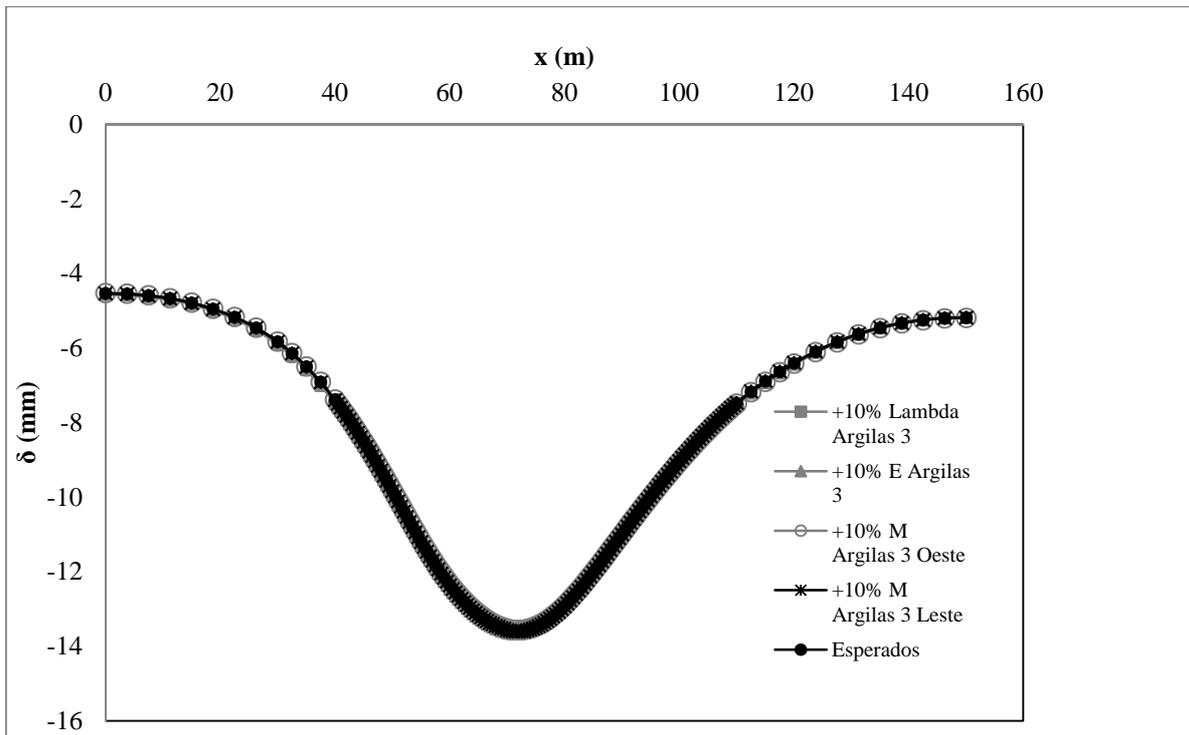


Figura D.28 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 18+800

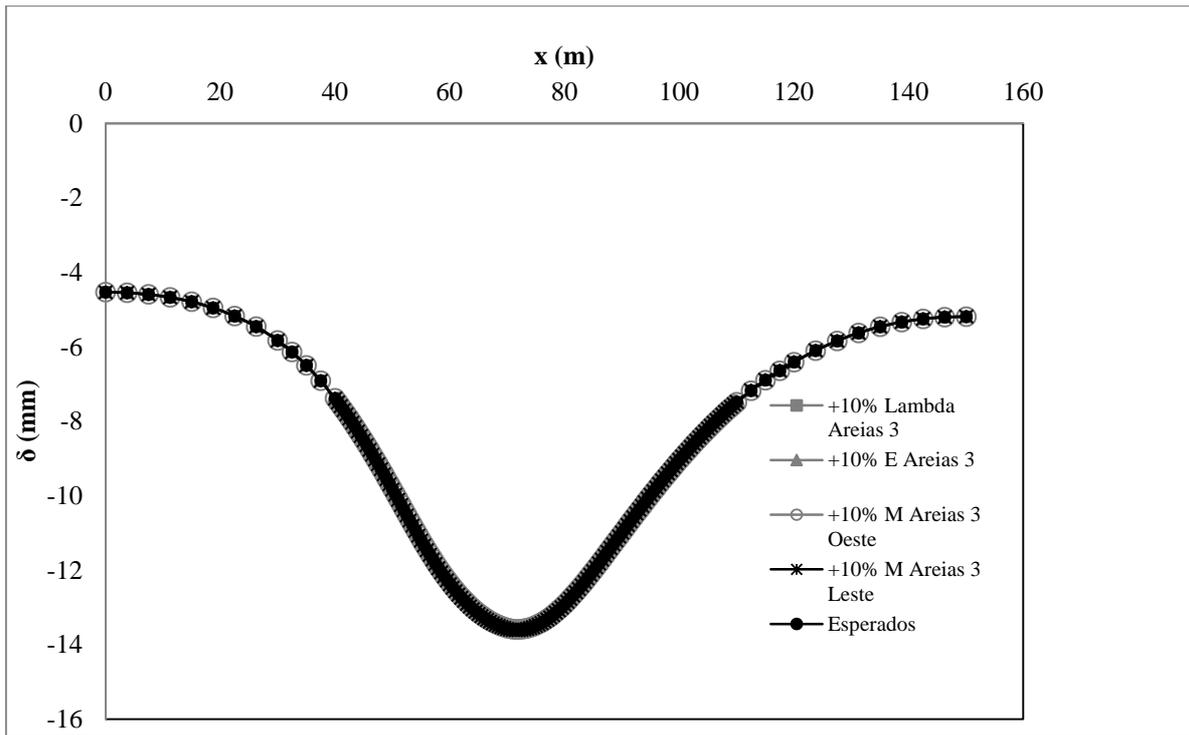


Figura D.29 Bacia de recalque. Variação areias 3 Seção 18+800

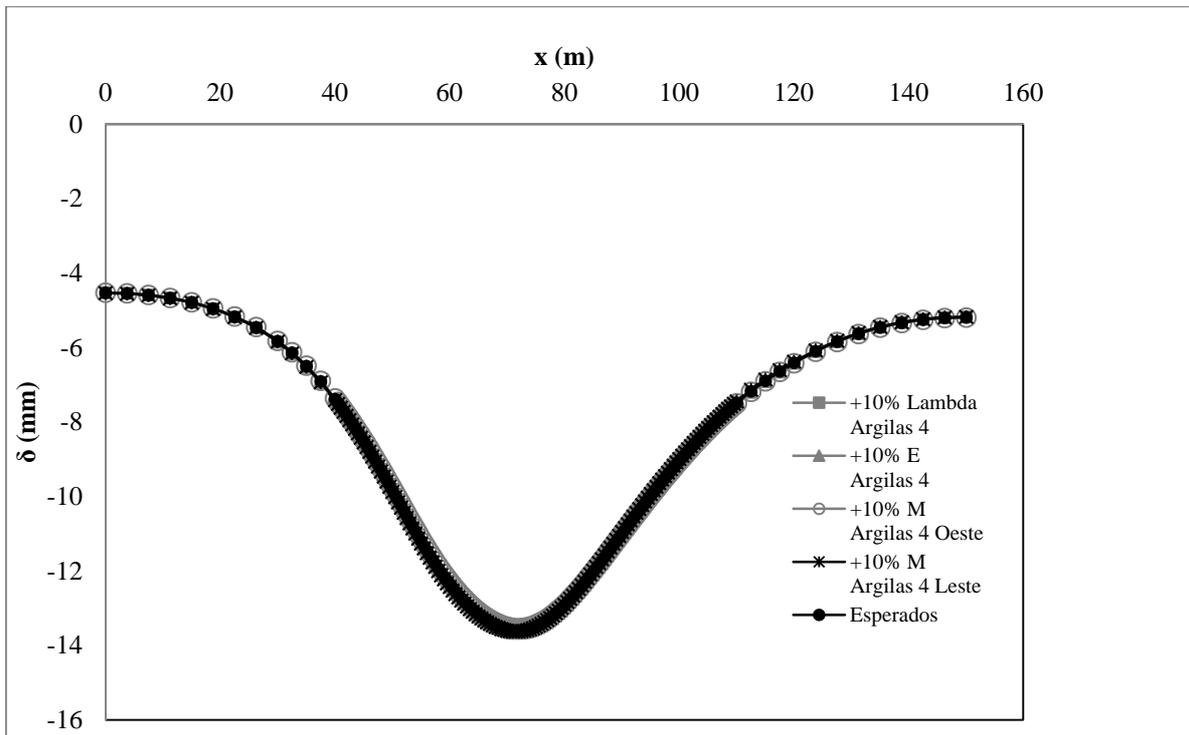


Figura D.30 Bacia de recalque. Variação argilas 4 Seção 18+800

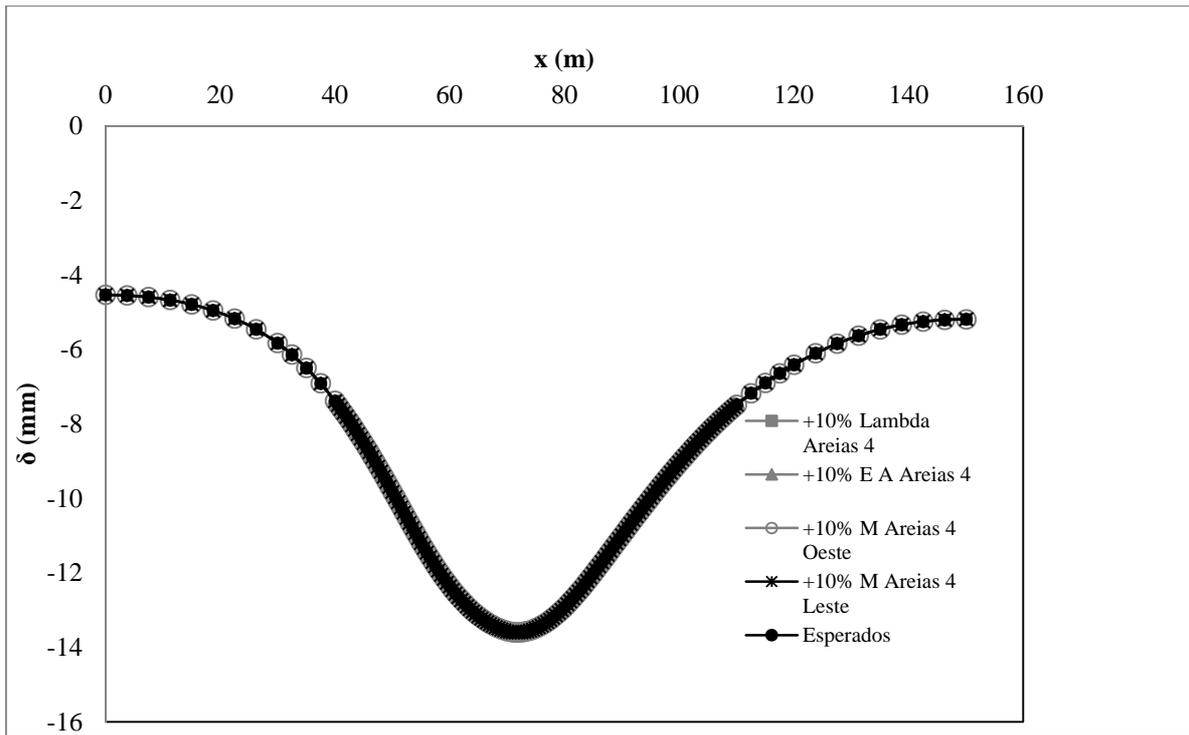


Figura D.31 Bacia de recalque. Variação areias 4 Seção 18+800

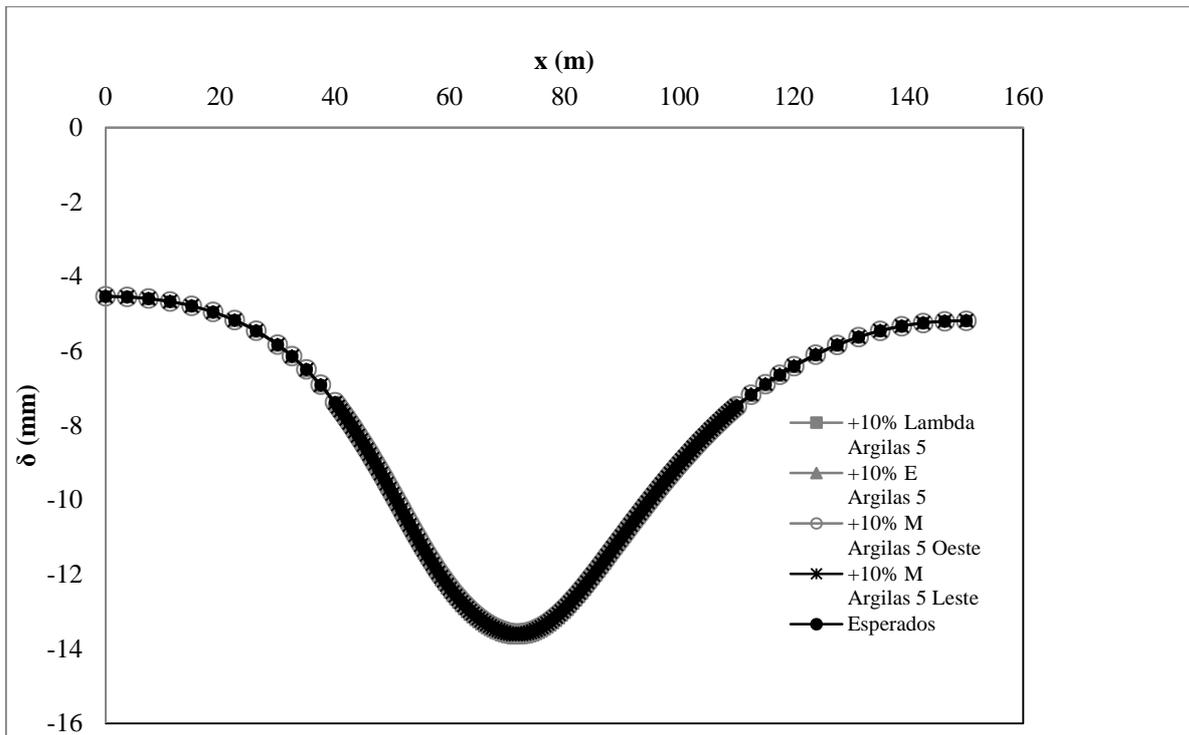


Figura D.32 Bacia de recalque. Variação argilas 5 Seção 18+800

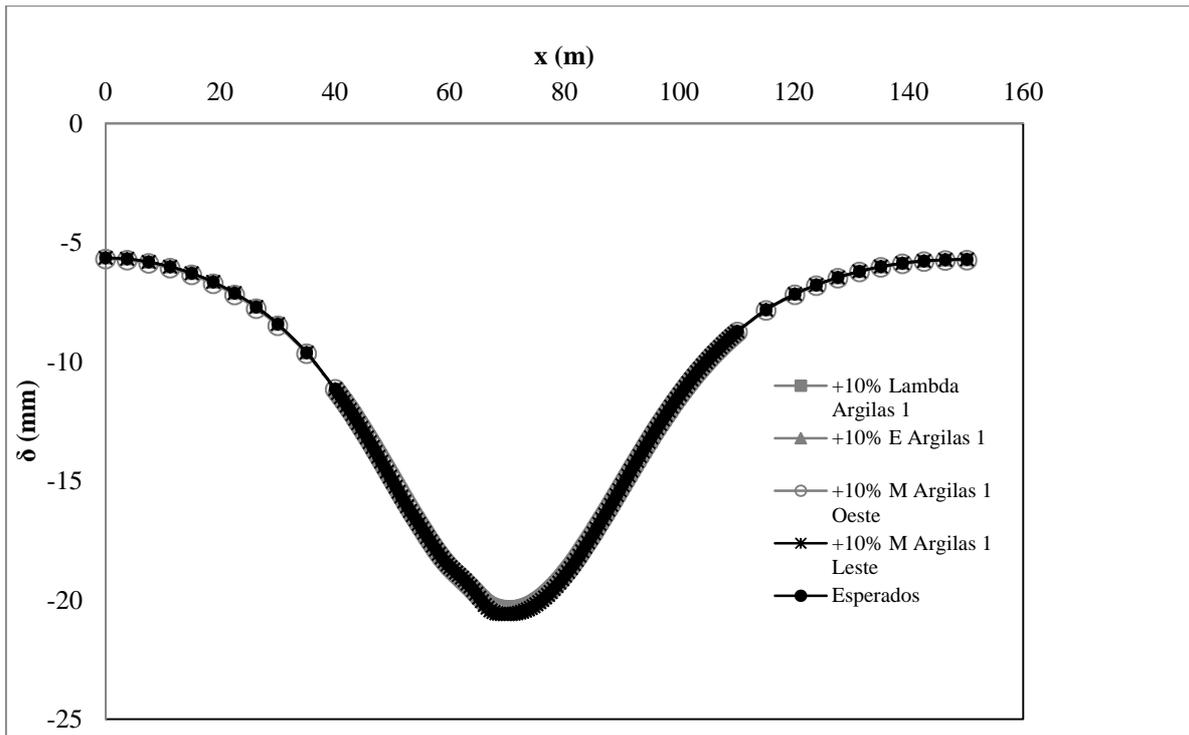


Figura D.33 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 19+200

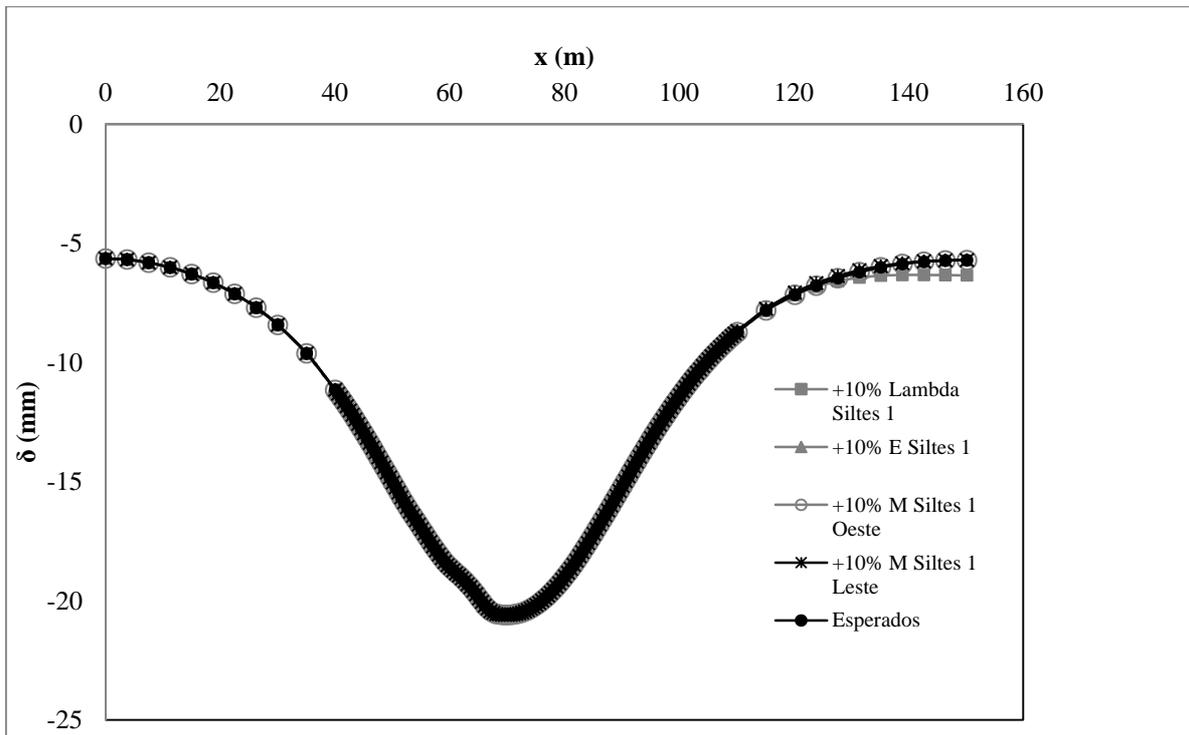


Figura D.34 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 19+200

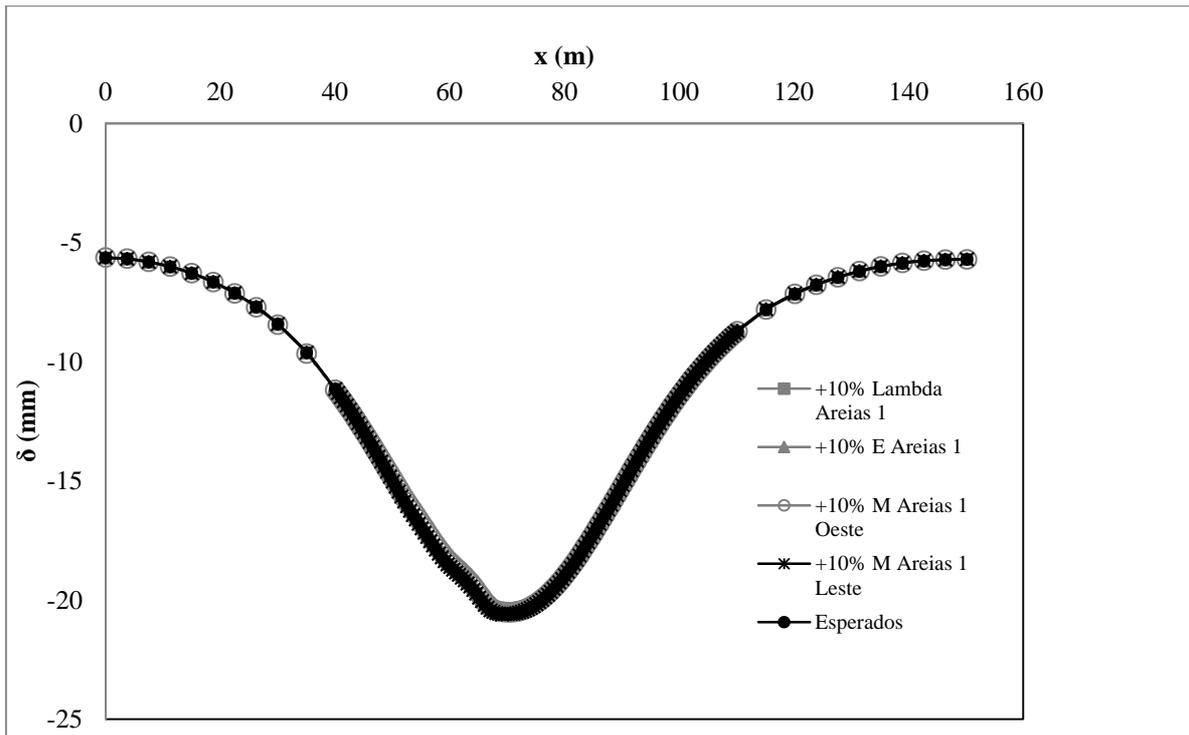


Figura D.35 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 19+200

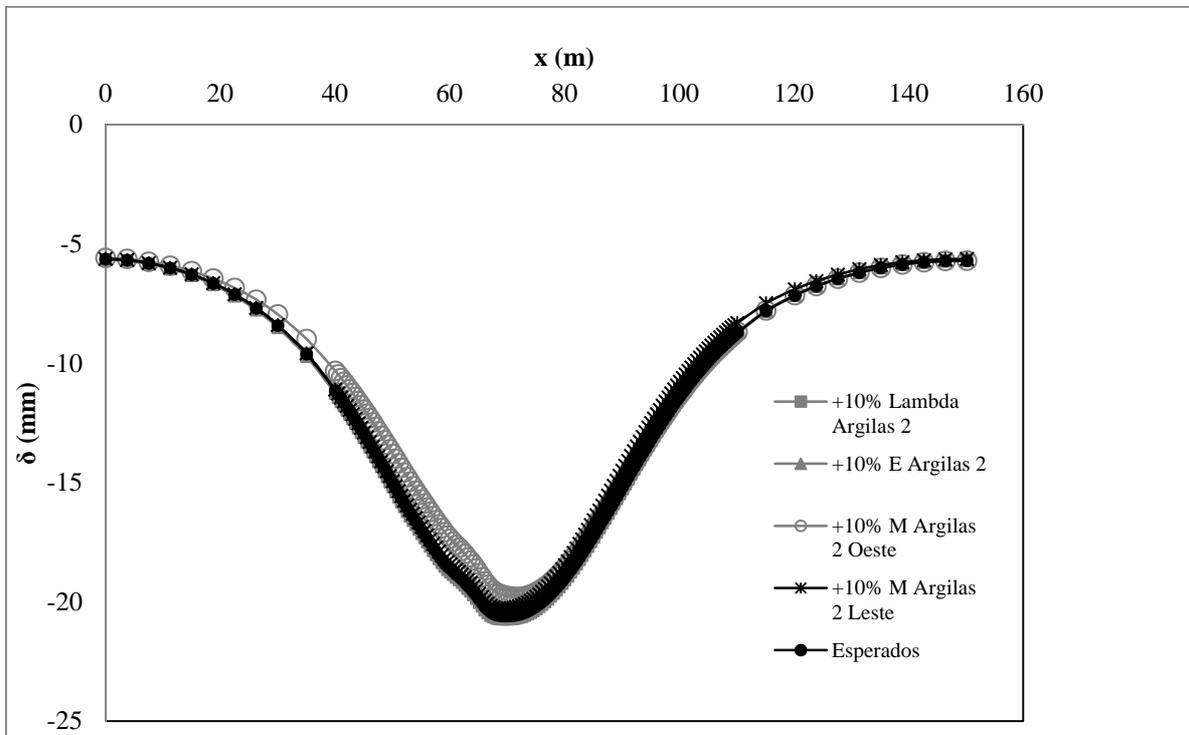


Figura D.36 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 19+200

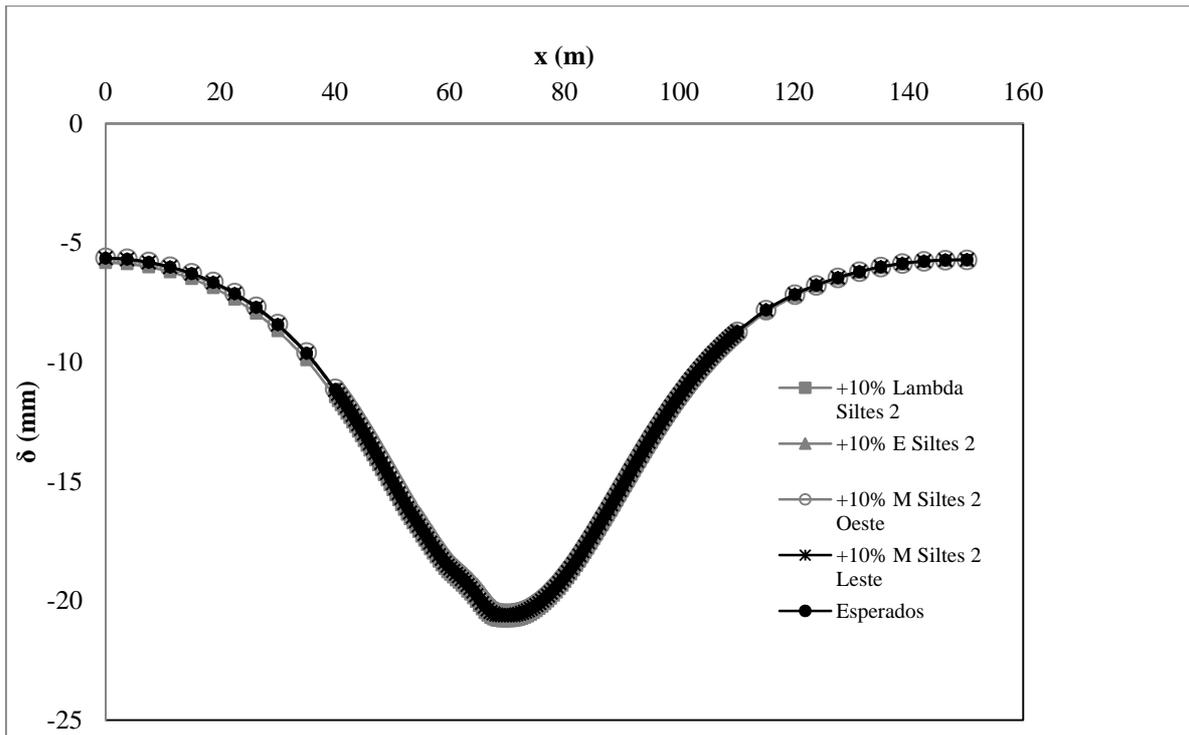


Figura D.37 Bacia de recalque. Variação siltes 2 Seção 19+200

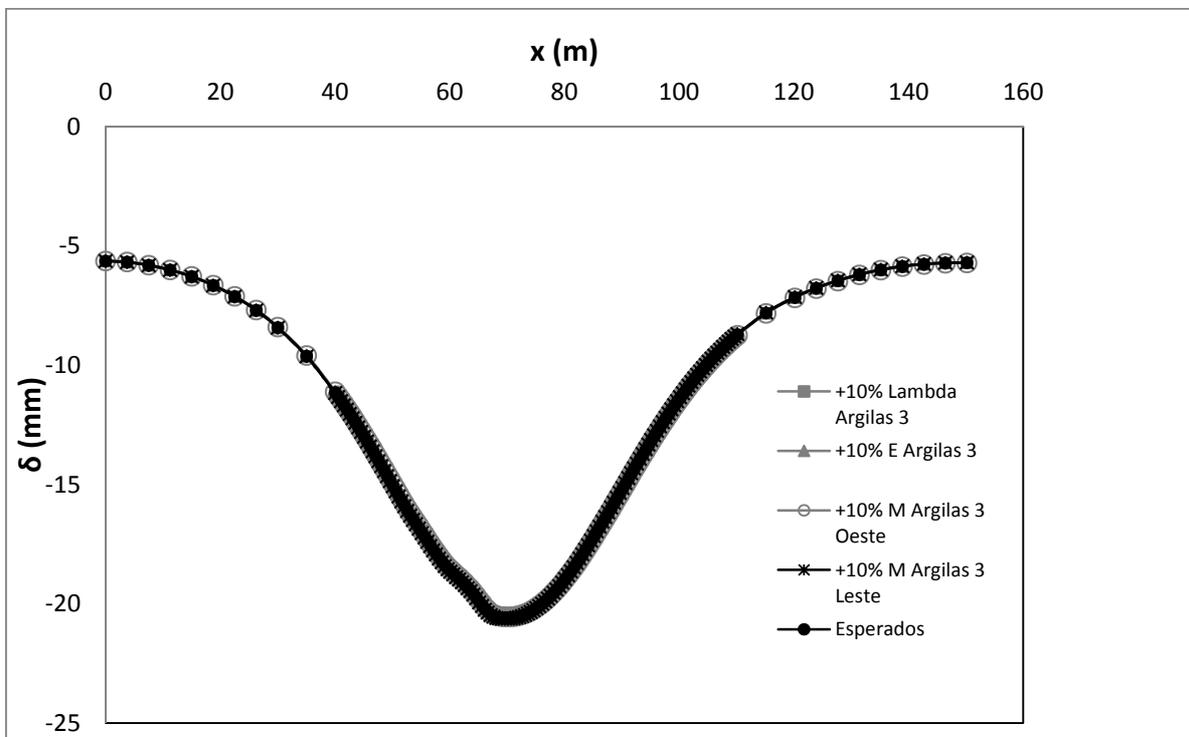


Figura D.38 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 19+200

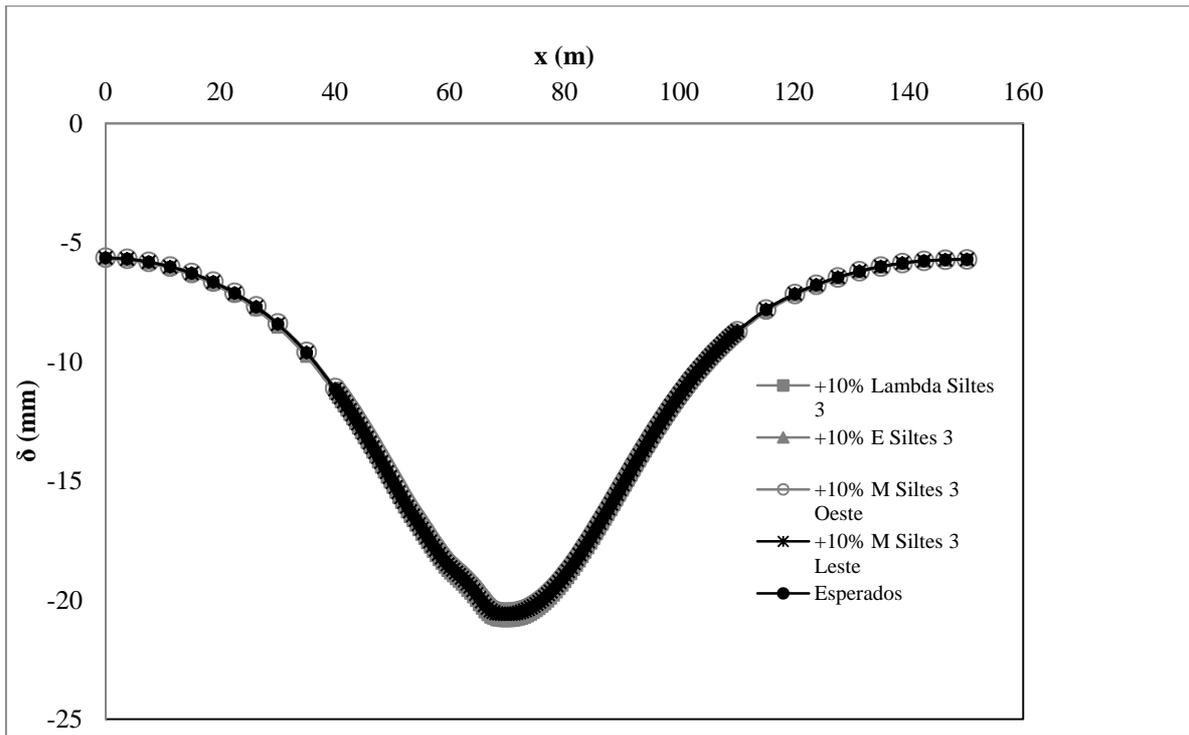


Figura D.39 Bacia de recalque. Variação siltes 3 Seção 19+200

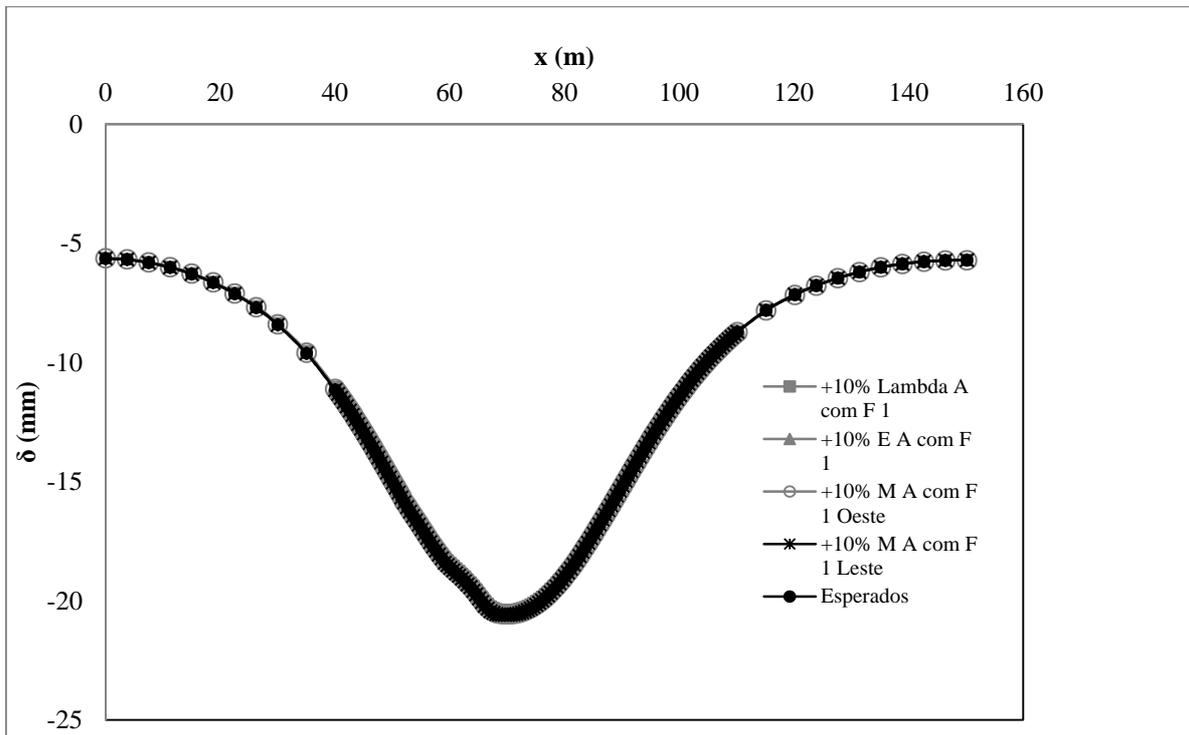


Figura D.40 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 19+200

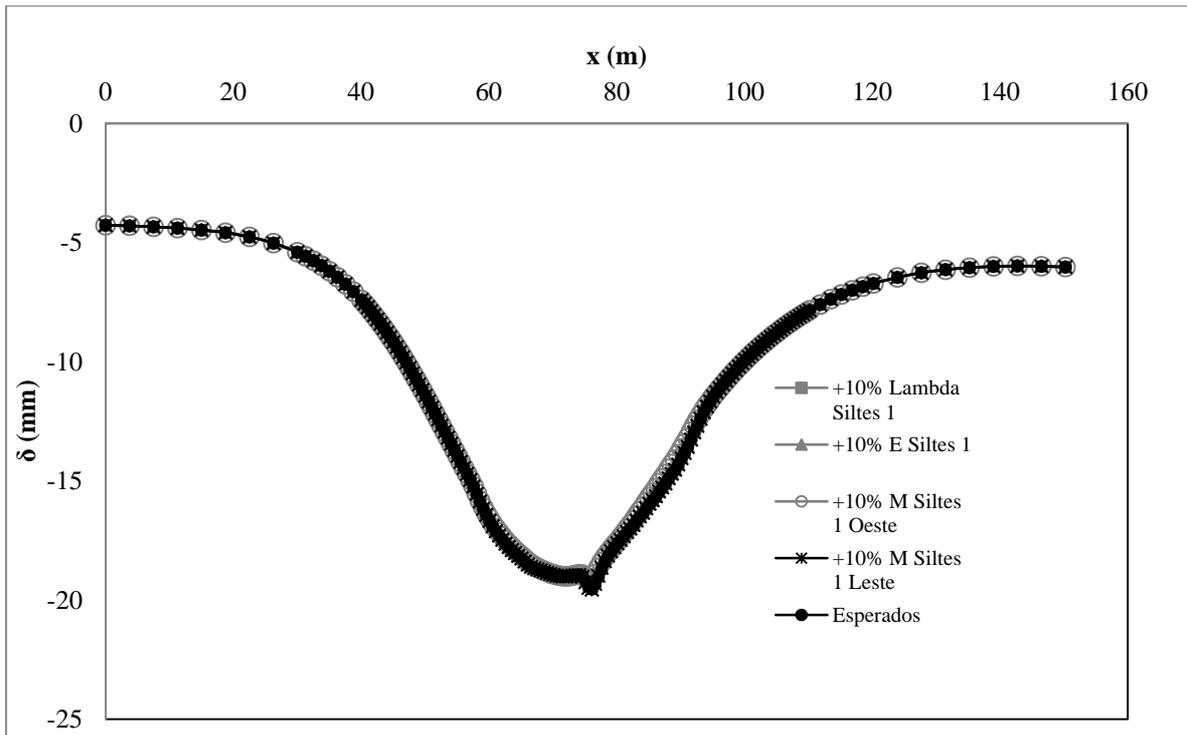


Figura D.41 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 19+600

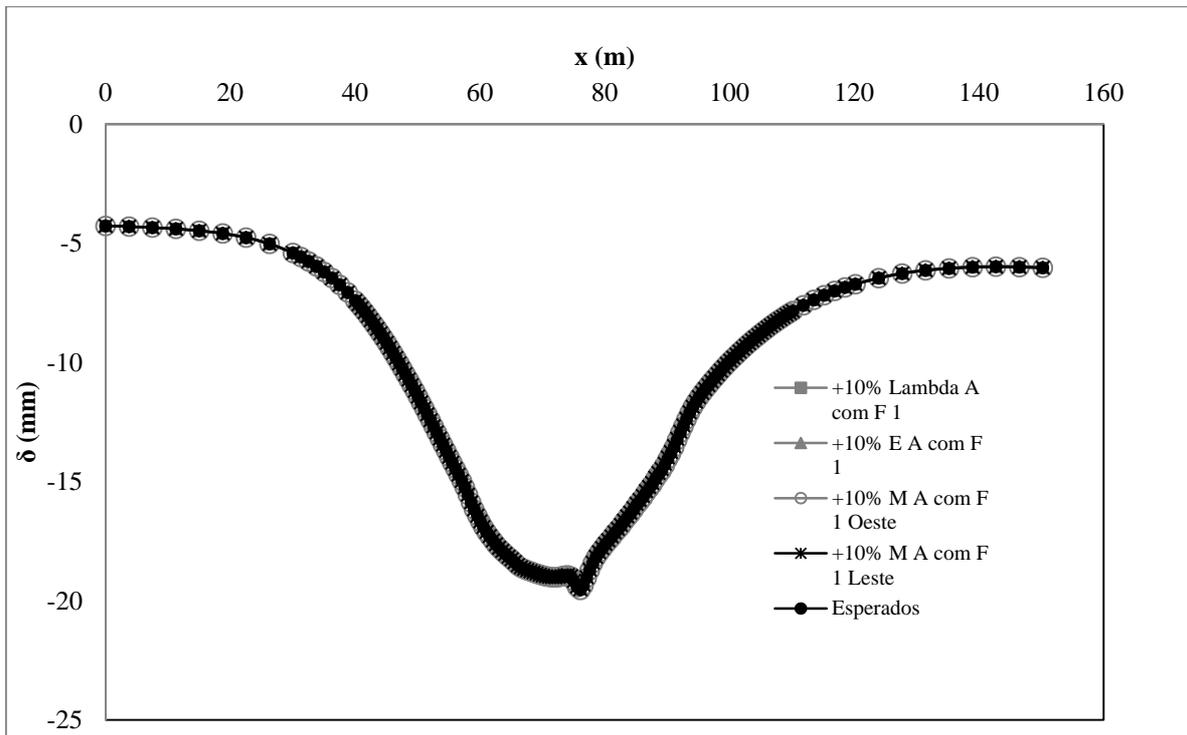


Figura D.42 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 19+600

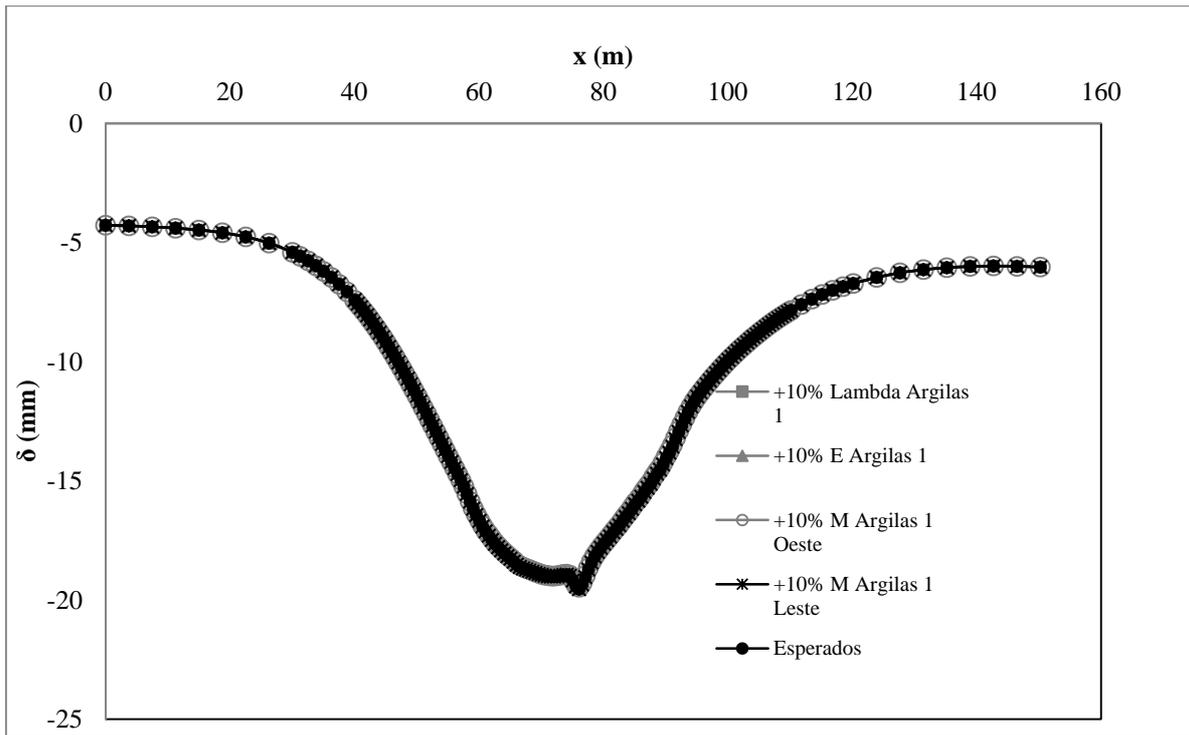


Figura D.43 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 19+600

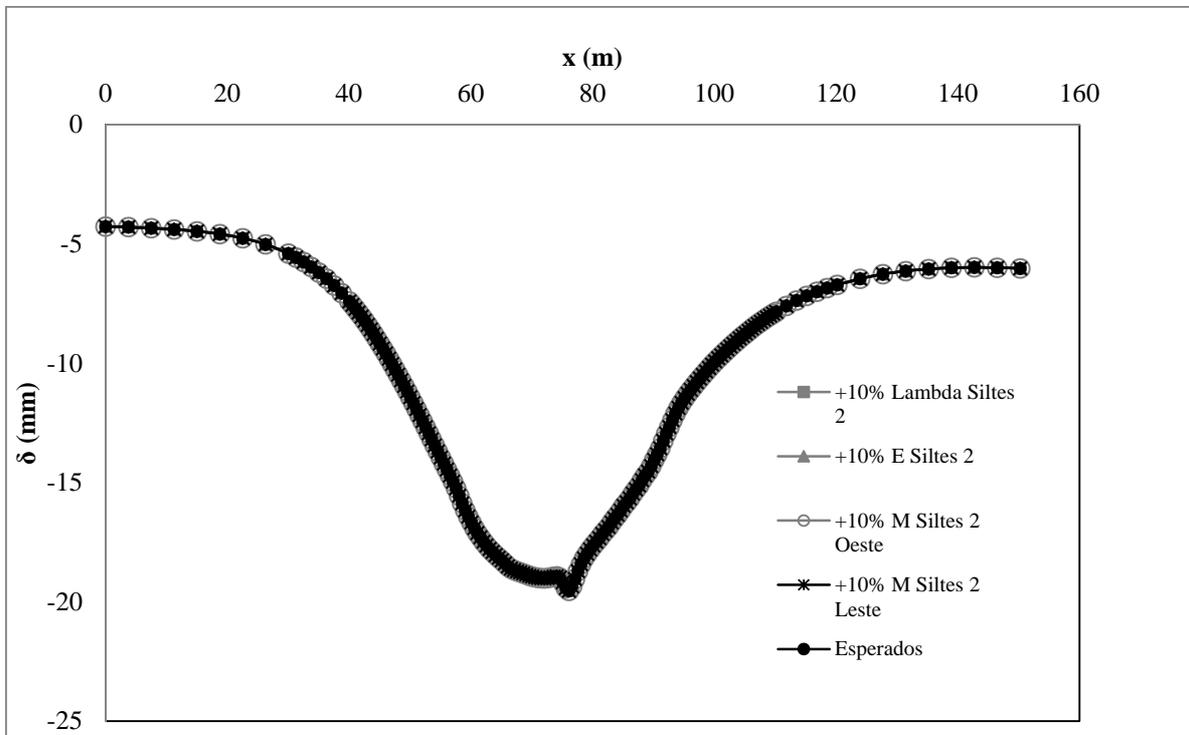


Figura D.44 Bacia de recalque. Variação siltes 2 Seção 19+600

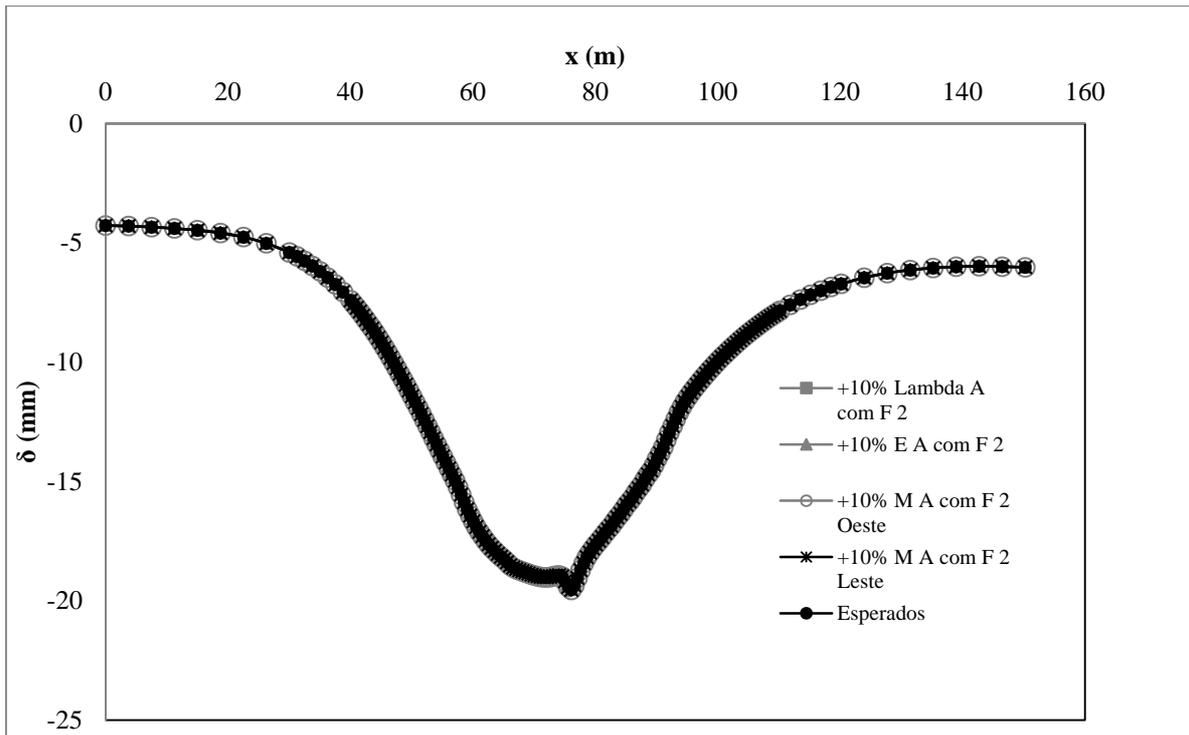


Figura D.45 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 19+600

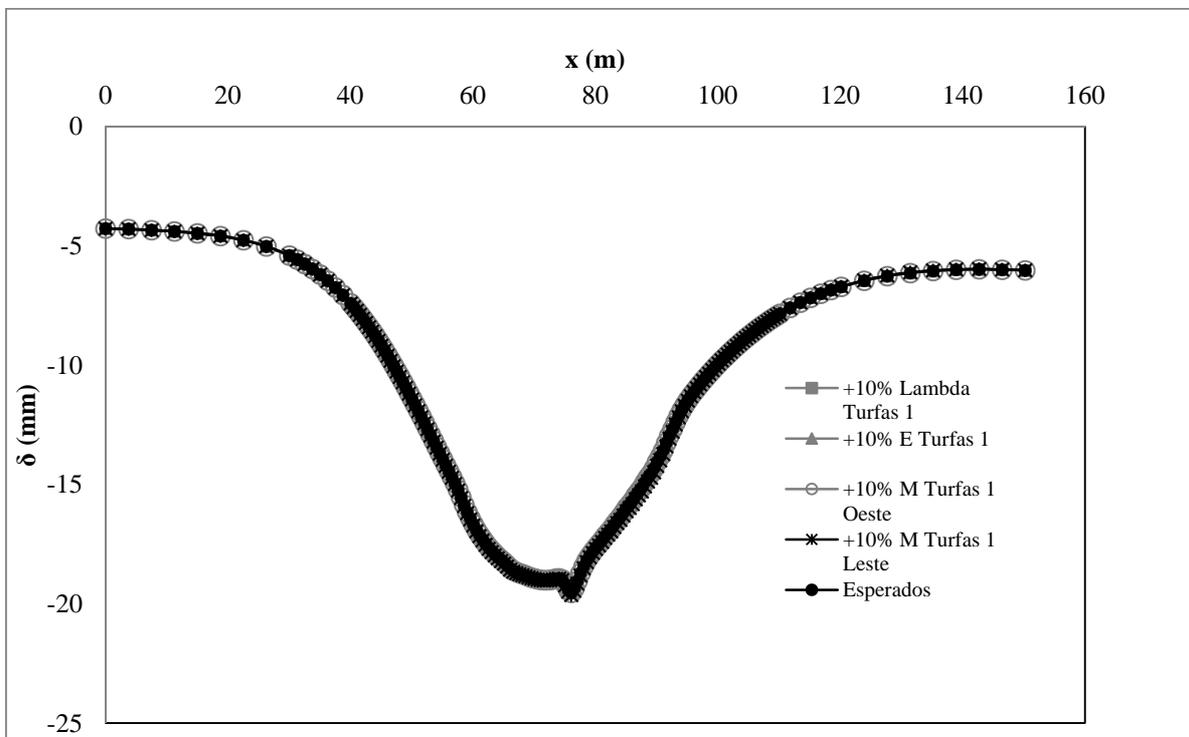


Figura D.46 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 19+600

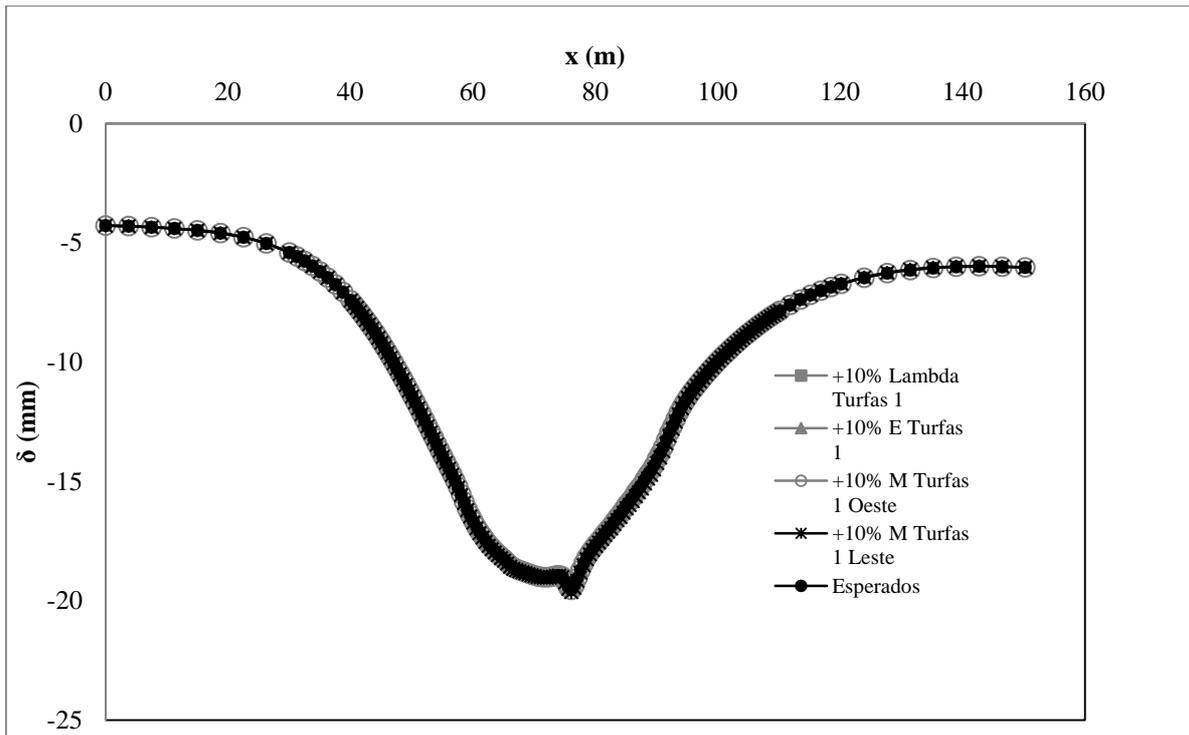


Figura D.47 Bacia de recalque. Variação turfas 1 Seção 19+600

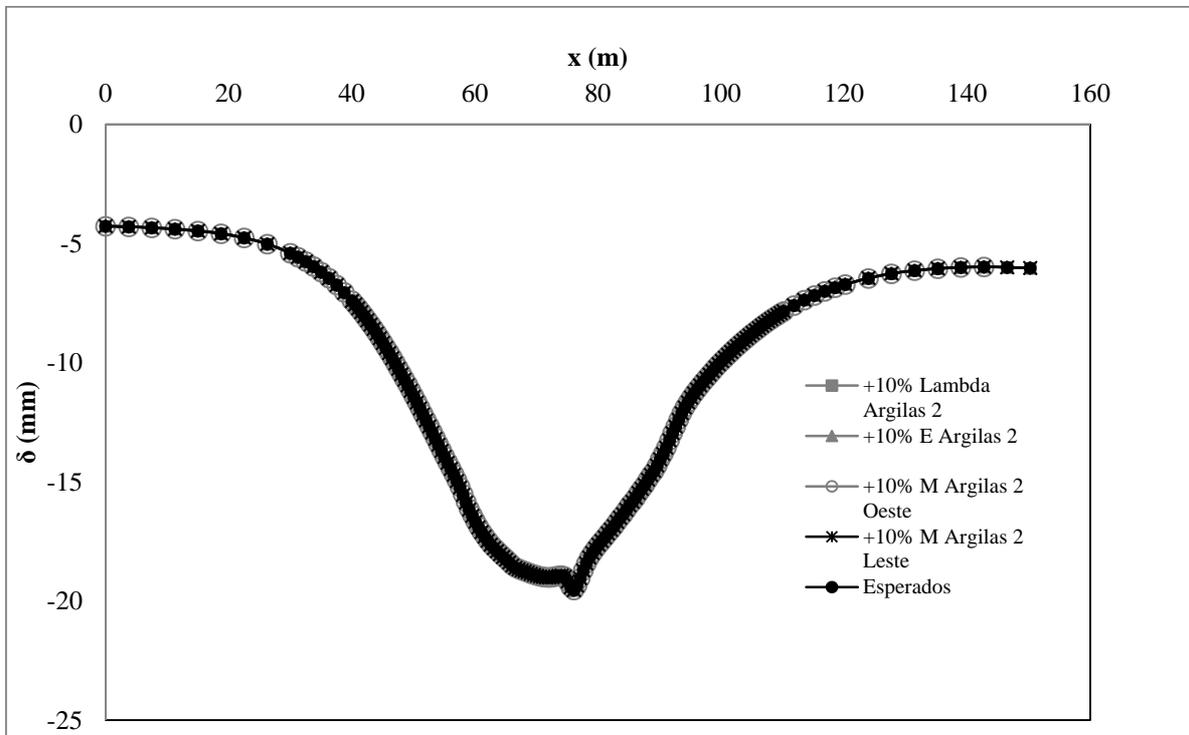


Figura D.48 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 19+600

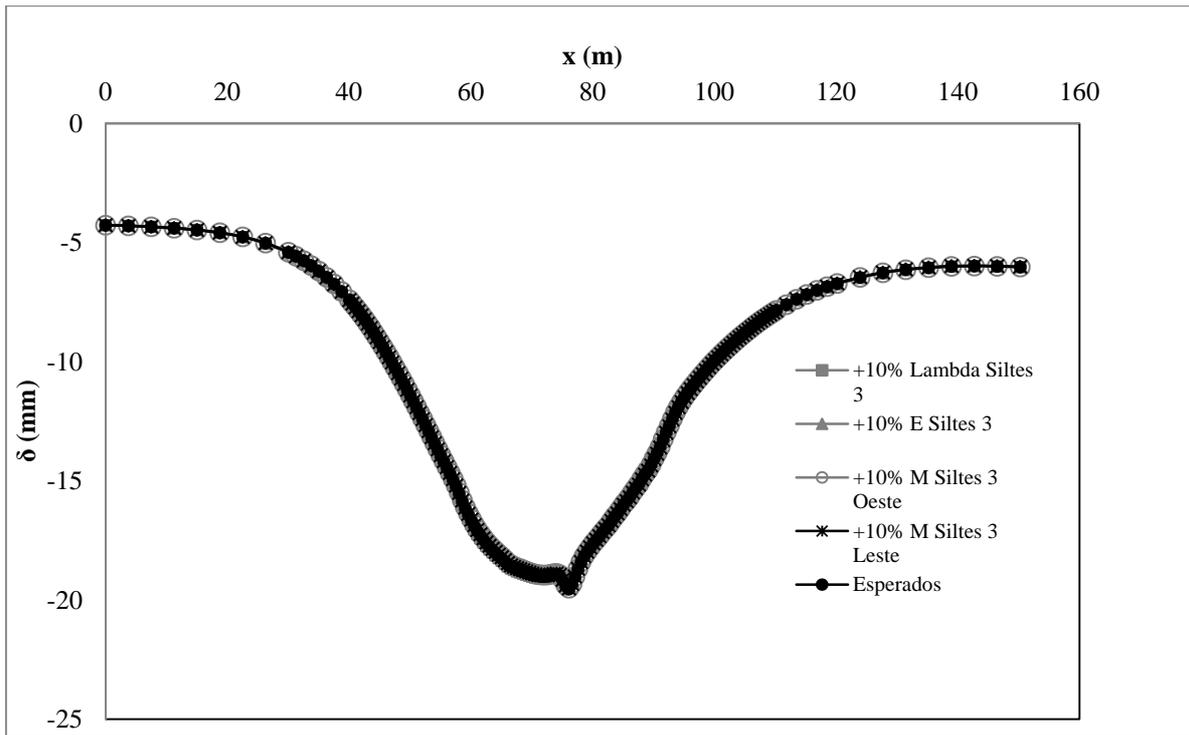


Figura D.49 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 19+600

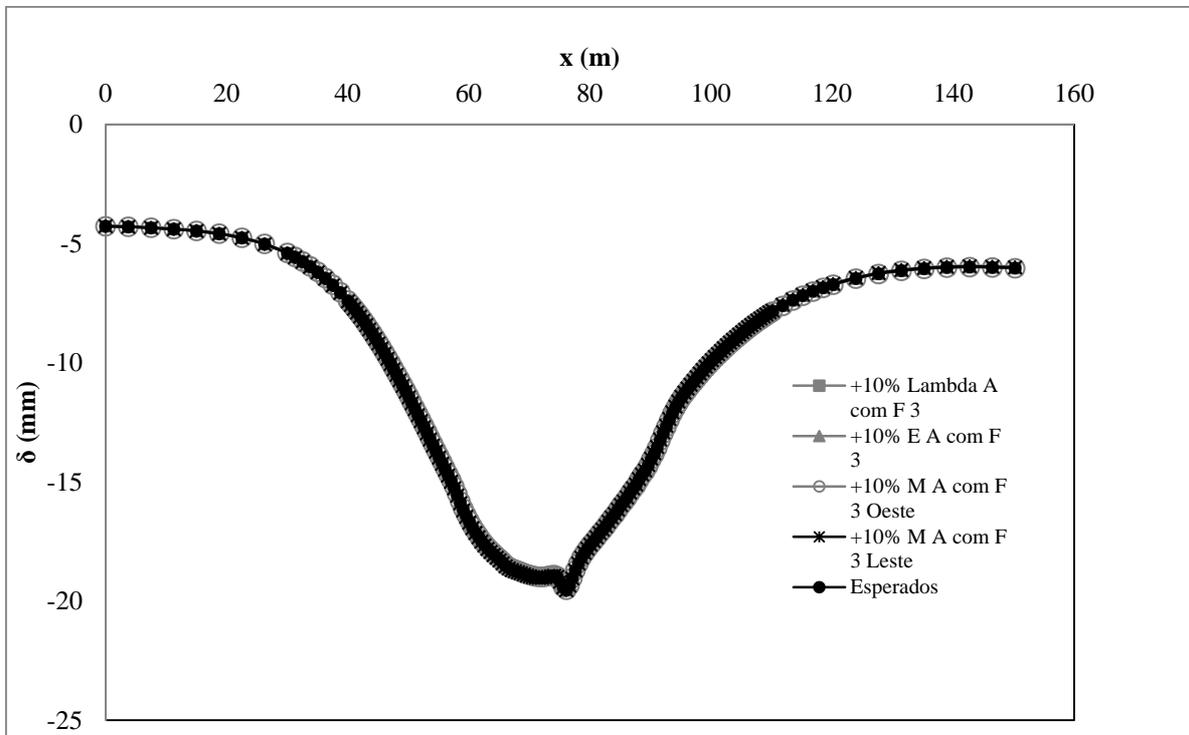


Figura D.50 Bacia de recalque. Variação areias com finos 3. Seção 19+600

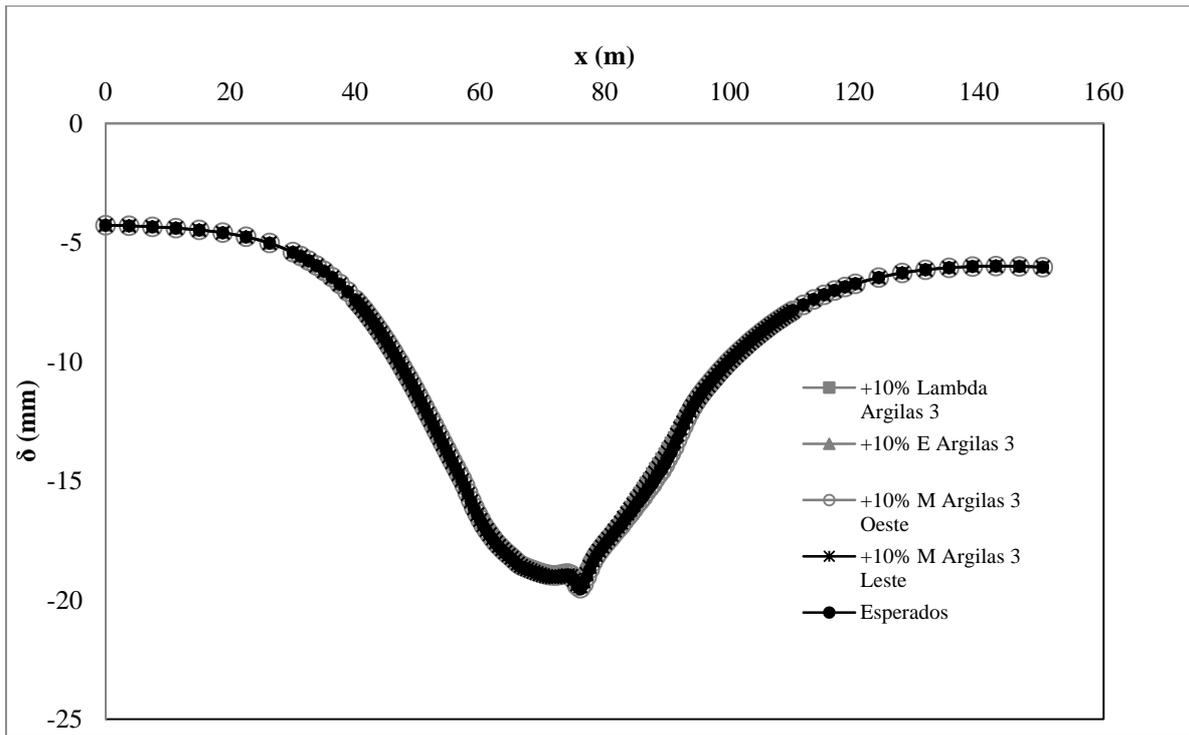


Figura D.51 Bacia de recalque. Variação argilas 3. Seção 19+600

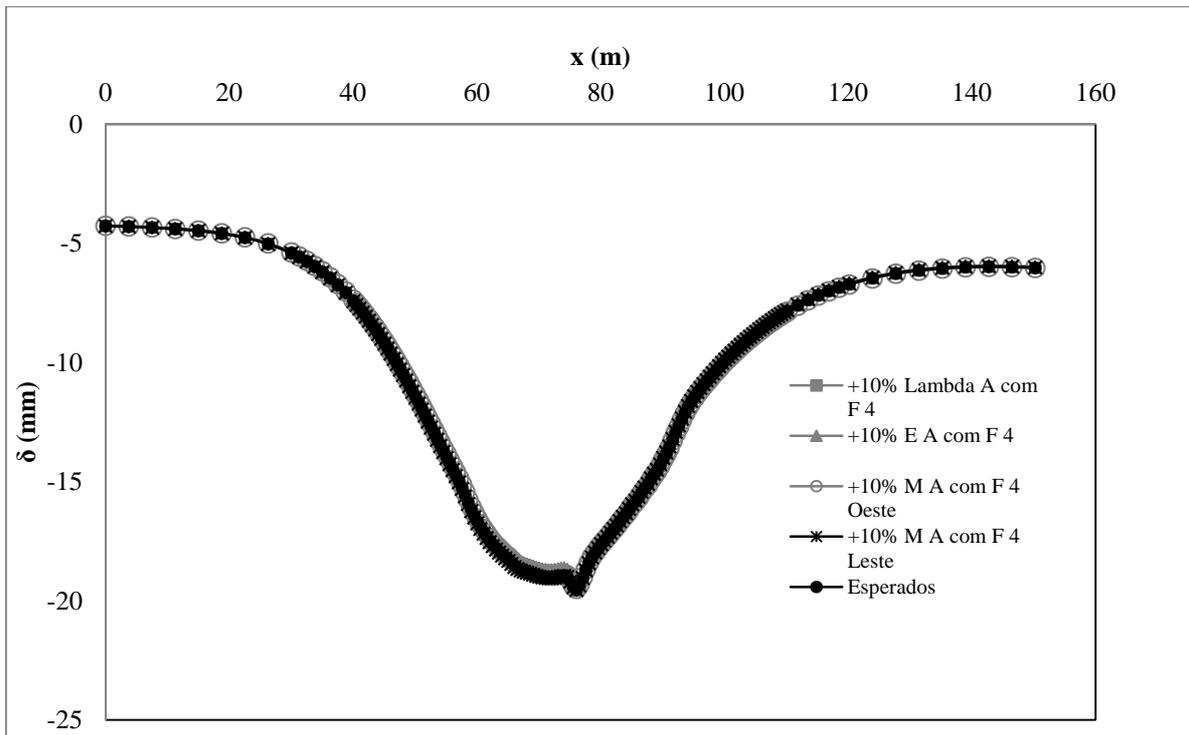


Figura D.52 Bacia de recalque. Variação areias com finos 4. Seção 19+600

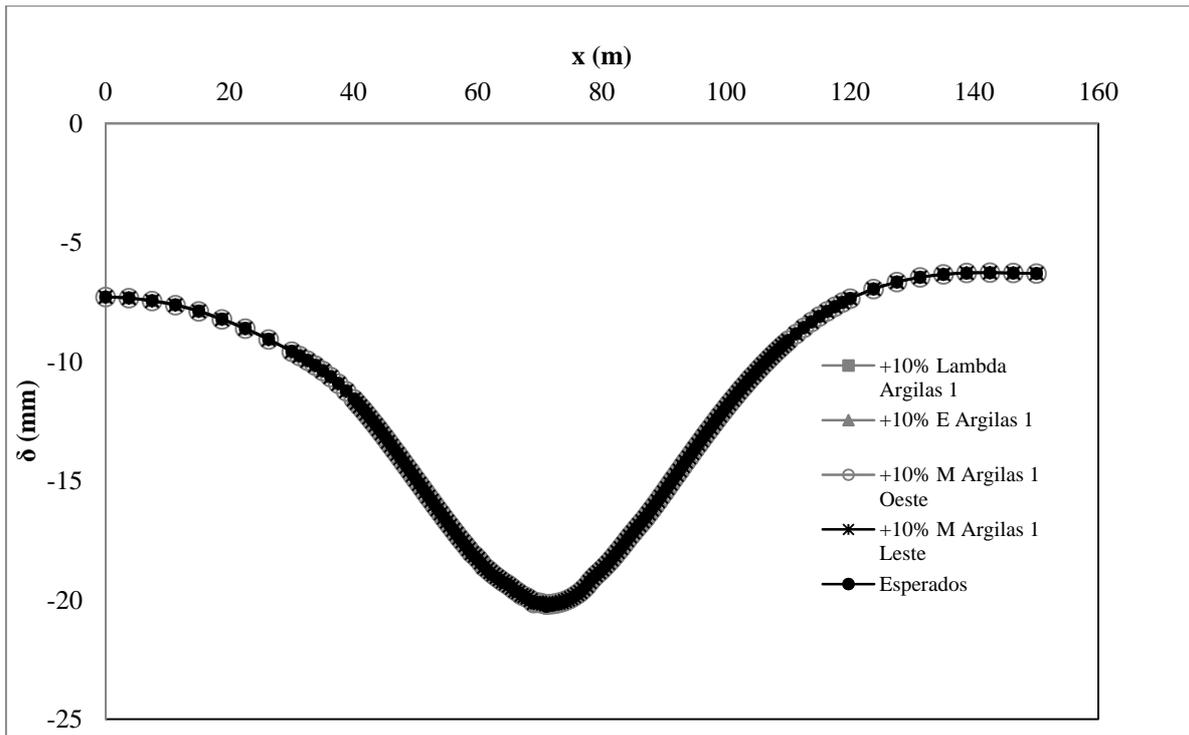


Figura D.53 Bacia de recalque. Variação argilas 1. Seção 20+100

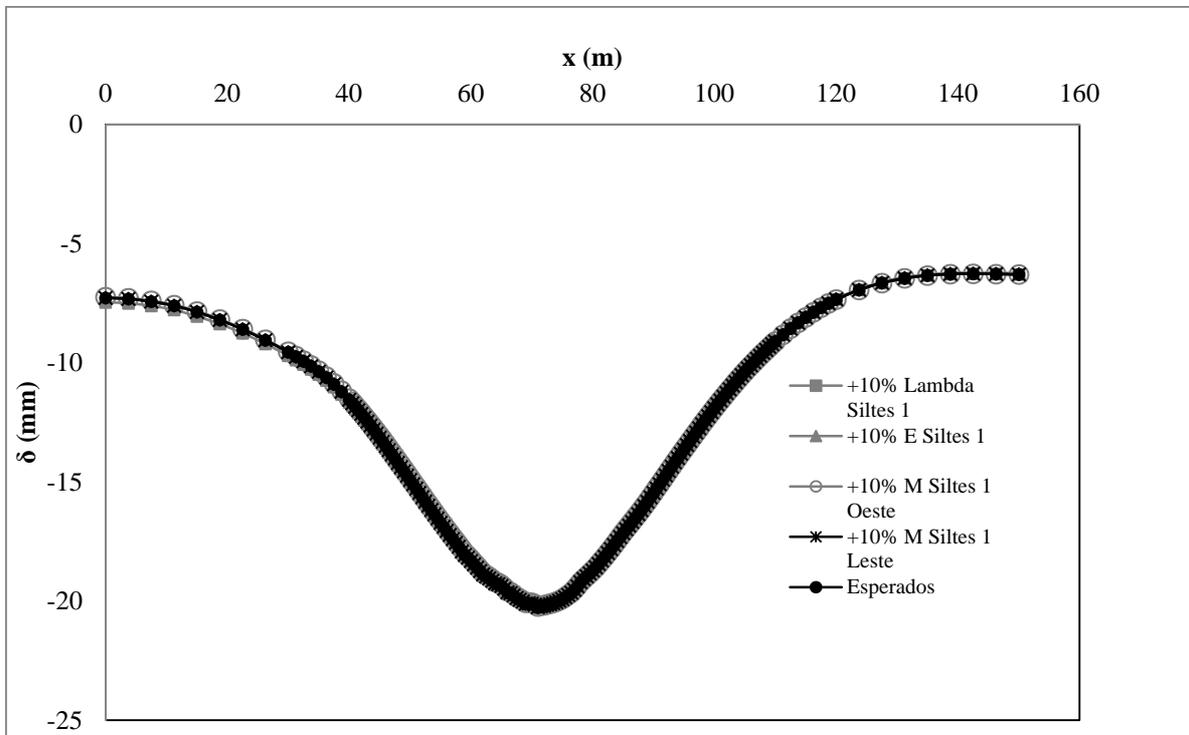


Figura D.54 Bacia de recalque. Variação siltes 1. Seção 20+100

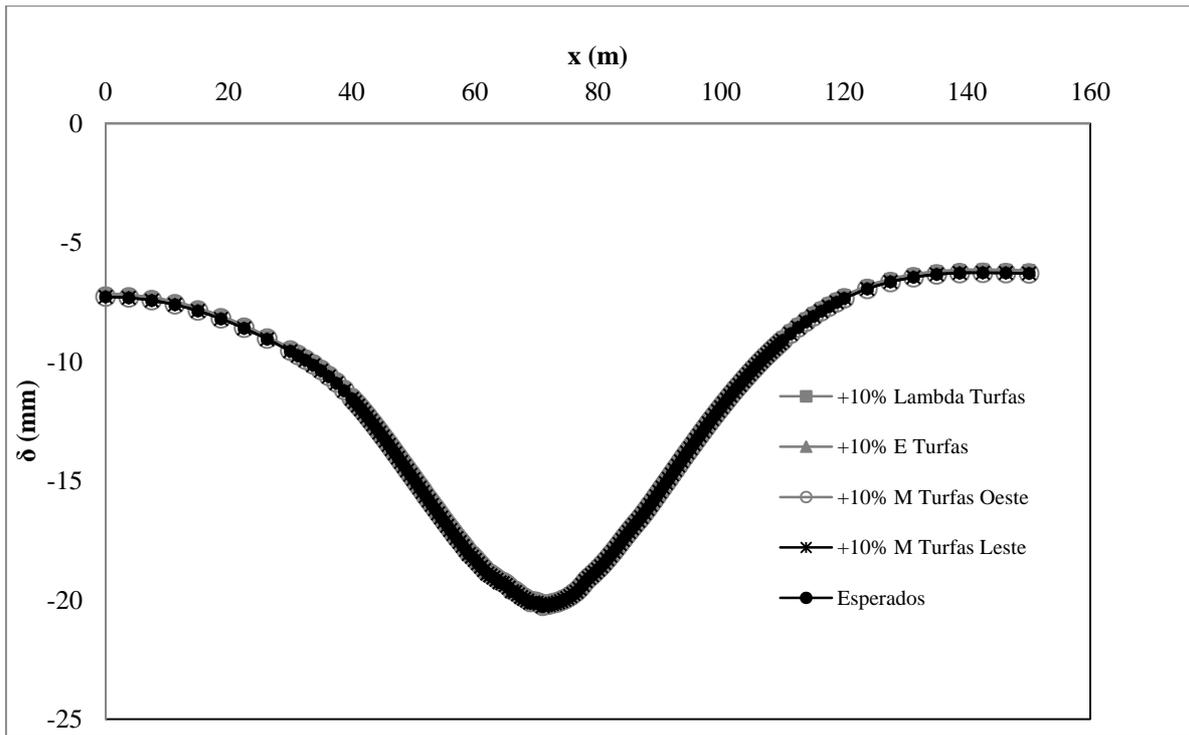


Figura D.55 Bacia de recalque. Variação turfás. Seção 20+100

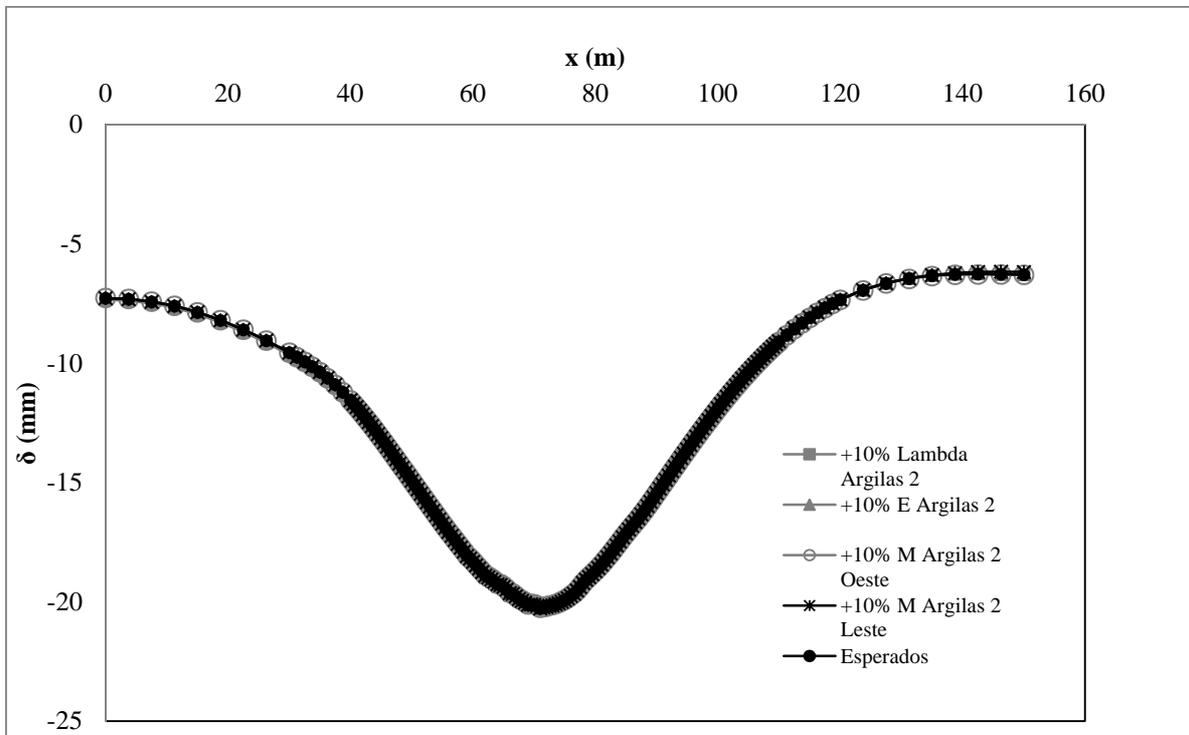


Figura D.56 Bacia de recalque. Variação argilas 2. Seção 20+100

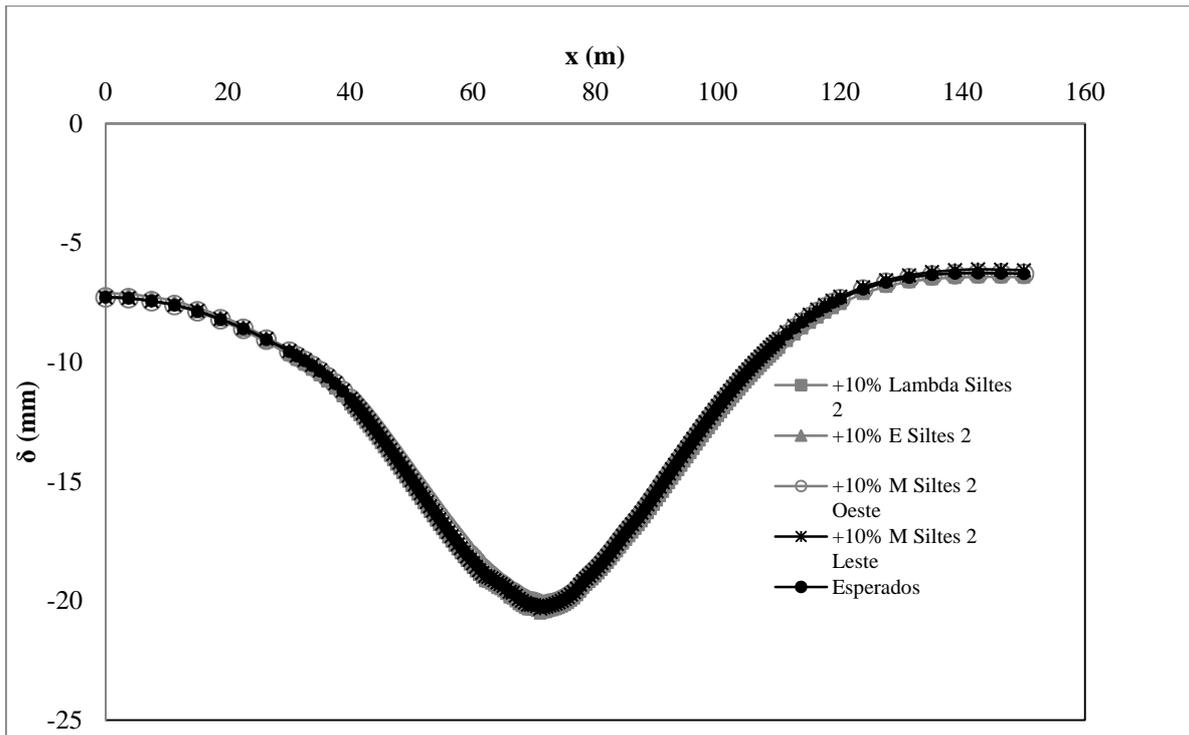


Figura D.57 Bacia de recalque. Variação siltes 2. Seção 20+100

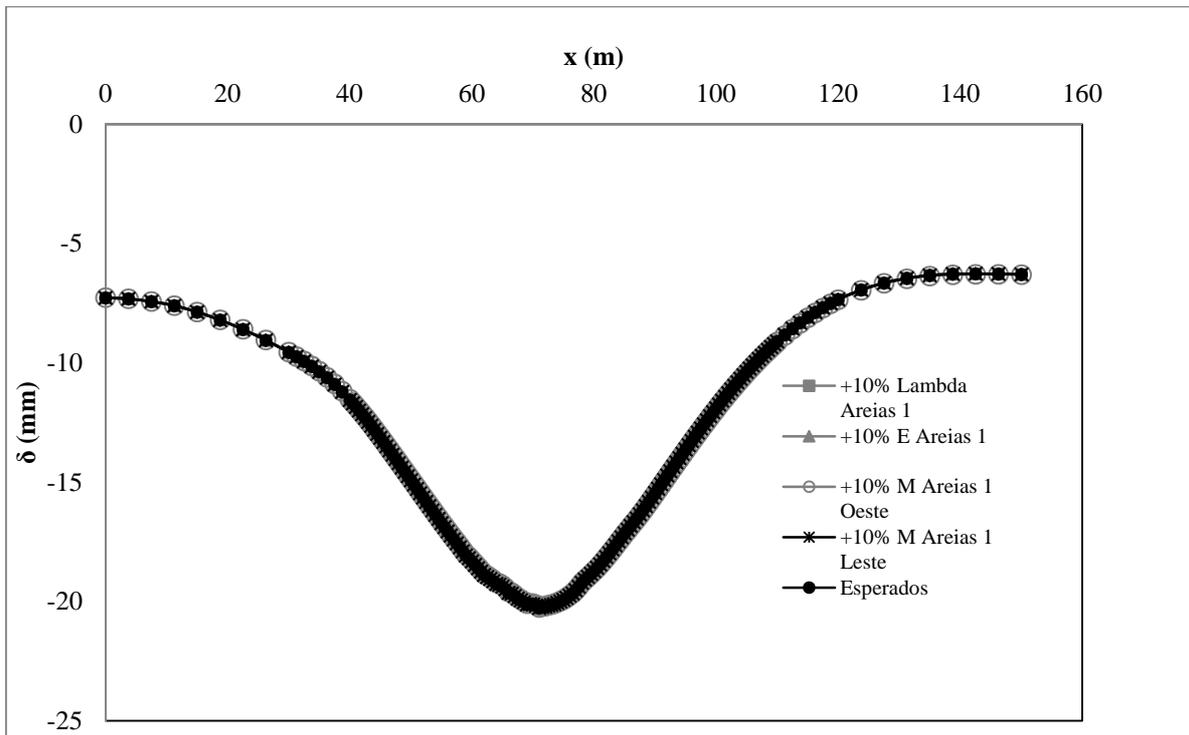


Figura D.58 Bacia de recalque. Variação areias 1. Seção 20+100

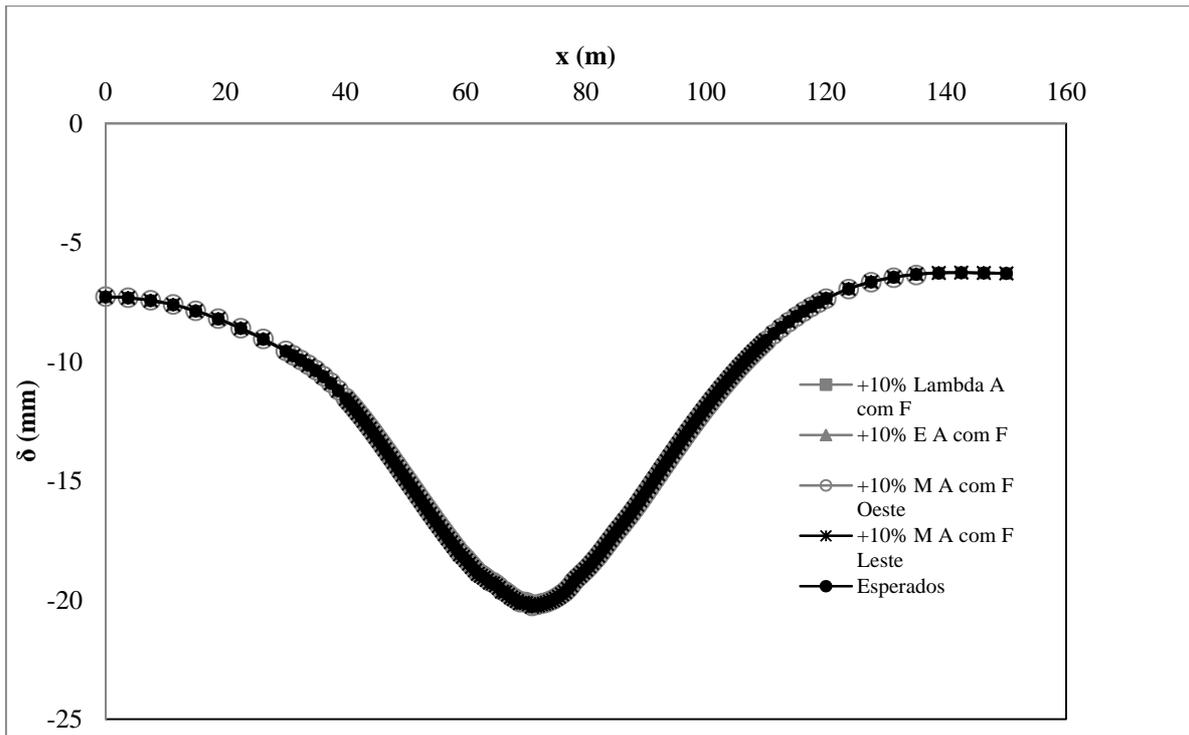


Figura D.59 Bacia de recalque. Variação areias com finos. Seção 20+100

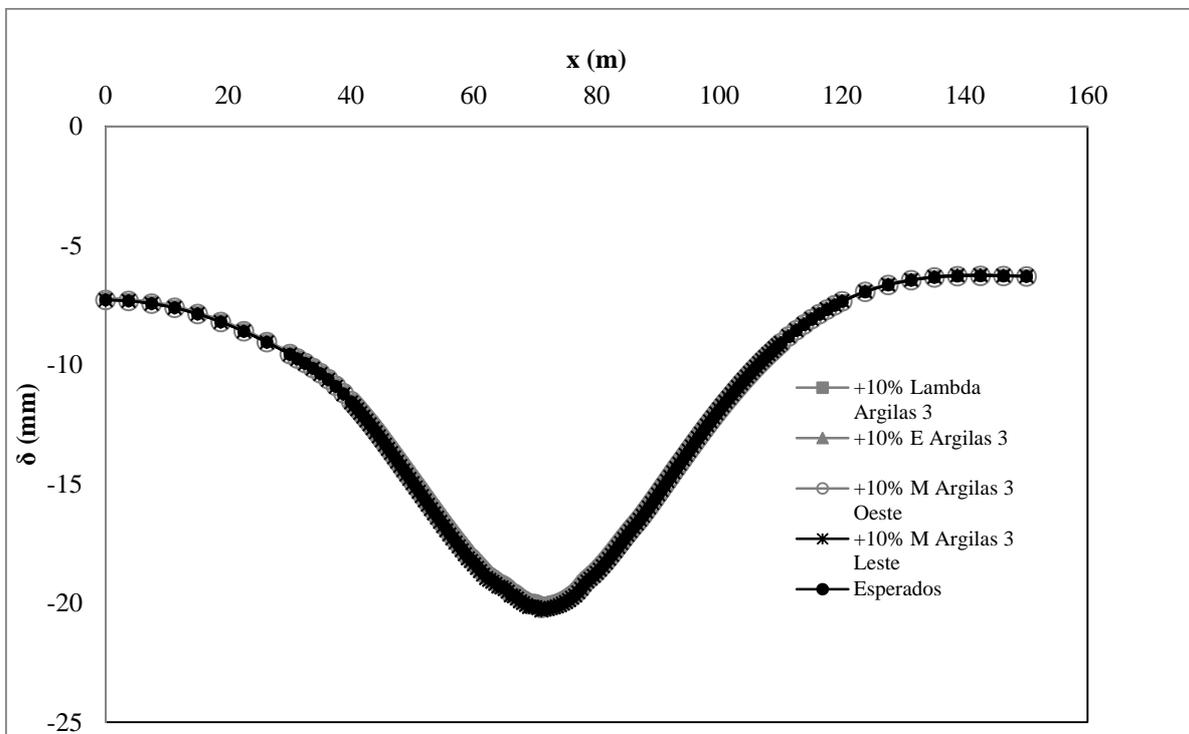


Figura D.60 Bacia de recalque. Variação argilas 3. Seção 20+100

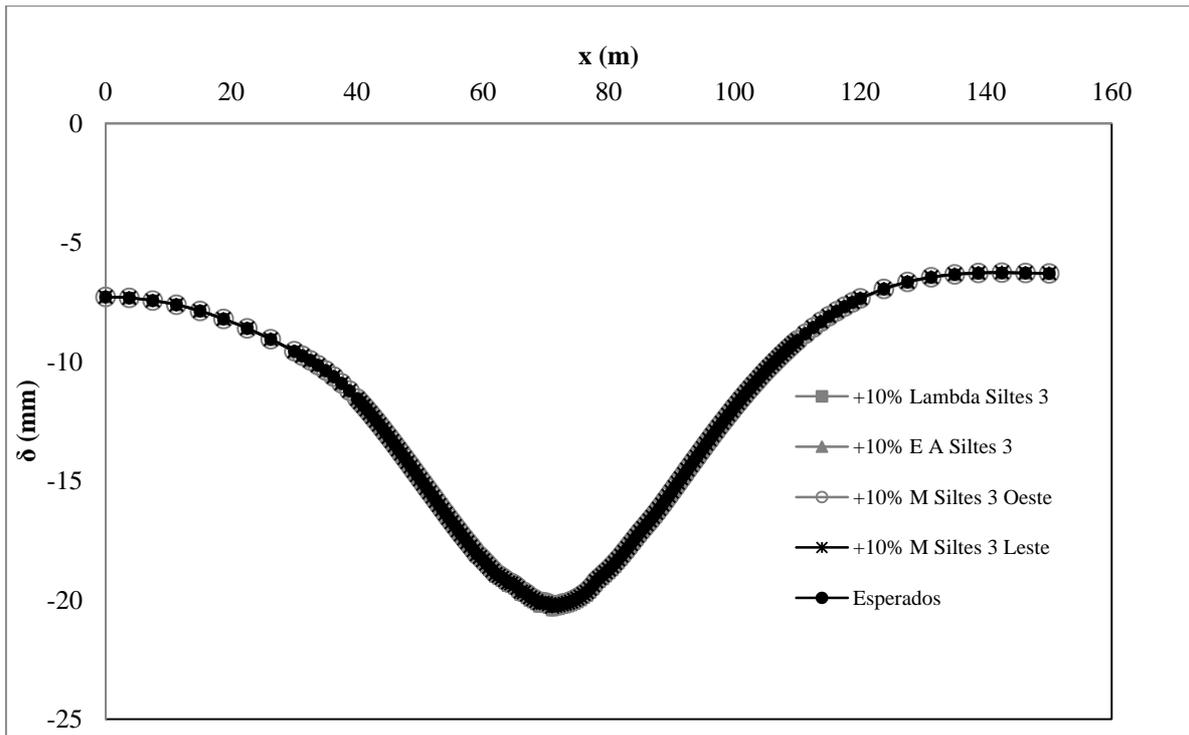


Figura D.61 Bacia de recalque. Variação siltes 3. Seção 20+100

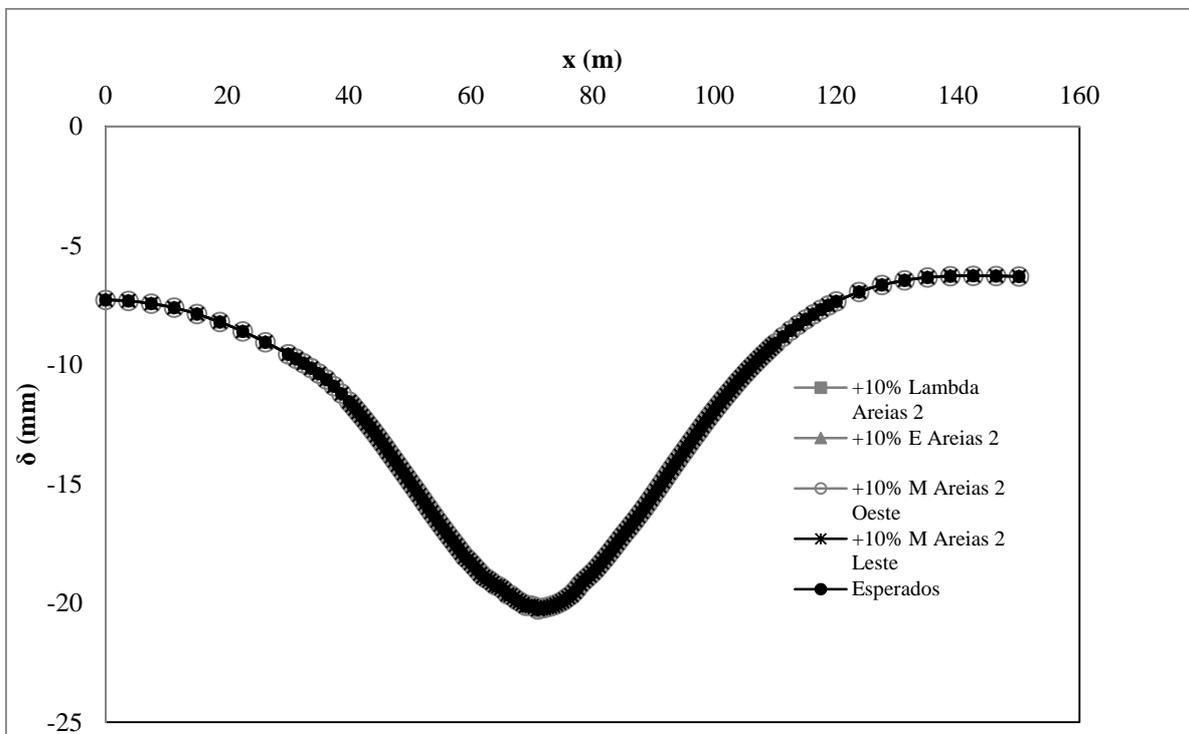


Figura D.62 Bacia de recalque. Variação areias 2. Seção 20+100

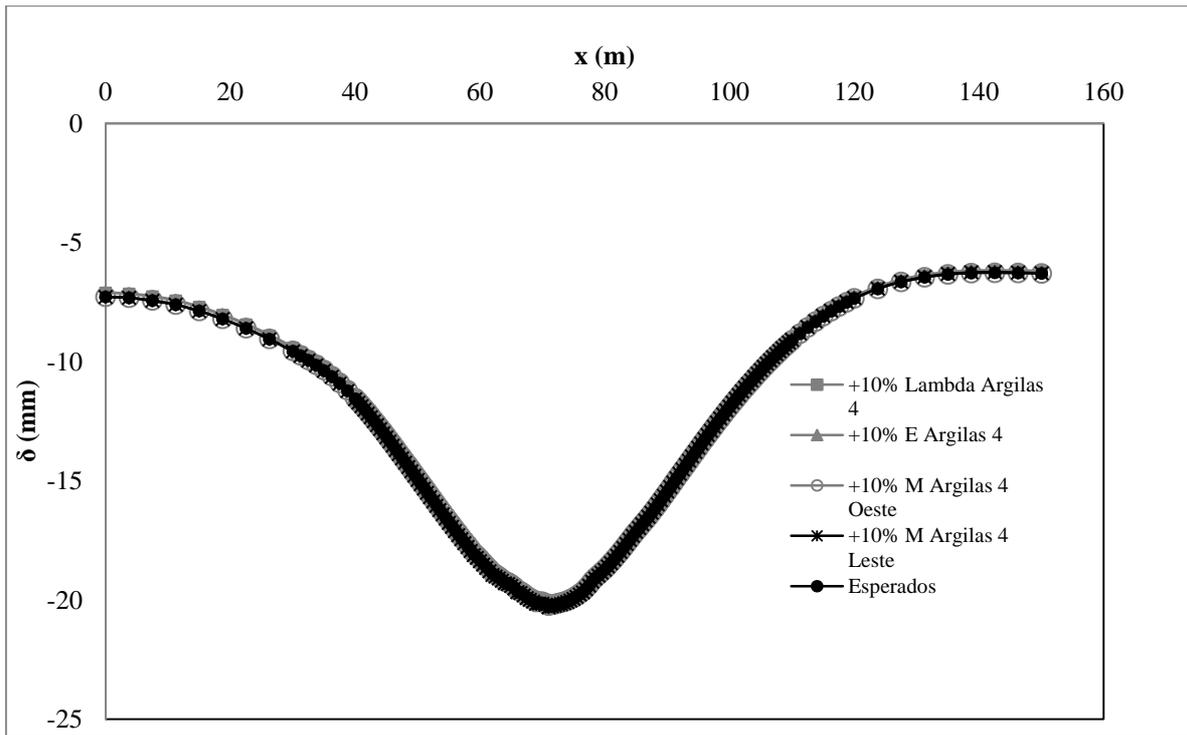


Figura D.63 Bacia de recalque. Variação argilas 4 Seção 20+100

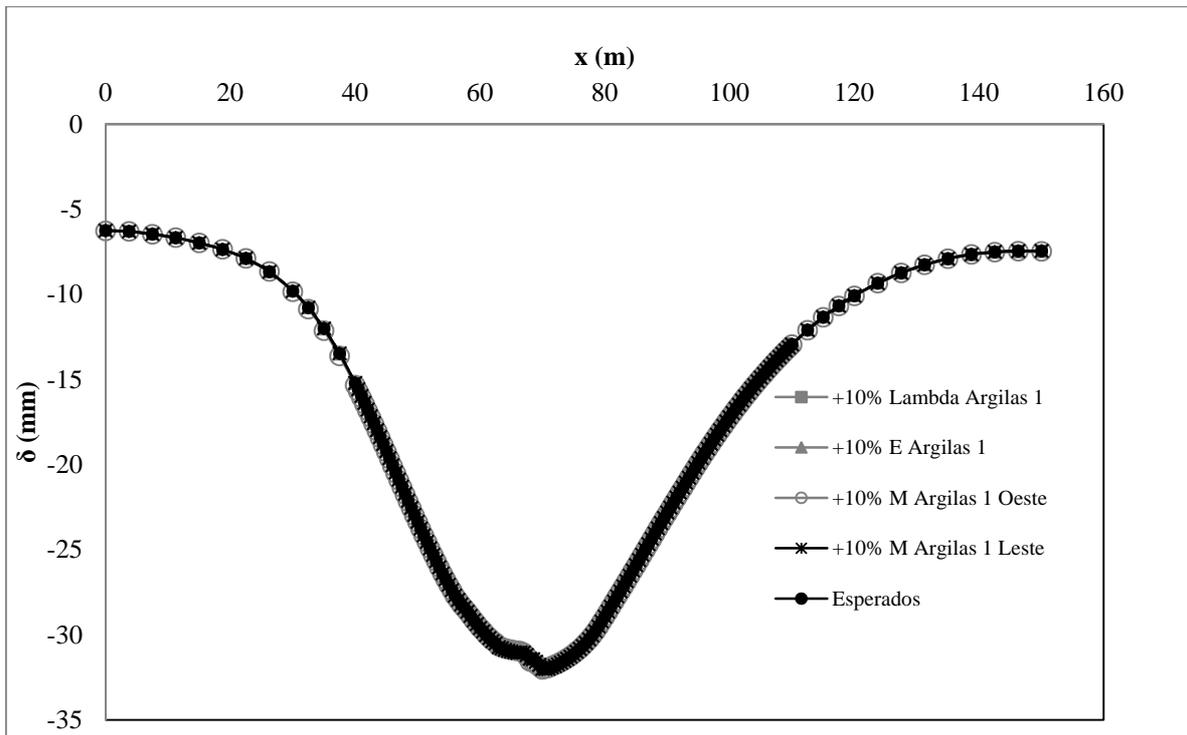


Figura D.64 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 20+400

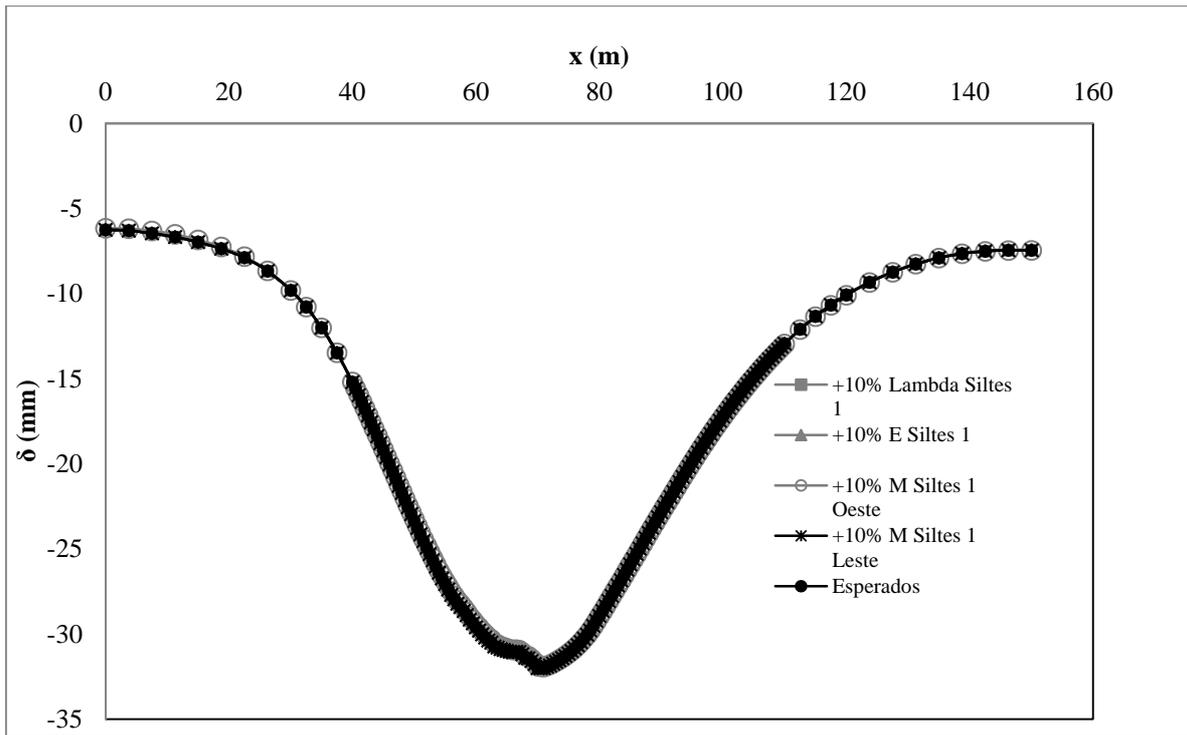


Figura D.65 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 20+400

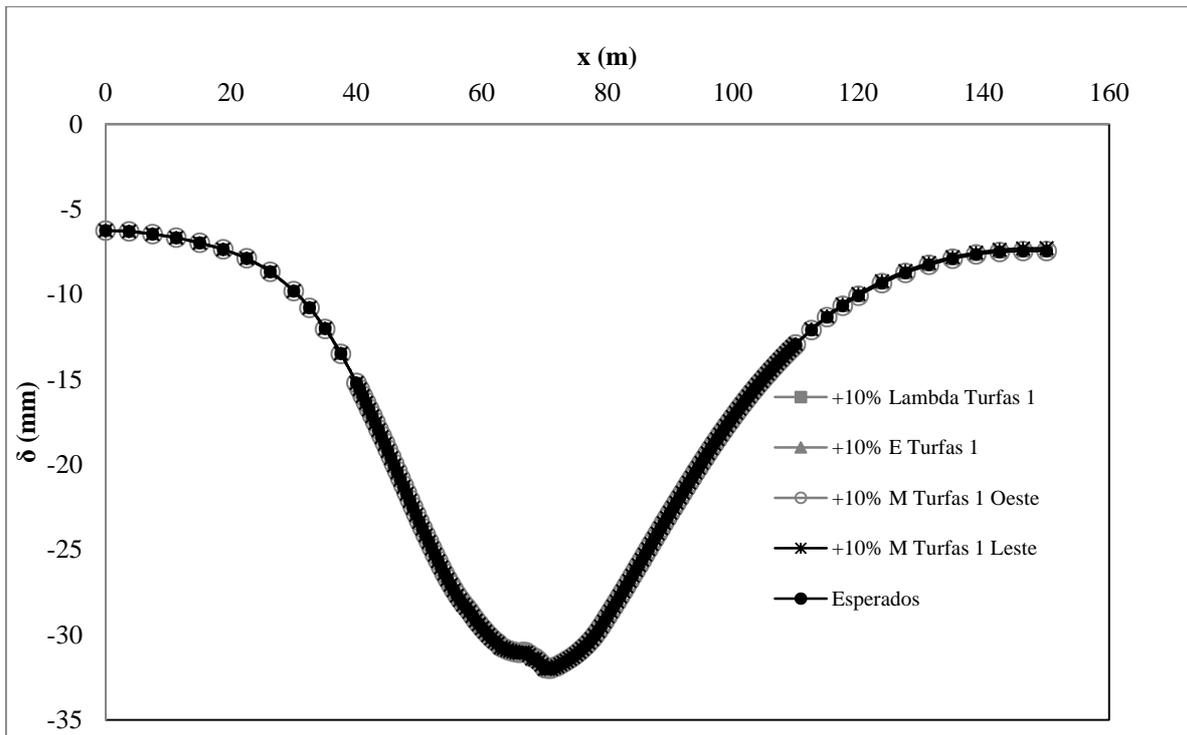


Figura D.66 Bacia de recalque. Variação turfas 1 Seção 20+400

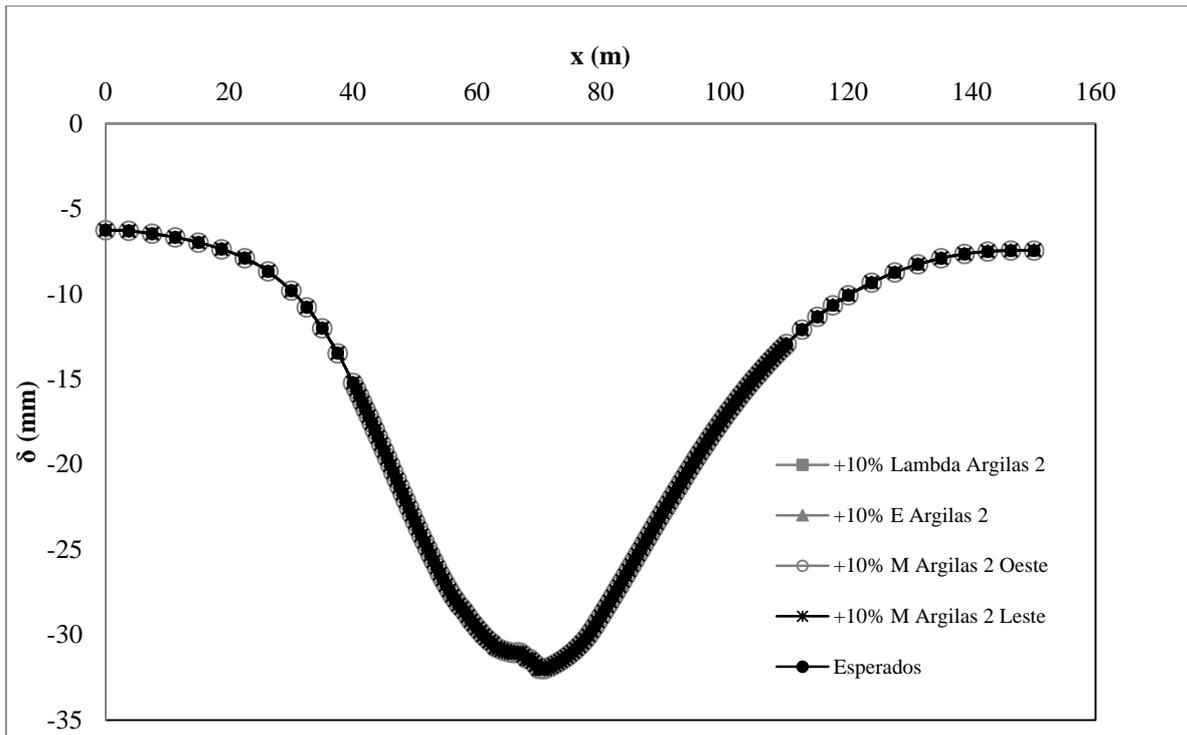


Figura D.67 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 20+400

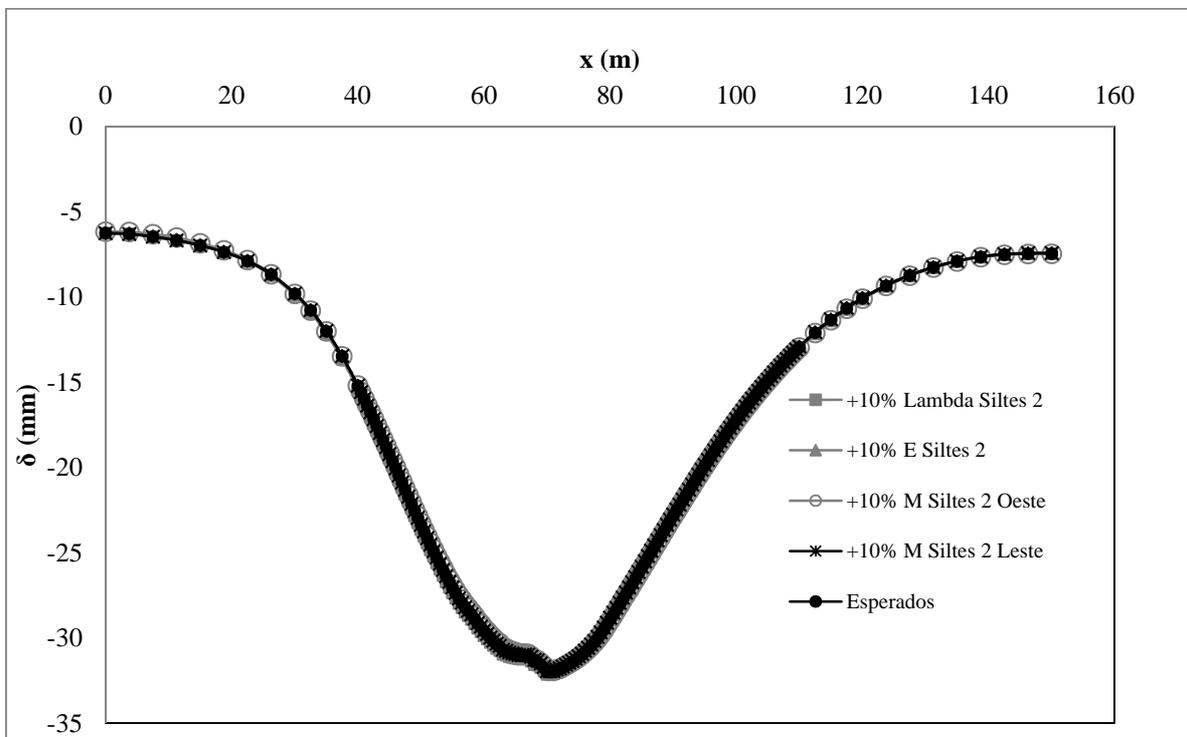


Figura D.68 Bacia de recalque. Variação siltes 2 Seção 20+400

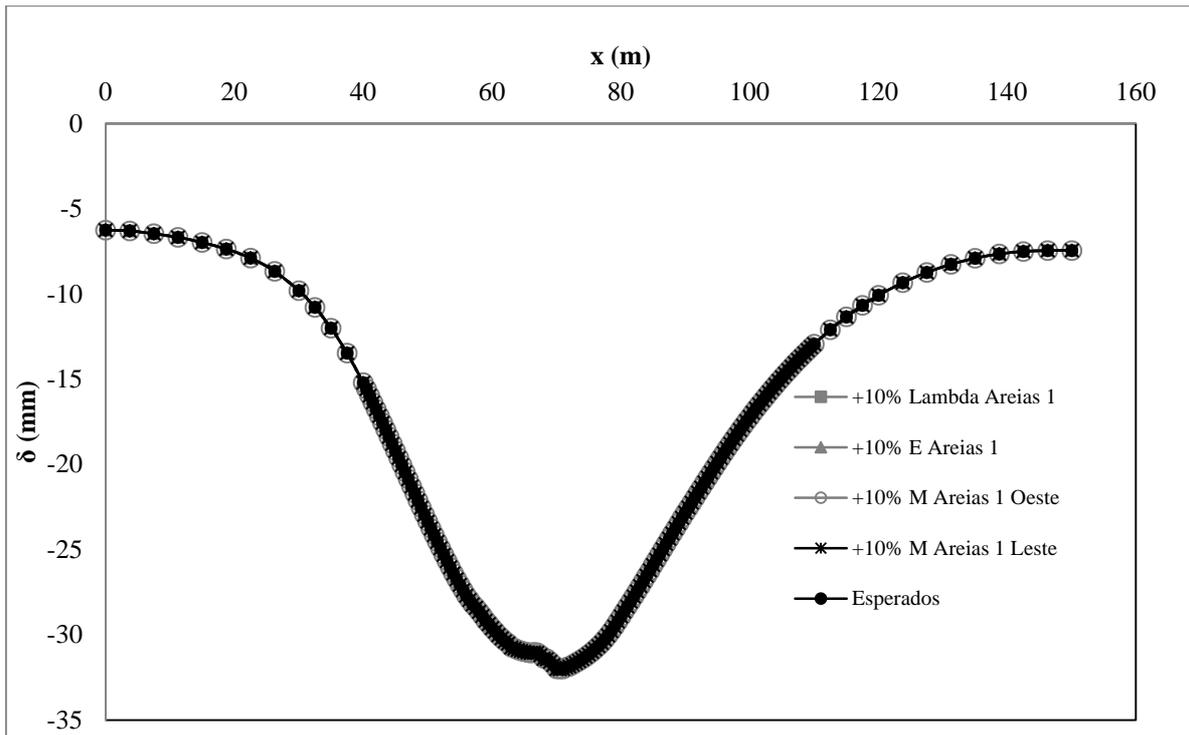


Figura D.69 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 20+400

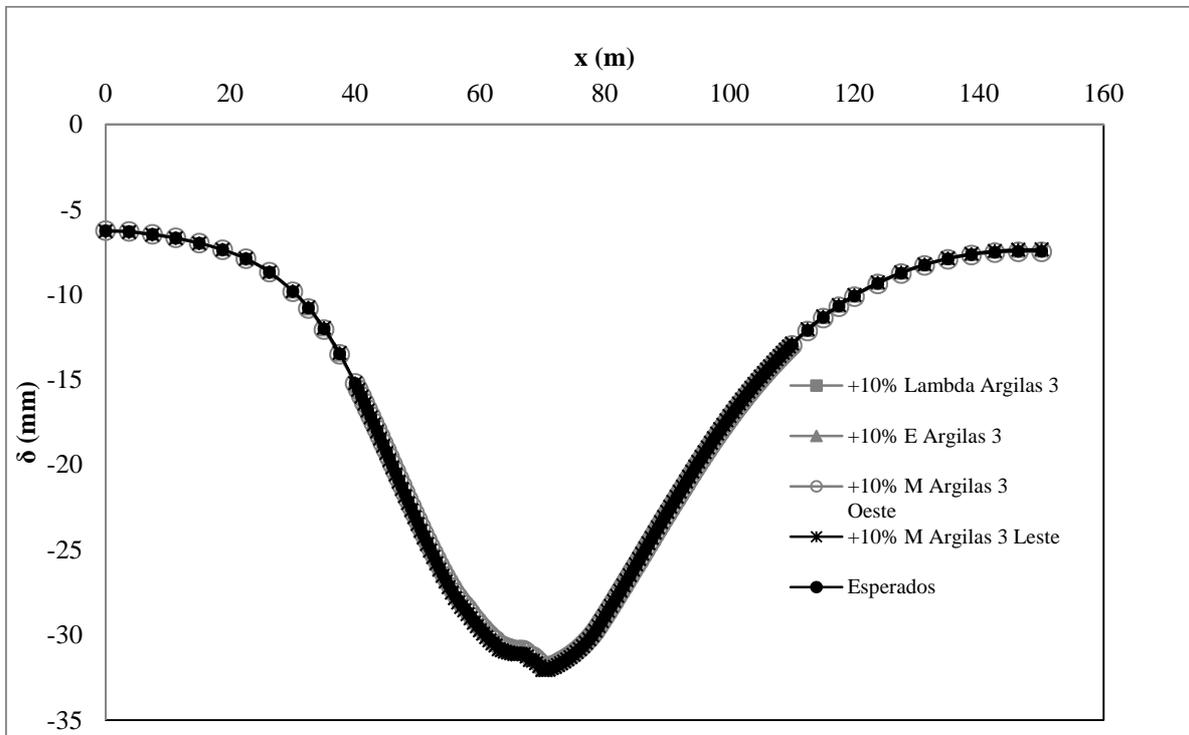


Figura D.70 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 20+400

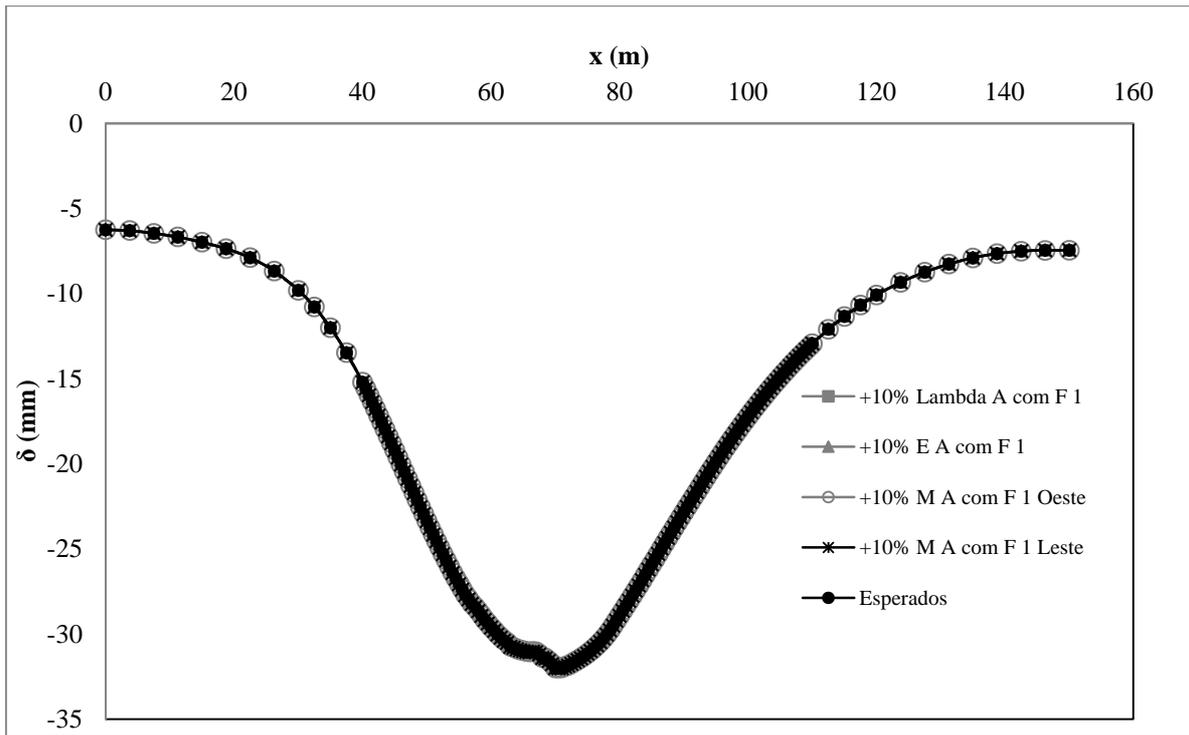


Figura D.71 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 20+400

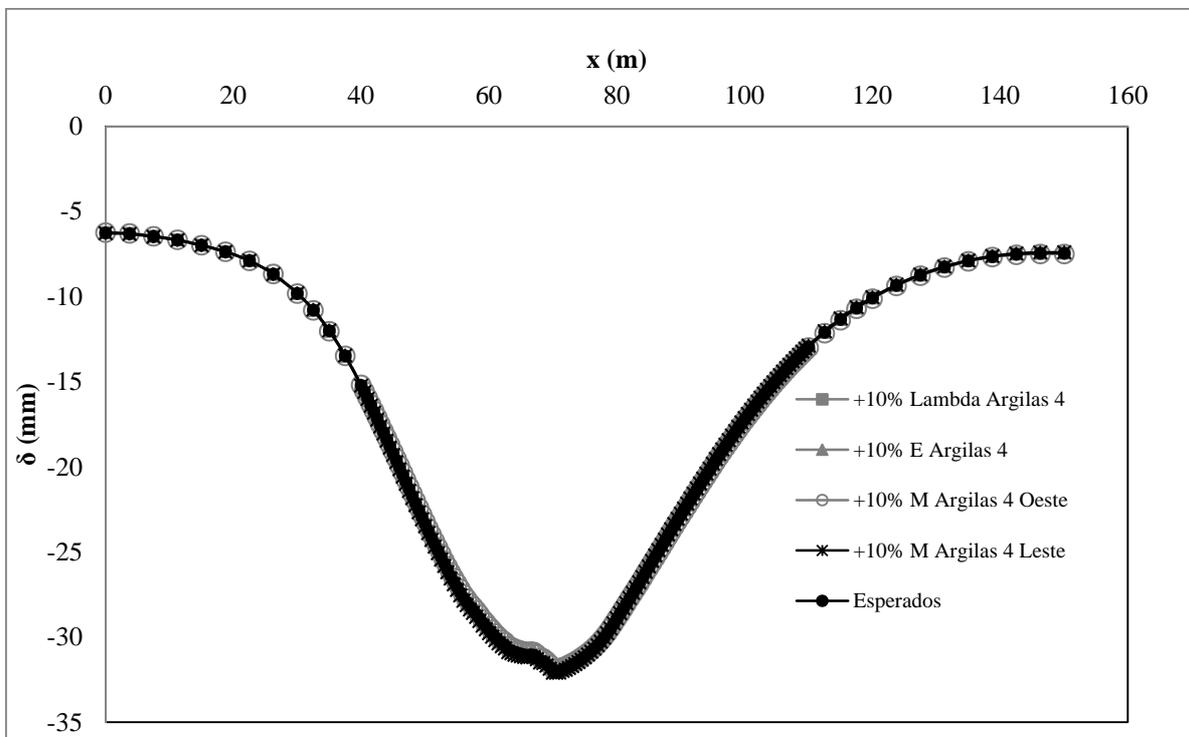


Figura D.72 Bacia de recalque. Variação argilas 4 Seção 20+400

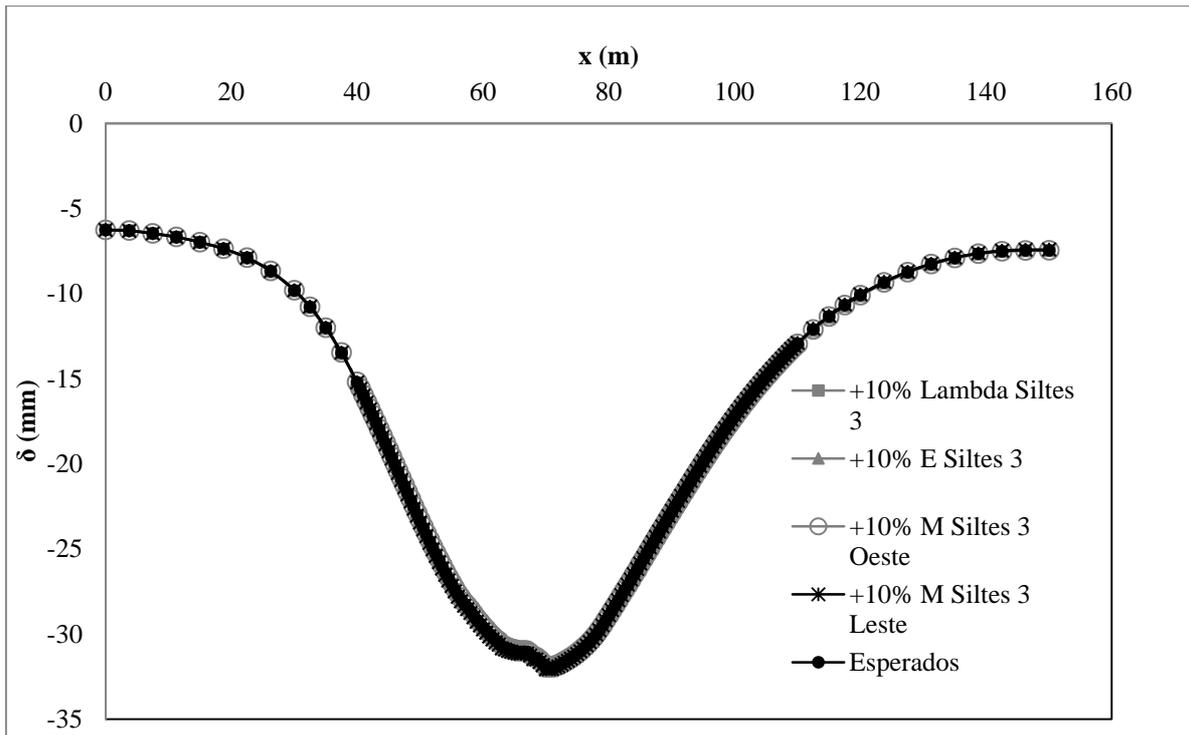


Figura D.73 Bacia de recalque. Variação siltes 3 Seção 20+400

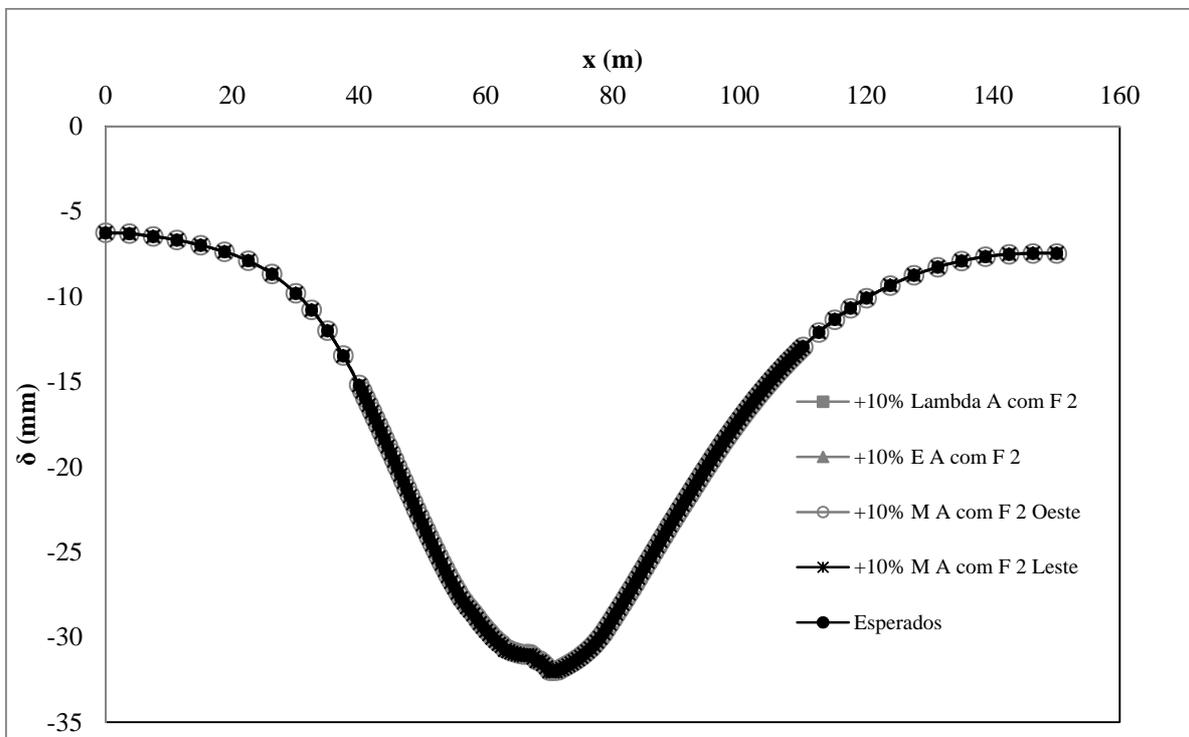


Figura D.74 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 20+400

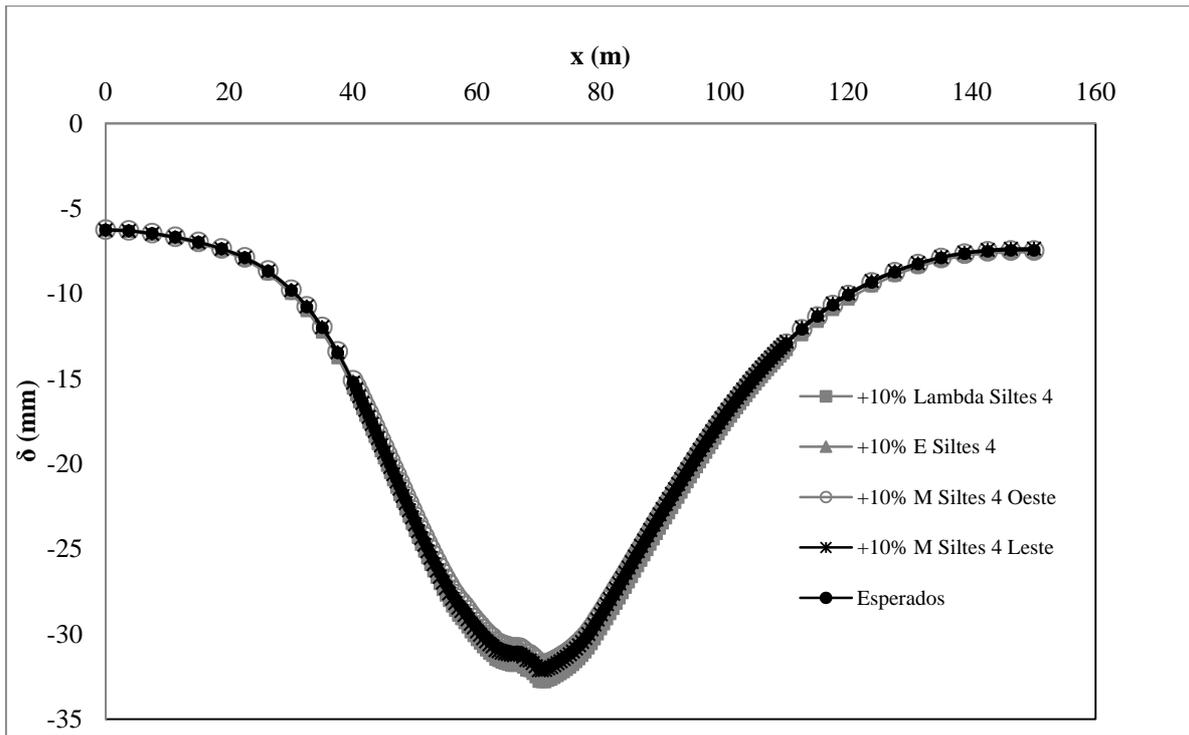


Figura D.75 Bacia de recalque. Variação siltes 4 Seção 20+400

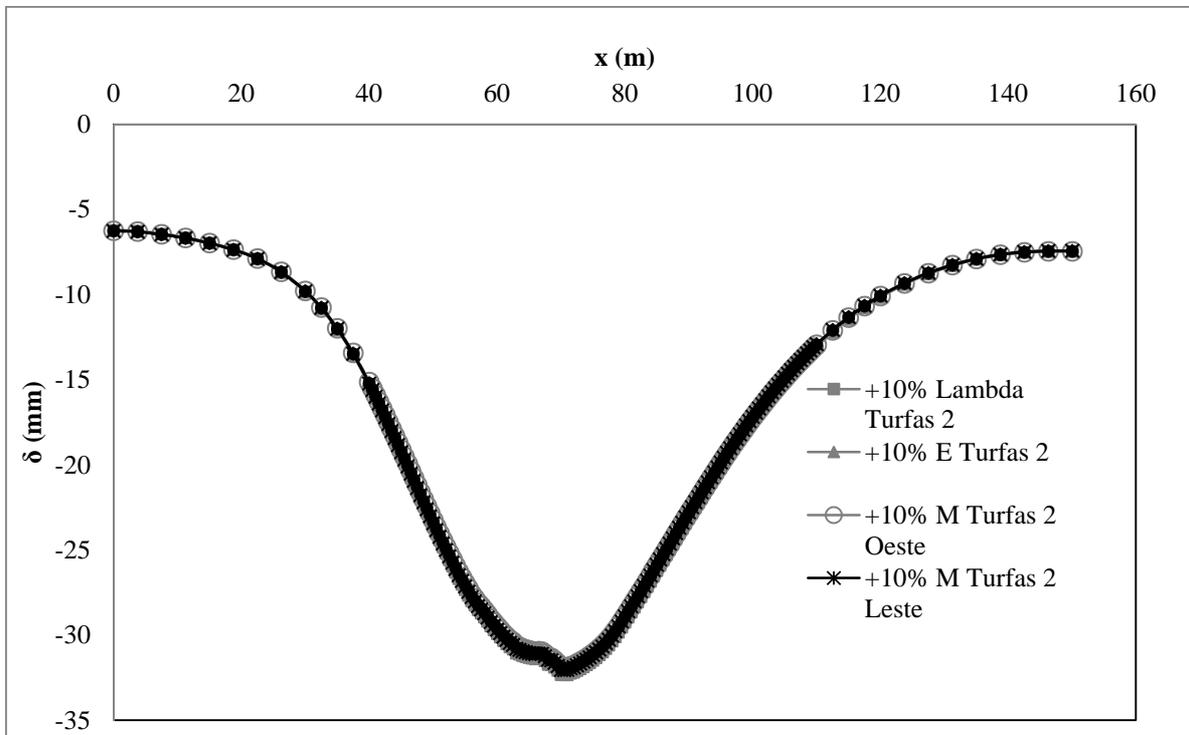


Figura D.76 Bacia de recalque. Variação turfas 2 Seção 20+400

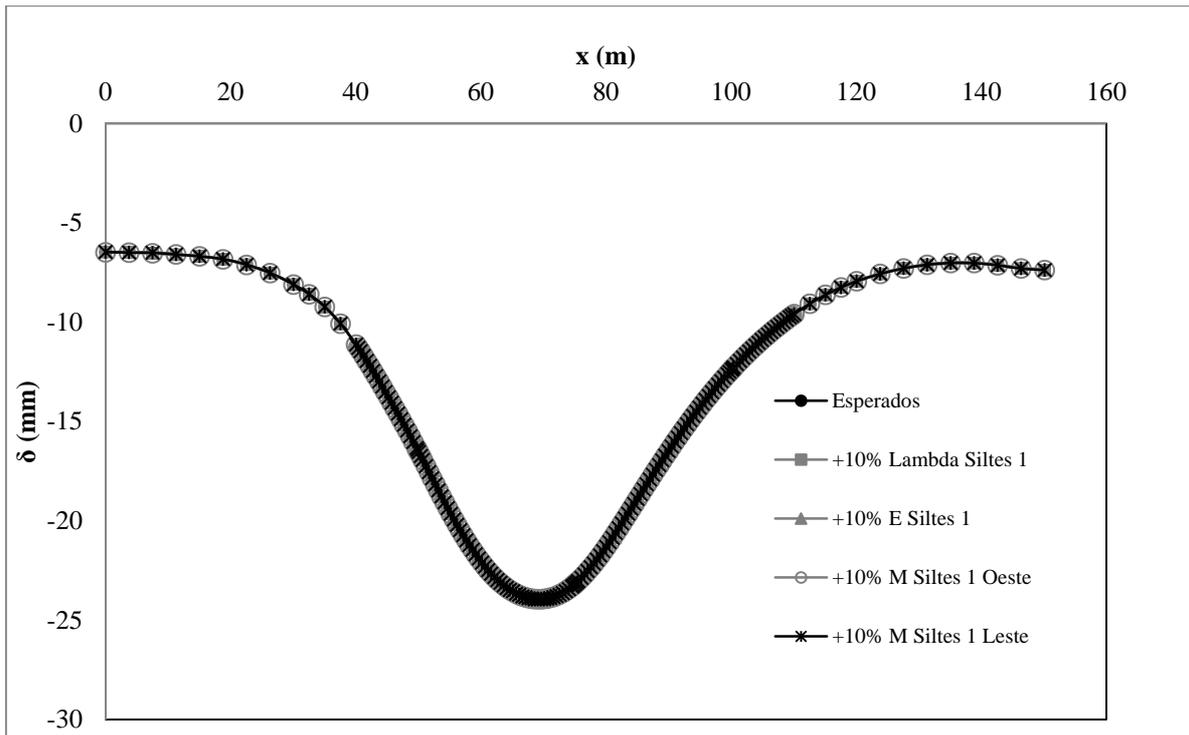


Figura D.77 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 20+800

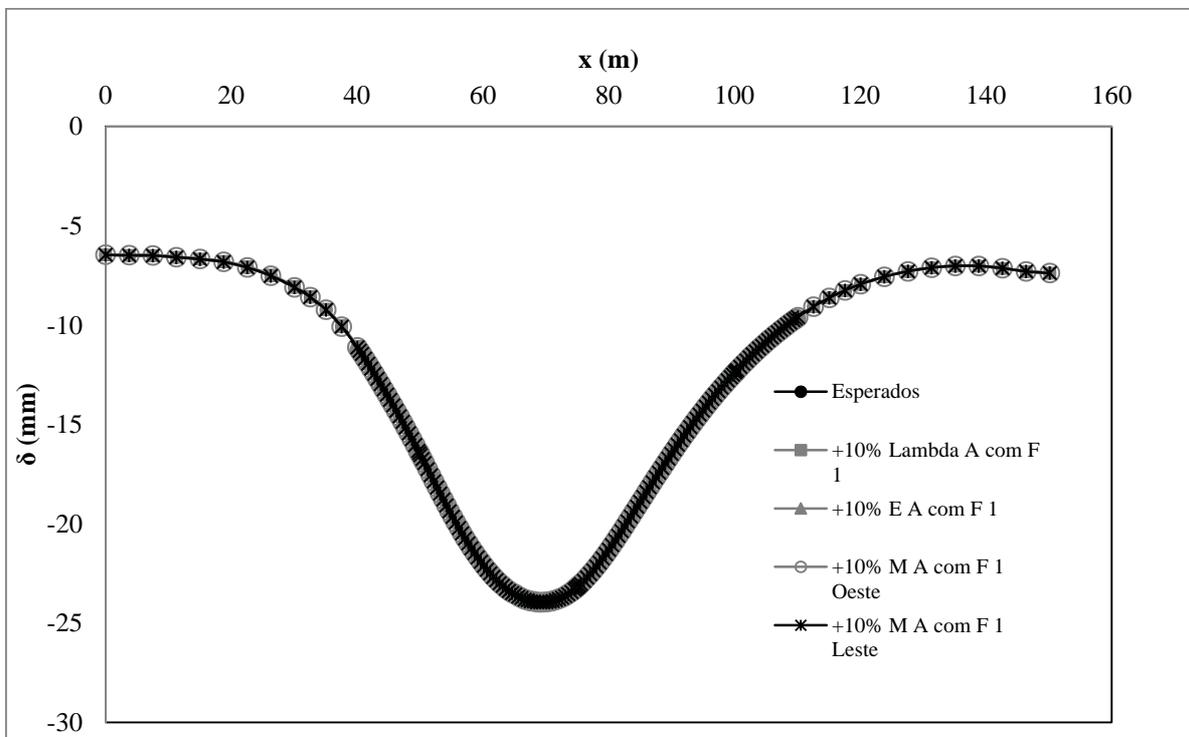


Figura D.78 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 20+800

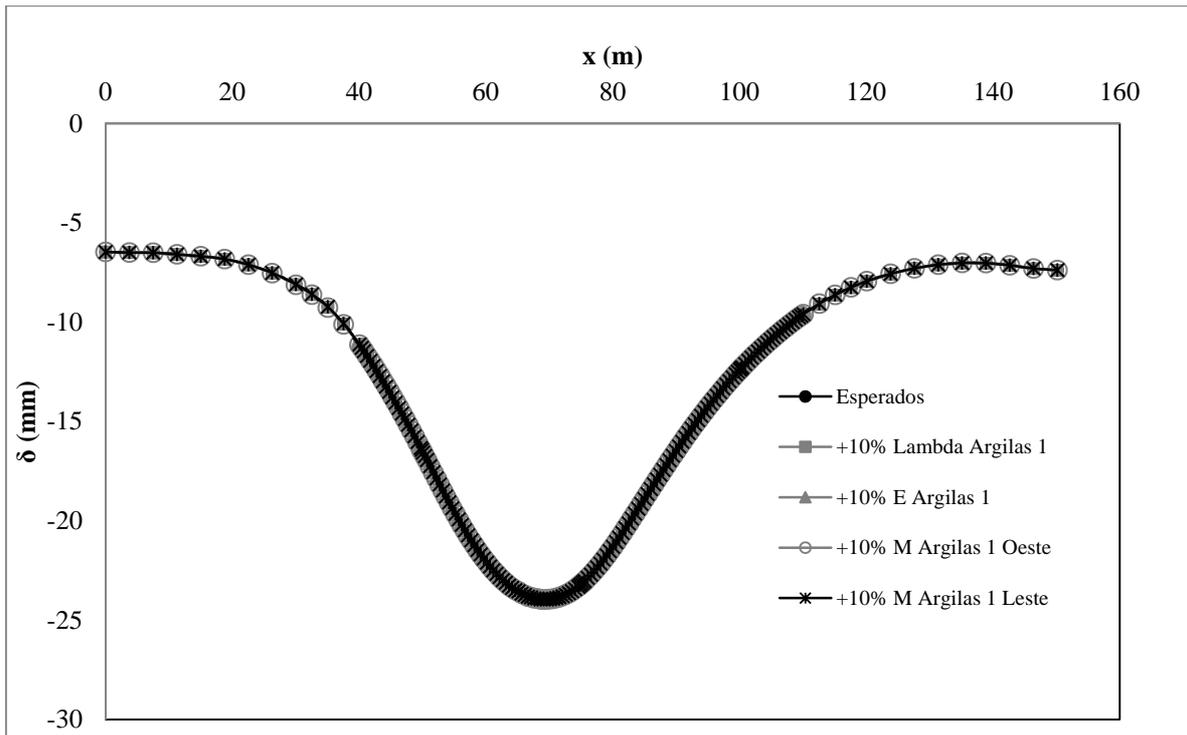


Figura D.79 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 20+800

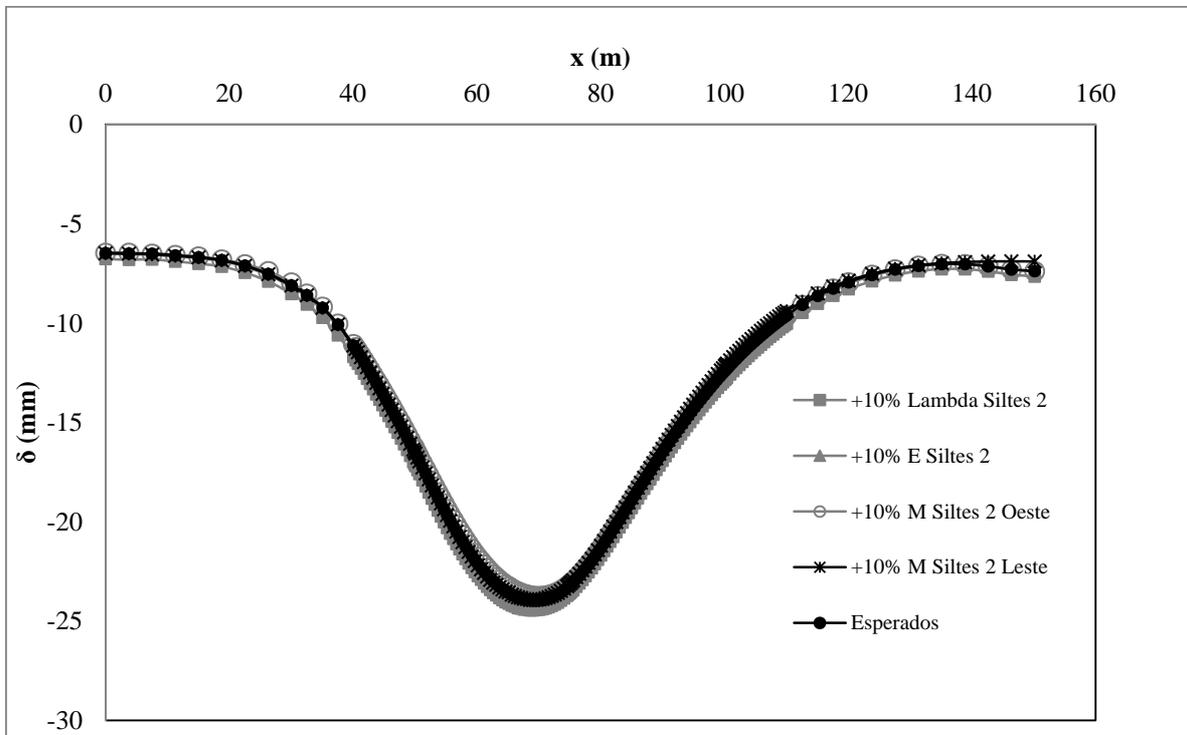


Figura D.80 Bacia de recalque. Variação siltes 2 Seção 20+80

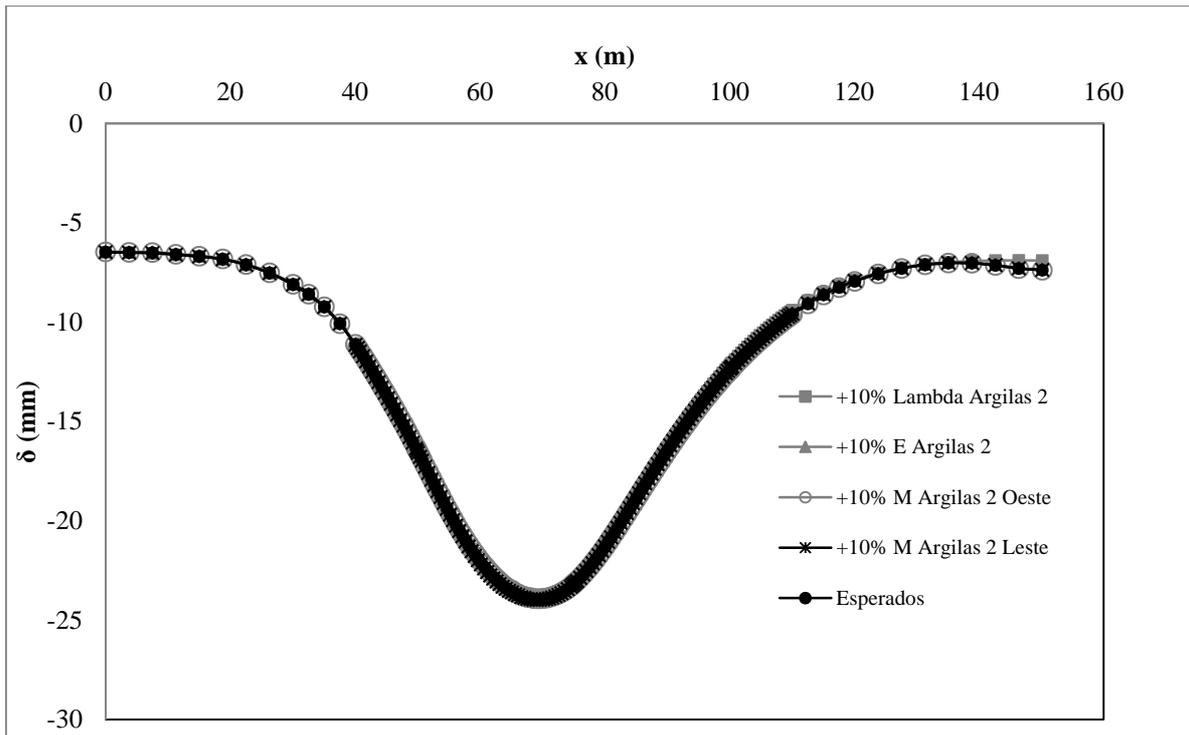


Figura D.81 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 20+800

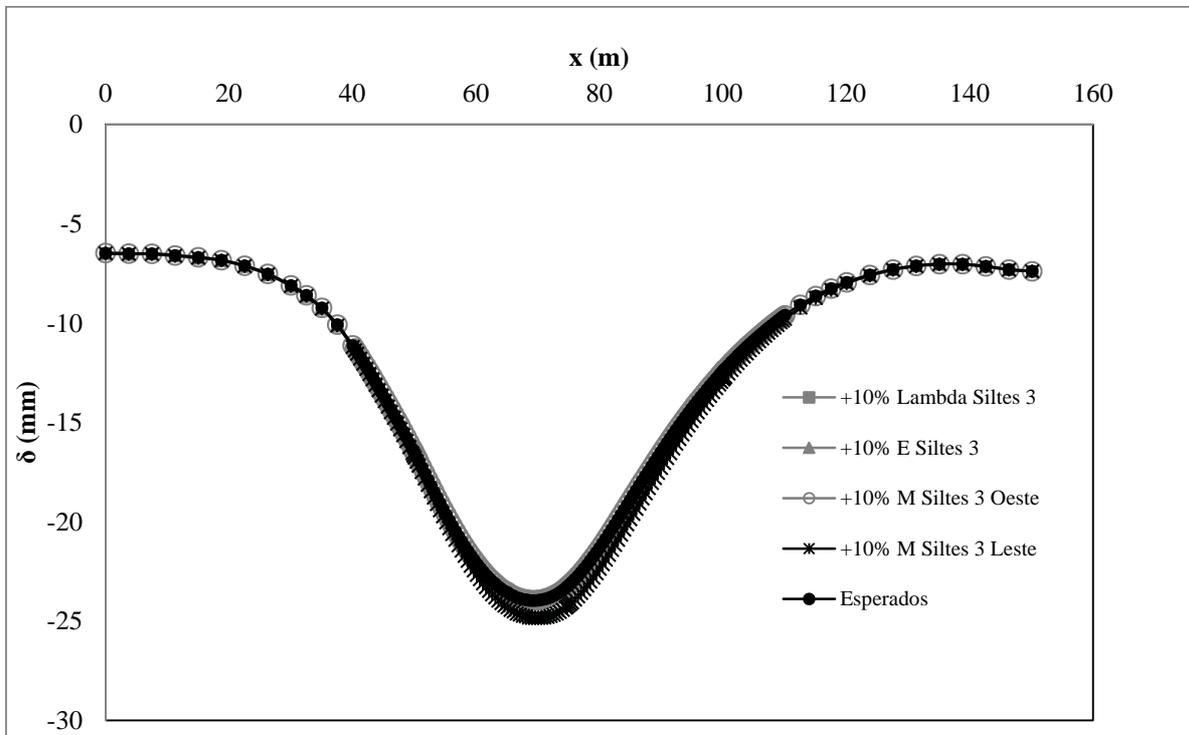


Figura D.82 Bacia de recalque. Variação siltes 3 Seção 20+800

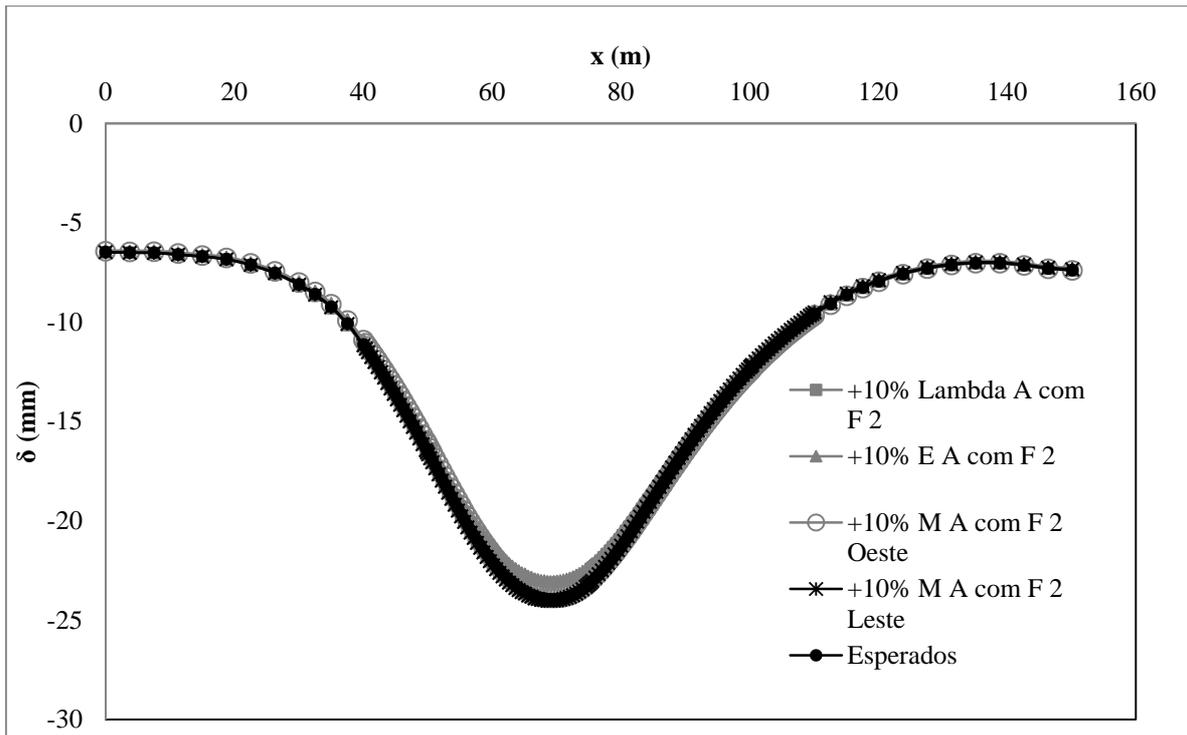


Figura D.83 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 20+800

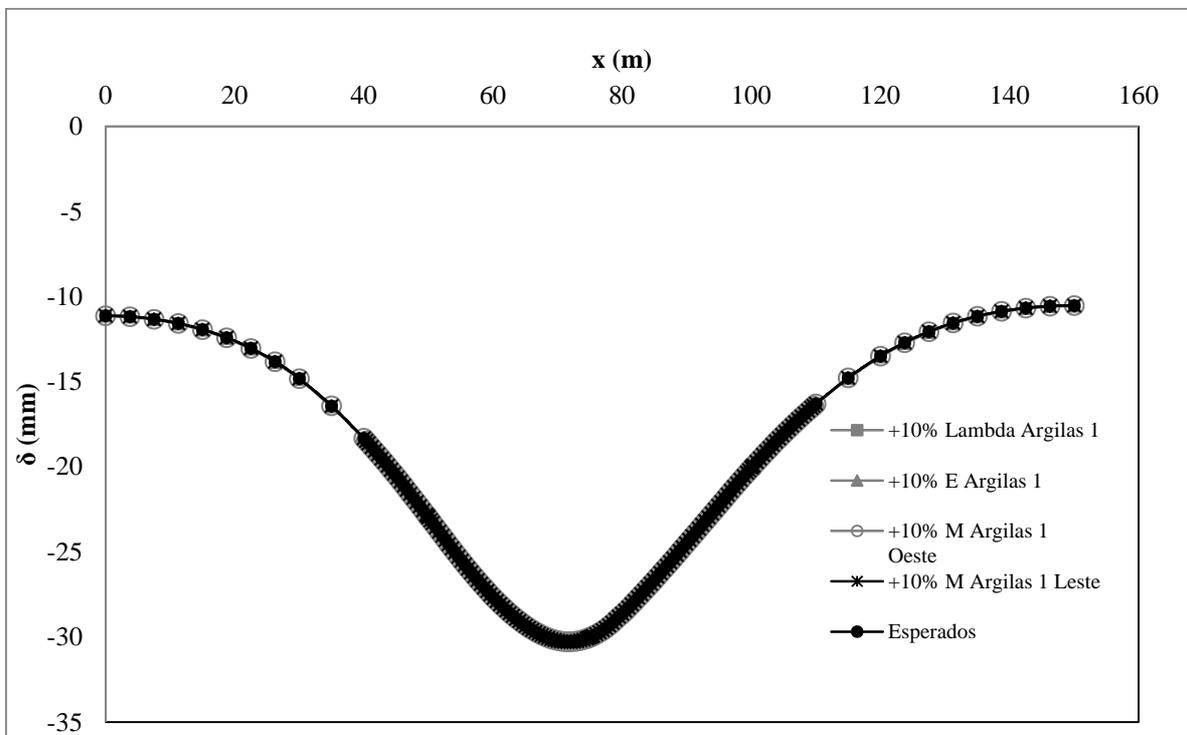


Figura D.84 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 21+400

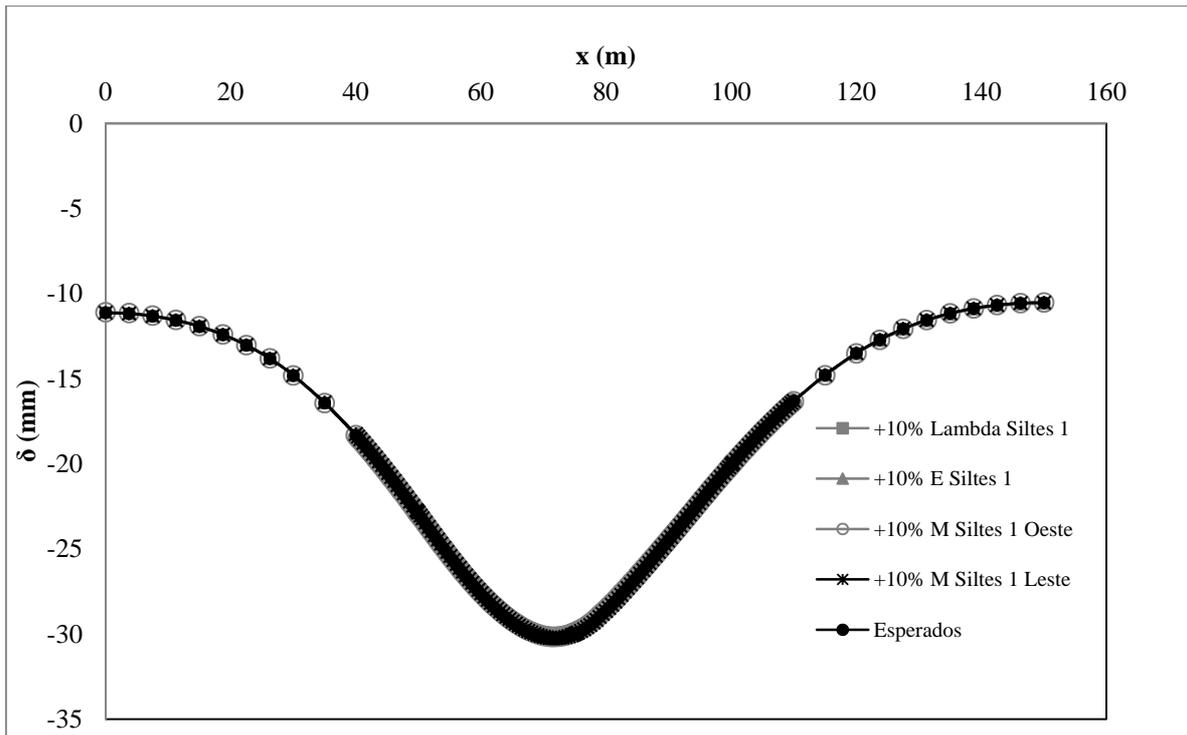


Figura D.85 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 21+400

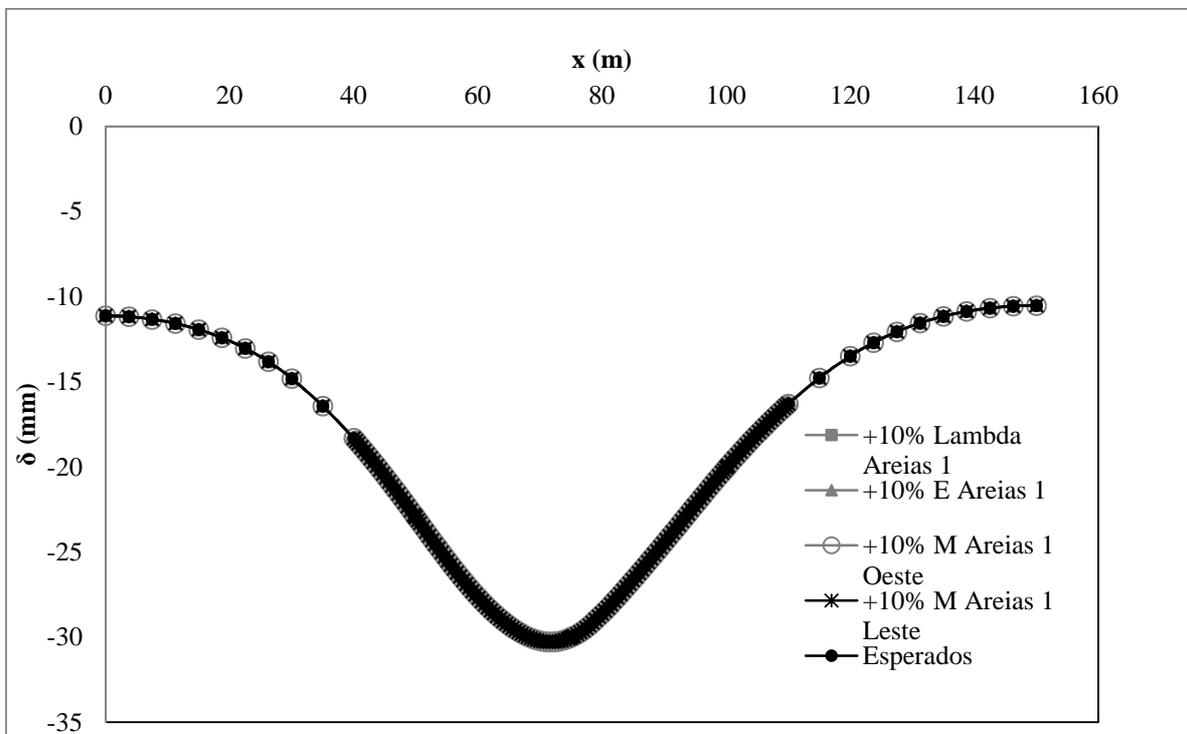


Figura D.86 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 21+400

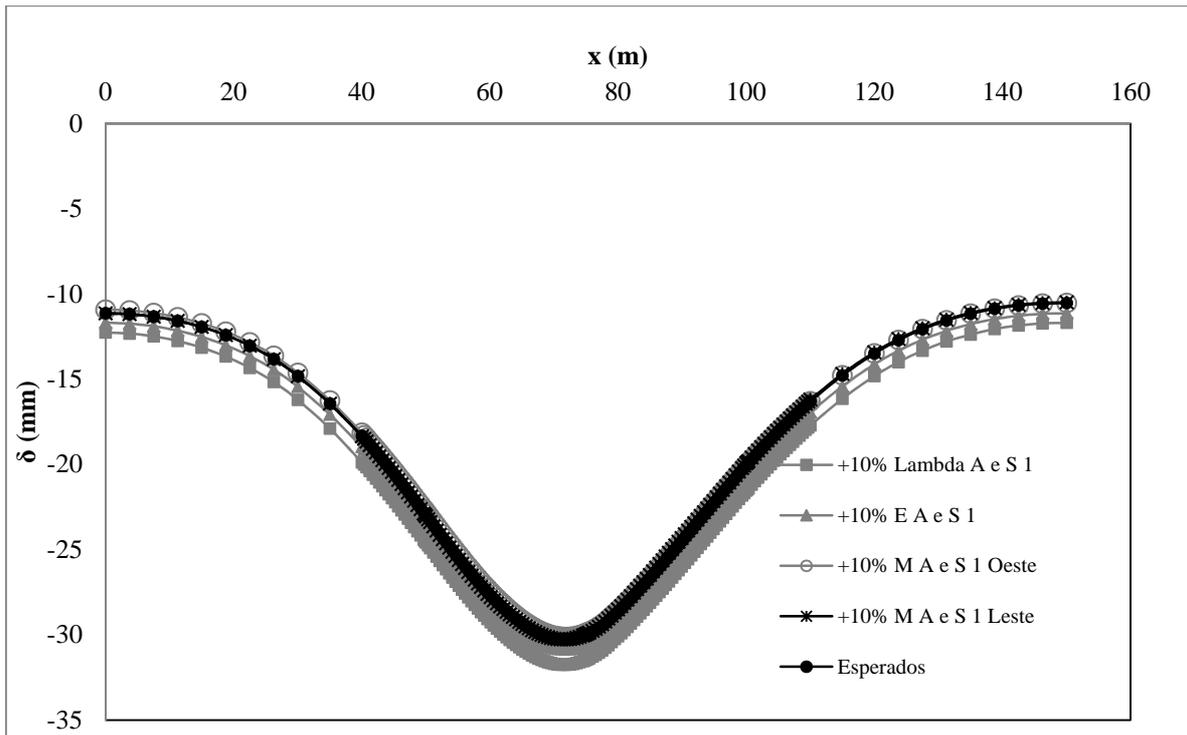


Figura D.87 Bacia de recalque. Variação argilas com siltes 1 Seção 21+400

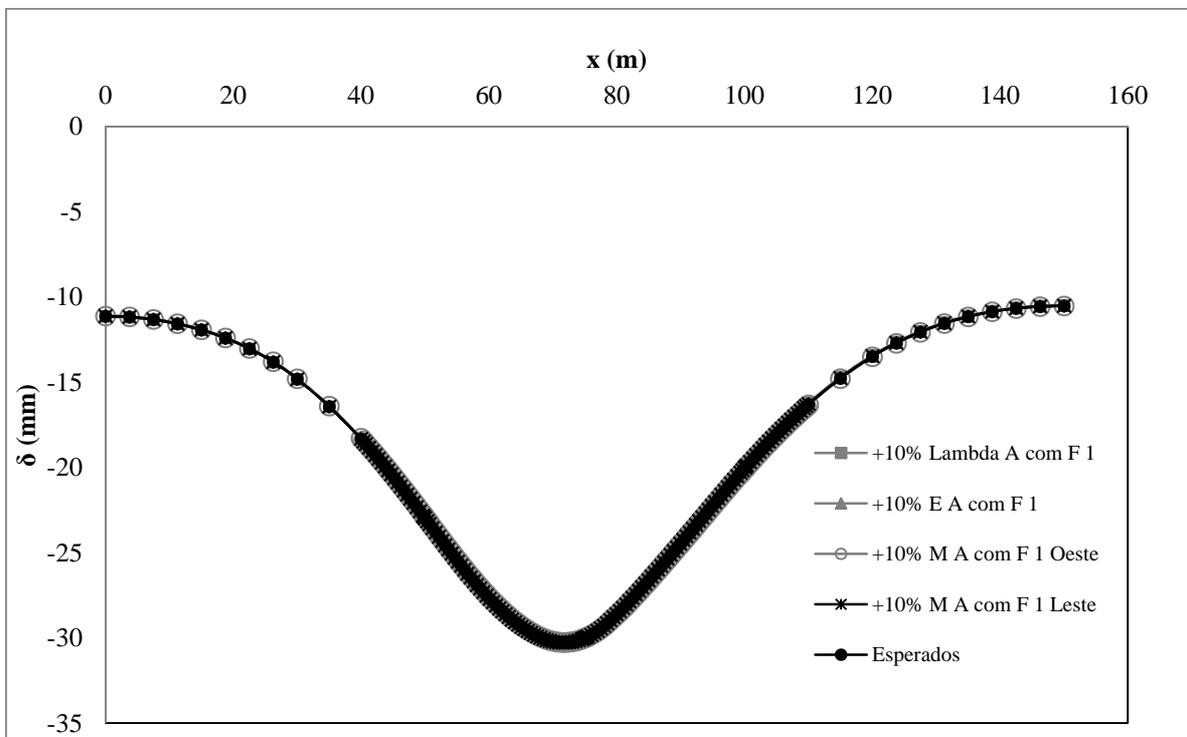


Figura D.88 Bacia de recalque. Variação areias com finos 1 Seção 21+400

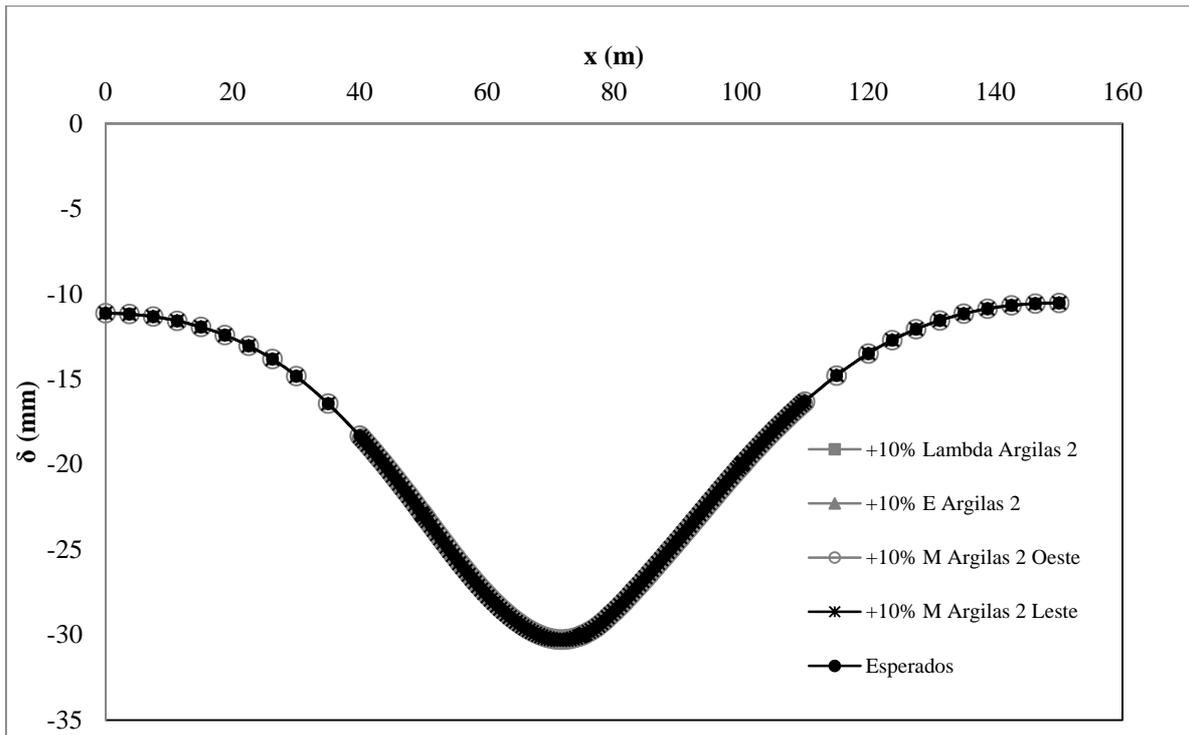


Figura D.89 Bacia de recalque. Variação argilas 2 Seção 21+400

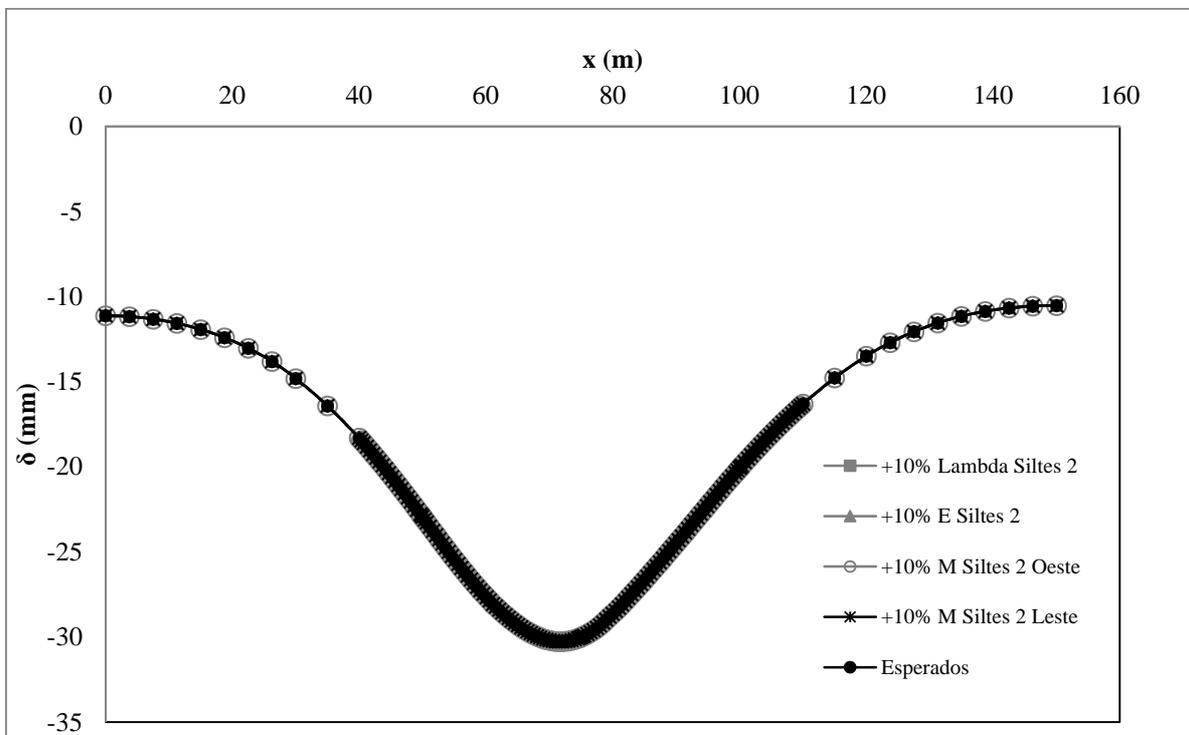


Figura D.90 Bacia de recalque. Variação siltes 2 Seção 21+400

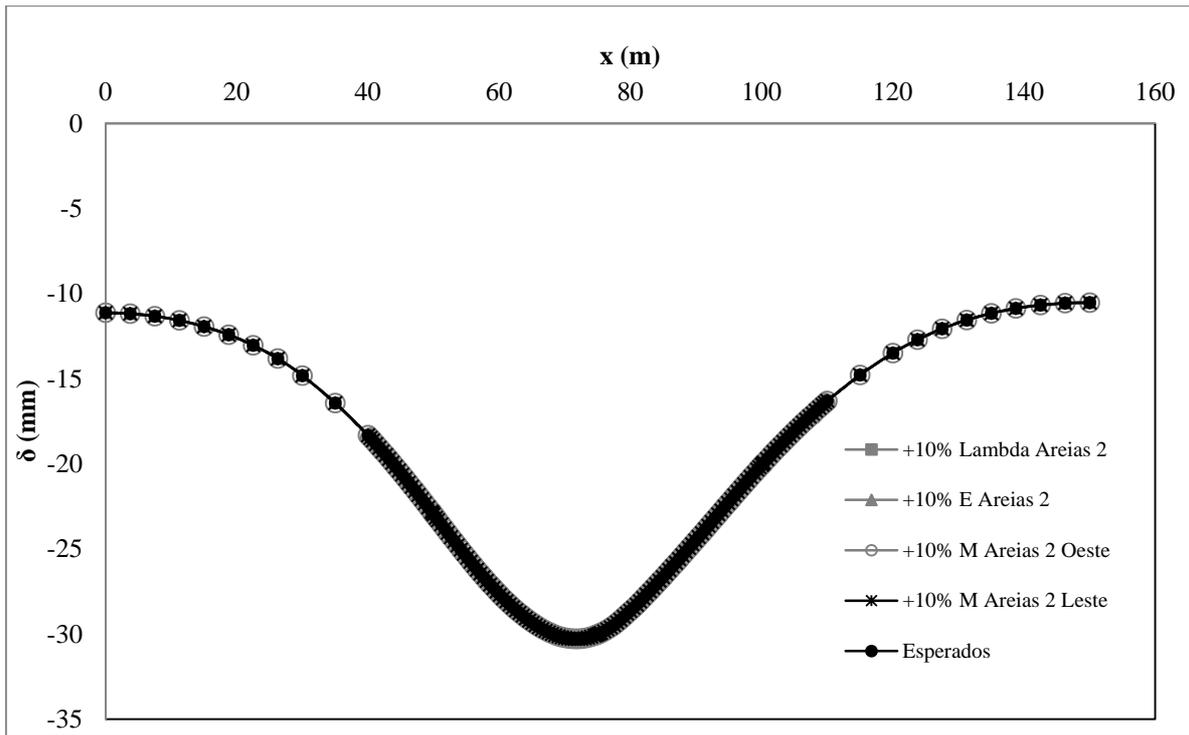


Figura D.91 Bacia de recalque. Variação areias 2 Seção 21+400

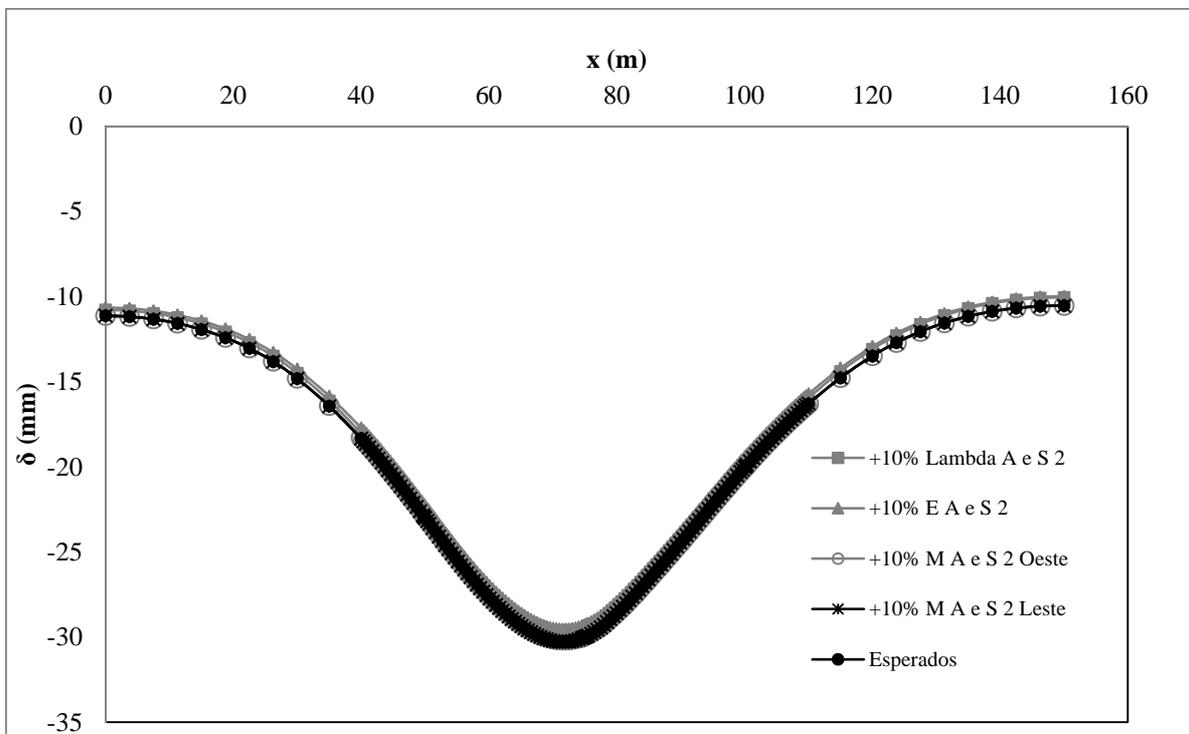


Figura D.92 Bacia de recalque. Variação argilas com siltes 2 Seção 21+400

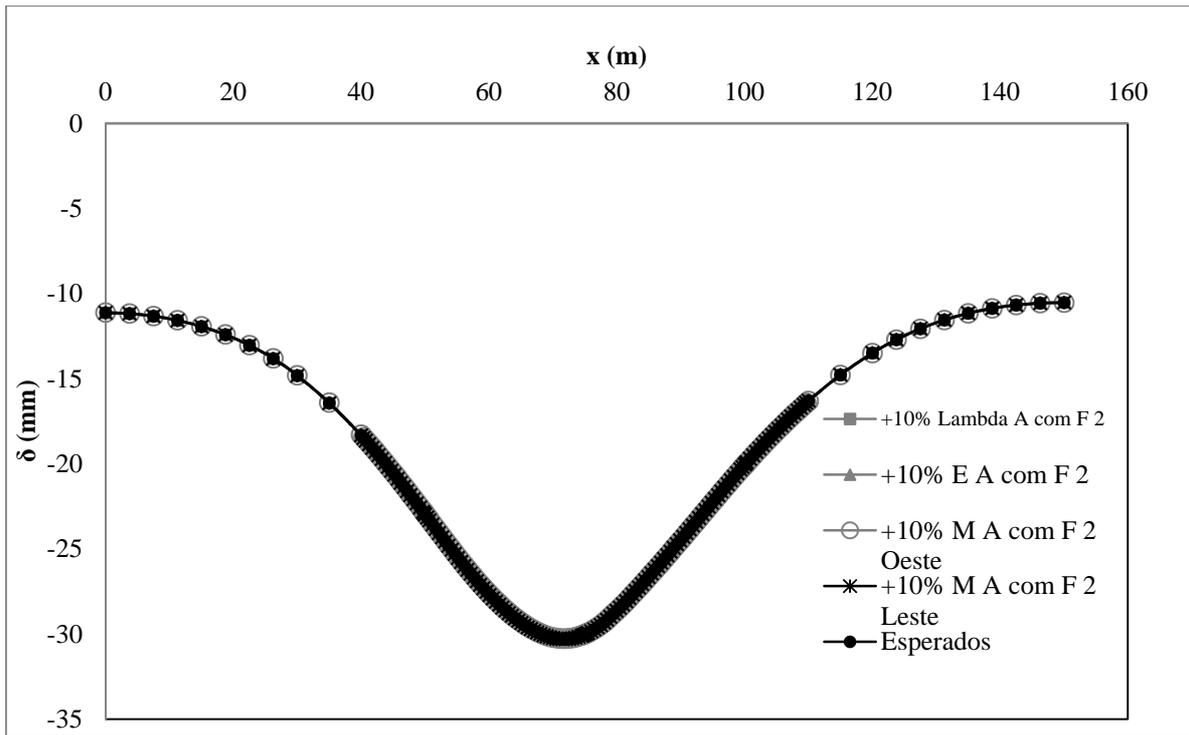


Figura D.93 Bacia de recalque. Variação areias com finos 2 Seção 21+400

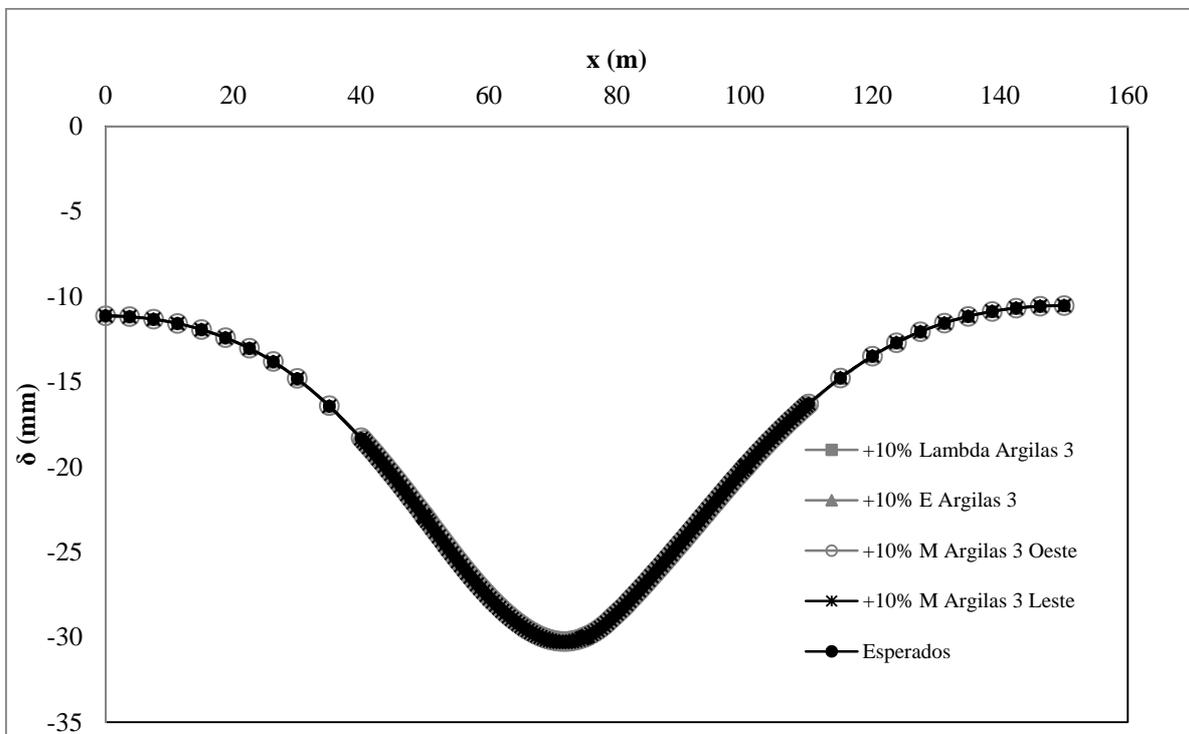


Figura D.94 Bacia de recalque. Variação argilas 3 Seção 21+400

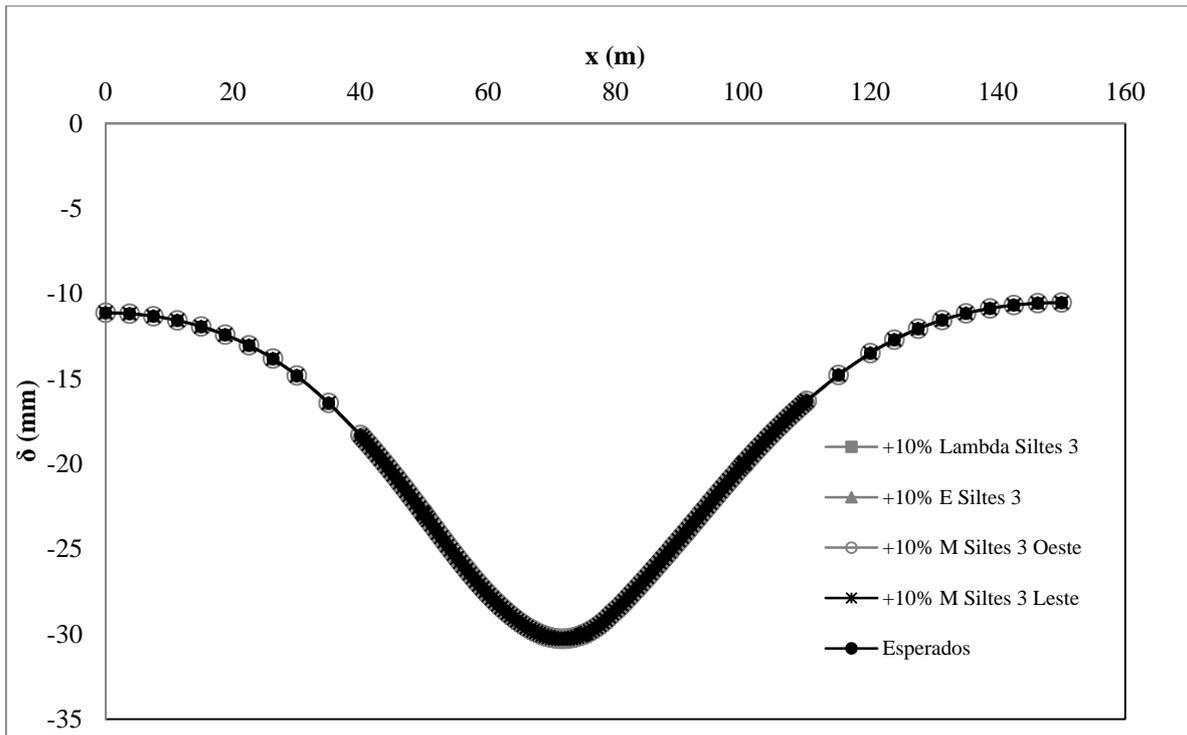


Figura D.95 Bacia de recalque. Variação siltes 3 Seção 21+400

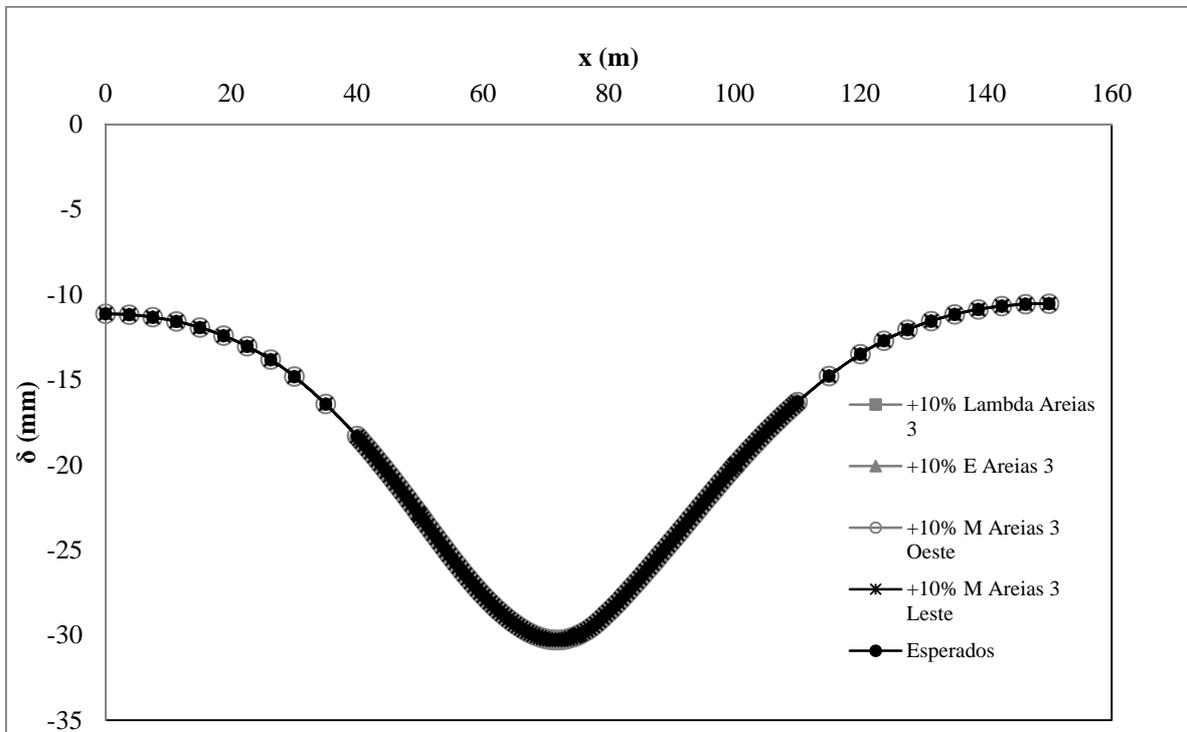


Figura D.96 Bacia de recalque. Variação areias 3 Seção 21+400

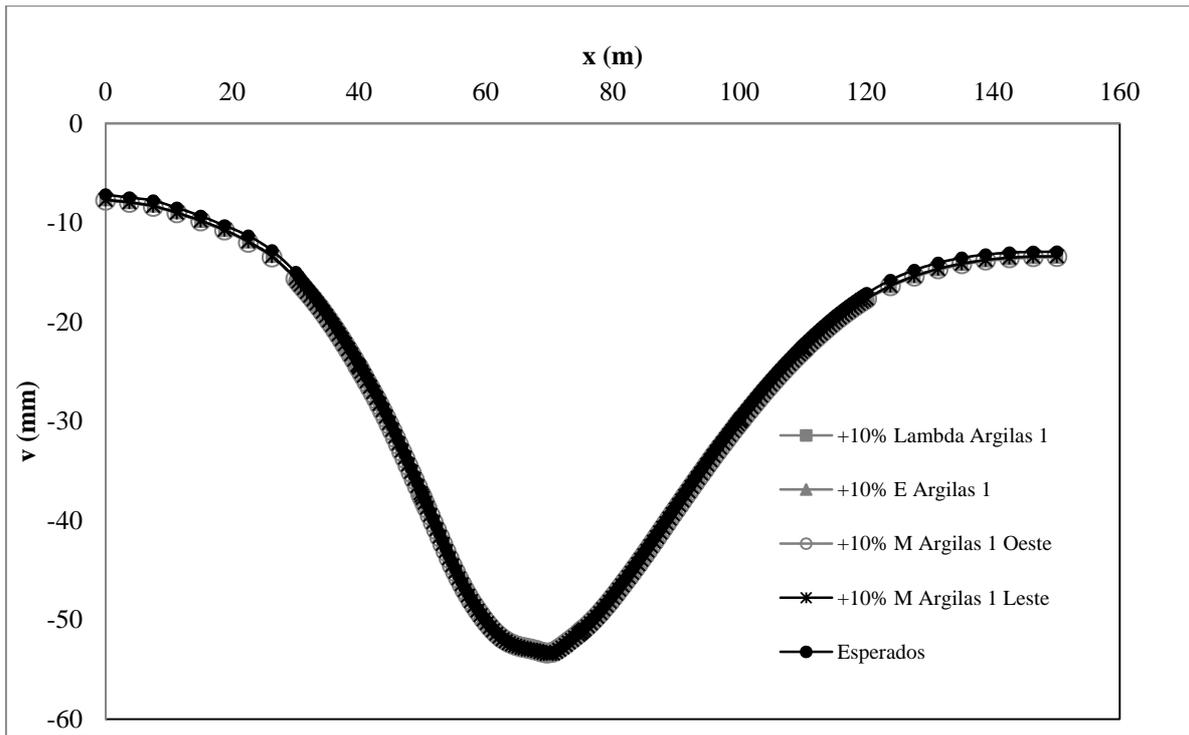


Figura D.97 Bacia de recalque. Variação argilas 1 Seção 21+700

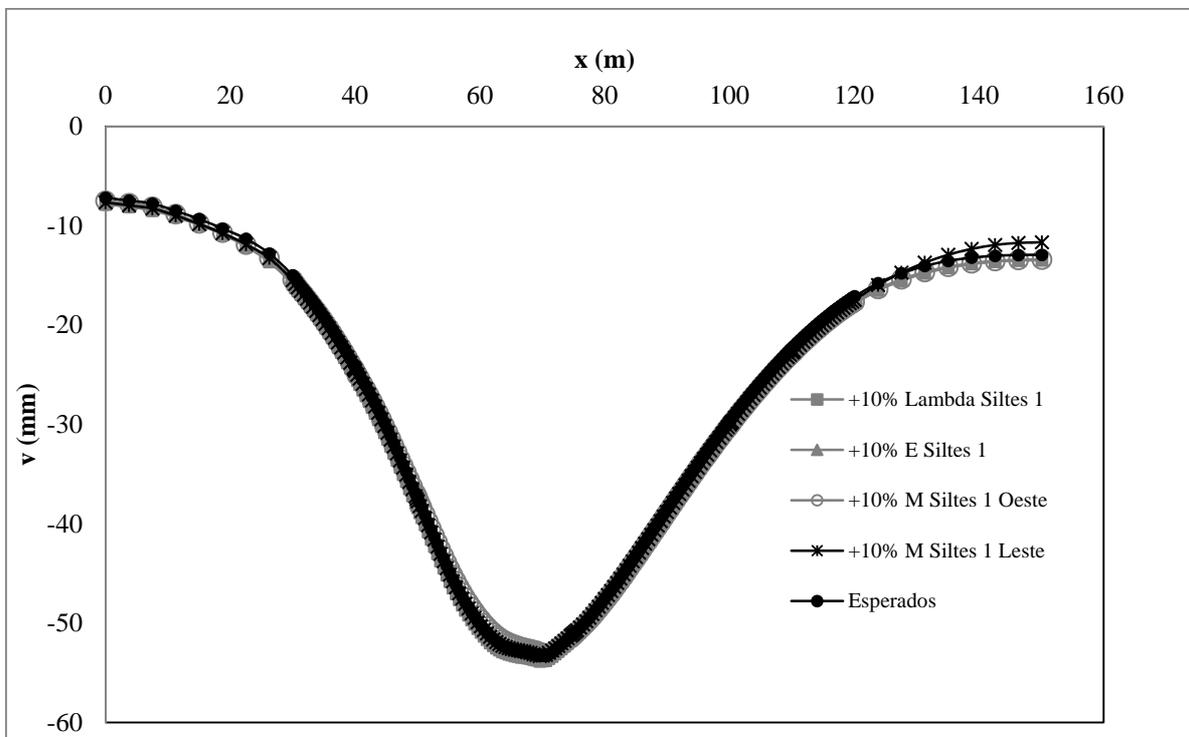


Figura D.98 Bacia de recalque. Variação siltes 1 Seção 21+700

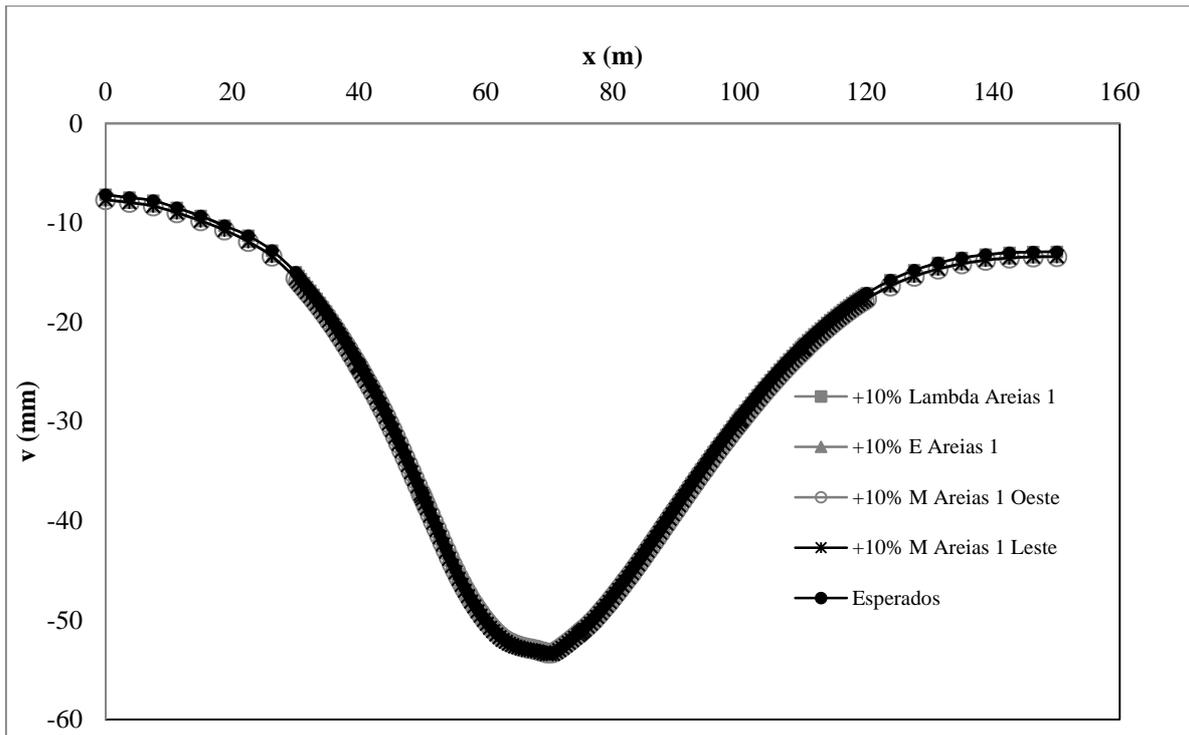


Figura D.99 Bacia de recalque. Variação areias 1 Seção 21+700

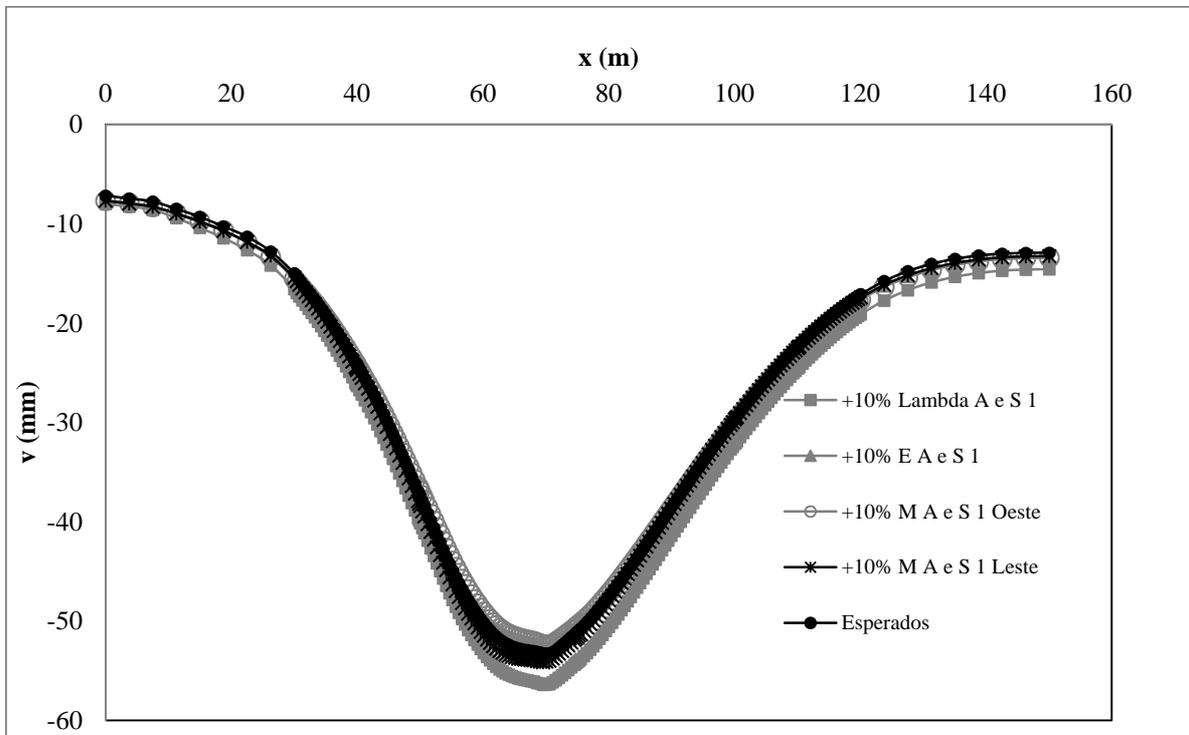


Figura D.100 Bacia de recalque. Variação A com s 1 Seção 21+700

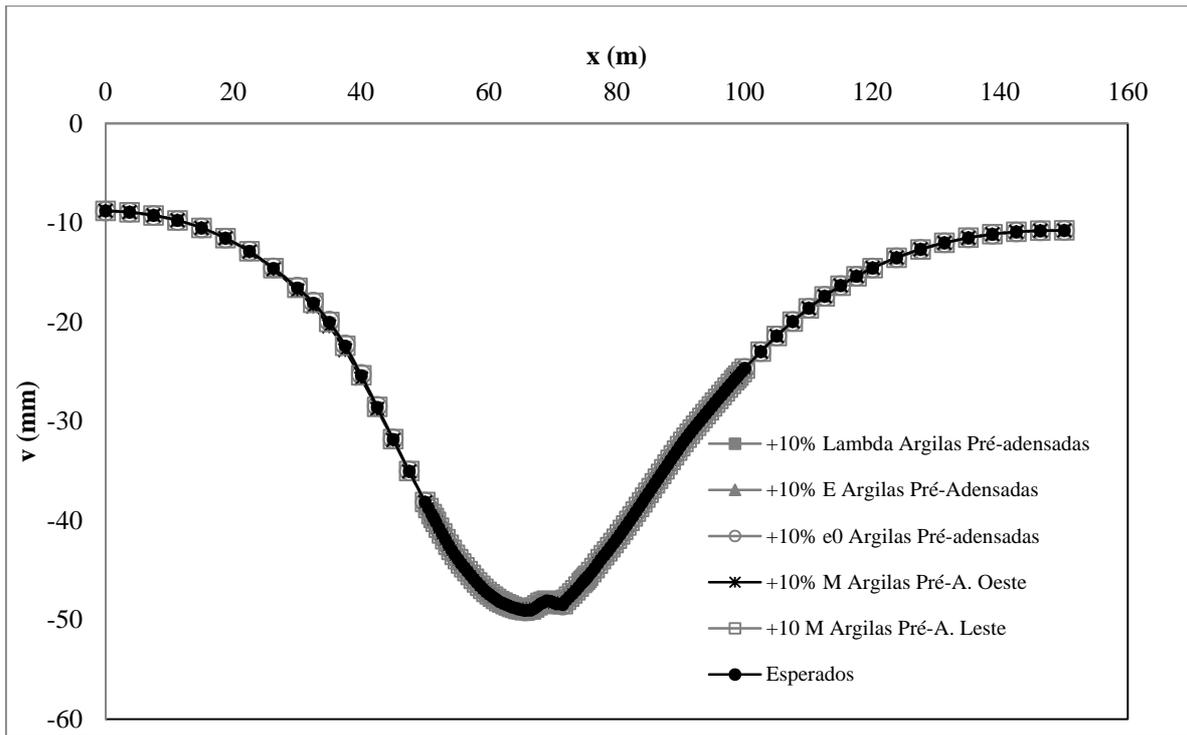


Figura D.101 Bacia de recalque. Variação argilas pré-adensadas Seção 22+100

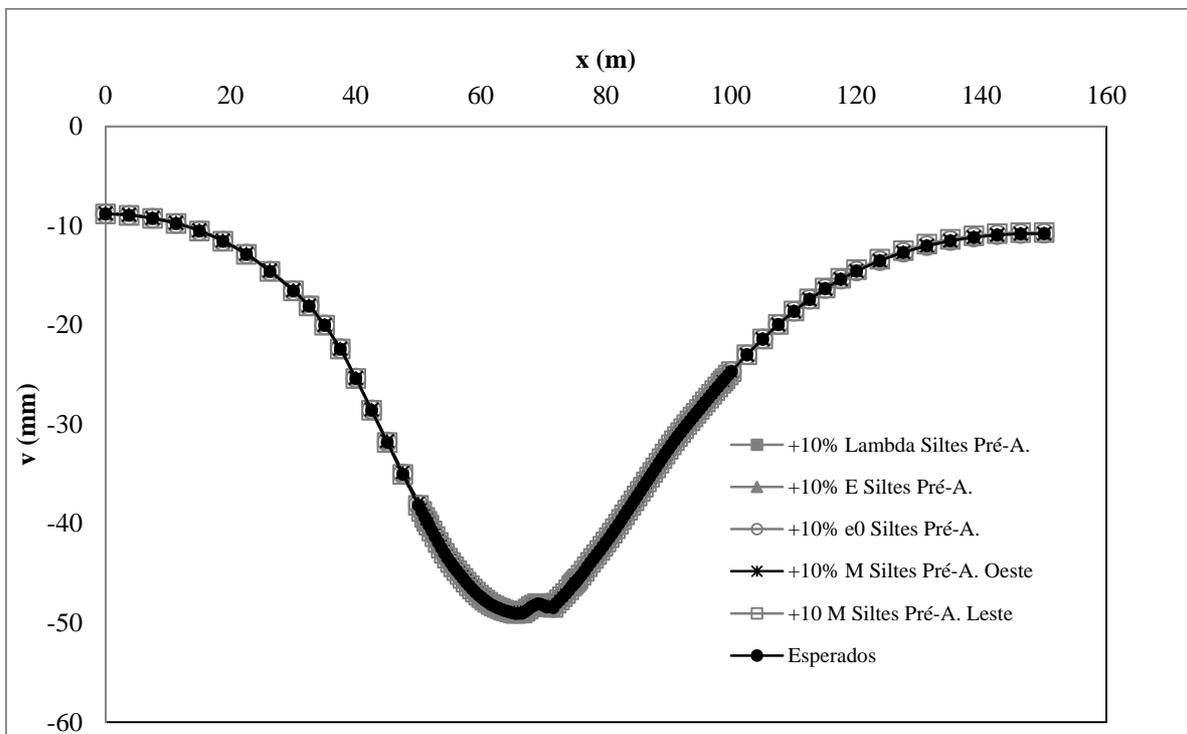


Figura D.102 Bacia de recalque. Variação Siltes pré-adensadas Seção 22+100

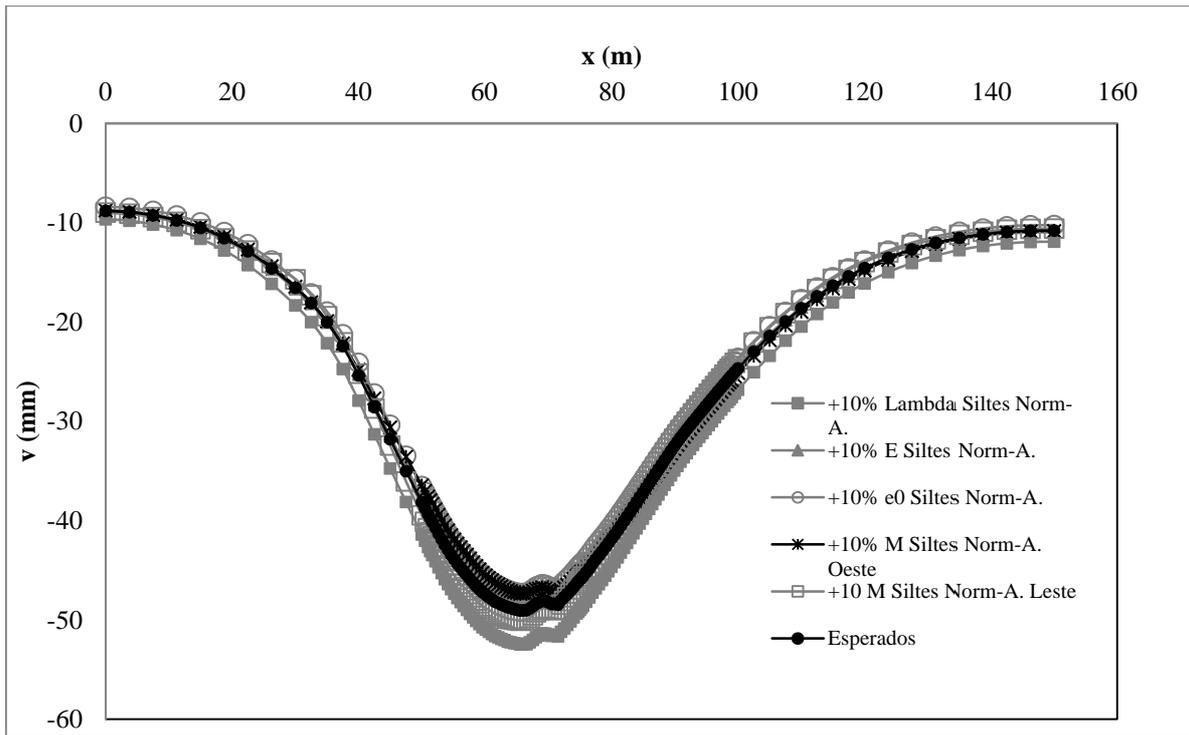


Figura D.103 Bacia de recalque. Variação Siltes Norma - A Seção 22+100

D.2 PERFIS PARA A MODELAÇÃO NUMÉRICA

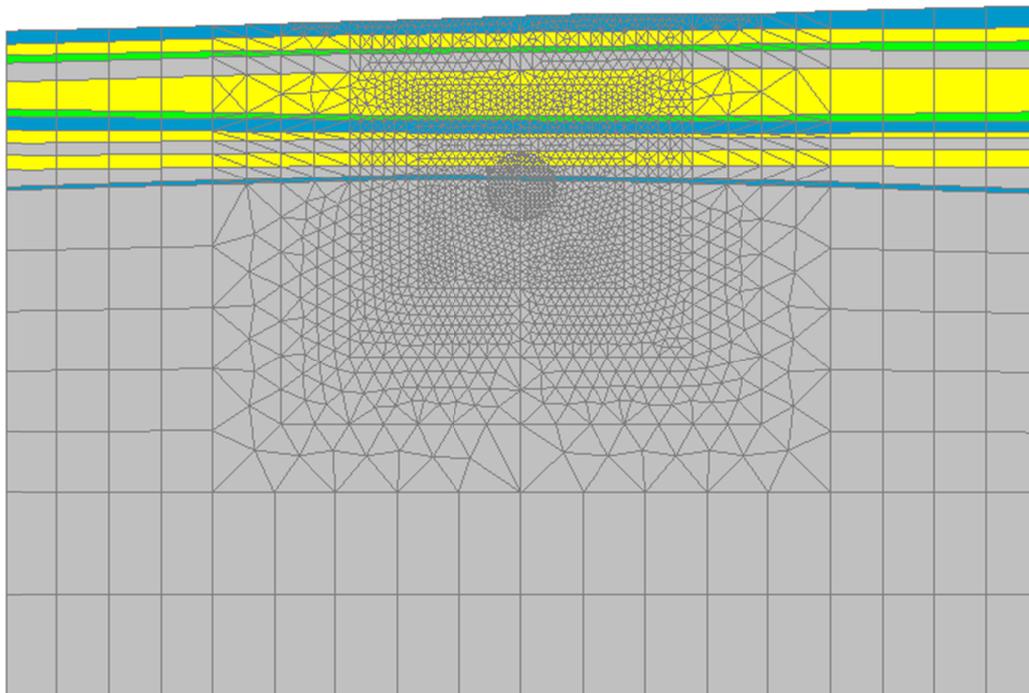


Figura D.104 Seção 18+100

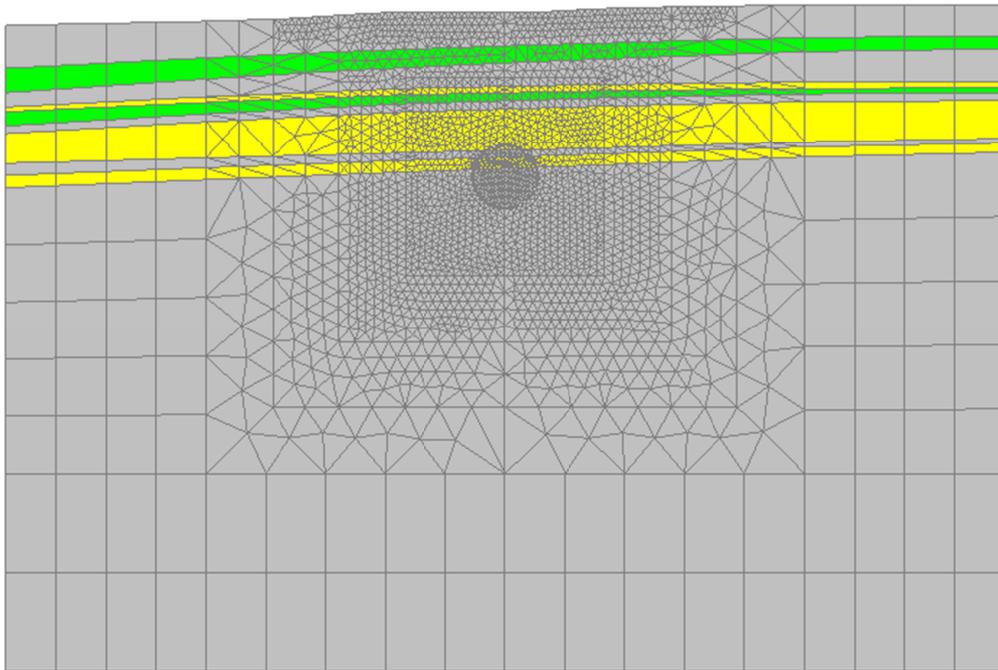


Figura D.105 Seção 18+400

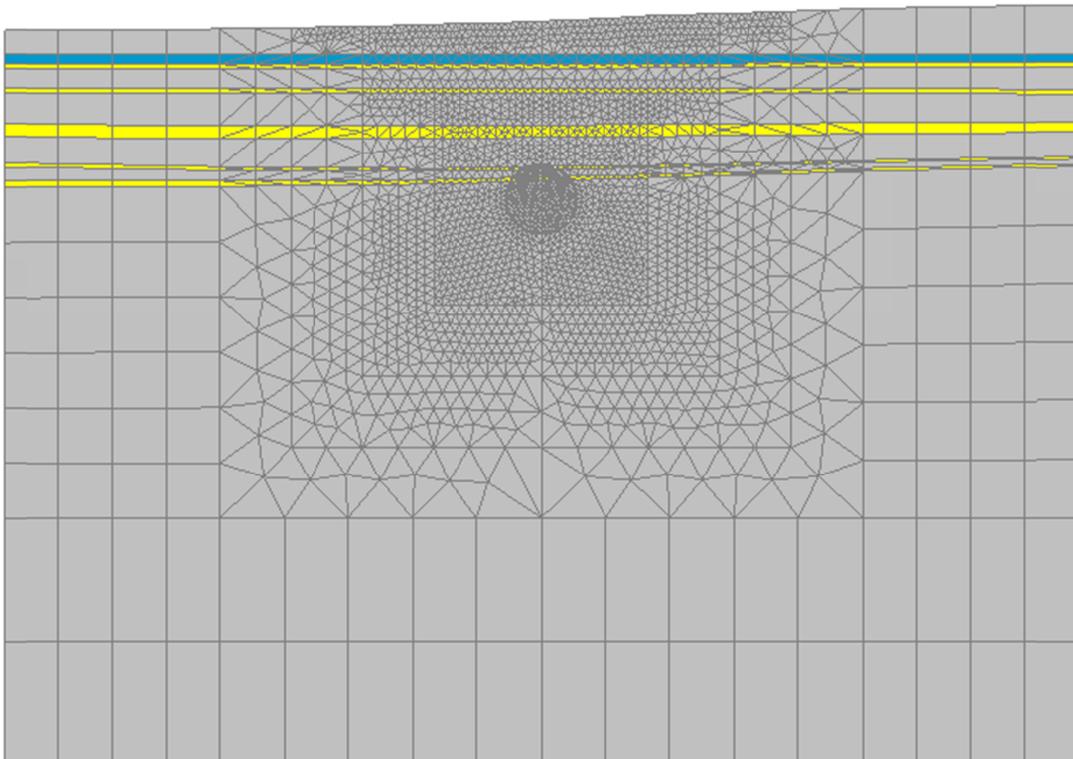


Figura D.106 Seção 18+800

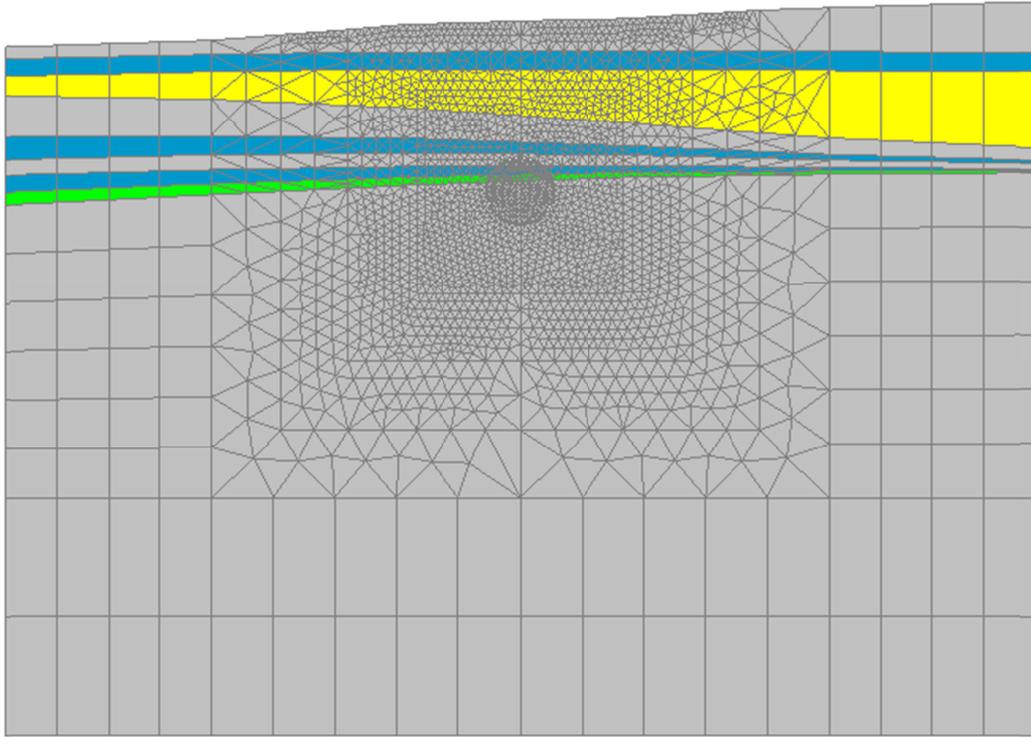


Figura D.107 Seção 19+200

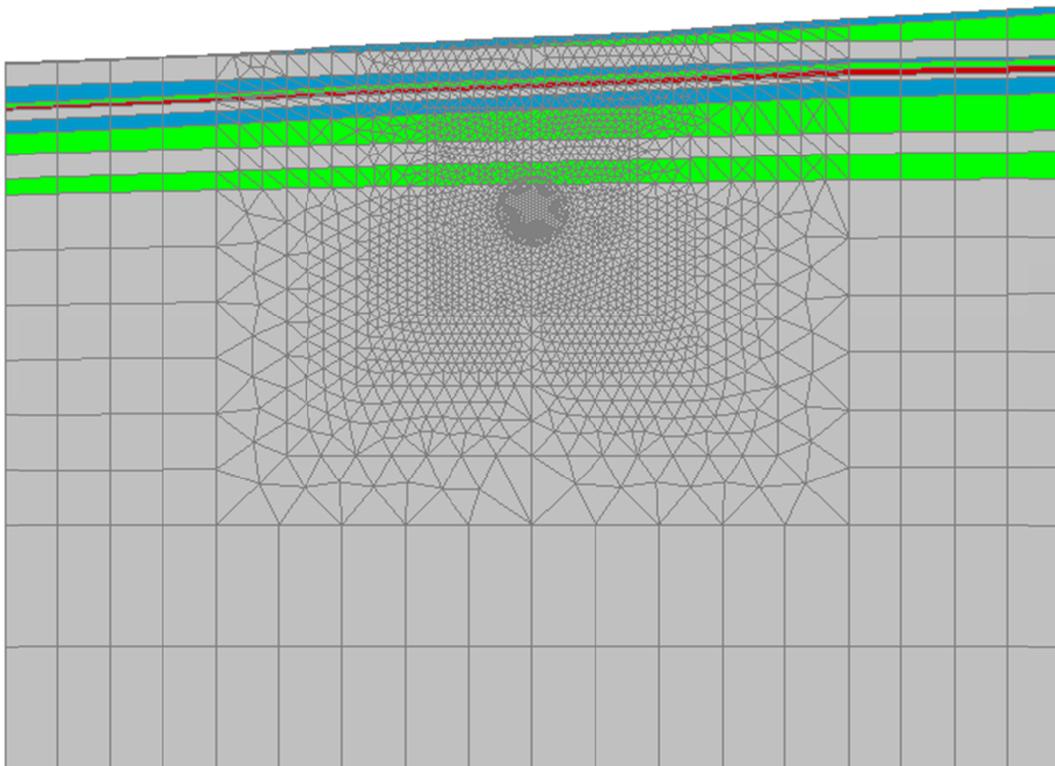


Figura D.108 Seção 19+600

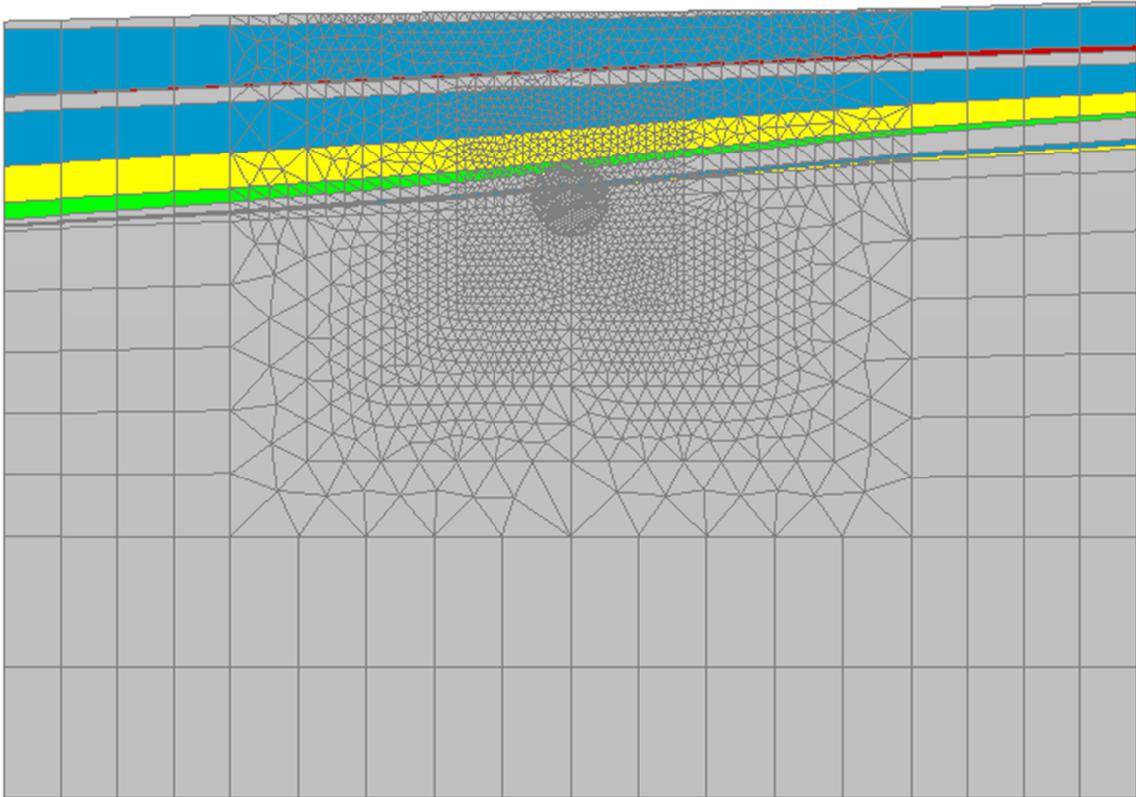


Figura D.109 Seção 20+100

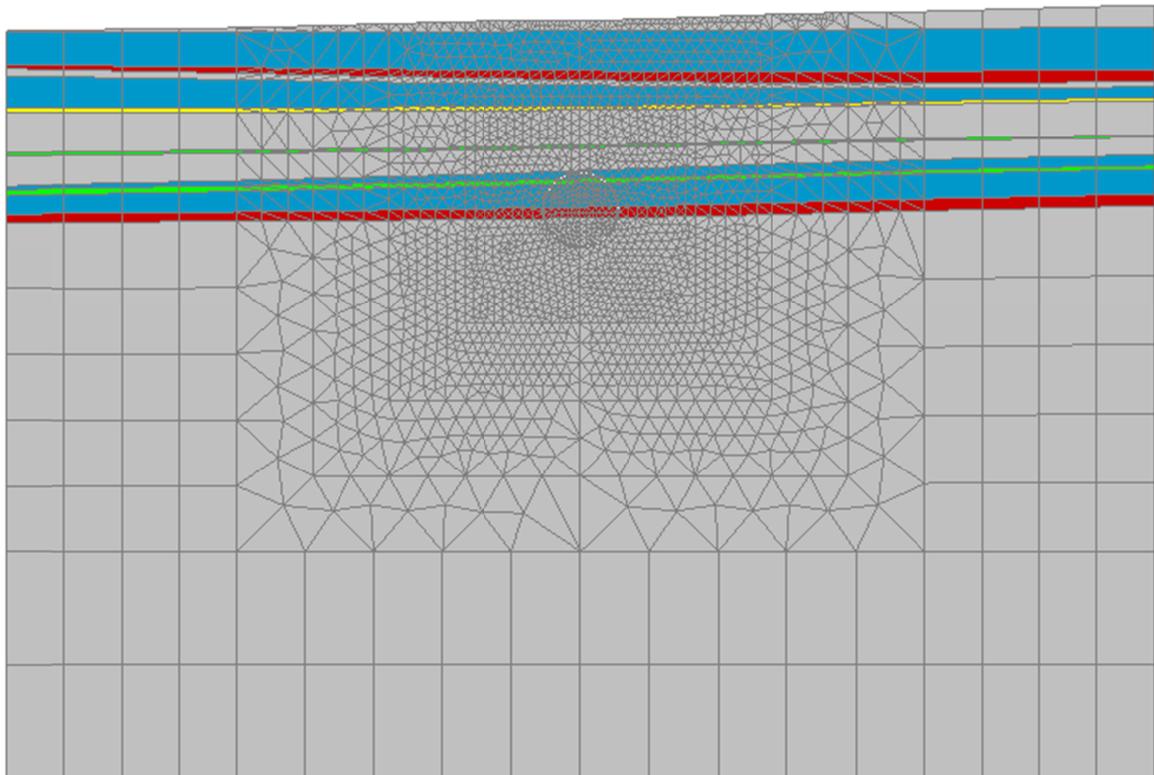


Figura D.110 Seção 20+400

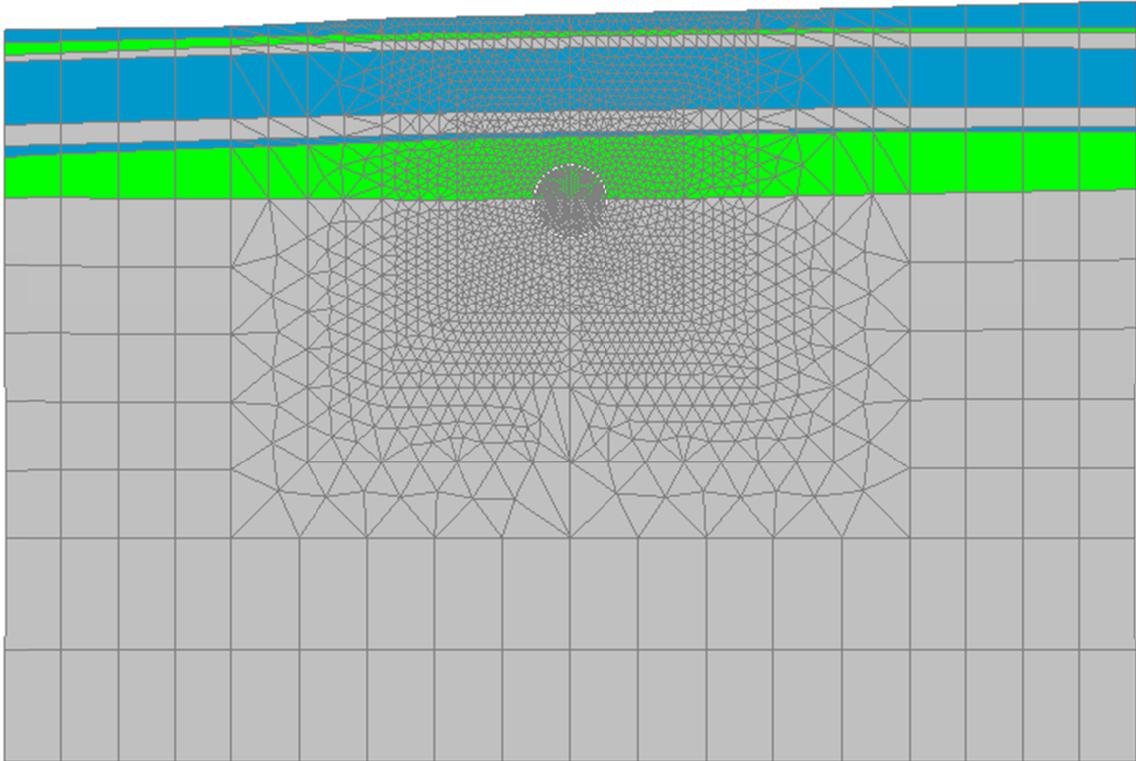


Figura D.111 Seção 20+800

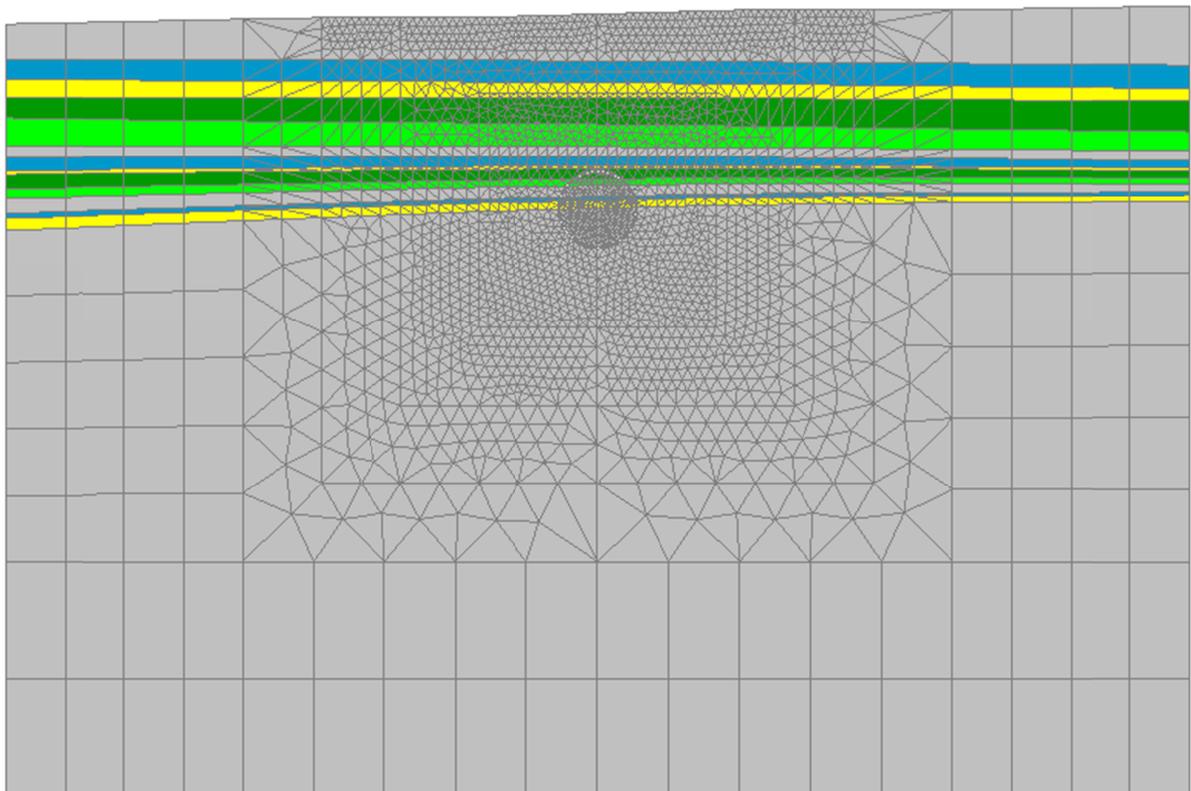


Figura D.112 Seção 21+400

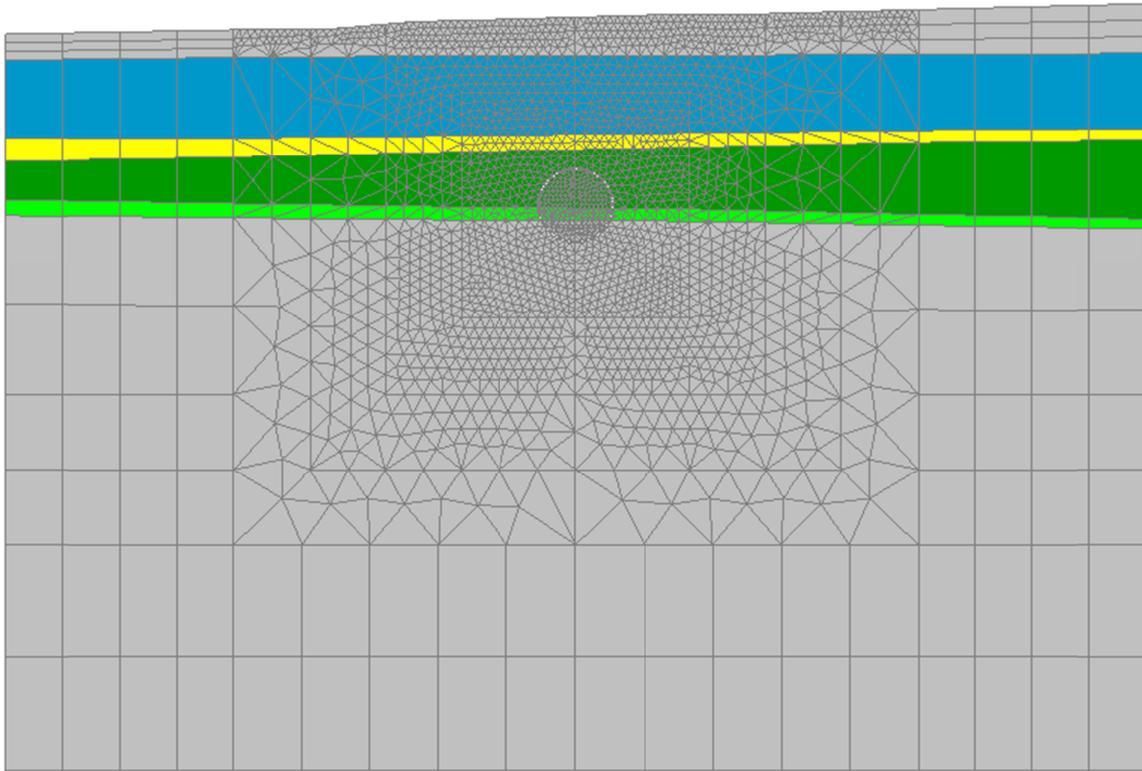


Figura D.113 Seção 21+700

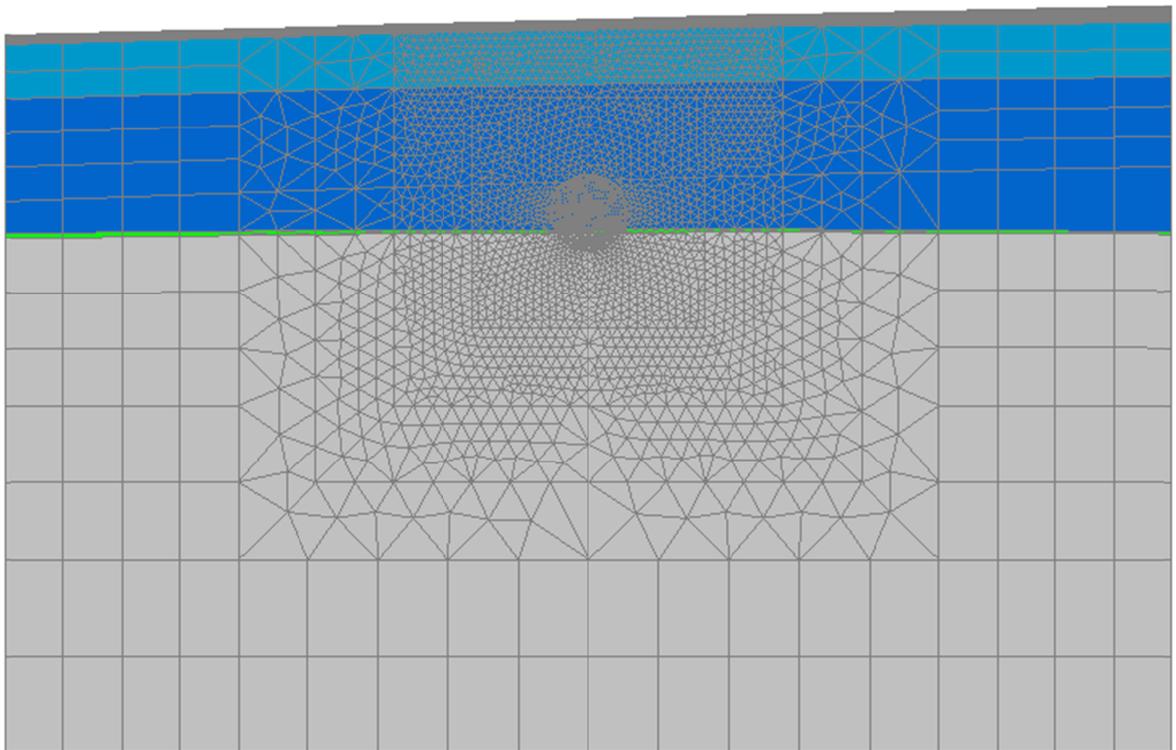


Figura D.114 Seção 22+100

E. ANALISE PROBABILÍSTICA FOSM

E.1. ANALISE PROBABILÍSTICA FOSM TBM

Tabela E.1 FOSM Seção 18+100, β

FOSM - β

	Variável (Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+ δXi	β Oeste	β Leste	$\delta\beta$ i Oeste	$\delta\beta$ i Leste	$\delta\beta$ i δXi Oeste	$\delta\beta$ i δXi Leste	V[Xi]	$(\delta\beta$ i δXi) ² x V[Xi] Oeste	$(\delta\beta$ i δXi) ² x V[Xi] Leste			
Siltos 1	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0090	0	0,00			
	E	11	1,1	12,1	0,000386	-0,00032	-0,000002	0,000000	-0,000002	0,000000	9,0000	2,97521E-11	2,33			
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000386	-0,000318	-0,000002	0,000002	-0,000026	0,000026	0,0006	4,10914E-13	0,03			
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	8,13124E-36	0,00			
Áreas 1	λ	0,003	0,0003	0,003	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000005	0	0,00			
	E	125	12,5	137,5	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	625,0000000	5,12045E-35	0,00			
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000386	-0,000322	-0,000002	-0,000002	-0,000026	-0,000026	0,0006250	4,10914E-13	0,03			
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00			
Áreas com Fios 1	λ	0,006	0,0006	0,007	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0	0,00			
	E	13	1,3	14,3	0,000386	-0,000318	-0,000002	0,000002	-0,000002	0,000002	6,2500	1,47929E-11	1,16			
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000386	-0,000322	-0,000002	-0,000002	-0,000026	-0,000026	0,0006	4,10914E-13	0,03			
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00			
Áreas 1	λ	0,138	0,0138	0,152	0,00039	-0,00032	0,000002	0,000000	0,000145	0,000000	0,0164	3,44129E-10	26,92			
	E	51	5,1	56,1	0,000388	-0,000318	0,000000	0,000002	0,000000	0,000000	266,7767	0	0,00			
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000382	-0,00032	-0,000006	0,000000	-0,000077	0,000000	0,0006	3,69822E-12	0,29			
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000388	-0,000322	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,000015	0,0112	8,13124E-36	0,00			
Áreas 2	λ	0,003	0,0003	0,003	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000005	6,96951E-35	0,00			
	E	125	12,5	137,5	0,000384	-0,000318	-0,000004	0,000002	0,000000	0,000000	625,0000000	6,4E-11	5,01			
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000384	-0,00032	-0,000004	0,000000	-0,000051	0,000000	0,0006250	1,64366E-12	0,13			
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000388	-0,000322	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,000015	0,0112	8,13124E-36	0,00			
Áreas com Fios 2	λ	0,006	0,0006	0,007	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	3,55587E-35	0,00			
	E	13	1,3	14,3	0,000386	-0,00032	-0,000002	0,000000	-0,000002	0,000000	6,2500	1,47929E-11	1,16			
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000386	-0,00032	-0,000002	0,000000	-0,000026	0,000000	0,0006	4,10914E-13	0,03			
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00			
Siltos 2	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000386	-0,00032	-0,000002	0,000000	-0,000048	0,000000	0,0090	2,04941E-11	1,60			
	E	11	1,1	12,1	0,000384	-0,000318	-0,000004	0,000002	-0,000004	0,000002	9,0000	1,19008E-10	9,31			
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000382	-0,000316	-0,000006	0,000004	-0,000077	0,000051	0,0006	3,69822E-12	0,29			
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00			
Áreas 3	λ	0,003	0,0003	0,003	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000005	0	0,00			
	E	125	12,5	137,5	0,000386	-0,00032	-0,000002	0,000000	0,000000	0,000000	625,0000000	1,6E-11	1,25			
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000386	-0,00032	-0,000002	0,000000	-0,000026	0,000000	0,0006	4,10914E-13	0,03			
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00			
Áreas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0	0,00			
	E	51	5,1	56,1	0,000386	-0,00032	-0,000002	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	4,10268E-11	3,21			
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000386	-0,00032	-0,000002	0,000000	-0,000026	0,000000	0,0006	4,10914E-13	0,03			
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000388	-0,000322	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,000015	0,0112	0	0,00			
Áreas 4	λ	0,003	0,0003	0,003	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000005	0	0,00			
	E	125	12,5	137,5	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	625,0000000	0	0,00			
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	1,31504E-36	0,00			
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00			
Áreas 3	λ	0,138	0,0138	0,152	0,00039	-0,000322	0,000002	-0,000002	0,000145	-0,000145	0,0164	3,44129E-10	26,92			
	E	51	5,1	56,1	0,000386	-0,000319361	-0,000002	0,000001	0,000000	0,000000	266,7767	4,10268E-11	3,21			
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000386	-0,00032	-0,000002	0,000000	-0,000026	0,000000	0,0006	4,10914E-13	0,03			
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000389	-0,000322	0,000002	-0,000002	0,000015	-0,000015	0,0112	2,54079E-12	0,20			
Siltos 3	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000394	-0,000326	0,000006	-0,000006	0,000143	-0,000143	0,0090	1,84447E-10	14,43			
	E	11	1,1	12,1	0,000386	-0,000318	-0,000002	0,000002	-0,000002	0,000002	9,0000	2,97521E-11	2,33			
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000386	-0,00032	-0,000002	0,000000	-0,000026	0,000000	0,0006	4,10914E-13	0,03			
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000388	-0,00032	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00			
												$\sigma^2(\beta)$ Total	0,0000000013	100	0,0000000007	100
												$\sigma(\beta)$	0,00004		0,00003	

	E(β Oeste)=	0,00039	P [X>x] Oeste	0
	E(β Leste)=	-0,00032	P [X>x] Leste	0
Bjerrum(1963)	β cr (1/500)=	0,002	β cr (1/150)=	0,007
	CV(β Oeste)=	9,214	P [X>x] Oeste	0
	CV(β Leste)=	8,132	P [X>x] Leste	0

Tabela E.2 FOSM Seção 18+100, Vs^r

FOSM - Vs ^r											
	Variável (Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _S	V _S ^r	δ(V _S ^r) _{ii}	δ(V _S ^r) _{ii} /δXi	V[Xi]	[δ(V _S ^r) _{ii} /δXi] ² x V[Xi]	
Sítios 1	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,39299368	0,01773615	0,000000048	0,00000346	0,0090	1,07835E-13	
	E	51	5,1	56,1	1,38929339	0,01768903	-0,000047066	-0,00000923	9,0000	7,66503E-10	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,39297389	0,01773589	-0,000000204	-0,00000262	0,0006	4,28576E-15	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,39298930	0,01773609	-0,000000008	-0,00000006	0,0112	4,11304E-17	
Açúcos 1	λ	0,420	0,04197	0,46167	1,39298993	0,01773610	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	
	E	11	1,1	12,1	1,39287551	0,01773464	-0,000001457	-0,00000132	625,0000	1,09626E-09	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,39279689	0,01773364	-0,000002458	-0,000003151	0,0006	6,20611E-13	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,39325821	0,01773951	0,000003416	0,00002568	0,0112	7,41129E-12	
Açúcos com Furos 1	λ	0,783	0,0783	0,8613	1,39364081	0,01774439	0,000008287	0,00010584	0,0000	1,12019E-14	
	E	22	2,2	24,2	1,39124161	0,01771384	-0,000022260	-0,00001012	6,2500	6,39878E-10	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,39268804	0,01773225	-0,000003844	-0,00004928	0,0006	1,51777E-12	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,39261206	0,01773129	-0,000004811	-0,00003617	0,0112	1,47038E-11	
Açúcos 1	λ	0,138	0,0138	0,152	1,39383229	0,01774682	0,000010725	0,00077719	0,0164	9,89624E-09	
	E	51	5,1	56,1	1,39138634	0,01771568	-0,000020418	-0,00000400	266,7767	4,27577E-09	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,39049141	0,01770429	-0,000031812	-0,00040785	0,0006	1,03963E-10	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,39697586	0,01778685	0,000050750	0,00038158	0,0112	1,63601E-09	
Açúcos 2	λ	0,420	0,04197	0,46167	1,39298993	0,01773610	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	
	E	11	1,1	12,1	1,39251115	0,01773000	-0,000006096	-0,00000554	625,0000	1,91953E-08	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,39219400	0,01772596	-0,000010134	-0,00012993	0,0006	1,05503E-11	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,39308962	0,01773737	0,000001269	0,00000954	0,0112	1,0233E-12	
Açúcos com Furos 2	λ	0,003	0,0003	0,0033	1,39353600	0,01774305	0,000006953	0,02317580	0,0000	5,37118E-10	
	E	125	12,5	137,5	1,39126085	0,01771408	-0,000022015	-0,00000176	6,2500	1,93871E-11	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,39262138	0,01773141	-0,000004693	-0,00006016	0,0006	2,2621E-12	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,39279427	0,01773361	-0,000002491	-0,00001873	0,0112	3,94243E-12	
Sítios 2	λ	0,006	0,0006	0,007	1,40960154	0,01794760	0,000211505	0,35250916	0,0090	0,001121471	
	E	13	1,3	14,3	1,39197881	0,01772322	-0,000012874	-0,00000990	9,0000	8,82643E-10	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,39122391	0,01771361	-0,000022486	-0,00028828	0,0006	5,19402E-11	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,39242592	0,01772892	-0,000007181	-0,00005399	0,0112	3,27575E-11	
Açúcos 3	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,39298993	0,01773610	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	
	E	51	5,1	56,1	1,39178908	0,01772081	-0,000015290	-0,00000300	625,0000	5,61747E-09	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,39272554	0,01773273	-0,000003366	-0,00004316	0,0006	1,16416E-12	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,39304210	0,01773676	0,000000664	0,00000499	0,0112	2,80185E-13	
Açúcos 2	λ	0,420	0,04197	0,46167	1,39875242	0,01780947	0,000073370	0,00174816	0,0164	5,00706E-08	
	E	11	1,1	12,1	1,39092102	0,01770976	-0,000026342	-0,00002395	266,7767	1,52991E-07	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,39181611	0,01772115	-0,000014946	-0,00019161	0,0006	2,29466E-11	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,39324552	0,01773935	0,000003254	0,00002447	0,0112	6,72674E-12	
Açúcos 4	λ	0,003	0,0003	0,0033	1,39298993	0,01773610	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	
	E	125	12,5	137,5	1,39128496	0,01771439	-0,000021708	-0,00000174	625,0000	1,88501E-09	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,39272297	0,01773270	-0,000003399	-0,00004358	0,0006	1,18687E-12	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,39325485	0,01773947	0,000003373	0,00002536	0,0112	7,22665E-12	
Açúcos 3	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,40158394	0,01784552	0,000109422	0,00792915	0,0164	1,03009E-06	
	E	51	5,1	56,1	1,38953689	0,01769213	-0,000043965	-0,00000862	266,7767	1,98258E-08	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,39145502	0,01771656	-0,000019543	-0,00025055	0,0006	3,92353E-11	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,39355223	0,01774326	0,000007159	0,00005383	0,0112	3,2558E-11	
Sítios 3	λ	0,006	0,0006	0,0066	1,41054698	0,01795964	0,000223543	0,37257214	0,0090	0,00125276	
	E	13	1,3	14,3	1,38852385	0,01767923	-0,000056864	-0,00004374	9,0000	1,72198E-08	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,39160659	0,01771849	-0,000017613	-0,00022581	0,0006	3,18693E-11	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,39230374	0,01772736	-0,000008737	-0,00006569	0,0112	4,84869E-11	
									σ ² (V _S ^r) Total	0,0023755482766930	100
									σ(V _S ^r)	0,048739597	

MAIR (2008) E(V_S)= 1,39298993
V_S^r cr (3%)= 0,03
E(V_S^r)= 0,017736099
CV(V_S^r)= 274,8
P [X>x] = 0,4006671

Tabela E.3 FOSM Seção 18+400, β

FOSM - β

Variável		(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	β Oeste	β Leste	δβii Oeste	δβii Leste	δβii/δXi Oeste	δβii/δXi Leste	V[Xi]	(δβii/δXi)^2 x V[Xi] Oeste	(δβii/δXi)^2 x V[Xi] Leste		
Argilas 1	λ		0,138	0,0138	0,152	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0 0,00	0 0,00		
	E		51	5,1	56,1	0,000237525	-0,000196	0,000000	0,000002	0,000000	0,000000	266,7767	4,89991E-34 0,00	4,10268E-11 13,84		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	1,29519E-36 0,00	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	8,00851E-36 0,00	0 0,00		
Áreas com Finos 1	λ		0,006	0,0006	0,007	0,000239521	-0,000198	0,000002	0,000000	0,003327	0,000000	0,000001	1,10668E-11 0,91	0 0,00		
	E		13	1,3	14,3	0,000239521	-0,000198	0,000002	0,000000	0,000002	0,000000	6,2500	1,47339E-11 1,21	0 0,00		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,000235529	-0,000197605	-0,000002	0,000000	-0,000026	0,000005	0,0006	4,09275E-13 0,03	1,60452E-14 0,01		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	8,00851E-36 0,00	0 0,00		
Argilas 2	λ		0,138	0,0138	0,152	0,000239521	-0,000197605	0,000002	0,000000	0,000145	0,000029	0,0164	3,42757E-10 28,16	1,34374E-11 4,53		
	E		51	5,1	56,1	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	1,29316E-34 0,00	0 0,00		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	1,29519E-36 0,00	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	8,00851E-36 0,00	0 0,00		
Áreas 1	λ		0,003	0,0003	0,003	0,000237525	-0,000197605	0,000000	0,000000	0,000000	0,001317	0,00000005	0 0,00	8,50371E-13 0,29		
	E		125	12,5	137,5	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	625,000000	5,04316E-35 0,00	0 0,00		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006250	1,29519E-36 0,00	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112360	8,00851E-36 0,00	0 0,00		
Áreas com Finos 2	λ		0,006	0,0006	0,007	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	3,5022E-35 0,00	0 0,00		
	E		13	1,3	14,3	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	6,2500	4,66269E-35 0,00	0 0,00		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	1,29519E-36 0,00	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	8,00851E-36 0,00	8,00851E-36 0,00		
Argilas 3	λ		0,138	0,0138	0,152	0,000235529	-0,000198	-0,000002	0,000000	-0,000145	0,000000	0,0164	3,42757E-10 28,16	0 0,00		
	E		51	5,1	56,1	0,000237525	-0,000197605	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	1,29316E-34 0,00	1,602E-12 0,54		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	1,29519E-36 0,00	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,000249501	-0,000198	0,000012	0,000000	0,000090	0,000000	0,0112	9,11036E-11 7,48	0 0,00		
Áreas 2	λ		0,003	0,0003	0,003	0,000239521	-0,000198	0,000002	0,000000	0,006653	0,000000	0,00000005	2,16909E-11 1,78	0 0,00		
	E		125	12,5	137,5	0,000235529	-0,000196	-0,000002	0,000002	0,000000	0,000000	625,000000	1,59362E-11 1,31	1,6E-11 5,40		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,000229541	-0,000198	-0,000008	0,000000	-0,000102	0,000000	0,0006	6,5484E-12 0,54	1,29519E-36 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,000239521	-0,000198	0,000002	0,000000	0,000015	0,000000	0,0112	2,53066E-12 0,21	0 0,00		
Argilas 4	λ		0,138	0,0138	0,152	0,000239521	-0,000199601	0,000002	-0,000002	0,000145	-0,000116	0,0164	3,42757E-10 28,16	2,20463E-10 74,36		
	E		51	5,1	56,1	0,000237525	-0,000197605	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	0 0,00	1,602E-12 0,54		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,000239521	-0,000198	0,000002	0,000000	0,000026	0,000000	0,0006	4,09275E-13 0,03	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,000237525	-0,000198	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	8,00851E-36 0,00	0 0,00		
Áreas 3	λ		0,003	0,0003	0,003	0,000239521	-0,000197605	0,000002	0,000000	0,006653	0,001317	0,00000005	2,16909E-11 1,78	8,50371E-13 0,29		
	E		125	12,5	137,5	0,000237525	-0,000197605	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	625,000000	5,04316E-35 0,00	6,24762E-13 0,21		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,000239521	-0,000198	0,000002	0,000000	0,000026	0,000000	0,0006	4,09275E-13 0,03	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,000239521	-0,000198	0,000002	0,000000	0,000015	0,000000	0,0112	2,53066E-12 0,21	0 0,00		
												σ ² (β) Total	0,0000000012	100	0,0000000003	100
												σ(β)	0,00003		0,00002	

	E(β Oeste)=	0,00024	P [X>x] Oeste	0,00000000000
	E(β Leste)=	-0,00020	P [X>x] Leste	0,00000000000
Bjerrum(1963)	βcr (1/500)=	0,002	βcr (1/150)=	0,007
	CV(β Oeste)=	14,689	P [X>x] Oeste	0,00000000000
	CV(β Leste)=	8,696	P [X>x] Leste	0,00000000000

Tabela E.4 FOSM Seção 18+100, Vs^r

FOSM - Vs ^r											
Variável											
	(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r)ii	δ(V _s ^r)ii/δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r)ii/δXi]^2 x V[Xi]	
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,1518	2,06605700	0,02630585	0,000000841	0,00006092	0,0164	6,08104E-11	0,01
	E	51	5,1	56,1	2,06319126	0,02626937	-0,000035647	-0,00000699	266,7767	1,30333E-08	2,10
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,06571492	0,02630150	-0,000003515	-0,00004506	0,0006	1,26906E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,06595346	0,02630454	-0,000000478	-0,00000359	0,0112	1,44854E-13	0,00
Áreas com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,0066	2,07751112	0,02645169	0,000146679	0,24446515	0,0000	5,97632E-08	9,62
	E	13	1,3	14,3	2,06162741	0,02624946	-0,000055559	-0,00004274	6,2500	1,14155E-08	1,84
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,06377433	0,02627679	-0,000028223	-0,00036183	0,0006	8,18275E-11	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,06259767	0,02626181	-0,000043205	-0,00032485	0,0112	1,1857E-09	0,19
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,1518	2,06599097	0,02630501	0,000000000	0,00000000	0,0164	0	0,00
	E	51	5,1	56,1	2,06560211	0,02630006	-0,000004951	-0,00000097	266,7767	2,51431E-10	0,04
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,06598042	0,02630488	-0,000000134	-0,00000172	0,0006	1,8543E-15	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,06600699	0,02630522	0,000000204	0,00000153	0,0112	2,64307E-14	0,00
Áreas 1	λ	0,003	0,0003	0,003	2,06599097	0,02630501	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	2,06560211	0,02630006	-0,000004951	-0,00000040	625,0000	9,80553E-11	0,02
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,06598042	0,02630488	-0,000000134	-0,00000172	0,0006	1,8543E-15	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,06600699	0,02630522	0,000000204	0,00000153	0,0112	2,64307E-14	0,00
Áreas com Finos 2	λ	0,006	0,0006	0,0066	2,06727921	0,02632142	0,000016402	0,02733734	0,0000	7,4733E-10	0,12
	E	13	1,3	14,3	2,06560211	0,02630006	-0,000004951	-0,00000381	6,2500	9,06577E-11	0,01
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,06598042	0,02630488	-0,000000134	-0,00000172	0,0006	1,8543E-15	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,06547835	0,02629849	-0,000006527	-0,00004907	0,0112	2,70598E-11	0,00
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,1518	2,06095619	0,02624091	-0,000064105	-0,00464528	0,0164	3,53544E-07	56,94
	E	51	5,1	56,1	2,05741553	0,02619583	-0,000109186	-0,00002141	266,7767	1,22276E-07	19,69
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,06561371	0,02630021	-0,000004803	-0,00006158	0,0006	2,37028E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,06590106	0,02630387	-0,000001145	-0,00000861	0,0112	8,32443E-13	0,00
Áreas 2	λ	0,003	0,0003	0,003	2,06599097	0,02630501	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	2,06009397	0,02622993	-0,000075083	-0,00000601	625,0000	2,25498E-08	3,63
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,06448379	0,02628582	-0,000019190	-0,00024603	0,0006	3,78304E-11	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,06608147	0,02630617	0,000001152	0,00000866	0,0112	8,43478E-13	0,00
Argilas 4	λ	0,138	0,0138	0,1518	2,06607515	0,02630609	0,000001072	0,00007767	0,0164	9,88443E-11	0,02
	E	51	5,1	56,1	2,06166813	0,02624997	-0,000055040	-0,00001079	266,7767	3,10718E-08	5,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,06458873	0,02628716	-0,000017854	-0,00022890	0,0006	3,27457E-11	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,06551870	0,02629900	-0,000006013	-0,00004521	0,0112	2,29667E-11	0,00
Áreas 3	λ	0,003	0,0003	0,0033	2,06599097	0,02630501	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	2,06335435	0,02627144	-0,000033571	-0,00000269	625,0000	4,50792E-09	0,73
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,06521608	0,02629515	-0,000009866	-0,00012649	0,0006	9,99967E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,06622170	0,02630795	0,000002938	0,00002209	0,0112	5,48207E-12	0,00
$\sigma^2(V_s^r)$ Total										0,0000006209174452	100
$\sigma(V_s^r)$										0,000787983	

MAIR (2008) E(V_s)= 2,06599097
V_s^r cr (1%)= 0,03
E(V_s^r)= 0,026305014
CV(V_s^r)= 3,0
P [X>x]= 1,37E-06

Tabela E.5 FOSM Seção 18+800, β

FOSM - β												(δβ _{ii} /δX _i) ² x V[X _i]	(δβ _{ii} /δX _i) ² x V[X _i]		
Variável												Oeste	Leste		
(X _i)	E (X _i)	δX _i (10%)	E (X _i)+δX _i	β Oeste	β Leste	δβ _{ii} Oeste	δβ _{ii} Leste	δβ _{ii} /δX _i Oeste	δβ _{ii} /δX _i Leste	V[X _i]					
Argilas 1	λ	0,138	0,138	0,152	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0	0,00	0	0,00
	E	51	5,1	56,1	0,000276	-0,000205589	-0,000002	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	4,10268E-11	2,03	0	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000278	-0,000207585	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,000026	0,0006	0	0,00	4,09275E-13	0,02
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000278	-0,000207585	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,000015	0,0112	0	0,00	2,53066E-12	0,10
Siltes 1	λ	0,420	0,4197	0,462	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0090	0	0,00	0	0,00
	E	11	1,1	12,1	0,000276	-0,000203593	-0,000002	0,000002	-0,000002	0,000002	9,0000	2,97521E-11	1,47	2,96334E-11	1,18
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	0	0,00	3,48874E-36	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	2,15718E-35	0,00
Areias 1	λ	0,003	0,0003	0,003	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000005	0	0,00	1,84898E-34	0,00
	E	125	12,5	137,5	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	625,0000000	0	0,00	1,35843E-34	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000276	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	0	0,00	3,48874E-36	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000278	-0,000205179	0,000000	0,000000	0,000000	0,000003	0,0112	0	0,00	1,06537E-13	0,00
Argilas 2	λ	0,138	0,138	0,152	0,00028	-0,000205589	0,000002	0,000000	0,000145	0,000000	0,0164	3,44129E-10	17,02	2,92172E-33	0,00
	E	51	5,1	56,1	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	0	0,00	0	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000276	-0,000205589	-0,000002	0,000000	-0,000026	0,000000	0,0006	4,10914E-13	0,02	3,48874E-36	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000278	-0,000207585	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,000015	0,0112	8,13124E-36	0,00	2,53066E-12	0,10
Areias 2	λ	0,003	0,0003	0,003	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000005	6,96951E-35	0,00	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	0,000278	-0,000207585	0,000000	-0,000002	0,000000	0,000000	625,0000000	0	0,00	1,59362E-11	0,63
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	1,31504E-36	0,00	3,48874E-36	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000278	-0,000194	0,000000	0,000012	0,000000	0,000087	0,0112	0	0,00	8,53075E-11	3,40
Argilas 3	λ	0,138	0,138	0,152	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0	0,00	2,92172E-33	0,00
	E	51	5,1	56,1	0,000278	-0,000196	0,000000	0,000010	0,000000	0,000002	266,7767	1,31297E-34	0,00	9,43057E-10	37,57
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00027455	-0,000202	-0,000003	0,000004	-0,000044	0,000046	0,0006	1,22336E-12	0,06	1,32311E-12	0,05
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00027856	-0,000207585	0,000001	-0,000002	0,000004	-0,000015	0,0112	1,9715E-13	0,01	2,53066E-12	0,10
Areias 3	λ	0,003	0,0003	0,003	0,00027655	-0,000205589	-0,000001	0,000000	-0,004823	0,000000	0,0000005	1,1398E-11	0,56	1,84898E-34	0,00
	E	125	12,5	137,5	0,00027545	-0,000205589	-0,000003	0,000000	0,000000	0,000000	625,0000000	2,60283E-11	1,29	1,35843E-34	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	1,31504E-36	0,00	3,48874E-36	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00028	-0,000207585	0,000002	-0,000002	0,000015	-0,000015	0,0112	2,54079E-12	0,13	2,53066E-12	0,10
Argilas 4	λ	0,138	0,138	0,152	0,00027856	-0,000205589	0,000001	0,000000	0,000040	0,000000	0,0164	2,67024E-11	1,32	2,92172E-33	0,00
	E	51	5,1	56,1	0,00027455	-0,000203593	-0,000003	0,000002	-0,000001	0,000000	266,7767	1,22144E-10	6,04	4,08632E-11	1,63
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000274	-0,000205589	-0,000004	0,000000	-0,000051	0,000000	0,0006	1,64366E-12	0,08	0	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00028056	-0,000209581	0,000003	-0,000004	0,000019	-0,000030	0,0112	4,16648E-12	0,21	1,01226E-11	0,40
Areias 4	λ	0,003	0,0003	0,003	0,00027655	-0,000205589	-0,000001	0,000000	-0,004823	0,000000	0,0000005	1,1398E-11	0,56	1,84898E-34	0,00
	E	125	12,5	137,5	0,00027655	-0,000205589	-0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	625,0000000	8,37401E-12	0,41	1,35843E-34	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00027655	-0,000204	-0,000001	0,000002	-0,000019	0,000020	0,0006250	2,15062E-13	0,01	2,59323E-13	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112360	0,000000	0	0,00	2,15718E-35	0,00
Argilas 5	λ	0,138	0,138	0,152	0,000282	-0,000209581	0,000004	-0,000004	0,000290	-0,000289	0,0164	1,37652E-09	68,08	1,37103E-09	54,61
	E	51	5,1	56,1	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	0	0,00	3,48325E-34	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	1,31504E-36	0,00	3,48874E-36	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00027856	-0,000205589	0,000001	0,000000	0,000004	0,000000	0,0112	1,9715E-13	0,01	2,15718E-35	0,00
Areias 5	λ	0,003	0,0003	0,003	0,00027655	-0,000205589	-0,000001	0,000000	-0,004823	0,000000	0,0000005	1,1398E-11	0,56	1,84898E-34	0,00
	E	125	12,5	137,5	0,000278	-0,000205179	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	625,0000000	0	0,00	6,7089E-13	0,03
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000278	-0,000205589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	0	0,00	3,48874E-36	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00028	-0,000204	0,000002	0,000002	0,000015	0,000012	0,0112	2,54079E-12	0,13	1,60346E-12	0,06
										σ ² (β) Total	0,0000000020	100	0,0000000025	100	
										σ(β)	0,00004		0,00005		

E(β Oeste)= 0,00028 P [X>x] Oeste 0,0000000000
 E(β Leste)= -0,00021 P [X>x] Leste 0,0000000000
 Bjerrum(1963) β_{cr} (1/500)= 0,002 β_{cr} (1/150)= 0,007
 CV(β Oeste)= 16,175 P [X>x] Oeste 0,0000000000
 CV(β Leste)= 24,371 P [X>x] Leste 0,0000000000

Tabela E.6 FOSM Seção 18+800, Vs^r

FOSM - Vs ^r												
Variável												
(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r) _{ii}	δ(V _s ^r) _{ii} /δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r) _{ii} /δXi] ² x V[Xi]			
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,21403870	0,01545762	0,000000094	0,00000680	0,0164	7,57354E-13	0,00	
	E	51	5,1	56,1	1,21259159	0,01543920	-0,000018331	-0,00000359	266,7767	3,44666E-09	0,14	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,21401730	0,01545735	-0,000000179	-0,00000229	0,0006	3,28094E-15	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,21398354	0,01545692	-0,000000609	-0,00000458	0,0112	2,35216E-13	0,00	
Siltes 1	λ	0,420	0,04197	0,46167	1,21403883	0,01545762	0,000000095	0,00000228	0,0090	4,6721E-14	0,00	
	E	11	1,1	12,1	1,21226506	0,01543504	-0,000022489	-0,00002044	9,0000	3,76178E-09	0,16	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,21414003	0,01545891	0,000001384	0,00001774	0,0006	1,96746E-13	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,21403033	0,01545751	-0,000000013	-0,00000010	0,0112	1,03077E-16	0,00	
Aciás 1	λ	0,003	0,0003	0,0033	1,21403133	0,01545753	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	1,21413301	0,01545882	0,000001295	0,00000010	625,0000	6,70414E-12	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,21401884	0,01545737	-0,000000159	-0,00000204	0,0006	2,59965E-15	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,21399596	0,01545708	-0,000000450	-0,00000339	0,0112	1,28817E-13	0,00	
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	1,21743688	0,01550089	0,000043361	0,00314208	0,0164	1,61754E-07	6,69	
	E	51	5,1	56,1	1,21308079	0,01544542	-0,000012103	-0,00000237	266,7767	1,50235E-09	0,06	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,21230490	0,01543555	-0,000021982	-0,00028182	0,0006	4,96378E-11	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,21227325	0,01543514	-0,000022385	-0,00016831	0,0112	3,18279E-10	0,01	
Aciás 2	λ	0,003	0,0003	0,0033	1,21403133	0,01545753	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	1,21395876	0,01545660	-0,000000924	-0,00000007	625,0000	3,41574E-12	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,21400706	0,01545722	-0,000000309	-0,00000396	0,0006	9,81363E-15	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,21406523	0,01545796	0,000000432	0,00000325	0,0112	1,18318E-13	0,00	
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,22290012	0,01557045	0,000112921	0,00818268	0,0164	1,09701E-06	45,37	
	E	51	5,1	56,1	1,21137084	0,01542365	-0,000033875	-0,00000664	266,7767	1,17694E-08	0,49	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,21296179	0,01544391	-0,000013618	-0,00017459	0,0006	1,90504E-11	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,21415097	0,01545905	0,000001523	0,00001145	0,0112	1,47393E-12	0,00	
Aciás 3	λ	0,003	0,0003	0,0033	1,21403133	0,01545753	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	1,21340348	0,01544953	-0,000007994	-0,00000064	625,0000	2,55622E-10	0,01	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,21361441	0,01545222	-0,000005308	-0,00006806	0,0006	2,89483E-12	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,21421602	0,01545988	0,000002351	0,00001768	0,0112	3,51226E-12	0,00	
Argilas 4	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,21930122	0,01552463	0,000067098	0,00486219	0,0164	3,87333E-07	16,02	
	E	51	5,1	56,1	1,20931470	0,01539747	-0,000060054	-0,00001178	266,7767	3,69906E-08	1,53	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,21177083	0,01542875	-0,000028782	-0,00036899	0,0006	8,50981E-11	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,21413896	0,01545890	0,000001370	0,00001030	0,0112	1,19289E-12	0,00	
Aciás 4	λ	0,003	0,0003	0,0033	1,21403133	0,01545753	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	1,21326878	0,01544782	-0,000009709	-0,00000078	625,0000	3,77068E-10	0,02	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,21387359	0,01545552	-0,000002008	-0,00002575	0,0006	4,14405E-13	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,21410474	0,01545846	0,000000935	0,00000703	0,0112	5,54833E-13	0,00	
Argilas 5	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,22113203	0,01554794	0,000090409	0,00655136	0,0164	7,03207E-07	29,08	
	E	51	5,1	56,1	1,21158416	0,01542637	-0,000031158	-0,00000611	266,7767	9,95767E-09	0,41	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,21309891	0,01544566	-0,000011872	-0,00015221	0,0006	1,4479E-11	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,21389058	0,01545573	-0,000001792	-0,00001347	0,0112	2,03999E-12	0,00	
Aciás 5	λ	0,003	0,0003	0,0033	1,21403133	0,01545753	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	1,21355102	0,01545141	-0,000006116	-0,00000049	625,0000	1,49601E-10	0,01	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,21387197	0,01545550	-0,000002029	-0,00002601	0,0006	4,22963E-13	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,21417415	0,01545935	0,000001818	0,00001367	0,0112	2,10032E-12	0,00	
									σ ² (V _s ^r) Total	0,0000024180286909	100	
									σ(V _s ^r)	0,001555001		

E(V_s)= 1,21403133
 MAIR (2008) V_s^rcr (1%)= 0,03
 E(V_s^r)= 0,015457527
 CV(V_s^r)= 10,1
 P [X>x] = 4,30E-21

Tabela E.7 FOSM Seção 19+200, β

FOSM - β												$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$		$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$	
Variável												Oeste		Leste	
	(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	β Oeste	β Leste	δβii Oeste	δβii Leste	δβii/δXi Oeste	δβii/δXi Leste	V[Xi]				
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000403194	-0,000413174	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	1,06819E-33	0,00	1,10131E-33	0,00
	E	51	5,1	56,1	0,000401198	-0,00041	-0,000002	0,000003	0,000000	0,000001	266,7767	4,08632E-11	0,07	1,03306E-10	7,97
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000416335	-0,000408	0,000013	0,000005	0,000168	0,000066	0,0006	1,77399E-11	0,03	2,7497E-12	0,21
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000401198	-0,000413174	-0,000002	0,000000	-0,000015	0,000000	0,0112	2,53066E-12	0,00	0	0,00
Siltes 1	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000403194	-0,000412	0,000000	0,000001	0,000000	0,000028	0,0090	0	0,00	7,05746E-12	0,54
	E	11	1,1	12,1	0,000394422	-0,000409182	-0,000009	0,000004	-0,000008	0,000004	9,0000	5,72249E-10	0,99	1,18534E-10	9,14
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00040519	-0,000413174	0,000002	0,000000	0,000026	0,000000	0,0006	4,09275E-13	0,00	1,31504E-36	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000403194	-0,000414	0,000000	-0,000001	0,000000	-0,000006	0,0112	0	0,00	4,33744E-13	0,03
Areias 1	λ	0,003	0,0003	0,003	0,000403194	-0,000413174	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000005	0	0,00	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	0,000403194	-0,000408	0,000000	0,000005	0,000000	0,000000	625,0000000	0	0,00	1,07067E-10	8,26
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000381238	-0,000412	-0,000022	0,000001	-0,000281	0,000015	0,0006250	4,95223E-11	0,09	1,41504E-13	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000403194	-0,000414	0,000000	-0,000001	0,000000	-0,000006	0,0112360	0	0,00	4,33744E-13	0,03
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000399202	-0,00041517	-0,000004	-0,000002	-0,000289	-0,000145	0,0164	1,37103E-09	2,37	3,42757E-10	26,44
	E	51	5,1	56,1	0,000363273	-0,00041	-0,000040	0,000003	-0,000008	0,000001	266,7767	1,63453E-08	28,20	1,03306E-10	7,97
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000363273	-0,000397206	-0,000040	0,000016	-0,000512	0,000205	0,0006	1,6371E-10	0,28	2,61936E-11	2,02
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000406375	-0,00042	0,000003	-0,000007	0,000024	-0,000051	0,0112	6,42696E-12	0,01	2,95996E-11	2,28
Siltes 2	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000407186	-0,00041	0,000004	0,000003	0,000095	0,000076	0,0090	8,16496E-11	0,14	5,16046E-11	3,98
	E	11	1,1	12,1	0,000418327	-0,000409182	0,000015	0,000004	0,000014	0,000004	9,0000	1,70338E-09	2,94	1,18534E-10	9,14
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000418327	-0,000413174	0,000015	0,000000	0,000194	0,000000	0,0006	2,35259E-11	0,04	0	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000422311	-0,000411178	0,000019	0,000002	0,000144	0,000015	0,0112	2,32142E-10	0,40	2,53066E-12	0,20
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000422311	-0,000414	0,000019	-0,000001	0,001385	-0,000060	0,0164	3,14418E-08	54,25	5,87472E-11	4,53
	E	51	5,1	56,1	0,000418327	-0,000412	0,000015	0,000001	0,000003	0,000000	266,7767	2,34889E-09	4,05	1,41282E-11	1,09
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00041517	-0,000414	0,000012	-0,000001	0,000154	-0,000011	0,0006	1,47339E-11	0,03	7,01481E-14	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000419162	-0,000414	0,000016	-0,000001	0,000120	-0,000006	0,0112	1,61962E-10	0,28	4,33744E-13	0,03
Siltes 3	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000421158	-0,000417166	0,000018	-0,000004	0,000428	-0,000095	0,0090	1,6534E-09	2,85	8,16496E-11	6,30
	E	11	1,1	12,1	0,000413174	-0,00041	0,000010	0,000003	0,000009	0,000003	9,0000	7,40835E-10	1,28	7,49162E-11	5,78
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00041517	-0,000412	0,000012	0,000001	0,000154	0,000015	0,0006	1,47339E-11	0,03	1,41504E-13	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000417166	-0,000411178	0,000014	0,000002	0,000105	0,000015	0,0112	1,24002E-10	0,21	2,53066E-12	0,20
Areias com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,007	0,000411178	-0,000409182	0,000008	0,000004	0,013307	0,006653	0,000001	1,77069E-10	0,31	4,42672E-11	3,41
	E	13	1,3	14,3	0,00041517	-0,000412	0,000012	0,000001	0,000009	0,000001	6,2500	5,30421E-10	0,92	5,09416E-12	0,39
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00041517	-0,000412	0,000012	0,000001	0,000154	0,000015	0,0006	1,47339E-11	0,03	1,41504E-13	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000417166	-0,000413174	0,000014	0,000000	0,000105	0,000000	0,0112	1,24002E-10	0,21	0	0,00
											$\sigma^2(\beta)$ Total	0,0000000580	100	0,0000000013	100
											$\sigma(\beta)$	0,00024		0,00004	

Bjerrum(1963)

E(β Oeste)=	0,00040	P [X>x] Oeste	0,00000000001
E(β Leste)=	-0,00041	P [X>x] Leste	0,00000000000
βcr (1/500)=	0,002	βcr (1/150)=	0,007
CV(β Oeste)=	59,709	P [X>x] Oeste	0,00000000000
CV(β Leste)=	8,714	P [X>x] Leste	0,00000000000

Tabela E.8 FOSM Seção 19+200, Vs^r

FOSM - V _s ^r											
Variável											
(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r)ii	δ(V _s ^r)ii/δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r)ii/δXi]^2 x V[Xi]		
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,65958319	0,02113047	-0,000002552	-0,00018494	0,0164	5,60392E-10	0,02
	E	51	5,1	56,1	1,65941002	0,02112826	-0,000004757	-0,000000093	266,7767	2,32116E-10	0,01
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,66096645	0,02114808	0,000015060	0,00019308	0,0006	2,3299E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,65978364	0,02113302	0,000000000	0,000000000	0,0112	0	0,00
Siltes 1	λ	0,420	0,04197	0,46167	1,66984853	0,02126117	0,000128150	0,00305337	0,0090	8,4141E-08	2,88
	E	11	1,1	12,1	1,65992902	0,02113487	0,000001851	0,00000168	9,0000	2,54827E-11	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,65957402	0,02113035	-0,000002669	-0,00003422	0,0006	7,31763E-13	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,65715830	0,02109959	-0,000033427	-0,00025133	0,0112	7,09743E-10	0,02
Areias 1	λ	0,003	0,0003	0,0033	1,65978364	0,02113302	0,000000000	0,000000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	1,66037758	0,02114058	0,000007562	0,00000060	625,0000	2,2875E-10	0,01
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,65542579	0,02107754	-0,000055486	-0,00071136	0,0006	3,16268E-10	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,65836703	0,02111498	-0,000018037	-0,00013562	0,0112	2,06648E-10	0,01
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	1,66938429	0,02125526	0,000122239	0,00885791	0,0164	1,28553E-06	43,93
	E	51	5,1	56,1	1,65936175	0,02112765	-0,000005372	-0,00000105	266,7767	2,95956E-10	0,01
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,60231429	0,02040130	-0,000731723	-0,00938106	0,0006	5,50027E-08	1,88
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,62560008	0,02069778	-0,000435239	-0,00327247	0,0112	1,20327E-07	4,11
Siltes 2	λ	0,420	0,04197	0,46167	1,68809533	0,02149350	0,000360476	0,00858889	0,0090	6,65765E-07	22,75
	E	11	1,1	12,1	1,65901722	0,02112326	-0,000009758	-0,00000887	9,0000	7,08286E-10	0,02
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,65752304	0,02110424	-0,000028783	-0,00036901	0,0006	8,51062E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,65971184	0,02113211	-0,000000914	-0,00000687	0,0112	5,30864E-13	0,00
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,66208213	0,02116229	0,000029265	0,00212067	0,0164	7,3683E-08	2,52
	E	51	5,1	56,1	1,65267382	0,02104250	-0,000090525	-0,00001775	266,7767	8,40515E-08	2,87
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,65812791	0,02111194	-0,000021081	-0,00027028	0,0006	4,56555E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,65993996	0,02113501	0,000001990	0,00001496	0,0112	2,5161E-12	0,00
Siltes 3	λ	0,420	0,04197	0,462	1,68173825	0,02141256	0,000279535	0,00666035	0,0090	4,00351E-07	13,68
	E	11	1,1	12,1	1,65209053	0,02103507	-0,000097952	-0,00008905	9,0000	7,13643E-08	2,44
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,65586220	0,02108309	-0,000049929	-0,00064012	0,0006	2,56096E-10	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,65851606	0,02111688	-0,000016139	-0,00012135	0,0112	1,65454E-10	0,01
Areias com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,0066	1,64826434	0,02098635	-0,000146668	-0,24444729	0,0000	5,97545E-08	2,04
	E	13	1,3	14,3	1,65365151	0,02105494	-0,000078077	-0,00006006	6,2500	2,25443E-08	0,77
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,65759505	0,02110516	-0,000027866	-0,00035726	0,0006	7,97701E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,65931417	0,02112704	-0,000005977	-0,00004494	0,0112	2,26955E-11	0,00
								σ ² (V _s ^r) Total	0,0000029264818664	100	
								σ(V _s ^r)	0,001710696		
MAIR (2008)	E(V _s)=	1,65978364									
	V _s ^r cr (1%)=	0,03									
	E(V _s ^r)=	0,021133022									
	CV(V _s ^r)=	8,1									
	P [X>x] =	1,09E-07									

Tabela E.9 FOSM Seção 19+600, β

FOSM - β												$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$		$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$	
Variável												Oeste		Leste	
(Xi)	E (Xi)	δX_i (10%)	E (Xi)+ δX_i	β Oeste	β Leste	$\delta\beta_{ii}$ Oeste	$\delta\beta_{ii}$ Leste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Oeste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Leste	V[Xi]					
Siltos 1	λ	0,420	0,462	0,000512	-0,000624	0,000000	0,000002	0,000000	0,000000	0,000048	0,0090	0	0,00	2,04941E-11	0,00
	E	11	1,1	12,1	0,000512	-0,000618	0,000000	0,000008	0,000000	0,000007	9,0000	8,95319E-35	0,00	4,76033E-10	0,03
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000512	-0,000522	0,000000	0,000104	0,000000	0,001333	0,0006	0	0,00	1,11111E-09	0,07
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000512	-0,000624	0,000000	0,000002	0,000000	0,000015	0,0112	0	0,00	2,54079E-12	0,00
Áreas com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,007	0,000510978	-0,000566	-0,000001	0,000060	-0,001703	0,100000	0,000001	2,9011E-12	0,20	1E-08	0,62
	E	13	1,3	14,3	0,000512	-0,00059	0,000000	0,000036	0,000000	0,000028	6,2500	0	0,00	4,7929E-09	0,30
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000512	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	0	0,00	0	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000510978	-0,00061	-0,000001	0,000016	-0,000008	0,000120	0,0112	6,63396E-13	0,04	1,6261E-10	0,01
Águas 1	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000510978	-0,000624	-0,000001	0,000002	-0,000074	0,000145	0,0164	8,98517E-11	6,05	3,44129E-10	0,02
	E	51	5,1	56,1	0,000506986	-0,000624	-0,000005	0,000002	-0,000001	0,000000	266,7767	2,57852E-10	17,35	4,10268E-11	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000512	-0,000604	0,000000	0,000022	0,000000	0,000282	0,0006	1,23655E-36	0,00	4,97206E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000512	-0,000624	0,000000	0,000002	0,000000	0,000015	0,0112	0	0,00	2,54079E-12	0,00
Siltos 2	λ	0,420	0,462	0,000512	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0090	0	0,00	0	0,00
	E	11	1,1	12,1	0,00051	-0,000624	-0,000002	0,000002	-0,000002	0,000002	9,0000	2,97521E-11	2,00	2,97521E-11	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000512	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	0	0,00	0	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000512	-0,000624	0,000000	0,000002	0,000000	0,000015	0,0112	0	0,00	2,54079E-12	0,00
Áreas com Finos 2	λ	0,006	0,0006	0,007	0,000512	-0,000624	0,000000	0,000002	0,000000	0,003333	0,000001	0	0,00	1,11111E-11	0,00
	E	13	1,3	14,3	0,000510978	-0,000624	-0,000001	0,000002	-0,000001	0,000002	6,2500	3,8624E-12	0,26	1,47929E-11	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000512	-0,000624	0,000000	0,000002	0,000000	0,000026	0,0006	0	0,00	4,10914E-13	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00051	-0,000624	-0,000002	0,000002	-0,000015	0,000015	0,0112	2,54079E-12	0,17	2,54079E-12	0,00
Turfas 1	λ	0,783	0,0783	0,861	0,000512	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0313290	0	0,00	0	0,00
	E	22	2,2	24,2	0,000512	-0,000624	0,000000	0,000002	0,000000	0,000001	53,2900000	0	0,00	4,40413E-11	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000512	-0,000624	0,000000	0,000002	0,000000	0,000026	0,0006250	0	0,00	4,10914E-13	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000512	-0,00066	0,000000	-0,000034	0,000000	-0,000256	0,0112360	0	0,00	7,34288E-10	0,05
Águas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000512	-0,000624	0,000000	0,000002	0,000000	0,000145	0,0164	0	0,00	3,44129E-10	0,02
	E	51	5,1	56,1	0,000512	-0,000624	0,000000	0,000002	0,000000	0,000000	266,7767	0	0,00	4,10268E-11	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000510978	-0,000624	-0,000001	0,000002	-0,000013	0,000026	0,0006	1,07289E-13	0,01	4,10914E-13	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000510978	-0,000626	-0,000001	0,000000	-0,000008	0,000000	0,0112	6,63396E-13	0,04	0	0,00
Siltos 3	λ	0,420	0,462	0,000514	-0,000576	0,000002	0,000050	0,000048	0,001191	0,0090	2,04941E-11	1,38	1,28088E-08	0,79	
	E	11	1,1	12,1	0,000508	-0,000602	-0,000004	0,000024	-0,000004	0,000022	9,0000	1,19008E-10	8,01	4,2843E-09	0,27
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000508	-0,000622	-0,000004	0,000004	-0,000051	0,000051	0,0006	1,64366E-12	0,11	1,64366E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000508	-0,000626	-0,000004	0,000000	-0,000030	0,000000	0,0112	1,01632E-11	0,68	0	0,00
Áreas com Finos 3	λ	0,006	0,0006	0,007	0,000512	-0,000624	0,000000	0,000002	0,000000	0,003333	0,000001	3,34363E-35	0,00	1,11111E-11	0,00
	E	13	1,3	14,3	0,000506	-0,00062	-0,000006	0,000006	-0,000005	0,000005	6,2500	1,33136E-10	8,96	1,33136E-10	0,01
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00051	-0,000624	-0,000002	0,000002	-0,000026	0,000026	0,0006	4,10914E-13	0,03	4,10914E-13	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000512	-0,000628	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,000015	0,0112	7,64591E-36	0,00	2,54079E-12	0,00
Águas 3	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000510978	-0,000498	-0,000001	0,000128	-0,000074	0,009275	0,0164	8,98517E-11	6,05	1,40955E-06	87,46
	E	51	5,1	56,1	0,000508982	-0,0005	-0,000003	0,000126	-0,000001	0,000025	266,7767	9,34191E-11	6,29	1,62835E-07	10,10
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00051	-0,000622	-0,000002	0,000004	-0,000026	0,000051	0,0006	4,10914E-13	0,03	1,64366E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000512974	-0,000552	0,000001	0,000074	0,000007	0,000556	0,0112	6,0266E-13	0,04	3,47834E-09	0,22
Áreas com Finos 4	λ	0,006	0,0006	0,007	0,000512	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0	0,00	0	0,00
	E	13	1,3	14,3	0,000499002	-0,000616	-0,000013	0,000010	-0,000010	0,000008	6,2500	6,24808E-10	42,04	3,69822E-10	0,02
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000508	-0,000622	-0,000004	0,000004	-0,000051	0,000051	0,0006	1,64366E-12	0,11	1,64366E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000514	-0,000626	0,000002	0,000000	0,000015	0,000000	0,0112	2,54079E-12	0,17	8,13124E-36	0,00
											$\sigma^2(\beta)$ Total	0,0000000015	100	0,0000016117	100
											$\sigma(\beta)$	0,00004		0,00127	
Bjerrum(1963)	E(β Oeste)=	0,00051	P [X>x] Oeste	0,000000000000											
	E(β Leste)=	-0,00063	P [X>x] Leste	0,14035180000											
	βcr (1/500)=	0,002	βcr (1/150)=	0,007											
	CV(β Oeste)=	7,530	P [X>x] Oeste	0,000000000000											
CV(β Leste)=	202,801	P [X>x] Leste	0,00000026414												

Tabela E.10 FOSM Seção 19+600, Vs^r

FOSM - V _s ^r												
		Variável										
		(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r)ii	δ(V _s ^r)ii/δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r)ii/δXi]^2 x V[Xi]	
Siltos.1	λ	0,420	0,04197	0,04197	0,46167	1,42547989	0,01814977	-0,000003083	-0,00007345	0,0090	4,86949E-11	0,01
	E	11	1,1	1,1	12,1	1,42429459	0,01813468	-0,000018175	-0,00001652	9,0000	2,45691E-09	0,46
	M Oeste	0,78	0,078	0,078	0,858	1,41891243	0,01806615	-0,000086702	-0,00111157	0,0006	7,72242E-10	0,14
	M Leste	1,33	0,133	0,133	1,463	1,42549828	0,01815001	-0,000002849	-0,00002142	0,0112	5,1549E-12	0,00
Áreas com Finos.1	λ	0,006	0,0006	0,0006	0,0066	1,42327888	0,01812175	-0,000031107	-0,05184509	0,0000	2,68791E-09	0,50
	E	13	1,3	1,3	14,3	1,42221605	0,01810822	-0,000044639	-0,00003434	6,2500	7,36935E-09	1,37
	M Oeste	0,78	0,078	0,078	0,858	1,42571902	0,01815282	-0,000000038	-0,00000049	0,0006	1,50233E-16	0,00
	M Leste	1,33	0,133	0,133	1,463	1,42453715	0,01813777	-0,000015086	-0,00011343	0,0112	1,44566E-10	0,03
Argilas.1	λ	0,138	0,0138	0,0138	0,1518	1,42565057	0,01815195	-0,000000910	-0,00006592	0,0164	7,12031E-11	0,01
	E	51	5,1	5,1	56,1	1,42473958	0,01814035	-0,000012509	-0,00000245	266,7767	1,60487E-09	0,30
	M Oeste	0,78	0,078	0,078	0,858	1,42436092	0,01813553	-0,000017330	-0,00022218	0,0006	3,08526E-11	0,01
	M Leste	1,33	0,133	0,133	1,463	1,42573088	0,01815297	0,000000113	0,00000085	0,0112	8,07888E-15	0,00
Siltos.2	λ	0,420	0,04197	0,04197	0,462	1,42572152	0,01815285	-0,000000006	-0,00000015	0,0090	2,08064E-16	0,00
	E	11	1,1	1,1	12,1	1,42396369	0,01813047	-0,000022388	-0,00002035	9,0000	3,72803E-09	0,69
	M Oeste	0,78	0,078	0,078	0,858	1,42573579	0,01815303	0,000000175	0,000000225	0,0006	3,15891E-15	0,00
	M Leste	1,33	0,133	0,133	1,463	1,42571801	0,01815281	-0,000000051	-0,00000038	0,0112	1,65089E-15	0,00
Áreas com Finos.2	λ	0,006	0,0006	0,0006	0,0066	1,42585178	0,01815451	0,000001652	0,00275369	0,0000	7,5828E-12	0,00
	E	13	1,3	1,3	14,3	1,42458823	0,01813842	-0,000014436	-0,00001110	6,2500	7,70684E-10	0,14
	M Oeste	0,78	0,078	0,078	0,858	1,42571002	0,01815270	-0,000000153	-0,000000196	0,0006	2,39913E-15	0,00
	M Leste	1,33	0,133	0,133	1,463	1,42550953	0,01815015	-0,000002705	-0,00002034	0,0112	4,64934E-12	0,00
Turfas.1	λ	0,783	0,0783	0,0783	0,8613	1,42589303	0,01815503	0,000002177	0,00002781	0,0313	2,4227E-11	0,00
	E	22	2,2	2,2	24,2	1,42512197	0,01814522	-0,000007640	-0,00000347	53,2900	6,42674E-10	0,12
	M Oeste	0,78	0,078	0,078	0,858	1,42513478	0,01814538	-0,000007477	-0,00009586	0,0006	5,74297E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	0,133	1,463	1,42897597	0,01819429	0,000041431	0,00031151	0,0112	1,09031E-09	0,20
Argilas.2	λ	0,138	0,0138	0,0138	0,152	1,42543145	0,01814916	-0,000003700	-0,00026809	0,0164	1,17759E-09	0,22
	E	51	5,1	5,1	56,1	1,42543145	0,01814916	-0,000003700	-0,00000073	266,7767	1,40391E-10	0,03
	M Oeste	0,78	0,078	0,078	0,858	1,42467062	0,01813947	-0,000013387	-0,00017163	0,0006	1,84096E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	0,133	1,463	1,42561042	0,01815144	-0,000001421	-0,00001068	0,0112	1,28244E-12	0,00
Siltos.3	λ	0,420	0,04197	0,04197	0,46167	1,43090405	0,01821884	0,000065980	0,00157207	0,0090	2,23043E-08	4,15
	E	11	1,1	1,1	12,1	1,42171182	0,01810180	-0,000051059	-0,00004642	9,0000	1,93914E-08	3,61
	M Oeste	0,78	0,078	0,078	0,858	1,42395974	0,01813042	-0,000022438	-0,00028767	0,0006	5,17204E-11	0,01
	M Leste	1,33	0,133	0,133	1,463	1,42481335	0,01814129	-0,000011570	-0,00008699	0,0112	8,50242E-11	0,02
Áreas com Finos.3	λ	0,006	0,0006	0,0006	0,0066	1,42665073	0,01816468	0,000011825	0,01970789	0,0000	3,88401E-10	0,07
	E	13	1,3	1,3	14,3	1,41746997	0,01804779	-0,000105068	-0,00008082	6,2500	4,0826E-08	7,59
	M Oeste	0,78	0,078	0,078	0,858	1,42459860	0,01813855	-0,000014304	-0,00018338	0,0006	2,10182E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	0,133	1,463	1,42484695	0,01814171	-0,000011142	-0,00008377	0,0112	7,88521E-11	0,01
Argilas.3	λ	0,138	0,0138	0,0138	0,1518	1,42351444	0,01812475	-0,000028108	-0,00203680	0,0164	6,79697E-08	12,64
	E	51	5,1	5,1	56,1	1,41468235	0,01801230	-0,000140561	-0,00002756	266,7767	2,02647E-07	37,68
	M Oeste	0,78	0,078	0,078	0,858	1,42462797	0,01813893	-0,000013930	-0,00017859	0,0006	1,99335E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	0,133	1,463	1,42397362	0,01813060	-0,000022261	-0,00016738	0,0112	3,1478E-10	0,06
Áreas com Finos.4	λ	0,006	0,0006	0,0006	0,0066	1,42791598	0,01818079	0,000027934	0,04655731	0,0000	2,16758E-09	0,40
	E	13	1,3	1,3	14,3	1,40945601	0,01794575	-0,000207105	-0,00015931	6,2500	1,58626E-07	29,49
	M Oeste	0,78	0,078	0,078	0,858	1,42281869	0,01811589	-0,000036966	-0,00047393	0,0006	1,40379E-10	0,03
	M Leste	1,33	0,133	0,133	1,463	1,42552486	0,01815035	-0,000002510	-0,00001887	0,0112	4,00266E-12	0,00
										σ ² (V _s ^r) Total	0,000005378396858	100
										σ(V _s ^r)	0,000733376	
MAIR (2008)		E(V _s)=	1,42572202									
		V _s ^r cr (1%)=	0,03									
		E(V _s ^r)=	0,018152857									
		CV(V _s ^r)=	4,0									
		P [X>x] =	5,30E-59									

Tabela E.11 FOSM Seção 20+100, β

FOSM - β												(δβii/δXi)^2 x V[Xi]		(δβii/δXi)^2 x V[Xi]							
Variável												Oeste		Leste							
	(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	β Oeste	β Leste	δβii Oeste	δβii Leste	δβii/δXi Oeste	δβii/δXi Leste	V[Xi]										
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000362	-0,00037	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0	0,00	1,06819E-33	0,00						
	E	51	5,1	56,1	0,00036	-0,000368	-0,000002	0,000002	0,000000	0,000000	266,7767	4,10268E-11	1,35	4,10268E-11	1,87						
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00036	-0,000368	-0,000002	0,000002	-0,000026	0,000026	0,0006	4,10914E-13	0,01	4,10914E-13	0,02						
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000358717	-0,000368	-0,000003	0,000002	-0,000025	0,000015	0,0112	6,8444E-12	0,23	2,54079E-12	0,12						
Siltes 1	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000359281	-0,00037	-0,000003	0,000000	-0,000065	0,000000	0,0090	3,78659E-11	1,25	6,36146E-35	0,00						
	E	11	1,1	12,1	0,000358717	-0,000364	-0,000003	0,000006	-0,000003	0,000005	9,0000	8,01464E-11	2,64	2,67769E-10	12,22						
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000364729	-0,000368	0,000003	0,000002	0,000035	0,000026	0,0006	7,65322E-13	0,03	4,10914E-13	0,02						
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000360721	-0,00037	-0,000001	0,000000	-0,000010	0,000000	0,0112	1,03836E-12	0,03	7,88671E-36	0,00						
Turfas	λ	0,783	0,0783	0,861	0,000360721	-0,00037	-0,000001	0,000000	-0,000016	0,000000	0,0313290	8,3534E-12	0,28	6,34469E-35	0,00						
	E	22	2,2	24,2	0,000360721	-0,000368	-0,000001	0,000002	-0,000001	0,000001	53,2900000	1,79987E-11	0,59	4,40413E-11	2,01						
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000360721	-0,000368	-0,000001	0,000002	-0,000016	0,000026	0,0006250	1,67931E-13	0,01	4,10914E-13	0,02						
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000360721	-0,000368	-0,000001	0,000002	-0,000010	0,000015	0,0112360	1,03836E-12	0,03	2,54079E-12	0,12						
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	0,00036	-0,00037	-0,000002	0,000000	-0,000145	0,000000	0,0164	3,44129E-10	11,34	1,06819E-33	0,00						
	E	51	5,1	56,1	0,000362725	-0,00037	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	5,39788E-12	0,18	1,27349E-34	0,00						
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000359281	-0,000368	-0,000003	0,000002	-0,000035	0,000026	0,0006	7,59223E-13	0,03	4,10914E-13	0,02						
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000361277	-0,00037	-0,000001	0,000000	-0,000005	0,000000	0,0112	3,31627E-13	0,01	7,88671E-36	0,00						
Siltes 2	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000363273	-0,000364	0,000001	0,000006	0,000030	0,000143	0,0090	8,30874E-12	0,27	1,84447E-10	8,42						
	E	11	1,1	12,1	0,000358	-0,000362	-0,000004	0,000008	-0,000008	0,000007	9,0000	1,19008E-10	3,92	4,76033E-10	21,73						
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000356	-0,000368	-0,000006	0,000002	-0,000077	0,000026	0,0006	3,69822E-12	0,12	4,10914E-13	0,02						
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000365269	-0,000372	0,000003	-0,000002	0,000025	-0,000015	0,0112	6,78986E-12	0,22	2,54079E-12	0,12						
Areias 1	λ	0,003	0,0003	0,003	0,00036	-0,00037	-0,000002	0,000000	-0,006667	0,000000	0,0000005	2,17778E-11	0,72	0	0,00						
	E	125	12,5	137,5	0,000357285	-0,000366	-0,000005	0,000004	0,000000	0,000000	625,0000000	8,89087E-11	2,93	6,4E-11	2,92						
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000359281	-0,000368	-0,000003	0,000002	-0,000035	0,000026	0,0006250	7,59223E-13	0,03	4,10914E-13	0,02						
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000359281	-0,000368	-0,000003	0,000002	-0,000020	0,000015	0,0112360	4,69448E-12	0,15	2,54079E-12	0,12						
Areias com Finos	λ	0,006	0,0006	0,007	0,000361277	-0,00037	-0,000001	0,000000	-0,001204	0,000000	0,000001	1,45024E-12	0,05	3,44893E-35	0,00						
	E	13	1,3	14,3	0,000357285	-0,000364	-0,000005	0,000006	-0,000004	0,000005	6,2500	8,22011E-11	2,71	1,33136E-10	6,08						
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000359281	-0,000368	-0,000003	0,000002	-0,000035	0,000026	0,0006	7,59223E-13	0,03	4,10914E-13	0,02						
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000361277	-0,00037	-0,000001	0,000000	-0,000005	0,000000	0,0112	3,31627E-13	0,01	0	0,00						
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000359281	-0,000368	-0,000003	0,000002	-0,000197	0,000145	0,0164	6,35829E-10	20,96	3,44129E-10	15,71						
	E	51	5,1	56,1	0,000359281	-0,000368	-0,000003	0,000002	-0,000001	0,000000	266,7767	7,5803E-11	2,50	4,10268E-11	1,87						
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000357285	-0,000368	-0,000005	0,000002	-0,000060	0,000026	0,0006	2,28336E-12	0,08	4,10914E-13	0,02						
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000362	-0,00037	-0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	7,88671E-36	0,00						
Siltes 3	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000364729	-0,000372	0,000003	-0,000002	0,000065	-0,000048	0,0090	3,817E-11	1,26	2,04941E-11	0,94						
	E	11	1,1	12,1	0,000360721	-0,000368	-0,000001	0,000002	-0,000001	0,000002	9,0000	1,2159E-11	0,40	2,97521E-11	1,36						
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000360721	-0,00037	-0,000001	0,000000	-0,000016	0,000000	0,0006	1,67931E-13	0,01	0	0,00						
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000362	-0,00037	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	7,88671E-36	0,00	7,88671E-36	0,00						
Areias 2	λ	0,003	0,0003	0,003	0,000362	-0,00037	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000005	0	0,00	0	0,00						
	E	125	12,5	137,5	0,000360721	-0,000368	-0,000001	0,000002	0,000000	0,000000	625,0000000	6,53883E-12	0,22	1,6E-11	0,73						
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000360721	-0,000368	-0,000001	0,000002	-0,000016	0,000026	0,0006	1,67931E-13	0,01	4,10914E-13	0,02						
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000362	-0,000368	0,000000	0,000002	0,000000	0,000015	0,0112	0	0,00	2,54079E-12	0,12						
Argilas 4	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000366	-0,000372	0,000004	-0,000002	0,000290	-0,000145	0,0164	1,37652E-09	45,37	3,44129E-10	15,71						
	E	51	5,1	56,1	0,000362	-0,000366	0,000000	0,000004	0,000000	0,000001	266,7767	1,27349E-34	0,00	1,64107E-10	7,49						
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00036	-0,000366	-0,000002	0,000004	-0,000026	0,000051	0,0006	4,10914E-13	0,01	1,64366E-12	0,08						
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000363273	-0,000372	0,000001	-0,000002	0,000010	-0,000015	0,0112	1,03009E-12	0,03	2,54079E-12	0,12						
												σ²(β) Total		0,0000000030		100		0,0000000022		100	
												σ(β)		0,00006				0,00005			
E(β Oeste)=			0,00036			P [X>x] Oeste			0,00000000000												
E(β Leste)=			-0,00037			P [X>x] Leste			0,00000000000												
Bjerrum(1963) βcr (1/500)=			0,002			βcr (1/150)=			0,007												
CV(β Oeste)=			15,216			P [X>x] Oeste			0,00000000000												
CV(β Leste)=			12,650			P [X>x] Leste			0,00000000000												

Tabela E.12 FOSM Seção 20+100, Vs^r

FOSM - V _s ^r											
Variável											
	(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r) _{ii}	δ(V _s ^r) _{ii} /δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r) _{ii} /δXi] ² x V[Xi]	
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,72453506	0,02195746	-0,000006233	-0,00045168	0,0164	3,34252E-09	0,05
	E	51	5,1	56,1	1,72530547	0,02196727	0,000003576	0,00000070	266,7767	1,31161E-10	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,72621966	0,02197891	0,000015216	0,00019507	0,0006	2,37838E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,72623492	0,02197911	0,000015410	0,00011587	0,0112	1,50841E-10	0,00
Siltes 1	λ	0,420	0,04197	0,46167	1,73375449	0,02207485	0,000111152	0,00264837	0,0090	6,33003E-08	1,02
	E	11	1,1	12,1	1,71721089	0,02186421	-0,000099487	-0,00009044	9,0000	7,36196E-08	1,19
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,72118061	0,02191475	-0,000048943	-0,000062748	0,0006	2,46081E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,72487122	0,02196174	-0,000001953	-0,00001468	0,0112	2,42267E-12	0,00
Turfas 1	λ	0,783	0,0783	0,8613	1,70651045	0,02172797	-0,000235730	-0,000301060	0,0313	2,83956E-07	4,59
	E	22	2,2	24,2	1,70787946	0,02174540	-0,000218299	-0,00009923	53,2900	5,2469E-07	8,49
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,72234556	0,02192958	-0,000034111	-0,00043732	0,0006	1,19529E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,72478185	0,02196060	-0,000003091	-0,00002324	0,0112	6,0685E-12	0,00
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	1,73240313	0,02205764	0,000093946	0,00680770	0,0164	7,59313E-07	12,28
	E	51	5,1	56,1	1,72816218	0,02200364	0,000039949	0,00000783	266,7767	1,63687E-08	0,26
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,72430061	0,02195448	-0,000009218	-0,00011818	0,0006	8,72937E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,72292341	0,02193694	-0,000026753	-0,00020115	0,0112	4,54637E-10	0,01
Siltes 2	λ	0,420	0,04197	0,46167	1,75494444	0,02234465	0,000380951	0,00907675	0,0090	7,43546E-07	12,03
	E	11	1,1	12,1	1,71412927	0,02182497	-0,000138724	-0,00012611	9,0000	1,43139E-07	2,32
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,72439849	0,02195572	-0,000007972	-0,00010221	0,0006	6,52871E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,71892063	0,02188598	-0,000077718	-0,000058435	0,0112	3,83668E-09	0,06
Áreas 1	λ	0,003	0,0003	0,0033	1,72502461	0,02196370	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	1,71945953	0,02189284	-0,000070857	-0,00000567	625,0000	2,00828E-08	0,32
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,72431178	0,02195462	-0,000009076	-0,00011636	0,0006	8,46219E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,72501870	0,02196362	-0,000000075	-0,00000057	0,0112	3,59061E-15	0,00
Áreas com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,007	1,72642862	0,02198157	0,000017876	0,02979408	0,0000	8,87687E-10	0,01
	E	13	1,3	14,3	1,71602301	0,02184908	-0,000114612	-0,00008816	6,2500	4,85795E-08	0,79
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,72431178	0,02195462	-0,000009076	-0,00011636	0,0006	8,46219E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,72502305	0,02196368	-0,000000020	-0,00000015	0,0112	2,49796E-16	0,00
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,71483038	0,02183390	-0,000129797	-0,00940558	0,0164	1,44941E-06	23,45
	E	51	5,1	56,1	1,71483038	0,02183390	-0,000129797	-0,00002545	266,7767	1,72797E-07	2,80
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,72125528	0,02191570	-0,000047993	-0,000061529	0,0006	2,36613E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,72544106	0,02196900	0,000005302	0,00003987	0,0112	1,78588E-11	0,00
Siltes 3	λ	0,420	0,04197	0,46167	1,73467481	0,02208657	0,000122870	0,00292757	0,0090	7,73503E-08	1,25
	E	11	1,1	12,1	1,72258955	0,02193269	-0,000031004	-0,00002819	9,0000	7,14986E-09	0,12
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,72426644	0,02195404	-0,000009653	-0,00012376	0,0006	9,5728E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,72467982	0,02195931	-0,000004390	-0,00003301	0,0112	1,22415E-11	0,00
Áreas 2	λ	0,003	0,0003	0,0033	1,72502461	0,02196370	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	1,72443658	0,02195621	-0,000007487	-0,00000060	625,0000	2,24223E-10	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,72447608	0,02195671	-0,000006984	-0,00008954	0,0006	5,01083E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,72508510	0,02196447	0,000000770	0,00000579	0,0112	3,76849E-13	0,00
Argilas 4	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,71709109	0,02186268	-0,000101013	-0,00731976	0,0164	8,77836E-07	14,20
	E	51	5,1	56,1	1,70161645	0,02166565	-0,000298042	-0,00005844	266,7767	9,11092E-07	14,74
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,72264147	0,02193335	-0,000030343	-0,00038901	0,0006	9,4582E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,72524544	0,02196651	0,000002812	0,00002114	0,0112	5,02172E-12	0,00
$\sigma^2(V_s^r)$ Total										0,0000061820690130	100
$\sigma(V_s^r)$										0,002486377	
MAIR (2008)	E(V _s)=		1,72502461								
	V _s ^r cr (1%)=		0,03								
	E(V _s ^r)=		0,021963695								
	CV(V _s ^r)=		11,3								
	P [X>x]=		0,000614346								

Tabela E.13 FOSM Seção 20+400, β

FOSM - β													(δβii/δXi)^2 × V[Xi]		(δβii/δXi)^2 × V[Xi]	
Variável													Oeste		Leste	
(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	β Oeste	β Leste	δβii Oeste	δβii Leste	δβii/δXi Oeste	δβii/δXi Leste	V[Xi]						
Árguas 1	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000836	-0,000628	-0,000002	-0,000002	-0,000168	-0,000145	0,0164	4,644E-10	5,37	3,44129E-10	6,61	
	E	51	5,1	56,1	0,000836	-0,000626	-0,000002	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	5,53653E-11	0,64	5,25189E-34	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000838323	-0,000612	0,000000	0,000014	0,000000	0,000000	0,0000179	0,0006	5,10197E-36	0,00	2,01348E-11	0,39
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000838323	-0,00063	0,000000	-0,000004	0,000000	-0,000030	0,0112	0	0,00	1,01632E-11	0,20	
Siltas 1	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000838	-0,000628	0,000000	-0,000002	-0,000008	-0,000048	0,0090	5,35703E-13	0,01	2,04941E-11	0,39	
	E	11	1,1	12,1	0,000834	-0,000618	-0,000004	0,000008	-0,000004	0,000007	9,0000	1,39027E-10	1,61	4,76033E-10	9,14	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000830339	-0,000622	-0,000002	0,000004	-0,000102	0,000051	0,0006	6,5484E-12	0,08	1,64366E-12	0,03	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000838323	-0,000628	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,000015	0,0112	0	0,00	2,54079E-12	0,05	
Turfas 1	λ	0,783	0,0783	0,861	0,000838323	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0313290	0	0,00	2,61656E-34	0,00	
	E	22	2,2	24,2	0,000838323	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	53,2900000	5,46824E-34	0,00	5,63779E-34	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000846	-0,000628	0,000008	-0,000002	0,000098	-0,000026	0,0006250	6,05388E-12	0,07	4,10914E-13	0,01	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000838323	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112360	3,15468E-35	0,00	3,2525E-35	0,00	
Árguas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000838323	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0,000000	0,00	0,00	0,00	
	E	51	5,1	56,1	0,000838	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	1,07241E-12	0,01	5,25189E-34	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000838323	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	5,10197E-36	0,00	5,26016E-36	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000838323	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	3,2525E-35	0,00	
Siltas 2	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000848303	-0,000626	0,000010	0,000000	0,000238	0,000000	0,0090	5,1031E-10	5,90	2,62348E-34	0,00	
	E	11	1,1	12,1	0,000842	-0,000624	0,000004	0,000002	0,000003	0,000002	9,0000	1,00545E-10	1,16	2,97521E-11	0,57	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000830339	-0,000622	-0,000008	0,000004	-0,000102	0,000051	0,0006	6,5484E-12	0,08	1,64366E-12	0,03	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000836327	-0,00062743	-0,000002	-0,000003	-0,000015	-0,000021	0,0112	2,53066E-12	0,03	4,7756E-12	0,09	
Árguas 3	λ	0,003	0,0003	0,003	0,000838323	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000005	0	0,00	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	0,000838	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	625,0000000	4,18229E-13	0,00	0	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000838	-0,000626	0,000000	0,000000	-0,000004	0,000000	0,0006250	1,0741E-14	0,00	0	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000838323	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112360	3,15468E-35	0,00	3,2525E-35	0,00	
Árguas 4	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000842315	-0,000624	0,000004	0,000002	0,000289	0,000145	0,0164	1,37103E-09	15,86	3,44129E-10	6,61	
	E	51	5,1	56,1	0,00084331	-0,000622	-0,000004	0,000004	-0,000001	0,000001	266,7767	1,63453E-10	1,89	1,64107E-10	3,15	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00083	-0,000618	-0,000008	0,000008	-0,000107	0,000103	0,0006	7,11684E-12	0,08	6,57462E-12	0,13	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000846	-0,000626	0,000008	0,000000	0,000058	0,000000	0,0112	3,74327E-11	0,43	3,2525E-35	0,00	
Áreas com Fins 1	λ	0,006	0,0006	0,007	0,000838323	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0	0,00	1,42235E-34	0,00	
	E	13	1,3	14,3	0,000838323	-0,000624	0,000000	0,000002	0,000000	0,000002	6,2500	1,83671E-34	0,00	1,47929E-11	0,28	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000838	-0,000626	0,000000	0,000000	-0,000004	0,000000	0,0006	1,0741E-14	0,00	5,26016E-36	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00084	-0,000626	0,000002	0,000000	0,000013	0,000000	0,0112	1,78563E-12	0,02	3,2525E-35	0,00	
Siltas 3	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000842	-0,000630739	0,000004	-0,000005	0,000266	-0,000343	0,0164	1,16296E-09	13,46	1,93174E-09	37,08	
	E	51	5,1	56,1	0,00084331	-0,000624	-0,000004	0,000002	-0,000001	0,000000	266,7767	1,63453E-10	1,89	4,10268E-11	0,79	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000826347	-0,000618	-0,000012	0,000008	-0,000154	0,000103	0,0006	1,47339E-11	0,17	6,57462E-12	0,13	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000848	-0,000636727	0,000010	-0,000011	0,000073	-0,000081	0,0112	5,94783E-11	0,69	7,3085E-11	1,40	
Áreas com Fins 2	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000842315	-0,00063	0,000004	-0,000004	0,000095	-0,000095	0,0090	8,16496E-11	0,94	8,19765E-11	1,57	
	E	11	1,1	12,1	0,000834	-0,000622	-0,000004	0,000004	-0,000004	0,000004	9,0000	1,39027E-10	1,61	1,19008E-10	2,28	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000834	-0,00063	-0,000004	-0,000004	-0,000055	-0,000051	0,0006	1,92014E-12	0,02	1,64366E-12	0,03	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000846	-0,000634731	0,000008	-0,000009	0,000058	-0,000066	0,0112	3,74327E-11	0,43	4,84162E-11	0,93	
Siltas 4	λ	0,006	0,0006	0,007	0,000838323	-0,000626	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	1,37957E-34	0,00	0	0,00	
	E	13	1,3	14,3	0,000836	-0,000626	-0,000002	0,000000	-0,000002	0,000000	6,2500	1,99629E-11	0,23	1,89366E-34	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000836	-0,000628	-0,000002	-0,000002	-0,000030	-0,000026	0,0006	5,54525E-13	0,01	4,10914E-13	0,01	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00084	-0,000628	0,000002	-0,000002	0,000013	-0,000015	0,0112	1,78563E-12	0,02	2,54079E-12	0,05	
Turfas 2	λ	0,420	0,04197	0,462	0,00086	-0,000638	0,000022	-0,000012	0,000516	-0,000286	0,0090	2,40743E-09	27,86	7,37788E-10	14,16	
	E	11	1,1	12,1	0,000828343	-0,00062	-0,000010	0,000006	-0,000009	0,000005	9,0000	7,40835E-10	8,57	2,67769E-10	5,14	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000824351	-0,000618	-0,000014	0,000008	-0,000179	0,000103	0,0006	2,00545E-11	0,23	6,57462E-12	0,13	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000854291	-0,000640719	0,000016	-0,000015	0,000120	-0,000111	0,0112	1,61962E-10	1,87	1,37607E-10	2,64	
Turfas 1	λ	0,783	0,0783	0,861	0,000850299	-0,00063	0,000012	-0,000004	0,000153	-0,000051	0,0313290	7,32909E-10	8,48	8,17604E-11	1,57	
	E	22	2,2	24,2	0,000838323	-0,000622	0,000000	0,000004	0,000000	0,000002	53,2900000	0	0,00	1,76165E-10	3,38	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000834331	-0,000618762	-0,000004	0,000007	-0,000051	0,000093	0,0006250	1,6371E-12	0,02	5,3811E-12	0,10	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000844	-0,000634731	0,000006	-0,000009	0,000043	-0,000066	0,0112360	2,04688E-11	0,24	4,84162E-11	0,93	
											σ²(β) Total	0,0000000086	100	0,0000000052	100	
											σ(β)	0,00009		0,00007		
		E(β Oeste)=	0,00084	P [X>x] Oeste		0,000000000000										
		E(β Leste)=	-0,00063	P [X>x] Leste		0,000000000000										
Bjerrum(1963)		βcr (1/500)=	0,002	βcr (1/150)=		0,007										
		CV(β Oeste)=	11,089	P [X>x] Oeste		0,000000000000										
		CV(β Leste)=	11,530	P [X>x] Leste		0,000000000000										

Tabela E.14 FOSM Seção 20+400, Vs^r

FOSM - Vs ^r											
Variável											
	(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	Vs	Vs ^r	δ(Vs ^r)ii	δ(Vs ^r)ii/δXi	V[Xi]	[δ(Vs ^r)ii/δXi]^2 x V[Xi]	
Águas 1	λ	0,138	0,0138	0,1518	2,38817256	0,03040716	0,000002532	0,00018350	0,0164	5,51684E-10	0,01
	E	51	5,1	56,1	2,38730598	0,03039612	-0,000008501	-0,00000167	266,7767	7,41283E-10	0,01
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,39001736	0,03043065	0,000026021	0,00033360	0,0006	6,95565E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,38779162	0,03040231	-0,000002318	-0,00001743	0,0112	3,41309E-12	0,00
Sites 1	λ	0,420	0,04197	0,46167	2,38780164	0,03040243	-0,000002191	-0,00005219	0,0090	2,45842E-11	0,00
	E	11	1,1	12,1	2,38127564	0,03031934	-0,000085282	-0,00007753	9,0000	5,40969E-08	1,08
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,38247251	0,03033458	-0,000070043	-0,00089799	0,0006	5,03988E-10	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,38797206	0,03040460	-0,000000021	-0,00000015	0,0112	2,67583E-16	0,00
Turfas 1	λ	0,783	0,0783	0,8613	2,38851072	0,03041146	0,000006838	0,00008733	0,0313	2,38926E-10	0,00
	E	22	2,2	24,2	2,38713773	0,03039398	-0,000010644	-0,00000484	53,2900	1,24732E-09	0,02
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,38651597	0,03038607	-0,000018560	-0,00023795	0,0006	3,53874E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,38371023	0,03035034	-0,000054284	-0,00040815	0,0112	1,87176E-09	0,04
Águas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	2,38853874	0,03041182	0,000007195	0,00052135	0,0164	4,45324E-09	0,09
	E	51	5,1	56,1	2,38795787	0,03040442	-0,000000201	-0,00000004	266,7767	4,15668E-13	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,38795185	0,03040435	-0,000000278	-0,00000356	0,0006	7,93413E-15	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,38754842	0,03039921	-0,000005415	-0,00004071	0,0112	1,86222E-11	0,00
Sites 2	λ	0,420	0,04197	0,46167	2,40201420	0,03058339	0,000178770	0,00425946	0,0090	1,63741E-07	3,26
	E	11	1,1	12,1	2,38081189	0,03031344	-0,000091187	-0,00008290	9,0000	6,18472E-08	1,23
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,38247251	0,03033458	-0,000070043	-0,00089799	0,0006	5,03988E-10	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,38440527	0,03035919	-0,000045434	-0,00034161	0,0112	1,31122E-09	0,03
Áreas 1	λ	0,003	0,0003	0,0033	2,38797368	0,03040463	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	2,38731620	0,03039625	-0,000008371	-0,00000067	625,0000	2,80314E-10	0,01
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,38769273	0,03040105	-0,000003577	-0,00004586	0,0006	1,3145E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,38795704	0,03040441	-0,000000212	-0,00000159	0,0112	2,84937E-14	0,00
Águas 3	λ	0,138	0,0138	0,152	2,39442289	0,03048674	0,000082114	0,00595028	0,0164	5,80089E-07	11,55
	E	51	5,1	56,1	2,37952522	0,03029706	-0,000107569	-0,00002109	266,7767	1,18681E-07	2,36
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,38508117	0,03036780	-0,000036829	-0,00047216	0,0006	1,39335E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,38668991	0,03038828	-0,000016345	-0,00012290	0,0112	1,69708E-10	0,00
Áreas com Fitas 1	λ	0,006	0,0006	0,0066	2,38819097	0,03040739	0,000002767	0,00461104	0,0000	2,12617E-11	0,00
	E	13	1,3	14,3	2,38656019	0,03038663	-0,000017997	-0,00001384	6,2500	1,19783E-09	0,02
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,38755737	0,03039932	-0,000005301	-0,00006796	0,0006	2,88634E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,38797290	0,03040462	-0,000000010	-0,00000007	0,0112	6,23287E-17	0,00
Águas 4	λ	0,138	0,0138	0,1518	2,39039188	0,03043541	0,000030789	0,00223112	0,0164	8,15579E-08	1,62
	E	51	5,1	56,1	2,38436821	0,03035872	-0,000045906	-0,00000900	266,7767	2,16148E-08	0,43
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,38461825	0,03036190	-0,000042723	-0,00054773	0,0006	1,87502E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,38831312	0,03040895	0,000004322	0,00003250	0,0112	1,1865E-11	0,00
Sites 3	λ	0,420	0,04197	0,46167	2,40098629	0,03057031	0,000165682	0,00394762	0,0090	1,40643E-07	2,80
	E	11	1,1	12,1	2,38022172	0,03030592	-0,000098701	-0,00008973	9,0000	7,24604E-08	1,44
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,38512436	0,03036835	-0,000036279	-0,00046511	0,0006	1,35205E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,38796016	0,03040445	-0,000000172	-0,00000129	0,0112	1,88046E-14	0,00
Áreas com Fitas 2	λ	0,006	0,0006	0,0066	2,38821419	0,03040769	0,000003062	0,00510382	0,0000	2,6049E-11	0,00
	E	13	1,3	14,3	2,38411643	0,03035551	-0,000049112	-0,00003778	6,2500	8,92006E-09	0,18
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,38661481	0,03038732	-0,000017302	-0,00022182	0,0006	3,07513E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,38810826	0,03040634	0,000001714	0,00001288	0,0112	1,86502E-12	0,00
Sites 4	λ	0,420	0,04197	0,46167	2,44632279	0,03114755	0,000742924	0,01770131	0,0090	2,82786E-06	56,30
	E	11	1,1	12,1	2,36988401	0,03017430	-0,000230325	-0,00020939	9,0000	3,94583E-07	7,86
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,37642010	0,03025752	-0,000147105	-0,00188596	0,0006	2,22302E-09	0,04
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,38607293	0,03038042	-0,000024201	-0,00018196	0,0112	3,7203E-10	0,01
Turfas 2	λ	0,783	0,0783	0,8613	2,40843839	0,03066519	0,000260565	0,0032778	0,0313	3,4694E-07	6,91
	E	22	2,2	24,2	2,37934290	0,03029473	-0,000109890	-0,00004995	53,2900	1,3296E-07	2,65
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,38349354	0,03034758	-0,000057043	-0,00073132	0,0006	3,34266E-10	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,38854112	0,03041185	0,000007225	0,00005432	0,0112	3,31572E-11	0,00
									σ ² (Vs ^r) Total	0,0000050227395273	100
									σ(Vs ^r)	0,002241147	
MAIR (2008)	E(Vs)=	2,38797368									
	Vs ^r cr (1%)=	0,03									
	E(Vs ^r)=	0,030404625									
	CV(Vs ^r)=	7,4									
	P [X>x]=	0,5716371									

Tabela E.15 FOSM Seção 20+800, β

FOSM - β												$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$		$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$	
Variável												Oeste		Leste	
(Xi)	E (Xi)	δX_i (10%)	E (Xi)+ δX_i	β Oeste	β Leste	$\delta\beta_{ii}$ Oeste	$\delta\beta_{ii}$ Leste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Oeste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Leste	V[Xi]					
Siltos 1	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000619718	-0,000498994	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0090	0	0,00	0	0,00
	E	11	1,1	12,1	0,000617706	-0,000496982	-0,000002	0,000002	-0,000002	0,000002	9,0000	3,01123E-11	0,43	3,01123E-11	0,67
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000617706	-0,000496982	-0,000002	0,000002	-0,000026	0,000026	0,0006	4,1589E-13	0,01	4,1589E-13	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000617706	-0,000496982	-0,000002	0,000002	-0,000015	0,000015	0,0112	2,57155E-12	0,04	2,57155E-12	0,06
Areias com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,0066	0,000619718	-0,000498994	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0	0,00	0	0,00
	E	13	1,3	14,3	0,000619718	-0,000496982	0,000000	0,000002	0,000000	0,000002	6,2500	0	0,00	1,4972E-11	0,33
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00062173	-0,000496982	0,000002	0,000002	0,000026	0,000026	0,0006	4,1589E-13	0,01	4,1589E-13	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000619718	-0,000496982	0,000000	0,000002	0,000000	0,000015	0,0112	0	0,00	2,57155E-12	0,06
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000619718	-0,000498994	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0	0,00	4,40525E-33	0,00
	E	51	5,1	56,1	0,000617706	-0,000496982	-0,000002	0,000002	0,000000	0,000000	266,7767	4,15236E-11	0,59	4,15236E-11	0,92
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000617706	-0,000498994	-0,000002	0,000000	-0,000026	0,000000	0,0006	4,1589E-13	0,01	0	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000619718	-0,000496982	0,000000	0,000002	0,000000	0,000015	0,0112	0	0,00	2,57155E-12	0,06
Siltos 2	λ	0,420	0,04197	0,462	0,00062173	-0,000492958	0,000002	0,000006	0,000048	0,000144	0,0090	2,07423E-11	0,29	1,86681E-10	4,13
	E	11	1,1	12,1	0,000615694	-0,000486922	-0,000004	0,000012	-0,000004	0,000011	9,0000	1,20449E-10	1,70	1,08404E-09	24,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000595573	-0,000492958	-0,000024	0,000006	-0,000310	0,000077	0,0006	5,98881E-11	0,85	3,74301E-12	0,08
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000613682	-0,00050503	-0,000006	-0,000006	-0,000045	-0,000045	0,0112	2,3144E-11	0,33	2,3144E-11	0,51
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	0,000619718	-0,000498994	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0	0,00	4,40525E-33	0,00
	E	51	5,1	56,1	0,000617706	-0,000498994	-0,000002	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	4,15236E-11	0,59	0	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000617706	-0,00049497	-0,000002	0,000004	-0,000026	0,000052	0,0006	4,1589E-13	0,01	1,66356E-12	0,04
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00068008	-0,000501006	0,000060	-0,000002	0,000454	-0,000015	0,0112	2,3144E-09	32,71	2,57155E-12	0,06
Siltos 3	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000617706	-0,000498994	-0,000002	0,000000	-0,000048	0,000000	0,0090	2,07423E-11	0,29	0	0,00
	E	11	1,1	12,1	0,000617706	-0,000496982	-0,000002	0,000002	-0,000002	0,000002	9,0000	3,01123E-11	0,43	3,01123E-11	0,67
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000617706	-0,000496982	-0,000002	0,000002	-0,000026	0,000026	0,0006	4,1589E-13	0,01	4,1589E-13	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000647887	-0,000527163	0,000028	-0,000028	0,000212	-0,000212	0,0112	5,04025E-10	7,12	5,04025E-10	11,16
Areias com Finos 2	λ	0,006	0,0006	0,0066	0,00062173	-0,000496982	0,000002	0,000002	0,003353	0,003353	0,000001	1,12457E-11	0,16	1,12457E-11	0,25
	E	13	1,3	14,3	0,000587525	-0,000472837	-0,000032	0,000026	-0,000025	0,000020	6,2500	3,83284E-09	54,17	2,53027E-09	56,02
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000609658	-0,000484909	-0,000010	0,000014	-0,000129	0,000181	0,0006	1,03972E-11	0,15	2,03786E-11	0,45
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000623742	-0,00050503	0,000004	-0,000006	0,000030	-0,000045	0,0112	1,02862E-11	0,15	2,3144E-11	0,51
											$\sigma^2(\beta)$ Total	0,00000001	100	0,00000000	100
											$\sigma(\beta)$	0,00008		0,00007	
Bjerrum(1963)	E(β Oeste)=	0,00062		P [X>x] Oeste		0,00000000000									
	E(β Leste)=	-0,00050		P [X>x] Leste		0,00000000000									
	βcr (1/500)=	0,002		βcr (1/150)=		0,007									
	CV(β Oeste)=	13,574		P [X>x] Oeste		0,00000000000									
	CV(β Leste)=	13,468		P [X>x] Leste		0,00000000000									

Tabela E.16 FOSM Seção 20+800, Vs^r

FOSM - V _s ^r											
	Variável (Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r)ii	δ(V _s ^r)ii/δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r)ii/δXi]^2 x V[Xi]	
Siltos 1	λ	0,420	0,04197	0,46167	1,84274300	0,02346253	0,000002228	0,00005309	0,0090	2,54365E-11	0,00
	E	11	1,1	12,1	1,83963016	0,02342290	-0,000037406	-0,00003401	9,0000	1,04072E-08	0,19
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,84323902	0,02346885	0,000008544	0,00010953	0,0006	7,49862E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,84253249	0,02345985	-0,000000452	-0,00000340	0,0112	1,29817E-13	0,00
Areias com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,0066	1,83899013	0,02341475	-0,000045555	-0,07592465	0,0000	5,76455E-09	0,11
	E	13	1,3	14,3	1,84095495	0,02343977	-0,000020538	-0,00001580	6,2500	1,55994E-09	0,03
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,84251405	0,02345962	-0,000000687	-0,00000881	0,0006	4,84625E-14	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,84228026	0,02345664	-0,000003664	-0,00002755	0,0112	8,52548E-12	0,00
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,84540924	0,02349648	0,000036176	0,00262143	0,0164	1,1259E-07	2,06
	E	51	5,1	56,1	1,84277980	0,02346300	0,000002697	0,00000053	266,7767	7,45881E-11	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,84245858	0,02345891	-0,000001393	-0,00001786	0,0006	1,99372E-13	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,84258622	0,02346054	0,000000232	0,00000174	0,0112	3,41767E-14	0,00
Siltos 2	λ	0,420	0,04197	0,462	1,90511592	0,02425669	0,000796385	0,01897510	0,0090	3,24949E-06	59,37
	E	11	1,1	12,1	1,84951975	0,02354882	0,000088512	0,00008047	9,0000	5,82728E-08	1,06
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,83398160	0,02335098	-0,000109325	-0,00140161	0,0006	1,22782E-09	0,02
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,83216610	0,02332786	-0,000132441	-0,00099580	0,0112	1,11418E-08	0,20
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,1518	1,84540924	0,02349648	0,000036176	0,00262143	0,0164	1,1259E-07	2,06
	E	51	5,1	56,1	1,83569755	0,02337283	-0,000087477	-0,00001715	266,7767	7,8487E-08	1,43
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,84175059	0,02344990	-0,000010408	-0,00013343	0,0006	1,11274E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,84277297	0,02346291	0,000002610	0,00001962	0,0112	4,3264E-12	0,00
Siltos 3	λ	0,420	0,04197	0,46167	1,85008623	0,02355603	0,000095725	0,00228080	0,0090	4,69484E-08	0,86
	E	11	1,1	12,1	1,84181612	0,02345073	-0,000009573	-0,00000870	9,0000	6,81671E-10	0,01
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,84205619	0,02345379	-0,000006517	-0,00008355	0,0006	4,3625E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,88754052	0,02403291	0,000572608	0,00430532	0,0112	2,08268E-07	3,81
Areias com Finos 2	λ	0,006	0,0006	0,007	1,85115434	0,02356963	0,000109325	0,18220791	0,0000	3,31997E-08	0,61
	E	13	1,3	14,3	1,79189350	0,02281510	-0,000645208	-0,00049631	6,2500	1,53955E-06	28,13
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	1,82941303	0,02329281	-0,000167494	-0,00214736	0,0006	2,88198E-09	0,05
	M Leste	1,33	0,133	1,463	1,84100701	0,02344043	-0,000019875	-0,00014944	0,0112	2,50917E-10	0,00
									σ ² (V _s ^r) Total	0,000005473442985	100
									σ(V _s ^r)	0,002339539	
MAIR (2008)	E(V _s)=	1,84256800									
	V _s ^r cr (1%)=	0,03									
	E(V _s ^r)=	0,023460304									
	CV(V _s ^r)=	10,0									
	P [X>x] =	0,002592638									

Tabela E.17 FOSM Seção 21+400, β

FOSM - β		Variável										(δβii/δXi)^2 x V[Xi]		(δβii/δXi)^2 x V[Xi]			
		(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	β Oeste	β Leste	δβii Oeste	δβii Leste	δβii/δXi Oeste	δβii/δXi Leste	V[Xi]	Oeste	Leste	Oeste	Leste	
Argilas 1	λ	0,138	0,138	0,138	0,152	0,00050303	-0,00042656	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,000146	0,0164	0	0,00	3,48296E-10	9,67	
	E	51	5,1	56,1	0,00049697	-0,00043662	-0,000006	0,000004	-0,000001	0,000001	0,000001	266,7767	3,76738E-10	4,54	1,66094E-10	4,61	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000497984	-0,000438632	-0,000005	0,000002	-0,000065	0,000026	0,00006	0,0006	2,61613E-12	0,03	4,1589E-13	0,01	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,0005	-0,000442656	-0,000003	-0,000002	-0,000023	-0,000015	0,0112	5,83285E-12	0,07	2,57155E-12	0,07		
Siltos 1	λ	0,420	0,04197	0,462	0,0005	-0,000442656	-0,000003	-0,000002	-0,000072	-0,000048	0,0090	4,7048E-11	0,57	2,07423E-11	0,58		
	E	11	1,1	12,1	0,000495968	-0,00043662	-0,000007	0,000004	-0,000006	0,000004	9,0000	3,71007E-10	4,48	1,20449E-10	3,34		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,0005	-0,000444668	-0,000003	-0,000004	-0,000039	-0,000052	0,0006	9,43328E-13	0,01	1,66356E-12	0,05		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,0005	-0,000442656	-0,000003	-0,000002	-0,000023	-0,000015	0,0112	5,83285E-12	0,07	2,57155E-12	0,07		
Áreas 1	λ	0,003	0,0003	0,0033	0,00050303	-0,000440644	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000005	0	0,00	0	0,00		
	E	125	12,5	137,5	0,00050303	-0,000446668	0,000000	-0,000004	0,000000	0,000000	625,000000	0	0,00	6,4775E-11	1,80		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,0005	-0,000442656	-0,000003	-0,000002	-0,000039	-0,000026	0,0006250	9,43328E-13	0,01	4,1589E-13	0,01		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,0005	-0,000442656	-0,000003	-0,000002	-0,000023	-0,000015	0,0112360	5,83285E-12	0,07	2,57155E-12	0,07		
Argilas e Siltos 1	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000502016	-0,000438632	-0,000001	0,000002	-0,000024	0,000048	0,0090	5,2698E-12	0,06	2,07423E-11	0,58		
	E	11	1,1	12,1	0,0005	-0,000438632	-0,000003	0,000002	-0,000003	0,000002	9,0000	6,83013E-11	0,82	3,01123E-11	0,84		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000497984	-0,000432596	-0,000005	0,000008	-0,000065	0,000103	0,0006	2,61613E-12	0,03	6,65423E-12	0,18		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000504032	-0,000434608	0,000001	0,000006	0,000008	0,000045	0,0112	6,37683E-13	0,01	2,3144E-11	0,64		
Áreas com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,007	0,00050303	-0,000426559	0,000000	0,000014	0,000000	0,023474	0,000001	1,29308E-33	0,00	5,51037E-10	15,29		
	E	13	1,3	14,3	0,000498489	-0,000438632	-0,000005	0,000002	-0,000003	0,000002	6,2500	7,62558E-11	0,92	1,4972E-11	0,42		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,0005	-0,000440644	-0,000003	0,000000	-0,000039	0,000000	0,0006	9,43328E-13	0,01	0	0,00		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00050303	-0,000442656	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,000015	0,0112	2,95689E-34	0,00	2,57155E-12	0,07		
Argilas 2	λ	0,138	0,138	0,152	0,0005	-0,000442656	-0,000003	-0,000002	-0,000220	-0,000146	0,0164	7,90012E-10	9,53	3,48296E-10	9,67		
	E	51	5,1	56,1	0,000497984	-0,000442656	-0,000005	-0,000002	-0,000001	0,000000	266,7767	2,61202E-10	3,15	4,15236E-11	1,15		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000497984	-0,000442656	-0,000005	-0,000002	-0,000065	-0,000026	0,0006	2,61613E-12	0,03	4,1589E-13	0,01		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000502016	-0,000442656	-0,000001	-0,000002	-0,000008	-0,000015	0,0112	6,53331E-13	0,01	2,57155E-12	0,07		
Siltos 2	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000495968	-0,000438632	-0,000007	0,000002	-0,000168	0,000048	0,0090	2,5556E-10	3,08	2,07423E-11	0,58		
	E	11	1,1	12,1	0,000495968	-0,000438632	-0,000007	0,000002	-0,000006	0,000002	9,0000	3,71007E-10	4,48	3,01123E-11	0,84		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000497984	-0,000440644	-0,000005	0,000000	-0,000065	0,000000	0,0006	2,61613E-12	0,03	0	0,00		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000497984	-0,000440644	-0,000005	0,000000	-0,000038	0,000000	0,0112	1,61762E-11	0,20	0	0,00		
Áreas 2	λ	0,003	0,0003	0,0033	0,0005	-0,000440644	-0,000003	0,000000	-0,010101	0,000000	0,000005	4,99949E-11	0,60	0	0,00		
	E	125	12,5	137,5	0,0005	-0,000442656	-0,000003	-0,000002	0,000000	0,000000	625,000000	3,67309E-11	0,44	1,61937E-11	0,45		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,0005	-0,000440644	-0,000003	0,000000	-0,000039	0,000000	0,0006250	9,43328E-13	0,01	0	0,00		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00050303	-0,000442656	0,000007	-0,000002	0,000657	-0,000015	0,0112360	4,84448E-09	###	2,57155E-12	0,07		
Argilas e Siltos 2	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000504532	-0,000444668	0,000002	-0,000004	0,000036	-0,000096	0,0090	1,15498E-11	0,14	8,29691E-11	2,30		
	E	11	1,1	12,1	0,00049697	-0,00043662	-0,000006	0,000004	-0,000006	0,000004	9,000000	2,73205E-10	3,30	1,20449E-10	3,34		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,000498489	-0,00043662	-0,000005	0,000004	-0,000058	0,000052	0,0006	2,11822E-12	0,03	1,66356E-12	0,05		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,000504532	-0,000442656	0,000002	-0,000002	0,000011	-0,000015	0,0112	1,4319E-12	0,02	2,57155E-12	0,07		
Áreas com Finos 2	λ	0,006	0,0006	0,007	0,00050303	-0,000442656	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,003353	0,000001	1,29308E-33	0,00	1,12457E-11	0,31		
	E	13	1,3	14,3	0,000498994	-0,000440644	-0,000004	0,000000	-0,000003	0,000000	6,2500	6,02516E-11	0,73	0	0,00		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00050303	-0,000442656	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,000026	0,0006	0	0,00	4,1589E-13	0,01		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00050303	-0,000442656	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,000015	0,0112	0	0,00	2,57155E-12	0,07		
Argilas 3	λ	0,138	0,138	0,152	0,00050303	-0,000444668	0,000000	-0,000004	0,000000	-0,000292	0,0164	0	0,00	1,39319E-09	38,66		
	E	51	5,1	56,1	0,0005	-0,000442656	-0,000003	-0,000002	-0,000001	0,000000	266,7767	9,41845E-11	1,14	4,15236E-11	1,15		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,0005	-0,000440644	-0,000003	0,000000	-0,000039	0,000000	0,0006	9,43328E-13	0,01	0	0,00		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,0005	-0,000442656	-0,000003	-0,000002	-0,000023	-0,000015	0,0112	5,83285E-12	0,07	2,57155E-12	0,07		
Siltos 3	λ	0,420	0,04197	0,462	0,000504032	-0,000444668	0,000001	-0,000004	0,000024	-0,000096	0,0090	5,14358E-12	0,06	8,29691E-11	2,30		
	E	11	1,1	12,1	0,000497984	-0,000440644	-0,000005	0,000000	-0,000005	0,000000	9,0000	1,8942E-10	2,28	3,8086E-34	0,00		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,0005	-0,000442656	-0,000003	-0,000002	-0,000039	-0,000026	0,0006	9,43328E-13	0,01	4,1589E-13	0,01		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,0005	-0,000440644	-0,000003	0,000000	-0,000023	0,000000	0,0112	5,83285E-12	0,07	0	0,00		
Áreas 3	λ	0,003	0,0003	0,0033	0,00050303	-0,000440644	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000005	0	0,00	0	0,00		
	E	125	12,5	137,5	0,0005	-0,000442656	-0,000003	-0,000002	0,000000	0,000000	625,000000	3,67309E-11	0,44	1,61937E-11	0,45		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00050303	-0,000440644	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	4,78209E-35	0,00	5,26016E-36	0,00		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00050303	-0,000442656	0,000000	-0,000002	0,000000	-0,000015	0,0112	2,95689E-34	0,00	2,57155E-12	0,07		
												σ ² (β) Total	0,00000001	100	0,0000000036	100	
												σ(β)	0,00009		0,00006		
E(β Oeste)=		0,00050		P [X>x] Oeste		0,00000000000											
E(β Leste)=		-0,00044		P [X>x] Leste		0,00000000000											
βcr (1/500)=		0,002		βcr (1/150)=		0,002											
CV(β Oeste)=		18,101		P [X>x] Oeste		0,00000000000											
CV(β Leste)=		13,623		P [X>x] Leste		0,00000000000											

Tabela E.18 FOSM Seção 21+400, Vs^r

FOSM - Vs ^r											
Variável (X)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r)ii	δ(V _s ^r)ii/δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r)ii/δXi]^2 x V[Xi]		
Áreas.1	λ	0,138	0,0138	0,1518	2,74477822	0,03494760	-0,000000012	-0,000000083	0,0164	1,1423E-14	0,00
	E	51	5,1	56,1	2,74488308	0,03494894	0,000001324	0,000000026	266,7767	1,79703E-11	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,74437896	0,03494252	-0,000005095	-0,00006532	0,0006	2,66681E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,74479147	0,03494777	0,000000157	0,00000118	0,0112	1,56906E-14	0,00
Sítios.1	λ	0,420	0,04197	0,46167	2,74854813	0,03499560	0,000047988	0,00114340	0,0090	1,17989E-08	0,02
	E	11	1,1	12,1	2,74113415	0,03490120	-0,000046409	-0,00004219	9,0000	1,60201E-08	0,03
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,74100528	0,03489956	-0,000048050	-0,000061603	0,0006	2,3718E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,73832739	0,03486547	-0,000082146	-0,000061764	0,0112	4,28629E-09	0,01
Áreas.1	λ	0,003	0,0003	0,0033	2,74477912	0,03494761	0,000000000	0,000000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	2,74425928	0,03494099	-0,000006619	-0,00000053	625,0000	1,75236E-10	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,74444898	0,03494341	-0,000004204	-0,00005389	0,0006	1,81518E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,74484553	0,03494846	0,000000846	0,00000636	0,0112	4,54091E-13	0,00
Áreas.e	λ	0,420	0,04197	0,462	2,95210004	0,03758731	0,002639692	0,06289473	0,0090	3,57006E-05	59,86
	E	11	1,1	12,1	2,83646260	0,03611496	0,001167350	0,00106123	9,0000	1,01358E-05	16,99
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,72879190	0,03474406	-0,000203556	-0,00260969	0,0006	4,25654E-09	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,73917112	0,03487621	-0,000071403	-0,00053687	0,0112	3,23851E-09	0,01
Áreas.com	λ	0,006	0,0006	0,0066	2,74600344	0,03496320	0,000015589	0,02598083	0,0000	6,75004E-10	0,00
	E	13	1,3	14,3	2,73661498	0,03484366	-0,000103949	-0,00007996	6,2500	3,99609E-08	0,07
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,74351773	0,03493155	-0,000016061	-0,00020590	0,0006	2,6498E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,74394805	0,03493703	-0,000010582	-0,00007956	0,0112	7,11226E-11	0,00
Áreas.2	λ	0,138	0,0138	0,1518	2,74700831	0,03497600	0,000028383	0,00205673	0,0164	6,93063E-08	0,12
	E	51	5,1	56,1	2,74373875	0,03493437	-0,000013246	-0,000000260	266,7767	1,79974E-09	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,74452844	0,03494442	-0,000003192	-0,00004092	0,0006	1,04655E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,74478866	0,03494773	0,000000121	0,00000091	0,0112	9,36301E-15	0,00
Sítios.2	λ	0,420	0,04197	0,462	2,73938321	0,03487891	-0,000068703	-0,00163695	0,0090	2,41835E-08	0,04
	E	11	1,1	12,1	2,73938321	0,03487891	-0,000068703	-0,00006246	9,0000	3,51081E-08	0,06
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,74402226	0,03493798	-0,000009637	-0,00012355	0,0006	9,53993E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,74402226	0,03493798	-0,000009637	-0,00007246	0,0112	5,89879E-11	0,00
Áreas.2	λ	0,003	0,0003	0,0033	2,74477912	0,03494761	0,000000000	0,000000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	2,74434568	0,03494209	-0,000005519	-0,00000044	625,0000	1,2183E-10	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,74462152	0,03494561	-0,000002007	-0,00002573	0,0006	4,1368E-13	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,74482299	0,03494817	0,000000559	0,00000420	0,0112	1,9815E-13	0,00
Áreas.e	λ	0,420	0,04197	0,46167	2,69459762	0,03430868	-0,000638931	-0,01522351	0,0090	2,09159E-06	3,51
	E	11	1,1	12,1	2,65343566	0,03378459	-0,001163021	-0,00105729	9,0000	1,00608E-05	16,87
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,73853444	0,03486810	-0,000079510	-0,00101936	0,0006	6,49429E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,74412973	0,03493934	-0,000008268	-0,00006217	0,0112	4,34261E-11	0,00
Áreas.com	λ	0,006	0,0006	0,0066	2,74549681	0,03495675	0,000009138	0,01522969	0,0000	2,31943E-10	0,00
	E	13	1,3	14,3	2,73703938	0,03484907	-0,000098546	-0,00007580	6,2500	3,59143E-08	0,06
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,74317882	0,03492724	-0,000020376	-0,00026123	0,0006	4,26495E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,74469903	0,03494659	-0,000001020	-0,00000767	0,0112	6,6061E-13	0,00
Áreas.3	λ	0,138	0,0138	0,1518	2,75424135	0,03506809	0,000120477	0,00873020	0,0164	1,24873E-06	2,09
	E	51	5,1	56,1	2,74174818	0,03490902	-0,000038591	-0,00000757	266,7767	1,52751E-08	0,03
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,74246445	0,03491814	-0,000029471	-0,00037784	0,0006	8,92259E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,74446982	0,03494368	-0,000003938	-0,00002961	0,0112	9,8516E-12	0,00
Sítios.3	λ	0,420	0,04197	0,46167	2,75709312	0,03510440	0,000156787	0,00373568	0,0090	1,25947E-07	0,21
	E	11	1,1	12,1	2,74141958	0,03490484	-0,000042775	-0,00003889	9,0000	1,36094E-08	0,02
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,74375689	0,03493460	-0,000013015	-0,00016687	0,0006	1,74025E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,74437489	0,03494247	-0,000005147	-0,00003870	0,0112	1,68265E-11	0,00
Áreas.3	λ	0,003	0,0003	0,0033	2,74477912	0,03494761	0,000000000	0,000000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	2,74343418	0,03493049	-0,000017124	-0,00000137	625,0000	1,17297E-09	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	2,74444437	0,03494335	-0,000004262	-0,00005464	0,0006	1,86622E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	2,74490631	0,03494923	0,000001619	0,00001218	0,0112	1,66573E-12	0,00
									σ ² (Vs ^r) Total	0,0000596419561180	100
									σ(Vs ^r)	0,007722820	
MAIR (2008)	E(V _s)=	2,74477912									
	V _s ^r cr (1%)=	0,03									
	E(V _s ^r)=	0,034947613									
	CV(V _s ^r)=	22,1									
	P [X>x] =	0,7391245									

Tabela E.19 FOSM Seção 21+700, β

FOSM - β												$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$		$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$		
	Variável (Xi)	E (Xi)	δX_i (10%)	E (Xi)+ δX_i	β Oeste	β Leste	$\delta\beta_{ii}$ Oeste	$\delta\beta_{ii}$ Leste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Oeste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Leste	V[Xi]	Oeste		Leste		
Argilas	λ	0,138	0,0138	0,152	0,001457831	-0,00093159	-0,000012	0,000010	-0,000873	0,000729	0,0164	1,24884E-08	19,58	8,70741E-09	24,69	
	E	51	5,1	56,1	0,001452906	-0,00092153	-0,000017	0,000020	-0,000003	0,000004	266,7767	2,95502E-09	4,63	4,15236E-09	11,78	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,001453815	-0,00093159	-0,000016	0,000010	-0,000206	0,000129	0,0006	2,65101E-11	0,04	1,03972E-11	0,03	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,001461847	-0,00093561	-0,000008	0,000006	-0,000060	0,000045	0,0112	4,09798E-11	0,06	2,3144E-11	0,07	
Siltes	λ	0,420	0,04197	0,462	0,001463855	-0,00092757	-0,000006	0,000014	-0,000144	0,000336	0,0090	1,85932E-10	0,29	1,01637E-09	2,88	
	E	11	1,1	12,1	0,001433735	-0,00090744	-0,000036	0,000034	-0,000033	0,000031	9,0000	9,71725E-09	15,24	8,70246E-09	24,68	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,001413655	-0,00092153	-0,000056	0,000020	-0,000721	0,000258	0,0006	3,24749E-10	0,51	4,1589E-11	0,12	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,001460843	-0,00092354	-0,000009	0,000018	-0,000068	0,000136	0,0112	5,1865E-11	0,08	2,08296E-10	0,59	
Areias	λ	0,003	0,0003	0,0033	0,00146988	-0,00094165	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000	0	0,00	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	0,001455823	-0,0009336	-0,000014	0,000008	-0,000001	0,000001	625,0000	7,9031E-10	1,24	2,591E-10	0,73	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,001451807	-0,00093159	-0,000018	0,000010	-0,000232	0,000129	0,0006	3,35519E-11	0,05	1,03972E-11	0,03	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,001463855	-0,00093561	-0,000006	0,000006	-0,000045	0,000045	0,0112	2,30511E-11	0,04	2,3144E-11	0,07	
Argilas e Siltes	λ	0,420	0,04197	0,462	0,001528112	-0,00096982	0,000058	-0,000028	0,001387	-0,000671	0,0090	1,73743E-08	27,24	4,06549E-09	11,53	
	E	11	1,1	12,1	0,001425703	-0,00090946	-0,000044	0,000032	-0,000040	0,000029	9,0000	1,45159E-08	22,76	7,70876E-09	21,86	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,001385542	-0,00090121	-0,000084	0,000040	-0,001081	0,000518	0,0006	7,30686E-10	1,15	1,68003E-10	0,48	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,001554217	-0,00095775	0,000084	-0,000016	0,000634	-0,000121	0,0112	4,51802E-09	7,08	1,64579E-10	0,47	
											$\sigma^2(\beta)$ Total		0,00000006		100	
											$\sigma(\beta)$		0,00025		0,00019	
Bjerrum(1963)	E(β Oeste)=	0,00147		P [X>x] Oeste		0,0170										
	E(β Leste)=	-0,00094		P [X>x] Leste		1,21E-08										
	βcr (1/500)=	0,002		βcr (1/150)=		0,007										
	CV(β Oeste)=	17,181		P [X>x] Oeste		0,0000										
	CV(β Leste)=		19,942		P [X>x] Leste		1,58E-223									

Tabela E.20 FOSM Seção 20+800, V_s^r

FOSM - V_s^r												
	Variável (Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+ δXi	V_s	V_s^r	$\delta(V_s^r)_{ii}$	$\delta(V_s^r)_{ii}/\delta Xi$	V[Xi]	[$\delta(V_s^r)_{ii}/\delta Xi$] ² x V[Xi]		
Argilas	λ	0,138	0,0138	0,1518	3,97690762	0,05063556	0,000810398	0,05872448	0,0164	5,65013E-05	11,78	
	E	51	5,1	56,1	3,97693768	0,05063594	0,000810781	0,00015898	266,7767	6,7424E-06	1,41	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	3,97875074	0,05065903	0,000833865	0,01069058	0,0006	7,14303E-08	0,01	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	3,97603963	0,05062451	0,000799346	0,00601012	0,0112	4,05862E-07	0,08	
Siltes	λ	0,420	0,04197	0,46167	4,01896845	0,05117110	0,001345933	0,03206893	0,0090	9,28146E-06	1,93	
	E	11	1,1	12,1	3,96979481	0,05054500	0,000719835	0,00065440	9,0000	3,8541E-06	0,80	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	3,95886476	0,05040583	0,000580669	0,00744448	0,0006	3,46376E-08	0,01	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	3,93540340	0,05010711	0,000281950	0,00211992	0,0112	5,04954E-08	0,01	
Areias	λ	0,420	0,04197	0,46167	3,91325912	0,04982516	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00	
	E	11	1,1	12,1	3,97456898	0,05060578	0,000780621	0,00070966	625,0000	0,000314757	65,60	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	3,97493260	0,05061041	0,000785251	0,01006732	0,0006	6,33444E-08	0,01	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	3,97750431	0,05064316	0,000817995	0,00615034	0,0112	4,25021E-07	0,09	
Argilas e Siltes	λ	0,420	0,04197	0,462	4,23629541	0,05393819	0,004113026	0,09799918	0,0090	8,66747E-05	18,07	
	E	11	1,1	12,1	3,92983503	0,05003621	0,000211051	0,00019186	9,0000	3,31308E-07	0,07	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	3,93053855	0,05004517	0,000220008	0,00282062	0,0006	4,97244E-09	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	3,98891828	0,05078848	0,000963322	0,00724303	0,0112	5,89456E-07	0,12	
									$\sigma^2(V_s^r)$ Total	0,000479787479768	100	
		$E(V_s) =$	3,91325912							$\sigma(V_s^r)$	0,021904052	
MAIR (2008)	V_s^r cr (1%) =		0,01									
	$E(V_s^r) =$		0,049825163									
	$CV(V_s^r) =$		44,0									
	$P [X > x] =$		0,8172914									

Tabela E.21 FOSM Seção 22+100, β

FOSM - β																
Variável (Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	β Oeste	β Leste	δβii Oeste	δβii Leste	δβii/δXi		V[Xi]	(δβii/δXi)^2 x V[Xi]	(δβii/δXi)^2 x V[Xi]				
								Oeste	Leste			Oeste	Leste			
Argilas Pré- adensadas	λ	0,138	0,0138	0,1518	0,001284686	-0,000959759	-0,000012	-0,000002	-0,000840	-0,000146	0,0164	1,15673E-08	13,32	3,48296E-10	1,72	
	E	51	5,1	56,1	0,001285086	-0,000955734	-0,000011	0,000002	-0,000002	0,000000	266,7767	1,28557E-09	1,48	4,15236E-11	0,21	
	e0	2,51	0,251	2,761	0,001310676	-0,000959759	0,000014	-0,000002	0,000057	-0,000008	0,1089	3,58144E-10	0,41	6,9979E-12	0,03	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,001264988	-0,000955734	-0,000031	0,000002	-0,000401	0,000026	0,0006	1,006E-10	0,12	4,1589E-13	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,001296281	-0,000957746	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	0	0,00	
Siltes Pré- adensados	λ	0,420	0,04197	0,46167	0,00129908	-0,000961771	0,000003	-0,000004	0,000067	-0,000096	0,0090	4,01364E-11	0,05	8,29691E-11	0,41	
	E	11	1,1	12,1	0,001286285	-0,000935614	-0,000010	0,000022	-0,000009	0,000020	9,0000	7,43207E-10	0,86	3,64359E-09	17,99	
	e0	1,82	0,182	2,002	0,001295082	-0,000957746	-0,000001	0,000000	-0,000007	0,000000	0,0576	2,50204E-12	0,00	0	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,001267493	-0,000957746	-0,000029	0,000000	-0,000369	0,000000	0,0006	8,5139E-11	0,10	2,10407E-35	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,001297881	-0,000955734	0,000002	0,000002	0,000012	0,000015	0,0112	1,6248E-12	0,00	2,57155E-12	0,01	
Siltes Norm. adensados	λ	0,420	0,04197	0,46167	0,001371451	-0,000985915	0,000075	-0,000028	0,001791	-0,000671	0,0090	2,89506E-08	33,33	4,06549E-09	20,08	
	E	11	1,1	12,1	0,0012491	-0,000919517	-0,000047	0,000038	-0,000043	0,000035	9,0000	1,65575E-08	19,06	1,08706E-08	53,69	
	e0	1,82	0,182	2,002	0,001258297	-0,000943662	-0,000038	0,000014	-0,000209	0,000077	0,0576	2,50899E-09	2,89	3,44955E-10	1,70	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,001177058	-0,000907258	-0,000119	0,000050	-0,001529	0,000647	0,0006	1,4602E-09	1,68	2,61863E-10	1,29	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,001487405	-0,000987928	0,000191	-0,000030	0,001437	-0,000227	0,0112	2,32026E-08	26,71	5,786E-10	2,86	
											σ ² (β) Total		0,00000009		100	
											σ(β)		0,00029		0,00014	
E(β Oeste)=		0,00130		P [X>x] Oeste		0,0079										
E(β Leste)=		-0,00096		P [X>x] Leste		5,49E-14										
Bjerrum(1963) βcr (1/500)=		0,002		βcr (1/150)=		0,007										
CV(β Oeste)=		22,736		P [X>x] Oeste		0,0000										
CV(β Leste)=		14,857		P [X>x] Leste		0,00E+00										

Tabela E.22 FOSM Seção 22+100, Vs^r

FOSM - V _s ^r											
Variável											
	(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r)ii	δ(V _s ^r)ii/δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r)ii/δXi]^2 x V[Xi]	
Argilas Pré-adensadas	λ	0,138	0,0138	0,1518	3,63027497	0,04622210	0,000012130	0,00087900	0,0164	1,2659E-08	0,01
	E	51	5,1	56,1	3,62996037	0,04621809	0,000008125	0,00000159	266,7767	6,77049E-10	0,00
	e0	2,51	0,251	2,761	3,62853941	0,04620000	-0,000009968	-0,00003971	0,1089	1,71736E-10	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	3,63252214	0,04625071	0,000040742	0,00052233	0,0006	1,70521E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	3,62805446	0,04619382	-0,000016142	-0,00012137	0,0112	1,65513E-10	0,00
Siltes Pré-adensados	λ	0,420	0,04197	0,46167	3,63454965	0,04627652	0,000066557	0,00158583	0,0090	2,26965E-08	0,03
	E	11	1,1	12,1	3,61824668	0,04606895	-0,000141019	-0,00012820	9,0000	1,47914E-07	0,17
	e0	1,82	0,182	2,002	3,62621176	0,04617036	-0,000039604	-0,00021760	0,0576	2,72747E-09	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	3,61981467	0,04608891	-0,000121054	-0,00155198	0,0006	1,5054E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	3,62349477	0,04613577	-0,000074198	-0,00055788	0,0112	3,49697E-09	0,00
Siltes Norm. adensados	λ	0,420	0,04197	0,46167	3,93785741	0,05013836	0,003928392	0,09359999	0,0090	7,90676E-05	89,66
	E	11	1,1	12,1	3,58688184	0,04566960	-0,000540368	-0,00049124	9,0000	2,17188E-06	2,46
	e0	1,82	0,182	2,002	3,47516024	0,04424711	-0,001962852	-0,01078490	0,0576	6,69969E-06	7,60
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	3,58418724	0,04563529	-0,000574677	-0,00736765	0,0006	3,39264E-08	0,04
	M Leste	1,33	0,133	1,463	3,61462904	0,04602289	-0,000187080	-0,00140662	0,0112	2,22312E-08	0,03
									σ ² (V _s ^r) Total	0,000088187562567	100
									σ(V _s ^r)	0,009390823	

	E(V _s)=	3,62932226
MAIR (2008)	V _s ^r cr (1%)=	0,03
	E(V _s ^r)=	0,046209966
	CV(V _s ^r)=	20,3
	P [X>x] =	0,9578398

E.2. ANALISE PROBABILÍSTICA FOSM TBM – FALHA DA TBM

Tabela E.23 FOSM - Falha da tuneladora Seção 18+100, β

FOSM - β												$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$		$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$	
Variável	E (Xi)	δX_i (10%)	E (Xi)+ δX_i	β Oeste	β Leste	$\delta\beta_{ii}$ Oeste	$\delta\beta_{ii}$ Leste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Oeste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Leste	V[Xi]	Oeste		Leste		
											0	0,00	0	0,00	
Siltos 1	λ	0,420	0,04197	0,462	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,0090	0	0,00	0	0,00	
	E	11	1,1	12,1	0,00640879	-0,00431	-0,000033	0,000000	-0,000030	9,0000	8,20153E-09	2,33	0	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00640879	-0,00431	-0,000033	0,000027	-0,0000426	0,0006	1,13274E-10	0,03	7,45427E-11	0,06	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	2,20967E-33	0,00	0	0,00	
Áreas 1	λ	0,003	0,0003	0,003	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0	0,00	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	625,000000	1,39148E-32	0,00	0	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00640879	-0,00431	-0,000033	-0,000027	-0,0000426	0,0006250	1,13274E-10	0,03	7,45427E-11	0,06	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	0	0,00	
Áreas com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,007	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0	0,00	0	0,00	
	E	13	1,3	14,3	0,00640879	-0,00431	-0,000033	0,000027	-0,000026	6,2500	4,07785E-09	1,16	2,68354E-09	2,18	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00640879	-0,00431	-0,000033	-0,000027	-0,0000426	0,0006	1,13274E-10	0,03	7,45427E-11	0,06	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	0	0,00	
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,152	0,00647521	-0,00431	0,000033	0,000000	0,002406	0,0164	9,48636E-08	26,92	0	0,00	
	E	51	5,1	56,1	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000027	0,000000	266,7767	0	0,00	7,44256E-09	6,06	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00634238	-0,00431	-0,000100	0,000000	-0,001277	0,0006	1,01946E-09	0,29	0	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006442	-0,00431	0,000000	-0,000027	0,000000	0,0112	2,20967E-33	0,00	4,60917E-10	0,38	
Áreas 2	λ	0,003	0,0003	0,003	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,89396E-32	0,00	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	0,00637559	-0,00431	-0,000066	0,000027	-0,000005	625,000000	1,76424E-08	5,01	2,90252E-09	2,36	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00637559	-0,00431	-0,000066	0,000000	-0,000851	0,0006250	4,53094E-10	0,13	0	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006442	-0,00431	0,000000	-0,000027	0,000000	0,0112	2,20967E-33	0,00	4,60917E-10	0,38	
Áreas com Finos 2	λ	0,006	0,0006	0,007	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	9,66309E-33	0,00	0	0,00	
	E	13	1,3	14,3	0,00640879	-0,00431	-0,000033	0,000000	-0,000026	6,2500	4,07785E-09	1,16	0	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00640879	-0,00431	-0,000033	0,000000	-0,0000426	0,0006	1,13274E-10	0,03	0	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	0	0,00	
Siltos 2	λ	0,420	0,04197	0,462	0,00640879	-0,00431	-0,000033	0,000000	-0,000791	0,0090	5,64946E-09	1,60	0	0,00	
	E	11	1,1	12,1	0,00637559	-0,00431	-0,000066	0,000027	-0,000060	9,0000	3,28061E-08	9,31	5,39724E-09	4,39	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00634238	-0,00431	-0,000100	0,000054	-0,001277	0,0006	1,01946E-09	0,29	2,98171E-10	0,24	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	0	0,00	
Áreas 3	λ	0,003	0,0003	0,003	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0	0,00	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	0,00640879	-0,00431	-0,000033	0,000000	-0,000030	625,000000	4,4106E-09	1,25	0	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00640879	-0,00431	-0,000033	0,000000	-0,0000426	0,0006	1,13274E-10	0,03	0	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	0	0,00	
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	9,48636E-08	26,92	6,24276E-08	50,82	
	E	51	5,1	56,1	0,00640879	-0,00431	-0,000033	0,000000	-0,000007	266,7767	1,13096E-08	3,21	0	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00640879	-0,00431	-0,000033	0,000000	-0,0000426	0,0006	1,13274E-10	0,03	0	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006442	-0,00431	0,000000	-0,000027	0,000000	0,0112	0	0,00	4,60917E-10	0,38	
Áreas 4	λ	0,003	0,0003	0,003	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0	0,00	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	625,000000	0	0,00	0	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	3,57363E-34	0,00	0	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	0	0,00	
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,152	0,00647521	-0,00433694	0,000033	-0,000027	0,002406	0,0164	9,48636E-08	26,92	6,24276E-08	50,82	
	E	51	5,1	56,1	0,00640879	-0,0043014	-0,000033	0,000009	-0,000007	266,7767	1,13096E-08	3,21	7,59078E-10	0,62	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00640879	-0,00431	-0,000033	0,000000	-0,0000426	0,0006	1,13274E-10	0,03	0	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00647521	-0,00433694	0,000033	-0,000027	-0,000250	0,0112	7,004E-10	0,20	4,60917E-10	0,38	
Siltos 3	λ	0,420	0,04197	0,462	0,00654162	-0,00439081	0,000100	-0,000081	0,002374	0,0090	5,08452E-08	14,43	3,346E-08	27,24	
	E	11	1,1	12,1	0,00640879	-0,00428306	-0,000033	0,000027	-0,000030	9,0000	8,20153E-09	2,33	5,39724E-09	4,39	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00640879	-0,00431	-0,000033	0,000000	-0,0000426	0,0006	1,13274E-10	0,03	0	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006442	-0,00431	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	0	0,00	
										$\sigma^2(\beta)$ Total	100	100	0,0000001228	100	
										$\sigma(\beta)$	0,00059	0,00059	0,00035	0,00035	
E(β Oeste)=		0,00644		P [X>x] Oeste		1									
E(β Leste)=		-0,00431		P [X>x] Leste		1									
Bjerrum(1963) β_{cr} (1/500)=		0,002		β_{cr} (1/150)=		0,007									
CV(β Oeste)=		9,214		P [X>x] Oeste		0									
CV(β Leste)=		8,132		P [X>x] Leste		0									

Tabela E.24 FOSM - Falha da tuneladora Seção 18+100, Vs^r

FOSM - V _s ^r		Variável									
	(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r)ii	δ(V _s ^r)ii/δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r)ii/δXi]^2 x V[Xi]	
Siltos.1	λ	0,138	0,0138	0,1518	8,86361657	0,11285507	0,000000304	0,00002199	0,0090	4,36601E-12	0,00
	E	51	5,1	56,1	8,84007164	0,11255529	-0,000299480	-0,00005872	9,0000	3,1034E-08	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,86349066	0,11285347	-0,000001300	-0,00001666	0,0006	1,73521E-13	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,86358871	0,11285472	-0,000000051	-0,00000038	0,0112	1,66528E-15	0,00
Arenas.1	λ	0,420	0,04197	0,46167	8,86359273	0,11285477	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	11	1,1	12,1	8,86286468	0,11284550	-0,000009270	-0,00000843	625,0000	4,43852E-08	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,86236440	0,11283913	-0,000015640	-0,00020051	0,0006	2,51271E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,86529978	0,11287650	0,000021735	0,00016342	0,0112	3,00067E-10	0,00
Arenas.com Finos.1	λ	0,783	0,0783	0,8613	8,86773426	0,11290750	0,000052732	0,00067345	0,0000	4,53541E-13	0,00
	E	22	2,2	24,2	8,85246817	0,11271313	-0,000141642	-0,00006438	6,2500	2,59072E-08	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,86167181	0,11283031	-0,000024458	-0,00031356	0,0006	6,1451E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,86118831	0,11282415	-0,000030614	-0,00023018	0,0112	5,95322E-10	0,00
Argilas.1	λ	0,138	0,0138	0,152	8,86895262	0,11292301	0,000068244	0,00494524	0,0164	4,00677E-07	0,00
	E	51	5,1	56,1	8,85338910	0,11272485	-0,000129917	-0,00002547	266,7767	1,73116E-07	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,84769463	0,11265235	-0,000202421	-0,00259514	0,0006	4,20922E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,88895517	0,11317769	0,000322925	0,00242800	0,0112	6,62385E-08	0,00
Arenas.2	λ	0,420	0,04197	0,46167	8,86359273	0,11285477	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	11	1,1	12,1	8,86054623	0,11281598	-0,000038789	-0,00003526	625,0000	7,77173E-07	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,85852820	0,11279028	-0,000064484	-0,00082671	0,0006	4,27159E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,86422704	0,11286284	0,000008076	0,00006072	0,0112	4,1431E-11	0,00
Arenas.com Finos.2	λ	0,003	0,0003	0,0033	8,86706736	0,11289901	0,000044240	0,14746760	0,0000	2,17467E-08	0,00
	E	125	12,5	137,5	8,85259058	0,11271468	-0,000140084	-0,00001121	6,2500	7,84939E-10	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,86124763	0,11282491	-0,000029859	-0,00038281	0,0006	9,15874E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,86234770	0,11283892	-0,000015852	-0,00011919	0,0112	1,5962E-10	0,00
Siltos.2	λ	0,006	0,0006	0,007	8,96929234	0,11420058	0,001345809	2,24301525	0,0090	0,045405835	47,21
	E	13	1,3	14,3	8,85715895	0,11277285	-0,000081917	-0,00006301	9,0000	3,57362E-08	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,85235554	0,11271169	-0,000143076	-0,00183431	0,0006	2,10294E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,86000390	0,11280907	-0,000045694	-0,00034357	0,0112	1,32628E-09	0,00
Arenas.3	λ	0,138	0,0138	0,1518	8,86359273	0,11285477	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	51	5,1	56,1	8,85595170	0,11275748	-0,000097289	-0,00001908	625,0000	2,27439E-07	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,86191039	0,11283335	-0,000021420	-0,00027462	0,0006	4,71344E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,86392464	0,11285899	0,000004226	0,00003177	0,0112	1,13441E-11	0,00
Argilas.2	λ	0,420	0,04197	0,46167	8,90025945	0,11332162	0,000466855	0,01112355	0,0164	2,02725E-06	0,00
	E	11	1,1	12,1	8,85042827	0,11268715	-0,000167615	-0,00015238	266,7767	6,19425E-06	0,01
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,85612369	0,11275967	-0,000095099	-0,00121922	0,0006	9,29055E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,86521903	0,11287547	0,000020707	0,00015569	0,0112	2,7235E-10	0,00
Arenas.4	λ	0,003	0,0003	0,0033	8,86359273	0,11285477	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	8,85274401	0,11271664	-0,000138130	-0,00001105	625,0000	7,63199E-08	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,86189407	0,11283314	-0,000021628	-0,00027728	0,0006	4,80537E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,86527838	0,11287623	0,000021462	0,00016137	0,0112	2,92591E-10	0,00
Argilas.3	λ	0,138	0,0138	0,1518	8,91827638	0,11355102	0,000696254	0,05045317	0,0164	4,17058E-05	0,04
	E	51	5,1	56,1	8,84162105	0,11257502	-0,000279752	-0,00005485	266,7767	8,02702E-07	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,85382610	0,11273042	-0,000124353	-0,00159427	0,0006	1,58855E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,86717062	0,11290032	0,000045555	0,00034252	0,0112	1,3182E-09	0,00
Siltos.3	λ	0,006	0,0006	0,0066	8,97530821	0,11427717	0,001422406	2,37067594	0,0090	0,050721442	52,74
	E	13	1,3	14,3	8,83517506	0,11249294	-0,000361825	-0,00027833	9,0000	6,97193E-07	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,85479050	0,11274269	-0,000112073	-0,00143684	0,0006	1,29032E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,85922647	0,11279917	-0,000055593	-0,00041799	0,0112	1,96313E-09	0,00
									σ ² (V _s ^r) Total	0,0961806019089113	100
									σ(V _s ^r)	0,310129976	
MAIR (2008)	E(V _s)=	8,86359273									
	V _s ^r cr (3%)=	0,03									
	E(V _s ^r)=	0,112854768									
	CV(V _s ^r)=	274,8									
	P [X>x] =	0,6052713									

Tabela E.25 FOSM - Falha da tuneladora Seção 18+400, β

FOSM - β

Variável		(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	β Oeste	β Leste	δβii Oeste	δβii Leste	δβii/δXi Oeste	δβii/δXi Leste	V[Xi]	(δβii/δXi)^2 x V[Xi] Oeste	(δβii/δXi)^2 x V[Xi] Leste		
Argilas 1	λ		0,138	0,0138	0,152	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0 0,00	0 0,00		
	E		51	5,1	56,1	0,003462	-0,002334182	0,000000	0,000024	0,000000	0,000005	266,7767	1,0383E-31 0,00	5,81868E-09 13,84		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	2,73606E-34 0,00	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	1,69178E-33 0,00	0 0,00		
Areias com Finos 1	λ		0,006	0,0006	0,007	0,003491092	-0,002358	0,000029	0,000000	0,048487	0,000000	0,000001	2,35103E-09 0,91	0 0,00		
	E		13	1,3	14,3	0,003491092	-0,002358	0,000029	0,000000	0,000022	0,000000	6,2500	3,13007E-09 1,21	0 0,00		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,003432908	-0,002353293	-0,000029	0,000005	-0,000373	0,000060	0,0006	8,69463E-11 0,03	2,27564E-12 0,01		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	1,69178E-33 0,00	0 0,00		
Argilas 2	λ		0,138	0,0138	0,152	0,003491092	-0,002353293	0,000029	0,000005	0,002108	0,000341	0,0164	7,28152E-08 28,16	1,90579E-09 4,53		
	E		51	5,1	56,1	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	2,73176E-32 0,00	0 0,00		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	2,73606E-34 0,00	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	1,69178E-33 0,00	0 0,00		
Areias 1	λ		0,003	0,0003	0,003	0,003462	-0,002353293	0,000000	0,000005	0,000000	0,015689	0,000005	0 0,00	1,20605E-10 0,29		
	E		125	12,5	137,5	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	625,000000	1,06536E-32 0,00	0 0,00		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006250	2,73606E-34 0,00	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112360	1,69178E-33 0,00	0 0,00		
Areias com Finos 2	λ		0,006	0,0006	0,007	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	7,3983E-33 0,00	0 0,00		
	E		13	1,3	14,3	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	6,2500	9,84981E-33 0,00	0 0,00		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	2,73606E-34 0,00	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	1,69178E-33 0,00	1,14736E-33 0,00		
Argilas 3	λ		0,138	0,0138	0,152	0,003432908	-0,002358	-0,000029	0,000000	-0,002108	0,000000	0,0164	7,28152E-08 28,16	0 0,00		
	E		51	5,1	56,1	0,003462	-0,002353293	0,000000	0,000005	0,000000	0,000001	266,7767	2,73176E-32 0,00	2,27206E-10 0,54		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	2,73606E-34 0,00	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,003636555	-0,002358	0,000175	0,000000	0,001312	0,000000	0,0112	1,9354E-08 7,48	0 0,00		
Areias 2	λ		0,003	0,0003	0,003	0,003491092	-0,002358	0,000029	0,000000	0,096975	0,000000	0,000005	4,60801E-09 1,78	0 0,00		
	E		125	12,5	137,5	0,003432908	-0,002334182	-0,000029	0,000024	-0,000002	0,000002	625,000000	3,38548E-09 1,31	2,26922E-09 5,40		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,00334563	-0,002358	-0,000116	0,000000	-0,001492	0,000000	0,0006	1,39114E-09 0,54	1,8556E-34 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,003491092	-0,002358	0,000029	0,000000	0,000219	0,000000	0,0112	5,37612E-10 0,21	0 0,00		
Argilas 4	λ		0,138	0,0138	0,152	0,003491092	-0,002377064	0,000029	-0,000019	0,002108	-0,001381	0,0164	7,28152E-08 28,16	3,12674E-08 74,36		
	E		51	5,1	56,1	0,003462	-0,002353293	0,000000	0,000005	0,000000	0,000001	266,7767	0 0,00	2,27206E-10 0,54		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,003491092	-0,002358	0,000029	0,000000	0,000373	0,000000	0,0006	8,69463E-11 0,03	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,003462	-0,002358	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	1,69178E-33 0,00	0 0,00		
Areias 3	λ		0,003	0,0003	0,003	0,003491092	-0,002353293	0,000029	0,000005	0,096975	0,015689	0,000005	4,60801E-09 1,78	1,20605E-10 0,29		
	E		125	12,5	137,5	0,003462	-0,002353293	0,000000	0,000005	0,000000	0,000000	625,000000	1,06536E-32 0,00	8,86078E-11 0,21		
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,003491092	-0,002358	0,000029	0,000000	0,000373	0,000000	0,0006	8,69463E-11 0,03	0 0,00		
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,003491092	-0,002358	0,000029	0,000000	0,000219	0,000000	0,0112	5,37612E-10 0,21	0 0,00		
												σ ² (β) Total	0,0000002586	100	0,0000000420	100
												σ(β)	0,00051		0,00021	

	E(β Oeste)=	0,00346	P [X>x] Oeste	0,99790010000
	E(β Leste)=	-0,00236	P [X>x] Leste	0,95676190000
Bjerrum(1963)	βcr (1/500)=	0,002	βcr (1/150)=	0,007
	CV(β Oeste)=	14,689	P [X>x] Oeste	0,00000000000
	CV(β Leste)=	8,696	P [X>x] Leste	0,00000000000

Tabela E.26 FOSM - Falha da tuneladora Seção 18+400, Vs^r

FOSM - Vs ^r											
Variável											
	(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r) _{ii}	δ(V _s ^r) _{ii} /δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r) _{ii} /δXi] ² x V[Xi]	
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,1518	10,77618895	0,13720670	0,000004385	0,00031776	0,0164	1,65434E-09	0,01
	E	51	5,1	56,1	10,76124176	0,13701639	-0,000185928	-0,00003646	266,7767	3,54568E-07	2,10
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,77440472	0,13718398	-0,000018332	-0,00023503	0,0006	3,45246E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,77564892	0,13719982	-0,000002491	-0,00001873	0,0112	3,94072E-12	0,00
Areias com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,0066	10,83593161	0,13796737	0,000765052	1,27508713	0,0000	1,62585E-06	9,62
	E	13	1,3	14,3	10,75308500	0,13691253	-0,000289784	-0,00022291	6,2500	3,10557E-07	1,84
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,76428297	0,13705511	-0,000147207	-0,00188726	0,0006	2,2261E-09	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,75814569	0,13697697	-0,000225349	-0,00169435	0,0112	3,22566E-08	0,19
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,1518	10,77584454	0,13720231	0,000000000	0,000000000	0,0164	0	0,00
	E	51	5,1	56,1	10,77381631	0,13717649	-0,000025824	-0,00000506	266,7767	6,84013E-09	0,04
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,77578951	0,13720161	-0,000000701	-0,00000898	0,0006	5,0446E-14	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,77592811	0,13720338	0,000001064	0,00000800	0,0112	7,19041E-13	0,00
Areias 1	λ	0,003	0,0003	0,003	10,77584454	0,13720231	0,000000000	0,000000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	10,77381631	0,13717649	-0,000025824	-0,00000207	625,0000	2,66758E-09	0,02
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,77578951	0,13720161	-0,000000701	-0,00000898	0,0006	5,0446E-14	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,77592811	0,13720338	0,000001064	0,00000800	0,0112	7,19041E-13	0,00
Areias com Finos 2	λ	0,006	0,0006	0,0066	10,78256379	0,13728787	0,000085552	0,14258677	0,0000	2,0331E-08	0,12
	E	13	1,3	14,3	10,77381631	0,13717649	-0,000025824	-0,00001986	6,2500	2,46633E-09	0,01
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,77578951	0,13720161	-0,000000701	-0,00000898	0,0006	5,0446E-14	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,77317079	0,13716827	-0,000034043	-0,00025596	0,0112	7,36157E-10	0,00
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,1518	10,74958400	0,13686795	-0,000334360	-0,02422896	0,0164	9,6181E-06	56,94
	E	51	5,1	56,1	10,73111658	0,13663282	-0,000569494	-0,00011167	266,7767	3,32649E-06	19,69
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,77387681	0,13717726	-0,000025054	-0,00032121	0,0006	6,4483E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,77537558	0,13719634	-0,000005971	-0,00004489	0,0112	2,26465E-11	0,00
Areias 2	λ	0,003	0,0003	0,003	10,77584454	0,13720231	0,000000000	0,000000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	10,74508684	0,13681069	-0,000391619	-0,00003133	625,0000	6,13463E-07	3,63
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,76798336	0,13710222	-0,000100092	-0,00128323	0,0006	1,02917E-09	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,77631660	0,13720832	0,000006010	0,00004519	0,0112	2,29467E-11	0,00
Argilas 4	λ	0,138	0,0138	0,1518	10,77628364	0,13720790	0,000005591	0,00040512	0,0164	2,68904E-09	0,02
	E	51	5,1	56,1	10,75329738	0,13691523	-0,000287079	-0,00005629	266,7767	8,45302E-07	5,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,76853072	0,13710919	-0,000093123	-0,00119388	0,0006	8,90841E-10	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,77338130	0,13717095	-0,000031363	-0,00023581	0,0112	6,24805E-10	0,00
Areias 3	λ	0,003	0,0003	0,0033	10,77584454	0,13720231	0,000000000	0,000000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	10,76209238	0,13702722	-0,000175098	-0,00001401	625,0000	1,22637E-07	0,73
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,77180288	0,13715085	-0,000051460	-0,00065974	0,0006	2,72039E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,77704800	0,13721764	0,000015323	0,00011521	0,0112	1,49139E-10	0,00
									σ ² (V _s ^r) Total	0,0000168919450389	100
									σ(V _s ^r)	0,004109981	
MAIR (2008)	E(V _s)=	10,77584454									
	V _s ^r cr (1%)=	0,03									
	E(V _s ^r)=	0,137202314									
	CV(V _s ^r)=	3,0									
	P [X>x] =	1,0									

Tabela E.27 FOSM - Falha da tuneladora Seção 18+800, β

FOSM - β												$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$		$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$	
Variável												Oeste		Leste	
	(Xi)	E (Xi)	δX_i (10%)	E (Xi)+ δX_i	β Oeste	β Leste	$\delta\beta_{ii}$ Oeste	$\delta\beta_{ii}$ Leste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Oeste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Leste	V[Xi]	Oeste	Leste		
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,152	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0	0,00		
	E	51	5,1	56,1	0,006585017	-0,003964072	-0,000048	0,000000	-0,000009	0,000000	266,7767	2,33541E-08	2,03		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,006632735	-0,004002558	0,000000	-0,000038	0,000000	-0,000493	0,0006	0	0,00		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006632735	-0,004002558	0,000000	-0,000038	0,000000	-0,000289	0,0112	0	0,00		
Siltes 1	λ	0,420	0,04197	0,462	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0090	0	0,00		
	E	11	1,1	12,1	0,006585017	-0,003925586	-0,000048	0,000038	-0,000043	0,000035	9,0000	1,69361E-08	1,47		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	0	0,00		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00		
Areias 1	λ	0,003	0,0003	0,003	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000005	0	0,00		
	E	125	12,5	137,5	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	625,0000000	0	0,00		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	0	0,00		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006632735	-0,003956175	0,000000	0,000008	0,000000	0,000059	0,0112	0	0,00		
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	0,006680452	-0,003964072	0,000048	0,000000	0,003458	0,000000	0,0164	1,95892E-07	17,02		
	E	51	5,1	56,1	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	0	0,00		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,006585017	-0,003964072	-0,000048	0,000000	-0,000612	0,000000	0,0006	2,33909E-10	0,02		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006632735	-0,004002558	0,000000	-0,000038	0,000000	-0,000289	0,0112	4,49627E-33	0,00		
Areias 2	λ	0,003	0,0003	0,003	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000005	3,85387E-32	0,00		
	E	125	12,5	137,5	0,006632735	-0,004002558	0,000000	-0,000038	0,000000	-0,000003	625,0000000	0	0,00		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	7,27168E-34	0,00		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006632735	-0,003740621	0,000000	0,000223	0,000000	0,001680	0,0112	3,17155E-08	3,40		
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,152	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0	0,00		
	E	51	5,1	56,1	0,006632735	-0,003779184	0,000000	0,000185	0,000000	0,000036	266,7767	7,26025E-32	0,00		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,0065504	-0,003894874	-0,000082	0,000069	-0,001056	0,000887	0,0006	6,96389E-10	0,06		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006646027	-0,004002558	0,000013	-0,000038	0,000100	-0,000289	0,0112	1,12226E-10	0,01		
Areias 3	λ	0,003	0,0003	0,003	0,006598213	-0,003964072	-0,000035	0,000000	-0,115070	0,000000	0,0000005	6,48817E-09	0,56		
	E	125	12,5	137,5	0,006571873	-0,003964072	-0,000061	0,000000	-0,000005	0,000000	625,0000000	1,48164E-08	1,29		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	7,27168E-34	0,00		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006680452	-0,004002558	0,000048	-0,000038	0,000359	-0,000289	0,0112	1,44632E-09	0,13		
Argilas 4	λ	0,138	0,0138	0,152	0,006646027	-0,003964072	0,000013	0,000000	0,000963	0,000000	0,0164	1,52001E-08	1,32		
	E	51	5,1	56,1	0,0065504	-0,003925586	-0,000082	0,000038	-0,000016	0,000008	266,7767	6,95294E-08	6,04		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,0065373	-0,003964072	-0,000095	0,000000	-0,001224	0,000000	0,0006	9,35635E-10	0,08		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00669384	-0,004041044	0,000061	-0,000077	0,000459	-0,000579	0,0112	2,37173E-09	0,21		
Areias 4	λ	0,003	0,0003	0,003	0,006598213	-0,003964072	-0,000035	0,000000	-0,115070	0,000000	0,0000005	6,48817E-09	0,56		
	E	125	12,5	137,5	0,006598213	-0,003964072	-0,000035	0,000000	-0,000003	0,000000	625,0000000	4,76682E-09	0,41		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,006598213	-0,003933437	-0,000035	0,000031	-0,000443	0,000393	0,0006250	1,22422E-10	0,01		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112360	0	0,00		
Argilas 5	λ	0,138	0,0138	0,152	0,00672817	-0,004041044	0,000095	-0,000077	0,006916	-0,005578	0,0164	7,83569E-07	68,08		
	E	51	5,1	56,1	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	266,7767	0	0,00		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	7,27168E-34	0,00		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006646027	-0,003964072	0,000013	0,000000	0,000100	0,000000	0,0112	1,12226E-10	0,01		
Areias 5	λ	0,003	0,0003	0,003	0,006598213	-0,003964072	-0,000035	0,000000	-0,115070	0,000000	0,0000005	6,48817E-09	0,56		
	E	125	12,5	137,5	0,006632735	-0,003956175	0,000000	0,000008	0,000000	0,000001	625,0000000	0	0,00		
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,006632735	-0,003964072	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	0	0,00		
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,006680452	-0,003933437	0,000048	0,000031	0,000359	0,000230	0,0112	1,44632E-09	0,13		
$\sigma^2(\beta)$ Total												0,0000011510	100	0,0000009333	100
$\sigma(\beta)$												0,00107		0,00097	
Bjerrum(1963)	E(β Oeste)=		0,00663		P [X>x] Oeste	0,99999240000									
	E(β Leste)=		-0,00396		P [X>x] Leste	0,97834040000									
	βcr (1/500)=		0,002		βcr (1/150)=	0,007									
	CV(β Oeste)=		16,175		P [X>x] Oeste	0,36474860000									
CV(β Leste)=		24,371		P [X>x] Leste	0,00086214370										

Tabela E.28 FOSM - Falha da tuneladora Seção 18+800, Vs^r

FOSM - V _s ^r		Variável										
		(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r)ii	δ(V _s ^r)ii/δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r)ii/δXi]^2 × V[Xi]	
Argilas 1	λ		0,138	0,0138	0,1518	7,98807394	0,10170732	0,000000617	0,00004474	0,0164	3,27882E-11	0,00
	E		51	5,1	56,1	7,97855229	0,10158608	-0,000120616	-0,00002365	266,7767	1,49217E-07	0,14
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	7,98793310	0,10170552	-0,000001176	-0,00001508	0,0006	1,42042E-13	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	7,98771098	0,10170269	-0,000004004	-0,00003010	0,0112	1,01832E-11	0,00
Siltes 1	λ		0,420	0,04197	0,46167	7,98807480	0,10170733	0,000000628	0,00001497	0,0090	2,0227E-12	0,00
	E		11	1,1	12,1	7,97640380	0,10155873	-0,000147971	-0,00013452	9,0000	1,62859E-07	0,16
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	7,98874062	0,10171580	0,000009106	0,00011674	0,0006	8,51776E-12	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	7,98801887	0,10170662	-0,000000084	-0,00000063	0,0112	4,46254E-15	0,00
Areias 1	λ		0,003	0,0003	0,0033	7,98802545	0,10170670	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E		125	12,5	137,5	7,98869447	0,10171522	0,000008518	0,00000068	625,0000	2,90243E-10	0,00
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	7,98794324	0,10170565	-0,000001047	-0,00001342	0,0006	1,12547E-13	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	7,98779273	0,10170374	-0,000002963	-0,00002228	0,0112	5,57691E-12	0,00
Argilas 2	λ		0,138	0,0138	0,152	8,01043310	0,10199200	0,000285303	0,02067413	0,0164	7,00285E-06	6,69
	E		51	5,1	56,1	7,98177112	0,10162707	-0,000079633	-0,00001561	266,7767	6,50413E-08	0,06
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	7,97666592	0,10156206	-0,000144634	-0,00185428	0,0006	2,14898E-09	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	7,97645770	0,10155941	-0,000147285	-0,00110741	0,0112	1,37793E-08	0,01
Areias 2	λ		0,003	0,0003	0,0033	7,98802545	0,10170670	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E		125	12,5	137,5	7,98754791	0,10170062	-0,000006080	-0,00000049	625,0000	1,47878E-10	0,00
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	7,98786573	0,10170467	-0,000002034	-0,00002607	0,0006	4,24863E-13	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	7,98824848	0,10170954	0,000002840	0,00002135	0,0112	5,12236E-12	0,00
Argilas 3	λ		0,138	0,0138	0,1518	8,04637990	0,10244969	0,000742992	0,05383999	0,0164	4,7493E-05	45,37
	E		51	5,1	56,1	7,97052003	0,10148381	-0,000222886	-0,00004370	266,7767	5,09534E-07	0,49
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	7,98098814	0,10161710	-0,000089602	-0,00114874	0,0006	8,24754E-10	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	7,98881265	0,10171672	0,000010023	0,00007536	0,0112	6,38112E-11	0,00
Areias 3	λ		0,003	0,0003	0,0033	7,98802545	0,10170670	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E		125	12,5	137,5	7,98389432	0,10165410	-0,000052599	-0,00000421	625,0000	1,10667E-08	0,01
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	7,98528220	0,10167177	-0,000034928	-0,00044780	0,0006	1,25326E-10	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	7,98924062	0,10172217	0,000015472	0,00011633	0,0112	1,52057E-10	0,00
Argilas 4	λ		0,138	0,0138	0,1518	8,02269999	0,10214819	0,000441490	0,03199203	0,0164	1,67689E-05	16,02
	E		51	5,1	56,1	7,95699119	0,10131156	-0,000395140	-0,00007748	266,7767	1,60144E-06	1,53
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	7,97315192	0,10151732	-0,000189376	-0,00242789	0,0006	3,68417E-09	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	7,98873363	0,10171572	0,000009017	0,00006780	0,0112	5,16438E-11	0,00
Areias 4	λ		0,003	0,0003	0,0033	7,98802545	0,10170670	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E		125	12,5	137,5	7,98300805	0,10164282	-0,000063884	-0,00000511	625,0000	1,63244E-08	0,02
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	7,98698752	0,10169348	-0,000013215	-0,00016943	0,0006	1,79409E-11	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	7,98850843	0,10171285	0,000006149	0,00004624	0,0112	2,40205E-11	0,00
Argilas 5	λ		0,138	0,0138	0,1518	8,03474625	0,10230157	0,000594868	0,04310636	0,0164	3,04441E-05	29,08
	E		51	5,1	56,1	7,97192365	0,10150168	-0,000205015	-0,00004020	266,7767	4,31099E-07	0,41
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	7,98189032	0,10162858	-0,000078115	-0,00100147	0,0006	6,26842E-10	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	7,98709935	0,10169491	-0,000011792	-0,00008866	0,0112	8,83177E-11	0,00
Areias 5	λ		0,003	0,0003	0,0033	7,98802545	0,10170670	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E		125	12,5	137,5	7,98486509	0,10166646	-0,000040239	-0,00000322	625,0000	6,47668E-09	0,01
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	7,98697686	0,10169335	-0,000013351	-0,00017117	0,0006	1,83114E-11	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	7,98896515	0,10171866	0,000011965	0,00008996	0,0112	9,09294E-11	0,00
										σ ² (V _s ^r) Total	0,0001046840551777	100
										σ(V _s ^r)	0,010231523	
MAIR (2008)	E(V _s)=		7,98802545									
	V _s ^r cr (1%)=		0,03									
	E(V _s ^r)=		0,101706699									
	CV(V _s ^r)=		10,1									
	P [X>x] =		1,00E+00									

Tabela E.29 FOSM - Falha da tuneladora Seção 19+200, β

FOSM - β												$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$		$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times V[X_i]$	
Variável												Oeste		Leste	
	(Xi)	E (Xi)	δX_i (10%)	E (Xi)+ δX_i	β Oeste	β Leste	$\delta\beta_{ii}$ Oeste	$\delta\beta_{ii}$ Leste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Oeste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Leste	V[Xi]				
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,152	0,007683267	-0,006214	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	4,0394E-31	0,00	2,48797E-31	0,00
	E	51	5,1	56,1	0,007645231	-0,006166269	-0,000038	0,000048	-0,000007	0,000009	266,7767	1,48387E-08	0,07	2,3367E-08	7,97
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,007933683	-0,00613619	0,000250	0,000078	0,003210	0,000998	0,0006	6,44192E-09	0,03	6,2196E-10	0,21
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,007645231	-0,006214	-0,000038	0,000000	-0,000286	0,000000	0,0112	9,18962E-10	0,00	0	0,00
Siltes 1	λ	0,420	0,04197	0,462	0,007683267	-0,006196349	0,000000	0,000018	0,000000	0,000421	0,0090	0	0,00	1,59634E-09	0,54
	E	11	1,1	12,1	0,007516121	-0,006153961	-0,000167	0,000060	-0,000152	0,000055	9,0000	2,07802E-07	0,99	2,68114E-08	9,14
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,007721303	-0,006214	0,000038	0,000000	0,000488	0,000000	0,0006	1,48621E-10	0,00	2,97081E-34	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,007683267	-0,006226428	0,000000	-0,000012	0,000000	-0,000093	0,0112	0	0,00	9,81095E-11	0,03
Areias 1	λ	0,003	0,0003	0,003	0,007683267	-0,006214	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000005	0	0,00	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	0,007683267	-0,00613619	0,000000	0,000078	0,000000	0,000006	625,000000	0	0,00	2,42176E-08	8,26
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,007264871	-0,006196349	-0,000418	0,000018	-0,005364	0,000226	0,0006250	1,79831E-08	0,09	3,20072E-11	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,007683267	-0,006226428	0,000000	-0,000012	0,000000	-0,000093	0,0112360	0	0,00	9,81095E-11	0,03
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	0,007607195	-0,006244019	-0,000076	-0,000030	-0,005512	-0,002175	0,0164	4,97864E-07	2,37	7,75289E-08	26,44
	E	51	5,1	56,1	0,006922547	-0,006166269	-0,000761	0,000048	-0,000149	0,000009	266,7767	5,93549E-06	28,20	2,3367E-08	7,97
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,006922547	-0,005973845	-0,000761	0,000240	-0,009753	0,003079	0,0006	5,94484E-08	0,28	5,92478E-09	2,02
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,007743882	-0,006316666	0,000061	-0,000103	0,000456	-0,000772	0,0112	2,33383E-09	0,01	6,69518E-09	2,28
Siltes 2	λ	0,420	0,04197	0,462	0,007759339	-0,006166269	0,000076	0,000048	0,001813	0,001137	0,0090	2,96496E-08	0,14	1,16725E-08	3,98
	E	11	1,1	12,1	0,007971643	-0,006153961	0,000288	0,000060	0,000262	0,000055	9,0000	6,18552E-07	2,94	2,68114E-08	9,14
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,007971643	-0,006214	0,000288	0,000000	0,003697	0,000000	0,0006	8,54299E-09	0,04	0	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,008047564	-0,006183981	0,000364	0,000030	0,002739	0,000226	0,0112	8,42983E-08	0,40	5,72414E-10	0,20
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,152	0,008047564	-0,006226428	0,000364	-0,000012	0,026398	-0,000901	0,0164	1,14175E-05	54,25	1,32881E-08	4,53
	E	51	5,1	56,1	0,007971643	-0,006196349	0,000288	0,000018	0,000057	0,000003	266,7767	8,52956E-07	4,05	3,19569E-09	1,09
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,007911483	-0,006226428	0,000228	-0,000012	0,002926	-0,000159	0,0006	5,35035E-09	0,03	1,58669E-11	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,007987555	-0,006226428	0,000304	-0,000012	0,002288	-0,000093	0,0112	5,88136E-08	0,28	9,81095E-11	0,03
Siltes 3	λ	0,420	0,04197	0,462	0,008025591	-0,006274039	0,000342	-0,000060	0,008156	-0,001431	0,0090	6,00404E-07	2,85	1,84685E-08	6,30
	E	11	1,1	12,1	0,007873447	-0,006166269	0,000190	0,000048	0,000173	0,000043	9,0000	2,69021E-07	1,28	1,69455E-08	5,78
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,007911483	-0,006196349	0,000228	0,000018	0,002926	0,000226	0,0006	5,35035E-09	0,03	3,20072E-11	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,007949519	-0,006183981	0,000266	0,000030	0,002002	0,000226	0,0112	4,50291E-08	0,21	5,72414E-10	0,20
Areias com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,007	0,007835411	-0,006153961	0,000152	0,000060	0,253573	0,100064	0,000001	6,42994E-08	0,31	1,00129E-08	3,41
	E	13	1,3	14,3	0,007911483	-0,006196349	0,000228	0,000018	0,000176	0,000014	6,2500	1,92613E-07	0,92	1,15226E-09	0,39
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,007911483	-0,006196349	0,000228	0,000018	0,002926	0,000226	0,0006	5,35035E-09	0,03	3,20072E-11	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,007949519	-0,006214	0,000266	0,000000	0,002002	0,000000	0,0112	4,50291E-08	0,21	0	0,00
											$\sigma^2(\beta)$ Total	0,0000210461	100	0,0000002932	100
											$\sigma(\beta)$	0,00459		0,00054	

	E(β Oeste)=	0,00768	P [X>x] Oeste	0,89204420000
	E(β Leste)=	-0,00621	P [X>x] Leste	1,00000000000
Bjerrum(1963)	βcr (1/500)=	0,002	βcr (1/150)=	0,007
	CV(β Oeste)=	59,709	P [X>x] Oeste	0,55888710000
	CV(β Leste)=	8,714	P [X>x] Leste	0,07173876000

Tabela E.30 FOSM - Falha da tuneladora Seção 19+200, V_s^r

FOSM - V_s^r												
Variável												
	(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+ δXi	V_s	V_s^r	$\delta(V_s^r)_{ii}$	$\delta(V_s^r)_{ii}/\delta Xi$	V[Xi]	$[\delta(V_s^r)_{ii}/\delta Xi]^2 \times V[Xi]$		
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,1518	11,29314774	0,14378882	-0,000017367	-0,00125850	0,0164	2,59492E-08	0,02	
	E	51	5,1	56,1	11,29196930	0,14377382	-0,000032372	-0,00000635	266,7767	1,07482E-08	0,01	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	11,30256052	0,14390867	0,000102480	0,00131385	0,0006	1,07887E-09	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	11,29451176	0,14380619	0,000000000	0,000000000	0,0112	0	0,00	
Siltes 1	λ	0,420	0,04197	0,46167	11,36300141	0,14467823	0,000872037	0,02077763	0,0090	3,89618E-06	2,88	
	E	11	1,1	12,1	11,29550100	0,14381879	0,000012595	0,00001145	9,0000	1,17999E-09	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	11,29308535	0,14378803	-0,000018162	-0,00023284	0,0006	3,38846E-11	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	11,27664680	0,14357873	-0,000227464	-0,00171025	0,0112	3,28649E-08	0,02	
Areias 1	λ	0,003	0,0003	0,0033	11,29451176	0,14380619	0,000000000	0,000000000	0,0000	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	11,29855339	0,14385765	0,000051460	0,00000412	625,0000	1,05924E-08	0,01	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	11,26485742	0,14342862	-0,000377571	-0,00484065	0,0006	1,46449E-08	0,01	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	11,28487199	0,14368345	-0,000122737	-0,00092284	0,0112	9,5689E-09	0,01	
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	11,35984233	0,14463800	0,000831815	0,06027642	0,0164	5,95271E-05	43,93	
	E	51	5,1	56,1	11,29164088	0,14376964	-0,000036553	-0,00000717	266,7767	1,37044E-08	0,01	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,90344377	0,13882696	-0,004979232	-0,06383631	0,0006	2,54692E-06	1,88	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	11,06189916	0,14084447	-0,002961716	-0,02226854	0,0112	5,5718E-06	4,11	
Siltes 2	λ	0,420	0,04197	0,46167	11,48716741	0,14625916	0,002452968	0,05844575	0,0090	3,08285E-05	22,75	
	E	11	1,1	12,1	11,28929643	0,14373979	-0,000066404	-0,00006037	9,0000	3,27975E-08	0,02	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	11,27912877	0,14361033	-0,000195862	-0,00251106	0,0006	3,94088E-09	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	11,29402317	0,14379997	-0,000006221	-0,00004677	0,0112	2,45819E-11	0,00	
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,1518	11,31015255	0,14400533	0,000199145	0,01443078	0,0164	3,41192E-06	2,52	
	E	51	5,1	56,1	11,24613077	0,14319018	-0,000616006	-0,00012079	266,7767	3,89204E-06	2,87	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	11,28324480	0,14366273	-0,000143455	-0,00183917	0,0006	2,1141E-09	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	11,29557545	0,14381973	0,000013543	0,00010183	0,0112	1,16509E-10	0,00	
Siltes 3	λ	0,420	0,04197	0,462	11,44390870	0,14570837	0,001902181	0,04532239	0,0090	1,85384E-05	13,68	
	E	11	1,1	12,1	11,24216161	0,14313965	-0,000666543	-0,00060595	9,0000	3,30456E-06	2,44	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	11,26782711	0,14346643	-0,000339760	-0,00435589	0,0006	1,18586E-08	0,01	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	11,28588614	0,14369637	-0,000109825	-0,00082575	0,0112	7,66143E-09	0,01	
Areias com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,0066	11,21612507	0,14280814	-0,000998050	-1,66341726	0,0000	2,76696E-06	2,04	
	E	13	1,3	14,3	11,25278375	0,14327489	-0,000531298	-0,00040869	6,2500	1,04392E-06	0,77	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	11,27961882	0,14361657	-0,000189623	-0,00243106	0,0006	3,69379E-09	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	11,29131712	0,14376551	-0,000040675	-0,00030583	0,0112	1,05093E-09	0,00	
									$\sigma^2(V_s^r)$ Total	0,0001355120144399	100	
		$E(V_s) =$	11,29451176							$\sigma(V_s^r)$	0,011640963	
MAIR (2008)	V_s^r cr (1%) =		0,03									
	$E(V_s^r) =$		0,143806190									
	$CV(V_s^r) =$		8,1									
	$P [X > x] =$		1,00E+00									

Tabela E.31 FOSM - Falha da tuneladora Seção 19+600, β

FOSM - β		Variável										(δβii/δXi)^2 x V[Xi]		(δβii/δXi)^2 x V[Xi]		
		(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	β Oeste	β Leste	δβii Oeste	δβii Leste	δβii/δXi Oeste	δβii/δXi Leste	V[Xi]	Oeste	Leste	Oeste	Leste
Siltos 1	λ		0,420	0,04197	0,462	0,0083	-0,005161103	0,000000	0,000017	0,000000	0,000394	0,0090	0	0,00	1,40199E-09	0,00
	E		11	1,1	12,1	0,0083	-0,005111477	0,000000	0,000066	0,000000	0,000060	9,0000	2,29202E-32	0,00	3,25651E-08	0,03
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,0083	-0,004317461	0,000000	0,0000860	0,000000	0,011028	0,0006	0	0,00	7,60105E-08	0,07
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,0083	-0,005161103	0,000000	0,000017	0,000000	0,000124	0,0112	0	0,00	1,73814E-10	0,00
Áreas com Finos 1	λ		0,006	0,0006	0,007	0,008283433	-0,004681385	-0,000017	0,000496	-0,027611	0,827100	0,000001	7,62392E-10	0,20	6,84094E-07	0,62
	E		13	1,3	14,3	0,0083	-0,004879889	0,000000	0,000298	0,000000	0,000229	6,2500	0	0,00	3,27879E-07	0,30
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,0083	-0,005177645	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	0	0,00	0	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,008283433	-0,005045309	-0,000017	0,000132	-0,000125	0,000995	0,0112	1,74337E-10	0,04	1,11241E-08	0,01
Argilas 1	λ		0,138	0,0138	0,152	0,008283433	-0,005161103	-0,000017	0,000017	-0,001200	0,001199	0,0164	2,36125E-08	6,05	2,35417E-08	0,02
	E		51	5,1	56,1	0,008218719	-0,005161103	-0,000081	0,000017	-0,000016	0,000003	266,7767	6,77622E-08	17,35	2,80662E-09	0,00
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,0083	-0,004995683	0,000000	0,000182	0,000000	0,002333	0,0006	3,16557E-34	0,00	3,40136E-09	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,0083	-0,005161103	0,000000	0,000017	0,000000	0,000124	0,0112	0	0,00	1,73814E-10	0,00
Siltos 2	λ		0,420	0,04197	0,462	0,0083	-0,005177645	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0090	0	0,00	0	0,00
	E		11	1,1	12,1	0,008267578	-0,005161103	-0,000032	0,000017	-0,000029	0,000015	9,0000	7,81868E-09	2,00	2,03532E-09	0,00
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,0083	-0,005177645	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	0	0,00	0	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,0083	-0,005161103	0,000000	0,000017	0,000000	0,000124	0,0112	0	0,00	1,73814E-10	0,00
Áreas com Finos 2	λ		0,006	0,0006	0,007	0,0083	-0,005161103	0,000000	0,000017	0,000000	0,027570	0,000001	0	0,00	7,60105E-10	0,00
	E		13	1,3	14,3	0,008283433	-0,005161103	-0,000017	0,000017	-0,000013	0,000013	6,2500	1,01502E-09	0,26	1,01197E-09	0,00
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,0083	-0,005161103	0,000000	0,000017	0,000000	0,000212	0,0006	0	0,00	2,81104E-11	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,008267578	-0,005161103	-0,000032	0,000017	-0,000244	0,000124	0,0112	6,67705E-10	0,17	1,73814E-10	0,00
Turfas 1	λ		0,783	0,0783	0,861	0,0083	-0,005177645	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0313290	0	0,00	0	0,00
	E		22	2,2	24,2	0,0083	-0,005161103	0,000000	0,000017	0,000000	0,000008	53,2900000	0	0,00	3,01284E-09	0,00
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,0083	-0,005161103	0,000000	0,000017	0,000000	0,000212	0,0006250	0	0,00	2,81104E-11	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,0083	-0,005458859	0,000000	-0,000281	0,000000	-0,002114	0,0112360	0	0,00	5,02322E-08	0,05
Argilas 2	λ		0,138	0,0138	0,152	0,0083	-0,005161103	0,000000	0,000017	0,000000	0,001199	0,0164	0	0,00	2,35417E-08	0,02
	E		51	5,1	56,1	0,0083	-0,005161103	0,000000	0,000017	0,000000	-0,000003	266,7767	0	0,00	2,80662E-09	0,00
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,008283433	-0,005161103	-0,000017	0,000017	-0,000212	0,000212	0,0006	2,8195E-11	0,01	2,81104E-11	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,008283433	-0,005177645	-0,000017	0,000000	-0,000125	0,000000	0,0112	1,74337E-10	0,04	0	0,00
Siltos 3	λ		0,420	0,04197	0,462	0,008332422	-0,004764095	0,000032	0,000414	0,000773	0,009853	0,0090	5,38574E-09	1,38	8,76244E-07	0,79
	E		11	1,1	12,1	0,008235156	-0,004979141	-0,000065	0,000199	-0,000059	0,000180	9,0000	3,12747E-08	8,01	2,93086E-07	0,27
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,008235156	-0,005144561	-0,000065	0,000033	-0,000831	0,000424	0,0006	4,31944E-10	0,11	1,12441E-10	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,008235156	-0,005177645	-0,000065	0,000000	-0,000488	0,000000	0,0112	2,67082E-09	0,68	0	0,00
Áreas com Finos 3	λ		0,006	0,0006	0,007	0,0083	-0,005161103	0,000000	0,000017	0,000000	0,027570	0,000001	8,55969E-33	0,00	7,60105E-10	0,00
	E		13	1,3	14,3	0,008202734	-0,005128019	-0,000097	0,000050	-0,000075	0,000038	6,2500	3,49874E-08	8,96	9,10776E-09	0,01
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,008267578	-0,005161103	-0,000032	0,000017	-0,000416	0,000212	0,0006	1,07986E-10	0,03	2,81104E-11	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,0083	-0,005194187	0,000000	-0,000017	0,000000	-0,000124	0,0112	1,95735E-33	0,00	1,73814E-10	0,00
Argilas 3	λ		0,138	0,0138	0,152	0,008283433	-0,004118957	-0,000017	0,001059	-0,001200	0,076717	0,0164	2,36125E-08	6,05	9,64268E-05	87,46
	E		51	5,1	56,1	0,008251076	-0,004135499	-0,000049	0,001042	-0,000010	0,000204	266,7767	2,455E-08	6,29	1,11395E-05	10,10
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,008267578	-0,005144561	-0,000032	0,000033	-0,000416	0,000424	0,0006	1,07986E-10	0,03	1,12441E-10	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,00831579	-0,004565591	0,000016	0,000612	0,000119	0,004602	0,0112	1,58376E-10	0,04	2,37951E-07	0,22
Áreas com Finos 4	λ		0,006	0,0006	0,007	0,0083	-0,005177645	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0	0,00	0	0,00
	E		13	1,3	14,3	0,00808929	-0,005094935	-0,000211	0,000083	-0,000162	0,000064	6,2500	1,64196E-07	42,04	2,52993E-08	0,02
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,008235156	-0,005144561	-0,000065	0,000033	-0,000831	0,000424	0,0006	4,31944E-10	0,11	1,12441E-10	0,00
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,008332422	-0,005177645	0,000032	0,000000	0,000244	0,000000	0,0112	6,67705E-10	0,17	5,52417E-34	0,00
												σ ² (β) Total	0,0000003906	100	0,0001102562	100
												σ(β)	0,00062		0,01050	
E(β Oeste)=				0,00830	P [X>0.002] Oeste		1,00000000000									
E(β Leste)=				-0,00518	P [X>0.002] Leste		0,619000060000									
Bjerrum(1963) βcr (1/500)=				0,002	P [X>0.007] Oeste		0,98199320000									
CV(β Oeste)=				7,530	P [X>0.007] Leste		0,43119470000									
CV(β Leste)=				202,801												

Tabela E.32 FOSM - Falha da tuneladora Seção 19+600, Vs^r

FOSM - Vs ^r											
Variável											
(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r) _{ii}	δ(V _s ^r) _{ii} /δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r) _{ii} /δXi] ² x V[Xi]		
Siltos 1	λ	0,420	0,04197	0,46167	8,63219397	0,1099085072	-0,000018669	-0,00044481	0,0090	1,78568E-09	0,01
	E	11	1,1	12,1	8,62501619	0,1098171169	-0,000110059	-0,00010005	9,0000	9,00968E-08	0,46
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,59242377	0,1094021373	-0,000525039	-0,00673127	0,0006	2,83187E-08	0,14
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,63230532	0,1099099250	-0,000017251	-0,00012971	0,0112	1,89034E-10	0,00
Áreas com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,0066	8,61886543	0,1097388029	-0,000188373	-0,31395526	0,0000	9,85679E-08	0,50
	E	13	1,3	14,3	8,61242934	0,1096568561	-0,000270320	-0,00020794	6,2500	2,7024E-07	1,37
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,63364203	0,1099269445	-0,000000232	-0,00000297	0,0006	5,50917E-15	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,62648511	0,1098358197	-0,000091356	-0,00068689	0,0112	5,30134E-09	0,03
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,1518	8,63322754	0,1099216670	-0,000005509	-0,00039921	0,0164	2,61107E-09	0,01
	E	51	5,1	56,1	8,62771092	0,1098514273	-0,000075749	-0,00001485	266,7767	5,88517E-08	0,30
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,62541788	0,1098222314	-0,000104945	-0,00134545	0,0006	1,13139E-09	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,63371386	0,1099278590	0,000000683	0,00000513	0,0112	2,96259E-13	0,00
Siltos 2	λ	0,420	0,04197	0,462	8,63365719	0,1099271375	-0,000000039	-0,00000092	0,0090	7,62988E-15	0,00
	E	11	1,1	12,1	8,62301238	0,1097916036	-0,000135572	-0,00012325	9,0000	1,3671E-07	0,69
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,63374362	0,1099282380	0,000001062	0,00001361	0,0006	1,1584E-13	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,63363597	0,1099268673	-0,000000309	-0,00000232	0,0112	6,05392E-14	0,00
Áreas com Finos 2	λ	0,006	0,0006	0,0066	8,63444603	0,1099371813	0,000010005	0,01667535	0,0000	2,78067E-10	0,00
	E	13	1,3	14,3	8,62679442	0,1098397579	-0,000087418	-0,00006724	6,2500	2,82616E-08	0,14
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,63358754	0,1099262506	-0,000000925	-0,00001186	0,0006	8,79781E-14	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,63237348	0,1099107928	-0,000016383	-0,00012318	0,0112	1,70495E-10	0,00
Turfas 1	λ	0,783	0,0783	0,8613	8,63469581	0,1099403616	0,000013186	0,00016840	0,0313	8,88422E-10	0,00
	E	22	2,2	24,2	8,63002655	0,1098809108	-0,000046265	-0,00002103	53,2900	2,35673E-08	0,12
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,63010413	0,1098818985	-0,000045278	-0,00058048	0,0006	2,10599E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,65336498	0,1101780649	0,000250889	0,00188638	0,0112	3,99826E-08	0,20
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	8,63190061	0,1099047721	-0,000022404	-0,00162348	0,0164	4,3183E-08	0,22
	E	51	5,1	56,1	8,63190061	0,1099047721	-0,000022404	-0,00000439	266,7767	5,14824E-09	0,03
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,62729333	0,1098461104	-0,000081066	-0,00103930	0,0006	6,75095E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,63298442	0,1099185716	-0,000008604	-0,00006470	0,0112	4,70281E-11	0,00
Siltos 3	λ	0,420	0,04197	0,46167	8,66504074	0,1103267252	0,000399549	0,00951988	0,0090	8,17918E-07	4,15
	E	11	1,1	12,1	8,60937589	0,1096179784	-0,000309198	-0,00028109	9,0000	7,11098E-07	3,61
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,62298848	0,1097912992	-0,000135877	-0,00174201	0,0006	1,89663E-09	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,62815763	0,1098571149	-0,000070061	-0,00052678	0,0112	3,1179E-09	0,02
Áreas com Finos 3	λ	0,006	0,0006	0,0066	8,63928417	0,1099987824	0,000071606	0,11934391	0,0000	1,4243E-08	0,07
	E	13	1,3	14,3	8,58368878	0,1092909199	-0,000636256	-0,00048943	6,2500	1,49712E-06	7,59
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,62685719	0,1098405572	-0,000086619	-0,00111050	0,0006	7,70754E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,62836112	0,1098597058	-0,000067470	-0,00050730	0,0112	2,89157E-09	0,01
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,1518	8,62029190	0,1097569654	-0,000170211	-0,01233411	0,0164	2,4925E-06	12,64
	E	51	5,1	56,1	8,56680797	0,1090759868	-0,000851189	-0,00016690	266,7767	7,43121E-06	37,68
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,62703506	0,1098482220	-0,000084354	-0,00108146	0,0006	7,30976E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,62307257	0,1097923699	-0,000134806	-0,00101358	0,0112	1,15432E-08	0,06
Áreas com Finos 4	λ	0,006	0,0006	0,0066	8,64694606	0,1100963367	0,000169161	0,28193433	0,0000	7,9487E-08	0,40
	E	13	1,3	14,3	8,53515910	0,1086730209	-0,001254155	-0,00096473	6,2500	5,81696E-06	29,49
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	8,61607873	0,1097033216	-0,000223854	-0,00286993	0,0006	5,14781E-09	0,03
	M Leste	1,33	0,133	1,463	8,63246631	0,1099119748	-0,000015201	-0,00011430	0,0112	1,46781E-10	0,00
									σ ² (V _s ^r) Total	0,0000197230028116	100
									σ(V _s ^r)	0,004441059	
E(V _s)=		8,63366022									
MAIR (2008) V _s ^r cr (1%)=		0,03									
E(V _s ^r)=		0,109927176									
CV(V _s ^r)=		4,0									
P [X>x] =		1,00E+00									

Tabela E.33 FOSM - Falha da tuneladora Seção 20+100, β

FOSM - β													(δβii/δXi)^2 x V[Xi]		(δβii/δXi)^2 x V[Xi]	
Variável													Oeste		Leste	
(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	β Oeste	β Leste	δβii Oeste	δβii Leste	δβii/δXi Oeste	δβii/δXi Leste	V[Xi]						
Argilas 1	λ	0,138	0,138	0,152	0,008168	-0,006024	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0	0,00	2,73457E-31	0,00	
	E	51	5,1	56,1	0,008122873	-0,005991438	-0,000045	0,000033	-0,000009	0,000006	266,7767	2,08873E-08	1,35	1,08751E-08	1,87	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,008122873	-0,005991438	-0,000045	0,000033	-0,000579	0,000417	0,0006	2,09202E-10	0,01	1,08922E-10	0,02	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,008093934	-0,005991438	-0,000074	0,000033	-0,000559	0,000245	0,0112	3,48457E-09	0,23	6,73496E-10	0,12	
Siltes 1	λ	0,420	0,4197	0,462	0,00810666	-0,006024	-0,000061	0,000000	-0,001462	0,000000	0,0090	1,9278E-08	1,25	1,62853E-32	0,00	
	E	11	1,1	12,1	0,008093934	-0,005926314	-0,000074	0,000098	-0,000067	0,000089	9,0000	4,08036E-08	2,64	7,09784E-08	12,22	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,008229586	-0,005991438	-0,000062	0,000033	-0,000790	0,000417	0,0006	3,89635E-10	0,03	1,08922E-10	0,02	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,008139151	-0,006024	-0,000029	0,000000	-0,000217	0,000000	0,0112	5,28644E-10	0,03	2,019E-33	0,00	
Turfas	λ	0,783	0,783	0,861	0,008139151	-0,006024	-0,000029	0,000000	-0,000368	0,000000	0,0313290	4,25283E-09	0,28	1,62424E-32	0,00	
	E	22	2,2	24,2	0,008139151	-0,005991438	-0,000029	0,000033	-0,000013	0,000015	53,2900000	9,16336E-09	0,59	1,16742E-08	2,01	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,008139151	-0,005991438	-0,000029	0,000033	-0,000370	0,000417	0,0006250	8,54959E-11	0,01	1,08922E-10	0,02	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,008139151	-0,005991438	-0,000029	0,000033	-0,000217	0,000245	0,0112360	5,28644E-10	0,03	6,73496E-10	0,12	
Argilas 2	λ	0,138	0,138	0,152	0,008122873	-0,006024	-0,000045	0,000000	-0,003270	0,000000	0,0164	1,75201E-07	11,34	2,73457E-31	0,00	
	E	51	5,1	56,1	0,008184369	-0,006024	-0,000016	0,000000	-0,000003	0,000000	266,7767	2,74813E-09	0,18	3,26013E-32	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00810666	-0,005991438	-0,000061	0,000033	-0,000786	0,000417	0,0006	3,86531E-10	0,03	1,08922E-10	0,02	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,008151697	-0,006024	-0,000016	0,000000	-0,000123	0,000000	0,0112	1,68836E-10	0,01	2,019E-33	0,00	
Siltes 2	λ	0,420	0,4197	0,462	0,008196734	-0,005926314	-0,000029	0,000098	0,000685	0,002328	0,0090	4,23009E-09	0,27	4,88921E-08	8,42	
	E	11	1,1	12,1	0,008077746	-0,005893751	-0,000090	0,000130	-0,000082	0,000118	9,0000	6,05887E-08	3,92	1,26184E-07	21,73	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,008032619	-0,005991438	-0,000135	0,000033	-0,001736	0,000417	0,0006	1,88281E-09	0,12	1,08922E-10	0,02	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,008241771	-0,006056562	0,000074	-0,000033	0,000555	-0,000245	0,0112	3,45681E-09	0,22	6,73496E-10	0,12	
Areias 1	λ	0,003	0,0003	0,003	0,008122873	-0,006024	-0,000045	0,000000	-0,150424	0,000000	0,0000005	1,10874E-08	0,72		0,00	
	E	125	12,5	137,5	0,008061623	-0,005958876	-0,000106	0,000065	-0,000009	0,000005	625,0000000	4,52646E-08	2,93	1,69647E-08	2,92	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00810666	-0,005991438	-0,000061	0,000033	-0,000786	0,000417	0,0006250	3,86531E-10	0,03	1,08922E-10	0,02	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,00810666	-0,005991438	-0,000061	0,000033	-0,000461	0,000245	0,0112360	2,39002E-09	0,15	6,73496E-10	0,12	
Areias com Finos	λ	0,006	0,0006	0,007	0,008151697	-0,006024	-0,000016	0,000000	-0,027172	0,000000	0,000001	7,38335E-10	0,05	8,82927E-33	0,00	
	E	13	1,3	14,3	0,008061623	-0,005926314	-0,000106	0,000098	-0,000082	0,000075	6,2500	4,18497E-08	2,71	3,52909E-08	6,08	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,00810666	-0,005991438	-0,000061	0,000033	-0,000786	0,000417	0,0006	3,86531E-10	0,03	1,08922E-10	0,02	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,008151697	-0,006024	-0,000016	0,000000	-0,000123	0,000000	0,0112	1,68836E-10	0,01		0,00	
Argilas 3	λ	0,138	0,138	0,152	0,00810666	-0,005991438	-0,000061	0,000033	-0,004445	0,002360	0,0164	3,23709E-07	20,96	9,12196E-08	15,71	
	E	51	5,1	56,1	0,00810666	-0,005991438	-0,000061	0,000033	-0,000012	0,000006	266,7767	3,85923E-08	2,50	1,08751E-08	1,87	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,008061623	-0,005991438	-0,000106	0,000033	-0,001364	0,000417	0,0006	1,16249E-09	0,08	1,08922E-10	0,02	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,008168	-0,006024	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	2,019E-33	0,00	
Siltes 3	λ	0,420	0,4197	0,462	0,008229586	-0,006056562	0,000062	-0,000033	0,001467	-0,000776	0,0090	1,94329E-08	1,26	5,43245E-09	0,94	
	E	11	1,1	12,1	0,008139151	-0,005991438	-0,000029	0,000033	-0,000026	0,000030	9,0000	6,1903E-09	0,40	7,88649E-09	1,36	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,008139151	-0,006024	-0,000029	0,000000	-0,000370	0,000000	0,0006	8,54959E-11	0,01	0	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,008168	-0,006024	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	4,04468E-33	0,00	2,019E-33	0,00	
Areias 2	λ	0,003	0,0003	0,003	0,008168	-0,006024	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000005	0	0,00	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	0,008139151	-0,005991438	-0,000029	0,000033	-0,000002	0,000003	625,0000000	3,32901E-09	0,22	4,24118E-09	0,73	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,008139151	-0,005991438	-0,000029	0,000033	-0,000370	0,000417	0,0006	8,54959E-11	0,01	1,08922E-10	0,02	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,008168	-0,005991438	0,000000	0,000033	0,000000	0,000245	0,0112	0	0,00	6,73496E-10	0,12	
Argilas 4	λ	0,138	0,138	0,152	0,008258254	-0,006056562	0,000090	-0,000033	0,006540	-0,002360	0,0164	7,00803E-07	45,37	9,12196E-08	15,71	
	E	51	5,1	56,1	0,008168	-0,005958876	0,000000	0,000065	0,000000	0,000013	266,7767	6,53106E-32	0,00	4,35005E-08	7,49	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,008122873	-0,005958876	-0,000045	0,000065	-0,000579	0,000835	0,0006	2,09202E-10	0,01	4,3569E-10	0,08	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,008196734	-0,006056562	0,000029	-0,000033	0,000216	-0,000245	0,0112	5,24431E-10	0,03	6,73496E-10	0,12	
											σ ² (β) Total	0,0000015447	100	0,0000005807	100	
											σ(β)	0,00124		0,00076		
E(β Oeste)=		0,00817		P [X>x] Oeste		0,99999970000										
E(β Leste)=		-0,00602		P [X>x] Leste		0,99999990000										
βcr (1/500)=		0,002		βcr (1/150)=		0,007										
CV(β Oeste)=		15,216		P [X>x] Oeste		0,82729980000										
CV(β Leste)=		12,650		P [X>x] Leste		0,09861673000										

Tabela E.34 FOSM - Falha da tuneladora Seção 20+100, Vs^r

FOSM - V _s ^r											
Variável											
(Xi)	E (Xi)	ΔXi (10%)	E (Xi)+ΔXi	V _s	V _s ^r	Δ(V _s ^r)ii	Δ(V _s ^r)ii/ΔXi	V[Xi]	[Δ(V _s ^r)ii/ΔXi] ² x V[Xi]		
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,1518	10,95817314	0,13952379	-0,000039607	-0,000287007	0,0164	1,3496E-07	0,05
	E	51	5,1	56,1	10,96306853	0,13958612	0,000022723	0,000000446	266,7767	5,29588E-09	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,96887754	0,13966009	0,000096686	0,00123956	0,0006	9,60316E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,96897449	0,13966132	0,000097920	0,00073624	0,0112	6,09048E-09	0,00
Siltos 1	λ	0,420	0,04197	0,46167	11,01675594	0,14026969	0,000706292	0,01682850	0,0090	2,55587E-06	1,02
	E	11	1,1	12,1	10,91163332	0,13893123	-0,000632170	-0,00057470	9,0000	2,97252E-06	1,19
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,93685803	0,13925240	-0,000311000	-0,00398717	0,0006	9,93597E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,96030922	0,13955099	-0,000012410	-0,00009331	0,0112	9,78198E-11	0,00
Turfas 1	λ	0,783	0,0783	0,8613	10,84363977	0,13806551	-0,001497891	-0,01913016	0,0313	1,14653E-05	4,59
	E	22	2,2	24,2	10,85233884	0,13817627	-0,001387131	-0,00063051	53,2900	2,11853E-05	8,49
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,94426046	0,13934665	-0,000216749	-0,00277883	0,0006	4,82619E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,95974131	0,13954376	-0,000019640	-0,00014767	0,0112	2,45027E-10	0,00
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	11,00816906	0,14016036	0,000596961	0,04325802	0,0164	3,06587E-05	12,28
	E	51	5,1	56,1	10,98122084	0,13981725	0,000253845	0,00004977	266,7767	6,60916E-07	0,26
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,95668340	0,13950483	-0,000058575	-0,00075096	0,0006	3,52464E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,94793225	0,13939340	-0,000169998	-0,00127818	0,0112	1,83568E-08	0,01
Siltos 2	λ	0,420	0,04197	0,46167	11,15140275	0,14198407	0,002420669	0,05767617	0,0090	3,0022E-05	12,03
	E	11	1,1	12,1	10,89205184	0,13868191	-0,000881490	-0,00080135	9,0000	5,77952E-06	2,32
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,95730533	0,13951274	-0,000050656	-0,00064944	0,0006	2,63609E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,92249747	0,13906956	-0,000493844	-0,00371311	0,0112	1,54913E-07	0,06
Areias 1	λ	0,003	0,0003	0,0033	10,96128387	0,13956340	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	10,92592180	0,13911316	-0,000450244	-0,00003602	625,0000	8,10878E-07	0,32
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,95675435	0,13950573	-0,000057672	-0,00073938	0,0006	3,41677E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,96124635	0,13956292	-0,000000478	-0,00000359	0,0112	1,44978E-13	0,00
Areias com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,007	10,97020536	0,13967699	0,000113592	0,18931984	0,0000	3,5842E-08	0,01
	E	13	1,3	14,3	10,90408520	0,13883512	-0,000728276	-0,00056021	6,2500	1,96149E-06	0,79
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,95675435	0,13950573	-0,000057672	-0,00073938	0,0006	3,41677E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,96127397	0,13956327	-0,000000126	-0,00000095	0,0112	1,0086E-14	0,00
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,1518	10,89650691	0,13873863	-0,000824766	-0,05976565	0,0164	5,85225E-05	23,45
	E	51	5,1	56,1	10,89650691	0,13873863	-0,000824766	-0,00016172	266,7767	6,977E-06	2,80
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,93733253	0,13925844	-0,000304958	-0,00390972	0,0006	9,55368E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,96393010	0,13959709	0,000033693	0,00025333	0,0112	7,2108E-10	0,00
Siltos 3	λ	0,420	0,04197	0,46167	11,02260389	0,14034415	0,000780751	0,01860259	0,0090	3,12316E-06	1,25
	E	11	1,1	12,1	10,94581082	0,13936639	-0,000197009	-0,00017910	9,0000	2,88689E-07	0,12
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,95646628	0,13950206	-0,000061340	-0,00078640	0,0006	3,86519E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,95909299	0,13953551	-0,000027895	-0,00020974	0,0112	4,94274E-10	0,00
Areias 2	λ	0,003	0,0003	0,0033	10,96128387	0,13956340	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	10,95754736	0,13951583	-0,000047575	-0,00000381	625,0000	9,05343E-09	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,95779837	0,13951902	-0,000044379	-0,00056896	0,0006	2,02321E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,96166827	0,13956830	0,000004894	0,00003680	0,0112	1,5216E-11	0,00
Argilas 4	λ	0,138	0,0138	0,1518	10,91087211	0,13892154	-0,000641862	-0,04651177	0,0164	3,54442E-05	14,20
	E	51	5,1	56,1	10,81254198	0,13766956	-0,001893841	-0,00037134	266,7767	3,6787E-05	14,74
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	10,94614077	0,13937059	-0,000192808	-0,00247190	0,0006	3,81892E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	10,96268710	0,13958127	0,000017866	0,00013433	0,0112	2,02761E-10	0,00
									σ ² (V _s ^r) Total	0,0002496123730258	100
									σ(V _s ^r)	0,015799126	
MAIR (2008)		E(V _s)=	10,96128387								
		V _s ^r cr (1%)=	0,03								
		E(V _s ^r)=	0,139563401								
		CV(V _s ^r)=	11,3								
		P [X>x] =	1								

Tabela E.35 FOSM - Falha da tuneladora Seção 20+400, β

FOSM - β													(δβii/δXi)^2 x v[Xi]		(δβii/δXi)^2 x v[Xi]	
Variável													Oeste		Leste	
	(X)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	β Oeste	β Leste	δβii Oeste	δβii Leste	δβii/δXi Oeste	δβii/δXi Leste	V[Xi]					
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,152	0,019842854	-0,013394658	-0,000055	-0,000043	-0,003996	-0,003091	0,0164	2,6163E-07	5,37	1,56555E-07	6,61	
	E	51	5,1	56,1	0,019842854	-0,013352	-0,000055	0,000000	-0,000011	0,000000	266,7767	3,11913E-08	0,64	2,3902E-31	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,019898	-0,013053393	0,000000	0,000299	0,000000	0,003828	0,0006	2,84901E-33	0,00	9,1599E-09	0,39	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,019898	-0,013437316	0,000000	-0,000085	0,000000	-0,000641	0,0112	0	0,00	4,62352E-09	0,20	
Siltes 1	λ	0,420	0,04197	0,462	0,019890325	-0,013394658	-0,000008	-0,000043	-0,000183	-0,001016	0,0090	3,018E-10	0,01	9,32338E-09	0,39	
	E	11	1,1	12,1	0,019795383	-0,013181367	-0,000103	0,000171	-0,000093	0,000155	9,0000	7,83239E-08	1,61	2,16561E-07	9,14	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,019708495	-0,013266684	-0,000190	0,000085	-0,002430	0,001094	0,0006	3,68919E-09	0,08	7,47747E-10	0,03	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,019898	-0,013394658	0,000000	-0,000043	0,000000	-0,000321	0,0112	0	0,00	1,15588E-09	0,05	
Turfas 1	λ	0,783	0,0783	0,861	0,019898	-0,013352	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0313290	0	0,00	1,19083E-31	0,00	
	E	22	2,2	24,2	0,019898	-0,013352	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	53,2900000	3,05354E-31	0,00	2,56582E-31	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,020080209	-0,013394658	0,000182	-0,000043	0,002336	-0,000547	0,0006250	3,41059E-09	0,07	1,86937E-10	0,01	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,019898	-0,013352	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112360	1,76162E-32	0,00	1,48025E-32	0,00	
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	0,019898	-0,013352	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0	0,00	0	0,00	
	E	51	5,1	56,1	0,019890325	-0,013352	-0,000008	0,000000	-0,000002	0,000000	266,7767	6,04168E-10	0,01	2,3902E-31	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,019898	-0,013352	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	2,84901E-33	0,00	2,39396E-33	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,019898	-0,013352	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	1,48025E-32	0,00	
Siltes 2	λ	0,420	0,04197	0,462	0,020134881	-0,013352	0,000237	0,000000	0,005644	0,000000	0,0090	2,87495E-07	5,90	1,19397E-31	0,00	
	E	11	1,1	12,1	0,019885267	-0,013309342	0,000087	0,000043	0,000079	0,000039	9,0000	5,66444E-08	1,16	1,35351E-08	0,57	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,019708495	-0,013266684	-0,000190	0,000085	-0,002430	0,000109	0,0006	3,68919E-09	0,08	7,47747E-10	0,03	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,019850624	-0,013410495	-0,000047	-0,000058	-0,000356	-0,000440	0,0112	1,4257E-09	0,03	2,17345E-09	0,09	
Áreas 1	λ	0,003	0,0003	0,003	0,019898	-0,013352	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000005	0	0,00	0	0,00	
	E	125	12,5	137,5	0,019890325	-0,013352	-0,000008	0,000000	-0,000001	0,000000	625,0000000	2,35619E-10	0,00	0	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,019890325	-0,013352	-0,000008	0,000000	-0,000098	0,000000	0,0006250	6,05119E-12	0,00	0	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,019898	-0,013352	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112360	1,76162E-32	0,00	1,48025E-32	0,00	
Argilas 3	λ	0,138	0,0138	0,152	0,019992752	-0,013309342	0,000095	0,000043	0,006866	0,003091	0,0164	7,724E-07	15,86	1,56555E-07	6,61	
	E	51	5,1	56,1	0,019803248	-0,013266684	-0,000095	0,000085	-0,000019	0,000017	266,7767	9,20848E-08	1,89	7,46572E-08	3,15	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,019700441	-0,013181367	-0,000198	0,000171	-0,002533	0,0002188	0,0006	4,00944E-09	0,08	2,99099E-09	0,13	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,020080209	-0,013352	0,000182	0,000000	0,001370	0,000000	0,0112	2,10886E-08	0,43	1,48025E-32	0,00	
Áreas com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,007	0,019898	-0,013352	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0	0,00	6,47326E-32	0,00	
	E	13	1,3	14,3	0,019898	-0,013309342	0,000000	0,000043	0,000000	0,000033	6,2500	1,02564E-31	0,00	6,72972E-09	0,28	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,019890325	-0,013352	-0,000008	0,000000	-0,000098	0,000000	0,0006	6,05119E-12	0,00	2,39396E-33	0,00	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,019937796	-0,013352	0,000040	0,000000	0,000098	0,000000	0,0112	1,00598E-09	0,02	1,48025E-32	0,00	
Argilas 4	λ	0,138	0,0138	0,152	0,019885267	-0,013453068	0,000087	-0,000101	0,006324	-0,007324	0,0164	6,55181E-07	13,46	8,78803E-07	37,08	
	E	51	5,1	56,1	0,019803248	-0,013309342	-0,000095	0,000043	-0,000019	0,000008	266,7767	9,20848E-08	1,89	1,86643E-08	0,79	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,019613743	-0,013181367	-0,000284	0,000171	-0,003644	0,0002188	0,0006	8,30068E-09	0,17	2,99099E-09	0,13	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,02012768	-0,013580787	0,000230	-0,000229	0,001727	-0,001720	0,0112	3,35084E-08	0,69	3,32485E-08	1,40	
Siltes 3	λ	0,420	0,04197	0,462	0,019992752	-0,013437316	0,000095	-0,000085	0,002258	-0,002033	0,0090	4,59991E-08	0,94	3,72935E-08	1,57	
	E	11	1,1	12,1	0,019795383	-0,013266684	-0,000103	0,000085	-0,000093	0,000078	9,0000	7,83239E-08	1,61	5,41404E-08	2,28	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,019795383	-0,013437316	-0,000103	-0,000085	-0,001316	-0,001094	0,0006	1,08175E-09	0,02	7,47747E-10	0,03	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,020080209	-0,013538214	0,000182	-0,000186	0,001370	-0,001400	0,0112	2,10886E-08	0,43	2,20259E-08	0,93	
Áreas com Finos 2	λ	0,006	0,0006	0,007	0,019898	-0,013352	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	7,70372E-32	0,00	0	0,00	
	E	13	1,3	14,3	0,019842854	-0,013352	-0,000055	0,000000	-0,000042	0,000000	6,2500	1,12466E-08	0,23	8,61825E-32	0,00	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,019842854	-0,013394658	-0,000055	-0,000043	-0,000707	-0,000547	0,0006	3,12404E-10	0,01	1,86937E-10	0,01	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,019937796	-0,013394658	0,000040	-0,000043	0,000299	-0,000321	0,0112	1,00598E-09	0,02	1,15588E-09	0,05	
Siltes 4	λ	0,420	0,04197	0,462	0,020412505	-0,013607949	0,000515	-0,000256	0,012259	-0,006098	0,0090	1,35628E-06	27,86	3,35642E-07	14,16	
	E	11	1,1	12,1	0,019661119	-0,013224026	-0,000237	0,000128	-0,000215	0,000116	9,0000	4,17366E-07	8,57	1,21816E-07	5,14	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,019566367	-0,013181367	-0,000332	0,000171	-0,004252	0,0002188	0,0006	1,12981E-08	0,23	2,99099E-09	0,13	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,02027701	-0,013665933	0,000379	-0,000314	0,002850	-0,002360	0,0112	9,12449E-08	1,87	6,26013E-08	2,64	
Turfas 2	λ	0,783	0,0783	0,861	0,020182257	-0,013437316	0,000284	-0,000085	0,003630	-0,001090	0,0313290	4,12901E-07	8,48	3,71952E-08	1,57	
	E	22	2,2	24,2	0,019898	-0,013266684	0,000000	0,000085	0,000000	0,000039	53,2900000	0	0,00	8,01428E-08	3,38	
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,019803248	-0,01319763	-0,000095	0,000154	-0,001215	0,001979	0,0006250	9,22298E-10	0,02	2,44802E-09	0,10	
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,020032738	-0,013538214	0,000135	-0,000186	0,001013	-0,001400	0,0112360	1,15316E-08	0,24	2,20259E-08	0,93	
												σ²(β) Total	0,0000048689	100	0,0000023698	100
												σ(β)	0,00221		0,00154	
Bjerrum(1963)	E(β Oeste)=		0,01990		P [X>x] Oeste	1,00000000000										
	E(β Leste)=		-0,01335		P [X>x] Leste	1,00000000000										
	βcr (1/500)=		0,002		βcr (1/150)=	0,007										
	CV(β Oeste)=		11,089		P [X>x] Oeste	1,00000000000										
			11,530		P [X>x] Leste	0,99998130000										

Tabela E.36 FOSM - Falha da tuneladora Seção 20+400, Vs^r

FOSM - V _s ^r											
Variável											
	(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r)ii	δ(V _s ^r)ii/δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r)ii/δXi]^2 x V[Xi]	
Argilas.1	λ	0,138	0,0138	0,1518	20,37196737	0,25938394	0,000021601	0,00156532	0,0164	4,01444E-08	0,01
	E	51	5,1	56,1	20,36457512	0,25928982	-0,000072520	-0,00001422	266,7767	5,39409E-08	0,01
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	20,38770414	0,25958431	0,000221968	0,00284575	0,0006	5,06142E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	20,36871778	0,25934257	-0,000019774	-0,00014867	0,0112	2,48361E-10	0,00
Siltes.1	λ	0,420	0,04197	0,46167	20,36880322	0,25934366	-0,000018686	-0,00044522	0,0090	1,78892E-09	0,00
	E	11	1,1	12,1	20,31313413	0,25863486	-0,000727487	-0,00066135	9,0000	3,93647E-06	1,08
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	20,32334390	0,25876485	-0,000597492	-0,00766015	0,0006	3,66737E-08	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	20,37025705	0,25936217	-0,000000175	-0,00000132	0,0112	1,94712E-14	0,00
Turfas.1	λ	0,783	0,0783	0,8613	20,37485197	0,25942067	0,000058329	0,00074495	0,0313	1,73859E-08	0,00
	E	22	2,2	24,2	20,36313987	0,25927155	-0,000090794	-0,00004127	53,2900	9,07637E-08	0,02
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	20,35783608	0,25920402	-0,000158324	-0,00202979	0,0006	2,57503E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	20,33390209	0,25889928	-0,000463061	-0,00348166	0,0112	1,36202E-07	0,04
Argilas.2	λ	0,138	0,0138	0,152	20,37509099	0,25942372	0,000061373	0,00444729	0,0164	3,24049E-07	0,09
	E	51	5,1	56,1	20,37013592	0,25936063	-0,000001717	-0,00000034	266,7767	3,02469E-11	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	20,37008460	0,25935997	-0,000002371	-0,00003039	0,0006	5,77343E-13	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	20,36664321	0,25931616	-0,000046188	-0,00034728	0,0112	1,35508E-09	0,00
Siltes.2	λ	0,420	0,04197	0,46167	20,49004153	0,26088731	0,001524968	0,03633472	0,0090	1,19149E-05	3,26
	E	11	1,1	12,1	20,30917819	0,25858449	-0,000777855	-0,00070714	9,0000	4,50044E-06	1,23
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	20,32334390	0,25876485	-0,000597492	-0,00766015	0,0006	3,66737E-08	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	20,33983105	0,25897477	-0,000387571	-0,00291407	0,0112	9,54137E-08	0,03
Areias.1	λ	0,003	0,0003	0,0033	20,37027080	0,25936234	0,000000000	0,000000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	20,36466226	0,25929093	-0,000071410	-0,00000571	625,0000	2,03976E-08	0,01
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	20,36787421	0,25933183	-0,000030514	-0,00039121	0,0006	9,56524E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	20,37012890	0,25936054	-0,000001807	-0,000001358	0,0112	2,0734E-12	0,00
Argilas.3	λ	0,138	0,0138	0,152	20,42528486	0,26006280	0,000700461	0,05075803	0,0164	4,22114E-05	11,55
	E	51	5,1	56,1	20,29820239	0,25844474	-0,000917603	-0,00017992	266,7767	8,6361E-06	2,36
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	20,34559666	0,25904818	-0,000314161	-0,00402770	0,0006	1,0139E-08	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	20,35931980	0,25922291	-0,000139432	-0,00104836	0,0112	1,23491E-08	0,00
Areias.com Fins.1	λ	0,006	0,0006	0,0066	20,37212436	0,25938594	0,000023600	0,03933380	0,0000	1,54715E-09	0,00
	E	13	1,3	14,3	20,35821325	0,25920882	-0,000153521	-0,00011809	6,2500	8,71628E-08	0,02
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	20,36671951	0,25931713	-0,000045216	-0,00057970	0,0006	2,10031E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	20,37026416	0,25936226	-0,000000085	-0,00000064	0,0112	4,53547E-15	0,00
Argilas.4	λ	0,138	0,0138	0,1518	20,39089890	0,25962499	0,000262645	0,01903226	0,0164	5,93473E-06	1,62
	E	51	5,1	56,1	20,33951485	0,25897075	-0,000391597	-0,00007678	266,7767	1,57285E-06	0,43
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	20,34164784	0,25899790	-0,000364439	-0,00467229	0,0006	1,36439E-08	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	20,37316638	0,25939921	0,000036868	0,00027720	0,0112	8,63378E-10	0,00
Siltes.3	λ	0,420	0,04197	0,46167	20,48127301	0,26077567	0,001413324	0,03367463	0,0090	1,02342E-05	2,80
	E	11	1,1	12,1	20,30414379	0,25852039	-0,000841955	-0,00076541	9,0000	5,27272E-06	1,44
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	20,34596512	0,25905287	-0,000309469	-0,00396756	0,0006	9,83844E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	20,37015552	0,25936088	-0,000001468	-0,000001104	0,0112	1,36836E-12	0,00
Areias.com Fins.2	λ	0,006	0,0006	0,0066	20,37232245	0,25938847	0,000026122	0,04353744	0,0000	1,89551E-09	0,00
	E	13	1,3	14,3	20,33736712	0,25894340	-0,000418943	-0,00032226	6,2500	6,49086E-07	0,18
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	20,35867919	0,25921475	-0,000147589	-0,00189217	0,0006	2,23768E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	20,37141880	0,25937696	0,000014617	0,00010990	0,0112	1,35712E-10	0,00
Siltes.4	λ	0,420	0,04197	0,46167	20,86800966	0,26569975	0,006337408	0,15099852	0,0090	0,000205775	56,30
	E	11	1,1	12,1	20,21595947	0,25739759	-0,001964753	-0,00178614	9,0000	2,87126E-05	7,86
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	20,27171466	0,25810749	-0,001254856	-0,01608789	0,0006	1,61763E-07	0,04
	M Leste	1,33	0,133	1,463	20,35405674	0,25915590	-0,000206444	-0,000155221	0,0112	2,70715E-08	0,01
Turfas.2	λ	0,783	0,0783	0,8613	20,54484211	0,26158505	0,002222711	0,02838711	0,0313	2,52458E-05	6,91
	E	22	2,2	24,2	20,29664719	0,25842494	-0,000937405	-0,00042609	53,2900	9,67508E-06	2,65
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	20,33205367	0,25887575	-0,000486596	-0,00623841	0,0006	2,43236E-08	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	20,37511131	0,25942397	0,000061631	0,00046339	0,0112	2,41275E-09	0,00
									σ ² (V _s ^r) Total	0,0003654897412373	100
									σ(V _s ^r)	0,019117786	
MAIR (2008)	E(V _s)=	20,37027080									
	V _s ^r cr (1%)=	0,03									
	E(V _s ^r)=	0,259362343									
	CV(V _s ^r)=	7,4									
	P [X>x] =	1									

Tabela E.37 FOSM - Falha da tuneladora Seção 20+800, β

FOSM - β												(δβii/δXi)^2 x V[Xi]	(δβii/δXi)^2 x V[Xi]
Variável	(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	β Oeste	β Leste	δβii Oeste	δβii Leste	δβii/δXi Oeste	δβii/δXi Leste	V[Xi]	Oeste	Leste
Siltes 1	λ	0,420	0,04197	0,462	0,015078313	-0,008724346	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0090	0 0,00	0 0,00
	E	11	1,1	12,1	0,015029358	-0,008689167	-0,000049	0,000035	-0,000045	0,000032	9,0000	1,78263E-08 0,43	9,20491E-09 0,67
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,015029358	-0,008689167	-0,000049	0,000035	-0,000628	0,000451	0,0006	2,46204E-10 0,01	1,27132E-10 0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,015029358	-0,008689167	-0,000049	0,000035	-0,000368	0,000265	0,0112	1,52234E-09 0,04	7,86087E-10 0,06
Áreas com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,0066	0,015078313	-0,008724346	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000001	0 0,00	0 0,00
	E	13	1,3	14,3	0,015078313	-0,008689167	0,000000	0,000035	0,000000	0,000027	6,2500	0 0,00	4,57673E-09 0,33
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,015127269	-0,008689167	0,000049	0,000035	0,000628	0,000451	0,0006	2,46204E-10 0,01	1,27132E-10 0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,015078313	-0,008689167	0,000000	0,000035	0,000000	0,000265	0,0112	0 0,00	7,86087E-10 0,06
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,152	0,015078313	-0,008724346	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0 0,00	1,34211E-30 0,00
	E	51	5,1	56,1	0,015029358	-0,008689167	-0,000049	0,000035	-0,000010	0,000007	266,7767	2,45817E-08 0,59	1,26932E-08 0,92
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,015029358	-0,008724346	-0,000049	0,000000	-0,000628	0,000000	0,0006	2,46204E-10 0,01	0 0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,015078313	-0,008689167	0,000000	0,000035	0,000000	0,000265	0,0112	0 0,00	7,86087E-10 0,06
Siltes 2	λ	0,420	0,04197	0,462	0,015127269	-0,00861881	0,000049	0,000106	0,001166	0,002515	0,0090	1,22793E-08 0,29	5,70656E-08 4,13
	E	11	1,1	12,1	0,014980402	-0,008513273	-0,000098	0,000211	-0,000089	0,000192	9,0000	7,13052E-08 1,70	3,31377E-07 24,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,014490847	-0,00861881	-0,000587	0,000106	-0,007532	0,001353	0,0006	3,54534E-08 0,85	1,14418E-09 0,08
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,014931447	-0,008829883	-0,000147	-0,000106	-0,001104	-0,000794	0,0112	1,37011E-08 0,33	7,07479E-09 0,51
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,152	0,015078313	-0,008724346	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0164	0 0,00	1,34211E-30 0,00
	E	51	5,1	56,1	0,015029358	-0,008724346	-0,000049	0,000000	-0,000010	0,000000	266,7767	2,45817E-08 0,59	0 0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,015029358	-0,008653988	-0,000049	0,000070	-0,000628	0,000902	0,0006	2,46204E-10 0,01	5,08526E-10 0,04
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,01654698	-0,008759525	0,001469	-0,000035	0,011043	-0,000265	0,0112	1,37011E-06 32,71	7,86087E-10 0,06
Siltes 3	λ	0,420	0,04197	0,462	0,015029358	-0,008724346	-0,000049	0,000000	-0,001166	0,000000	0,0090	1,22793E-08 0,29	0 0,00
	E	11	1,1	12,1	0,015029358	-0,008689167	-0,000049	0,000035	-0,000045	0,000032	9,0000	1,78263E-08 0,43	9,20491E-09 0,67
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,015029358	-0,008689167	-0,000049	0,000035	-0,000628	0,000451	0,0006	2,46204E-10 0,01	1,27132E-10 0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,015763691	-0,009216849	0,000685	-0,000493	0,005153	-0,003703	0,0112	2,98379E-07 7,12	1,54073E-07 11,16
Áreas com Finos 2	λ	0,006	0,0006	0,0066	0,015127269	-0,008689167	0,000049	0,000035	0,081593	0,058631	0,000001	6,65735E-09 0,16	3,43764E-09 0,25
	E	13	1,3	14,3	0,014295024	-0,008267021	-0,000783	0,000457	-0,000603	0,000352	6,2500	2,26902E-06 54,17	7,73468E-07 56,02
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,014833535	-0,008478094	-0,000245	0,000246	-0,003138	0,003157	0,0006	6,1551E-09 0,15	6,22944E-09 0,45
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,015176224	-0,008829883	0,000098	-0,000106	0,000736	-0,000794	0,0112	6,08937E-09 0,15	7,07479E-09 0,51
											σ ² (β) Total	0,00000419 100	0,00000138 100
											σ(β)	0,00205	0,00118

Bjerrum(1963)	E(β Oeste)=	0,01508	P [X>x] Oeste	1,0000000000
	E(β Leste)=	-0,00872	P [X>x] Leste	1,0000000000
	βcr (1/500)=	0,002	βcr (1/150)=	0,007
	CV(β Oeste)=	13,574	P [X>x] Oeste	0,9999595000
	CV(β Leste)=	13,468	P [X>x] Leste	0,9275283000

Tabela E.38 FOSM - Falha da tuneladora Seção 20+800, Vs^r

FOSM - V _s ^r											
Variável											
	(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r) _{ii}	δ(V _s ^r) _{ii} /δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r) _{ii} /δXi] ² x V[Xi]	
Siltos 1	λ	0,420	0,04197	0,46167	12,59239768	0,16033139	0,000015226	0,00036278	0,0090	1,18781E-09	0,00
	E	11	1,1	12,1	12,57112608	0,16006055	-0,000255612	-0,00023237	9,0000	4,85983E-07	0,19
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	12,59578725	0,16037454	0,000058383	0,00074850	0,0006	3,50162E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	12,59095920	0,16031307	-0,000003089	-0,00002323	0,0112	6,06205E-12	0,00
Areias com Finos 1	λ	0,006	0,0006	0,0066	12,56675246	0,16000486	-0,000311299	-0,51883167	0,000001	2,69186E-07	0,11
	E	13	1,3	14,3	12,58017907	0,16017581	-0,000140346	-0,00010796	6,2500	7,28441E-08	0,03
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	12,59083320	0,16031147	-0,000004694	-0,00006017	0,0006	2,26304E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	12,58923558	0,16029113	-0,000025035	-0,00018823	0,0112	3,98113E-10	0,00
Argilas 1	λ	0,138	0,0138	0,1518	12,61061747	0,16056337	0,000247208	0,01791359	0,0164	5,25757E-06	2,06
	E	51	5,1	56,1	12,59264915	0,16033459	0,000018428	0,00000361	266,7767	3,48303E-09	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	12,59045414	0,16030664	-0,000009520	-0,00012205	0,0006	9,31005E-12	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	12,59132632	0,16031775	0,000001585	0,00001192	0,0112	1,59594E-12	0,00
Siltos 2	λ	0,420	0,04197	0,462	13,01862350	0,16575826	0,005442102	0,12966647	0,0090	0,000151741	59,37
	E	11	1,1	12,1	12,63870669	0,16092101	0,000604851	0,00054986	9,0000	2,72116E-06	1,06
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	12,53252662	0,15956908	-0,000747076	-0,00957790	0,0006	5,73351E-08	0,02
	M Leste	1,33	0,133	1,463	12,52012040	0,15941112	-0,000905037	-0,00680479	0,0112	5,20285E-07	0,20
Argilas 2	λ	0,138	0,0138	0,1518	12,61061747	0,16056337	0,000247208	0,01791359	0,0164	5,25757E-06	2,06
	E	51	5,1	56,1	12,54425259	0,15971838	-0,000597776	-0,00011721	266,7767	3,66509E-06	1,43
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	12,58561603	0,16024504	-0,000071121	-0,00091180	0,0006	5,19615E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	12,59260252	0,16033400	0,000017834	0,00013409	0,0112	2,02029E-10	0,00
Siltos 3	λ	0,420	0,04197	0,46167	12,64257771	0,16097030	0,000654138	0,01558585	0,0090	2,19234E-06	0,86
	E	11	1,1	12,1	12,58606385	0,16025074	-0,000065419	-0,00005947	9,0000	3,18319E-08	0,01
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	12,58770435	0,16027163	-0,000044531	-0,00057091	0,0006	2,03715E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	12,89852185	0,16422908	0,003912920	0,02942045	0,0112	9,72547E-06	3,81
Areias com Finos 2	λ	0,006	0,0006	0,007	12,64987668	0,16106323	0,000747071	1,24511908	0,0000	1,55032E-06	0,61
	E	13	1,3	14,3	12,24491728	0,15590713	-0,004409032	-0,00339156	6,2500	7,18919E-05	28,13
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	12,50130723	0,15917159	-0,001144574	-0,01467402	0,0006	1,34579E-07	0,05
	M Leste	1,33	0,133	1,463	12,58053478	0,16018034	-0,000135817	-0,00102118	0,0112	1,1717E-08	0,00
									σ ² (V _s ^r) Total	0,000255592391207	100
									σ(V _s ^r)	0,015987257	
MAIR (2008)	E(V _s)=	12,59120183									
	V _s ^r cr (1%)=	0,03									
	E(V _s ^r)=	0,160316161									
	CV(V _s ^r)=	10,0									
	P [X>x] =	1									

Tabela E.39 FOSM - Falha da tuneladora Seção 21+400, β

FOSM - β ^r		Variável										(δβii/δXi) ² x V[Xi]		(δβii/δXi) ² x V[Xi]			
		(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	β Oeste	β Leste	δβii Oeste	δβii Leste	δβii/δXi Oeste	δβii/δXi Leste	V[Xi]	Oeste	Leste	Oeste	Leste	
Argilas 1	λ		0,138	0,0138	0,152	0,017243461	-0,011112887	0,000000	-0,000051	0,000000	-0,003660	0,0164	0	0,00	2,19518E-07	9,67	
	E		51	5,1	56,1	0,017035708	-0,010961348	-0,000208	0,000101	-0,000041	0,000020	266,7767	4,42691E-07	4,54	1,04683E-07	4,61	
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,017070473	-0,011011861	-0,000173	0,000051	-0,002218	-0,000648	0,0006	3,07412E-09	0,03	2,62119E-10	0,01	
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,017139584	-0,011112887	-0,000104	-0,000051	-0,000781	-0,000380	0,0112	6,85395E-09	0,07	1,62075E-09	0,07	
Siltos 1	λ		0,420	0,04197	0,462	0,017139584	-0,011112887	-0,000104	-0,000051	-0,002475	-0,001204	0,0090	5,52843E-08	0,57	1,30731E-08	0,58	
	E		11	1,1	12,1	0,017001362	-0,010961348	-0,000242	0,000101	-0,000220	0,000092	9,0000	4,35955E-07	4,48	7,59147E-08	3,34	
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,017139584	-0,0111634	-0,000104	-0,000101	-0,001332	-0,001295	0,0006	1,10847E-09	0,01	1,04848E-09	0,05	
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,017139584	-0,011112887	-0,000104	-0,000051	-0,000781	-0,000380	0,0112	6,85395E-09	0,07	1,62075E-09	0,07	
Areias 1	λ		0,003	0,0003	0,0033	0,017243461	-0,011062374	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000005	0	0,00	0	0,00	
	E		125	12,5	137,5	0,017243461	-0,0111634	0,000000	-0,000101	0,000000	-0,000008	625,000000	0	0,00	4,08252E-08	1,80	
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,017139584	-0,011112887	-0,000104	-0,000051	-0,001332	-0,000648	0,0006250	1,10847E-09	0,01	2,62119E-10	0,01	
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,017139584	-0,011112887	-0,000104	-0,000051	-0,000781	-0,000380	0,0112360	6,85395E-09	0,07	1,62075E-09	0,07	
Argilas e Siltos 1	λ		0,420	0,04197	0,462	0,017208696	-0,011011861	-0,000035	0,000051	-0,000828	0,001204	0,0090	6,19231E-09	0,06	1,30731E-08	0,58	
	E		11	1,1	12,1	0,017139584	-0,011011861	-0,000104	0,000051	-0,000094	0,000046	9,0000	8,02583E-08	0,82	1,89787E-08	0,84	
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,017070473	-0,010860322	-0,000173	0,000202	-0,002218	0,002590	0,0006	3,07412E-09	0,03	4,19391E-09	0,18	
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,017277807	-0,010910835	0,000034	0,000152	0,000258	0,001139	0,0112	7,49317E-10	0,01	1,45868E-08	0,64	
Areias com Finos 1	λ		0,006	0,0006	0,007	0,017243461	-0,010708782	0,000000	0,000354	0,000000	0,589320	0,000001	1,51697E-30	0,00	3,47298E-07	15,29	
	E		13	1,3	14,3	0,017087803	-0,011011861	-0,000156	0,000051	-0,000120	0,000039	6,2500	8,96052E-08	0,92	9,4363E-09	0,42	
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,017139584	-0,011062374	-0,000104	0,000000	-0,001332	0,000000	0,0006	1,10847E-09	0,01	0	0,00	
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,017243461	-0,011112887	0,000000	-0,000051	0,000000	-0,000380	0,0112	3,46887E-31	0,00	1,62075E-09	0,07	
Argilas 2	λ		0,138	0,0138	0,152	0,017139584	-0,011112887	-0,000104	-0,000051	-0,007527	-0,003660	0,0164	9,28313E-07	9,53	2,19518E-07	9,67	
	E		51	5,1	56,1	0,017070473	-0,011112887	-0,000173	-0,000051	-0,000034	-0,000010	266,7767	3,06928E-07	3,15	2,61707E-08	1,15	
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,017070473	-0,011112887	-0,000173	-0,000051	-0,002218	-0,000648	0,0006	3,07412E-09	0,03	2,62119E-10	0,01	
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,017208696	-0,011112887	-0,000035	-0,000051	-0,000261	-0,000380	0,0112	7,67704E-10	0,01	1,62075E-09	0,07	
Siltos 2	λ		0,420	0,04197	0,462	0,017001362	-0,011011861	-0,000242	0,000051	-0,005768	0,001204	0,0090	3,00299E-07	3,08	1,30731E-08	0,58	
	E		11	1,1	12,1	0,017001362	-0,011011861	-0,000242	0,000051	-0,000220	0,000046	9,0000	4,35955E-07	4,48	1,89787E-08	0,84	
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,017070473	-0,011062374	-0,000173	0,000000	-0,002218	0,000000	0,0006	3,07412E-09	0,03	0	0,00	
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,017070473	-0,011062374	-0,000173	0,000000	-0,001301	0,000000	0,0112	1,90081E-08	0,20	0	0,00	
Areias 2	λ		0,003	0,0003	0,0033	0,017139584	-0,011062374	-0,000104	0,000000	-0,346254	0,000000	0,000005	5,87471E-08	0,60	0	0,00	
	E		125	12,5	137,5	0,017139584	-0,011112887	-0,000104	-0,000051	-0,000008	-0,000004	625,000000	4,31611E-08	0,44	1,02063E-08	0,45	
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,017139584	-0,011062374	-0,000104	0,000000	-0,001332	0,000000	0,0006250	1,10847E-09	0,01	0	0,00	
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,0202371	-0,011112887	0,002994	-0,000051	0,022509	-0,000380	0,0112360	5,69256E-06	58,43	1,62075E-09	0,07	
Argilas e Siltos 2	λ		0,420	0,04197	0,462	0,017294928	-0,0111634	0,000051	-0,000101	0,001226	-0,002407	0,0090	1,35717E-08	0,14	5,22923E-08	2,30	
	E		11	1,1	12,1	0,017035708	-0,010961348	-0,000208	0,000101	-0,000189	0,000092	9,000000	3,21033E-07	3,30	7,59147E-08	3,34	
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,017087803	-0,010961348	-0,000156	0,000101	-0,001996	0,001295	0,0006	2,48903E-09	0,03	1,04848E-09	0,05	
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,017294928	-0,011112887	0,000051	-0,000051	0,000387	-0,000380	0,0112	1,68257E-09	0,02	1,62075E-09	0,07	
Areias com Finos 2	λ		0,006	0,0006	0,007	0,017243461	-0,011112887	0,000000	-0,000051	0,000000	-0,084189	0,000001	1,51697E-30	0,00	7,08771E-09	0,31	
	E		13	1,3	14,3	0,017105098	-0,011062374	-0,000138	0,000000	-0,000106	0,000000	6,2500	7,07993E-08	0,73	0	0,00	
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,017243461	-0,011112887	0,000000	-0,000051	0,000000	-0,000648	0,0006	0	0,00	2,62119E-10	0,01	
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,017243461	-0,011112887	0,000000	-0,000051	0,000000	-0,000380	0,0112	0	0,00	1,62075E-09	0,07	
Argilas 3	λ		0,138	0,0138	0,152	0,017243461	-0,0111634	0,000000	-0,000101	0,000000	-0,007321	0,0164	0	0,00	8,78072E-07	38,66	
	E		51	5,1	56,1	0,017139584	-0,011112887	-0,000104	-0,000051	-0,000020	-0,000010	266,7767	1,10673E-07	1,14	2,61707E-08	1,15	
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,017139584	-0,011062374	-0,000104	0,000000	-0,001332	0,000000	0,0006	1,10847E-09	0,01	0	0,00	
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,017139584	-0,011112887	-0,000104	-0,000051	-0,000781	-0,000380	0,0112	6,85395E-09	0,07	1,62075E-09	0,07	
Siltos 3	λ		0,420	0,04197	0,462	0,017277807	-0,0111634	0,000034	-0,000101	0,000818	-0,002407	0,0090	6,04403E-09	0,06	5,22923E-08	2,30	
	E		11	1,1	12,1	0,017070473	-0,011062374	-0,000173	0,000000	-0,000157	0,000000	9,0000	2,2258E-07	2,28	2,37461E-31	0,00	
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,017139584	-0,011112887	-0,000104	-0,000051	-0,001332	-0,000648	0,0006	1,10847E-09	0,01	2,62119E-10	0,01	
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,017139584	-0,011062374	-0,000104	0,000000	-0,000781	0,000000	0,0112	6,85395E-09	0,07	0	0,00	
Areias 3	λ		0,003	0,0003	0,0033	0,017243461	-0,011062374	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000005	0	0,00	0	0,00	
	E		125	12,5	137,5	0,017139584	-0,011112887	-0,000104	-0,000051	-0,000008	-0,000004	625,000000	4,31611E-08	0,44	1,02063E-08	0,45	
	M Oeste		0,78	0,078	0,858	0,017243461	-0,011062374	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0006	5,6101E-32	0,00	3,27964E-33	0,00	
	M Leste		1,33	0,133	1,463	0,017243461	-0,011112887	0,000000	-0,000051	0,000000	-0,000380	0,0112	3,46887E-31	0,00	1,62075E-09	0,07	
												σ ² (β ^r) Total	0,00000974	100	0,000002712	100	
												σ(β ^r)	0,00312		0,00151		
E(β Oeste)=		0,01724		P [X>x] Oeste		0,99999950000											
E(β Leste)=		-0,01106		P [X>x] Leste		1,00000000000											
Bjerrum(1963) βcr (1/500)=		0,002		βcr (1/150)=		0,002											
CV(β Oeste)=		18,101		P [X>x] Oeste		0,99948470000											
CV(β Leste)=		13,623		P [X>x] Leste		0,99641390000											

Tabela E.40 FOSM - Falha da tuneladora Seção 21+400, Vs^r

FOSM - Vs ^r											
Variável (X)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	V _s	V _s ^r	δ(V _s ^r) _{ii}	δ(V _s ^r) _{ii} /δXi	V[Xi]	[δ(V _s ^r) _{ii} /δXi]^2 x V[Xi]		
Áreas 1	λ	0,138	0,0138	0,1518	19,13279584	0,24360632	-0,000000080	-0,00000582	0,0164	5,55036E-13	0,00
	E	51	5,1	56,1	19,13352681	0,24361563	0,000009227	0,00000181	266,7767	8,73169E-10	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	19,13001275	0,24357089	-0,000035516	-0,00045533	0,0006	1,29579E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	19,13288820	0,24360750	0,000001096	0,00000824	0,0112	7,624E-13	0,00
Sítes 1	λ	0,420	0,04197	0,46167	19,15907442	0,24394091	0,000334509	0,00797019	0,0090	5,73304E-07	0,02
	E	11	1,1	12,1	19,10739444	0,24328290	-0,000323501	-0,00029409	9,0000	7,7841E-07	0,03
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	19,10649616	0,24327146	-0,000334938	-0,00429408	0,0006	1,15245E-08	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	19,08782958	0,24303379	-0,000572609	-0,00430533	0,0112	2,08269E-07	0,01
Áreas 1	λ	0,003	0,0003	0,0033	19,13280215	0,24360640	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	19,12917853	0,24356027	-0,000046137	-0,00000369	625,0000	8,51464E-09	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	19,13050084	0,24357710	-0,000029301	-0,00037566	0,0006	8,81986E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	19,13326504	0,24361230	0,000005894	0,00004431	0,0112	2,20641E-11	0,00
Áreas e Sítes 1	λ	0,420	0,04197	0,462	20,57795674	0,26200668	0,018400280	0,43841505	0,0090	0,001734675	59,86
	E	11	1,1	12,1	19,77189250	0,25174355	0,008137151	0,00739741	9,0000	0,000492495	16,99
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	19,02136134	0,24218749	-0,001418908	-0,01819113	0,0006	2,06823E-07	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	19,09371088	0,24310868	-0,000497725	-0,00374230	0,0112	1,57358E-07	0,01
Áreas com Sítes 1	λ	0,006	0,0006	0,0066	19,14133640	0,24371506	0,000108661	0,18110243	0,0000	3,27981E-08	0,00
	E	13	1,3	14,3	19,07589300	0,24288181	-0,000724590	-0,00055738	6,2500	1,94168E-06	0,07
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	19,12400945	0,24349445	-0,000111952	-0,00143528	0,0006	1,28752E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	19,12700906	0,24353264	-0,000073760	-0,00055459	0,0112	3,45581E-09	0,00
Áreas 2	λ	0,138	0,0138	0,1518	19,14834092	0,24380425	0,000197846	0,01433665	0,0164	3,36756E-06	0,12
	E	51	5,1	56,1	19,12555009	0,24351407	-0,000092336	-0,00001811	266,7767	8,74483E-08	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	19,13105474	0,24358415	-0,000022249	-0,00028524	0,0006	5,08512E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	19,13286862	0,24360725	0,000000846	0,00000636	0,0112	4,54944E-13	0,00
Sítes 2	λ	0,420	0,04197	0,462	19,09518931	0,24312750	-0,000478902	-0,01141057	0,0090	1,17506E-06	0,04
	E	11	1,1	12,1	19,09518931	0,24312750	-0,000478902	-0,00043537	9,0000	1,70588E-06	0,06
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	19,12752635	0,24353923	-0,000067174	-0,00086120	0,0006	4,6354E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	19,12752635	0,24353923	-0,000067174	-0,00050506	0,0112	2,86619E-09	0,00
Áreas 2	λ	0,003	0,0003	0,0033	19,13280215	0,24360640	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	19,12978075	0,24356793	-0,000038470	-0,00000308	625,0000	5,91967E-09	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	19,13170353	0,24359241	-0,000013988	-0,00017933	0,0006	2,01005E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	19,13310793	0,24361030	0,000003893	0,00002927	0,0112	9,62802E-12	0,00
Áreas e Sítes 2	λ	0,420	0,04197	0,46167	18,78300616	0,23915266	-0,004453741	-0,10611725	0,0090	0,000101629	3,51
	E	11	1,1	12,1	18,49608188	0,23549943	-0,008106974	-0,00736998	9,0000	0,000488849	16,87
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	19,08927288	0,24305217	-0,000554232	-0,00710554	0,0006	3,15554E-08	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	19,12827544	0,24354877	-0,000057636	-0,00043335	0,0112	2,11005E-09	0,00
Áreas com Sítes 2	λ	0,006	0,0006	0,0066	19,13780484	0,24367010	0,000063696	0,10616029	0,0000	1,127E-08	0,00
	E	13	1,3	14,3	19,07885134	0,24291948	-0,000686923	-0,00052840	6,2500	1,74506E-06	0,06
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	19,12164707	0,24346437	-0,000142031	-0,00182091	0,0006	2,07232E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	19,13224384	0,24359929	-0,000007109	-0,00005345	0,0112	3,20987E-11	0,00
Áreas 3	λ	0,138	0,0138	0,1518	19,19875969	0,24444620	0,000839797	0,06085489	0,0164	6,06752E-05	2,09
	E	51	5,1	56,1	19,11167461	0,24333740	-0,000269004	-0,00005275	266,7767	7,42208E-07	0,03
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	19,11666745	0,24340097	-0,000205433	-0,00263376	0,0006	4,33544E-09	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	19,13064609	0,24357895	-0,000027452	-0,00020640	0,0112	4,78684E-10	0,00
Sítes 3	λ	0,420	0,04197	0,46167	19,21863829	0,24469930	0,001092900	0,02604002	0,0090	6,1197E-06	0,21
	E	11	1,1	12,1	19,10938403	0,24330823	-0,000298169	-0,00027106	9,0000	6,61274E-07	0,02
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	19,12567655	0,24351568	-0,000090726	-0,00116315	0,0006	8,4558E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	19,12998439	0,24357053	-0,000035877	-0,00026975	0,0112	8,1759E-10	0,00
Áreas 3	λ	0,003	0,0003	0,0033	19,13280215	0,24360640	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	19,12342708	0,24348704	-0,000119367	-0,00000955	625,0000	5,6994E-08	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	19,13046871	0,24357669	-0,000029710	-0,00038090	0,0006	9,06786E-11	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	19,13368871	0,24361769	0,000011288	0,00008487	0,0112	8,09368E-11	0,00
									σ ² (V _s ^r) Total	0,0028979723399582	100
									σ(V _s ^r)	0,053832818	

MAIR (2008) E(V_s)= 19,13280215
V_s^rcr (1%)= 0,03
E(V_s^r)= 0,243606403
CV(V_s^r)= 22,1
P [X>x] = 0,9999638

Tabela E.41 FOSM - Falha da tuneladora Seção 21+700, β

FOSM - β												$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times$		$(\delta\beta_{ii}/\delta X_i)^2 \times$	
Variável												V[Xi] Oeste		V[Xi] Leste	
	(Xi)	E (Xi)	δX_i (10%)	E (Xi)+ δX_i	β Oeste	β Leste	$\delta\beta_{ii}$ Oeste	$\delta\beta_{ii}$ Leste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Oeste	$\delta\beta_{ii}/\delta X_i$ Leste	V[Xi]				
Argilas	λ	0,138	0,0138	0,152	0,042948874	-0,03063297	-0,000355	0,000331	-0,025721	0,023972	0,0164	1,084E-05	19,58	9,415E-06	24,69
	E	51	5,1	56,1	0,042803764	-0,03030216	-0,000500	0,000662	-0,000098	0,000130	266,7767	2,565E-06	4,63	4,49E-06	11,78
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,042830557	-0,03063297	-0,000473	0,000331	-0,006068	0,004241	0,0006	2,301E-08	0,04	1,124E-08	0,03
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,04306719	-0,0307653	-0,000237	0,000198	-0,001779	0,001492	0,0112	3,557E-08	0,06	2,502E-08	0,07
Siltes	λ	0,420	0,04197	0,462	0,043126348	-0,03050065	-0,000177	0,000463	-0,004229	0,011035	0,0090	1,614E-07	0,29	1,099E-06	2,88
	E	11	1,1	12,1	0,042238975	-0,02983903	-0,001065	0,001125	-0,000968	0,001023	9,0000	8,434E-06	15,24	9,41E-06	24,68
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,041647393	-0,03030216	-0,001656	0,000662	-0,021236	0,008482	0,0006	2,819E-07	0,51	4,497E-08	0,12
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,043037611	-0,03036833	-0,000266	0,000595	-0,002002	0,004477	0,0112	4,502E-08	0,08	2,252E-07	0,59
Areias	λ	0,003	0,0003	0,0033	0,043303823	-0,03096378	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0000	0	0,00	0	0,00
	E	125	12,5	137,5	0,042889715	-0,03069913	-0,000414	0,000265	-0,000033	0,000021	625,0000	6,859E-07	1,24	2,802E-07	0,73
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,042771399	-0,03063297	-0,000532	0,000331	-0,006826	0,004241	0,0006	2,912E-08	0,05	1,124E-08	0,03
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,043126348	-0,0307653	-0,000177	0,000198	-0,001334	0,001492	0,0112	2,001E-08	0,04	2,502E-08	0,07
Argilas e Siltes	λ	0,420	0,04197	0,462	0,045019412	-0,03189005	0,001716	-0,000926	0,040877	-0,022070	0,0090	1,508E-05	27,24	4,396E-06	11,53
	E	11	1,1	12,1	0,042002342	-0,02990519	-0,001301	0,001059	-0,001183	0,000962	9,0000	1,26E-05	22,76	8,335E-06	21,86
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,040819177	-0,02963401	-0,002485	0,001330	-0,031854	0,017048	0,0006	6,342E-07	1,15	1,817E-07	0,48
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,045788469	-0,03149308	0,002485	-0,000529	0,018682	-0,003980	0,0112	3,921E-06	7,08	1,78E-07	0,47
											$\sigma^2(\beta)$ Total	0,00005535	100	0,00003813	100
											$\sigma(\beta)$	0,00744		0,00617	
Bjerrum(1963)		E(β Oeste)=	0,04330	P [X>x] Oeste	1,0000										
		E(β Leste)=	-0,03096	P [X>x] Leste	0,99999870										
		β_{cr} (1/500)=	0,002	β_{cr} (1/150)=	0,007										
		CV(β Oeste):	17,181	P [X>x] Oeste	0,99999950										
		CV(β Leste)=	19,942	P [X>x] Leste	0,99994850										

Tabela E.42 FOSM - Falha da tuneladora Seção 21+700, V_s^r

FOSM - V_s^r											
Variável											
(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+ δXi	V_s	V_s^r	$\delta(V_s^r)_{ii}$	$\delta(V_s^r)_{ii}/\delta Xi$	V[Xi]	$[\delta(V_s^r)_{ii}/\delta Xi]^2 \times V[Xi]$		
Argilas	λ	0,138	0,0138	0,1518	42,48754601	0,54096824	0,008657937	0,62738675	0,0164	0,006448974	11,78
	E	51	5,1	56,1	42,48786718	0,54097233	0,008662026	0,00169844	266,7767	0,000769567	1,41
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	42,50723711	0,54121895	0,008908652	0,11421349	0,0006	8,15295E-06	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	42,47827275	0,54085017	0,008539866	0,06420952	0,0112	4,63245E-05	0,08
Siltes	λ	0,420	0,04197	0,46167	42,93690557	0,54668966	0,014379361	0,34261046	0,0090	0,001059372	1,93
	E	11	1,1	12,1	42,41155584	0,54000070	0,007690400	0,00699127	9,0000	0,000439901	0,80
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	42,29478400	0,53851392	0,006203615	0,07953353	0,0006	3,95349E-06	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	42,04413301	0,53532253	0,003012227	0,02264833	0,0112	5,76347E-06	0,01
Areias	λ	0,420	0,04197	0,46167	41,80755321	0,53231030	0,000000000	0,00000000	0,0000	0	0,00
	E	11	1,1	12,1	42,46256097	0,54065012	0,008339818	0,00758165	625,0000	0,035925909	65,60
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	42,46644577	0,54069958	0,008389281	0,10755488	0,0006	7,23003E-06	0,01
	M Leste	1,33	0,133	1,463	42,49392082	0,54104940	0,008739104	0,06570755	0,0112	4,85112E-05	0,09
Argilas e Siltes	λ	0,420	0,04197	0,462	45,25873201	0,57625207	0,043941773	1,04698054	0,0090	0,009892918	18,07
	E	11	1,1	12,1	41,98464300	0,53456508	0,002254777	0,00204980	9,0000	3,7815E-05	0,07
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	41,99215905	0,53466077	0,002350474	0,03013429	0,0006	5,67547E-07	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	42,61586267	0,54260202	0,010291716	0,07738132	0,0112	6,72797E-05	0,12
								$\sigma^2(V_s^r)$ Total	0,054762239565272		100
								$\sigma(V_s^r)$	0,234013332		
MAIR (2008)	E(V_s)=	41,80755321									
	V_s^r cr (1%)=	0,01									
	E(V_s^r)=	0,532310300									
	CV(V_s^r)=	44,0									
	P [X>x] =	0,9840836									

Tabela E.43 FOSM - Falha da tuneladora Seção 22+100, β

FOSM - β															
Variável	(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+δXi	β		δβii/δXi		δβii/δXi		V[Xi]	(δβii/δXi)^2 x V[Xi]		(δβii/δXi)^2 x V[Xi]	
					Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste		Oeste	Leste		
Argilas Pré-adensadas	λ	0,138	0,0138	0,1518	0,034114622	-0,0229838	-0,000308	-0,000048	-0,022313	-0,003492	0,0164	8,15676E-06	13,32	1,99742E-07	1,72
	E	51	5,1	56,1	0,03412524	-0,02288743	-0,000297	0,000048	-0,000058	0,000009	266,7767	9,06532E-07	1,48	2,3813E-08	0,21
	e0	2,51	0,251	2,761	0,034804772	-0,0229838	0,000382	-0,000048	0,001523	-0,000192	0,1089	2,52549E-07	0,41	4,01317E-09	0,03
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,033591542	-0,02288743	-0,000831	0,000048	-0,010654	0,000618	0,0006	7,09391E-08	0,12	2,38505E-10	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,034422535	-0,02293561	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0112	0	0,00	0	0,00
Siltes Pré-adensados	λ	0,420	0,04197	0,46167	0,034496859	-0,02303198	0,000074	-0,000096	0,001771	-0,002296	0,0090	2,83025E-08	0,05	4,75813E-08	0,41
	E	11	1,1	12,1	0,034157093	-0,02240559	-0,000265	0,000530	-0,000241	0,000482	9,0000	5,24079E-07	0,86	2,08953E-06	17,99
	e0	1,82	0,182	2,002	0,034390682	-0,02293561	-0,000032	0,000000	-0,000175	0,000000	0,0576	1,76434E-09	0,00	0	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,033658062	-0,02293561	-0,000764	0,000000	-0,009801	0,000000	0,0006	6,00365E-08	0,10	1,21194E-32	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,034465006	-0,02288743	0,000042	0,000048	0,000319	0,000362	0,0112	1,14575E-09	0,00	1,47474E-09	0,01
Siltes Norm. adensados	λ	0,420	0,04197	0,46167	0,03641866	-0,02361019	0,001996	-0,000675	0,047561	-0,016073	0,0090	2,04148E-05	33,33	2,33148E-06	20,08
	E	11	1,1	12,1	0,033169648	-0,02202012	-0,001253	0,000915	-0,001139	0,000832	9,0000	1,16756E-05	19,06	6,23406E-06	53,69
	e0	1,82	0,182	2,002	0,033413855	-0,02259833	-0,001009	0,000337	-0,005542	0,001853	0,0576	1,76924E-06	2,89	1,97826E-07	1,70
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	0,031256585	-0,02172654	-0,003166	0,001209	-0,040589	0,015501	0,0006	1,02967E-06	1,68	1,50174E-07	1,29
	M Leste	1,33	0,133	1,463	0,039497789	-0,02365837	0,005075	-0,000723	0,038160	-0,005434	0,0112	1,63615E-05	26,71	3,31816E-07	2,86
											σ ² (β) Total	0,00006125	100	0,00001161	100
											σ(β)	0,00783		0,00341	
E(β Oeste)=			0,03442	P [X>x] Oeste			0,999983								
E(β Leste)=			-0,02294	P [X>x] Leste			1,000000								
Bjerrum(1963)	βcr (1/500)=			0,002	βcr (1/150)=			0,007							
CV(β Oeste)=			22,736	P [X>x] Oeste			0,9997690								
CV(β Leste)=			14,857	P [X>x] Leste			0,9999985								

Tabela E.44 FOSM - Falha da tuneladora Seção 22+100, V_s^r

FOSM - V_s^r											
Variável											
(Xi)	E (Xi)	δXi (10%)	E (Xi)+ δXi	V_s	V_s^r	$\delta(V_s^r)_{ii}$	$\delta(V_s^r)_{ii}/\delta Xi$	V[Xi]	$[\delta(V_s^r)_{ii}/\delta Xi]^2 \times V[Xi]$		
Argilas Pré-adensadas	λ	0,138	0,0138	0,1518	33,50355073	0,42658046	0,000111949	0,00811224	0,0164	1,07821E-06	0,01
	E	51	5,1	56,1	33,50064736	0,42654349	0,000074982	0,00001470	266,7767	5,76664E-08	0,00
	e0	2,51	0,251	2,761	33,48753339	0,42637652	-0,000091990	-0,00036649	0,1089	1,46273E-08	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	33,52428973	0,42684451	0,000376006	0,00482059	0,0006	1,45238E-08	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	33,48305782	0,42631953	-0,000148975	-0,00112011	0,0112	1,40973E-08	0,00
Siltes Pré-adensados	λ	0,420	0,04197	0,46167	33,54300151	0,42708276	0,000614252	0,01463550	0,0090	1,93314E-06	0,03
	E	11	1,1	12,1	33,39254250	0,42516706	-0,001301452	-0,00118314	9,0000	1,25983E-05	0,17
	e0	1,82	0,182	2,002	33,46605173	0,42610300	-0,000365503	-0,00200826	0,0576	2,32307E-07	0,00
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	33,40701338	0,42535131	-0,001117203	-0,01432311	0,0006	1,2822E-07	0,00
	M Leste	1,33	0,133	1,463	33,44097678	0,42578374	-0,000684767	-0,00514863	0,0112	2,97848E-07	0,00
Siltes Norm. adensados	λ	0,420	0,04197	0,46167	36,34220734	0,46272336	0,036254847	0,86382767	0,0090	0,006734439	89,66
	E	11	1,1	12,1	33,10307864	0,42148149	-0,004987020	-0,00453365	9,0000	0,000184986	2,46
	e0	1,82	0,182	2,002	32,07200792	0,40835349	-0,018115020	-0,09953308	0,0576	0,000570634	7,60
	M Oeste	0,78	0,078	0,858	33,07821034	0,42116485	-0,005303653	-0,06799555	0,0006	2,88962E-06	0,04
	M Leste	1,33	0,133	1,463	33,35915556	0,42474196	-0,001726548	-0,01298156	0,0112	1,8935E-06	0,03
								$\sigma^2(V_s^r)$ Total	0,007511211146077	100	
MAIR (2008)		E(V_s)=	33,49475828							$\sigma(V_s^r)$	0,086667244
		V_s^r cr (1%)=	0,03								
		E(V_s^r)=	0,426468508								
		CV(V_s^r)=	20,3								
		P [X>x] =	0,9999976								

F. MAPAS PRODUTO DA ANÁLISE DO RISCO

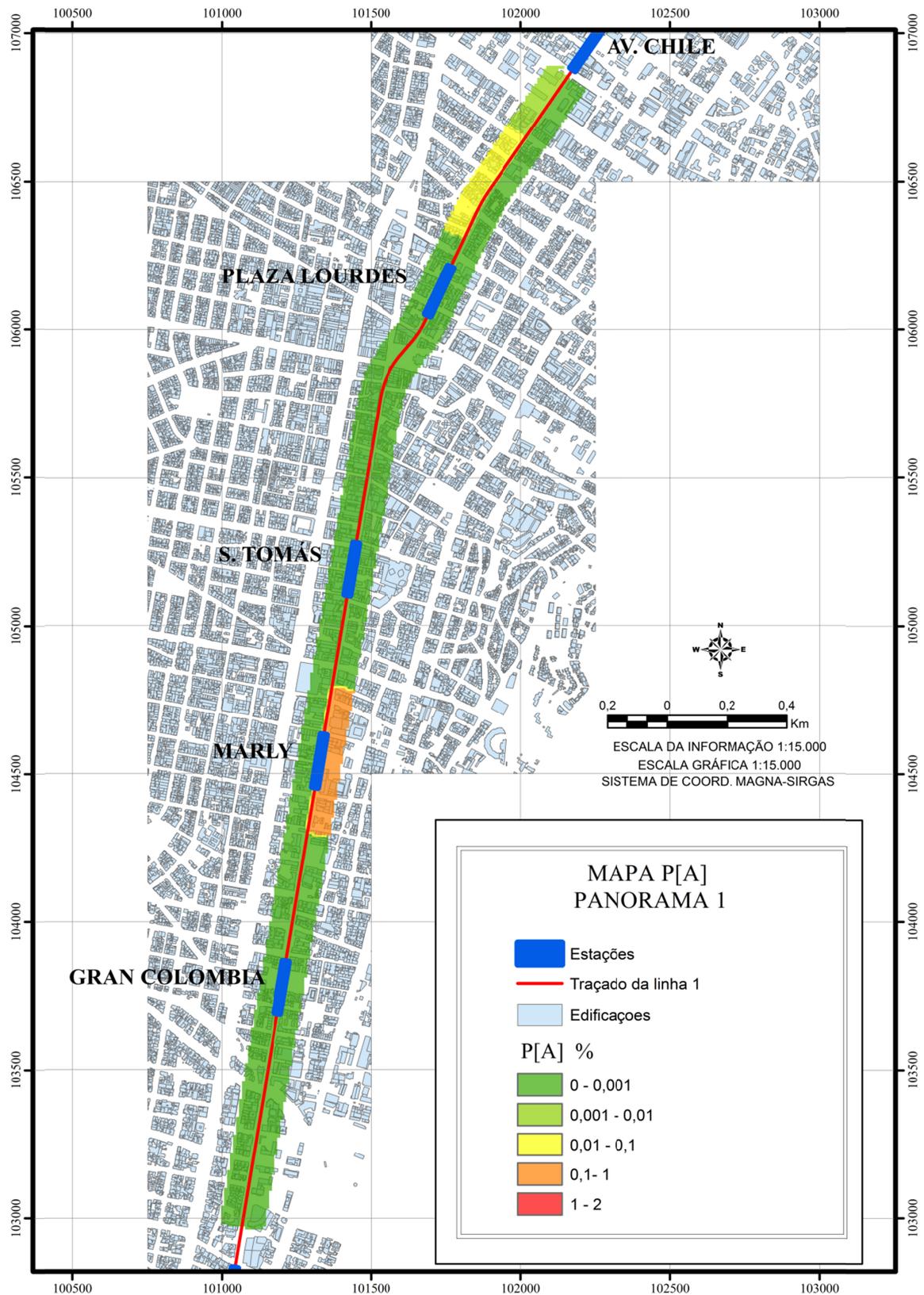


Figura F.1 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 1

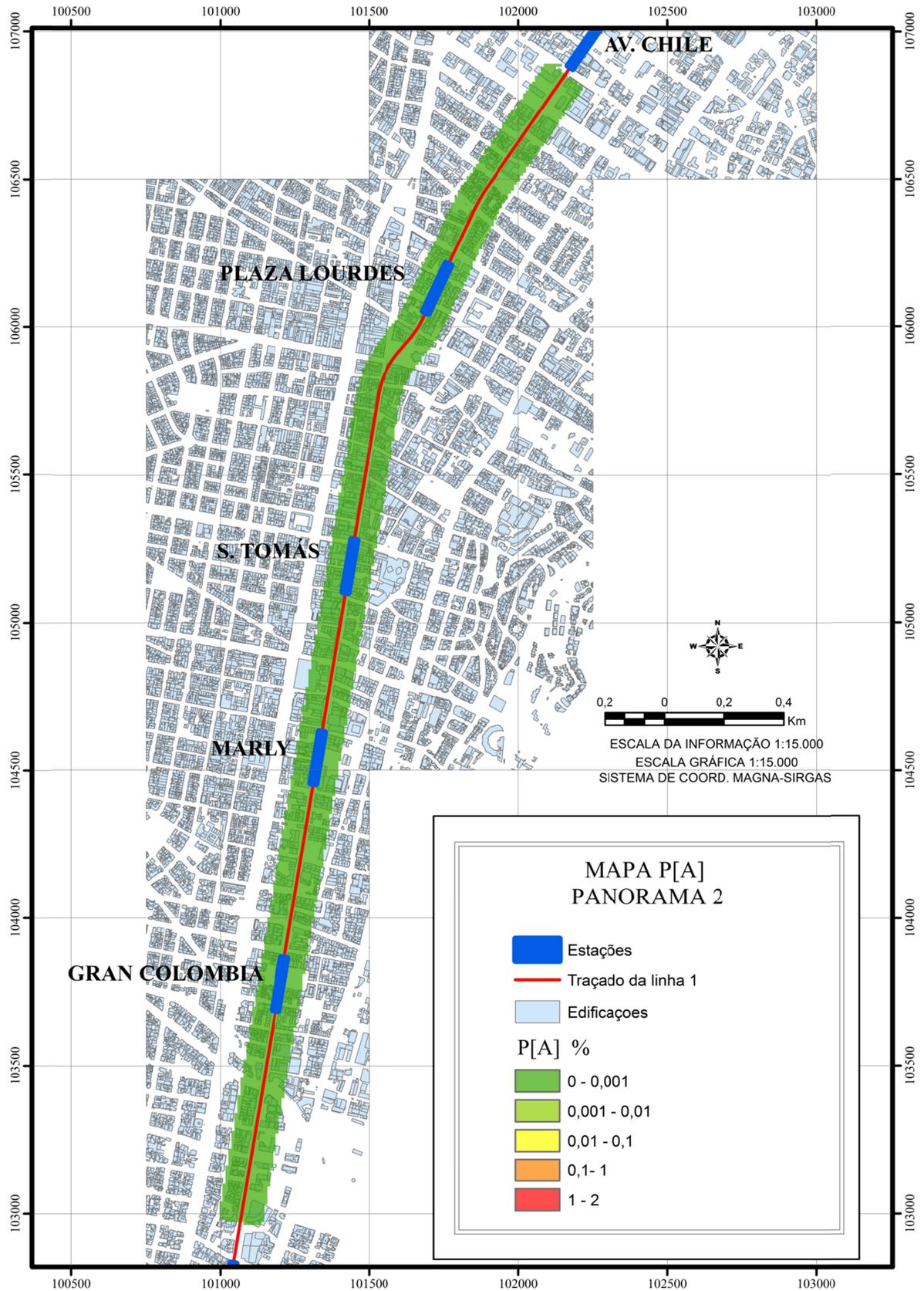


Figura F.2 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 2

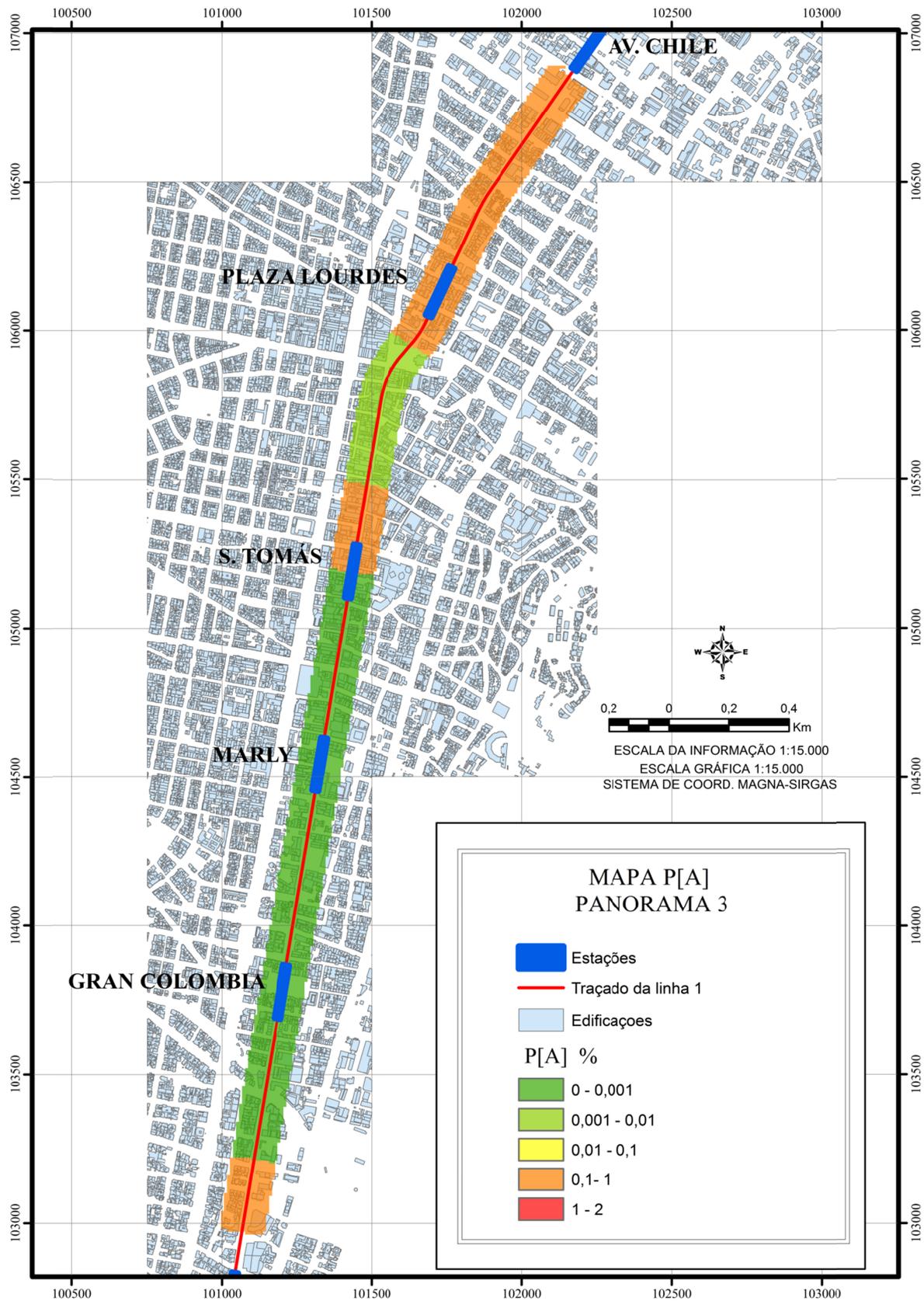


Figura F.3 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 3

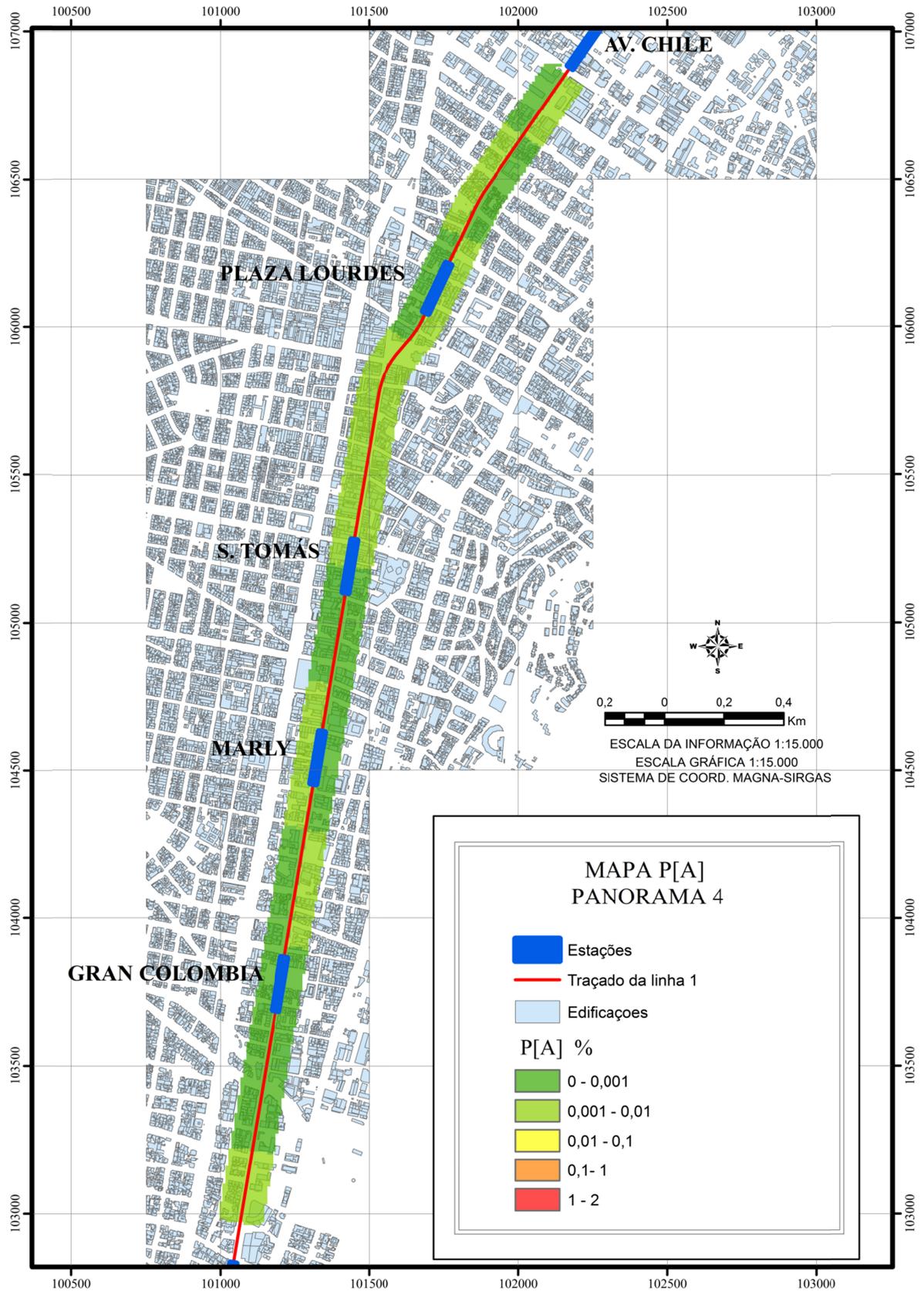


Figura F.4 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 4

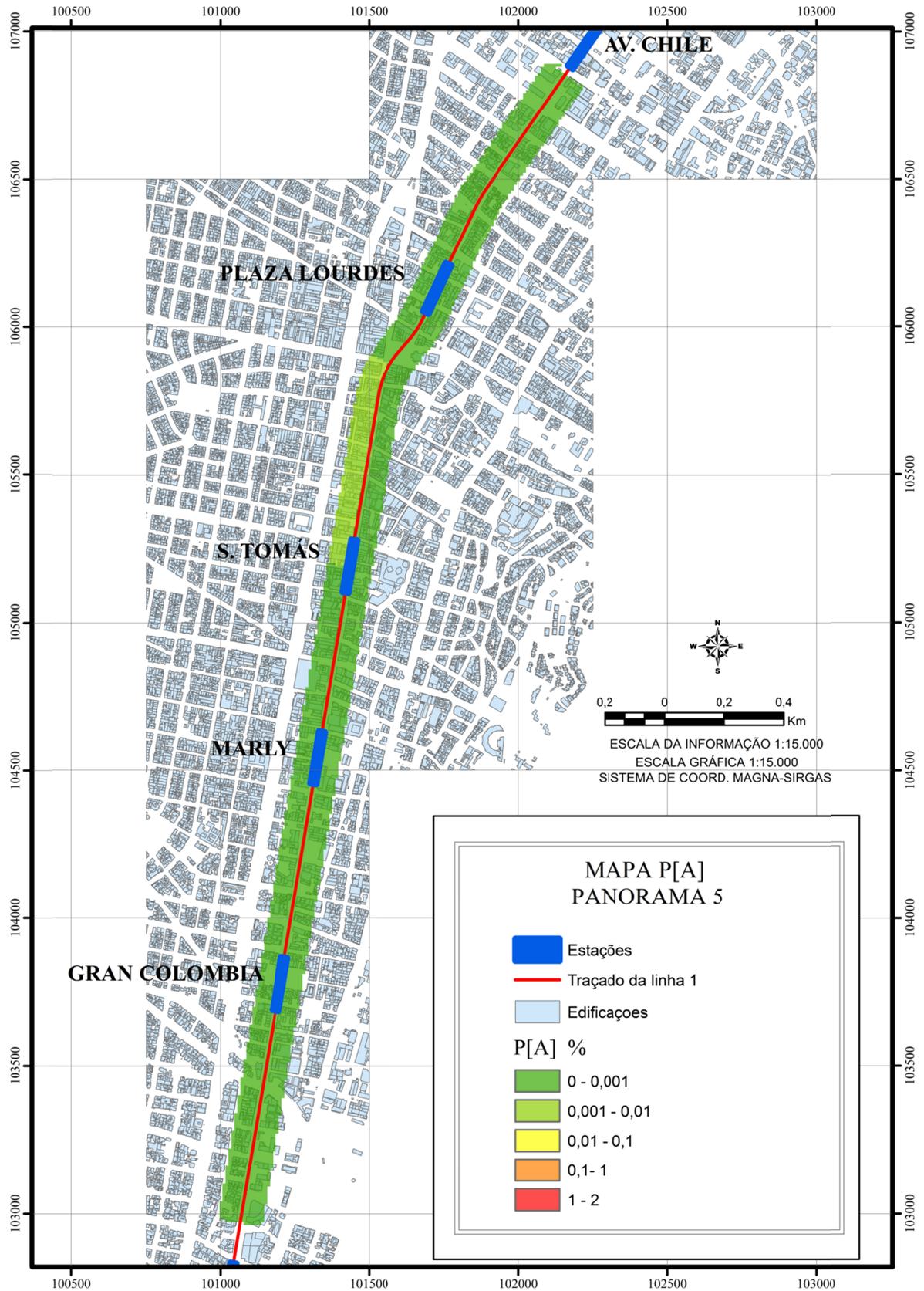


Figura F.5 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 5

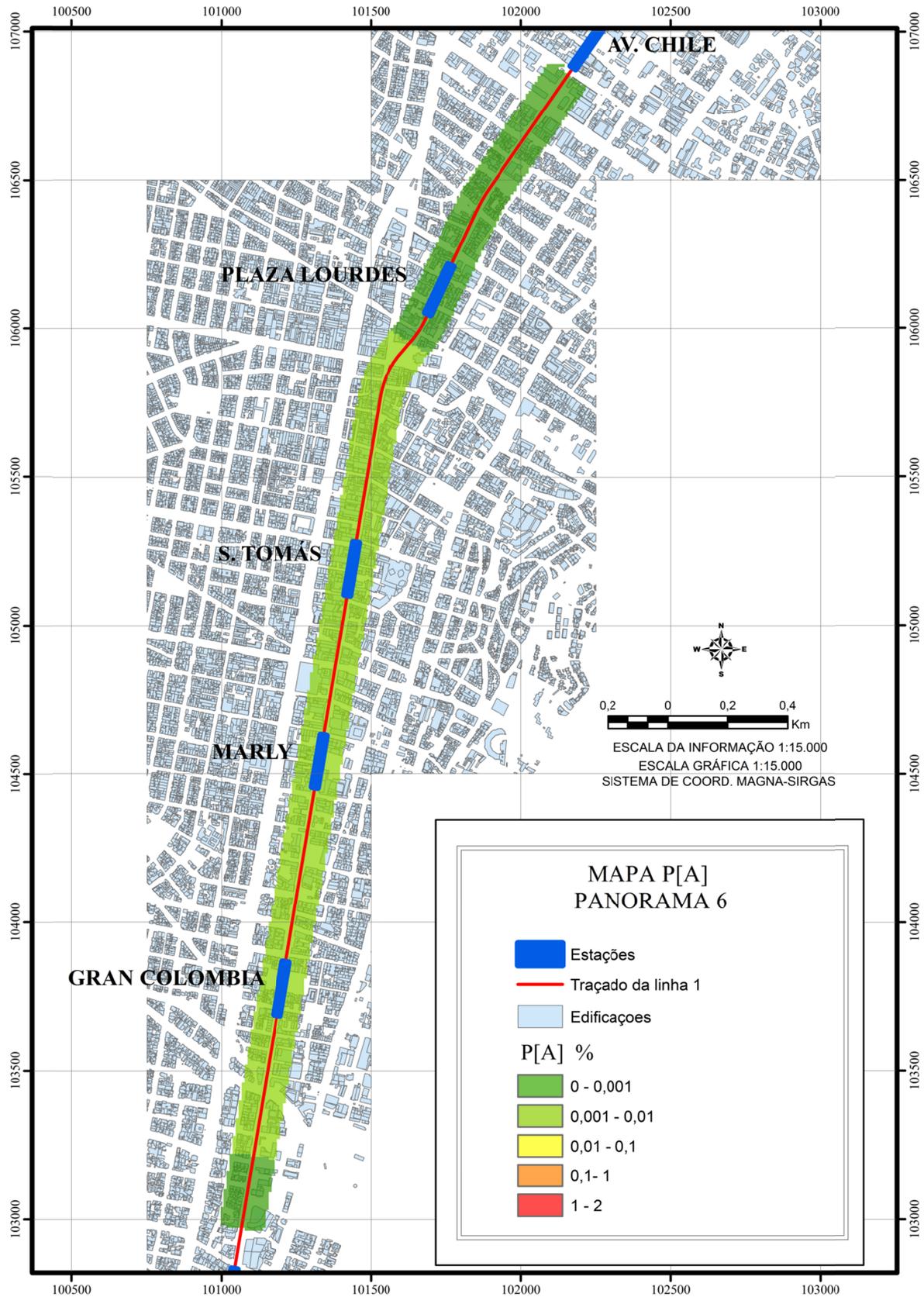


Figura F.6 Probabilidade de ocorrência do evento associado ao panorama 6

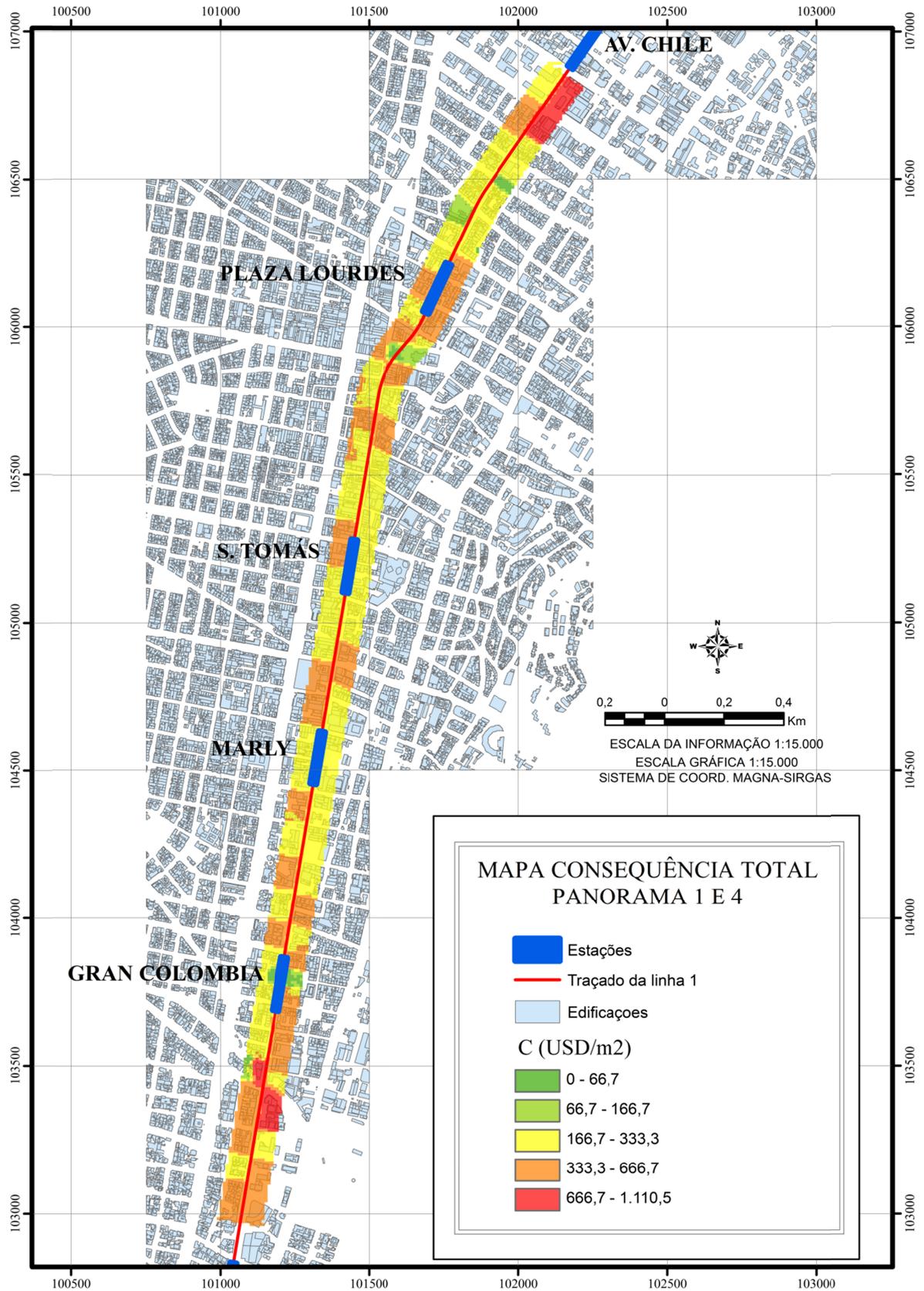


Figura F.7 Consequência total associada aos panoramas 1 e 4

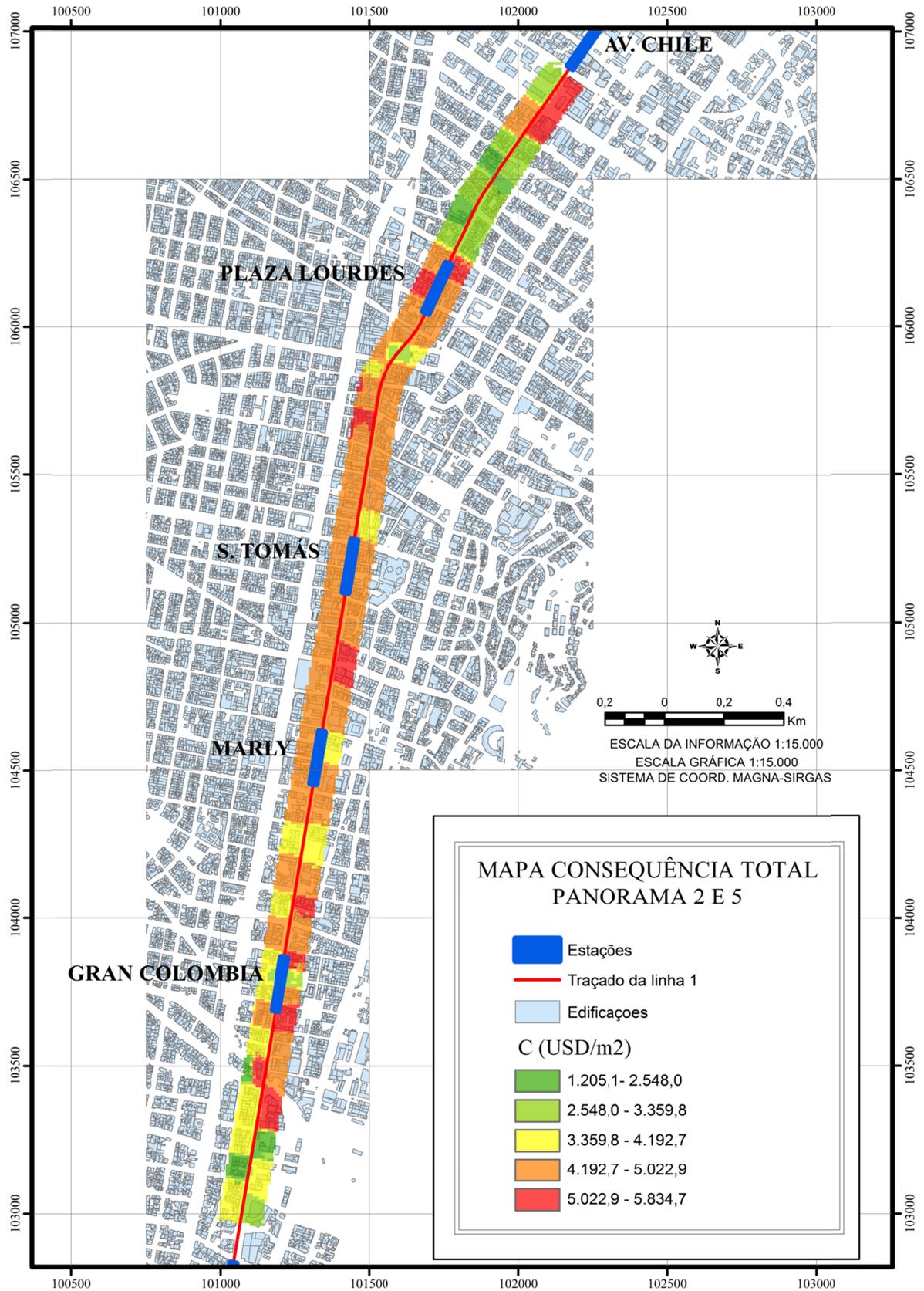


Figura F.8 Consequência total associada aos panoramas 2 e 5

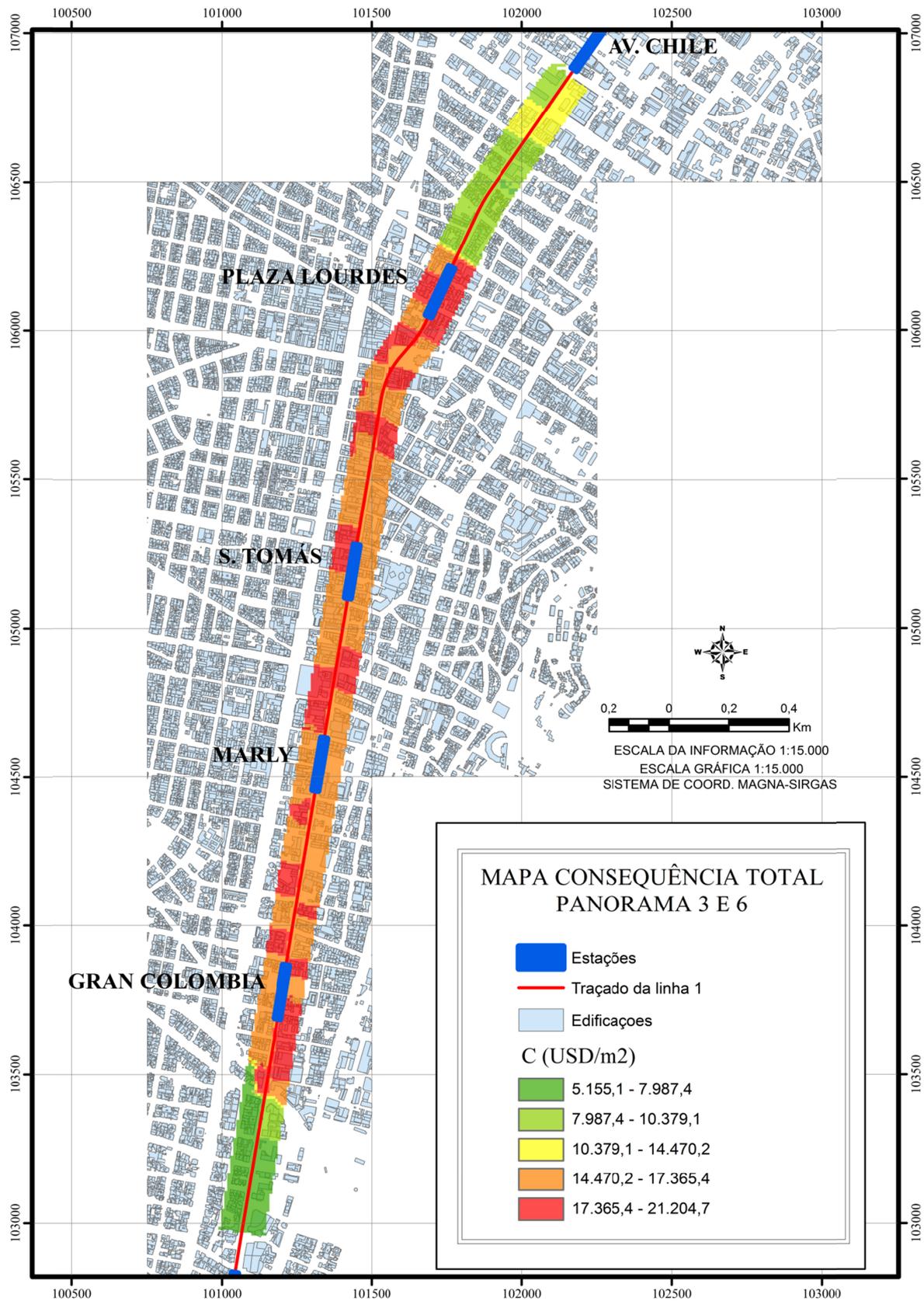


Figura F.9 Consequência total associada aos panoramas 3 e 6

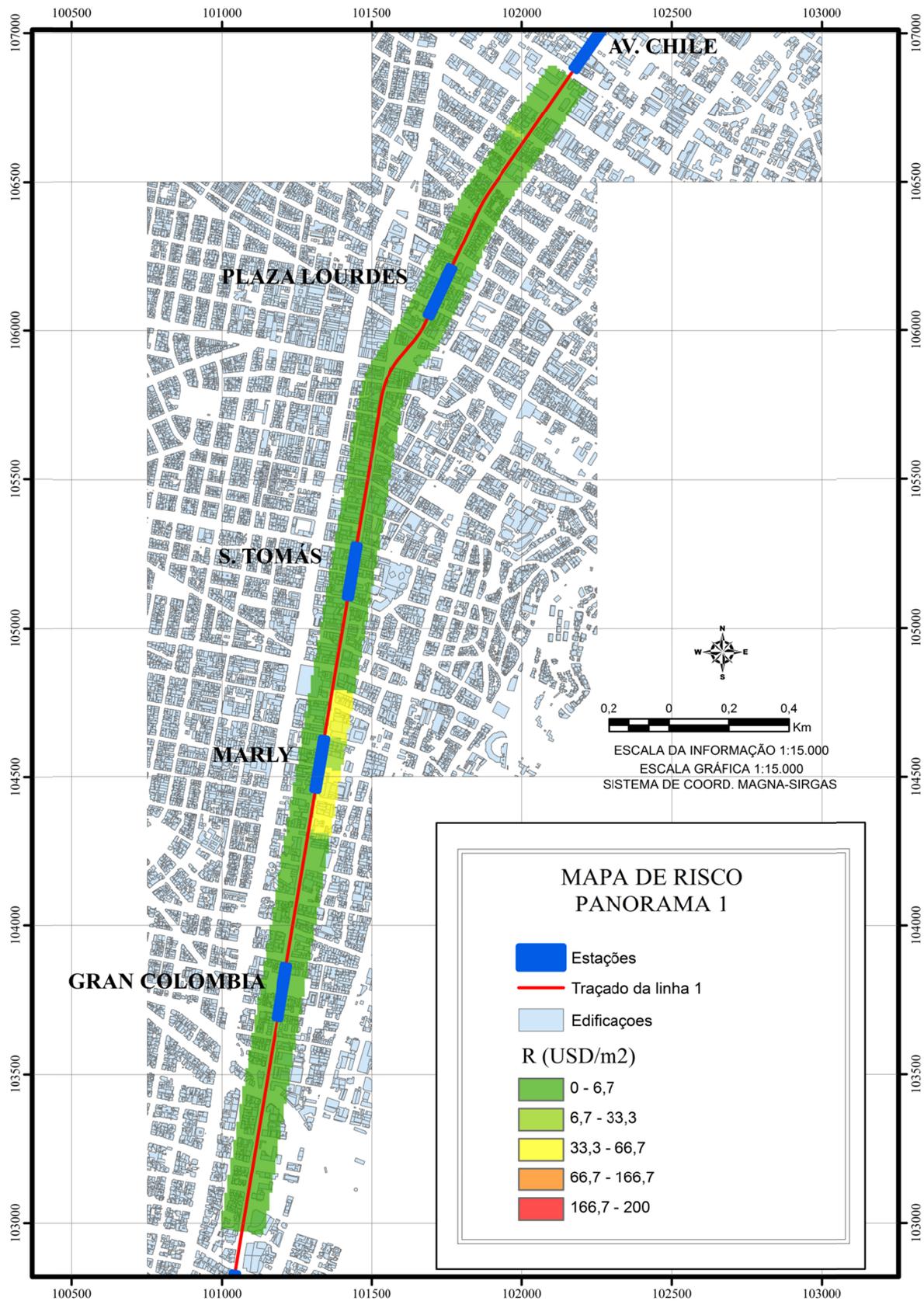


Figura F.10 Risco associado ao panorama 1

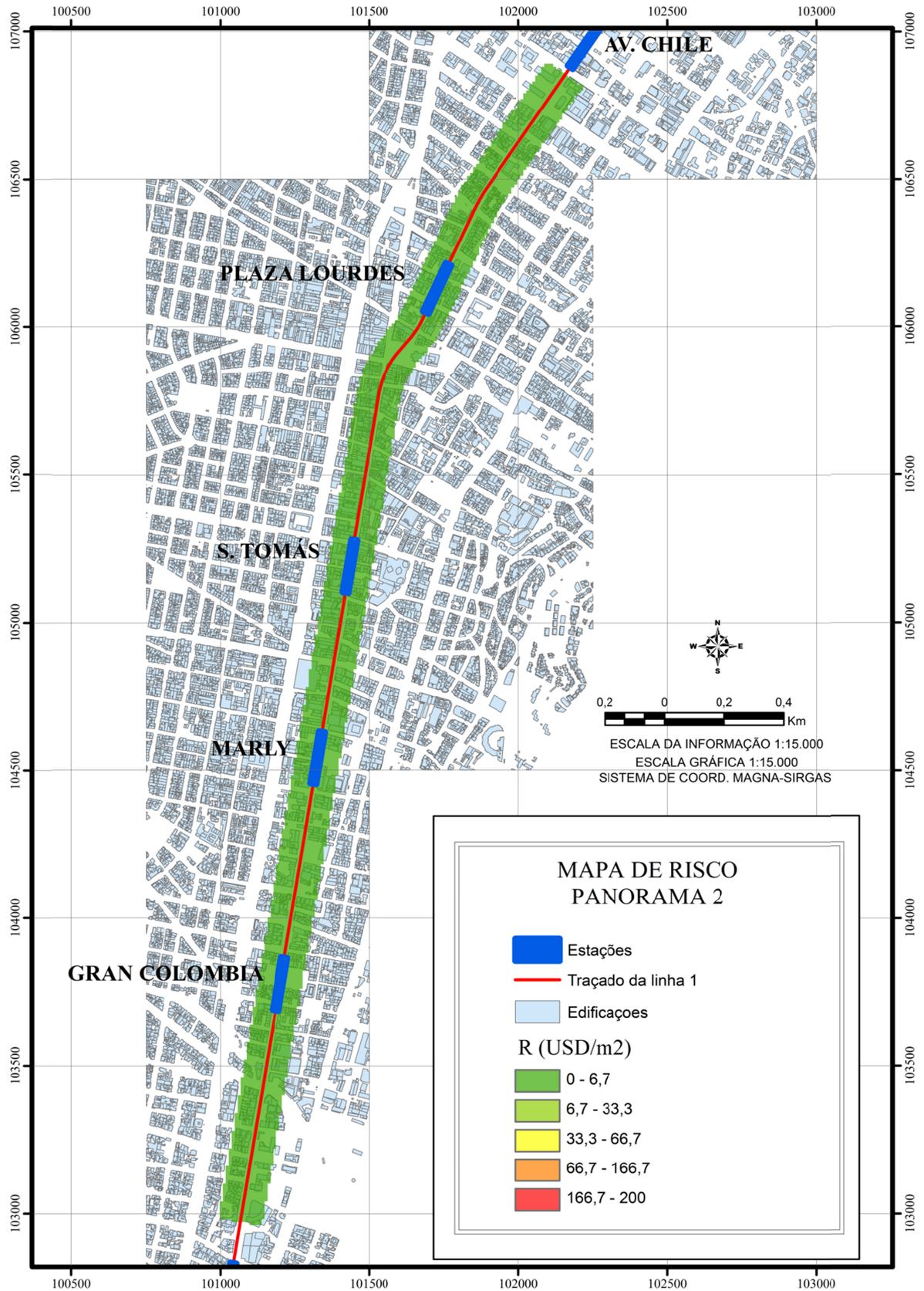


Figura F.11 Risco associado ao panorama 2

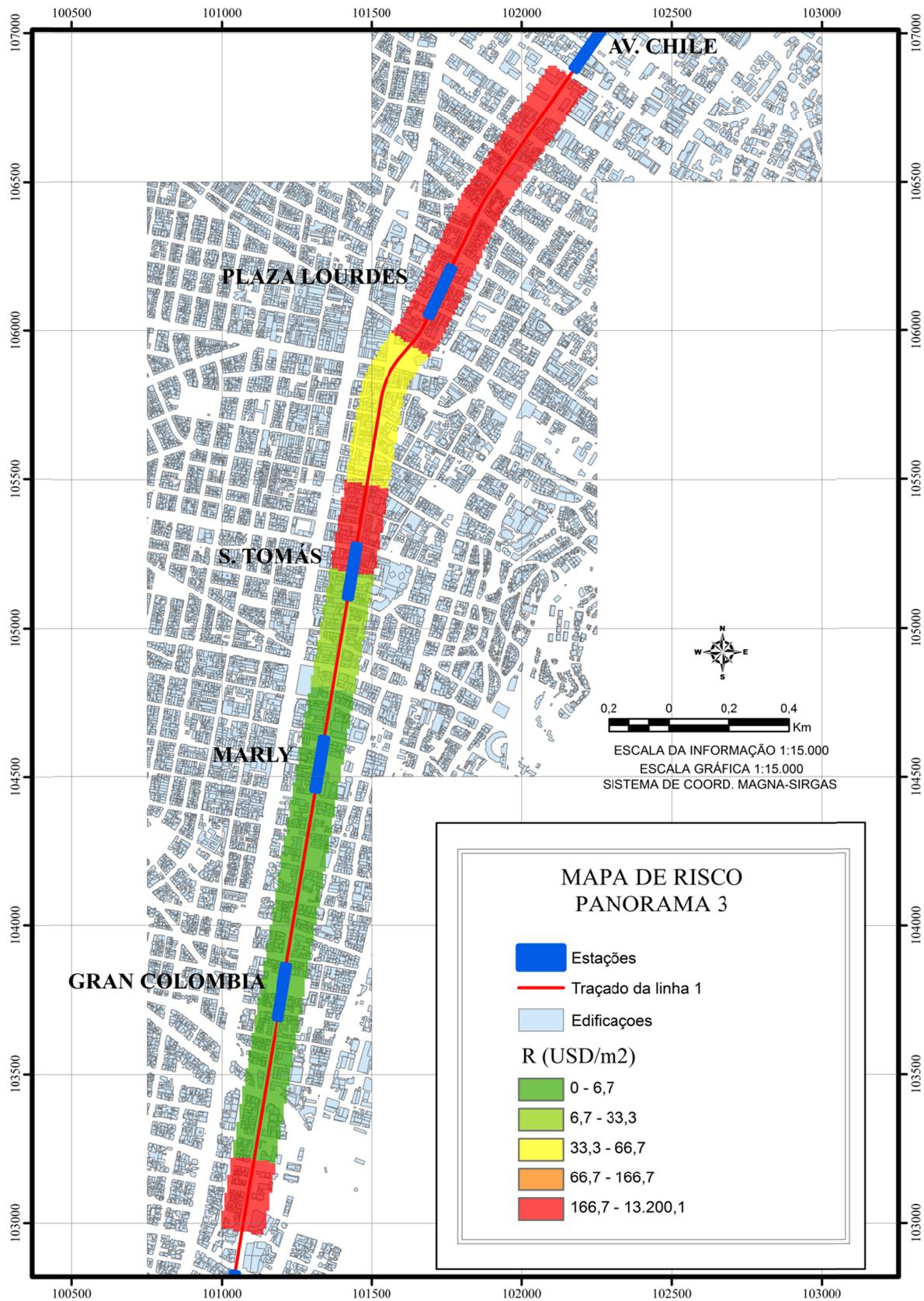


Figura F.12 Risco associado ao panorama 3

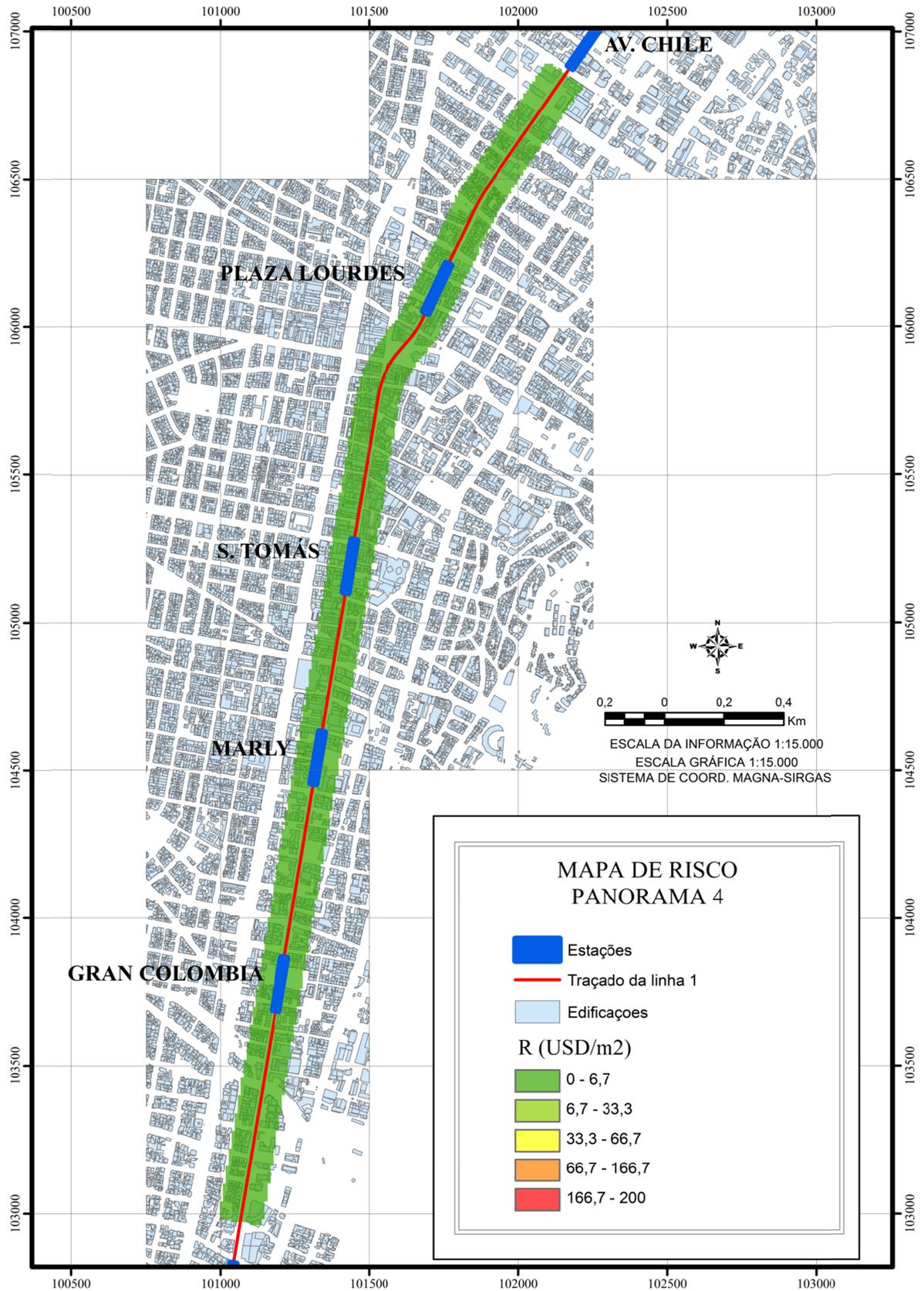


Figura F.13 Risco associado ao panorama 4

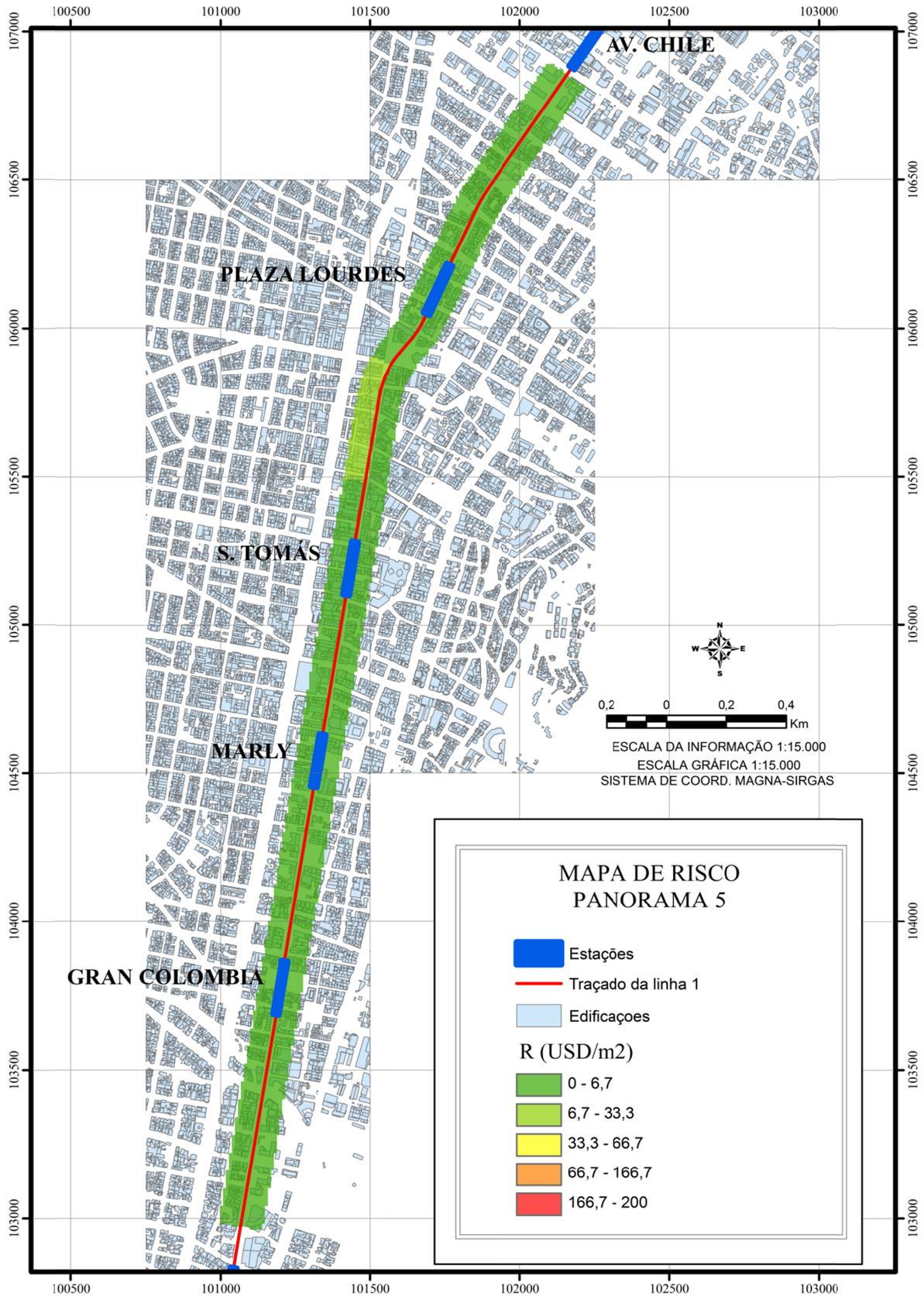


Figura F.14 Risco associado ao panorama 5

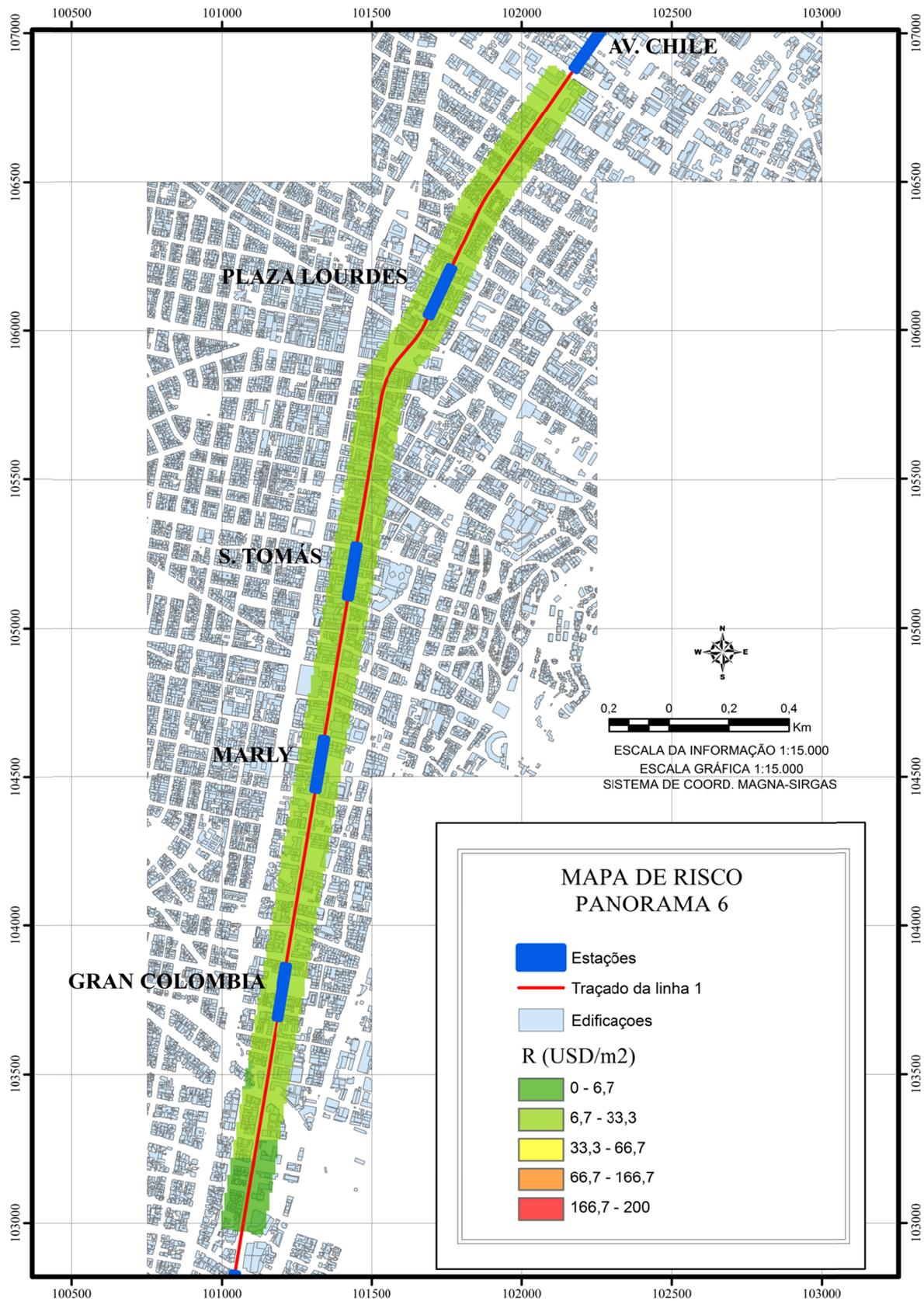


Figura F.15 Risco associado ao panorama 6

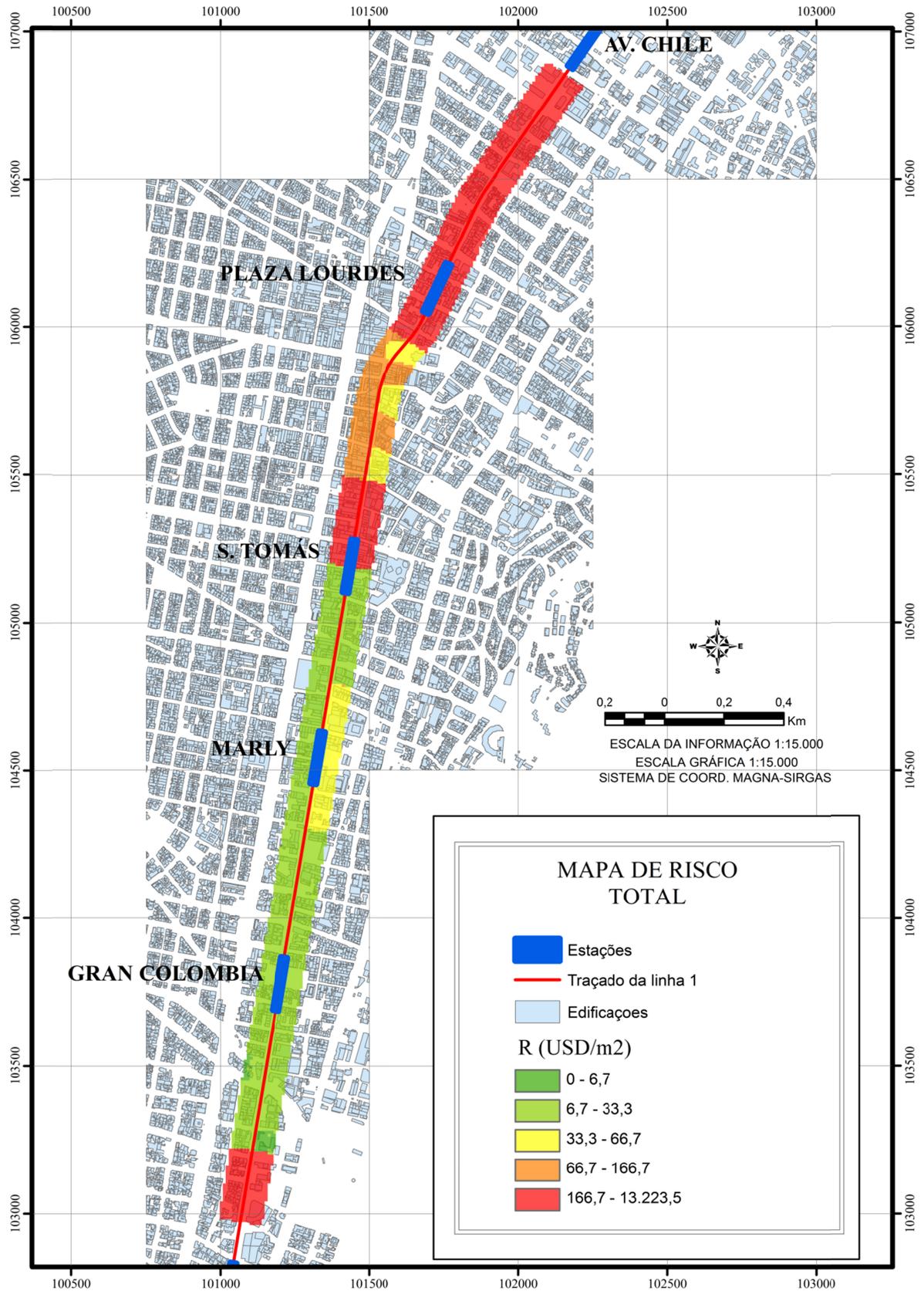


Figura F.16 Mapa de risco total