

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

**MARIA ELISA PALMA RAMOS**

MODELAGEM E MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE GEOTÉCNICA DE  
ATERROS SANITÁRIOS

CURITIBA

2015

**MARIA ELISA PALMA RAMOS**

**MODELAGEM E MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE GEOTÉCNICA DE  
ATERROS SANITÁRIOS**

Trabalho Final II apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheira Ambiental no curso de graduação de Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

Orientador:

Professor Dr. Michael Männich

CURITIBA

2015



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

## TERMO DE APROVAÇÃO DE PROJETO FINAL

MARIA ELISA PALMA RAMOS

### MODELAGEM E MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE GEOTÉCNICA DE ATERROS SANITÁRIOS

Projeto Final de Curso, aprovado como requisito parcial para a obtenção do Diploma de Bacharel em Engenharia Ambiental no Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, com nota 100, pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a):

  
Michael Mannich  
Departamento de Engenharia Ambiental / UFPR

Membro(a) 1:

  
Emílio Graciliano Ferreira Mercuri  
Departamento de Engenharia Ambiental / UFPR

Membro(a) 2:

  
Letícia Nocko

Curitiba, 30 de junho de 2015

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

Ao Eng. Ricardo Cortez, pela liderança, confiança e oportunidade.

Ao Prof. Michael Männich, pela orientação e disponibilidade.

À minha família e aos meus amigos, pelo apoio e compreensão.

expert PDF  
Trial

## RESUMO

O aumento na geração de resíduos tem intensificado os cuidados referentes à sua correta destinação e disposição final, preferencialmente realizada em aterros sanitários. Entretanto, a carência de locais adequados próximos aos centros geradores induzem à exigência de otimizar a capacidade dos locais disponíveis. Essas ampliações, se não projetadas e monitoradas corretamente, podem acarretar em deslizamentos de resíduos e consequente impacto ambiental, como ocorreu no aterro sanitário Bandeirantes, em 1991.

Face a esse problema, o monitoramento geotécnico dos aterros sanitários é elemento indispensável para averiguar a estabilidade do maciço de resíduos.

Nesta pesquisa será apresentado um estudo da estabilidade do aterro sanitário de Fazenda Rio Grande, realizado a partir de instrumentos de controle instalados no maciço de resíduos e de simulações de modelo matemático para estimativa de fatores de segurança. Além disso, será apresentada a relação entre deslocamentos críticos com variáveis meteorológicas, nível e vazão de chorume, fator de segurança e localização da frente de operação.

Apesar da relação causa-efeito ser evidente, o vínculo entre a precipitação, vazão e fator de segurança não é expressivo. Entretanto, foi observada forte correlação entre o nível de chorume e o fator de segurança, uma vez que esta informação compõe dados fundamentais de entrada na modelagem. Os dados provenientes dos piezômetros e dos marcos superficiais sofreram interferência da localização da frente de operação e do índice pluviométrico, porém não foi observada relação entre as velocidades medidas através destes instrumentos e o fator de segurança.

Palavras-chave: aterros sanitários, Geotecnia, marcos superficiais, piezômetros, Bishop simplificado, Spencer, fator de segurança, estabilidade.

## Abstract

The increase in waste generation has stepped care regarding their proper destination and disposal, usually held in landfills. However, the lack of suitable locations close to the waste generators centers requires the optimization of the capacity of the available places. These expansions, if not properly designed and monitored, may result in landslide waste and consequent impact on the environment, as occurred in the Bandeirantes landfill, in 1991. Face this problem, the geotechnical monitoring of the landfills is an indispensable element to follow the stability of the waste mass. This research presents a study of the stability of the Fazenda Rio Grande's landfill, conducted from control instruments installed on the massive waste and with mathematical modelling and simulations to estimate the safety factors. It will also be presented the relationship between critical shifts with meteorological variables, manure level and flow, safety factor and location of the front of operations.

Although the cause-effect relationship is evident, the link between rainfall, flow and safety factor is not significant. However, it was observed a strong correlation between the manure level and the safety factor, since it is a key input data for the modeling. Data from piezometers and surface landmarks were influenced by the location of the front of operations and the pluviometric index, but no relationship was observed between the velocities measured by these instruments and the safety factor.

Key words: landfills, geotechnics, superficial landmarks, piezometers, Simplified Bishop, Spencer, factor of safety, stability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - CORTE ESQUEMÁTICO DE ATERRO SANITÁRIO SEGMENTADO EM CÉLULAS .....	6
FIGURA 2 - RUPTURA DO ATERRO SANITÁRIO DE ITAQUAQUECETUBA, SP (2011) .....	9
FIGURA 3 - MODELO DE MARCO SUPERFICIAL. A (SEÇÃO TRANSVERSAL), B(VISTA DE PLANTA) .....	10
FIGURA 4 - PIEZÔMETRO VECTOR (A) E DETALHE DE FUNCIONAMENTO (B). .....	13
FIGURA 5 - MODELO HIDROGEOTÉCNICO DE ATERROS SANITÁRIOS... ..	15
FIGURA 6 - EXEMPLO DE MONITORAMENTO DO COMPORTAMENTO DE FISSURA.....	16
FIGURA 7 - MÉTODO DAS FATIAS E DIAGRAMA DE FORÇAS ATUANTES EM CADA FATIA.....	19
FIGURA 8 - REPRESENTAÇÃO DA PESQUISA DO CÍRCULO CRÍTICO .....	21
FIGURA 9 - FORÇAS ATUANTES DA BASE DA FATIA (MÉTODO DE SPENCER).....	24
FIGURA 10 - DETERMINAÇÃO GRÁFICA DO FS PELO MÉTODO DE SPENCER.....	25
FIGURA 11 - LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE .....	30
FIGURA 12 - REGIÃO DE METROPOLITANA CURITIBA.....	33
FIGURA 13 - SEQUENCIA DE INSTALAÇÃO DOS MARCOS SUPERFICIAIS DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE.....	35
FIGURA 14 - LOCALIZAÇÃO DOS MARCOS SUPERFICIAIS - ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE .....	36
FIGURA 15 - IMAGENS DA INSTALAÇÃO DOS PIEZÔMETROS DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE .....	37
FIGURA 16 - PROFUNDIDADE DOS PIEZÔMETROS DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE.....	38
FIGURA 17 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DOS PIEZÔMETROS .....	38
FIGURA 18 - MEDIÇÃO DO PIEZÔMETRO UTILIZANDO SENSOR DE NÍVEL DE PERCOLADO E MANÔMETRO .....	39
FIGURA 19- SENTIDOS DE DESLOCAMENTOS INDESEJADOS E ESPERADOS NO ATERRO SANITÁRIO CONVENCIONAL .....	41
FIGURA 20 - LOCALIZAÇÃO DAS FRENTE DE OPERAÇÃO, EM 2013, COM RELAÇÃO AOS MARCOS SUPERFICIAIS .....	43
FIGURA 21 - DESLOCAMENTO HORIZONTAL PARCIAL E TOTAL - L3 MS02 .....	45
FIGURA 22 - DESLOCAMENTO HORIZONTAL PARCIAL E TOTAL - L3 MS01 .....	46

FIGURA 23 - DESLOCAMENTO VERTICAL PARCIAL E TOTAL – L4 MS02.	47
FIGURA 24 – MARCO SUPERFICIAL QUE APRESENTOU VELOCIDADE HORIZONTAL MÁXIMA - L3 MS02.....	49
FIGURA 25 - VELOCIDADES HORIZONTAIS - L3 MS01 .....	49
FIGURA 26 - MARCO SUPERFICIAL QUE APRESENTOU VELOCIDADE VERTICAL MÁXIMA (L4 MS02) .....	51
FIGURA 27 - PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE PERCOLADOS MEDIDOS EM 2013 .....	52
FIGURA 28 - NÍVEL DE CHORUME COM REGISTRO DA CÂMARA DE GÁS FECHADO. OS NÍVEIS DE CHORUME SÃO MEDIDOS A PARTIR DO TOPO DOS PIEZÔMETROS, COM A COORDENADA POSITIVA PARA BAIXO. ....	54
FIGURA 29 - NÍVEL DE PERCOLADO COM REGISTRO DA CÂMARA DE GÁS ABERTO .....	55
FIGURA 30 - LOCALIZAÇÃO APROXIMADA DAS FRENTES DE OPERAÇÃO DURANTE O ANO DE 2013.....	56
FIGURA 31 - VARIAÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME MEDIDO NO PZ01A (REGISTRO ABERTO) COM RELAÇÃO À PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE PERCOLADO.....	57
FIGURA 32 - VARIAÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME MEDIDO NO PZ01B (REGISTRO ABERTO) COM RELAÇÃO À PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE PERCOLADO.....	59
FIGURA 33 - LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES DE ESTUDO REFERENTES AOS MESES ESTUDADOS.....	61
FIGURA 34 - CONFIGURAÇÃO ADOTADA PARA A ANÁLISE DE ESTABILIDADE DAS SEÇÕES DE ESTUDO.....	63
FIGURA 35 - PIEZÔMETROS CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE ESTABILIDADE DAS SEÇÕES DE ESTUDO.....	64
FIGURA 36 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA COM A PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE CHORUME.....	65
FIGURA 37 - VARIAÇÃO DO FATOR DE SEGURANÇA COM A VAZÃO DE CHORUME.....	66
FIGURA 38 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA COM OS NÍVEIS DE CHORUME MEDIDOS NO PZ01A.....	67
FIGURA 39 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA, MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01A), COM AS VELOCIDADES HORIZONTAIS DO L1 MS01 .....	68
FIGURA 40 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA, MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01A), COM AS VELOCIDADES VERTICAIS DO L1 MS01.....	69
FIGURA 41 - LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES 1, 2 E 3 E PIEZÔMETROS ASSOCIADOS.....	71
FIGURA 42 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA DA SEÇÃO 1 (PZ01A) COM NÍVEL DE CHORUME.....	72



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CRITÉRIOS GERAIS DE AÇÃO PARA VELOCIDADES DE DESLOCAMENTO EM ATERROS SANITÁRIOS .....	12
TABELA 2 - VALORES DE FATOR DE SEGURANÇA SEGUNDO NBR 11682 .....	27
TABELA 3 - CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	32
TABELA 4 - FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS PARA O ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE.....	64
TABELA 5 - CORRELAÇÃO ENTRE NÍVEIS DE CHORUME E FATORES DE SEGURANÇA.....	72

Expert PDF  
Trial

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ACORDO COM ABNT (2004).....	7
---	---

expert PDF  
Trial

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

ITP – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

MS – Marco Superficial

FS – Fator de Segurança

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

CONRESOL – Consórcio Intermunicipal para Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS .....	4
1.1.1. Objetivos gerais .....	4
1.1.2. Objetivos específicos .....	4
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1. MARCOS SUPERFICIAIS.....	10
2.2. PIEZÔMETROS .....	12
2.3. MEDIDAS DE VAZÃO DE LIXIVIADO .....	13
2.4. INSPEÇÕES VISUAIS .....	15
2.5. ANÁLISE DE ESTABILIDADE.....	16
2.5.1. Métodos de Equilíbrio Limite.....	17
2.5.1.1. Método das fatias .....	18
a) Método de Bishop simplificado.....	22
b) Método de Spencer .....	23
2.5.2. Dados de entrada .....	26
2.5.2.1. Seção de análise .....	27
2.5.2.2. Características geotécnicas dos materiais .....	27
<b>3. ESTUDO DE CASO - ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE - PR .....</b>	<b>29</b>
3.1. ASPECTOS GERAIS E LOCALIZAÇÃO .....	29
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
4.1. MEDIÇÕES TOPOGRÁFICAS DOS MARCOS SUPERFICIAIS.....	34
4.2. LEITURAS PIEZOMÉTRICAS.....	37
4.3. CÁLCULO DO FATOR DE SEGURANÇA .....	40
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
5.1. MARCOS SUPERFICIAIS.....	42
5.1.1. Deslocamentos horizontais.....	43
5.1.2. Deslocamentos verticais.....	46
5.1.3. Velocidades horizontais.....	48

5.1.4. Velocidades verticais .....	50
5.2. PIEZÔMETROS .....	51
5.2.1. Pluviometria e vazão de percolados .....	52
5.2.2. Medições de nível de percolado (registro fechado) .....	53
5.2.3. Medições de nível de percolado (registro aberto) .....	55
5.2.4. Nível de percolado (registro aberto), precipitação e vazão de chorume .....	56
5.3. RELAÇÃO ENTRE DADOS PIEZOMÉTRICOS E DE MARCOS SUPERFICIAIS .....	59
5.4. CÁLCULO DO FATOR DE SEGURANÇA MENSAL .....	60
5.4.1. Relação entre fatores de segurança, chuva e vazão de chorume .....	65
5.4.2. Relação entre fatores de segurança e níveis de chorume registrados nos piezômetros .....	67
5.4.3. Relação entre fatores de segurança e velocidades horizontais e verticais dos marcos superficiais .....	68
5.5. CÁLCULO DO FATOR DE SEGURANÇA COM VARIAÇÕES NO NÍVEL DE CHORUME .....	70
<b>6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>74</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os crescimentos demográfico e econômico, aliados a industrialização das cidades, têm aumentado de forma excessiva a produção de resíduos sólidos, agravando o desafio de seu gerenciamento e de sua correta e segura disposição final. Segundo o IBGE (2000) a produção diária de resíduos sólidos urbanos no Brasil era de cerca de 161 827,1 t/dia para população de 169 872 856 habitantes no ano de 2000. Em 2008, esse valor chegou a 259 547,0 t/dia, o que corresponde a um aumento de aproximadamente 60% em apenas 8 anos, enquanto a população aumentou apenas 8% (183 987 291 habitantes) até 2007.

Dentre os vários tipos de resíduos sólidos, destacam-se os industriais, os sólidos urbanos, os da construção civil, os de serviços de saúde, os portuários e aeroportuários, os rejeitos e estéreis de mineração, os lodos de estações de tratamento de água e de esgoto. Denominam-se resíduos sólidos urbanos aqueles gerados nas residências, nos estabelecimentos comerciais, nos logradouros públicos e nas diversas atividades desenvolvidas nas cidades, incluindo resíduos de varrição de ruas e praças (BOSCOV, 2008).

Todos os resíduos devem ser dispostos de maneira a não causar impactos ao meio ambiente. As técnicas de disposição utilizadas no passado, como por exemplo, lançamento em rios e mares ou depósito a céu aberto (lixões), e até mesmo aterros controlados, tornaram-se intoleráveis sob os aspectos econômico, sanitário e ambiental, pois não contam com controle do processo de biodegradação e não possuem formas de minimizar o impacto causado ao meio ambiente ou a saúde pública. Infelizmente essas técnicas ainda estão sendo usadas, dividindo espaço com outras formas de destinação final, como aterros sanitários. Segundo o IBGE (2008) cerca de 50,5% dos 5564 municípios brasileiros destinavam os resíduos domiciliares e/ou públicos a lixões, 22,5% a aterros controlados e apenas 27,7% a aterros sanitários, sendo os dois primeiros mais comuns em municípios de pequeno porte. Nos

municípios população superior a 50 mil habitantes, a utilização de aterros sanitários ultrapassa a utilização de outras técnicas. Por esse motivo, cerca de 64,6% da quantidade diária de resíduos sólidos gerados no Brasil eram encaminhados para aterros sanitários em 2008, 17,6% para lixões ou aterros controlados e 17,8% para outras unidades de destinação (IBGE, 2008).

Entretanto, a alternativa mundialmente mais empregada é a da disposição dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários. Segundo Carvalho (1999), até os países mais desenvolvidos utilizam essa forma de disposição, porém de maneira reduzida devido à introdução de leis mais restritivas que procuram aumentar a proteção ao meio ambiente. Nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, os aterros sanitários continuam sendo a disposição mais adequada sob o ponto de vista técnico e econômico. Sua implantação deverá aumentar com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) que é um marco regulatório que, dentre outros pontos relacionados à gestão de resíduos, determina que a disposição final deva ser realizada em aterros sanitários.

Candiani (2011) define aterros sanitários como "uma forma de disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente os resíduos sólidos urbanos (RSU), que pode ser considerado como um grande reator bioquímico. Neste reator as entradas são RSU e água e as saídas são gás e lixiviados". Os resíduos são dispostos num terreno preparado e impermeabilizado com geomembrana, e depois são compactados e cobertos com terra, a fim de que o odor e os vetores sejam reduzidos. Uma vez enterrados, sofrem decomposição anaeróbia, gerando o chorume e o biogás, sendo este formado principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Os líquidos, bem como os gases, são produtos da biodegradação da matéria orgânica, com a diferença de que parte deles é proveniente da percolação de águas de precipitação. Ambos são coletados por meio de sistemas de drenagem vertical e horizontal, onde o líquido percolado é captado para tratamento e o gás é encaminhado para queimadores especiais, tipo *flares*, ou utilizados para a comercialização de créditos de carbono e geração de energia elétrica.

Com a decomposição dos resíduos orgânicos, os aterros sanitários sofrem recalque e deslocamentos nas direções vertical e horizontal. Se esses deslocamentos não forem monitorados, há a possibilidade de ruptura dos taludes e conseqüente impacto ambiental, como aconteceu no aterro sanitário de Bandeirantes, em 1991. Na época, este aterro tinha um projeto geotécnico de estabilidade, referente a um retaludamento e alteamento pretendido, porém a metodologia adotada pela empresa de consultoria assumia a mecânica dos solos convencional para a massa de resíduos (BENVENUTO, 1991), a qual considera que as propriedades do solo são constantes no tempo.

É importante frisar que a demanda crescente de áreas para disposição dos resíduos e a carência de locais adequados próximos aos centros geradores induzem à exigência de otimizar a capacidade de disposição dos locais disponíveis. Dessa forma, problemas envolvendo operação, funcionamento, estabilidade e deformabilidade de aterros sanitários, muitas vezes não previstos no projeto, são constantes, sendo necessário monitoramento geotécnico dos mesmos (CARVALHO, 1999).

Portanto torna-se fundamental o estudo da geotecnia levando em consideração as peculiaridades dos resíduos sólidos, como a variação ao longo do tempo (formação de vazios) e a característica pouco uniforme, bem como as particularidades de cada aterro sanitário, a fim de tornar possível medidas que visam aumentar a vida útil do empreendimento, por questões econômicas, logísticas e ambientais. Nesse contexto, o monitoramento geotécnico por meio de marcos superficiais georreferenciados e piezômetros, posicionados em regiões de maior risco, bem como simulações da estabilidade dos taludes são ferramentas para o gerenciamento adequado, com caráter de estabelecer prognósticos do deslocamento do maciço de resíduos.



## 1.1.OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivos gerais

Avaliar um aterro sanitário RSU de capacidade de recebimento de 2500 t/dia, por 20 anos, em termos da estabilidade de seus taludes por meio do acompanhamento de marcos georreferenciados e simulações de modelo matemático para estimativa de fatores de segurança.

### 1.1.2. Objetivos específicos

Procurar estabelecer uma relação entre o fator de segurança ou deslocamentos críticos com variáveis meteorológicas, vazão e nível de chorume e localização da frente de operação.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Toda atividade antrópica, seja industrial, domiciliar, comercial e lazer, gera resíduos. Se estes resíduos não forem dispostos corretamente, podem contaminar o ar, as águas e o solo, gerando riscos ao meio ambiente e à saúde pública. Devido ao desenvolvimento tecnológico e cultural, a quantidade de resíduo gerado vem aumentando exponencialmente com o tempo, diminuindo, então, a capacidade do meio ambiente de assimilá-lo e aumentando o impacto ambiental (CARVALHO, 1999).

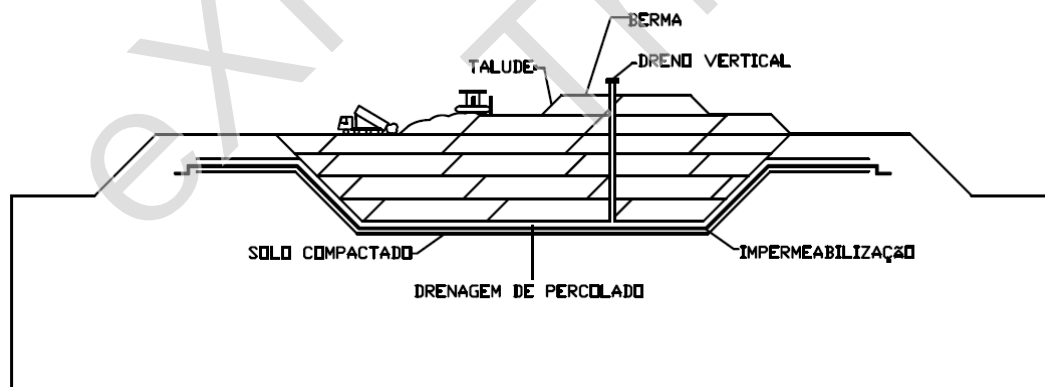
Nesse contexto, a gestão integrada de resíduos recomenda os "3R" - Reduzir, Reutilizar e Reciclar, que tem como objetivo diminuir a quantidade de resíduo enviada para aterros sanitários. Apesar de apresentarem resultados satisfatórios, as duas primeiras não são amplamente empregadas no Brasil, pois dependem da criação de mercados de produtos de segunda mão e políticas de redução de consumo. A reciclagem, entretanto, é mais reconhecida e assimilada pelas indústrias, porém sua aplicação ainda gera resíduos que precisam ser dispostos (BOSCOV, 2008).

A disposição final dos resíduos sólidos se dá, normalmente, em aterros comuns (lixões), aterros controlados e aterros sanitários. Coelho (2005) diferencia essas três formas de disposição, e caracteriza os aterros comuns como local onde "o lixo é apenas lançado, sem qualquer espécie de tratamento, com a total ausência de controle sobre a quantidade, o tipo ou a periculosidade que os resíduos apresentam". Também conhecida como "vazadouros", essa disposição é extremamente prejudicial ao meio ambiente e à saúde humana.

Os aterros controlados, por sua vez, são definidos como forma de disposição onde há o lançamento de cobertura de solo, eventualmente compactado, após a deposição dos resíduos (Coelho, 2005). Neles, não há impermeabilização de base, drenagem e tratamento de líquidos e gases. Os aterros controlados, embora não evitem a poluição ambiental, representam

uma situação muito mais favorável do ponto de vista sanitário, se comparado aos lixões, pois restringem o acesso de catadores, a proliferação de vetores (insetos e roedores) e o espalhamento do material no entorno (BOSCOV, 2008).

Já os aterros sanitários podem ser definidos como uma "forma de disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente RSU, que, fundamentada em critérios de engenharia e normas operacionais, permite o confinamento seguro, garantindo o controle de poluição ambiental à saúde pública, minimizando os impactos ambientais" (IPT, 1995; NBR 8419 NB 843). O conceito de aterro sanitário compreende um sistema devidamente preparado para a deposição de resíduos sólidos, englobando componentes e práticas operacionais, tais como divisão em células, compactação dos resíduos, cobertura, sistema de impermeabilização, sistemas de drenagem para líquidos e gases, monitoramentos geotécnico e ambiental, dentre outros, conforme ilustrado na FIGURA 1.



**FIGURA 1 - CORTE ESQUEMÁTICO DE ATERRO SANITÁRIO SEGMENTADO EM CÉLULAS**

ADAPTADO DE: BOSCOV (2008)

Apesar de ser uma forma segura de dispor os resíduos, devido aos constantes monitoramentos, nem todos os resíduos podem ser depositados em aterros sanitários, dependendo de sua classificação pela NBR 10.004 "Classificação de resíduos sólidos" (ABNT, 2004). Nela, recebem esta denominação os "resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam de atividades da comunidade, de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição [...]" (ABNT, 2004). A NBR 10.004 define as classes para resíduos sólidos como Classe I - Perigosos e Classe II - Não perigosos, sendo a segunda dividida em Classes IIA - Não perigosos e não inertes e IIB - Não perigosos e inertes, conforme definido no

QUADRO 1. Apenas os resíduos de Classe II são dispostos em aterros sanitários, sendo os outros encaminhados para tratamento especial.

Classe I - Perigosos	
São aqueles que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou riscos ao meio ambiente, quando manuseados ou destinados de forma inadequada; ou ainda apresentar características patogênicas, de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.	
Classe II - Não perigosos	
Classe IIA	Não inertes: não se enquadram nas classes I (Perigosos) e IIB (Inertes). Podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
Classe IIB	Inertes: quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com a água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspectos de cor, turbidez, dureza e sabor.

**QUADRO 1 - CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ACORDO COM ABNT (2004)**

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são considerados Classe IIA. Dessa forma, possuem uma parcela de materiais facilmente ou moderadamente degradáveis, como aqueles provenientes de residências, restaurantes, estabelecimentos comerciais etc., que incluem materiais putrescíveis (resíduos alimentares, resíduos de jardinagem, etc.). A biodegradação dessa fração orgânica do RSU contribui significativamente para modificar o comportamento mecânico dos aterros de RSU, o que contribui para os deslocamentos e recalques dos maciços de resíduos que, se não monitorados corretamente, podem implicar na ruptura do talude, com consequente acidente ambiental.

Benvenuto (2011) destaca alguns escorregamentos de taludes de aterros sanitários ocorridos no Brasil, dentre eles o de Juiz de Fora (MG), em 2004, com deslocamento de 70.000 m<sup>3</sup> de rejeitos e o de Itaquaquecetuba (SP), em 2011, cuja estimativa da massa deslocada é de 300.000 m<sup>3</sup> (FIGURA 2). O autor associa as rupturas ao desenvolvimento excessivo de poro-pressões<sup>1</sup> no interior do maciço de resíduos, devido às más condições de drenagem determinadas pelo trinômio "geometria-resistência-solicitações", o que pode induzir ao escorregamento de milhares de metros cúbicos de resíduos.

---

<sup>1</sup> Poro-pressões são as pressões dos fluidos através do sistema sólidos – líquidos – gases, que se forma nos vazios dos resíduos, devido à decomposição do material orgânico e entradas e saídas de líquidos e gases na estrutura permeável dos resíduos (BENVENUTO, 2011).



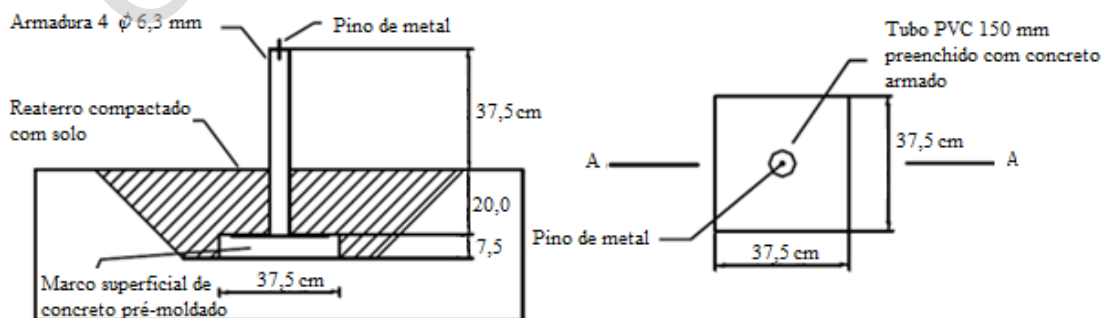
**FIGURA 2 - RUPTURA DO ATERRO SANITÁRIO DE ITAQUAQUECETUBA, SP (2011)**

FONTE: BENVENUTO (2011)

Para prever e evitar rupturas de talude e escorregamento da massa de resíduos, faz-se necessário implantar um sistema de monitoramento geotécnico no aterro sanitário. Ele consiste, geralmente, no controle de deslocamentos verticais (recalques) e horizontais, por meio de marcos superficiais, além do controle do nível de chorume e pressão de gases, por meio de piezômetros. O monitoramento também conta com o controle de vazões drenadas de líquido percolado, possível a partir de medidores de vazão, e inspeções visuais. Esses dados são apresentados em relatórios periódicos, geralmente mensais. A partir desses dados, é feita a análise de estabilidade e de recalques, por meio de métodos probabilísticos, a fim de garantir a integridade do aterro durante sua vida útil e após seu encerramento (BOSCOV, 2008).

## 2.1. MARCOS SUPERFICIAIS

Os marcos superficiais são estruturas de referência dispostos na superfície do aterro cuja função é indicar deslocamentos ocorridos, tanto os horizontais, como os verticais (CEPOLLINA et al, 2004). São constituídos de uma base de concreto e de um pino de referência para as medições topográficas, além de receberem uma placa de identificação. Estes instrumentos são distribuídos de forma a caracterizar linhas de estudo, com direções de deslocamento esperadas, para possibilitar um monitoramento da evolução da movimentação do aterro e, portanto, nortear as ações preventivas que se façam necessárias para se manter o controle do maciço. Para efetuar este monitoramento são implantados, fora da área do aterro, marcos fixos, irremovíveis, de referência de nível e de posição relativa. Baseado nestes, são observados por levantamento topográfico, os deslocamentos verticais e horizontais de marcos superficiais a serem instalados no aterro durante a fase de operação. A FIGURA 3 detalha as características e dimensões de um marco superficial de aterros sanitários.



**FIGURA 3 - MODELO DE MARCO SUPERFICIAL. A (SEÇÃO TRANSVERSAL), B(VISTA DE PLANTA)**

Com base nas leituras de coordenadas e cotas dos marcos superficiais (sempre em relação aos marcos de referência, localizados fora da área do aterro) são calculados os deslocamentos diários e totais de cada marco. O deslocamento vertical, ou recalque, é a diferença entre os valores da cota atual e da inicial (recalque total) ou entre os valores da cota atual e a da última medição (recalque parcial). O mesmo se aplica ao deslocamento horizontal, com a diferença de que este é calculado com as leituras das coordenadas Este e Norte. A velocidade dos deslocamentos é a razão entre um deslocamento parcial e o número de dias entre as duas medições (BOSCOV, 2008).

A frequência das leituras topográficas deve ser definida caso a caso, mas não menos que 1 vez por semana e, se houver dúvidas acerca da estabilidade, a mesma deve ser diária, preferencialmente no mesmo período do dia, a fim de evitar as dilatações comuns em aterros pela temperatura. Geralmente, quando os valores dos deslocamentos fogem dos valores observados regularmente no aterro e ultrapassam os limites dos critérios atuais e de referência, evidencia-se a necessidade de inspeções detalhadas nos locais onde ocorreram essas movimentações, com análise setorizada e histórica, além de medidas corretivas imediatas, se couber (BENVENUTO, 2011).

Os critérios de alerta tradicionalmente utilizados no Brasil para determinar a frequência das medições topográficas foram definidos por Boscov (2008) e Kaimoto apud Benvenuto (2011). O primeiro deles é mais conservador, porém assume o mesmo critério de alerta para as velocidades verticais e horizontais. O segundo é menos rigoroso, pois considera que os níveis de alerta ocorrem para velocidades maiores, entretanto apresenta critérios diferentes para os deslocamentos vertical e horizontal. A TABELA 1, abaixo, compara ambos os métodos.



**TABELA 1 - CRITÉRIOS GERAIS DE AÇÃO PARA VELOCIDADES DE DESLOCAMENTO EM ATERROS SANITÁRIOS**

Método	Parâmetro		CRITÉRIOS DE ALERTA			
			1 BOM	2 ATENÇÃO	3 ALERTA	4 INTERVENÇÃO
BOSCOV	Velocidade de deslocamento (cm/dia)	Vertical	$x < 0,25$	$0,25 \leq x < 1$	$1 \leq x < 4$	$4 \leq x < 14$
		Horizontal				
KAIMOTO	Velocidade de deslocamento (cm/dia)	Vertical	$h \leq 2$	$2 < h \leq 4$	$4 < h \leq 10$	$h > 10$
		Horizontal	$x \leq 1$	$1 < x \leq 2$	$2 < x \leq 5$	$x > 5$

ADAPTADO DE: BOSCOV (2008); KAIMOTO APUD BENVENUTO (2011)

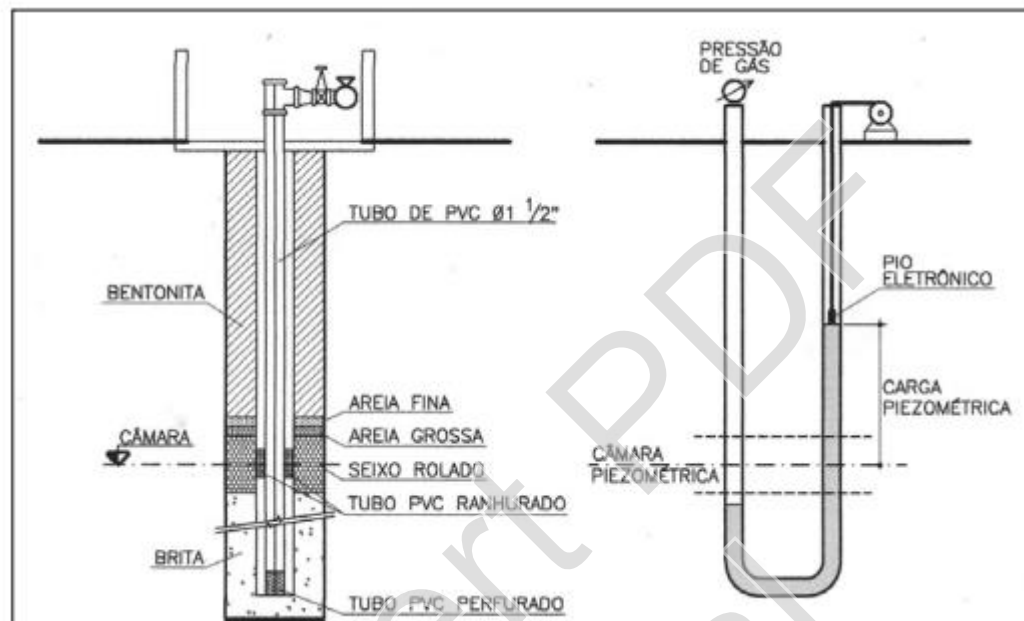
## 2.2. PIEZÔMETROS

Os piezômetros constituem instrumentos que permitem identificar as medidas nível dos líquidos e pressão dos gases no interior das células do aterro, subsidiando a avaliação da estabilidade do maciço de resíduos (COELHO, 2005). Esses instrumentos podem ser dos tipos simples ("Casagrande") ou de câmara sifonada ("Vector").

Os piezômetros tipo Casagrande, em geral, apresentam problemas de operação em decorrência da presença de gás, que gera borbulhamento e/ou elevação do volume de líquidos percolados, comprometendo as medidas do nível piezométrico (CEPOLLINA et al, 2004). Os piezômetros tipo Vector permitem medir as pressões de gás e de líquidos percolados separadamente (CARVALHO, 1999).

Os piezômetros de câmara sifonada ("Vector") são constituídos de dois tubos concêntricos, cuja função principal é isolar as leituras de pressão de líquido da influência dos gases, com a criação de um sifão interno. O sifão, quando cheio com o líquido percolado (chorume), permite a leitura das pressões do líquido e gás através do tubo interno, por vasos comunicantes, sem a interferência da mistura de gás/chorume. A pressão e nível de chorume são lidos pelo tubo interno, sendo o tubo externo utilizado para a avaliação da

pressão no gás (CARVALHO, 1999). A FIGURA 4 apresenta o perfil do piezômetro vector e esquema de funcionamento.



**FIGURA 4 - PIEZÔMETRO VECTOR (A) E DETALHE DE FUNCIONAMENTO (B).**

FONTE: CEPOLLINA ET AL (2004)

As medições nestes instrumentos geralmente obedecem aos mesmos períodos estabelecidos para os marcos superficiais, uma vez que estes dois instrumentos estão intimamente ligados no que se refere às movimentações do aterro e ao seu monitoramento.

### 2.3. MEDIDAS DE VAZÃO DE LÍQUIDO PERCOLADO

Muitas rupturas de taludes de aterros sanitários são causadas pela saturação do maciço, decorrente da combinação de chuvas fortes com sistema

de drenagem insuficiente ou inexistente, bem como pela compactação insuficiente de resíduos ou outros fatores (BOSCOV, 2010).

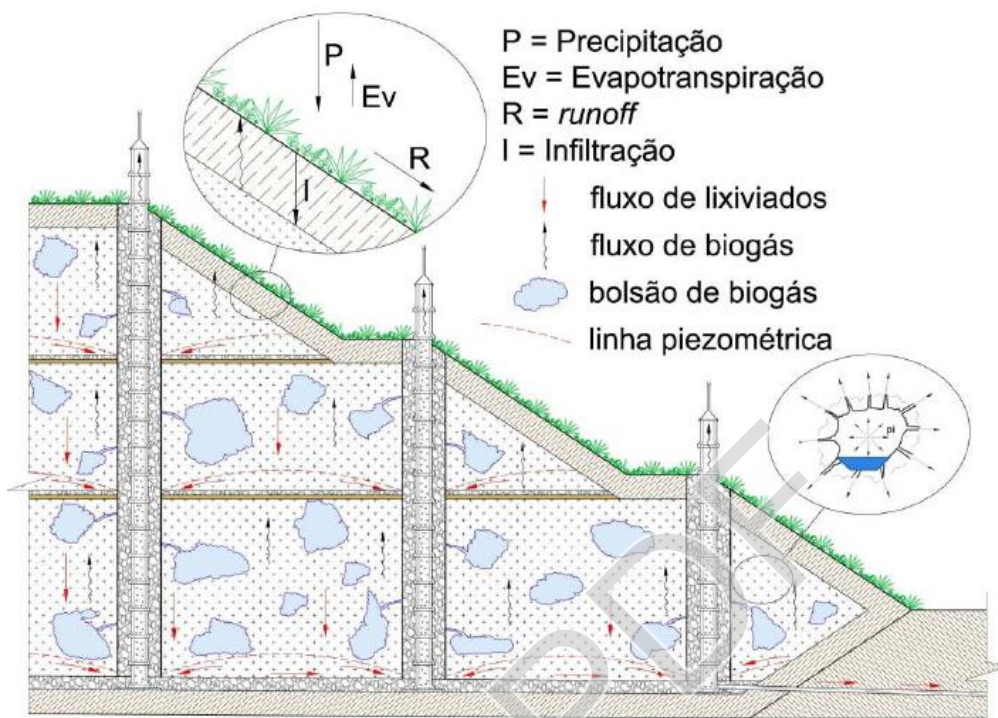
A medição de vazões do percolado em conjunto com medição de precipitação fornece subsídios para detectar eventual retenção de chorume, em desconformidade com as médias observadas no passado. Isso pode indicar que o aterro apresentará maiores pressões internas e, portanto, haverá uma redução na estabilidade do maciço<sup>2</sup> (MARQUES, 2001; BENVENUTO, 2011).

Segundo Boscov (2008), o monitoramento do sistema de drenagem geralmente é feito de forma indireta, através da análise das pressões neutras de percolado na massa de resíduos (medidas a partir dos piezômetros) e de sua vazão, que é medida no ponto de descarga do tubo coletor do reservatório.

Um indicador característico de um aterro pode ser representado como a relação entre o volume precipitado de chuva sobre a área de disposição dos resíduos e o volume de percolados medidos no mesmo período. Variações nesse parâmetro indicam o comportamento dos sistemas de drenagem interna e/ou anomalias (BENVENUTO, 2011). A FIGURA 5 mostra a existência de bolsões de gás e de líquidos, causados pela deficiência na drenagem de gás e percolado.

---

<sup>2</sup>A redução da estabilidade é devida ao aumento da saturação, o qual implica na redução do peso aparente e do atrito entre as partículas.



**FIGURA 5 - MODELO HIDROGEOTÉCNICO DE ATERROS SANITÁRIOS**

FONTE: BENVENUTO,(2011) APUD ABLP (2008).

## 2.4. INSPEÇÕES VISUAIS

As inspeções técnicas de campo têm como objetivo avaliar as condições dos sistemas de drenagem de águas pluviais, controle de processos erosivos, ocorrência de trincas nos taludes, "enrugamentos", dentre outras.

A inspeção de campo diária à procura de eventuais trincas e fissuras no aterro é fundamental. Caso sejam notadas, elas devem ser mapeadas em planta, procurando detectar, com uma visão mais ampla, se existe um padrão de ocorrência que possa indicar uma provável cunha de ruptura.

Além desse mapeamento, é necessário avaliar o comportamento dessas trincas ao longo do tempo e se elas estão se expandindo ou fechando. O formato também é de total relevância. Caso se forme como uma "meia lua",

pode representar a iminência de rompimento dessa porção. A FIGURA 6 destaca a ocorrência de uma fissura superficial.



**FIGURA 6 - EXEMPLO DE MONITORAMENTO DO COMPORTAMENTO DE FISSURA**

## 2.5. ANÁLISE DE ESTABILIDADE

A análise de estabilidade de maciços sanitários ainda não conta com uma norma brasileira com base na instrumentação de campo. A norma brasileira de Estabilidade de Taludes (NBR-11682; ABNT, 1991) indica modelos, limites e critérios de avaliação para comportamento de maciços terrosos, porém a grandeza, distribuição e modo de ocorrência dos deslocamentos e pressões neutras diferem das apresentadas em maciços de resíduos (BOSCOV, 2008).

Com base no monitoramento geotécnico, Kaimoto et al (1999) propuseram um método para a análise da estabilidade de aterros sanitários, cujos procedimentos são:

- estabelecimento de parâmetros iniciais de resistência, com base na observação de eventos significativos;
- estabelecimento de um modelo inicial de comportamento mecânico, considerando-se os processos e as etapas operacionais, a geração e a distribuição das pressões neutras;
- verificação das condições de estabilidade, mediante essas hipóteses;
- implantação sequencial de instrumentos de medição das pressões neutras e deslocamentos;
- inserção, iterativa e sequencial, dos dados de monitoramento ao modelo e às análises efetuadas, procedendo-se ao reposicionamento e ajustes necessários; e
- análise conjunta do comportamento teórico e de campo.

Na análise de estabilidade de aterros sanitários, normalmente são definidos os círculos críticos e o fator de segurança da seção analisada, por meio de programas computacionais da Geotecnia, como Slope W (da Geo-Slope International) e o Slide 6 (da Rocscience). Esses *softwares* aplicam métodos de equilíbrio limite, como o de Bishop simplificado ou de Spencer, nos quais são empregadas, na entrada, as leituras dos piezômetros e parâmetros do resíduo e dos solos natural e de cobertura (BOSCOV, 2008).

### 2.5.1. Métodos de Equilíbrio Limite

Segundo Fabricio (2006), os métodos de equilíbrio limite incorporam as seguintes hipóteses:

- a superfície de ruptura é bem definida;
- a condição de ruptura da massa de solo é generalizada, ou seja, sem rupturas localizadas (rompe toda a linha);
- o critério de ruptura de Mohr-Coulomb é satisfeito ao longo da superfície potencial de ruptura;
- O fator de segurança ao longo da superfície potencial de ruptura é único.

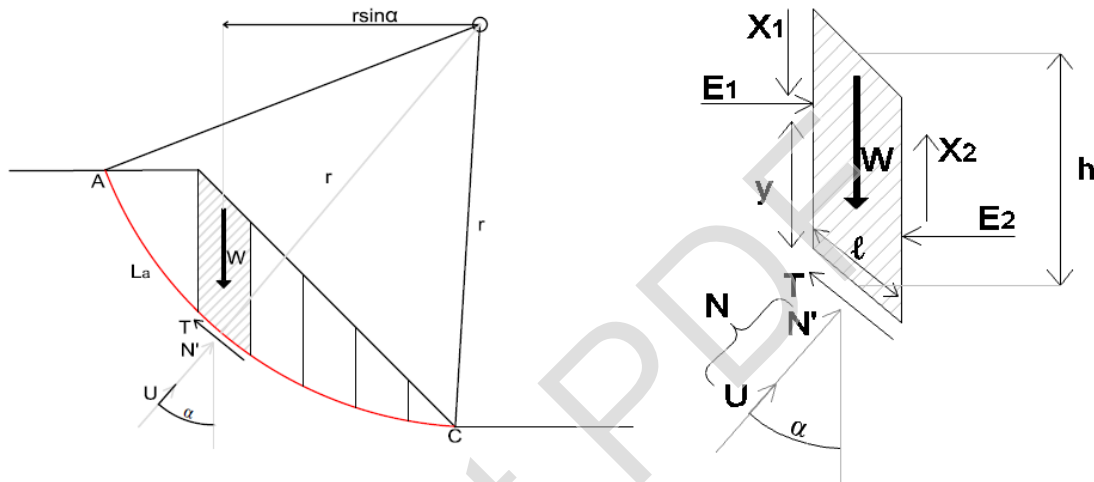
Na sequência são descritos os métodos das fatias de Bishop simplificado e de Spencer.

#### 2.5.1.1. Métodos das fatias

O método das fatias permite a análise de solo heterogêneo com superfície irregular e distribuição de poro-pressões. O método consiste em (i) subdividir o talude em fatias e assumir a base da fatia linear; (ii) efetuar o equilíbrio de forças de cada fatia sob a hipótese de que as tensões normais na base da fatia são geradas pelo peso de solo contido na mesma; e (iii) calcular o equilíbrio do conjunto através da equação de equilíbrio de momentos (Gerscovich, 2009).

Nesse método, supõe-se que a superfície potencial de ruptura, em seção circular, é um arco circular com centro  $O$  a raio  $r$ . Para qualquer fatia, a inclinação da base,  $\ell$ , com a horizontal é  $\alpha$  e a altura, medida na linha central, é  $h$  (CRAIG, 2007). A FIGURA 7 apresenta um diagrama das forças atuantes em cada fatia de solo. As forças nela apresentada são: (i) peso total da fatia,  $W$ ; (ii) força normal total sobre a base,  $N$  (igual a  $\sigma \cdot \ell$ , sendo  $\sigma$  a tensão normal), que em geral tem dois componentes: a força normal efetiva  $N'$  (igual a  $\sigma' \cdot \ell$ ) e a força do líquido na borda  $U$  (igual a  $u \cdot \ell$ ), em que  $u$  é a pressão neutra no centro da base; (iii) resistência ao cisalhamento na base,  $T = \tau_m \cdot \ell$ ;

(iv) as forças normais nos lados,  $E_1$  e  $E_2$ ; e (v) as forças de cisalhamento nos lados,  $X_1$  e  $X_2$  (CRAIG, 2007).



**FIGURA 7 - MÉTODO DAS FATIAS E DIAGRAMA DE FORÇAS ATUANTES EM CADA FATIA**

ADAPTADO DE: GOMES (2014).

Aplicando a equação de equilíbrio dos momentos em relação ao centro do círculo, obtém-se

$$\sum (T \cdot r - W \cdot r \cdot \sin \alpha) = 0 \therefore \sum T = \sum W \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

A tensão cisalhante mobilizada ( $\tau_m$ ) na base da fatia é

$$\tau_m = \frac{T}{\ell} \quad (2)$$

A expressão geral do fator de segurança (FS) é



$$FS = \frac{\tau}{\tau_m} = \frac{c' + \sigma' \cdot \tan \phi'}{\tau_m} \quad (3)$$

Onde  $\tau$  é a tensão de cisalhamento resistente,  $\sigma'$  é tensão normal efetiva na ruptura,  $c'$  é a coesão ou intercepto coesivo para tensão normal efetiva e  $\phi'$  é o ângulo de atrito interno para tensão normal efetiva (GERSCOVICH, 2009; CRAIG, 2007).

Substituindo a Equação 2 na Equação 3, encontra-se

$$FS = \frac{\tau}{T/\ell} = \frac{c' \cdot \ell + \sigma' \cdot \ell \cdot \tan \phi'}{T} \quad (4)$$

Então, segundo Gerscovich (2009) e Gomes (2010),

$$T = \frac{c' \cdot \ell + N' \cdot \tan \phi'}{FS} \quad (5)$$

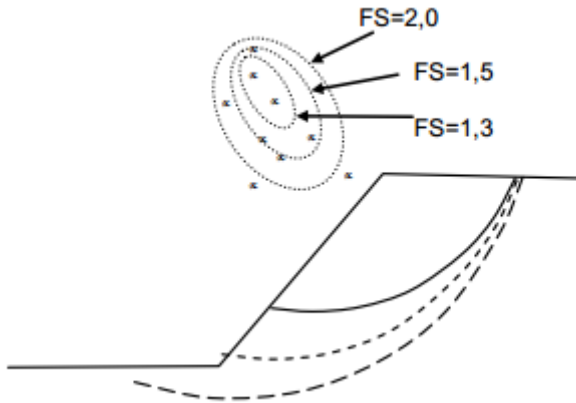
ou, a partir da Equação 1,

$$\sum \frac{c' \cdot \ell + N' \cdot \tan \phi'}{FS} = \sum W \cdot \sin \alpha \therefore \frac{1}{FS} [c' L_a + \tan \phi' \sum N'] = \sum W \cdot \sin \alpha \quad (6)$$

Onde  $L_a$  é o comprimento do arco AC. Portanto,

$$FS = \frac{c' \cdot L_a + \tan \phi' \cdot \sum N'}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (7)$$

A Equação 7 é a equação para o cálculo fator de segurança (FS) em superfícies circulares. O FS mínimo é encontrado através de iterações, ou seja, várias superfícies são testadas até que o menor valor seja encontrado e, portanto, seja determinada a superfície potencial de ruptura. A FIGURA 8 mostra que contornos com mesmo valor tendem a apresentar forma elíptica, com o eixo maior se aproximando da superfície do talude.



**FIGURA 8 - REPRESENTAÇÃO DA PESQUISA DO CÍRCULO CRÍTICO**

FONTE: GERSCOVICH (2009)

A determinação do FS depende da formulação adotada para o cálculo da força normal  $N'$  para as  $n$  fatias do talude. Sendo o equilíbrio em um círculo estaticamente indeterminado, são necessárias hipóteses sobre as forças entre as fatias. Os métodos de Bishop simplificado e de Spencer possuem hipóteses diferentes para a determinação do FS e usualmente são utilizados na análise de estabilidade de aterros sanitários (BOSCOV, 2008)

a) Método de Bishop simplificado

O Método de Bishop simplificado tem como hipótese que a resultante das forças entre as fatias é horizontal (GOMES, 2010).

O equilíbrio das forças na direção vertical fornece:

$$W - N' \cdot \cos \alpha - U \cdot \cos \alpha - T \sin \alpha = 0 \quad (8)$$

então

$$W = N' \cdot \cos \alpha + u \cdot \ell \cdot \cos \alpha + \frac{c' \cdot \ell}{FS} \cdot \sin \alpha + \frac{N' \cdot \tan \phi'}{FS} \cdot \sin \alpha \quad (9)$$

Portanto,

$$N' \left( \cos \alpha + \frac{\tan \phi'}{FS} \cdot \sin \alpha \right) = W - u \cdot \ell \cdot \cos \alpha - \frac{c' \cdot \ell}{FS} \cdot \sin \alpha \quad (10)$$

Considerando, a fim de simplificação,

$$M_\alpha = \cos(\alpha) \cdot \left[ 1 + \frac{\tan(\alpha) \cdot \tan(\phi')}{FS_i} \right] \quad (11)$$

tem-se

$$N' = \frac{W - u \cdot \ell \cdot \cos \alpha - \frac{c' \cdot \ell}{FS} \cdot \sin \alpha}{M_\alpha} \quad (12)$$

O fator de segurança é dado por

$$FS = \frac{1}{\sum W \cdot \sin \alpha} \frac{\sum [c' \cdot b + (W - u \cdot b) \tan \phi']}{M_\alpha} \quad (13)$$

A determinação do FS é iterativa, uma vez que  $FS = f(M_\alpha)$  e, analogamente,

$M_\alpha = f(FS)$ .

Assim,

$$M_{\alpha} = \left( 1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \phi'}{FS} \right) \cdot \cos \alpha \quad (14)$$

e sendo a taxa de pressão neutra

$$r_u = \frac{u}{\sigma_v} = \frac{u}{\gamma \cdot h} \quad (15)$$

então, segundo Gerscovich (2009), Gomes (2010) e Craig (2007),

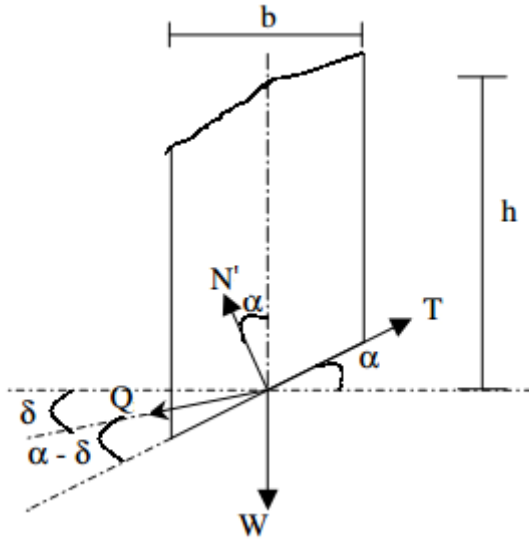
$$FS = \frac{1}{\sum W \cdot \sin \alpha} \cdot \sum \left\{ [c' \cdot b + W(1 - r_u) \cdot \tan \phi'] \cdot \frac{1}{M_{\alpha}} \right\} \quad (16)$$

na qual  $\gamma$  é o peso específico saturado e  $h$  a profundidade.

#### b) Método de Spencer

O método de Spencer foi desenvolvido, inicialmente, para superfícies de ruptura com formas circulares, mas depois foi adaptado para superfícies com formas irregulares. Por atender a todas as equações de equilíbrio de forças e de momentos, é considerado um método rigoroso (FABRICIO, 2006).

Spencer considerou que as forças  $E_1$ ,  $X_1$  e  $E_2$ ,  $X_2$  poderiam ser substituídas por uma resultante  $Q$  com inclinação  $\delta$  em relação a horizontal, de forma que  $Q$  passasse pelo ponto médio da fatia, ou seja, pelo ponto de interseção das forças  $W$ ,  $T$  e  $N'$  (FIGURA 9).



**FIGURA 9 - FORÇAS ATUANTES DA BASE DA FATIA (MÉTODO DE SPENCER)**

FONTE: FABRICIO (2006)

Considerando o critério de ruptura de Mohr-Coulomb e o equilíbrio de forças na direção normal e paralela à base da fatia, tem-se

$$Q = \frac{\frac{c \cdot b \cdot \sec \alpha}{F} + \frac{\tan \phi' \cdot (h \cdot \cos \alpha - u \cdot b \cdot \sec \alpha)}{F} - W \cdot \sin \alpha}{\cos(\alpha - \delta) \cdot \left[ 1 + \frac{\tan \phi \cdot \tan(\alpha - \delta)}{F} \right]} \quad (17)$$

Se não houver forças externas ao talude, o somatório das forças internas da massa de solo potencialmente instável é nulo, então

$$\sum Q \cdot \cos \delta = 0 \quad (18)$$

$$\sum Q \cdot \sin \delta = 0 \quad (19)$$

A soma dos momentos das forças entre fatias em relação ao centro de rotação é nula, visto que a soma dos momentos das forças externas em relação a esse mesmo ponto é zero. Assim, segundo Fabricio (2006) e Gerscovich (2009),

$$\sum Q \cdot R \cdot \cos(\alpha - \delta) = 0 \quad (20)$$

e, como R é constante,

$$R \cdot \sum Q \cdot \cos(\alpha - \delta) = 0. \quad (21)$$

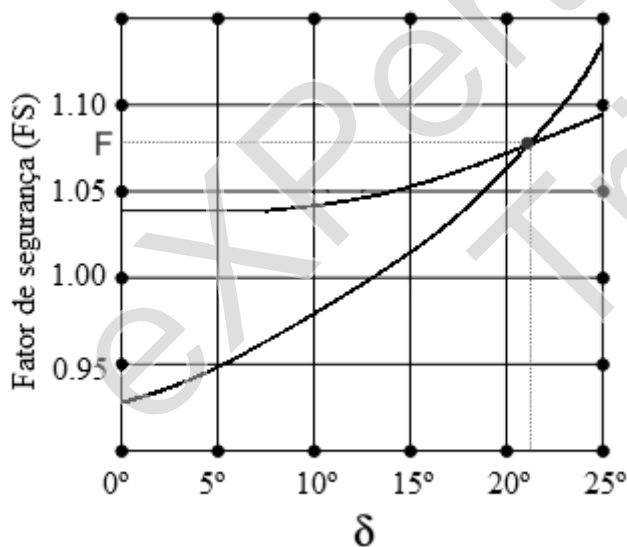
Logo,

$$\sum Q \cdot \cos(\alpha - \delta) = 0. \quad (22)$$

Adotando a hipótese de  $\delta$  constante para todas as fatias, encontra-se

$$\sum Q = 0 \quad (23)$$

Dessa forma, aplicando as Equações 22 e 23, a solução do problema é alcançada de forma iterativa. Em um gráfico são plotados vários fatores de segurança (FS), encontrados por meio da variação do ângulo  $\delta$  nas Equações 22 e 23. O valor de F que satisfaz as duas equações encontra-se no ponto de interseção das duas funções, conforme FIGURA 10 (FABRICIO, 2006).



**FIGURA 10 - DETERMINAÇÃO GRÁFICA DO FS PELO MÉTODO DE SPENCER**

FONTE: FABRICIO (2006)

### 2.5.2. Dados de entrada

Conforme descrito na Seção 2.5, o monitoramento dos aterros sanitários é feito através dos métodos de análise de estabilidade de taludes por condições de equilíbrio limite, utilizando *softwares* de Geotecnia, como o Slope W e Slide 6. Nesses programas são importados dados da seção de análise e é feita a parametrização da seção de estudo e definição das características geotécnicas de todos os materiais, além da definição da linha piezométrica (a partir dos dados das medições dos piezômetros) e a execução do estudo computacional. É importante salientar que a região abaixo do traçado da linha piezométrica é considerada saturada. Esta condição não é necessariamente verdadeira, porém é adotada a favor da segurança.

### 2.5.2.1. Seção de análise

A seção de análise definida para estudo deve ser aquela que apresenta as condições mais desfavoráveis à estabilidade, como velocidades de deslocamentos horizontais superiores aos limites dos critérios atuais e de referência (como os apresentados na TABELA 1), inclinação da base mais acentuada, dentre outros.

Na seção mais crítica, o fator de segurança deve se manter estável até mesmo no caso em que o nível de saturação atingir cerca de 30% da altura do talude, onde deve possuir valor igual ou superior ao recomendado pela Norma Técnica NBR 11682 da ABNT - “Estabilidade de Taludes”, ou seja,  $F.S. \geq 1,5$  (TABELA 2).

**TABELA 2 - VALORES DE FATOR DE SEGURANÇA SEGUNDO NBR 11682**

FATOR DE SEGURANÇA			
ALERTA 1 BOM	ALERTA 2 ATENÇÃO	ALERTA 3 ALERTA	ALERTA 4 INTERVENÇÃO
$FS > 1,5$	$1,3 < FS < 1,4$	$1,2 < FS < 1,3$	$1,0 < FS < 1,2$

ADAPTADO DE: NORMA TÉCNICA NBR 11682 DA ABNT - “ESTABILIDADE DE TALUDES”

### 2.5.2.2. Características geotécnicas dos materiais

Os parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito interno) são de difícil determinação devido à heterogeneidade do lixo e à presença de elementos com grandes dimensões, o que implica em dificuldades consideráveis para obtenção de amostras representativas. Aliado a isso, os equipamentos de ensaio (triaxiais e cisalhamento direto) apresentam custos elevados, uma vez que devem ter dimensões compatíveis (no mínimo 5 a 10



vezes superiores à partícula de maior diâmetro do lixo) e proteção adequada quanto à corrosão e segurança dos operadores. Assim, o número de resultados de ensaios disponíveis é pequeno e apresentam-se com uma apreciável gama de variação (MAHLER e NETO, 2000). No Brasil os valores geralmente adotados para a coesão das fibras em RSU varia de 10 a 30 kN/m<sup>2</sup>. Os valores de ângulo de atrito variam de 15 a 30° (BENVENUTO, 2011).

O terceiro parâmetro é o peso específico dos resíduos, que pode variar em função de fatores de operação, como os diversos tipos de resíduos (análise gravimétrica), umidade e compactação, bem como a cobertura de resíduos e dimensões da frente de operação associados à aderência ao projeto. Complementarmente, varia em relação à profundidade de disposição dos resíduos em relação a fatores referentes à biodegradabilidade da parcela orgânica putrescível, que no Brasil atinge valores próximos a 50% do peso. Os valores geralmente adotados no Brasil variam de 7 a 13 kN/m<sup>3</sup>, dependendo dos fatores citados (BENVENUTO, 2011).

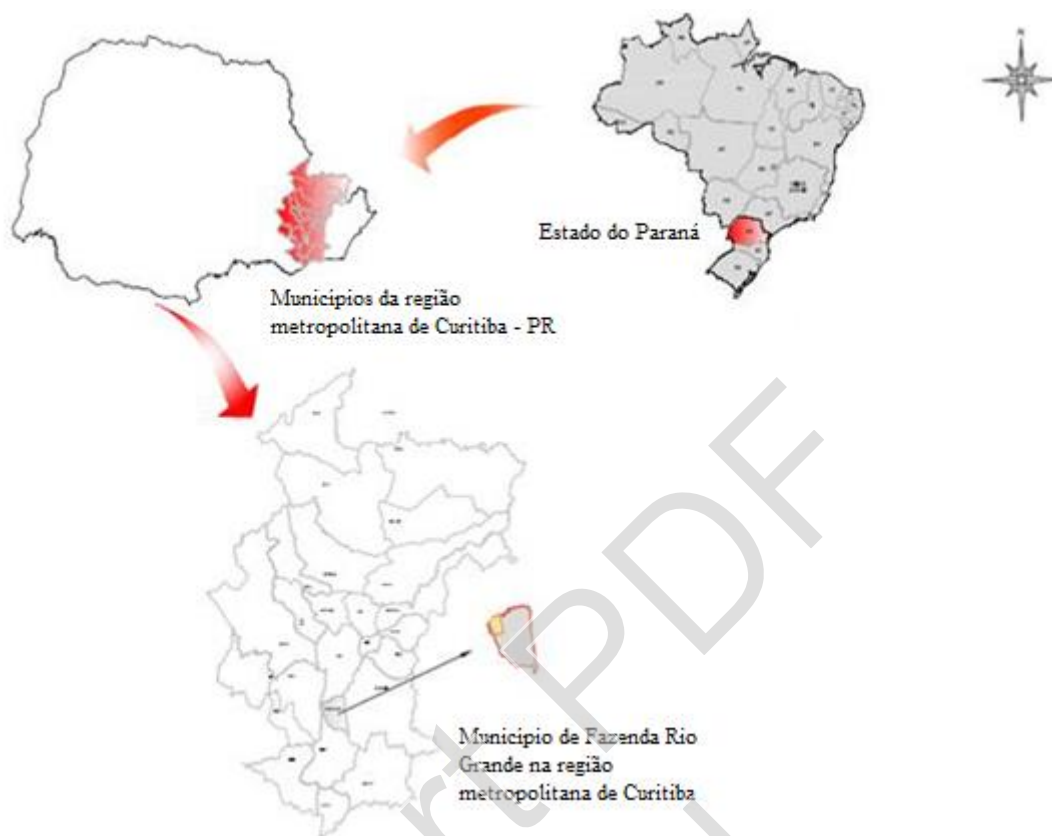
Os parâmetros de resistência são considerados efetivos, porém devido à biodegradabilidade dos resíduos e a variação dos líquidos percolados, esses parâmetros estão sujeitos à variação no tempo (BENVENUTO, 2011).

### **3. ESTUDO DE CASO - ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE - PR**

#### **3.1. ASPECTOS GERAIS E LOCALIZAÇÃO**

O Aterro Sanitário de Fazenda Rio Grande (FIGURA 11) está implantado a noroeste do município de Fazenda Rio Grande (Coordenadas UTM: N 666.388 L 7.163.071), em uma área de 267,5 ha, sendo destes 62 ha ocupados pelo empreendimento, 123 ha destinados à Área de Proteção Ambiental e 54 ha destinados à Área de Reserva Legal.

O limite do território do aterro é feito, ao norte, com o Rio Iguaçu, ao sul, com a Avenida Nossa Senhora Aparecida, ao leste, com uma propriedade particular e, a oeste, com o Córrego Ouro Velho, afluente do Rio Iguaçu. O aterro sanitário fica a aproximadamente 4 km do centro da cidade de Fazenda Rio Grande. As atividades estão previstas conforme EIA/RIMA, elaborado para 20 anos.



**FIGURA 11 - LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE**

FONTE: CONSILIU (2008)

O aterro sanitário de Fazenda Rio Grande conta com os seguintes elementos para adequada operação: (i) isolamento e sinalização, (ii) sistema de impermeabilização, (iii) drenagem superficial e de gases, (iv) acesso compatível com o tráfego de veículos pesados, (v) sistema de controle do recebimento e aceite de resíduos, (vi) sistema de drenagem de águas pluviais, (vii) sistema de drenagem de líquidos percolados, (viii) tanque de armazenamento de chorume e (ix) sistema de monitoramento de águas subterrâneas e superficiais.

### 3.2.. MATERIAL RECEBIDO

O aterro sanitário funciona desde novembro de 2010. Recebe resíduos sólidos recolhidos pelos serviços municipais de coleta regular, tais como os domiciliares, comerciais, de varrição de ruas e vias públicas. Também são destinados ao aterro os materiais provenientes de grandes geradores, como *shoppings centers*, supermercados, lojas de departamento e estabelecimentos comerciais. A capacidade de recebimento de resíduos diária é de 2.500 toneladas.

Os municípios que destinam resíduos para o aterro sanitário de Fazenda Rio Grande fazem parte do CONRESOL (Consórcio Intermunicipal para Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos). A finalidade do consórcio é de organizar e proceder ações e atividades para a gestão do sistema de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos gerados pelos municípios integrantes, obedecendo a legislação vigente e aplicável, bem como as normas da ABNT.

Na TABELA 3 estão apresentados os 21 municípios que fazem parte do CONRESOL e a população total de cada município, com base nos dados do IBGE (2010), além da quantidade de resíduos, em porcentagem, disposta mensalmente no aterro sanitário de Fazenda Rio Grande. Assim, o total de pessoas atendidas diariamente pelo aterro sanitário é de 3.089.177 habitantes. Curitiba representa a cidade com maior número de habitantes, totalizando 1.751.907 (56,7%) e, também, a que destina a maior quantidade de resíduos no aterro, representando 67,4% do total. São José dos Pinhais, com 264.210 habitantes, contribui com 7,6% e Colombo, com 212.967 habitantes, contribui com 6,0% do total. A FIGURA 12 apresenta a distribuição dos 29 municípios que compõe a Região Metropolitana de Curitiba.

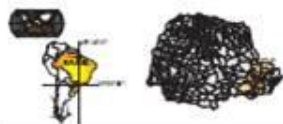
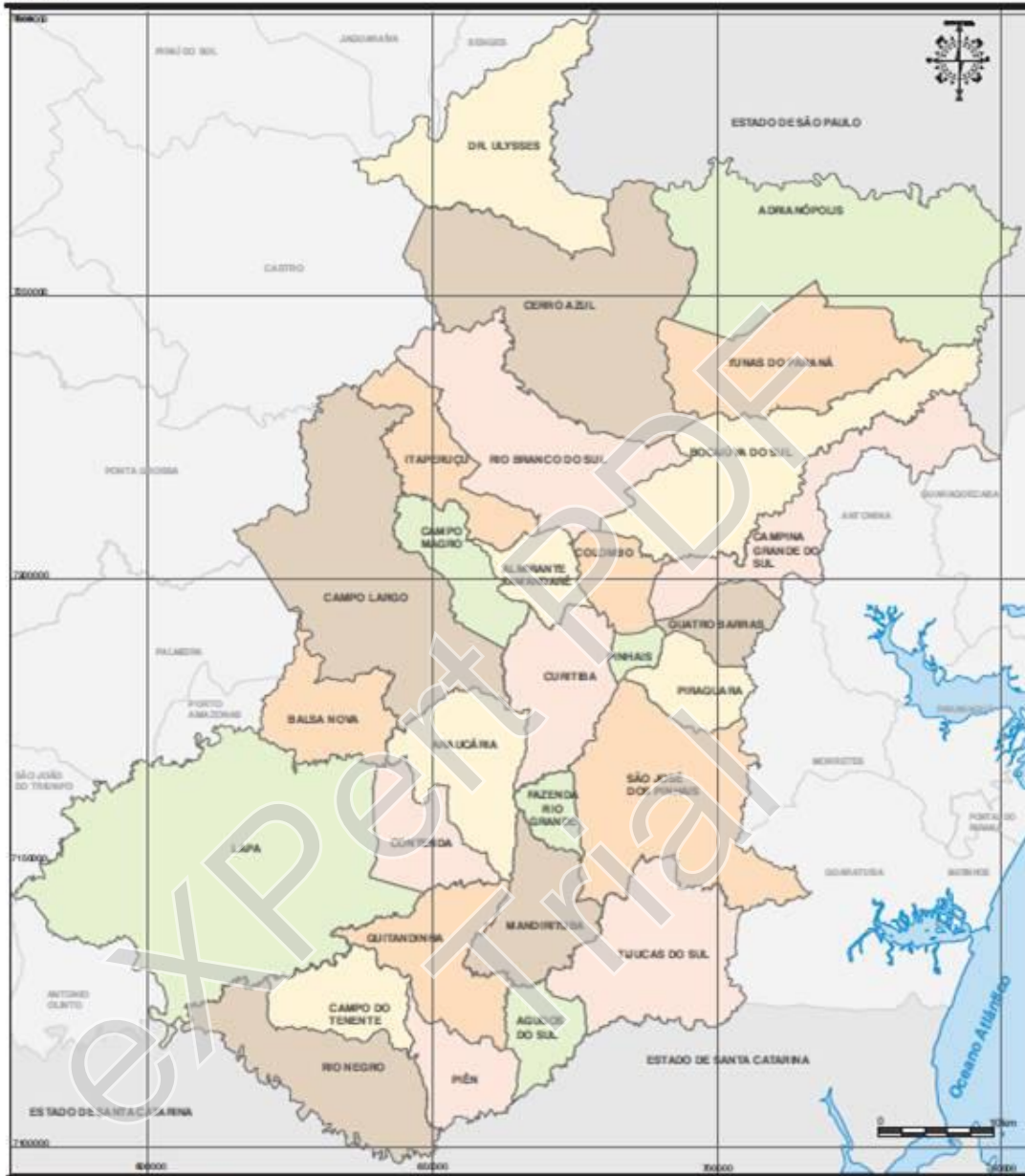
**TABELA 3 - CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

<b>MUNICÍPIOS INTEGRANTES DO CONRESOL</b>		
<b>MUNICÍPIO</b>	<b>POPULAÇÃO TOTAL (hab.)</b>	<b>QUANTIDADE DE RESÍDUO %</b>
Agudos do Sul	8.270	0,1
Almirante Tamandaré	103.204	2,1
Araucária	119.123	3,2
Campina Grande do Sul	38.769	0,8
Campo Largo	112.377	2,3
Campo Magro	24.843	0,5
Colombo	212.967	6,0
Contenda	15.891	0,2
Curitiba	1.751.907	67,4
Fazenda Rio Grande	81.675	2,1
Itaperuçu	23.887	0,3
Mandirituba	22.220	0,3
Piên	11.236	0,2
Pinhais	117.008	3,5
Piraquara	93.207	1,9
Quatro Barras	19.851	0,4
Quitandinha	17.089	0,2
Rio Branco do Sul	30.650	0,6
São José dos Pinhais	264.210	7,6
Tijucas do Sul	14.537	0,2
Tunas do Paraná	6.256	0,1

FONTE: IBGE (2010); ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE



# DIVISÃO POLÍTICA



GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ  
SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO  
COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

*Região Metropolitana de Curitiba*

FIGURA 12 - REGIÃO DE METROPOLITANA CURITIBA

FONTE: COMEC, (2012)

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta pesquisa serão analisadas as medições dos instrumentos de controle instalados no aterro sanitário de Fazenda Rio Grande e medidos no período de janeiro de 2013 a janeiro de 2014. Nas seções 4.1 e 4.2, está indicada a localização dos marcos superficiais e piezômetros ao longo do maciço de resíduos e descrita, de forma breve, como as medições desses instrumentos foram realizadas.

Posterior a análise dessas medições, será estudada a estabilidade do maciço de resíduos, através da inserção dos dados medidos em campo (citados na Seção 1.5.2) no *software* Slide 6, que determina o fator de segurança das seções de análise com os métodos de equilíbrio limite de Spencer e Bishop simplificado. Este *software* é comercial e será utilizado por proporcionar capacidade de importação de arquivos contendo as coordenadas da seção de estudo, obtidas através do levantamento topográfico. Este processo é mais preciso na descrição do perfil do talude e potencialmente evita erros na digitação das coordenadas.

Depois do cálculo do fator de segurança, será feita a comparação entre os valores encontrados com os níveis pluviométricos, vazão de percolados e localização da frente de operação, referentes ao período vigente. Essa comparação será possível por meio da importação dos dados medidos na estação meteorológica, instalada no aterro sanitário de Fazenda Rio Grande, com as demais variáveis e com os resultados obtidos no cálculo do fator de segurança, e tem a finalidade de estudar a relação entre eles.

### 4.1. MEDIÇÕES TOPOGRÁFICAS DOS MARCOS SUPERFICIAIS

O aterro sanitário de Fazenda Rio Grande possuía, no período de janeiro de 2013 a janeiro de 2014, oito marcos superficiais instalados, denominados: L1 MS01, L1 MS02, L2 MS01, L2 MS02, L3 MS01, L3 MS02, L4 MS01 e L4 MS02.

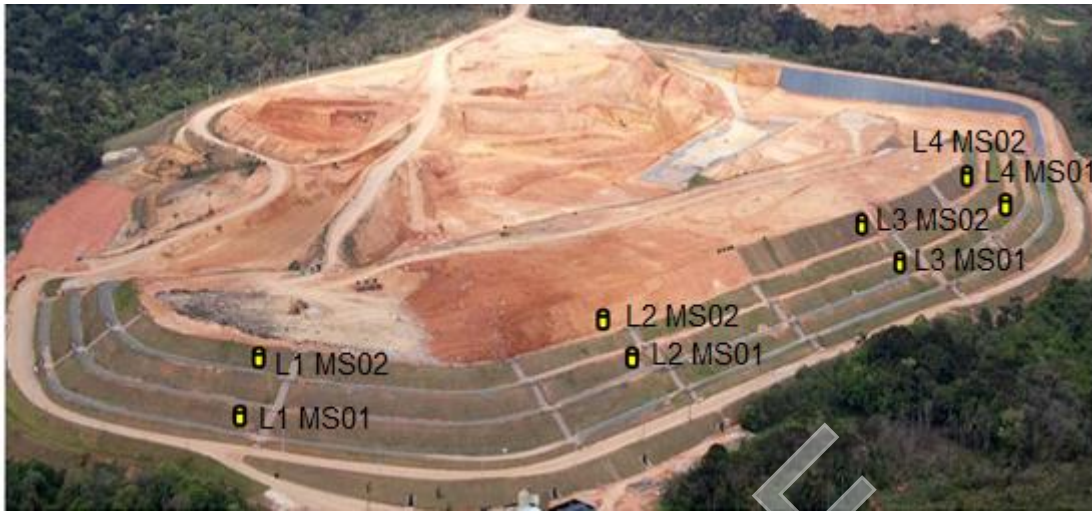
A instalação destes instrumentos ocorreu em dezembro de 2012, conforme sequencia apresentada na FIGURA 13. A localização está indicada na FIGURA 14.



**FIGURA 13 - SEQUENCIA DE INSTALAÇÃO DOS MARCOS SUPERFICIAIS DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE**

FONTE: ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE (2012)





**FIGURA 14 - LOCALIZAÇÃO DOS MARCOS SUPERFICIAIS - ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE**

FONTE: ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE (2012)

A medição topográfica foi realizada utilizando estação total TS02, bastão, prisma e mini-prisma, todos da marca Leica®. Essas medidas subsidiam os cálculos dos deslocamentos parcial e total nas direções horizontal e vertical, bem como velocidades horizontais e verticais.

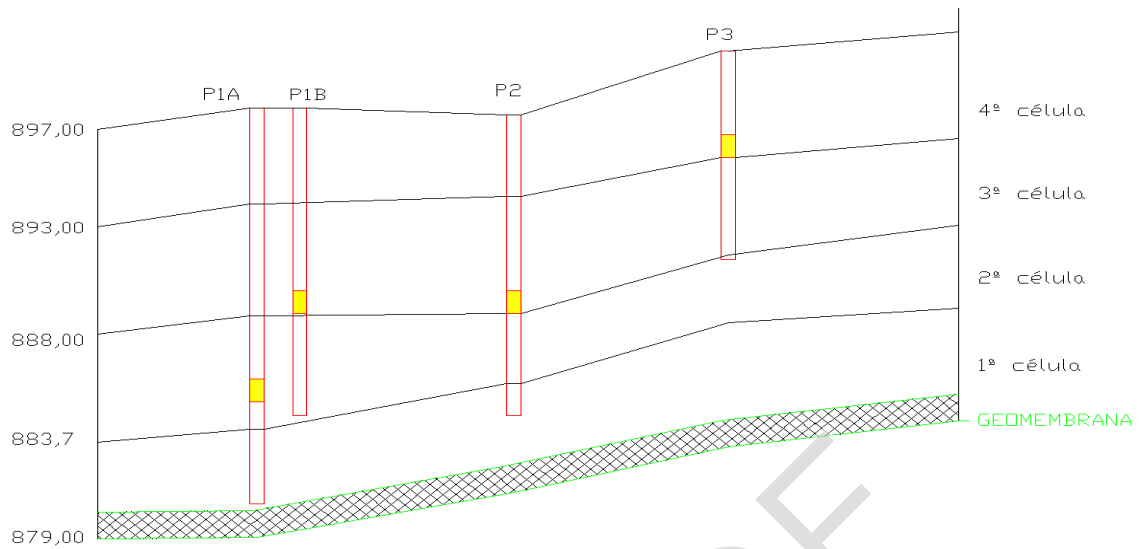
#### 4.2. LEITURAS PIEZOMÉTRICAS

O aterro sanitário de Fazenda Rio Grande possui dois piezômetros simples e um duplo, denominados: PZ01 (duplo – PZ01A e PZ01B), PZ02 e PZ03 (simples). Os piezômetros possuem ranhuras com profundidades médias de 12,50 m, 8,60 m, 8,30 m e 4,20 m, respectivamente, e profundidades totais equivalentes a 17,50 m, 13,60 m, 13,30 m e 9,20 m. A FIGURA 15 traz imagens da instalação, a FIGURA 16 apresenta o perfil e, a FIGURA 17, a localização destes instrumentos ao longo do aterro sanitário.



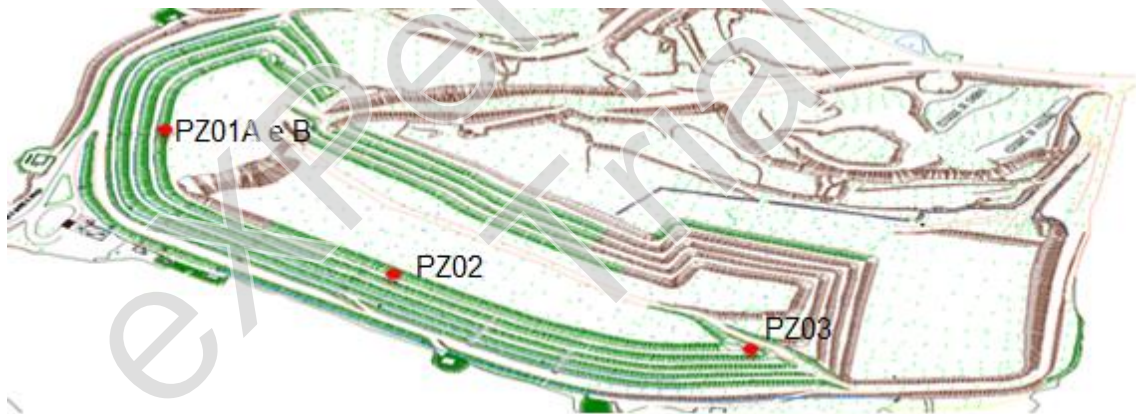
**FIGURA 15 - IMAGENS DA INSTALAÇÃO DOS PIEZÔMETROS DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE**

FONTE: ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE ( 2012)



**FIGURA 16 - PROFUNDIDADE DOS PIEZÔMETROS DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE**

FONTE: ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE (2012)



**FIGURA 17 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DOS PIEZÔMETROS**

FONTE: ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE (2012)

A medição dos piezômetros foi feita com o auxílio de um sensor de nível de percolado, para medir os níveis de chorume, de um manômetro, para medir a pressão de gás. Também foi utilizada uma trena, para medir a saliência, que é a distância da berma ao topo do piezômetro. As leituras piezométricas iniciaram-se com a medição do nível de chorume, que é

realizada no tubo interno do piezômetro. Estando o registro da câmara de gás fechado, o sensor foi introduzido pelo tubo interno e, quando em contato com o chorume, o emitiu um sinal sonoro. Retirou-se, então, o equipamento e, com auxílio da trena, e mediu-se a profundidade em que se encontrava o chorume, anotando o valor encontrado. Ainda nessa leitura houve o procedimento de medida de saliência.

Tendo medido o nível de líquido com o registro fechado, foi feita a medição da pressão do gás. Estando ele inicialmente fechado, a mangueira com manômetro foi acoplada, por meio de uma luva. O registro foi então aberto e anotada a pressão medida. Em seguida o registro foi fechado novamente. Após desacoplar a mangueira, o registro foi aberto e repetiu-se o procedimento para medição de nível de percolado anotando o resultado. A FIGURA 18 mostra como é feita a medição utilizando o sensor de nível de percolado.



**FIGURA 18 - MEDIÇÃO DO PIEZÔMETRO UTILIZANDO SENSOR DE NÍVEL DE PERCOLADO E MANÔMETRO**

FONTE: SOUSA, 2008

### 4.3. CÁLCULO DO FATOR DE SEGURANÇA

Tendo escolhido o local de análise a partir da localização dos marcos superficiais e piezômetros, foi indicado à equipe de topografia as regiões para o levantamento topográfico das seções de estudo.

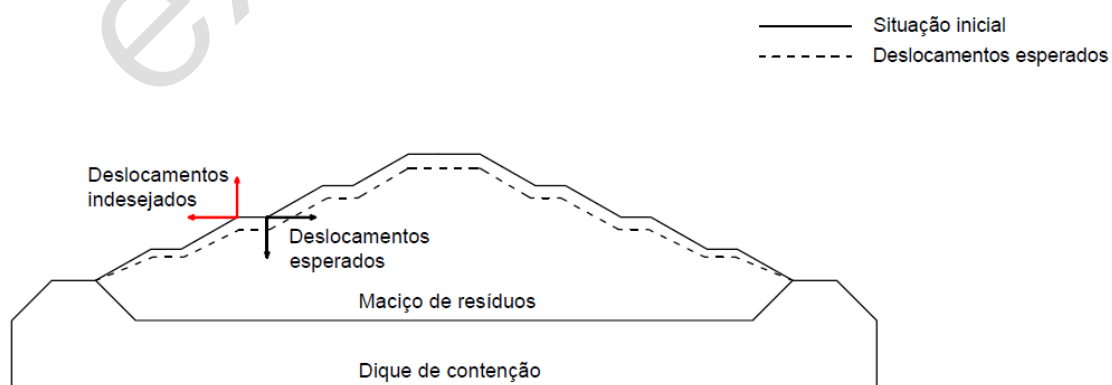
Trabalhou-se com as seções de estudo utilizando o *software* Slide 6, onde foi realizada a entrada de dados dos parâmetros de resistência de cada material e do chorume. Para o aterro sanitário de Fazenda Rio Grande, considerou-se o solo (areia silto-argilosa) com (i) peso específico: 17 kN/m<sup>3</sup>; (ii) coesão: 30 kPa; e (iii) ângulo de atrito: 35°. O resíduo, caracterizado como novo, obteve os parâmetros (iv) peso específico: 10 kN/m<sup>3</sup>; (v) coesão: 19 kPa; (vi) ângulo de atrito: 28°, conforme informações fornecidas pela equipe do aterro sanitário de Fazenda Rio Grande. A entrada dos valores do líquido foi realizada por meio traçado da linha piezométrica, adotando a hipótese de saturação na região abaixo dessa linha.

Com esses dados, além dos valores encontrados nas medições dos piezômetros, foi realizado o cálculo do fator de segurança e a apresentação dos círculos críticos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo da geotecnia dos aterros sanitários tem o objetivo de garantir a estabilidade dos maciços e evitar acidentes ambientais, como rupturas de talude. O acompanhamento dos deslocamentos horizontais e verticais, por meio dos marcos superficiais, bem como das pressões do líquido e do gás, por meio dos piezômetros, oferece subsídios para gestão do aterro sanitário e diagnósticos da estabilidade da massa de solo e resíduos e medidas corretivas.

Os deslocamentos do maciço, evidenciados na superfície dos aterros, podem ser naturais, até mesmo esperados, considerando a decomposição do material orgânico e a compactação da massa de resíduos e solo. Entretanto, espera-se que estes sejam na direção da base e do centro do aterro. Movimentos contrários são indesejados, pois podem representar o resultado de bolsões de líquidos e gás e insuficiência na drenagem, por exemplo, com consequente instabilidade geotécnica. A FIGURA 19 ilustra esses deslocamentos em um aterro sanitário.

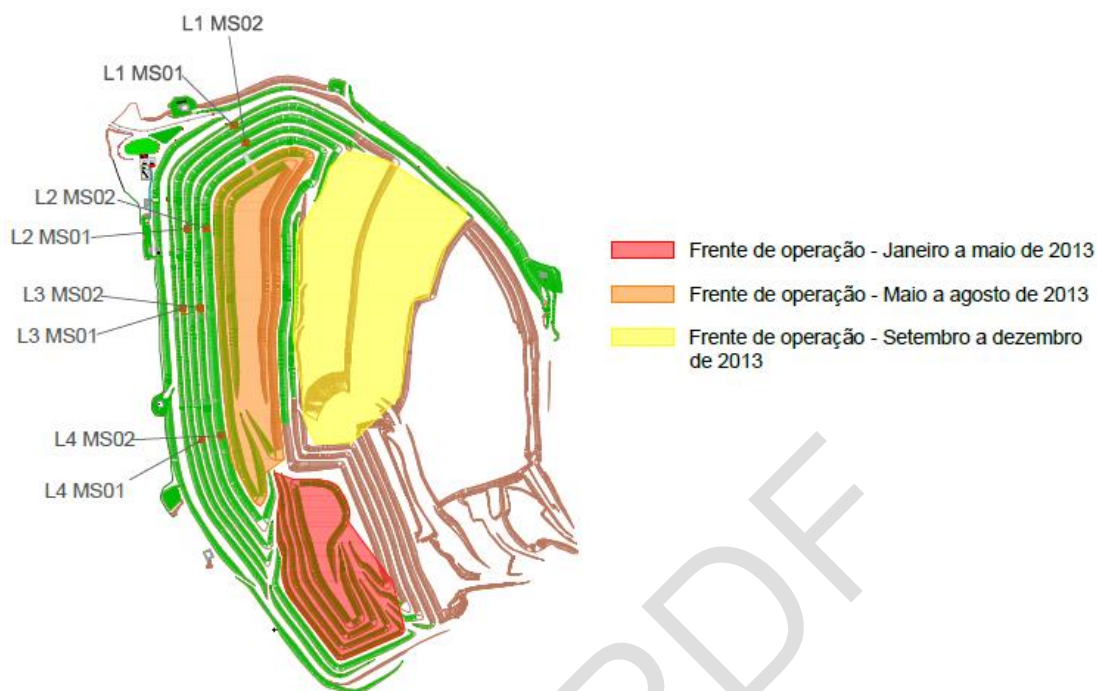


**FIGURA 19- SENTIDOS DE DESLOCAMENTOS INDESEJADOS E ESPERADOS NO ATERRO SANITÁRIO CONVENCIONAL**

Esta seção apresenta dados obtidos através das leituras topográficas dos marcos superficiais e das medições piezométricas, correlacionando-os com as condições meteorológicas e com a localização da frente de operação durante período estudado. Posteriormente é apresentada a análise da estabilidade das seções de estudo, feita a partir do cálculo dos fatores de segurança e comparada com as informações obtidas através das leituras realizadas em campo (MS e piezômetros). As medições de pressão de gás, realizadas por meio dos piezômetros, não serão consideradas neste estudo devido às limitações do *software* Slide 6 na importação dessas informações.

#### 5.1. MARCOS SUPERFICIAIS

Para a correta análise dos deslocamentos observados nos marcos superficiais, fez-se necessário relacioná-los com as áreas de disposição dos resíduos durante o período estudado. As regiões próximas à frente de operação tendem a apresentar maiores deslocamentos em função da sobrecarga exercida pelos resíduos e pelo intenso fluxo de máquinas e caminhões nessa área. Por esse motivo e a fim de facilitar a visualização e entendimento do comportamento apresentado, a FIGURA 20 relaciona a localização desses instrumentos com região onde os resíduos foram dispostos durante o ano de 2013.



**FIGURA 20 - LOCALIZAÇÃO DAS FRENTES DE OPERAÇÃO, EM 2013, COM RELAÇÃO AOS MARCOS SUPERFICIAIS**

Os dados e coordenadas dos marcos superficiais estão apresentados no APÊNDICE 1. A discussão é organizada para os deslocamentos e velocidades horizontais e verticais, calculados a partir do levantamento topográfico semanal realizado nesse período, bem como os critérios de alertas mencionados na TABELA 1. O conjunto completo de informações se encontra no APÊNDICE 1.

#### 5.1.1. Deslocamentos horizontais

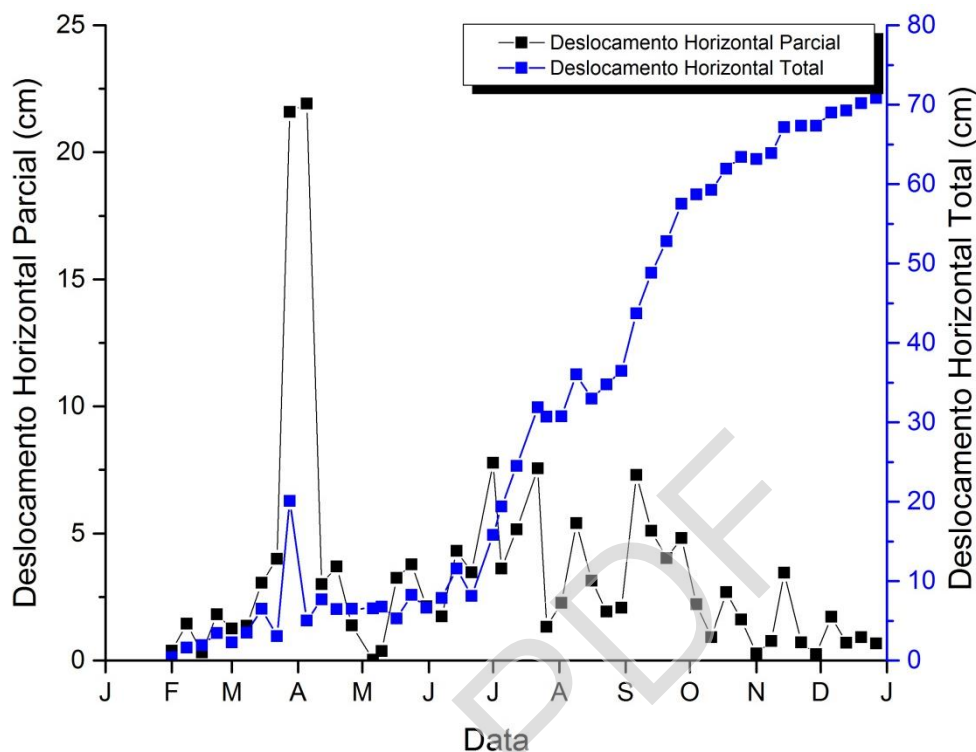
A partir do monitoramento dos marcos superficiais, observou-se que os valores de deslocamento horizontal parcial variaram, no período de 12 meses,



entre 0,03 e 21,9 cm. Para o mesmo intervalo de tempo, o deslocamento horizontal total apresentou valor mínimo de 0,05 cm e valor máximo de 89,8 cm.

A fim de melhorar o entendimento desse fenômeno, determinou-se que a análise fosse baseada nos maiores deslocamentos parciais apresentados pelos marcos superficiais. Essa condição foi adotada devido a este dado ser a base para o cálculo da velocidade, que tem como definição a razão entre um deslocamento parcial pelo número de dias entre as duas medições. A partir dos valores de velocidade são determinados os critérios gerais de ação, apresentados na TABELA 1, que classificam o marco de acordo com a intensidade do deslocamento e determinam as medidas preventivas cabíveis. Portanto, apesar das movimentações totais fornecerem dados importantes para o estudo da estabilidade do maciço, as informações mais significativas provém do deslocamento parcial.

Tendo definidas essas condicionantes, observou-se que o marco que apresentou os valores de deslocamento parcial horizontal máximo e mínimo durante o ano de 2013 foi o L3 MS02, apresentado na FIGURA 21. Os demais gráficos de deslocamento horizontal apresentam características similares e estão apresentados no APÊNDICE 1.

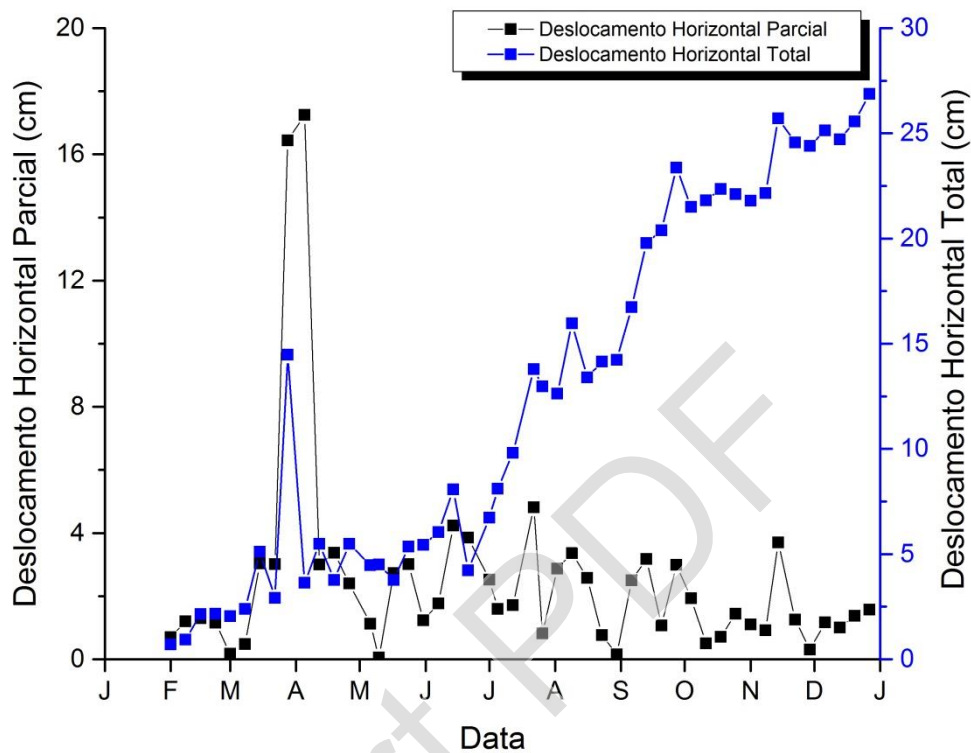


**FIGURA 21 - DESLOCAMENTO HORIZONTAL PARCIAL E TOTAL - L3 MS02**

Na FIGURA 22, nota-se que o marco L3 MS02 apresentou dois picos de deslocamento parcial entre os meses de março e abril. Este comportamento também foi observado no L3 MS01, que está localizado na mesma linha de marcos superficiais (Linha 3, ver FIGURA 14), duas camadas abaixo do marco em questão (FIGURA 22).

Por haver dois picos consecutivos na mesma região numa época em que a frente de operação estava distante desses marcos superficiais, existe a possibilidade de ter ocorrido erro na medição topográfica. Esses erros poderiam ser provenientes de, por exemplo, má locação da estação total ou visada numa base diferente daquela de costume.

Entretanto, existem outros fatores que podem justificar esses deslocamentos, como o regime de precipitação e a vazão de percolado daquele período. Nas próximas seções serão apresentadas as relações entre os deslocamentos dos marcos superficiais e as variáveis supracitadas.



**FIGURA 22 - DESLOCAMENTO HORIZONTAL PARCIAL E TOTAL - L3 MS01**

### 5.1.2. Deslocamentos verticais

Os valores máximos de deslocamentos verticais foram observados nos marcos L4 MS02 e L2 MS02 sendo de, respectivamente, 8,4 cm (parcial) e 104,7 cm (total). Em ambos os casos o deslocamento teve como direção a base do aterro. O valor de deslocamento parcial mínimo medido durante 2013 foi nulo nos instrumentos L1 MS01, L3 MS01 e L4 MS01.

A análise foi baseada nas mesmas condições adotadas para o deslocamento horizontal. A FIGURA 23 ilustra a movimentação do L4 MS02, sendo que os demais gráficos de deslocamento vertical estão apresentados no APÊNDICE 1.

Nota-se que houve uma oscilação acentuada entre os meses de julho e agosto. Este comportamento foi observado nos oito marcos, porém com intensidades diferentes e, em alguns casos, iniciando na metade de abril. Este cenário é tipicamente observado e está em concordância com o gráfico de deslocamentos verticais apresentado por Cepollina (2004), referente ao aterro sanitário de Bandeirantes. Pode estar associado à frente de operação, que teve suas atividades iniciadas, em meados de maio, nas camadas acima daquelas onde os marcos superficiais estão localizados. Outra hipótese importante é referente ao regime de precipitações e será discutida nas próximas seções.

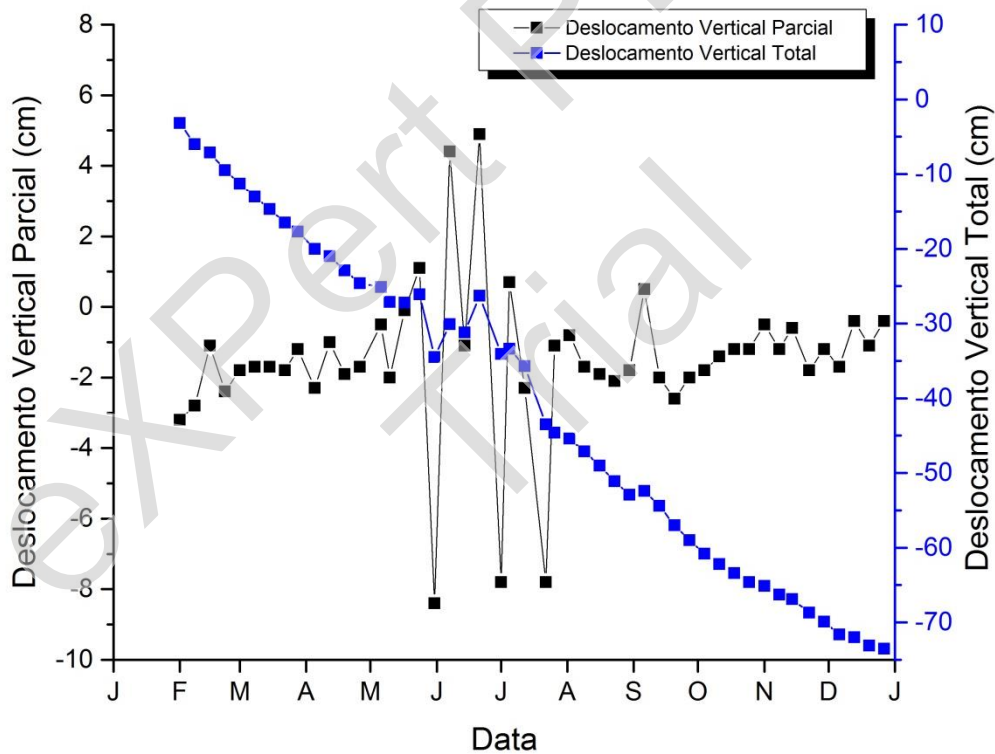


FIGURA 23 - DESLOCAMENTO VERTICAL PARCIAL E TOTAL – L4 MS02

### 5.1.3. Velocidades horizontais

As velocidades horizontais máximas calculadas no período estudado foram as dos marcos superficiais L3 MS02 e L3 MS01. Seus valores correspondem a 3,60 e 2,74 cm/dia, respectivamente, ambos referentes à medição de 28 de março de 2013. Essas velocidades estão em conformidade com os deslocamentos discutidos na Seção 5.1.1. – Deslocamentos horizontais, portanto a hipótese de erro na leitura topográfica foi mantida.

Esses e mais quatro instrumentos de controle apresentaram velocidades elevadas, ultrapassando o limite do Critério de Alerta 3 (ver TABELA 1). Os marcos superficiais da Linha 3 (FIGURA 14) acusaram estado de alerta no final de março e início de abril, conforme citado. Em setembro sofreram aumento na velocidade, porém apenas o L3 MS02 superou o limite de 1,00 cm/dia. Esse comportamento também foi observado nos instrumentos da Linha 4, que entraram em alerta em fevereiro. Em julho, no entanto, apenas o L4 MS02 apresentou aumento considerável nos valores de deslocamento horizontal por dia. Os marcos superficiais L1 MS02 e L2 MS02 tiveram valores elevados de velocidade em junho; em agosto apenas o L2 MS02.

Nenhum dos marcos que ultrapassaram o limite do Critério de Alerta 3 mantiveram velocidades elevadas por um período maior do que duas semanas, caracterizando, portanto, esses eventos como pontuais.

Os gráficos de velocidade em função do tempo estão apresentados nas FIGURAS 24 e 25, nas quais as cores representam os critérios de alerta adotados. Para a representação gráfica, o intervalo escolhido foi o apresentado por Boscov (2008), por ser o mais conservador. Entretanto, os critérios de Kaimoto apud Benvenuto (2011) constam no APÊNDICE 1, bem como os demais gráficos.

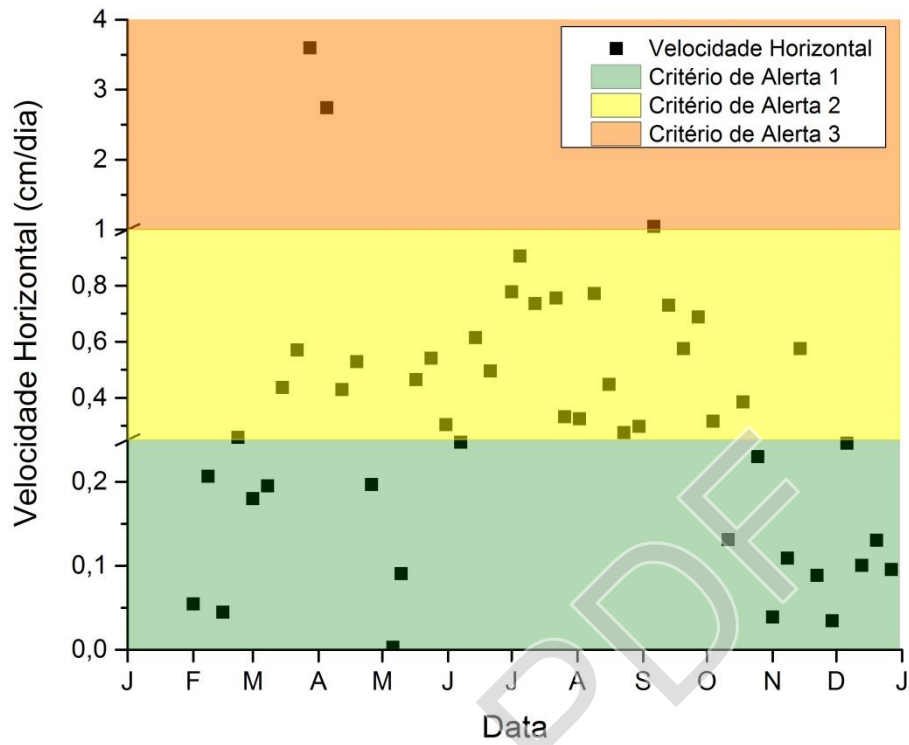


FIGURA 24 – MARCO SUPERFICIAL QUE APRESENTOU VELOCIDADE HORIZONTAL MÁXIMA - L3 MS02

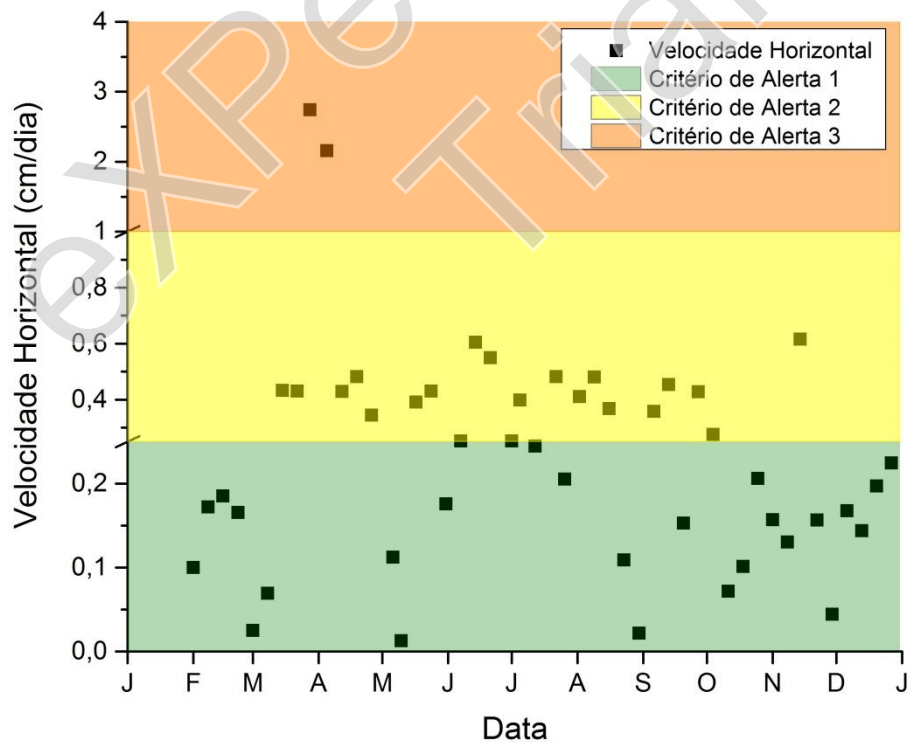
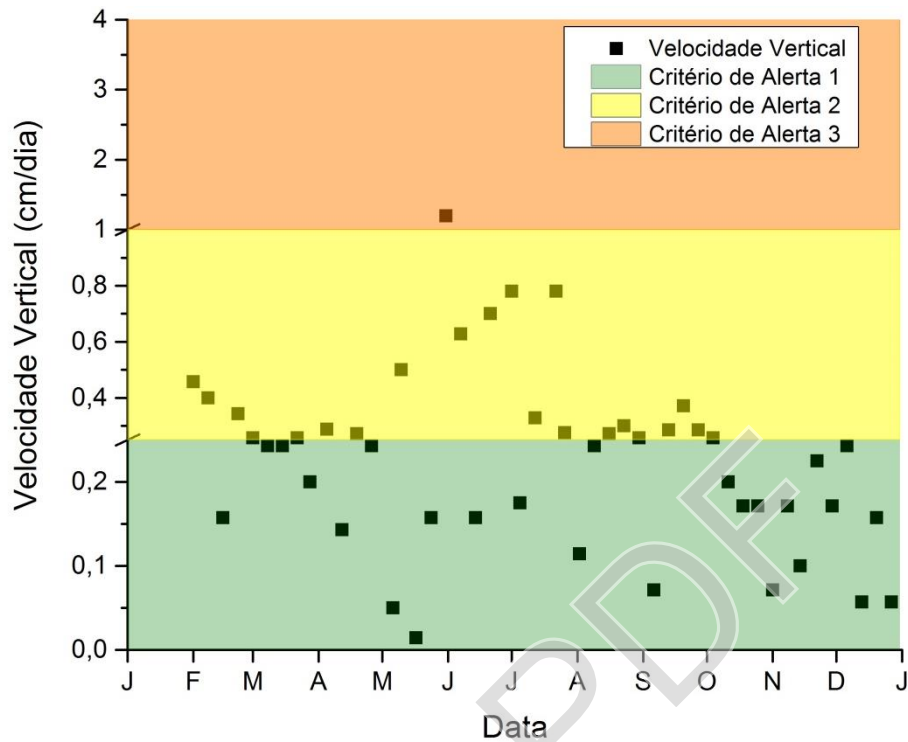


FIGURA 25 - VELOCIDADES HORIZONTAIS - L3 MS01

#### 5.1.4. Velocidades verticais

Durante o ano de 2013 os marcos superficiais apresentaram velocidades verticais dentro dos valores esperados (TABELA 1) em quase 99% das medições realizadas. O limite mínimo do Critério de Alerta 3 foi ultrapassado em 24 de abril de 2013 pelos marcos superficiais L3 MS01, L3 MS02 e L4 MS02. O valor máximo calculado, entretanto, corresponde ao L4 MS02, sendo de 1,20 cm/dia (FIGURA 26). No restante do ano não foram observados valores elevados de velocidades verticais, portanto os deslocamentos dos marcos superficiais, apontados na Seção 5.1.2 – Deslocamentos verticais, não apresentaram riscos à estabilidade do maciço. Os gráficos de velocidades verticais constam no APÊNDICE 1 e estão em conformidade com o comportamento gráfico apresentado por Jorge (2004).



**FIGURA 26 - MARCO SUPERFICIAL QUE APRESENTOU VELOCIDADE VERTICAL MÁXIMA (L4 MS02)**

## 5.2. PIEZÔMETROS

Os dados referentes às medições piezométricas e meteorológicas estão apresentados no APÊNDICE 2. A discussão é organizada para os valores de precipitação e vazão de percolado medidos em 2013, correlacionando-os com os níveis de chorume medidos nos piezômetros com registro fechado e aberto.



### 5.2.1. Pluviometria e vazão de percolados

O ano de 2013 apresentou alto índice pluviométrico. Segundo dados medidos no aterro sanitário de Fazenda Rio Grande, a precipitação anual acumulada foi de 1721,50 mm, que é aproximadamente 250 mm superior à média acumulada, na região de Curitiba, nos 50 anos anteriores (Fonte: Dados da Rede do INMET)

A vazão de percolado medida nesse período variou conforme a precipitação mensal aumentou ou diminuiu. Na FIGURA 27 é apresentado um gráfico de precipitação e vazão de percolado em função do tempo, onde é possível ver que ambos seguiram a mesma tendência. Isso significa que a drenagem de percolado foi satisfatória no período estudado.

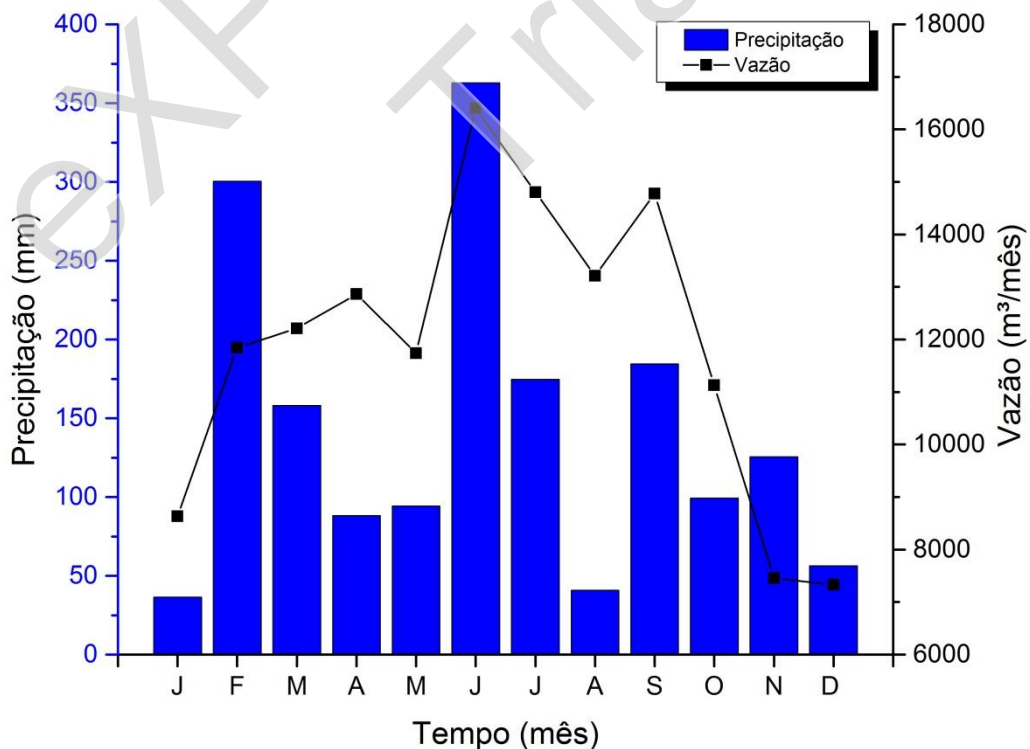
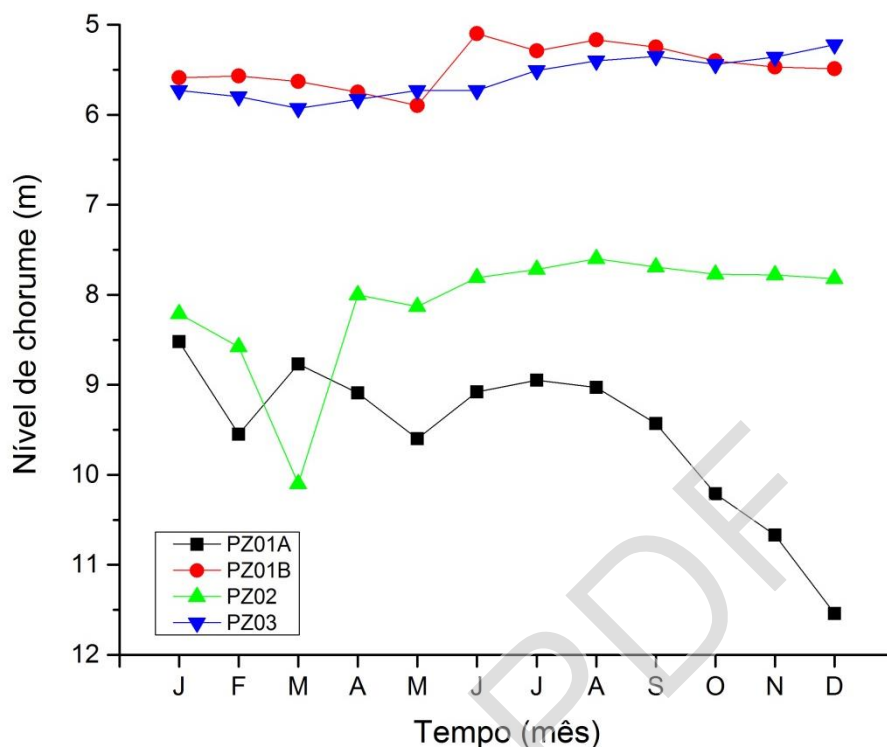


FIGURA 27 - PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE PERCOLADOS MEDIDOS EM 2013

### 5.2.2. Medições de nível de percolado (registro fechado)

As medições dos piezômetros foram realizadas com o registro da câmara de gás fechado e aberto, a fim de verificar o nível de chorume com e sem a interferência do gás. Nesta seção serão analisadas as leituras com o registro fechado.

A FIGURA 28 apresenta os níveis de chorume medidos durante o ano de 2013. Ao contrário dos marcos superficiais, não há critérios de alerta para os dados provenientes dos piezômetros. Porém, sabe-se que a estabilidade geotécnica aumenta com a diminuição do nível do líquido, medido a partir do topo do piezômetro. Devido às leituras terem sido realizadas desta forma, os gráficos destes instrumentos de controle foram adotados com o eixo das ordenadas positivo para baixo, a fim de facilitar a visualização e entendimento da condição de saturação da seção de estudo. Desta forma, quanto maior o valor mais distante o nível do chorume está da superfície. Por exemplo, o piezômetro PZ01B, por ser menos profundo, apresenta níveis maiores (a aproximadamente 5 metros da superfície) do que o PZ01A (mais de 8 metros da superfície), cuja profundidade é maior.



**FIGURA 28 - NÍVEL DE CHORUME COM REGISTRO DA CÂMARA DE GÁS FECHADO. OS NÍVEIS DE CHORUME SÃO MEDIDOS A PARTIR DO TOPO DOS PIEZÔMETROS, COM A COORDENADA POSITIVA PARA BAIXO.**

A menor distância entre o líquido percolado e a superfície do aterro sanitário foi medida no piezômetro PZ01B, sendo de 5,10 m. É importante salientar que os piezômetros possuem profundidades diferentes, portanto os níveis medidos são referentes a camadas distintas do maciço de resíduos (ver Seção 4.2).

O APÊNDICE 2 apresenta a tabela com os valores de nível de percolado obtidos a partir dos piezômetros, bem como suas profundidades totais e da ranhura.

### 5.2.3. Medições de nível de percolado (registro aberto)

O nível de chorume máximo medido nos piezômetros com o registro da câmara de gás aberto foi de 5,28 m, no PZ03. Devido a esse piezômetro ter profundidade da câmara de carga a 4,20 m, esse valor é considerado normal, pois não ultrapassou a altura da ranhura. A FIGURA 29 apresenta as leituras com registro aberto.

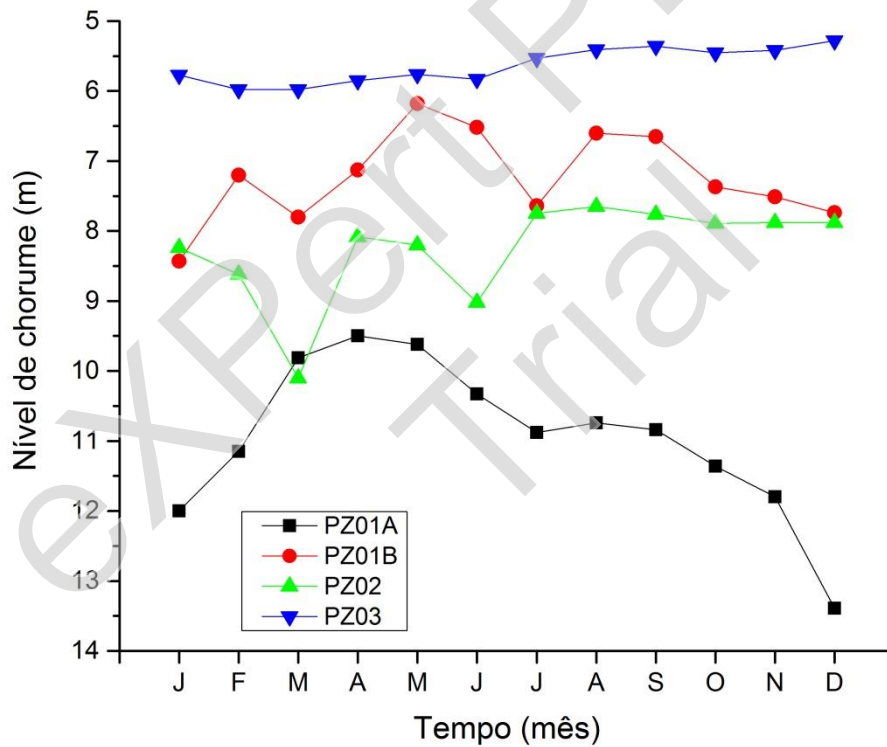
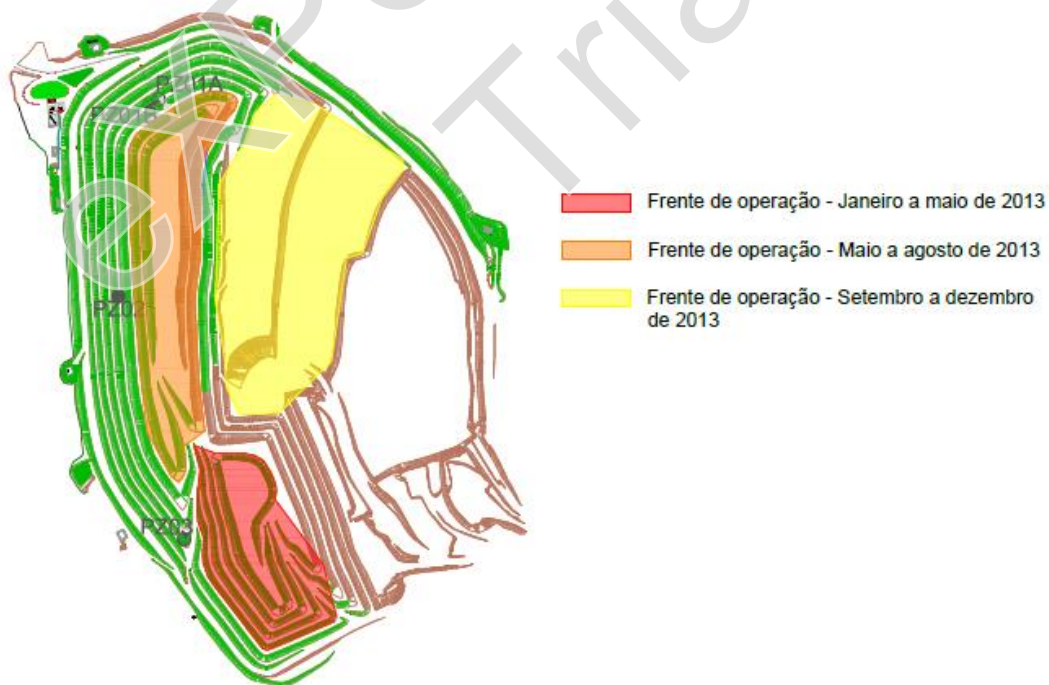


FIGURA 29 - NÍVEL DE PERCOLADO COM REGISTRO DA CÂMARA DE GÁS ABERTO

#### 5.2.4. Nível de percolado (registro aberto), precipitação e vazão de chorume

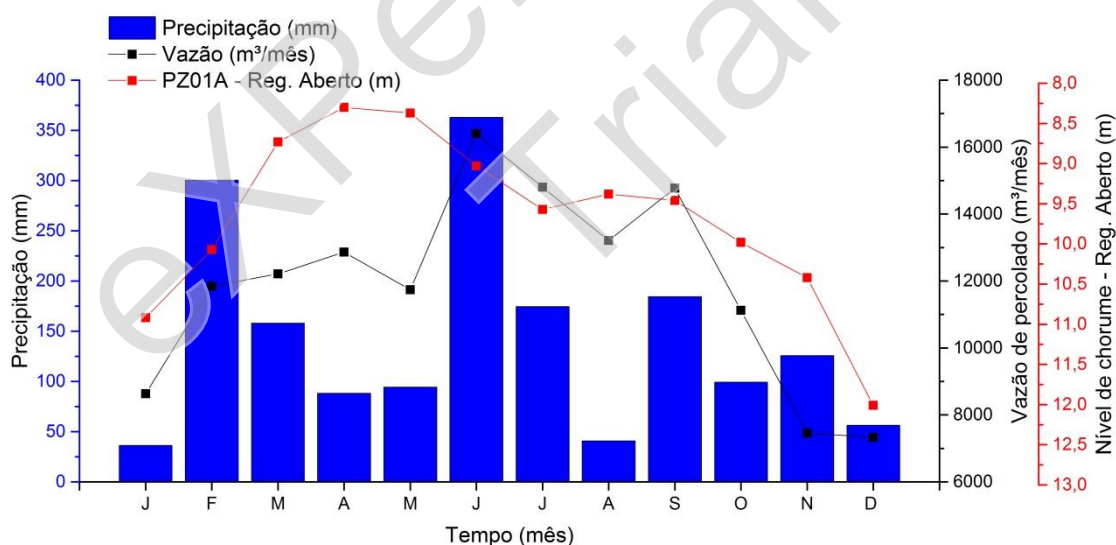
Para a análise da variação do nível de chorume nos piezômetros com a precipitação e vazão de líquido percolado, é importante considerar a localização das frentes de operação durante o ano. Por serem regiões onde os resíduos são dispostos e, posteriormente, compactados e cobertos com terra, geralmente possuem maiores contribuições para a geração de chorume, pois por elas a percolação das águas pluviais é mais fácil se comparada com as áreas já finalizadas (SUZUKI, 2012). A FIGURA 30 apresenta a localização aproximada das frentes de operação durante o ano de 2013. A partir dela e dos dados obtidos através das leituras piezométricas, apresentadas no APÊNDICE 2, será feita a análise proposta nessa seção.



**FIGURA 30 - LOCALIZAÇÃO APROXIMADA DAS FRENTES DE OPERAÇÃO DURANTE O ANO DE 2013**

A análise dos níveis de chorume com os registros das câmaras de gás abertos confirmaram a hipótese de que estes variaram conforme os valores de precipitação e vazão de percolado aumentaram ou diminuíram. No entanto, foi possível notar como a localização da frente de operação contribuiu para o aumento dos valores de chorume medidos nos piezômetros.

O piezômetro duplo PZ01 (A e B), por exemplo, possui localização bastante próxima ao tanque de armazenamento do chorume. Por esse motivo, este instrumento sofre interferência local e global das fortes precipitações e consequentes aumentos de vazão, pois se encontra na região para a qual os drenos de base convergem e encaminham, por gravidade, o líquido percolado de todo o aterro para o local de sua retirada. A FIGURA 31 apresenta o gráfico do PZ1A, cuja profundidade é maior de comparada ao 1B (ver APÊNDICE 2).

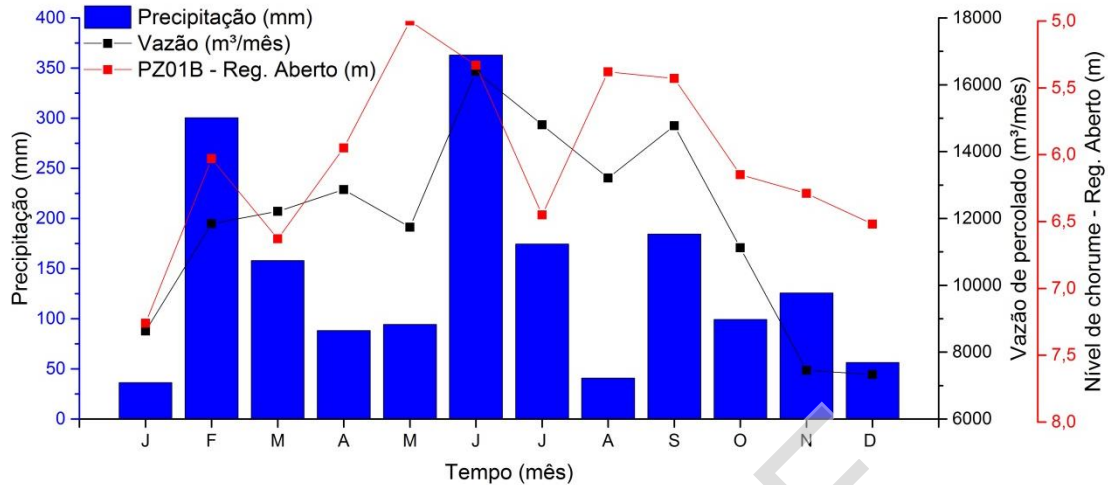


**FIGURA 31 - VARIAÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME MEDIDO NO PZ01A (REGISTRO ABERTO) COM RELAÇÃO À PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE PERCOLADO**

É possível perceber que, de janeiro a maio, o nível de chorume aumentou de acordo com os valores de precipitação e vazão, sendo estes

sentidos também nos meses posteriores aos períodos de pico. Em junho, com o aumento da chuva e vazão, foi notada uma queda no nível de chorume. Esse comportamento pode ser devido ao aumento na drenagem do líquido percolado no tanque pulmão em função das fortes chuvas, como forma de prevenir o aumento no nível e, conseqüentemente, a não redução da estabilidade do maciço. Em agosto, mesmo com a queda nos valores pluviométricos e de vazão, foi percebido um aumento na coluna de chorume medida no PZ01A. Isso pode ser decorrente da aproximação da praça de operação, ocorrida de maio a agosto, visto que a decomposição biológica dos RSU ocorre inicialmente por processos aeróbios para depois dar início aos processos anaeróbios (SUZUKI, 2012). A partir de setembro foi observada, novamente, uma queda no nível medido no PZ01A, a qual acompanha a redução nos valores de precipitação e vazão.

O PZ01B, por ser menos profundo, apresentou picos mais definidos, porém seguiu a mesma tendência apresentada pelo PZ01A. Sua variação está apresentada da FIGURA 32. Os demais gráficos de nível de chorume (com registro da câmara de gás aberto), precipitação e vazão de percolado constam no APÊNDICE 2 e apresentam comportamentos similares aos apresentados graficamente por Jorge (2004).



**FIGURA 32 - VARIAÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME MEDIDO NO PZ01B (REGISTRO ABERTO) COM RELAÇÃO À PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE PERCOLADO**

Uma análise similar pode ser realizada com os dados das medições piezométricas com registro fechado, que incorporam a pressão do gás na leitura. O APÊNDICE 2 apresenta a interpretação gráfica qualitativa, da qual pode-se concluir que, em geral, após a frente de operação, os níveis permanecem aproximadamente constantes e mais elevados, caracterizando a grande produção de gases decorrentes da degradação da matéria orgânica.

### 5.3.RELAÇÃO ENTRE DADOS PIEZOMÉTRICOS E DE MARCOS SUPERFICIAIS

Os valores obtidos através dos marcos superficiais e piezômetros sofreram interferência do índice pluviométrico e da localização da frente de operação. Complementarmente notou-se, a partir da análise conjunta dos valores apresentados nas seções anteriores, que os níveis de chorume



medidos guardaram relação com os deslocamentos dos marcos georreferenciados do aterro sanitário de Fazenda Rio Grande.

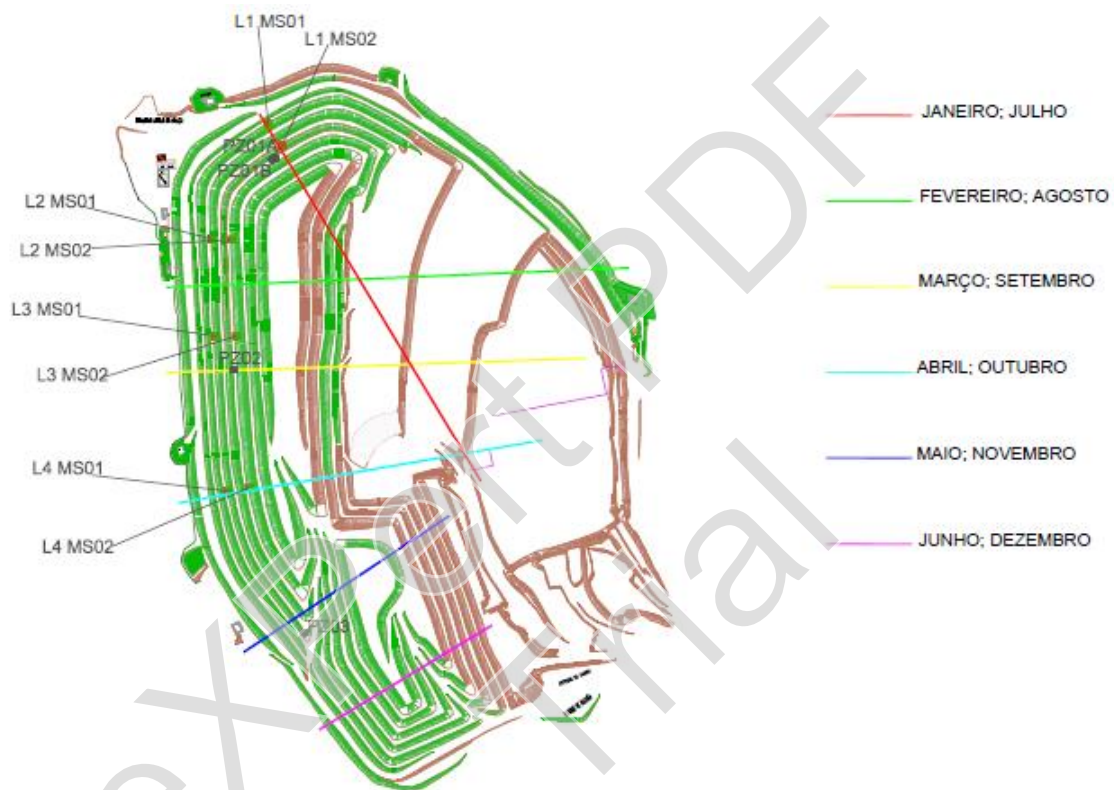
Para a maioria das situações de alerta apontadas anteriormente, foi notada a presença ou combinação da precipitação, frente de operação próxima e/ou elevação do nível de chorume. As únicas exceções foram as altas velocidades horizontais apresentadas pelos marcos superficiais da Linha 3, entre os meses de março e abril. Durante sua análise, nenhum dos fatores citados acima foi notado, confirmando a hipótese apresentada de erro na leitura topográfica.

Esse comportamento está em concordância com a análise apresentada por Cepollina et al. (2004). Nele foi definido que há a tendência no aumento das velocidades horizontais e de recalque com a frente de operação nas proximidades dos marcos superficiais e que, similarmente, quando não há disposição de resíduos nas proximidades dos piezômetros, as leituras desses instrumentos praticamente não sofrem alteração em períodos curtos. O autor também destaca que os critérios de avaliação devem ser particulares de cada aterro e que variam em função de alguns fatores, como o balanço hídrico da região. Dessa forma, são confirmadas as considerações adotadas neste estudo.

#### 5.4. CÁLCULO DO FATOR DE SEGURANÇA MENSAL

O aterro sanitário de Fazenda Rio Grande não possui os arquivos de todas as seções de estudo de 2013. Dessa forma, a alternativa encontrada foi a utilização do *software* Topograph para a obtenção dos valores necessários, com base no *as built* do aterro sanitário. Dessa forma, seis seções foram definidas, tendo o cuidado de sempre estarem próximas dos marcos superficiais e dos piezômetros.

Uma seção foi analisada para cada mês de 2013, considerando os valores das leituras piezométricas referentes ao período em questão. Suas localizações estão apresentadas na FIGURA 33, bem como a indicação dos meses em que foram estudadas.



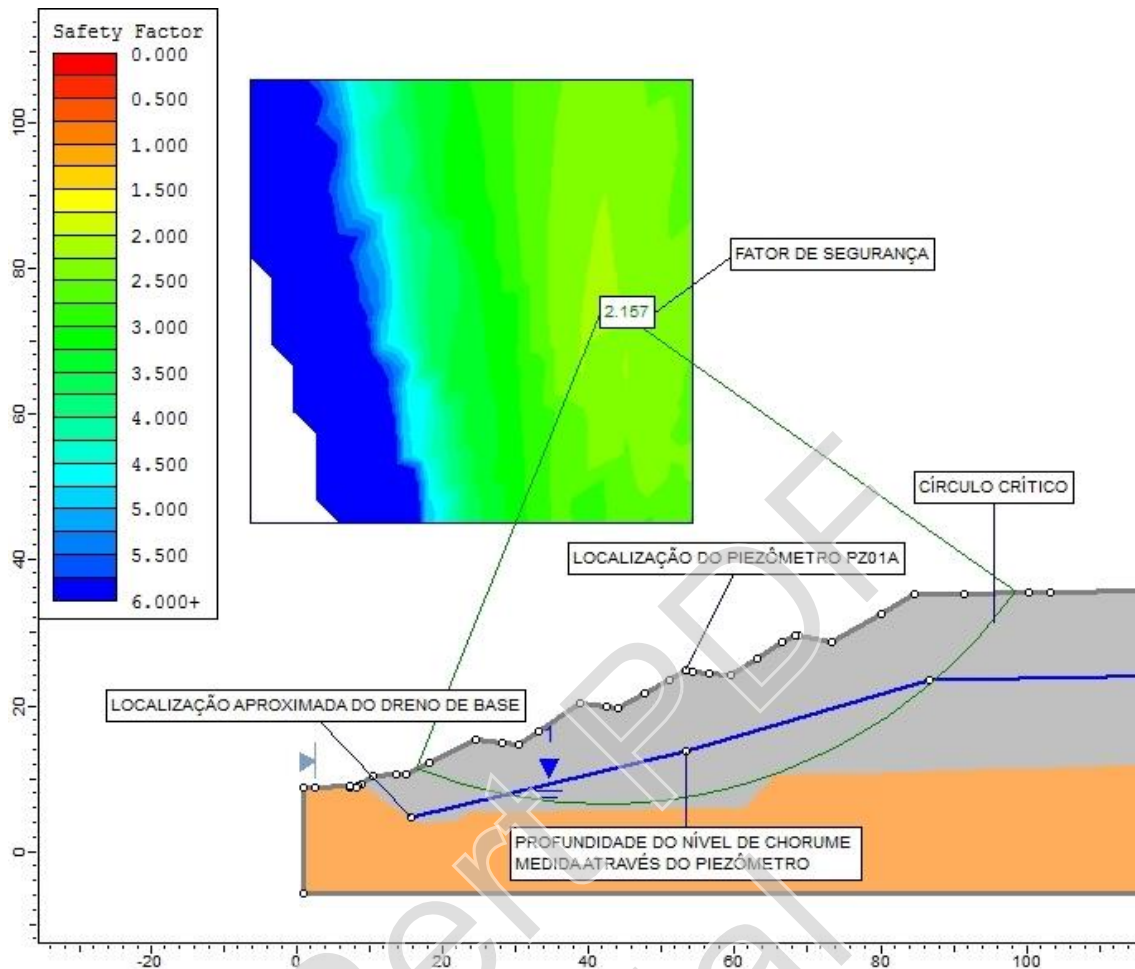
**FIGURA 33 - LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES DE ESTUDO REFERENTES AOS MESES ESTUDADOS**

Geralmente as análises de estabilidade de aterros sanitários são realizadas considerando, como entrada de dados no modelo, (i) a hipótese de um nível piezométrico de percolado no interior do maciço de resíduos ou (ii) a utilização do coeficiente de Bishop e Morgenstern ( $r_u$  - ver Seção 2.5.1.1 – Equação 15; SUZUKI, 2012).

O primeiro é aplicado a partir do traçado da linha piezométrica no modelo, de acordo com os valores medidos em campo. Essa hipótese implica na saturação da região abaixo da linha, podendo resultar em valores de poro-pressão muito mais elevados e, conseqüentemente, fatores de segurança mais baixos do que o real. Supondo que o aterro se comporta como um aterro de solo, a expectativa da linha piezométrica é associada à direção do fluxo. Apesar de o comportamento real envolver heterogeneidades horizontal e verticalmente, com potenciais bolsões de chorume e gases, trata-se de um método conservador quando se considera a influência da saturação nas tensões resistivas do material. Portanto, geralmente é aplicado a favor da segurança.

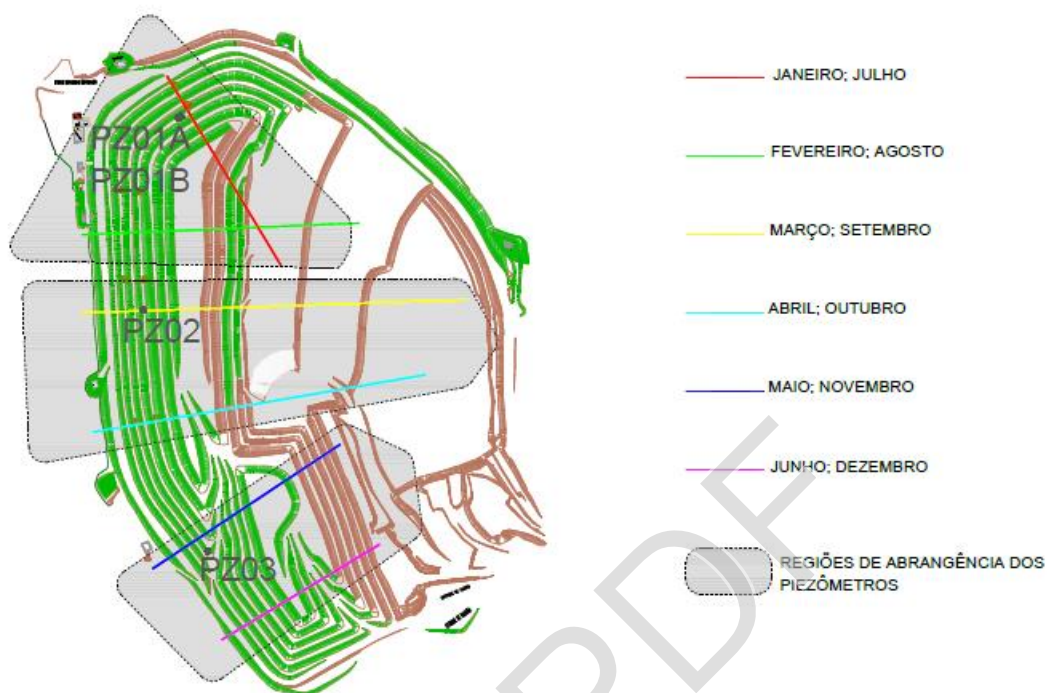
O segundo utiliza o coeficiente  $r_u$ , que relaciona a poro-pressão com a tensão vertical devido ao peso dos resíduos sobre o ponto. O ideal, para este método, seria dispor desses valores em vários pontos e profundidades, porém isso é de difícil obtenção. Considera-se, portanto, que esse valor é constante ao longo da profundidade (BENVENUTO, 2010).

Para ambos os métodos é importante ter os dados de chorume e gás em diversos pontos do aterro, de forma que haja linhas de piezômetros (similar à dos marcos superficiais – ver FIGURA 14). Entretanto, o aterro sanitário de Fazenda Rio Grande conta apenas com três piezômetros (sendo um duplo) instalados na mesma camada. No caso da utilização do coeficiente  $r_u$ , seria necessário extrapolar os valores medidos para todo o aterro, assumindo, portanto, que as pressões neutras fossem semelhantes em todo o maciço de resíduos. Dessa forma, nesse estudo optou-se pela adoção do traçado da linha piezométrica, como forma conservadora de trabalhar a favor de segurança. A linha foi traçada iniciando aproximadamente onde o dreno de base está localizado, de acordo com a direção esperada do fluxo do líquido percolado. Este ponto foi ligado, por uma reta, à região do piezômetro, cuja profundidade adotada foi àquela medida em campo. A FIGURA 34 apresenta a configuração adotada para o cálculo do fator de segurança e é referente à seção de janeiro, considerando o nível medido através do PZ01A.



**FIGURA 34 - CONFIGURAÇÃO ADOTADA PARA A ANÁLISE DE ESTABILIDADE DAS SEÇÕES DE ESTUDO**

O cálculo dos fatores de segurança do aterro sanitário de Fazenda Rio Grande durante o ano de 2013 foi realizado pelos métodos de Bishop simplificado e Spencer. Nele foram considerados os níveis de chorume medidos nos piezômetros próximos das seções, utilizando-se as leituras com registro da câmara de gás aberto. A FIGURA 35 relaciona as seções de estudo com os piezômetros utilizados nas respectivas análises geotécnicas. Os valores encontrados para cada seção estão apresentados na TABELA 4.



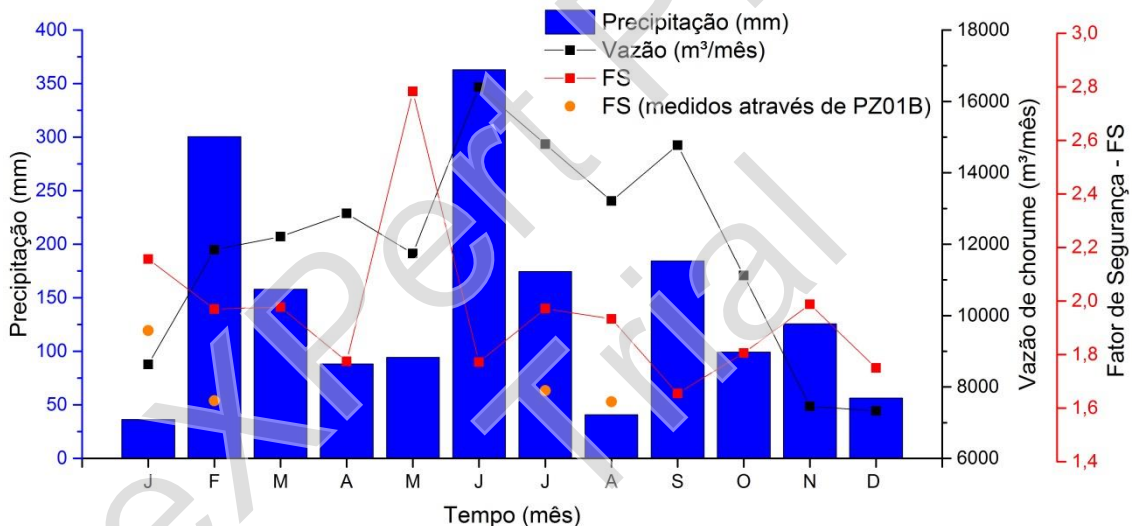
**FIGURA 35 - PIEZÔMETROS CONSIDERADOS NA ANÁLISE DE ESTABILIDADE DAS SEÇÕES DE ESTUDO**

**TABELA 4 - FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS PARA O ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE**

FATORES DE SEGURANÇA MENSAIS			
MÊS	PIEZÔMETROS CONSIDERADOS	FATOR DE SEGURANÇA	
		Bishop simplificado	Spencer
Janeiro	PZ01A	2,157	2,157
	PZ01B	1,890	1,894
Fevereiro	PZ01A	1,970	1,970
	PZ01B	1,627	1,632
Março	PZ02	1,977	1,977
Abril	PZ02	1,775	1,777
Maio	PZ03	2,783	2,784
Junho	PZ03	1,772	1,777
Julho	PZ01A	1,972	1,973
	PZ01B	1,665	1,668
Agosto	PZ01A	1,933	1,934
	PZ01B	1,624	1,630
Setembro	PZ02	1,655	1,657
Outubro	PZ02	1,806	1,808
Novembro	PZ03	1,988	1,991
Dezembro	PZ03	1,750	1,756

#### 5.4.1. Relação entre fatores de segurança, chuva e vazão de chorume

Os valores de precipitação e vazão de chorume foram comparados aos resultados do cálculo dos fatores de segurança das seções de estudo (ver SEÇÃO A3.1; APÊNDICE 3). A FIGURA 36 ilustra a variação desses parâmetros em função do tempo. Como os resultados obtidos através dos métodos de Bishop simplificado e Spencer foram muito parecidos, os valores considerados na análise gráfica foram os de Bishop simplificado.



**FIGURA 36 - VARAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA COM A PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE CHORUME**

Na FIGURA 35 estão associados os valores dos fatores de segurança das seis seções de estudo. Cada seção considerou o nível do piezômetro mais próximo, de acordo com a distribuição apresentada na FIGURA 35. Dessa forma nos meses de janeiro, fevereiro, julho e agosto os fatores de segurança foram calculados para os níveis de chorume registrados no PZ01A e no PZ01B. Para esses meses, os resultados da análise de estabilidade estão apresentados em

vermelho, considerando nível do PZ01A, e em alaranjado, considerando nível do PZ01B.

A comparação entre os parâmetros citados indica que, apesar da correlação entre as variáveis ser baixa, há evidências de que o fator de segurança aumenta com a redução da vazão de chorume. Tal comportamento é pouco variante na FIGURA 37, uma vez que foram considerados seções e piezômetros distintos em cada mês de análise. Isto se deu em virtude da disponibilidade limitada de informações.

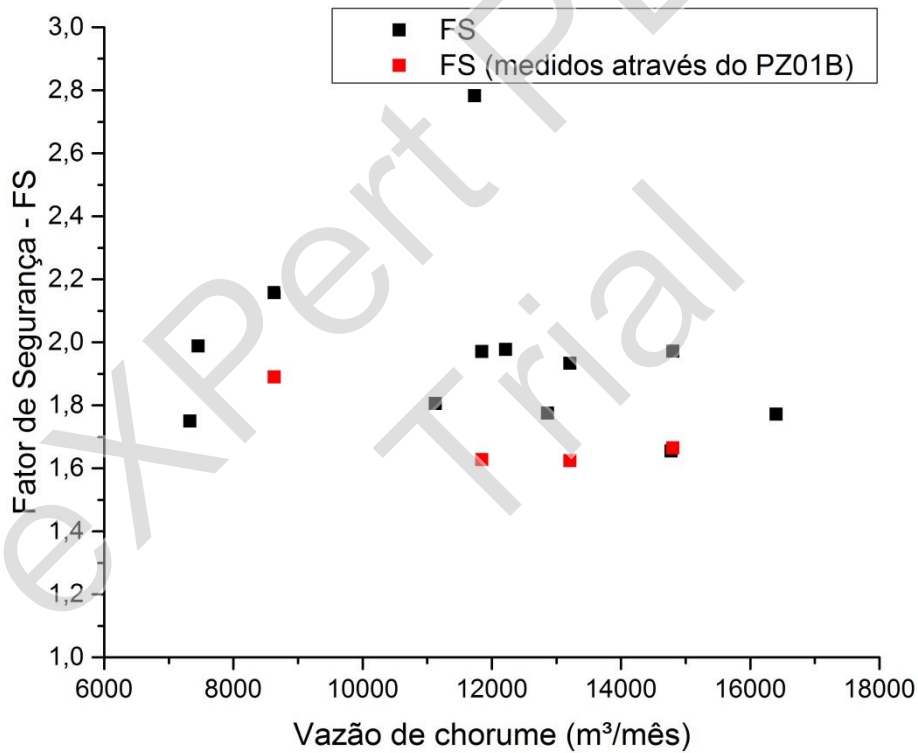


FIGURA 37 - VARIAÇÃO DO FATOR DE SEGURANÇA COM A VAZÃO DE CHORUME

#### 5.4.2. Relação entre fatores de segurança e níveis de churume registrados nos piezômetros

A TABELA A3.1, do APÊNDICE 3, apresenta os valores de nível de churume utilizados no cálculo do fator de segurança de cada seção. A FIGURA 38 ilustra a variação observada nas seções que utilizaram os valores obtidos através das leituras do PZ01A, referentes aos meses de janeiro, fevereiro, julho e agosto. Nota-se claramente que, com o aumento no nível medido nos piezômetros, há um decréscimo no fator de segurança, conforme previsto por Cepollina et al. (2004). Os gráficos das seções cujos valores adotados foram dos PZ02 e PZ03 constam no APÊNDICE 3.

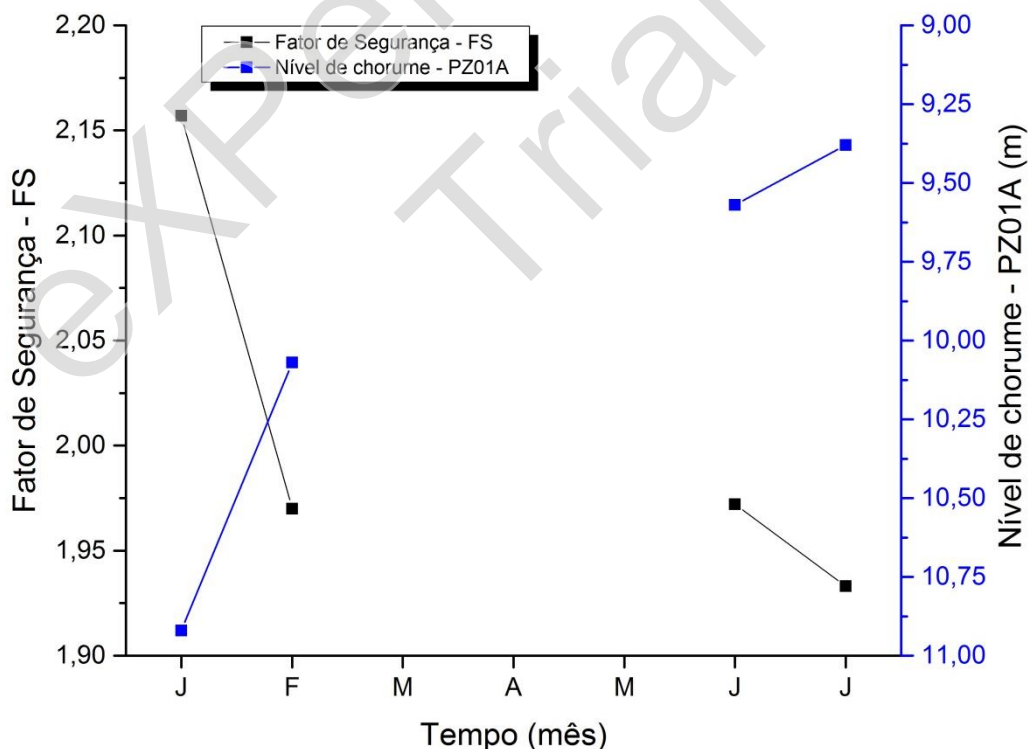


FIGURA 38 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA COM OS NÍVEIS DE CHORUME MEDIDOS NO PZ01A



### 5.4.3. Relação entre fatores de segurança e velocidades horizontais e verticais dos marcos superficiais

Para a análise da variação dos fatores de segurança com as velocidades medidas através dos marcos superficiais, os valores provenientes da análise de estabilidade foram inseridos nos gráficos de velocidades, onde os critérios de alerta indicados são referentes aos marcos superficiais (TABELA 1). As FIGURAS 39 e 40 apresentam o comportamento do fator de segurança considerando as variações verticais e horizontais do marco superficial L1 MS01 ao longo do tempo, considerando nível medido no PZ01A.

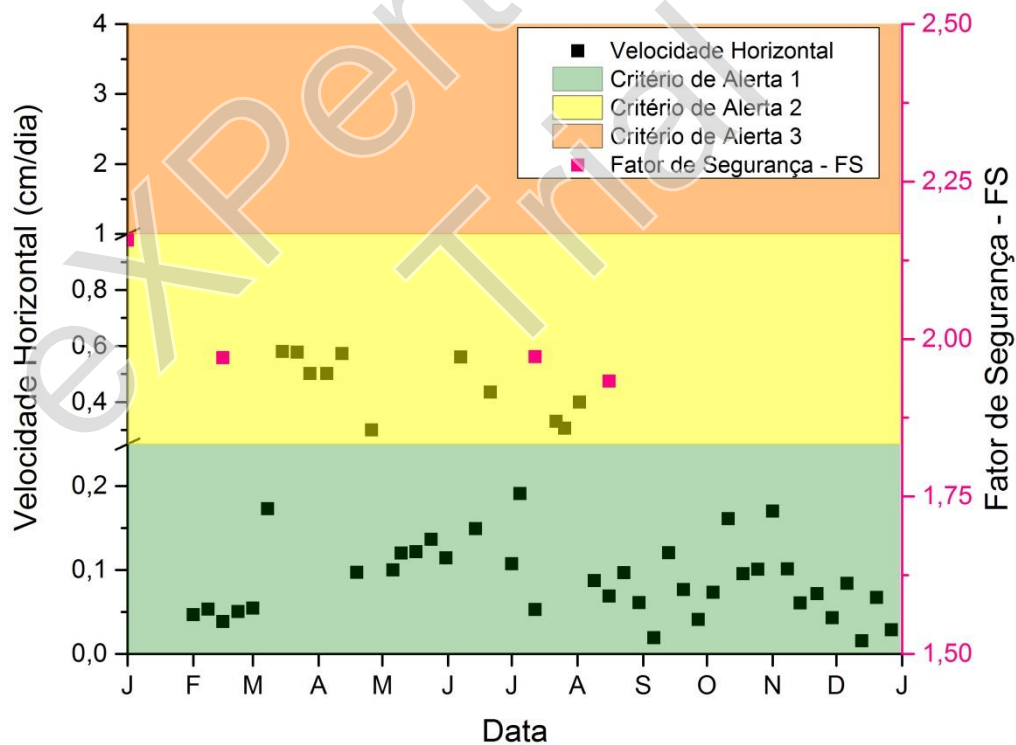
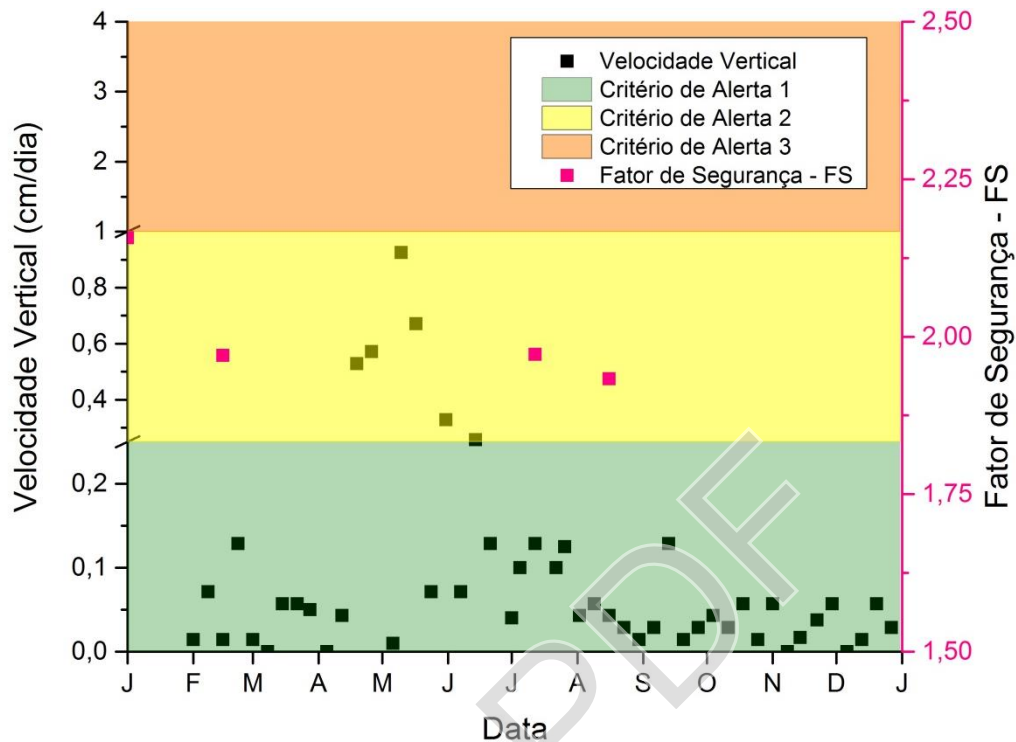


FIGURA 39 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA, MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01A), COM AS VELOCIDADES HORIZONTAIS DO L1 MS01



**FIGURA 40 - VARIÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA, MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01A), COM AS VELOCIDADES VERTICAIS DO L1 MS01**

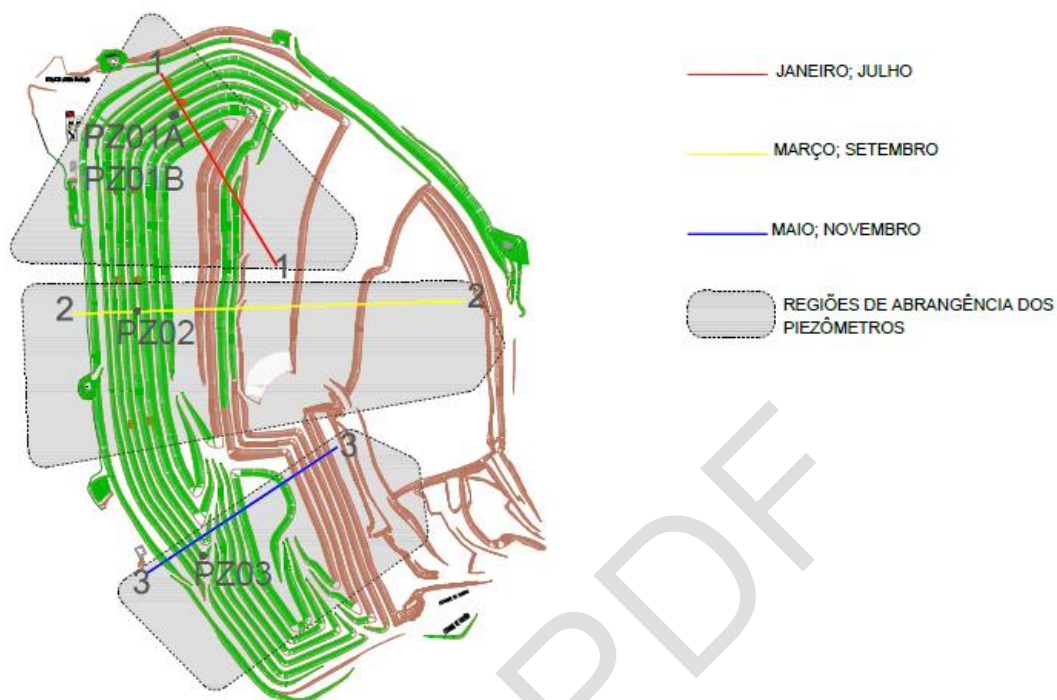
Apesar dos valores serem referentes às mesmas seções, piezômetros e marcos superficiais, não foi observado relação entre as velocidades e os fatores de segurança. Isso pode ser decorrente das considerações e aproximações utilizadas neste trabalho, como a localização da frente de estudo e a escolha dos piezômetros que forneceriam os dados de nível de chorume para cada análise de estabilidade. É importante salientar que os critérios considerados nos deslocamentos são diferentes daqueles referentes à estimativa do fator de segurança, pois o segundo, ao contrario do primeiro, considera o peso da fatia. Portanto, esta comparação foi realizada a fim de verificar se maiores deslocamentos implicam diretamente na redução do fator de segurança, a qual não foi observada pelos motivos anteriormente citados.

Os gráficos de velocidades horizontais e verticais relacionadas aos valores de fatores de segurança obtidos constam no APÊNDICE 3. As seções de

estudo referentes ao PZ03 não estão incluídas nessa análise, pois não estão próximas a marcos superficiais.

#### 5.5. CÁLCULO DO FATOR DE SEGURANÇA COM VARIAÇÕES NO NÍVEL DE CHORUME

Num contexto exploratório, o fator de segurança foi modelado para as seções 1, 2 e 3, considerando-as fixas e variando o nível de chorume medido no piezômetro localizado em cada linha (FIGURA 41). Como a atualização das coordenadas do aterro sanitário foi realizada na metade de 2013, no primeiro semestre foram consideradas as coordenadas referentes ao levantamento de janeiro e, no segundo semestre, as de julho.



**FIGURA 41 - LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES 1, 2 E 3 E PIEZÔMETROS ASSOCIADOS**

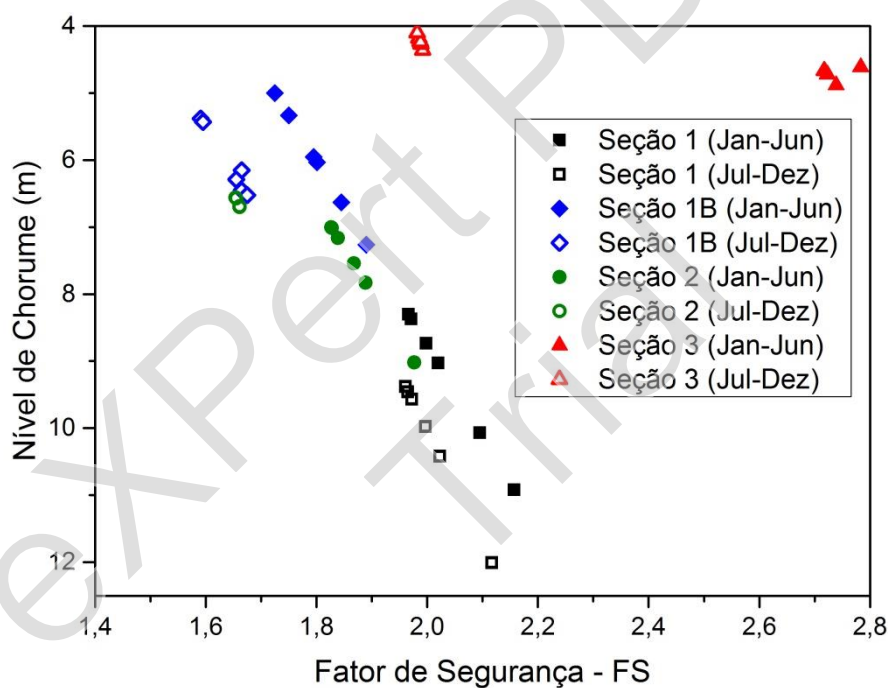
No APÊNDICE 3 estão apresentadas as tabelas que relacionam os fatores de segurança medidos, nessa nova interpretação, com os valores de precipitação, vazão e nível de percolado.

A seção 1, ao contrário das demais, apresentou correlação moderada entre a vazão de chorume e os fatores de segurança. Isto pode ser decorrente da proximidade dessa região com o tanque de armazenamento de chorume, que implica na maior sensibilidade do piezômetro com os valores de precipitação e vazão medidos.

A comparação entre os níveis de chorume e os fatores de segurança, entretanto, indicou fortes correlações entre eles (FIGURA 42). Exceto para a seção 3 (primeiro semestre), os valores calculados estiveram entre 0,97766 e 0,99998, conforme TABELA 5.

**TABELA 5 - CORRELAÇÃO ENTRE NÍVEIS DE CHORUME E FATORES DE SEGURANÇA**

CORRELAÇÃO ENTRE F.S. E NÍVEIS DE CHORUME			
SEÇÃO	PIEZÔMETRO	PERÍODO	CORRELAÇÃO
Seção 1	PZ01A	Jan - Jun	0,999987
		Jul - Dez	0,999978
Seção 1	PZ01B	Jan - Jun	0,999973
		Jul - Dez	0,977668
Seção 2	PZ02	Jan - Jun	0,999983
		Jul - Dez	0,997520
Seção 3	PZ03	Jan - Jun	-0,153713
		Jul - Dez	0,996512



**FIGURA 42 - VARIÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA DA SEÇÃO 1 (PZ01A) COM NÍVEL DE CHORUME**

A partir da FIGURA 41, é possível perceber que a variação entre os níveis, com registro de gás aberto, e os fatores de segurança tende a obedecer a um comportamento linear para cada seção. Isso permite a estimativa do fator

de segurança em função do nível de chorume como base. Esta característica é potencialmente útil como critério de alerta associado à estabilidade do talude.

A seção 3 não apresentou o mesmo comportamento provavelmente em função da sua característica mais estável, com recuo de aproximadamente 8 metros entre os taludes da quarta e quinta camadas. Nas demais seções isto não foi observado.

expert PDF  
Trial

## 6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos fatores de segurança obtidos por modelagem e os deslocamentos verticais e horizontais durante um ano, o aterro pode ser considerado estável do ponto de vista geotécnico. Os deslocamentos apresentaram-se majoritariamente dentro de intervalos não considerados críticos para deflagrar alertas e exigir medidas de controle.

A correlação entre a precipitação e vazão não é expressiva, mesmo que haja a relação causa-efeito evidenciada nas análises. Adicionalmente, não houve correlação forte entre o fator de segurança e as referidas variáveis. Houve sim uma relação diretamente proporcional entre o nível de chorume e o fator de segurança, uma vez que esta informação compõe dados fundamentais de entrada na modelagem. Neste contexto, mesmo que esta relação fosse esperada, indica que o nível de chorume nos piezômetros é um importante instrumento de gerenciamento e acompanhamento da dinâmica física do aterro sanitário.

Os valores obtidos através dos marcos superficiais e piezômetros sofreram interferência do índice pluviométrico e da localização da frente de operação. Complementarmente notou-se que os níveis de chorume medidos guardaram relação com os deslocamentos dos marcos georreferenciados. Entretanto, não foi observada relação entre as velocidades dos marcos superficiais e os fatores de segurança, provavelmente devido à escolha das seções de estudo não ter obedecido à condição de ser aquela com as maiores movimentações e devido a critérios para as análises diferirem entre si.

É importante salientar que a análise apresentada neste estudo é baseada nos dados de apenas um ano de monitoramento. Neste contexto, os resultados obtidos para este período podem diferir daqueles observados em períodos maiores, inclusive considerando a variação temporal das propriedades do aterro e o crescente acúmulo de resíduos.

Considerando os resultados obtidos, recomenda-se estudos futuros que contemplem um número maior de pontos de monitoramento tanto de piezômetros quanto de marcos superficiais. Os piezômetros devem ser preferencialmente dispostos em alinhamento de uma seção considerando, também, distintas camadas.

Com respeito à modelagem, a hipótese adotada é conservadora, porém questionável dada à fragilidade na quantidade de informações de nível de chorume e pressão de gás. Uma alternativa, considerando maior disponibilidade de dados, é realizar o tratamento para camadas individualmente ao invés de considerar o ambiente saturado. Outro destaque se dá aos potenciais bolsões de chorume e gás presentes na massa de resíduos que conferem maior heterogeneidade e comprometem a estabilidade. Apesar da inspeção dessas características ser complexa, um maior número de piezômetros dispostos no aterro pode auxiliar a caracterizar essas feições na seção de análise.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419**: APRESENTAÇÃO DE PROJETOS DE ATERROS SANITÁRIOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – PROCEDIMENTO, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: RESÍDUOS SÓLIDOS – CLASSIFICAÇÃO, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.006**: PROCEDIMENTO PARA OBTENÇÃO DE EXTRATO SOLUBILIZADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.682**: ESTABILIDADE DE TALUDES. RIO DE JANEIRO: ABNT, 1991.

BENVENUTO, C. & CUNHA, M. A. (1991). **ESCORREGAMENTO EM MASSA DE LIXO NO ATERRO SANITÁRIO BANDEIRANTES EM SÃO PAULO**. II SIMPÓSIO SOBRE BARRAGENS DE REJEITO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS – REGEO'91 – V.2, P.55-66.

BENVENUTO, CLÓVIS. MODELO REOLÓGICO DE COMPORTAMENTO DE RESÍDUOS E ATERROS SANITÁRIOS, SEGUNDO CRITÉRIOS DE PROJETO E OPERAÇÃO ATUAIS NO BRASIL. LIMPEZA PÚBLICA, SÃO PAULO, V. 74, N. 2, P.28-45, JUN. 2010. TRIMESTRAL.

BENVENUTO, CLÓVIS. MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E A ESTABILIDADE DOS ATERROS SANITÁRIOS. LIMPEZA PÚBLICA, SÃO PAULO, V. 77, N. 2, P.28-45, JUN. 2011. TRIMESTRAL.

BOSCOV, MARIA EUGENIA GIMENEZ. **GEOTECNIA AMBIENTAL**. SÃO PAULO, OFICINA DE TEXTOS, 2008, 248P

BRASIL. LEI Nº 12305, DE 02 DE AGOSTO DE 2010. **POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

CANDIANI, GIOVANO. **ESTUDO DA GERAÇÃO DE METANO EM UMA CÉLULA DE ATERRO SANITÁRIO**. SANTO ANDRÉ: UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC, 2011, 173P.

CARVALHO, MIRIAM DE FÁTIMA. **COMPORTAMENTO MECÂNICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**. SÃO CARLOS. 300P. TESE (DOUTORADO) – ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, (1999).

CRAIG, R.F.. **MECANICA DOS SOLOS**. 7. ED. RIO DE JANEIRO: LTC, 2007. 365 P. TRADUÇÃO: AMIR KURBAN

CEPOLLINA, MARIO; KAIMOTO, LUIS SÉRGIO AKIRA; MOTIDOME, MARIO J.. **MONITORAMENTO EM ATERROS SANITÁRIOS DURANTE A OPERAÇÃO: DESEMPENHO MECÂNICO E AMBIENTAL**. IN: RESID - SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2.,

2004, SÃO PAULO. SEMINÁRIO. SÃO PAULO: ABGE, 2004. P. 1 - 15. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://ETG.UFMG.BR/~GUSTAVO/GEOTECNIAAPLICADA/P6.PDF](http://ETG.UFMG.BR/~GUSTAVO/GEOTECNIAAPLICADA/P6.PDF)>. ACESSO EM: 18 OUT. 2014.

COELHO, MARCILIO GAMA. **COMPORTEAMENTO DE PIEZÔMETROS EM ATERRO SANITÁRIO**. 2005. 150 F. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) - CURSO DE ENGENHARIA, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO, 2005.

CONSILIU, MEIO AMBIENTE E PROJETOS. **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL: CENTRO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO. VOL I, FAZENDA RIO GRANDE**, 2008.

CURITIBA, REGIÃO METROPOLITANA. **MAPA**. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.COMEC.PR.GOV.BR/MODULES/CONTEUDO/CONTEUDO.PHP?CONTEUDO=63](http://www.comec.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=63). ACESSO EM 15 OUT 2012.

CURITIBA, REGIÃO METROPOLITANA. **POPULAÇÃO TOTAL**. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.COMEC.PR.GOV.BR/MODULES/CONTEUDO/CONTEUDO.PHP?CONTEUDO=58](http://www.comec.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=58). ACESSO EM 15 OUT 2012.

FABRÍCIO, JOÃO VICENTE FALABELLA. **ANÁLISES PROBABILÍSTICAS DA ESTABILIDADE DE TALUDES E CONTENÇÕES**. 2006. 170 F. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) - CURSO DE ENGENHARIA CIVIL, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL., PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO, 2006

GERSCOVICH, D.M.S, 2009, NOTAS DE AULA- **ESTABILIDADE DE TALUDES**, UERJ, RIO DE JANEIRO, RJ, BRASIL.

GOMES, R. C., 2010, NOTAS DE AULA - **MÉTODO DAS FATIAS DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE**, UFOP, OURO PRETO, MG, BRASIL.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CARACTERÍSTICAS DA POPULAÇÃO E DOS DOMICÍLIOS: RESULTADOS DO UNIVERSO**. 2000 RIO DE JANEIRO. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.IBGE.GOV.BR/HOME/ESTATISTICA/POPULACAO/CENSO2000/POPULACAO/POP\\_CENSO2000.PDF](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/populacao/pop_censo2000.pdf). ACESSO EM 15 AGO 2014.]

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CONTAGEM DA POPULAÇÃO 2007** RIO DE JANEIRO. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.IBGE.GOV.BR/HOME/ESTATISTICA/POPULACAO/CONTAGEM2007/CONTAGEM\\_FINAL/TABELA1\\_1.PDF](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem_final/tabela1_1.pdf). ACESSO EM 15 AGO 2014.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO**. 2008 RIO DE JANEIRO. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.IBGE.GOV.BR/HOME/ESTATISTICA/POPULACAO/CONDICAODEVIDA/PNSB2008/PNSB\\_2008.PDF](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/pnsb_2008.pdf). ACESSO EM 17 AGO 2014.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **MAPA E MUNICÍPIOS** 2010 RIO DE JANEIRO. DISPONÍVEL EM: [HTTP://CIDADES.IBGE.GOV.BR/DOWNLOAD/MAPA\\_E\\_MUNICIPIOS.PHP?LANG=&UF=PR](http://CIDADES.IBGE.GOV.BR/DOWNLOAD/MAPA_E_MUNICIPIOS.PHP?LANG=&UF=PR) [TTP://WWW.IBGE.GOV.BR/HOME/ESTATISTICA/POPULACAO/CONDICAOEVIDA/PNSB2008/PNSB\\_2008.PDF](http://WWW.IBGE.GOV.BR/HOME/ESTATISTICA/POPULACAO/CONDICAOEVIDA/PNSB2008/PNSB_2008.PDF). ACESSO EM 18 NOV 2014

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (BRASIL). **BDMEP - SÉRIE HISTÓRICA - DADOS MENSAIS**. 2015. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.INMET.GOV.BR/PROJETOS/REDE/PESQUISA/GERA\\_SERIE\\_TXT\\_MENSAL.PHP?&MRELESTACAO=83842&BTNPROCESSO=SERIE&MRELDTINICIO=01/01/1900&MR ELDTFIM=31/12/2013&MATRIBUTOS;=,,,,,,,,1,,,,,,>](http://WWW.INMET.GOV.BR/PROJETOS/REDE/PESQUISA/GERA_SERIE_TXT_MENSAL.PHP?&MRELESTACAO=83842&BTNPROCESSO=SERIE&MRELDTINICIO=01/01/1900&MR ELDTFIM=31/12/2013&MATRIBUTOS;=,,,,,,,,1,,,,,,>)>. ACESSO EM: 21 JUN. 2015.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. **LIXO MUNICIPAL: MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO**. SÃO PAULO, (1995).

JORGE, FRANCISCO NOGUEIRA DE; BAPTISTI, EDSON DE; GONÇALVES, ALEXANDRE. **MONITORAMENTO EM ATERROS SANITÁRIOS NAS FASES DE ENCERRAMENTO E DE RECUPERAÇÃO: DESEMPENHOS MECÂNICO E AMBIENTAL**. IN: RESID - SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2., 2004, SÃO PAULO. SEMINÁRIO. SÃO PAULO: ABGE, 2004. P. 1 - 20. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://ETG.UFMG.BR/~GUSTAVO/GEOTECNIAAPLICADA/P7.PDF](http://ETG.UFMG.BR/~GUSTAVO/GEOTECNIAAPLICADA/P7.PDF)>. ACESSO EM: 11 JUN. 2015.

KAIMOTO L., CEPOLLINA M., ABREU R. **ALGUNS ASPECTOS SOBRE RECALQUES E DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS EM ATERROS SANITÁRIOS**. [CD ROM]. EM: 4º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL - REGEO'1999. SÃO JOSÉ DOS CAMPOS/SP: ABMS, 1999.

MAHLER, CLAUDIO FERNANDO; LAMARE NETO, ADEMARO DE. III-118 - **ANÁLISE DA ESTABILIDADE DO VAZADOURO DA RUA DUARTE DA SILVEIRA (PETRÓPOLIS), CONSIDERANDO O EFEITO DAS FIBRAS**. IN: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, PORTO ALEGRE. ABES. RIO DE JANEIRO: ABES, 2000. P. 1 - 8. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.BVSDE.PAHO.ORG/BVSAIDIS/RESISOLI/III-118.PDF](http://WWW.BVSDE.PAHO.ORG/BVSAIDIS/RESISOLI/III-118.PDF)>. ACESSO EM: 18 NOV. 2014.

MARQUES, A. C. M., **COMPACTAÇÃO E COMPRESSIBILIDADE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**. TESE (DOUTORADO), ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, (2001).

SOUSA, RICARDO CORTEZ DE. **DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS E VERTICAIS NO ATERRO SANITÁRIO DA CAXIMBA**. 2008. 68 F. MONOGRAFIA (ESPECIALIZAÇÃO) - CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM EMERGÊNCIAS AMBIENTAIS, PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ, CURITIBA, 2008.

SUZUKI, DENIS KENHITI. **VERTICALIZAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS POR MEIO DE REFORÇO COM GEORRETELHAS E DIQUES PERIFÉRICOS ALTEADOS PELO MÉTODO DE MONTANTE**. 2012. 165 F. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) - CURSO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ESTRUTURA GEOTÉCNICA, ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO, 2012. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.TESES.USP.BR/TESES/DISPONIVEIS/3/3145/TDE-16072013-122419/PT-BR.PHP](http://WWW.TESES.USP.BR/TESES/DISPONIVEIS/3/3145/TDE-16072013-122419/PT-BR.PHP)>. ACESSO EM: 11 JUN. 2015.

## APÊNDICE

APÊNDICE 1 – TABELAS E GRÁFICOS DE DESLOCAMENTOS E VELOCIDADES DOS MARCOS SUPERFICIAIS L1 MS01, L1 MS02, L2 MS01, L2 MS02, L3 MS01, L3 MS02, L4 MS01 E L2 MS02 .....	76
SEÇÃO A1.1 – TABELAS DE MONITORAMENTO DOS MARCOS SUPERFICIAIS L1 MS01, L1 MS02, L2 MS01, L2 MS02, L3 MS01, L3 MS02, L4 MS01 E L2 MS02.....	77
SEÇÃO A1.2 – GRÁFICOS DOS DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS TOTAL PARCIAL.....	93
SEÇÃO A1.3 – GRÁFICOS DOS DESLOCAMENTOS VERTICAIS TOTAL E PARCIAL.....	97
SEÇÃO A1.4 – GRÁFICOS DAS VELOCIDADES HORIZONTAIS DOS MARCOS SUPERFICIAIS.....	101
SEÇÃO A1.5 – GRÁFICOS DAS VELOCIDADES VERTICAIS DOS MARCOS SUPERFICIAIS.....	105
APÊNDICE 2 – TABELAS E GRÁFICOS DE CHORUME E GÁS DOS PIEZÔMETROS PZ01, PZ02 E PZ03.....	109
SEÇÃO A2.1 – TABELA DE PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE CHORUME.....	110
SEÇÃO A2.2 – TABELAS DE MONITORAMENTO DOS PIEZÔMETROS PZ01 (A E B), PZ02 E PZ03.....	111
SEÇÃO A2.3 – GRÁFICOS DE VARIAÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME (REGISTRO ABERTO) COM A PRECIPITAÇÃO E A VAZÃO DE PERCOLADO.....	113
SEÇÃO A2.4 – GRÁFICOS DE VARIAÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME (REGISTRO FECHADO) COM A PRECIPITAÇÃO E A VAZÃO DE PERCOLADO.....	114
APÊNDICE 3 – TABELAS, GRÁFICOS E CÍRCULOS CRÍTICOS REFERENTES AOS FATORES DE SEGURANÇA, RELACIONADOS À	

PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE CHORUME, VELOCIDADES HORIZONTAIS E VERTICAIS DOS MARCOS SUPERFICIAIS.....	117
SEÇÃO A3.1 – RELAÇÃO ENTRE FATORES DE SEGURANÇA PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE CHORUME MEDIDOS NOS PIEZÔMETROS REFERENTES ÀS SEÇÕES DE ESTUDO.....	118
SEÇÃO A3.2 – RELAÇÃO ENTRE FATORES DE SEGURANÇA E NÍVEIS DE CHORUME MEDIDOS NOS PIEZÔMETROS.....	119
SEÇÃO A3.3 – RELAÇÃO ENTRE FATORES DE SEGURANÇA E VELOCIDADES HORIZONTAIS MEDIDOS NOS MARCOS SUPERFICIAIS.....	121
SEÇÃO A3.4 – RELAÇÃO ENTRE FATORES DE SEGURANÇA E VELOCIDADES VERTICAIS MEDIDOS NOS MARCOS SUPERFICIAIS..	128
SEÇÃO A3.5. – VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA NAS SEÇÕES 1, 2 E 3 CALCULADOS A PARTIR DOS NÍVEIS REGISTRADOS NOS PIEZÔMETROS PZ01 (A E B), PZ02 E PZ03 DURANTE O ANO DE 2013.....	134

## APÊNDICE 1

**TABELAS E GRÁFICOS DE DESLOCAMENTOS E VELOCIDADES DOS  
MARCOS SUPERFICIAIS L1 MS01, L1 MS02, L2 MS01, L2 MS02, L3  
MS01, L3 MS02, L4 MS01 E L4 MS02**

expert PDF  
Trial

SEÇÃO A1.1 – TABELAS DE MONITORAMENTO DOS MARCOS SUPERFICIAIS L1 MS01, L1 MS02, L2 MS01, L2 MS02, L3 MS01, L3 MS02, L4 MS01 E L2 MS02

TABELA A1.1 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L1 MS01 DE JANEIRO A JUNHO DE 2013

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L1 MS01 - JANEIRO A JUNHO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz. (cm/dia)	Vert. (cm/dia)	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)						
25/01/2013	7.162.140,8135	665.832,6479	885,160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/02/2013	7.162.140,8145	665.832,6448	885,159	0,33	0,33	-0,10	-0,10	0,0465	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
08/02/2013	7.162.140,8135	665.832,6484	885,154	0,37	0,05	-0,50	-0,60	0,05	0,07	BOM	BOM	BOM	BOM
15/02/2013	7.162.140,8135	665.832,6457	885,155	0,27	0,22	0,10	-0,50	0,04	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
22/02/2013	7.162.140,8115	665.832,6428	885,146	0,35	0,55	-0,90	-1,40	0,05	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
01/03/2013	7.162.140,8115	665.832,6466	885,145	0,38	0,24	-0,10	-1,50	0,05	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
08/03/2013	7.162.140,8015	665.832,6534	885,145	1,21	1,32	0,00	-1,50	0,17	0,00	BOM	BOM	BOM	BOM
15/03/2013	7.162.140,8415	665.832,6464	885,141	4,06	2,80	-0,40	-1,90	0,58	0,06	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
22/03/2013	7.162.140,8015	665.832,6524	885,137	4,04	1,28	-0,40	-2,30	0,58	0,06	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
28/03/2013	7.162.140,8315	665.832,6505	885,134	3,01	1,82	-0,30	-2,60	0,50	0,05	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
05/04/2013	7.162.140,7915	665.832,6533	885,134	4,01	2,27	0,00	-2,60	0,50	0,00	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
12/04/2013	7.162.140,8315	665.832,6503	885,131	4,01	1,82	-0,30	-2,90	0,57	0,04	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
19/04/2013	7.162.140,8315	665.832,6571	885,168	0,68	2,02	3,70	0,80	0,10	0,53	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
26/04/2013	7.162.140,8115	665.832,6508	885,128	2,10	0,35	-4,00	-3,20	0,30	0,57	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
06/05/2013	7.162.140,8015	665.832,6509	885,127	1,00	1,24	-0,10	-3,30	0,10	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
10/05/2013	7.162.140,8015	665.832,6557	885,090	0,48	1,43	-3,70	-7,00	0,12	0,92	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
17/05/2013	7.162.140,7944	665.832,6510	885,137	0,85	1,93	4,70	-2,30	0,12	0,67	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
24/05/2013	7.162.140,8020	665.832,6568	885,132	0,96	1,45	-0,50	-2,80	0,14	0,07	BOM	BOM	BOM	BOM
31/05/2013	7.162.140,7940	665.832,6567	885,109	0,80	2,14	-2,30	-5,10	0,11	0,33	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
07/06/2013	7.162.140,8312	665.832,6441	885,104	3,93	1,81	-0,50	-5,60	0,56	0,07	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
14/06/2013	7.162.140,8379	665.832,6521	885,122	1,04	2,48	1,80	-3,80	0,15	0,26	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
21/06/2013	7.162.140,8083	665.832,6449	885,131	3,05	0,60	0,90	-2,90	0,44	0,13	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM

**TABELA A1.2 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L1 MS01 DE JULHO A DEZEMBRO DE 2013**

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L1 MS01 - JULHO A DEZEMBRO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
01/07/2013	7.162.140,8110	665.832,6553	885,127	1,07	0,78	-0,40	-3,30	0,11	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
05/07/2013	7.162.140,8118	665.832,6477	885,123	0,76	0,17	-0,40	-3,70	0,19	0,10	BOM	BOM	BOM	BOM
12/07/2013	7.162.140,8082	665.832,6469	885,114	0,37	0,54	-0,90	-4,60	0,05	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
22/07/2013	7.162.140,8395	665.832,6577	885,104	3,31	2,78	-1,00	-5,60	0,33	0,10	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
26/07/2013	7.162.140,8345	665.832,6465	885,099	1,23	2,10	-0,50	-6,10	0,31	0,12	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
02/08/2013	7.162.140,8095	665.832,6590	885,096	2,80	1,18	-0,30	-6,40	0,40	0,04	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
09/08/2013	7.162.140,8155	665.832,6578	885,100	0,61	1,01	0,40	-6,00	0,09	0,06	BOM	BOM	BOM	BOM
16/08/2013	7.162.140,8115	665.832,6605	885,097	0,48	1,28	-0,30	-6,30	0,07	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
23/08/2013	7.162.140,8125	665.832,6538	885,099	0,68	0,60	0,20	-6,10	0,10	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM
30/08/2013	7.162.140,8085	665.832,6553	885,100	0,43	0,89	0,10	-6,00	0,06	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
06/09/2013	7.162.140,8095	665.832,6562	885,102	0,13	0,92	0,20	-5,80	0,02	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM
13/09/2013	7.162.140,8175	665.832,6589	885,093	0,84	1,17	-0,90	-6,70	0,12	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
20/09/2013	7.162.140,8125	665.832,6570	885,092	0,53	0,92	-0,10	-6,80	0,08	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
27/09/2013	7.162.140,8135	665.832,6597	885,090	0,29	1,18	-0,20	-7,00	0,04	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM
04/10/2013	7.162.140,8185	665.832,6586	885,087	0,51	1,18	-0,30	-7,30	0,07	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
11/10/2013	7.162.140,8085	665.832,6638	885,089	1,13	1,67	0,20	-7,10	0,16	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM
18/10/2013	7.162.140,8095	665.832,6572	885,085	0,67	1,01	-0,40	-7,50	0,10	0,06	BOM	BOM	BOM	BOM
25/10/2013	7.162.140,8155	665.832,6609	885,086	0,70	1,32	0,10	-7,40	0,10	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
01/11/2013	7.162.140,8065	665.832,6687	885,082	1,19	2,19	-0,40	-7,80	0,17	0,06	BOM	BOM	BOM	BOM
08/11/2013	7.162.140,8115	665.832,6637	885,082	0,71	1,59	0,00	-7,80	0,10	0,00	BOM	BOM	BOM	BOM
14/11/2013	7.162.140,8105	665.832,6602	885,081	0,36	1,27	-0,10	-7,90	0,06	0,02	BOM	BOM	BOM	BOM
22/11/2013	7.162.140,8075	665.832,6651	885,078	0,57	1,82	-0,30	-8,20	0,07	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
29/11/2013	7.162.140,8045	665.832,6652	885,074	0,30	1,95	-0,40	-8,60	0,04	0,06	BOM	BOM	BOM	BOM
06/12/2013	7.162.140,8095	665.832,6621	885,074	0,59	1,48	0,00	-8,60	0,08	0,00	BOM	BOM	BOM	BOM
13/12/2013	7.162.140,8095	665.832,6610	885,073	0,11	1,37	-0,10	-8,70	0,02	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
20/12/2013	7.162.140,8135	665.832,6635	885,069	0,47	1,56	-0,40	-9,10	0,07	0,06	BOM	BOM	BOM	BOM
27/12/2013	7.162.140,8115	665.832,6635	885,071	0,20	1,57	0,20	-8,90	0,03	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM



**TABELA A1.3 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L1 MS02 DE JANEIRO A JUNHO DE 2013**

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L1 MS02 - JANEIRO A JUNHO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
25/01/2013	7.162.116,3954	665.848,7055	894,216	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/02/2013	7.162.116,4022	665.848,7004	894,207	0,85	0,85	-0,90	-0,90	0,12	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
08/02/2013	7.162.116,4029	665.848,6994	894,193	0,12	0,97	-1,40	-2,30	0,02	0,20	BOM	BOM	BOM	BOM
15/02/2013	7.162.116,4069	665.848,6955	894,185	0,56	1,52	-0,80	-3,10	0,08	0,11	BOM	BOM	BOM	BOM
22/02/2013	7.162.116,4144	665.848,6794	894,166	1,78	3,23	-1,90	-5,00	0,25	0,27	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
01/03/2013	7.162.116,4156	665.848,6833	894,162	0,41	3,00	-0,40	-5,40	0,06	0,06	BOM	BOM	BOM	BOM
08/03/2013	7.162.116,4252	665.848,6805	894,152	1,00	3,89	-1,00	-6,40	0,14	0,14	BOM	BOM	BOM	BOM
15/03/2013	7.162.116,4537	665.848,6712	894,139	3,00	6,76	-1,30	-7,70	0,43	0,19	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
22/03/2013	7.162.116,4263	665.848,6839	894,133	3,02	3,77	-0,60	-8,30	0,43	0,09	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
28/03/2013	7.162.116,4649	665.848,6732	894,115	4,01	7,66	-1,80	-10,10	0,67	0,30	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
05/04/2013	7.162.116,4355	665.848,6799	894,116	3,02	4,76	0,10	-10,00	0,38	0,01	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
12/04/2013	7.162.116,4706	665.848,6583	894,097	4,12	8,88	-1,90	-11,90	0,59	0,27	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
19/04/2013	7.162.116,4794	665.848,6528	894,126	1,04	9,92	2,90	-9,00	0,15	0,41	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
26/04/2013	7.162.116,4478	665.848,6525	894,081	3,16	7,45	-4,50	-13,50	0,45	0,64	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
06/05/2013	7.162.116,4592	665.848,6553	894,074	1,17	8,12	-0,70	-14,20	0,12	0,07	BOM	BOM	BOM	BOM
10/05/2013	7.162.116,4601	665.848,6582	894,058	0,30	8,01	-1,60	-15,80	0,08	0,40	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
17/05/2013	7.162.116,4660	665.848,6542	894,082	0,71	8,73	2,40	-13,40	0,10	0,34	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
24/05/2013	7.162.116,4894	665.848,6307	894,061	3,32	12,01	-2,10	-15,50	0,47	0,30	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
31/05/2013	7.162.116,5105	665.848,6248	894,001	2,19	14,06	-6,00	-21,50	0,31	0,86	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
07/06/2013	7.162.116,5124	665.848,5801	894,020	4,47	17,15	1,90	-19,60	0,64	0,27	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
14/06/2013	7.162.116,6101	665.848,5782	894,009	9,77	24,96	-1,10	-20,70	1,40	0,16	ALERTA	BOM	ATENÇÃO	BOM
21/06/2013	7.162.116,5886	665.848,5837	894,007	2,22	22,84	-0,20	-20,90	0,32	0,03	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM

TABELA A1.4 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L1 MS02 DE JULHO A DEZEMBRO DE 2013

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L1 MS02 - JULHO A DEZEMBRO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
01/07/2013	7.162.116,6085	665.848,5744	893,981	2,20	25,02	-2,60	-23,50	0,22	0,26	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
05/07/2013	7.162.116,6139	665.848,5645	893,974	1,13	26,00	-0,70	-24,20	0,28	0,17	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
12/07/2013	7.162.116,6238	665.848,5592	893,962	1,12	27,12	-1,20	-25,40	0,16	0,17	BOM	BOM	BOM	BOM
22/07/2013	7.162.116,6753	665.848,5497	893,915	5,24	32,03	-4,70	-30,10	0,52	0,47	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
26/07/2013	7.162.116,6736	665.848,5346	893,903	1,52	32,65	-1,20	-31,30	0,38	0,30	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
02/08/2013	7.162.116,6696	665.848,5515	893,875	1,74	31,45	-2,80	-34,10	0,25	0,40	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
09/08/2013	7.162.116,6727	665.848,5481	893,890	0,46	31,89	1,50	-32,60	0,07	0,21	BOM	BOM	BOM	BOM
16/08/2013	7.162.116,6876	665.848,5389	893,867	1,75	33,64	-2,30	-34,90	0,25	0,33	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
23/08/2013	7.162.116,7231	665.848,5252	893,865	3,81	37,40	-0,20	-35,10	0,54	0,03	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
30/08/2013	7.162.116,7418	665.848,5145	893,846	2,15	39,56	-1,90	-37,00	0,31	0,27	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
06/09/2013	7.162.116,7590	665.848,5059	893,842	1,92	41,48	-0,40	-37,40	0,27	0,06	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
13/09/2013	7.162.116,7650	665.848,5018	893,814	0,73	42,20	-2,80	-40,20	0,10	0,40	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
20/09/2013	7.162.116,7805	665.848,4977	893,801	1,60	43,76	-1,30	-41,50	0,23	0,19	BOM	BOM	BOM	BOM
27/09/2013	7.162.116,7923	665.848,5019	893,785	1,25	44,61	-1,60	-43,10	0,18	0,23	BOM	BOM	BOM	BOM
04/10/2013	7.162.116,8047	665.848,4945	893,770	1,44	46,05	-1,50	-44,60	0,21	0,21	BOM	BOM	BOM	BOM
11/10/2013	7.162.116,8049	665.848,4854	893,761	0,91	46,49	-0,90	-45,50	0,13	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
18/10/2013	7.162.116,8122	665.848,4786	893,740	1,00	47,46	-2,10	-47,60	0,14	0,30	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
25/10/2013	7.162.116,8336	665.848,4800	893,728	2,14	49,28	-1,20	-48,80	0,31	0,17	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
01/11/2013	7.162.116,8330	665.848,4781	893,712	0,20	49,32	-1,60	-50,40	0,03	0,23	BOM	BOM	BOM	BOM
08/11/2013	7.162.116,8450	665.848,4796	893,705	1,21	50,32	-0,70	-51,10	0,17	0,10	BOM	BOM	BOM	BOM
14/11/2013	7.162.116,8467	665.848,4650	893,688	1,47	51,14	-1,70	-52,80	0,24	0,28	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
22/11/2013	7.162.116,8512	665.848,4660	893,671	0,46	51,49	-1,70	-54,50	0,06	0,21	BOM	BOM	BOM	BOM
29/11/2013	7.162.116,8609	665.848,4666	893,656	0,97	52,32	-1,50	-56,00	0,14	0,21	BOM	BOM	BOM	BOM
06/12/2013	7.162.116,8721	665.848,4591	893,642	1,35	53,66	-1,40	-57,40	0,19	0,20	BOM	BOM	BOM	BOM
13/12/2013	7.162.116,8836	665.848,4491	893,633	1,52	55,14	-0,90	-58,30	0,22	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
20/12/2013	7.162.116,8909	665.848,4491	893,613	0,73	55,79	-2,00	-60,30	0,10	0,29	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
27/12/2013	7.162.116,8936	665.848,4441	893,601	0,57	56,26	-1,20	-61,50	0,08	0,17	BOM	BOM	BOM	BOM

TABELA A1. 5 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L2 MS01 DE JANEIRO A JUNHO DE 2013

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L2 MS01 - JANEIRO A JUNHO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
25/01/2013	7.162.007,3132	665.766,7752	889,765	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/02/2013	7.162.007,3241	665.766,7714	889,761	1,15	1,15	-0,40	-0,40	0,16	0,06	BOM	BOM	BOM	BOM
08/02/2013	7.162.007,3225	665.766,7684	889,749	0,34	1,15	-1,20	-1,60	0,05	0,17	BOM	BOM	BOM	BOM
15/02/2013	7.162.007,3204	665.766,7693	889,747	0,23	0,93	-0,20	-1,80	0,03	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM
22/02/2013	7.162.007,3285	665.766,7686	889,744	0,81	1,67	-0,30	-2,10	0,12	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
01/03/2013	7.162.007,3207	665.766,7684	889,736	0,78	1,01	-0,80	-2,90	0,11	0,11	BOM	BOM	BOM	BOM
08/03/2013	7.162.007,3264	665.766,7685	889,733	0,57	1,48	-0,30	-3,20	0,08	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
15/03/2013	7.162.007,3180	665.766,7283	889,719	4,11	4,71	-1,40	-4,60	0,59	0,20	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
22/03/2013	7.162.007,3258	665.766,7585	889,717	3,12	2,09	-0,20	-4,80	0,45	0,03	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
28/03/2013	7.162.007,3251	665.766,7185	889,706	4,00	5,79	-1,10	-5,90	0,67	0,18	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
05/04/2013	7.162.007,3266	665.766,7485	889,708	3,00	2,99	0,20	-5,70	0,38	0,02	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
12/04/2013	7.162.007,3298	665.766,7086	889,702	4,00	6,86	-0,60	-6,30	0,57	0,09	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
19/04/2013	7.162.007,3238	665.766,7084	889,700	0,60	6,76	-0,20	-6,50	0,09	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM
26/04/2013	7.162.007,3308	665.766,7386	889,693	3,10	4,06	-0,70	-7,20	0,44	0,10	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
06/05/2013	7.162.007,3256	665.766,7385	889,689	0,52	3,87	-0,40	-7,60	0,05	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
10/05/2013	7.162.007,3186	665.766,7383	889,650	0,70	3,73	-3,90	-11,50	0,18	0,97	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
17/05/2013	7.162.007,3212	665.766,7360	889,665	0,35	4,00	1,50	-10,00	0,05	0,21	BOM	BOM	BOM	BOM
24/05/2013	7.162.007,3216	665.766,7212	889,690	1,48	5,46	2,50	-7,50	0,21	0,36	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
31/05/2013	7.162.007,3196	665.766,7308	889,655	0,98	4,49	-3,50	-11,00	0,14	0,50	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
07/06/2013	7.162.007,3215	665.766,6789	889,669	5,19	9,67	1,40	-9,60	0,74	0,20	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
14/06/2013	7.162.007,3127	665.766,6681	889,663	1,39	10,71	-0,60	-10,20	0,20	0,09	BOM	BOM	BOM	BOM
21/06/2013	7.162.007,3187	665.766,6856	889,661	1,85	8,98	-0,20	-10,40	0,26	0,03	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM

TABELA A1.6 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L2 MS01 DE JULHO A DEZEMBRO DE 2013

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L2 MS01 - JULHO A DEZEMBRO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
01/07/2013	7.162.007,3310	665.766,6694	889,652	2,03	10,73	-0,90	-11,30	0,20	0,09	BOM	BOM	BOM	BOM
05/07/2013	7.162.007,3214	665.766,6620	889,648	1,21	11,35	-0,40	-11,70	0,30	0,10	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
12/07/2013	7.162.007,3254	665.766,6525	889,640	1,03	12,33	-0,80	-12,50	0,15	0,11	BOM	BOM	BOM	BOM
22/07/2013	7.162.007,3224	665.766,6103	889,611	4,23	16,52	-2,90	-15,40	0,42	0,29	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
26/07/2013	7.162.007,3262	665.766,6154	889,606	0,64	16,03	-0,50	-15,90	0,16	0,12	BOM	BOM	BOM	BOM
02/08/2013	7.162.007,3261	665.766,6395	889,575	2,41	13,63	-3,10	-19,00	0,34	0,44	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
09/08/2013	7.162.007,3188	665.766,6183	889,601	2,24	15,70	2,60	-16,40	0,32	0,37	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
16/08/2013	7.162.007,3330	665.766,6246	889,592	1,55	15,19	-0,90	-17,30	0,22	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
23/08/2013	7.162.007,3335	665.766,5986	889,587	2,60	17,78	-0,50	-17,80	0,37	0,07	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
30/08/2013	7.162.007,3338	665.766,5796	889,574	1,90	19,67	-1,30	-19,10	0,27	0,19	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
06/09/2013	7.162.007,3278	665.766,5595	889,576	2,10	21,62	0,20	-18,90	0,30	0,03	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
13/09/2013	7.162.007,3314	665.766,5546	889,561	0,61	22,13	-1,50	-20,40	0,09	0,21	BOM	BOM	BOM	BOM
20/09/2013	7.162.007,3332	665.766,5416	889,549	1,31	23,45	-1,20	-21,60	0,19	0,17	BOM	BOM	BOM	BOM
27/09/2013	7.162.007,3364	665.766,5317	889,541	1,04	24,46	-0,80	-22,40	0,15	0,11	BOM	BOM	BOM	BOM
04/10/2013	7.162.007,3395	665.766,5108	889,532	2,11	26,57	-0,90	-23,30	0,30	0,13	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
11/10/2013	7.162.007,3371	665.766,5047	889,531	0,66	27,16	-0,10	-23,40	0,09	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
18/10/2013	7.162.007,3379	665.766,5057	889,524	0,13	27,06	-0,70	-24,10	0,02	0,10	BOM	BOM	BOM	BOM
25/10/2013	7.162.007,3321	665.766,4946	889,517	1,25	28,12	-0,70	-24,80	0,18	0,10	BOM	BOM	BOM	BOM
01/11/2013	7.162.007,3366	665.766,4977	889,507	0,55	27,85	-1,00	-25,80	0,08	0,14	BOM	BOM	BOM	BOM
08/11/2013	7.162.007,3403	665.766,4868	889,502	1,15	28,97	-0,50	-26,30	0,16	0,07	BOM	BOM	BOM	BOM
14/11/2013	7.162.007,3352	665.766,4856	889,496	0,52	29,04	-0,60	-26,90	0,09	0,10	BOM	BOM	BOM	BOM
22/11/2013	7.162.007,3358	665.766,4766	889,489	0,90	29,95	-0,70	-27,60	0,11	0,09	BOM	BOM	BOM	BOM
29/11/2013	7.162.007,3337	665.766,4756	889,479	0,23	30,03	-1,00	-28,60	0,03	0,14	BOM	BOM	BOM	BOM
06/12/2013	7.162.007,3382	665.766,4667	889,470	1,00	30,95	-0,90	-29,50	0,14	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
13/12/2013	7.162.007,3382	665.766,4617	889,467	0,50	31,45	-0,30	-29,80	0,07	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
20/12/2013	7.162.007,3378	665.766,4567	889,455	0,50	31,94	-1,20	-31,00	0,07	0,17	BOM	BOM	BOM	BOM
27/12/2013	7.162.007,3319	665.766,4605	889,453	0,70	31,53	-0,20	-31,20	0,10	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM

TABELA A1.7 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L2 MS02 DE JANEIRO A JUNHO DE 2013

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L2 MS02 - JANEIRO A JUNHO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
25/01/2013	7.162.006,0744	665.790,1555	898,144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/02/2013	7.162.006,0841	665.790,1499	898,122	1,12	1,12	-2,20	-2,20	0,16	0,31	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
08/02/2013	7.162.006,0881	665.790,1490	898,095	0,41	1,52	-2,70	-4,90	0,06	0,39	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
15/02/2013	7.162.006,0767	665.790,1326	898,080	2,00	2,30	-1,50	-6,40	0,29	0,21	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
22/02/2013	7.162.006,0876	665.790,1310	898,062	1,10	2,78	-1,80	-8,20	0,16	0,26	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
01/03/2013	7.162.006,0757	665.790,1205	898,040	1,59	3,50	-2,20	-10,40	0,23	0,31	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
08/03/2013	7.162.006,0786	665.790,1206	898,023	0,29	3,52	-1,70	-12,10	0,04	0,24	BOM	BOM	BOM	BOM
15/03/2013	7.162.006,0797	665.790,0907	898,003	2,99	6,50	-2,00	-14,10	0,43	0,29	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
22/03/2013	7.162.006,0929	665.790,1112	897,985	2,44	4,80	-1,80	-15,90	0,35	0,26	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
28/03/2013	7.162.006,0858	665.790,0709	897,964	4,09	8,54	-2,10	-18,00	0,68	0,35	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
05/04/2013	7.162.006,0879	665.790,1010	897,953	3,02	5,61	-1,10	-19,10	0,38	0,14	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
12/04/2013	7.162.006,0850	665.790,0708	897,926	3,03	8,54	-2,70	-21,80	0,43	0,39	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
19/04/2013	7.162.006,0828	665.790,0608	897,915	1,02	9,51	-1,10	-22,90	0,15	0,16	BOM	BOM	BOM	BOM
26/04/2013	7.162.006,1057	665.790,0816	897,896	3,09	8,03	-1,90	-24,80	0,44	0,27	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
06/05/2013	7.162.006,0927	665.790,0711	897,878	1,67	8,64	-1,80	-26,60	0,17	0,18	BOM	BOM	BOM	BOM
10/05/2013	7.162.006,0814	665.790,0907	897,853	2,26	6,52	-2,50	-29,10	0,57	0,63	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
17/05/2013	7.162.006,0912	665.790,0795	897,820	1,49	7,78	-3,30	-32,40	0,21	0,47	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
24/05/2013	7.162.006,0787	665.790,0563	897,854	2,64	9,93	3,40	-29,00	0,38	0,49	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
31/05/2013	7.162.006,0711	665.790,0610	897,785	0,89	9,46	-6,90	-35,90	0,13	0,99	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
07/06/2013	7.162.006,0809	665.789,9874	897,800	7,42	16,82	1,50	-34,40	1,06	0,21	ALERTA	BOM	ATENÇÃO	BOM
14/06/2013	7.162.006,0627	665.789,9645	897,775	2,93	19,14	-2,50	-36,90	0,42	0,36	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
21/06/2013	7.162.006,0788	665.789,8983	897,745	6,81	25,72	-3,00	-39,90	0,97	0,43	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM

**TABELA A1.8 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L2 MS02 DE JULHO A DEZEMBRO DE 2013**

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L2 MS02 - JULHO A DEZEMBRO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
01/07/2013	7.162.006,0961	665.789,8273	897,706	7,31	32,89	-3,90	-43,80	0,73	0,39	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
05/07/2013	7.162.006,0973	665.789,8194	897,685	0,80	33,69	-2,10	-45,90	0,20	0,53	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
12/07/2013	7.162.006,0968	665.789,7864	897,667	3,30	36,98	-1,80	-47,70	0,47	0,26	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
22/07/2013	7.162.006,0993	665.789,7341	897,604	5,24	42,21	-6,30	-54,00	0,52	0,63	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
26/07/2013	7.162.006,1099	665.789,7235	897,593	1,50	43,35	-1,10	-55,10	0,37	0,28	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
02/08/2013	7.162.006,1052	665.789,7354	897,542	1,28	42,12	-5,10	-60,20	0,18	0,73	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
09/08/2013	7.162.006,1076	665.789,7084	897,554	2,71	44,83	1,20	-59,00	0,39	0,17	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
16/08/2013	7.162.006,1218	665.789,6989	897,525	1,71	45,91	-2,90	-61,90	0,24	0,41	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
23/08/2013	7.162.006,1159	665.789,6287	897,494	7,04	52,84	-3,10	-65,00	1,01	0,44	ALERTA	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM
30/08/2013	7.162.006,1286	665.789,5421	897,461	8,75	61,58	-3,30	-68,30	1,25	0,47	ALERTA	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM
06/09/2013	7.162.006,1385	665.789,4954	897,444	4,77	66,32	-1,70	-70,00	0,68	0,24	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
13/09/2013	7.162.006,1469	665.789,4657	897,404	3,09	69,36	-4,00	-74,00	0,44	0,57	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
20/09/2013	7.162.006,1462	665.789,4376	897,382	2,81	72,15	-2,20	-76,20	0,40	0,31	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
27/09/2013	7.162.006,1433	665.789,4315	897,357	0,68	72,73	-2,50	-78,70	0,10	0,36	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
04/10/2013	7.162.006,1486	665.789,4037	897,333	2,83	75,55	-2,40	-81,10	0,40	0,34	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
11/10/2013	7.162.006,1545	665.789,3959	897,314	0,98	76,38	-1,90	-83,00	0,14	0,27	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
18/10/2013	7.162.006,1512	665.789,3938	897,290	0,39	76,56	-2,40	-85,40	0,06	0,34	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
25/10/2013	7.162.006,1652	665.789,3643	897,276	3,27	79,64	-1,40	-86,80	0,47	0,20	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
01/11/2013	7.162.006,1699	665.789,3514	897,253	1,37	80,98	-2,30	-89,10	0,20	0,33	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
08/11/2013	7.162.006,1743	665.789,3396	897,233	1,26	82,20	-2,00	-91,10	0,18	0,29	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
14/11/2013	7.162.006,1686	665.789,3324	897,212	0,92	82,85	-2,10	-93,20	0,15	0,35	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
22/11/2013	7.162.006,1666	665.789,3243	897,195	0,83	83,63	-1,70	-94,90	0,10	0,21	BOM	BOM	BOM	BOM
29/11/2013	7.162.006,1708	665.789,3034	897,167	2,13	85,75	-2,80	-97,70	0,30	0,40	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
06/12/2013	7.162.006,1678	665.789,2923	897,140	1,15	86,82	-2,70	-100,40	0,16	0,39	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
13/12/2013	7.162.006,1813	665.789,2848	897,132	1,54	87,72	-0,80	-101,20	0,22	0,11	BOM	BOM	BOM	BOM
20/12/2013	7.162.006,1751	665.789,2696	897,110	1,64	89,16	-2,20	-103,40	0,23	0,31	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
27/12/2013	7.162.006,1809	665.789,2638	897,097	0,82	89,80	-1,30	-104,70	0,12	0,19	BOM	BOM	BOM	BOM

**TABELA A1.9- MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L3 MS01 DE JANEIRO A JUNHO DE 2013**

<b>TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L3 MS01 - JANEIRO A JUNHO DE 2013</b>													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
25/01/2013	7.161.893,6450	665.770,4342	890,425	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/02/2013	7.161.893,6390	665.770,4378	890,425	0,70	0,70	0,00	0,00	0,10	0,00	BOM	BOM	BOM	BOM
08/02/2013	7.161.893,6408	665.770,4259	890,410	1,20	0,93	-1,50	-1,50	0,17	0,21	BOM	BOM	BOM	BOM
15/02/2013	7.161.893,6297	665.770,4192	890,408	1,30	2,14	-0,20	-1,70	0,19	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM
22/02/2013	7.161.893,6396	665.770,4132	890,402	1,16	2,17	-0,60	-2,30	0,17	0,09	BOM	BOM	BOM	BOM
01/03/2013	7.161.893,6387	665.770,4147	890,397	0,17	2,05	-0,50	-2,80	0,02	0,07	BOM	BOM	BOM	BOM
08/03/2013	7.161.893,6413	665.770,4106	890,394	0,49	2,39	-0,30	-3,10	0,07	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
15/03/2013	7.161.893,6186	665.770,3905	890,395	3,03	5,11	0,10	-3,00	0,43	0,01	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
22/03/2013	7.161.893,6450	665.770,4050	890,386	3,01	2,92	-0,90	-3,90	0,43	0,13	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
28/03/2013	7.161.893,5311	665.770,5235	890,378	16,44	14,47	-0,80	-4,70	2,74	0,13	ALERTA	BOM	ALERTA	BOM
05/04/2013	7.161.893,6495	665.770,3981	890,377	17,25	3,64	-0,10	-4,80	2,16	0,01	ALERTA	BOM	ALERTA	BOM
12/04/2013	7.161.893,6230	665.770,3839	890,368	3,01	5,49	-0,90	-5,70	0,43	0,13	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
19/04/2013	7.161.893,6538	665.770,3976	890,369	3,37	3,76	0,10	-5,60	0,48	0,01	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
26/04/2013	7.161.893,6376	665.770,3798	890,364	2,41	5,49	-0,50	-6,10	0,34	0,07	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
06/05/2013	7.161.893,6431	665.770,3896	890,376	1,12	4,46	1,20	-4,90	0,11	-0,12	BOM	BOM	BOM	BOM
10/05/2013	7.161.893,6434	665.770,3892	890,358	0,05	4,50	-1,80	-6,70	0,01	0,45	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
17/05/2013	7.161.893,6211	665.770,4050	890,296	2,73	3,77	-6,20	-12,90	0,39	0,89	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
24/05/2013	7.161.893,6392	665.770,3809	890,375	3,01	5,36	7,90	-5,00	0,43	1,13	ATENÇÃO	ALERTA	BOM	BOM
31/05/2013	7.161.893,6515	665.770,3803	890,330	1,23	5,43	-4,50	-9,50	0,18	0,64	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
07/06/2013	7.161.893,6691	665.770,3787	890,392	1,77	6,05	6,20	-3,30	0,25	0,89	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
14/06/2013	7.161.893,6346	665.770,3542	890,335	4,23	8,07	-5,70	-9,00	0,60	0,81	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
21/06/2013	7.161.893,6374	665.770,3926	890,390	3,85	4,23	5,50	-3,50	0,55	0,79	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM

**TABELA A1.10 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L3 MS01 DE JULHO A DEZEMBRO DE 2013**

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L3 MS01 - JULHO A DEZEMBRO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
01/07/2013	7.161.893,6293	665.770,3687	890,388	2,52	6,74	-0,20	-3,70	0,25	0,02	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
05/07/2013	7.161.893,6349	665.770,3538	890,373	1,59	8,10	-1,50	-5,20	0,40	0,37	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
12/07/2013	7.161.893,6340	665.770,3367	890,375	1,71	9,81	0,20	-5,00	0,24	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM
22/07/2013	7.161.893,6619	665.770,2974	890,306	4,82	13,78	-6,90	-11,90	0,48	0,69	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
26/07/2013	7.161.893,6616	665.770,3056	890,303	0,82	12,97	-0,30	-12,20	0,21	0,08	BOM	BOM	BOM	BOM
02/08/2013	7.161.893,6330	665.770,3085	890,270	2,87	12,63	-3,30	-15,50	0,41	0,47	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
09/08/2013	7.161.893,6353	665.770,2749	890,300	3,37	15,96	3,00	-12,50	0,48	0,43	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
16/08/2013	7.161.893,6387	665.770,3004	890,298	2,57	13,39	-0,20	-12,70	0,37	0,03	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
23/08/2013	7.161.893,6392	665.770,2928	890,299	0,76	14,15	0,10	-12,60	0,11	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
30/08/2013	7.161.893,6379	665.770,2920	890,297	0,15	14,24	-0,20	-12,80	0,02	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM
06/09/2013	7.161.893,6368	665.770,2670	890,294	2,50	16,74	-0,30	-13,10	0,36	0,04	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
13/09/2013	7.161.893,6256	665.770,2373	890,288	3,17	19,79	-0,60	-13,70	0,45	0,09	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
20/09/2013	7.161.893,6340	665.770,2307	890,278	1,07	20,38	-1,00	-14,70	0,15	0,14	BOM	BOM	BOM	BOM
27/09/2013	7.161.893,6302	665.770,2010	890,273	2,99	23,37	-0,50	-15,20	0,43	0,07	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
04/10/2013	7.161.893,6364	665.770,2193	890,260	1,93	21,51	-1,30	-16,50	0,28	-0,19	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
11/10/2013	7.161.893,6323	665.770,2164	890,264	0,50	21,82	0,40	-16,10	0,07	0,06	BOM	BOM	BOM	BOM
18/10/2013	7.161.893,6274	665.770,2113	890,261	0,71	22,36	-0,30	-16,40	0,10	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
25/10/2013	7.161.893,6417	665.770,2132	890,261	1,44	22,10	0,00	-16,40	0,21	0,00	BOM	BOM	BOM	BOM
01/11/2013	7.161.893,6313	665.770,2167	890,253	1,10	21,79	-0,80	-17,20	0,16	0,11	BOM	BOM	BOM	BOM
08/11/2013	7.161.893,6395	665.770,2127	890,254	0,91	22,16	0,10	-17,10	0,13	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
14/11/2013	7.161.893,6276	665.770,1777	890,251	3,70	25,71	-0,30	-17,40	0,62	0,05	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
22/11/2013	7.161.893,6334	665.770,1888	890,250	1,25	24,57	-0,10	-17,50	0,16	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
29/11/2013	7.161.893,6361	665.770,1903	890,241	0,31	24,41	-0,90	-18,40	0,04	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
06/12/2013	7.161.893,6452	665.770,1829	890,229	1,17	25,13	-1,20	-19,60	0,17	0,17	BOM	BOM	BOM	BOM
13/12/2013	7.161.893,6361	665.770,1872	890,234	1,01	24,72	0,50	-19,10	0,14	0,07	BOM	BOM	BOM	BOM
20/12/2013	7.161.893,6469	665.770,1786	890,228	1,38	25,56	-0,60	-19,70	0,20	0,09	BOM	BOM	BOM	BOM
27/12/2013	7.161.893,6382	665.770,1655	890,234	1,57	26,88	0,60	-19,10	0,22	0,09	BOM	BOM	BOM	BOM



TABELA A1.11 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L3 MS02 DE JANEIRO A JUNHO DE 2013

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L3 MS02 - JANEIRO A JUNHO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
25/01/2013	7.161.893,6128	665.795,3587	898,934	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/02/2013	7.161.893,6141	665.795,3551	898,929	0,38	0,38	-0,50	-0,50	0,05	0,07	BOM	BOM	BOM	BOM
08/02/2013	7.161.893,6024	665.795,3466	898,894	1,45	1,60	-3,50	-4,00	0,21	0,50	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
15/02/2013	7.161.893,6010	665.795,3438	898,885	0,31	1,90	-0,90	-4,90	0,04	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
22/02/2013	7.161.893,6028	665.795,3258	898,867	1,81	3,44	-1,80	-6,70	0,26	0,26	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
01/03/2013	7.161.893,6029	665.795,3384	898,851	1,26	2,26	-1,60	-8,30	0,18	0,23	BOM	BOM	BOM	BOM
08/03/2013	7.161.893,6040	665.795,3248	898,839	1,36	3,50	-1,20	-9,50	0,19	0,17	BOM	BOM	BOM	BOM
15/03/2013	7.161.893,5902	665.795,2975	898,817	3,06	6,52	-2,20	-11,70	0,44	0,31	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
22/03/2013	7.161.893,6156	665.795,3283	898,804	3,99	3,05	-1,30	-13,00	0,57	0,19	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
28/03/2013	7.161.893,4246	665.795,4290	898,789	21,59	20,09	-1,50	-14,50	3,60	0,25	ALERTA	BOM	ALERTA	BOM
05/04/2013	7.161.893,6079	665.795,3089	898,783	21,91	5,00	-0,60	-15,10	2,74	0,07	ALERTA	BOM	ALERTA	BOM
12/04/2013	7.161.893,5890	665.795,2856	898,763	3,00	7,69	-2,00	-17,10	0,43	0,29	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
19/04/2013	7.161.893,6248	665.795,2950	898,744	3,70	6,48	-1,90	-19,00	0,53	0,27	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
26/04/2013	7.161.893,6111	665.795,2936	898,743	1,38	6,51	-0,10	-19,10	0,20	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
06/05/2013	7.161.893,6113	665.795,2934	898,740	0,03	6,53	-0,30	-19,40	0,00	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM
10/05/2013	7.161.893,6141	665.795,2911	898,712	0,36	6,76	-2,80	-22,20	0,09	0,70	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
17/05/2013	7.161.893,5888	665.795,3115	898,651	3,25	5,30	-6,10	-28,30	0,46	0,87	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
24/05/2013	7.161.893,6034	665.795,2766	898,728	3,78	8,26	7,70	-20,60	0,54	1,10	ATENÇÃO	ALERTA	BOM	BOM
31/05/2013	7.161.893,6176	665.795,2924	898,661	2,12	6,65	-6,70	-27,30	0,30	0,96	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
07/06/2013	7.161.893,6317	665.795,2824	898,716	1,73	7,86	5,50	-21,80	0,25	0,79	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
14/06/2013	7.161.893,6141	665.795,2431	898,653	4,31	11,56	-6,30	-28,10	0,62	0,90	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
21/06/2013	7.161.893,6103	665.795,2776	898,694	3,47	8,11	4,10	-24,00	0,50	0,59	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM

**TABELA A1.12 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L3 MS02 DE JULHO A DEZEMBRO DE 2013**

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L3 MS02 - JULHO A DEZEMBRO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
01/07/2013	7.161.893,5934	665.795,2017	898,656	7,78	15,82	-3,80	-27,80	0,78	0,38	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
05/07/2013	7.161.893,5943	665.795,1655	898,625	3,62	19,41	-3,10	-30,90	0,91	0,77	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
12/07/2013	7.161.893,5990	665.795,1142	898,605	5,15	24,49	-2,00	-32,90	0,74	0,29	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
22/07/2013	7.161.893,6132	665.795,0400	898,523	7,55	31,87	-8,20	-41,10	0,76	0,82	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
26/07/2013	7.161.893,6197	665.795,0516	898,512	1,33	30,72	-1,10	-42,20	0,33	0,28	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
02/08/2013	7.161.893,5970	665.795,0519	898,472	2,27	30,72	-4,00	-46,20	0,32	0,57	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
09/08/2013	7.161.893,5839	665.794,9995	898,491	5,40	36,04	1,90	-44,30	0,77	0,27	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
16/08/2013	7.161.893,5926	665.795,0296	898,474	3,13	32,97	-1,70	-46,00	0,45	0,24	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
23/08/2013	7.161.893,5984	665.795,0112	898,470	1,93	34,78	-0,40	-46,40	0,28	0,06	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
30/08/2013	7.161.893,5850	665.794,9953	898,440	2,08	36,45	-3,00	-49,40	0,30	0,43	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
06/09/2013	7.161.893,5868	665.794,9223	898,425	7,30	43,72	-1,50	-50,90	1,04	0,21	ALERTA	BOM	ATENÇÃO	BOM
13/09/2013	7.161.893,5814	665.794,8715	898,387	5,11	48,82	-3,80	-54,70	0,73	0,54	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
20/09/2013	7.161.893,5855	665.794,8314	898,371	4,03	52,80	-1,60	-56,30	0,58	0,23	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
27/09/2013	7.161.893,5724	665.794,7850	898,353	4,82	57,51	-1,80	-58,10	0,69	0,26	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
04/10/2013	7.161.893,5904	665.794,7721	898,336	2,21	58,70	-1,70	-59,80	0,32	0,24	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
11/10/2013	7.161.893,5829	665.794,7668	898,323	0,92	59,27	-1,30	-61,10	0,13	0,19	BOM	BOM	BOM	BOM
18/10/2013	7.161.893,5864	665.794,7401	898,313	2,69	61,92	-1,00	-62,10	0,38	0,14	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
25/10/2013	7.161.893,5917	665.794,7249	898,299	1,61	63,42	-1,40	-63,50	0,23	0,20	BOM	BOM	BOM	BOM
01/11/2013	7.161.893,5920	665.794,7276	898,283	0,27	63,14	-1,60	-65,10	0,04	0,23	BOM	BOM	BOM	BOM
08/11/2013	7.161.893,5913	665.794,7200	898,267	0,76	63,91	-1,60	-66,70	0,11	0,23	BOM	BOM	BOM	BOM
14/11/2013	7.161.893,5782	665.794,6881	898,264	3,45	67,15	-0,30	-67,00	0,57	0,05	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
22/11/2013	7.161.893,5849	665.794,6858	898,248	0,71	67,35	-1,60	-68,60	0,09	0,20	BOM	BOM	BOM	BOM
29/11/2013	7.161.893,5873	665.794,6859	898,233	0,24	67,33	-1,50	-70,10	0,03	0,21	BOM	BOM	BOM	BOM
06/12/2013	7.161.893,5905	665.794,6690	898,229	1,72	69,01	-0,40	-70,50	0,25	0,06	BOM	BOM	BOM	BOM
13/12/2013	7.161.893,5969	665.794,6661	898,220	0,70	69,28	-0,90	-71,40	0,10	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
20/12/2013	7.161.893,5976	665.794,6570	898,202	0,91	70,19	-1,80	-73,20	0,13	0,26	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
27/12/2013	7.161.893,5998	665.794,6507	898,187	0,67	70,81	-1,50	-74,70	0,10	0,21	BOM	BOM	BOM	BOM

**TABELA A1.13 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L4 MS01 DE JANEIRO A JUNHO DE 2013**

<b>TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L4 MS01 - JANEIRO A JUNHO DE 2013</b>													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
25/01/2013	7.161.712,1887	665.786,2379	891,482	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/02/2013	7.161.712,1864	665.786,2329	891,475	0,55	0,55	-0,70	-0,70	0,08	0,10	BOM	BOM	BOM	BOM
08/02/2013	7.161.712,2342	665.786,2902	891,467	7,46	6,93	-0,80	-1,50	1,07	0,11	ALERTA	BOM	ATENÇÃO	BOM
15/02/2013	7.161.712,1882	665.786,2320	891,475	7,42	0,59	0,80	-0,70	1,06	0,11	ALERTA	BOM	ATENÇÃO	BOM
22/02/2013	7.161.712,1817	665.786,2280	891,454	0,76	1,21	-2,10	-2,80	0,11	0,30	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
01/03/2013	7.161.712,1800	665.786,2256	891,449	0,29	1,51	-0,50	-3,30	0,04	0,07	BOM	BOM	BOM	BOM
08/03/2013	7.161.712,1857	665.786,2162	891,446	1,10	2,19	-0,30	-3,60	0,16	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
15/03/2013	7.161.712,2144	665.786,2050	891,442	3,08	4,17	-0,40	-4,00	0,44	0,06	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
22/03/2013	7.161.712,1783	665.786,2231	891,437	4,04	1,81	-0,50	-4,50	0,58	0,07	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
28/03/2013	7.161.712,2030	665.786,2061	891,428	3,00	3,49	-0,90	-5,40	0,50	0,15	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
05/04/2013	7.161.712,1855	665.786,2160	891,427	2,01	2,21	-0,10	-5,50	0,25	0,01	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
12/04/2013	7.161.712,2010	665.786,2033	891,416	2,00	3,67	-1,10	-6,60	0,29	0,16	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
19/04/2013	7.161.712,1962	665.786,1965	891,425	0,83	4,21	0,90	-5,70	0,12	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
26/04/2013	7.161.712,1763	665.786,2204	891,407	3,11	2,14	-1,80	-7,50	0,44	0,26	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
06/05/2013	7.161.712,1793	665.786,2072	891,419	1,35	3,21	1,20	-6,30	0,14	0,12	BOM	BOM	BOM	BOM
10/05/2013	7.161.712,1692	665.786,2102	891,392	1,05	3,39	-2,70	-9,00	0,26	0,67	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
17/05/2013	7.161.712,1777	665.786,2133	891,371	0,90	2,69	-2,10	-11,10	0,13	0,30	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
24/05/2013	7.161.712,1876	665.786,2095	891,428	1,06	2,84	5,70	-5,40	0,15	0,81	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
31/05/2013	7.161.712,1701	665.786,2059	891,369	1,79	3,70	-5,90	-11,30	0,26	0,84	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
07/06/2013	7.161.712,2089	665.786,1835	891,418	4,48	5,80	4,90	-6,40	0,64	0,70	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
14/06/2013	7.161.712,2080	665.786,1792	891,410	0,44	6,18	-0,80	-7,20	0,06	0,11	BOM	BOM	BOM	BOM
21/06/2013	7.161.712,1714	665.786,1923	891,415	3,89	4,88	0,50	-6,70	0,56	0,07	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM

**TABELA A1.14 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L4 MS01 DE JULHO A DEZEMBRO DE 2013**

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L4 MS01 - JULHO A DEZEMBRO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
01/07/2013	7.161.712,1719	665.786,1911	891,409	0,13	4,97	-0,60	-7,30	0,01	0,06	BOM	BOM	BOM	BOM
05/07/2013	7.161.712,1812	665.786,1944	891,398	0,99	4,41	-1,10	-8,40	0,25	0,27	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
12/07/2013	7.161.712,1715	665.786,1853	891,395	1,33	5,53	-0,30	-8,70	0,19	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
22/07/2013	7.161.712,1914	665.786,1549	891,357	3,63	8,30	-3,80	-12,50	0,36	0,38	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
26/07/2013	7.161.712,1816	665.786,1462	891,347	1,31	9,20	-1,00	-13,50	0,33	0,25	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
02/08/2013	7.161.712,1568	665.786,1579	891,301	2,74	8,61	-4,60	-18,10	0,39	0,66	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
09/08/2013	7.161.712,1656	665.786,1444	891,349	1,61	9,63	4,80	-13,30	0,23	0,69	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
16/08/2013	7.161.712,1649	665.786,1538	891,337	0,94	8,74	-1,20	-14,50	0,13	0,17	BOM	BOM	BOM	BOM
23/08/2013	7.161.712,1636	665.786,1380	891,343	1,59	10,30	0,60	-13,90	0,23	0,09	BOM	BOM	BOM	BOM
30/08/2013	7.161.712,1643	665.786,1391	891,334	0,13	10,18	-0,90	-14,80	0,02	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
06/09/2013	7.161.712,1632	665.786,1358	891,357	0,35	10,52	2,30	-12,50	0,05	0,33	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
13/09/2013	7.161.712,1573	665.786,1343	891,324	0,61	10,83	-3,30	-15,80	0,09	0,47	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
20/09/2013	7.161.712,1565	665.786,1315	891,321	0,29	11,12	-0,30	-16,10	0,04	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
27/09/2013	7.161.712,1591	665.786,1264	891,319	0,57	11,54	-0,20	-16,30	0,08	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM
04/10/2013	7.161.712,1536	665.786,1168	891,311	1,11	12,61	-0,80	-17,10	0,16	-0,11	BOM	BOM	BOM	BOM
11/10/2013	7.161.712,1554	665.786,1229	891,309	0,64	11,97	-0,20	-17,30	0,09	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM
18/10/2013	7.161.712,1530	665.786,1230	891,309	0,24	12,03	0,00	-17,30	0,03	0,00	BOM	BOM	BOM	BOM
25/10/2013	7.161.712,1485	665.786,1183	891,306	0,65	12,62	-0,30	-17,60	0,09	0,04	BOM	BOM	BOM	BOM
01/11/2013	7.161.712,1507	665.786,1180	891,299	0,22	12,58	-0,70	-18,30	0,03	0,10	BOM	BOM	BOM	BOM
08/11/2013	7.161.712,1496	665.786,1164	891,293	0,19	12,76	-0,60	-18,90	0,03	0,09	BOM	BOM	BOM	BOM
14/11/2013	7.161.712,1478	665.786,1156	891,295	0,20	12,90	0,20	-18,70	0,03	0,03	BOM	BOM	BOM	BOM
22/11/2013	7.161.712,1432	665.786,1159	891,289	0,46	13,02	-0,60	-19,30	0,06	0,07	BOM	BOM	BOM	BOM
29/11/2013	7.161.712,1422	665.786,1129	891,281	0,32	13,34	-0,80	-20,10	0,05	0,11	BOM	BOM	BOM	BOM
06/12/2013	7.161.712,1479	665.786,1036	891,282	1,09	14,04	0,10	-20,00	0,16	0,01	BOM	BOM	BOM	BOM
13/12/2013	7.161.712,1468	665.786,1142	891,278	1,07	13,06	-0,40	-20,40	0,15	0,06	BOM	BOM	BOM	BOM
20/12/2013	7.161.712,1445	665.786,0970	891,269	1,74	14,77	-0,90	-21,30	0,25	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM
27/12/2013	7.161.712,1500	665.786,0927	891,278	0,70	15,03	0,90	-20,40	0,10	0,13	BOM	BOM	BOM	BOM

**TABELA A1.15 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L4 MS02 DE JANEIRO A JUNHO DE 2013**

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L4 MS02 - JANEIRO A JUNHO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
25/01/2013	7.161.716,4044	665.810,0426	899,509	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/02/2013	7.161.716,4067	665.810,0316	899,477	1,12	1,12	-3,20	-3,20	0,16	0,46	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
08/02/2013	7.161.716,4902	665.810,1349	899,449	13,28	12,60	-2,80	-6,00	1,90	0,40	ALERTA	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM
15/02/2013	7.161.716,4537	665.810,0869	899,438	6,03	6,63	-1,10	-7,10	0,86	0,16	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
22/02/2013	7.161.716,4082	665.810,0147	899,414	8,53	2,82	-2,40	-9,50	1,22	0,34	ALERTA	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM
01/03/2013	7.161.716,4145	665.810,0070	899,396	0,99	3,70	-1,80	-11,30	0,14	0,26	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
08/03/2013	7.161.716,4141	665.809,9937	899,379	1,33	4,99	-1,70	-13,00	0,19	0,24	BOM	BOM	BOM	BOM
15/03/2013	7.161.716,4329	665.809,9833	899,362	2,15	6,58	-1,70	-14,70	0,31	0,24	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
22/03/2013	7.161.716,4197	665.809,9724	899,344	1,71	7,18	-1,80	-16,50	0,24	0,26	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
28/03/2013	7.161.716,4274	665.809,9787	899,332	0,99	6,79	-1,20	-17,70	0,17	0,20	BOM	BOM	BOM	BOM
05/04/2013	7.161.716,3985	665.809,9938	899,309	3,26	4,92	-2,30	-20,00	0,41	0,29	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
12/04/2013	7.161.716,4166	665.809,9699	899,299	3,00	7,37	-1,00	-21,00	0,43	0,14	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
19/04/2013	7.161.716,4157	665.809,9433	899,280	2,66	9,99	-1,90	-22,90	0,38	0,27	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
26/04/2013	7.161.716,4062	665.809,9743	899,263	3,24	6,83	-1,70	-24,60	0,46	0,24	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
06/05/2013	7.161.716,4198	665.809,9854	899,258	1,76	5,92	-0,50	-25,10	0,18	0,05	BOM	BOM	BOM	BOM
10/05/2013	7.161.716,3892	665.809,9862	899,238	3,06	5,84	-2,00	-27,10	0,77	0,50	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
17/05/2013	7.161.716,4052	665.809,9938	899,237	1,77	4,88	-0,10	-27,20	0,25	0,01	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
24/05/2013	7.161.716,4148	665.809,9683	899,248	2,72	7,50	1,10	-26,10	0,39	0,16	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
31/05/2013	7.161.716,4049	665.809,9615	899,164	1,20	8,11	-8,40	-34,50	0,17	1,20	BOM	ALERTA	BOM	BOM
07/06/2013	7.161.716,4372	665.809,9517	899,208	3,38	9,66	4,40	-30,10	0,48	0,63	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
14/06/2013	7.161.716,4305	665.809,9278	899,197	2,48	11,77	-1,10	-31,20	0,35	0,16	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
21/06/2013	7.161.716,3929	665.809,9610	899,246	5,02	8,24	4,90	-26,30	0,72	0,70	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM

**TABELA A1.16 - MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L4 MS02 DE JULHO A DEZEMBRO DE 2013**

TABELA DE MONITORAMENTO DO MARCO SUPERFICIAL L4 MS02 - JULHO A DEZEMBRO DE 2013													
DATA	COORDENADAS			DESLOCAMENTO				VELOCIDADE		CRITÉRIO DE ALERTA - BOSCOV		CRITÉRIO DE ALERTA - KAIMOTO	
				Horizontal		Vertical		Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Parcial (cm)	Total (cm)	Parcial (cm)	Total (cm)	(cm/dia)	(cm/dia)				
01/07/2013	7.161.716,3986	665.809,9328	899,168	2,88	11,00	-7,80	-34,10	0,29	0,78	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
05/07/2013	7.161.716,4119	665.809,9442	899,175	1,75	9,87	0,70	-33,40	0,44	0,17	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
12/07/2013	7.161.716,3855	665.809,9430	899,152	2,64	10,14	-2,30	-35,70	0,38	0,33	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
22/07/2013	7.161.716,3962	665.809,8741	899,074	6,97	16,87	-7,80	-43,50	0,70	0,78	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
26/07/2013	7.161.716,3907	665.809,8294	899,063	4,50	21,36	-1,10	-44,60	1,13	0,27	ALERTA	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM
02/08/2013	7.161.716,4047	665.809,8500	899,055	2,49	19,26	-0,80	-45,40	0,36	0,11	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
09/08/2013	7.161.716,3520	665.809,8118	899,038	6,51	23,67	-1,70	-47,10	0,93	0,24	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
16/08/2013	7.161.716,3564	665.809,7934	899,019	1,89	25,38	-1,90	-49,00	0,27	0,27	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
23/08/2013	7.161.716,3593	665.809,7880	898,998	0,61	25,86	-2,10	-51,10	0,09	0,30	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
30/08/2013	7.161.716,3530	665.809,7893	898,980	0,64	25,85	-1,80	-52,90	0,09	0,26	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
06/09/2013	7.161.716,3633	665.809,7706	898,985	2,13	27,51	0,50	-52,40	0,30	0,07	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
13/09/2013	7.161.716,3508	665.809,7720	898,965	1,26	27,59	-2,00	-54,40	0,18	0,29	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
20/09/2013	7.161.716,3491	665.809,7653	898,939	0,69	28,28	-2,60	-57,00	0,10	0,37	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
27/09/2013	7.161.716,3445	665.809,7408	898,919	2,49	30,77	-2,00	-59,00	0,36	0,29	ATENÇÃO	ATENÇÃO	BOM	BOM
04/10/2013	7.161.716,3465	665.809,7503	898,901	0,97	29,80	-1,80	-60,80	0,14	0,26	BOM	ATENÇÃO	BOM	BOM
11/10/2013	7.161.716,3461	665.809,7370	898,887	1,33	31,11	-1,40	-62,20	0,19	0,20	BOM	BOM	BOM	BOM
18/10/2013	7.161.716,3493	665.809,7344	898,875	0,41	31,31	-1,20	-63,40	0,06	0,17	BOM	BOM	BOM	BOM
25/10/2013	7.161.716,3418	665.809,7191	898,863	1,70	32,95	-1,20	-64,60	0,24	0,17	BOM	BOM	BOM	BOM
01/11/2013	7.161.716,3377	665.809,7196	898,858	0,41	32,98	-0,50	-65,10	0,06	0,07	BOM	BOM	BOM	BOM
08/11/2013	7.161.716,3306	665.809,7164	898,846	0,78	33,44	-1,20	-66,30	0,11	0,17	BOM	BOM	BOM	BOM
14/11/2013	7.161.716,3304	665.809,7136	898,840	0,28	33,72	-0,60	-66,90	0,05	0,10	BOM	BOM	BOM	BOM
22/11/2013	7.161.716,3287	665.809,7031	898,822	1,06	34,78	-1,80	-68,70	0,13	0,23	BOM	BOM	BOM	BOM
29/11/2013	7.161.716,3342	665.809,7089	898,810	0,80	34,10	-1,20	-69,90	0,11	0,17	BOM	BOM	BOM	BOM
06/12/2013	7.161.716,3244	665.809,7139	898,793	1,10	33,83	-1,70	-71,60	0,16	0,24	BOM	BOM	BOM	BOM
13/12/2013	7.161.716,3387	665.809,6984	898,789	2,11	35,04	-0,40	-72,00	0,30	0,06	ATENÇÃO	BOM	BOM	BOM
20/12/2013	7.161.716,3393	665.809,6984	898,778	0,06	35,03	-1,10	-73,10	0,01	0,16	BOM	BOM	BOM	BOM
27/12/2013	7.161.716,3258	665.809,6878	898,774	1,72	36,34	-0,40	-73,50	0,25	0,06	BOM	BOM	BOM	BOM

SEÇÃO A1.2 – GRÁFICOS DOS DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS  
TOTAL E PARCIAL

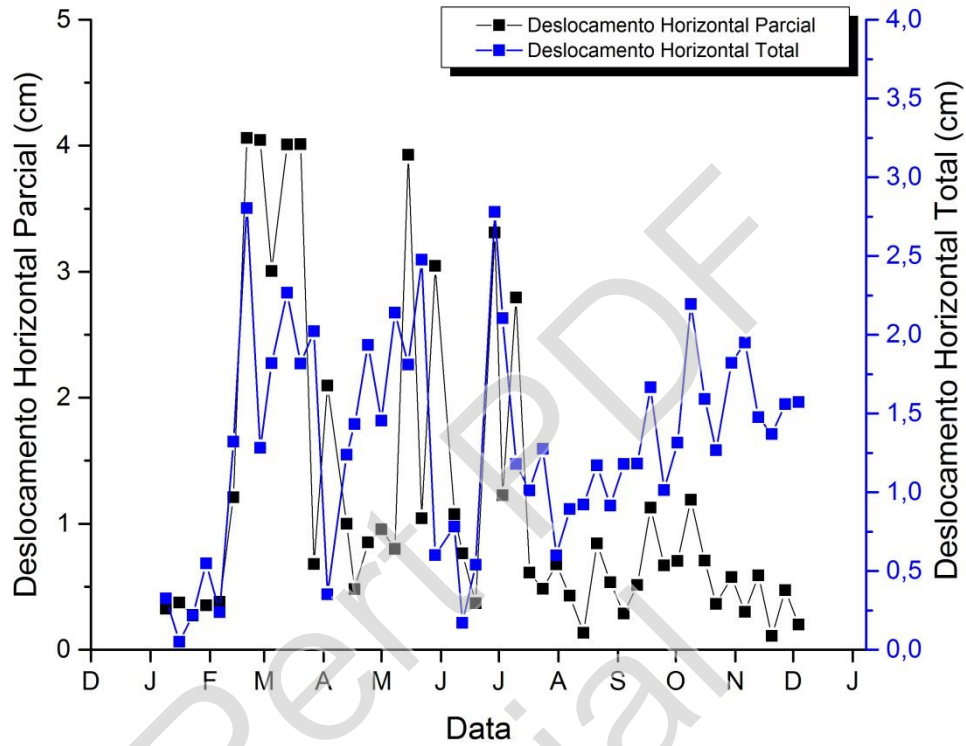


FIGURA A1.1 - DESLOCAMENTO HORIZONTAL PARCIAL E TOTAL - L1 MS01

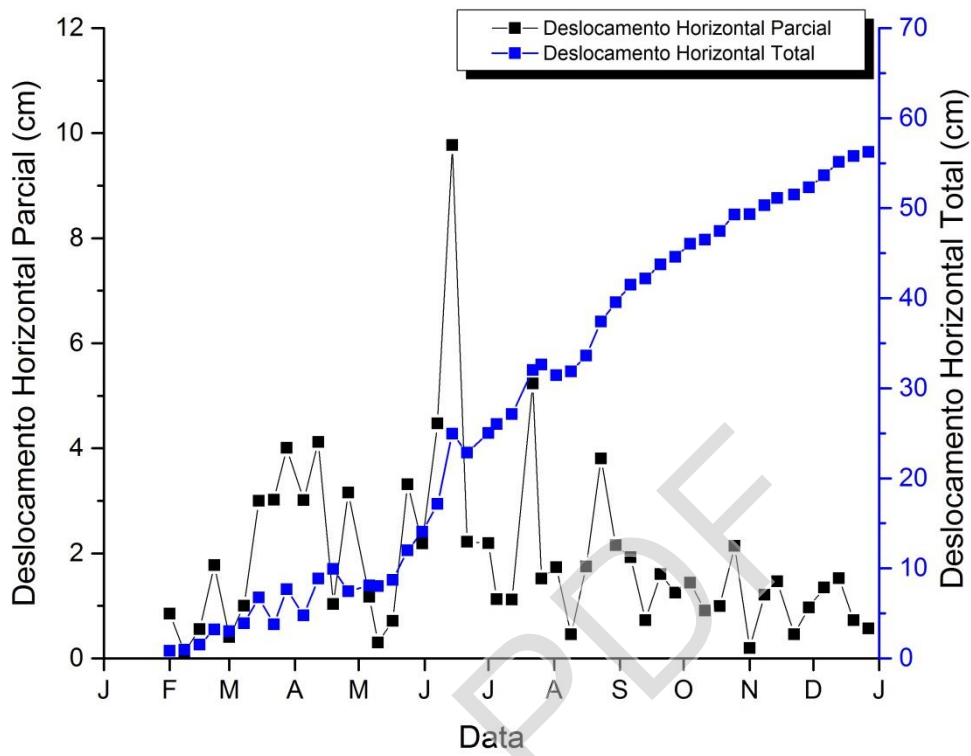


FIGURA A1.2 - DESLOCAMENTO HORIZONTAL PARCIAL E TOTAL - L1 MS02

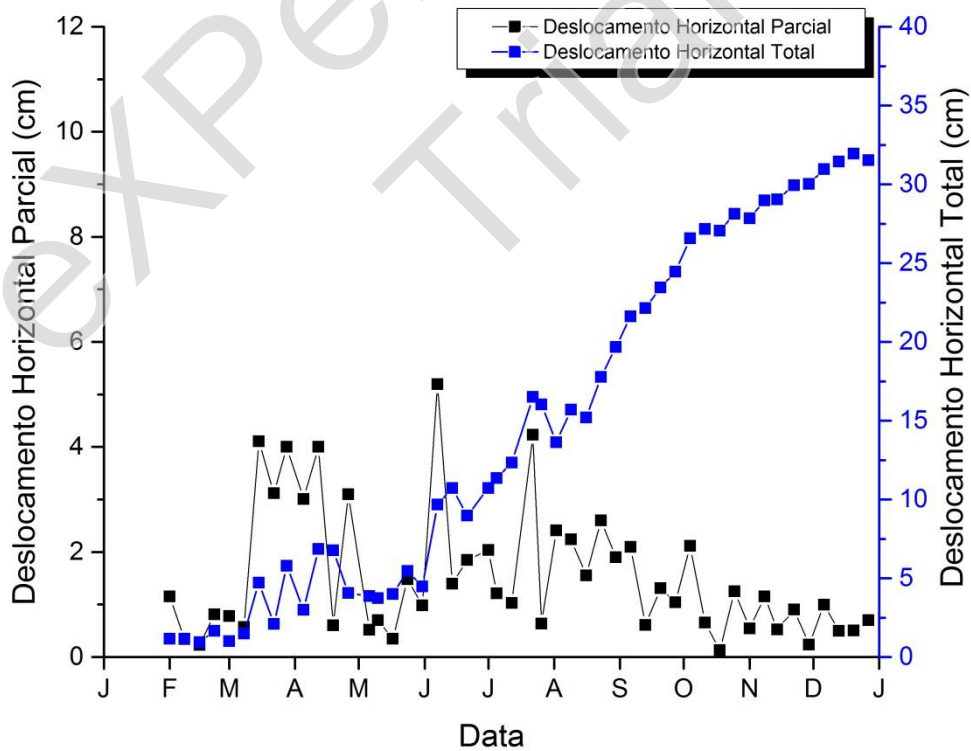


FIGURA A1.3 - DESLOCAMENTO HORIZONTAL PARCIAL E TOTAL - L2 MS01



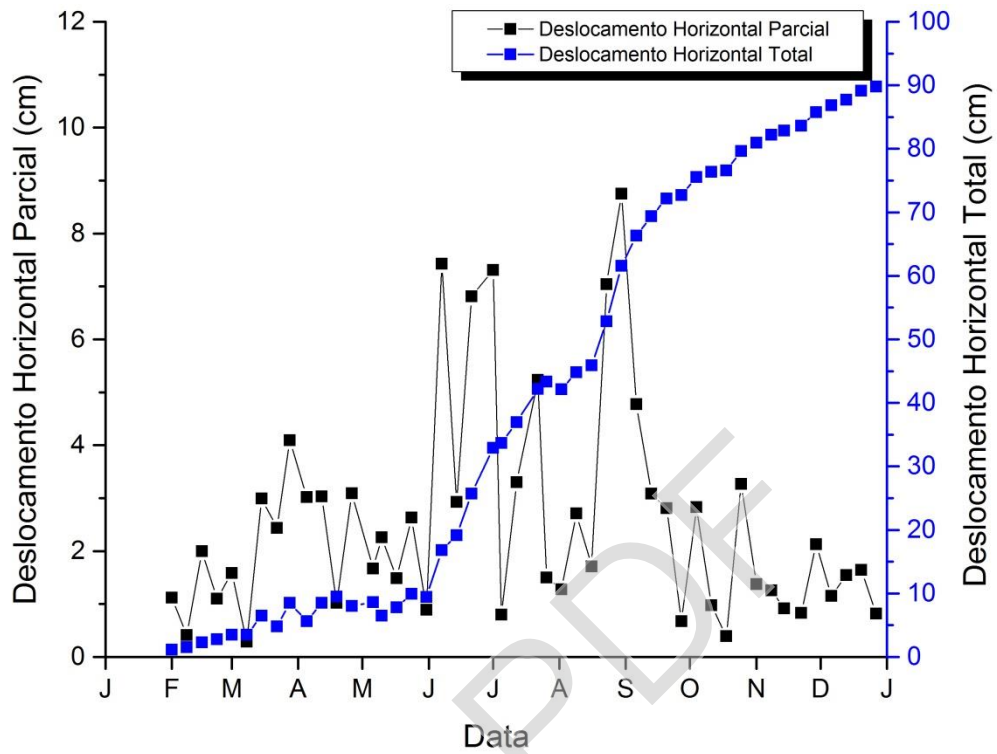


FIGURA A1.4 - DESLOCAMENTO HORIZONTAL PARCIAL E TOTAL - L2 MS02

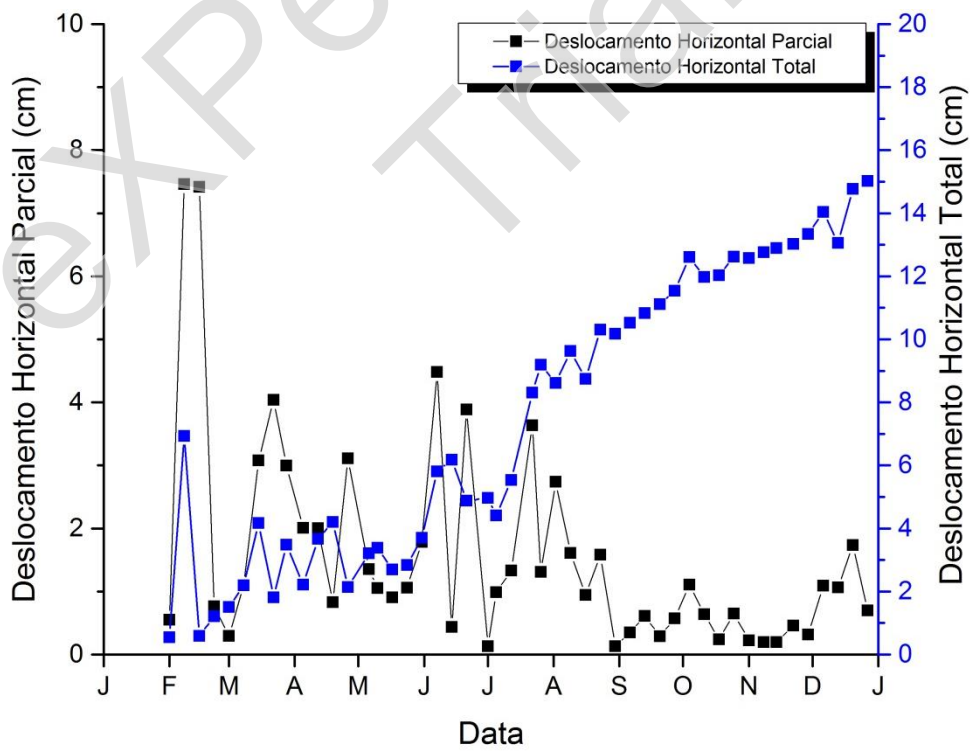
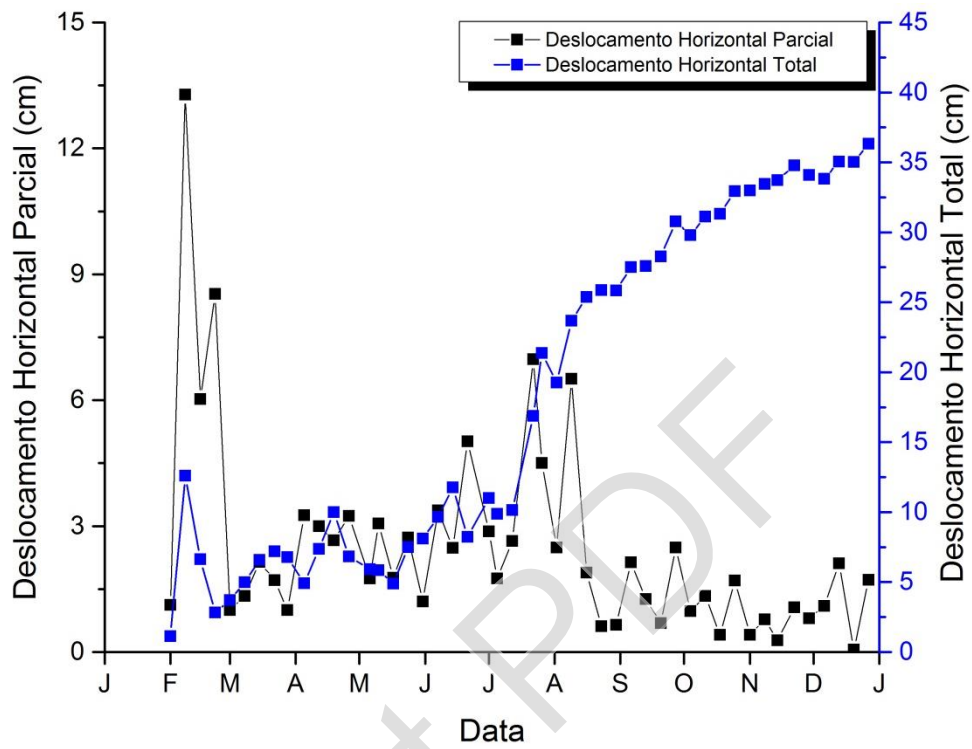


FIGURA A1.5 - DESLOCAMENTO HORIZONTAL PARCIAL E TOTAL - L4 MS01



**FIGURA A1.6 - DESLOCAMENTO HORIZONTAL PARCIAL E TOTAL - L4 MS02**

SEÇÃO A1.3 – GRÁFICOS DOS DESLOCAMENTOS VERTICAIS TOTAL E PARCIAL

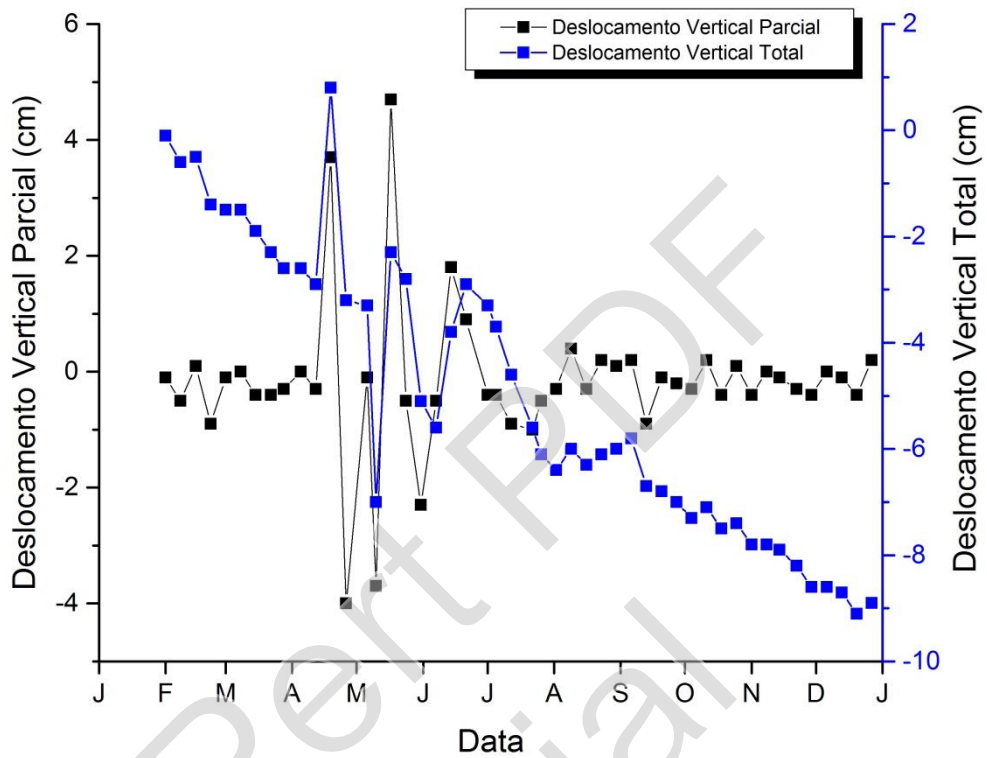


FIGURA A1.7 - DESLOCAMENTO VERTICAL PARCIAL E TOTAL - L1 MS01

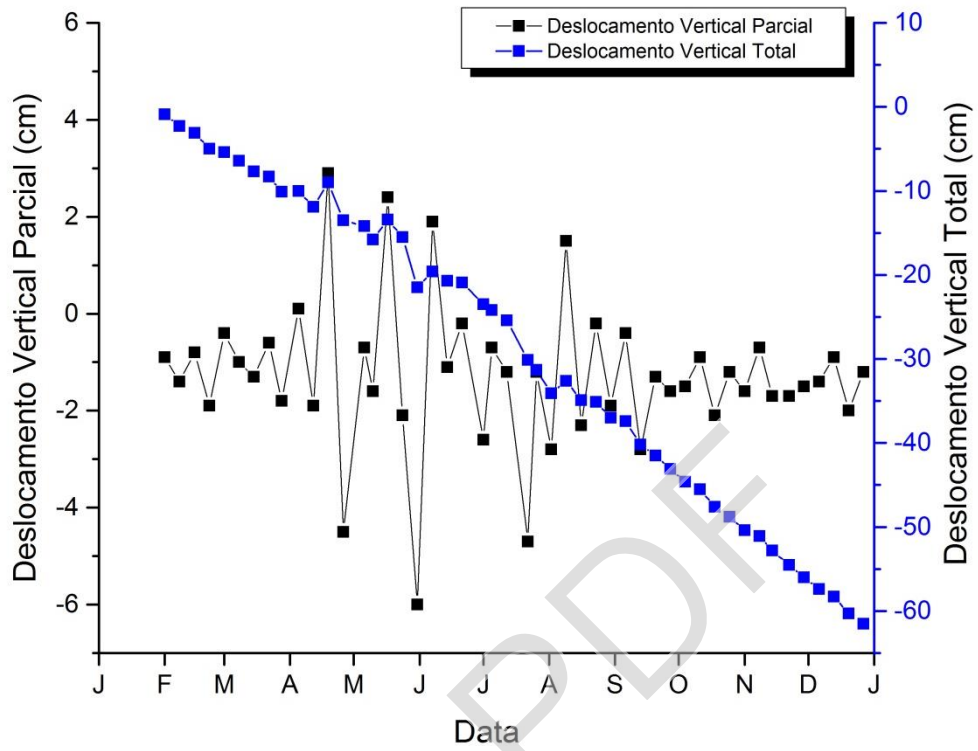


FIGURA A1.8 - DESLOCAMENTO VERTICAL PARCIAL E TOTAL - L1 MS02

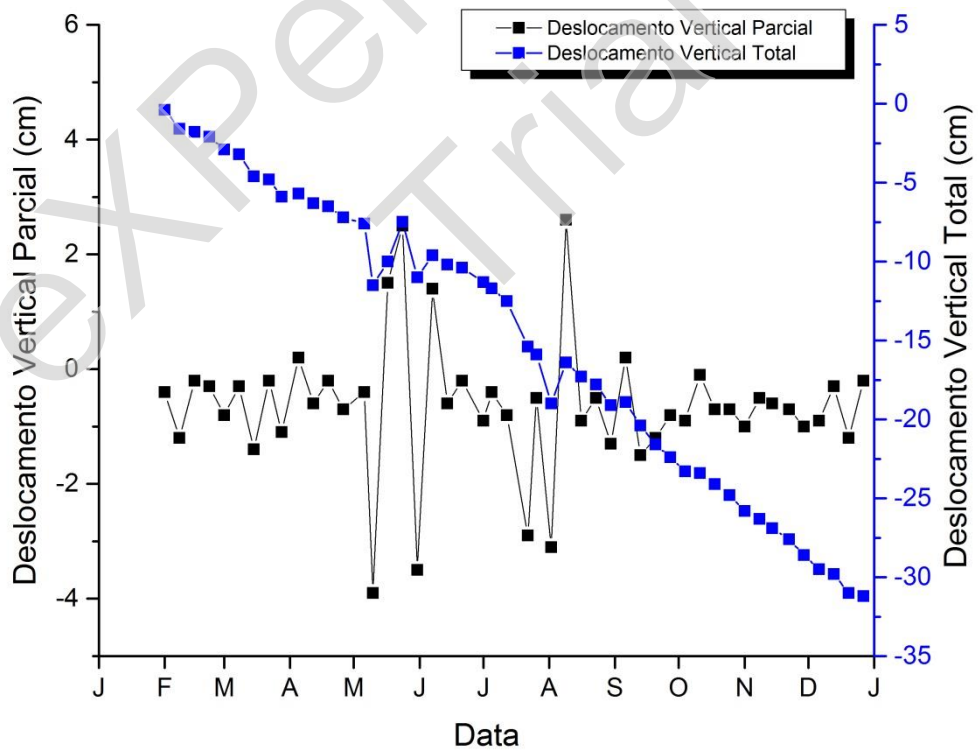


FIGURA A1.9 - DESLOCAMENTO VERTICAL PARCIAL E TOTAL - L2 MS01

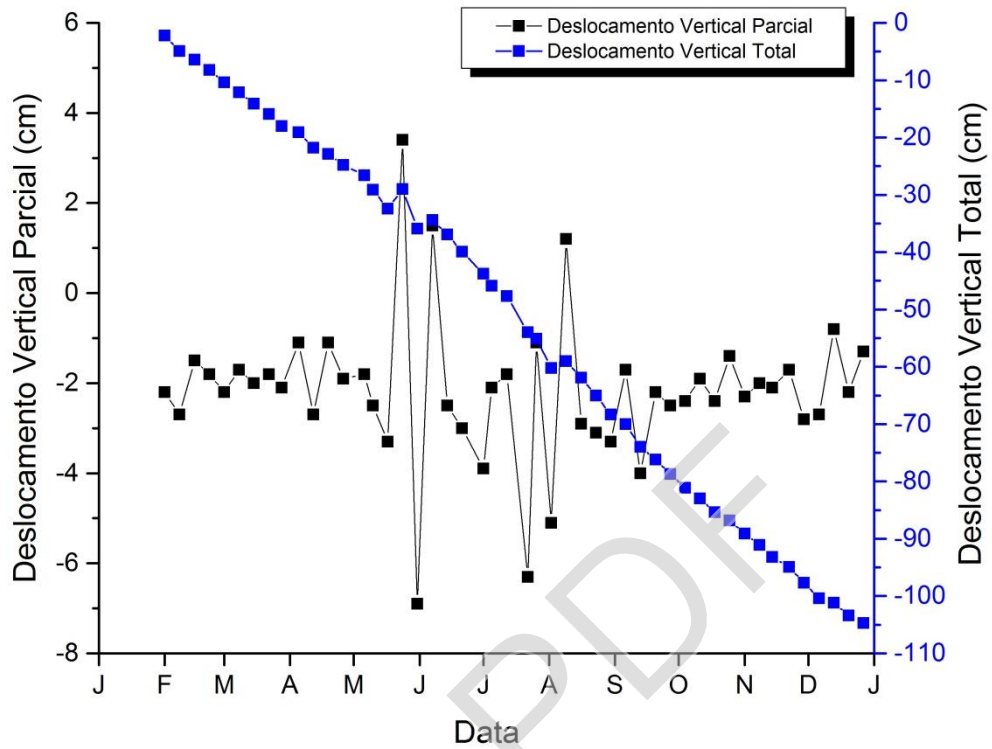


FIGURA A1.10 - DESLOCAMENTO VERTICAL PARCIAL E TOTAL - L2 MS02

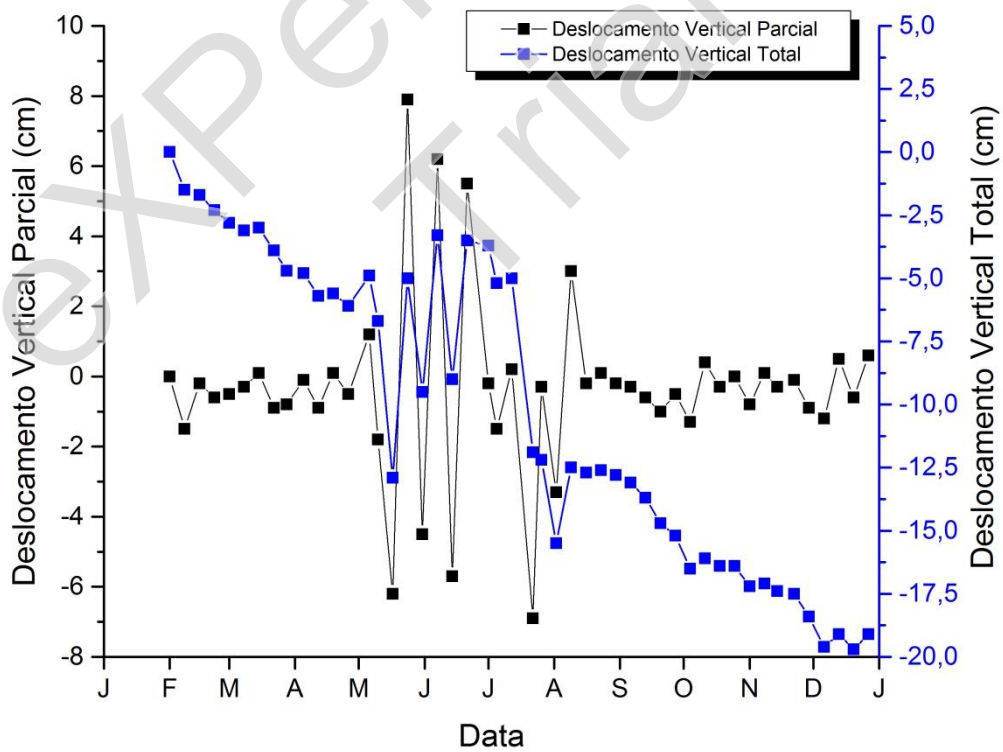


FIGURA A1.11 - DESLOCAMENTO VERTICAL PARCIAL E TOTAL - L3 MS01

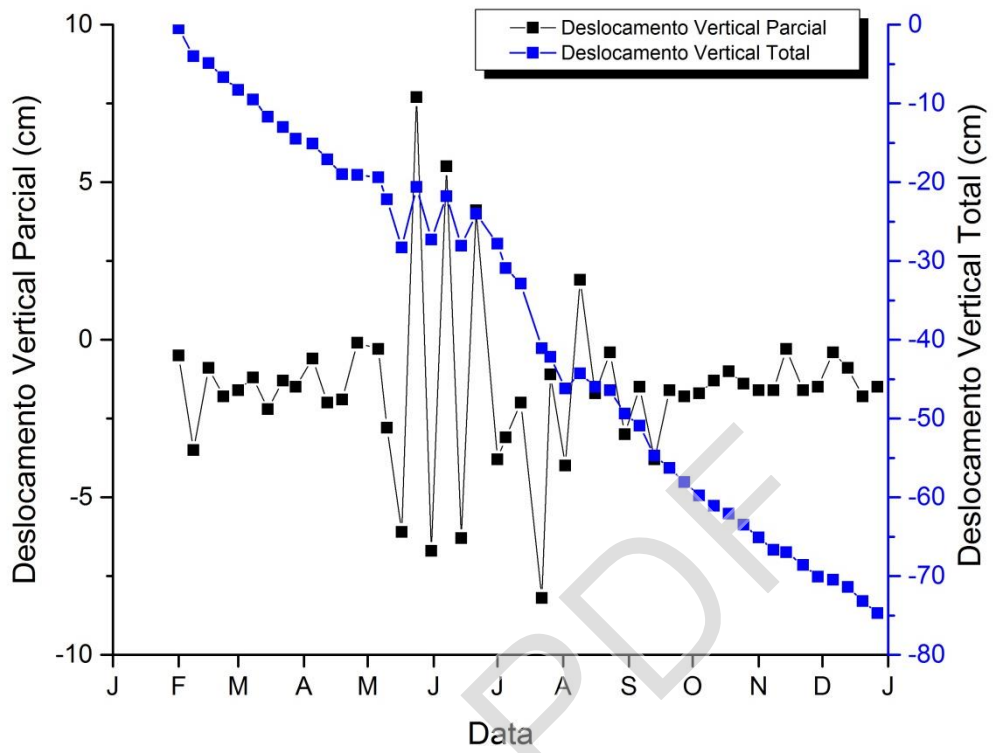


FIGURA A1.12 - DESLOCAMENTO VERTICAL PARCIAL E TOTAL - L3 MS02

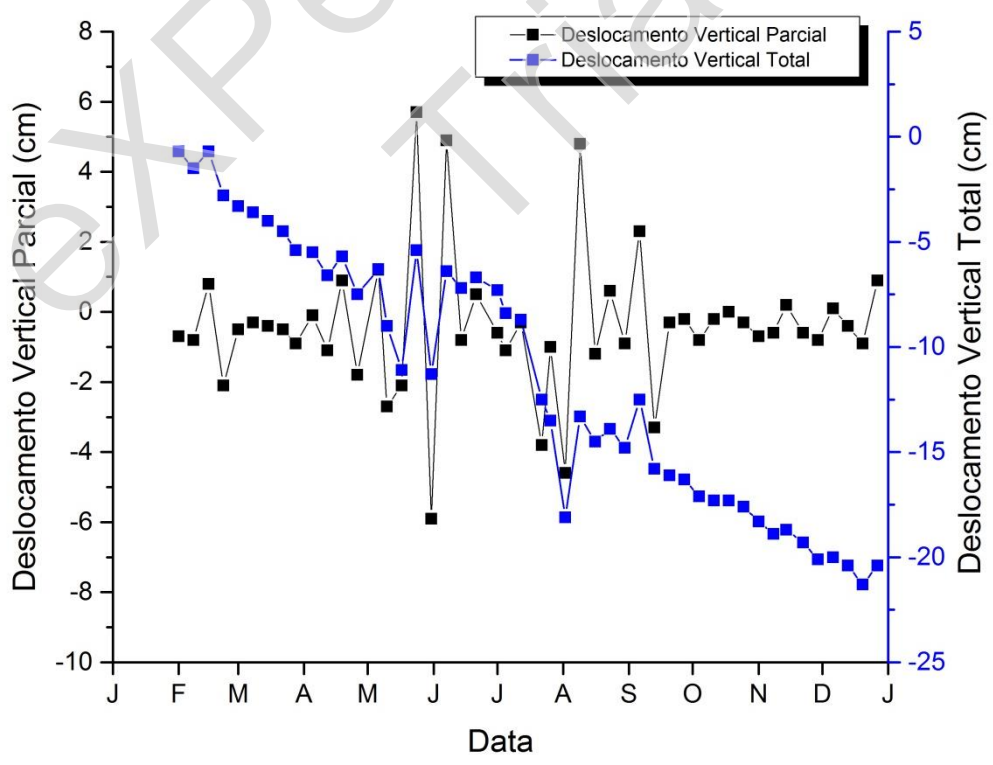


FIGURA A1.13 - DESLOCAMENTO VERTICAL PARCIAL E TOTAL - L4 MS01

SEÇÃO A1.4 – GRÁFICOS DAS VELOCIDADES HORIZONTAIS DOS MARCOS SUPERFICIAIS

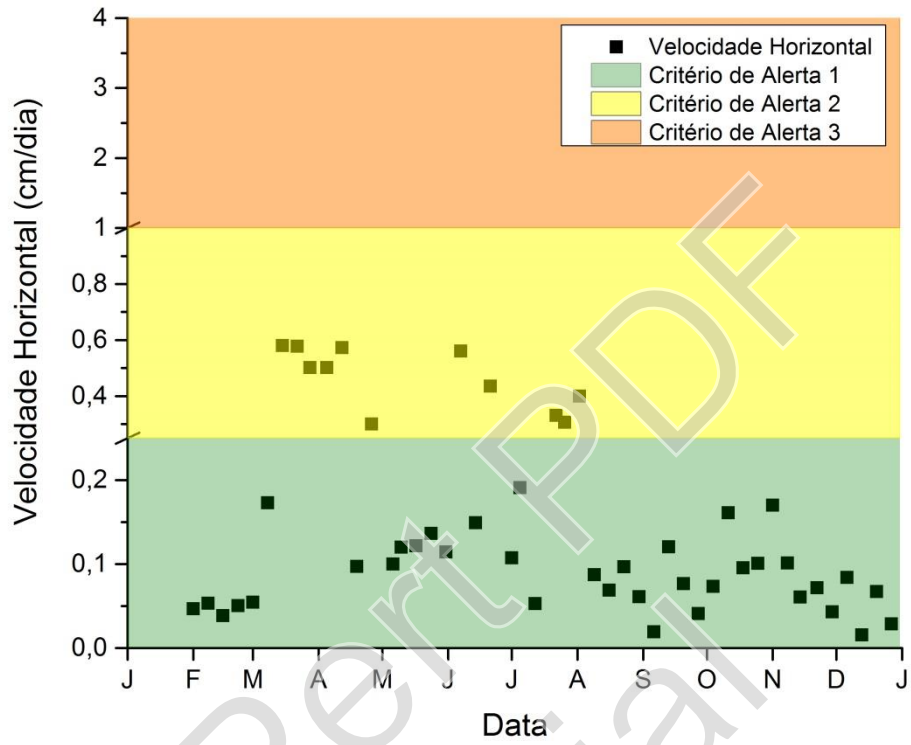


FIGURA A1.14 - VELOCIDADES HORIZONTAIS - L1 MS01

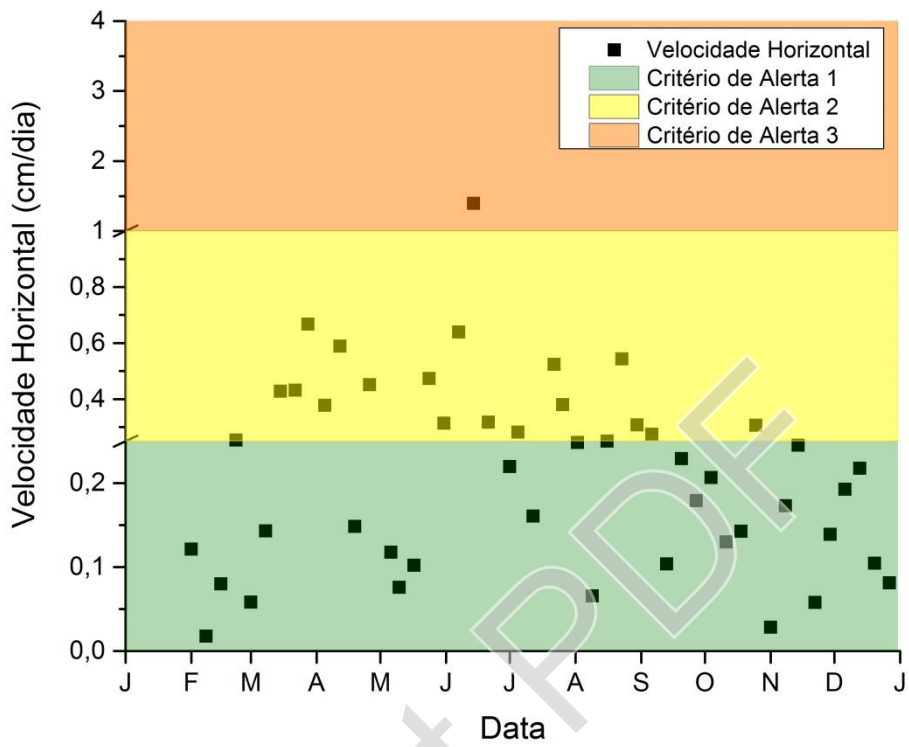


FIGURA A1.15 – VELOCIDADES HORIZONTAIS – L1 MS02

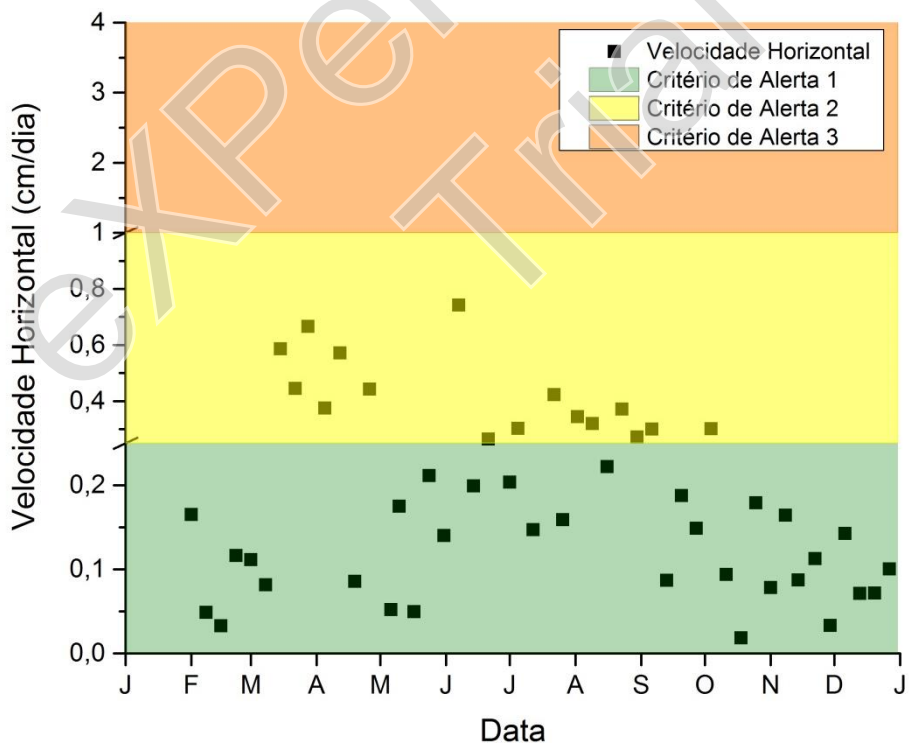


FIGURA A1.16 - VELOCIDADES HORIZONTAIS - L2 MS01



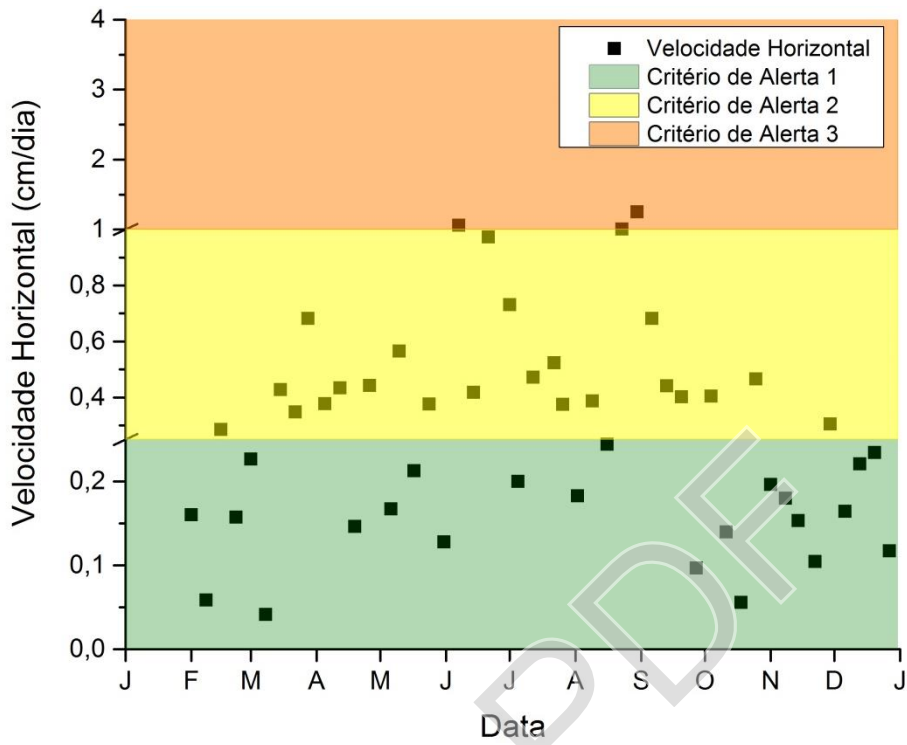


FIGURA A1.17 - VELOCIDADES HORIZONTAIS - L2 MS02

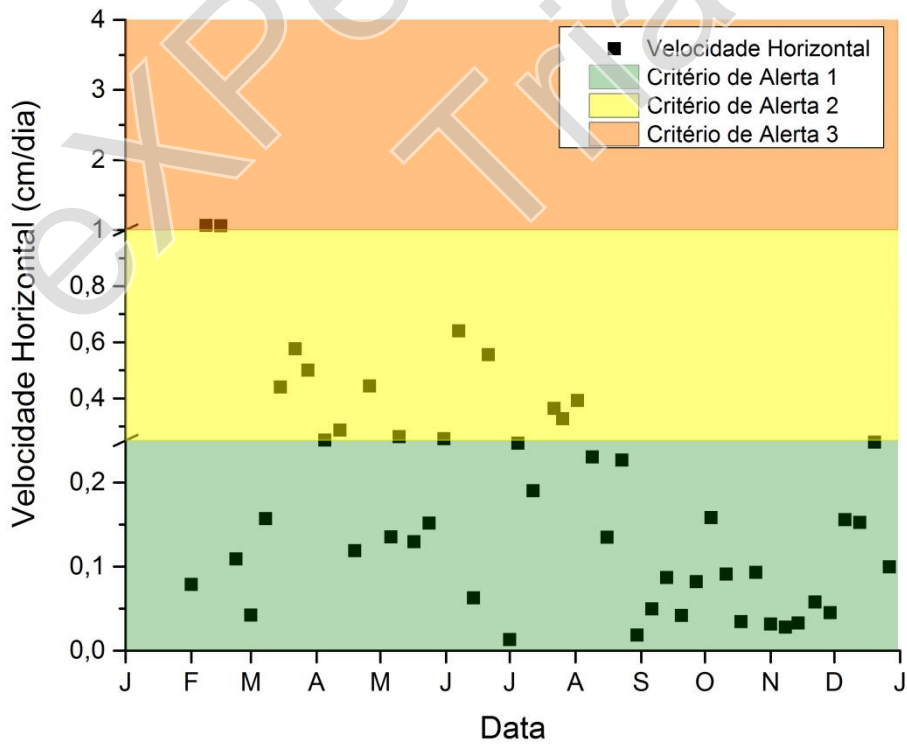


FIGURA A1.18 - VELOCIDADES HORIZONTAIS - L4 MS01

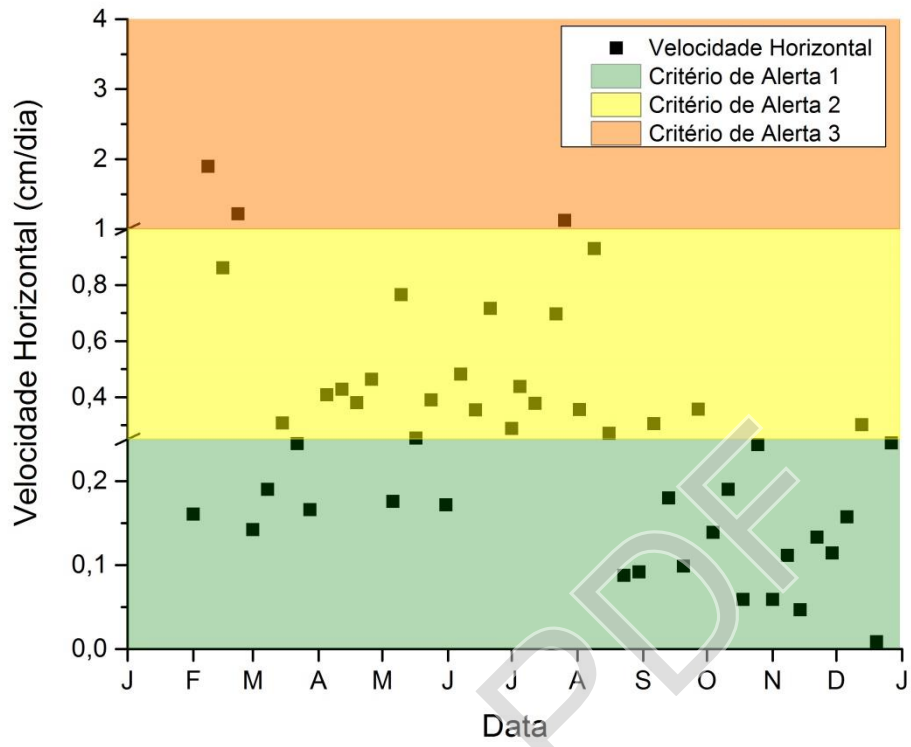


FIGURA A1.19 - VELOCIDADES HORIZONTAIS - L4 MS02

SEÇÃO A1.5 – GRÁFICOS DAS VELOCIDADES VERTICAIS DOS MARCOS SUPERFICIAIS

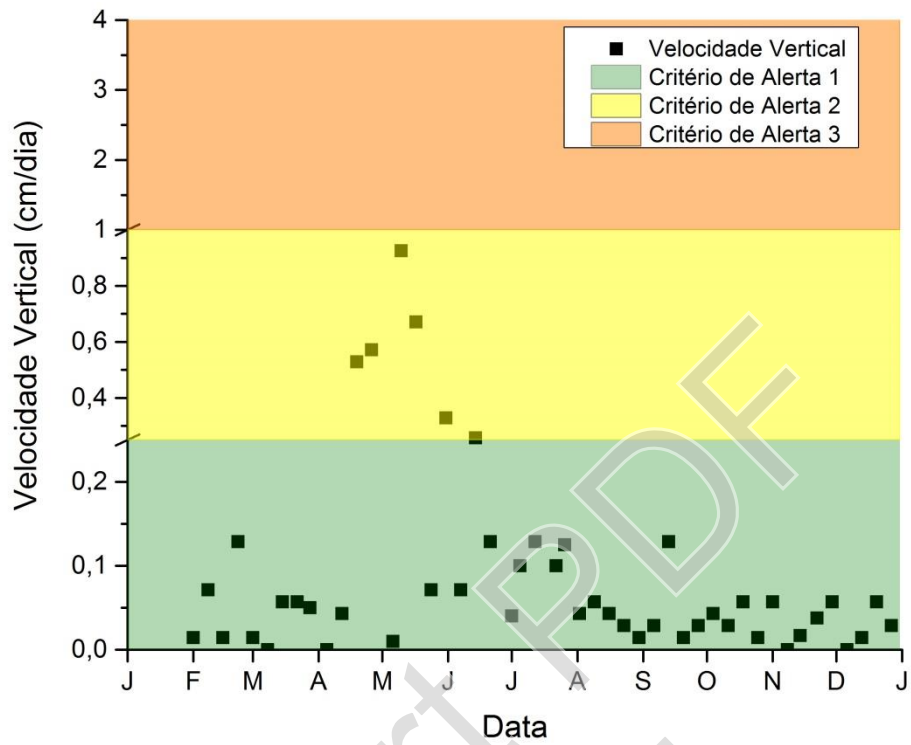


FIGURA A1.20 - VELOCIDADES VERTICAIS - L1 MS01

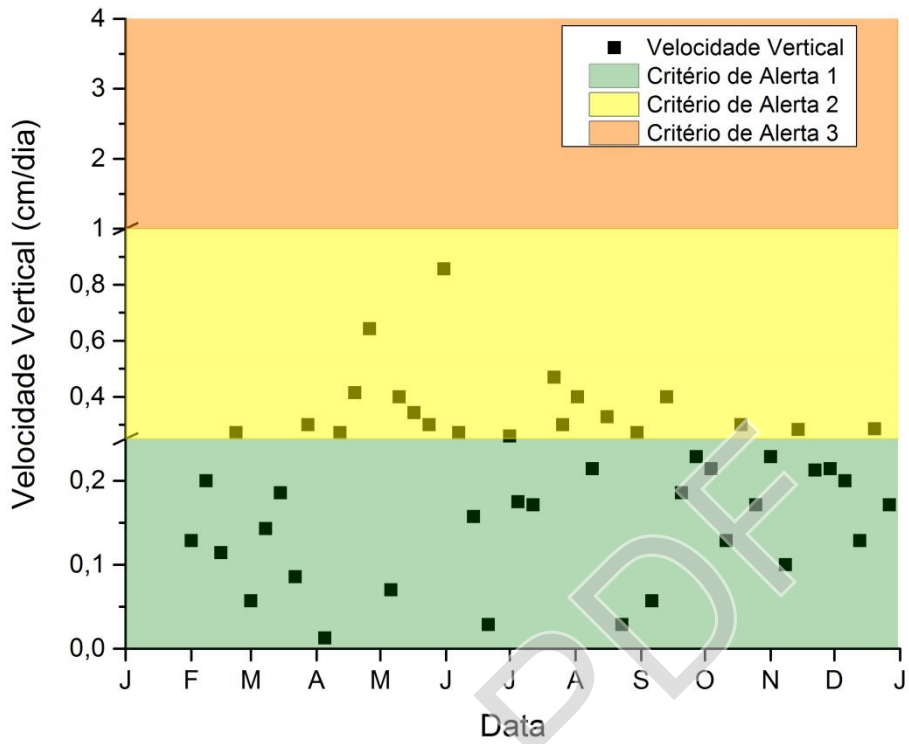


FIGURA A1.21 - VELOCIDADES VERTICAIS - L1 MS02

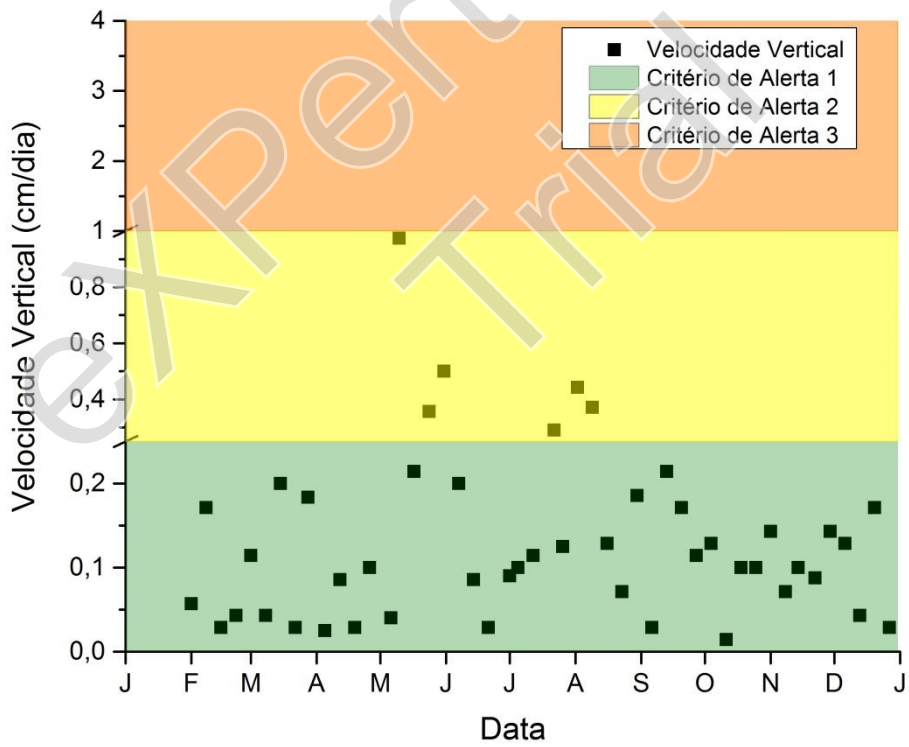


FIGURA A1.22 - VELOCIDADES VERTICAIS - L2 MS01

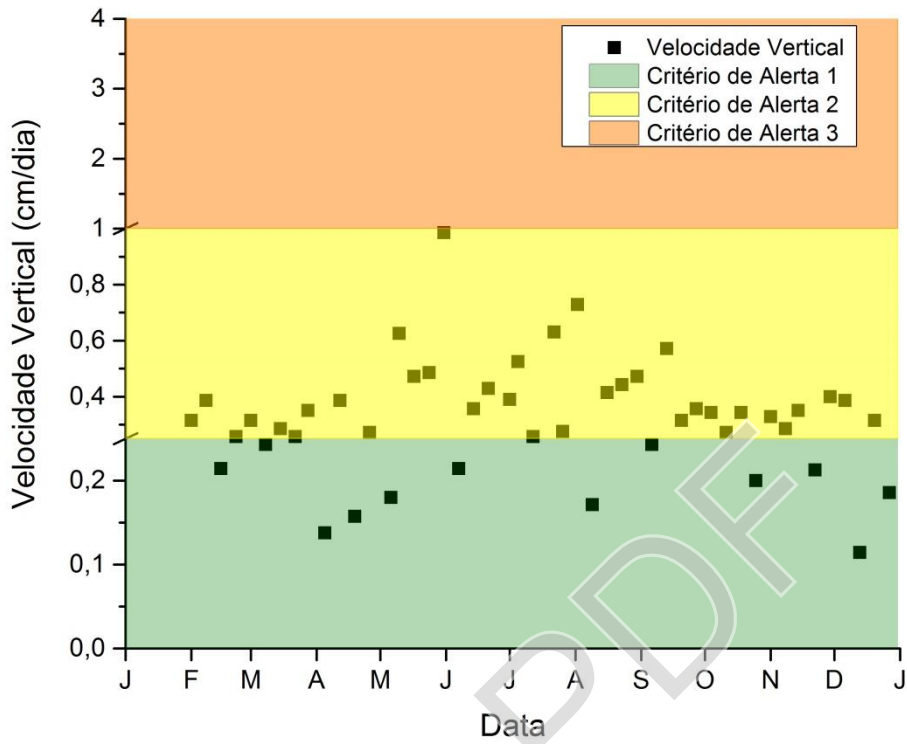


FIGURA A1.23 - VELOCIDADES VERTICAIS - L2 MS02

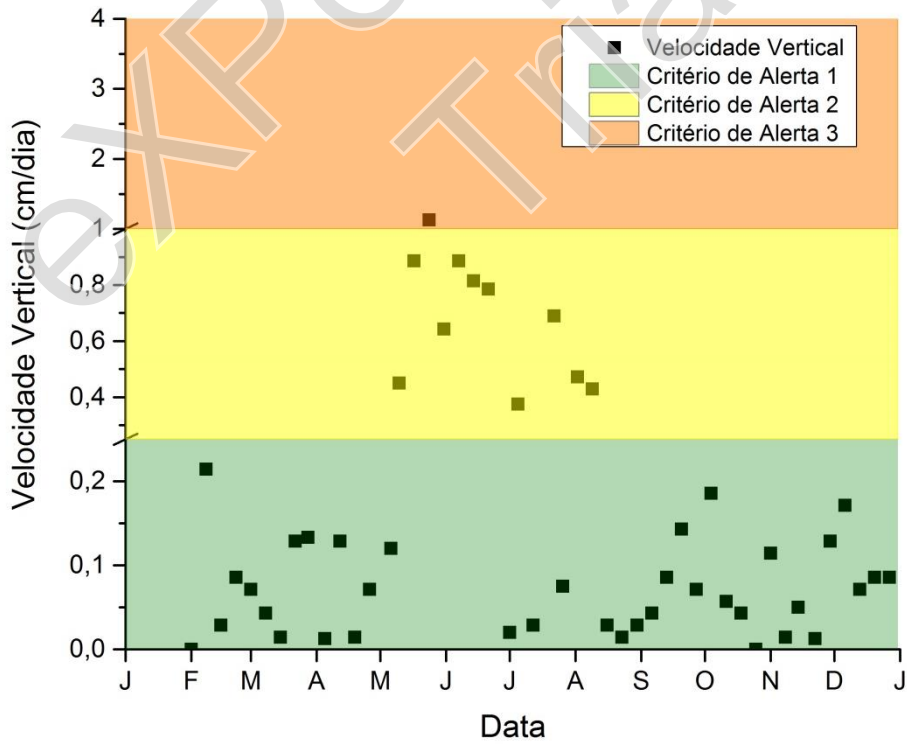


FIGURA A1.24 - VELOCIDADES VERTICAIS - L3 MS01

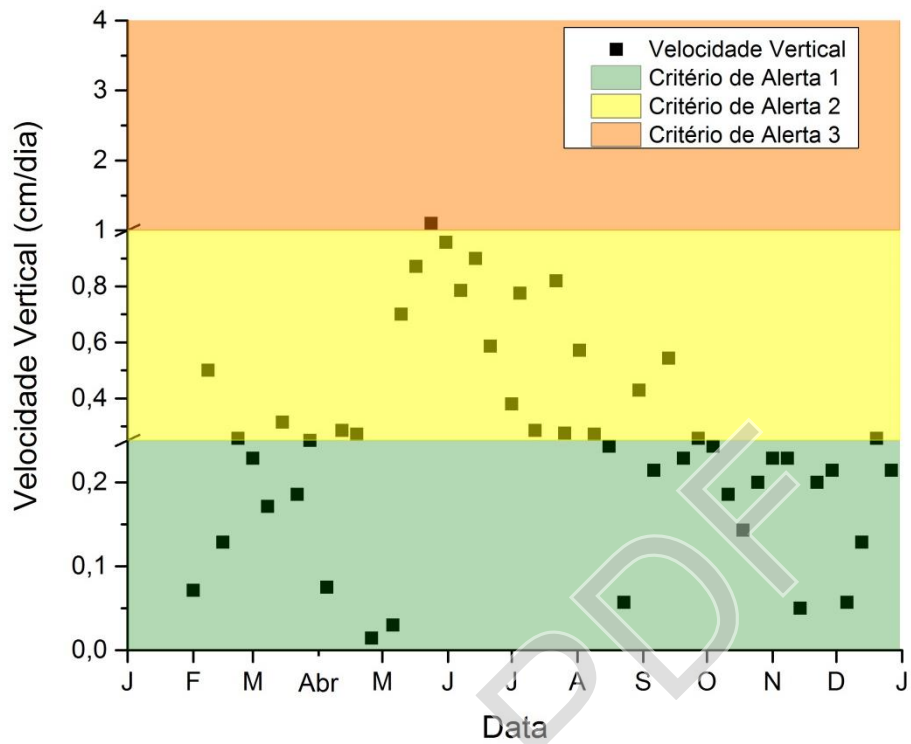


FIGURA A1.25 - VELOCIDADES VERTICAIS - L3 MS02

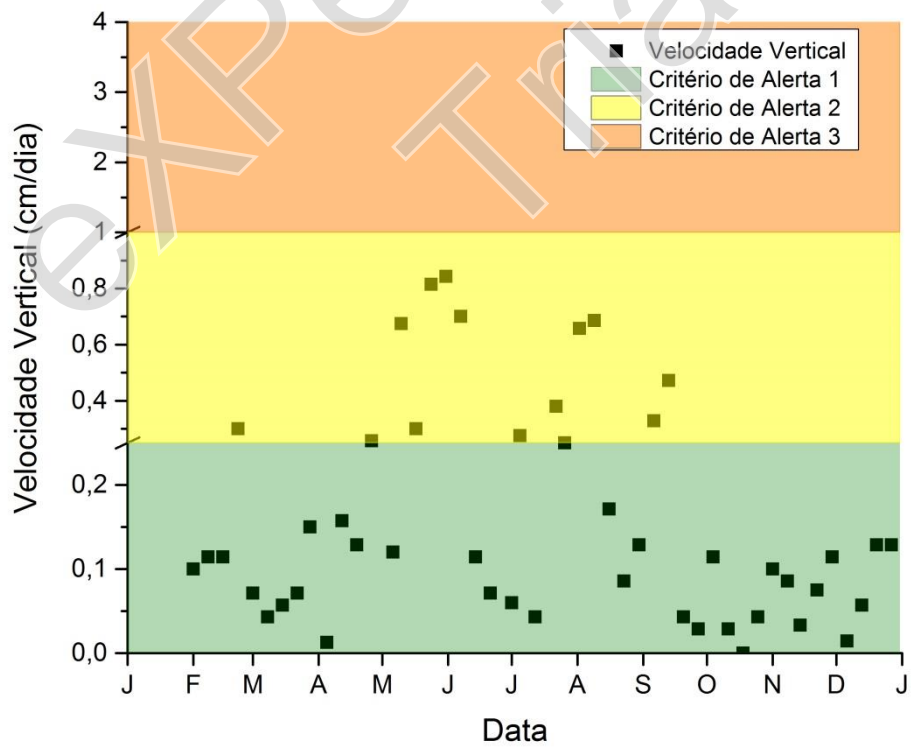


FIGURA A1.26 - VELOCIDADES VERTICAIS - L4 MS01

## APÊNDICE 2

### TABELAS E GRÁFICOS DE CHORUME E GÁS DOS PIEZÔMETROS PZ01, PZ02 E PZ03

expert PDF  
Trial

## SEÇÃO A2.1 – TABELA DE PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE CHORUME

**TABELA A2. 1 - TABELA DE PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE CHORUME MEDIDOS EM 2013**

<b>TABELA DE PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE CHORUME</b>		
<b>MESES</b>	<b>PRECIPITAÇÃO (mm)</b>	<b>VAZÃO DE CHORUME (m<sup>3</sup>/mês)</b>
Janeiro	36,40	8629,98
Fevereiro	300,40	11844,55
Março	158,00	12211,43
Abril	88,20	12863,59
Mai	94,40	11734,84
Junho	362,90	16399,17
Julho	174,60	14802,04
Agosto	40,80	13211,35
Setembro	184,40	14775,22
Outubro	99,40	11126,01
Novembro	125,60	7455,94
Dezembro	56,40	7327,96



SEÇÃO A2.2 – TABELAS DE MONITORAMENTO DOS PIEZÔMETROS PZ01 (A E B), PZ02 E PZ03

**TABELA A2.2 - MONITORAMENTO DOS PIEZÔMETROS PZ01 (A E B) DURANTE O ANO DE 2013**

TABELA DE MONITORAMENTO DOS PIEZÔMETROS - PZ01						
PIEZÔMETRO	DATA	SALIÊNCIA (m)	PROFUNDIDADE TOTAL (m)	PROFUNDIDADE MÉDIA - CÂMARA DE CARGA (m)	NÍVEL DE CHORUME (m)	
					Registro fechado	Registro aberto
PZ01A	18/01/2013	1,08	17,50	12,50	7,44	10,92
PZ01A	19/02/2013	1,08	17,50	12,50	8,47	10,07
PZ01A	19/03/2013	1,08	17,50	12,50	7,69	8,73
PZ01A	19/04/2013	1,20	17,50	12,50	7,89	8,30
PZ01A	20/05/2013	1,25	17,50	12,50	8,35	8,37
PZ01A	21/06/2013	1,30	17,50	12,50	7,78	9,03
PZ01A	22/07/2013	1,31	17,50	12,50	7,64	9,57
PZ01A	19/08/2013	1,36	17,50	12,50	7,67	9,38
PZ01A	23/09/2013	1,38	17,50	12,50	8,05	9,46
PZ01A	25/10/2013	1,38	17,50	12,50	8,83	9,98
PZ01A	22/11/2013	1,38	17,50	12,50	9,29	10,42
PZ01A	17/12/2013	1,38	17,50	12,50	10,16	12,01
PZ01B	18/01/2013	1,17	13,60	8,60	4,42	7,26
PZ01B	19/02/2013	1,17	13,60	8,60	4,40	6,03
PZ01B	19/03/2013	1,17	13,60	8,60	4,46	6,63
PZ01B	19/04/2013	1,18	13,60	8,60	4,57	5,95
PZ01B	20/05/2013	1,18	13,60	8,60	4,72	5,00
PZ01B	21/06/2013	1,19	13,60	8,60	3,91	5,33
PZ01B	22/07/2013	1,19	13,60	8,60	4,10	6,45
PZ01B	19/08/2013	1,22	13,60	8,60	3,95	5,38
PZ01B	23/09/2013	1,22	13,60	8,60	4,03	5,43
PZ01B	25/10/2013	1,22	13,60	8,60	4,18	6,15
PZ01B	22/11/2013	1,22	13,60	8,60	4,25	6,29
PZ01B	17/12/2013	1,22	13,60	8,60	4,27	6,52

**TABELA A2.3 - MONITORAMENTO DOS PIEZÔMETROS PZ02 E PZ03 DURANTE O ANO DE 2013**

TABELA DE MONITORAMENTO DOS PIEZÔMETROS - PZ02 E PZ03						
PIEZÔMETRO	DATA	SALIÊNCIA (m)	PROFUNDIDADE TOTAL (m)	PROFUNDIDADE MÉDIA - CÂMARA DE CARGA (m)	NÍVEL DE CHORUME (m)	
					Registro fechado	Registro aberto
PZ02	18/01/2013	1,08	13,30	8,30	7,13	7,16
PZ02	19/02/2013	1,08	13,30	8,30	7,50	7,54
PZ02	19/03/2013	1,08	13,30	8,30	9,02	9,02
PZ02	19/04/2013	1,08	13,30	8,30	6,92	7,00
PZ02	20/05/2013	1,19	13,30	8,30	6,94	7,01
PZ02	21/06/2013	1,19	13,30	8,30	6,62	7,83
PZ02	22/07/2013	1,19	13,30	8,30	6,53	6,56
PZ02	19/08/2013	1,09	13,30	8,30	6,51	6,56
PZ02	23/09/2013	1,19	13,30	8,30	6,50	6,57
PZ02	25/10/2013	1,19	13,30	8,30	6,58	6,70
PZ02	22/11/2013	1,19	13,30	8,30	6,59	6,69
PZ02	17/12/2013	1,19	13,30	8,30	6,63	6,69
PZ03	18/01/2013	1,10	9,20	4,20	4,63	4,67
PZ03	19/02/2013	1,10	9,20	4,20	4,70	4,88
PZ03	19/03/2013	1,10	9,20	4,20	4,83	4,88
PZ03	19/04/2013	1,13	9,20	4,20	4,70	4,72
PZ03	20/05/2013	1,15	9,20	4,20	4,58	4,61
PZ03	21/06/2013	1,17	9,20	4,20	4,56	4,66
PZ03	22/07/2013	1,17	9,20	4,20	4,34	4,36
PZ03	19/08/2013	1,18	9,20	4,20	4,22	4,23
PZ03	23/09/2013	1,18	9,20	4,20	4,17	4,18
PZ03	25/10/2013	1,18	9,20	4,20	4,26	4,27
PZ03	22/11/2013	1,18	9,20	4,20	4,18	4,24
PZ03	17/12/2013	1,18	9,20	4,20	4,04	4,10

SEÇÃO A2.3. – GRÁFICOS DE VARIAÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME (REGISTRO ABERTO) COM A PRECIPITAÇÃO E A VAZÃO DE PERCOLADO

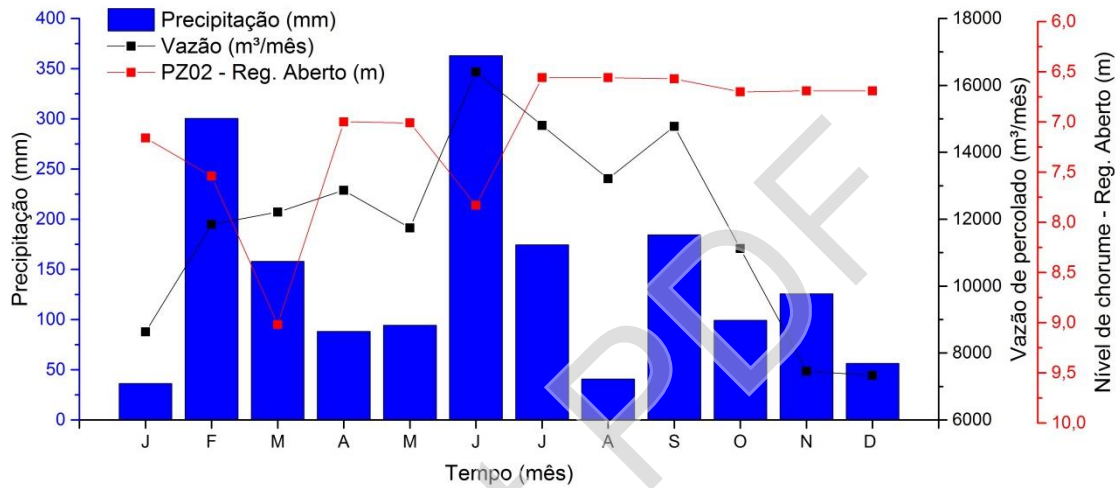


FIGURA A2. 1 - VARIAÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME MEDIDO NO PZ02 (REGISTRO ABERTO) COM RELAÇÃO A PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE PERCOLADO

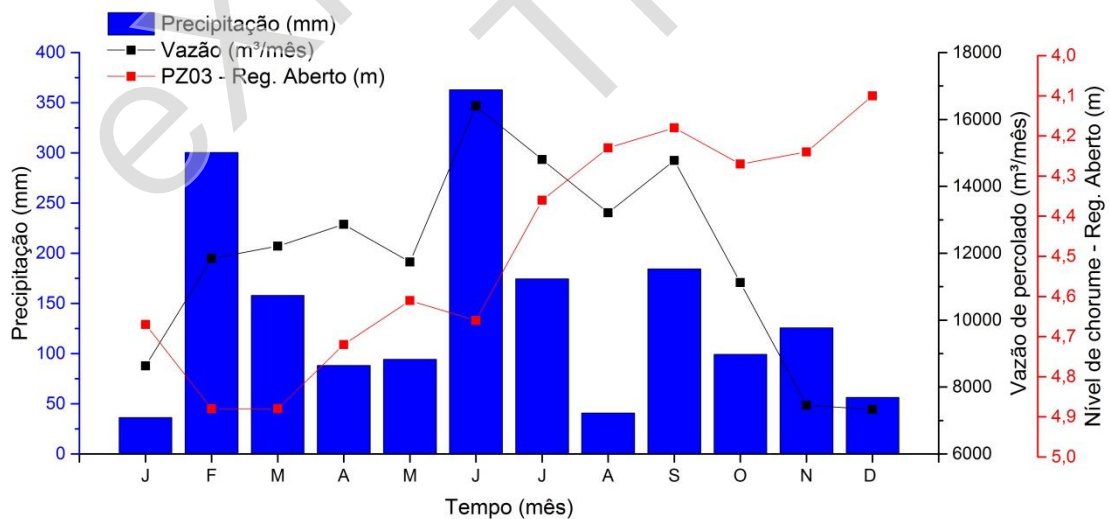


FIGURA A2. 2 - VARIAÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME MEDIDO NO PZ03 (REGISTRO ABERTO) COM RELAÇÃO A PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE PERCOLADO

SEÇÃO A2.4 – GRÁFICOS DE VARIAÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME (REGISTRO FECHADO) COM A PRECIPITAÇÃO E A VAZÃO DE PERCOLADO

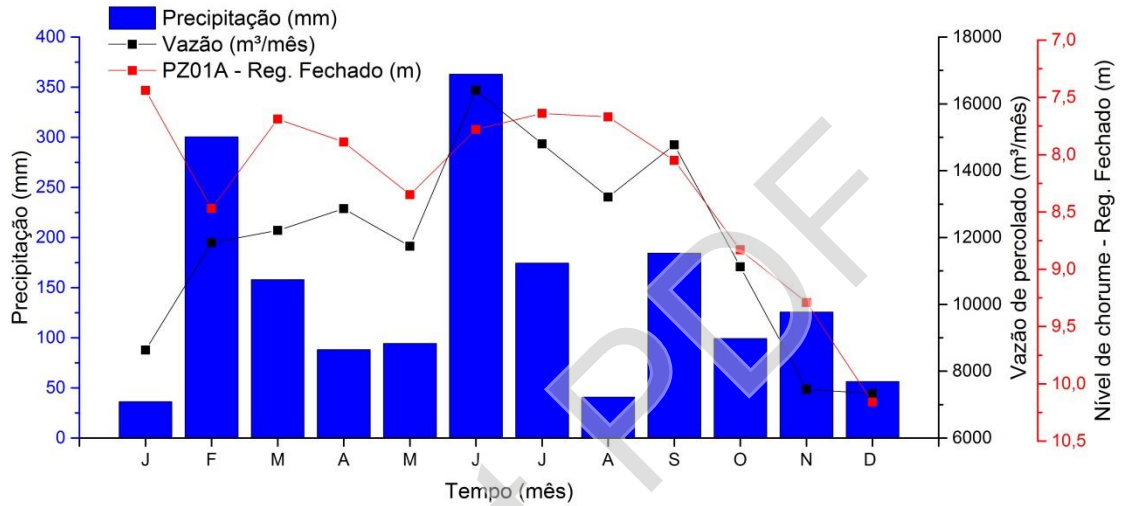
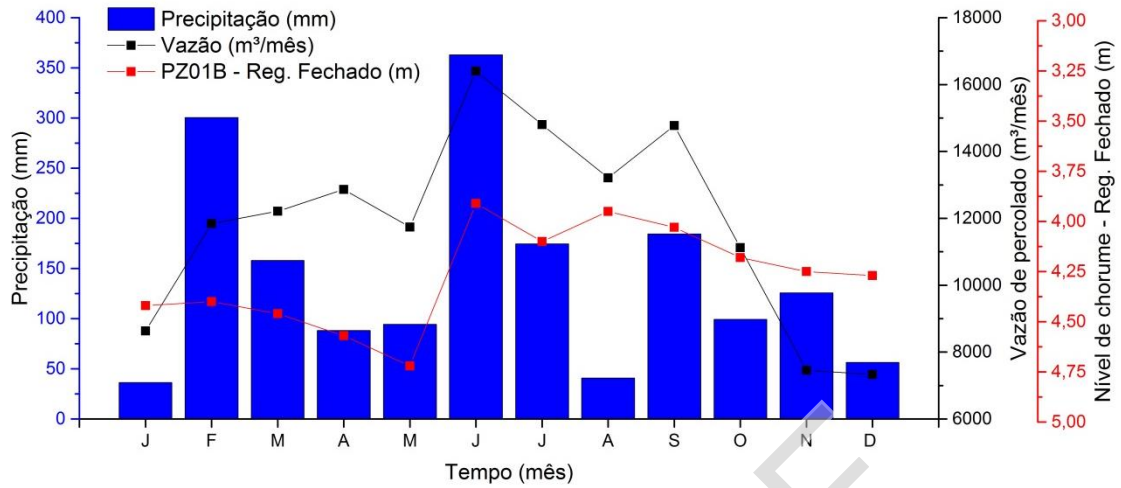
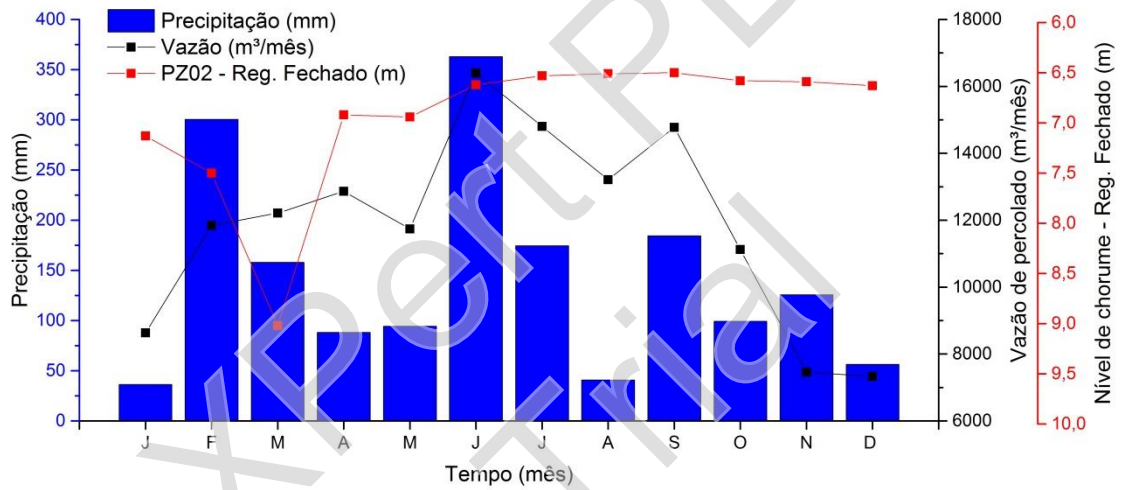


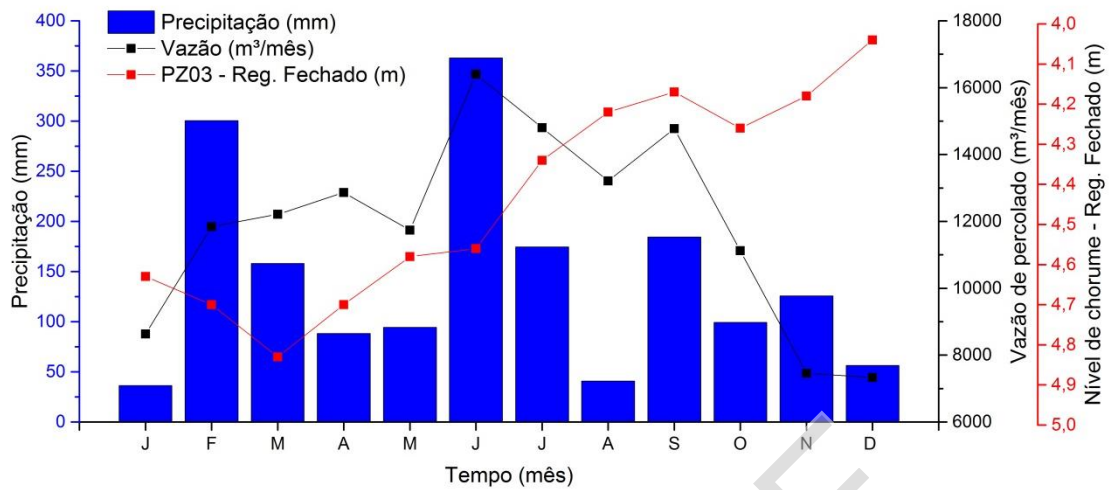
FIGURA A2.3 - VARIAÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME MEDIDO NO PZ01A (REGISTRO FECHADO) COM RELAÇÃO A PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE PERCOLADO



**FIGURA A2.4 - VARIAÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME MEDIDO NO PZ01B (REGISTRO FECHADO) COM RELAÇÃO A PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE PERCOLADO**



**FIGURA A2.5 - VARIAÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME MEDIDO NO PZ02 (REGISTRO FECHADO) COM RELAÇÃO A PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE PERCOLADO**



**FIGURA A2.6 -VARIÇÃO DO NÍVEL DE CHORUME MEDIDO NO PZ03 (REGISTRO FECHADO) COM RELAÇÃO A PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DE PERCOLADO**

### APÊNDICE 3

**TABELAS, GRÁFICOS E CÍRCULOS CRÍTICOS REFERENTES AOS FATORES DE SEGURANÇA, RELACIONADOS À PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE CHORUME, VELOCIDADES HORIZONTAIS E VERTICAIS DOS MARCOS SUPERFICIAIS.**

expert PDF  
Trial

SEÇÃO A3.1 – RELAÇÃO ENTRE FATORES DE SEGURANÇA PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE CHORUME MEDIDOS NOS PIEZÔMETROS REFERENTES ÀS SEÇÕES DE ESTUDO.

TABELA A3.1 - RELAÇÃO ENTRE FATOR DE SEGURANÇA, PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE CHORUME MEDIDOS NO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE

RELAÇÃO ENTRE FATOR DE SEGURANÇA, PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE CHORUME						
MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm)	VAZÃO DE CHORUME (m <sup>3</sup> /mês)	PIEZÔMETROS CONSIDERADOS	NÍVEL DE CHORUME - REG. ABERTO (m)	FATOR DE SEGURANÇA	
					Bishop simplificado	Spencer
Janeiro	36,4	8629,98	PZ01A	10,92	2,157	2,157
			PZ01B	7,26	1,890	1,894
Fevereiro	300,4	11844,55	PZ01A	10,07	1,970	1,970
			PZ01B	6,03	1,627	1,632
Março	158	12211,43	PZ02	9,02	1,977	1,977
Abril	88,2	12863,59	PZ02	7	1,775	1,777
Maio	94,4	11734,84	PZ03	4,61	2,783	2,784
Junho	362,9	16399,17	PZ03	4,66	1,772	1,777
Julho	174,6	14802,04	PZ01A	9,57	1,972	1,973
			PZ01B	6,45	1,665	1,668
Agosto	40,8	13211,35	PZ01A	9,38	1,933	1,934
			PZ01B	5,38	1,624	1,630
Setembro	184,4	14775,22	PZ02	6,57	1,655	1,657
Outubro	99,4	11126,01	PZ02	6,7	1,806	1,808
Novembro	125,6	7455,94	PZ03	4,24	1,988	1,991
Dezembro	56,4	7327,96	PZ03	4,1	1,750	1,756



SEÇÃO A3.2 – RELAÇÃO ENTRE FATORES DE SEGURANÇA E NÍVEIS DE CHORUME MEDIDOS NOS PIEZÔMETROS

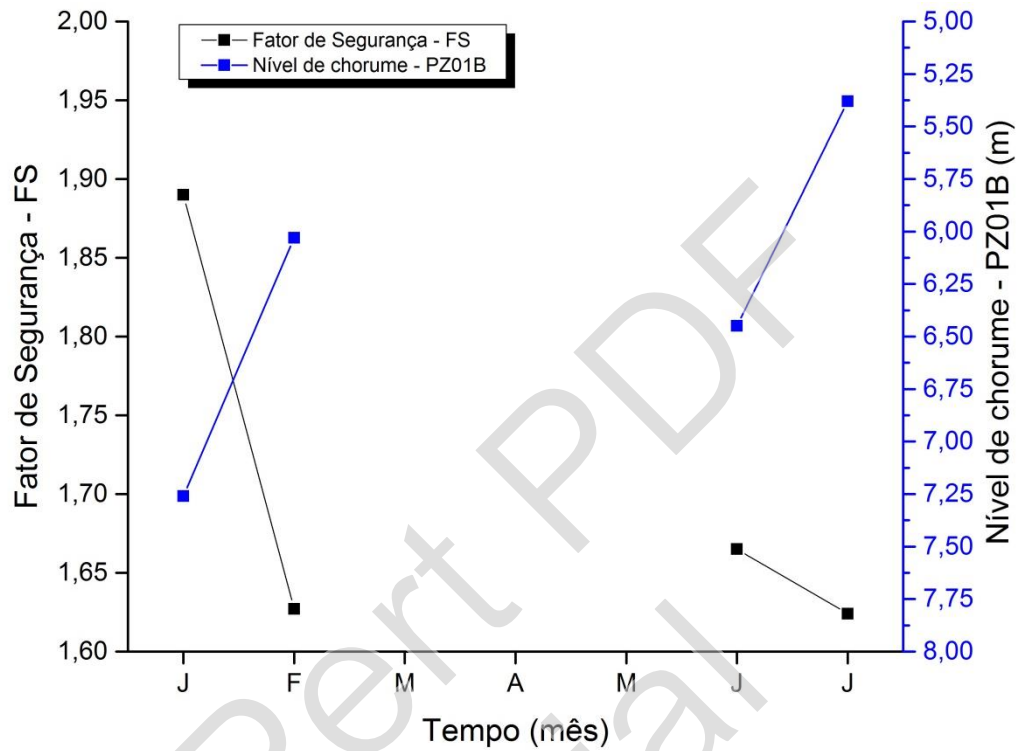


FIGURA A3.1 - VARIACÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA COM OS NÍVEIS DE CHORUME MEDIDOS NO PZ01B

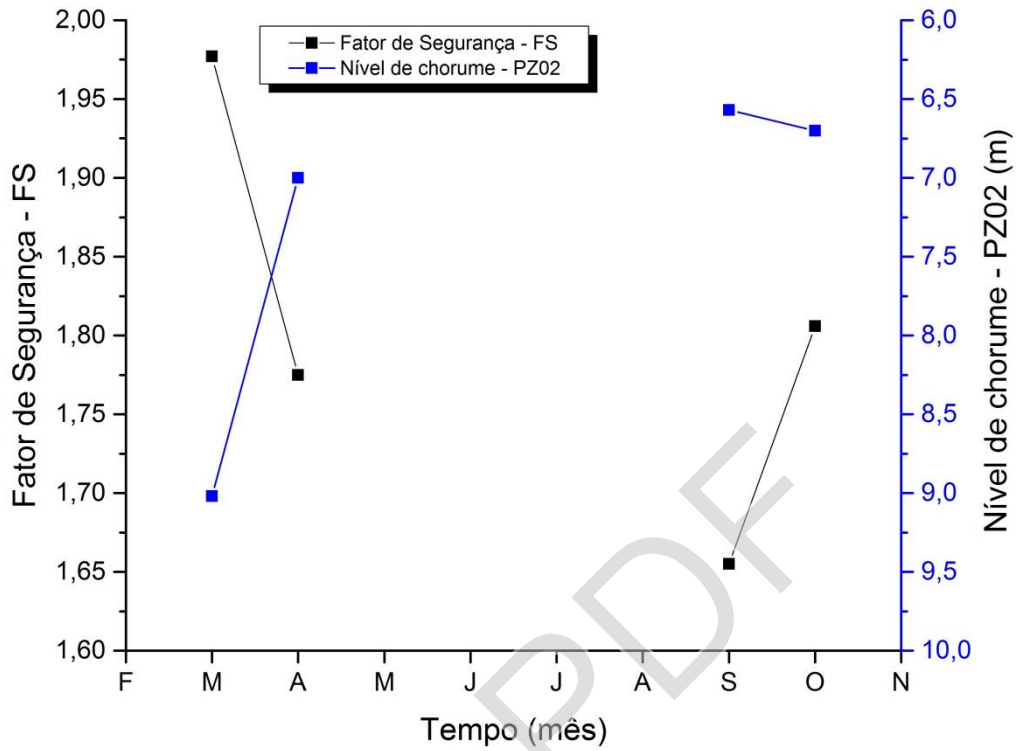


FIGURA A3. 2 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA COM OS NÍVEIS DE CHORUME MEDIDOS NO PZ02

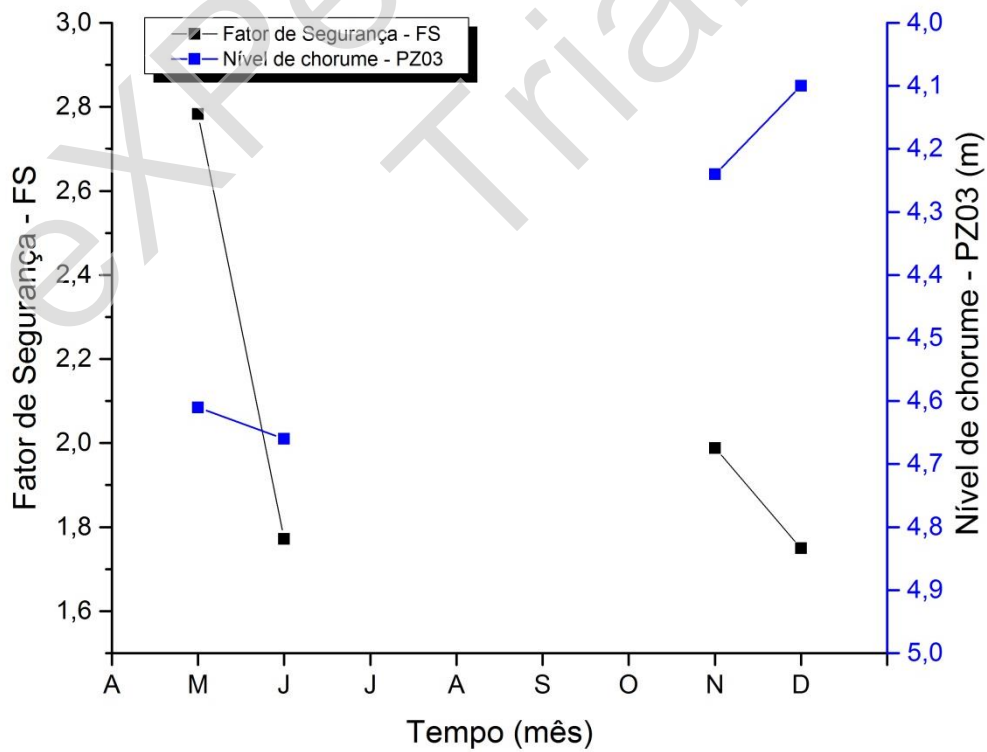


FIGURA A3.3 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA COM OS NÍVEIS DE CHORUME MEDIDOS NO PZ03

SEÇÃO A3.3. – RELAÇÃO ENTRE FATORES DE SEGURANÇA E VELOCIDADES HORIZONTAIS MEDIDOS NOS MARCOS SUPERFICIAIS

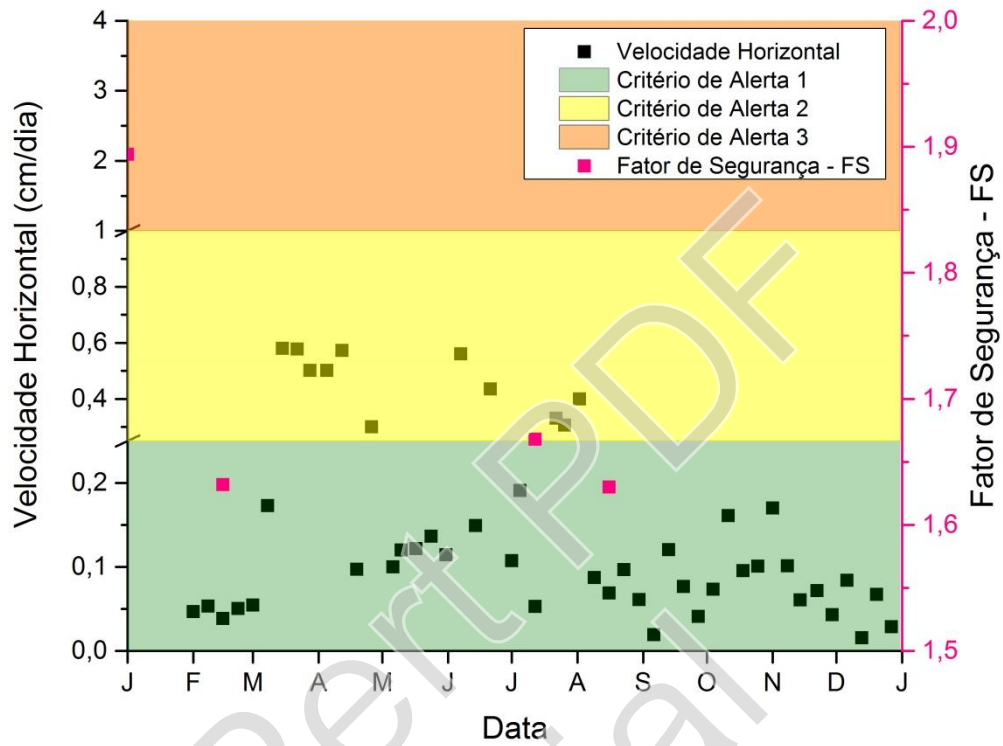
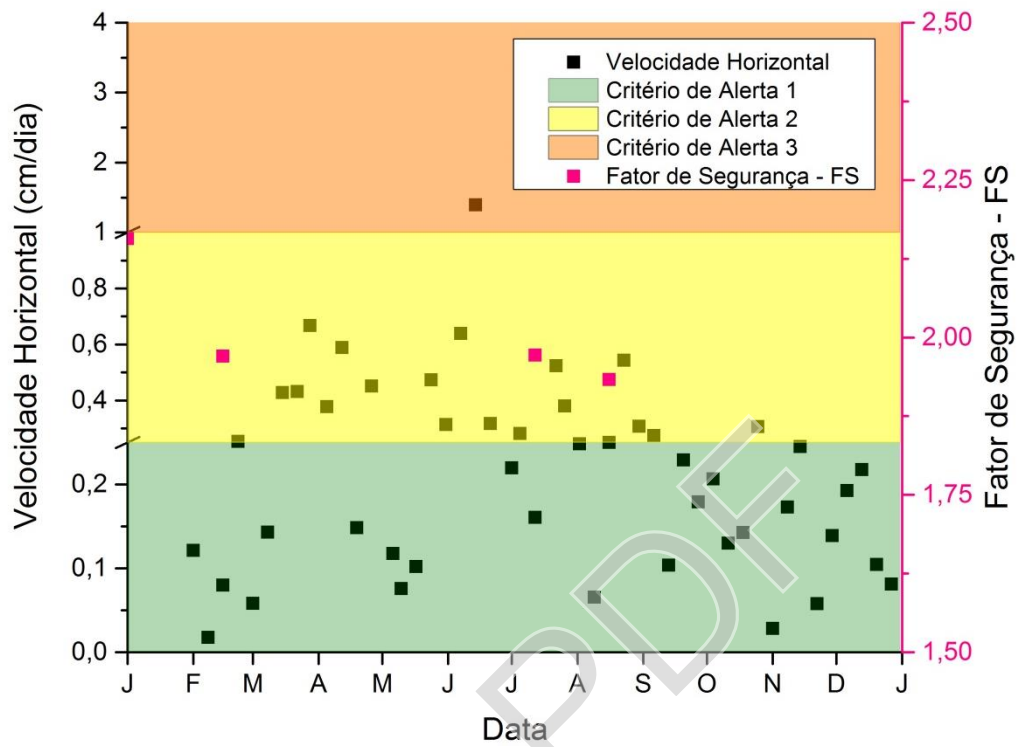
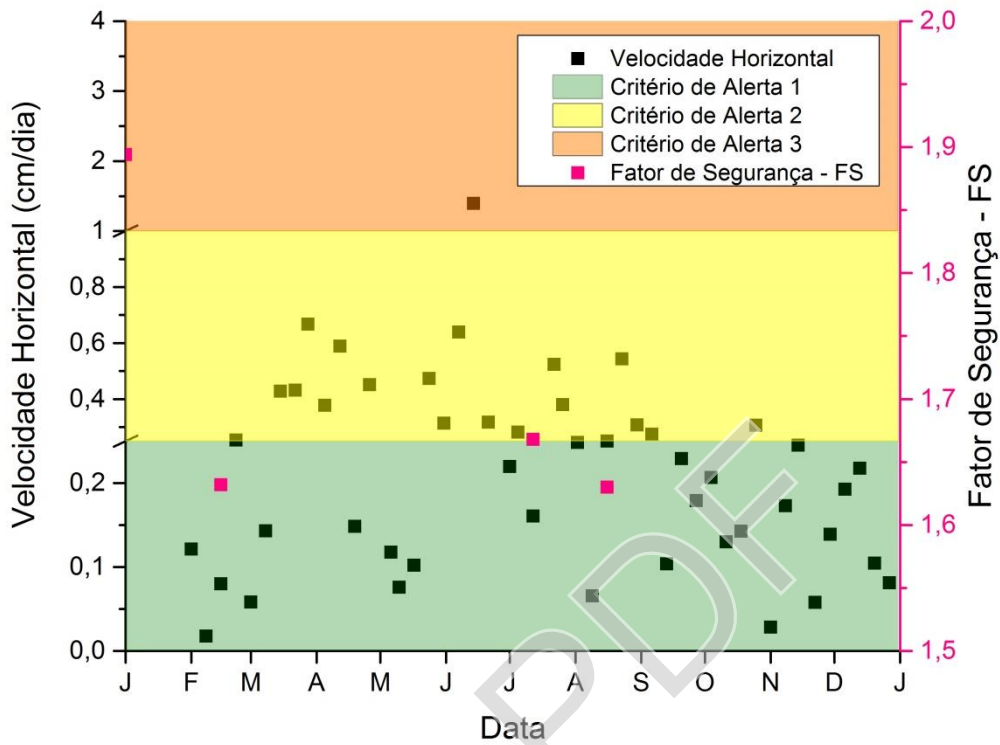


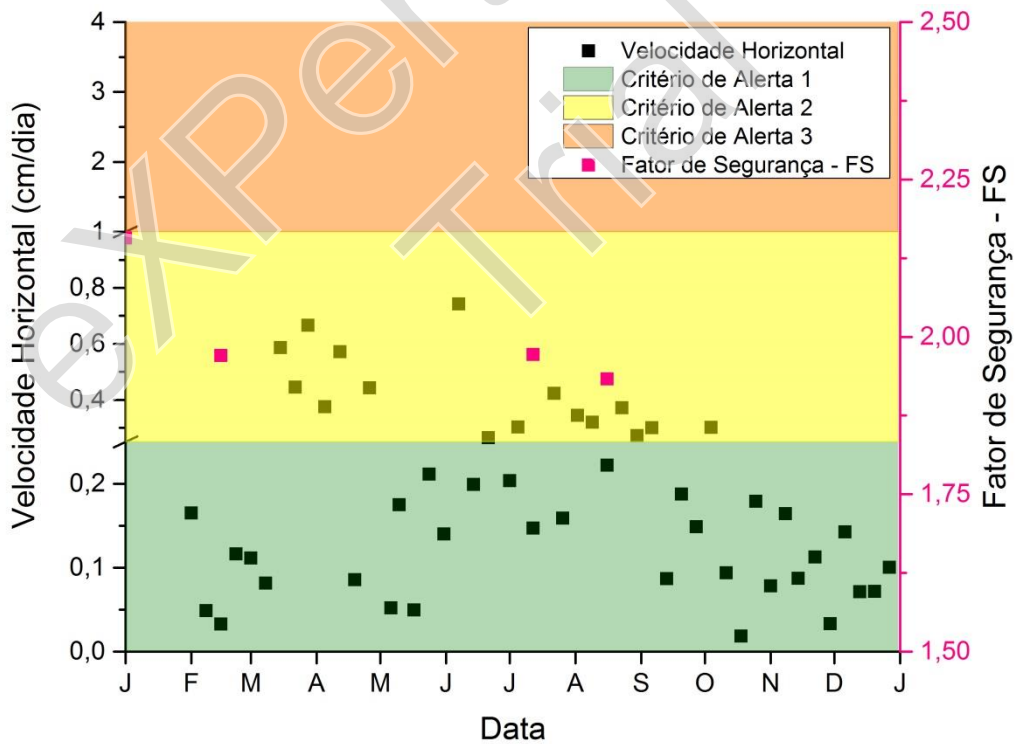
FIGURA A3.4 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA, MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01B), COM AS VELOCIDADES HORIZONTAIS DO L1 MS01



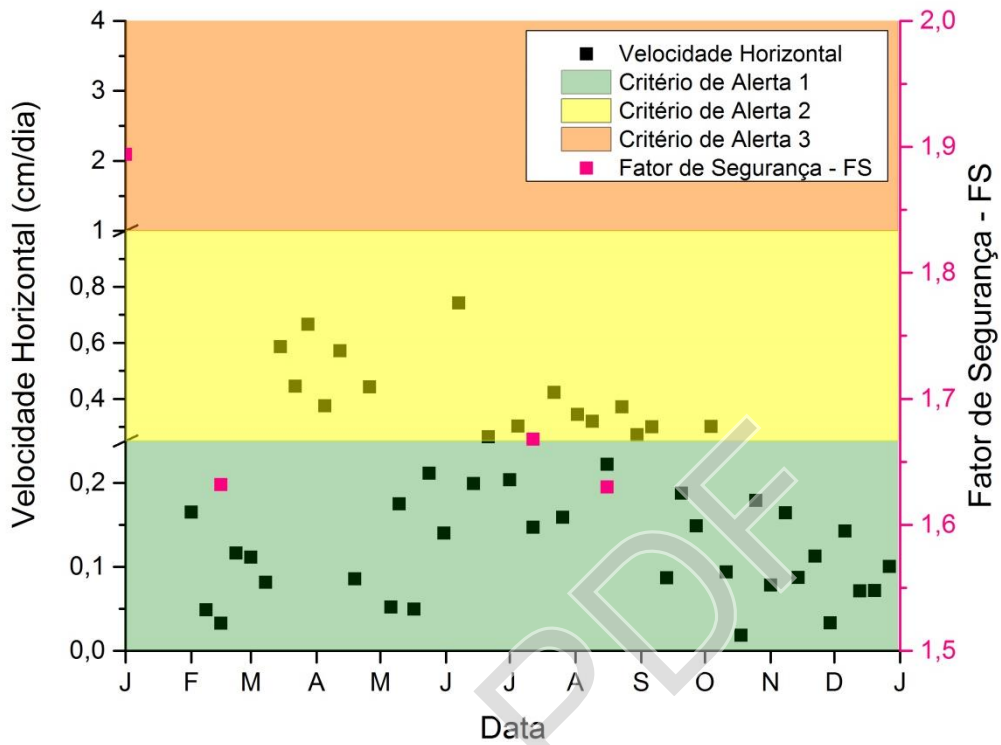
**FIGURA A3.5 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01A) COM AS VELOCIDADES HORIZONTAIS DO L1 MS02**



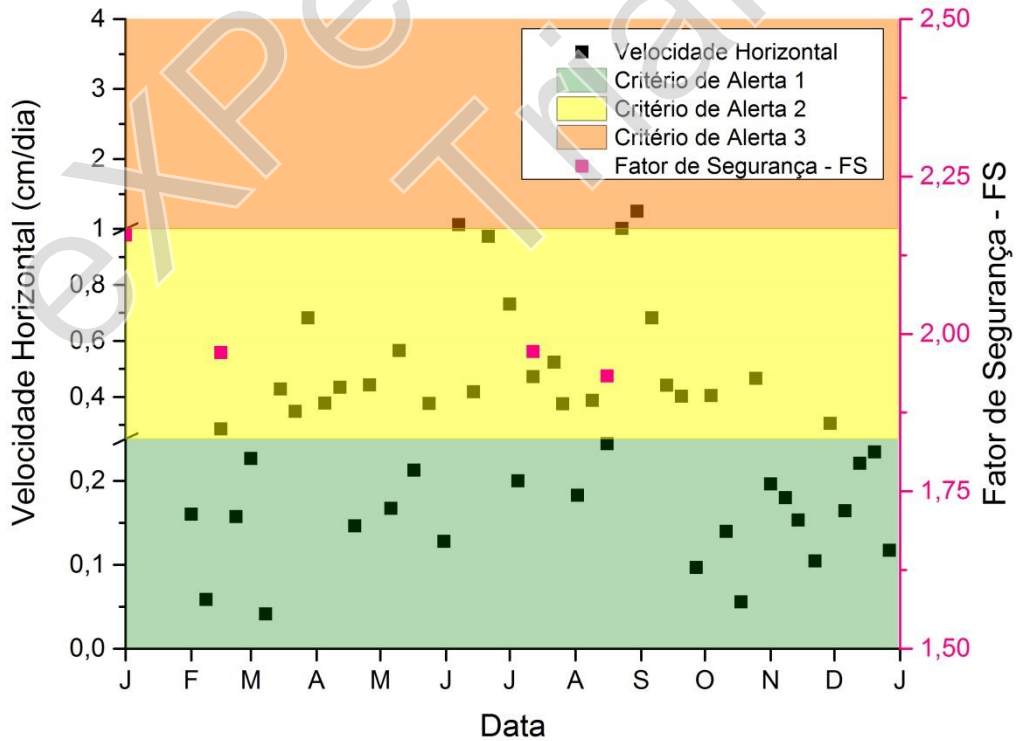
**FIGURA A3.6 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01B) COM AS VELOCIDADES HORIZONTAIS DO L1 MS02**



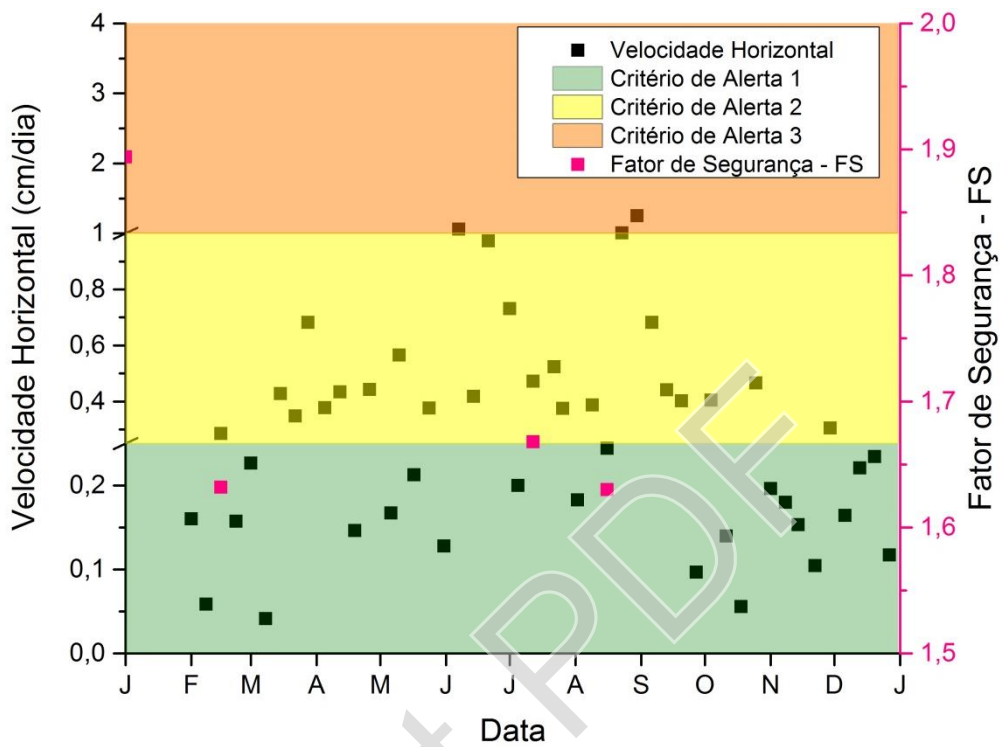
**FIGURA A3.7 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01A) COM AS VELOCIDADES HORIZONTAIS DO L2 MS01**



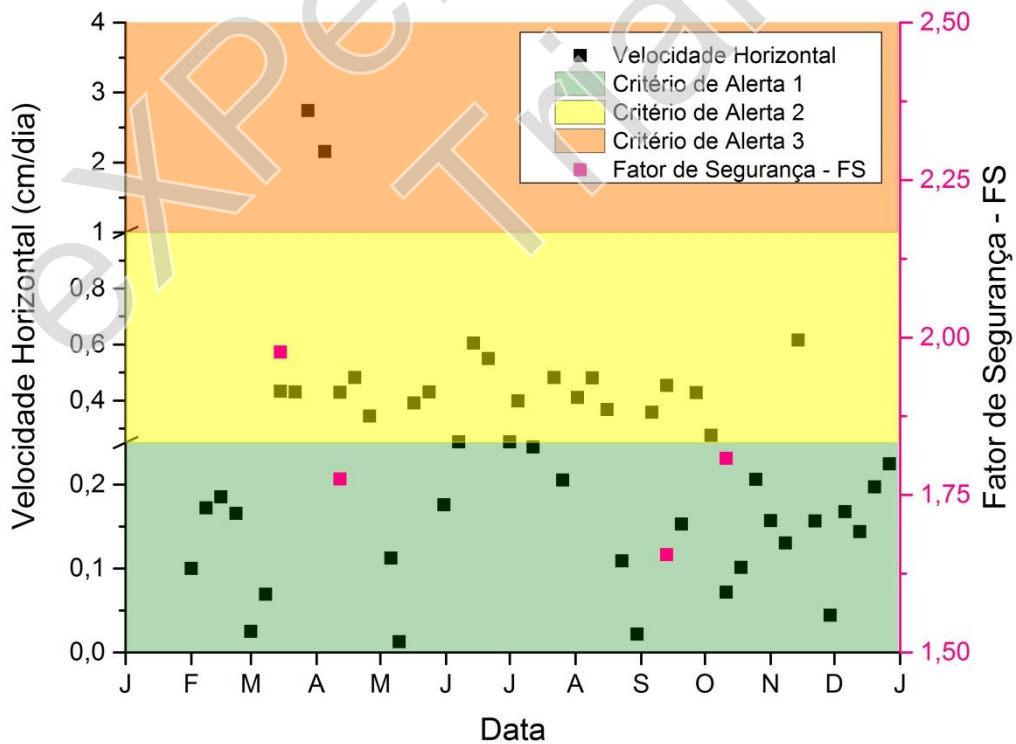
**FIGURA A3.8 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01B) COM AS VELOCIDADES HORIZONTAIS DO L2 MS01**



**FIGURA A3.9 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01A) COM AS VELOCIDADES HORIZONTAIS DO L2 MS02**



**FIGURA A3.10 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01B) COM AS VELOCIDADES HORIZONTAIS DO L2 MS02**



**FIGURA A3.11 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ02) COM AS VELOCIDADES HORIZONTAIS DO L3 MS01**

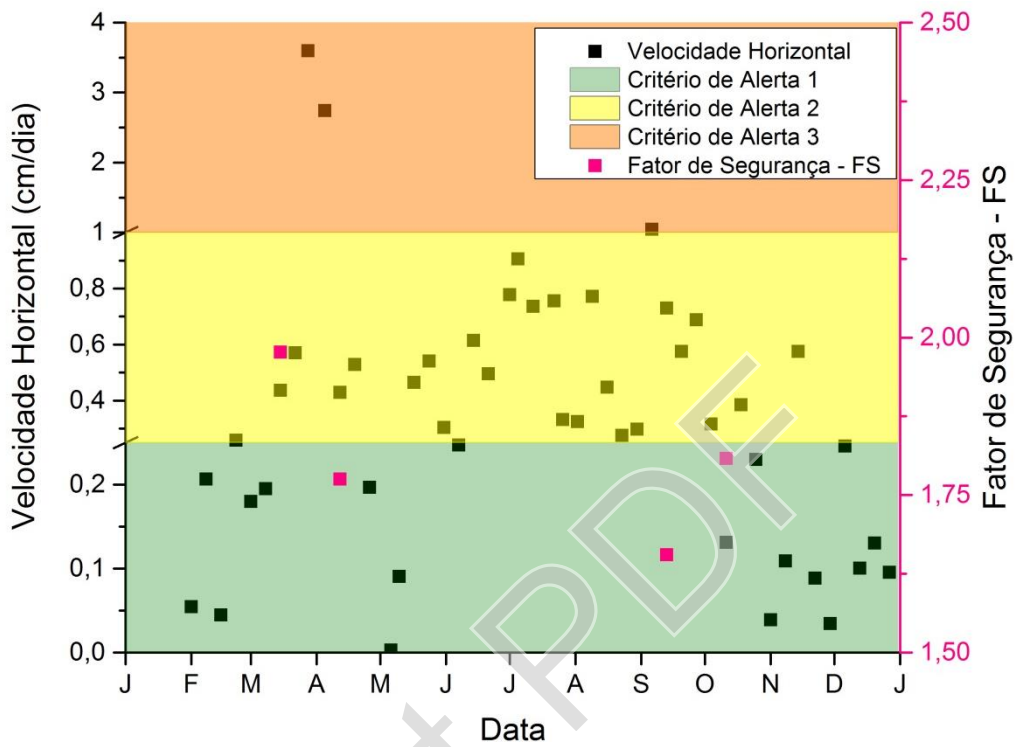


FIGURA A3.12 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ02) COM AS VELOCIDADES HORIZONTAIS DO L3 MS02

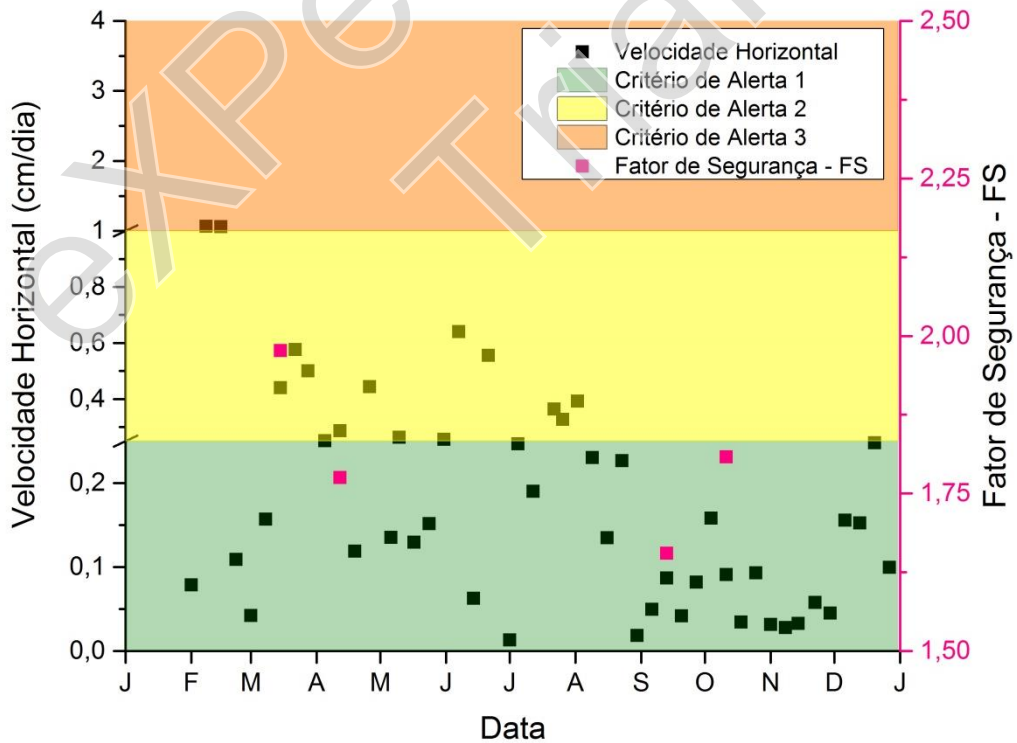
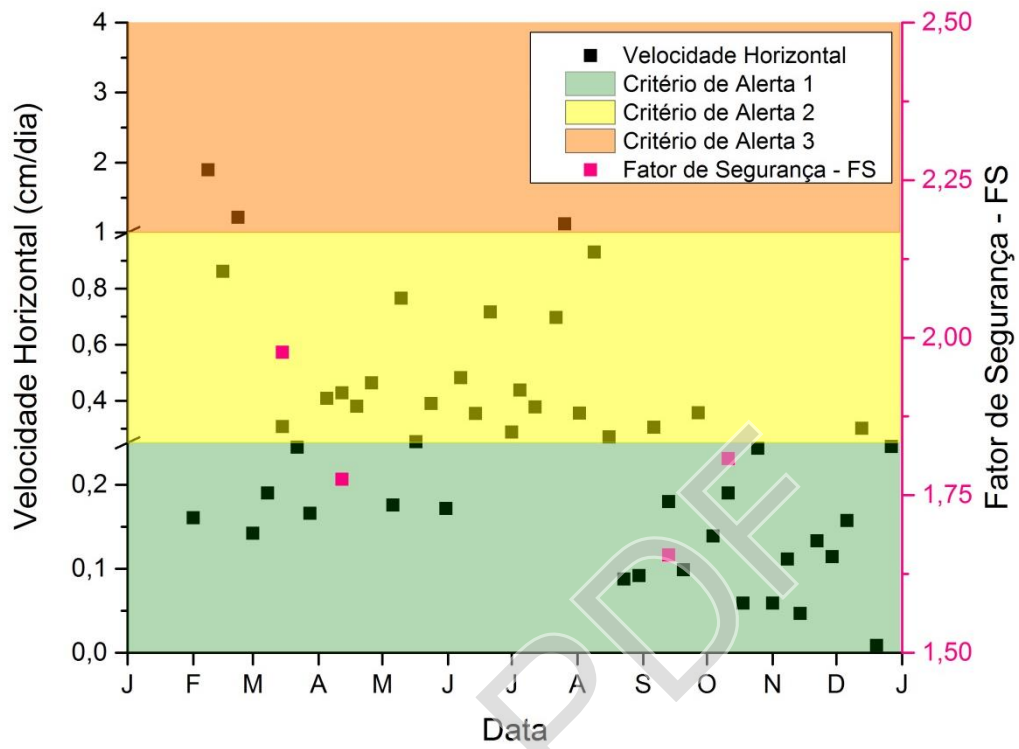


FIGURA A3.13 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ02) COM AS VELOCIDADES HORIZONTAIS DO L4 MS01





**FIGURA A3.14 - VARIÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ02) COM AS VELOCIDADES HORIZONTAIS DO L4 MS02**

SEÇÃO A3.4. – RELAÇÃO ENTRE FATORES DE SEGURANÇA E VELOCIDADES VERTICAIS MEDIDOS NOS MARCOS SUPERFICIAIS

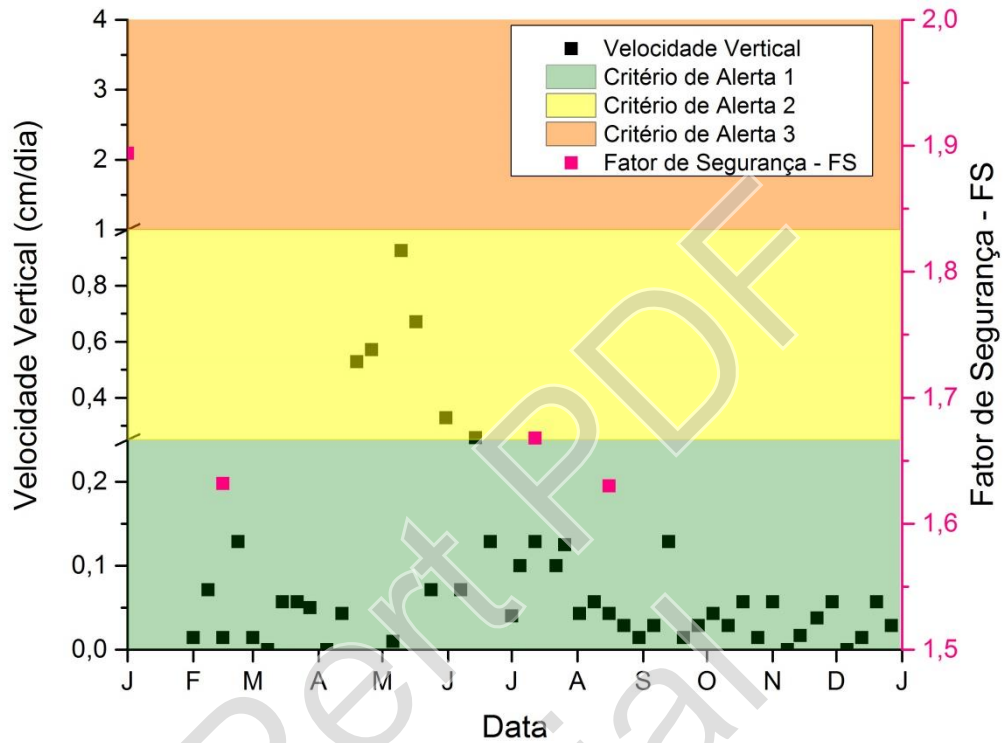


FIGURA A3.15 - VARIACÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01B) COM AS VELOCIDADES VERTICAIS DO L1 MS01

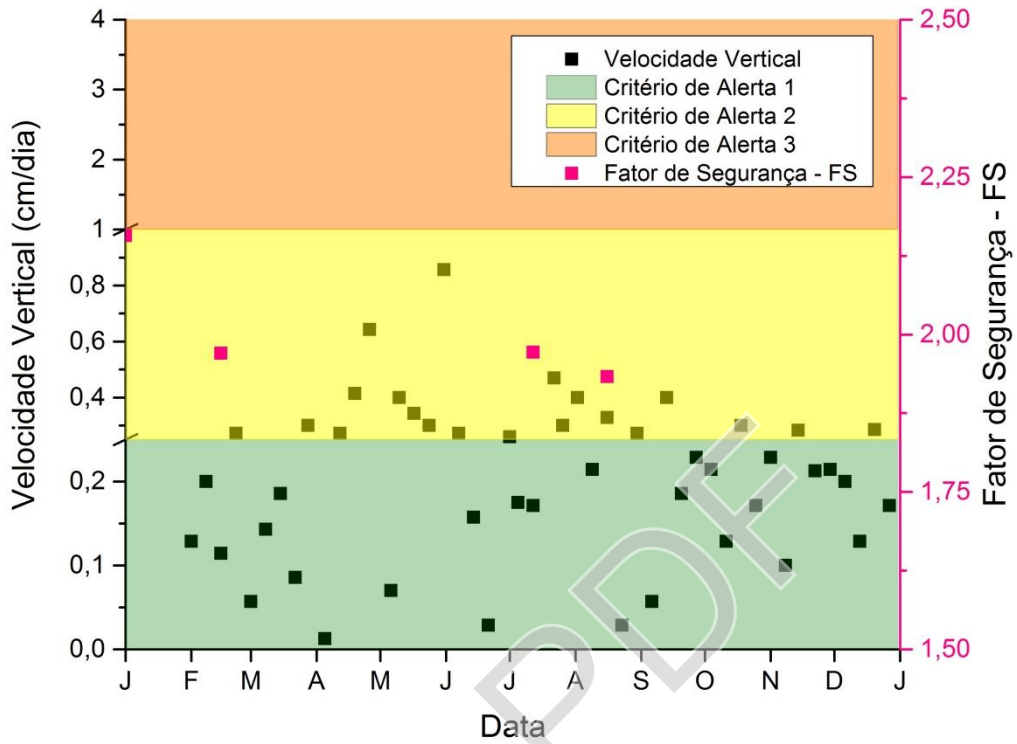


FIGURA A3.16 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01A) COM AS VELOCIDADES VERTICAIS DO L1 MS02

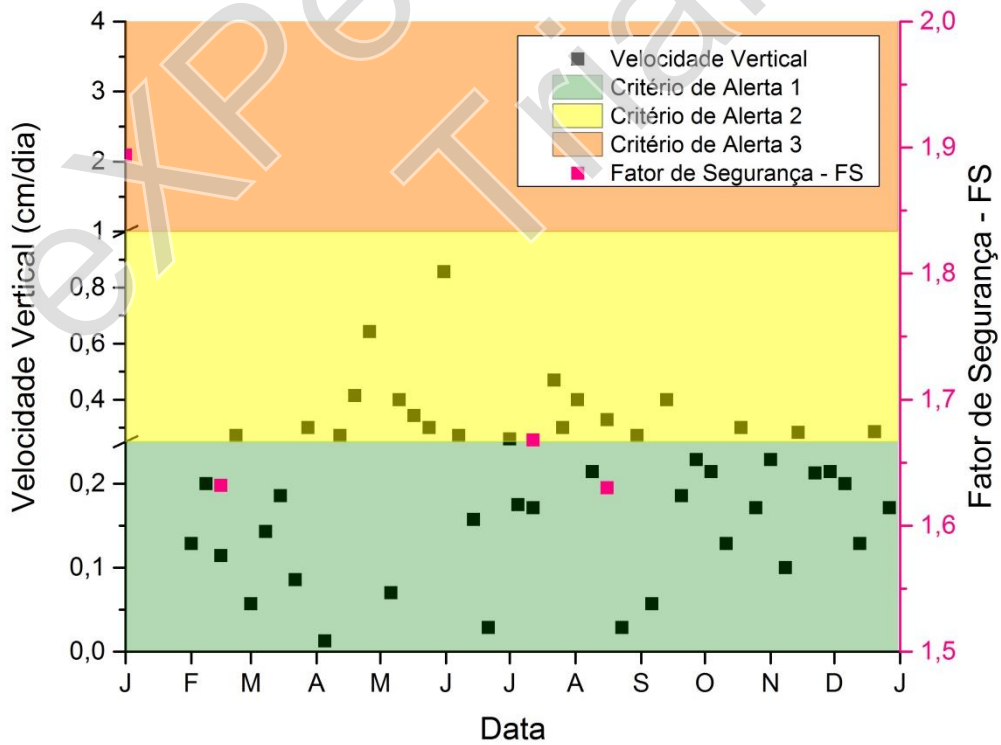


FIGURA A3.17 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01B) COM AS VELOCIDADES VERTICAIS DO L1 MS02

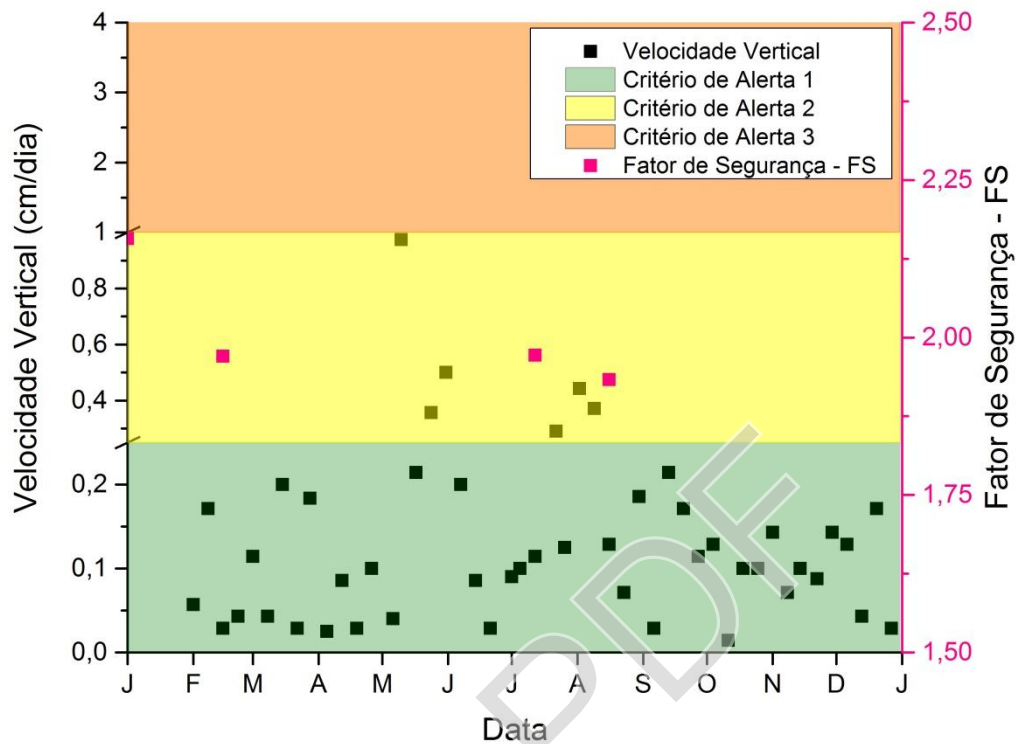


FIGURA A3.18 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01A) COM AS VELOCIDADES VERTICAIS DO L2 MS01

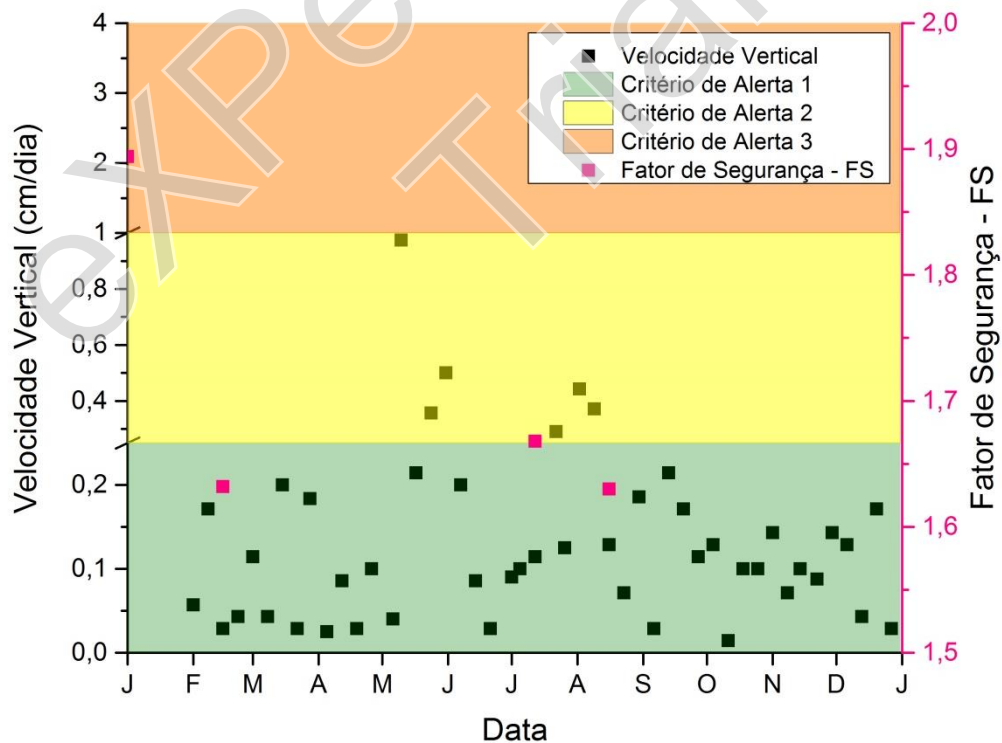
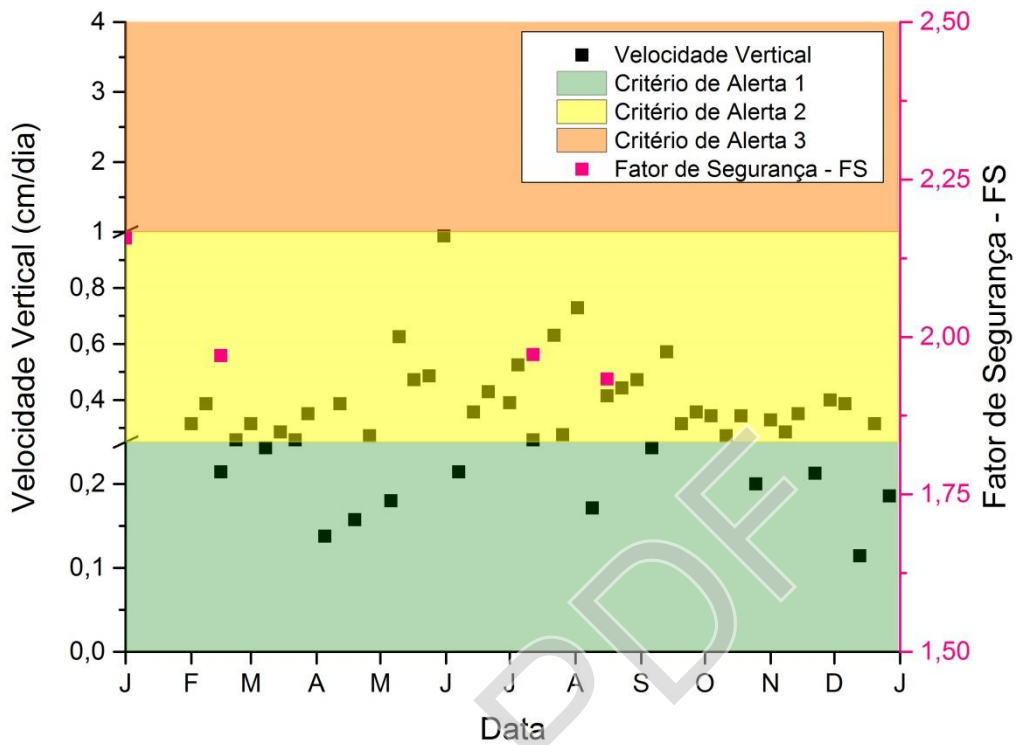
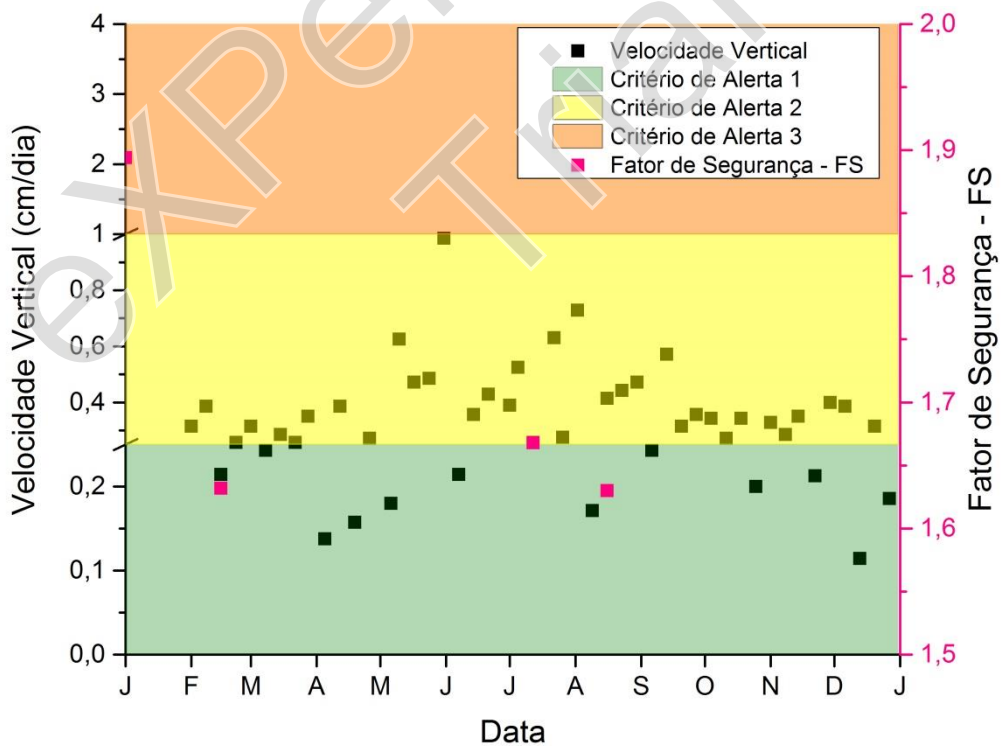


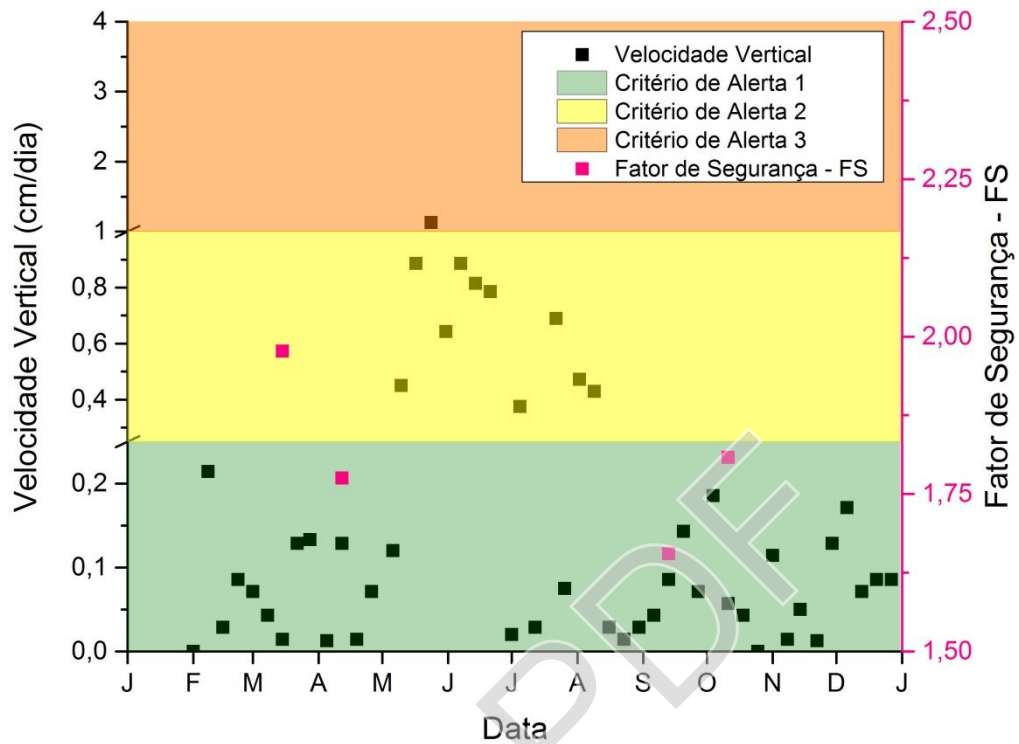
FIGURA A3.19 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01B) COM AS VELOCIDADES VERTICAIS DO L2 MS01



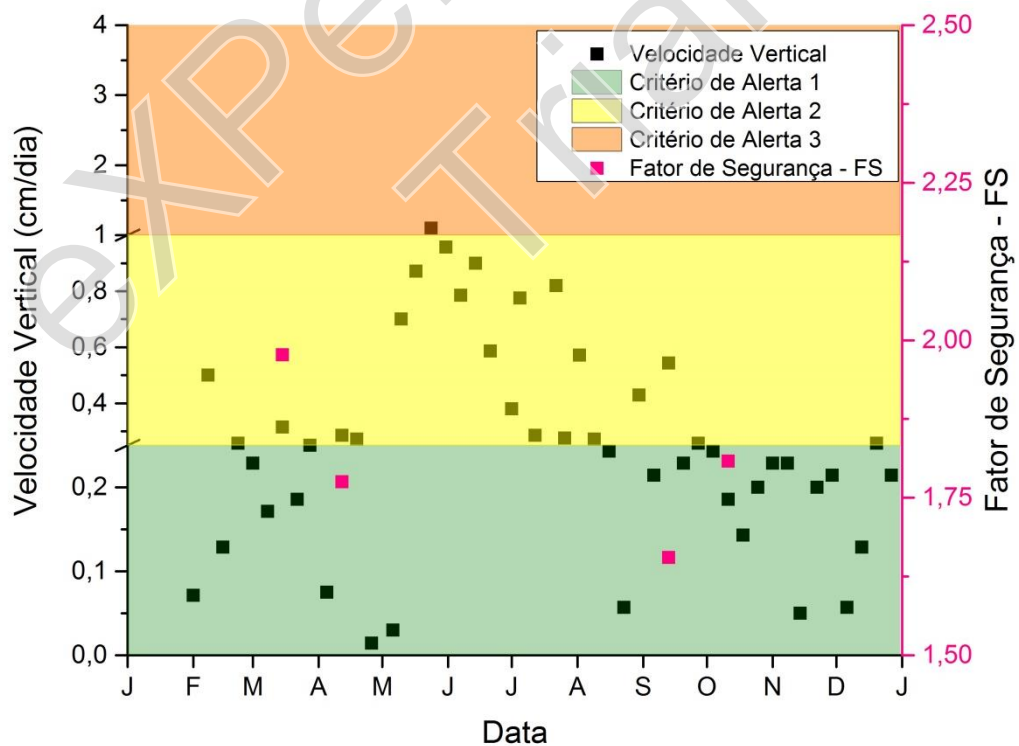
**FIGURA A3.20 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01A) COM AS VELOCIDADES VERTICAIS DO L2 MS02**



**FIGURA A3.21 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ01B) COM AS VELOCIDADES VERTICAIS DO L2 MS02**



**FIGURA A3.22 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ02) COM AS VELOCIDADES VERTICAIS DO L3 MS01**



**FIGURA A3.23 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ02) COM AS VELOCIDADES VERTICAIS DO L3 MS02**

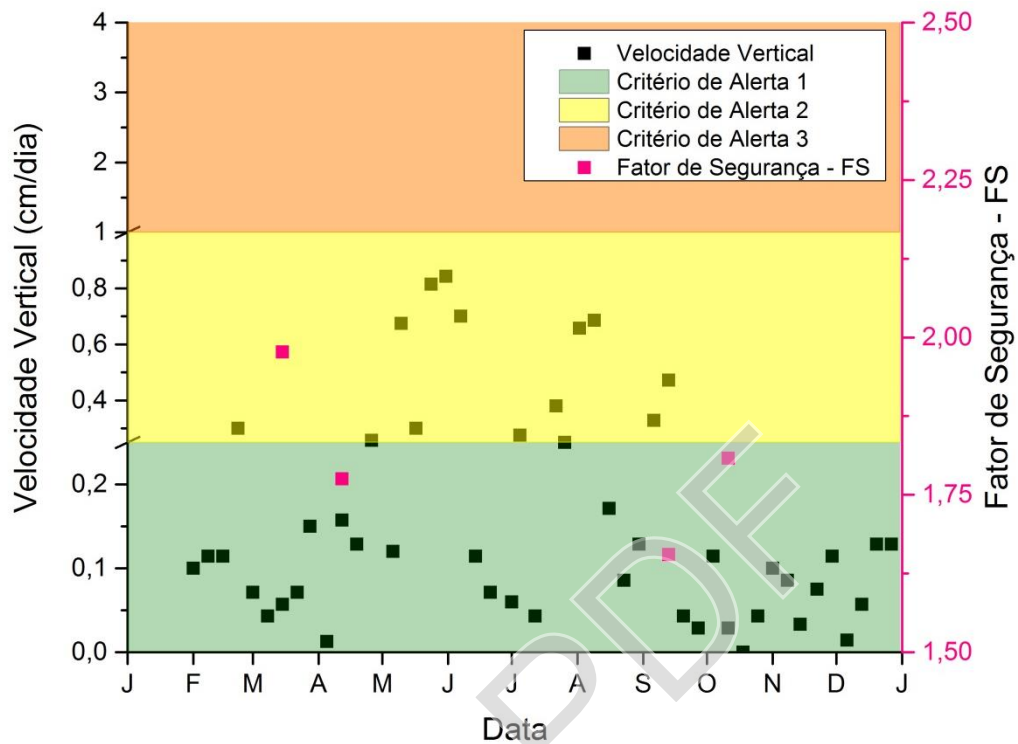


FIGURA A3.24 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ02) COM AS VELOCIDADES VERTICAIS DO L4 MS01

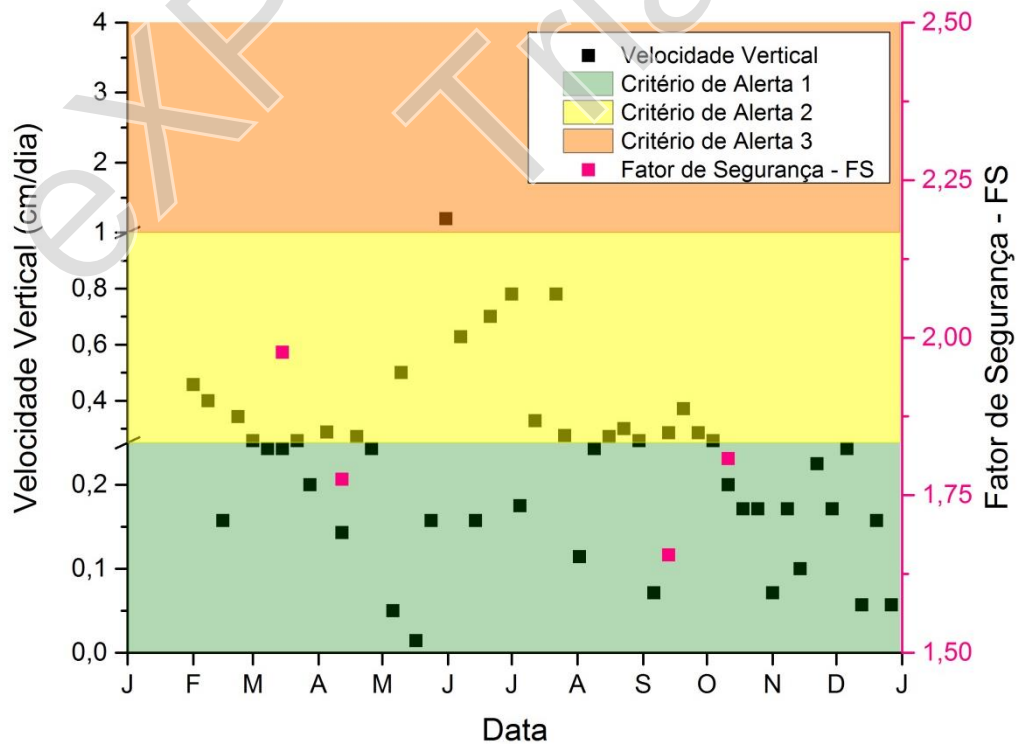


FIGURA A3.25 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA MEDIDOS ATRAVÉS DO NÍVEL DE CHORUME (PZ02) COM AS VELOCIDADES VERTICAIS DO L4 MS02

SEÇÃO A3.5. – VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA NAS SEÇÕES 1, 2 E 3 CALCULADOS A PARTIR DOS NÍVEIS REGISTRADOS NOS PIEZÔMETROS PZ01 (A E B), PZ02 E PZ03 DURANTE O ANO DE 2013

TABELA A3.2 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA DA SEÇÃO 1 COM PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE PERCOLADO (PZ01A)

RELAÇÃO ENTRE FATOR DE SEGURANÇA, PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE CHORUME - PZ01A						
MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm)	VAZÃO DE CHORUME (m <sup>3</sup> /mês)	PIEZÔMETRO CONSIDERADO	NÍVEL DE CHORUME - REG. ABERTO (m)	FATOR DE SEGURANÇA	
					Bishop simplificado	Spencer
Janeiro	36,4	8629,98	PZ01A	10,92	2,157	2,157
Fevereiro	300,4	11844,55	PZ01A	10,07	2,095	2,096
Março	158	12211,43	PZ01A	8,73	1,998	2,000
Abril	88,2	12863,59	PZ01A	8,30	1,966	1,969
Mai	94,4	11734,84	PZ01A	8,37	1,971	1,974
Junho	362,9	16399,17	PZ01A	9,03	2,020	2,021
Julho	174,6	14802,04	PZ01A	9,57	1,972	1,975
Agosto	40,8	13211,35	PZ01A	9,38	1,961	1,961
Setembro	184,4	14775,22	PZ01A	9,46	1,965	1,966
Outubro	99,4	11126,01	PZ01A	9,98	1,997	1,997
Novembro	125,6	7455,94	PZ01A	10,42	2,023	2,023
Dezembro	56,4	7327,96	PZ01A	12,01	2,117	2,116



**TABELA A3.3 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA DA SEÇÃO 1 COM PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE PERCOLADO (PZ01B)**

<b>RELAÇÃO ENTRE FATOR DE SEGURANÇA, PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE CHORUME - PZ01B</b>						
<b>MÊS</b>	<b>PRECIPITAÇÃO (mm)</b>	<b>VAZÃO DE CHORUME (m³/mês)</b>	<b>PIEZÔMETRO CONSIDERADO</b>	<b>NÍVEL DE CHORUME - REG. ABERTO (m)</b>	<b>FATOR DE SEGURANÇA</b>	
					<b>Bishop simplificado</b>	<b>Spencer</b>
Janeiro	36,4	8629,98	PZ01B	7,26	1,890	1,894
Fevereiro	300,4	11844,55	PZ01B	6,03	1,801	1,804
Março	158	12211,43	PZ01B	6,63	1,845	1,848
Abril	88,2	12863,59	PZ01B	5,95	1,795	1,798
Maio	94,4	11734,84	PZ01B	5,00	1,725	1,729
Junho	362,9	16399,17	PZ01B	5,33	1,750	1,753
Julho	174,6	14802,04	PZ01B	6,45	1,665	1,668
Agosto	40,8	13211,35	PZ01B	5,38	1,591	1,600
Setembro	184,4	14775,22	PZ01B	5,43	1,595	1,605
Outubro	99,4	11126,01	PZ01B	6,15	1,665	1,668
Novembro	125,6	7455,94	PZ01B	6,29	1,655	1,657
Dezembro	56,4	7327,96	PZ01B	6,52	1,675	1,677

TABELA A3.4 - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA DA SEÇÃO 2 COM PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE PERCOLADO (PZ02)

RELAÇÃO ENTRE FATOR DE SEGURANÇA, PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE CHORUME - PZ02						
MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm)	VAZÃO DE CHORUME (m³/mês)	PIEZÔMETRO CONSIDERADO	NÍVEL DE CHORUME - REG. ABERTO (m)	FATOR DE SEGURANÇA	
					Bishop simplificado	Spencer
Janeiro	36,4	8629,98	PZ02	7,16	1,839	1,840
Fevereiro	300,4	11844,55	PZ02	7,54	1,868	1,868
Março	158	12211,43	PZ02	9,02	1,977	1,977
Abril	88,2	12863,59	PZ02	7,00	1,827	1,828
Mai	94,4	11734,84	PZ02	7,01	1,828	1,829
Junho	362,9	16399,17	PZ02	7,83	1,889	1,890
Julho	174,6	14802,04	PZ02	6,56	1,654	1,656
Agosto	40,8	13211,35	PZ02	6,56	1,654	1,656
Setembro	184,4	14775,22	PZ02	6,57	1,655	1,657
Outubro	99,4	11126,01	PZ02	6,70	1,661	1,663
Novembro	125,6	7455,94	PZ02	6,69	1,661	1,663
Dezembro	56,4	7327,96	PZ02	6,69	1,661	1,663

TABELA A3.5 - - VARIAÇÃO DOS FATORES DE SEGURANÇA DA SEÇÃO 3 COM PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE PERCOLADO (PZ03)

RELAÇÃO ENTRE FATOR DE SEGURANÇA, PRECIPITAÇÃO, VAZÃO E NÍVEL DE CHORUME - PZ03						
MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm)	VAZÃO DE CHORUME (m³/mês)	PIEZÔMETRO CONSIDERADO	NÍVEL DE CHORUME - REG. ABERTO (m)	FATOR DE SEGURANÇA	
					Bishop simplificado	Spencer
Janeiro	36,4	8629,98	PZ03	4,67	2,718	2,719
Fevereiro	300,4	11844,55	PZ03	4,88	2,739	2,740
Março	158	12211,43	PZ03	4,88	2,739	2,740
Abril	88,2	12863,59	PZ03	4,72	2,723	2,724
Mai	94,4	11734,84	PZ03	4,61	2,783	2,784
Junho	362,9	16399,17	PZ03	4,66	2,717	2,718
Julho	174,6	14802,04	PZ03	4,36	1,992	1,995
Agosto	40,8	13211,35	PZ03	4,23	1,987	1,990
Setembro	184,4	14775,22	PZ03	4,18	1,985	1,988
Outubro	99,4	11126,01	PZ03	4,27	1,989	1,992
Novembro	125,6	7455,94	PZ03	4,24	1,988	1,991
Dezembro	56,4	7327,96	PZ03	4,10	1,982	1,985

expert PDF  
Trial