

Dissertação de Mestrado

**UTILIZAÇÃO DE EXTENSÔMETROS E
TELEVISIONAMENTO DE FUROS PARA
ESTUDO DE ESTABILIDADE DO *HANGING
WALL* - REALCE 10.2 FONTE GRANDE SUL,
MINA CUIABÁ – SABARÁ/MG**

AUTOR: REUBER FERREIRA COTA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rodrigo Peluci de Figueiredo

ESCOLA DE MINAS / UFOP

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA GEOTÉCNICA DA UFOP

OURO PRETO - NOVEMBRO DE 2011

“Tenha em mente que tudo que você aprende na escola é trabalho de muitas gerações. Receba essa herança, honre-a, acrescente a ela e, um dia, fielmente, deposite-a nas mãos de seus filhos”.

Albert Einstein (1879 – 1955)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha amada esposa, Carolina, aos meus queridos filhos, João e Mariana, e aos meus amados pais, Sônia e Joaquim.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, com profunda gratidão, à confiança e apoio fornecidos pela AngloGold Ashanti, que foram determinantes na elaboração deste trabalho.

Ao Denis Dinardi, gerente geral na ocasião, que não poupou esforços para a viabilização deste estudo. Ao Camilo Farace, gerente geral atual, pelo apoio, compreensão e paciência na fase final da elaboração da dissertação.

Ao Edvaldo Barbosa, pelos ensinamentos, pelos enriquecedores debates técnicos, pela confiança e pela paciência. Os ensinamentos adquiridos com o seu convívio vão além dos conhecimentos técnicos.

Ao Fernando Vieira, responsável técnico pelas minas subterrâneas da AngloGold Ashanti fora da África do Sul, pelo incentivo e confiança. Obrigado por sempre ser um grande motivador do desenvolvimento técnico de toda a equipe da AngloGold Ashanti.

A toda equipe da mina Cuiabá, em especial à equipe de mecânica das rochas, que, supervisionada pelo Maurílio de Freitas, exerce com excelência as atividades da área.

A toda equipe do mestrado profissionalizante em engenharia geotécnica, em especial a todos os professores, pois realmente contribuem para o aprimoramento intelectual de todos os alunos.

A minha família, em especial a minha esposa, meus filhos e meus pais, pela compreensão requisitada devido a minha ausência temporária durante a elaboração da dissertação.

RESUMO

A mina Cuiabá, de propriedade da AngloGold Ashanti Córrego do Sítio Mineração, localizada em Sabará-MG, atualmente com escavações a mais de 1000m abaixo da superfície, é uma das mais importantes minas subterrâneas de ouro do Brasil. Nos últimos anos ocorreram significativos problemas de instabilização do *hanging wall* (capa) em algumas escavações de produção. Com o intuito de estudar e antever os problemas de instabilização do *hanging wall*, foi implementado um sistema de monitoramento constituído por televisionamento de furos, realizados nas paredes da escavação, além do aumento da densidade dos extensômetros tipo MPBX (*Multiple Point Borehole Extensometer*) e SMART (*Stretch Measurement to Assess Reinforcement Tension*) cabos instalados na mina. Neste trabalho é apresentado um exemplo de identificação pelo monitoramento, de um local, no realce do corpo Fonte Grande Sul – nível 10.2 (cerca de 680m abaixo da superfície), com indícios de instabilidade no *hanging wall*. A percepção em tempo hábil de quebras, cisalhamentos e deslocamentos, que indicaram o início de instabilização deste local, permitiu que medidas fossem realizadas para a recuperação da área. Um acompanhamento detalhado confirmou a estabilização do local após as medidas executadas. Para melhor aproveitar os dados coletados durante todo o processo de estudo e na tentativa de validar um método simples de avaliação de estabilidade para rocha xistosa do *hanging wall*, foi realizado o estudo de estabilidade utilizando a analogia de voussoir. Apesar da identificação das espessuras das vigas formadas no interior do *hanging wall*, por meio do televisionamento de furos, a complexidade geológica evidenciada pelas intercalações de rochas com diferentes características elásticas e de resistências, dobramentos e *boudins*, além das simplificações realizadas pelo cálculo, resultaram em valores de fatores de segurança muito diferentes dos esperados, invalidando a aplicação do estudo de estabilidade com a utilização da analogia de voussoir para situações semelhantes na mina.

ABSTRACT

The Cuiabá mine, owned by AngloGold Ashanti Córrego do Sítio Mineração, located in Sabara-MG, nowadays with excavations in more than 1000m below the surface, is one of the most important underground gold mines in Brazil. In recent years there have been significant problems of instability of the hanging wall in some stopes. In order to study and anticipate the problems of instability of the hanging wall, a monitoring system was implemented consisting of televised holes, made in the walls of the excavation, in addition to the increased density of extensometers MPBX (Multiple Point Borehole Extensometer) and SMART (Stretch Measurement to Assess Reinforcement Tension) cables installed in the mine. This dissertation presents an example of identification by the monitoring, of a place, in the stope Fonte Grande Sul – level 10.2 (about 680m below surface), with evidence of instability in the Hanging Wall. The perception timely of breaks, shear, failures, and displacements, which indicated the beginning of instabilization in this place, allowed measures which were taken to stabilize this area. A detailed follow-up confirmed the stabilization after actions implemented. In order to exploit the data collected during the process of study and attempt to validate a simple method for evaluating the stability of the hanging wall in schist, a stability study was performed the voussoir arch theory. Despite the identification of the thickness of the beams formed within the hanging wall, the geological complexity evidenced by interbedded rocks with different elastic characteristics and strength, folds and boudins, beyond the simplification of the calculations did not allow a proper assessment of the stability of the studied area using the voussoir arch theory.

Lista de figuras

Figura 1.1- Mapa de localização da mina Cuiabá.

Figura 2.1- Visualização do princípio de operação do extensômetro fixo de furo (Modificado de Dunicliff, 1988).

Figura 2.2 - A) Visualização dos componentes principais do extensômetro (modificado de Tod e Lausch, 2003); B) representação esquemática do deslocamento influenciando na leitura da voltagem (Modificado de Dunicliff, 1988).

Figura 2.3 - A) Gráfico obtido com o MPBX, com deslocamento em função do tempo para cada ponto de medição; B) Gráfico obtido com o MPBX, com deslocamento em função da distância ao longo do extensômetro a partir da face.

Figura 2.4- Representação do funcionamento do cabo *SMART* para a determinação da variação do deslocamento para cada ponto de medição.

Figura 2.5- Gráfico gerado com os resultados obtidos pelo monitoramento com o cabo *SMART*: força em função do tempo e da distância dos pontos de monitoramento ao longo do cabo.

Figura 2.6- Visualização de televisionamento de furo em escavação na mina Cuiabá.

Figura 2.7 - A) Visualização do contato litológico entre xisto e filito carbonoso; B) cisalhamento entre a xistosidade. Imagens de furos realizados na mina Cuiabá, Sabará-MG.

Figura 2.8 - (a) Viga de rocha fraturada; (b) Viga de Voussoir análoga (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 2.9- Exemplos de viga de voussoir encontrados na (a) mina Winston Lake, Ontario e (b) acesso de mina, Sudbury (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 2.10- Modelos de ruptura da viga de voussoir: (a) *snap-through*; (b) esmagamento (compressão); (c) cisalhamento e (d) fraturamento diagonal (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 2.11 - Viga elástica com (a) apoios engastados e (b) apoios simples (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 2.12- Viga de voussoir (mostrada apenas metade do vão) e simbologia (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 2.13- Carregamento externo da viga devido (a) pressão de suporte uniformemente distribuída; (b) pressão de suporte variando linearmente; (c) pressão de suporte variando parabolicamente e (d) sobrecarga variando parabolicamente (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 2.14 - Suposição convencional para a variação da tensão compressiva dentro da viga comparada com a variação proposta por Diederichs e Kaiser, 1999a (modificada de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 2.15 - Fluxograma de cálculo para avaliação da estabilidade e determinação da deflexão de equilíbrio da viga de voussoir (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 2.16- Variação de N e do limite de flambagem com a razão vão/espessura (modificada de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 2.17- Exemplo de determinação do limite de plastificação, vão de 20m (modificada de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 2.18- Efeito do limite de flambagem sobre a geometria da viga crítica, para ruptura por *snap-through* de uma viga horizontal; $E_m = 10\text{GPa}$, $\gamma = 0.03\text{MN/m}^3$ (modificada de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 2.19- Limites críticos típicos para a estabilidade de vigas esbeltas; as escalas dos eixos são iguais para ambas as figuras (modificada de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 2.20- Gráfico de estabilidade para vigas de rocha fraturada. Gravidade específica, $S.G^* = S.G.\cos\alpha$ (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 2.21- Gráfico de estabilidade para lajes de rocha fraturada com vãos quadrados. Gravidade específica, $S.G^* = S.G.\cos\alpha$ (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Figura 3.1- Mapa geológico da mina Cuiabá – nível 3 (simplificado de Vial, 1980, *apud* Vieira, 1988).

Figura 3.2- Coluna estratigráfica esquemática (Todelo, 1997).

Figura 3.3- Classificação pelo índice de resistência geológica (GSI) para o maciço da mina Cuiabá (Barbosa, 2008).

Figura 3.4- Visualização de quebras mecânicas em direção predominante, perpendicular à tensão principal maior, na rampa entre níveis 11 e 12.

Figura 3.5- Visualização de capelamento originado de quebras mecânicas em rampa, entre nível 12 e 13, com direção perpendicular à σ_1 e indicação de $K > 1$.

Figura 3.6- Quebras por tensão em furo de ventilação no realce 13.1 Fonte Grande Sul. Indicação de $K > 1$.

Figura 3.7- Seção longitudinal esquemática da mina Cuiabá até o nível 14.

Figura 3.8- Perfil esquemático com painéis e pilares horizontais (*sill pillar*).

Figura 3.9- Ciclo operacional da lavra na mina Cuiabá.

Figura 4.1- Seção vertical com localização do realce 10.2 Fonte Grande Sul.

Figura 4.2- Visualização da geometria do painel do realce 10.2 FGS.

Figura 4.3- Visualização em planta do realce 10.2 FGS com localização do bloco 7.

Figura 4.4- Mapa litológico simplificado do realce 10.2 FGS e seção vertical ao longo do bloco 7.

Figura 4.5- Gráfico de projeção estereográfica com densidade dos polos das atitudes de descontinuidades, identificadas no realce 10.2 FGS, com definição das principais famílias.

Figura 4.6- Mapa de classificação geomecânica do *hanging wall* do realce 10.2 FGS.

Figura 4.7- Visualização do realce 10.2 FGS, blocos 5 e 6A, com destaque para os cabos de aço utilizados como contenção e as chapas e clavetes.

Figura 4.8- Escala visual de quebra/cisalhamento utilizado no televisionamento de furos na mina Cuiabá.

Figura 4.9- Seção vertical ao longo do bloco 7, do realce 10.2 FGS, com localização do extensômetro MPBX e do SMART *cable*.

Figura 4.10- Gráfico de deslocamento dos nódulos de medição do (A) SMART *Cable* e (B) MPBX.

Figura 4.11- Gráfico de força do SMART *cable*.

Figura 4.12- Exemplo de variação de deslocamento *no hanging wall* após detonação com avanço, ao longo do mergulho do corpo, de 3m (modelamento realizado no programa Phase2 para outra área de lavra em situação distinta do local de estudo).

Figura 4.13- Seção com quebras e cisalhamentos identificados em filmagem do furo 1.

Figura 4.14- Gráfico de deslocamento dos nódulos de medição do (A) SMART *Cable* e (B) MPBX após o segundo deslocamento abrupto.

Figura 4.15- Gráfico de força do SMART *cable* após o segundo deslocamento abrupto.

Figura 4.16- Seção com quebras e cisalhamentos identificados em filmagem do furo 1 após o segundo deslocamento abrupto. Podem-se visualizar os cisalhamentos identificados a 8, 7.5 e 7m para dentro do HW.

Figura 4.17- Gráfico de deslocamento dos nódulos de medição do SMART *Cable*.

Figura 4.18- Seção com quebras e cisalhamentos identificados em filmagem do furo 1 no dia 14/03/08. Podem-se visualizar os cisalhamentos identificados a 8, 7.5 e 7m para dentro do HW. A parte mais escura das fotos é correspondente ao óleo que escoou desde o final do furo.

Figura 4.19- Seção com quebras e cisalhamentos identificados em filmagem do furo 1 no dia 09/04/08. Podem-se visualizar os cisalhamentos identificados a 7, 5.1, 1.5, 1 e 0.9m para dentro do HW. A filmagem foi realizada desde 7m até à face do HW.

Figura 4.20- Gráfico de deslocamento dos nódulos de medição do MPBX. É possível a identificação das filmagens realizadas antes do limite do funcionamento inadequado do aparelho.

Figura 4.21- Evolução, ao longo do tempo, de cisalhamento a 7 e 1,1m para dentro do HW.

Figura 4.22- Seção com quebras e cisalhamentos e foto de irregularidade no HW.

Figura 4.23- Visualização do HW do realce 10.2 FGS, bloco 7, com localização dos furos para monitoramento com a microcâmera 2 e 3 (19/01/09).

Figura 4.24- Visualização do HW do realce 10.2 FGS, bloco 7, com localização dos furos para monitoramento com a microcâmera 3 e 4 (19/01/09).

Figura 4.25- Visualização da evolução das quebras e cisalhamentos ao longo da lavra. O primeiro monitoramento com a microcâmera foi realizado, no furo 1, no dia 29/01/08 e o último, no furo 6, no dia 13/05/10. Na última filmagem não foi identificada quebra/cisalhamento.

Figura 4.26- (A) Visualização dos dados de deslocamentos obtidos do MPBX na fase de instabilização do HW; e (B) do deslocamento obtido do MPBX 2 instalado após a aplicação dos reforços.

Figura 4.27- Visualização da área de estudo, 10.2 FGS – bloco 7, após finalização das atividades minerárias (foto de 30/07/2011).

Figura 4.28- Visualização do deslocamento, com o tempo, do SMART *cable* do bloco 6A.

Figura 4.29- Visualização do deslocamento, com o tempo, do MPBX do bloco 8.

Figura 4.30- Visualização do deslocamento, com o tempo, do SMART *cabre* do bloco 8.

Figura 4.31- Visualização do deslocamento, com o tempo, do MPBX do bloco 9.

Figura 4.32- Visualização do deslocamento, com o tempo, do MPBX do bloco 8.

Figura 4.33- Visualização do deslocamento, com o tempo, do SMART *cabre* do bloco 8.

Figura 4.34- Identificação de intercalações de filito grafitoso no sericita/clorita xisto.

Figura 4.35- Exemplo de duplicação de camadas por dobramentos no HW (10.2 FGS, bloco 5).

Figura 4.36- Exemplo de *budins* de sericita/clorita xisto imersos em filito grafitoso no HW do 10.2 FGS, bloco 7.

Figura 4.37- A) Exemplo de viga de cerca de 40cm de sericita/clorita xisto sobreposto por camada de filito grafitoso no realce 10.2 FGS, bloco 9. B) Detalhe da viga com filito grafitoso quebrado sobreposto. C) Detalhe da quebra do filito grafitoso. D) Detalhe de uma viga típica onde o cálculo de voussoir pode ser utilizado. É possível identificar a região de tração e compressão da viga.

Figura 4.38- Visualização das quebras e cisalhamentos identificados nos furos 1 e 2, e vigas com espessuras de 2,5 e 4,7m.

Figura 4.39- Resultados de resistência de aderência para testes realizados na mina com 2m de comprimento.

Figura 4.40- Resultados de resistência de aderência para testes realizados na mina com 3m de comprimento.

Figura 4.41- Visualização da área de atuação para cada cabo na malha 1,5 x 1,5m².

Lista de tabelas

Tabela 3.1- Caracterização das descontinuidades estruturais no corpo Fonte Grande Sul (modificada de Barbosa, 2008).

Tabela 3.2- Classificação do maciço rochoso nos corpos FGS e Serrotinho entre os níveis 9 e 11 (modificada de Barbosa, 2008).

Tabela 3.3- Resultados dos ensaios de resistência à compressão uniaxial dos litotipos presentes na mina.

Tabela 3.4- Propriedades elásticas de diferentes litotipos em Cuiabá.

Tabela 3.5- Resultados do ensaio de tensão in situ para diferentes níveis e litotipos, segundo Coetzer e Sellers (2004).

Tabela 4.1- Resultado das classificações geomecânicas realizadas no maciço rochoso do *hanging wall* no realce 10.2 FGS.

Tabela 4.2- Resultado de ensaios de compressão uniaxial de amostras do *hanging wall*.

Tabela 4.3- Especificações do cabo de aço com 7 tranças, com 15,2mm de diâmetro, utilizados como suporte na mina Cuiabá (modificado de Hutchinson e Diederichs, 1996).

Tabela 4.4- Tabela com identificação de quebras e cisalhamentos, separados por níveis diferentes (ver coloração), para todos os televisionamento de furos que foram realizados no realce 10.2 FGS, bloco 7. No último televisionamento, relativo ao furo 6, não foram identificadas quebras e cisalhamentos.

Tabela 4.5- Parâmetros utilizados para o cálculo utilizando a analogia de voussoir.

Tabela 4.6 – Parâmetros utilizados no cálculo da analogia de voussoir, para a simulação 1 e 2, além dos resultados obtidos.

Lista de Símbolos, Nomenclatura e Abreviações

- A_b – Área da seção do cabo
- BIF – *Banded Iron Formation*, formação ferrífera bandada
- B.L – Limite de flambagem (*buckling limit*)
- Comp. Pot. – Comprimento do potenciômetro
- CSIR – *Council for Scientific and Industrial Research*
- D – Fator de distúrbio por detonação
- E – Módulo de Young
- E_b – Módulo de elasticidade do cabo
- F – Força
- FG – Filito grafitoso
- FGS – Fonte Grande Sul
- F.S._{esm} – Fator de segurança com relação à esmagamento
- F.S._{desl} – Fator de segurança com relação à deslizamento
- GSI – *Geological Strength Index*, índice de resistência geológica
- HW – *Hanging wall*, capa
- K – Constante conhecida como rigidez do cabo
- k – Relação entre tensão horizontal e vertical
- L – Comprimento do arco de reação
- LCA – Leitura da corrente atual
- LCAPR – Leitura da corrente atual do ponto de referência
- LCP – Leitura da corrente prévia
- LCPPR – Leitura da corrente prévia do ponto de referência
- MAN – Metabasalto/metandesito
- MBA – Metabasalto
- M_w – Momento devido o próprio peso
- M_R – Momento resistente

MPBX – *Multi point borehole extensometer*, extensômetro de furo de vários pontos

NT – Espessura média do arco de compressão

P – Tensão de suporte

Q – *Rock Tunneling Quality Index*, índice de qualidade de rocha em túnel

RCU – Resistência a compressão uniaxial

RQD – *Rock Quality Designation*, designação da qualidade da rocha

RMR – *Rock Mass Rating*, classificação do maciço rochoso

S – Vão da escavação

S.G* - Gravidade específica ou densidade específica

S.G – Densidade

SMART – *Stretch measurement to assess reinforcement tension*, medida de estiramento para avaliação da tração do reforço

SPBX – *Single point borehole extensometer*, extensômetro de furo com um ponto

T – Espessura da viga

X1 – Clorita-quartzo-carbonato-sericita filito com matéria carbonosa

X2 – Sericita xisto

Xs – Plagioclásio-clorita-sericita-carbonato-quartzo filito

Z₀ – Braço de alavanca inicial

δX2, δX3 – Deslocamento para cada ponto.

γ – Peso específico

σ_{max} – Tensão máxima atuante

δ – Deflexão

f_{max} – Tensão máxima que atua na viga

γ_e – Peso específico efetivo

α – Ângulo de mergulho do *hanging wall*

γ_e – Peso específico efetivo com suporte

f_{av} – Tensão média

φ - Ângulo de atrito

ν – Coeficiente de Poisson

Lista de Anexos

Anexo I – Parâmetros da classificação geotécnica

Anexo II – Imagens de quebras e cisalhamentos obtidas pelo televisionamento de furos

Anexo III – Tabelas com resultados do cálculo de voussoir

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - LOCALIZAÇÃO	2
1.2 - OBJETIVOS	2
1.3 - METODOLOGIA	3
1.4 - ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	4
CAPÍTULO 2 – CONCEITOS GEOTÉCNICOS APLICADOS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1 - MONITORAMENTO GEOMECÂNICO	6
2.1.1 - <i>Extensômetros</i>	6
2.1.2 – <i>Microcâmera</i>	12
2.2 - ESTABILIDADE DE GRANDES ESCAVAÇÕES EM MACIÇO LAMINADO: A ANALOGIA DE VOUSOIR REVISADA	14
CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA E OPERAÇÃO DA MINA CUIABÁ	35
3.1 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA	35
3.1.1 - <i>Litoestratigrafia</i>	36
3.1.2 – <i>Produto da deformação e alteração hidrotermal dos metabasaltos</i>	39
3.1.3 – <i>Descontinuidades geológicas</i>	41
3.2 - CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA.....	42

3.2.1 – <i>Classificação geomecânica</i>	42
3.2.2 – <i>Ensaio de rocha intacta</i>	44
3.2.3 – <i>Ensaio de tensão in situ</i>	45
3.3 - OPERAÇÃO DA MINA CUIABÁ.....	48
CAPÍTULO 4 – UTILIZAÇÃO DE EXTENSÔMETROS E TELEVISIONAMENTO DE FUROS PARA ESTUDO DE ESTABILIDADE DO HANGING WALL – REALCE 10.2 FONTE GRANDE SUL	51
4.1 - LOCALIZAÇÃO	51
4.2 - CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	52
4.2.1 – <i>Geometria do realce</i>	52
4.2.2 – <i>Caracterização geológica-geotécnica</i>	53
4.2.3 – <i>Caracterização dos suporte utilizados</i>	57
4.3 - TELEVISIONAMENTO DE FUROS – ESCALA VISUAL DE QUEBRAS/CISALHAMENTOS	59
4.4 - UTILIZAÇÃO DE EXTENSÔMETROS E TELEVISIONAMENTO DE FUROS PARA ESTUDO DE ESTABILIDADE DO HANGING WALL NO REALCE 10.2 FGS – ESTUDO DE CASO	60
4.4.1 – <i>Evolução da investigação e das intervenções</i>	60
4.4.2 – <i>Estudo de estabilidade utilizando a analogia de voussoir</i>	79
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	94

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A mina Cuiabá, de propriedade da AngloGold Ashanti Córrego do Sítio Mineração, atualmente com escavações a mais de 1000m abaixo da superfície, é uma das mais importantes minas subterrâneas do Brasil. Com a operação sem interrupção desde 1985, a mina atualmente produz cerca de 9 toneladas anuais de ouro. Após o aumento de produção, mais acentuado no ano de 2007, problemas de instabilidade, principalmente relacionados ao *Hanging wall*¹, começaram a surgir nas escavações de lavra. Com o intuito de estudar e antever os problemas de instabilidade do *hanging wall*, foi implementado o monitoramento constante com televisionamento de furos e extensômetros tipo MPBX (*Multi Point Borehole Extensometer*) e SMART (*Stretch Measurement to Assess Reinforcement Tension*) cabos.

O estudo realizado, aqui apresentado, é referente a um estudo de caso, realizado na escavação de produção do corpo de minério Fonte Grande Sul, nível 10.2, localizado entre 692m e 667m abaixo da superfície, que demonstra como a utilização conjunta dos dados coletados pelos extensômetros e pelo televisionamento de furos, pode ser uma ferramenta poderosa para reconhecer, em tempo hábil, os indícios de instabilidade *do hanging wall*, propiciando que medidas mitigadoras possam ser executadas para a estabilização da área novamente.

Após o tratamento dos dados, principalmente relacionados ao televisionamento de furos, foi possível reconhecer as espessuras das vigas formadas pelas quebras e cisalhamentos identificados nos furos em rocha xistosa que constitui o *hanging wall*, assim, em conjunto com a identificação de outros parâmetros, foi realizado um estudo sobre a aplicabilidade da analogia de voussoir para o estudo de estabilidade do *hanging wall* para a área de estudo.

¹ O termo em inglês *hanging wall*, capa, será utilizado nesta dissertação devido à sua ampla divulgação na mineração no Brasil.

No estudo deste caso pôde-se determinar a eficácia dos monitoramentos, bem como das medidas mitigadoras realizadas para reabilitação da área, além do reconhecimento das vantagens e desvantagens da aplicabilidade da analogia de voussoir para a mina Cuiabá.

1.1- LOCALIZAÇÃO

A mina Cuiabá está localizada na cidade de Sabará-MG (Figura 1-1), distante cerca de 35 Km de Belo Horizonte. Os acessos principais a partir de Belo Horizonte são por meio da BR-381 – Caeté – MG-262 (sentido Sabará-MG), ou pela avenida José Cândido da Silveira – Sabará – MG-262 (sentido Caeté-MG).

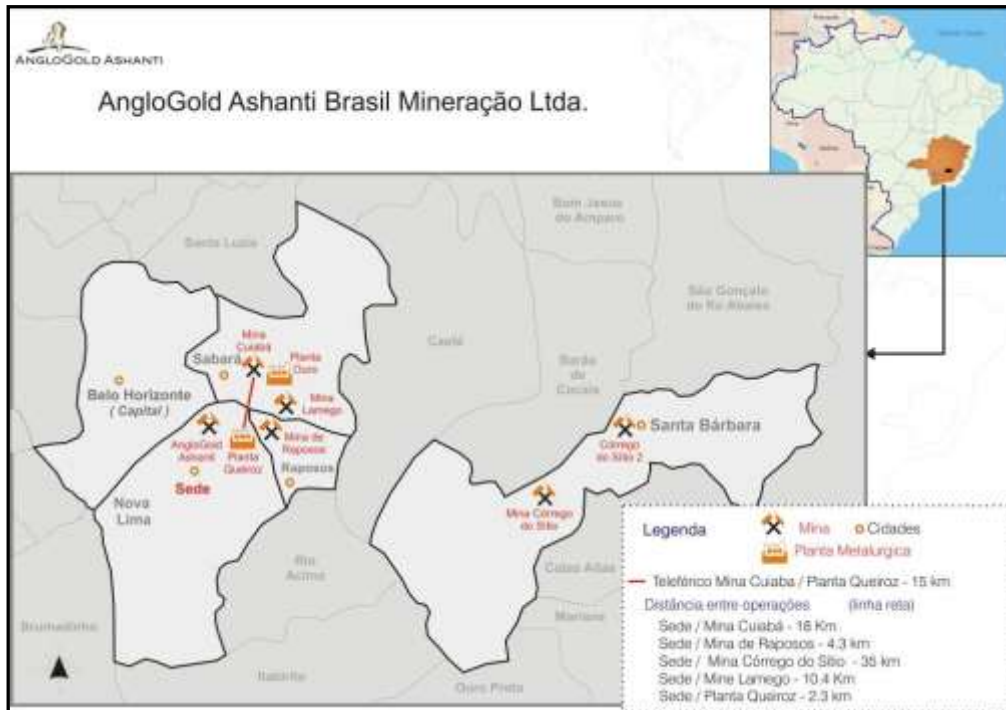


Figura 1.1- Mapa de localização da mina Cuiabá.

1.2- OBJETIVOS

Os objetivos do desenvolvimento deste trabalho podem ser listados a seguir:

- Estudar a evolução da piora nas condições de estabilidade do *hanging wall* ao longo

da evolução das atividades minerárias;

- Avaliar a eficácia dos monitoramentos utilizados, extensômetros e televisionamento de furos, como instrumentos de identificação, em tempo adequado, de indícios de instabilidade do *hanging wall*;
- Avaliar a efetividade das medidas mitigadoras para a estabilização de área com apresentação de indícios de instabilidade;
- Estudar a aplicabilidade da analogia de voussoir, como mecanismo de estudo de estabilidade, para área com apresentação de indícios de instabilidade.

1.3- METODOLOGIA

A metodologia realizada para o desenvolvimento deste trabalho pode ser resumida em:

- Revisão bibliográfica, abordando temas relacionados com extensômetros tipo MPBX e SMART cabos, televisionamento de furos e analogia de voussoir para estudo de estabilidade em escavações subterrâneas;
- Aquisição das imagens pelo televisionamento de furos, além da instalação dos extensômetros e coleta dos dados dos mesmos;
- Realização de caracterização geológica-geotécnica da área de estudo. Classificação do maciço rochoso do *hanging wall* pelo sistema Q (*Rock Tunnelling Quality Index*) e RMR₈₉ (*Rock Mass Rating*);
- Classificação das quebras/cisalhamentos, utilizando escala visual, e descrição litológica, quando possível, por meio das gravações realizadas pelo televisionamento de furos;

- Localização de todos os extensômetros e furos para televisionamento ao longo do painel de lavra;
- Análise de todos os gráficos gerados pelos extensômetros com identificação das detonações ocorridas na área;
- Análise de resultados originados de extensômetros aterrados, ao longo da evolução da lavra, para a determinação da altura, abaixo do piso, de eliminação de deslocamentos no interior do maciço rochoso do *hanging wall*. Esta informação possibilitará o conhecimento do vão efetivo a ser considerado nos cálculos utilizando a analogia de voussoir;
- Determinação das espessuras das vigas formadas por quebras e cisalhamentos identificados nos furos;
- Estudo da analogia de voussoir por meio das espessuras obtidas pelos televisionamentos de furos;
- Avaliação do sistema de monitoramento, composto por extensômetros e televisionamentos de furos, para identificação de instabilidade em tempo hábil;
- Avaliação da eficácia das medidas mitigadoras realizadas para a estabilização do maciço rochoso, localizado no *hanging wall*, onde foram identificados indícios de instabilização;
- Avaliação da aplicabilidade da analogia de voussoir como ferramenta de estudo de estabilidade do *hanging wall* na mina Cuiabá;

1.4- ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Para a estruturação da dissertação foi realizada a divisão em 5 capítulos. O tema dos capítulos, bem como um resumo de cada assunto, pode ser visualizado a seguir:

- **Capítulo 1 – Introdução** – contempla a introdução do assunto a ser estudado, a localização da mina, os objetivos esperados com o desenvolvimento do trabalho, a metodologia aplicada para a evolução do estudo, além da descrição da estruturação da dissertação;
- **Capítulo 2 – Conceitos Geotécnicos Aplicados – Revisão Bibliográfica** – abrange todas as informações consideradas pertinentes para o adequado entendimento do estudo, retiradas e trabalhadas da pesquisa bibliográfica realizada para a elaboração do trabalho;
- **Capítulo 3 – Caracterização Geológica-Geotécnica e Operação da Mina Cuiabá** – engloba toda a caracterização geológica-geotécnica da mina Cuiabá, incluindo o reconhecimento geológico, a classificação geomecânica, os ensaios de caracterização geotécnica de laboratório, além dos aspectos relacionados à tensão *in situ*. Contém, também, a descrição do método de lavra, ciclo operacional e desenho das escavações.
- **Capítulo 4 – Utilização de Extensômetros e Televisionamento de Furos para Estudo de Estabilidade do *Hanging Wall* – Realce 10.2 Fonte Grande Sul** – refere-se ao desenvolvimento do estudo de caso. Na parte inicial são descritos a localização, a caracterização geológica-geotécnica, geometria da escavação e suportes utilizados na área de estudo, além da apresentação da escala visual de quebras e cisalhamentos utilizada. Em sequência são descritas as intervenções e os monitoramentos realizados na área de estudo, desde a identificação dos indícios de instabilização até a comprovação do retorno à estabilidade do maciço rochoso após a aplicação das medidas mitigadoras. Na fase final foi realizado estudo de estabilidade *do hanging wall* aplicando a analogia de voussoir.
- **Capítulo 5 – Conclusões e Sugestões para Pesquisas Futuras** – engloba a análise final dos resultados com relação aos objetivos. É realizada uma reflexão crítica da utilização dos monitoramentos aplicados como ferramentas úteis na identificação, em tempo hábil, de indícios de instabilização do *hanging wall*. Uma avaliação sobre a aplicabilidade da analogia de voussoir, como mecanismo de estudo de estabilidade do maciço rochoso, também é apresentada.

CAPÍTULO 2

CONCEITOS GEOTÉCNICOS APLICADOS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados os conceitos geotécnicos relacionados diretamente com o trabalho realizado. Com o objetivo de concentrar esforços no detalhamento dos conhecimentos importantes ao tema, alguns conceitos gerais e mais difundidos na geotecnia, como ensaios geotécnicos, tensão e deformação em maciços rochosos e classificação geomecânica, não foram aqui descritos. Estes temas podem ser pesquisados na dissertação de mestrado, elaborada na Universidade Federal de Ouro Preto, realizada por Edvaldo Santos Barbosa, “Avaliação do suporte com cabos de aço na mina Cuiabá”, 2008.

2.1- MONITORAMENTO GEOMECÂNICO

A bibliografia relacionada a este tema é bastante extensa, pois existem muitos métodos para a realização do monitoramento geomecânico. A seguir serão descritos os monitoramentos geomecânicos relacionados diretamente com o estudo.

2.1.1- Extensômetros

Os extensômetros axiais são instrumentos utilizados para a realização do monitoramento dos deslocamentos existentes em um ou mais pontos localizados no interior da rocha ou solo. O tipo de extensômetro que será detalhado a seguir é referente aos extensômetros fixados no interior de furos, muito utilizados em ambientes subterrâneos e em taludes em rocha.

Os extensômetros fixados em furos são definidos por Dunnicliff (1988) como instrumentos instalados em solo ou rocha para o monitoramento da mudança da distância entre dois ou mais pontos ao longo do eixo de um furo sem utilização de sonda móvel.

O princípio de operação é mostrado na Figura 2.1. A distância da face da boca do furo ao final da haste é medida utilizando um transdutor de deslocamento mecânico ou elétrico.

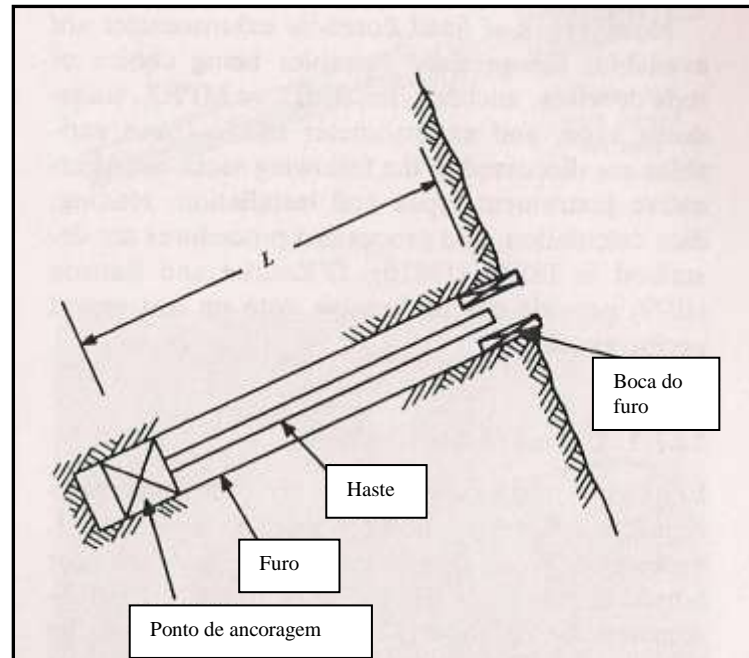


Figura 2.1- Visualização do princípio de operação do extensômetro fixo de furo (Modificado de Dunnycliff, 1988).

O instrumento mostrado é um extensômetro fixo de furo com apenas um ponto de ancoragem (SPBX – *Single Point Borehole Extensometer*), mas muitos pontos de ancoragens podem ser dispostos ao longo do furo para criar um extensômetro de furo com vários pontos de monitoramento (MPBX – *Multiple Point Borehole Extensometer*). MPBX é utilizado para monitorar o deslocamento de mais de um ponto ao longo do eixo de um furo com orientação pré-definida. Muitos SPBX com diferentes comprimentos, instalados próximos uns dos outros, podem funcionar como um MPBX. Estes extensômetros podem ser constituídos por hastes ou fios tensionados.

Devido ao grande número de diferentes extensômetros, que podem variar com relação ao tipo de ancoragem, tipo de ligação (haste ou fio), tipo de transdutor e tipo de leitor, serão detalhados, a seguir, os tipos de extensômetros utilizados neste trabalho.

Smart MPBX

Este tipo de extensômetro é fabricado pela Mine Design Technologies (MDT). Tod e Lausch (2003) descrevem este extensômetro como um extensômetro fixo para furo de 6 pontos que utiliza haste e um compartimento de leitor eletrônico com 6 potenciômetros lineares. As hastes deste instrumento são feitas de fibra de vidro leve e forte. Cada haste é fixada em 6 pontos pré-estabelecidos e possui em sua extremidade final um contato elétrico móvel. O deslocamento do contato elétrico, no final de cada haste, é o responsável pela alteração na resposta da voltagem à medida que é detectado deslocamento no interior do maciço rochoso (Figura 2.2).

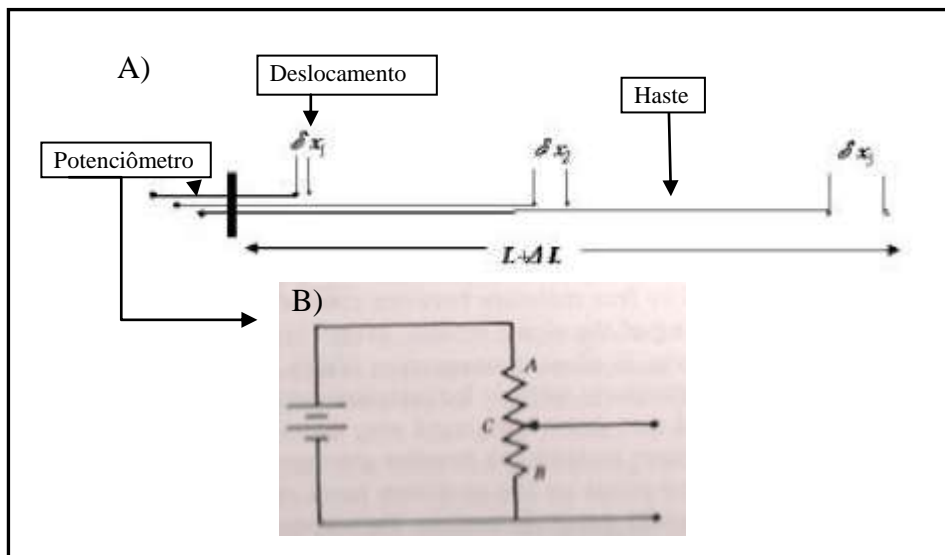


Figura 2.2 - A) Visualização dos componentes principais do extensômetro (modificado de Tod e Lausch, 2003); B) representação esquemática do deslocamento influenciando na leitura da voltagem (Modificado de Dunicliff, 1988).

Após a aquisição da alteração dos dados de voltagem, os valores são convertidos em deslocamentos pelas Equações 2.1 e 2.2. A Equação 2.1 é referente ao extensômetro instalado com o compartimento do potenciômetro fora da zona de deslocamento, no final do furo, e a Equação 2.2 é referente ao potenciômetro instalado próximo à face da escavação, na zona de movimentação.

$$\text{Deslocamento} = (\text{LCA} - \text{LCP}) \times \text{Comp. Pot.}/500 \quad (2.1)$$

Onde, LCA = Leitura da tensão atual (em 1/100 Volt);

LCP = Leitura da tensão prévia (em 1/100 Volt);

Comp. Pot. = Comprimento do potenciômetro (polegadas ou milímetros).

$$\text{Deslocamento} = ((\text{LCA} - \text{LCP}) - (\text{LCAPR} - \text{LCPPR})) \times \text{Comp. Pot.}/500 \quad (2.2)$$

Onde, LCAPR = Leitura da tensão atual do ponto de referência (em 1/100 Volt);

LCPPR = Leitura da tensão prévia do ponto de referência.

Por meio dos dados obtidos são gerados gráficos do deslocamento em função do tempo e em função da distância ao longo do MPBX (Figura 2.3).

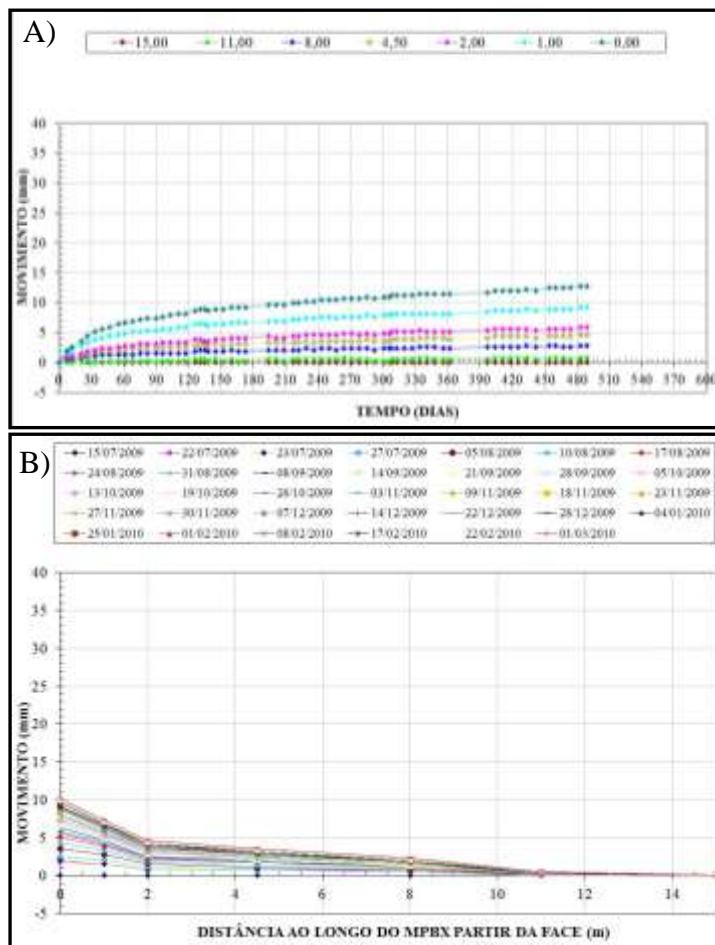


Figura 2.3 - A) Gráfico obtido com o MPBX, com deslocamento em função do tempo para cada ponto de medição; B) Gráfico obtido com o MPBX, com deslocamento em função da distância ao longo do extensômetro a partir da face.

Cabo *SMART* (*Stretch Measurement Assess Reinforcement Tension*)

Tod e Lausch (2003) definem o cabo *SMART* como um extensômetro semelhante ao MPBX, mas localizado no interior do cabo de aço de sete fios, substituindo o fio localizado no centro do cabo por um tubo de aço inoxidável onde os fios referentes a cada um dos seis pontos de medição estão inseridos. Este equipamento foi desenvolvido para otimizar os suportes constituídos pelos cabos de aço de sete fios. É importante enfatizar que este equipamento realiza a medição do deslocamento do cabo de aço e não da rocha.

O deslocamento do cabo *SMART* é calculado da mesma forma do MPBX, entretanto o cálculo da força de tração no cabo é calculada da seguinte maneira:

$$F = E_b \times A_b \times \varepsilon \quad (2.3)$$

$$\text{ou } F = K \times \varepsilon;$$

onde , F = força de tração média (kN)

E_b = módulo de elasticidade do cabo (GPa);

A_b = área da seção do cabo (m^2);

K = constante conhecida como rigidez do cabo (kN);

ε = deformação.

Para a resposta elástica em um cabo de aço de sete fios com 15.2 mm de diâmetro, tem-se:

$$K = 25 \text{ MN } (0 < F < 225 \text{ kN}) \quad (2.4)$$

E para o endurecimento da deformação, após a plastificação tem-se:

$$K = 6 \text{ MN } (F > 225 \text{ kN}) \quad (2.5)$$

A média da força de tração no cabo pode ser calculada da deformação entre os pontos de ancoragens de medição, como mostrado na Figura 2.4 e Equação 2.6. Utilizando múltiplos

pontos de ancoragens de medição, um perfil de carga ao longo de todo o cabo pode ser obtido (Tod *et al.*, 2003).

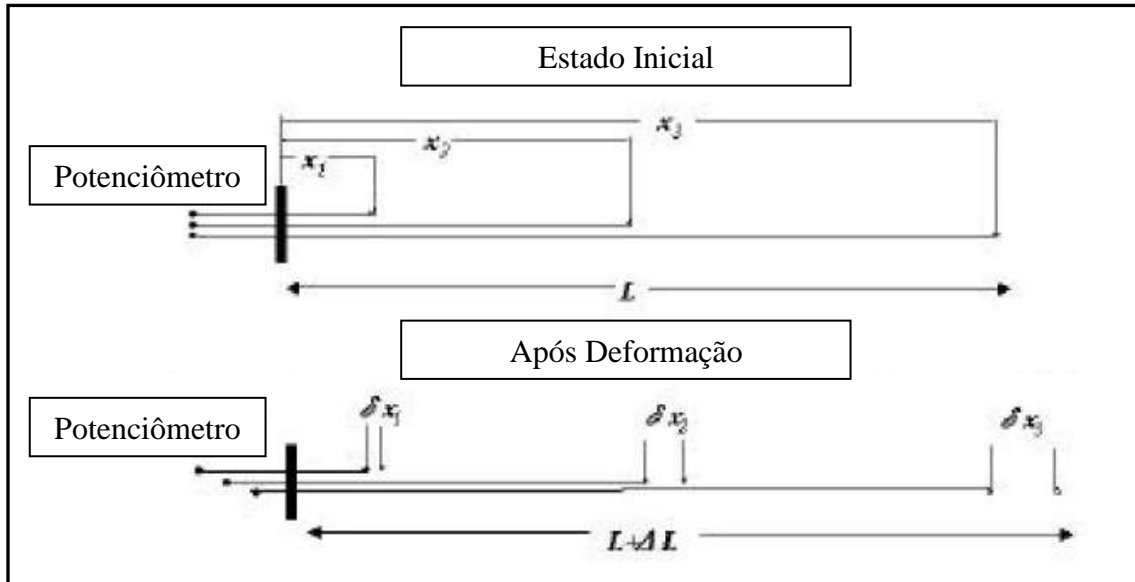


Figura 2.4- Representação do funcionamento do cabo *SMART* para a determinação da variação do deslocamento para cada ponto de medição.

$$F21 = K \times (\delta X2 - \delta X1)/(X2 - X1) \text{ e } F32 = K \times (\delta X3 - \delta X2)/(X3 - X2) \quad (2.6)$$

Onde $X1, X2, \text{ etc}$ = coordenadas de medição;

$\delta X2, \delta X3, \text{ etc}$ = deslocamento para cada ponto.

Os produtos gerados por este tipo de extensômetro são o deslocamento em função do tempo, deslocamento em função das ancoragens em diferentes posições ao longo do cabo (ambos análogos aos fornecidos pelo *MPBX*), força em função do tempo e em função das ancoragens em diferentes posições ao longo do cabo (Figura 2.5).

Este equipamento é bastante utilizado para a verificação da eficácia dos cabos utilizados como suporte, permitindo, assim, otimizar a sua malha e o seu comprimento.

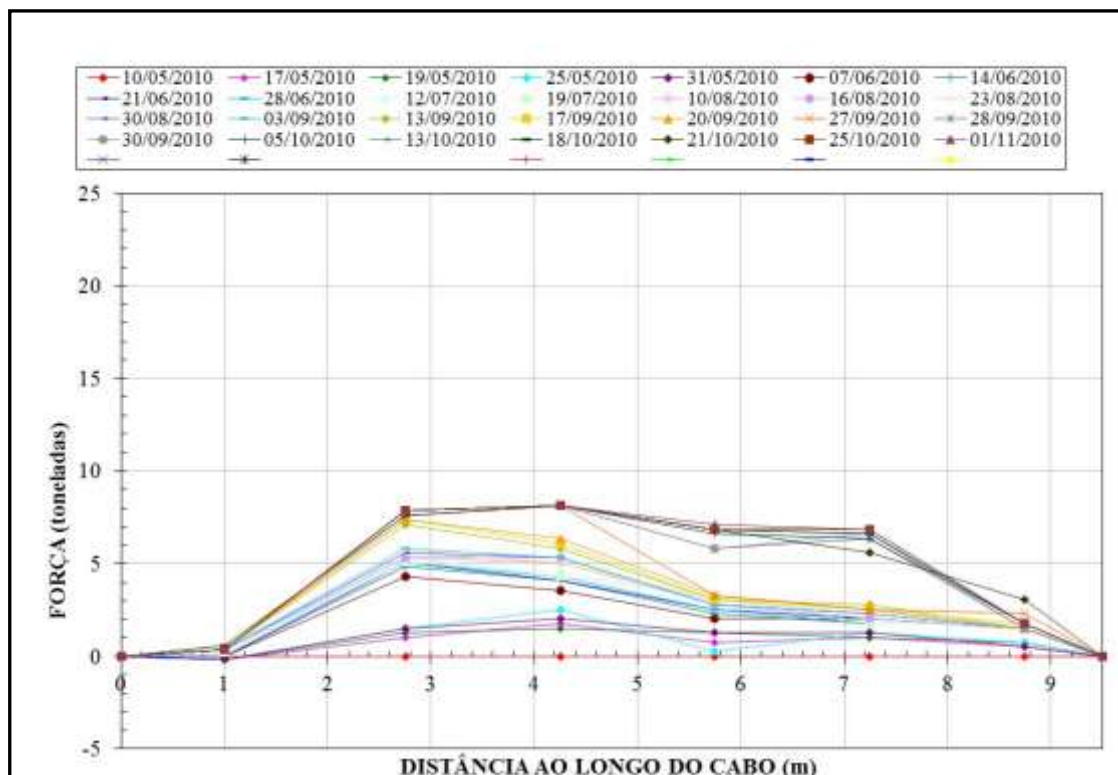


Figura 2.5- Gráfico gerado com os resultados obtidos pelo monitoramento com o cabo SMART: força em função do tempo e da distância dos pontos de monitoramento ao longo do cabo.

2.1.2- Microcâmera

Nos últimos anos foram desenvolvidos instrumentos para permitir “observações visuais” do maciço rochoso nas áreas fisicamente inacessíveis (Figura 2.6). Estes instrumentos incluem a microcâmera de furo e o medidor remoto de distância a laser (Hutchinson e Diederichs, 1996). Atualmente existem vários modelos destes instrumentos, que estão em utilização periódica em diversas minas.

A microcâmera de furo é inserida em um furo e seu cabeçote pode ser girado para visualizar e fotografar e/ou televisionar as paredes ao longo da extensão do furo (Figura 2.7). Existem várias câmeras disponíveis com diâmetros diversificados para furos de diferentes tamanhos. Em um programa de monitoramento, onde serão feitas leituras regulares dos instrumentos, uma perfuração para o registro da câmera deve ser realizada e deixada aberta durante a

duração do trabalho. A boca do furo deve ser bloqueado para evitar que poeira ou detritos entrem no furo (Hutchinson e Diederichs, 1996).



Figura 2.6- Visualização de televisionamento de furo em escavação na mina Cuiabá.

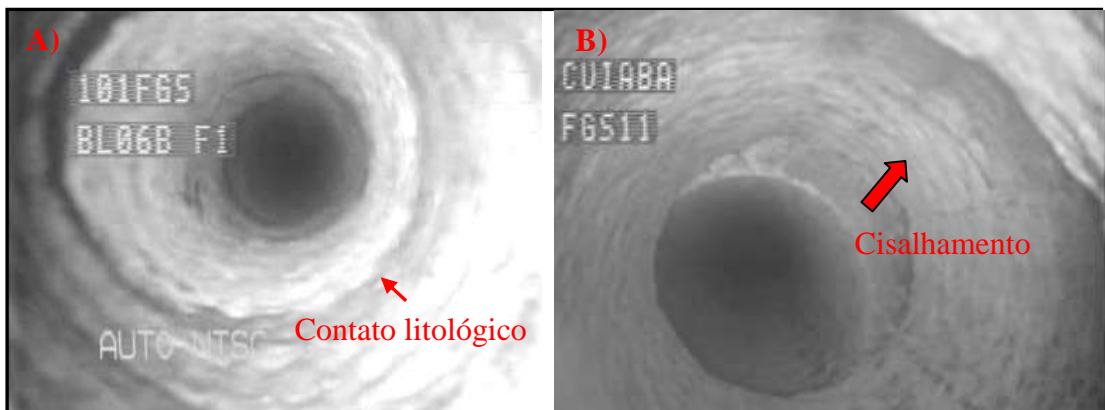


Figura 2.7 - A) Visualização do contato litológico entre xisto e filito carbonoso; B) cisalhamento entre a xistosidade. Imagens de furos realizados na mina Cuiabá, Sabará-MG.

Muitas minas estão utilizando a microcâmera de furo com sucesso. Um exemplo é a Mina de Louvicourt, onde a microcâmera foi utilizada para fornecer informações valiosas sobre o comportamento do maciço rochoso durante o estágio inicial de projeto da mina (Germain, 1995). Antes que a lavra de um dos primeiros blocos do realce fosse iniciada, foi realizada uma pesquisa básica durante a qual o furo foi fotografado em intervalos de 0,3 metros. À

medida que a lavra progrediu, as pesquisas de câmara de furo foram conduzidas em base regular, permitindo observação de desenvolvimento e abertura das fraturas e juntas dentro do maciço rochoso (Hutchinson e Diederichs, 1996).

Outro exemplo está nas pesquisas de câmara de furo conduzidas na mina de Ansil (Hutchinson, 1992), as quais forneceram algumas das informações mais importantes coletadas durante o programa de instrumentação, pelo fato de terem fornecido a visualização da localização das fraturas e juntas abertas. Além disso, os horizontes dentro do maciço rochoso onde as paredes do furo fraturaram devido a altos níveis de tensão foram observados com a microcâmera (Hutchinson e Diederichs, 1996).

Segundo Hutchinson e Diederichs (1996), sempre que possível, devem ser feitos registros de microcâmera nos furos onde outros instrumentos de monitoramento são instalados. O registro da microcâmera fornecerá informações sobre a localização de estruturas preexistentes na extensão do furo. A localização do movimento dentro do maciço rochoso pode ser melhor entendida quando as informações da microcâmera de furo estiverem disponíveis, desde a pesquisa inicial até os furos adjacentes que são registrados regularmente.

2.2- ESTABILIDADE DE GRANDES ESCAVAÇÕES EM MACIÇO LAMINADO: A ANALOGIA DE VOUSOIR REVISADA

A analogia da viga de voussoir tem demonstrada ser uma ferramenta de avaliação de estabilidade por mais de 55 anos e tem recebido numerosos melhoramentos e revisões (Diederichs e Kaiser, 1999a). O resumo aqui apresentado é principalmente referente ao trabalho de revisão da analogia de voussoir de Diederichs e Kaiser (1999a).

Características do maciço rochoso dominado por laminações são frequentemente encontradas em escavações subterrâneas em numerosos ambientes geológicos. Estas laminações podem ser o resultado de deposição sedimentar, fraturas de alívio de tensão, orientações criadas por meio de processos metamórficos ou fluxo ígneo ou por meio de

fraturamento paralelo à escavação, devido à tensão na parede do maciço rochoso. Estas estruturas podem ser o fator dominante de controle de estabilidade de tetos em grandes escavações civis, em carvão ou realces de mineração horizontal e podem também dominar a estabilidade do *hanging wall* (capa) de realces inclinados, muitos deles encontrados em mineração de rochas duras no Canadá, Austrália e outros lugares.

Em raras circunstâncias, a laminação é a única família de descontinuidades no maciço rochoso. A estabilidade do teto e a deflexão nestes casos podem ser avaliadas utilizando deflexão convencional de viga elástica e cálculo das tensões laterais. É mais comum, entretanto, encontrar outro conjunto de descontinuidades cortando através das laminações. Estas descontinuidades reduzem e, no extremo, eliminam a capacidade do maciço para sustentar as tensões de tração, como é assumido na análise de viga convencional. Entretanto, onde estas descontinuidades cortam as laminações subortogonalmente ou onde reforços têm sido instalados, é possível assumir que um arco de compressão pode ser gerado na viga, o qual transmitirá o carregamento da viga para os apoios (Figura 2.8).

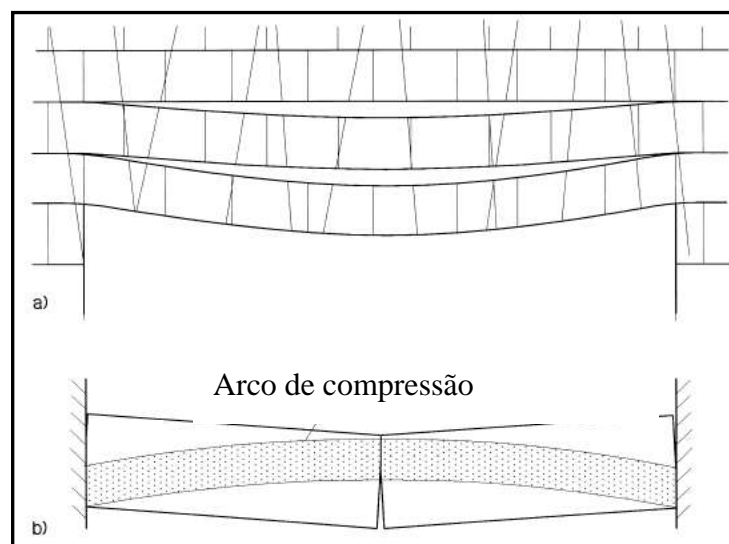


Figura 2.8 - (a) Viga de rocha fraturada; (b) Viga de Voussoir análoga (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Foi notado por Fayol (1885) que estratos subterrâneos pareciam se separar em flexão tal que cada viga laminada transferia seu próprio peso para os apoios em lugar de carregar a viga abaixo. A estabilidade de uma escavação nesta situação, foi concluído, poderia ser determinada analisando a estabilidade de uma única viga fletindo sob o seu próprio peso. A análise convencional de vigas elásticas, entretanto, subestima significativamente a estabilidade inerente a tais vigas. Mesmo que laminações intactas fraturassem no centro do vão como seria previsível, depois de alguma deformação adicional, tornar-se-iam estáveis. O conceito de voussoir remonta à arquitetura da Roma antiga (Corlett, 1956) e a sua aplicação em mecânica de rochas foi proposta por Evans (1941), especialmente para explicar a estabilidade de vigas fraturadas ou fissuradas.

Diederichs e Kaiser (1999a) propuseram um algoritmo para avaliar a estabilidade de uma viga voussoir. O modelo inclui uma hipótese melhorada para a geometria do arco interno de compressão, determinação simplificada dos deslocamentos, introdução de suporte e efeito de sobrecarga. Uma simulação com elementos discretos foi utilizada para verificar esses melhoramentos e para confirmar a suposição tradicional inerente ao modelo. No caso de colapso da viga por *snap-through*², dominante em escavações em rochas duras com uma grande razão vão/espessura, critérios de projetos são tradicionalmente baseados no limite de estabilidade, que representa uma deflexão máxima para garantir a estabilidade geométrica do vão (0.25 x espessura – Diederichs e Kaiser, 1999a). Uma deflexão inicial foi identificada, e verificada por meio de evidências de campo, que corresponde ao começo da deformação não-linear e, portanto, da instabilidade inicial, qual seja: 0.1 x espessura da viga. Esta fase inicial é proposta como um razoável limite (conservador) de estabilidade para este modo de colapso no maciço rochoso, particularmente para casos de dados limitados. Gráficos baseados nesse limite de linearidade para estabilidade por *snap-through* de vigas rochosas fraturadas foram apresentados por Diederichs e Kaiser (1999a), resumindo as relações críticas de vão, espessura e módulo de elasticidade.

Depois de gerar grande controvérsia quando da primeira publicação, a analogia com a viga

2 - *Snap-through* – termo em inglês para designar tipo de ruptura por flambagem.

de voussoir tem sido geralmente aceita e desde então retrabalhada e apresentada como uma ferramenta simples para análise de estabilidade de escavações em construção civil e mineração (Corlett, 1956; Evans 1941; Hutchinson e Diederichs 1996). A Figura 2.9 ilustra dois casos de exemplos onde a analogia com a viga de voussoir pode ser invocada para explicar a estabilidade inerente de um *hanging wall* laminado (Figura 2.9a) e tetos fraturados (Figura 2.9b) em ambientes de rocha dura.

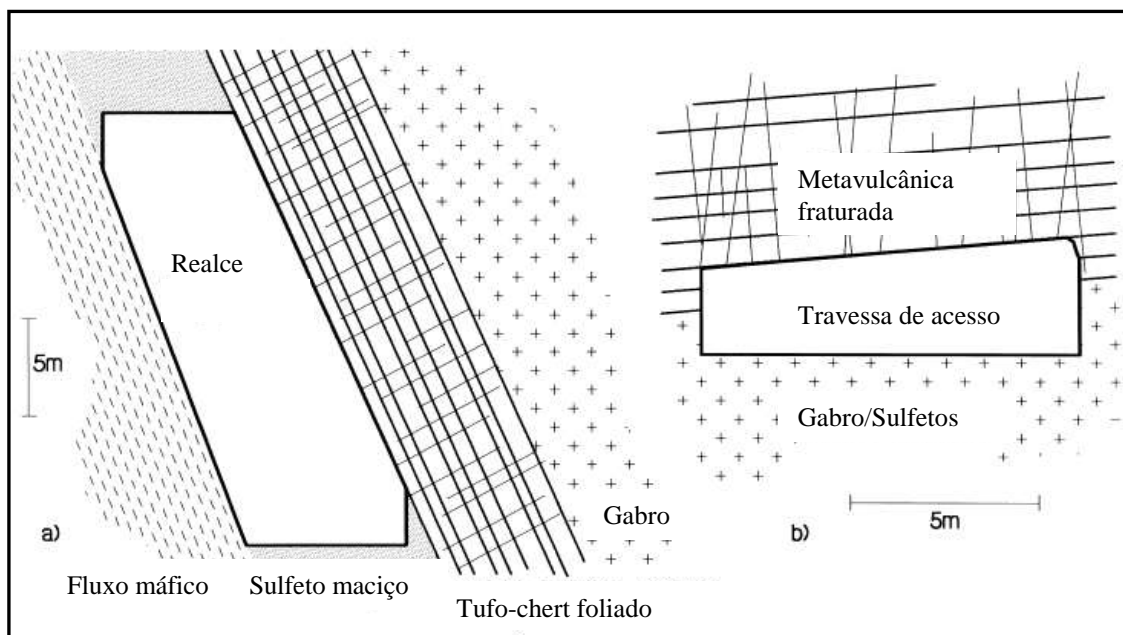


Figura 2.9- Exemplos de viga de voussoir encontrados na (a) mina Winston Lake, Ontario e (b) acesso de mina, Sudbury (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Os tipos primários de ruptura assumidos no modelo e verificados em testes de laboratório por Sterling (1980) são: ruptura por flambagem (*buckling*) ou *snap-through*, ruptura por compressão (esmagamento) no centro do vão e apoios laterais, cisalhamento nos apoios e fraturamento diagonal (Figura 2.10). Ruptura por cisalhamento (Figura 2.10c) é observada para baixas razões vão-espessura (vigas espessas), enquanto esmagamento (Figura 2.10b) e ruptura por *snap-through* (Figura 2.10a) são observadas para altas razões vão-espessura (vigas finas). Um exame dos dados do modelo apresentado por Ran et al. (1994) mostra que se o ângulo entre o plano de junta transversal e a normal ao plano de laminação (e a normal

à superfície da escavação) é menor do que $1/3$ a $1/2$ do ângulo de atrito efetivo destas juntas, então pode-se aplicar a solução da viga de voussoir (Diederichs e Kaiser, 1999a). Para fraturas com baixo ângulo, deslizamento ao longo destas juntas e ruptura prematura da viga é provável (Ran *et al.*, 1994).

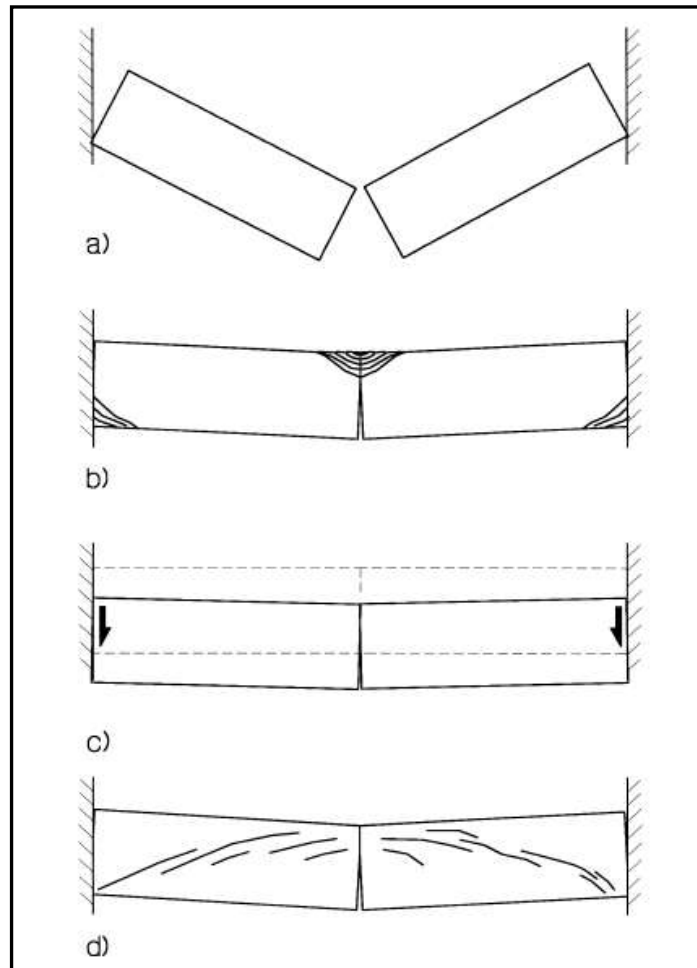


Figura 2.10- Modelos de ruptura da viga de voussoir: (a) *snap-through*; (b) esmagamento (compressão); (c) cisalhamento e (d) fraturamento diagonal (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Stimpson e Ahmed (1992) também mostraram por modelagem física que, para vigas espessas, uma sobrecarga pode produzir rupturas diagonais por tração (Figura. 2.10d) estendendo-se da parte superior do centro da viga para a parte inferior dos apoios

(paralelamente ao arco de compressão). Enquanto este modo de ruptura é parcialmente o resultado da configuração de carregamento, também pode ser um mecanismo importante onde exista material fraco ou fragmentado sobre a viga.

Com o objetivo de focar no tema referente ao estudo de estabilidade proposto neste trabalho, as considerações daqui em diante são referentes aos mecanismos de ruptura em vigas esbeltas, com razão vão/espessura maior do que 10, sob carregamento pelo próprio peso ou por sobrecarga moderada. Portanto, só esmagamento e *snap-through* serão considerados daqui em diante.

A seguir é apresentado um resumo do procedimento de análise de vigas vousoir baseado no esquema iterativo proposto por Brady e Brown (1993), incluindo vários melhoramentos e correções introduzidas por Diederichs e Kaiser (1999a).

Modelo de vousoir

Considere uma viga de rocha laminada, bi-engastada (Figura 2.11), acima de uma escavação com um vão horizontal S . A espessura vertical de uma única camada sob análise é T . Para uma viga elástica, sem juntas e com seção constante, uma distribuição simétrica de tensões de compressão e tração em torno do eixo neutro da viga ocorre em todas as suas seções planas (Figura 2.11a). A solução (Equações 2.7 e 2.8) para os valores máximos de tensão nos apoios (engastes), de compressão (na parte inferior da viga) ou tração (na parte superior da viga), σ_{\max} , bem como a deflexão máxima da viga, δ , podem ser calculadas usando as soluções analíticas de vigas (Obert e Duvall, 1966):

$$\sigma_{\max} = (\gamma S^2)/2T \quad (2.7)$$

$$\delta = (\gamma S^4)/32ET^2 \quad (2.8)$$

onde E é o módulo de Young da rocha e γ é o peso específico. Já a máxima tensão no centro do vão é metade da tensão nos apoios. Assim, para uma viga bi-engastada com

carregamento uniformemente distribuído (peso próprio), a plastificação ocorre quando a máxima tensão de tração, na parte superior dos apoios (engastes), excede a resistência de tração da rocha. Fraturas verticais de tração são então formadas nos engastes e a viga se torna simplesmente apoiada (assumindo que não haja deslizamento nos apoios), como mostrado na Figura 2.11b, com a máxima tensão de tração ocorrendo no centro da viga e dada por:

$$\sigma_{\max} = (2\gamma S^2)/3T \quad (2.9)$$

Esta tensão é agora mais alta que a tensão inicial no engaste, e, portanto, mais alta do que a resistência à tração da rocha. Isto leva ao subsequente fraturamento no centro da viga como foi mostrado por Stimpson e Ahmed (1992). Este processo de ruptura progressiva, iniciado nos engastes, seguindo-se com a ruptura no centro e em outras partes da viga pode ser responsável por emissões sísmicas de baixo nível (estalidos na rocha), freqüentemente encontradas em escavações subterrâneas recentemente desenvolvidas em profundidades baixas a moderadas. Esta fase inicial elástica seguida por fratura progressiva e deformação do *hanging wall* laminado foi observado e descrito em detalhes por Milne (1996).

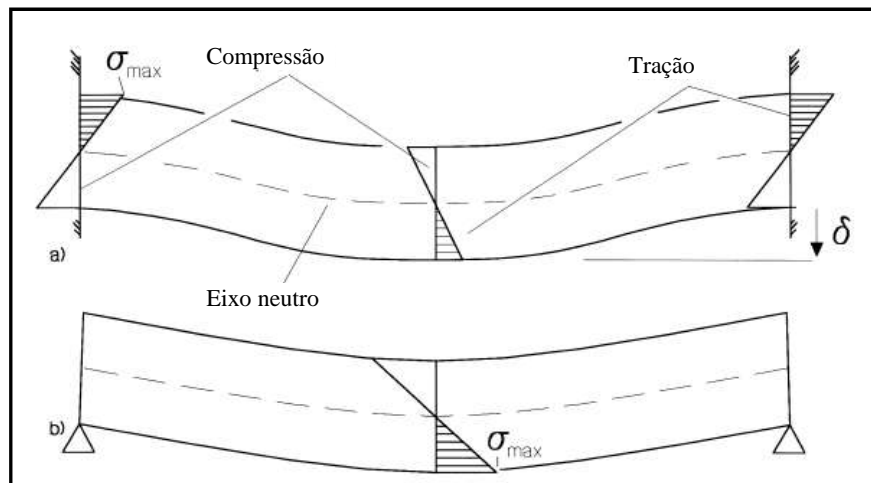


Figura 2.11 - Viga elástica com (a) apoios engastados e (b) apoios simples (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

É altamente improvável que qualquer estrutura de teto finamente laminado permaneça em

um estado completamente contínuo e elástico depois da escavação. A transição de uma viga contínua elástica para uma viga de voussoir normalmente acontece e é assumida na maioria dos casos. Porém, a ruptura não é inevitável nesta situação. Quando a ruptura por tração, descrita acima, ou as juntas que atravessam a laminação perpendicularmente tornam a viga incapaz de sustentar tensões de tração, um arco de compressão se desenvolve em seu interior, subindo da parte inferior dos apoios para os pontos mais altos do centro da viga. Para a metade do vão, este arco produz um momento entre as forças de reação no centro e no apoio (Figura 2.12), o qual atua para contrabalançar o momento imposto pelo peso próprio. A simetria da distribuição das tensões em torno do eixo neutro horizontal é perdida dentro da viga, tornando o problema estaticamente indeterminado e impossibilitando a obtenção de uma solução analítica, sem que seja assumida uma hipótese acerca da espessura média, NT , para este arco. Este é o caso da solução introduzida por Evans (1941) e depois por Beer e Meek (1982). Em ambos os casos N é assumido ser igual a 0.5. Uma experimentação numérica feita por Evans mostrou que essa era uma suposição incorreta e que o valor de equilíbrio era mais próximo de 0.7. Não obstante, Evans escolheu o valor $N = 0.5$ para simplificar a solução prática que apresentou (Diederichs e Kaiser, 1999a). Investigações realizadas por Diederichs e Kaiser (1999a) demonstraram que N é variável. Enquanto N é mais próximo de 0.75 para vigas estáveis em equilíbrio, N diminui para abaixo de 0.5 quando a geometria crítica (instável) da viga se aproxima.

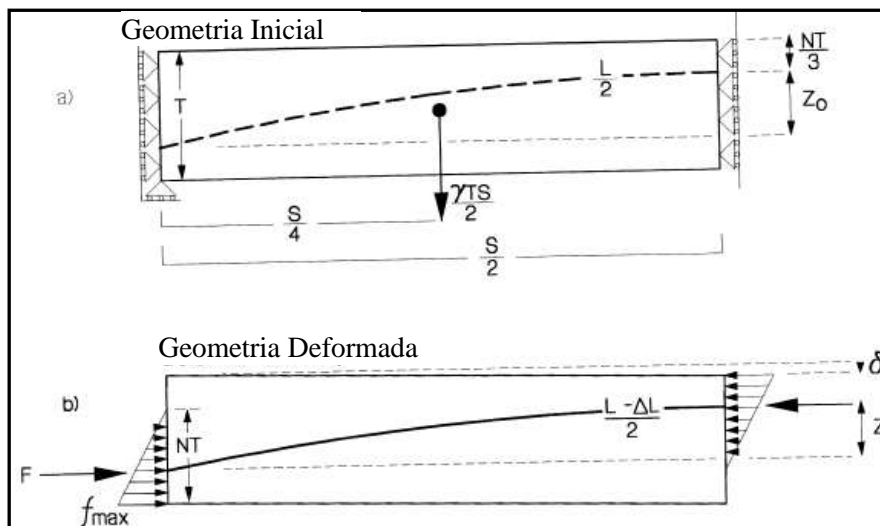


Figura 2.12- Viga de voussoir (com apenas metade do vão) e simbologia (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Nesta formulação, a espessura média, NT , do arco de compressão dentro da viga é inicialmente desconhecida, bem como o braço de alavanca, Z_0 , do momento limite das forças de reação horizontal, F , no centro do vão e nos apoios.

Considerando o centro da viga (Figura 2.12) e com base no algoritmo introduzido por Brady e Brown (1993), o procedimento de solução começa por uma suposição para o braço de alavanca do momento inicial antes da deflexão, Z_0 :

$$Z_0 = T(1-(2/3)N) \quad (2.10)$$

O comprimento do arco da reação (que é o lugar geométrico – *locus* – das forças de reação horizontal) é dado por:

$$L = S+(8/3S)Z_0^2 \quad (2.11)$$

Esta equação é baseada na suposição de um arco de compressão de formato parabólico. Experimentos numéricos (Ran *et al.*, 1994) e físicos (Stimpson e Ahmed, 1992) confirmam esta suposição. A solução prossegue com base na suposição de que para estabilidade, o momento devido ao peso próprio gerado nos apoios é dado por:

$$M_w = (\gamma TS^2)/8 \quad (2.12)$$

Este momento deve ser exatamente balanceado à medida que a viga flete um δ no centro do vão, por um momento resistente, M_R . Este momento é gerado pelas forças horizontais e opostas de reação que atuam no centro e nos apoios da viga, com um braço de alavanca $Z = Z_0 - \delta$, qual seja:

$$M_R = FZ = (f_{\max}NTZ)/2 \quad (2.13)$$

onde f_{\max} é a tensão máxima que atua na viga (na borda inferior dos apoios e na parte superior no centro do vão). Na Equação 2.12, o peso específico, γ , do maciço rochoso, pode

ser substituído por um peso específico efetivo, γ_e , dado por:

$$\gamma_e = \gamma \cos \alpha \quad (2.14)$$

onde α é o mergulho (ângulo com a horizontal) do plano laminado. A analogia de voussoir considera só a componente do peso normal à viga. Para vigas inclinadas, portanto, o efeito do peso paralelo à viga não é considerado. Neste modelo, como na realidade, um teto inclinado é mais estável sob carregamento da gravidade que um teto horizontal. Além disso, uma pressão de suporte ativo pode ser considerada nas equações pelo ajuste do peso específico efetivo. Para o caso de uma pressão de suporte uniformemente aplicada, p , ilustrado na Figura 2.13a:

$$\gamma_{ep} = \gamma_e - (p/T) \quad (2.15)$$

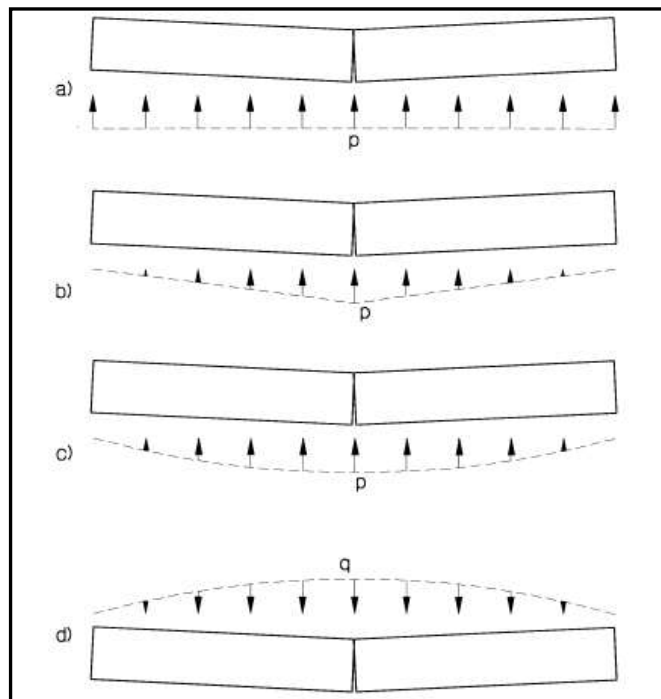


Figura 2.13- Carregamento externo da viga devido (a) pressão de suporte uniformemente distribuída; (b) pressão de suporte variando linearmente; (c) pressão de suporte variando parabolicamente e (d) sobrecarga variando parabolicamente (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Se a pressão de suporte é aplicada numa distribuição triangular, que varia de zero nos apoios até p no centro do vão (Figura 2.13b), como no caso de um suporte passivo, então se usa:

$$\gamma_e^* = \gamma_e - (2p/3T) \quad (2.16)$$

Uma distribuição parabólica de pressão de suporte (Figura 2.13c) pode também ser aplicada como:

$$\gamma_e^* = \gamma_e - (7p/9T) \quad (2.17)$$

Para introduzir uma sobrecarga distribuída, q , substitui p por $-q$ nas Equações 2.15 a 2.17 conforme a distribuição da sobrecarga. Por exemplo, no caso de uma sobrecarga distribuída parabolicamente, como na Figura 2.13d, de 0 para q (devido a rocha fragmentada sobre a viga, por exemplo) o peso específico efetivo modificado se torna:

$$\gamma_e^* = \gamma_e + (7q/9T) \quad (2.18)$$

Assumindo uma distribuição de tensão horizontal triangular dentro do arco de compressão (de espessura NT) nos apoios e no centro do vão, como ilustrada em Figura 2.12, a seguinte equação de equilíbrio é obtida para f_{\max} :

$$f_{\max} = [(\gamma_e^*)S^2]/4NZ \quad (2.19)$$

Para calcular a contração elástica do arco (e assim calcular a deflexão central), uma suposição deve ser feita sobre a distribuição interna da tensão compressiva dentro da viga. Trabalhos anteriores (Evans, 1941; Brady e Brown, 1993) foram baseados na suposição de uma variação quasi-linear da tensão (Figura 2.14) ao longo de uma seção constante de arco, NT , gerando uma média de tensão ao longo da linha de reação, f_{av} , dada por:

$$f_{av} = (f_{\max}/2)(2/3 + N/2) \quad (2.20)$$

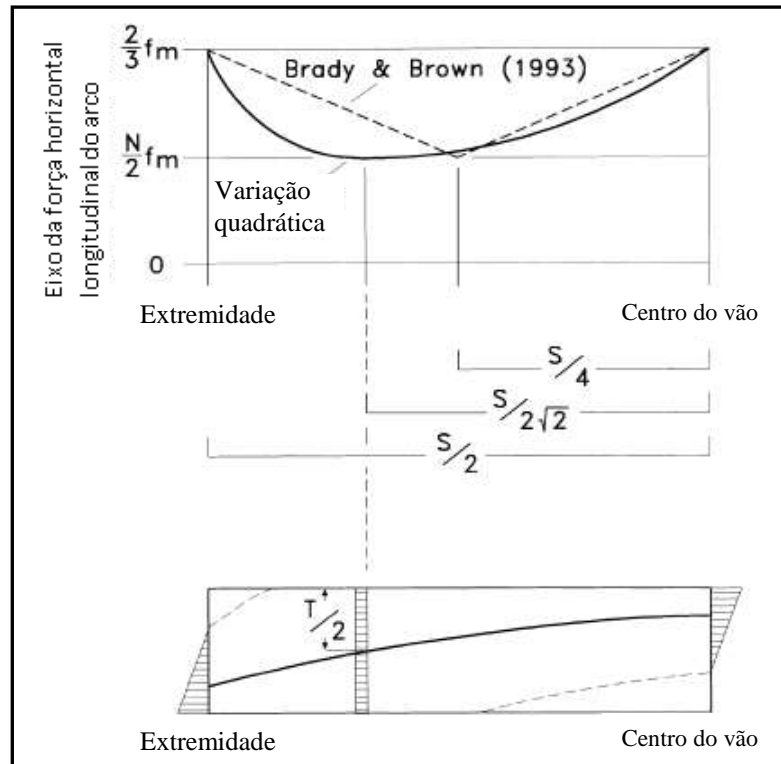


Figura 2.14 - Suposição convencional para a variação da tensão compressiva dentro da viga comparada com a variação proposta por Diederichs e Kaiser, 1999a (modificada de Diederichs e Kaiser, 1999a).

Um exame cuidadoso desta suposição mostra que ela pode estar errada. É razoável esperar que em algum ponto a seção completa da viga deva estar sob compressão e que no ponto onde a linha de reação cruza a linha central da viga, esta tensão seja constante em toda a seção T da viga (Diederichs e Kaiser, 1999a). É também razoável assumir que a variação da tensão ao longo linha de reação não é linear. A experimentação numérica realizada por Diederichs e Kaiser (1999a) e o exame dos resultados numéricos obtidos por Ran *et al.* (1994) e Mottahed *et al.* (1995) confirmam que a distribuição de tensão ao longo da linha central do arco é, na realidade, parabólica (Figura 2.14). Isto fornece a seguinte equação corrigida para a tensão média na viga:

$$f_{av} = (f_{max}/3)(2/3 + N) \quad (2.21)$$

A contração elástica do arco pode então ser obtida de:

$$\Delta L = L(f_{av}/E) = (L/E) f_{max}(2/9 + N/3) \quad (2.22)$$

Onde E é o módulo de elasticidade do maciço rochoso na direção paralela à viga. Esta contração produz um deslocamento do arco para baixo e o novo braço de alavanca do momento de reação é dado por:

$$Z = [(3S/8)(8Z_0^2/3S - \Delta L)]^{1/2} \quad (2.23)$$

A deflexão, δ , no centro do vão é dada por $(Z - Z_0)$ e um valor negativo para o sinal do termo sob a raiz quadrada da Equação 2.23 indica que a deflexão crítica da viga foi excedida. Em outras palavras, à medida que a deflexão aumenta o momento resistente, M_R , um produto da crescente força de reação, F, e do decrescente braço de alavanca do momento, Z, passa por um máximo sem alcançar equilíbrio com o momento do peso próprio, M_W . Neste caso, ocorreria colapso por *snap-through* para o valor especificado de espessura do arco de compressão, NT. Se não existir um valor de N (entre 0 e 1) para o qual uma solução estável possa ser obtida, assume-se que ocorreu o colapso da viga. De maneira a encontrar uma solução para oposição de equilíbrio da viga, Evans (1941) escolheu maximizar o produto do momento resistente pelo braço de alavanca, Z, embora tenha admitido que isso fosse algo arbitrário. No procedimento de Brady e Brown (1993) uma técnica de relaxação com duas variáveis foi empregada para encontrar N, a espessura do arco, e Z, o braço de alavanca final. A solução de equilíbrio corresponde ao único par (N, Z) que resulta numa igualdade para a seqüência de equações apresentadas acima. Esta abordagem de relaxação foi considerada altamente instável e de difícil convergência por Diederichs e Kaiser (1999a). Felizmente, no entanto, pôde-se perceber pelo exame dos resultados desse processo que a solução de equilíbrio também corresponde à minimização de f_{max} , a tensão máxima nos apoios e no centro do vão.

Na abordagem adotada por Diederichs e Kaiser (1999a), N é variado em incrementos (ex. 0,01) sobre seu intervalo finito (0 a 1). Z é modificado de maneira iterativa e uma solução convergente é então obtida com uns poucos passos para cada valor de N. Para uma viga estável, com vão bem abaixo do limite crítico para as propriedades do maciço e geometria

dadas, uma solução real para Z é possível para todos os valores de N . O equilíbrio corresponde ao valor mínimo de f_{\max} . À medida que o vão crítico se aproxima, a porcentagem de valores de N que fornecem resultados reais para Z diminui, convergindo para um único par de solução (N, Z) no limite crítico absoluto. Finalmente, tomando Z e Z_0 (determinados usando o valor de equilíbrio de N), a deflexão, δ , no centro do vão é simplesmente $Z - Z_0$ (Diederichs e Kaiser, 1999a). O procedimento completo para a avaliação da estabilidade e determinação da deflexão de equilíbrio é resumido na Figura 2.15.

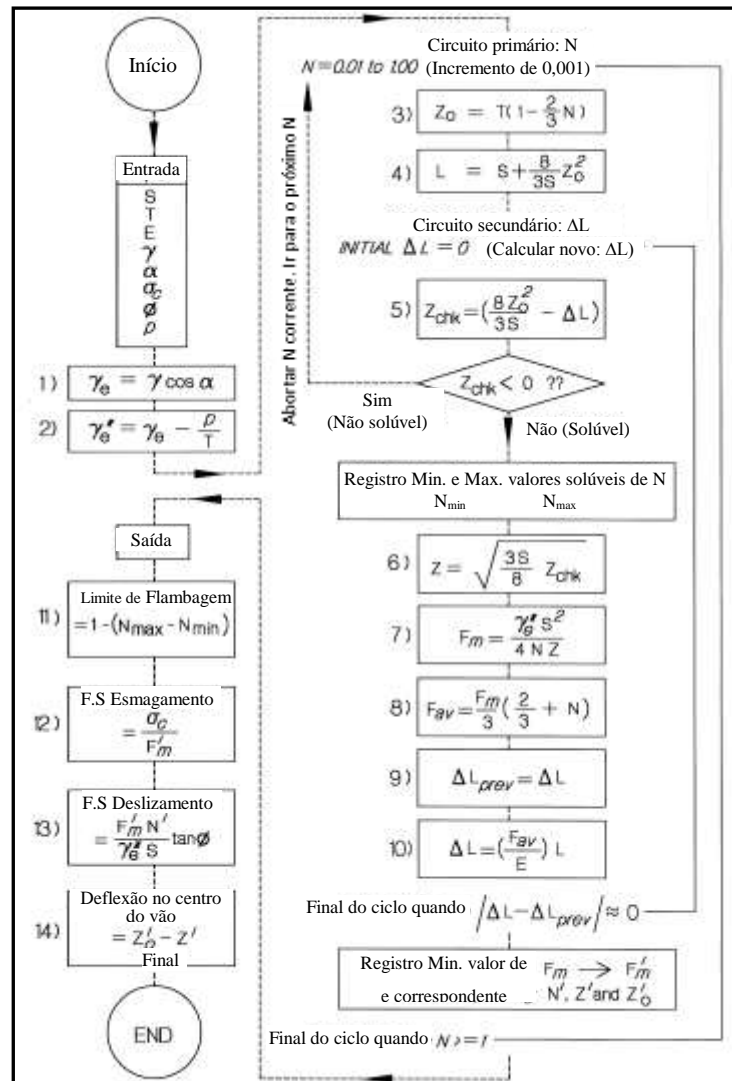


Figura 2.15 - Fluxograma de cálculo para avaliação da estabilidade e determinação da deflexão de equilíbrio da viga de voussoir (Diederichs e Kaiser, 1999a).

O fator de segurança com respeito ao esmagamento, ruptura compressiva (*crushing*) nos apoios e no centro do vão, é dado pela razão da resistência à compressão uniaxial (RCU) da rocha com a tensão compressiva máxima (f_{\max}) calculada no modelo:

$$F.S._{\text{esm}} = \text{RCU}/f_{\max} \quad (2.24)$$

O fator de segurança com respeito ao deslizamento ao longo de juntas nos apoios (cisalhamento), de uma viga sem suporte sob peso próprio, é dado por:

$$F.S._{\text{desl}} = (f_{\max}N/\gamma_e S)\tan\phi \quad (2.25)$$

Um limite numérico de flambagem, B.L., foi introduzido por Diederichs e Kaiser (1999a), que é a porcentagem de valores de N, dentro do intervalo de 0 a 1, para a qual uma solução (um valor real de Z) não pode ser obtida. A Figura 2.16 ilustra a diminuição na espessura do arco de equilíbrio normalizado, N, e o aumento no limite de flambagem, com o aumento da razão vão/espessura. O valor de N consistentemente cai abaixo de 0.5 à medida que a razão crítica vão/espessura se aproxima, alcançando um limite de 0.35 imediatamente antes do colapso (*snap-through*). O colapso e a razão vão/espessura crítica propostos por Evans (1941) e por Beer e Meek (1982) correspondem a um limite de flambagem, BL, de 100%. Em outras palavras, a estabilidade é impossível se não existe uma espessura de arco que fornece uma solução de equilíbrio (Diederichs e Kaiser, 1999a).

A fim de se obter um limiar razoável para o limite de flambagem, a relação entre o deslocamento no centro do vão, δ , e espessura, T, foi considerada. A Figura 2.17 ilustra os resultados para vigas de rigidez diferente. A razão deflexão/espessura é log-linear para vigas com grandes espessuras. À medida que a espessura é reduzida (ou o vão aumenta) a relação torna-se não linear e eventualmente torna-se indefinida no colapso. O colapso ocorre no limite de flambagem de 100%, correspondente a um deslocamento aproximadamente equivalente a 0.25T. O começo da não linearidade constantemente ocorre

num deslocamento aproximadamente equivalente a $0.1T$. Este ponto de “plastificação” também corresponde a um limite de flambagem, BL, de 35%.

O limiar de plastificação determinado na Figura 2.17 corresponde mais precisamente ao limite de deslocamento de aproximadamente $0.15T$ obtido por Mottahed e Ran (1995) por meio de modelo numérico. Além deste deslocamento, o modelo de viga fraturada utilizado na experimentação numérica de Mottahed e Ran (1995) começou a exibir características de instabilidade e o colapso se tornou iminente. Este limite foi independente do vão e do módulo (Diederichs e Kaiser, 1999a).

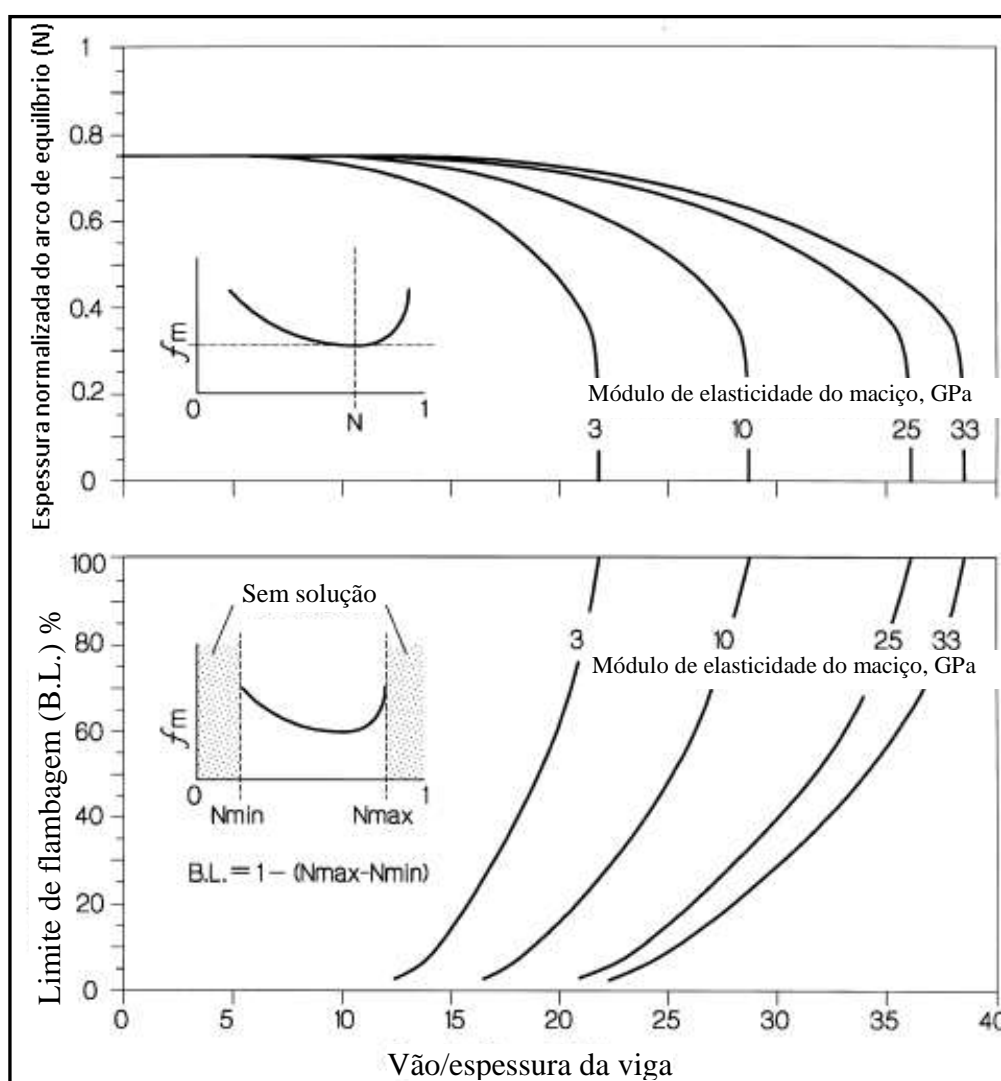


Figura 2.16- Variação de N e do limite de flambagem com a razão vão/espessura (modificada de Diederichs e Kaiser, 1999a).

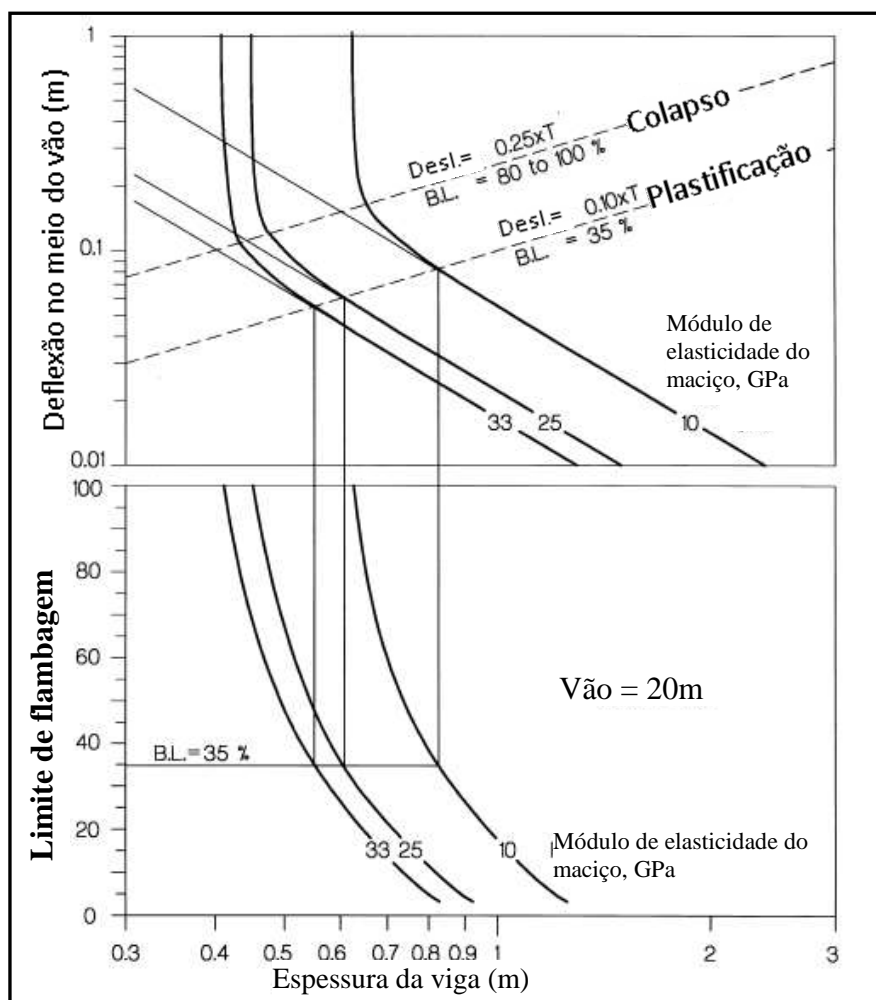


Figura 2.17- Exemplo de determinação do limite de plastificação, vão de 20m (modificada de Diederichs e Kaiser, 1999a).

A escolha do limite de flambagem afeta os valores calculados para o vão e a espessura crítica (no caso limite para a estabilidade da viga), como ilustrado pelo exemplo na Figura 2.17. Estes limites são obtidos incluindo a análise esboçada na Figura 2.15 dentro de um simples algoritmo iterativo de bisseção, para se obter o valor crítico de um parâmetro de entrada especificado, no caso a espessura, que fornece um valor de vão correspondente ao limite entre estabilidade e o colapso.

O limite de deslocamento de $0.1T$ (B.L.=35%) é um limite de plastificação e foi utilizado por Diederichs e Kaiser (1999a) devido à sua conveniência e por contemplar de modo

conservador as incertezas inerentes à abordagem. Este limite é importante para aplicações de monitoramento visto que é independente do vão e representa uma regra prática para determinar a magnitude aceitável de deslocamentos medidos. Deslocamentos menores do que 10% da espessura da camada efetiva (determinada utilizando uma microcâmara ou dados de mapeamento) podem ser seguramente avaliados estarem dentro do limite elástico da viga de voussoir, independente do módulo da rocha ou do vão efetivo (Diederichs e Kaiser, 1999a).

A Figura 2.18 indica o limite crítico para o colapso por *snap-through* da viga. Segundo Diederichs e Kaiser (1999a) tipicamente para vigas “finas” de rochas duras (rochas com significativa resistência à compressão uniaxial) o colapso ocorre por *snap-through* antes do que por esmagamento (Figura 2.19).

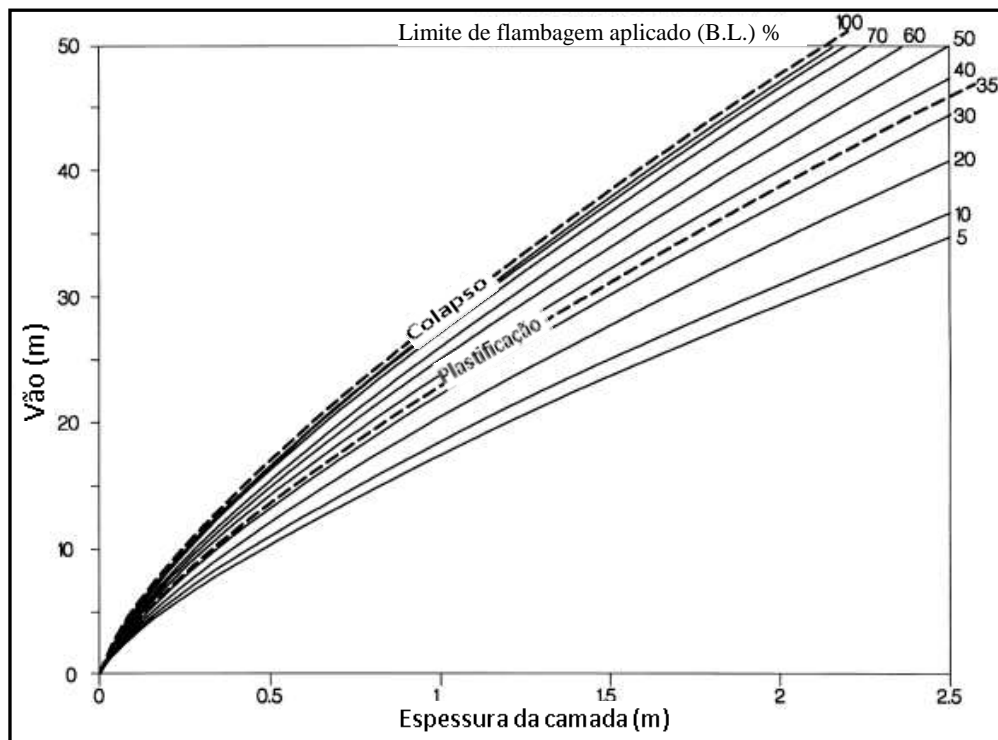


Figura 2.18- Efeito do limite de flambagem sobre a geometria da viga crítica, para ruptura por *snap-through* de uma viga horizontal; $E_m = 10\text{GPa}$, $\gamma = 0.03\text{MN/m}^3$ (modificada de Diederichs e Kaiser, 1999a).

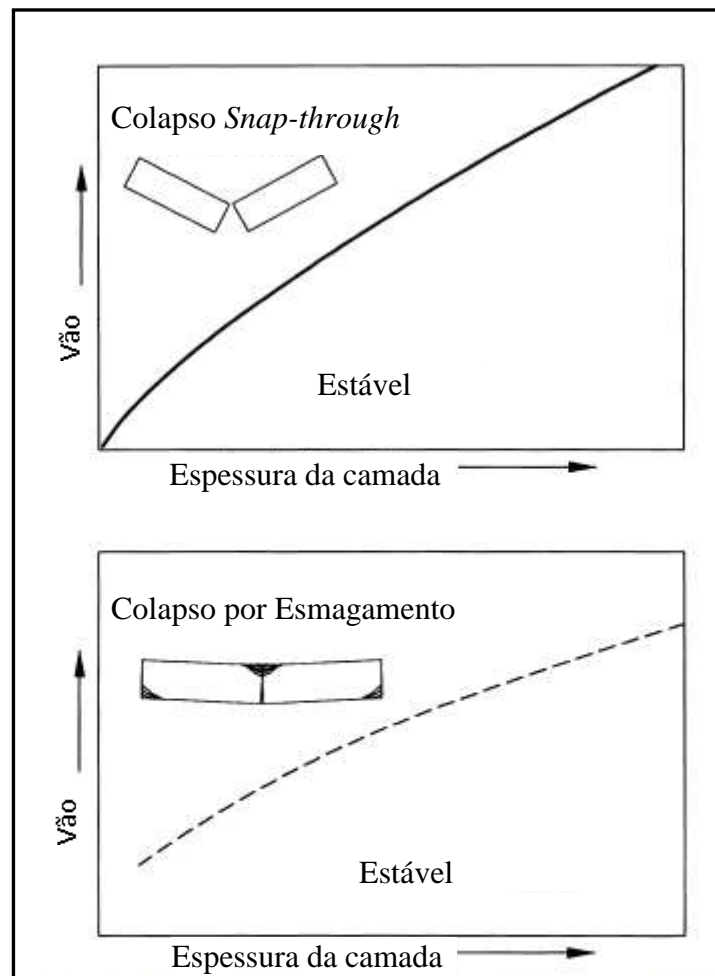


Figura 2.19- Limites críticos típicos para a estabilidade de vigas esbeltas; as escalas dos eixos são iguais para ambas as figuras (modificada de Diederichs e Kaiser, 1999a).

O resultado do trabalho realizado, aqui apresentado, desenvolvido principalmente por Diederichs e Kaiser (1999a), pode ser resumido em gráficos normalizados de estabilidade (ábacos) para a utilização no dimensionamento de aberturas subterrâneas. Dois exemplos destes gráficos podem ser visualizados nas Figuras 2.20 e 2.21.

Algumas limitações com respeito a estes ábacos foram sugeridas pelos autores:

- Estes ábacos podem ser utilizados com segurança em maciços laminados onde a espessura da laminação é conhecida e onde o módulo de elasticidade do maciço rochoso possa ser estimado com algum grau de confiança;

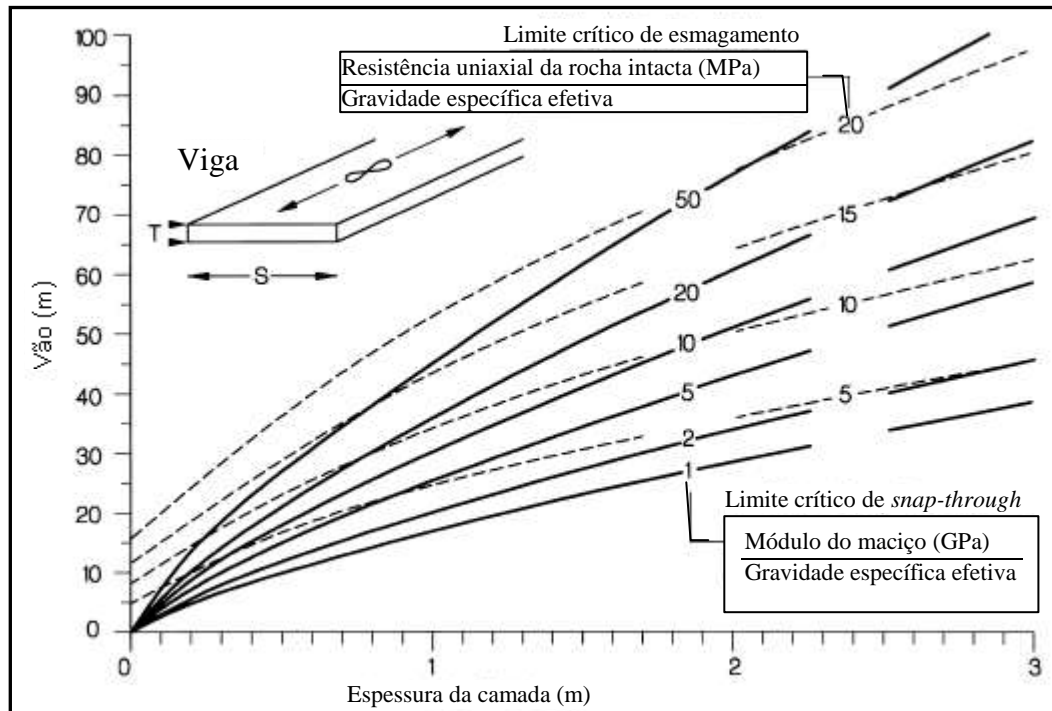


Figura 2.20- Gráfico de estabilidade para vigas de rocha fraturada. Gravidade específica, $S.G^*=S.G.\cos\alpha$ (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

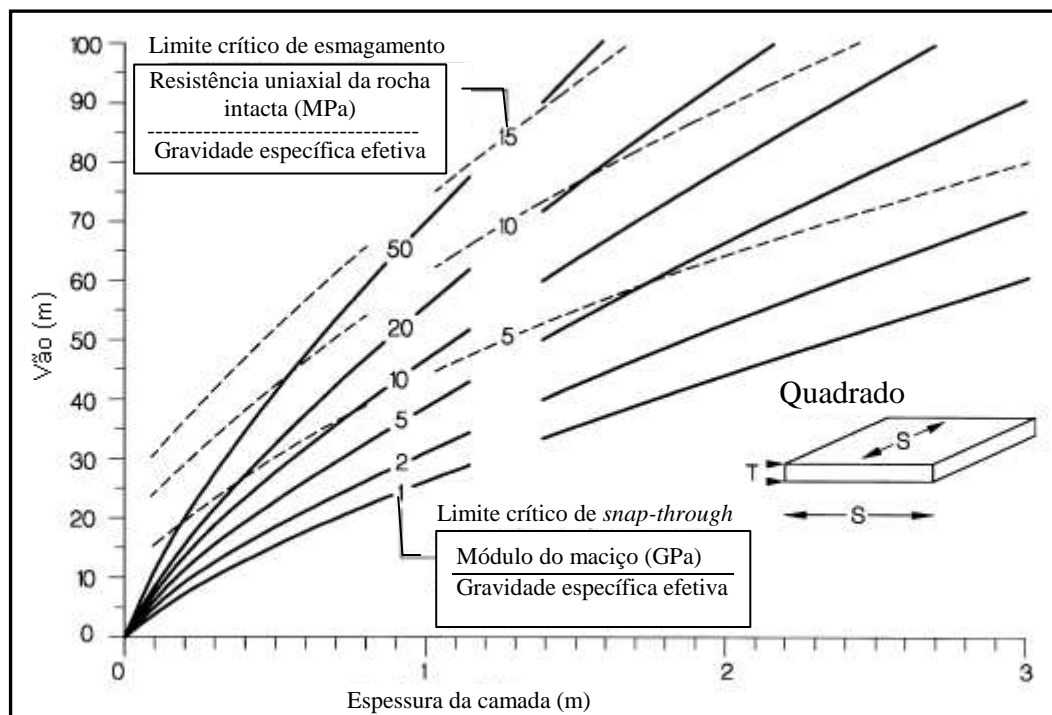


Figura 2.21- Gráfico de estabilidade para lajes de rocha fraturada com vãos quadrados. Gravidade específica, $S.G^*=S.G.\cos\alpha$ (modificado de Diederichs e Kaiser, 1999a).

- É imprudente confiar muito em um método formulado sobre hipóteses, para vãos muito grandes (>100m para vãos muito inclinados e > 60m para vãos horizontais), onde outras influências não consideradas governem a estabilidade. Qualidade de escavação é também assumida. Danos pelas detonações ou geometrias irregulares da superfície de escavação afetarão negativamente a estabilidade do teto;
- A suposição nestes ábacos é que as descontinuidades são rugosas o suficiente para prover boa resistência por atrito sob baixo a moderado confinamento (isto é, não são estriadas e nem possuem filmes de material com baixo atrito) e que as razões vão/espessura são maiores do que 10. Colapso por deslizamento ao longo de descontinuidades nos apoios ou dentro da viga não é considerado;
- É assumido que não há resistência por atrito ou coesão ao longo das interfaces entre as laminações. Isto representa o pior cenário já que tal resistência aumenta a estabilidade das vigas.
- Estes gráficos são somente válidos se descontinuidades de baixo ou médio ângulo, com relação à face da escavação, não estão presentes. Neste caso ou no caso de maciços finamente laminados, suporte é necessário para criar um viga reforçada. Assumindo um limite inferior do módulo do maciço rochoso, uma espessura reforçada pode ser estimada pelas figuras 2.20 e 2.21 que assegurará a estabilidade adequada. Um fator de segurança de 1,5 a 2 (utilizar metade do vão ou duas vezes a espessura) é adequado na maioria das situações (Hutchinson e Diederichs, 1996);
- Este método não é apropriado para maciços pobres com uma baixa categoria de RQD (<50) e mais do que três famílias de descontinuidades;
- Esta técnica é voltada para a previsão do início da instabilidade do teto. Assim, somente a primeira camada é considerada e não vigas compostas pelo empilhamento de várias camadas. Isto está baseado na suposição de que, controlando a estabilidade desta primeira viga todo o teto será estável;
- A influência da carga gravitacional paralela às laminações inclinadas é ignorada para se alcançar uma solução tratável. Isto conduz à conclusão aparentemente razoável que camadas inclinadas são significativamente mais estáveis do que camadas horizontais.

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA E OPERAÇÃO DA MINA CUIABÁ

Neste capítulo são apresentadas as características geológicas e geotécnicas da mina Cuiabá, além da descrição dos métodos de lavra e ciclo operacional, que são de fundamental importância para a formação da base de conhecimento necessária para o entendimento adequado do trabalho desenvolvido nesta dissertação.

3.1- CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

A caracterização geológica descrita a seguir possui como principal fonte de pesquisa os trabalhos de Vieira e Oliveira (1988), Vieira (1992) e Toledo (1997), além da dissertação de Barbosa (2008).

A mina de Cuiabá está localizada na porção noroeste do Quadrilátero Ferrífero e está encaixada em rochas metavulcânicas e metassedimentares da base do *greenstone belt* Rio das Velhas. A sua mineralização está associada, principalmente, a um único nível de formação ferrífera bandada (BIF) com sulfetos que está inserida em seqüência máfica, de idade arqueana, do Grupo Nova Lima, Supergrupo Rio das Velhas. Segundo Vieira e Oliveira (1988), os litotipos encontrados na mina estão correlacionados com as rochas das unidades inferior e média do Grupo Nova Lima.

As rochas máficas encaixantes das mineralizações auríferas estão largamente modificadas pela percolação de fluidos hidrotermais gerando zonas concêntricas denominadas de fora para dentro, por Vieira (1988), como zonas de cloritização, carbonatação e sericitização (Figura 3.1).

A estrutura geral da mina é condicionada por uma grande dobra tubular anticlinal com

flanco norte invertido, forma cônica e eixo inclinado para sudeste.

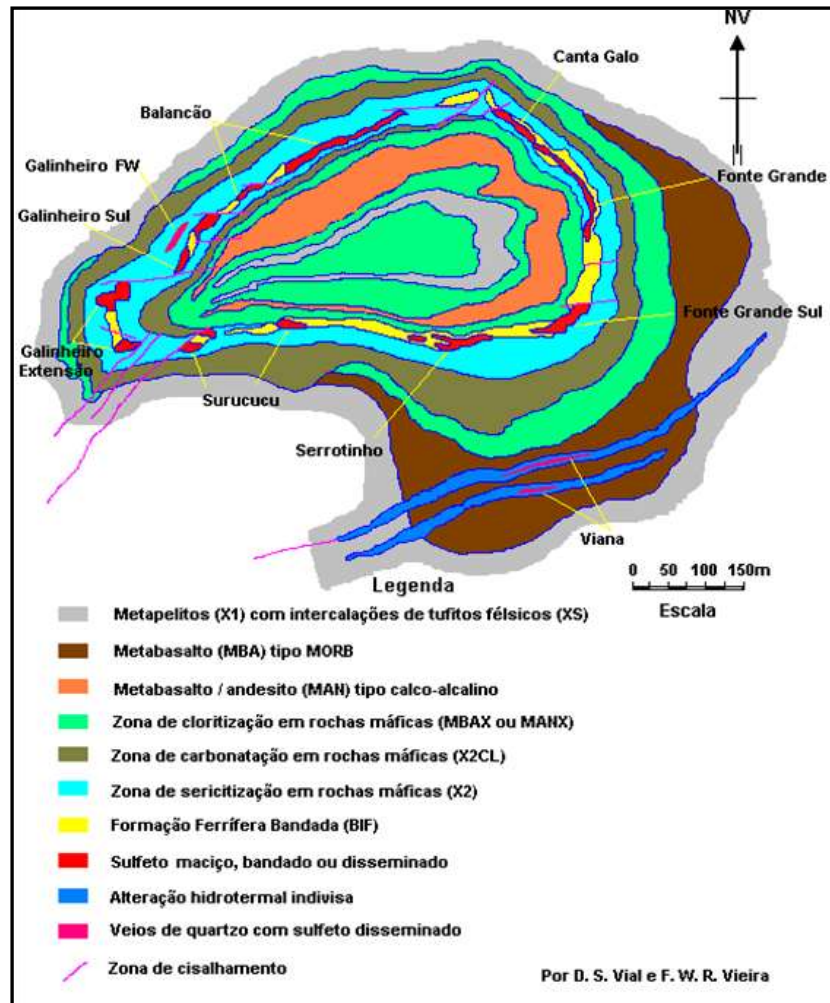


Figura 3.1- Mapa geológico da mina Cuiabá – nível 3 (simplificado de Vial, 1980, *apud* Vieira, 1988).

3.1.1- Litoestratigrafia

Segundo Toledo (1997), na mina Cuiabá são observadas duas seqüências distintas (Figura 3.2):

- A seqüência de base composta essencialmente por metabasaltos intercalados com níveis de metapelitos carbonosos e uma camada de formação ferrífera bandada;

- A sequência de topo constituída por metapelitos carbonosos com metagrauvacas compondo uma típica sequência turbidítica.

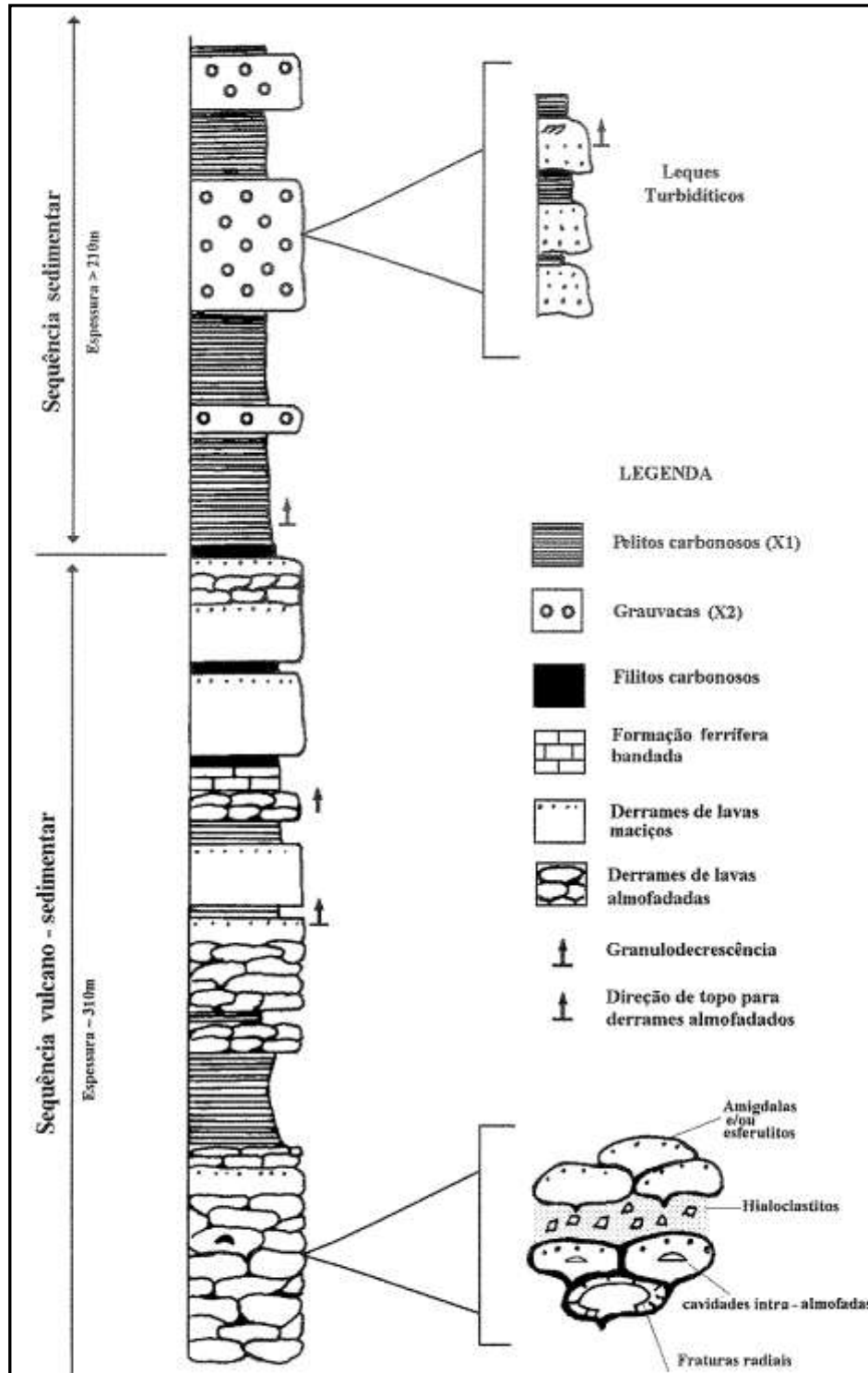


Figura 3.2- Coluna estratigráfica esquemática (Todelo, 1997).

A sequência de base é caracterizada pela presença dos litotipos descritos a seguir, da base para o topo:

Metabasalto / Metandesito (MAN)

Estratigraficamente abaixo da camada de BIF (no centro da dobra tubular), ocorrem metabasaltos comumente albitizados o que os torna similares a metandesitos. Os dados químicos (Vieira 1991a) indicam tratar-se de basaltos tipo TH2 de Condie (1981) similares aos basaltos calco-alcálicos. São rochas derivadas de derrames de basaltos maciços ou em *pillows* com variolitos.

Formação Ferrífera Bandada (BIF)

Ocorre em um único nível com espessura variando de centímetros a mais de 20 metros, tendo na base os basaltos sericitizados (X2), por vezes os metapelitos (X1) e no topo uma camada de filito grafitoso (FG). É caracterizada por um bandamento milimétrico ou centimétrico onde se alternam bandas de quartzo com bandas de ankerita, siderita e quartzo. As bandas carbonáticas apresentam freqüentemente coloração negra dada pela presença de material carbonoso.

Filito Grafitoso (FG)

Ocorre como lentes ou camadas descontínuas intercaladas nos metabasaltos. Merece menção especial uma camada contínua que capeia a formação ferrífera bandada, cuja espessura varia de poucos centímetros até 3m (Toledo, 1997). Os contatos com as encaixantes são abruptos. O termo grafita tem sido usado de modo genérico para caracterizar material carbonoso. Isótopos de carbono indicam origem sedimentar (Fortes *et al.* 1994 e Ribeiro-Rodrigues 1998).

Metabasalto (MBA)

São derrames de basaltos maciços ou em *pillows* com variolitos, ocorrendo estratigraficamente acima da BIF na parte externa da dobra tubular. Difere do metabasalto (MAN) por ser mais rico em ferro e titânio, caracterizado por Vieira (1991a) como tipo TH1 de Condie (1981) similares aos basaltos toleíticos tipo MORB (*Middle Ocean Ridge Basalt*). Em termos petrográficos o enriquecimento em ferro é dado pelo anfibólio (actinolita), pela clorita rica em ferro e pelo epidoto no lugar da clinozoisita.

A sequência de topo é caracterizada pela presença dos litotipos descritos a seguir, da base para o topo:

Clorita-quartzo-carbonato-sericita filito com matéria carbonosa (X1)

Este litotipo aparece como camadas ou lentes descontínuas intercaladas dentro da sequência de metabasaltos, ou como camadas contínuas alternadas com os plagioclásio-clorita-sericita-quartzo filitos (Xs). É constituído de filito de coloração cinza a negra com bandamento composicional e granulométrico caracterizado pela alternância de camadas quartzo carbonáticas, brancas, com camadas sericito-carbonosas, negras ou cinzas, (Toledo, 1997).

Plagioclásio-clorita-sericita-carbonato-quartzo filito (Xs)

Este litotipo ocorre como camadas alternadas com camadas de metassedimentos carbonosos (X1), compondo a sequência metassedimentar da mina. Os contatos entre estas camadas podem ser abruptos ou gradacionais, sendo este último marcado pela diminuição de granulometria e aumento de material pelítico e carbonoso em direção aos metassedimentos carbonosos (Toledo, 1997).

3.1.2- Produto da deformação e alteração hidrotermal dos metabasaltos

A deformação que afetou a área, bem como a passagem de fluidos hidrotermais com diferentes composições químicas e afinidades, modificaram a estrutura e a composição

original dos metabasaltos descritos anteriormente. Observa-se intensa variação de coloração, que está intimamente relacionada com transformações mineralógicas. Geralmente, na parte mais externa da zona de cisalhamento o metabasalto apresenta aspecto foliado e cor verde escura marcada pelo aumento na quantidade de clorita. Gradualmente a cor vai mudando para verde amarronzado e bege em direção ao centro, devido ao aumento na quantidade de carbonato e sericita. Esta variação composicional em direção ao centro das zonas de cisalhamento foi interpretada por Vieira (1991a, 1991b e 1992) como zonas de cloritização, carbonatação e sericitização relacionadas à atividade hidrotermal *sin*-tectônica (Toledo, 1997). A transformação ocasionada pela deformação e o hidrotermalismo modificaram os metabasaltos formando rochas diferentes correspondentes a cada zona de alteração:

- 1) Na **zona de cloritização** o cisalhamento obliterou parcialmente as feições originais dos metabasaltos, gerando uma foliação milonítica espaçada, caracterizada pela alternância de camadas de clorita e/ou tremolita/actinolita com camadas de plagioclásio e/ou epidoto, quartzo e carbonatos (Toledo, 1997). As modificações que ocorreram nesta zona foram responsáveis pela formação de xistos com clorita, plagioclásio, quartzo e calcita, denominados como MANX e MBAX, respectivamente relacionados às modificações dos metandesitos e metabasaltos.
- 2) A passagem da zona de cloritização para a **zona da carbonatação** é marcada pela intensificação da deformação. A rocha é caracterizada pela presença de foliação tectônica espaçada, com aspecto anastomosado, formando xistos com ankerita, quartzo, clorita e sericita. Em termos de composição mineralógica, a passagem da zona de cloritização para a zona de carbonatação é caracterizada pelo aparecimento de sericita e aumento significativo no percentual de carbonatos (Toledo, 1997).
- 3) Na **zona de sericitização** os minerais predominantes são sericita, carbonatos, quartzo e sulfetos. A granulometria da rocha diminui em função da intensa recristalização dinâmica do quartzo e dos carbonatos. Nesta zona observa-se quantidade expressiva de veios e vênulas quartzo-carbonáticas concordantes com a foliação milonítica

(Toledo, 1997). As rochas alteradas por esta zona são denominadas na mina por X2.

3.1.3- Descontinuidades geológicas

As descontinuidades geológicas influenciam diretamente na qualidade geotécnica do maciço rochoso, o que as torna importante objeto de estudo para a adequada caracterização do material onde as escavações são realizadas.

Por meio do estudo estatístico das descontinuidades identificadas na mina, realizado por Toledo (1997), foram discriminadas três principais famílias de fraturas e três foliações, sendo duas foliações quase que paralelas, em níveis variados na mina.

Estudos mais recentes realizados pela equipe da mina e citados por Barbosa (2008), onde os trabalhos foram concentrados no corpo Fonte Grande Sul, identificaram famílias semelhantes de foliação, mas com apenas 2 sistemas de fraturas principais.

Na tabela 3.1 são apresentados os resultados das principais descontinuidades identificadas pela equipe da mina e apresentados por Barbosa (2008). Estes resultados são referentes a 295 medidas estruturais coletadas essencialmente no corpo Fonte Grande Sul, principalmente entre os níveis 9 e 11, mesmo corpo objeto de estudo desta dissertação.

Tabela 3.1- Caracterização das descontinuidades estruturais no corpo Fonte Grande Sul (modificada de Barbosa, 2008).

Família de descontinuidades	Ângulo de mergulho	Sentido do ângulo de mergulho	Identificação
S0/S1	37°	153°	Acamamento/Foliação S1
S2	31°	142°	Foliação S2 principal
S3	84°	011°	Foliação S3
F1	61°	295° - 324°	Fratura
F2	82°	049° - 229°	Fratura

É importante salientar que nem todas as descontinuidades apresentadas na tabela anterior estão, necessariamente, presentes no corpo Fonte Grande Sul, nível 10.2, objeto de estudo da dissertação.

3.2- CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

A caracterização geotécnica, realizada pela identificação de parâmetros coletados na mina e em ensaios de laboratório, talvez seja a fase mais importante de qualquer atividade geotécnica, pois são por meio dos tratamentos dos dados identificados, que todo o estudo geotécnico é baseado. A seguir são apresentados os resultados da classificação geomecânica, dos ensaios de laboratório dos variados litotipos presentes na mina, além dos resultados derivados da medição de tensão *in situ*.

3.2.1- Classificação geomecânica

Neste item são apresentados os resultados das classificações geomecânicas elaboradas por Barbosa (2008) nos corpos Fonte Grande Sul e Serrotinho, entre os níveis 9 e 11. Estas classificações foram realizadas segundo a metodologia do sistema Q (*Rock Tunneling Quality Index*), do sistema RMR (*Rock Mass Rating*) e do sistema GSI (*Geological Strength Index*), todas amplamente utilizadas e difundidas no ambiente técnico/acadêmico.

Na tabela 3.2 pode-se visualizar os resultados obtidos pela classificação geomecânica utilizando Q e RMR, realizada entre os níveis 9 e 11, dos corpos Fonte Grande Sul (FGS) e Serrotinho, além do parâmetro RQD (*Rock Quality Designation*). A classificação geomecânica foi realizada para o *hanging wall* (capa), minério (formação ferrífera bandada com sulfeto) e *foot wall* (lapa). O *hanging wall* é constituído por filito grafitoso e/ou por sericita xisto (X2) e o *foot wall* é caracterizado pela presença de xisto proveniente da alteração hidrotermal do metandesito (MANX) e/ou pelo metabasalto (MBAX).

O resultado da classificação geomecânica utilizando GSI pode ser visualizado na figura 3.3, elaborada por Barbosa (2008), com a distinção dos principais litotipos.

Tabela 3.2- Classificação do maciço rochoso nos corpos FGS e Serrotinho entre os níveis 9 e 11 (modificada de Barbosa, 2008).

Localização	RQD	RMR	Q
<i>Hanging Wall</i> (capa)	60 – 95	46 – 65	1,96 – 21,6
Minério	95 – 100	68 – 82	6,7 – 40,0
<i>Foot Wall</i> (lapa)	75 - 100	55 – 81	5,6 – 13,1

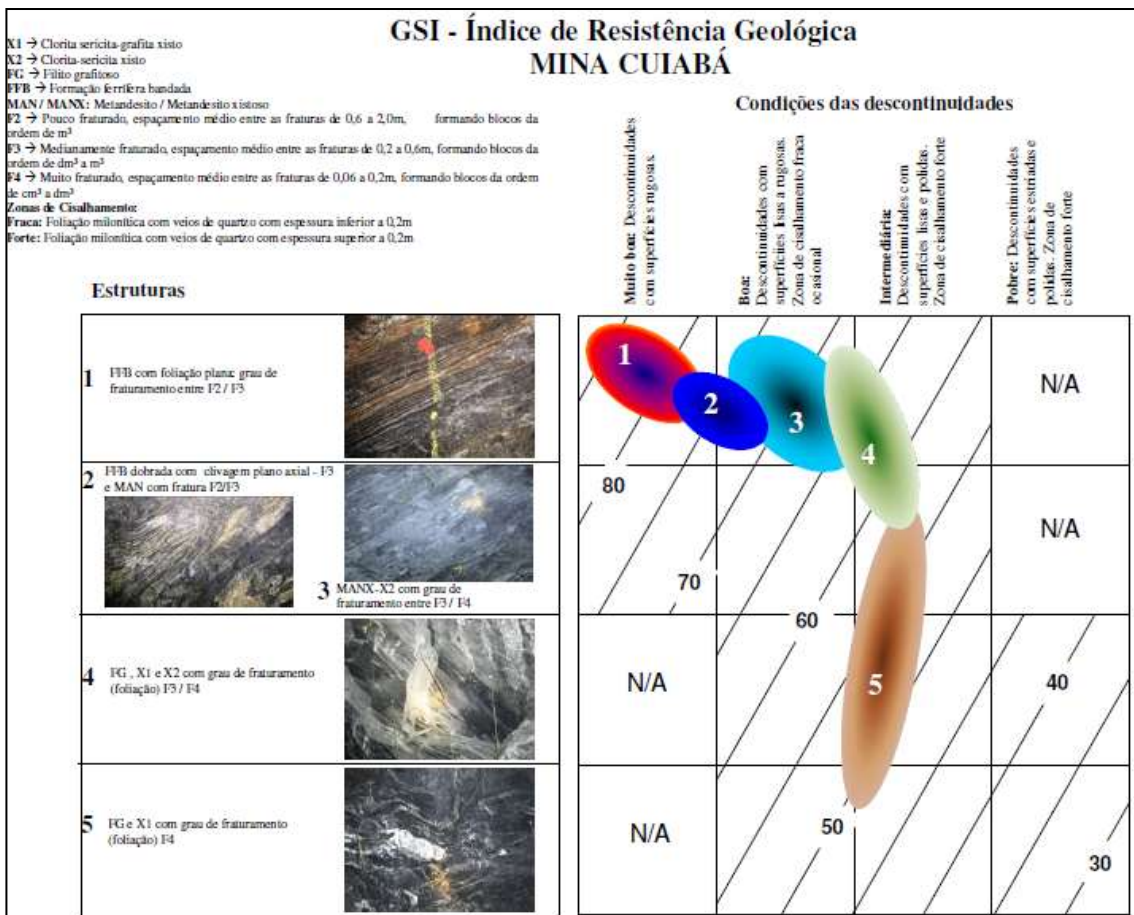


Figura 3.3- Classificação pelo índice de resistência geológica (GSI) para o maciço da mina Cuiabá (Barbosa, 2008).

Por meio da análise dos dados apresentados anteriormente, é possível identificar que o maciço rochoso formado por filito grafitoso, clorita-quartzo-carbonato-sericita filito com

matéria carbonosa (X1) e sericita xisto (X2), localizados no *hanging wall* dos corpos FGS e Serrotinho, possui características geomecânicas menos favoráveis à estabilidade das escavações.

3.2.2- Ensaios de rocha intacta

Durante a operação da mina foram realizados muitos ensaios em laboratório dos variados litotipos encontrados na área. Os resultados dos testes de compressão uniaxial, referentes a 130 ensaios, apresentados em grupos de rochas com resultados de resistência semelhantes, podem ser visualizados na tabela 3.3.

Tabela 3.3- Resultados dos ensaios de resistência à compressão uniaxial dos litotipos presentes na mina.

Grupos Litológicos	Número de Amostras	Resistência à Compressão Uniaxial – RCU (MPa)		
		Mínimo	Média	Máximo
X1	30	6	58	111
XS	8	75	96	116
FG	9	12	63	149
X2, X2CL e MANX/MAN	52	36	66	141
BIF/minério	31	107	193	268

Na tabela 3.4, os últimos resultados referentes às propriedades elásticas das principais litologias, correspondentes a 29 amostras, podem ser visualizados. O módulo de elasticidade foi obtido por carga e descarga. Devido à grande dispersão de resultados, com muitos valores diferentes dos citados em bibliografias para as respectivas litologias, e a incerteza da qualidade dos ensaios, os valores obtidos de testes realizados anteriormente a 2008 não são apresentados.

Tabela 3.4- Propriedades elásticas de diferentes litotipos em Cuiabá.

Litologia	Número de amostras	Coefficiente de Poisson ν	Módulo de Elasticidade E (GPa)
Minério – Formação ferrífera com sulfeto	3	0,13 - 0,18	65 - 96
Filito Grafítico - FG	8	0,13 - 0,25	12 - 51
Sericita xisto – X2	11	0,15 – 0,26	39 - 78
Metandesito xistoso - MANX	7	0,16-0,23	47 – 62

Existe significativa variação dos resultados obtidos dos ensaios principalmente nos xistos e filito grafítico. Esta dispersão pode ter sido ocasionada pela presença de vênulas, geralmente quartzosas, que em algumas amostras preenchem a xistosidade/foliação, além da relação angular variada entre a força axial, no momento do teste, e a orientação da descontinuidade predominante.

3.2.3- Ensaio de tensão *in situ*

No ano de 2004 foram realizados 3 ensaios de tensão *in situ* com a aplicação da técnica de sobrefuração (*overcoring*), utilizando células triaxiais da CSIR (*Council for Scientific and Industrial Research*), para cada um dos dois furos executados em dois níveis distintos.

Os ensaios foram realizados em furos executados nos níveis 12 e 14, respectivamente referentes a cerca de 800 e 900m abaixo da superfície. No nível 12 os ensaios foram realizados no filito X1/XS e no nível 14 na formação ferrífera bandada (BIF). Os resultados referentes a cada nível podem ser visualizados na tabela 3.5. Os resultados indicam uma divergência entre as magnitudes, sentido e inclinação das tensões principais. Segundo Coetzer e Sellers (2004) estas divergências foram causadas, principalmente, pela anisotropia das rochas ocasionada pelos planos de xistosidade e bandamento.

Tabela 3.5- Resultados do ensaio de tensão in situ para diferentes níveis e litotipos, segundo Coetzer e Sellers (2004).

Litologia	E (GPa)	ν	SIGMA 1			SIGMA 2			SIGMA 3		
			Tensão (MPa)	Direção	Inclinação	Tensão (MPa)	Direção	Inclinação	Tensão (MPa)	Direção	Inclinação
XI/XS	60	0,25	24,4	188	60	22,46	40	26	10,84	304	14
BIF	99	0,25	80,7	311,5	3,5	38,15	41,5	8,5	25,76	198,5	81,5

O melhores resultados sugeridos por Coetzer e Sellers (2004) são os correspondentes aos testes realizados na formação ferrífera bandada, no nível 14.

A direção e inclinação da tensão principal σ_1 é correspondente com as estruturas geológicas identificadas na mina, como vergências de dobras, falhas de empurrão e estrias de falha. Outra evidência importante da orientação desta tensão é observada na piora das condições geomecânicas das escavações quando estas estão próximas da perpendicularidade com a direção encontrada para a máxima tensão (Figuras 3.4 e 3.5).

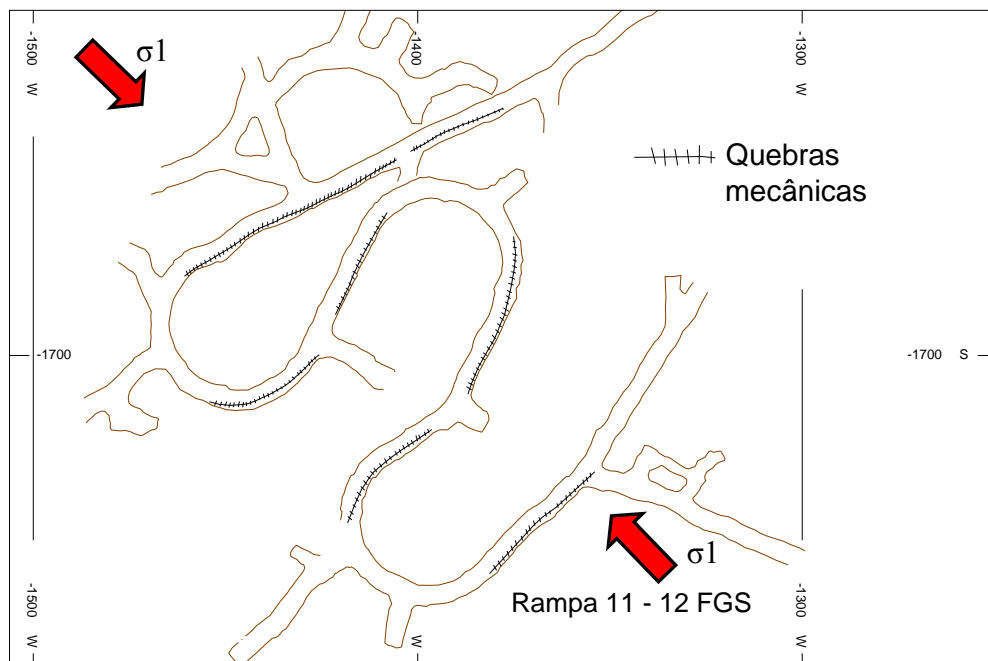


Figura 3.4- Visualização de quebras mecânicas em direção predominante, perpendicular à tensão principal maior, na rampa entre níveis 11 e 12.

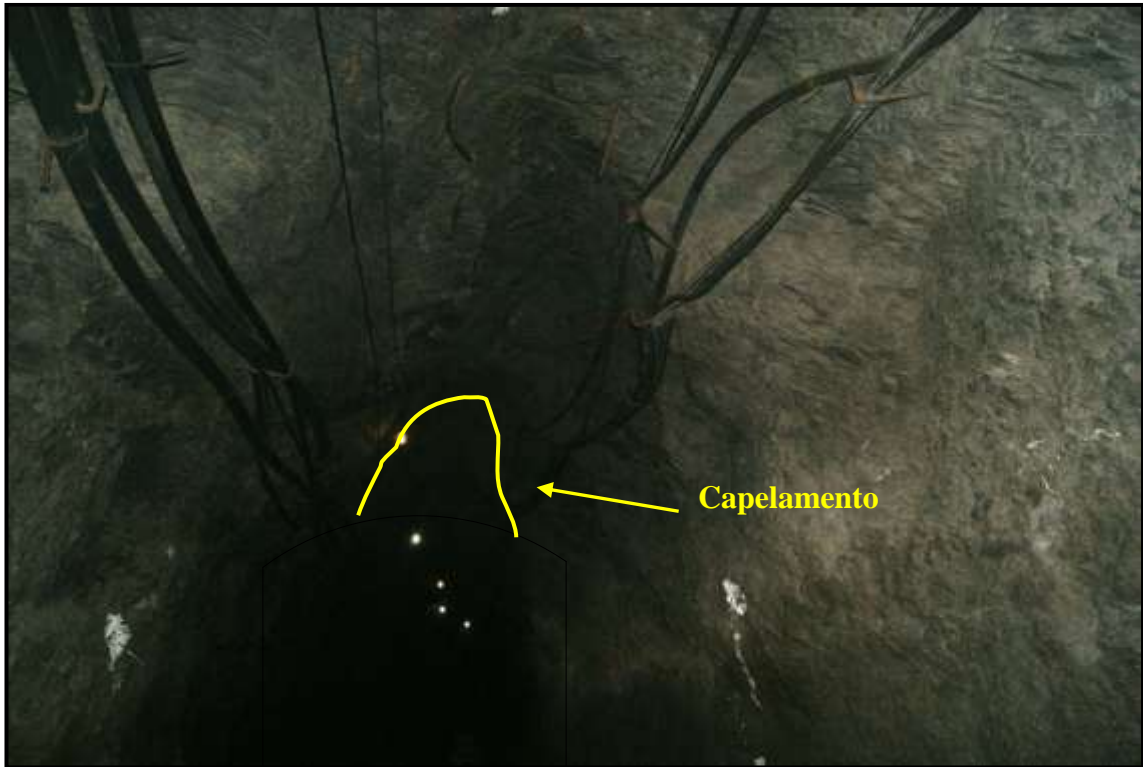


Figura 3.5- Visualização de capelamento originado de quebras mecânicas em rampa, entre nível 12 e 13, com direção perpendicular à σ_1 e indicação de $k > 1$.

Quebras por tensão (*breakout*) nas parte inferiores e superiores de furos (*raises*) de ventilação com inclinação de cerca de 45°, também, são indicadores importantes que o k (relação entre a tensão horizontal e vertical) é maior do que 1 (Figura 3.6).

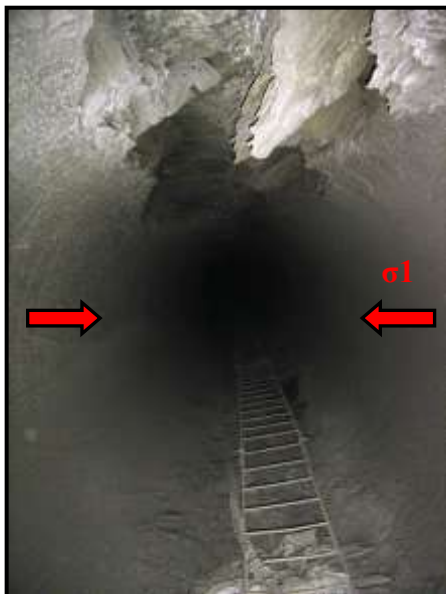


Figura 3.6- Quebras por tensão em furo de ventilação, com cerca de 2m de diâmetro, no realce 13.1 Fonte Grande Sul. Indicação de $k > 1$.

3.3- OPERAÇÃO DA MINA CUIABÁ

A lavra na mina Cuiabá atualmente ocorre entre os níveis 8 e 15.1. Nos níveis acima a lavra é realizada nos corpos Balancão e Galinheiro e nos níveis mais profundos a lavra é realizada nos corpos Fonte Grande Sul e Serrotinho. O nível 15.1 é referente a cerca de 950m abaixo da superfície, considerando a cota de superfície da entrada do poço (1019m em relação ao nível do mar). Atualmente as escavações de desenvolvimento estão localizadas a mais de 1000m abaixo da superfície.

Existem dois acessos à mina a partir da superfície, por meio de poço e rampa. O acesso pelo poço é realizado até o nível 11, 767m abaixo da superfície, e o acesso por rampa é realizado por escavação localizada na encosta do vale do ribeirão Sabará, referente ao nível 3.

A lavra é realizada pelo método de corte e aterro com painéis que variam de 66m de altura vertical, principalmente acima do nível 9, 44m entre os níveis 9 e 11 para o corpo Fonte Grande Sul, e 33m abaixo do nível 11. Os painéis referentes ao corpo Serrotinho possuem altura vertical de 66m previstos até o nível 14. Uma seção longitudinal esquemática com a configuração geral da mina pode ser visualizada na figura 3.7.

Os painéis são divididos por pilares horizontais, *sill pillars*, com dimensões variando de 2 a 8m na vertical, dependendo da profundidade, geometria do corpo e características geomecânicas do maciço rochoso (Figura 3.8). Um pilar ao longo do mergulho do corpo, *rib pillar*, é modelado entre os corpos Fonte Grande Sul e Serrotinho e entre Balancão e Galinheiro. Este pilar possui cerca de 8m comprimento, a mesma espessura do minério e a altura do painel.

Um painel típico do realce Fonte Grande Sul possui comprimento com cerca de 350m, altura vertical variando de 66 e 33m e inclinação de cerca de 30°.

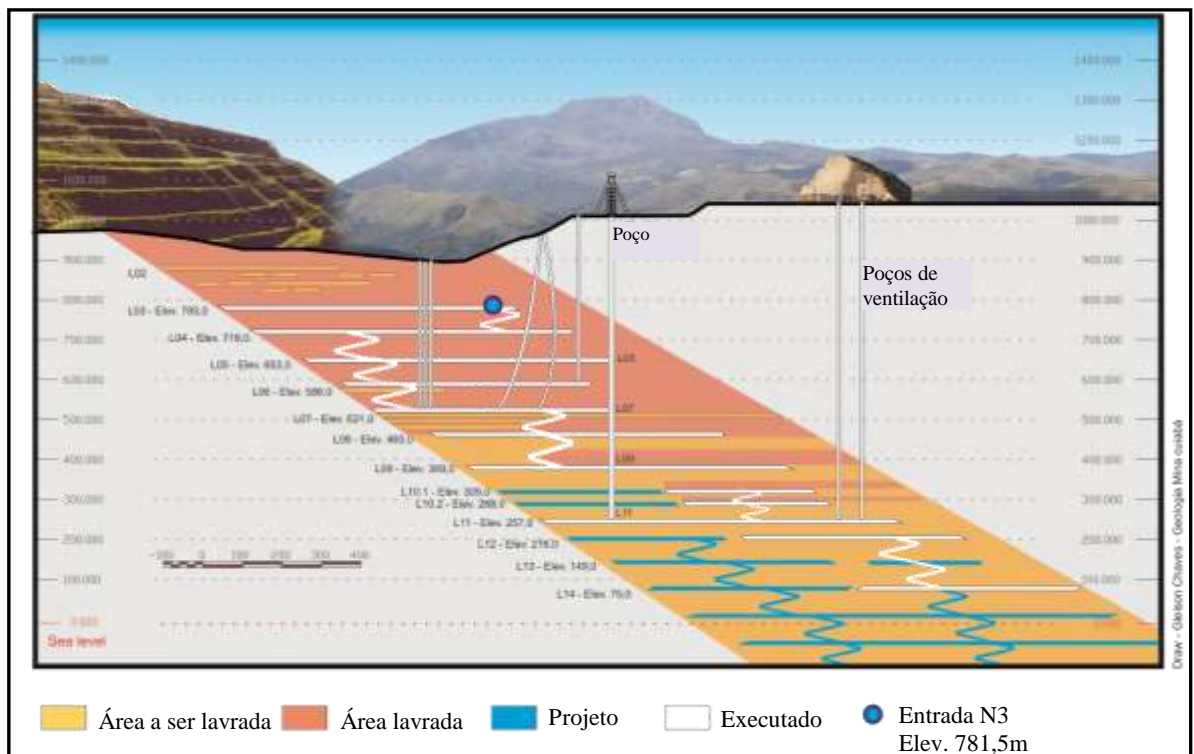


Figura 3.7- Seção longitudinal esquemática da mina Cuiabá até o nível 14.

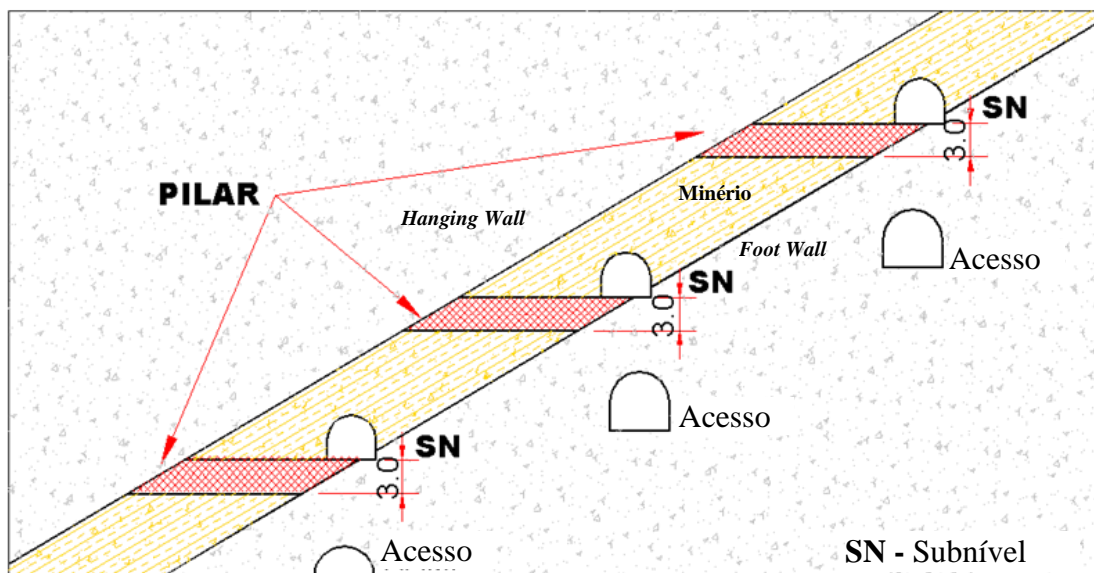


Figura 3.8- Perfil esquemático com painéis e pilares horizontais (*sill pillar*).

O enchimento é realizado de forma mecânica, com material proveniente do desenvolvimento de galerias em rocha estéril, e hidráulica, com o rejeito gerado pelo

beneficiamento do minério (*backfill*). Atualmente a proporção de aterro é de cerca de 45% de enchimento mecânico e 55% de enchimento com *backfill*.

O ciclo operacional gerado pelo método de lavra de corte e aterro, na mina, pode ser visualizado na figura 3.9, onde todos os processos são listados em correta ordem de operação.

Em todos os realces são utilizados cabos de aço com malha regular de 1,5 x 1,5m². A exceção do realce 8 Balancão que são utilizados cabos de aço com comprimento de 6m, em todos os demais são utilizados cabos com 9,6m de comprimento. A utilização de cabos de aço é necessária devido às propriedades do maciço rochoso do *hanging wall* e das dimensões da escavação.

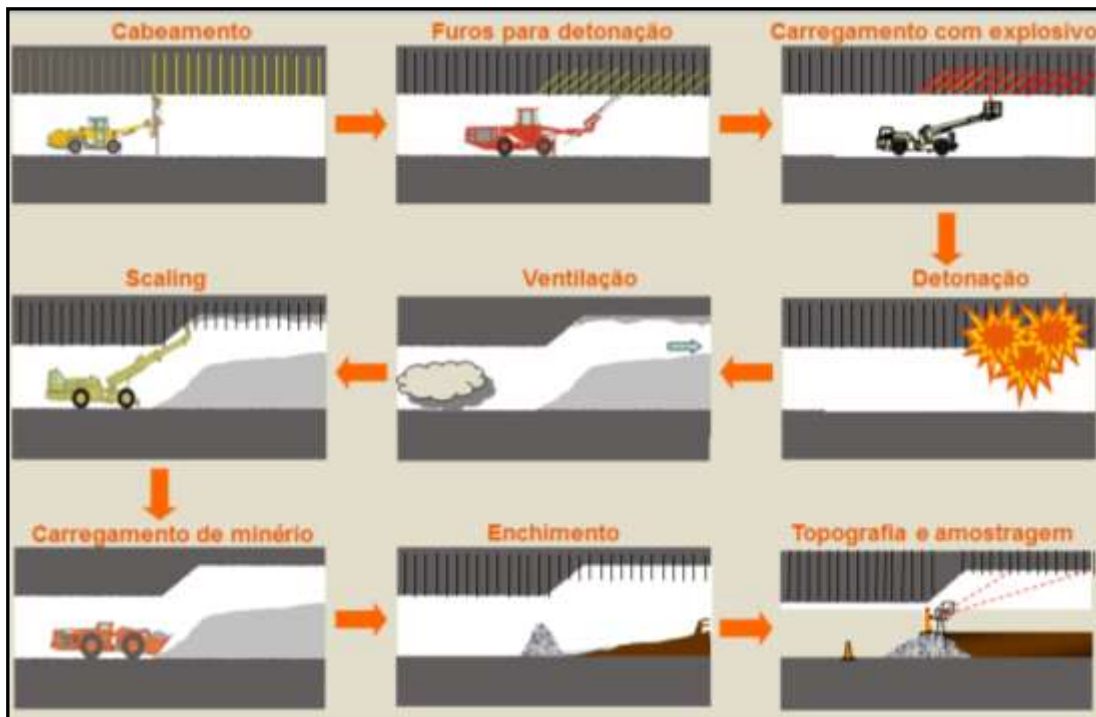


Figura 3.9- Ciclo operacional da lavra na mina Cuiabá.

CAPÍTULO 4

UTILIZAÇÃO DE EXTENSÔMETROS E TELEVISIONAMENTO DE FUROS PARA ESTUDO DE ESTABILIDADE DO HANGING WALL – REALCE 10.2 FONTE GRANDE SUL

Neste capítulo será descrito um estudo de caso no realce 10.2 FGS, bloco 7, do qual a coleta e interpretação adequada dos dados obtidos pelos extensômetros e televisionamento de furos localizados no *hanging wall*, permitiram identificar indícios de instabilidade em tempo hábil, propiciando, assim, que medidas de recuperação fossem aplicadas de maneira a estabilizar o maciço rochoso.

Para uma melhor compreensão de todos os mecanismos envolvidos neste estudo, uma caracterização do local é apresentada, englobando localização, caracterização geométrica do painel de lavra, além das características geológico-geotécnicas.

Após a descrição do estudo de caso, com a interpretação dos dados obtidos, principalmente, pelo televisionamento de furos, foi possível definir as espessuras das vigas, originadas pela separação, quebras e cisalhamentos dos planos de xistosidade localizadas no *hanging wall* da área de estudo. Com a caracterização geomecânica do *hanging wall*, a geometria da escavação do local de estudo e o conhecimento das espessuras das vigas, foi possível avaliar a aplicabilidade do método de voussoir, modificado por Diederichs e Kaiser (1999a), para o estudo de estabilidade do *hanging wall* xistoso da mina Cuiabá.

4.1- LOCALIZAÇÃO

O realce 10.2 Fonte Grande Sul (FGS) está localizado no nível 10.2 do corpo de minério Fonte Grande Sul. O piso do início do realce está na cota, em relação ao nível do mar, 327 e o piso final na cota 352, localizado, respectivamente, a cerca de 692m e 667m abaixo da superfície (Figura 4.1).

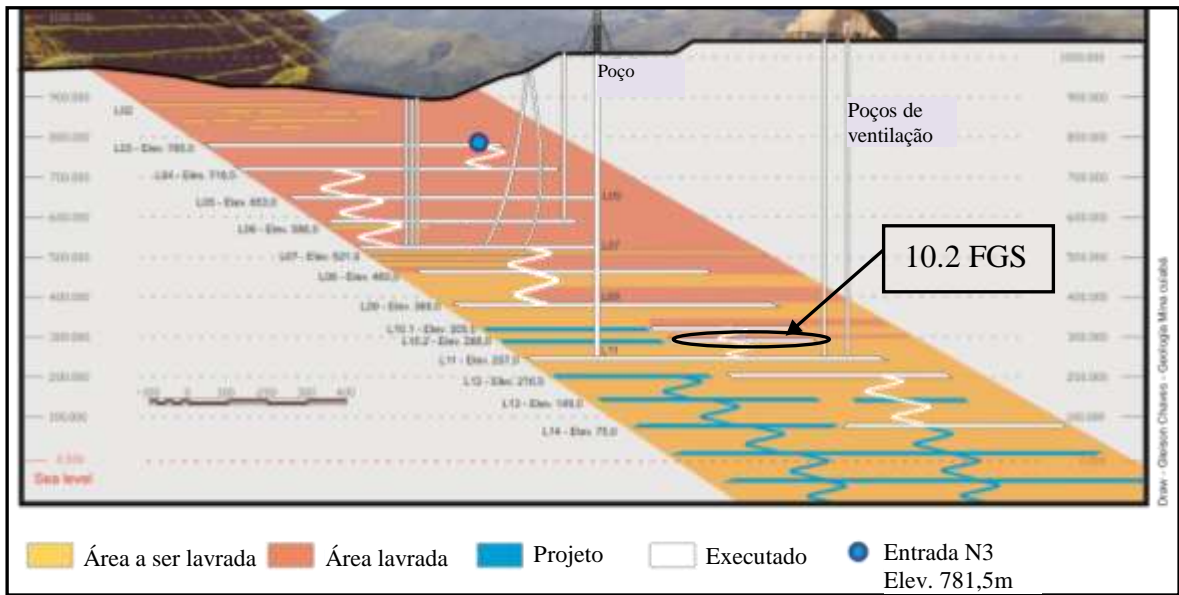


Figura 4.1- Seção vertical com localização do realce 10.2 Fonte Grande Sul.

4.2- CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

4.2.1- Geometria do realce

O realce 10.2 Fonte Grande Sul possui altura vertical de painel de cerca de 35m, 460m de comprimento e com mergulho predominante das camadas, e de lavra, de 30° (Figura 4.2 e 4.3). O método de lavra aplicado é de corte e aterro, sendo o aterro constituído por intercalações irregulares de estéril rochoso, proveniente dos trabalhos do desenvolvimento, e *backfill*, proveniente do rejeito gerado do beneficiamento do minério.

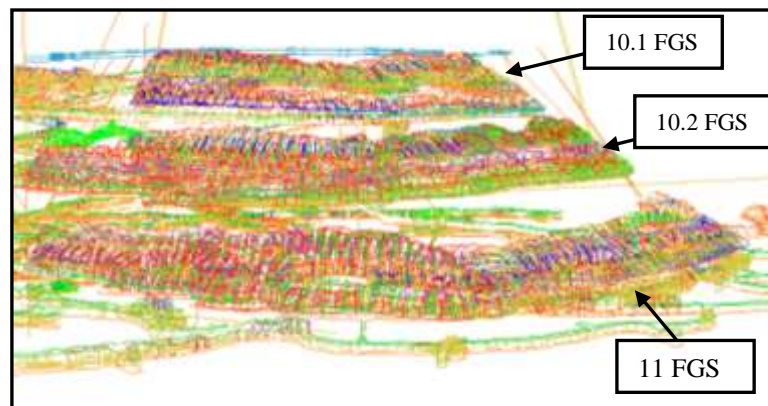


Figura 4.2- Visualização da geometria do painel do realce 10.2 FGS.

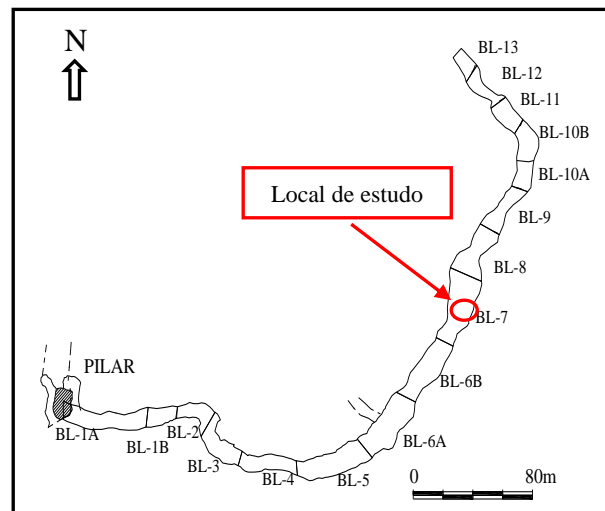


Figura 4.3- Visualização em planta do realce 10.2 FGS com localização do bloco 7.

4.2.2- Caracterização geológica-geotécnica

O corpo mineralizado Fonte Grande Sul está localizado no flanco normal da grande dobra tubular, descrita no capítulo 3, que delimita o arcabouço geológico-estrutural da mina.

Nos corpos localizados no flanco normal, em geral, a geologia é constituída, da base para o topo, de meta-basaltos e meta-andesitos xistosos, compondo o *foot wall*; formação ferrífera bandada com sulfetos, definindo o minério (no bloco 7 com espessura entre 7 e 8m); uma camada de filito grafitoso (FG) e sericita xisto (X2), ambos formando o *hanging wall*. Um mapa litológico simplificado e um corte vertical, ao longo do bloco 7, pode ser visualizado na figura 4.4.

Foram identificadas duas famílias principais de descontinuidades, no realce em estudo. Uma família é definida pela xistosidade S1 e S2, que são praticamente paralelas e formam a estrutura mais importante da mina; a outra família é definida por descontinuidades com mesma direção da xistosidade, mas com diferença de sentido de mergulho de praticamente 180°. Um grupo de descontinuidades, relacionado ao último evento de deformação, também foi identificado localmente. Este grupo não foi considerado como uma família devido a sua identificação ter ocorrido apenas em alguns locais. No bloco 7, apenas as descontinuidades

referentes às principais famílias foram identificadas. Um gráfico de projeção de polos das atitudes das discontinuidades identificadas no realce 10.2 FGS pode ser visualizado na figura 4.5.

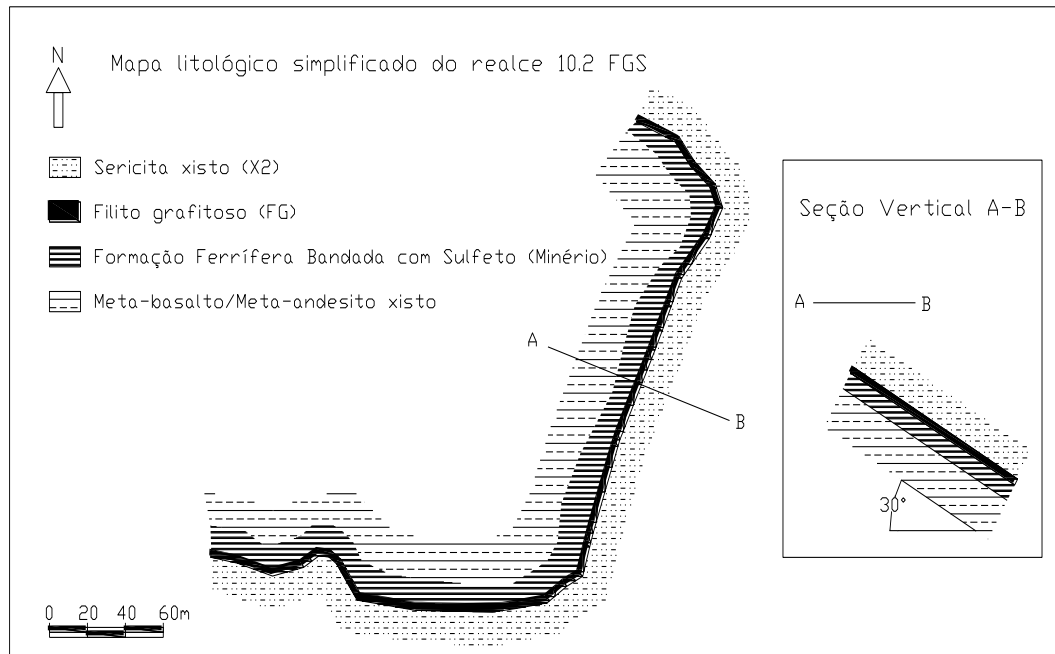


Figura 4.4- Mapa litológico simplificado do realce 10.2 FGS e seção vertical ao longo do bloco 7.

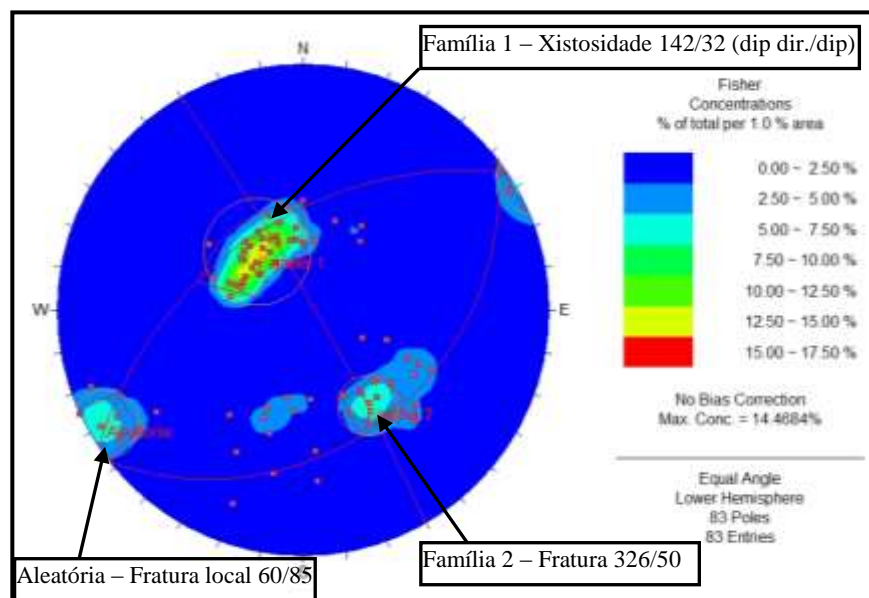


Figura 4.5- Gráfico de projeção estereográfica com densidade dos polos das atitudes de discontinuidades, identificadas no realce 10.2 FGS, com definição das principais famílias.

Foi realizada a classificação geomecânica do *hanging wall* para o realce 10.2 FGS utilizando a classificação RMR - *Rock Mass Rating* - (Bieniawski, 1989) e Q – *Rock Tunneling Quality Index* - (Barton *et al.*, 1974). O mapa pode ser visualizado na figura 4.6.

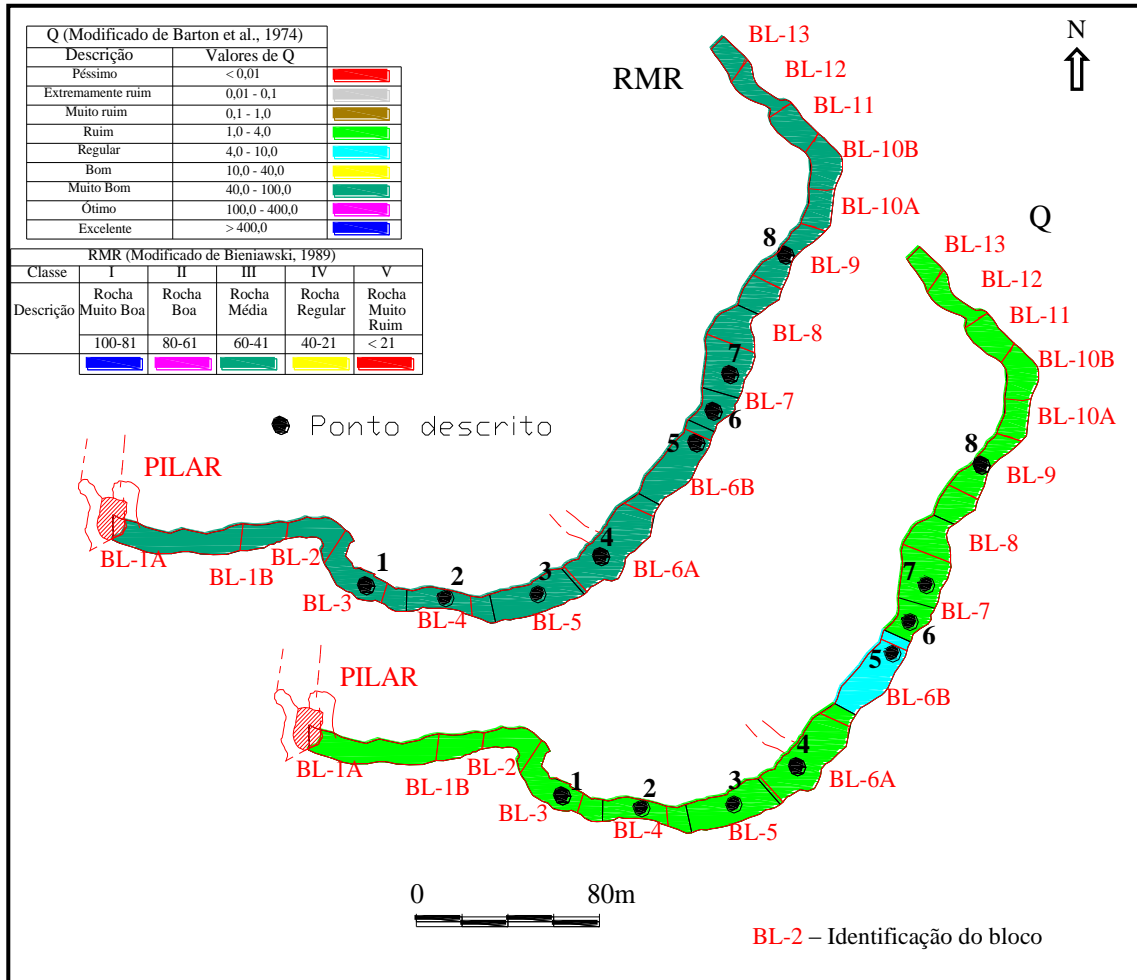


Figura 4.6- Mapa de classificação geomecânica do *hanging wall* do realce 10.2 FGS.

Pela figura acima apresentada, pode-se notar que não existe muita variação da qualidade do maciço rochoso ao longo do *hanging wall*. Todo o maciço rochoso, referente ao *hanging wall* do realce, foi definido pelo sistema RMR como maciço rochoso médio, com pontuação obtida entre 60 e 41. Pelo sistema Q todo o *hanging wall*, com exceção do ponto 5, foi classificado em maciço rochoso ruim, com pontuação entre 1 e 4. Um resumo das pontuações obtidas para as classificações realizadas pode ser visualizado na tabela 4.1. Os parâmetros detalhados podem ser visualizados no anexo 1.

Tabela 4.1- Resultado das classificações geomecânicas realizadas no maciço rochoso do *hanging wall* no realce 10.2 FGS.

Local	Tipo litológico	Descontinuidades/m	Espaçamento médio (m)	RQD	Resistência a compressão uniaxial	Bieniawski, 1989 - RMR						Sistema Q				
						Resistência	RQD	Espaçamento descontinuidades	Padrão das descontinuidades	Ação da água	Correção por direção das descontinuidades	Valor RMR	a	b	c	Q
Ponto 1	Filito grafitoso	6,0	0,17	88	63	7	17	8	16	15	-10	53	14,63	0,5	0,20	1,46
Ponto 2	Filito grafitoso	8,0	0,13	81	63	7	17	8	11	15	-10	48	13,48	1,0	0,20	2,70
Ponto 3	Filito grafitoso	8,0	0,13	81	63	7	17	8	11	15	-10	48	13,48	1,0	0,20	2,70
Ponto 4	Filito grafitoso	7,0	0,14	84	63	7	17	8	10	15	-10	47	21,10	0,5	0,20	2,11
Ponto 5	Sericita xisto (X2)	4,0	0,25	94	66	7	20	10	15	15	-10	57	31,28	1,5	0,20	9,38
Ponto 6	Filito grafitoso	4,0	0,25	94	63	7	20	10	13	15	-10	55	15,64	1,0	0,20	3,13
Ponto 7	Filito grafitoso	5	0,20	91	63	7	20	8	13	15	-10	53	15,16	1,0	0,20	3,03
Ponto 8	Sericita xisto (X2)	8	0,13	81	66	7	17	8	11	15	-10	48	13,48	1,0	0,20	2,70

A caracterização da rocha do *hanging wall* em laboratório foi realizada por ensaios uniaxiais, dos quais os resultados estão apresentados na tabela 3.3 e 3.4, no capítulo 3. Na tabela 4.2 podemos visualizar as informações, novamente, obtidas dos ensaios uniaxiais, relativas às rochas que constituem o *hanging wall*.

Como explicado no item 3.2.2, relativo aos ensaios de rocha intacta, devido à grande dispersão de dados, aos resultados muito diferentes aos citados na literatura para as mesmas rochas, e às incertezas na qualidade dos ensaios, os resultados das propriedades elásticas apresentadas contemplam os ensaios realizados após 2008 para o *hanging wall*.

Tabela 4.2- Resultado de ensaios de compressão uniaxial de amostras do *hanging wall*.

PROPRIEDADE DE RESISTÊNCIA					PROPRIEDADES DE ELASTICIDADE		
Litologia	Número de Amostras	Resistência à Compressão Uniaxial – RCU (MPa)			Número de amostras	Poisson (ν)	Módulo de Elasticidade E (GPa)
		Mínimo	Média	Máximo			
FG	9	12	63	149	8	0,13-0,25	12-51
X2, X2CL, MANX e MAN	52	36	66	141	11 (somente para X2)	0,15-0,26	39-78

4.2.3- Caracterização dos suportes utilizados

Os suportes utilizados para reforço do maciço rochoso no realce 10.2 FGS são constituídos por cabos de aço, com sete tranças, com resistência axial à ruptura entre 25 e 27tf. O comprimento dos cabos é 9,6m e a malha de espaçamento entre cabos é de 1,5m (Figura 4.7). Devido à inclinação do minério, e consequentemente da escavação, cerca de 30°, os cabos de aço, utilizados para contenção, são instalados apenas no *hanging wall*. Em alguns locais, definidos pela equipe de mecânica das rochas, os cabos de aço recebem chapas e clavetes, como pode ser visualizado na figura 4.7. Na tabela 4.3 podem ser visualizadas as principais informações relativas ao cabo de aço utilizado como suporte na mina.

Atualmente testes de capacidade de suporte são realizados para cerca de 1% de todos os cabos instalados na mina. Mensalmente são instalados entre 20000 e 25000m de cabos de aço de contenção nas galerias de produção da mina.



Figura 4.7- Visualização do realce 10.2 FGS, blocos 5 e 6A, com destaque para os cabos de aço utilizados como contenção e as chapas e clavetes.

Tabela 4.3- Especificações do cabo de aço com 7 tranças, com 15,2mm de diâmetro, utilizados como suporte na mina Cuiabá (modificado de Hutchinson e Diederichs, 1996).

Especificação (AS 1311 - 1987, ASTM A416-80)	Valores*
Carga de ruptura mínima (kN)	250
Alongamento : Mín. (Tração)	3,5% tração - ruptura
Módulo elástico Aproxim. (GPa)	195 - 200 **

* Todos os testes devem ter um mínimo de 600mm de extensão livre entre os prendedores terminais.

** A rigidez e o módulo mostrados são de cabo não rotativo, em relação à área nominal. Quando se permite rotação livre (destorcimento), a rigidez inicial será reduzida em até 25 % (Costello *et al.*, 1976).

4.3- TELEVISIONAMENTO DE FUROS – ESCALA VISUAL DE QUEBRAS/CISALHAMENTOS

Quando o televisionamento de furos foi iniciado na mina Cuiabá, foi identificada a necessidade de classificar as quebras e cisalhamentos visualizados. Após muitos televisionamentos com identificação de quebras e cisalhamentos, uma escala visual foi criada (Figura 4.8). Esta escala visual de quebras e cisalhamentos permite, de forma simples, a distinção entre magnitudes diferentes das quebras e cisalhamentos identificados pelo televisionamento. Atualmente todas as quebras e cisalhamentos identificados pelos televisionamentos de furos, realizados no maciço rochoso da mina, são classificados por esta escala visual.

O televisionamento de furos no maciço rochoso do *hanging wall*, ao longo da evolução da lavra, possibilitou o conhecimento do cisalhamento intenso que ocorre entre a xistosidade, principalmente, quando os furos estão mais afastados da face do minério.






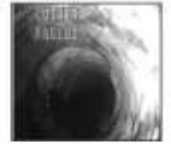
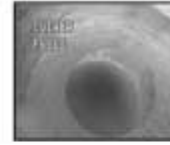
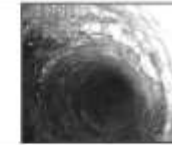

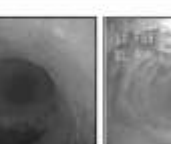
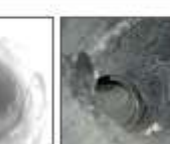
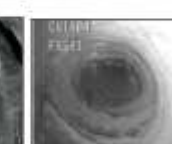
CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS	ESCALA VISUAL DE CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE QUEBRA/CISALHAMENTO DE FUROS TELEVISIONADOS			
Tipo 1 Início de cisalhamento, <1cm, pequenas quebras locais.				
Tipo 2 Cisalhamento entre 1 e 2cm. Rocha com quebras consideráveis.				
Tipo 3 Cisalhamento intenso, >2cm, região de quebra intensa, fechamento quase que total do furo.				

Figura 4.8- Escala visual de quebra/cisalhamento utilizado no televisionamento de furos na mina Cuiabá.

4.4- UTILIZAÇÃO DE EXTENSÔMETROS E TELEVISIONAMENTO DE FUROS PARA ESTUDO DE ESTABILIDADE DO *HANGING WALL* NO REALCE

10.2 FGS – ESTUDO DE CASO

A caracterização do local de estudo, realizada anteriormente, possibilitou o conhecimento geométrico da escavação, sua localização, identificação das características geológico-geotécnicas, além do conhecimento do suporte utilizado no maciço rochoso. Foi também apresentado, no item anterior, como é realizada a classificação de quebras e cisalhamentos identificados pelo televisionamento de furos, da qual o entendimento prévio é necessário para a compreensão adequada do trabalho aqui apresentado. A seguir será apresentado um estudo de caso demonstrando como o monitoramento com extensômetros e televisionamento de furos pode ser mecanismo importante de identificação, em tempo hábil, de regiões instáveis no *hanging wall*.

4.4.1- Evolução da investigação e das intervenções

Para o entendimento mais adequado do estudo de caso, é preciso conhecer a cronologia dos fatos ocorridos no local de estudo, desde a identificação dos indícios de instabilidade até a reabilitação da área com medidas mitigadoras. A evolução da investigação e das intervenções realizadas está listada a seguir:

- 15/11/2007 – instalação de um SMART cabo (9.5m de comprimento) e um extensômetro MPBX-*Multi Point Borehole Extensometer* (15m de comprimento), distante cerca de 2m um do outro (ao longo da direção da camada), no *hanging wall* do bloco 7. Neste momento, a altura vertical do painel de lavra era cerca de 15,5m. A geometria do realce pode ser visualizada na figura 4.9.
- 05/12/2007 – significativo deslocamento foi registrado (2,8 - 2,5cm, próximo da face do *hanging wall*) após a detonação para produção neste local. O comportamento dos deslocamentos registrados pelo SMART cabo e MPBX foi semelhante (Figura 4.10).

O gráfico de força do SMART *cab*le, relativo ao carregamento da força entre os nódulos de medição, detectou um pico de força de cerca de 21tf (Figura 4.11), após a detonação, entre os nódulos localizados a 2 e 3,5m no interior do *hanging wall* (medidos a partir da face). Considerando que a resistência axial máxima do cabo de aço é de 25tf, tinha-se um fator de segurança, nesta área, de cerca de 1,19.

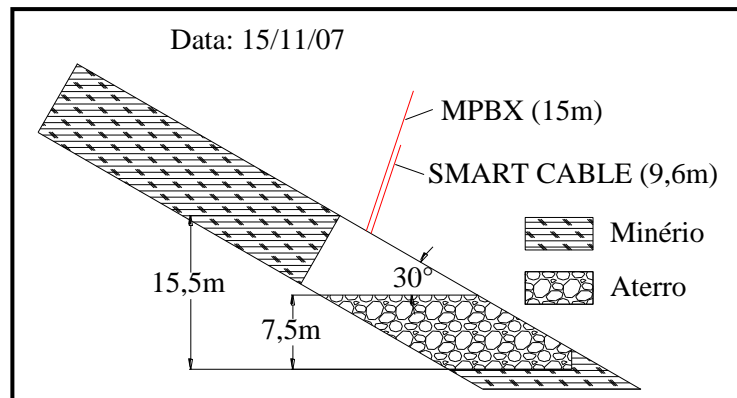


Figura 4.9- Seção vertical ao longo do bloco 7, do realce 10.2 FGS, com localização do extensômetro MPBX e do SMART *cab*le.

A identificação de deslocamento abrupto após a detonação é comum nos extensômetros instalados na mina. Este deslocamento é esperado após a retirada de cerca de 3m de minério a partir da face, ao longo do mergulho do corpo, após a detonação (Figura 4.12). Há uma acomodação do maciço rochoso do *hanging wall*, para adaptação ao novo cenário de geometria da escavação, após detonação.

Pôde-se constatar por meio da interpretação de muitos resultados de extensômetros instalados no *hanging wall*, ao longo do tempo, que o maior deslocamento, geralmente detectado entre a face e 2m para dentro do *hanging wall*, após a detonação, é de cerca de 1,5cm para áreas que não indicam problemas de estabilidade. Assim, o primeiro indício de instabilidade, detectado neste local, foi identificado devido à magnitude dos deslocamentos referentes aos nódulos próximos à face do *hanging wall*.

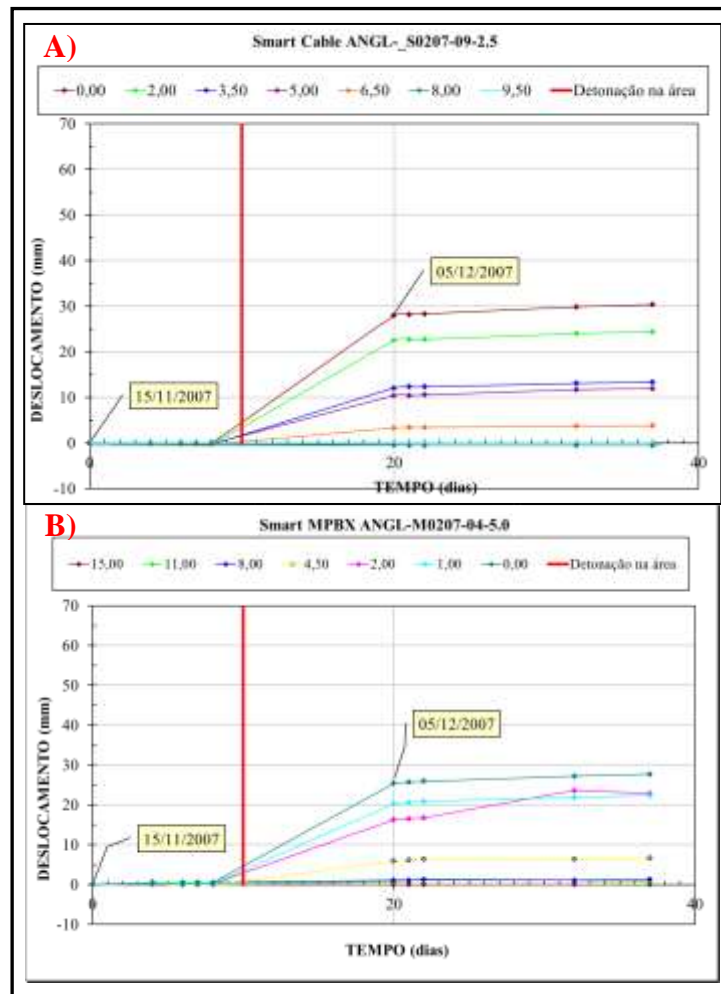


Figura 4.10- Gráfico de deslocamento dos nódulos de medição do (A) SMART cabo e (B) MPBX.

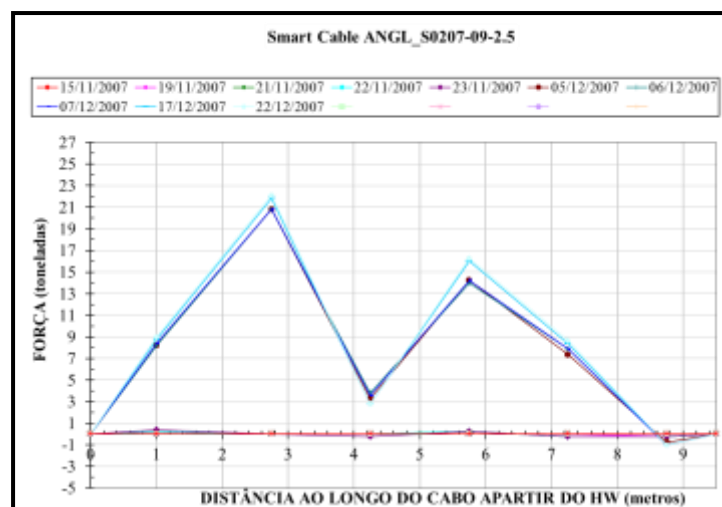


Figura 4.11- Gráfico de força do SMART cabo.

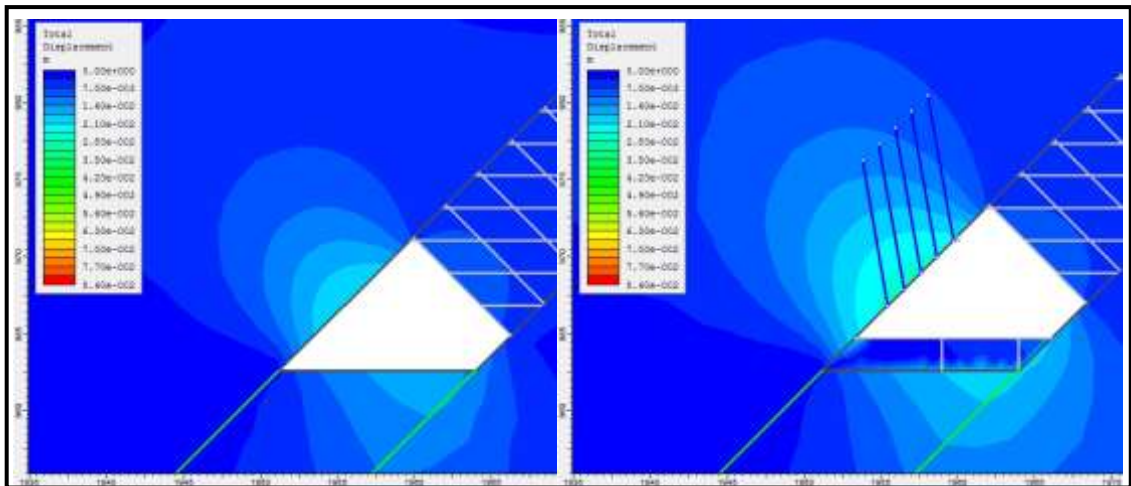


Figura 4.12- Exemplo de variação de deslocamento *no hanging wall* após detonação com avanço, ao longo do mergulho do corpo, de 3m (modelamento realizado no programa Phase2 para outra área de lavra em situação distinta do local de estudo).

- 29/01/2008 – investigação com micro-câmera permitiu registrar imagens por meio de televisionamento de furo realizado na parede do HW. O furo inspecionado tinha 15.5m de comprimento e estava praticamente perpendicular à xistosidade (70° de inclinação com relação à horizontal). Foram identificados cisalhamentos nível 1 localizados a cerca de 7.0, 1.1, 0.5 e 0.05m, medidos a partir da face do HW (Figura 4.13). As imagens em maior tamanho podem ser visualizadas no anexo 2.

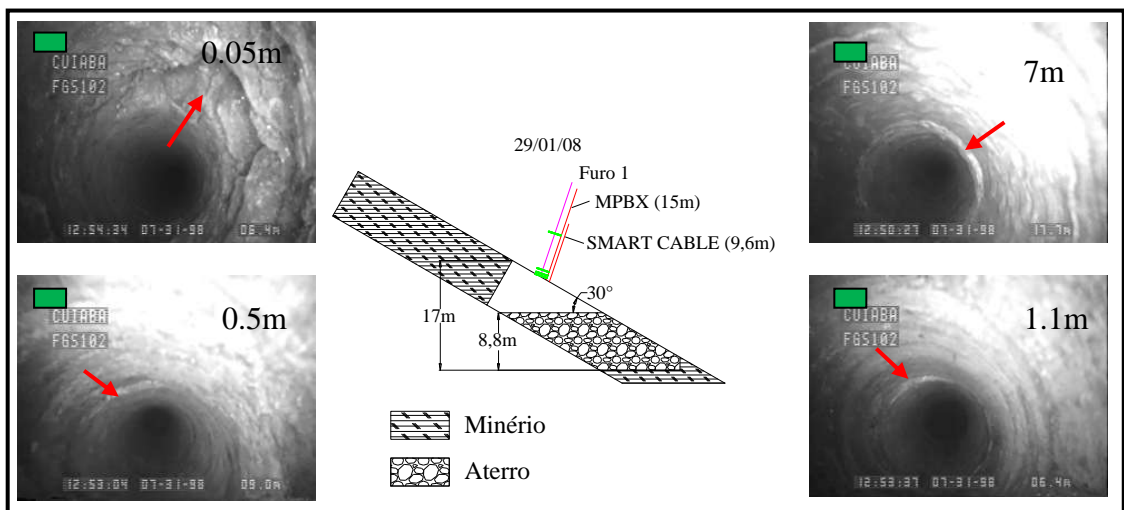


Figura 4.13- Seção com quebras e cisalhamentos identificados em filmagem do furo 1.

É importante ressaltar que o furo 1, destinado à filmagens (ver figura 4.13), foi executado antes da detonação, assim, muito provavelmente as quebras e cisalhamentos identificados foram gerados pelo deslocamento proporcionado pela detonação.

- 07/02/2008 - outro importante deslocamento foi registrado pelo SMART cabo e MPBX (cerca de 3cm nas proximidades da face do HW – Figura 4.14). É importante salientar que não havia atividade, neste local, neste período.

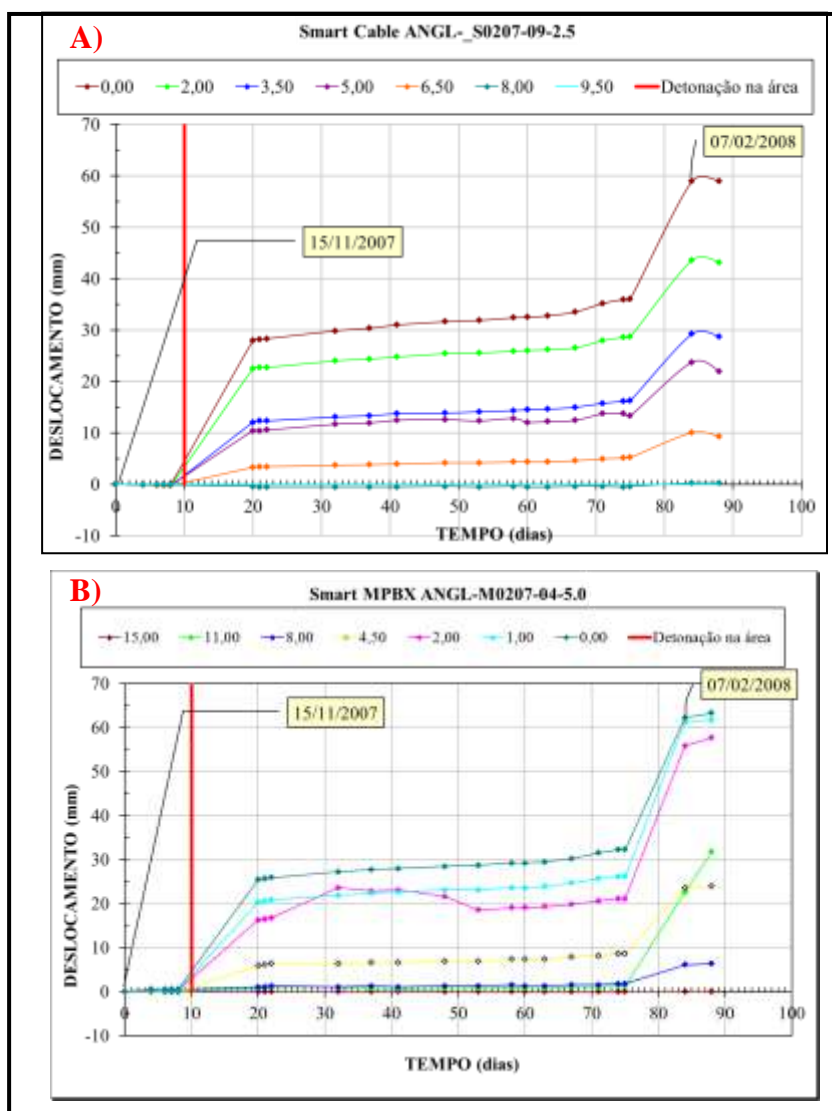


Figura 4.14- Gráfico de deslocamento dos nódulos de medição do (A) SMART cabo e (B) MPBX após o segundo deslocamento abrupto.

É importante destacar que este último deslocamento abrupto, o qual ocorreu sem atividades minerárias no local de estudo, indica, mais uma vez, que esta área, realmente, estava com sérios problemas de estabilidade no *hanging wall* (HW). O gráfico de força do SMART cabo (Figura 4.15) indica que, após este último evento, a força no cabo de aço alcançou 25tf, ou seja, o fator de segurança para a estabilidade do HW passou a ser 1.

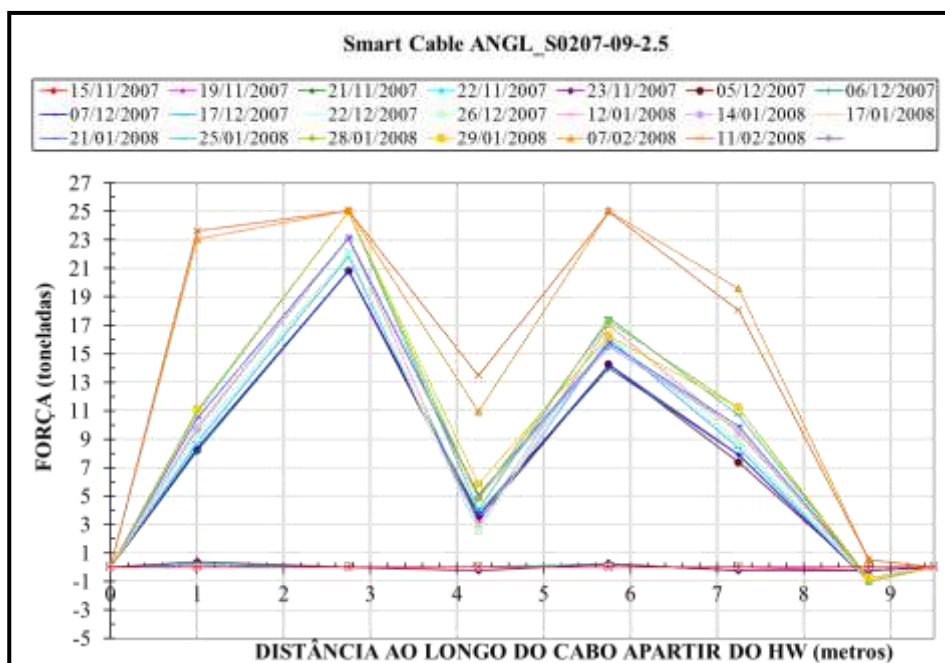


Figura 4.15- Gráfico de força do SMART cabo após o segundo deslocamento abrupto.

- 14/02/2008 – foi realizado televisionamento do furo 1. Nas imagens registradas foram identificados cisalhamentos, todos nível 1, situados a cerca de 8.0, 7.5, 7.0, 6.1, 4.5, 4.0, 3.5, 3.0, 2.5, 1.1, 0.8, 0.75, 0.6 e 0.5 m medidos a partir da face do HW (Figura 4.16).

Após a detecção da piora nas condições do maciço rochoso, reforços com cabos foram instalados neste local, além da instalação de chapas e clavetes. O aterro com enchimento hidráulico também foi realizado neste local. Estalidos no maciço rochoso foram identificados e as atividades foram temporariamente paralisadas.

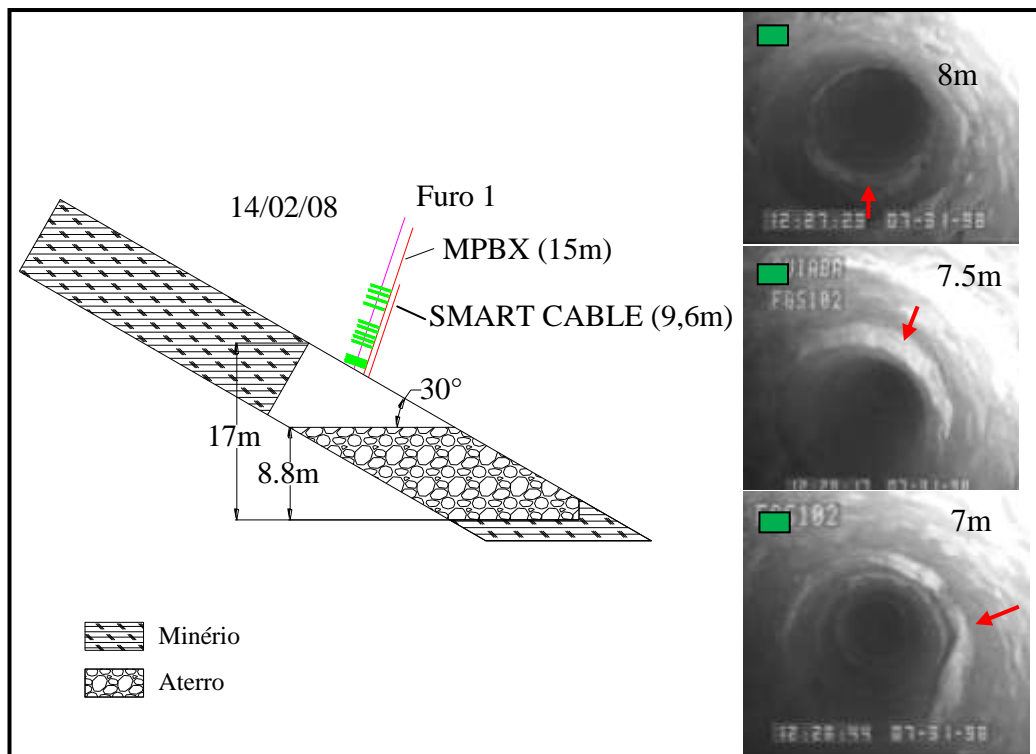


Figura 4.16- Seção com quebras e cisalhamentos identificados em filmagem do furo 1 após o segundo deslocamento abrupto. Podem-se visualizar os cisalhamentos identificados a 8, 7.5 e 7m para dentro do HW.

- 15/02/2008 – o SMART cabo apresentou problemas na leitura, como pode ser visualizado na figura 4.17, possivelmente chegando no limite de medição.
- 14/03/2008 – outro televisionamento de furo foi efetuado. Progressos nos cisalhamentos identificados na filmagem anterior foram detectados (Figura 4.18). Devido à possibilidade de rotação da microcâmera no momento da realização da filmagem, não é possível identificar a direção e sentido dos cisalhamentos. Para identificar a direção e o sentido dos cisalhamentos, foi lançado óleo no final do furo. O escoamento do óleo, juntamente com a direção e sentido do furo, identificados por bússola, possibilitou o conhecimento da parte inferior do furo no momento da filmagem. É importante destacar que cisalhamentos foram identificados tanto ao longo do mergulho da xistosidade como ao longo da direção da camada, onde este foi predominante. Todas as imagens das quebras e cisalhamentos podem ser visualizadas no anexo 2.

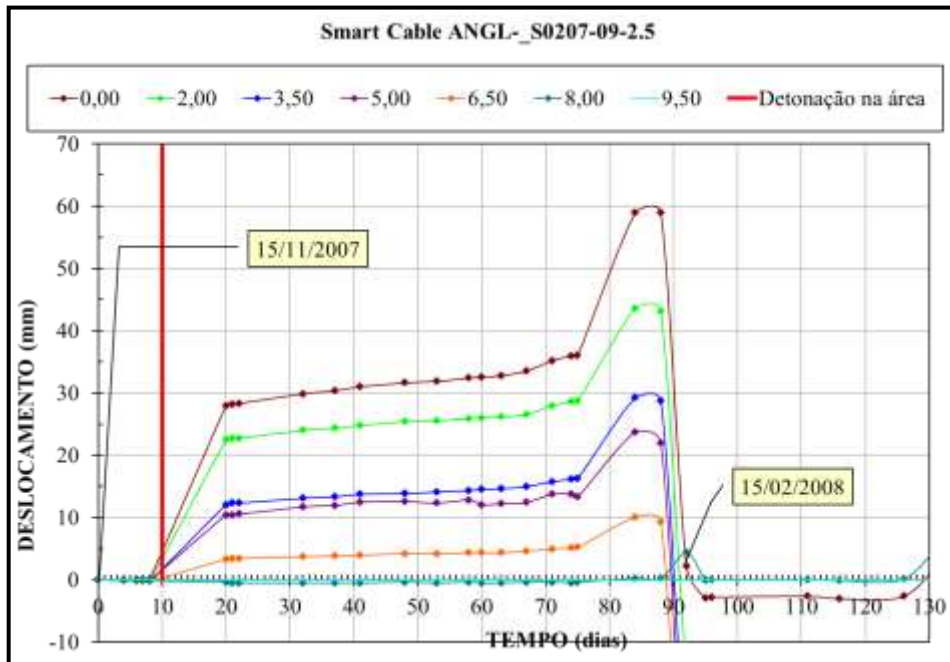


Figura 4.17- Gráfico de deslocamento dos nódulos de medição do SMART cabo.

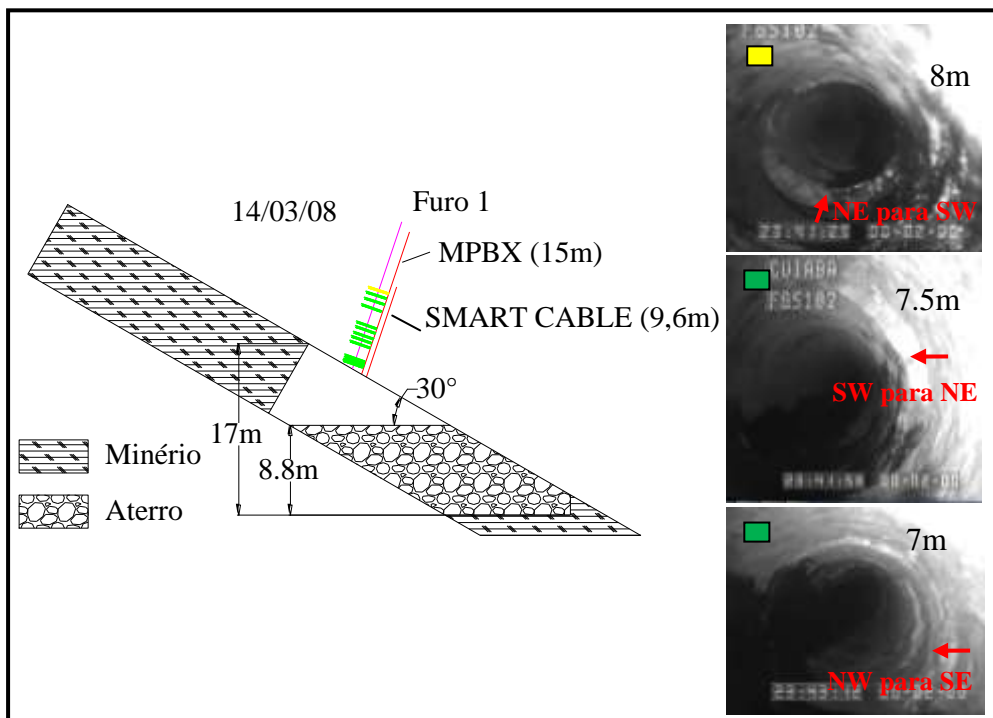


Figura 4.18- Seção com quebras e cisalhamentos identificados em filmagem do furo 1 no dia 14/03/08. Podem-se visualizar os cisalhamentos identificados a 8, 7,5 e 7m para dentro do HW. A parte mais escura das fotos é correspondente ao óleo que escoou desde o final do furo.

- 29/03/2008 – foi realizada detonação no minério no local de estudo.
- 09/04/2008 – outro televisionamento foi realizado para avaliar a condição do HW depois da detonação. Intenso cisalhamento foi identificado a 7m (medido a partir da face) impedindo a passagem da microcâmara, assim, a filmagem foi realizada apenas de 7m para a face (Figura 4.19). O extensômetro MPBX aparentemente chegou ao limite de medição, não detectando mais deslocamentos (Figura 4.20). O não funcionamento adequado do extensômetro pode ser explicado, também, pela ruptura das varetas de fibra de vidro devido ao intenso cisalhamento.

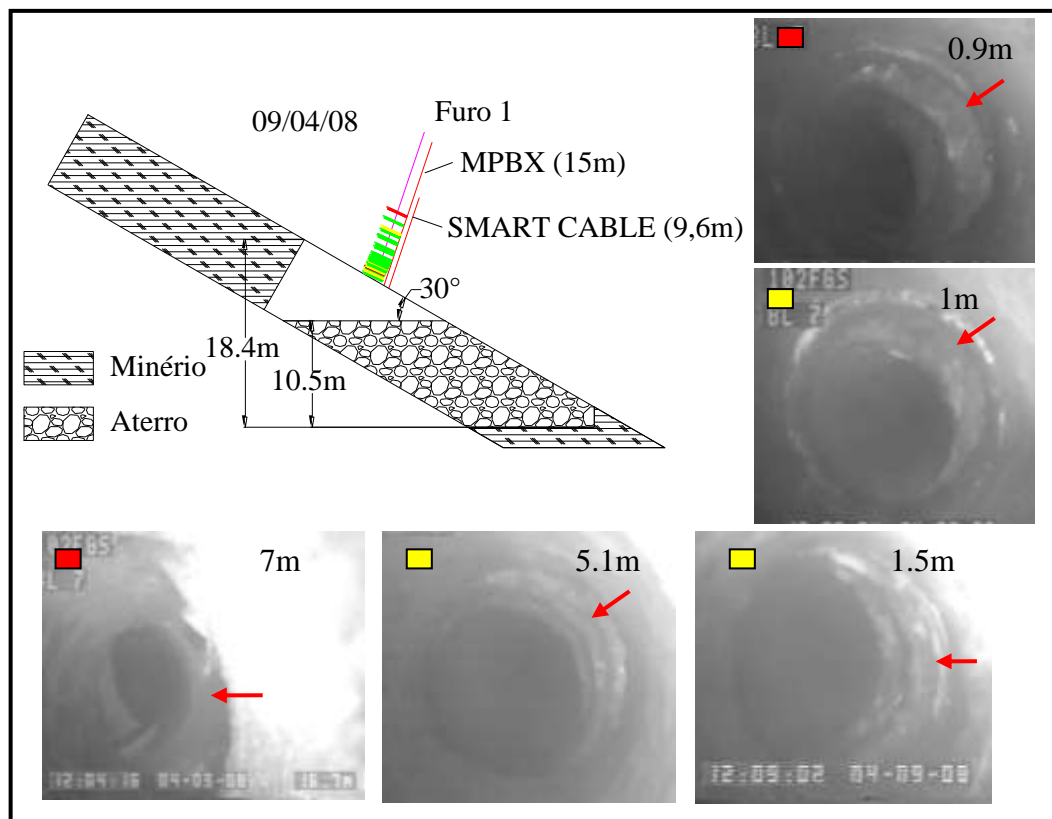


Figura 4.19- Seção com quebras e cisalhamentos identificados em filmagem do furo 1 no dia 09/04/08. Podem-se visualizar os cisalhamentos identificados a 7, 5.1, 1.5, 1 e 0.9m para dentro do HW. A filmagem foi realizada desde 7m até à face do HW.

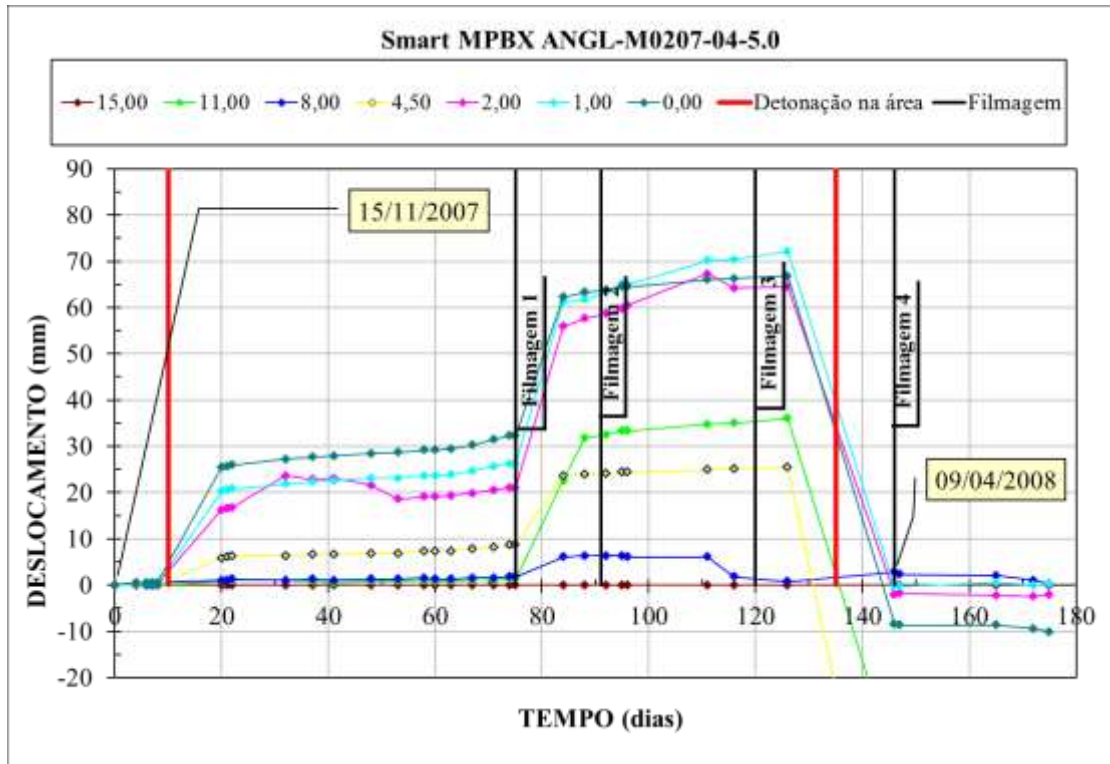


Figura 4.20- Gráfico de deslocamento dos nódulos de medição do MPBX. É possível a identificação das filmagens realizadas antes do limite do funcionamento inadequado do aparelho.

Após a análise de todas as imagens coletadas pelo televisionamento de furo e por meio da interpretação dos gráficos originados pelo SMART cabo e MPBX, pode-se concluir que:

- A primeira indicação de instabilidade pode ser considerada a magnitude de deslocamento após a primeira detonação na área. No televisionamento do furo, localizado próximo ao SMART cabo e MPBX, foram identificados apenas pequenos cisalhamentos nível 1 de maneira localizada;

- Um outro deslocamento abrupto ocorreu, mas agora sem atividades no local. Outro televisionamento do furo foi realizado, comprovando a piora na qualidade do maciço rochoso. O gráfico de força do SMART cabo registrou 25tf. É importante lembrar que o SMART cabo é um instrumento para avaliação da contenção de cabos. Por meio do

conhecimento do módulo de Young do aço (200 GPa) e através da medição do deslocamento, a tensão para pontos médios entre as ancoragens de medição de deslocamento é calculada. Este cálculo da tensão só é válido para esforços e deslocamentos axiais. Como relatado anteriormente, existem muitos cisalhamentos transversais ao instrumento, assim, o resultado originado pelo SMART cabo, com relação à tensão, não possui confiabilidade adequada. O fato de gráficos de força do SMART cabo registrarem forças de 25tf já ocorreu em muitos locais na mina. Quando ocorria esta situação, uma inspeção detalhada era realizada no local, mas, na maioria das vezes, indícios de instabilidade não eram identificados. Anteriormente à aquisição da microcâmera, o gráfico do SMART *cable* sempre era questionado, agora, com as imagens propiciadas pela microcâmera, sabe-se que o intenso cisalhamento afeta diretamente os resultados do gráfico de força.

- Após a comprovação da piora do maciço rochoso, reforços com cabos de aço foram instalados, além de chapas e clavetes. O aterro com backfill foi realizado neste local.

- Outro televisionamento de furo identificou o aumento da magnitude dos cisalhamentos. Pôde-se identificar que a maioria dos cisalhamentos ocorria ao longo da direção da xistosidade, mas cisalhamentos ao longo do mergulho da xistosidade também foram identificados.

- Após outra detonação na área, outro televisionamento de furo identificou a piora significativa do maciço rochoso. O furo foi quase que completamente fechado a 7m para dentro do HW devido ao cisalhamento. Neste momento, o MPBX e o SMART cabo já não funcionavam mais.

O registro com a microcâmera permitiu captar a evolução gradual dos cisalhamentos ao longo do tempo. Algumas imagens da evolução de cisalhamentos podem ser visualizadas, em função do tempo, para determinadas posições no interior do maciço rochoso na figura 4.21.

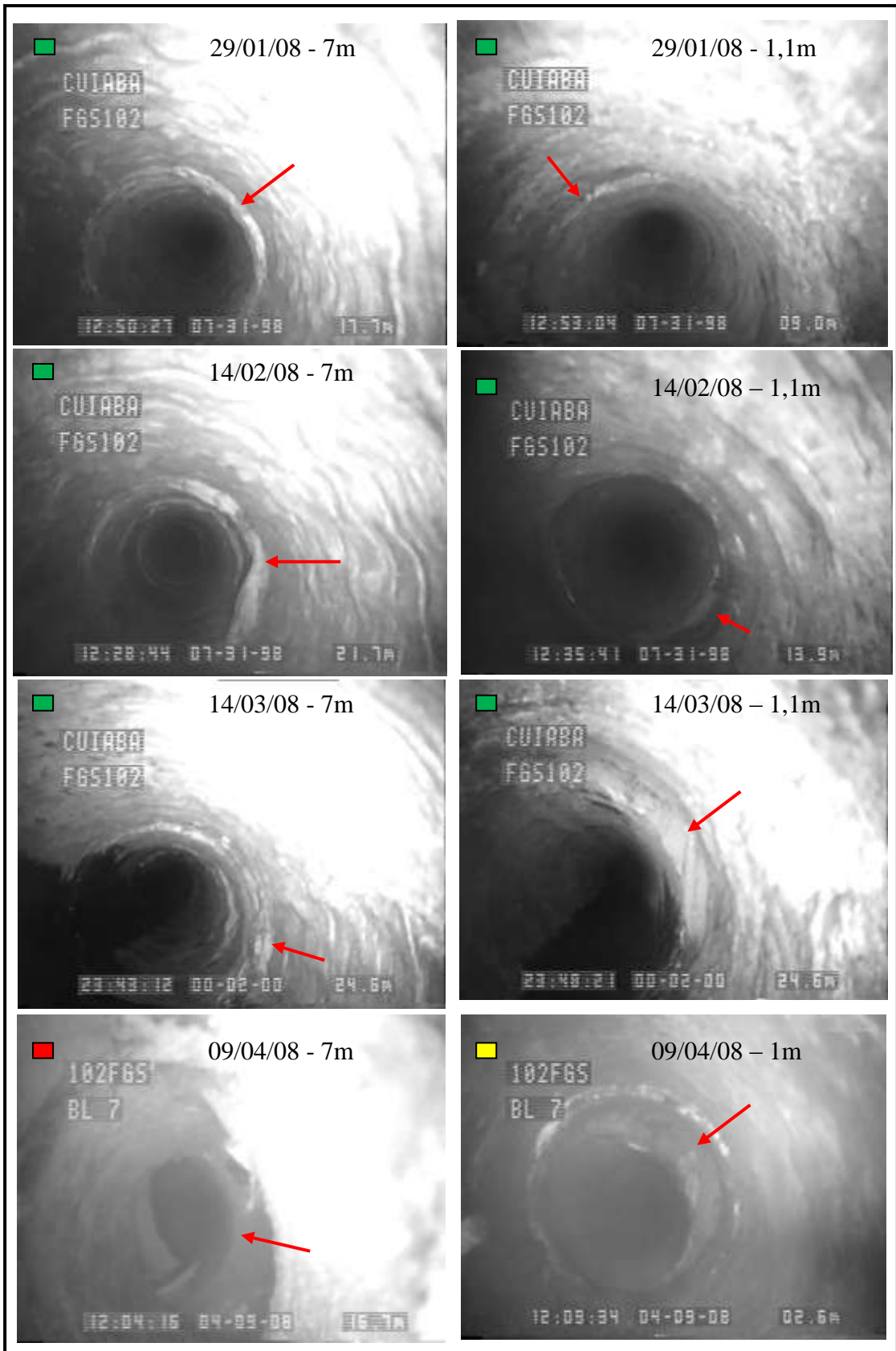


Figura 4.21- Evolução, ao longo do tempo, de cisalhamento a 7 e 1,1m para dentro do HW.

Com o objetivo de continuar o monitoramento neste local, foram realizados outros furos destinados à realização de televisionamento com a microcâmera. Concomitantemente a malha para cabos de aço, com comprimento de 9,6m, foi reduzida para 1,0 x 1,0m².

O equipamento scaler, utilizado para a retirada de material rochoso quebrado no teto, trabalhou bastante no local, uma irregularidade de pouco mais de 2m para dentro do HW foi formada em área de cerca de 10m de comprimento, ao longo da direção da xistosidade, e 13m ao longo do mergulho (Figura 4.22). Foi realizado televisionamento do furo 2, executado na irregularidade formada no HW, no dia 04/06/08. Apenas quebra nível 2 a 2,2m e cisalhamento nível 1 a 14m para dentro do HW foram identificados (Figura 4.22).

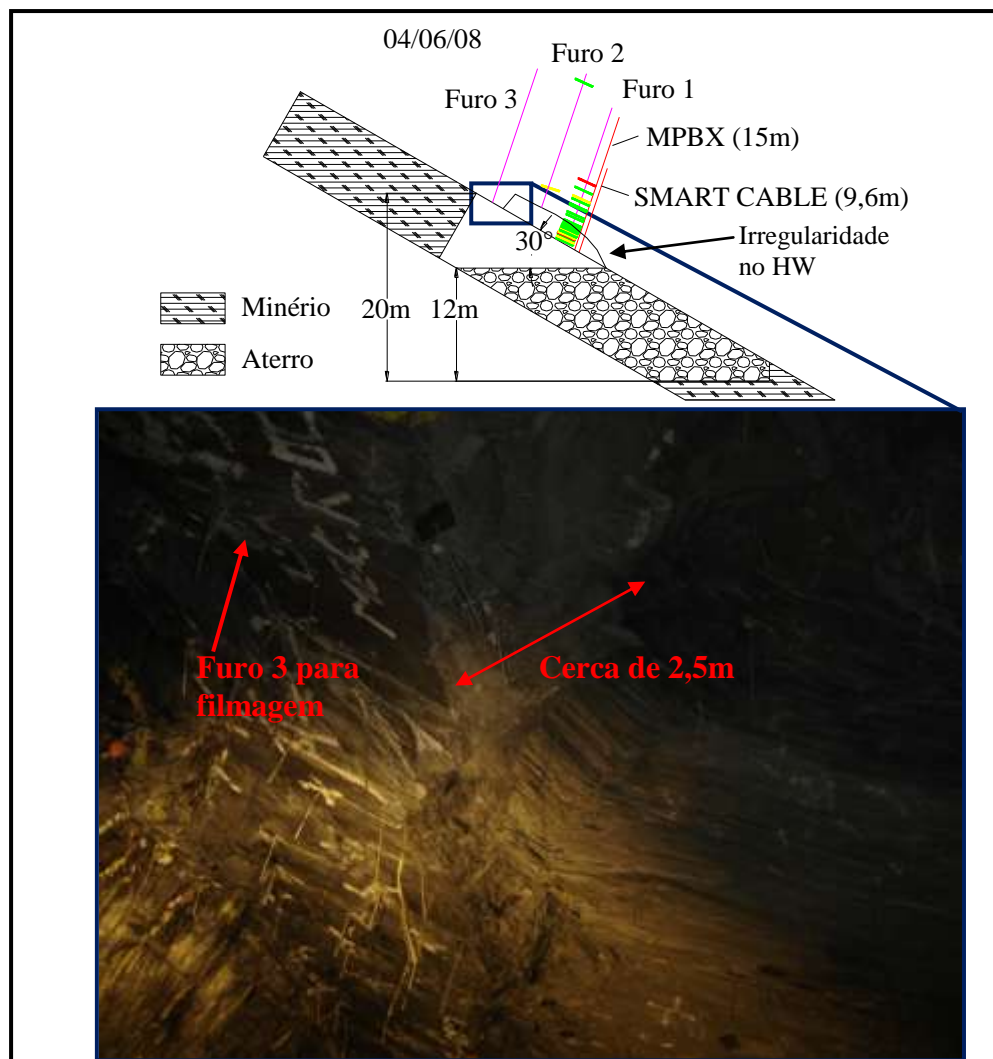


Figura 4.22- Seção com quebras e cisalhamentos e foto de irregularidade no HW.

É importante salientar que muitas das quebras e cisalhamentos identificados no furo 1 não foram identificados no furo 2. Nem mesmo o cisalhamento, nível 3, visualizado a 7m da face do HW no furo 1 tinha continuidade no furo 2. Apenas o cisalhamento, nível 2, visualizado a 5,1m, a partir da face do HW, no furo 1, foi identificado como quebra a 2,2m no furo 2. Esta diferença de profundidade foi gerada pela irregularidade formada no HW. Este fato pode ser explicado, em parte, pela eliminação dos cisalhamentos e quebras identificados no furo 1, até cerca de 2m, com a formação da irregularidade do HW.

Outro MPBX foi instalado no dia 24/10/08, próximo ao furo 2 de filmagem, com o objetivo de monitorar a eficácia dos reforços instalados como agentes de estabilização do maciço rochoso. As fotos do realce com localização dos furos para monitoramento com a microcâmera podem ser visualizados nas figuras 4.23 e 4.24.

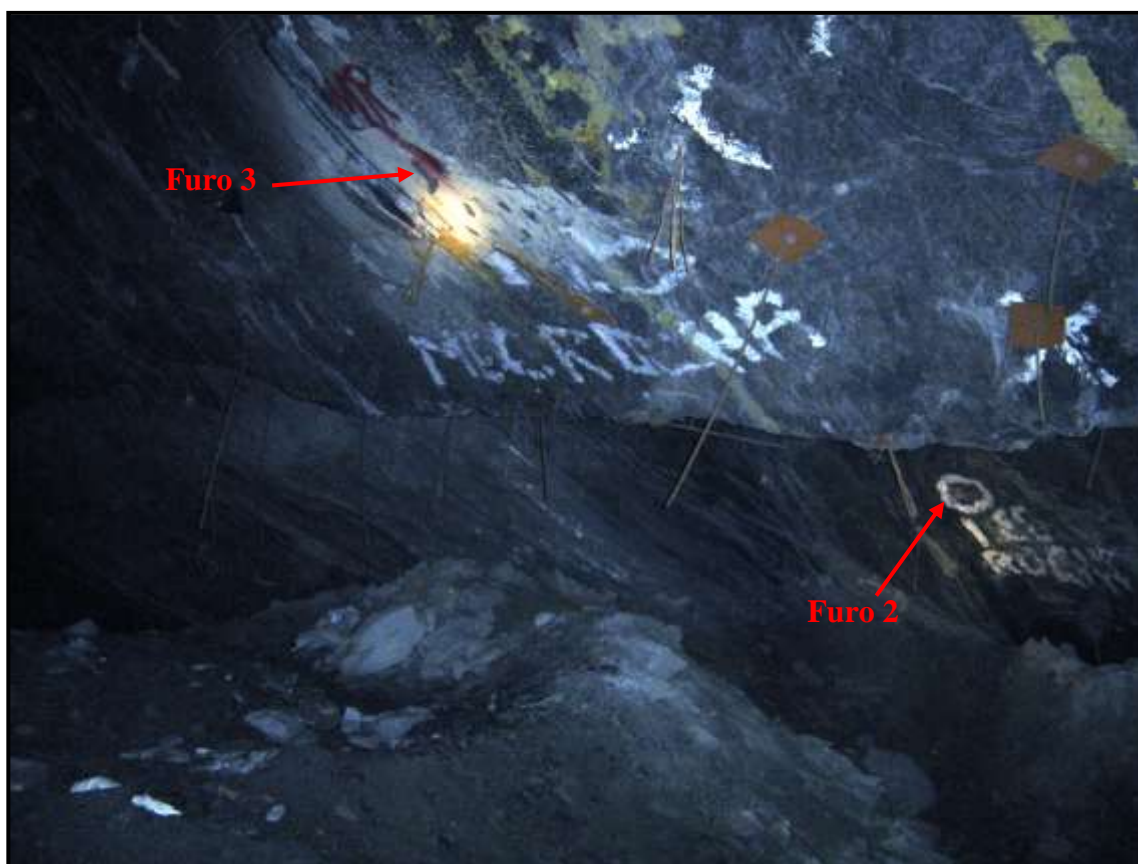


Figura 4.23- Visualização do HW do realce 10.2 FGS, bloco 7, com localização dos furos para monitoramento com a microcâmera 2 e 3 (19/01/09).



Figura 4.24- Visualização do HW do realce 10.2 FGS, bloco 7, com localização dos furos para monitoramento com a microcâmara 3 e 4 (19/01/09).

Após a comprovação da melhoria nas condições geomecânicas do HW, realizada pelo televisionamento de furos e pelos deslocamentos detectados pelo novo extensômetro MPBX, a malha dos cabos de aço, de 9,6m de comprimento, retornou para $1,5 \times 1,5\text{m}^2$.

A evolução de quebras e cisalhamentos identificados pelo televisionamento de furos nos furos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, podem ser visualizados na figura 4.25. É importante destacar o aumento dos espaçamentos entre as quebras/cisalhamentos, além da diminuição da magnitude dos mesmos, após o reforço com cabos de aço e instalação de chapas e clavetes. Este é o indicador mais importante, com relação ao televisionamento de furo, que indica a melhora geomecânica do maciço rochoso do HW. Um resumo com todas as quebras e cisalhamentos identificados, ao longo do tempo, pode ser visualizado na tabela 4.4. Todas as imagens coletadas, pelo televisionamento dos furos, podem ser visualizadas no anexo 2.

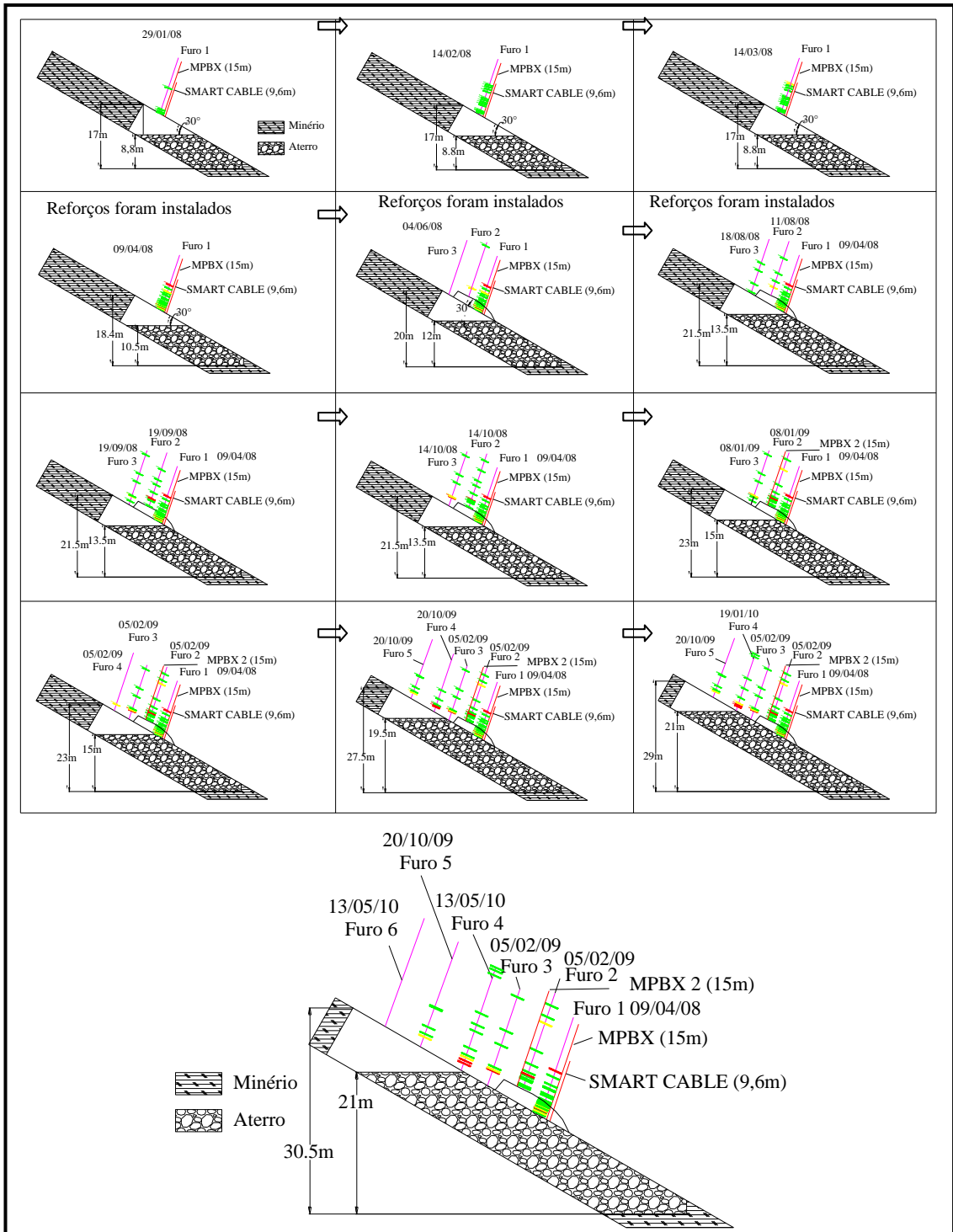


Figura 4.25- Visualização da evolução das quebras e cisalhamentos ao longo da lavra. O primeiro monitoramento com a microcâmara foi realizado, no furo 1, no dia 29/01/08 e o último, no furo 6, no dia 13/05/10. Na última filmagem não foi identificada quebra/cisalhamento.

Uma comparação entre os deslocamentos coletados pelo primeiro MPBX, na fase de instabilização do HW, e o MPBX instalado posteriormente, depois da instalação de reforços com cabos de aço e instalação de chapas e clavetes, pode ser visualizado na figura 4.26.

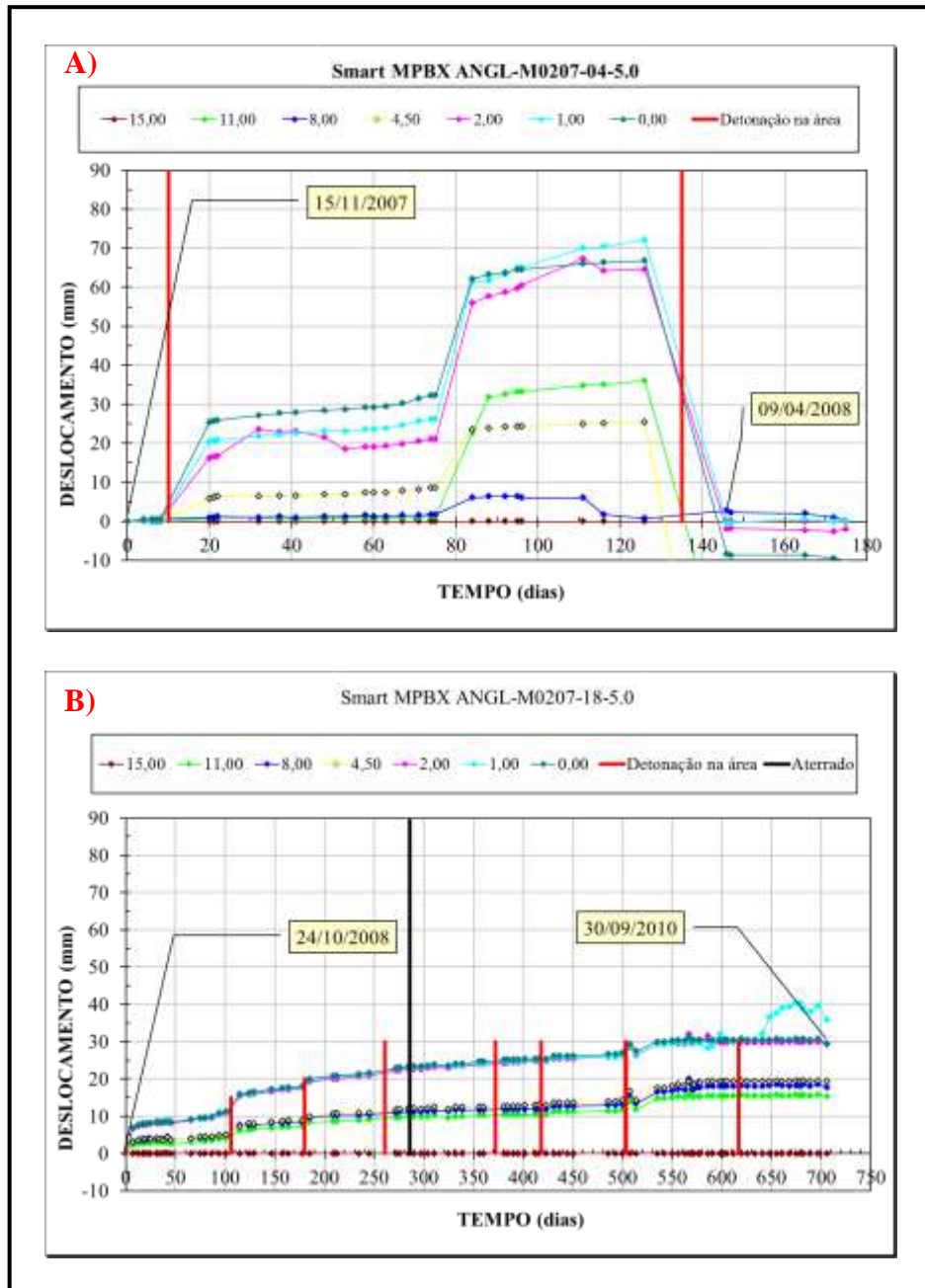


Figura 4.26- (A) Visualização dos dados de deslocamentos obtidos do MPBX na fase de instabilização do HW; e (B) do deslocamento obtido do MPBX 2 instalado após a aplicação dos reforços.

Por meio da análise da figura 4.26, pode-se identificar significativa diferença de deslocamento entre os extensômetros. Vale ressaltar que o tempo de medição do MPBX 2 é muito maior do que o primeiro MPBX, além da quantidade de detonações ocorridas, na área de estudo, ser maior. O MPBX instalado após a aplicação de reforço apresenta deslocamento típico de áreas sem indícios de instabilidade.

Atualmente a lavra neste local já foi finalizada. Após a identificação dos indícios de instabilidade, a instalação de reforços e o monitoramento constante, utilizando extensômetros e televisionamento de furos, esta área não apresentou mais características que indicassem problemas de estabilidade do HW. Uma foto atual da área de estudo pode ser visualizada na figura 4.27.

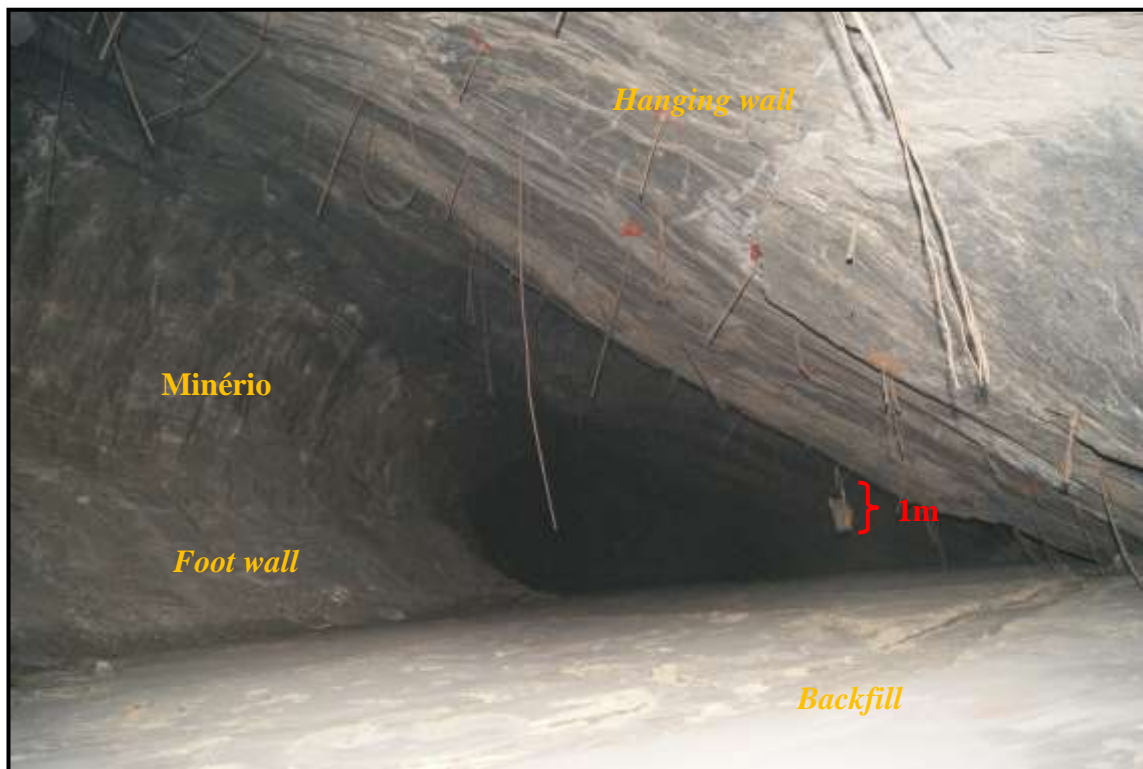


Figura 4.27- Visualização da área de estudo, 10.2 FGS – bloco 7, após finalização das atividades minerárias (foto de 30/07/2011).

4.4.2- Estudo de estabilidade utilizando a analogia de voussoir

Como visto no capítulo 2, referente à pesquisa bibliográfica relacionada ao tema de estudo, alguns requisitos são necessários para a utilização da analogia de voussoir, proposta por Diederichs e Kaiser (1999a), para a realização do estudo de estabilidade em uma escavação. Estes itens são descritos de maneira sucinta a seguir:

- Pode-se utilizar o método quando a espessura da viga é conhecida e quando o módulo de elasticidade do maciço pode ser estimado com um grau de confiança aceitável;
- Não é indicado para vãos muito grandes (>100m para vãos muito inclinados e > 60m para vãos horizontais), onde outras influências, não consideradas, governam a estabilidade. Qualidade consistente da escavação é também assumida. Detonação maior, ou geometria da superfície de escavação desigual impactará negativamente a estabilidade do teto;
- Consideram-se as descontinuidades rugosas suficientes para prover resistência sob baixo a moderado confinamento (sem estrias de falha ou baixa cobertura de atrito) e que as razões vão e espessura são maiores do que 10. Colapso por deslizamento ao longo de descontinuidades nos limites ou dentro da viga não é considerada;
- É assumido que não há resistência de atrito ou coesão ao longo das interfaces entre as laminações. Isto representa um pior caso de suposição já que a resistência aumenta a estabilidade das vigas;
- Este método somente é válido se nenhuma descontinuidade com ângulo médio baixo com relação ao plano da descontinuidade principal está presente;
- Este método não é aplicado para maciços pobres com uma baixa categoria de RQD (<50) e mais do que três famílias de descontinuidades;
- Esta técnica é designada para prever o início da instabilidade do teto. Assim somente a

primeira camada é considerada e não uma estrutura de viga composta. Isto é baseado na suposição de que, controlando a estabilidade desta primeira viga todo o teto estará estável;

- A influência da carga gravitacional paralela às laminações inclinadas é ignorada para alcançar uma solução tratável. Isto conduz à conclusão aparentemente razoável que camadas inclinadas são significativamente mais estáveis do que camadas horizontais.

Realizando a análise para o estudo de caso com as informações supracitadas tem-se:

- Considerando que se pode conhecer a espessura da viga por meio do televisionamento de furos e que o módulo de elasticidade pode ser estimado por resultados de testes uniaxiais e por classificação geomecânica, o primeiro item é atendido.

- O segundo item aparentemente é atendido, pois os vãos, ao longo do mergulho do HW, possuem cerca de 20m de extensão até o piso. Uma análise detalhada será realizada adiante para determinação do vão a ser considerado.

- O terceiro item é parcialmente atendido, pois localmente estrias de falha são identificadas entre a xistosidade. Os planos estriados são localizados, principalmente, no contato com o minério, o que minimiza o efeito negativo com relação à utilização do método. A razão vão e espessura da viga aparentemente é bem atendida, mas será verificado mais adiante o valor aproximado desta relação.

- Não há problema com relação à consideração de coesão e ângulo de atrito nulo entre as vigas.

- Foram identificadas duas famílias de descontinuidades, a xistosidade e uma família, praticamente perpendicular à xistosidade, com mesma direção, mas com sentido de mergulho diferente. Assim, o quinto item também é bem atendido.

- O RQD do maciço do HW sempre é maior do que 50 e não foram identificadas mais do

que 3 famílias de descontinuidades, assim, o sexto item também é atendido.

- Por meio do televisionamento do furo pode-se conhecer a espessura da primeira viga. Para a qual o estudo de estabilidade será realizado.

Ciente das considerações preliminares para a utilização da analogia de voussoir, apresentadas anteriormente, e validando-as para o estudo de caso aqui apresentado, uma simulação utilizando este método será apresentada.

Para a análise do estudo, o conhecimento de alguns parâmetros devem anteceder os cálculos. A primeira pergunta a ser feita deve ser relativa ao vão, pois o cálculo de voussoir considera as extremidades rígidas. Quanto se deve considerar abaixo do backfill/estéril para um comportamento rígido do aterro? Para responder a esta pergunta, com a minimização do erro, gráficos dos extensômetros MPBX's e dos SMART cabos, instalados no HW do realce 10.2 FGS, que foram monitorados mesmo após serem soterrados foram analisados.

Ao total foram analisados 6 gráficos, originados dos dados coletados de 3 SMART cabos e 3 MPBX's. Estes equipamentos foram instalados em datas distintas e em localizações diferentes, com exceção do SMART *cable* e MPBX instalados no bloco 8, posicionados um do lado do outro (cerca de 2m de distância), no dia 21/08/07. Em todos os gráficos foram localizadas as datas de detonação no minério que ocorreram em frente à posição dos instrumentos, além do dia aproximado do aterramento, com *backfill* ou estéril, dos MPBX's e SMART cabos. A estimativa do dia do aterramento foi realizada pelas coordenadas geográficas dos instrumentos, coletadas da face do HW, e pelo levantamento topográfico realizado ao longo das atividades minerárias. Todos os gráficos podem ser visualizados nas figuras 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32 e 4.33.

Por meio da análise dos dados coletados, é possível deduzir que praticamente todos os instrumentos, com exceção do MPBX instalado no bloco 9, não registram mais deslocamentos após a 3ª detonação depois do aterramento.

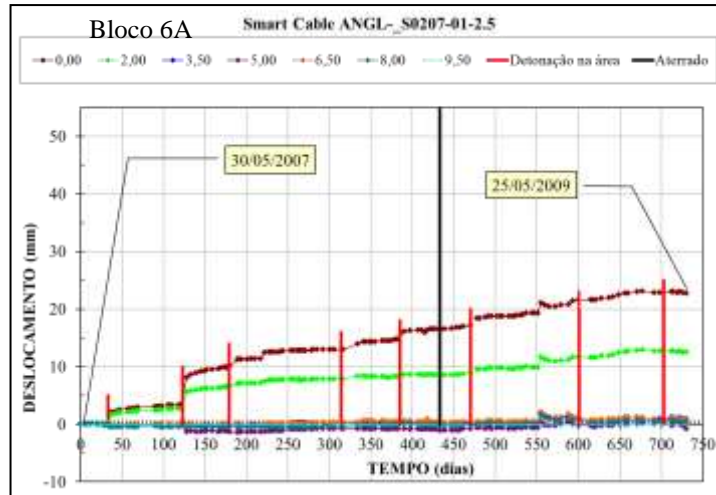


Figura 4.28- Visualização do deslocamento, com o tempo, do SMART cabo do bloco 6A.

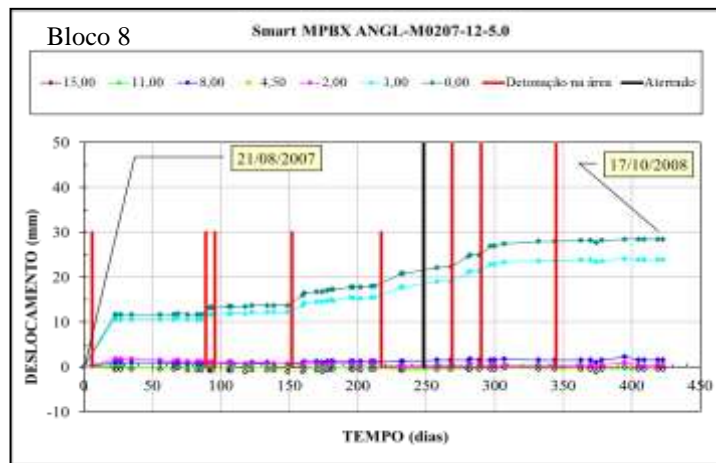


Figura 4.29- Visualização do deslocamento, com o tempo, do MPBX do bloco 8.

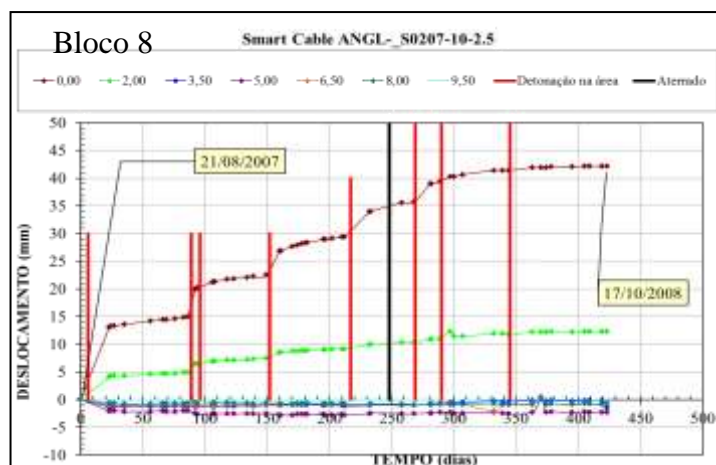


Figura 4.30- Visualização do deslocamento, com o tempo, do SMART cabo do bloco 8.

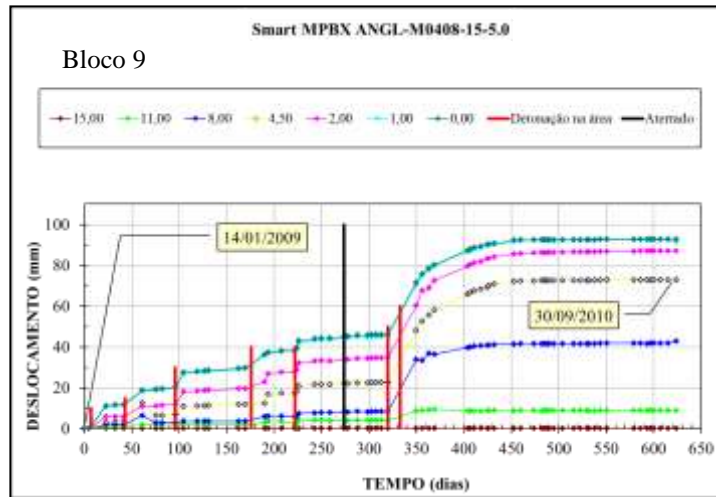


Figura 4.31- Visualização do deslocamento, com o tempo, do MPBX do bloco 9.

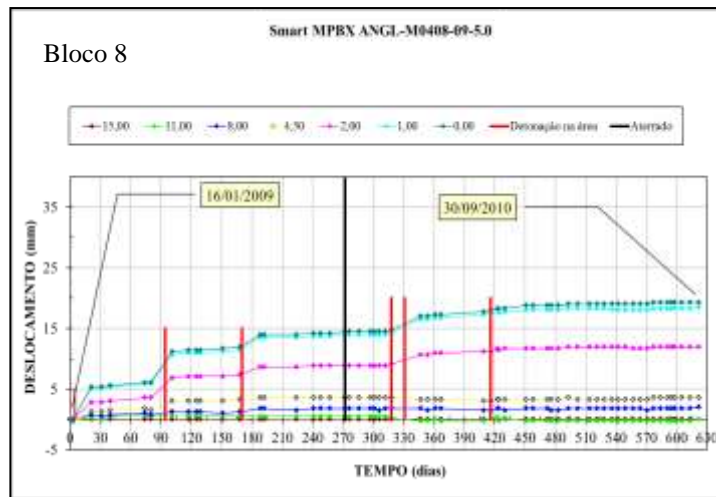


Figura 4.32- Visualização do deslocamento, com o tempo, do MPBX do bloco 8.

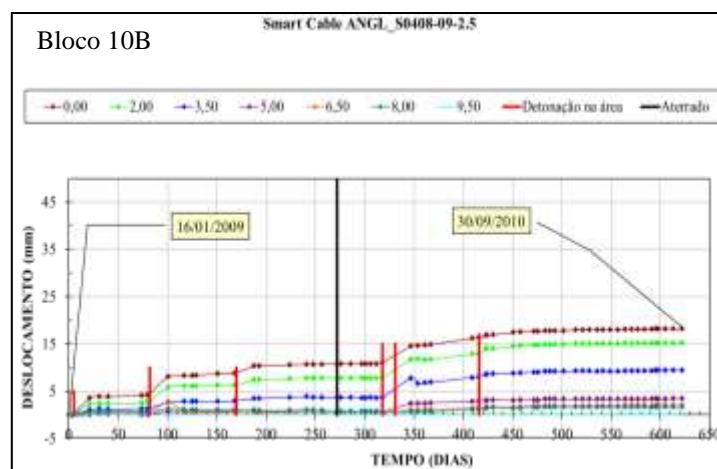


Figura 4.33- Visualização do deslocamento, com o tempo, do SMART cabo do bloco 8.

Na figura 4.31, relativa ao deslocamento detectado pelo MPBX no bloco 9, pode-se visualizar um grande deslocamento após o extensômetro ser aterrado. Esta área, que estava em fase final de lavra, apresentou indícios de instabilização em furos televisionados, além do aparecimento de trincas na face do HW. Devido estas circunstâncias, o deslocamento identificado, mesmo após o aterramento do instrumento, pode ser considerado uma exceção, já que todos os outros 5 instrumentos não identificaram deslocamentos após a 3ª detonação executada depois do aterramento dos mesmos.

Considerando que para cada detonação é realizado um aterro com 1,5m na vertical, ou 3m ao longo do mergulho do HW, e que já na 3ª detonação, após o aterramento do instrumento, não é detectado deslocamento, pode-se estimar que a partir de um aterro de 3m na vertical, ou 6m ao longo do mergulho do HW, o aterro funciona como um limite rígido, inibindo o deslocamento do HW.

A resistência uniaxial da rocha intacta e o módulo de elasticidade do maciço rochoso também precisam ser conhecidos. Para a identificação de ambos, é necessário o conhecimento dos tipos litológicos do HW.

Por meio do estudo dos trabalhos geológicos já realizados na mina, é sabido que uma camada de cerca de 3m de filito grafitoso encontra-se no HW em contato com o minério (formação ferrífera bandada com sulfeto). Acima do filito grafitoso é identificada camada de sericita xisto, algumas vezes clorita xisto, ambas podendo ter carbonatos, usualmente com mais de 15m de espessura.

Com o intuito de minimizar os erros relacionados ao reconhecimento litológico, em todos os televisionamento de furos realizados na área de estudo, bloco 7, foram identificadas as intercalações de filito grafitoso reconhecidas imersas no sericita/clorita xisto. A identificação do filito grafitoso foi possível pela diferença de cor propiciada pelo contraste entre sericita/clorita xisto, cor clara, e o filito grafitoso, cor escura.

O resultado das diferenciações entre sericita/clorita xisto e o filito grafitoso, identificadas

pelos televisionamentos, pode ser visualizado na figura 4.34.

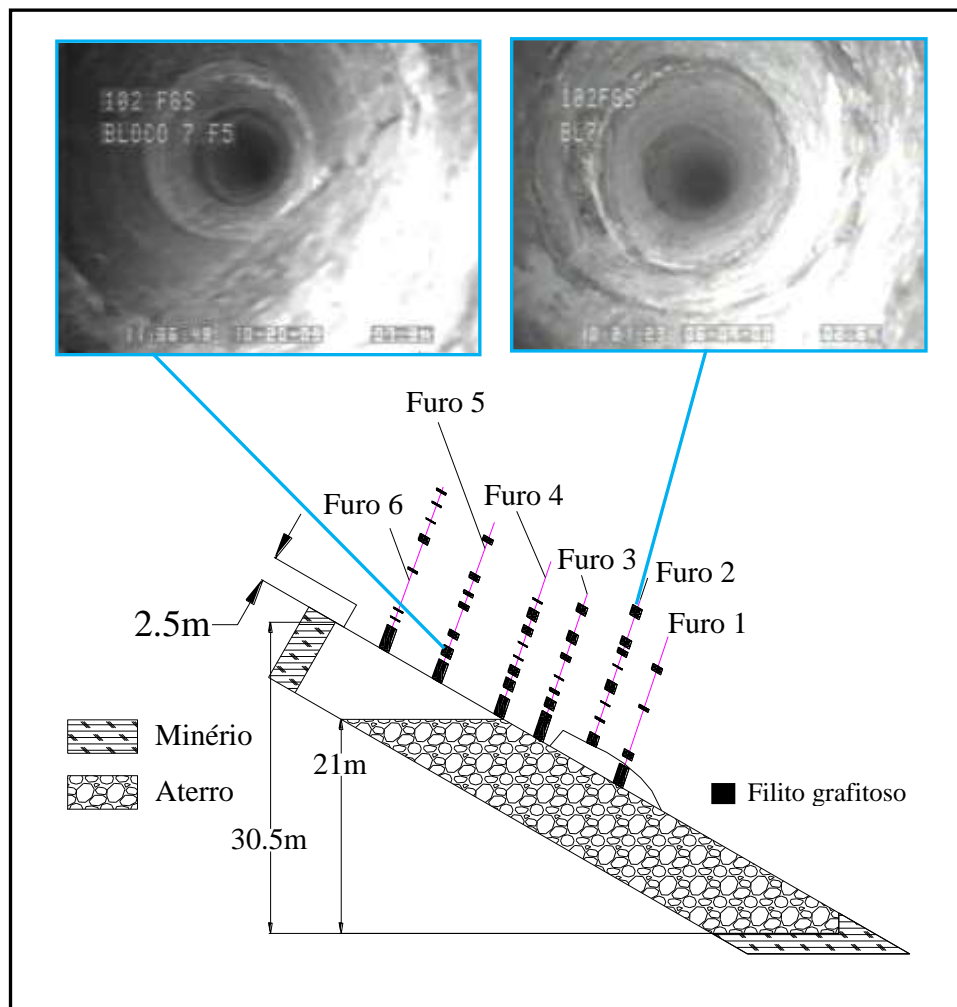


Figura 4.34- Identificação de intercalações de filito grafitoso no sericita/clorita xisto.

As intercalações de filito grafitoso variam ao longo do mergulho do HW, como pode ser visualizado na figura acima. Estas variações podem ser explicadas por dobramentos, propiciando a repetição de camadas (Figura 4.35), e por *budins* de sericita/clorita xisto imersos no filito grafitoso (Figura 4.36).

Esta grande variação litológica pode ser um grande problema para a utilização do cálculo de voussoir, pois as intercalações de material com módulos de elasticidades e resistências à compressão uniaxial diferentes podem condicionar sobrecargas de material quebrado sobre a viga de estudo. Este fato realmente acontece no HW da mina Cuiabá. Algumas ilustrações

deste acontecimento podem ser visualizadas na figura 4.37.



Figura 4.35- Exemplo de duplicação de camadas por dobramentos no HW (10.2 FGS, bloco 5).

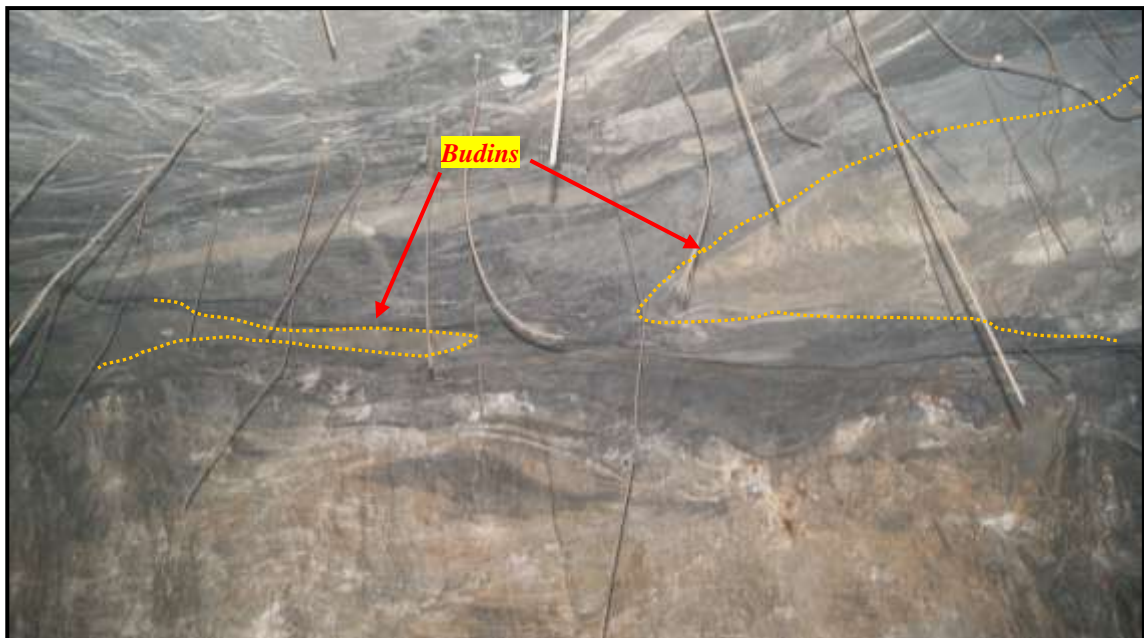


Figura 4.36- Exemplo de *budins* de sericita/clorita xisto imersos em filito grafitoso no HW do 10.2 FGS, bloco 7.

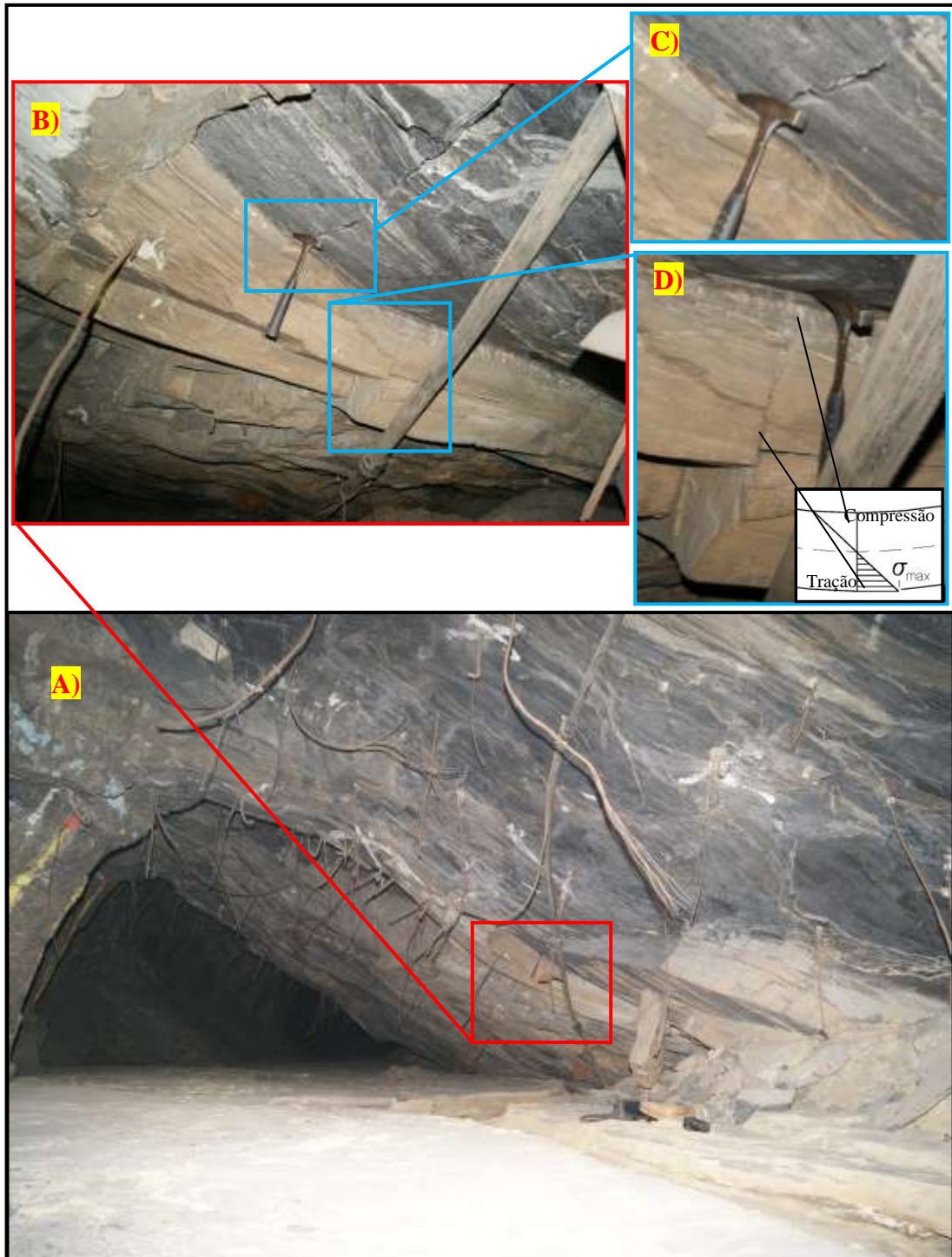


Figura 4.37- A) Exemplo de viga de cerca de 40cm de sericita/clorita xisto sobreposto por camada de filito grafitoso no realce 10.2 FGS, bloco 9. B) Detalhe da viga com filito grafitoso quebrado sobreposto. C) Detalhe da quebra do filito grafitoso. D) Detalhe de uma viga típica onde o cálculo de voussoir pode ser utilizado. É possível identificar a região de tração e compressão da viga.

Como visualizado na figura 4.37, as intercalações de filito grafito no sericita/clorita xisto realmente são um grande problema para a utilização do cálculo de voussoir, principalmente quando se analisa a figura 4.34, que mostra a grande dispersão da presença do filito grafitoso ao longo do mergulho do HW.

Para a utilização da analogia de voussoir será necessário realizar simplificações litológicas, por meio das informações conhecidas, no modelo a ser estudado. O modelo a ser aplicado consistirá apenas de uma camada de filito grafitoso com 2,5m de espessura localizada sobreposta ao minério (formação ferrífera bandada com sulfeto).

Para a determinação da espessura da camada a ser estudada, serão utilizados os dados coletados durante o monitoramento com os televisionamentos dos furos. Como os indícios de instabilidade foram identificados durante as aquisições de imagens do furo de filmagem 1, principalmente as quebras e cisalhamentos relativos a este furo serão utilizados.

Pela análise das quebras e cisalhamentos em todos os furos ao longo do HW, pôde-se constatar que nem sempre as quebras e cisalhamentos identificados em um furo, mesmo os de nível elevado, possuem continuidade em direção à face do minério. Como o furo 2 de filmagem foi realizado após a instalação de reforços e, principalmente, depois da formação de irregularidade na face do HW, ocasionada pelo trabalho do equipamento scaler (utilizado para retirada de material quebrado no teto), mais uma simplificação deverá ser realizada para a utilização da analogia da voussoir. A espessura da viga a ser utilizada será de 2,5m, relativa ao filito grafitoso que foi retirado com o equipamento scaler. Outra simulação utilizará uma espessura de viga de 4,7m, relativo à interpolação da quebra nível 2 identificada no furo 1 a 5,1m, e a quebra nível 2 visualizada no furo 2 a 2,2m. Considerando a irregularidade formada no HW e o erro do posicionamento ao longo do furo das quebras e cisalhamento (cerca de 20cm), estas duas quebras identificadas em furos diferentes podem ser consideradas relativas à formação da mesma viga. As espessuras das vigas a serem consideradas no estudo podem ser visualizadas na figura 4.38.

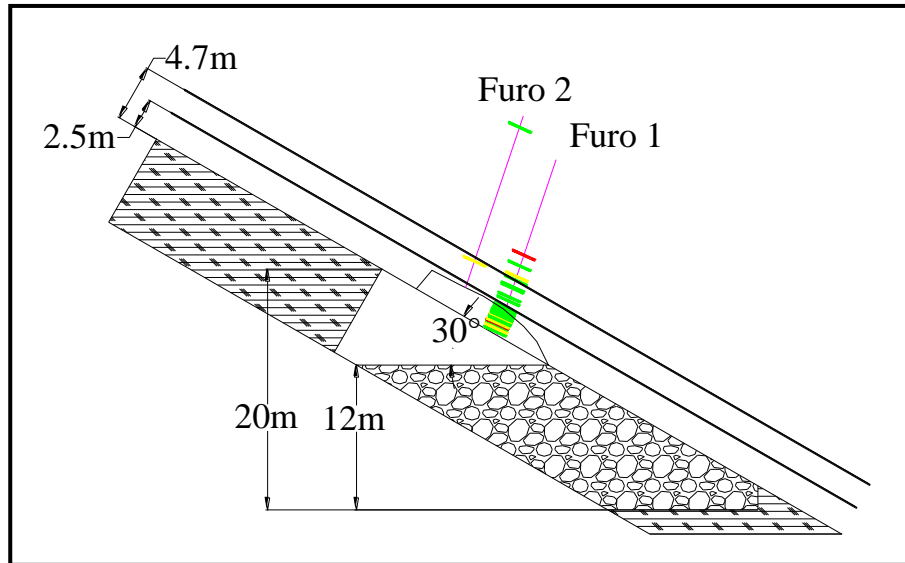


Figura 4.38- Visualização das quebras e cisalhamentos identificados nos furos 1 e 2, e vigas com espessuras de 2,5 e 4,7m.

Considerando as informações descritas anteriormente, os dados utilizados para o cálculo de estabilidade utilizando a analogia de voussoir podem se visualizados na tabela 4.5. Para o cálculo do vão ao longo do HW foi considerada a pior situação, o vão após a detonação sem a realização do aterro subsequente e a adição de 6m devido à consideração de que o aterro funcione, abaixo desta medida, como limite rígido.

Para o cálculo do módulo de elasticidade do maciço rochoso foi utilizada a fórmula empírica apresentada por Hoek *et al.* (2001) para rochas com resistência à compressão uniaxial menor do que 100MPa:

$$E_m \text{ (GPa)} = (1 - D/2) \times ((\sigma_{ci}/100)^{1/2}) \times 10^{((GSI - 10) / 40)} \quad (4.1)$$

Onde D (fator de distúrbio por detonação) é considerado 0, considerando uma boa detonação; σ_{ci} é a resistência à compressão da rocha intacta, considerada 63 MPa para o filito grafitoso. O GSI (índice de resistência geológica), segundo Hoek, pode ser obtido a partir do RMR_{89} (Bieniawski, 1989) por meio da relação $GSI = RMR_{89} - 5$. O autor, porém, considera que o fator de correção relacionado à orientação da escavação e a família

principal de descontinuidade deve ser desconsiderada, como foi bem relatada na dissertação de Barbosa, 2008. Assim, o $GSI = RMR_{89}$ (desconsiderando o fator de orientação) -5. Para o cálculo do GSI foi utilizada a média do RMR do HW obtido para o bloco 7 do realce 10.2 FGS (ver tabela 4.1). O RMR_{89} encontrado, desconsiderando o fator de orientação, é 64 $((65+63)/2)$.

Tabela 4.5- Parâmetros utilizados para o cálculo utilizando a analogia de voussoir.

Parâmetros	Simulação 1	Simulação 2
Espessura da viga (m)	2,5	4,7
Vão da escavação ao longo HW (m)	25	25
Valor de RMR	64	64
GSI	59	59
Módulo de elasticidade do maciço (GPa)	13,3	13,3
Resistência à compressão uniaxial (MPa)	63	63
Peso específico da rocha (KN/m ³)	28	28

Dentro da simulação 1 foram considerados cabos de aço em malha de $1,5 \times 1,5m^2$, com resistência máxima à tração, para cada cabo, de 20tf. Para a simulação 2 também foi considerada malha de $1,5 \times 1,5m^2$, mas com resistência de aderência de 25tf. A simulação com 20tf de resistência máxima, para cada cabo, foi realizada devido a resistência de aderência entre cabo/argamassa/rocha. Alguns testes para obtenção da resistência de aderência foram realizados, 24h após a instalação, em 2008, 2009 e 2010, e indicaram uma resistência aproximada de aderência de cerca de 20tf/m para cabos entre 2 e 3m de comprimento (Figura 4.39 e 4.40). A realização de testes após 24h, relativa à instalação, é feita devido à permissão para detonação após este prazo.

Considerando os resultados dos testes apresentados nas figuras 4.39 e 4.40, e considerando a solicitação da viga da simulação 1, com espessura de 2,5m, os cabos não romperiam, já que o elo mais fraco, para esta espessura, é a resistência de aderência, assim a viga escorregaria pelos cabos quando a força solicitada alcançasse 20tf.

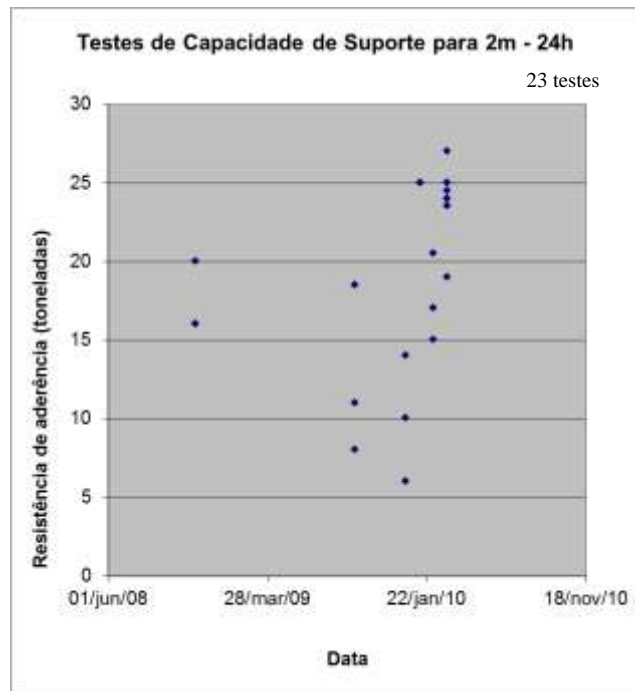


Figura 4.39- Resultados de resistência de aderência para testes realizados na mina com cabos de 2m de comprimento.

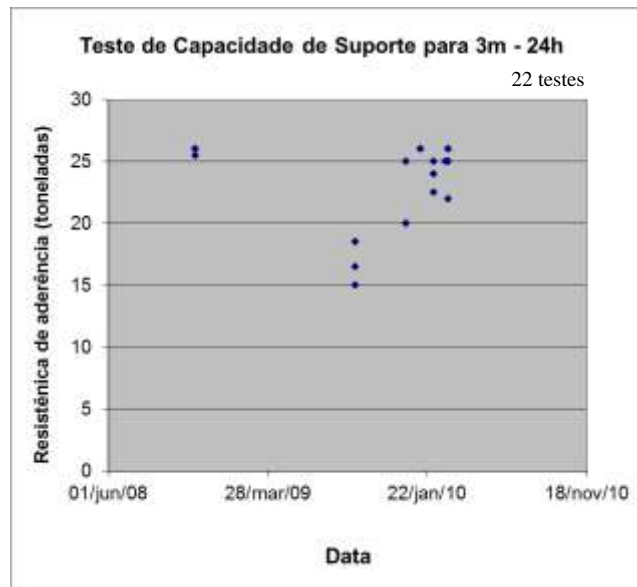


Figura 4.40- Resultados de resistência de aderência para testes realizados na mina com cabos de 3m de comprimento.

Para ambas as simulações a tensão de suporte triangular foi utilizada, recomendada para

suporte passivo. O cálculo da tensão do suporte foi realizado dividindo a força de resistência máxima de tração do cabo pela área de atuação do mesmo (Figura 4.41). Assim, a tensão encontrada foi de $8,9\text{tf/m}^2$ ($20\text{tf}/2,25\text{m}^2$), 87,1 KPa, para a simulação 1, e $11,1\text{tf/m}^2$ ($25\text{tf}/2,25\text{m}^2$), 109 KPa, para a simulação 2.

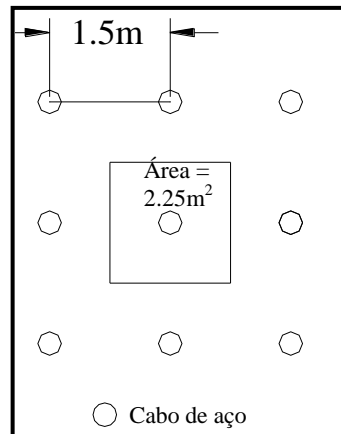


Figura 4.41- Visualização da área de atuação para cada cabo na malha $1,5 \times 1,5\text{m}^2$.

Na tabela 4.6 podem-se visualizar os parâmetros de entrada para o cálculo utilizando a analogia de vousoir, além dos resultados obtidos para as duas simulações (todos os valores podem ser vistos no anexo 3). Em destaque, na tabela supracitada, o coeficiente de segurança relativo à ruptura por esmagamento, com valor de 369,7 e 80,8, respectivamente referentes à simulação 1 e 2, demonstram uma situação bastante estável para a área. O limite de flambagem, também em destaque na mesma tabela, com valor de 2%, demonstra alta estabilidade do local de estudo, já que a plastificação da viga é iniciada a partir de 35%.

Os resultados apresentados não são concordantes com as análises realizadas pelos extensômetros e pelo televisionamento de furos. Os dados apresentados anteriormente, originados dos extensômetros e das imagens do televisionamento de furos, indicam a instabilização do *hanging wall* no local de estudo. A discordância entre as análises de estabilidade, utilizando a analogia de vousoir e a interpretação dos dados coletados na mina, pode estar relacionada às frequentes intercalações de xistos com propriedades diferentes no interior do *hanging wall*. Estas intercalações podem proporcionar uma sobrecarga devido à ruptura de camadas sobrepostas com resistências menores, como pode ser visualizada na figura 4.37, além da possibilidade de a sobrecarga ser causada por

deslocamentos diferenciados ocasionados por diferenças entre os módulos de elasticidades das rochas que formam as vigas.

Tabela 4.6 – Parâmetros utilizados no cálculo da analogia de voussoir, para a simulação 1 e 2, além dos resultados obtidos.

Parâmetros	Simulação 1	Simulação 2
Vão (S)	25 m	25 m
Espessura da viga (T)	2,5 m	4,7 m
Módulo de elasticidade do maciço rochoso (E_m)	13,3 GPa	13,3 GPa
Peso específico (γ)	28 KN/m ³	28 KN/m ³
Ângulo de mergulho do <i>Hanging wall</i> (φ)	30°	30°
Resistência à compressão uniaxial (σ_c)	63 MPa	63 MPa
Tensão de suporte (P)	87,1 Kpa	109 Kpa
Peso específico efetivo	24248,71 N/m ³	24248,71N/m ³
Tensão triangular de suporte	1022,04 N/m ³	8787,72 N/m ³
Tensão compressiva máxima (F'm)	170,42 KPa	779,522 KPa
N'	0,75	0,75
Braço de alavanca (Z')	1249,43 mm	2348,59 mm
Braço de alavanca inicial (Z'o)	1250 mm	2350 mm
Limite de flambagem	2%	2%
Fator de segurança para esmagamento	369,7	80,8
Deflexão no centro do vão (δ)	0,57 mm	1,41 mm
Deslocamento no colapso (0.25T)	625 mm	1175 mm
Deslocamento no início da plastificação (0.1T)	250 mm	470 mm

As intercalações frequentes de vigas formadas por diferentes rochas, como pode ser visto na figura 4.34, aliado aos deslocamentos em rochas com diferentes módulos de elasticidades, que vão à até 11m para dentro do *hanging wall*, como poder visto na figura 4.26, pode explicar o insucesso da análise de estabilidade realizada pela analogia de voussoir, além da possibilidade da escolha inadequada das espessuras das vigas estudadas.

Outro fator importante, que pode minimizar as diferenças obtidas entre os métodos analisados, é referente à perda de resistência de aderência, entre cabo e argamassa, descrita por Kaiser *et al.* (1992), ocasionada pela mudança do módulo de elasticidade do maciço rochoso e, principalmente, pela perda de tensão ao redor dos cabos ao longo da lavra.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

O estudo apresentado, com monitoramento iniciado no final de 2007 e finalizado em meados de 2010, trabalhou, com maior detalhamento, os dados obtidos por meio de extensômetros e televisionamento de furos no realce 10.2 Fonte Grande Sul, além de avaliar a analogia de voussoir como ferramenta de estudo de estabilidade.

Por meio do televisionamento dos furos foi possível estudar o comportamento do maciço rochoso ao longo da lavra, classificando os níveis de quebras e cisalhamentos identificados. Foi possível detectar que o mecanismo de cisalhamento, entre a xistosidade, é bastante significativo, principalmente em áreas com indícios de instabilidade. A direção do cisalhamento é variada, podendo ocorrer ao longo do mergulho e ao longo da direção da xistosidade. Foi possível identificar que as intercalações de xistos grafitosos em clorita/sericita xistos são frequentes e que, às vezes, não apresentam continuidade ao longo do mergulho das camadas.

Por meio dos dados obtidos pelos extensômetros, instalados ao lado dos furos de filmagem, foi possível associar quebras e cisalhamentos aos deslocamentos detectados. A distinção entre deslocamentos ocasionados por cisalhamentos e os ocorrido ao longo do eixo do extensômetro não foi possível, mas uma comparação de magnitude dos deslocamentos em área instável e estável foi realizada, como pode ser visualizada na figura 4.26. Para a condição instável, em cerca de 130 dias o deslocamento na ancoragem instalada a 2 m para dentro do *hanging wall* foi de aproximadamente 6,5 cm, enquanto que o deslocamento detectado para a condição estável, para o mesmo ponto, foi cerca de 3 cm em 700 dias.

A identificação em tempo hábil, pelos extensômetros e pelas imagens obtidas pelo televisionamento de furos, da área com indícios de instabilização, permitiu que medidas fossem realizadas para a estabilização do local. O sucesso alcançado após a execução das

medidas de estabilização, atestado pelos monitoramentos, comprovam a eficiência dos extensômetros e televisionamentos de furos como ferramentas importantes na minimização do risco de desarticulações do *hanging wall* na mina Cuiabá.

Foi possível identificar, por meio de extensômetros instalados no *hanging wall* que foram soterrados no realce 10.2 Fonte Grande Sul, que o aterro, hidráulico e mecânico, inibe de maneira eficiente o deslocamento do maciço rochoso após cerca de 3m de coluna vertical de aterro, ou, para o caso em estudo, cerca de 6m ao longo do mergulho da camada.

A análise realizada pelo cálculo utilizando a analogia de voussoir, para a área estudada com extensômetros e televisionamento de furos, indicou uma situação bastante estável do *hanging wall*. Este resultado é discordante com os dados obtidos pelo monitoramento. A diferença entre as análises de estabilidade, voussoir e monitoramento, pode estar associada às frequentes intercalações de rochas com diferentes propriedades elásticas e de resistências que foram identificadas no interior do *hanging wall*, além da possibilidade de escolha inadequada das espessuras das vigas estudadas.

A perda de resistência de aderência devido à diminuição do módulo de elasticidade do maciço rochoso ao longo da lavra, evidenciada pelos cisalhamentos e quebras identificadas pelo televisionamento de furos, e, principalmente, pela diminuição de tensão confinante ao redor dos cabos de aço, pode minimizar a diferença entre os resultados obtidos pelas análises de estabilidade realizadas. Esta perda de aderência pode ser muito significativa, como relatada por Kaiser et al. (1992).

A análise realizada por meio da analogia de voussoir, considerando os dados utilizados, não demonstrou ser eficiente para o estudo de estabilidade do *hanging wall* da área de estudo. Esta ineficiência pode, ainda, estar relacionada à simplificação de cálculos do método que não leva em consideração as tensões paralelas às vigas.

É importante ressaltar que Ferreira (2008), em sua dissertação intitulada “Modelagem Computacional dos Realces de Lavra da Mina Cuiabá, com Vista ao Dimensionamento da

Malha de Cabos de Contenção”, estudou o mesmo local de lavra, 10.2 Fonte Grande Sul, objeto deste trabalho. Na avaliação realizada por Ferreira, cabos com comprimento de 20 m, com malha que varia de $2,5 \times 2,5\text{m}^2$ e $1,0 \times 1,0\text{m}^2$, deveriam ser utilizados para a garantia de estabilidade do local. Atualmente a lavra encontra-se finalizada em grande parte deste local. Foram utilizados cabos com comprimento de 9.6 m e malha de $1,5 \times 1,5 \text{ m}^2$, com exceção da área aqui estudada, onde a malha foi reduzida temporariamente para $1,0 \times 1,0 \text{ m}^2$. Com o dimensionamento do suporte utilizado, não foi registrada desarticulação nesta escavação.

Recomenda-se a realização de estudos com cálculos de vigas sobrepostas, com materiais com propriedades diferentes, para uma possível validação deste método de estabilidade.

A quantificação da perda de resistência de aderência entre cabo e argamassa, ao longo da lavra, deve ser realizada. Este estudo é de fundamental importância para a mina, pois em muitas desarticulações foi possível identificar o deslizamento de blocos rochosos ao longo dos cabos de aço, sugerindo uma resistência de aderência inadequada.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Barbosa, E.S. (2008) *Avaliação do Suporte com Cabos de Aço na Mina Cuiabá (Sabará-MG)*, Dissertação de Mestrado, Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas, UFOP, Ouro Preto, Minas Gerais, 154p.

Bawden, W.F., Dennison, S., Lausch, P. (2000). *Lessons in control of mine costs from instrumented cable bolt support cases*, NARMS, Seattle, Washington, USA: 633-640.

Berr, G., Meek, J.L. (1982). *Design curves for roofs and hanging-wall in bedded rock based "voussoir" beam and plate solution*, Trans. Inst. Min. Metall, 91: A18-A22. Apud Diederichs, M.S., Kaiser, P.K. (1999a).

Brady, B.H.G, Brown, E.T. (1993). *Rock mechanics for underground mining*, Chapman and Hall, 571 p. Apud Diederichs, M.S., Kaiser, P.K. (1999a).

Brady, B.H.G., Brown, E.T. *Rock Mechanics for Underground Mining*, 3^o edição, New York: Springer Science, , 2006, 628p.

Coetzer, S., Sellers, E. (2004). *Measurement of Rock Stress at Cuiabá Gold Mine Brazil*. CSIR, Relatório Interno da AngloGold Ashanti.

Condie, K.C. (1981). *Archean Greenstone Belts*, Amsterdam, Elsevier, 434p. Apud Toledo, C.L.B. (1997).

Corlett, A.V. (1956). *Rock Bolting in the Voussoir Beam: The Use of Rock Bolts in Ground Support*, CIM Bull, pp. 88-92. Apud Diederichs, M.S., Kaiser, P.K. (1999a).

Costello, G.A., Phillips, J.W. (1976). *Effective Modulus of Twisted Wire Cables*. J. of the Engineering Mechanics Division, ASCE, 102 (EM1), 171-180p. Apud Hutchinson, D.J, Diederichs, M.S. (1996).

Diederichs, M.S., Kaiser, P.K. (1999a). *Stability of Large Excavations in Laminated Hard Rock Masses: The Voussoir Analogue Revisited*, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Canada, v. 36, 97-117p.

Diederichs, M.S., Kaiser, P.K. (1999b). *Tensile Strength and Abutment Relaxation as Failure Control Mechanisms in Underground Excavations*, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Canada, v. 36, 69-96p.

Dunnicliff, J. (1988). *Geotechnical instrumentation for monitoring field performance*, Wiley Interscience, New York. 577p.

- Evans, W.H. (1941). *The Strength of Undermined Strata*, Tans. Inst. Min. Metall, 50: 475-500. Apud Diederichs, M.S., Kaiser, P.K. (1999a).
- Fayol, M. (1985). *Sur Les Movements de Terrain Provoques par l'Exploitation des Mines*, Bull. Soc. Indust. Min., 14: 818. Apud Diederichs, M.S., Kaiser, P.K. (1999a).
- Ferreira, A. M., (2008). *Modelagem Computacional dos Realces de Lavra da Mina Cuiabá, com Vista ao Dimensionamento da Malha de Cabos de Contenção*, Dissertação de Mestrado, Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas, UFOP, Ouro Preto, Minas Gerais, 175p.
- Fortes, P.T.F.O., Gonçalves, F.T.T., Takaki, T. (1994). *Estudo Preliminar de Isótopos Estáveis de C em Rochas Carbonosas de "Greenstone Belts" Arqueanos Brasileiros*. 38º Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário de Camboriú, SBG, 3: 139-140. Apud Toledo, C.L.B. (1997).
- Germain, P. (1995). *Introduction des nouvelles technologies en Contrôle de Terrain à la Mine Louvicourt*, 10º Colloque Controle de Terrain, Quebec, Canadá, 9p. Apud Hutchinson, D.J, Diederichs, M.S. (1996).
- Goodman, R.E. (1989). *Introduction to Rock Mechanics*, 2º ed., John Willeu & Sons, New York, USA, 562p.
- Hoek, E. (2001). *Rock Mass Properties for Underground Mines*, Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies, Colorado, USA, 20p.
- Hutchinson, D. J. (1992). *A Field Investigation of Cable Bolt reinforcement of Open Stopes at Ansil Mine*, PhD Thesis, Departament of Civil Engineering, University of Toronto, Ontario, Canada, 470p. Apud Hutchinson, D.J, Diederichs, M.S. (1996).
- Hutchinson, D.J., Grabinsky, M.W. (1992). *Back Analysis of Stope Stability at Ansil Mine Using Instrumentation data and Numerical Modelling*, Rock Support, Rotterdam, Netherlands, 167-176p. Apud Hutchinson, D.J, Diederichs, M.S. (1996).
- Hutchinson, D.J, Diederichs, M.S. (1996). *Cablebolting in Underground Mines*, Bitech Publishers Ltd, British Columbia, Canadá, 406p.
- Milne, D., (1996). *Underground Design and Deformation Based on Surface Geometry*, PhD. Thesis, Mining Department, University of British Columbia, Canada. Apud Diederichs, M.S., Kaiser, P.K. (1999a).
- Obert, L., Duvall, W.I. (1966) *Rock mechanics and the design of structures in rock*, John Wiley and Sons, 649 p. Apud Diederichs, M.S., Kaiser, P.K. (1999a).

Kaiser, P.K., Yazici, S., Nosé, J. (1992). *Effect of Stress Change on the Bond Strength of Fully Grouted Cables*, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech, vol. 29, n° 3, 293-306.

Kaiser, P.K., Yazici, S. (1992). *Bond Strength of Grouted Cable Bolts*, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech, vol. 29, n° 3, 279-292.

Ran, J.Q., Passaris E.K.S., Mottahed, P. (1994). *Shear sliding failure of the jointed roof in laminated rock mass*, Rock Mech. Rock Eng., 27: 235-286. Apud Diederichs, M.S., Kaiser, P.K. (1999a).

Sterling, R.L. (1980). *The ultimate load behaviour of laterally constrained rock beams. The state of the art in rock mechanics*, 21st Symposium on Rock Mechanics, pp. 533-575. Apud Diederichs, M.S., Kaiser, P.K. (1999a).

Stimpson, B., Ahmed, M. (1992). *Failure of a linear Voussoir arch: a laboratory and numerical study*, Can. Geotech. J., Canada, 29: 188-282.

Tod, J., LAUSCH, P. (2003). *Interpreting and Troubleshooting SMART Instrumentation, 18^o AMQ Ground Control Colloque, Val d'Or, Quebec, Canadá.*

Toledo, C.L.B. (1997). *Controle Estrutural da Mineralização Aurífera na Mina de Cuiabá, Setor Noroeste do Greenstone Belt Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, MG.* Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UNICAMP, Campinas, São Paulo, 166p.

Vial, D.S. (1980). *Mapeamento Geológico do Nível 03 da Mina Cuiabá.* Relatório interno da AngloGold Ashanti, 21p.

Vieira, F.W.R., Oliveira, G.A.I. (1988) *Geologia do Distrito Aurífero de Nova Lima, Minas Gerais.* Apud Toledo, C.L.B. (1997).

Vieira, F.W.R. (1988). *Processos Epigenéticos de Formação dos Depósitos auríferos e zonas de alteração hidrotermal do Grupo Nova Lima, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.* Apud Toledo, C.L.B. (1997).

Vieira, F.W.R. (1991a). *Textures and Processes of Hydrothermal Alteration and Mineralisation in the Nova Lima Group, Minas Gerais, Brazil.* Proceedings of Gold 91, Rotterdam, Netherlands, 319-325. Apud Toledo, C.L.B. (1997).

Vieira, F.W.R. (1992) *Geologia da Mina Cuiabá, níveis 03 e 04.* Relatório interno da AngloGold Ashanti, 23p. Apud Toledo, C.L.B. (1997).

ANEXO I





PARÂMETROS DA CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA

Local	Rocha	Fratura/m	Espaçamento médio entre descontinuidades (m)	RQD	RCU (MPa)	Bieniawski, 1989 - RMR - Pontuação						Sistema Q										
						Resistência	RQD	Espaçamento descontinuidades	Padrão das descontinuidades	Ação da água	Correção por direção das descontinuidades	Valor RMR	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	a	b	c	Q
Ponto 1	Filito grafítico	6,0	0,17	88	63	7	17	8	16	15	-10	53	88	6	0,5	1	1	5	14,6	0,5	0,20	1,46
Ponto 2	Filito grafítico	8,0	0,13	81	63	7	17	8	11	15	-10	48	81	6	1	1	1	5	13,5	1,0	0,20	2,70
Ponto 3	Filito grafítico	8,0	0,13	81	63	7	17	8	11	15	-10	48	81	6	1	1	1	5	13,5	1,0	0,20	2,70
Ponto 4	Filito grafítico	7,0	0,14	84	63	7	17	8	10	15	-10	47	84	4	0,5	1	1	5	21,1	0,5	0,20	2,11
Ponto 5	Sericita xisto (X2)	4,0	0,25	94	66	7	20	10	15	15	-10	57	94	3	1,5	1	1	5	31,3	1,5	0,20	9,38
Ponto 6	Filito grafítico	4,0	0,25	94	63	7	20	10	13	15	-10	55	94	6	1	1	1	5	15,6	1,0	0,20	3,13
Ponto 7	Filito grafítico	5	0,20	91	63	7	20	8	13	15	-10	53	91	6	1	1	1	5	15,2	1,0	0,20	3,03
Ponto 8	Sericita xisto (X2)	8	0,13	81	66	7	17	8	11	15	-10	48	81	6	1	1	1	5	13,5	1,0	0,20	2,70

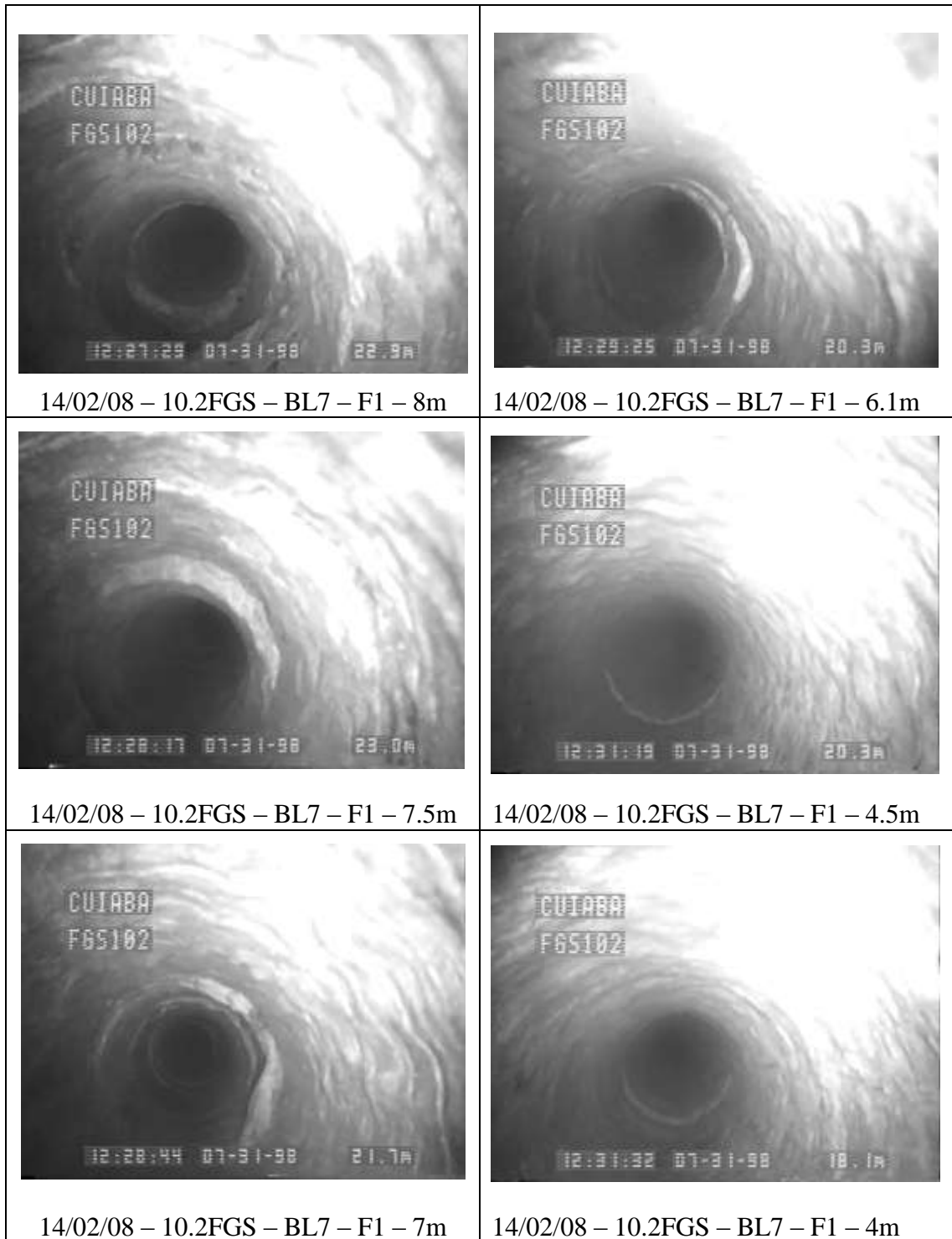
ANEXO II

IMAGENS DE QUEBRAS E CISALHAMENTOS OBTIDAS PELO TELEVISIONAMENTO DE FUROS

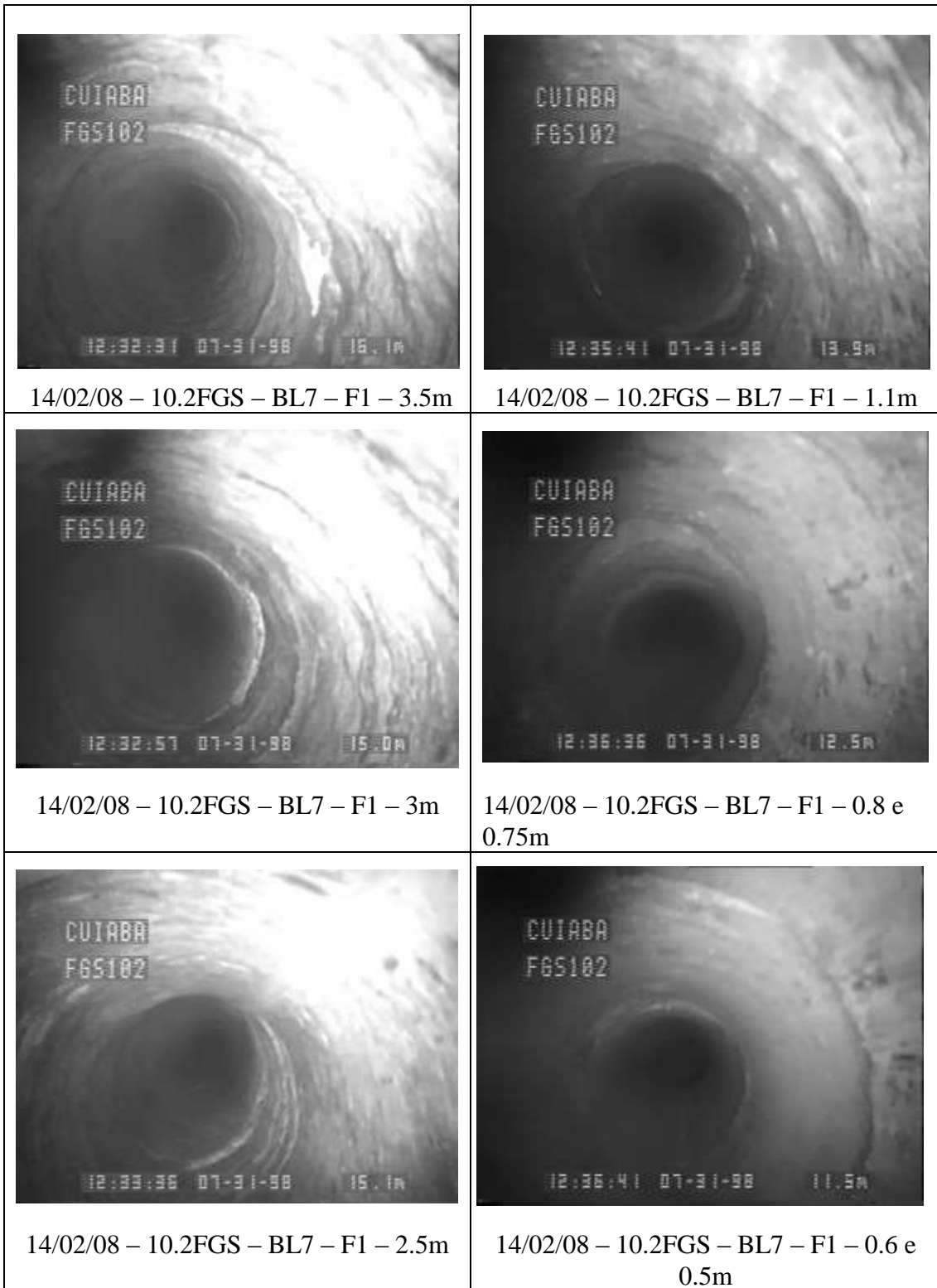
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 1 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 29/01/08.

	
<p>29/01/08 – 10.2FGS – BL7 – F1 – 7m</p>	<p>29/01/08 – 10.2FGS – BL7 – F1 – 0.05m</p>
	
<p>29/01/08 – 10.2FGS – BL7 – F1 – 1.1m</p>	
	
<p>29/01/08 – 10.2FGS – BL7 – F1 – 0.5m</p>	

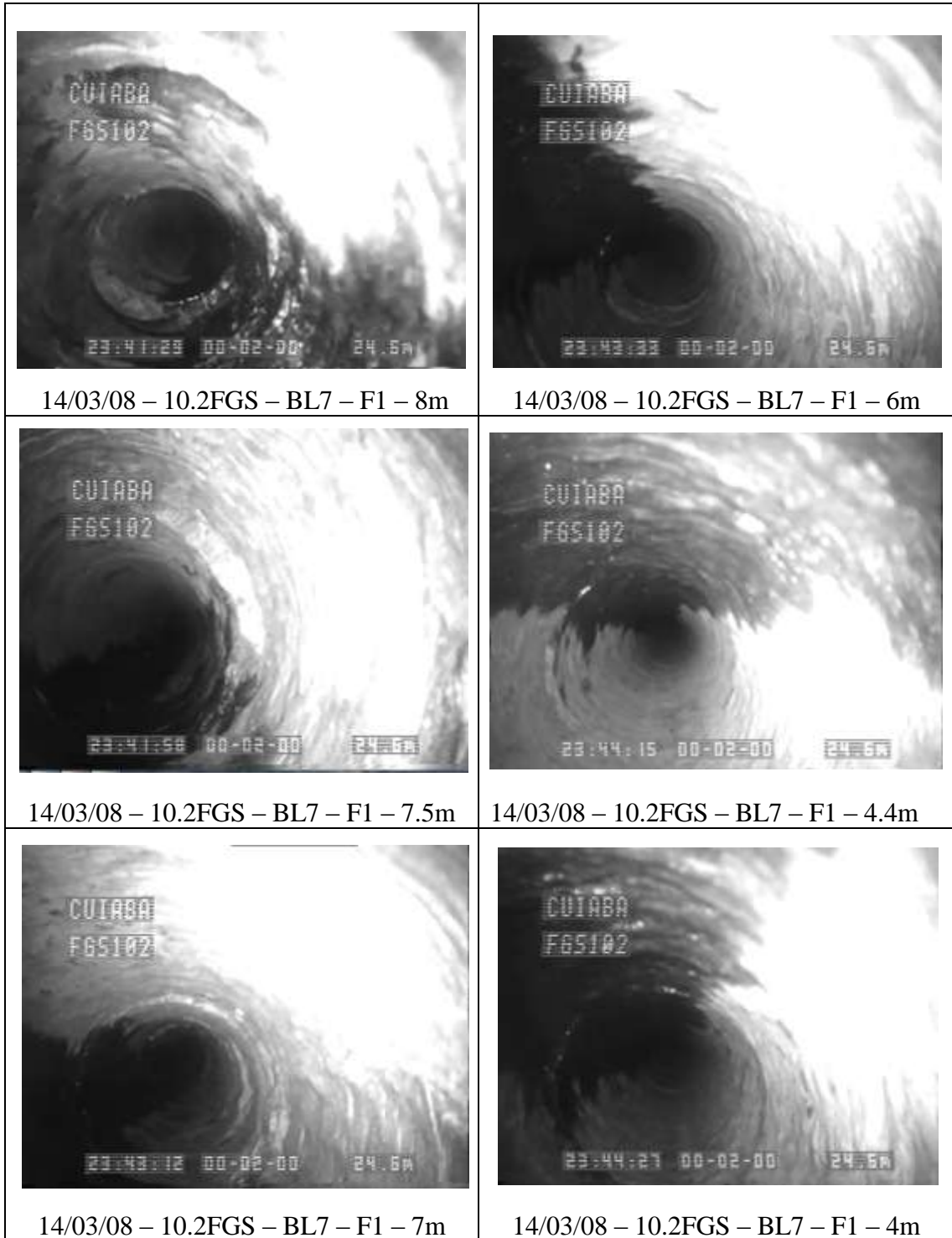
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 1 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 14/02/08.



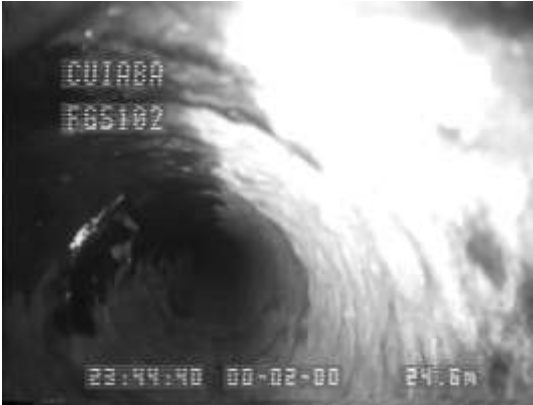




Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 1 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS - 14/02/08.



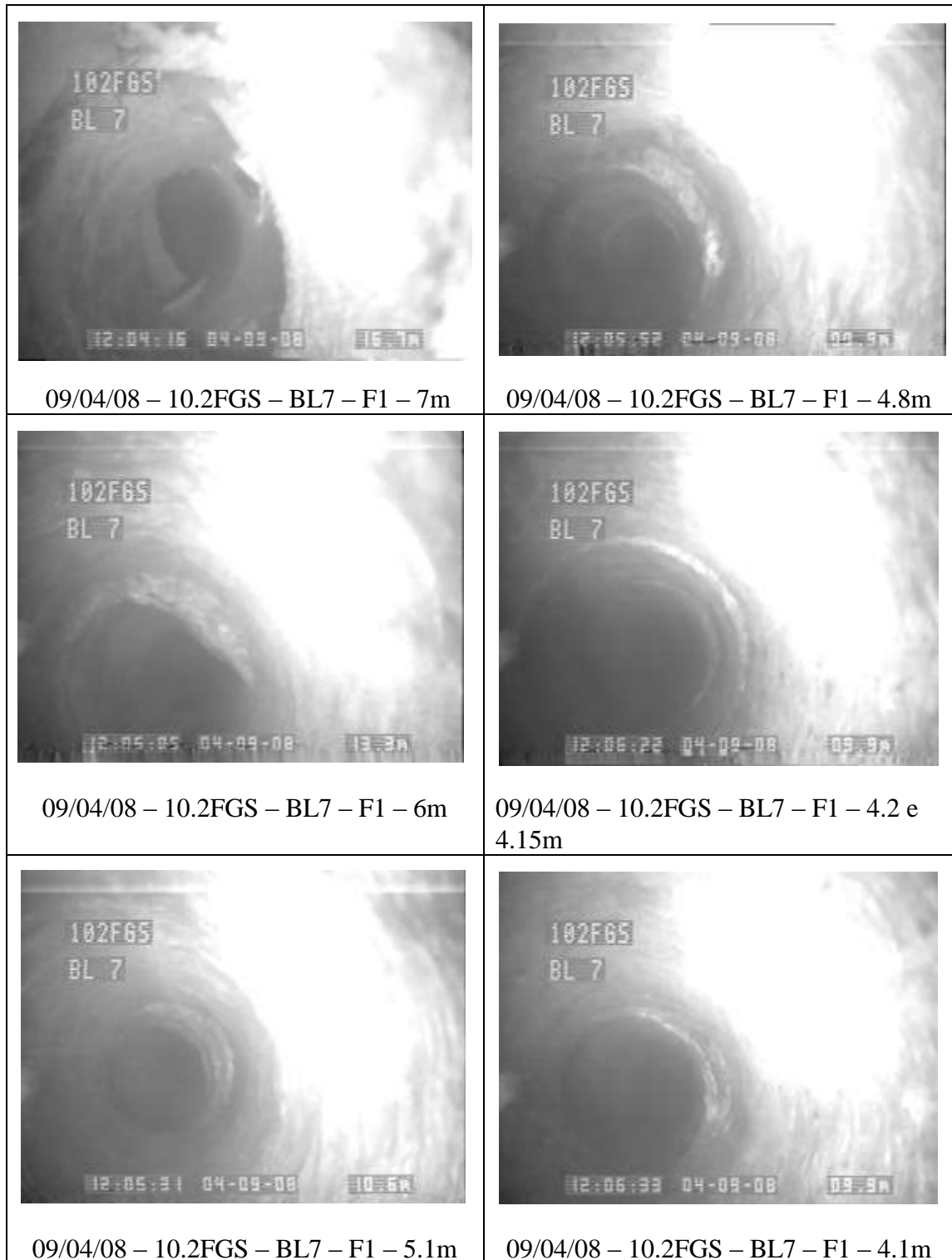
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 1 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 14/03/08.



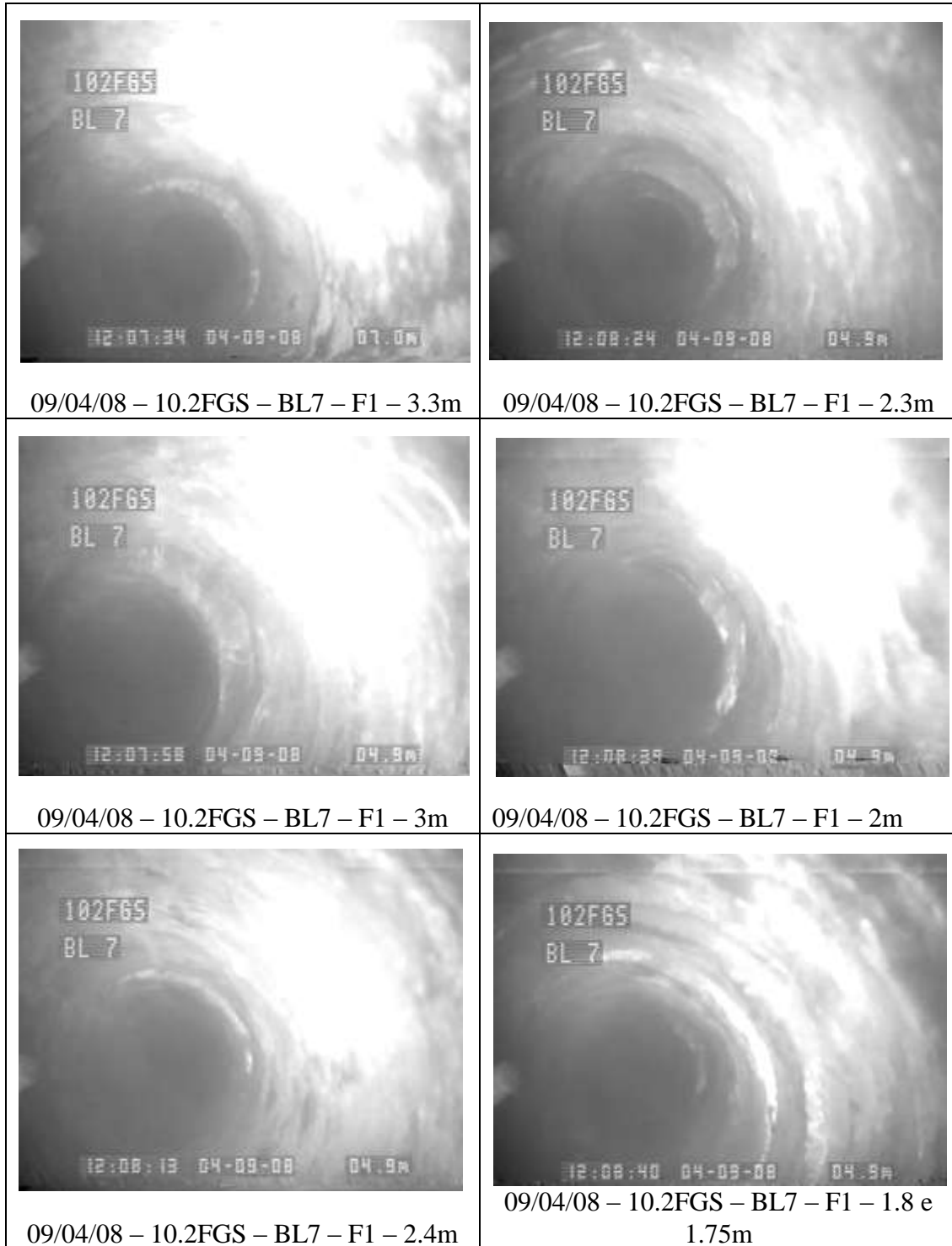
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 1 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 14/03/08.

	
14/03/08 – 10.2FGS – BL7 – F1 – 3.5m	14/03/08 – 10.2FGS – BL7 – F1 – 0.8 e 0.75m
	
14/03/08 – 10.2FGS – BL7 – F1 – 3m	14/03/08 – 10.2FGS – BL7 – F1 – 0.6 e 0.5m
	
14/03/08 – 10.2FGS – BL7 – F1 – 1.1m	

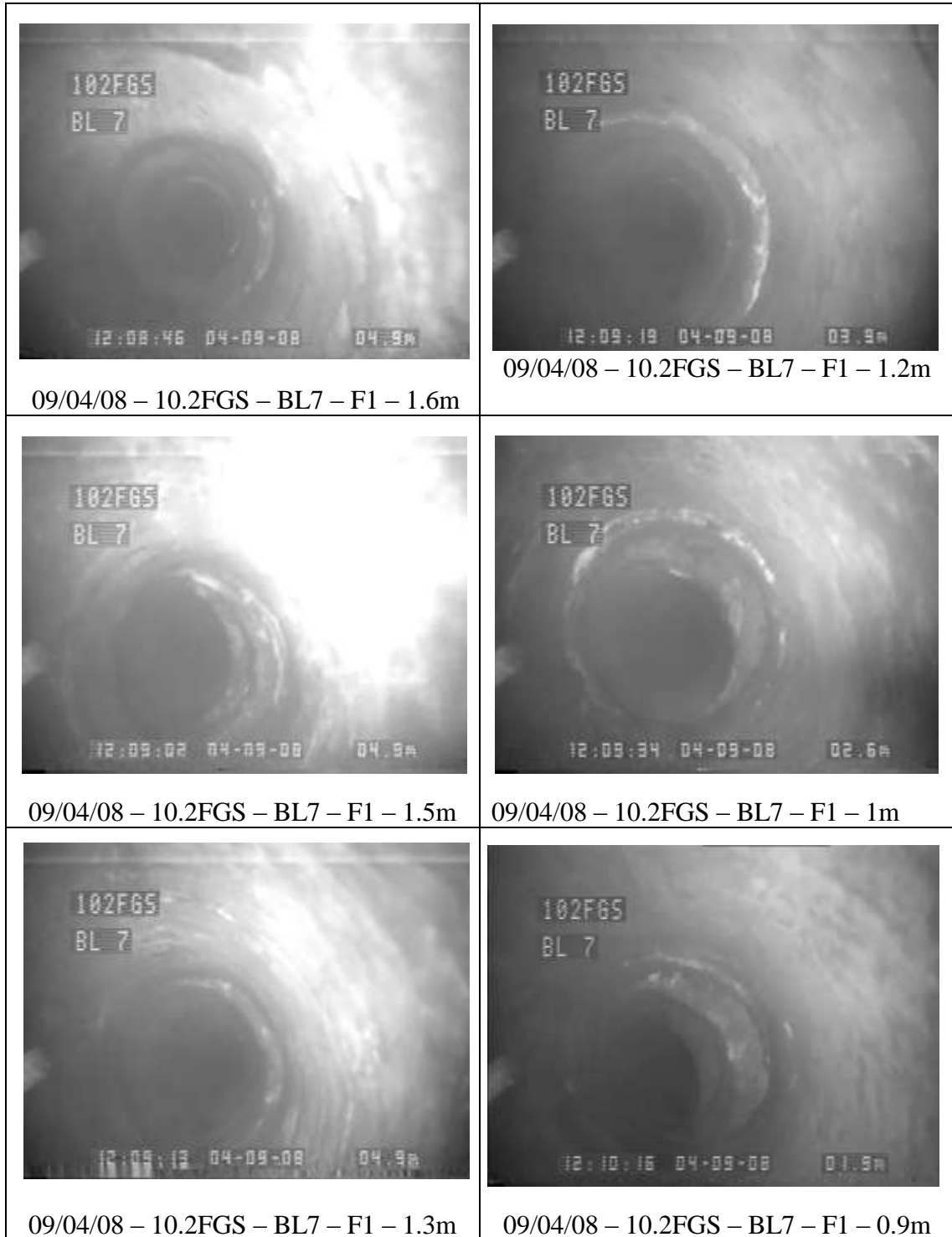
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 1 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 09/04/08.






Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 1 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 09/04/08.





Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 1 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 09/04/08.



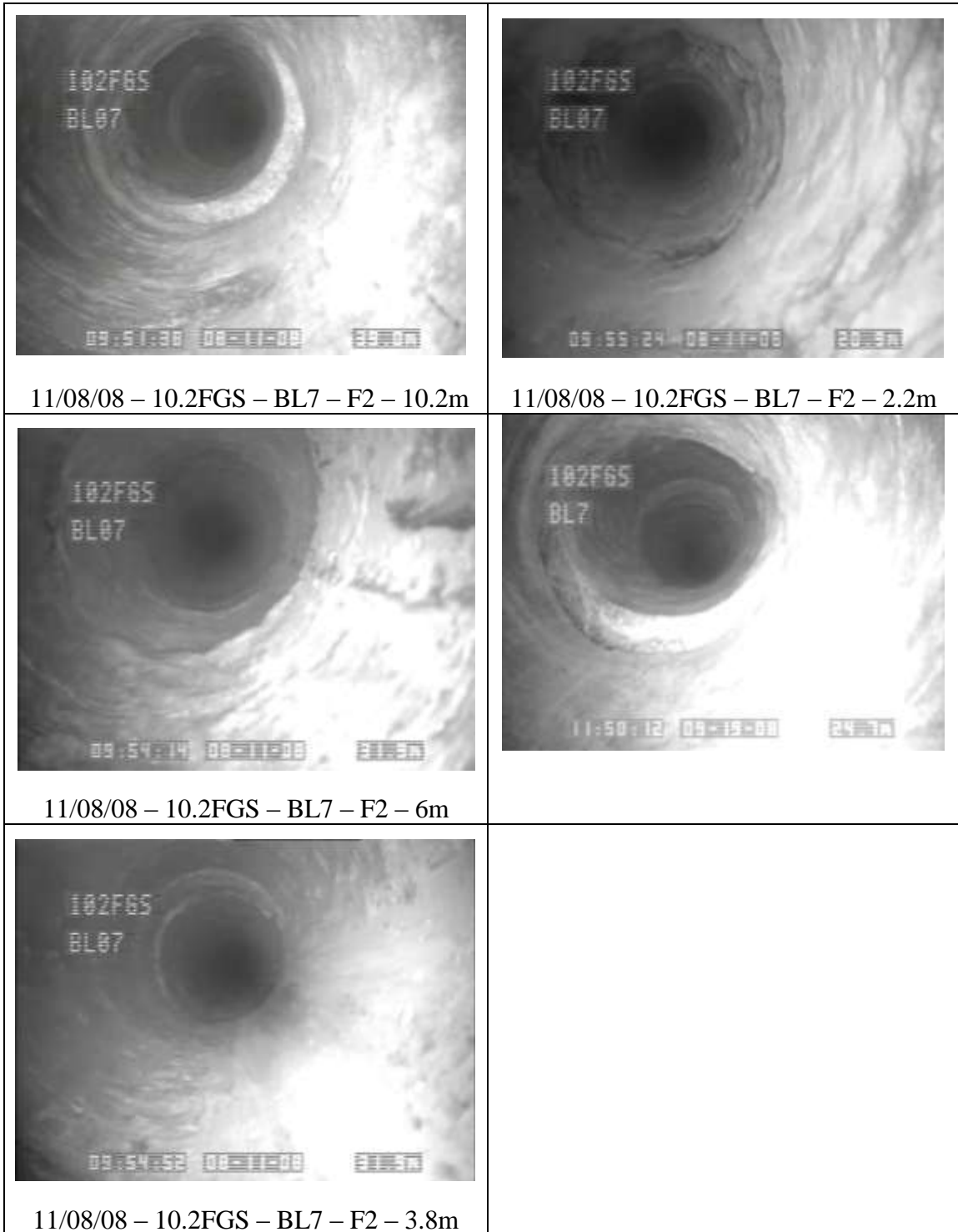
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 1 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 09/04/08.

	
<p>09/04/08 – 10.2FGS – BL7 – F1 – 0.8m</p>	
	
<p>09/04/08 – 10.2FGS – BL7 – F1 – 0.5m</p>	
	
<p>09/04/08 – 10.2FGS – BL7 – F1 – 0.2m</p>	

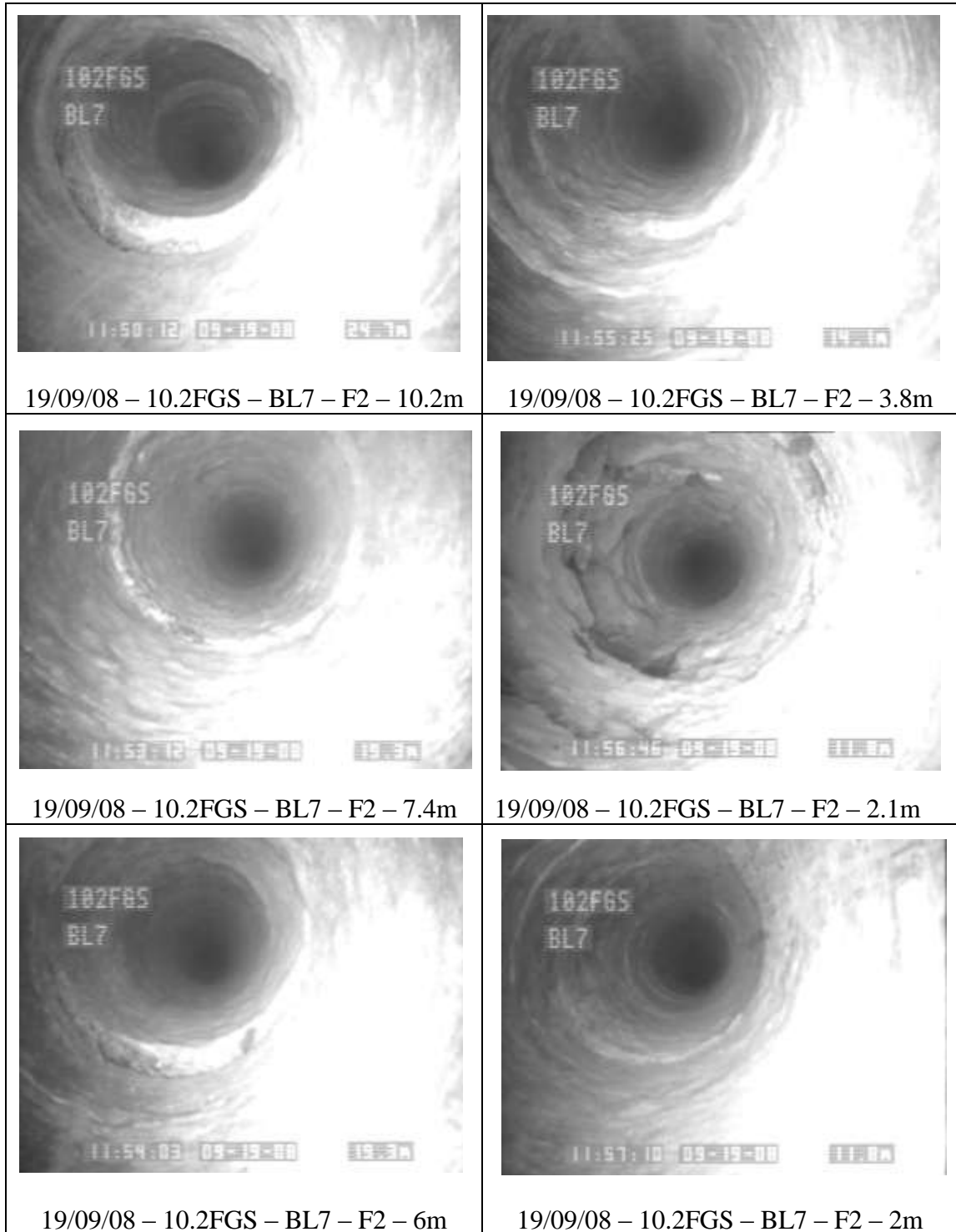
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 2 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 04/06/08.

	
<p>04/06/08 – 10.2FGS – BL7 – F2 – 14m</p>	
	
<p>04/06/08 – 10.2FGS – BL7 – F2 – 2.2m</p>	

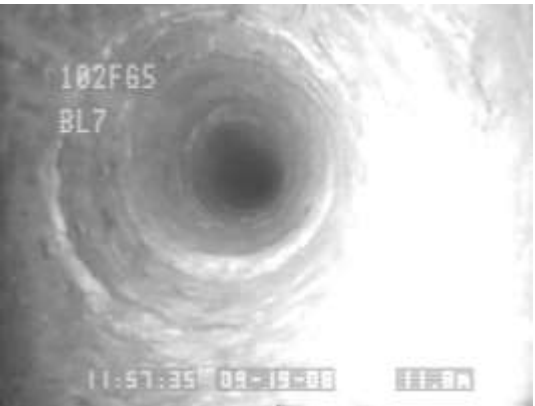
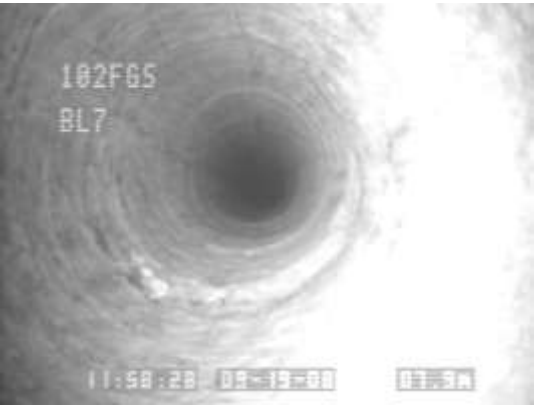
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 2 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 11/08/08.



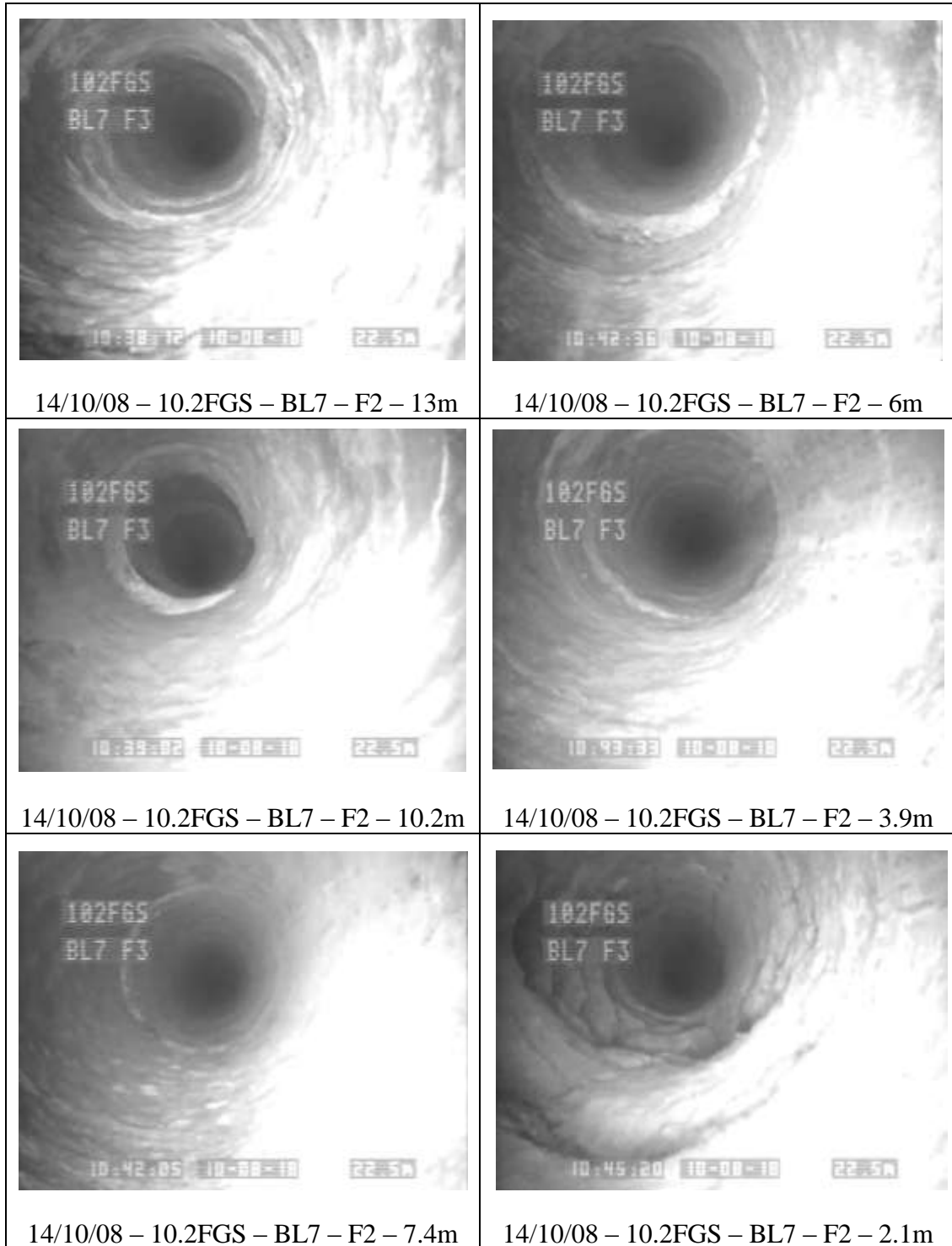
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 2 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 19/09/08.



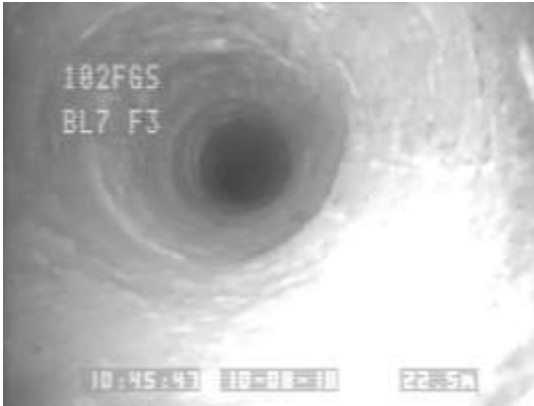
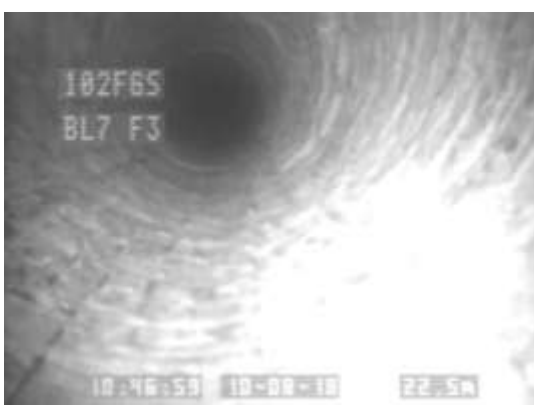


Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 2 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 19/09/08.

	
<p>19/09/08 – 10.2FGS – BL7 – F2 – 1.6m</p>	
	
<p>19/09/08 – 10.2FGS – BL7 – F2 – 0.2m</p>	

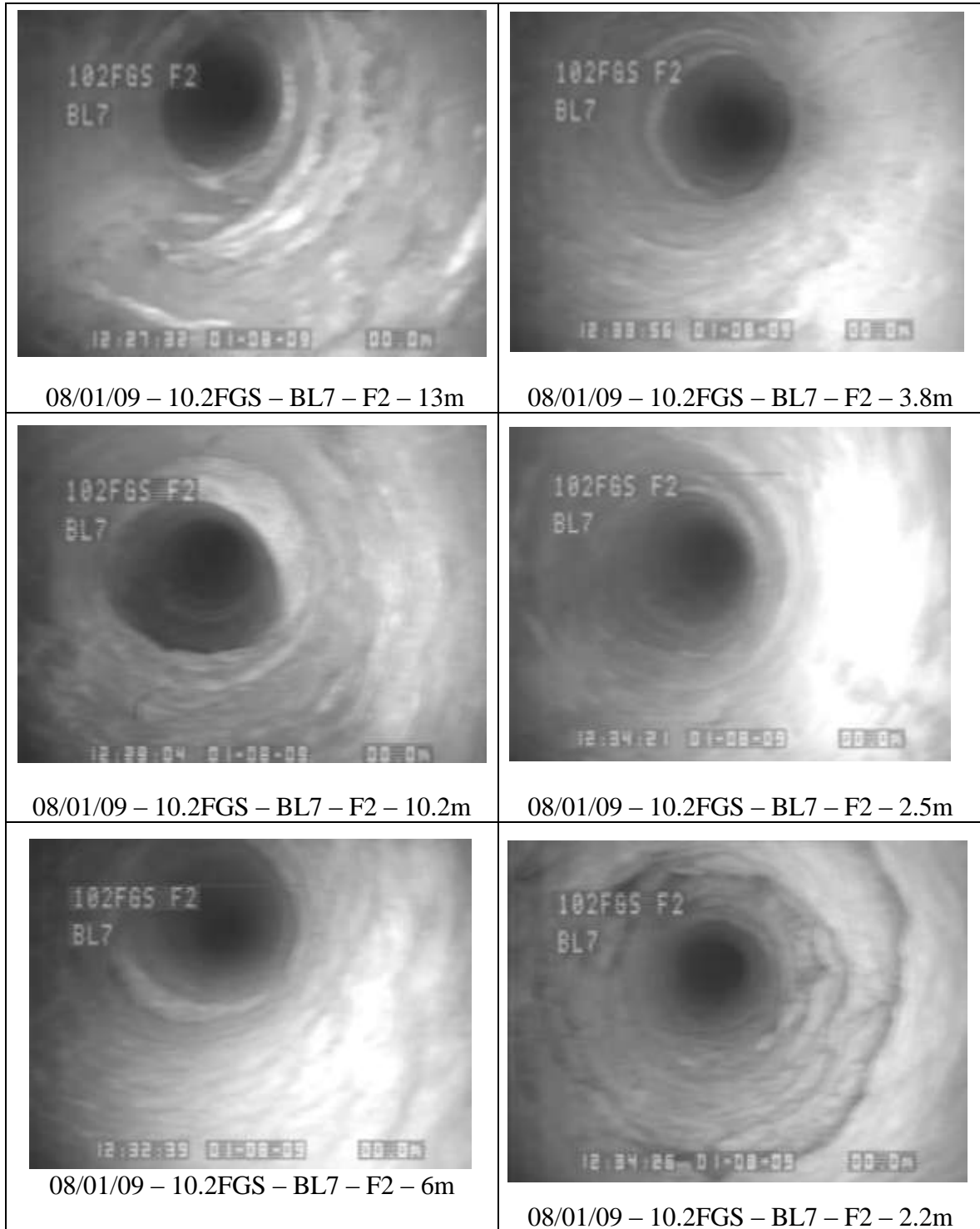
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 2 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 14/10/08.



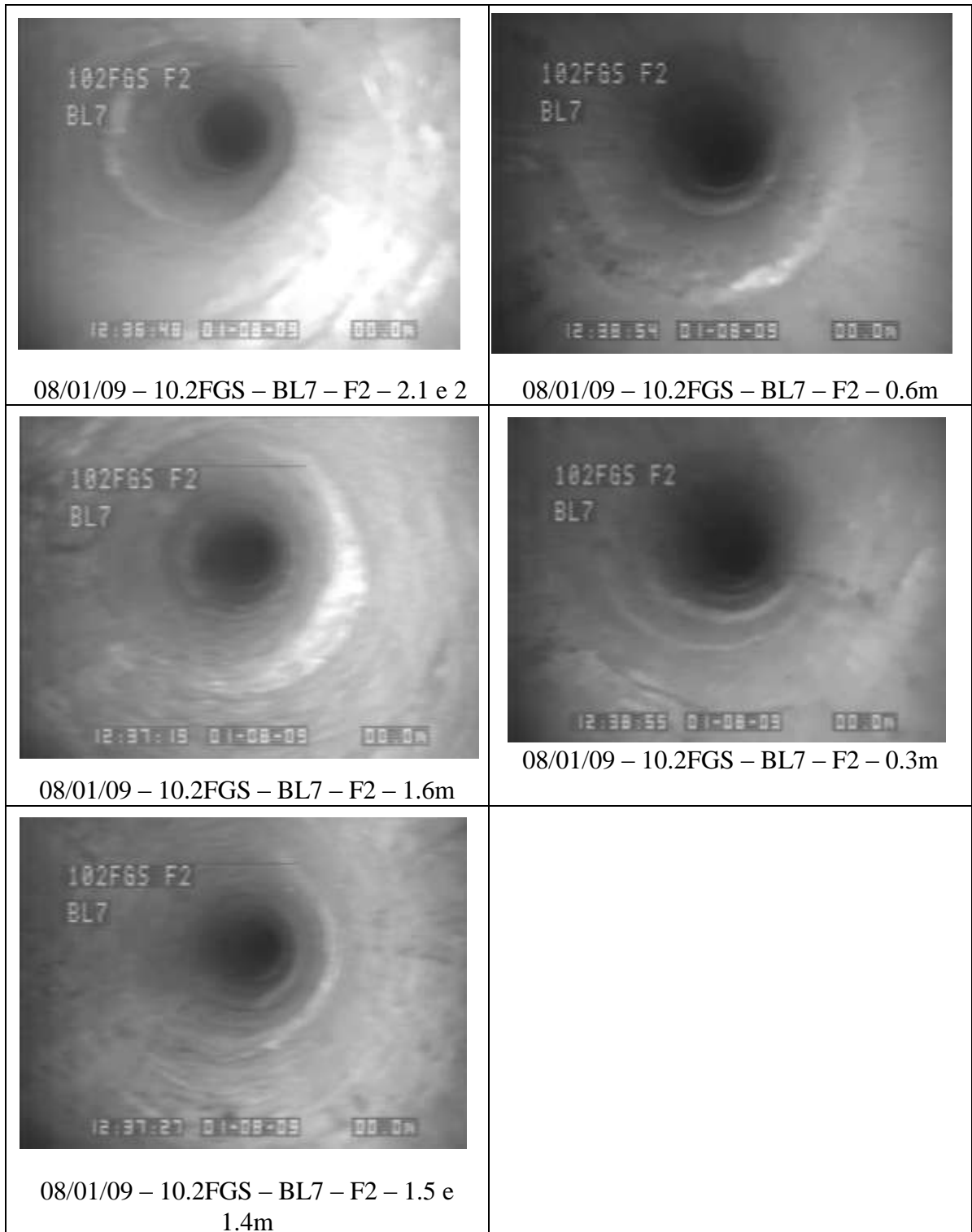
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 2 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 14/10/08.

	
<p>14/10/08 – 10.2FGS – BL7 – F2 – 2m</p>	<p>14/10/08 – 10.2FGS – BL7 – F2 – 0.2m</p>
	
<p>14/10/08 – 10.2FGS – BL7 – F2 – 1.6m</p>	
	
<p>14/10/08 – 10.2FGS – BL7 – F2 – 1.4m</p>	

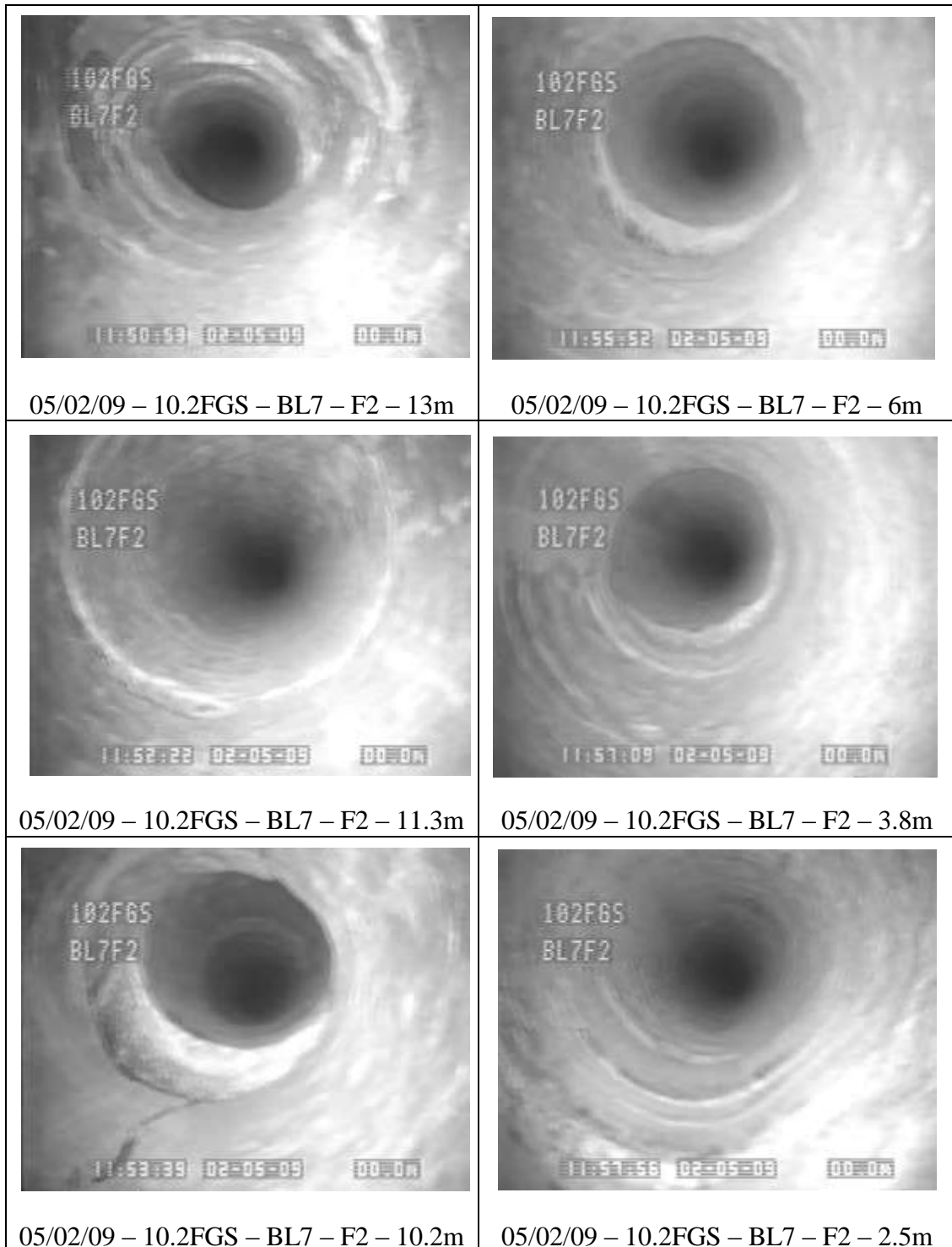
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 2 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 08/01/09.



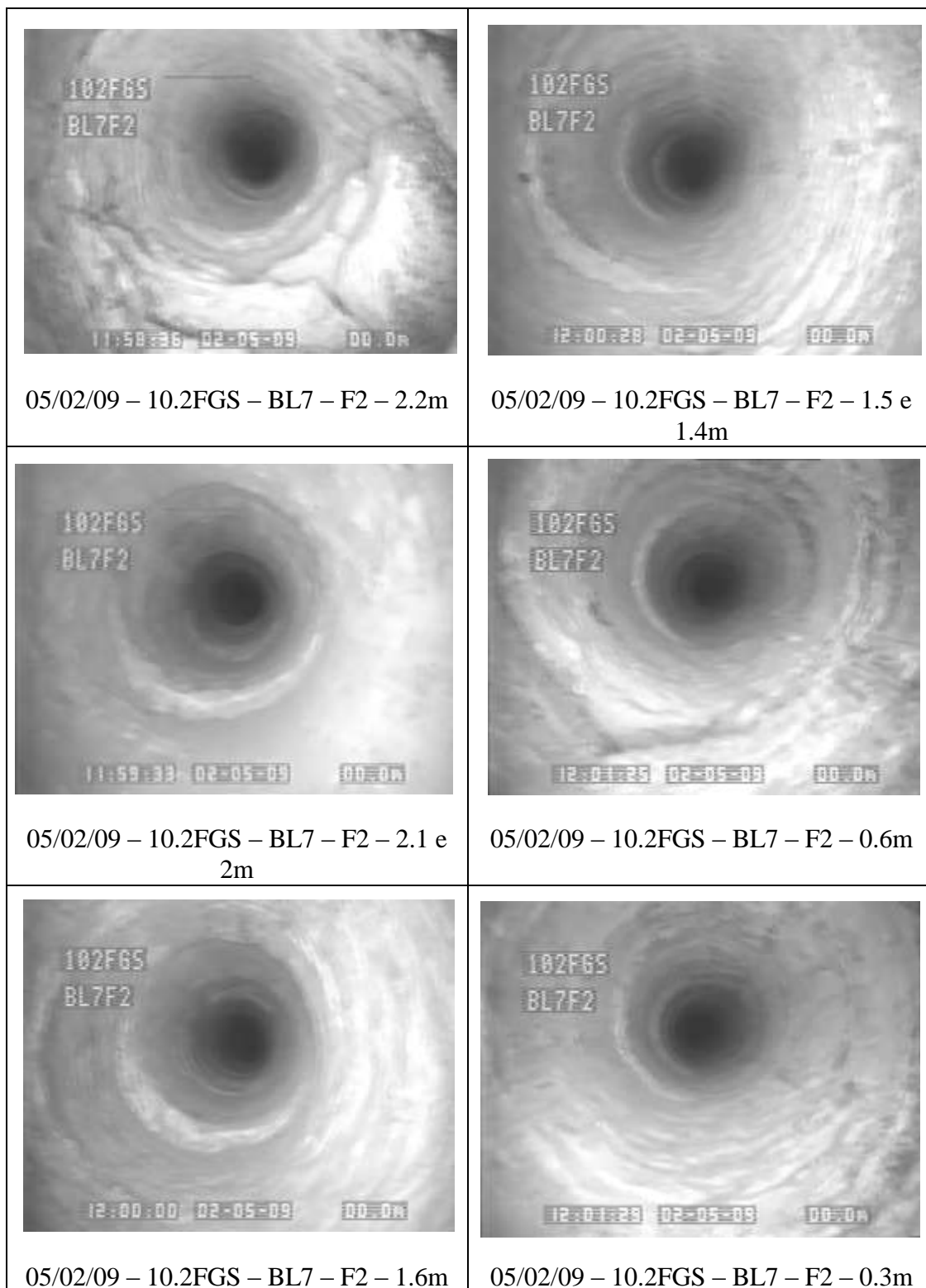
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 2 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 08/01/09.



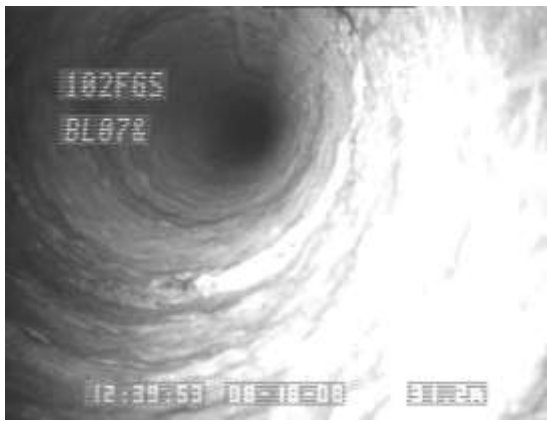
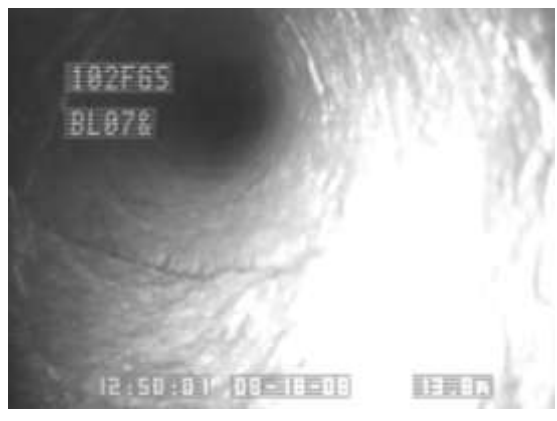
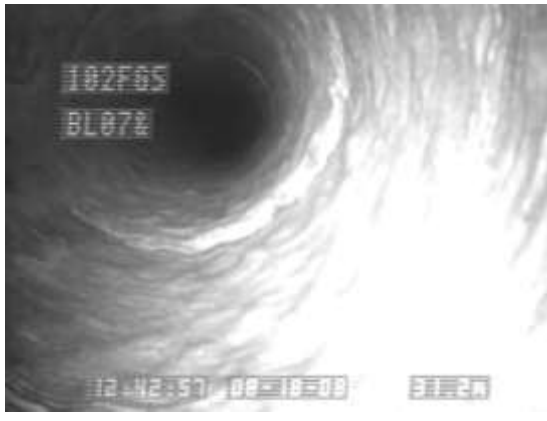
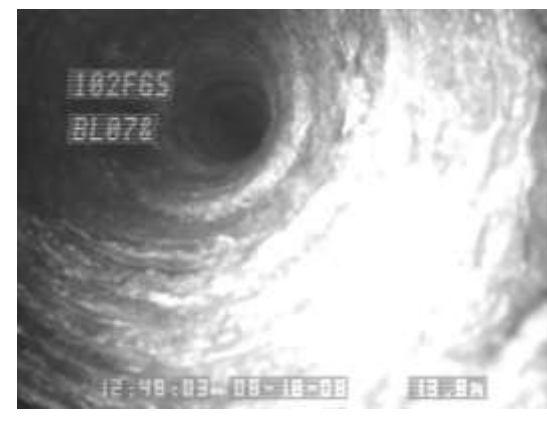
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 2 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 05/02/09.



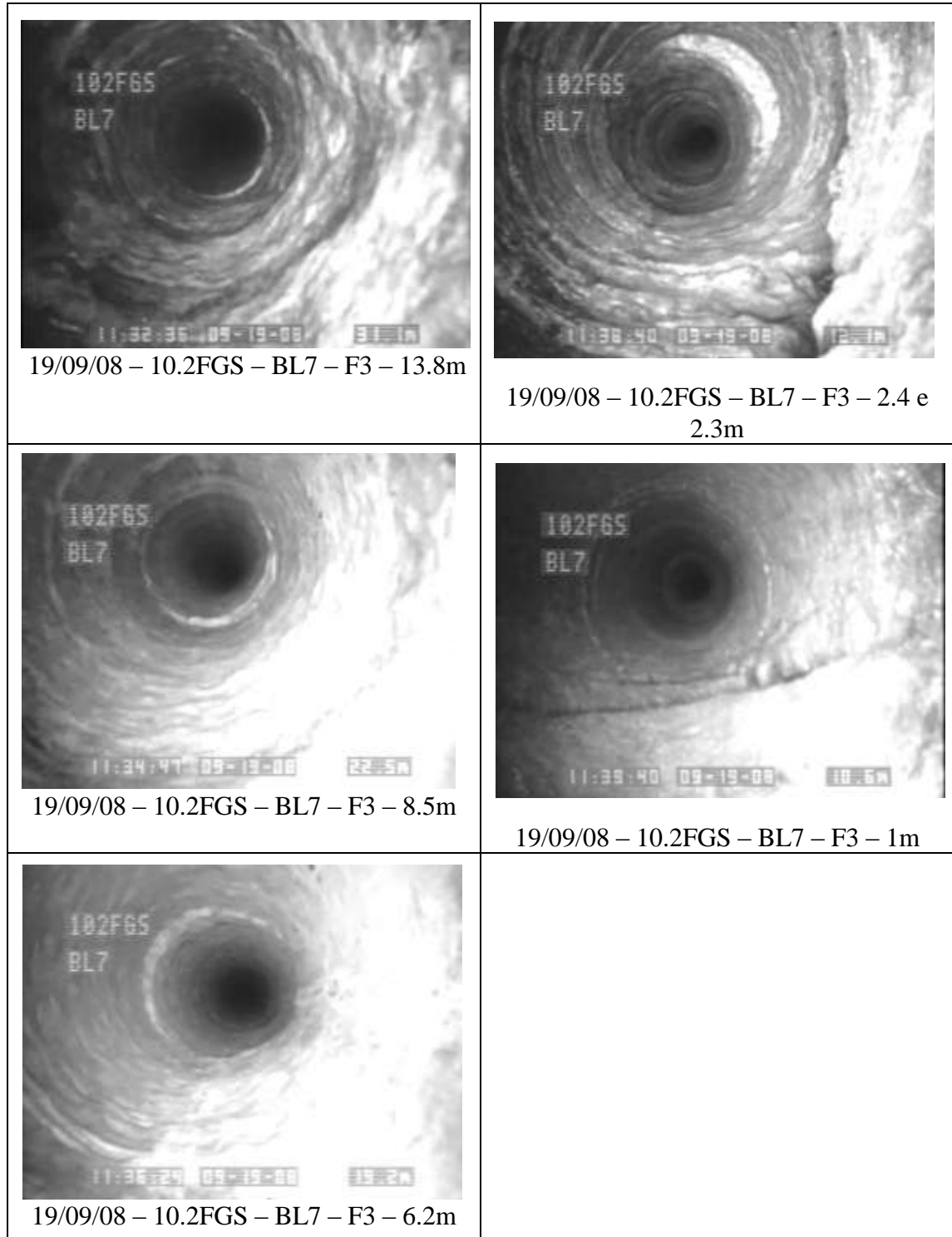
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 2 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS – 05/0/09.




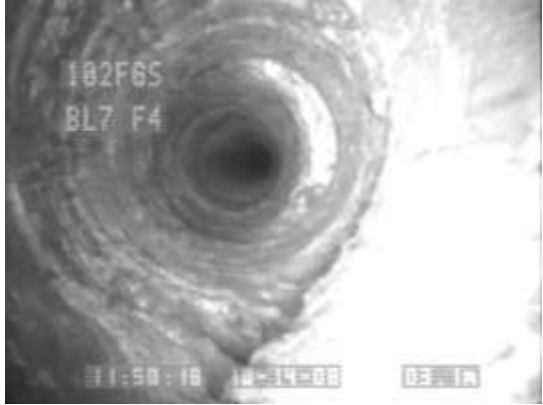
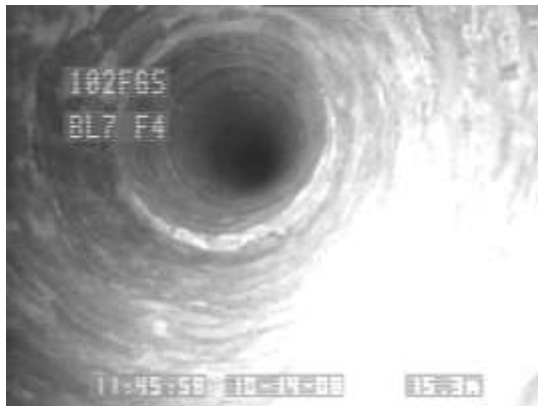
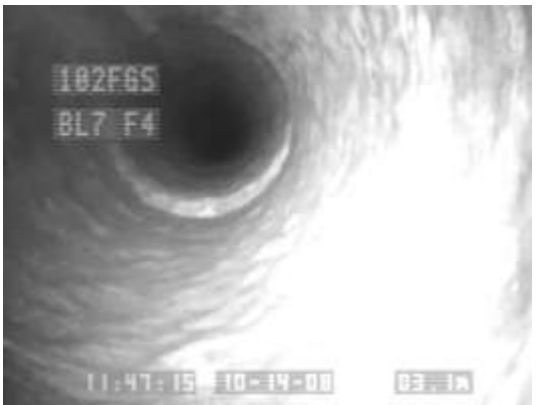
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 3 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 18/08/08.

	
18/08/08 – 10.2FGS – BL7 – F3 – 8.3m	18/08/08 – 10.2FGS – BL7 – F3 – 0.3m
	
18/08/08 – 10.2FGS – BL7 – F3 – 6.2m	
	
18/08/08 – 10.2FGS – BL7 – F3 – 2.5m	

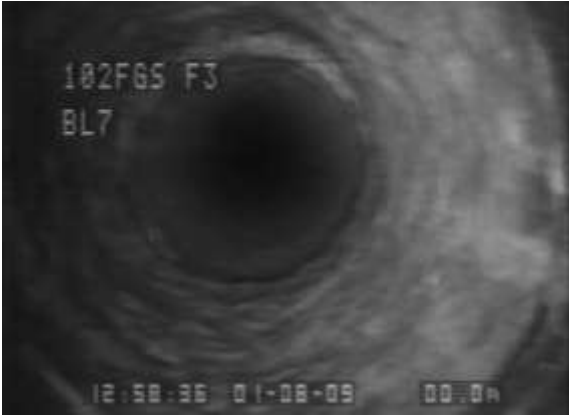

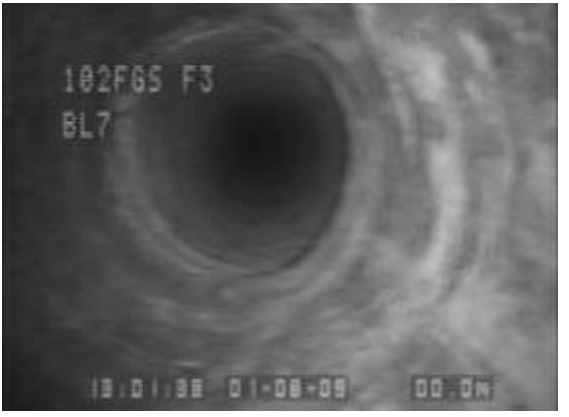

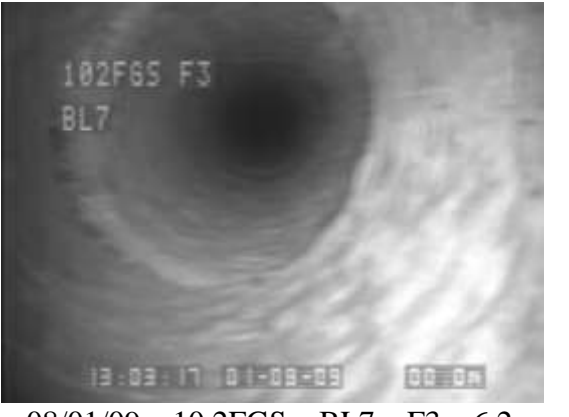
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 3 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 19/09/08.



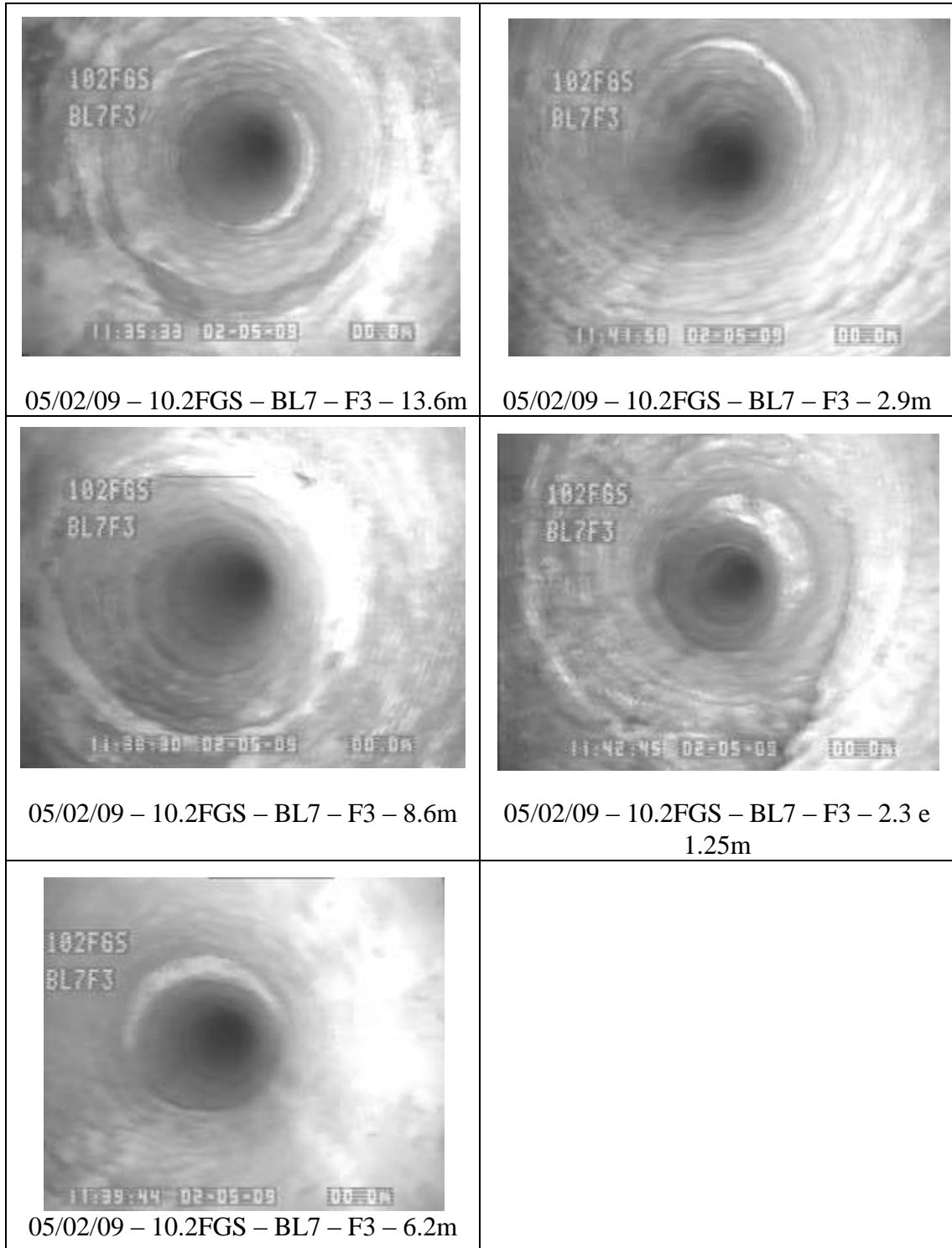
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 3 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 14/10/08.

	
<p>14/10/08 – 10.2FGS – BL7 – F3 – 13.8m</p>	<p>14/10/08 – 10.2FGS – BL7 – F3 – 2.5 e 2.4m</p>
	
<p>14/10/08 – 10.2FGS – BL7 – F3 – 8.5m</p>	
	
<p>14/10/08 – 10.2FGS – BL7 – F3 – 6.2m</p>	

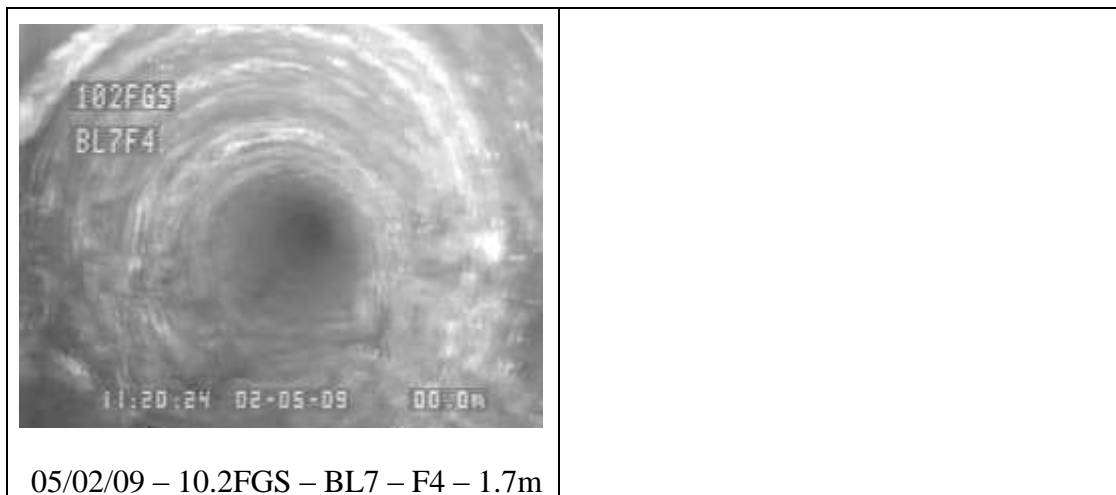
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 3 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 08/01/09.

	
08/01/09 – 10.2FGS – BL7 – F3 – 13.8m	08/01/09 – 10.2FGS – BL7 – F3 – 2.3 e 2.25m
	
08/01/09 – 10.2FGS – BL7 – F3 – 8.6m	08/01/09 – 10.2FGS – BL7 – F3 – 1m
	
08/01/09 – 10.2FGS – BL7 – F3 – 6.2m	

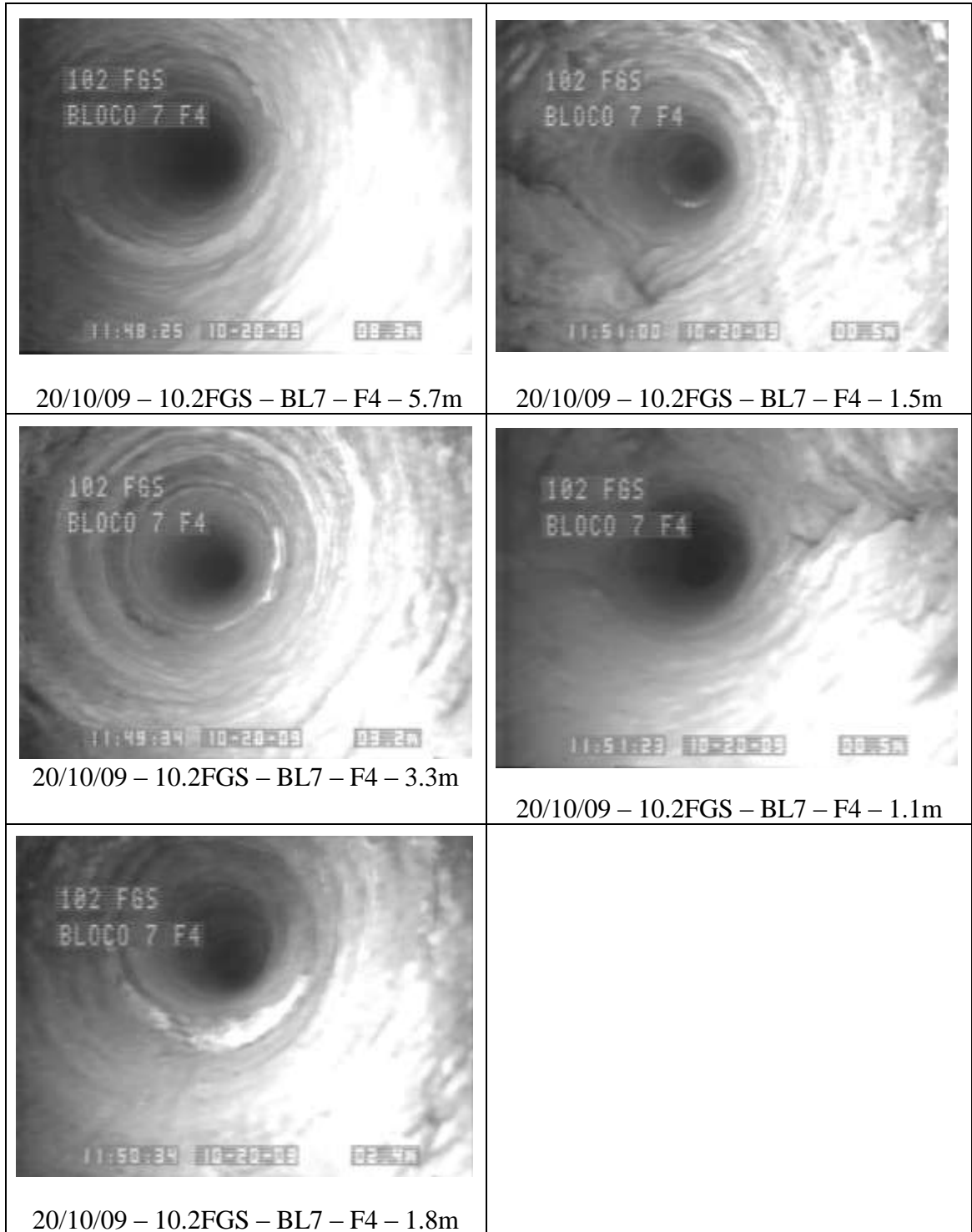
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 3 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 05/02/09.



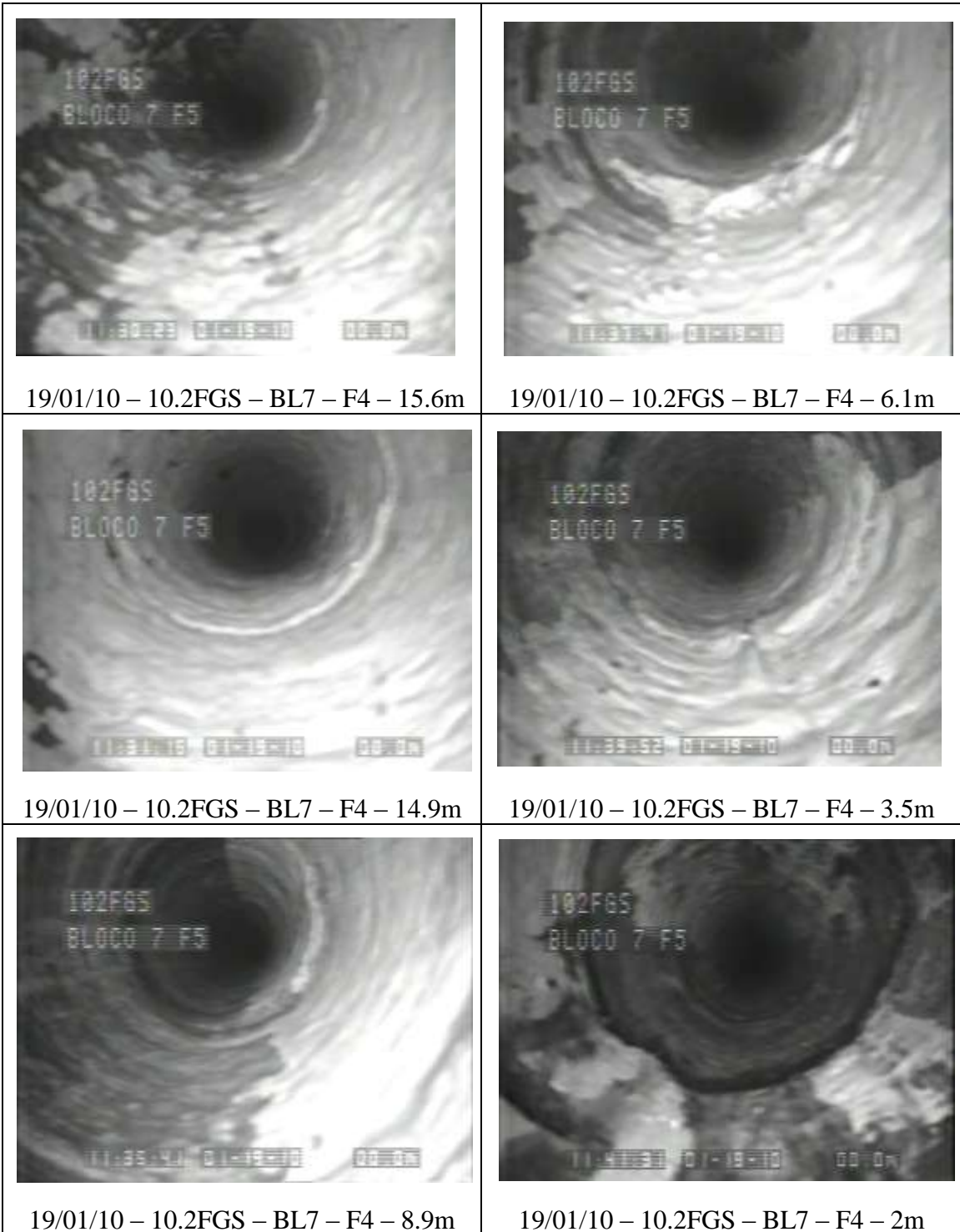
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 4 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 05/02/09.



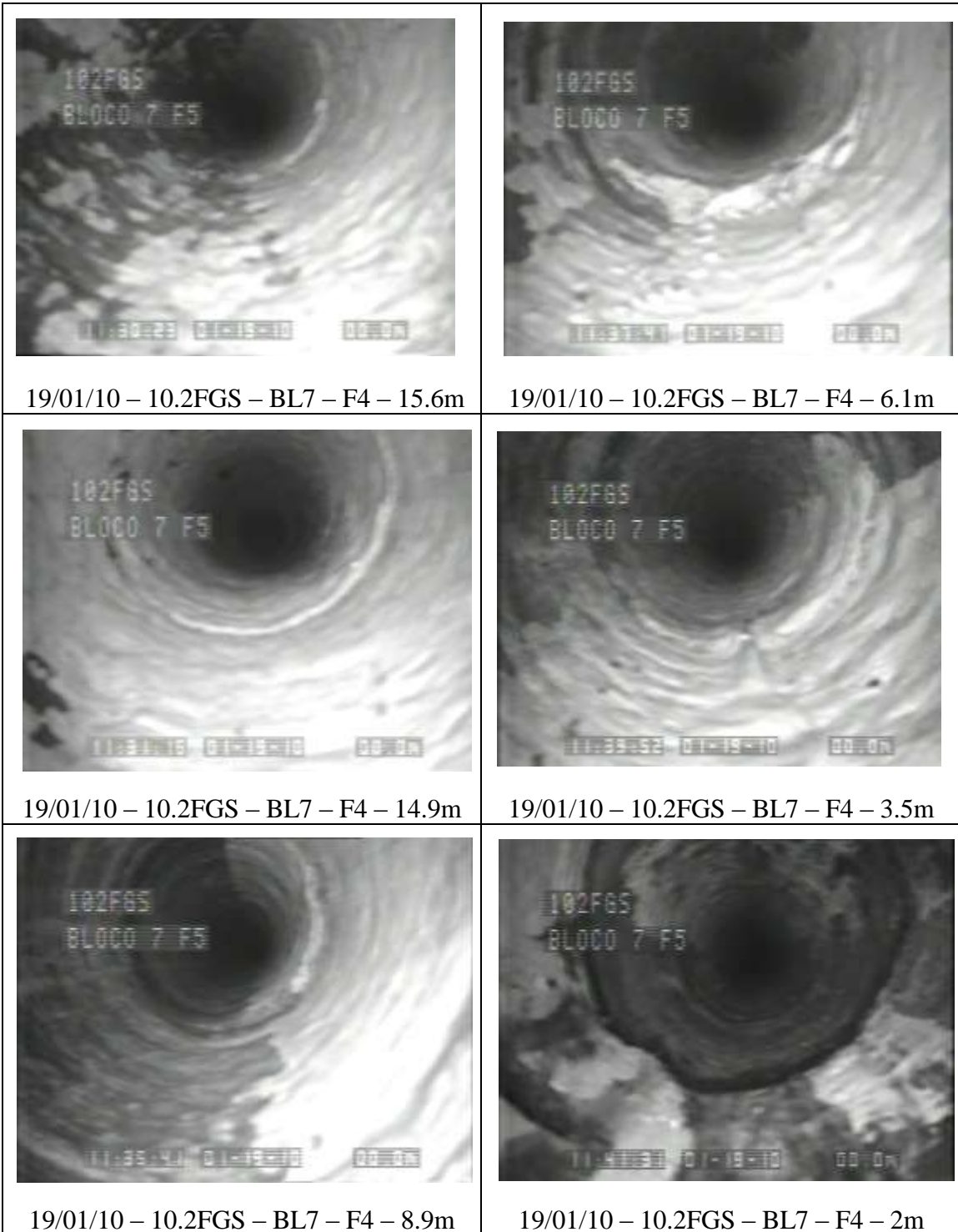
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 4 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 20/10/09.



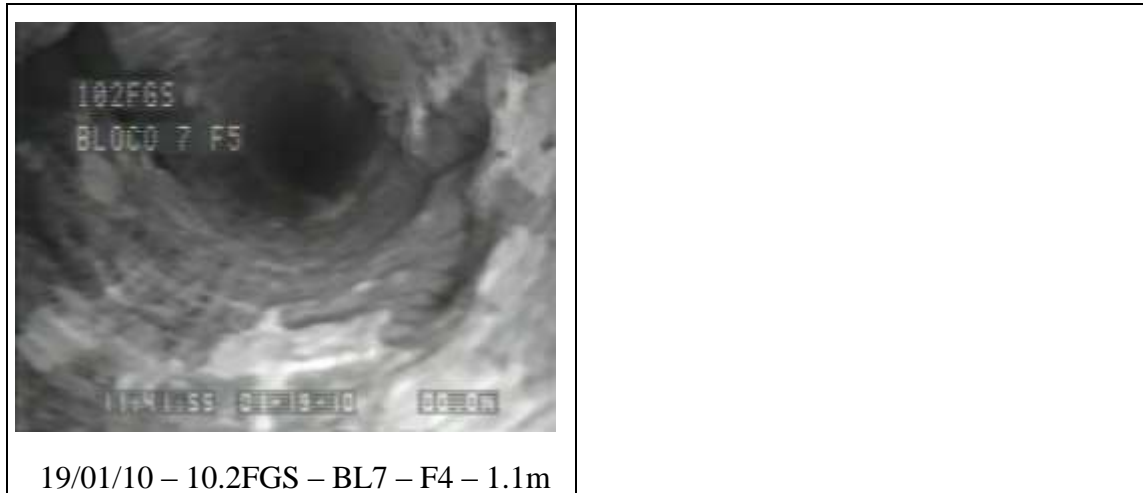
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 4 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 19/01/10.



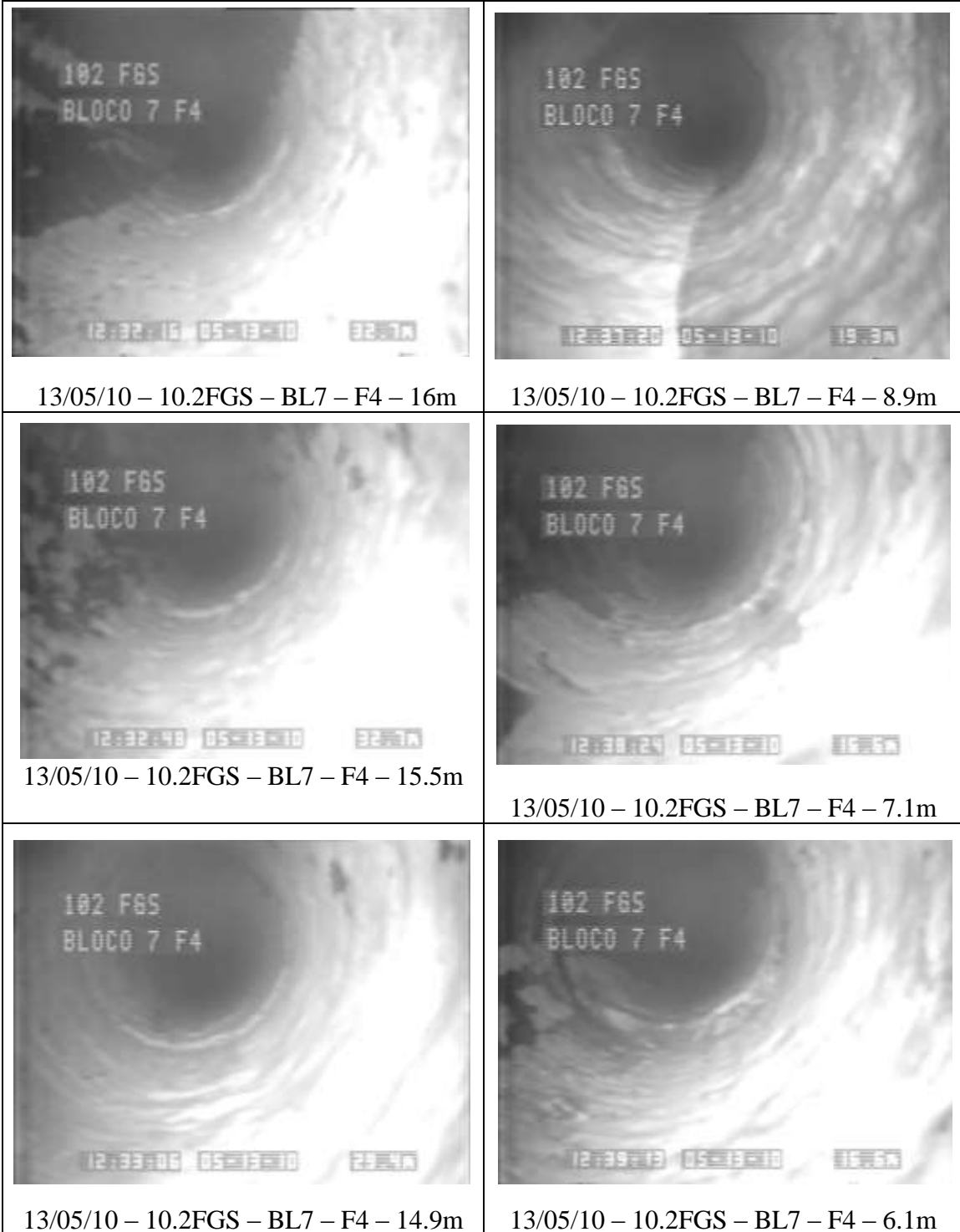
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 4 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 19/01/10.







Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 4 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 19/01/10.



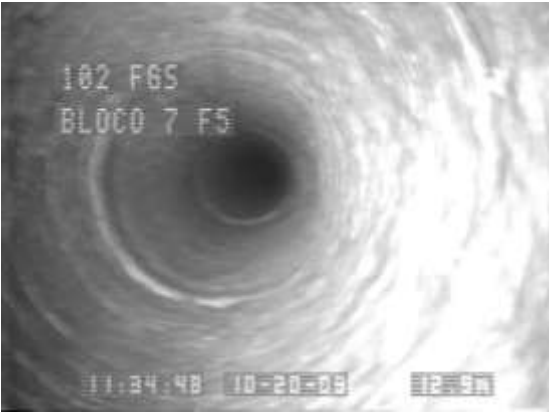
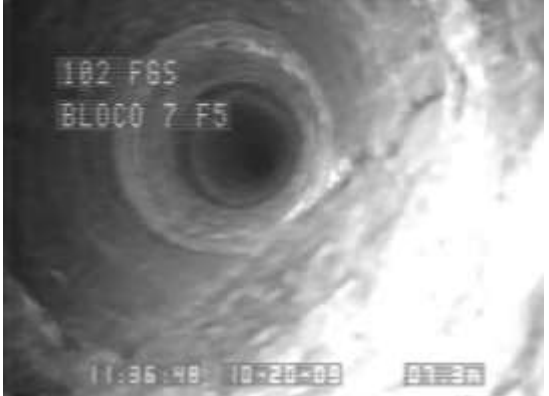
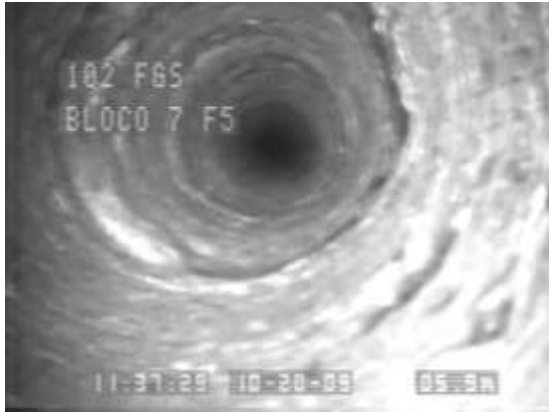
Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 4 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 13/05/10.



Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 4 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 13/05/10.

	
<p>13/05/10 – 10.2FGS – BL7 – F4 – 3.5m</p>	<p>13/05/10 – 10.2FGS – BL7 – F4 – 1.6m</p>
	
<p>13/05/10 – 10.2FGS BL7 – F4 – 2.4m</p>	
	
<p>13/05/10 – 10.2FGS – BL7 – F4 – 2m</p>	

Anexo II- Figuras de quebras e cisalhamentos no Furo 4 do bloco 7 do corpo 10.2 FGS
– 20/10/09.

	
<p>20/10/09 – 10.2FGS – BL7 – F4 – 6.2 e 6.1m</p>	
	
<p>20/10/09 – 10.2FGS BL7 – F4 – 3.1m</p>	
	
<p>20/10/09 – 10.2FGS – BL7 – F4 – 2m</p>	

ANEXO III

TABELAS COM RESULTADOS DO CÁLCULO DE VOUSSOIR

VIGA COM 2,5M DE ESPESSURA																	
N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Z'o
0,01	2,483333	25,65781	0	0,657807	0	2,483333	6430650	1450469	0	0,002798	0,002798184	0	1				
0,01	2,483333	25,65781	0,002798	0,655009	0	2,478046	6444371	1453564	0,002798	0,002804	5,97052E-06	0	1				
0,01	2,483333	25,65781	0,002804	0,655003	0	2,478035	6444401	1453570	0,002804	0,002804	1,27803E-08	0	1				
0,01	2,483333	25,65781	0,002804	0,655003	0	2,478035	6444401	1453570	0,002804	0,002804	2,73571E-11	0	1				
0,01	2,483333	25,65781	0,002804	0,655003	0	2,478035	6444401	1453570	0,002804	0,002804	5,85599E-14	0	1				
0,01	2,483333	25,65781	0,002804	0,655003	0	2,478035	6444401	1453570	0,002804	0,002804	1,24466E-16	0	1				
0,01	2,483333	25,65781	0,002804	0,655003	0	2,478035	6444401	1453570	0,002804	0,002804	0	1	1	6444401	0,01	2,478035	2,483333
0,02	2,466667	25,64901	0,002804	0,646203	0	2,461332	3244066	742530,7	0,002804	0,001432	-0,001372199	0	1				
0,02	2,466667	25,64901	0,001432	0,647575	0	2,463944	3240627	741743,6	0,001432	0,00143	-1,51796E-06	0	1				
0,02	2,466667	25,64901	0,00143	0,647577	0	2,463947	3240623	741742,7	0,00143	0,00143	-1,67653E-09	0	1				
0,02	2,466667	25,64901	0,00143	0,647577	0	2,463947	3240623	741742,7	0,00143	0,00143	-1,85167E-12	0	1				
0,02	2,466667	25,64901	0,00143	0,647577	0	2,463947	3240623	741742,7	0,00143	0,00143	-2,04502E-15	0	1				
0,02	2,466667	25,64901	0,00143	0,647577	0	2,463947	3240623	741742,7	0,00143	0,00143	-1,95156E-18	0	1				
0,02	2,466667	25,64901	0,00143	0,647577	0	2,463947	3240623	741742,7	0,00143	0,00143	0	1	1	3240623	0,02	2,463947	2,466667
0,03	2,45	25,64027	0,00143	0,638836	0	2,447262	2175145	505117	0,00143	0,000974	-0,000456664	0	1				
0,03	2,45	25,64027	0,000974	0,639293	0	2,448136	2174368	504936,6	0,000974	0,000973	-3,47862E-07	0	1				
0,03	2,45	25,64027	0,000973	0,639293	0	2,448137	2174367	504936,4	0,000973	0,000973	-2,64841E-10	0	1				
0,03	2,45	25,64027	0,000973	0,639293	0	2,448137	2174367	504936,4	0,000973	0,000973	-2,01633E-13	0	1				
0,03	2,45	25,64027	0,000973	0,639293	0	2,448137	2174367	504936,4	0,000973	0,000973	-1,5374E-16	0	1				
0,03	2,45	25,64027	0,000973	0,639293	0	2,448137	2174367	504936,4	0,000973	0,000973	0	1	1	2174367	0,03	2,448137	2,45
0,04	2,433333	25,63159	0,000973	0,630612	0	2,431457	1641962	386773,4	0,000973	0,000745	-0,000228052	0	1				
0,04	2,433333	25,63159	0,000745	0,63084	0	2,431897	1641666	386703,5	0,000745	0,000745	-1,34742E-07	0	1				
0,04	2,433333	25,63159	0,000745	0,63084	0	2,431897	1641666	386703,4	0,000745	0,000745	-7,95897E-11	0	1				
0,04	2,433333	25,63159	0,000745	0,63084	0	2,431897	1641666	386703,4	0,000745	0,000745	-4,7012E-14	0	1				
0,04	2,433333	25,63159	0,000745	0,63084	0	2,431897	1641666	386703,4	0,000745	0,000745	-2,7864E-17	0	1				
0,04	2,433333	25,63159	0,000745	0,63084	0	2,431897	1641666	386703,4	0,000745	0,000745	0	1	1	1641666	0,04	2,431897	2,433333
0,05	2,416667	25,62296	0,000745	0,622218	0	2,415221	1322401	315906,8	0,000745	0,000609	-0,000136643	0	1				
0,05	2,416667	25,62296	0,000609	0,622354	0	2,415486	1322255	315872,1	0,000609	0,000609	-6,6816E-08	0	1				
0,05	2,416667	25,62296	0,000609	0,622354	0	2,415486	1322255	315872,1	0,000609	0,000609	-3,26664E-11	0	1				
0,05	2,416667	25,62296	0,000609	0,622354	0	2,415486	1322255	315872,1	0,000609	0,000609	-1,59707E-14	0	1				
0,05	2,416667	25,62296	0,000609	0,622354	0	2,415486	1322255	315872,1	0,000609	0,000609	-7,69784E-18	0	1				
0,05	2,416667	25,62296	0,000609	0,622354	0	2,415486	1322255	315872,1	0,000609	0,000609	0	1	1	1322255	0,05	2,415486	2,416667
0,06	2,4	25,6144	0,000609	0,613791	0	2,398811	1109539	268755	0,000609	0,000518	-9,0946E-05	0	1				
0,06	2,4	25,6144	0,000518	0,613882	0	2,398989	1109457	268735,1	0,000518	0,000518	-3,83419E-08	0	1				
0,06	2,4	25,6144	0,000518	0,613882	0	2,398989	1109457	268735,1	0,000518	0,000518	-1,61628E-11	0	1				
0,06	2,4	25,6144	0,000518	0,613882	0	2,398989	1109457	268735,1	0,000518	0,000518	-6,81334E-15	0	1				
0,06	2,4	25,6144	0,000518	0,613882	0	2,398989	1109457	268735,1	0,000518	0,000518	-2,92735E-18	0	1				
0,06	2,4	25,6144	0,000518	0,613882	0	2,398989	1109457	268735,1	0,000518	0,000518	0	1	1	1109457	0,06	2,398989	2,4

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,07	2,383333	25,6059	0,000518	0,605379	0	2,382315	957618,7	235148,6	0,000518	0,000453	-6,48344E-05	0	1				
0,07	2,383333	25,6059	0,000453	0,605444	0	2,382443	957567,5	235136	0,000453	0,000453	-2,42406E-08	0	1				
0,07	2,383333	25,6059	0,000453	0,605444	0	2,382443	957567,4	235136	0,000453	0,000453	-9,0625E-12	0	1				
0,07	2,383333	25,6059	0,000453	0,605444	0	2,382443	957567,4	235136	0,000453	0,000453	-3,38802E-15	0	1				
0,07	2,383333	25,6059	0,000453	0,605444	0	2,382443	957567,4	235136	0,000453	0,000453	-1,35525E-18	0	1				
0,07	2,383333	25,6059	0,000453	0,605444	0	2,382443	957567,4	235136	0,000453	0,000453	0	1	1	957567,4	0,07	2,382443	2,383333
0,08	2,366667	25,59745	0,000453	0,596999	0	2,36577	843776,5	210006,6	0,000453	0,000404	-4,85139E-05	0	1				
0,08	2,366667	25,59745	0,000404	0,597048	0	2,365866	843742,2	209998,1	0,000404	0,000404	-1,64215E-08	0	1				
0,08	2,366667	25,59745	0,000404	0,597048	0	2,365866	843742,2	209998,1	0,000404	0,000404	-5,55821E-12	0	1				
0,08	2,366667	25,59745	0,000404	0,597048	0	2,365866	843742,2	209998,1	0,000404	0,000404	-1,88131E-15	0	1				
0,08	2,366667	25,59745	0,000404	0,597048	0	2,365866	843742,2	209998,1	0,000404	0,000404	-5,42101E-19	0	1				
0,08	2,366667	25,59745	0,000404	0,597048	0	2,365866	843742,2	209998,1	0,000404	0,000404	0	1	1	843742,2	0,08	2,365866	2,366667
0,09	2,35	25,58907	0,000404	0,588663	0	2,349194	755315,8	190507,4	0,000404	0,000367	-3,76322E-05	0	1				
0,09	2,35	25,58907	0,000367	0,5887	0	2,349269	755291,6	190501,3	0,000367	0,000367	-1,17154E-08	0	1				
0,09	2,35	25,58907	0,000367	0,5887	0	2,349269	755291,6	190501,3	0,000367	0,000367	-3,64698E-12	0	1				
0,09	2,35	25,58907	0,000367	0,5887	0	2,349269	755291,6	190501,3	0,000367	0,000367	-1,13532E-15	0	1				
0,09	2,35	25,58907	0,000367	0,5887	0	2,349269	755291,6	190501,3	0,000367	0,000367	0	1	1	755291,6	0,09	2,349269	2,35
0,1	2,333333	25,58074	0,000367	0,580374	0	2,332597	684621	174958,7	0,000367	0,000337	-3,00134E-05	0	1				
0,1	2,333333	25,58074	0,000337	0,580404	0	2,332657	684603,3	174954,2	0,000337	0,000337	-8,70076E-09	0	1				
0,1	2,333333	25,58074	0,000337	0,580404	0	2,332657	684603,3	174954,2	0,000337	0,000337	-2,52222E-12	0	1				
0,1	2,333333	25,58074	0,000337	0,580404	0	2,332657	684603,3	174954,2	0,000337	0,000337	-7,31023E-16	0	1				
0,1	2,333333	25,58074	0,000337	0,580404	0	2,332657	684603,3	174954,2	0,000337	0,000337	0	1	1	684603,3	0,1	2,332657	2,333333
0,11	2,316667	25,57247	0,000337	0,572138	0	2,315986	626846,7	162283,6	0,000337	0,000312	-2,44709E-05	0	1				
0,11	2,316667	25,57247	0,000312	0,572162	0	2,316035	626833,3	162280,2	0,000312	0,000312	-6,6727E-09	0	1				
0,11	2,316667	25,57247	0,000312	0,572162	0	2,316035	626833,3	162280,2	0,000312	0,000312	-1,81945E-12	0	1				
0,11	2,316667	25,57247	0,000312	0,572162	0	2,316035	626833,3	162280,2	0,000312	0,000312	-4,96077E-16	0	1				
0,11	2,316667	25,57247	0,000312	0,572162	0	2,316035	626833,3	162280,2	0,000312	0,000312	0	1	1	626833,3	0,11	2,316035	2,316667
0,12	2,3	25,56427	0,000312	0,563955	0	2,299364	578763,2	151764,6	0,000312	0,000292	-2,03124E-05	0	1				
0,12	2,3	25,56427	0,000292	0,563975	0	2,299405	578752,8	151761,8	0,000292	0,000292	-5,25325E-09	0	1				
0,12	2,3	25,56427	0,000292	0,563975	0	2,299405	578752,8	151761,8	0,000292	0,000292	-1,35857E-12	0	1				
0,12	2,3	25,56427	0,000292	0,563975	0	2,299405	578752,8	151761,8	0,000292	0,000292	-3,51282E-16	0	1				
0,12	2,3	25,56427	0,000292	0,563975	0	2,299405	578752,8	151761,8	0,000292	0,000292	0	1	1	578752,8	0,12	2,299405	2,3
0,13	2,283333	25,55612	0,000292	0,555827	0	2,282734	538134,9	142904,7	0,000292	0,000275	-1,71121E-05	0	1				
0,13	2,283333	25,55612	0,000275	0,555844	0	2,28277	538126,6	142902,5	0,000275	0,000275	-4,22681E-09	0	1				
0,13	2,283333	25,55612	0,000275	0,555844	0	2,28277	538126,6	142902,5	0,000275	0,000275	-1,04403E-12	0	1				
0,13	2,283333	25,55612	0,000275	0,555844	0	2,28277	538126,6	142902,5	0,000275	0,000275	-2,57877E-16	0	1				
0,13	2,283333	25,55612	0,000275	0,555844	0	2,28277	538126,6	142902,5	0,000275	0,000275	0	1	1	538126,6	0,13	2,28277	2,283333

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,14	2,266667	25,54803	0,000275	0,547755	0	2,266099	503365	135349,3	0,000275	0,00026	-1,4596E-05	0	1				
0,14	2,266667	25,54803	0,00026	0,54777	0	2,266129	503358,3	135347,5	0,00026	0,00026	-3,46394E-09	0	1				
0,14	2,266667	25,54803	0,00026	0,54777	0	2,266129	503358,3	135347,5	0,00026	0,00026	-8,22049E-13	0	1				
0,14	2,266667	25,54803	0,00026	0,54777	0	2,266129	503358,3	135347,5	0,00026	0,00026	-1,95156E-16	0	1				
0,14	2,266667	25,54803	0,00026	0,54777	0	2,266129	503358,3	135347,5	0,00026	0,00026	0	1	1	503358,3	0,14	2,266129	2,266667
0,15	2,25	25,54	0,00026	0,53974	0	2,249458	473282,8	128838,1	0,00026	0,000247	-1,25817E-05	0	1				
0,15	2,25	25,54	0,000247	0,539753	0	2,249485	473277,2	128836,6	0,000247	0,000247	-2,88356E-09	0	1				
0,15	2,25	25,54	0,000247	0,539753	0	2,249485	473277,2	128836,6	0,000247	0,000247	-6,60865E-13	0	1				
0,15	2,25	25,54	0,000247	0,539753	0	2,249485	473277,2	128836,6	0,000247	0,000247	-1,51409E-16	0	1				
0,15	2,25	25,54	0,000247	0,539753	0	2,249485	473277,2	128836,6	0,000247	0,000247	0	1	1	473277,2	0,15	2,249485	2,25
0,16	2,233333	25,53203	0,000247	0,531782	0	2,232814	447010,1	123176,1	0,000247	0,000236	-1,09436E-05	0	1				
0,16	2,233333	25,53203	0,000236	0,531793	0	2,232837	447005,5	123174,9	0,000236	0,000236	-2,43304E-09	0	1				
0,16	2,233333	25,53203	0,000236	0,531793	0	2,232837	447005,5	123174,9	0,000236	0,000236	-5,4092E-13	0	1				
0,16	2,233333	25,53203	0,000236	0,531793	0	2,232837	447005,5	123174,9	0,000236	0,000236	-1,20238E-16	0	1				
0,16	2,233333	25,53203	0,000236	0,531793	0	2,232837	447005,5	123174,9	0,000236	0,000236	0	1	1	447005,5	0,16	2,232837	2,233333
0,17	2,216667	25,52412	0,000236	0,523882	0	2,216167	423875,7	118214,2	0,000236	0,000227	-9,59323E-06	0	1				
0,17	2,216667	25,52412	0,000227	0,523892	0	2,216187	423871,9	118213,2	0,000227	0,000227	-2,07713E-09	0	1				
0,17	2,216667	25,52412	0,000227	0,523892	0	2,216187	423871,9	118213,2	0,000227	0,000227	-4,49736E-13	0	1				
0,17	2,216667	25,52412	0,000227	0,523892	0	2,216187	423871,9	118213,2	0,000227	0,000227	-9,73614E-17	0	1				
0,17	2,216667	25,52412	0,000227	0,523892	0	2,216187	423871,9	118213,2	0,000227	0,000227	0	1	1	423871,9	0,17	2,216187	2,216667
0,18	2,2	25,51627	0,000227	0,51604	0	2,199517	403357,5	113836,5	0,000227	0,000218	-8,46656E-06	0	1				
0,18	2,2	25,51627	0,000218	0,516048	0	2,199535	403354,2	113835,5	0,000218	0,000218	-1,79158E-09	0	1				
0,18	2,2	25,51627	0,000218	0,516048	0	2,199535	403354,2	113835,5	0,000218	0,000218	-3,79104E-13	0	1				
0,18	2,2	25,51627	0,000218	0,516048	0	2,199535	403354,2	113835,5	0,000218	0,000218	-8,01768E-17	0	1				
0,18	2,2	25,51627	0,000218	0,516048	0	2,199535	403354,2	113835,5	0,000218	0,000218	0	1	1	403354,2	0,18	2,199535	2,2
0,19	2,183333	25,50847	0,000218	0,508256	0	2,182864	385043,3	109951,2	0,000218	0,000211	-7,51647E-06	0	1				
0,19	2,183333	25,50847	0,000211	0,508263	0	2,182881	385040,4	109950,4	0,000211	0,000211	-1,5593E-09	0	1				
0,19	2,183333	25,50847	0,000211	0,508263	0	2,182881	385040,4	109950,4	0,000211	0,000211	-3,23475E-13	0	1				
0,19	2,183333	25,50847	0,000211	0,508263	0	2,182881	385040,4	109950,4	0,000211	0,000211	-6,71392E-17	0	1				
0,19	2,183333	25,50847	0,000211	0,508263	0	2,182881	385040,4	109950,4	0,000211	0,000211	0	1	1	385040,4	0,19	2,182881	2,183333
0,2	2,166667	25,50074	0,000211	0,50053	0	2,16621	368603,3	106485,4	0,000211	0,000204	-6,70759E-06	0	1				
0,2	2,166667	25,50074	0,000204	0,500537	0	2,166225	368600,9	106484,7	0,000204	0,000204	-1,36802E-09	0	1				
0,2	2,166667	25,50074	0,000204	0,500537	0	2,166225	368600,9	106484,7	0,000204	0,000204	-2,79008E-13	0	1				
0,2	2,166667	25,50074	0,000204	0,500537	0	2,166225	368600,9	106484,7	0,000204	0,000204	-5,68393E-17	0	1				
0,2	2,166667	25,50074	0,000204	0,500537	0	2,166225	368600,9	106484,7	0,000204	0,000204	0	1	1	368600,9	0,2	2,166225	2,166667
0,21	2,15	25,49307	0,000204	0,492862	0	2,149555	353770,9	103379,7	0,000204	0,000198	-6,01299E-06	0	1				
0,21	2,15	25,49307	0,000198	0,492869	0	2,149568	353768,7	103379,1	0,000198	0,000198	-1,20875E-09	0	1				
0,21	2,15	25,49307	0,000198	0,492869	0	2,149568	353768,7	103379,1	0,000198	0,000198	-2,42984E-13	0	1				
0,21	2,15	25,49307	0,000198	0,492869	0	2,149568	353768,7	103379,1	0,000198	0,000198	-4,88433E-17	0	1				
0,21	2,15	25,49307	0,000198	0,492869	0	2,149568	353768,7	103379,1	0,000198	0,000198	0	1	1	353768,7	0,21	2,149568	2,15

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,22	2,133333	25,48545	0,000198	0,485254	0	2,132898	340327,6	100585,7	0,000198	0,000193	-5,41185E-06	0	1				
0,22	2,133333	25,48545	0,000193	0,485259	0	2,13291	340325,7	100585,1	0,000193	0,000193	-1,07478E-09	0	1				
0,22	2,133333	25,48545	0,000193	0,485259	0	2,13291	340325,7	100585,1	0,000193	0,000193	-2,13447E-13	0	1				
0,22	2,133333	25,48545	0,000193	0,485259	0	2,13291	340325,7	100585,1	0,000193	0,000193	-4,24465E-17	0	1				
0,22	2,133333	25,48545	0,000193	0,485259	0	2,13291	340325,7	100585,1	0,000193	0,000193	0	1	1	340325,7	0,22	2,13291	2,133333
0,23	2,116667	25,4779	0,000193	0,477704	0	2,11624	328093,2	98063,4	0,000193	0,000188	-4,88787E-06	0	1				
0,23	2,116667	25,4779	0,000188	0,477708	0	2,116251	328091,5	98062,9	0,000188	0,000188	-9,61053E-10	0	1				
0,23	2,116667	25,4779	0,000188	0,477708	0	2,116251	328091,5	98062,9	0,000188	0,000188	-1,8896E-13	0	1				
0,23	2,116667	25,4779	0,000188	0,477708	0	2,116251	328091,5	98062,9	0,000188	0,000188	-3,7161E-17	0	1				
0,23	2,116667	25,4779	0,000188	0,477708	0	2,116251	328091,5	98062,9	0,000188	0,000188	0	1	1	328091,5	0,23	2,116251	2,116667
0,24	2,1	25,4704	0,000188	0,470212	0	2,099581	316917,4	95779,48	0,000188	0,000183	-4,42817E-06	0	1				
0,24	2,1	25,4704	0,000183	0,470217	0	2,099591	316915,9	95779,03	0,000183	0,000183	-8,63682E-10	0	1				
0,24	2,1	25,4704	0,000183	0,470217	0	2,099591	316915,9	95779,03	0,000183	0,000183	-1,68454E-13	0	1				
0,24	2,1	25,4704	0,000183	0,470217	0	2,099591	316915,9	95779,03	0,000183	0,000183	-3,28242E-17	0	1				
0,24	2,1	25,4704	0,000183	0,470217	0	2,099591	316915,9	95779,03	0,000183	0,000183	0	1	1	316915,9	0,24	2,099591	2,1
0,25	2,083333	25,46296	0,000183	0,46278	0	2,082921	306674,1	93705,99	0,000183	0,000179	-4,02241E-06	0	1				
0,25	2,083333	25,46296	0,000179	0,462784	0	2,08293	306672,8	93705,58	0,000179	0,000179	-7,79658E-10	0	1				
0,25	2,083333	25,46296	0,000179	0,462784	0	2,08293	306672,8	93705,58	0,000179	0,000179	-1,51119E-13	0	1				
0,25	2,083333	25,46296	0,000179	0,462784	0	2,08293	306672,8	93705,58	0,000179	0,000179	-2,93006E-17	0	1				
0,25	2,083333	25,46296	0,000179	0,462784	0	2,08293	306672,8	93705,58	0,000179	0,000179	0	1	1	306672,8	0,25	2,08293	2,083333
0,26	2,066667	25,45559	0,000179	0,455406	0	2,06626	297256,7	91819,29	0,000179	0,000176	-3,66226E-06	0	1				
0,26	2,066667	25,45559	0,000176	0,455409	0	2,066268	297255,5	91818,92	0,000176	0,000176	-7,06616E-10	0	1				
0,26	2,066667	25,45559	0,000176	0,455409	0	2,066268	297255,5	91818,92	0,000176	0,000176	-1,36337E-13	0	1				
0,26	2,066667	25,45559	0,000176	0,455409	0	2,066268	297255,5	91818,92	0,000176	0,000176	-2,62648E-17	0	1				
0,26	2,066667	25,45559	0,000176	0,455409	0	2,066268	297255,5	91818,92	0,000176	0,000176	0	1	1	297255,5	0,26	2,066268	2,066667
0,27	2,05	25,44827	0,000176	0,448091	0	2,049598	288574,1	90099,26	0,000176	0,000172	-3,34093E-06	0	1				
0,27	2,05	25,44827	0,000172	0,448094	0	2,049606	288573,1	90098,92	0,000172	0,000172	-6,42682E-10	0	1				
0,27	2,05	25,44827	0,000172	0,448094	0	2,049606	288573,1	90098,92	0,000172	0,000172	-1,2363E-13	0	1				
0,27	2,05	25,44827	0,000172	0,448094	0	2,049606	288573,1	90098,92	0,000172	0,000172	-2,37982E-17	0	1				
0,27	2,05	25,44827	0,000172	0,448094	0	2,049606	288573,1	90098,92	0,000172	0,000172	0	1	1	288573,1	0,27	2,049606	2,05
0,28	2,033333	25,44101	0,000172	0,440835	0	2,032936	280548,6	88528,68	0,000172	0,000169	-3,05282E-06	0	1				
0,28	2,033333	25,44101	0,000169	0,440838	0	2,032943	280547,7	88528,38	0,000169	0,000169	-5,86354E-10	0	1				
0,28	2,033333	25,44101	0,000169	0,440838	0	2,032943	280547,7	88528,38	0,000169	0,000169	-1,1262E-13	0	1				
0,28	2,033333	25,44101	0,000169	0,440838	0	2,032943	280547,7	88528,38	0,000169	0,000169	-2,17111E-17	0	1				
0,28	2,033333	25,44101	0,000169	0,440838	0	2,032943	280547,7	88528,38	0,000169	0,000169	0	1	1	280547,7	0,28	2,032943	2,033333

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,29	2,016667	25,43381	0,000169	0,433638	0	2,016273	273113,1	87092,74	0,000169	0,000167	-2,79332E-06	0	1				
0,29	2,016667	25,43381	0,000167	0,433641	0	2,01628	273112,2	87092,46	0,000167	0,000167	-5,36418E-10	0	1				
0,29	2,016667	25,43381	0,000167	0,433641	0	2,01628	273112,2	87092,46	0,000167	0,000167	-1,03011E-13	0	1				
0,29	2,016667	25,43381	0,000167	0,433641	0	2,01628	273112,2	87092,46	0,000167	0,000167	-1,98409E-17	0	1				
0,29	2,016667	25,43381	0,000167	0,433641	0	2,01628	273112,2	87092,46	0,000167	0,000167	0	1	1	273112,2	0,29	2,01628	2,016667
0,3	2	25,42667	0,000167	0,4265	0	1,99961	266209,4	85778,59	0,000167	0,000164	-2,55858E-06	0	1				
0,3	2	25,42667	0,000164	0,426503	0	1,999616	266208,6	85778,33	0,000164	0,000164	-4,91887E-10	0	1				
0,3	2	25,42667	0,000164	0,426503	0	1,999616	266208,6	85778,33	0,000164	0,000164	-9,45646E-14	0	1				
0,3	2	25,42667	0,000164	0,426503	0	1,999616	266208,6	85778,33	0,000164	0,000164	-1,81875E-17	0	1				
0,3	2	25,42667	0,000164	0,426503	0	1,999616	266208,6	85778,33	0,000164	0,000164	0	1	1	266208,6	0,3	1,999616	2
0,31	1,983333	25,41959	0,000164	0,419421	0	1,982946	259787	84575,09	0,000164	0,000162	-2,34536E-06	0	1				
0,31	1,983333	25,41959	0,000162	0,419424	0	1,982951	259786,2	84574,86	0,000162	0,000162	-4,51947E-10	0	1				
0,31	1,983333	25,41959	0,000162	0,419424	0	1,982951	259786,2	84574,86	0,000162	0,000162	-8,70888E-14	0	1				
0,31	1,983333	25,41959	0,000162	0,419424	0	1,982951	259786,2	84574,86	0,000162	0,000162	-1,6778E-17	0	1				
0,31	1,983333	25,41959	0,000162	0,419424	0	1,982951	259786,2	84574,86	0,000162	0,000162	0	1	1	259786,2	0,31	1,982951	1,983333
0,32	1,966667	25,41256	0,000162	0,412401	0	1,966281	253801,5	83472,51	0,000162	0,000159	-2,15094E-06	0	1				
0,32	1,966667	25,41256	0,000159	0,412403	0	1,966286	253800,9	83472,29	0,000159	0,000159	-4,15926E-10	0	1				
0,32	1,966667	25,41256	0,000159	0,412403	0	1,966286	253800,9	83472,29	0,000159	0,000159	-8,04272E-14	0	1				
0,32	1,966667	25,41256	0,000159	0,412403	0	1,966286	253800,9	83472,29	0,000159	0,000159	-1,55312E-17	0	1				
0,32	1,966667	25,41256	0,000159	0,412403	0	1,966286	253800,9	83472,29	0,000159	0,000159	0	1	1	253800,9	0,32	1,966286	1,966667
0,33	1,95	25,4056	0,000159	0,405441	0	1,949617	248214,3	82462,3	0,000159	0,000158	-1,97298E-06	0	1				
0,33	1,95	25,4056	0,000158	0,405442	0	1,949621	248213,7	82462,1	0,000158	0,000158	-3,83264E-10	0	1				
0,33	1,95	25,4056	0,000158	0,405442	0	1,949621	248213,7	82462,1	0,000158	0,000158	-7,44511E-14	0	1				
0,33	1,95	25,4056	0,000158	0,405442	0	1,949621	248213,7	82462,1	0,000158	0,000158	-1,44199E-17	0	1				
0,33	1,95	25,4056	0,000158	0,405442	0	1,949621	248213,7	82462,1	0,000158	0,000158	0	1	1	248213,7	0,33	1,949621	1,95
0,34	1,933333	25,3987	0,000158	0,398539	0	1,932951	242990,9	81536,95	0,000158	0,000156	-1,80953E-06	0	1				
0,34	1,933333	25,3987	0,000156	0,398541	0	1,932956	242990,4	81536,77	0,000156	0,000156	-3,5349E-10	0	1				
0,34	1,933333	25,3987	0,000156	0,398541	0	1,932956	242990,4	81536,77	0,000156	0,000156	-6,90538E-14	0	1				
0,34	1,933333	25,3987	0,000156	0,398541	0	1,932956	242990,4	81536,77	0,000156	0,000156	-1,34983E-17	0	1				
0,34	1,933333	25,3987	0,000156	0,398541	0	1,932956	242990,4	81536,77	0,000156	0,000156	0	1	1	242990,4	0,34	1,932956	1,933333
0,35	1,916667	25,39185	0,000156	0,391696	0	1,916286	238101,2	80689,85	0,000156	0,000154	-1,65887E-06	0	1				
0,35	1,916667	25,39185	0,000154	0,391698	0	1,91629	238100,7	80689,68	0,000154	0,000154	-3,26207E-10	0	1				
0,35	1,916667	25,39185	0,000154	0,391698	0	1,91629	238100,7	80689,68	0,000154	0,000154	-6,41464E-14	0	1				
0,35	1,916667	25,39185	0,000154	0,391698	0	1,91629	238100,7	80689,68	0,000154	0,000154	-1,2631E-17	0	1				
0,35	1,916667	25,39185	0,000154	0,391698	0	1,91629	238100,7	80689,68	0,000154	0,000154	0	1	1	238100,7	0,35	1,91629	1,916667

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,36	1,9	25,38507	0,000154	0,384913	0	1,89962	233518,2	79915,11	0,000154	0,000153	-1,51955E-06	0	1				
0,36	1,9	25,38507	0,000153	0,384914	0	1,899624	233517,7	79914,95	0,000153	0,000153	-3,01076E-10	0	1				
0,36	1,9	25,38507	0,000153	0,384914	0	1,899624	233517,7	79914,95	0,000153	0,000153	-5,96536E-14	0	1				
0,36	1,9	25,38507	0,000153	0,384914	0	1,899624	233517,7	79914,95	0,000153	0,000153	-1,18178E-17	0	1				
0,36	1,9	25,38507	0,000153	0,384914	0	1,899624	233517,7	79914,95	0,000153	0,000153	0	1	1	233517,7	0,36	1,899624	1,9
0,37	1,883333	25,37834	0,000153	0,378188	0	1,882954	229217,9	79207,52	0,000153	0,000151	-1,39029E-06	0	1				
0,37	1,883333	25,37834	0,000151	0,37819	0	1,882957	229217,5	79207,37	0,000151	0,000151	-2,77808E-10	0	1				
0,37	1,883333	25,37834	0,000151	0,37819	0	1,882957	229217,5	79207,37	0,000151	0,000151	-5,55114E-14	0	1				
0,37	1,883333	25,37834	0,000151	0,37819	0	1,882957	229217,5	79207,37	0,000151	0,000151	-1,1086E-17	0	1				
0,37	1,883333	25,37834	0,000151	0,37819	0	1,882957	229217,5	79207,37	0,000151	0,000151	0	1	1	229217,5	0,37	1,882957	1,883333
0,38	1,866667	25,37167	0,000151	0,371523	0	1,866287	225179	78562,44	0,000151	0,00015	-1,27E-06	0	1				
0,38	1,866667	25,37167	0,00015	0,371524	0	1,86629	225178,6	78562,31	0,00015	0,00015	-2,56153E-10	0	1				
0,38	1,866667	25,37167	0,00015	0,371524	0	1,86629	225178,6	78562,31	0,00015	0,00015	-5,16648E-14	0	1				
0,38	1,866667	25,37167	0,00015	0,371524	0	1,86629	225178,6	78562,31	0,00015	0,00015	-1,04083E-17	0	1				
0,38	1,866667	25,37167	0,00015	0,371524	0	1,86629	225178,6	78562,31	0,00015	0,00015	0	1	1	225178,6	0,38	1,86629	1,866667
0,39	1,85	25,36507	0,00015	0,364917	0	1,84962	221382,2	77975,73	0,00015	0,000149	-1,15771E-06	0	1				
0,39	1,85	25,36507	0,000149	0,364918	0	1,849623	221381,9	77975,61	0,000149	0,000149	-2,35896E-10	0	1				
0,39	1,85	25,36507	0,000149	0,364918	0	1,849623	221381,9	77975,61	0,000149	0,000149	-4,8066E-14	0	1				
0,39	1,85	25,36507	0,000149	0,364918	0	1,849623	221381,9	77975,61	0,000149	0,000149	-9,78492E-18	0	1				
0,39	1,85	25,36507	0,000149	0,364918	0	1,849623	221381,9	77975,61	0,000149	0,000149	0	1	1	221381,9	0,39	1,849623	1,85
0,4	1,833333	25,35852	0,000149	0,35837	0	1,832953	217810,4	77443,69	0,000149	0,000148	-1,05258E-06	0	1				
0,4	1,833333	25,35852	0,000148	0,358371	0	1,832956	217810,1	77443,57	0,000148	0,000148	-2,16847E-10	0	1				
0,4	1,833333	25,35852	0,000148	0,358371	0	1,832956	217810,1	77443,57	0,000148	0,000148	-4,46732E-14	0	1				
0,4	1,833333	25,35852	0,000148	0,358371	0	1,832956	217810,1	77443,57	0,000148	0,000148	-9,21572E-18	0	1				
0,4	1,833333	25,35852	0,000148	0,358371	0	1,832956	217810,1	77443,57	0,000148	0,000148	0	1	1	217810,1	0,4	1,832956	1,833333
0,41	1,816667	25,35203	0,000148	0,351882	0	1,816286	214447,9	76962,98	0,000148	0,000147	-9,53867E-07	0	1				
0,41	1,816667	25,35203	0,000147	0,351883	0	1,816288	214447,7	76962,88	0,000147	0,000147	-1,9884E-10	0	1				
0,41	1,816667	25,35203	0,000147	0,351883	0	1,816288	214447,7	76962,88	0,000147	0,000147	-4,14493E-14	0	1				
0,41	1,816667	25,35203	0,000147	0,351883	0	1,816288	214447,7	76962,88	0,000147	0,000147	-8,67362E-18	0	1				
0,41	1,816667	25,35203	0,000147	0,351883	0	1,816288	214447,7	76962,88	0,000147	0,000147	0	1	1	214447,7	0,41	1,816288	1,816667
0,42	1,8	25,3456	0,000147	0,345453	0	1,799618	211280,9	76530,65	0,000147	0,000146	-8,60907E-07	0	1				
0,42	1,8	25,3456	0,000146	0,345454	0	1,79962	211280,7	76530,55	0,000146	0,000146	-1,81728E-10	0	1				
0,42	1,8	25,3456	0,000146	0,345454	0	1,79962	211280,7	76530,55	0,000146	0,000146	-3,83608E-14	0	1				
0,42	1,8	25,3456	0,000146	0,345454	0	1,79962	211280,7	76530,55	0,000146	0,000146	-8,10441E-18	0	1				
0,42	1,8	25,3456	0,000146	0,345454	0	1,79962	211280,7	76530,55	0,000146	0,000146	0	1	1	211280,7	0,42	1,79962	1,8

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,43	1,783333	25,33923	0,000146	0,339084	0	1,78295	208296,6	76144	0,000146	0,000145	-7,7312E-07	0	1				
0,43	1,783333	25,33923	0,000145	0,339085	0	1,782952	208296,4	76143,91	0,000145	0,000145	-1,65381E-10	0	1				
0,43	1,783333	25,33923	0,000145	0,339085	0	1,782952	208296,4	76143,91	0,000145	0,000145	-3,53774E-14	0	1				
0,43	1,783333	25,33923	0,000145	0,339085	0	1,782952	208296,4	76143,91	0,000145	0,000145	-7,56231E-18	0	1				
0,43	1,783333	25,33923	0,000145	0,339085	0	1,782952	208296,4	76143,91	0,000145	0,000145	0	1	1	208296,4	0,43	1,782952	1,783333
0,44	1,766667	25,33292	0,000145	0,332773	0	1,766282	205483,6	75800,63	0,000145	0,000144	-6,89989E-07	0	1				
0,44	1,766667	25,33292	0,000144	0,332774	0	1,766284	205483,4	75800,55	0,000144	0,000144	-1,49682E-10	0	1				
0,44	1,766667	25,33292	0,000144	0,332774	0	1,766284	205483,4	75800,55	0,000144	0,000144	-3,2471E-14	0	1				
0,44	1,766667	25,33292	0,000144	0,332774	0	1,766284	205483,4	75800,55	0,000144	0,000144	-7,04731E-18	0	1				
0,44	1,766667	25,33292	0,000144	0,332774	0	1,766284	205483,4	75800,55	0,000144	0,000144	0	1	1	205483,4	0,44	1,766284	1,766667
0,45	1,75	25,32667	0,000144	0,326522	0	1,749613	202831,5	75498,38	0,000144	0,000144	-6,11048E-07	0	1				
0,45	1,75	25,32667	0,000144	0,326523	0	1,749615	202831,3	75498,31	0,000144	0,000144	-1,34523E-10	0	1				
0,45	1,75	25,32667	0,000144	0,326523	0	1,749615	202831,3	75498,31	0,000144	0,000144	-2,96153E-14	0	1				
0,45	1,75	25,32667	0,000144	0,326523	0	1,749615	202831,3	75498,31	0,000144	0,000144	-6,53232E-18	0	1				
0,45	1,75	25,32667	0,000144	0,326523	0	1,749615	202831,3	75498,31	0,000144	0,000144	0	1	1	202831,3	0,45	1,749615	1,75
0,46	1,733333	25,32047	0,000144	0,32033	0	1,732944	200330,7	75235,29	0,000144	0,000143	-5,35884E-07	0	1				
0,46	1,733333	25,32047	0,000143	0,320331	0	1,732946	200330,5	75235,23	0,000143	0,000143	-1,19808E-10	0	1				
0,46	1,733333	25,32047	0,000143	0,320331	0	1,732946	200330,5	75235,23	0,000143	0,000143	-2,67853E-14	0	1				
0,46	1,733333	25,32047	0,000143	0,320331	0	1,732946	200330,5	75235,23	0,000143	0,000143	-5,99022E-18	0	1				
0,46	1,733333	25,32047	0,000143	0,320331	0	1,732946	200330,5	75235,23	0,000143	0,000143	0	1	1	200330,5	0,46	1,732946	1,733333
0,47	1,716667	25,31434	0,000143	0,314198	0	1,716276	197972,6	75009,61	0,000143	0,000143	-4,64123E-07	0	1				
0,47	1,716667	25,31434	0,000143	0,314198	0	1,716277	197972,4	75009,55	0,000143	0,000143	-1,05446E-10	0	1				
0,47	1,716667	25,31434	0,000143	0,314198	0	1,716277	197972,4	75009,55	0,000143	0,000143	-2,39569E-14	0	1				
0,47	1,716667	25,31434	0,000143	0,314198	0	1,716277	197972,4	75009,55	0,000143	0,000143	-5,42101E-18	0	1				
0,47	1,716667	25,31434	0,000143	0,314198	0	1,716277	197972,4	75009,55	0,000143	0,000143	0	1	1	197972,4	0,47	1,716277	1,716667
0,48	1,7	25,30827	0,000143	0,308124	0	1,699606	195749,3	74819,75	0,000143	0,000142	-3,95427E-07	0	1				
0,48	1,7	25,30827	0,000142	0,308124	0	1,699607	195749,2	74819,7	0,000142	0,000142	-9,1356E-11	0	1				
0,48	1,7	25,30827	0,000142	0,308124	0	1,699607	195749,2	74819,7	0,000142	0,000142	-2,11061E-14	0	1				
0,48	1,7	25,30827	0,000142	0,308124	0	1,699607	195749,2	74819,7	0,000142	0,000142	-4,87891E-18	0	1				
0,48	1,7	25,30827	0,000142	0,308124	0	1,699607	195749,2	74819,7	0,000142	0,000142	0	1	1	195749,2	0,48	1,699607	1,7
0,49	1,683333	25,30225	0,000142	0,302109	0	1,682937	193653,8	74664,29	0,000142	0,000142	-3,2949E-07	0	1				
0,49	1,683333	25,30225	0,000142	0,30211	0	1,682938	193653,7	74664,25	0,000142	0,000142	-7,74583E-11	0	1				
0,49	1,683333	25,30225	0,000142	0,30211	0	1,682938	193653,7	74664,25	0,000142	0,000142	-1,82094E-14	0	1				
0,49	1,683333	25,30225	0,000142	0,30211	0	1,682938	193653,7	74664,25	0,000142	0,000142	-4,25549E-18	0	1				
0,49	1,683333	25,30225	0,000142	0,30211	0	1,682938	193653,7	74664,25	0,000142	0,000142	0	1	1	193653,7	0,49	1,682938	1,683333

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,5	1,666667	25,2963	0,000142	0,296154	0	1,666267	191679,3	74541,96	0,000142	0,000142	-2,66036E-07	0	1				
0,5	1,666667	25,2963	0,000142	0,296155	0	1,666268	191679,2	74541,92	0,000142	0,000142	-6,36793E-11	0	1				
0,5	1,666667	25,2963	0,000142	0,296155	0	1,666268	191679,2	74541,92	0,000142	0,000142	-1,52425E-14	0	1				
0,5	1,666667	25,2963	0,000142	0,296155	0	1,666268	191679,2	74541,92	0,000142	0,000142	-3,60497E-18	0	1				
0,5	1,666667	25,2963	0,000142	0,296155	0	1,666268	191679,2	74541,92	0,000142	0,000142	0	1	1	191679,2	0,5	1,666268	1,666667
0,51	1,65	25,2904	0,000142	0,290258	0	1,649597	189819,9	74451,6	0,000142	0,000142	-2,04811E-07	0	1				
0,51	1,65	25,2904	0,000142	0,290258	0	1,649598	189819,9	74451,57	0,000142	0,000142	-4,99479E-11	0	1				
0,51	1,65	25,2904	0,000142	0,290258	0	1,649598	189819,9	74451,57	0,000142	0,000142	-1,21809E-14	0	1				
0,51	1,65	25,2904	0,000142	0,290258	0	1,649598	189819,9	74451,57	0,000142	0,000142	-2,95445E-18	0	1				
0,51	1,65	25,2904	0,000142	0,290258	0	1,649598	189819,9	74451,57	0,000142	0,000142	0	1	1	189819,9	0,51	1,649598	1,65
0,52	1,633333	25,28456	0,000142	0,284421	0	1,632927	188070,1	74392,18	0,000142	0,000141	-1,45584E-07	0	1				
0,52	1,633333	25,28456	0,000141	0,284422	0	1,632927	188070,1	74392,16	0,000141	0,000141	-3,61953E-11	0	1				
0,52	1,633333	25,28456	0,000141	0,284422	0	1,632927	188070,1	74392,16	0,000141	0,000141	-8,99891E-15	0	1				
0,52	1,633333	25,28456	0,000141	0,284422	0	1,632927	188070,1	74392,16	0,000141	0,000141	-2,24972E-18	0	1				
0,52	1,633333	25,28456	0,000141	0,284422	0	1,632927	188070,1	74392,16	0,000141	0,000141	0	1	1	188070,1	0,52	1,632927	1,633333
0,53	1,616667	25,27879	0,000141	0,278644	0	1,616257	186424,8	74362,79	0,000141	0,000141	-8,81408E-08	0	1				
0,53	1,616667	25,27879	0,000141	0,278644	0	1,616257	186424,8	74362,78	0,000141	0,000141	-2,23541E-11	0	1				
0,53	1,616667	25,27879	0,000141	0,278644	0	1,616257	186424,8	74362,78	0,000141	0,000141	-5,66948E-15	0	1				
0,53	1,616667	25,27879	0,000141	0,278644	0	1,616257	186424,8	74362,78	0,000141	0,000141	-1,35525E-18	0	1				
0,53	1,616667	25,27879	0,000141	0,278644	0	1,616257	186424,8	74362,78	0,000141	0,000141	0	1	1	186424,8	0,53	1,616257	1,616667
0,54	1,6	25,27307	0,000141	0,272925	0	1,599586	184879,4	74362,61	0,000141	0,000141	-3,22858E-08	0	1				
0,54	1,6	25,27307	0,000141	0,272925	0	1,599586	184879,4	74362,61	0,000141	0,000141	-8,35792E-12	0	1				
0,54	1,6	25,27307	0,000141	0,272925	0	1,599586	184879,4	74362,61	0,000141	0,000141	-2,16361E-15	0	1				
0,54	1,6	25,27307	0,000141	0,272925	0	1,599586	184879,4	74362,61	0,000141	0,000141	-5,96311E-19	0	1				
0,54	1,6	25,27307	0,000141	0,272925	0	1,599586	184879,4	74362,61	0,000141	0,000141	0	1	1	184879,4	0,54	1,599586	1,6
0,55	1,583333	25,26741	0,000141	0,267266	0	1,582915	183429,7	74390,93	0,000141	0,000141	2,21631E-08	0	1				
0,55	1,583333	25,26741	0,000141	0,267266	0	1,582915	183429,7	74390,93	0,000141	0,000141	5,85983E-12	0	1				
0,55	1,583333	25,26741	0,000141	0,267266	0	1,582915	183429,7	74390,93	0,000141	0,000141	1,54932E-15	0	1				
0,55	1,583333	25,26741	0,000141	0,267266	0	1,582915	183429,7	74390,93	0,000141	0,000141	4,06576E-19	0	1				
0,55	1,583333	25,26741	0,000141	0,267266	0	1,582915	183429,7	74390,93	0,000141	0,000141	0	1	1	183429,7	0,55	1,582915	1,583333
0,56	1,566667	25,26181	0,000141	0,261666	0	1,566244	182071,7	74447,11	0,000141	0,000141	7,53749E-08	0	1				
0,56	1,566667	25,26181	0,000141	0,261666	0	1,566244	182071,8	74447,12	0,000141	0,000141	2,03662E-11	0	1				
0,56	1,566667	25,26181	0,000141	0,261666	0	1,566244	182071,8	74447,12	0,000141	0,000141	5,5029E-15	0	1				
0,56	1,566667	25,26181	0,000141	0,261666	0	1,566244	182071,8	74447,12	0,000141	0,000141	1,51788E-18	0	1				
0,56	1,566667	25,26181	0,000141	0,261666	0	1,566244	182071,8	74447,12	0,000141	0,000141	0	1	1	182071,8	0,56	1,566244	1,566667

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,57	1,55	25,25627	0,000141	0,256125	0	1,549572	180802	74530,59	0,000141	0,000142	1,27508E-07	0	1				
0,57	1,55	25,25627	0,000142	0,256125	0	1,549572	180802	74530,61	0,000142	0,000142	3,52295E-11	0	1				
0,57	1,55	25,25627	0,000142	0,256125	0	1,549572	180802	74530,61	0,000142	0,000142	9,73367E-15	0	1				
0,57	1,55	25,25627	0,000142	0,256125	0	1,549572	180802	74530,61	0,000142	0,000142	2,6834E-18	0	1				
0,57	1,55	25,25627	0,000142	0,256125	0	1,549572	180802	74530,61	0,000142	0,000142	0	1	1	180802	0,57	1,549572	1,55
0,58	1,533333	25,25079	0,000142	0,250644	0	1,532901	179617,2	74640,92	0,000142	0,000142	1,78709E-07	0	1				
0,58	1,533333	25,25079	0,000142	0,250643	0	1,5329	179617,3	74640,95	0,000142	0,000142	5,05198E-11	0	1				
0,58	1,533333	25,25079	0,000142	0,250643	0	1,5329	179617,3	74640,95	0,000142	0,000142	1,42815E-14	0	1				
0,58	1,533333	25,25079	0,000142	0,250643	0	1,5329	179617,3	74640,95	0,000142	0,000142	4,01155E-18	0	1				
0,58	1,533333	25,25079	0,000142	0,250643	0	1,5329	179617,3	74640,95	0,000142	0,000142	0	1	1	179617,3	0,58	1,5329	1,533333
0,59	1,516667	25,24536	0,000142	0,245221	0	1,516229	178514,4	74777,69	0,000142	0,000142	2,2912E-07	0	1				
0,59	1,516667	25,24536	0,000142	0,245221	0	1,516228	178514,5	74777,72	0,000142	0,000142	6,63097E-11	0	1				
0,59	1,516667	25,24536	0,000142	0,245221	0	1,516228	178514,5	74777,72	0,000142	0,000142	1,91907E-14	0	1				
0,59	1,516667	25,24536	0,000142	0,245221	0	1,516228	178514,5	74777,72	0,000142	0,000142	5,52943E-18	0	1				
0,59	1,516667	25,24536	0,000142	0,245221	0	1,516228	178514,5	74777,72	0,000142	0,000142	0	1	1	178514,5	0,59	1,516228	1,516667
0,6	1,5	25,24	0,000142	0,239858	0	1,499556	177490,8	74940,56	0,000142	0,000142	2,78871E-07	0	1				
0,6	1,5	25,24	0,000142	0,239858	0	1,499556	177490,9	74940,6	0,000142	0,000142	8,2675E-11	0	1				
0,6	1,5	25,24	0,000142	0,239858	0	1,499556	177490,9	74940,6	0,000142	0,000142	2,45101E-14	0	1				
0,6	1,5	25,24	0,000142	0,239858	0	1,499556	177490,9	74940,6	0,000142	0,000142	7,26415E-18	0	1				
0,6	1,5	25,24	0,000142	0,239858	0	1,499556	177490,9	74940,6	0,000142	0,000142	0	1	1	177490,9	0,6	1,499556	1,5
0,61	1,483333	25,2347	0,000142	0,234554	0	1,482884	176544	75129,27	0,000142	0,000143	3,28088E-07	0	1				
0,61	1,483333	25,2347	0,000143	0,234554	0	1,482883	176544,1	75129,33	0,000143	0,000143	9,96951E-11	0	1				
0,61	1,483333	25,2347	0,000143	0,234554	0	1,482883	176544,1	75129,33	0,000143	0,000143	3,02941E-14	0	1				
0,61	1,483333	25,2347	0,000143	0,234554	0	1,482883	176544,1	75129,33	0,000143	0,000143	9,21572E-18	0	1				
0,61	1,483333	25,2347	0,000143	0,234554	0	1,482883	176544,1	75129,33	0,000143	0,000143	0	1	1	176544,1	0,61	1,482883	1,483333
0,62	1,466667	25,22945	0,000143	0,229309	0	1,466211	175671,7	75343,63	0,000143	0,000143	3,76893E-07	0	1				
0,62	1,466667	25,22945	0,000143	0,229309	0	1,46621	175671,8	75343,69	0,000143	0,000143	1,17454E-10	0	1				
0,62	1,466667	25,22945	0,000143	0,229309	0	1,46621	175671,8	75343,69	0,000143	0,000143	3,66033E-14	0	1				
0,62	1,466667	25,22945	0,000143	0,229309	0	1,46621	175671,8	75343,69	0,000143	0,000143	1,14112E-17	0	1				
0,62	1,466667	25,22945	0,000143	0,229309	0	1,46621	175671,8	75343,69	0,000143	0,000143	0	1	1	175671,8	0,62	1,46621	1,466667
0,63	1,45	25,22427	0,000143	0,224124	0	1,449538	174871,8	75583,48	0,000143	0,000143	4,25399E-07	0	1				
0,63	1,45	25,22427	0,000143	0,224123	0	1,449537	174872	75583,55	0,000143	0,000143	1,36042E-10	0	1				
0,63	1,45	25,22427	0,000143	0,224123	0	1,449537	174872	75583,55	0,000143	0,000143	4,35061E-14	0	1				
0,63	1,45	25,22427	0,000143	0,224123	0	1,449537	174872	75583,55	0,000143	0,000143	1,39049E-17	0	1				
0,63	1,45	25,22427	0,000143	0,224123	0	1,449537	174872	75583,55	0,000143	0,000143	0	1	1	174872	0,63	1,449537	1,45

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,64	1,433333	25,21914	0,000143	0,218997	0	1,432864	174142,5	75848,74	0,000143	0,000144	4,73719E-07	0	1				
0,64	1,433333	25,21914	0,000144	0,218997	0	1,432863	174142,7	75848,82	0,000144	0,000144	1,55553E-10	0	1				
0,64	1,433333	25,21914	0,000144	0,218997	0	1,432863	174142,7	75848,82	0,000144	0,000144	5,10786E-14	0	1				
0,64	1,433333	25,21914	0,000144	0,218997	0	1,432863	174142,7	75848,82	0,000144	0,000144	1,67238E-17	0	1				
0,64	1,433333	25,21914	0,000144	0,218997	0	1,432863	174142,7	75848,82	0,000144	0,000144	0	1	1	174142,7	0,64	1,432863	1,433333
0,65	1,416667	25,21407	0,000144	0,21393	0	1,416191	173482,1	76139,39	0,000144	0,000144	5,21961E-07	0	1				
0,65	1,416667	25,21407	0,000144	0,21393	0	1,416189	173482,4	76139,48	0,000144	0,000144	1,76091E-10	0	1				
0,65	1,416667	25,21407	0,000144	0,21393	0	1,416189	173482,4	76139,48	0,000144	0,000144	5,9407E-14	0	1				
0,65	1,416667	25,21407	0,000144	0,21393	0	1,416189	173482,4	76139,48	0,000144	0,000144	1,99764E-17	0	1				
0,65	1,416667	25,21407	0,000144	0,21393	0	1,416189	173482,4	76139,48	0,000144	0,000144	0	1	1	173482,4	0,65	1,416189	1,416667
0,66	1,4	25,20907	0,000144	0,208922	0	1,399517	172889,2	76455,45	0,000144	0,000145	5,70231E-07	0	1				
0,66	1,4	25,20907	0,000145	0,208922	0	1,399515	172889,4	76455,56	0,000145	0,000145	1,97765E-10	0	1				
0,66	1,4	25,20907	0,000145	0,208922	0	1,399515	172889,4	76455,56	0,000145	0,000145	6,85884E-14	0	1				
0,66	1,4	25,20907	0,000145	0,208922	0	1,399515	172889,4	76455,56	0,000145	0,000145	2,37711E-17	0	1				
0,66	1,4	25,20907	0,000145	0,208922	0	1,399515	172889,4	76455,56	0,000145	0,000145	0	1	1	172889,4	0,66	1,399515	1,4
0,67	1,383333	25,20412	0,000145	0,203974	0	1,382842	172362,4	76797,01	0,000145	0,000146	6,18633E-07	0	1				
0,67	1,383333	25,20412	0,000146	0,203973	0	1,38284	172362,6	76797,13	0,000146	0,000146	2,20696E-10	0	1				
0,67	1,383333	25,20412	0,000146	0,203973	0	1,38284	172362,6	76797,13	0,000146	0,000146	7,87329E-14	0	1				
0,67	1,383333	25,20412	0,000146	0,203973	0	1,38284	172362,6	76797,13	0,000146	0,000146	2,80808E-17	0	1				
0,67	1,383333	25,20412	0,000146	0,203973	0	1,38284	172362,6	76797,13	0,000146	0,000146	0	1	1	172362,6	0,67	1,38284	1,383333
0,68	1,366667	25,19923	0,000146	0,199084	0	1,366167	171900,5	77164,21	0,000146	0,000146	6,67269E-07	0	1				
0,68	1,366667	25,19923	0,000146	0,199083	0	1,366165	171900,8	77164,34	0,000146	0,000146	2,45012E-10	0	1				
0,68	1,366667	25,19923	0,000146	0,199083	0	1,366165	171900,8	77164,34	0,000146	0,000146	8,99652E-14	0	1				
0,68	1,366667	25,19923	0,000146	0,199083	0	1,366165	171900,8	77164,34	0,000146	0,000146	3,3014E-17	0	1				
0,68	1,366667	25,19923	0,000146	0,199083	0	1,366165	171900,8	77164,34	0,000146	0,000146	0	1	1	171900,8	0,68	1,366165	1,366667
0,69	1,35	25,1944	0,000146	0,194254	0	1,349492	171502,5	77557,23	0,000146	0,000147	7,16243E-07	0	1				
0,69	1,35	25,1944	0,000147	0,194253	0	1,34949	171502,8	77557,38	0,000147	0,000147	2,70855E-10	0	1				
0,69	1,35	25,1944	0,000147	0,194253	0	1,34949	171502,8	77557,38	0,000147	0,000147	1,02427E-13	0	1				
0,69	1,35	25,1944	0,000147	0,194253	0	1,34949	171502,8	77557,38	0,000147	0,000147	3,87331E-17	0	1				
0,69	1,35	25,1944	0,000147	0,194253	0	1,34949	171502,8	77557,38	0,000147	0,000147	0	1	1	171502,8	0,69	1,34949	1,35
0,7	1,333333	25,18963	0,000147	0,189483	0	1,332817	171167,5	77976,33	0,000147	0,000148	7,65655E-07	0	1				
0,7	1,333333	25,18963	0,000148	0,189482	0	1,332814	171167,9	77976,48	0,000148	0,000148	2,98379E-10	0	1				
0,7	1,333333	25,18963	0,000148	0,189482	0	1,332814	171167,9	77976,48	0,000148	0,000148	1,1628E-13	0	1				
0,7	1,333333	25,18963	0,000148	0,189482	0	1,332814	171167,9	77976,48	0,000148	0,000148	4,53197E-17	0	1				
0,7	1,333333	25,18963	0,000148	0,189482	0	1,332814	171167,9	77976,48	0,000148	0,000148	0	1	1	171167,9	0,7	1,332814	1,333333

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,71	1,316667	25,18492	0,000148	0,184771	0	1,316141	170894,9	78421,79	0,000148	0,000148	8,15609E-07	0	1				
0,71	1,316667	25,18492	0,000148	0,18477	0	1,316138	170895,3	78421,96	0,000148	0,000149	3,27752E-10	0	1				
0,71	1,316667	25,18492	0,000149	0,18477	0	1,316138	170895,3	78421,96	0,000149	0,000149	1,31708E-13	0	1				
0,71	1,316667	25,18492	0,000149	0,18477	0	1,316138	170895,3	78421,96	0,000149	0,000149	5,29091E-17	0	1				
0,71	1,316667	25,18492	0,000149	0,18477	0	1,316138	170895,3	78421,96	0,000149	0,000149	0	1	1	170895,3	0,71	1,316138	1,316667
0,72	1,3	25,18027	0,000149	0,180118	0	1,299464	170684,1	78893,97	0,000149	0,000149	8,66207E-07	0	1				
0,72	1,3	25,18027	0,000149	0,180117	0	1,299461	170684,5	78894,16	0,000149	0,000149	3,5916E-10	0	1				
0,72	1,3	25,18027	0,000149	0,180117	0	1,299461	170684,5	78894,16	0,000149	0,000149	1,48921E-13	0	1				
0,72	1,3	25,18027	0,000149	0,180117	0	1,299461	170684,5	78894,16	0,000149	0,000149	6,17182E-17	0	1				
0,72	1,3	25,18027	0,000149	0,180117	0	1,299461	170684,5	78894,16	0,000149	0,000149	0	1	1	170684,5	0,72	1,299461	1,3
0,73	1,283333	25,17567	0,000149	0,175525	0	1,282788	170534,5	79393,29	0,000149	0,00015	9,17554E-07	0	1				
0,73	1,283333	25,17567	0,00015	0,175524	0	1,282784	170535	79393,49	0,00015	0,00015	3,92806E-10	0	1				
0,73	1,283333	25,17567	0,00015	0,175524	0	1,282784	170535	79393,49	0,00015	0,00015	1,68162E-13	0	1				
0,73	1,283333	25,17567	0,00015	0,175524	0	1,282784	170535	79393,49	0,00015	0,00015	7,20452E-17	0	1				
0,73	1,283333	25,17567	0,00015	0,175524	0	1,282784	170535	79393,49	0,00015	0,00015	0	1	1	170535	0,73	1,282784	1,283333
0,74	1,266667	25,17114	0,00015	0,17099	0	1,26611	170445,9	79920,2	0,00015	0,000151	9,69758E-07	0	1				
0,74	1,266667	25,17114	0,000151	0,170989	0	1,266107	170446,4	79920,42	0,000151	0,000151	4,28915E-10	0	1				
0,74	1,266667	25,17114	0,000151	0,170989	0	1,266107	170446,4	79920,42	0,000151	0,000151	1,89706E-13	0	1				
0,74	1,266667	25,17114	0,000151	0,170989	0	1,266107	170446,4	79920,42	0,000151	0,000151	8,38359E-17	0	1				
0,74	1,266667	25,17114	0,000151	0,170989	0	1,266107	170446,4	79920,42	0,000151	0,000151	0	1	1	170446,4	0,74	1,266107	1,266667
0,75	1,25	25,16667	0,000151	0,166515	0	1,249433	170418,1	80475,22	0,000151	0,000152	1,02293E-06	0	1				
0,75	1,25	25,16667	0,000152	0,166514	0	1,249429	170418,6	80475,47	0,000152	0,000152	4,67733E-10	0	1				
0,75	1,25	25,16667	0,000152	0,166514	0	1,249429	170418,6	80475,47	0,000152	0,000152	2,13872E-13	0	1				
0,75	1,25	25,16667	0,000152	0,166514	0	1,249429	170418,6	80475,47	0,000152	0,000152	9,7795E-17	0	1				
0,75	1,25	25,16667	0,000152	0,166514	0	1,249429	170418,6	80475,47	0,000152	0,000152	0	1	1	170418,6	0,75	1,249429	1,25
0,76	1,233333	25,16225	0,000152	0,1621	0	1,232754	170451,1	81058,95	0,000152	0,000153	1,07717E-06	0	1				
0,76	1,233333	25,16225	0,000153	0,162098	0	1,23275	170451,6	81059,22	0,000153	0,000153	5,09536E-10	0	1				
0,76	1,233333	25,16225	0,000153	0,162098	0	1,23275	170451,6	81059,22	0,000153	0,000153	2,41027E-13	0	1				
0,76	1,233333	25,16225	0,000153	0,162098	0	1,23275	170451,6	81059,22	0,000153	0,000153	1,14004E-16	0	1				
0,76	1,233333	25,16225	0,000153	0,162098	0	1,23275	170451,6	81059,22	0,000153	0,000153	0	1	1	170451,6	0,76	1,23275	1,233333
0,77	1,216667	25,1579	0,000153	0,157743	0	1,216076	170544,8	81672,02	0,000153	0,000154	1,13262E-06	0	1				
0,77	1,216667	25,1579	0,000154	0,157742	0	1,216071	170545,4	81672,32	0,000154	0,000154	5,54627E-10	0	1				
0,77	1,216667	25,1579	0,000154	0,157742	0	1,216071	170545,4	81672,32	0,000154	0,000154	2,71595E-13	0	1				
0,77	1,216667	25,1579	0,000154	0,157742	0	1,216071	170545,4	81672,32	0,000154	0,000154	1,33005E-16	0	1				
0,77	1,216667	25,1579	0,000154	0,157742	0	1,216071	170545,4	81672,32	0,000154	0,000154	0	1	1	170545,4	0,77	1,216071	1,216667

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,78	1,2	25,1536	0,000154	0,153446	0	1,199396	170699,6	82315,15	0,000154	0,000156	1,18937E-06	0	1				
0,78	1,2	25,1536	0,000156	0,153444	0	1,199392	170700,3	82315,47	0,000156	0,000156	6,03344E-10	0	1				
0,78	1,2	25,1536	0,000156	0,153444	0	1,199392	170700,3	82315,47	0,000156	0,000156	3,06065E-13	0	1				
0,78	1,2	25,1536	0,000156	0,153444	0	1,199392	170700,3	82315,47	0,000156	0,000156	1,55258E-16	0	1				
0,78	1,2	25,1536	0,000156	0,153444	0	1,199392	170700,3	82315,47	0,000156	0,000156	0	1	1	170700,3	0,78	1,199392	1,2
0,79	1,183333	25,14936	0,000156	0,149207	0	1,182716	170915,8	82989,1	0,000156	0,000157	1,24757E-06	0	1				
0,79	1,183333	25,14936	0,000157	0,149206	0	1,182712	170916,5	82989,45	0,000157	0,000157	6,56062E-10	0	1				
0,79	1,183333	25,14936	0,000157	0,149206	0	1,182712	170916,5	82989,45	0,000157	0,000157	3,45006E-13	0	1				
0,79	1,183333	25,14936	0,000157	0,149206	0	1,182712	170916,5	82989,45	0,000157	0,000157	1,81414E-16	0	1				
0,79	1,183333	25,14936	0,000157	0,149206	0	1,182712	170916,5	82989,45	0,000157	0,000157	0	1	1	170916,5	0,79	1,182712	1,183333
0,8	1,166667	25,14519	0,000157	0,145028	0	1,166036	171193,8	83694,73	0,000157	0,000158	1,30734E-06	0	1				
0,8	1,166667	25,14519	0,000158	0,145027	0	1,166031	171194,5	83695,11	0,000158	0,000158	7,132E-10	0	1				
0,8	1,166667	25,14519	0,000158	0,145027	0	1,166031	171194,5	83695,11	0,000158	0,000158	3,89077E-13	0	1				
0,8	1,166667	25,14519	0,000158	0,145027	0	1,166031	171194,5	83695,11	0,000158	0,000158	2,12287E-16	0	1				
0,8	1,166667	25,14519	0,000158	0,145027	0	1,166031	171194,5	83695,11	0,000158	0,000158	0	1	1	171194,5	0,8	1,166031	1,166667
0,81	1,15	25,14107	0,000158	0,140908	0	1,149355	171534,2	84432,95	0,000158	0,00016	1,36883E-06	0	1				
0,81	1,15	25,14107	0,00016	0,140907	0	1,149349	171535	84433,36	0,00016	0,00016	7,75227E-10	0	1				
0,81	1,15	25,14107	0,00016	0,140907	0	1,149349	171535	84433,36	0,00016	0,00016	4,39048E-13	0	1				
0,81	1,15	25,14107	0,00016	0,140907	0	1,149349	171535	84433,36	0,00016	0,00016	2,4858E-16	0	1				
0,81	1,15	25,14107	0,00016	0,140907	0	1,149349	171535	84433,36	0,00016	0,00016	0	1	1	171535	0,81	1,149349	1,15
0,82	1,133333	25,13701	0,00016	0,136848	0	1,132673	171937,8	85204,76	0,00016	0,000161	1,43217E-06	0	1				
0,82	1,133333	25,13701	0,000161	0,136846	0	1,132667	171938,7	85205,2	0,000161	0,000161	8,42666E-10	0	1				
0,82	1,133333	25,13701	0,000161	0,136846	0	1,132667	171938,7	85205,2	0,000161	0,000161	4,95816E-13	0	1				
0,82	1,133333	25,13701	0,000161	0,136846	0	1,132667	171938,7	85205,2	0,000161	0,000161	2,91759E-16	0	1				
0,82	1,133333	25,13701	0,000161	0,136846	0	1,132667	171938,7	85205,2	0,000161	0,000161	0	1	1	171938,7	0,82	1,132667	1,133333
0,83	1,116667	25,13301	0,000161	0,132846	0	1,11599	172405,6	86011,23	0,000161	0,000163	1,49752E-06	0	1				
0,83	1,116667	25,13301	0,000163	0,132845	0	1,115984	172406,6	86011,71	0,000163	0,000163	9,16104E-10	0	1				
0,83	1,116667	25,13301	0,000163	0,132845	0	1,115984	172406,6	86011,71	0,000163	0,000163	5,60429E-13	0	1				
0,83	1,116667	25,13301	0,000163	0,132845	0	1,115984	172406,6	86011,71	0,000163	0,000163	3,42906E-16	0	1				
0,83	1,116667	25,13301	0,000163	0,132845	0	1,115984	172406,6	86011,71	0,000163	0,000163	0	1	1	172406,6	0,83	1,115984	1,116667
0,84	1,1	25,12907	0,000163	0,128904	0	1,099307	172938,4	86853,53	0,000163	0,000164	1,56505E-06	0	1				
0,84	1,1	25,12907	0,000164	0,128903	0	1,0993	172939,5	86854,06	0,000164	0,000164	9,96201E-10	0	1				
0,84	1,1	25,12907	0,000164	0,128903	0	1,0993	172939,5	86854,06	0,000164	0,000164	6,34118E-13	0	1				
0,84	1,1	25,12907	0,000164	0,128903	0	1,0993	172939,5	86854,06	0,000164	0,000164	4,0373E-16	0	1				
0,84	1,1	25,12907	0,000164	0,128903	0	1,0993	172939,5	86854,06	0,000164	0,000164	0	1	1	172939,5	0,84	1,0993	1,1

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,85	1,083333	25,12519	0,000164	0,125021	0	1,082623	173537,6	87732,92	0,000164	0,000166	1,63492E-06	0	1				
0,85	1,083333	25,12519	0,000166	0,125019	0	1,082616	173538,8	87733,49	0,000166	0,000166	1,0837E-09	0	1				
0,85	1,083333	25,12519	0,000166	0,125019	0	1,082616	173538,8	87733,49	0,000166	0,000166	7,1833E-13	0	1				
0,85	1,083333	25,12519	0,000166	0,125019	0	1,082616	173538,8	87733,49	0,000166	0,000166	4,76154E-16	0	1				
0,85	1,083333	25,12519	0,000166	0,125019	0	1,082616	173538,8	87733,49	0,000166	0,000166	3,25261E-19	0	1				
0,85	1,083333	25,12519	0,000166	0,125019	0	1,082616	173538,8	87733,49	0,000166	0,000166	0	1	1	173538,8	0,85	1,082616	1,083333
0,86	1,066667	25,12136	0,000166	0,121197	0	1,065938	174204,5	88650,75	0,000166	0,000167	1,70733E-06	0	1				
0,86	1,066667	25,12136	0,000167	0,121196	0	1,065931	174205,8	88651,38	0,000167	0,000167	1,17943E-09	0	1				
0,86	1,066667	25,12136	0,000167	0,121196	0	1,065931	174205,8	88651,38	0,000167	0,000167	8,14767E-13	0	1				
0,86	1,066667	25,12136	0,000167	0,121196	0	1,065931	174205,8	88651,38	0,000167	0,000167	5,62836E-16	0	1				
0,86	1,066667	25,12136	0,000167	0,121196	0	1,065931	174205,8	88651,38	0,000167	0,000167	4,06576E-19	0	1				
0,86	1,066667	25,12136	0,000167	0,121196	0	1,065931	174205,8	88651,38	0,000167	0,000167	0	1	1	174205,8	0,86	1,065931	1,066667
0,87	1,05	25,1176	0,000167	0,117433	0	1,049252	174940,7	89608,49	0,000167	0,000169	1,78246E-06	0	1				
0,87	1,05	25,1176	0,000169	0,117431	0	1,049244	174942	89609,17	0,000169	0,000169	1,28435E-09	0	1				
0,87	1,05	25,1176	0,000169	0,117431	0	1,049244	174942	89609,17	0,000169	0,000169	9,25444E-13	0	1				
0,87	1,05	25,1176	0,000169	0,117431	0	1,049244	174942	89609,17	0,000169	0,000169	6,66811E-16	0	1				
0,87	1,05	25,1176	0,000169	0,117431	0	1,049244	174942	89609,17	0,000169	0,000169	4,87891E-19	0	1				
0,87	1,05	25,1176	0,000169	0,117431	0	1,049244	174942	89609,17	0,000169	0,000169	0	1	1	174942	0,87	1,049244	1,05
0,88	1,033333	25,1139	0,000169	0,113727	0	1,032565	175747,7	90607,71	0,000169	0,000171	1,86054E-06	0	1				
0,88	1,033333	25,1139	0,000171	0,113725	0	1,032557	175749,1	90608,45	0,000171	0,000171	1,39952E-09	0	1				
0,88	1,033333	25,1139	0,000171	0,113725	0	1,032557	175749,1	90608,45	0,000171	0,000171	1,05274E-12	0	1				
0,88	1,033333	25,1139	0,000171	0,113725	0	1,032557	175749,1	90608,45	0,000171	0,000171	7,91874E-16	0	1				
0,88	1,033333	25,1139	0,000171	0,113725	0	1,032557	175749,1	90608,45	0,000171	0,000171	5,69206E-19	0	1				
0,88	1,033333	25,1139	0,000171	0,113725	0	1,032557	175749,1	90608,45	0,000171	0,000171	0	1	1	175749,1	0,88	1,032557	1,033333
0,89	1,016667	25,11025	0,000171	0,110081	0	1,015878	176627,6	91650,09	0,000171	0,000173	1,94179E-06	0	1				
0,89	1,016667	25,11025	0,000173	0,110079	0	1,015869	176629,1	91650,9	0,000173	0,000173	1,52615E-09	0	1				
0,89	1,016667	25,11025	0,000173	0,110079	0	1,015869	176629,1	91650,9	0,000173	0,000173	1,1995E-12	0	1				
0,89	1,016667	25,11025	0,000173	0,110079	0	1,015869	176629,1	91650,9	0,000173	0,000173	9,42768E-16	0	1				
0,89	1,016667	25,11025	0,000173	0,110079	0	1,015869	176629,1	91650,9	0,000173	0,000173	7,58942E-19	0	1				
0,89	1,016667	25,11025	0,000173	0,110079	0	1,015869	176629,1	91650,9	0,000173	0,000173	0	1	1	176629,1	0,89	1,015869	1,016667
0,9	1	25,10667	0,000173	0,106494	0	0,999189	177582,4	92737,48	0,000173	0,000175	2,02644E-06	0	1				
0,9	1	25,10667	0,000175	0,106492	0	0,999179	177584,1	92738,36	0,000175	0,000175	1,66563E-09	0	1				
0,9	1	25,10667	0,000175	0,106492	0	0,999179	177584,1	92738,36	0,000175	0,000175	1,36909E-12	0	1				
0,9	1	25,10667	0,000175	0,106492	0	0,999179	177584,1	92738,36	0,000175	0,000175	1,12535E-15	0	1				
0,9	1	25,10667	0,000175	0,106492	0	0,999179	177584,1	92738,36	0,000175	0,000175	8,94467E-19	0	1				
0,9	1	25,10667	0,000175	0,106492	0	0,999179	177584,1	92738,36	0,000175	0,000175	0	1	1	177584,1	0,9	0,999179	1

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,91	0,983333	25,10314	0,000175	0,102966	0	0,982498	178614,5	93871,82	0,000175	0,000177	2,11477E-06	0	1				
0,91	0,983333	25,10314	0,000177	0,102964	0	0,982488	178616,3	93872,79	0,000177	0,000177	1,81953E-09	0	1				
0,91	0,983333	25,10314	0,000177	0,102964	0	0,982488	178616,3	93872,79	0,000177	0,000177	1,56553E-12	0	1				
0,91	0,983333	25,10314	0,000177	0,102964	0	0,982488	178616,3	93872,79	0,000177	0,000177	1,34701E-15	0	1				
0,91	0,983333	25,10314	0,000177	0,102964	0	0,982488	178616,3	93872,79	0,000177	0,000177	1,13841E-18	0	1				
0,91	0,983333	25,10314	0,000177	0,102964	0	0,982488	178616,3	93872,79	0,000177	0,000177	0	1	1	178616,3	0,91	0,982488	0,983333
0,92	0,966667	25,09967	0,000177	0,099497	0	0,965807	179726,3	95055,25	0,000177	0,000179	2,20707E-06	0	1				
0,92	0,966667	25,09967	0,000179	0,099495	0	0,965796	179728,3	95056,3	0,000179	0,000179	1,98965E-09	0	1				
0,92	0,966667	25,09967	0,000179	0,099495	0	0,965796	179728,3	95056,31	0,000179	0,000179	1,79367E-12	0	1				
0,92	0,966667	25,09967	0,000179	0,099495	0	0,965796	179728,3	95056,31	0,000179	0,000179	1,61703E-15	0	1				
0,92	0,966667	25,09967	0,000179	0,099495	0	0,965796	179728,3	95056,31	0,000179	0,000179	1,46367E-18	0	1				
0,92	0,966667	25,09967	0,000179	0,099495	0	0,965796	179728,3	95056,31	0,000179	0,000179	0	1	1	179728,3	0,92	0,965796	0,966667
0,93	0,95	25,09627	0,000179	0,096087	0	0,949114	180920,7	96290,04	0,000179	0,000182	2,30363E-06	0	1				
0,93	0,95	25,09627	0,000182	0,096085	0	0,949103	180922,9	96291,19	0,000182	0,000182	2,17802E-09	0	1				
0,93	0,95	25,09627	0,000182	0,096085	0	0,949103	180922,9	96291,19	0,000182	0,000182	2,05931E-12	0	1				
0,93	0,95	25,09627	0,000182	0,096085	0	0,949103	180922,9	96291,19	0,000182	0,000182	1,94704E-15	0	1				
0,93	0,95	25,09627	0,000182	0,096085	0	0,949103	180922,9	96291,19	0,000182	0,000182	1,92446E-18	0	1				
0,93	0,95	25,09627	0,000182	0,096085	0	0,949103	180922,9	96291,19	0,000182	0,000182	0	1	1	180922,9	0,93	0,949103	0,95
0,94	0,933333	25,09292	0,000182	0,092737	0	0,93242	182200,8	97578,65	0,000182	0,000184	2,40479E-06	0	1				
0,94	0,933333	25,09292	0,000184	0,092734	0	0,932408	182203,2	97579,92	0,000184	0,000184	2,38703E-09	0	1				
0,94	0,933333	25,09292	0,000184	0,092734	0	0,932408	182203,2	97579,92	0,000184	0,000184	2,36945E-12	0	1				
0,94	0,933333	25,09292	0,000184	0,092734	0	0,932408	182203,2	97579,92	0,000184	0,000184	2,35201E-15	0	1				
0,94	0,933333	25,09292	0,000184	0,092734	0	0,932408	182203,2	97579,92	0,000184	0,000184	2,33103E-18	0	1				
0,94	0,933333	25,09292	0,000184	0,092734	0	0,932408	182203,2	97579,92	0,000184	0,000184	0	1	1	182203,2	0,94	0,932408	0,933333
0,95	0,916667	25,08963	0,000184	0,089446	0	0,915725	183569,8	98923,75	0,000184	0,000187	2,51092E-06	0	1				
0,95	0,916667	25,08963	0,000187	0,089443	0	0,915712	183572,4	98925,14	0,000187	0,000187	2,61937E-09	0	1				
0,95	0,916667	25,08963	0,000187	0,089443	0	0,915712	183572,4	98925,14	0,000187	0,000187	2,73256E-12	0	1				
0,95	0,916667	25,08963	0,000187	0,089443	0	0,915712	183572,4	98925,14	0,000187	0,000187	2,85061E-15	0	1				
0,95	0,916667	25,08963	0,000187	0,089443	0	0,915712	183572,4	98925,14	0,000187	0,000187	3,00866E-18	0	1				
0,95	0,916667	25,08963	0,000187	0,089443	0	0,915712	183572,4	98925,14	0,000187	0,000187	0	1	1	183572,4	0,95	0,915712	0,916667
0,96	0,9	25,0864	0,000187	0,086213	0	0,899028	185031,5	100328,2	0,000187	0,000189	2,62241E-06	0	1				
0,96	0,9	25,0864	0,000189	0,086211	0	0,899014	185034,3	100329,7	0,000189	0,000189	2,87817E-09	0	1				
0,96	0,9	25,0864	0,000189	0,086211	0	0,899014	185034,3	100329,7	0,000189	0,000189	3,15894E-12	0	1				
0,96	0,9	25,0864	0,000189	0,086211	0	0,899014	185034,3	100329,7	0,000189	0,000189	3,46706E-15	0	1				
0,96	0,9	25,0864	0,000189	0,086211	0	0,899014	185034,3	100329,7	0,000189	0,000189	3,84892E-18	0	1				
0,96	0,9	25,0864	0,000189	0,086211	0	0,899014	185034,3	100329,7	0,000189	0,000189	0	1	1	185034,3	0,96	0,899014	0,9

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,97	0,883333	25,08323	0,000189	0,08304	0	0,882329	186589,8	101795,1	0,000189	0,000192	2,7397E-06	0	1				
0,97	0,883333	25,08323	0,000192	0,083038	0	0,882314	186592,8	101796,8	0,000192	0,000192	3,16704E-09	0	1				
0,97	0,883333	25,08323	0,000192	0,083038	0	0,882314	186592,9	101796,8	0,000192	0,000192	3,66112E-12	0	1				
0,97	0,883333	25,08323	0,000192	0,083038	0	0,882314	186592,9	101796,8	0,000192	0,000192	4,23226E-15	0	1				
0,97	0,883333	25,08323	0,000192	0,083038	0	0,882314	186592,9	101796,8	0,000192	0,000192	4,87891E-18	0	1				
0,97	0,883333	25,08323	0,000192	0,083038	0	0,882314	186592,9	101796,8	0,000192	0,000192	0	1	1	186592,9	0,97	0,882314	0,883333
0,98	0,866667	25,08012	0,000192	0,079927	0	0,865628	188249	103327,8	0,000192	0,000195	2,86327E-06	0	1				
0,98	0,866667	25,08012	0,000195	0,079924	0	0,865612	188252,4	103329,6	0,000195	0,000195	3,49018E-09	0	1				
0,98	0,866667	25,08012	0,000195	0,079924	0	0,865612	188252,4	103329,6	0,000195	0,000195	4,25446E-12	0	1				
0,98	0,866667	25,08012	0,000195	0,079924	0	0,865612	188252,4	103329,6	0,000195	0,000195	5,18609E-15	0	1				
0,98	0,866667	25,08012	0,000195	0,079924	0	0,865612	188252,4	103329,6	0,000195	0,000195	6,31548E-18	0	1				
0,98	0,866667	25,08012	0,000195	0,079924	0	0,865612	188252,4	103329,6	0,000195	0,000195	0	1	1	188252,4	0,98	0,865612	0,866667
0,99	0,85	25,07707	0,000195	0,076872	0	0,848925	190014	104929,9	0,000195	0,000198	2,99362E-06	0	1				
0,99	0,85	25,07707	0,000198	0,076869	0	0,848908	190017,7	104932	0,000198	0,000198	3,85245E-09	0	1				
0,99	0,85	25,07707	0,000198	0,076869	0	0,848908	190017,7	104932	0,000198	0,000198	4,95781E-12	0	1				
0,99	0,85	25,07707	0,000198	0,076869	0	0,848908	190017,7	104932	0,000198	0,000198	6,38029E-15	0	1				
0,99	0,85	25,07707	0,000198	0,076869	0	0,848908	190017,7	104932	0,000198	0,000198	8,18573E-18	0	1				
0,99	0,85	25,07707	0,000198	0,076869	0	0,848908	190017,7	104932	0,000198	0,000198	0	1	1	190017,7	0,99	0,848908	0,85
1	0,833333	25,07407	0,000198	0,073876	0	0,83222	191889,8	106605,4	0,000198	0,000201	3,13134E-06	0	1				

VIGA COM 4,7M DE ESPESSURA																	
N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Z'o
0,01	4,668667	27,32495	0	2,324955	0	4,668667	29410560	6633715	0	0,013629	0,01362902	0	1				
0,01	4,668667	27,32495	0,013629	2,311325	0	4,654963	29497144	6653245	0,013629	0,013669	4,01235E-05	0	1				
0,01	4,668667	27,32495	0,013669	2,311285	0	4,654922	29497400	6653302	0,013669	0,013669	1,18647E-07	0	1				
0,01	4,668667	27,32495	0,013669	2,311285	0	4,654922	29497401	6653303	0,013669	0,013669	3,50846E-10	0	1				
0,01	4,668667	27,32495	0,013669	2,311285	0	4,654922	29497401	6653303	0,013669	0,013669	1,03748E-12	0	1				
0,01	4,668667	27,32495	0,013669	2,311285	0	4,654922	29497401	6653303	0,013669	0,013669	3,06352E-15	0	1				
0,01	4,668667	27,32495	0,013669	2,311285	0	4,654922	29497401	6653303	0,013669	0,013669	0	1	1	29497401	0,01	4,654922	4,668667
0,02	4,637333	27,29385	0,013669	2,280183	0	4,623496	14848949	3398759	0,013669	0,006975	-0,006694433	0	1				
0,02	4,637333	27,29385	0,006975	2,286877	0	4,630278	14827199	3393781	0,006975	0,006965	-1,02163E-05	0	1				
0,02	4,637333	27,29385	0,006965	2,286887	0	4,630288	14827166	3393774	0,006965	0,006965	-1,55566E-08	0	1				
0,02	4,637333	27,29385	0,006965	2,286887	0	4,630288	14827166	3393774	0,006965	0,006965	-2,36885E-11	0	1				
0,02	4,637333	27,29385	0,006965	2,286887	0	4,630288	14827166	3393774	0,006965	0,006965	-3,60718E-14	0	1				
0,02	4,637333	27,29385	0,006965	2,286887	0	4,630288	14827166	3393774	0,006965	0,006965	-5,29091E-17	0	1				
0,02	4,637333	27,29385	0,006965	2,286887	0	4,630288	14827166	3393774	0,006965	0,006965	0	1	1	14827166	0,02	4,630288	4,637333
0,03	4,606	27,26296	0,006965	2,255994	0	4,598907	9952228	2311128	0,006965	0,004737	-0,002227139	0	1				
0,03	4,606	27,26296	0,004737	2,258221	0	4,601176	9947319	2309988	0,004737	0,004735	-2,3367E-06	0	1				
0,03	4,606	27,26296	0,004735	2,258223	0	4,601179	9947314	2309987	0,004735	0,004735	-2,44984E-09	0	1				
0,03	4,606	27,26296	0,004735	2,258223	0	4,601179	9947314	2309987	0,004735	0,004735	-2,56845E-12	0	1				
0,03	4,606	27,26296	0,004735	2,258223	0	4,601179	9947314	2309987	0,004735	0,004735	-2,69316E-15	0	1				
0,03	4,606	27,26296	0,004735	2,258223	0	4,601179	9947314	2309987	0,004735	0,004735	0	1	1	9947314	0,03	4,601179	4,606
0,04	4,574667	27,23227	0,004735	2,22754	0	4,569812	7511693	1769421	0,004735	0,003623	-0,00111216	0	1				
0,04	4,574667	27,23227	0,003623	2,228652	0	4,570953	7509818	1768979	0,003623	0,003622	-9,04092E-07	0	1				
0,04	4,574667	27,23227	0,003622	2,228653	0	4,570954	7509817	1768979	0,003622	0,003622	-7,34675E-10	0	1				
0,04	4,574667	27,23227	0,003622	2,228653	0	4,570954	7509817	1768979	0,003622	0,003622	-5,97006E-13	0	1				
0,04	4,574667	27,23227	0,003622	2,228653	0	4,570954	7509817	1768979	0,003622	0,003622	-4,84422E-16	0	1				
0,04	4,574667	27,23227	0,003622	2,228653	0	4,570954	7509817	1768979	0,003622	0,003622	0	1	1	7509817	0,04	4,570954	4,574667
0,05	4,543333	27,2018	0,003622	2,198178	0	4,539595	6049355	1445124	0,003622	0,002956	-0,000666418	0	1				
0,05	4,543333	27,2018	0,002956	2,198845	0	4,540283	6048438	1444905	0,002956	0,002955	-4,47926E-07	0	1				
0,05	4,543333	27,2018	0,002955	2,198845	0	4,540283	6048437	1444905	0,002955	0,002955	-3,01E-10	0	1				
0,05	4,543333	27,2018	0,002955	2,198845	0	4,540283	6048437	1444905	0,002955	0,002955	-2,02267E-13	0	1				
0,05	4,543333	27,2018	0,002955	2,198845	0	4,540283	6048437	1444905	0,002955	0,002955	-1,36609E-16	0	1				
0,05	4,543333	27,2018	0,002955	2,198845	0	4,540283	6048437	1444905	0,002955	0,002955	0	1	1	6048437	0,05	4,540283	4,543333
0,06	4,512	27,17154	0,002955	2,16858	0	4,508929	5075415	1229378	0,002955	0,002512	-0,000443602	0	1				
0,06	4,512	27,17154	0,002512	2,169024	0	4,50939	5074896	1229252	0,002512	0,002511	-2,56844E-07	0	1				
0,06	4,512	27,17154	0,002511	2,169024	0	4,50939	5074895	1229252	0,002511	0,002511	-1,48689E-10	0	1				
0,06	4,512	27,17154	0,002511	2,169024	0	4,50939	5074895	1229252	0,002511	0,002511	-8,60778E-14	0	1				
0,06	4,512	27,17154	0,002511	2,169024	0	4,50939	5074895	1229252	0,002511	0,002511	-4,94396E-17	0	1				
0,06	4,512	27,17154	0,002511	2,169024	0	4,50939	5074895	1229252	0,002511	0,002511	0	1	1	5074895	0,06	4,50939	4,512

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,07	4,480667	27,14148	0,002511	2,138969	0	4,478039	4380365	1075623	0,002511	0,002195	-0,000316292	0	1				
0,07	4,480667	27,14148	0,002195	2,139285	0	4,47837	4380041	1075543	0,002195	0,002195	-1,62273E-07	0	1				
0,07	4,480667	27,14148	0,002195	2,139285	0	4,47837	4380041	1075543	0,002195	0,002195	-8,3245E-11	0	1				
0,07	4,480667	27,14148	0,002195	2,139285	0	4,47837	4380041	1075543	0,002195	0,002195	-4,27041E-14	0	1				
0,07	4,480667	27,14148	0,002195	2,139285	0	4,47837	4380041	1075543	0,002195	0,002195	-2,21177E-17	0	1				
0,07	4,480667	27,14148	0,002195	2,139285	0	4,47837	4380041	1075543	0,002195	0,002195	0	1	1	4380041	0,07	4,47837	4,480667
0,08	4,449333	27,11163	0,002195	2,109439	0	4,44702	3859553	960600	0,002195	0,001958	-0,000236722	0	1				
0,08	4,449333	27,11163	0,001958	2,109676	0	4,44727	3859337	960546,1	0,001958	0,001958	-1,09863E-07	0	1				
0,08	4,449333	27,11163	0,001958	2,109676	0	4,44727	3859337	960546	0,001958	0,001958	-5,09834E-11	0	1				
0,08	4,449333	27,11163	0,001958	2,109676	0	4,44727	3859337	960546	0,001958	0,001958	-2,36595E-14	0	1				
0,08	4,449333	27,11163	0,001958	2,109676	0	4,44727	3859337	960546	0,001958	0,001958	-1,12757E-17	0	1				
0,08	4,449333	27,11163	0,001958	2,109676	0	4,44727	3859337	960546	0,001958	0,001958	0	1	1	3859337	0,08	4,44727	4,449333
0,09	4,418	27,082	0,001958	2,080039	0	4,415922	3454874	871396,1	0,001958	0,001774	-0,000183671	0	1				
0,09	4,418	27,082	0,001774	2,080223	0	4,416117	3454722	871357,6	0,001774	0,001774	-7,83349E-08	0	1				
0,09	4,418	27,082	0,001774	2,080223	0	4,416117	3454722	871357,6	0,001774	0,001774	-3,34073E-11	0	1				
0,09	4,418	27,082	0,001774	2,080223	0	4,416117	3454722	871357,6	0,001774	0,001774	-1,42475E-14	0	1				
0,09	4,418	27,082	0,001774	2,080223	0	4,416117	3454722	871357,6	0,001774	0,001774	-5,42101E-18	0	1				
0,09	4,418	27,082	0,001774	2,080223	0	4,416117	3454722	871357,6	0,001774	0,001774	0	1	1	3454722	0,09	4,416117	4,418
0,1	4,386667	27,05257	0,001774	2,050796	0	4,38477	3131478	800266,5	0,001774	0,001628	-0,000146529	0	1				
0,1	4,386667	27,05257	0,001628	2,050942	0	4,384927	3131366	800237,9	0,001628	0,001628	-5,81487E-08	0	1				
0,1	4,386667	27,05257	0,001628	2,050942	0	4,384927	3131366	800237,9	0,001628	0,001628	-2,30745E-11	0	1				
0,1	4,386667	27,05257	0,001628	2,050942	0	4,384927	3131366	800237,9	0,001628	0,001628	-9,15609E-15	0	1				
0,1	4,386667	27,05257	0,001628	2,050942	0	4,384927	3131366	800237,9	0,001628	0,001628	-3,68629E-18	0	1				
0,1	4,386667	27,05257	0,001628	2,050942	0	4,384927	3131366	800237,9	0,001628	0,001628	0	1	1	3131366	0,1	4,384927	4,386667
0,11	4,355333	27,02335	0,001628	2,021725	0	4,353581	2867192	742284,2	0,001628	0,001508	-0,00011951	0	1				
0,11	4,355333	27,02335	0,001508	2,021844	0	4,35371	2867108	742262,3	0,001508	0,001508	-4,4575E-08	0	1				
0,11	4,355333	27,02335	0,001508	2,021844	0	4,35371	2867108	742262,3	0,001508	0,001508	-1,66249E-11	0	1				
0,11	4,355333	27,02335	0,001508	2,021844	0	4,35371	2867108	742262,3	0,001508	0,001508	-6,20099E-15	0	1				
0,11	4,355333	27,02335	0,001508	2,021844	0	4,35371	2867108	742262,3	0,001508	0,001508	-1,95156E-18	0	1				
0,11	4,355333	27,02335	0,001508	2,021844	0	4,35371	2867108	742262,3	0,001508	0,001508	0	1	1	2867108	0,11	4,35371	4,355333
0,12	4,324	26,99434	0,001508	1,992836	0	4,322365	2647241	694165,4	0,001508	0,001409	-9,92387E-05	0	1				
0,12	4,324	26,99434	0,001409	1,992935	0	4,322472	2647175	694148,2	0,001409	0,001409	-3,5079E-08	0	1				
0,12	4,324	26,99434	0,001409	1,992935	0	4,322472	2647175	694148,2	0,001409	0,001409	-1,23993E-11	0	1				
0,12	4,324	26,99434	0,001409	1,992935	0	4,322472	2647175	694148,2	0,001409	0,001409	-4,383E-15	0	1				
0,12	4,324	26,99434	0,001409	1,992935	0	4,322472	2647175	694148,2	0,001409	0,001409	-1,73472E-18	0	1				
0,12	4,324	26,99434	0,001409	1,992935	0	4,322472	2647175	694148,2	0,001409	0,001409	0	1	1	2647175	0,12	4,322472	4,324

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Z'o
0,13	4,292667	26,96555	0,001409	1,964136	0	4,291128	2461395	653637,2	0,001409	0,001325	-8,36385E-05	0	1				
0,13	4,292667	26,96555	0,001325	1,96422	0	4,291219	2461343	653623,2	0,001325	0,001325	-2,82153E-08	0	1				
0,13	4,292667	26,96555	0,001325	1,96422	0	4,291219	2461343	653623,2	0,001325	0,001325	-9,51809E-12	0	1				
0,13	4,292667	26,96555	0,001325	1,96422	0	4,291219	2461343	653623,2	0,001325	0,001325	-3,21076E-15	0	1				
0,13	4,292667	26,96555	0,001325	1,96422	0	4,291219	2461343	653623,2	0,001325	0,001325	0	1	1	2461343	0,13	4,291219	4,292667
0,14	4,261333	26,93696	0,001325	1,935631	0	4,259875	2302349	619076,2	0,001325	0,001254	-7,13744E-05	0	1				
0,14	4,261333	26,93696	0,001254	1,935702	0	4,259954	2302307	619064,8	0,001254	0,001254	-2,31163E-08	0	1				
0,14	4,261333	26,93696	0,001254	1,935702	0	4,259954	2302307	619064,8	0,001254	0,001254	-7,48658E-12	0	1				
0,14	4,261333	26,93696	0,001254	1,935702	0	4,259954	2302307	619064,8	0,001254	0,001254	-2,42471E-15	0	1				
0,14	4,261333	26,93696	0,001254	1,935702	0	4,259954	2302307	619064,8	0,001254	0,001254	0	1	1	2302307	0,14	4,259954	4,261333
0,15	4,23	26,90858	0,001254	1,907322	0	4,22861	2164747	589292,4	0,001254	0,001192	-6,15565E-05	0	1				
0,15	4,23	26,90858	0,001192	1,907384	0	4,228679	2164712	589282,8	0,001192	0,001192	-1,92389E-08	0	1				
0,15	4,23	26,90858	0,001192	1,907384	0	4,228679	2164712	589282,8	0,001192	0,001192	-6,01277E-12	0	1				
0,15	4,23	26,90858	0,001192	1,907384	0	4,228679	2164712	589282,8	0,001192	0,001192	-1,87892E-15	0	1				
0,15	4,23	26,90858	0,001192	1,907384	0	4,228679	2164712	589282,8	0,001192	0,001192	0	1	1	2164712	0,15	4,228679	4,23
0,16	4,198667	26,88041	0,001192	1,879213	0	4,197335	2044572	563393,3	0,001192	0,001139	-5,35731E-05	0	1				
0,16	4,198667	26,88041	0,001139	1,879267	0	4,197395	2044543	563385,3	0,001139	0,001139	-1,62303E-08	0	1				
0,16	4,198667	26,88041	0,001139	1,879267	0	4,197395	2044543	563385,3	0,001139	0,001139	-4,91698E-12	0	1				
0,16	4,198667	26,88041	0,001139	1,879267	0	4,197395	2044543	563385,3	0,001139	0,001139	-1,48969E-15	0	1				
0,16	4,198667	26,88041	0,001139	1,879267	0	4,197395	2044543	563385,3	0,001139	0,001139	0	1	1	2044543	0,16	4,197395	4,198667
0,17	4,167333	26,85244	0,001139	1,851306	0	4,166052	1938753	540696,7	0,001139	0,001092	-4,69922E-05	0	1				
0,17	4,167333	26,85244	0,001092	1,851353	0	4,166105	1938729	540689,8	0,001092	0,001092	-1,38546E-08	0	1				
0,17	4,167333	26,85244	0,001092	1,851353	0	4,166105	1938729	540689,8	0,001092	0,001092	-4,08466E-12	0	1				
0,17	4,167333	26,85244	0,001092	1,851353	0	4,166105	1938729	540689,8	0,001092	0,001092	-1,2039E-15	0	1				
0,17	4,167333	26,85244	0,001092	1,851353	0	4,166105	1938729	540689,8	0,001092	0,001092	0	1	1	1938729	0,17	4,166105	4,167333
0,18	4,136	26,82469	0,001092	1,823601	0	4,134763	1844901	520672,1	0,001092	0,00105	-4,15019E-05	0	1				
0,18	4,136	26,82469	0,00105	1,823643	0	4,13481	1844880	520666,1	0,00105	0,00105	-1,19495E-08	0	1				
0,18	4,136	26,82469	0,00105	1,823643	0	4,13481	1844880	520666,1	0,00105	0,00105	-3,4405E-12	0	1				
0,18	4,136	26,82469	0,00105	1,823643	0	4,13481	1844880	520666,1	0,00105	0,00105	-9,90961E-16	0	1				
0,18	4,136	26,82469	0,00105	1,823643	0	4,13481	1844880	520666,1	0,00105	0,00105	0	1	1	1844880	0,18	4,13481	4,136
0,19	4,104667	26,79715	0,00105	1,796101	0	4,103467	1761131	502900,7	0,00105	0,001013	-3,68725E-05	0	1				
0,19	4,104667	26,79715	0,001013	1,796138	0	4,103509	1761113	502895,5	0,001013	0,001013	-1,04005E-08	0	1				
0,19	4,104667	26,79715	0,001013	1,796138	0	4,103509	1761113	502895,5	0,001013	0,001013	-2,93359E-12	0	1				
0,19	4,104667	26,79715	0,001013	1,796138	0	4,103509	1761113	502895,5	0,001013	0,001013	-8,27246E-16	0	1				
0,19	4,104667	26,79715	0,001013	1,796138	0	4,103509	1761113	502895,5	0,001013	0,001013	0	1	1	1761113	0,19	4,103509	4,104667
0,2	4,073333	26,76982	0,001013	1,768805	0	4,072167	1685934	487047,6	0,001013	0,00098	-3,29316E-05	0	1				
0,2	4,073333	26,76982	0,00098	1,768838	0	4,072205	1685918	487043,1	0,00098	0,00098	-9,12562E-09	0	1				
0,2	4,073333	26,76982	0,00098	1,768838	0	4,072205	1685918	487043,1	0,00098	0,00098	-2,52875E-12	0	1				
0,2	4,073333	26,76982	0,00098	1,768838	0	4,072205	1685918	487043,1	0,00098	0,00098	-7,00611E-16	0	1				
0,2	4,073333	26,76982	0,00098	1,768838	0	4,072205	1685918	487043,1	0,00098	0,00098	0	1	1	1685918	0,2	4,072205	4,073333
0,21	4,042	26,74269	0,00098	1,741715	0	4,040863	1618090	472841,9	0,00098	0,000951	-2,95479E-05	0	1				
0,21	4,042	26,74269	0,000951	1,741744	0	4,040897	1618077	472837,9	0,000951	0,000951	-8,06461E-09	0	1				
0,21	4,042	26,74269	0,000951	1,741744	0	4,040897	1618077	472837,9	0,000951	0,000951	-2,20108E-12	0	1				
0,21	4,042	26,74269	0,000951	1,741744	0	4,040897	1618077	472837,9	0,000951	0,000951	-6,00756E-16	0	1				
0,21	4,042	26,74269	0,000951	1,741744	0	4,040897	1618077	472837,9	0,000951	0,000951	0	1	1	1618077	0,21	4,040897	4,042

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,22	4,010667	26,71578	0,000951	1,71483	0	4,009555	1556601	460062	0,000951	0,000924	-2,66198E-05	0	1				
0,22	4,010667	26,71578	0,000924	1,714857	0	4,009586	1556589	460058,5	0,000924	0,000924	-7,17268E-09	0	1				
0,22	4,010667	26,71578	0,000924	1,714857	0	4,009586	1556589	460058,5	0,000924	0,000924	-1,93265E-12	0	1				
0,22	4,010667	26,71578	0,000924	1,714857	0	4,009586	1556589	460058,5	0,000924	0,000924	-5,20634E-16	0	1				
0,22	4,010667	26,71578	0,000924	1,714857	0	4,009586	1556589	460058,5	0,000924	0,000924	0	1	1	1556589	0,22	4,009586	4,010667
0,23	3,979333	26,68908	0,000924	1,688153	0	3,978245	1500641	448525	0,000924	0,0009	-2,4068E-05	0	1				
0,23	3,979333	26,68908	0,0009	1,688177	0	3,978273	1500630	448521,8	0,0009	0,0009	-6,41597E-09	0	1				
0,23	3,979333	26,68908	0,0009	1,688177	0	3,978273	1500630	448521,8	0,0009	0,0009	-1,71033E-12	0	1				
0,23	3,979333	26,68908	0,0009	1,688177	0	3,978273	1500630	448521,8	0,0009	0,0009	-4,55907E-16	0	1				
0,23	3,979333	26,68908	0,0009	1,688177	0	3,978273	1500630	448521,8	0,0009	0,0009	0	1	1	1500630	0,23	3,978273	3,979333
0,24	3,948	26,66258	0,0009	1,661682	0	3,946931	1449524	438078,3	0,0009	0,000878	-2,18295E-05	0	1				
0,24	3,948	26,66258	0,000878	1,661704	0	3,946957	1449514	438075,4	0,000878	0,000878	-5,76852E-09	0	1				
0,24	3,948	26,66258	0,000878	1,661704	0	3,946957	1449514	438075,4	0,000878	0,000878	-1,52434E-12	0	1				
0,24	3,948	26,66258	0,000878	1,661704	0	3,946957	1449514	438075,4	0,000878	0,000878	-4,02781E-16	0	1				
0,24	3,948	26,66258	0,000878	1,661704	0	3,946957	1449514	438075,4	0,000878	0,000878	0	1	1	1449514	0,24	3,946957	3,948
0,25	3,916667	26,6363	0,000878	1,635418	0	3,915615	1402672	428594,2	0,000878	0,000858	-1,98541E-05	0	1				
0,25	3,916667	26,6363	0,000858	1,635438	0	3,915639	1402663	428591,6	0,000858	0,000858	-5,21022E-09	0	1				
0,25	3,916667	26,6363	0,000858	1,635438	0	3,915639	1402663	428591,6	0,000858	0,000858	-1,36728E-12	0	1				
0,25	3,916667	26,6363	0,000858	1,635438	0	3,915639	1402663	428591,6	0,000858	0,000858	-3,58762E-16	0	1				
0,25	3,916667	26,6363	0,000858	1,635438	0	3,915639	1402663	428591,6	0,000858	0,000858	0	1	1	1402663	0,25	3,915639	3,916667
0,26	3,885333	26,61022	0,000858	1,609362	0	3,884298	1359597	419964,5	0,000858	0,00084	-1,81011E-05	0	1				
0,26	3,885333	26,61022	0,00084	1,60938	0	3,884319	1359590	419962,2	0,00084	0,00084	-4,72528E-09	0	1				
0,26	3,885333	26,61022	0,00084	1,60938	0	3,884319	1359590	419962,2	0,00084	0,00084	-1,23352E-12	0	1				
0,26	3,885333	26,61022	0,00084	1,60938	0	3,884319	1359590	419962,2	0,00084	0,00084	-3,22008E-16	0	1				
0,26	3,885333	26,61022	0,00084	1,60938	0	3,884319	1359590	419962,2	0,00084	0,00084	0	1	1	1359590	0,26	3,884319	3,885333
0,27	3,854	26,58435	0,00084	1,583513	0	3,852978	1319884	412097,2	0,00084	0,000824	-1,65374E-05	0	1				
0,27	3,854	26,58435	0,000824	1,58353	0	3,852998	1319877	412095,1	0,000824	0,000824	-4,30116E-09	0	1				
0,27	3,854	26,58435	0,000824	1,58353	0	3,852998	1319877	412095,1	0,000824	0,000824	-1,11867E-12	0	1				
0,27	3,854	26,58435	0,000824	1,58353	0	3,852998	1319877	412095,1	0,000824	0,000824	-2,91325E-16	0	1				
0,27	3,854	26,58435	0,000824	1,58353	0	3,852998	1319877	412095,1	0,000824	0,000824	0	1	1	1319877	0,27	3,852998	3,854
0,28	3,822667	26,5587	0,000824	1,557873	0	3,821656	1283177	404913,6	0,000824	0,000809	-1,51357E-05	0	1				
0,28	3,822667	26,5587	0,000809	1,557888	0	3,821675	1283171	404911,6	0,000809	0,000809	-3,92785E-09	0	1				
0,28	3,822667	26,5587	0,000809	1,557888	0	3,821675	1283171	404911,6	0,000809	0,000809	-1,01931E-12	0	1				
0,28	3,822667	26,5587	0,000809	1,557888	0	3,821675	1283171	404911,6	0,000809	0,000809	-2,64328E-16	0	1				
0,28	3,822667	26,5587	0,000809	1,557888	0	3,821675	1283171	404911,6	0,000809	0,000809	0	1	1	1283171	0,28	3,821675	3,822667

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,29	3,791333	26,53325	0,000809	1,53244	0	3,790334	1249168	398345,7	0,000809	0,000795	-1,38736E-05	0	1				
0,29	3,791333	26,53325	0,000795	1,532454	0	3,790351	1249162	398343,9	0,000795	0,000795	-3,59725E-09	0	1				
0,29	3,791333	26,53325	0,000795	1,532454	0	3,790351	1249162	398343,9	0,000795	0,000795	-9,32717E-13	0	1				
0,29	3,791333	26,53325	0,000795	1,532454	0	3,790351	1249162	398343,9	0,000795	0,000795	-2,42102E-16	0	1				
0,29	3,791333	26,53325	0,000795	1,532454	0	3,790351	1249162	398343,9	0,000795	0,000795	0	1	1	1249162	0,29	3,790351	3,791333
0,3	3,76	26,50801	0,000795	1,507216	0	3,759009	1217591	392335	0,000795	0,000782	-1,27322E-05	0	1				
0,3	3,76	26,50801	0,000782	1,507229	0	3,759025	1217586	392333,3	0,000782	0,000782	-3,30276E-09	0	1				
0,3	3,76	26,50801	0,000782	1,507229	0	3,759025	1217586	392333,3	0,000782	0,000782	-8,5674E-13	0	1				
0,3	3,76	26,50801	0,000782	1,507229	0	3,759025	1217586	392333,3	0,000782	0,000782	-2,22478E-16	0	1				
0,3	3,76	26,50801	0,000782	1,507229	0	3,759025	1217586	392333,3	0,000782	0,000782	0	1	1	1217586	0,3	3,759025	3,76
0,31	3,728667	26,48298	0,000782	1,4822	0	3,727684	1188216	386830,4	0,000782	0,00077	-1,16958E-05	0	1				
0,31	3,728667	26,48298	0,00077	1,482212	0	3,727698	1188211	386828,8	0,00077	0,00077	-3,03897E-09	0	1				
0,31	3,728667	26,48298	0,00077	1,482212	0	3,727698	1188211	386828,8	0,00077	0,00077	-7,89624E-13	0	1				
0,31	3,728667	26,48298	0,00077	1,482212	0	3,727698	1188211	386828,8	0,00077	0,00077	-2,05239E-16	0	1				
0,31	3,728667	26,48298	0,00077	1,482212	0	3,727698	1188211	386828,8	0,00077	0,00077	0	1	1	1188211	0,31	3,727698	3,728667
0,32	3,697333	26,45816	0,00077	1,457392	0	3,696357	1160840	381787,3	0,00077	0,00076	-1,07511E-05	0	1				
0,32	3,697333	26,45816	0,00076	1,457403	0	3,69637	1160836	381785,9	0,00076	0,00076	-2,80139E-09	0	1				
0,32	3,697333	26,45816	0,00076	1,457403	0	3,69637	1160836	381785,9	0,00076	0,00076	-7,29947E-13	0	1				
0,32	3,697333	26,45816	0,00076	1,457403	0	3,69637	1160836	381785,9	0,00076	0,00076	-1,90277E-16	0	1				
0,32	3,697333	26,45816	0,00076	1,457403	0	3,69637	1160836	381785,9	0,00076	0,00076	0	1	1	1160836	0,32	3,69637	3,697333
0,33	3,666	26,43355	0,00076	1,432793	0	3,665029	1135285	377166,8	0,00076	0,00075	-9,88678E-06	0	1				
0,33	3,666	26,43355	0,00075	1,432803	0	3,665041	1135281	377165,5	0,00075	0,00075	-2,58629E-09	0	1				
0,33	3,666	26,43355	0,00075	1,432803	0	3,665041	1135281	377165,5	0,00075	0,00075	-6,76544E-13	0	1				
0,33	3,666	26,43355	0,00075	1,432803	0	3,665041	1135281	377165,5	0,00075	0,00075	-1,7705E-16	0	1				
0,33	3,666	26,43355	0,00075	1,432803	0	3,665041	1135281	377165,5	0,00075	0,00075	0	1	1	1135281	0,33	3,665041	3,666
0,34	3,634667	26,40915	0,00075	1,408403	0	3,6337	1111394	372934,6	0,00075	0,000741	-9,09322E-06	0	1				
0,34	3,634667	26,40915	0,000741	1,408412	0	3,633712	1111391	372933,4	0,000741	0,000741	-2,39053E-09	0	1				
0,34	3,634667	26,40915	0,000741	1,408412	0	3,633712	1111391	372933,4	0,000741	0,000741	-6,28447E-13	0	1				
0,34	3,634667	26,40915	0,000741	1,408412	0	3,633712	1111391	372933,4	0,000741	0,000741	-1,65341E-16	0	1				
0,34	3,634667	26,40915	0,000741	1,408412	0	3,633712	1111391	372933,4	0,000741	0,000741	0	1	1	1111391	0,34	3,633712	3,634667
0,35	3,603333	26,38496	0,000741	1,384221	0	3,60237	1089030	369060,1	0,000741	0,000732	-8,36213E-06	0	1				
0,35	3,603333	26,38496	0,000732	1,384229	0	3,602381	1089027	369059	0,000732	0,000732	-2,21147E-09	0	1				
0,35	3,603333	26,38496	0,000732	1,384229	0	3,602381	1089027	369059	0,000732	0,000732	-5,84849E-13	0	1				
0,35	3,603333	26,38496	0,000732	1,384229	0	3,602381	1089027	369059	0,000732	0,000732	-1,54824E-16	0	1				
0,35	3,603333	26,38496	0,000732	1,384229	0	3,602381	1089027	369059	0,000732	0,000732	0	1	1	1089027	0,35	3,602381	3,603333

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,36	3,572	26,36098	0,000732	1,360247	0	3,571039	1068068	365516,7	0,000732	0,000724	-7,68638E-06	0	1				
0,36	3,572	26,36098	0,000724	1,360255	0	3,571049	1068065	365515,7	0,000724	0,000724	-2,04687E-09	0	1				
0,36	3,572	26,36098	0,000724	1,360255	0	3,571049	1068065	365515,7	0,000724	0,000724	-5,45074E-13	0	1				
0,36	3,572	26,36098	0,000724	1,360255	0	3,571049	1068065	365515,7	0,000724	0,000724	-1,44849E-16	0	1				
0,36	3,572	26,36098	0,000724	1,360255	0	3,571049	1068065	365515,7	0,000724	0,000724	0	1	1	1068065	0,36	3,571049	3,572
0,37	3,540667	26,33721	0,000724	1,336483	0	3,539707	1048400	362280,5	0,000724	0,000717	-7,05981E-06	0	1				
0,37	3,540667	26,33721	0,000717	1,33649	0	3,539717	1048397	362279,5	0,000717	0,000717	-1,89479E-09	0	1				
0,37	3,540667	26,33721	0,000717	1,33649	0	3,539717	1048397	362279,5	0,000717	0,000717	-5,08542E-13	0	1				
0,37	3,540667	26,33721	0,000717	1,33649	0	3,539717	1048397	362279,5	0,000717	0,000717	-1,36393E-16	0	1				
0,37	3,540667	26,33721	0,000717	1,33649	0	3,539717	1048397	362279,5	0,000717	0,000717	0	1	1	1048397	0,37	3,539717	3,540667
0,38	3,509333	26,31364	0,000717	1,312927	0	3,508375	1029927	359330,2	0,000717	0,000711	-6,47703E-06	0	1				
0,38	3,509333	26,31364	0,000711	1,312934	0	3,508384	1029925	359329,3	0,000711	0,000711	-1,75358E-09	0	1				
0,38	3,509333	26,31364	0,000711	1,312934	0	3,508384	1029925	359329,3	0,000711	0,000711	-4,74762E-13	0	1				
0,38	3,509333	26,31364	0,000711	1,312934	0	3,508384	1029925	359329,3	0,000711	0,000711	-1,2837E-16	0	1				
0,38	3,509333	26,31364	0,000711	1,312934	0	3,508384	1029925	359329,3	0,000711	0,000711	0	1	1	1029925	0,38	3,508384	3,509333
0,39	3,478	26,29029	0,000711	1,289581	0	3,477042	1012562	356646,9	0,000711	0,000705	-5,93335E-06	0	1				
0,39	3,478	26,29029	0,000705	1,289587	0	3,47705	1012560	356646	0,000705	0,000705	-1,62182E-09	0	1				
0,39	3,478	26,29029	0,000705	1,289587	0	3,47705	1012560	356646	0,000705	0,000705	-4,43305E-13	0	1				
0,39	3,478	26,29029	0,000705	1,289587	0	3,47705	1012560	356646	0,000705	0,000705	-1,21214E-16	0	1				
0,39	3,478	26,29029	0,000705	1,289587	0	3,47705	1012560	356646	0,000705	0,000705	0	1	1	1012560	0,39	3,47705	3,478
0,4	3,446667	26,26715	0,000705	1,266443	0	3,445708	996225,7	354213,6	0,000705	0,0007	-5,42467E-06	0	1				
0,4	3,446667	26,26715	0,0007	1,266448	0	3,445715	996223,5	354212,8	0,0007	0,0007	-1,49824E-09	0	1				
0,4	3,446667	26,26715	0,0007	1,266448	0	3,445715	996223,5	354212,8	0,0007	0,0007	-4,138E-13	0	1				
0,4	3,446667	26,26715	0,0007	1,266448	0	3,445715	996223,5	354212,8	0,0007	0,0007	-1,14275E-16	0	1				
0,4	3,446667	26,26715	0,0007	1,266448	0	3,445715	996223,5	354212,8	0,0007	0,0007	0	1	1	996223,5	0,4	3,445715	3,446667
0,41	3,415333	26,24421	0,0007	1,243514	0	3,414373	980847,1	352015,1	0,0007	0,000695	-4,94735E-06	0	1				
0,41	3,415333	26,24421	0,000695	1,243519	0	3,41438	980845,2	352014,4	0,000695	0,000695	-1,38177E-09	0	1				
0,41	3,415333	26,24421	0,000695	1,243519	0	3,41438	980845,2	352014,4	0,000695	0,000695	-3,85917E-13	0	1				
0,41	3,415333	26,24421	0,000695	1,243519	0	3,41438	980845,2	352014,4	0,000695	0,000695	-1,0777E-16	0	1				
0,41	3,415333	26,24421	0,000695	1,243519	0	3,41438	980845,2	352014,4	0,000695	0,000695	0	1	1	980845,2	0,41	3,41438	3,415333
0,42	3,384	26,22149	0,000695	1,220794	0	3,383038	966362,4	350037,9	0,000695	0,00069	-4,49821E-06	0	1				
0,42	3,384	26,22149	0,00069	1,220799	0	3,383044	966360,6	350037,3	0,00069	0,00069	-1,27141E-09	0	1				
0,42	3,384	26,22149	0,00069	1,220799	0	3,383044	966360,6	350037,3	0,00069	0,00069	-3,59363E-13	0	1				
0,42	3,384	26,22149	0,00069	1,220799	0	3,383044	966360,6	350037,3	0,00069	0,00069	-1,01698E-16	0	1				
0,42	3,384	26,22149	0,00069	1,220799	0	3,383044	966360,6	350037,3	0,00069	0,00069	0	1	1	966360,6	0,42	3,383044	3,384

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,43	3,352667	26,19897	0,00069	1,198283	0	3,351702	952713,6	348269,7	0,00069	0,000686	-4,0744E-06	0	1				
0,43	3,352667	26,19897	0,000686	1,198287	0	3,351707	952711,9	348269,1	0,000686	0,000686	-1,16633E-09	0	1				
0,43	3,352667	26,19897	0,000686	1,198287	0	3,351707	952711,9	348269,1	0,000686	0,000686	-3,33871E-13	0	1				
0,43	3,352667	26,19897	0,000686	1,198287	0	3,351707	952711,9	348269,1	0,000686	0,000686	-9,56266E-17	0	1				
0,43	3,352667	26,19897	0,000686	1,198287	0	3,351707	952711,9	348269,1	0,000686	0,000686	0	1	1	952711,9	0,43	3,351707	3,352667
0,44	3,321333	26,17667	0,000686	1,175981	0	3,320365	939848,1	346699,5	0,000686	0,000682	-3,6734E-06	0	1				
0,44	3,321333	26,17667	0,000682	1,175985	0	3,32037	939846,6	346699	0,000682	0,000682	-1,06574E-09	0	1				
0,44	3,321333	26,17667	0,000682	1,175985	0	3,32037	939846,6	346699	0,000682	0,000682	-3,09197E-13	0	1				
0,44	3,321333	26,17667	0,000682	1,175985	0	3,32037	939846,6	346699	0,000682	0,000682	-8,96635E-17	0	1				
0,44	3,321333	26,17667	0,000682	1,175985	0	3,32037	939846,6	346699	0,000682	0,000682	0	1	1	939846,6	0,44	3,32037	3,321333
0,45	3,29	26,15457	0,000682	1,153888	0	3,289028	927718,3	345317,4	0,000682	0,000679	-3,29295E-06	0	1				
0,45	3,29	26,15457	0,000679	1,153892	0	3,289032	927717	345316,9	0,000679	0,000679	-9,68957E-10	0	1				
0,45	3,29	26,15457	0,000679	1,153892	0	3,289032	927717	345316,9	0,000679	0,000679	-2,85117E-13	0	1				
0,45	3,29	26,15457	0,000679	1,153892	0	3,289032	927717	345316,9	0,000679	0,000679	-8,42425E-17	0	1				
0,45	3,29	26,15457	0,000679	1,153892	0	3,289032	927717	345316,9	0,000679	0,000679	0	1	1	927717	0,45	3,289032	3,29
0,46	3,258667	26,13268	0,000679	1,132004	0	3,25769	916280,9	344114,4	0,000679	0,000676	-2,93103E-06	0	1				
0,46	3,258667	26,13268	0,000676	1,132007	0	3,257694	916279,7	344113,9	0,000676	0,000676	-8,7534E-10	0	1				
0,46	3,258667	26,13268	0,000676	1,132007	0	3,257694	916279,7	344113,9	0,000676	0,000676	-2,61416E-13	0	1				
0,46	3,258667	26,13268	0,000676	1,132007	0	3,257694	916279,7	344113,9	0,000676	0,000676	-7,8171E-17	0	1				
0,46	3,258667	26,13268	0,000676	1,132007	0	3,257694	916279,7	344113,9	0,000676	0,000676	0	1	1	916279,7	0,46	3,257694	3,258667
0,47	3,227333	26,11101	0,000676	1,11033	0	3,226351	905496,3	343082,5	0,000676	0,000674	-2,58583E-06	0	1				
0,47	3,227333	26,11101	0,000674	1,110332	0	3,226355	905495,2	343082,1	0,000674	0,000674	-7,8431E-10	0	1				
0,47	3,227333	26,11101	0,000674	1,110332	0	3,226355	905495,2	343082,1	0,000674	0,000674	-2,37889E-13	0	1				
0,47	3,227333	26,11101	0,000674	1,110332	0	3,226355	905495,2	343082,1	0,000674	0,000674	-7,20994E-17	0	1				
0,47	3,227333	26,11101	0,000674	1,110332	0	3,226355	905495,2	343082,1	0,000674	0,000674	0	1	1	905495,2	0,47	3,226355	3,227333
0,48	3,196	26,08954	0,000674	1,088864	0	3,195012	895328,5	342214,5	0,000674	0,000671	-2,25571E-06	0	1				
0,48	3,196	26,08954	0,000671	1,088866	0	3,195015	895327,6	342214,1	0,000671	0,000671	-6,95332E-10	0	1				
0,48	3,196	26,08954	0,000671	1,088866	0	3,195015	895327,6	342214,1	0,000671	0,000671	-2,14338E-13	0	1				
0,48	3,196	26,08954	0,000671	1,088866	0	3,195015	895327,6	342214,1	0,000671	0,000671	-6,61363E-17	0	1				
0,48	3,196	26,08954	0,000671	1,088866	0	3,195015	895327,6	342214,1	0,000671	0,000671	0	1	1	895327,6	0,48	3,195015	3,196
0,49	3,164667	26,06828	0,000671	1,067608	0	3,163672	885744,8	341503,8	0,000671	0,000669	-1,93918E-06	0	1				
0,49	3,164667	26,06828	0,000669	1,06761	0	3,163675	885744	341503,5	0,000669	0,000669	-6,07901E-10	0	1				
0,49	3,164667	26,06828	0,000669	1,06761	0	3,163675	885744	341503,5	0,000669	0,000669	-1,90566E-13	0	1				
0,49	3,164667	26,06828	0,000669	1,06761	0	3,163675	885744	341503,5	0,000669	0,000669	-5,9848E-17	0	1				
0,49	3,164667	26,06828	0,000669	1,06761	0	3,163675	885744	341503,5	0,000669	0,000669	0	1	1	885744	0,49	3,163675	3,164667

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,5	3,133333	26,04723	0,000669	1,04656	0	3,132332	876714,9	340944,7	0,000669	0,000668	-1,6349E-06	0	1				
0,5	3,133333	26,04723	0,000668	1,046562	0	3,132334	876714,2	340944,4	0,000668	0,000668	-5,21544E-10	0	1				
0,5	3,133333	26,04723	0,000668	1,046562	0	3,132334	876714,2	340944,4	0,000668	0,000668	-1,66376E-13	0	1				
0,5	3,133333	26,04723	0,000668	1,046562	0	3,132334	876714,2	340944,4	0,000668	0,000668	-5,31259E-17	0	1				
0,5	3,133333	26,04723	0,000668	1,046562	0	3,132334	876714,2	340944,4	0,000668	0,000668	0	1	1	876714,2	0,5	3,132334	3,133333
0,51	3,102	26,02639	0,000668	1,025722	0	3,100991	868211,4	340531,8	0,000668	0,000666	-1,34164E-06	0	1				
0,51	3,102	26,02639	0,000666	1,025723	0	3,100993	868210,9	340531,6	0,000666	0,000666	-4,35809E-10	0	1				
0,51	3,102	26,02639	0,000666	1,025723	0	3,100993	868210,9	340531,6	0,000666	0,000666	-1,41565E-13	0	1				
0,51	3,102	26,02639	0,000666	1,025723	0	3,100993	868210,9	340531,6	0,000666	0,000666	-4,58618E-17	0	1				
0,51	3,102	26,02639	0,000666	1,025723	0	3,100993	868210,9	340531,6	0,000666	0,000666	0	1	1	868210,9	0,51	3,100993	3,102
0,52	3,070667	26,00576	0,000666	1,005093	0	3,069649	860209,2	340260,5	0,000666	0,000665	-1,05827E-06	0	1				
0,52	3,070667	26,00576	0,000665	1,005094	0	3,069651	860208,7	340260,3	0,000665	0,000665	-3,5026E-10	0	1				
0,52	3,070667	26,00576	0,000665	1,005094	0	3,069651	860208,7	340260,3	0,000665	0,000665	-1,15927E-13	0	1				
0,52	3,070667	26,00576	0,000665	1,005094	0	3,069651	860208,7	340260,3	0,000665	0,000665	-3,82723E-17	0	1				
0,52	3,070667	26,00576	0,000665	1,005094	0	3,069651	860208,7	340260,3	0,000665	0,000665	0	1	1	860208,7	0,52	3,069651	3,070667
0,53	3,039333	25,98534	0,000665	0,984673	0	3,038307	852685	340126,6	0,000665	0,000665	-7,83771E-07	0	1				
0,53	3,039333	25,98534	0,000665	0,984674	0	3,038308	852684,7	340126,4	0,000665	0,000665	-2,64475E-10	0	1				
0,53	3,039333	25,98534	0,000665	0,984674	0	3,038308	852684,7	340126,4	0,000665	0,000665	-8,9244E-14	0	1				
0,53	3,039333	25,98534	0,000665	0,984674	0	3,038308	852684,7	340126,4	0,000665	0,000665	-3,01408E-17	0	1				
0,53	3,039333	25,98534	0,000665	0,984674	0	3,038308	852684,7	340126,4	0,000665	0,000665	0	1	1	852684,7	0,53	3,038308	3,039333
0,54	3,008	25,96513	0,000665	0,964462	0	3,006964	845617,8	340126,3	0,000665	0,000664	-5,17181E-07	0	1				
0,54	3,008	25,96513	0,000664	0,964463	0	3,006965	845617,6	340126,2	0,000664	0,000664	-1,78035E-10	0	1				
0,54	3,008	25,96513	0,000664	0,964463	0	3,006965	845617,6	340126,2	0,000664	0,000664	-6,12872E-14	0	1				
0,54	3,008	25,96513	0,000664	0,964463	0	3,006965	845617,6	340126,2	0,000664	0,000664	-2,12504E-17	0	1				
0,54	3,008	25,96513	0,000664	0,964463	0	3,006965	845617,6	340126,2	0,000664	0,000664	0	1	1	845617,6	0,54	3,006965	3,008
0,55	2,976667	25,94512	0,000664	0,944461	0	2,975621	838988,3	340256,3	0,000664	0,000664	-2,57623E-07	0	1				
0,55	2,976667	25,94512	0,000664	0,944461	0	2,975621	838988,1	340256,3	0,000664	0,000664	-9,05278E-11	0	1				
0,55	2,976667	25,94512	0,000664	0,944461	0	2,975621	838988,1	340256,3	0,000664	0,000664	-3,1811E-14	0	1				
0,55	2,976667	25,94512	0,000664	0,944461	0	2,975621	838988,1	340256,3	0,000664	0,000664	-1,10589E-17	0	1				
0,55	2,976667	25,94512	0,000664	0,944461	0	2,975621	838988,1	340256,3	0,000664	0,000664	0	1	1	838988,1	0,55	2,975621	2,976667
0,56	2,945333	25,92533	0,000664	0,924668	0	2,944277	832778,5	340513,9	0,000664	0,000664	-4,28247E-09	0	1				
0,56	2,945333	25,92533	0,000664	0,924668	0	2,944277	832778,5	340513,9	0,000664	0,000664	-1,53704E-12	0	1				
0,56	2,945333	25,92533	0,000664	0,924668	0	2,944277	832778,5	340513,9	0,000664	0,000664	-5,51534E-16	0	1				
0,56	2,945333	25,92533	0,000664	0,924668	0	2,944277	832778,5	340513,9	0,000664	0,000664	0	1	1	832778,5	0,56	2,944277	2,945333
0,57	2,914	25,90575	0,000664	0,905085	0	2,912932	826972,3	340896,3	0,000664	0,000664	2,43604E-07	0	1				
0,57	2,914	25,90575	0,000664	0,905085	0	2,912932	826972,4	340896,4	0,000664	0,000664	8,93578E-11	0	1				
0,57	2,914	25,90575	0,000664	0,905085	0	2,912932	826972,4	340896,4	0,000664	0,000664	3,27778E-14	0	1				
0,57	2,914	25,90575	0,000664	0,905085	0	2,912932	826972,4	340896,4	0,000664	0,000664	1,21431E-17	0	1				
0,57	2,914	25,90575	0,000664	0,905085	0	2,912932	826972,4	340896,4	0,000664	0,000664	0	1	1	826972,4	0,57	2,912932	2,914

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,58	2,882667	25,88638	0,000664	0,885711	0	2,881587	821554,7	341401,6	0,000664	0,000664	4,8675E-07	0	1				
0,58	2,882667	25,88638	0,000664	0,885711	0	2,881586	821554,9	341401,7	0,000664	0,000664	1,82587E-10	0	1				
0,58	2,882667	25,88638	0,000664	0,885711	0	2,881586	821554,9	341401,7	0,000664	0,000664	6,84911E-14	0	1				
0,58	2,882667	25,88638	0,000664	0,885711	0	2,881586	821554,9	341401,7	0,000664	0,000664	2,56956E-17	0	1				
0,58	2,882667	25,88638	0,000664	0,885711	0	2,881586	821554,9	341401,7	0,000664	0,000664	0	1	1	821554,9	0,58	2,881586	2,882667
0,59	2,851333	25,86721	0,000664	0,866546	0	2,850241	816512,1	342027,8	0,000664	0,000665	7,25827E-07	0	1				
0,59	2,851333	25,86721	0,000665	0,866546	0	2,85024	816512,4	342028	0,000665	0,000665	2,78594E-10	0	1				
0,59	2,851333	25,86721	0,000665	0,866546	0	2,85024	816512,4	342028	0,000665	0,000665	1,06932E-13	0	1				
0,59	2,851333	25,86721	0,000665	0,866546	0	2,85024	816512,4	342028	0,000665	0,000665	4,11997E-17	0	1				
0,59	2,851333	25,86721	0,000665	0,866546	0	2,85024	816512,4	342028	0,000665	0,000665	0	1	1	816512,4	0,59	2,85024	2,851333
0,6	2,82	25,84826	0,000665	0,847591	0	2,818894	811832	342773,5	0,000665	0,000666	9,61469E-07	0	1				
0,6	2,82	25,84826	0,000666	0,84759	0	2,818892	811832,4	342773,7	0,000666	0,000666	3,77839E-10	0	1				
0,6	2,82	25,84826	0,000666	0,84759	0	2,818892	811832,4	342773,7	0,000666	0,000666	1,48484E-13	0	1				
0,6	2,82	25,84826	0,000666	0,84759	0	2,818892	811832,4	342773,7	0,000666	0,000666	5,83301E-17	0	1				
0,6	2,82	25,84826	0,000666	0,84759	0	2,818892	811832,4	342773,7	0,000666	0,000666	0	1	1	811832,4	0,6	2,818892	2,82
0,61	2,788667	25,82951	0,000666	0,828844	0	2,787547	807503,1	343637,4	0,000666	0,000667	1,19428E-06	0	1				
0,61	2,788667	25,82951	0,000667	0,828843	0	2,787545	807503,6	343637,7	0,000667	0,000667	4,80805E-10	0	1				
0,61	2,788667	25,82951	0,000667	0,828843	0	2,787545	807503,6	343637,7	0,000667	0,000667	1,93567E-13	0	1				
0,61	2,788667	25,82951	0,000667	0,828843	0	2,787545	807503,6	343637,7	0,000667	0,000667	7,78457E-17	0	1				
0,61	2,788667	25,82951	0,000667	0,828843	0	2,787545	807503,6	343637,7	0,000667	0,000667	0	1	1	807503,6	0,61	2,787545	2,788667
0,62	2,757333	25,81097	0,000667	0,810307	0	2,756199	803515	344618,6	0,000667	0,000669	1,42484E-06	0	1				
0,62	2,757333	25,81097	0,000669	0,810306	0	2,756196	803515,7	344618,9	0,000669	0,000669	5,88E-10	0	1				
0,62	2,757333	25,81097	0,000669	0,810306	0	2,756196	803515,7	344618,9	0,000669	0,000669	2,42655E-13	0	1				
0,62	2,757333	25,81097	0,000669	0,810306	0	2,756196	803515,7	344618,9	0,000669	0,000669	1,00072E-16	0	1				
0,62	2,757333	25,81097	0,000669	0,810306	0	2,756196	803515,7	344618,9	0,000669	0,000669	0	1	1	803515,7	0,62	2,756196	2,757333
0,63	2,726	25,79265	0,000669	0,791979	0	2,72485	799858,3	345716,5	0,000669	0,00067	1,65369E-06	0	1				
0,63	2,726	25,79265	0,00067	0,791978	0	2,724847	799859,1	345716,9	0,00067	0,00067	6,99962E-10	0	1				
0,63	2,726	25,79265	0,00067	0,791978	0	2,724847	799859,1	345716,9	0,00067	0,00067	2,96276E-13	0	1				
0,63	2,726	25,79265	0,00067	0,791978	0	2,724847	799859,1	345716,9	0,00067	0,00067	1,25334E-16	0	1				
0,63	2,726	25,79265	0,00067	0,791978	0	2,724847	799859,1	345716,9	0,00067	0,00067	0	1	1	799859,1	0,63	2,724847	2,726
0,64	2,694667	25,77453	0,00067	0,773861	0	2,6935	796524,6	346930,7	0,00067	0,000672	1,88137E-06	0	1				
0,64	2,694667	25,77453	0,000672	0,773859	0	2,693497	796525,5	346931,1	0,000672	0,000672	8,17265E-10	0	1				
0,64	2,694667	25,77453	0,000672	0,773859	0	2,693497	796525,5	346931,1	0,000672	0,000672	3,55021E-13	0	1				
0,64	2,694667	25,77453	0,000672	0,773859	0	2,693497	796525,5	346931,1	0,000672	0,000672	1,54174E-16	0	1				
0,64	2,694667	25,77453	0,000672	0,773859	0	2,693497	796525,5	346931,1	0,000672	0,000672	0	1	1	796525,5	0,64	2,693497	2,694667

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,65	2,663333	25,75662	0,000672	0,755951	0	2,66215	793506,2	348261	0,000672	0,000674	2,10839E-06	0	1				
0,65	2,663333	25,75662	0,000674	0,755949	0	2,662146	793507,3	348261,5	0,000674	0,000674	9,40525E-10	0	1				
0,65	2,663333	25,75662	0,000674	0,755949	0	2,662146	793507,3	348261,5	0,000674	0,000674	4,19556E-13	0	1				
0,65	2,663333	25,75662	0,000674	0,755949	0	2,662146	793507,3	348261,5	0,000674	0,000674	1,87242E-16	0	1				
0,65	2,663333	25,75662	0,000674	0,755949	0	2,662146	793507,3	348261,5	0,000674	0,000674	0	0	1	793507,3	0,65	2,662146	2,663333
0,66	2,632	25,73893	0,000674	0,738251	0	2,630799	790796,3	349707,7	0,000674	0,000677	2,33526E-06	0	1				
0,66	2,632	25,73893	0,000677	0,738248	0	2,630794	790797,5	349708,2	0,000677	0,000677	1,0704E-09	0	1				
0,66	2,632	25,73893	0,000677	0,738248	0	2,630794	790797,5	349708,2	0,000677	0,000677	4,90635E-13	0	1				
0,66	2,632	25,73893	0,000677	0,738248	0	2,630794	790797,5	349708,2	0,000677	0,000677	2,24864E-16	0	1				
0,66	2,632	25,73893	0,000677	0,738248	0	2,630794	790797,5	349708,2	0,000677	0,000677	0	0	1	790797,5	0,66	2,630794	2,632
0,67	2,600667	25,72144	0,000677	0,72076	0	2,599447	788388,8	351271	0,000677	0,000679	2,56248E-06	0	1				
0,67	2,600667	25,72144	0,000679	0,720757	0	2,599442	788390,2	351271,6	0,000679	0,000679	1,20761E-09	0	1				
0,67	2,600667	25,72144	0,000679	0,720757	0	2,599442	788390,2	351271,6	0,000679	0,000679	5,69107E-13	0	1				
0,67	2,600667	25,72144	0,000679	0,720757	0	2,599442	788390,2	351271,6	0,000679	0,000679	2,68232E-16	0	1				
0,67	2,600667	25,72144	0,000679	0,720757	0	2,599442	788390,2	351271,6	0,000679	0,000679	0	0	1	788390,2	0,67	2,599442	2,600667
0,68	2,569333	25,70416	0,000679	0,703478	0	2,568094	786278,5	352951,7	0,000679	0,000682	2,79052E-06	0	1				
0,68	2,569333	25,70416	0,000682	0,703475	0	2,568089	786280	352952,4	0,000682	0,000682	1,35292E-09	0	1				
0,68	2,569333	25,70416	0,000682	0,703475	0	2,568089	786280	352952,4	0,000682	0,000682	6,55936E-13	0	1				
0,68	2,569333	25,70416	0,000682	0,703475	0	2,568089	786280	352952,4	0,000682	0,000682	3,18105E-16	0	1				
0,68	2,569333	25,70416	0,000682	0,703475	0	2,568089	786280	352952,4	0,000682	0,000682	0	0	1	786280	0,68	2,568089	2,569333
0,69	2,538	25,68709	0,000682	0,686405	0	2,53674	784460,6	354750,5	0,000682	0,000685	3,01987E-06	0	1				
0,69	2,538	25,68709	0,000685	0,686402	0	2,536734	784462,3	354751,3	0,000685	0,000685	1,50718E-09	0	1				
0,69	2,538	25,68709	0,000685	0,686402	0	2,536734	784462,3	354751,3	0,000685	0,000685	7,52218E-13	0	1				
0,69	2,538	25,68709	0,000685	0,686402	0	2,536734	784462,3	354751,3	0,000685	0,000685	3,75568E-16	0	1				
0,69	2,538	25,68709	0,000685	0,686402	0	2,536734	784462,3	354751,3	0,000685	0,000685	0	0	1	784462,3	0,69	2,536734	2,538
0,7	2,506667	25,67023	0,000685	0,669542	0	2,505385	782931,3	356668,7	0,000685	0,000688	3,25101E-06	0	1				
0,7	2,506667	25,67023	0,000688	0,669539	0	2,505379	782933,2	356669,5	0,000688	0,000688	1,6713E-09	0	1				
0,7	2,506667	25,67023	0,000688	0,669539	0	2,505379	782933,2	356669,5	0,000688	0,000688	8,59199E-13	0	1				
0,7	2,506667	25,67023	0,000688	0,669539	0	2,505379	782933,2	356669,5	0,000688	0,000688	4,41704E-16	0	1				
0,7	2,506667	25,67023	0,000688	0,669539	0	2,505379	782933,2	356669,5	0,000688	0,000688	0	0	1	782933,2	0,7	2,505379	2,506667
0,71	2,475333	25,65358	0,000688	0,652888	0	2,474029	781687,1	358707,5	0,000688	0,000692	3,48442E-06	0	1				
0,71	2,475333	25,65358	0,000692	0,652884	0	2,474023	781689,2	358708,5	0,000692	0,000692	1,84629E-09	0	1				
0,71	2,475333	25,65358	0,000692	0,652884	0	2,474023	781689,2	358708,5	0,000692	0,000692	9,78301E-13	0	1				
0,71	2,475333	25,65358	0,000692	0,652884	0	2,474023	781689,2	358708,5	0,000692	0,000692	5,18465E-16	0	1				
0,71	2,475333	25,65358	0,000692	0,652884	0	2,474023	781689,2	358708,5	0,000692	0,000692	0	0	1	781689,2	0,71	2,474023	2,475333
0,72	2,444	25,63713	0,000692	0,636443	0	2,442673	780725,6	360868,7	0,000692	0,000696	3,72059E-06	0	1				
0,72	2,444	25,63713	0,000696	0,636439	0	2,442665	780727,8	360869,8	0,000696	0,000696	2,03325E-09	0	1				
0,72	2,444	25,63713	0,000696	0,636439	0	2,442665	780727,8	360869,8	0,000696	0,000696	1,11115E-12	0	1				
0,72	2,444	25,63713	0,000696	0,636439	0	2,442665	780727,8	360869,8	0,000696	0,000696	6,07262E-16	0	1				
0,72	2,444	25,63713	0,000696	0,636439	0	2,442665	780727,8	360869,8	0,000696	0,000696	0	0	1	780727,8	0,72	2,442665	2,444

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,73	2,412667	25,6209	0,000696	0,620207	0	2,411315	780044,5	363154,1	0,000696	0,0007	3,96001E-06	0	1				
0,73	2,412667	25,6209	0,0007	0,620203	0	2,411307	780047	363155,2	0,0007	0,0007	2,23339E-09	0	1				
0,73	2,412667	25,6209	0,0007	0,620203	0	2,411307	780047	363155,2	0,0007	0,0007	1,25961E-12	0	1				
0,73	2,412667	25,6209	0,0007	0,620203	0	2,411307	780047	363155,2	0,0007	0,0007	7,10369E-16	0	1				
0,73	2,412667	25,6209	0,0007	0,620203	0	2,411307	780047	363155,2	0,0007	0,0007	0	1	1	780047	0,73	2,411307	2,412667
0,74	2,381333	25,60488	0,0007	0,60418	0	2,379956	779642,6	365565,7	0,0007	0,000704	4,20317E-06	0	1				
0,74	2,381333	25,60488	0,000704	0,604176	0	2,379948	779645,3	365567	0,000704	0,000704	2,44805E-09	0	1				
0,74	2,381333	25,60488	0,000704	0,604176	0	2,379948	779645,3	365567	0,000704	0,000704	1,42582E-12	0	1				
0,74	2,381333	25,60488	0,000704	0,604176	0	2,379948	779645,3	365567	0,000704	0,000704	8,3039E-16	0	1				
0,74	2,381333	25,60488	0,000704	0,604176	0	2,379948	779645,3	365567	0,000704	0,000704	0	1	1	779645,3	0,74	2,379948	2,381333
0,75	2,35	25,58907	0,000704	0,588363	0	2,348596	779518,9	368106,1	0,000704	0,000708	4,4506E-06	0	1				
0,75	2,35	25,58907	0,000708	0,588358	0	2,348587	779521,8	368107,5	0,000708	0,000708	2,67868E-09	0	1				
0,75	2,35	25,58907	0,000708	0,588358	0	2,348587	779521,8	368107,5	0,000708	0,000708	1,61223E-12	0	1				
0,75	2,35	25,58907	0,000708	0,588358	0	2,348587	779521,8	368107,5	0,000708	0,000708	9,70361E-16	0	1				
0,75	2,35	25,58907	0,000708	0,588358	0	2,348587	779521,8	368107,5	0,000708	0,000708	0	1	1	779521,8	0,75	2,348587	2,35
0,76	2,318667	25,57346	0,000708	0,572755	0	2,317234	779673,2	370777,9	0,000708	0,000713	4,70281E-06	0	1				
0,76	2,318667	25,57346	0,000713	0,57275	0	2,317225	779676,4	370779,4	0,000713	0,000713	2,92693E-09	0	1				
0,76	2,318667	25,57346	0,000713	0,57275	0	2,317225	779676,4	370779,4	0,000713	0,000713	1,82168E-12	0	1				
0,76	2,318667	25,57346	0,000713	0,57275	0	2,317225	779676,4	370779,4	0,000713	0,000713	1,13375E-15	0	1				
0,76	2,318667	25,57346	0,000713	0,57275	0	2,317225	779676,4	370779,4	0,000713	0,000713	9,75782E-19	0	1				
0,76	2,318667	25,57346	0,000713	0,57275	0	2,317225	779676,4	370779,4	0,000713	0,000713	0	1	1	779676,4	0,76	2,317225	2,318667
0,77	2,287333	25,55807	0,000713	0,557356	0	2,285872	780105,9	373584	0,000713	0,000718	4,96034E-06	0	1				
0,77	2,287333	25,55807	0,000718	0,557351	0	2,285862	780109,4	373585,7	0,000718	0,000718	3,1946E-09	0	1				
0,77	2,287333	25,55807	0,000718	0,557351	0	2,285862	780109,4	373585,7	0,000718	0,000718	2,05743E-12	0	1				
0,77	2,287333	25,55807	0,000718	0,557351	0	2,285862	780109,4	373585,7	0,000718	0,000718	1,3249E-15	0	1				
0,77	2,287333	25,55807	0,000718	0,557351	0	2,285862	780109,4	373585,7	0,000718	0,000718	1,0842E-18	0	1				
0,77	2,287333	25,55807	0,000718	0,557351	0	2,285862	780109,4	373585,7	0,000718	0,000718	0	1	1	780109,4	0,77	2,285862	2,287333
0,78	2,256	25,54288	0,000718	0,542166	0	2,254508	780818	376527,8	0,000718	0,000723	5,22377E-06	0	1				
0,78	2,256	25,54288	0,000723	0,542161	0	2,254497	780821,7	376529,6	0,000723	0,000723	3,4837E-09	0	1				
0,78	2,256	25,54288	0,000723	0,542161	0	2,254497	780821,7	376529,6	0,000723	0,000723	2,32327E-12	0	1				
0,78	2,256	25,54288	0,000723	0,542161	0	2,254497	780821,7	376529,6	0,000723	0,000723	1,54932E-15	0	1				
0,78	2,256	25,54288	0,000723	0,542161	0	2,254497	780821,7	376529,6	0,000723	0,000723	1,19262E-18	0	1				
0,78	2,256	25,54288	0,000723	0,542161	0	2,254497	780821,7	376529,6	0,000723	0,000723	0	1	1	780821,7	0,78	2,254497	2,256
0,79	2,224667	25,52791	0,000723	0,527185	0	2,223142	781811	379612,7	0,000723	0,000729	5,49367E-06	0	1				
0,79	2,224667	25,52791	0,000729	0,52718	0	2,223131	781815,1	379614,6	0,000729	0,000729	3,79644E-09	0	1				
0,79	2,224667	25,52791	0,000729	0,52718	0	2,223131	781815,1	379614,6	0,000729	0,000729	2,62358E-12	0	1				
0,79	2,224667	25,52791	0,000729	0,52718	0	2,223131	781815,1	379614,6	0,000729	0,000729	1,81311E-15	0	1				
0,79	2,224667	25,52791	0,000729	0,52718	0	2,223131	781815,1	379614,6	0,000729	0,000729	1,19262E-18	0	1				
0,79	2,224667	25,52791	0,000729	0,52718	0	2,223131	781815,1	379614,6	0,000729	0,000729	0	1	1	781815,1	0,79	2,223131	2,224667

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,8	2,193333	25,51314	0,000729	0,512414	0	2,191776	783087,1	382842,6	0,000729	0,000734	5,77065E-06	0	1				
0,8	2,193333	25,51314	0,000734	0,512408	0	2,191763	783091,5	382844,8	0,000734	0,000734	4,13533E-09	0	1				
0,8	2,193333	25,51314	0,000734	0,512408	0	2,191763	783091,5	382844,8	0,000734	0,000734	2,96346E-12	0	1				
0,8	2,193333	25,51314	0,000734	0,512408	0	2,191763	783091,5	382844,8	0,000734	0,000734	2,12363E-15	0	1				
0,8	2,193333	25,51314	0,000734	0,512408	0	2,191763	783091,5	382844,8	0,000734	0,000734	1,51788E-18	0	1				
0,8	2,193333	25,51314	0,000734	0,512408	0	2,191763	783091,5	382844,8	0,000734	0,000734	0	1	1	783091,5	0,8	2,191763	2,193333
0,81	2,162	25,49859	0,000734	0,497852	0	2,160407	784649,2	386221,8	0,000734	0,00074	6,05536E-06	0	1				
0,81	2,162	25,49859	0,00074	0,497846	0	2,160394	784654	386224,1	0,00074	0,00074	4,50314E-09	0	1				
0,81	2,162	25,49859	0,00074	0,497846	0	2,160394	784654	386224,1	0,00074	0,00074	3,34884E-12	0	1				
0,81	2,162	25,49859	0,00074	0,497846	0	2,160394	784654	386224,1	0,00074	0,00074	2,49041E-15	0	1				
0,81	2,162	25,49859	0,00074	0,497846	0	2,160394	784654	386224,1	0,00074	0,00074	1,84314E-18	0	1				
0,81	2,162	25,49859	0,00074	0,497846	0	2,160394	784654	386224,1	0,00074	0,00074	0	1	1	784654	0,81	2,160394	2,162
0,82	2,130667	25,48424	0,00074	0,483499	0	2,129037	786500,7	389754,8	0,00074	0,000747	6,34848E-06	0	1				
0,82	2,130667	25,48424	0,000747	0,483492	0	2,129023	786505,8	389757,3	0,000747	0,000747	4,90298E-09	0	1				
0,82	2,130667	25,48424	0,000747	0,483492	0	2,129023	786505,8	389757,3	0,000747	0,000747	3,78665E-12	0	1				
0,82	2,130667	25,48424	0,000747	0,483492	0	2,129023	786505,8	389757,3	0,000747	0,000747	2,92431E-15	0	1				
0,82	2,130667	25,48424	0,000747	0,483492	0	2,129023	786505,8	389757,3	0,000747	0,000747	2,38524E-18	0	1				
0,82	2,130667	25,48424	0,000747	0,483492	0	2,129023	786505,8	389757,3	0,000747	0,000747	0	1	1	786505,8	0,82	2,129023	2,130667
0,83	2,099333	25,4701	0,000747	0,469355	0	2,097665	788645,6	393446,5	0,000747	0,000753	6,6507E-06	0	1				
0,83	2,099333	25,4701	0,000753	0,469348	0	2,09765	788651,2	393449,3	0,000753	0,000753	5,33834E-09	0	1				
0,83	2,099333	25,4701	0,000753	0,469348	0	2,09765	788651,2	393449,3	0,000753	0,000753	4,28498E-12	0	1				
0,83	2,099333	25,4701	0,000753	0,469348	0	2,09765	788651,2	393449,3	0,000753	0,000753	3,43941E-15	0	1				
0,83	2,099333	25,4701	0,000753	0,469348	0	2,09765	788651,2	393449,3	0,000753	0,000753	2,60209E-18	0	1				
0,83	2,099333	25,4701	0,000753	0,469348	0	2,09765	788651,2	393449,3	0,000753	0,000753	0	1	1	788651,2	0,83	2,09765	2,099333
0,84	2,068	25,45617	0,000753	0,45542	0	2,066291	791088,9	397302,4	0,000753	0,00076	6,96279E-06	0	1				
0,84	2,068	25,45617	0,00076	0,455413	0	2,066276	791095	397305,5	0,00076	0,00076	5,81312E-09	0	1				
0,84	2,068	25,45617	0,00076	0,455413	0	2,066276	791095	397305,5	0,00076	0,00076	4,85333E-12	0	1				
0,84	2,068	25,45617	0,00076	0,455413	0	2,066276	791095	397305,5	0,00076	0,00076	4,0521E-15	0	1				
0,84	2,068	25,45617	0,00076	0,455413	0	2,066276	791095	397305,5	0,00076	0,00076	3,36103E-18	0	1				
0,84	2,068	25,45617	0,00076	0,455413	0	2,066276	791095	397305,5	0,00076	0,00076	0	1	1	791095	0,84	2,066276	2,068
0,85	2,036667	25,44245	0,00076	0,441694	0	2,034916	793836	401328,2	0,00076	0,000768	7,28555E-06	0	1				
0,85	2,036667	25,44245	0,000768	0,441687	0	2,034899	793842,6	401331,5	0,000768	0,000768	6,33175E-09	0	1				
0,85	2,036667	25,44245	0,000768	0,441687	0	2,034899	793842,6	401331,5	0,000768	0,000768	5,50288E-12	0	1				
0,85	2,036667	25,44245	0,000768	0,441687	0	2,034899	793842,6	401331,5	0,000768	0,000768	4,78263E-15	0	1				
0,85	2,036667	25,44245	0,000768	0,441687	0	2,034899	793842,6	401331,5	0,000768	0,000768	4,11997E-18	0	1				
0,85	2,036667	25,44245	0,000768	0,441687	0	2,034899	793842,6	401331,5	0,000768	0,000768	0	1	1	793842,6	0,85	2,034899	2,036667

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,86	2,005333	25,42895	0,000768	0,428178	0	2,003538	796893,2	405530,1	0,000768	0,000775	7,61983E-06	0	1				
0,86	2,005333	25,42895	0,000775	0,42817	0	2,00352	796900,3	405533,7	0,000775	0,000775	6,89918E-09	0	1				
0,86	2,005333	25,42895	0,000775	0,42817	0	2,00352	796900,3	405533,7	0,000775	0,000775	6,24676E-12	0	1				
0,86	2,005333	25,42895	0,000775	0,42817	0	2,00352	796900,3	405533,7	0,000775	0,000775	5,65585E-15	0	1				
0,86	2,005333	25,42895	0,000775	0,42817	0	2,00352	796900,3	405533,7	0,000775	0,000775	5,09575E-18	0	1				
0,86	2,005333	25,42895	0,000775	0,42817	0	2,00352	796900,3	405533,7	0,000775	0,000775	0	1	1	796900,3	0,86	2,00352	2,005333
0,87	1,974	25,41565	0,000775	0,41487	0	1,972158	800267,6	409914,8	0,000775	0,000783	7,96655E-06	0	1				
0,87	1,974	25,41565	0,000783	0,414862	0	1,972139	800275,2	409918,8	0,000783	0,000783	7,52103E-09	0	1				
0,87	1,974	25,41565	0,000783	0,414862	0	1,972139	800275,2	409918,8	0,000783	0,000783	7,10053E-12	0	1				
0,87	1,974	25,41565	0,000783	0,414862	0	1,972139	800275,2	409918,8	0,000783	0,000783	6,70341E-15	0	1				
0,87	1,974	25,41565	0,000783	0,414862	0	1,972139	800275,2	409918,8	0,000783	0,000783	6,39679E-18	0	1				
0,87	1,974	25,41565	0,000783	0,414862	0	1,972139	800275,2	409918,8	0,000783	0,000783	0	1	1	800275,2	0,87	1,972139	1,974
0,88	1,942667	25,40256	0,000783	0,401772	0	1,940776	803966,9	414489,6	0,000783	0,000792	8,32667E-06	0	1				
0,88	1,942667	25,40256	0,000792	0,401763	0	1,940756	803975,2	414493,9	0,000792	0,000792	8,20367E-09	0	1				
0,88	1,942667	25,40256	0,000792	0,401763	0	1,940755	803975,2	414493,9	0,000792	0,000792	8,08261E-12	0	1				
0,88	1,942667	25,40256	0,000792	0,401763	0	1,940755	803975,2	414493,9	0,000792	0,000792	7,96303E-15	0	1				
0,88	1,942667	25,40256	0,000792	0,401763	0	1,940755	803975,2	414493,9	0,000792	0,000792	7,91468E-18	0	1				
0,88	1,942667	25,40256	0,000792	0,401763	0	1,940755	803975,2	414493,9	0,000792	0,000792	0	1	1	803975,2	0,88	1,940755	1,942667
0,89	1,911333	25,38967	0,000792	0,388882	0	1,909391	807999,9	419262,2	0,000792	0,0008	8,70124E-06	0	1				
0,89	1,911333	25,38967	0,0008	0,388874	0	1,909369	808009	419266,9	0,0008	0,0008	8,95429E-09	0	1				
0,89	1,911333	25,38967	0,0008	0,388874	0	1,909369	808009	419266,9	0,0008	0,0008	9,21486E-12	0	1				
0,89	1,911333	25,38967	0,0008	0,388874	0	1,909369	808009	419266,9	0,0008	0,0008	9,48297E-15	0	1				
0,89	1,911333	25,38967	0,0008	0,388874	0	1,909369	808009	419266,9	0,0008	0,0008	9,97466E-18	0	1				
0,89	1,911333	25,38967	0,0008	0,388874	0	1,909369	808009	419266,9	0,0008	0,0008	0	1	1	808009	0,89	1,909369	1,911333
0,9	1,88	25,377	0,0008	0,376202	0	1,878003	812376,4	424241	0,0008	0,000809	9,09139E-06	0	1				
0,9	1,88	25,377	0,000809	0,376193	0	1,877981	812386,2	424246,1	0,000809	0,000809	9,78111E-09	0	1				
0,9	1,88	25,377	0,000809	0,376193	0	1,877981	812386,2	424246,1	0,000809	0,000809	1,05233E-11	0	1				
0,9	1,88	25,377	0,000809	0,376193	0	1,877981	812386,2	424246,1	0,000809	0,000809	1,13218E-14	0	1				
0,9	1,88	25,377	0,000809	0,376193	0	1,877981	812386,2	424246,1	0,000809	0,000809	1,22515E-17	0	1				
0,9	1,88	25,377	0,000809	0,376193	0	1,877981	812386,2	424246,1	0,000809	0,000809	0	1	1	812386,2	0,9	1,877981	1,88
0,91	1,848667	25,36454	0,000809	0,363731	0	1,846613	817106,9	429435,1	0,000809	0,000819	9,49834E-06	0	1				
0,91	1,848667	25,36454	0,000819	0,363722	0	1,846589	817117,6	429440,7	0,000819	0,000819	1,06935E-08	0	1				
0,91	1,848667	25,36454	0,000819	0,363722	0	1,846589	817117,6	429440,7	0,000819	0,000819	1,20392E-11	0	1				
0,91	1,848667	25,36454	0,000819	0,363722	0	1,846589	817117,6	429440,7	0,000819	0,000819	1,35544E-14	0	1				
0,91	1,848667	25,36454	0,000819	0,363722	0	1,846589	817117,6	429440,7	0,000819	0,000819	1,51788E-17	0	1				
0,91	1,848667	25,36454	0,000819	0,363722	0	1,846589	817117,6	429440,7	0,000819	0,000819	0	1	1	817117,6	0,91	1,846589	1,848667

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,92	1,817333	25,35229	0,000819	0,351469	0	1,81522	822203,2	434854,1	0,000819	0,000829	9,9234E-06	0	1				
0,92	1,817333	25,35229	0,000829	0,351459	0	1,815194	822214,8	434860,3	0,000829	0,000829	1,1702E-08	0	1				
0,92	1,817333	25,35229	0,000829	0,351459	0	1,815194	822214,8	434860,3	0,000829	0,000829	1,37998E-11	0	1				
0,92	1,817333	25,35229	0,000829	0,351459	0	1,815194	822214,8	434860,3	0,000829	0,000829	1,62737E-14	0	1				
0,92	1,817333	25,35229	0,000829	0,351459	0	1,815194	822214,8	434860,3	0,000829	0,000829	1,92988E-17	0	1				
0,92	1,817333	25,35229	0,000829	0,351459	0	1,815194	822214,8	434860,3	0,000829	0,000829	0	1	1	822214,8	0,92	1,815194	1,817333
0,93	1,786	25,34024	0,000829	0,339416	0	1,783823	827678	440508,6	0,000829	0,000839	1,0368E-05	0	1				
0,93	1,786	25,34024	0,000839	0,339406	0	1,783796	827690,7	440515,4	0,000839	0,000839	1,2819E-08	0	1				
0,93	1,786	25,34024	0,000839	0,339406	0	1,783796	827690,7	440515,4	0,000839	0,000839	1,58499E-11	0	1				
0,93	1,786	25,34024	0,000839	0,339406	0	1,783796	827690,7	440515,4	0,000839	0,000839	1,95973E-14	0	1				
0,93	1,786	25,34024	0,000839	0,339406	0	1,783796	827690,7	440515,4	0,000839	0,000839	2,41777E-17	0	1				
0,93	1,786	25,34024	0,000839	0,339406	0	1,783796	827690,7	440515,4	0,000839	0,000839	0	1	1	827690,7	0,93	1,783796	1,786
0,94	1,754667	25,32841	0,000839	0,327572	0	1,752423	833545,6	446410	0,000839	0,00085	1,08336E-05	0	1				
0,94	1,754667	25,32841	0,00085	0,327561	0	1,752394	833559,3	446417,3	0,00085	0,00085	1,40585E-08	0	1				
0,94	1,754667	25,32841	0,00085	0,327561	0	1,752394	833559,4	446417,3	0,00085	0,00085	1,82437E-11	0	1				
0,94	1,754667	25,32841	0,00085	0,327561	0	1,752394	833559,4	446417,3	0,00085	0,00085	2,36749E-14	0	1				
0,94	1,754667	25,32841	0,00085	0,327561	0	1,752394	833559,4	446417,3	0,00085	0,00085	3,07913E-17	0	1				
0,94	1,754667	25,32841	0,00085	0,327561	0	1,752394	833559,4	446417,3	0,00085	0,00085	0	1	1	833559,4	0,94	1,752394	1,754667
0,95	1,723333	25,31679	0,00085	0,315937	0	1,721019	839821,1	452570,3	0,00085	0,000861	1,1322E-05	0	1				
0,95	1,723333	25,31679	0,000861	0,315925	0	1,720989	839836,2	452578,4	0,000861	0,000861	1,54365E-08	0	1				
0,95	1,723333	25,31679	0,000861	0,315925	0	1,720988	839836,2	452578,4	0,000861	0,000861	2,10468E-11	0	1				
0,95	1,723333	25,31679	0,000861	0,315925	0	1,720988	839836,2	452578,4	0,000861	0,000861	2,86962E-14	0	1				
0,95	1,723333	25,31679	0,000861	0,315925	0	1,720988	839836,2	452578,4	0,000861	0,000861	3,91397E-17	0	1				
0,95	1,723333	25,31679	0,000861	0,315925	0	1,720988	839836,2	452578,4	0,000861	0,000861	0	1	1	839836,2	0,95	1,720988	1,723333
0,96	1,692	25,30537	0,000861	0,304511	0	1,689612	846521,6	459002,8	0,000861	0,000873	1,1835E-05	0	1				
0,96	1,692	25,30537	0,000873	0,304499	0	1,689579	846538	459011,7	0,000873	0,000873	1,69717E-08	0	1				
0,96	1,692	25,30537	0,000873	0,304499	0	1,689579	846538	459011,7	0,000873	0,000873	2,43386E-11	0	1				
0,96	1,692	25,30537	0,000873	0,304499	0	1,689579	846538	459011,7	0,000873	0,000873	3,49029E-14	0	1				
0,96	1,692	25,30537	0,000873	0,304499	0	1,689579	846538	459011,7	0,000873	0,000873	5,04154E-17	0	1				
0,96	1,692	25,30537	0,000873	0,304499	0	1,689579	846538	459011,7	0,000873	0,000873	0	1	1	846538	0,96	1,689579	1,692
0,97	1,660667	25,29417	0,000873	0,293293	0	1,6582	853665,2	465721,8	0,000873	0,000886	1,23746E-05	0	1				
0,97	1,660667	25,29417	0,000886	0,293281	0	1,658165	853683,2	465731,6	0,000886	0,000886	1,86856E-08	0	1				
0,97	1,660667	25,29417	0,000886	0,293281	0	1,658165	853683,3	465731,7	0,000886	0,000886	2,82162E-11	0	1				
0,97	1,660667	25,29417	0,000886	0,293281	0	1,658165	853683,3	465731,7	0,000886	0,000886	4,26077E-14	0	1				
0,97	1,660667	25,29417	0,000886	0,293281	0	1,658165	853683,3	465731,7	0,000886	0,000886	6,40763E-17	0	1				
0,97	1,660667	25,29417	0,000886	0,293281	0	1,658165	853683,3	465731,7	0,000886	0,000886	0	1	1	853683,3	0,97	1,658165	1,660667

N	Zo	L	ΔL	Zcheck	Zchk<0	Z	Fm	Fav	ΔLprev	ΔL	ΔL-ΔLprev	ΔL~0	ERR	F'm	N'	Z'	Zo
0,98	1,629333	25,28317	0,000886	0,282285	0	1,626783	861272,2	472742,7	0,000886	0,000899	1,2943E-05	0	1				
0,98	1,629333	25,28317	0,000899	0,282272	0	1,626746	861291,9	472753,6	0,000899	0,000899	2,06032E-08	0	1				
0,98	1,629333	25,28317	0,000899	0,282272	0	1,626746	861292	472753,6	0,000899	0,000899	3,27983E-11	0	1				
0,98	1,629333	25,28317	0,000899	0,282272	0	1,626746	861292	472753,6	0,000899	0,000899	5,22118E-14	0	1				
0,98	1,629333	25,28317	0,000899	0,282272	0	1,626746	861292	472753,6	0,000899	0,000899	8,30499E-17	0	1				
0,98	1,629333	25,28317	0,000899	0,282272	0	1,626746	861292	472753,6	0,000899	0,000899	0	1	1	861292	0,98	1,626746	1,629333
0,99	1,598	25,27238	0,000899	0,271486	0	1,595362	869364,3	480082,3	0,000899	0,000912	1,35425E-05	0	1				
0,99	1,598	25,27238	0,000912	0,271472	0	1,595322	869386	480094,3	0,000912	0,000912	2,27535E-08	0	1				
0,99	1,598	25,27238	0,000912	0,271472	0	1,595322	869386,1	480094,3	0,000912	0,000912	3,82308E-11	0	1				
0,99	1,598	25,27238	0,000912	0,271472	0	1,595322	869386,1	480094,3	0,000912	0,000912	6,42363E-14	0	1				
0,99	1,598	25,27238	0,000912	0,271472	0	1,595322	869386,1	480094,3	0,000912	0,000912	1,07661E-16	0	1				
0,99	1,598	25,27238	0,000912	0,271472	0	1,595322	869386,1	480094,3	0,000912	0,000912	0	1	1	869386,1	0,99	1,595322	1,598