



IPG Politécnico
|da|Guarda
Polytechnic
of Guarda

RELATÓRIO DE PROJETO

Licenciatura em Engenharia Topográfica

Dmitri Maquengo José Narciso

dezembro | 2019





Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Instituto Politécnico da Guarda

RELATÓRIO PROJETO

MONITORIZAÇÃO TOPOGRAFICA DOS TALUDES DA VIA DE CINTURA
EXTERNA DA GUARDA, (VICEG) JUNTO À ROTUNDA DO G

DMITRI MAQUENGO JOSÉ NARCISO

RELATÓRIO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA
TOPOGRÁFICA

DEZEMBRO 2019

IDENTIFICAÇÃO DO ALUNO

Aluno

Nome: Dmitri Maquengo José Narciso

Nº Aluno: 1012606

Curso: Engenharia Topográfica

Endereço eletrónico: dimitrynarciso@hotmail.com

Contacto telemóvel: 966160867

Projeto

Instituição: Instituto Politécnico da Guarda, Escola Superior de Tecnologia e Gestão.

Designação do Projeto: Monitorização Topográfica dos taludes da VICEG (Via de Cintura Externa da Guarda), junto à rotunda do G.

Localidade: Guarda

Professora Orientadora

Nome: Eufémia da Glória Patrício

Grau Académico: Doutoramento em Engenharia Geográfica

Período do Projeto

Início do Projeto: Abril 2019

Fim do Projeto: Outubro 2019

***“Contaram-me e esqueci...
Vi e entendi...
Fiz e aprendi... “***
Autor: Confúcio

Agradecimentos

A etapa mais esperada da vida, de onde vim sonhar era impossível, como diz o poeta Fernando Pessoa: “Deus quer o homem sonha a obra nasce”. Assim, nasce em mim uma nova etapa da minha vida, foram momentos difíceis, mas as pessoas, os colegas e professores tornaram estas dificuldades em alegria. A caminhada foi longa, quanto mais me aproximava do fim mais as dificuldades aumentavam, o desejo de chegar era tanto que sozinho mais difícil ainda era, contudo em espírito de equipe com os meus colegas tudo se tornou mais leve, não diria fácil porque fácil não foi.

Assim, aproveito para agradecer a Deus, aos meus pais e ao meu irmão que sempre estiveram presentes nesta caminhada e de fazerem de mim a pessoa que hoje sou.

Agradeço aos professores pela dedicação e apoio, agradeço os seus ensinamentos, mesmo com poucos recursos procuraram focar-se na essência, dando-nos as bases e as ferramentas para que possamos ser bons profissionais.

Desculpa ser longo, mas não gostaria de deixar de mencionar os nomes dos professores, António Monteiro, Elizabete Monteiro, Glória Patrício, Elizabete Soares e a nossa diretora Maria João, saibam que os levarei no coração, ficará na minha mente o carinho, a gratidão e os vossos ensinamentos.

Um especial agradecimento à professora Glória Patrício por aceitar ser a minha orientadora, mais do que isto foi mãe para mim, em si me inspiro.

Resumo

A evolução da Humanidade desencadeou o desenvolvimento de inúmeros serviços essenciais para que fosse possível sustentar essa mesma evolução. As vias de comunicação são um dos pilares essenciais da nossa sociedade atual, sendo transportadas milhares de toneladas de mercadorias e milhares de passageiros diariamente. É possível afirmar que a maioria das vias de comunicação é suportada por estruturas de carácter natural, nomeadamente por maciços rochosos, maciços terrosos e solos. Culminado com grandes movimentos (aterro ou escavação) aplicando a técnica dos taludes garantindo a sua estabilidade natural que por si só não garante a segurança. Atualmente a segurança está lado a lado com a obra de engenharia civil, que após a sua conceção e materialização deverá ser monitorizada, quer para segurança da população quer para evitar danos que futuramente poderão implicar maiores custos na reestruturação de obra.

No caso concreto, este projeto é de monitorização de taludes da VICEG (Via de Cintura Externa da Guarda), e tem por objetivo efetuar a monitorização desses taludes por processos topográficos, no período de abril a outubro de 2019, dando sequência ao trabalho de monitorização efetuado em 2014, cuja área de intervenção para estudo, se localiza entre a rotunda do “G” e a via de abrandamento de acesso ao hospital da Guarda Sousa Martins.

Este relatório encontra-se dividido em 4 partes as quais se entende serem de grande importância. Na primeira parte, faz-se uma abordagem teórica sobre taludes da região de Guarda. Na segunda parte faz-se uma abordagem sobre monitorização topográfica, na terceira parte apresentação dos dados adquiridos. Por último, desenvolvimento do caso de estudo, com a análise e tratamento dos dados recolhidos em campo e a sua representação gráfica, no âmbito do projeto final da licenciatura em Engenharia Topográfica.

Concluindo, fizeram-se observações por inspeção visual, recolha de dados com equipamento topográfico, tratamento dos dados através de operações aritméticas e estatísticas materializadas em gráficos e análise dos resultados das possíveis tendências.

Plano do Projeto

Na fase de planeamento dos trabalhos, para realização deste projeto foram definidas as seguintes atividades subdividido em 5 Etapas sendo:

1ª Etapa: Reconhecimento do terreno;

2ª Etapa: Identificação dos Alvos já existentes, dos Pontos Fixos (PFs) e dos pontos de Orientação;

3ª Etapa: Implantação de dois PFs que foram destruídos;

4ª Etapa: Realização das campanhas de observação;

5ª Etapa: Tratamento dos dados recolhido em campo; Elaboração do relatório final;

ABREVIATURA

VICEG- Via de Cintura Externa da Guarda

ETRS 89 -Sistema de referência Terrestre Europeu 1989

PF- Pontos Fixos

IPMA- Instituto Português de mar e Atmosfera

GNSS- Sistema de Navegação Global por Satélite

GPS- Sistema de Posicionamento Global

EP- Erro Padrão

EUREF- European Reference Frame

CP- Com Prisma

DGT- Direção Geral do Território

IAG - Associação Internacional de Geodesia

OHSAS - Occupational Health and Safety Advisory Services

Índice Geral

1	
IDENTIFICAÇÃO DO ALUNO	i
Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Plano do Projeto	v
ABREVIATURA.....	vi
Índice Geral.....	vii
Índice de Imagens.....	ix
Índice de Figuras.....	x
Índice de Quadros.....	x
Índice de Tabelas	x
Índice de Gráficos	xii
CAPÍTULO I- INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento do tema	1
1.1. Objetivos e metodologia	1
1.2. Organização do Relatório	2
CAPÍTULO II- CARATERIZAÇÃO DA REGIÃO	3
2.1. Precipitação	4
2.2. Geomorfologia.....	5
2.3. Propriedades Geométrica dos taludes	6
2.4. Causas de instabilidade de taludes.....	9
2.4.1. As causas externas:.....	9
2.4.2. Causas intermédias:.....	10
2.4.3. Causas internas:.....	10
3. Caracterização dos materiais dos taludes da VICEG	10
4. Caracterização do deslocamento dos taludes.....	11
4.1. Definição do problema	11
4.2. Queda e rolamento de blocos	13
CAPÍTULO III- RISCO E SEGURANÇA.....	13
3. Conceitos Gerais.....	13
3.1 Definição de risco:	14
3.2. Caracterização do Risco em Geotecnia	15

3.3. Fator de Segurança	16
3.4. Estabilização de taludes.....	18
CAPÍTULO IV- CONCEITOS TEÓRICOS ASSOCIADOS Á MONITORIZAÇÃO TOPOGRÁFICA	20
4.1. Métodos Topográficos/Geodésicos.....	21
4.2. Técnicas de Posicionamento para Monitorização	23
4.2.1. Triangulação e Trilateração	24
4.2.2. Poligonação	24
4.2.3. Irradiação múltipla	25
4.2.4. Transporte de coordenadas	26
4.2.5. Estação Livre	26
4.2.6. Triangulação	27
4.3. Nivelamento Geométrico	28
4.4. Nivelamento Geodésico ou Trigonométrico	29
4.5. Monitorização recorrendo as outras técnicas.....	30
CAPÍTULO V-TEORIA DOS ERROS NAS MEDIÇÕES	32
5.1. Erros Acidentais ou estatístico	33
5.2. Erros Sistemáticos	33
5.2.1. Erros Naturais	33
5.2.2. Erros Instrumentais	34
5.2.3. Erros Pessoais	34
5.3. Detecção de Erros Sistemáticos	34
5.3.1. Erros Aleatórios	37
5.4. CONFIANÇA NAS MEDIÇÕES.....	37
5.4.1. Exatidão/Precisão	37
5.5. Desvio padrão como um critério	38
5.6. Fixar um erro máximo desejado.....	38
5.6.1. Selecionando um erro máximo	38
5.6.2. Padronizado o procedimento	39
5.7. PRÍNCIPIO DOS MÍNIMOS QUADRADOS.....	39
CAPÍTULO VI- SISTEMA DE REFERÊNCIA TERRESTRE EUROPEU – ETRS89	41
6.2. Estabilidade dos pontos de referência	43
CAPÍTULO VII-ANALISE DOS RESULTADOS DAS 5 CAMPANHAS DE OBSERVAÇÃO NA VICEG.....	44
7.1. Materiais, Equipamento Utilizado e Acessório	44
A imagem 21 mostra a estação Total usada na coordenação dos pontos objeto. A precisão desta estação total é:.....	45
7.1.2 Material de segurança utilizado	46

7.1.3 Software Utilizado	46
7.2 Metodologia Utilizada em Campo na retificação do Plano de Observação já implementado.....	46
7.3. Metodologia utilizada.....	49
7.4. Tendências do deslocamento dos respetivos alvos em relação as coordenadas M e P	56
7.5. Análise Gráfica do Desvio Padrão dos Alvos Monitorizados	59
7.6. Análise dos Resultados Obtidos em função do Tipo da superfície.....	62
7.7. Resultados Obtidos em função do Material de Talude	65
7.8. Cálculo para análise dos erros sistemáticos	68
CAPÍTULO VIII- SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRAFICA DA VICEG	70
CAPÍTULO IX- CONCLUSÃO	73
BIBLIOGRAFIA	75
ANEXO I- Verificação da não existência de erros sistemático numa série de medições igualmente precisas ..	76
ANEXO III- Imagem dos materiais e equipamento utilizado	97
ANEXO IV-Pontos de Orientação/ Pontos Fixos	98
ANEXO IV- Autorização da Camara Municipal da Guarda à realização do projeto	99
ANEXO VI- Email de IPMA.....	100

Índice de Imagens

Imagem 1:Localização dos taludes em estudo(Fonte: Google Earth pro)	5
Imagem 2:Classificação dos taludes.....	6
<i>Imagem 3: Movimento de massa por Rastejo (Fonte: GEOTECNIA II – Prof. MSc. Douglas M. A. Bittencourt)</i>	<i>8</i>
Imagem 4: Movimento de massa por Escorregamento Circular (Fonte: GEOTECNIA II – Prof. MSc. Douglas M. A. Bittencourt)	8
Imagem 5: Movimento de massa por escorregamento em cunha (Fonte: GEOTECNIA II – Prof. MSc. Douglas M. A. Bittencourt)	9
<i>Imagem 6: Movimento de blocos rochosos/ queda (Fonte: GEOTECNIA II – Prof. MSc. Douglas M. A. Bittencourt) ...</i>	<i>9</i>
Imagem 7: Organograma de origem das incertezas (Caldeira, 2014)	17
Imagem 8: Exemplo de trecho de estrada em aterro, implantada a vários anos, por infiltração de água através do pavimento trincado (Estado de São Paulo, janeiro de 2007 - UOL).....	18
Imagem 9: contenção dos taludes (Fonte: www.Wyde.com).....	18
Imagem 10: contenção dos taludes (Fonte: Escolaengenharia).....	19
Imagem 11: Queda de Blocos do talude da VICEG (fonte: João Pacheco)	19
Imagem 12: Objetivo da Monitorização Topográfica	20
Imagem 13: Método de Irradiação múltipla (fonte: Neves, R., 2008)	25
Imagem 14: Transporte de Coordenadas.....	26
Imagem 15: Método da Estação Livre	27
Imagem 16: Método da Triangulação	27
Imagem 17: Nivelamento geométrico simples.....	28
Imagem 18: Nivelamento geodésico ou trigonométrico	29
Imagem 19: Dianas refletantes adesivas	31
Imagem 20: Mini - Prisma	31
<i>Imagem 21: Equipamento utilizado neste projeto, Estação Total Leica TCR803</i>	<i>45</i>
Imagem 22: Equipamentos de segurança rodoviária e do operador	46
Imagem 23: Vista panorâmica da VICEG (Fonte: Google Earth pro)	47
Imagem 24: Resultado do maior desvio Padrão	50
Imagem 25: Representação de toda a VICEG assim como o levantamento topográfico, e a sua informação adjacente.	70
Imagem 26: Procedimento para importação do ficheiro txt	71
Imagem 27: Sistema de Referência ETRS89	72
Imagem 28: Identificação de cada alvo nos taludes	72

Índice de Figuras

Figura 1: Temperatura máxima e mínima da região da Guarda.....	3
Figura 2:A temperatura horária média, codificada em faixas coloridas.....	4
Figura 3:Precipitação média.....	4
Figura 4: Precipitação média de neve equivalente a líquido.....	5
Figura 5:Evolução do risco.....	14
Figura 6:Organograma das fases do processo de gestão de risco.....	15
Figura 7:Modelo das tensões resistentes e solicitantes (adaptado de Costa, 2014).....	16
Figura 8:Triangulateração; Fonte: Manual técnico de posicionamento.....	24
Figura 9: Esquema de uma poligonal aberta (Fonte: Neves, R., 2008).....	25
<i>Figura 10:Distribuição de Gauss [Monteiro A., 2018].....</i>	<i>36</i>
Figura 11:Alvos com impactos de espingarda.....	37
Figura 12:Sistemas de coordenadas Hayford Gauss Melriça datum 73.....	41
<i>Figura 13:Esquema ilustrativo de rede geodésica (adaptado de (Ribeiro, F., 2008).....</i>	<i>43</i>

Índice de Quadros

Quadro 1:Parâmetros da Projeção Transversa e Mercator para PT-TM06/ ETRS89.....	42
Quadro 2:Visibilidade dos pontos fixos para os alvos.....	49

Índice de Tabelas

Tabela 1:Incertezas em função das ponderações usadas [Monteiro A., 2018].....	35
Tabela 2:Cronograma das campanhas.....	48
Tabela 3:Desvio Padrão na orientação do aparelho,observado da última campanha.....	50
Tabela 4:Diferencias das coordenadas M em relação as campanhas.....	51
Tabela 5:Diferencias das coordenadas P em relação as campanhas.....	52
Tabela 6:Diferencias das Cotas em relação as campanhas.....	52
Tabela 7: Mínimo e Máximo relativamente a diferença da campanha 2014 para nossa de 2019.....	53
Tabela 8:Mínimo e Máximo relativamente as sucessivas campanhas de 2019.....	53
Tabela 9: Mínimo e Máximo relativamente as campanhas deste projeto 2019.....	54
Tabela 10:Mínimo e Máximo em cada alvo.....	55
Tabela 11:Estudo da tendência de deslocamento dos alvos monitorizados.....	56
Tabela 12:Simbologia utilizada para análise de tendências de deslocamento.....	57
Tabela 13:Média das 5 Campanhas relativamente a cada Alvo.....	57
Tabela 14:Variação temporal, (Fonte: ACCUWeather).....	58
Tabela 15:Desvio padrão dos alvos monitorizados na coordenada M.....	59
Tabela 16:Desvio padrão dos alvos monitorizados na coordenada P.....	59
Tabela 17:Desvio padrão dos alvos monitorizados na Cota.....	60
Tabela 18:Média do desvio padrão dos alvos monitorizados.....	61
Tabela 19:Superfície Base sobre a qual está colado o Alvo-Coordenada M.....	62
Tabela 20:Superfície Base sobre a qual está colado o Alvo-Coordenada P.....	63
Tabela 21:Superfície Base sobre a qual está colado o Alvo-Cota.....	64
Tabela 22:Material do talude onde estão colocados os alvos (Coordenada M).....	65
Tabela 23:Material do talude onde estão colocados os alvos (Coordenada P).....	66
Tabela 24:Material do talude onde estão colocados os alvos (Cota).....	67
Tabela 25:Sistema Internacional de graus de alteração de maciços rochosos.....	68
Tabela 26:Verificação dos erros sistemáticos 1D coordenada M.....	69
Tabela 27:Ficheiro txt dos Alvos correspondentes esse projeto em particular.....	71
Tabela 28:Verificação dos erros sistemáticos 1D coordenada P.....	76
Tabela 29:Verificação dos erros sistemáticos 1D COTA.....	77
Tabela 30:Verificação dos erros sistemáticos 2D coordenada M.....	77
Tabela 31:Verificação dos erros sistemáticos 2D coordenada P.....	78
Tabela 32:Verificação dos erros sistemáticos 2D COTA.....	78
Tabela 33:Verificação dos erros sistemáticos 3D coordenada M.....	79
Tabela 34:Verificação dos erros sistemáticos 3D coordenada P.....	79
Tabela 35:Verificação dos erros sistemáticos 3D COTA.....	80

Tabela 36:Verificação dos erros sistemáticos 4D coordenada M	80
Tabela 37:Verificação dos erros sistemáticos 4D coordenada P	81
Tabela 38:Verificação dos erros sistemáticos 4D COTA	81
Tabela 39:Verificação dos erros sistemáticos 5D coordenada M	81
Tabela 40:Verificação dos erros sistemáticos 5D coordenada P.....	82
Tabela 41:Verificação dos erros sistemáticos 5D COTA	82
Tabela 42:Verificação dos erros sistemáticos 10D coordenada M	83
Tabela 43:Verificação dos erros sistemáticos 10D coordenada P.....	83
Tabela 44:Verificação dos erros sistemáticos 10D COTA.....	84
Tabela 45:Verificação dos erros sistemáticos 11D coordenada M	84
Tabela 46:Verificação dos erros sistemáticos 12D coordenada M	85
Tabela 47:Verificação dos erros sistemáticos 12D coordenada P.....	85
Tabela 48:Verificação dos erros sistemáticos 13D coordenada M	86
Tabela 49:Verificação dos erros sistemáticos 13D coordenada P.....	86
Tabela 50:Verificação dos erros sistemáticos 13D COTA.....	87
Tabela 51:Verificação dos erros sistemáticos 14D coordenada M	87
Tabela 52:Verificação dos erros sistemáticos 14D coordenada P.....	88
Tabela 53:Verificação dos erros sistemáticos 14D COTA.....	88
Tabela 54:Verificação dos erros sistemáticos 16D coordenada M	89
Tabela 55:Verificação dos erros sistemáticos 16D coordenada P.....	89
Tabela 56:Verificação dos erros sistemáticos 16D COTA.....	90
Tabela 57:Verificação dos erros sistemáticos 17D coordenada M	90
Tabela 58:Verificação dos erros sistemáticos 17D coordenada P.....	91
Tabela 59:Verificação dos erros sistemáticos 17D COTA.....	91
Tabela 60:Verificação dos erros sistemáticos 18D coordenada M	92
Tabela 61:Verificação dos erros sistemáticos 18D coordenada P.....	92
Tabela 62:Verificação dos erros sistemáticos 18D COTA.....	93
Tabela 63:Verificação dos erros sistemáticos 19D coordenada M	93
Tabela 64:Verificação dos erros sistemáticos 19D coordenada P.....	94
Tabela 65:Verificação dos erros sistemáticos 19D COTA.....	94
Tabela 66:Verificação dos erros sistemáticos 20D coordenada M	95
Tabela 67:Verificação dos erros sistemáticos 20D coordenada P.....	95
Tabela 68:Verificação dos erros sistemáticos 20D COTA.....	96

Índice de Gráficos

Gráfico 1:Diferencias das coordenadas M em relação as campanhas	51
Gráfico 2:Diferencias das coordenadas P em relação as campanhas	52
Gráfico 3:Diferencias das Cotas em relação as campanhas	52
Gráfico 4:Mínimo e Máximo relativamente a coordenada M	53
Gráfico 5:Mínimo e Máximo relativamente a coordenada P	54
Gráfico 6: Mínimo e Máximo em cada alvo relativamente a coordenada M	55
Gráfico 7:Mínimo e Máximo em cada alvo relativamente a coordenada P	55
Gráfico 8:Média das 5 Campanhas relativamente á cada Alvo.....	57
<i>Gráfico 9:Variação temporal.....</i>	58
Gráfico 10:Desvio padrão dos alvos monitorizados na coordenada M.....	59
Gráfico 11:Desvio padrão dos alvos monitorizados na coordenada P	60
Gráfico 12:Desvio padrão dos alvos monitorizados na Cota	60
Gráfico 13:Média do desvio padrão dos alvos monitorizados	61
Gráfico 14:Superfície Base sobre a qual está colado o Alvo Coordenada M	62
Gráfico 15:Superfície Base sobre a qual está colado o Alvo coordenado P	63
Gráfico 16:Superfície Base Sobre a qual está colado o Alvo-Cota.....	64
Gráfico 17:Material Rochoso coordenada M.....	65
Gráfico 18:Material Rochoso - Coordenada P	66
Gráfico 19:Material Rochoso - Cota	67

CAPÍTULO I- INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do tema

A complexidade na previsão do risco associado aos taludes tem conduzido cada vez mais a comunidade científica na procura de novas metodologias para a mitigação de riscos associados a estes. De acordo com o relatório do *Washington State Department of Transportation* (2010), relativo ao programa de gestão de taludes instáveis, este fenómeno é um perigo natural que consiste num movimento de uma massa de solo ou rocha sob a influência da gravidade.

As causas associadas ao fenómeno incluem tanto processos naturais como a influência humana. Existem atualmente para a fase de projeto várias metodologias que permitem uma quantificação e gestão mais racional do risco como por exemplo a utilização de metodologias probabilísticas para ter em consideração as incertezas. No entanto existe uma lacuna no que se trata ao estabelecimento de níveis de risco relativos a taludes avaliados durante a fase de exploração.

1.1. Objetivos e metodologia

Para a realização deste relatório para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Topográfica pelo Instituto Politécnico de Guarda, foi proposto proceder à monitorização de taludes na zona da VICEG, utilizando métodos topográficos/geodésicos que possibilitam acompanhar periodicamente a estrutura e prevenir os possíveis riscos e acidentes. Assim sendo, procedeu-se a uma série de campanhas de observação, a fim de verificar as possíveis tendências de deslocamento dos materiais que constituem os taludes.

Essas campanhas de observação terão como base de comparação para este estudo o projeto de monitorização realizado em 2014. Passados alguns anos, re-observar os taludes é uma forma de averiguar as possíveis tendências de variações nesse intervalo de tempo.

De maneira a alcançar os objetivos acima descritos, considerou-se adequado iniciar o trabalho por uma revisão bibliográfica referente aos métodos e teorias atualmente existentes de monitorização de taludes, como por exemplo riscos inerentes ao seu desabamento, que sustentasse o estudo. Pretendeu-se ainda incluir uma breve descrição do procedimento necessário à obtenção e análise desses dados.

1.2. Organização do Relatório

O presente relatório encontra-se organizado em 9 capítulos.

Capítulo I, Introdução, corresponde ao presente capítulo em que se apresenta o tema, os objetivos da dissertação, a metodologia adotada e a organização da mesma.

Capítulo II, Breve caracterização da região da Guarda e em particular da VICEG bem como as causas que originam a instabilidade dos taludes.

Capítulo III, Alguns conceitos teóricos sobre risco e segurança inerentes aos taludes.

Capítulo IV, Conceitos teóricos sobre a monitorização e alguns métodos topográficos e geodésicos.

Capítulo V, Erros nas medições em que será destacado o erro sistemático numa série de medições igualmente precisas

Capítulo VI, Sistema de referência Terrestre Europeu- ETRS89

Capítulo VII, Análise dos Resultados das 5 campanhas de observação na VICEG

Capítulo VIII, Sistema de Informação Geográfica da VICEG: Localização dos alvos através do aplicativo QGIS Desktop 3.6.2

Capítulo IX, Neste capítulo elaboram-se as conclusões e considerações acerca das observações efetuadas.

CAPÍTULO II- CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

Do ponto de vista climático, a Península Ibérica localiza-se na faixa meridional da zona temperada do hemisfério norte onde a circulação atmosférica dominante se faz de oeste para este, condicionando o clima de Portugal Continental. A variabilidade do clima é dominada pela altitude e pelo afastamento em relação à orla costeira, sendo a desigual distribuição geográfica do relevo um condicionante importante dos contrastes climáticos das várias regiões do continente português (Ribeiro et al., 1997).

Estudos realizados por Brandão *et al.* (2001) mostram diferenças importantes na distribuição espacial ao longo do país, da precipitação para iguais durações de chuvadas, tendo a região do interior montanhoso máximos de precipitação, em 30 minutos, superiores a 50 mm. Estes valores só são igualáveis no litoral norte e no barlavento e sotavento algarvio, tendo as outras regiões do país valores muito inferiores de máximos de precipitação em igual período.

Na Guarda, o verão é curto, morno, seco e de céu quase sem nuvens; o inverno é muito frio, com precipitação e de céu parcialmente encoberto. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 0 °C a 28 °C e raramente é inferior a -5 °C ou superior a 32 °C.

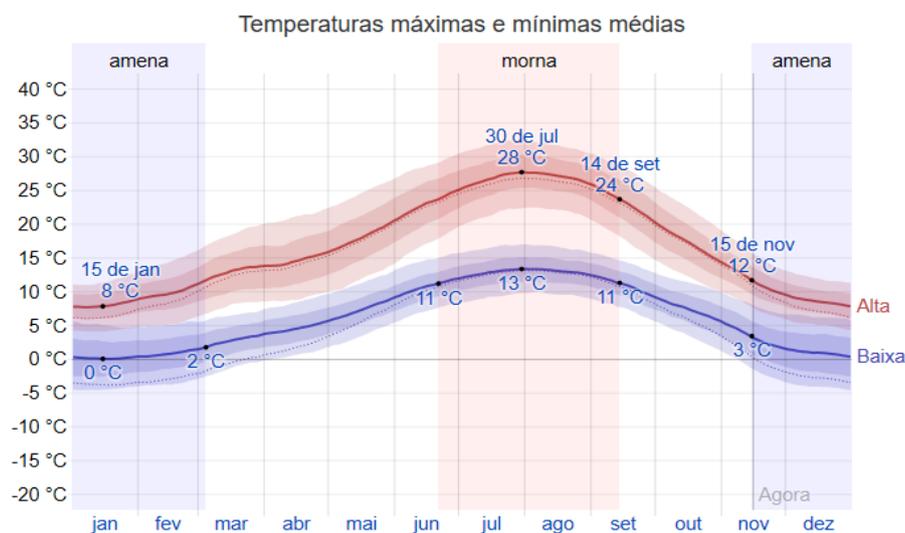


Figura 1: Temperatura máxima e mínima da região da Guarda

Os dados dos extremos climatológicos do IPMA mostram também, para o mesmo período de tempo, cerca de 40 dias com temperaturas negativas.

A figura abaixo mostra uma caracterização compacta das temperaturas médias horárias para o ano inteiro. O eixo horizontal indica o dia do ano e o eixo vertical indica a hora do dia. A cor é a temperatura média para aquele horário naquele dia.

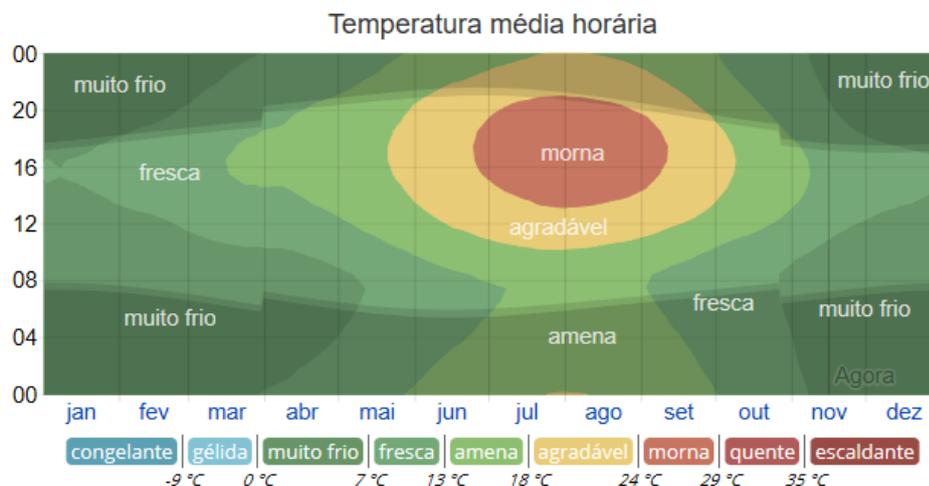


Figura 2:A temperatura horária média, codificada em faixas coloridas.

2.1. Precipitação

A Guarda tem variação sazonal extrema na precipitação mensal de chuva. O período chuvoso do ano dura 11 meses, de 17 de agosto a 2 de julho, com precipitação de chuva de 31 dias contínuos mínima de 13 milímetros. O máximo de chuva ocorre durante os 31 dias ao redor de 3 de novembro, com acumulação total média de 119 milímetros. O período do ano sem chuva dura um mês e meio (1,5), de 2 de julho a 17 de agosto. O mínimo de chuva ocorre por volta de 24 de julho, com acumulação total média de 8 milímetros.

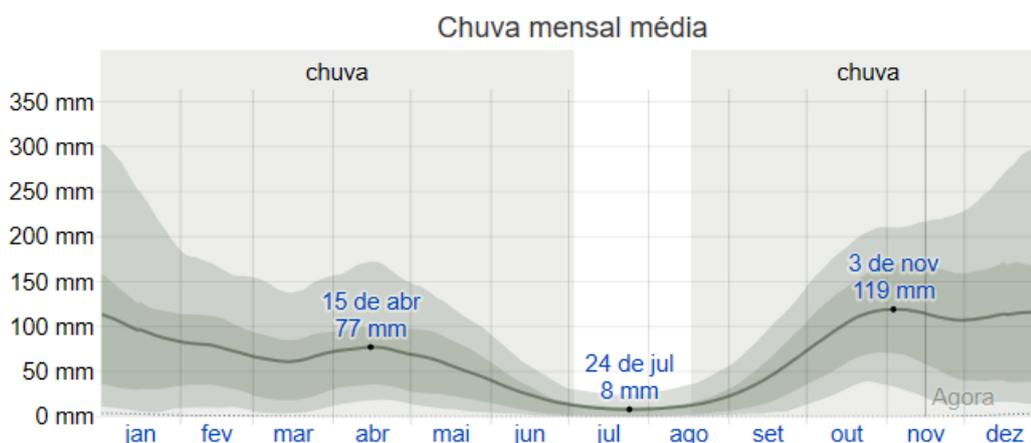


Figura 3:Precipitação média

A linha contínua acumulada durante o período contínuo de 31 dias ao redor do dia em questão, com faixas de 25° a 75° e de 10° a 90° percentil. A linha fina pontilhada é a correspondente à precipitação média de neve equivalente a líquido.

A quantidade de neve equivalente a líquido durante um período contínuo de 31 dias na Guarda não varia significativamente ao longo do ano, permanecendo dentro de 2 milímetros de média anual relativamente ao dia 22 julho que se toma como referência de 0mm.



Figura 4: Precipitação média de neve equivalente a líquido

2.2. Geomorfologia

A zona em estudo localiza-se a Oeste (a poente) cidade da Guarda (Imagem 1). Trata-se de dois taludes de escavação que se inserem nos trabalhos de construção da via de cintura externa da Guarda (VICEG) cujas obras terminaram em 2006. A nordeste desta via localizam-se algumas unidades fabris e a poente fica o novo cemitério da cidade.

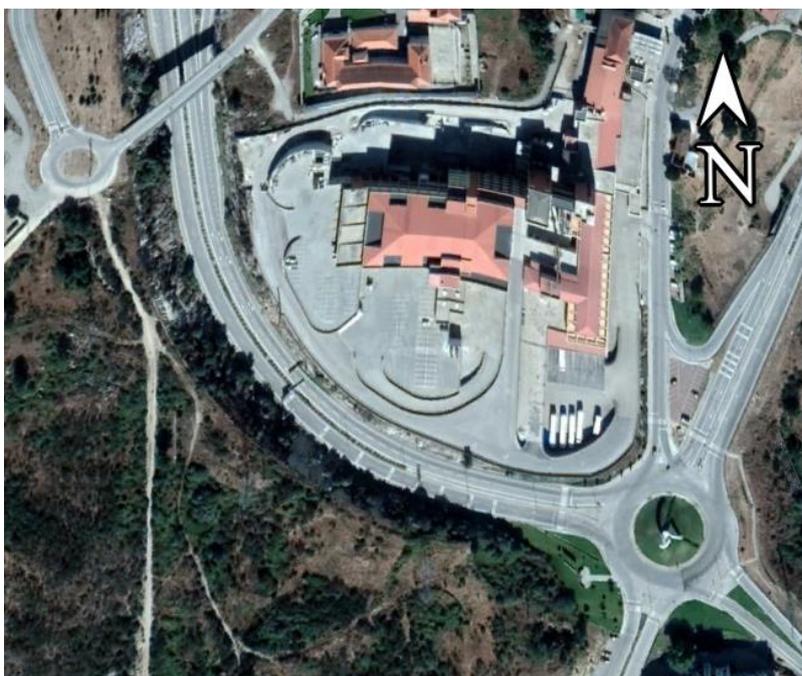


Imagem 1:Localização dos taludes em estudo(Fonte: Google Earth pro)

A cidade da Guarda apresenta uma morfologia suave de terrenos antigos (hercínios), muito desgastados pela erosão superficial e pelas ações tectónicas resultantes do rejogo das falhas de orientação NE-SW. São evidências destes movimentos e da sua importância na elaboração desta morfologia, os vales retilíneos de natureza tectónica de alguns afluentes dos rios Mondego e Zêzere, as ribeiras do Caldeirão e da Gaia respetivamente. Não é, no entanto, só a tectónica a responsável por esta morfologia. Os climas frios que ocorreram há cerca de 20000 anos conduziram a que esta região, particularmente nas zonas mais elevadas, ficasse coberta por glaciares, que deixaram um testemunho importante e único em Portugal (Ferreira e Vieira, 2000). O atual ambiente climático proporciona nestas regiões a transformação do material num manto arenoso de elevada permeabilidade, que permite uma maior decomposição da rocha subjacente, observando-se assim ao lado de grandes blocos graníticos depósitos de areias e cascalho soltos (rególito) com elevados teores de água.

2.3. Propriedades Geométrica dos taludes

Um talude, por definição, é uma superfície de terreno exposto que faz um determinado ângulo com a horizontal.

Os taludes podem ser classificados com o tipo:

- Taludes naturais
- Taludes artificiais. (Imagem 2).

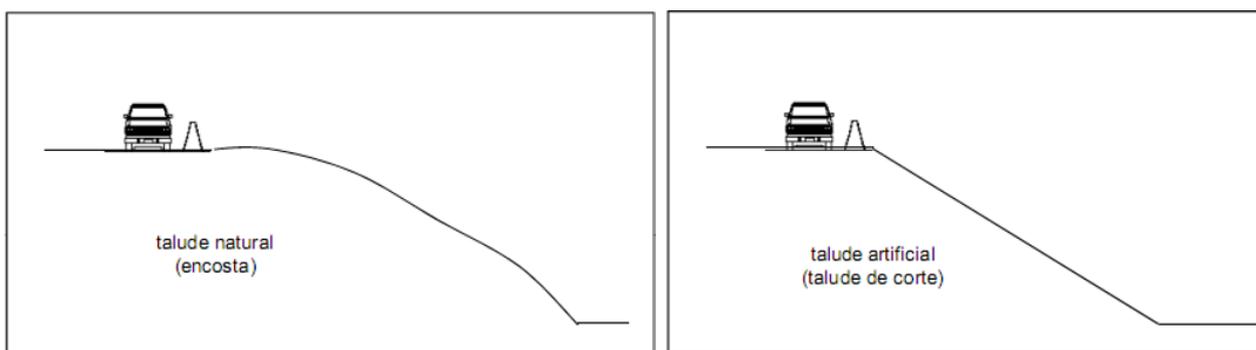


Imagem 2: Classificação dos taludes

Os maciços/taludes sob o aspeto genético podem ser agrupados em duas categorias: naturais e artificiais. Os artificiais frequentemente exibem uma homogeneidade mais acentuada que os maciços naturais e, por isto, adequam-se melhor às teorias desenvolvidas para as análises de estabilidade. Dois outros aspetos elucidativos deste ponto merecem atenção: o primeiro refere-se ao fato de que os taludes

naturais possuem uma estrutura particular que só é conhecida através de um criterioso programa de prospeção, o segundo está associado à vida geológica do maciço natural, intimamente ligado ao histórico de tensões sofrido por ele, erosão, tectonismo, intemperismo, etc. São vários os fatores naturais que atuam isolada ou conjuntamente durante o processo de formação de um talude natural e que respondem pela estrutura característica destes maciços.

Estes fatores podem ser agrupados em duas categorias:

Fatores Geológicos

Litologia

Estruturação

Geomorfologia

Fatores Ambientais

Clima

Topografia

Vegetação

Os fatores geológicos são responsáveis pela constituição química, organização e modelagem do relevo terrestre, à ação deles, soma-se a dos fatores ambientais. Assim, a litologia, com os constituintes dos diversos tipos de rocha, a estruturação dos maciços através dos processos tectônicos, de dobras, de falhas, etc. e a geomorfologia, tratando da tendência evolutiva dos relevos, apresentam um produto final que pode ser alterado pelos fatores climáticos, principalmente pela ação erosiva influenciada pelo clima, topografia e vegetação.

As paisagens naturais são dinâmicas, alterando-se continuamente ao longo do tempo sob a ação destes fatores.

Ao lado destas ações naturais podem surgir as ações humanas que alteram a geometria das paisagens e atuam sobre os fatores ambientais, mudando ou destruindo a vegetação, alterando as formas topográficas e às vezes mesmo o clima. Em razão disto, **estes maciços diferem bastante dos aterros artificiais** cujo controle de “colocação das terras” permite conhecê-los infinitamente melhor.

Na imagem 3, pode verificar-se a alteração de um talude por Rastejo de massas.

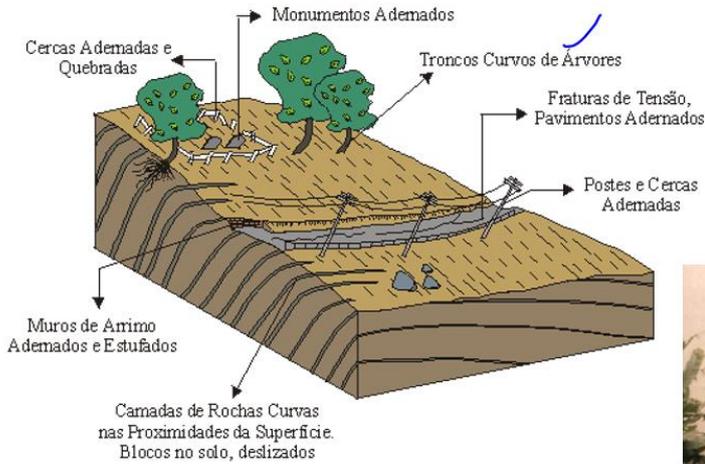


Imagem 3: Movimento de massa por Rastejo (Fonte: GEOTECNIA II – Prof. MSc. Douglas M. A. Bittencourt)

Na imagem 4, pode verificar-se como acontece o fenómeno de alteração de um talude por Escorregamento de massas.

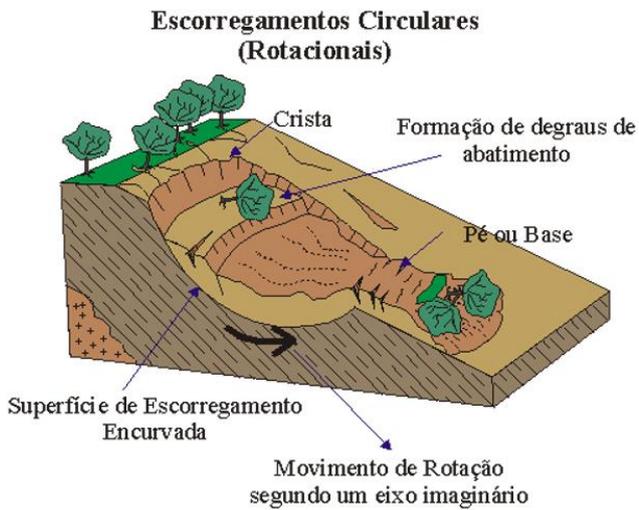


Imagem 4: Movimento de massa por Escorregamento Circular (Fonte: GEOTECNIA II – Prof. MSc. Douglas M. A. Bittencourt)

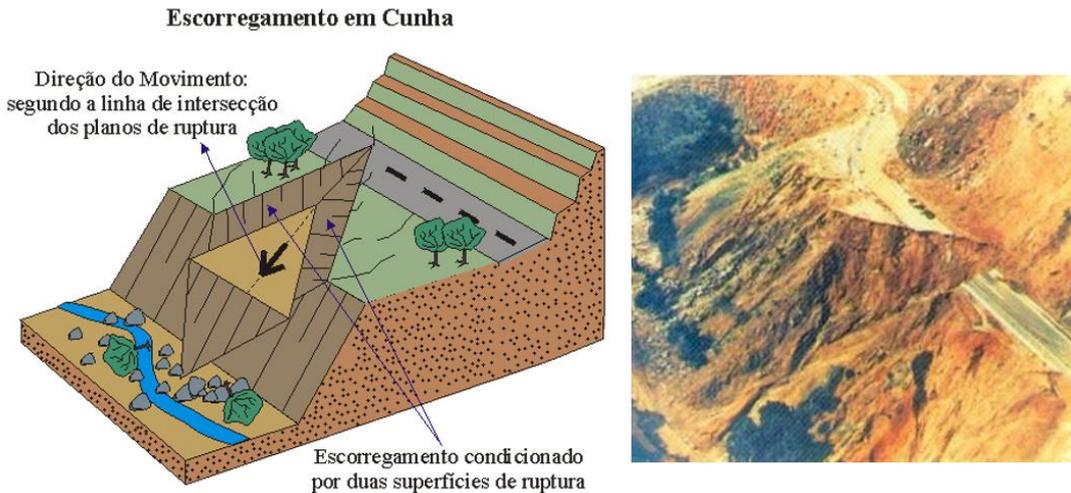


Imagem 5: Movimento de massa por escorregamento em cunha (Fonte: GEOTECNIA II – Prof. MSc. Douglas M. A. Bittencourt)

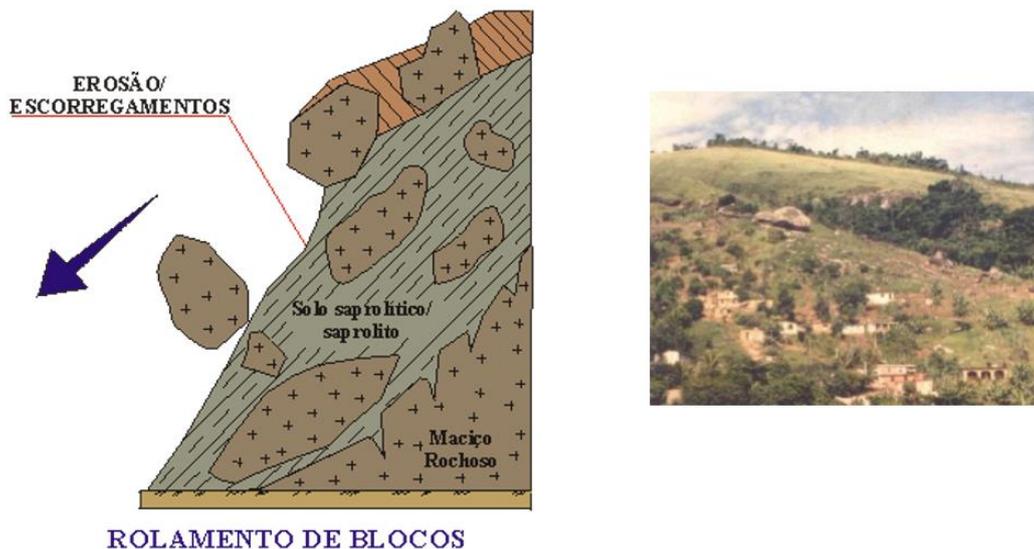


Imagem 6: Movimento de blocos rochosos/ queda (Fonte: GEOTECNIA II – Prof. MSc. Douglas M. A. Bittencourt)

2.4. Causas de instabilidade de taludes

As causas da instabilidade dos taludes podem ser causas externas, causas intermédias ou causas internas.

2.4.1. As causas externas:

- Aplicação de sobrecargas no talude, em particular na sua parte superior.
- Efeitos do congelamento da água no terreno e consequente aumento do seu volume
- Efeito da vegetação do talude que constitui uma sobrecarga e que pode causar perda de resistência quando se dá o apodrecimento das raízes.

- Aumento da inclinação dos taludes, por escavação ou por erosão provocada pela água ou pelo vento.
- Variação sazonal da temperatura e humidade, podendo conduzir à abertura de fendas superficiais de retração no solo, que favorecem a infiltração de água nos terrenos.
- Aumento da altura do talude, através da escavação no pé ou da construção de um aterro no topo
- Abalos sísmicos ou vibrações induzidas nos terrenos.
- Erosão superficial

2.4.2. Causas intermédias:

- Rebaixamento rápido do nível das águas exteriores.
- Erosão interna, provocada pela circulação de água no interior do talude.
- Liquefação do solo.

2.4.3. Causas internas:

- Aumento das tensões de origem tectónica
- Aumento das pressões intersticiais, com a consequente redução da resistência ao corte.

3. Caracterização dos materiais dos taludes da VICEG

Os taludes rochosos são constituídos por um granito monzonítico, de duas micas, com largo predomínio da biotite de grão muito grosseiro, porfiróide, com uma dimensão média dos cristais da matriz de 7 mm, tendo os megacristais de feldspato comprimentos variáveis entre os 45 a 70 mm. Possui como elementos essenciais o quartzo, a oligoclase, a microclina, a albite, a biotite e a moscovite, tendo-se observado como elementos acessórios a apatite, o zircão e a magnetite. A caulinite, a sericite e a clorite são os minerais secundários mais abundantes (Teixeira et al., 1963).

4. Caracterização do deslocamento dos taludes

Dependendo da inclinação dos taludes, o deslocamento dos terrenos pode ser por rolamento, deslizamento ou queda. Nos taludes em estudo, o material instabilizado pelos movimentos de massas nos dois taludes (nascente e poente) é de dois tipos: material grosseiro tipo areão e blocos de rocha. Esta diferença é devida a vários fatores tais como a inclinação do talude, a sua alteração e fracturação bem como o zonamento do maciço rochoso. Verificou-se assim que, nas zonas muito alteradas dos taludes, principalmente nas caixas de falhas, o material deslizava pelo talude indo ocupar a zona lateral da faixa de rodagem na base do talude. Nos taludes caracterizados por um zonamento de alteração com a parte superficial muito alterada e com rocha sã na parte inferior e base, havia instabilização de blocos de rocha que tombavam. Este tombamento era muitas vezes condicionado pelo deslizamento do maciço e pela sua geometria. Verificou-se também que alguns desses blocos estabilizaram na zona de paragem da via, mas outros rolaram para o eixo da faixa de rodagem, principalmente quando embatiam no granito pouco alterado da base do talude. Com efeito este não amortece a queda dos blocos como acontece nos casos em que o material da base é um solo. Nestes casos a deposição é “gradacional” com o material mais grosseiro a depositar-se logo na base do talude e por cima deste os blocos. Este aspeto tem sido referido por vários autores (Evans e Hungr, 1993), como o responsável por proporcionar uma base mais rugosa para os novos blocos instabilizados amortecendo assim a velocidade de contacto e diminuindo o ressalto dos blocos.

4.1. Definição do problema

Existem diversos problemas relacionados a taludes artificiais e naturais. São destacadas na Tabela 1 as diversas formas de sua ocorrência e as principais causas que levam ao surgimento do referido problema.

TIPO DE PROBLEMA	Forma de Ocorrência	PRINCIPAIS CAUSAS
Erosão	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Em talude de corte e aterro (em sulcos e diferenciada) ➤ Longitudinal ao longo da plataforma <ul style="list-style-type: none"> ➤ Localizada e associada a obras de drenagem (ravinas e boçorocas) ➤ Interna em aterros 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Deficiência de drenagem ➤ Deficiência de proteção superficial ➤ Concentração de água superficial e ou interceção do lençol freático ➤ Deficiência ou inexistência de drenagem interna

Desagregação superficial	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Empastilhamento superficial em taludes de corte ➤ Superficial Profundo ➤ Formas e dimensões variadas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Secagem ou humedecimento do material ➤ Presença de argila-mineral expansivo ou desconfinamento do material ➤ Inclinação acentuada do talude ➤ Relevo energético ➤ Descontinuidades do solo e rocha
Escorregamento em corte	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Superficial em corte ou encostas naturais ➤ Profundo em cortes ➤ Formas de dimensões variadas ➤ Movimentação de grandes dimensões e generalizada em corpo de tálus ➤ Atingindo a borda do aterro ➤ Atingindo o corpo do aterro 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Saturação do solo ➤ Evolução por erosão Corte de corpo de tálus ➤ Alteração por drenagem ➤ Compactação inadequada da borda
Escorregamento em aterro	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Atingindo o corpo do aterro 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Deficiência de fundação ➤ Deficiência de drenagem ➤ Deficiência de proteção superficial ➤ Má qualidade do material ➤ Compactação inadequada ➤ Inclinação inadequada do talude
Recalque em aterro	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Deformação Vertical da plataforma 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Deficiência de fundação ➤ Deficiência de drenagem ➤ Rompimento do bueiro ➤ Compactação inadequada
Queda de Bloco	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geralmente em queda livre 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ação da água e de raízes na descontinuidade do maciço rochoso
Rolamento de blocos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Movimento de bloco por rolamento em cortes ou encostas naturais 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Descalçamento da base por erosão

4.2. Queda e rolamento de blocos

Dos diversos problemas registados a queda e rolamento de blocos é frequente nos taludes em estudo, onde se verificam cortes em rocha, onde o fraturamento do maciço é desfavorável à estabilidade.

São também exemplo desta situação:

-Taludes com matacões, por descalçamento;

-Taludes com camadas sedimentares de diferentes resistências à erosão e à desagregação superficial. Em qualquer situação, a consequência pode ser a obstrução da rodovia, parcial ou totalmente.

CAPÍTULO III- RISCO E SEGURANÇA

3. Conceitos Gerais

A evolução da Humanidade em termos tecnológicos permitiu o desenvolvimento de inúmeras técnicas que deram origem a novos equipamentos e novos processos de fabrico. O avanço que se poderá constatar através de qualquer análise histórica do modo de vida do Homem irá concluir que a esperança média de vida sofreu gradualmente um incremento. Este progresso foi possível devido a diversos estudos relacionados não só na área da saúde, mas também na área da segurança e mais tarde na prevenção, permitindo desta forma reduzir o número de fatalidades em causas não naturais. No seguimento desses estudos surgiram alguns conceitos inovadores como é o caso da definição de perigo, risco, avaliação de risco, risco aceitável entre outros.

De acordo com a OHSAS 18001:2007, define-se perigo como “fonte, situação ou ato com um potencial para o dano em termos de lesões, ferimentos ou danos para a saúde, ou uma combinação destes”.

À semelhança de muitos outros conceitos, definir apenas o que são, não é suficiente, torna-se necessário quantificá-los. Com o objetivo de classificar do ponto de vista quantitativo o perigo, surgiu o conceito risco. O risco é um método de mensuração do perigo através da análise de vários fatores.

A OHSAS 18001:2007 define o risco como “combinação da probabilidade da ocorrência de um acontecimento perigoso ou exposição e da severidade das lesões, ferimentos ou danos para a saúde, que pode ser causada pelo acontecimento ou pela(s) exposição”. No entanto, Campos e Matos define o risco como uma perceção mental, nem sempre racional, que resulta da combinação da física, da matemática e da sociologia. A legislação portuguesa através da Lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro alterada pela Lei n.º 3/2014, de 28 de Janeiro, define risco como “probabilidade de concretização do dano em função das condições de utilização, exposição ou interação do componente material do trabalho que apresente perigo”, ou seja, o risco para ser quantificado considera três fatores, sendo eles, a gravidade (G), a probabilidade de ocorrência (P) e a exposição ao perigo (E).

$$Risco = G \times P \times E$$

Segundo Campos e Matos, a eliminação do risco não é possível. No entanto, é fundamental adotar procedimentos e medidas que reduzam o risco para um valor aceitável ou até em casos mais rigorosos um valor residual que no limite se pode entender como de risco nulo, apesar que o risco nulo ou zero é uma utopia.

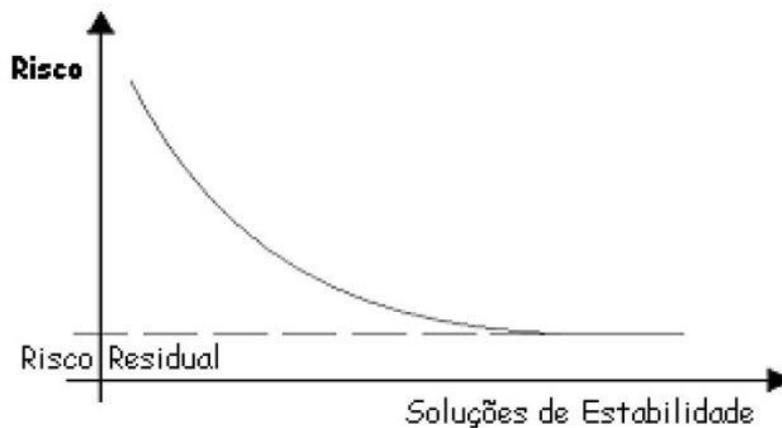


Figura 5: Evolução do risco

A realização do estudo de avaliação de riscos pode ser desenvolvido de formas distintas conforme foi sendo divulgado por diferentes especialistas. Kaplan e Garrick sugerem três perguntas que devem ser feitas de forma a ser definido o valor de cada um dos parâmetros indicados na Equação

3.1 Definição de risco:

- Quais os tipos de acidentes que podem ocorrer?
- Quais as probabilidades de que estes acidentes ocorram?
- Quais são as consequências destes acidentes?

Do ponto de vista da gestão do risco, Haimes sugere também três perguntas que devem ser respondidas durante a elaboração dos processos de gestão de risco:

- ❖ O que pode ser feito e que opções estão disponíveis?
- ❖ Quais são as contrapartidas em termos de custos benefícios e riscos?
- ❖ Quais são os impactos das decisões atuais de gestão nas opções futuras?

As perguntas sugeridas por Haimes permitem manter a dinâmica que se espera de um sistema de gestão de risco através de uma sistemática rotina de ajustes cíclicos, permitindo assim uma evolução progressiva de todo o sistema do ponto de vista da segurança.

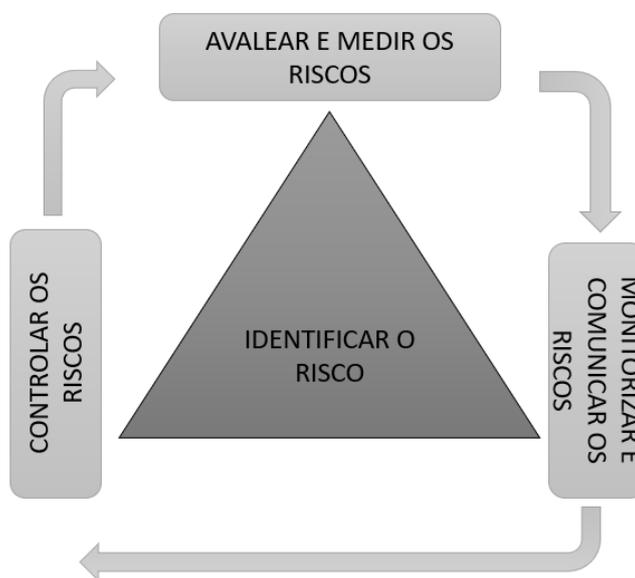


Figura 6: Organograma das fases do processo de gestão de risco

3.2. Caracterização do Risco em Geotecnia

A necessidade de se conseguir prever situações de instabilidade de taludes antes da existência de movimentos de colapso destes, desencadeou vários estudos de mecânica das rochas de onde resultaram as classificações geomecânicas enunciadas anteriormente. No entanto, segundo (Casa-grande), existem três fontes de incerteza que influenciam a valoração do risco:

- Incerteza dos parâmetros
- Incerteza do modelo
- Incerteza humana

Segundo (Morgenstern, 1974), afirmou, ainda que devido às incertezas inerentes quer à determinação dos valores dos parâmetros do modelo, quer à incerteza do modelo propriamente dito, o risco deve ser encarado de um ponto de vista dinâmico, sendo adotada uma postura de gestão do risco e não determinado num momento temporal único.

O erro humano é a terceira premissa desta equação, sendo em alguns casos o motivo desencadeador do pico de instabilidade.

Torna-se fundamental neste momento definir um novo parâmetro que permite quantificar a probabilidade de colapso ou rotura do talude.

3.3. Fator de Segurança

Esse parâmetro é designado por Fator de Segurança (FS), sendo definido pelo quociente entre as tensões estabilizadoras ou resistentes (R) e as tensões instabilizadoras ou solicitantes (S).

$$FS = \frac{R}{S}$$

O fator de segurança pode variar com o tempo, conforme facilmente se verifica na prática, uma vez que um talude pode passar anos sem se deslizar e em um determinado momento ou situação ter as suas condições de estabilidade alteradas.

O conceito e o significado do fator de segurança teria um significado maior (mais amplo e adequado) se fosse definido em termos probabilístico, em que se teria condições de definir os períodos de recorrência e um intervalo de confiança para o cálculo.

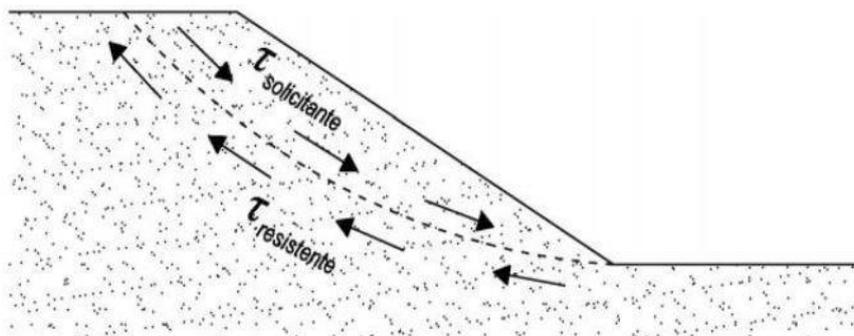


Figura 7: Modelo das tensões resistentes e solicitantes (adaptado de Costa, 2014)

(Raul Pistone, 2011) afirma que o Fator de Segurança num talude deve ser superior a 1.3 em estruturas temporárias e superior a 1,5 em estruturas definitivas. Estes valores são comprovados também por (Costa, 2014).

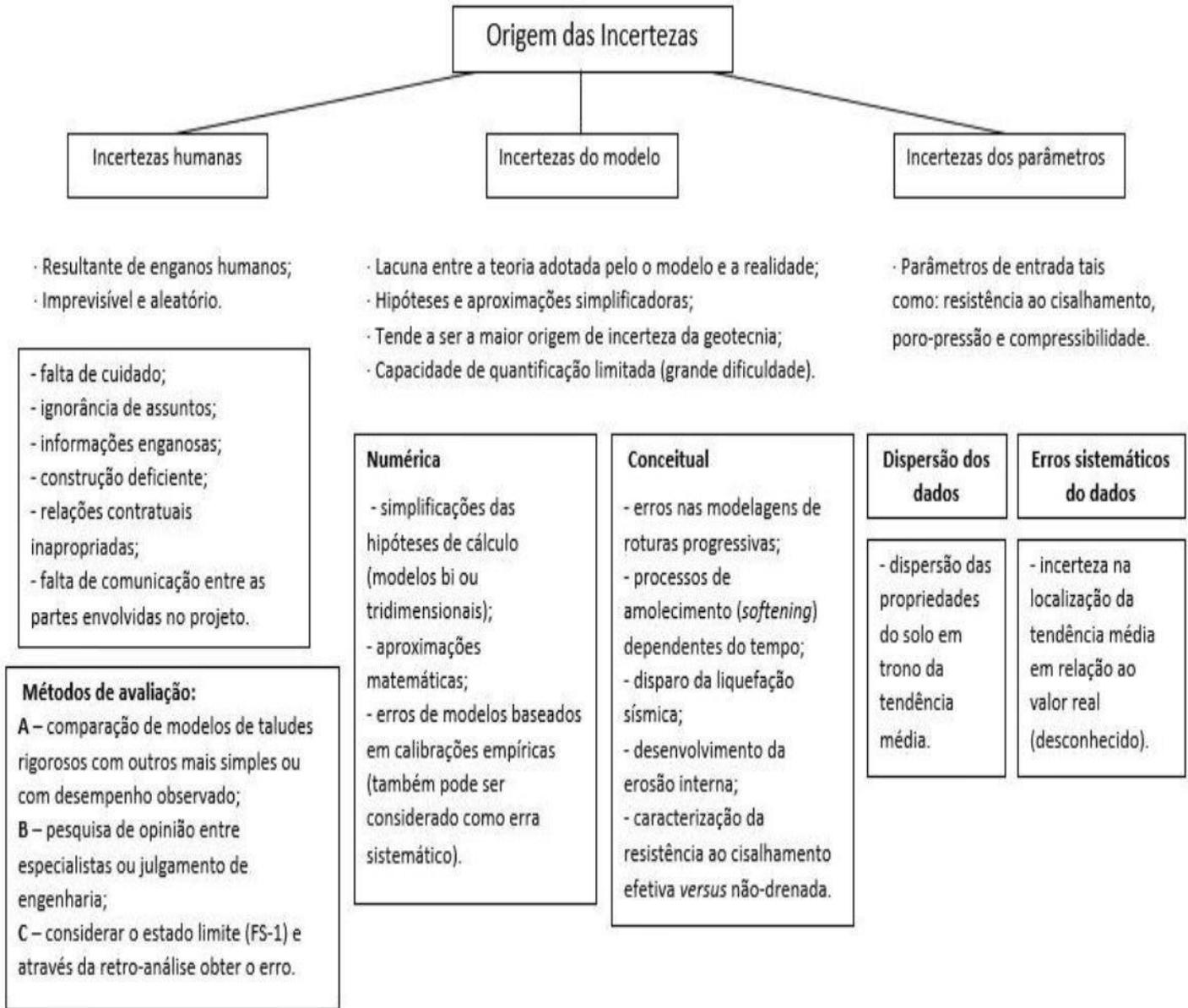


Imagem 7: Organograma de origem das incertezas (Caldeira, 2014)

O Controlo da Segurança é o conjunto de medidas a tomar nas várias fases da vida da obra e contemplando aspetos estruturais, hidráulicos, operacionais e ambientais com vista ao conhecimento adequado e continuado do estado do talude, à deteção oportuna de eventuais anomalias e a uma intervenção eficaz sempre que esta se revele necessária.

Conclui-se que a avaliação da estabilidade de um talude não pode ser concretizada se não se conhecerem os fenômenos que podem induzir situações críticas e que, além disso, é necessário quantificar as condicionantes quanto à estabilidade, o que nem sempre é fácil ou possível.



Imagem 8: Exemplo de trecho de estrada em aterro, implantada a vários anos, por infiltração de água através do pavimento trincado (Estado de São Paulo, janeiro de 2007 - UOL)

3.4. Estabilização de taludes

Para aumentar a segurança nestes taludes é necessário proceder à estabilidade de talude, assim sendo há vários métodos para aumentar a segurança de taludes, tais como:

- ❖ Construção de estruturas de suporte (muros de betão, estacas, cortinas ancoradas, ...)
- ❖ Introdução de sobrecargas na base
- ❖ Pregagens
- ❖ Alteração da geometria
- ❖ Introdução de sistemas de drenagem (cortinas, trincheiras, esporões, ...)

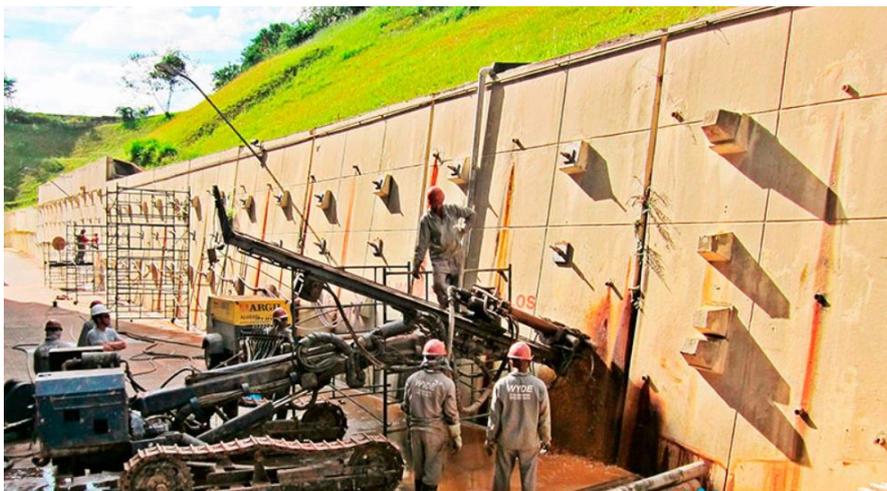


Imagem 9: contenção dos taludes (Fonte: www.Wyde.com)



Imagem 10: contenção dos taludes (Fonte: Escolaengenharia)

No caso concreto do projeto VICEG, são taludes do tipo artificial em que um dos fenómenos da instabilidade associado é a queda de blocos do maciço rochoso e o deslizamento de terra, na qual podemos fazer uma analogia superficial das causas como sendo as externas e internas, fato que nos leva a monitorizar os mesmos como forma de melhor concluirmos as possíveis variações, e transmitir às entidades competentes para tomarem as devidas medidas afim de garantir a segurança dos bens e pessoas.

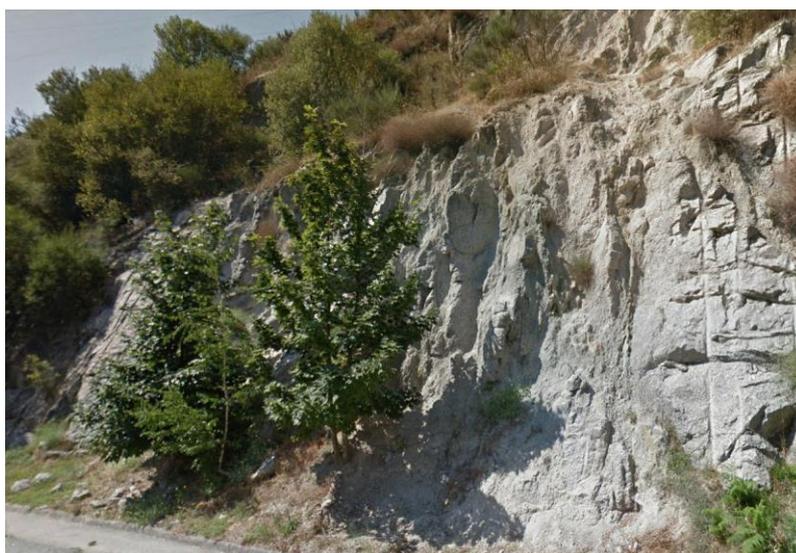


Imagem 11: Queda de Blocos do talude da VICEG (fonte: João Pacheco)

CAPÍTULO IV- CONCEITOS TEÓRICOS ASSOCIADOS À MONITORIZAÇÃO TOPOGRÁFICA

A monitorização topográfica é uma técnica, que consiste no controlo, constante ou periódico de pontos topográficos, ou seja, é baseada em observações, para controlo e medição de grandezas correlacionáveis, com pressupostos de comportamento onde há um reconhecimento de fenómenos que leva a uma ajuda para tomada de decisões.

Esta técnica topográfica tem por objetivo o controlo preventivo de eventuais movimentos/deslocações de estruturas ou elementos naturais que devido à sua complexidade e envergadura, implicam riscos humanos ou materiais. É feita através do controlo de pontos chave localizados em estruturas como: túneis, barragens, muros, construções e etc.. ou elementos naturais como: dunas, arribas, vulcões, margens, taludes (neste relatório são focados os taludes da VICEG).

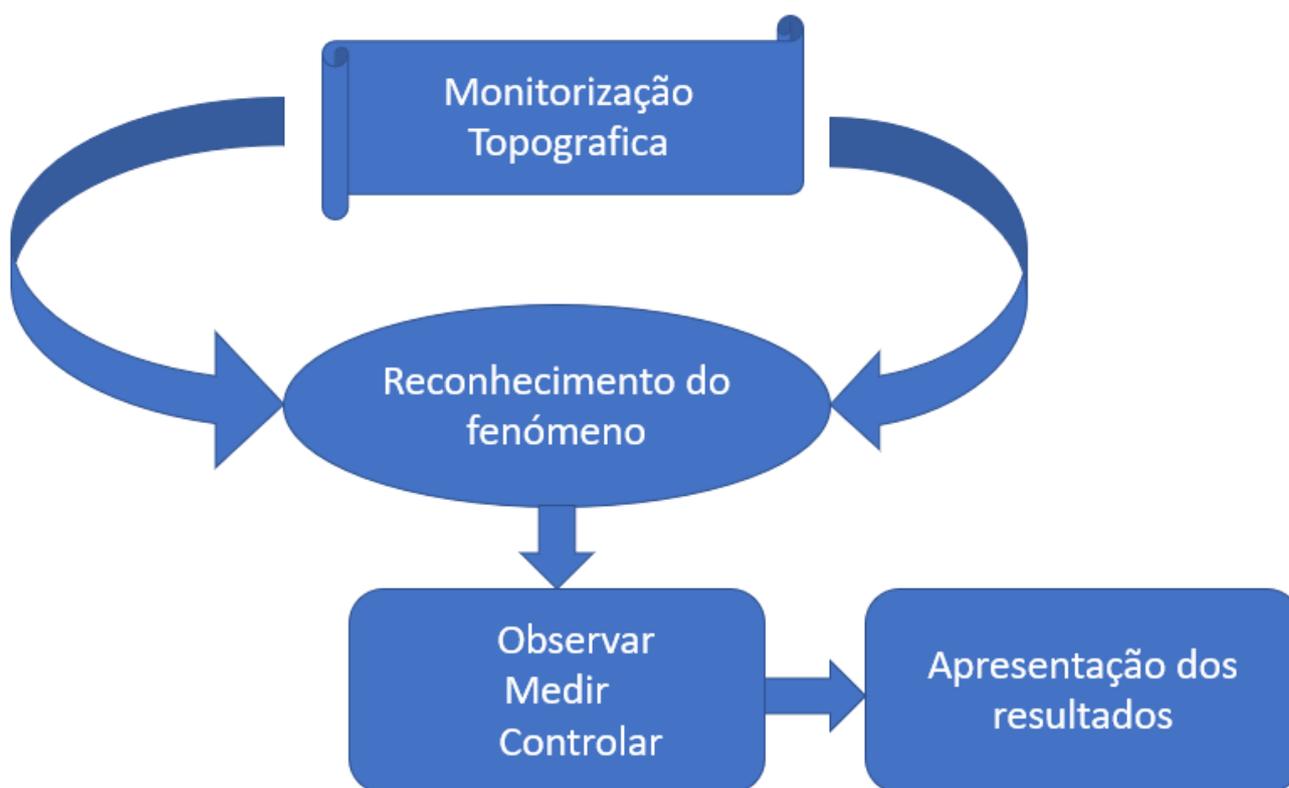


Imagem 12: Objetivo da Monitorização Topográfica

4.1. Métodos Topográficos/Geodésicos

Os métodos aplicados à observação de barragens tiveram origem nos anos 20 do século XX na Suíça e surgem da necessidade de estudar o comportamento das estruturas, numa época em que se tinha iniciado a construção de várias barragens de betão e a segurança das populações a jusante das barragens era uma preocupação para os engenheiros responsáveis pelas obras (Rueger, 2006).

No contexto do presente trabalho, ou seja, naquilo que diz respeito à observações de obras geotécnicas, a distinção entre métodos topográficos e métodos geodésicos relaciona-se apenas com o grau de precisão das campanhas efetuadas, assim:

- I. Métodos topográficos quando apenas se pretende precisões na ordem dos centímetros e;
- II. Métodos geodésicos quando a precisão pretendida é da ordem milímetros.

Independentemente do método utilizado, as grandezas medidas em ambos os casos são genericamente as mesmas:

- I. Ângulos horizontais e verticais;
- II. Distâncias e;
- III. Desníveis,
- IV. Coordenadas de pontos como resultado das medições referidas em I, II, e III.

Por definição os deslocamentos são espaciais (3D), mas de modo a obter-se uma melhor precisão faz-se uma divisão em:

- I. Deslocamentos verticais (altimétricos);
- II. Deslocamentos horizontais (planimétricos) e;
- III. Deslocamentos espaciais (3D).

Os deslocamentos verticais são determinados através de nivelamentos trigonométricos ou de nivelamentos geométricos. Os nivelamentos trigonométricos são utilizados para determinar altitudes por medição de ângulos verticais, por vezes complementados com a medição de distâncias, sendo menos precisos que os nivelamentos geométricos, mas com a vantagem de serem mais rápidos, pois são efetuados ao mesmo tempo que as restantes observações angulares, e para distâncias maiores.

Habitualmente o início das leituras corresponde à realização da campanha de referência. A maior parte das medições na Engenharia Civil/Topográfica são relativas, calculando-se a variação da grandeza física por comparação com uma leitura de origem (leitura de referência). Se a leitura de referência contiver incorreções todas as leituras posteriores irão ser influenciadas pelos correspondentes erros. Daí a importância da leitura de referência e as recomendações para que seja feita com o maior cuidado e rigor (Caspurro, 1999).

A rede de observação é constituída por pontos materializados por pilares solidarizados a blocos de betão fundados na estrutura subjacente. Estes pontos podem ser classificados, segundo a sua função na rede de observação, em:

- **Pontos objeto**, que são os pontos cujos deslocamentos se pretendem determinar. São materializados por pilaretes que usualmente são peças de betão moldadas numa manilha de 0,20 a 0,30 m de diâmetro e de 0,60 m de altura, executados sobre um bloco de betão com cerca de 1,0 m de aresta, equipados com peças de centragem forçada;
- **Pontos de referência**, também chamados de pontos de apoio ou pontos fixos, que são aqueles a partir dos quais se determinam os deslocamentos dos pontos objeto. São materializados por pilares, usualmente peças de betão moldadas numa manilha com 0,30 m a 0,40 m de diâmetro e 1,15 m de altura, construídas sobre um bloco de betão com cerca de 1,20 m de aresta dotados de peças de centragem forçada. De modo a evitar possíveis movimentos devido à exposição solar durante as operações de medição estas peças são envolvidas por uma manilha exterior, de maneira a formar uma caixa de ar, com 0,03 a 0,05 m, devendo estar pintados com uma tinta branca;
- **Pontos auxiliares**, são acrescentados ao sistema de maneira a melhorar a respetiva configuração geométrica, sendo materializados por pilares análogos aos dos pontos de referência. Os pontos auxiliares podem ser ainda classificados, quanto à sua função operativa, em:
 - **Pontos alvo**, que servem exclusivamente para serem visados e são materializados por alvos de pontaria, por prismas (retrorefletores), ou por peças de centragem forçada (utilizam-se peças do tipo Wild, por serem de custo reduzido), chumbadas em pilaretes;

- **Pontos estação**, utilizados para estacionar equipamentos (taqueómetros, teodolitos), sendo por vezes utilizados para estacionar alvos ou primas, transformando-se assim em pontos alvo.

Habitualmente os equipamentos são instalados, durante as campanhas, em locais com peças de centragem forçada.

Para a monitorização de obras existem dois tipos de métodos, os efetuados por levantamentos geodésicos e os efetuados por levantamentos geotécnicos.

Cada tipo de levantamento apresenta vantagens e desvantagens. Os levantamentos geodésicos, utilizam uma rede de pontos interconectados por ângulos e medidas de distância, usualmente proporcionam suficiente redundância de observações para análises estatísticas de qualidade e para detetar o erro. Em contrapartida diz que instrumentos geotécnicos são mais fáceis de adaptação para fins de automação e monitorização contínua.

4.2. Técnicas de Posicionamento para Monitorização

Algumas técnicas de levantamentos geodésicos utilizados para fins de monitorização são:

- Triangulação geodésica;
- Poligonação;
- Irradiação
- Nivelamento geométrico de precisão
- Determinação de coordenadas utilizando os Sistemas de Posicionamento por Satélite GNSS/GPS (Global Positioning System).

Em trabalhos de monitorização de grandes estruturas é comum associar estas diferentes técnicas, como o posicionamento por GNSS/GPS para a determinação das coordenadas planas dos pontos e o nivelamento geométrico de precisão para o controle altimétrico. A precisão necessária depende da amplitude dos deslocamentos a detetar e dos métodos a utilizar podendo atingir (+ ou - 1mm).

4.2.1. Triangulação e Trilateração

A triangulação é um método geodésico clássico para a determinação de coordenadas planimétricas de pontos. Consiste, de forma simples, na medição dos ângulos internos das figuras que compõem a rede de triângulos composta pelos seus vértices. A trilateração é um processo similar à triangulação, envolve também a formação de figura geométricas que se reduzem a triângulos, mas em vez dos ângulos são medidas as distâncias (Neves, R., 2008).

No passado, numa rede de triangulação apenas eram observados ângulos horizontais. No entanto, com a evolução tecnológica dos equipamentos e consequente aparecimento das estações totais com os DEM incorporados, passou a ser possível a observação angular e linear ao mesmo tempo, pelo que a combinação dos dois métodos rapidamente foi introduzida na monitorização de estruturas

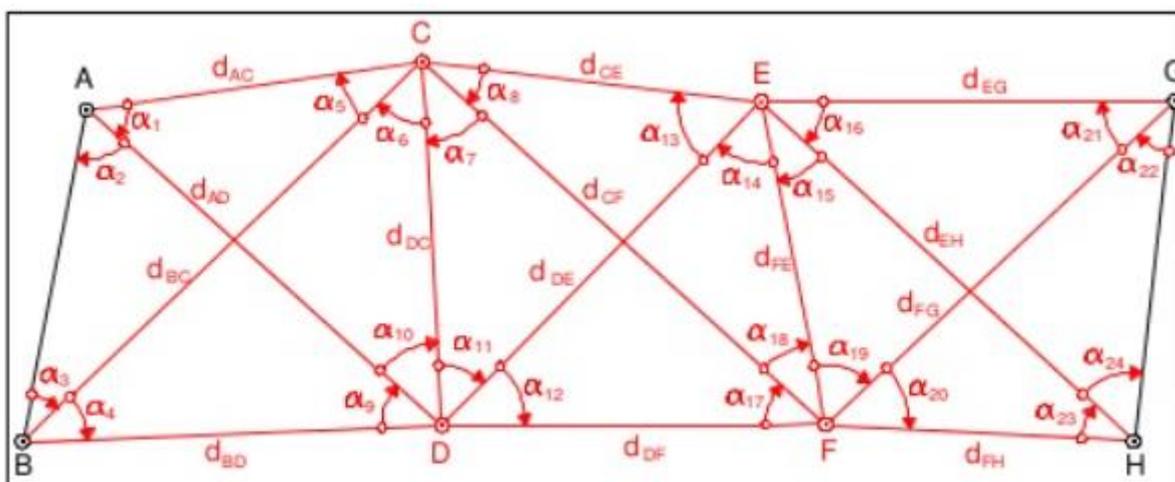


Figura 8: Triangulação; Fonte: Manual técnico de posicionamento

4.2.2. Poligonação

A Poligonação é um dos métodos mais utilizados para a determinação de coordenadas de pontos em topografia, por permitir tal como na irradiação, posicionar sequencialmente um grande número de pontos objeto. No entanto, são figuras bastante frágeis ou pouco consistentes com vista a uma boa precisão de coordenação, essencialmente quando são de grande extensão. Este facto, deve-se ao seu constrangimento geométrico, apenas dois pontos fixos nas extremidades.

Quando se trata de poligonais para observação de galerias interiores de barragens, as poligonais são sempre apoiadas em pontos de referência, de extensões relativamente curtas e são geralmente designadas como poligonais fechadas, ou seja, terminam sempre num ponto de coordenadas conhecidas. É claro que esta obrigatoriedade é resultado dos constrangimentos da poligonal (pontos de

apoio fixos), o que, por sua vez resulta numa confirmação dos resultados ou na sua maior fiabilidade e conduz à condição de compensação ou ajustamento da poligonal.

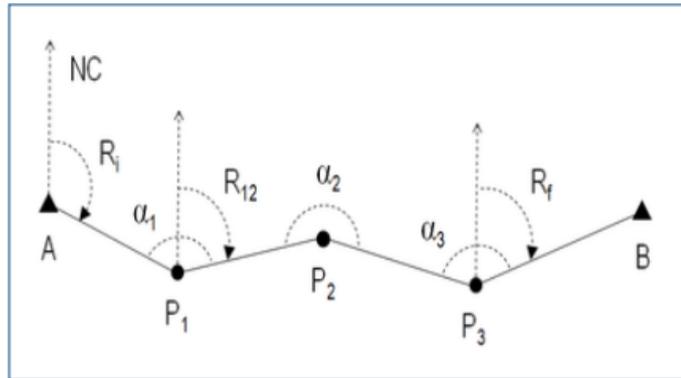
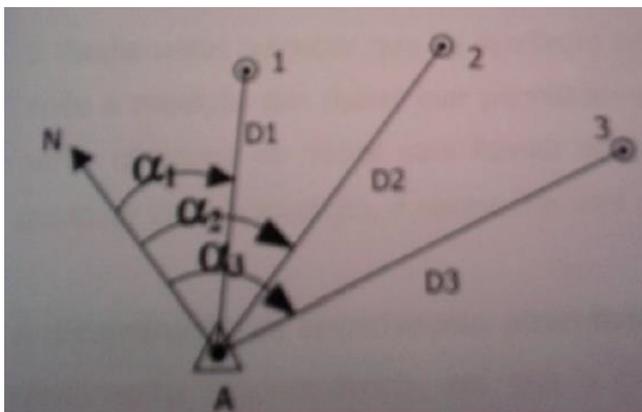


Figura 9: Esquema de uma poligonal aberta (Fonte: Neves, R., 2008)

4.2.3. Irradiação múltipla

Segundo esta metodologia, as determinações das coordenadas planimétricas de um ponto são determinadas a partir de um ponto de coordenadas conhecidas e de uma dada direção de referência. É também um método baseado no conceito de coordenadas polares.

Um termo muito utilizado é a irradiação múltipla, (Imagem 13) sobretudo no levantamento de pormenor, no qual a partir de um ponto de coordenadas conhecidas, o qual é ponto estação e de uma dada direção conhecida, obtêm-se as coordenadas de vários pontos observados. A partir das coordenadas polares são implantados os pontos no plano permitindo o desenho de planta topográfico. Além destas coordenadas pode-se também medir altitudes pelo método de nivelamento para a modelação do relevo.



Legenda:

A – Ponto de coordenadas conhecidas

A → N Direção de referência

α_1 - Ângulo formado pela direção de referência e o ponto observado

D1 – Distância horizontal entre o ponto Estação, e o ponto observado.

1,2,3 – Pontos a determinar

Imagem 13: Método de Irradiação múltipla (fonte: Neves, R., 2008)

4.2.4. Transporte de coordenadas

Determinar as coordenadas de um ponto B a partir das coordenadas de outro ponto A, conhecendo a distância AB entre os dois pontos e o rumo da direção que definem.

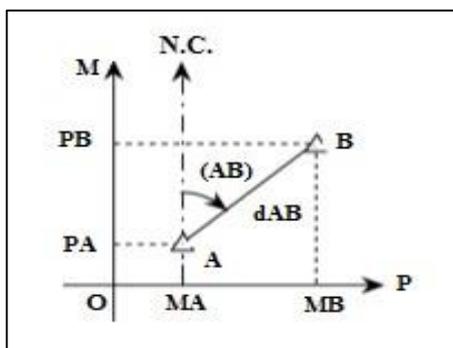


Imagem 14: Transporte de Coordenadas

Legenda:

N.C. – Norte Cartográfico

A – Ponto A

B – Ponto B

(AB) – Rumo da direção AB

MB – Coordenada M do ponto B, assinalada no eixo do P

PB – Coordenada P do ponto B, assinalada no eixo do M

MA – Coordenada M do ponto A, assinalada no eixo do P

PA – Coordenada P do ponto A, assinalada no eixo do M

dAB - distância entre os pontos A e B

Analicamente utilizando os dados da imagem 14, o transporte de coordenadas é calculado pelas seguintes expressões:

$$MB = MA + dAB \sin (AB)$$

$$PB = PA + dAB \cos (AB)$$

4.2.5. Estação Livre

Método no qual se estaciona o aparelho no ponto em que se deseja determinar as coordenadas ou não e efetuam-se as visadas para outros dois ou mais pontos de coordenadas conhecidas. Assim, são realizadas leituras de direções e medições de distâncias.

As coordenadas do ponto estação são obtidas através de leituras de distâncias e ângulos com visadas aos pontos de referência.

Facilmente se verifica que com a observação apenas de ângulos, são necessários no mínimo, três pontos auxiliares ou de apoio, o que implica a medição de dois ângulos entre as respetivas visadas. Se consideramos a observação adicional de uma distância, então o número de ângulos a medir é apenas um, correspondendo a dois pontos visados.

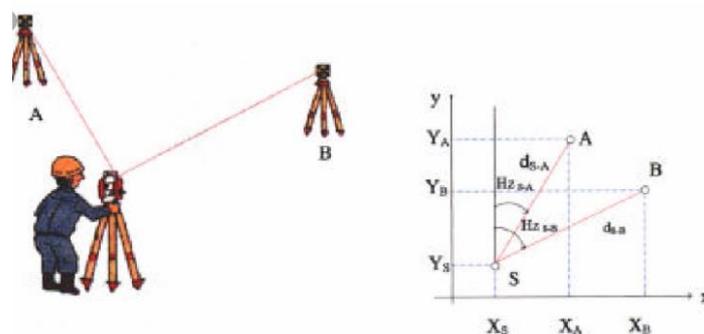


Imagem 15: Método da Estação Livre

Legenda:

- S – Ponto que se pretende coordenar;
- A – Ponto de coordenadas conhecidas;
- B – Ponto de coordenadas conhecidas;
- H_zS-A – Rumo da direção AO;
- H_zS-B – Rumo da direção OB;

4.2.6. Triangulação

Método que consiste na medição de distâncias e de ângulos horizontais, de acordo com seqüências e regras de operações previamente planeadas.

Os valores obtidos são ajustados, validados e transformados em deslocamentos com base em modelos matemáticos apropriados.

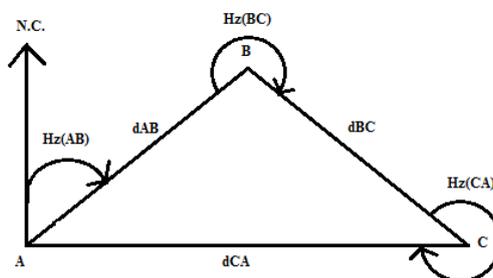


Imagem 16: Método da Triangulação

Legenda:

- A, B e C – Pontos estação;
- d_{AB} – distância de A e B;
- d_{BC} – distância de B e C;
- d_{CA} – distância de C e A;
- H_z(AB) - rumo da direção AB;
- H_z(BC) – ângulo externo do triângulo;
- H_z(CA) - ângulo externo do triângulo;

4.3. Nivelamento Geométrico

O nivelamento geométrico, é o método operativo utilizado para a determinação da diferença de nível entre dois pontos da superfície do terreno. O nivelamento é realizado com recurso a um nível com uma luneta reversível e miras graduadas e perfeitamente calibradas que são colocadas sobre os pontos cuja altitude se pretende determinar. Colocando-se o nível aproximadamente equidistante dos pontos a nivelar minimizam-se os erros sistemáticos decorrentes da curvatura terrestre, das condições atmosféricas e de colimações residuais. Em alguns casos, por limitação da distância ou desnível, é necessário utilizar pontos auxiliares, isto é, pontos que servem apenas para a ligação entre pontos de referência e pontos objeto, ou para a ligação entre pontos objeto. Nestes casos, a linha é subdividida em secções mais pequenas sendo determinada a diferença de nível para cada ponto auxiliar, de forma que o desnível total entre os pontos objeto seja a soma dos desníveis intermédios.

Em relação aos níveis, o erro que ocorre com maior frequência é o erro de colimação (linha de pontaria não paralela ao plano horizontal ou de colimação) decorrente de uma má retificação da nivela ou do sistema de compensação. O efeito deste erro elimina-se utilizando a metodologia de “estacionamento a meia distância”. A precisão é de 1mm/km.

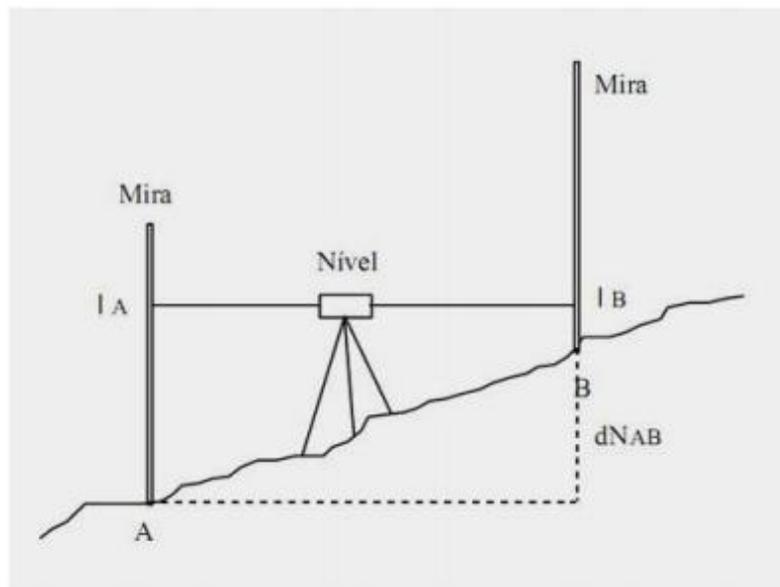


Imagem 17: Nivelamento geométrico simples

4.4. Nivelamento Geodésico ou Trigonométrico

Realiza-se medindo ângulos verticais por recurso a um teodolito e distâncias horizontais ou inclinadas recorrendo à estação total ou distanciómetro.

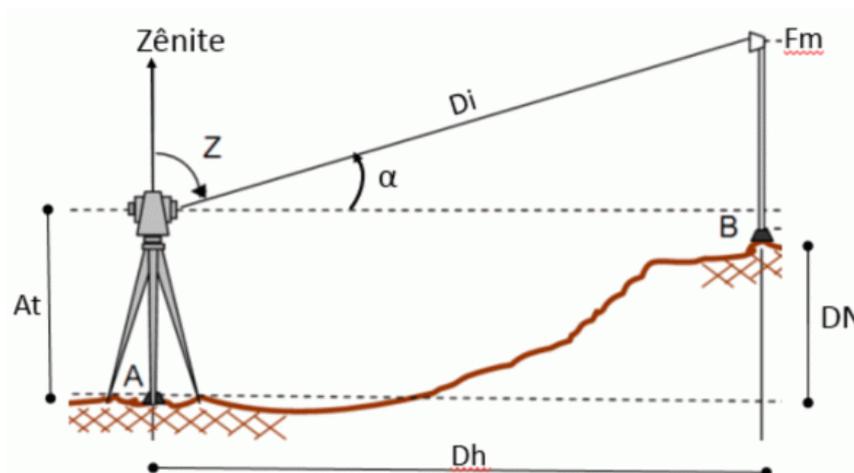


Imagem 18: Nivelamento geodésico ou trigonométrico

$$dNAB = \Delta H = D \cos ZA = h + i - Av = K \cotg ZA \quad \square \quad h = K \cotg ZA \quad \square \quad h = D \cos ZA$$

Onde:

D – distância inclinada

K – distância horizontal

$$h = K \cotg ZA$$

Esta fórmula é aplicada e válida para distâncias inferiores a 400 metros.

h – altura trigonométrica

i – Altura do instrumento medido em campo

Av – altura visada

Quando se pretende determinar desníveis trigonométricos para distâncias iguais ou superiores a 400 metros recorre-se à fórmula a seguir apresentada, designada de fórmula topográfica:

$$h = D * \cot(ZA) + qD^2$$

Onde:

D – distância horizontal entre os pontos A e B

ZA – distância zenital a partir da linha de visada

qD^2 – designa a depressão do horizonte, atenua os erros do efeito da curvatura terrestre e da refração atmosférica.

$$q = \frac{0,5 - n}{R}$$

Onde:

R – raio médio da Terra

n – coeficiente de refração varia entre 0.06 e 0.08 em Portugal.

4.5. Monitorização recorrendo as outras técnicas

- ❖ Monitorização recorrendo à observação de alvos topográficos (Dianas Refletantes)
- ❖ Métodos de Monitorização com GNSS
- ❖ Método de monitorização utilizando técnicas de Interferometria Radar
- ❖ Métodos Mecânico-Físicos recorrendo a aparelhos embutidos na própria estrutura a medir.
- ❖ Método de Monitorização com Laser Scanning
- ❖ Método de monitorização recorrendo a técnicas de Fotogrametria

De entre estes métodos focamo-nos no método de Monitorização recorrendo à observação de alvos topográficos (Dianas Refletantes adesivas). Este método permite observar a evolução das rochas que constitui o talude a longo prazo, controlando o seu movimento que consiste em realizar leituras permanentemente para os alvos topográficos colocados sobre vários locais do maciço rochoso que constitui o talude da VICEG.

Os alvos topográficos usados em monitorização podem admitir três tipos de tamanhos, em centímetros, 2x2, 4x4 e 6x6. Estes alvos normalmente são colados ou inseridos no talude em estudo através de estacas ou colados diretamente na estrutura. Este método implica como já foi referido um controlo assíduo através de leituras retiradas nos alvos previamente colocados. Neste trabalho foram usados Alvos Topográficos, Retrotarget M, Dianas Reflectantes, (4*4cm)

Para se verificar se o talude está sujeito a deslocamentos pode optar-se por um dos dois métodos usualmente utilizados, sendo que um deles tem como elementos para comparação as respetivas distâncias e ângulos. A outra possibilidade é recorrer ao método denominado de variação de coordenadas, que tem como objetivo determinar os possíveis deslocamentos ocorridos durante um período de tempo extenso. A comparação é feita usando todos os pontos da rede de observação, mas comparando o mesmo ponto ao longo de várias épocas de observação.



Imagem 19: Dianas refletantes adesivas

Este foi o processo utilizado para a realização deste projeto, os alvos topográficos são a ferramenta/acessório topográfico que melhor se adequa a trabalhos com a finalidade pretendida.

Quanto ao método utilizado para observação dos mesmos alvos colocados nos taludes, foi o método da irradiação, referido anteriormente.

Em trabalhos de grande precisão, monitorização estruturas metálicas, entre outros utiliza-se também o Mini – prisma.



Imagem 20: Mini - Prisma

CAPÍTULO V-TEORIA DOS ERROS NAS MEDIÇÕES

Entende-se por **erro** a diferença entre o valor obtido (médio) e o valor verdadeiro.

Todas as observações topográficas se reduzem na medida de uma distância, de um ângulo ou de uma diferença de nível, as quais podem ser afetadas de erros ocasionados pelos aparelhos, pelas condições exteriores e pelo observador. Procura-se eliminar algumas das causas dos erros e reduzir os valores dos que restam, mas como não é possível fazê-los desaparecer completamente, torna-se necessário calcular o valor mais provável da grandeza, o qual é obtido através dos resultados das observações efetuadas. Todas as grandezas que nos interessam são medidas ou observadas por intermédio do nosso sentido e com o auxílio de instrumentos. Efetuando-se uma série de medidas de uma mesma grandeza, a prática revela que essas medidas ou observações nunca são absolutamente concordantes.

A Teoria da probabilidade dos Erros (como estimar a incerteza), tem por finalidade estabelecer um método seguro e conveniente, segundo o qual sempre se possa estabelecer o valor mais aceitável de uma grandeza, uma vez que se reconhece ser impossível tornar as medidas isentas de erros. Além disso, a teoria dos erros se preocupa em determinar o erro mais tranquilizador que se pode cometer a respeito do valor de uma determinada grandeza que se mede.

O Erro Verdadeiro de uma grandeza é desconhecido, mas o Erro Aparente ou resíduo é a discrepância de cada medida relativamente à média;

Para n medidas efetuadas de uma mesma grandeza ($l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$), o valor mais aceitável é o que se obtém através da média aritmética dos valores dessas medidas. Erro Médio Aritmético é o valor μ , obtido através do somatório modular dos erros aparentes (v) dividido pela raiz quadrática de número de observações vezes número de observação menos um.

$$\text{Média das observações: } \bar{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

$$\text{Erro Médio Aritmético: } \mu = \pm \frac{\sum_{i=1}^n |v_i|}{\sqrt{n(n-1)}}$$

Outro método utilizado é o Métodos dos Mínimos quadrados, cujo objetivo é minimizar a soma do quadrado dos resíduos.

Assim sendo os erros são divididos em três classes distintas, sendo elas:

- Erros Acidentais ou estatístico
- Erros Sistemáticos ou constante
- Erros Aleatórios;

5.1. Erros Acidentais ou estatístico

Apesar de se efetuarem medições o mais cuidadosamente possível e se eliminarem os erros sistemáticos, os resultados de uma série de medições de uma mesma grandeza não são geralmente constantes.

Estão afetados de erros de origem desconhecida e cujas repercussões nas medições não podem ser previstas, não podendo, portanto, ser evitados ou eliminados.

5.2. Erros Sistemáticos

São aqueles cuja causa é conhecida com exatidão, é possível eliminá-los por um método de medição próprio ou correção apropriada. Apresentam um carácter de constância nas medições. Dentro dos erros sistemáticos podem definir-se:

5.2.1. Erros Naturais

São compreendidos como aqueles que decorrem de fatores exclusivamente ambientais, tais como, variação na temperatura, vento, refração e pressão atmosférica, ação da gravidade, dentro outros. Alguns destes erros podem ser classificados como erros sistemáticos, e tem principal características de ser dificilmente evitado. São passíveis de correção desde que tomadas as providências cabíveis durante a medição. Os erros sistemáticos alteram a observação, em sinal e/ou magnitude, podendo variar em magnitude ao fim de longos períodos de tempo. Pode tenderem a acumular-se, são muito perigosos. Estes erros ocorrem de forma determinística, eles dependem não só do observador, bem como do instrumento utilizado e das condições ambientais de trabalho. Como por exemplo, ao utilizarmos uma fita de 1m, que seja mais curta 5 cm que o seu padrão, ir-se-á cometer sistematicamente, um erro de 5% nas distâncias medidas. A refração, quer lateral quer vertical, é outro fenômeno que age como fonte de erros sistemáticos.

Para se evitar esse tipo de erro, deve-se utilizar técnicas de controle de observação de má qualidade, bem como usar técnicas operatórias apropriadas. Descobrir e controlar este tipo de erros durante a técnica de estimação requer uma grande experiência e um conhecimento avançado.

5.2.2. Erros Instrumentais

Como o próprio nome sugere, esse tipo de erro, se dá por causa de defeitos e/ou imperfeições nos instrumentos ou aparelhos usados na medição. Pode ser um erro acidental, por tanto, ocorrem ocasionalmente, pode ser evitado e/ou corrigido com a manutenção adequada dos aparelhos, bem como aferição e calibragem periodicamente. Na medição de ângulos verifica-se um maior número de condicionantes impostas aos instrumentos de medida do que na mediação de distâncias ou desníveis, por isso iremos encontrar um maior número de erros instrumentais nos teodolitos, comparativamente aos restantes.

5.2.3. Erros Pessoais

Todos aqueles causados exclusivamente pelo operador, seja por questões físicas ou imprudência. Podem ser: erro na leitura dos ângulos, erro na leitura da régua graduada, na contagem do número de trenadas, ponto visado errado, aparelho fora de prumo, aparelho fora de nível, entre outros. Estão incluídos como erros grosseiros e dependem exclusivamente de uma medicação consciente e responsável para que não ocorram. Por não serem passíveis de correção devem ser levados bem a sério por parte dos operadores. Por exemplo, ler um 8 em vez de um 6, registar um 3 em vez de um 13. Evitam-se, fazendo observações bastante cuidadas e com grande concentração, embora nunca se fique com a certeza da sua ausência nas observações. São considerados como aleatórios quando são de pequena magnitude. Como norma, as contas, leituras e registos devem ser sempre verificados mais de uma vez, e o originais dos registos devem manter-se sempre como fonte primordial das observações, não se devendo, portanto, copiá-los ou passá-los a limpo. Esses erros podem ser descobertos no processo de análise e ajustamento, para posterior correção.

5.3. Detecção de Erros Sistemáticos

É importante evitar que os erros sistemáticos prejudiquem a exatidão do resultado.

Estes tipos de erros eliminam-se através de métodos próprios ou de correções, conforme os passos abaixo. Para a verificação da não existência de erros sistemáticos numa série de medições igualmente precisas é necessário executar os seguintes passos:

- Calcula-se a média das observações: $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$

Acham-se os resíduos pela expressão: $v_i = \bar{x} - x_i$ e verifica-se que a sua soma é igual a zero.

- Calcula-se a soma dos quadrados dos resíduos e a soma dos módulos dos resíduos pelas expressões:

$$\sum_{i=1}^n (v_i)^2$$

$$\sum_{i=1}^n |v_i|$$

- A partir dos dois valores calculados atrás e do número de observações **n**, calculam-se:

O erro médio quadrático $\sigma_s \equiv \eta = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i)^2}{n-1}}$

E o Erro médio aritmético $\mu = \pm \frac{\sum_{i=1}^n |v_i|}{\sqrt{n(n-1)}}$

E também o erro provável a partir de cada uma das relações, $e = \frac{2}{3}\eta$ e $e = \frac{5}{6}\mu$, verificando que os valores obtidos para *e* são sensivelmente iguais; para os passos seguintes pode usar-se a média dos dois valores obtidos para o erro médio provável.

- O número de resíduos negativos deve ser igual ao número de resíduos positivos, e devem existir tantos resíduos de valor absoluto superior a *e* (*E_p*) quantos os de valor absoluto inferior.
- Nesta fase calculam-se as probabilidades do aparecimento de um erro (resíduo) de valor absoluto inferior e superior ao erro provável calculado na alínea á cima, bem como a duplicação e triplicação do mesmo que nos dá, as probabilidades aproximadas de ocorrência dos mesmos:

Nome de erro	% de certeza	% de incerteza
(<i>E_p</i>)	50	50
2σ	95,0	5,0
3σ	99,7	0,3
3,29σ	99,9	0,1

Tabela 1: Incertezas em função das ponderações usadas [Monteiro A., 2018]

Aplicando a triplicação do erro provável à comparação dos resíduos, garante-se a não existência de um valor ou mais da série com erro superior ao admissível, visto a sua probabilidade de ocorrência ser inferior a 5%, como mostra a tabela 1, o que garante a não existência de erros sistemáticos na série em análise.

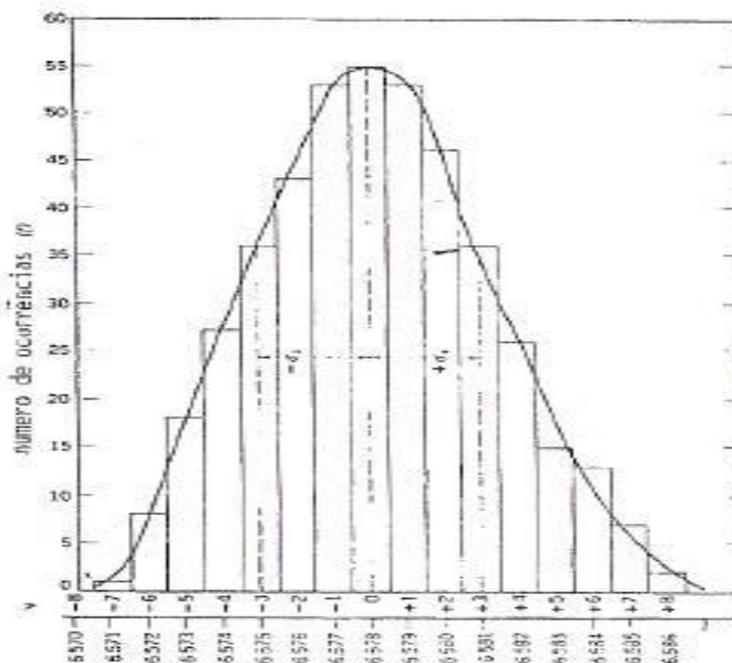


Figura 10: Distribuição de Gauss [Monteiro A., 2018]

Com o cumprimento dos critérios atrás enunciados, pretende-se garantir que as distribuições dos valores da série obtida se aproximam da distribuição de Gauss presente na figura 10, garantindo a homogeneidade dos resultados e a não existência de erros grosseiros que afetem a série.

Legenda

\bar{x} – Média aritmética

x_i – Valores observados

v_i – Resíduos

n – Números das observações

$\sigma_s \equiv \eta$ - Erro médio quadrático

μ - Erro médio aritmético

E_p - Erro provável

5.3.1. Erros Aleatórios

São aqueles que permanecem após os erros sistemáticos e grosseiros terem sido eliminados. São erros que não seguem nenhum tipo de lei e ora ocorrem num sentido ora noutro, tendendo a se neutralizar quando o número de observações é grande. Sua principal causa deriva de fatores que não podem ser controlados pelo observador, e por isso, também são chamados de acidentais.

Sua ocorrência não pode ser controlada, minimizada e nem eliminada, porém, é possível estimá-la. A melhor maneira de prevenir esse tipo de erro é realizando uma grande quantidade de medições, o que vai permitir neutralizá-los por meio do estabelecimento de um valor médio.

5.4. CONFIANÇA NAS MEDIÇÕES

5.4.1. Exatidão/Precisão

Precisão: É um indicativo do grau de cuidado empregue na operação, ou seja, é a aproximação do resultado a um valor médio.

Exatidão (Rigor): É um indicativo do rigor do resultado, ou seja é a aproximação ao verdadeiro valor.

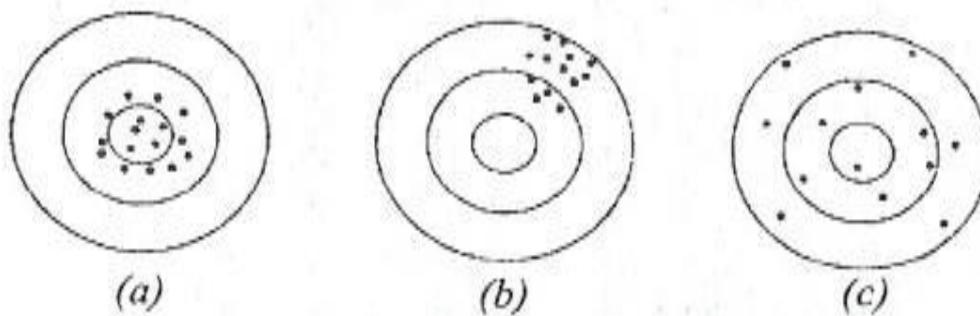


Figura 11: Alvos com impactos de espingarda

(a) e (b) são muito precisos

(a) e (c) são muito exatos

(a) preciso e exato

(b) preciso, mas não exato

(c) exato, mas não preciso

Para estarmos absolutamente certos e seguros de uma medição, devemos repeti-la quase um número infinito de vezes. Mas como não dispomos de um milhar de anos para viver devemos usar um método mais económico de fazer medições, ou seja, medirmos 10, 15 ou 20 vezes, gerando mais certeza, mas mesmo assim, por vezes não dispomos de tempo para dispensar este esforço extra, teremos então de dispor de um processo de aproximação mais prático.

5.5. Desvio padrão como um critério

Quando são feitas medições de uma quantidade num dado conjunto, devem ser todas feitas sob as mesmas condições (padrão) pelo mesmo método (padrão), se for necessário comparar os resultados. Numa palavra, o desvio padrão só é aplicável em medições identicamente feitas com isto na lembrança, torna-se agora evidente que devemos padronizar num único método de medição, que nos dará um conjunto de medições que tem um determinado erro padrão de um tamanho que possamos tolerar.

Implicará um método que fornecerá um certo desvio padrão para uma medição individual. Na qual teríamos que definir o máximo tamanho aceitável para o desvio padrão que para este trabalho nós não definimos.

5.6. Fixar um erro máximo desejado

Na escolha do maior tamanho do erro que pode ser tolerado, devemos observar o local a medir no conjunto do projeto. Deve ser examinado a sua contribuição para o cálculo para estabelecer a sua influência no resultado.

Se escolhermos uma extensão tolerável demasiado grande (um desvio padrão demasiado grande) daremos possivelmente uma abertura demasiada para um trabalho de medições expeditas. Tal trabalho será provavelmente classificado como «grosseiro» ou de «baixa ordem de precisão», neste caso melhor que incorreto, porque estaria essencialmente concordante com a baixa precisão pedida (tolerância grande). Por outro lado, quando é necessária uma precisão muito alta, para trabalhos muito precisos, por vezes será um procedimento muito difícil e dispendioso a obtenção desta obrigação (tolerância pequena).

5.6.1. Selecionando um erro máximo

Uma vez estabelecido o fim a que se destina a quantidade medida, pode ser fixada a sua tolerância. Esta, limitando entre (+) e (-) o erro perto do valor médio, é efetivamente uma precisão das medições que têm de ser feitas. A tolerância diz, com efeito, que qualquer quantidade medida uma vez, deve flutuar entre certos valores.

Se desejarmos fixá-la a um erro máximo permitido, isso quererá dizer que os limites do erro máximo ($3,29\sigma_s$) pode ser assente como se nós tivéssemos 100% de certeza na nossa medição.

É possível, contudo, usar um erro máximo ou erro aceitável menos rígido, digamos $3\sigma_s$ ou $2\sigma_s$ ou o erro 90% ($1,64\sigma_s$). Isto dará frequentemente um esforço consideravelmente menor, ainda que com um risco de 1% ou 5% ou 10% de as medições terem maiores erros que o máximo prescrito. Aqui também devemos pensar este risco e a economia da situação. Muitas vezes será admissível usar um grau de certeza inferior, especialmente se forem empregues precauções adicionais.

5.6.2. Padronizado o procedimento

Depois de ter fixado a precisão a ser exigida na medição, devemos examinar os métodos processuais e fixar um que nos dê os resultados desejados. Se a medição não foi feita anteriormente, será necessário fazer muitas mais medições da mesma espécie para estabelecer a validade do procedimento e permitir um estudo da precisão que se pode obter.

5.7. PRÍNCIPIO DOS MÍNIMOS QUADRADOS

Se for feito um conjunto de medições M_1, M_2, M_3 etc, todos com o mesmo cuidado e usando os mesmos métodos e os mesmos instrumentos para cada medição, a precisão constante «h» é a mesma para todas as medições, e a distribuição dos seus erros fortuitos (x_1, x_2, x_3 etc) são dados pela mesma curva de probabilidades.

As probabilidades da ocorrência destes erros são então:

$$p_1 = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x_1^2} dx_1 \quad p_2 = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x_2^2} dx_2$$

$$P_1 = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x_1^2} dx_1 \quad P_2 = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x_2^2} dx_2$$

Dado que as medições separadas são acontecimentos independentes, a probabilidade de que todo o conjunto de erro (x_1, x_2, x_3 etc) aconteça é igual ao produto das suas probabilidades separadas,

ou

$$P = P_1 \times P_2 \times P_3 \dots etc. =$$

$$= \left[\frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots)} \right] (dx_1, dx_2, dx_3, \dots)$$

P- Probabilidade de conjunto dos erros

$P_1 ; p_2$ – Probabilidade das ocorrências

$X_1 ; x_2 ; x_3 ; \dots$ - Erros

$dx_1 ; dx_2 ; dx_3 ; \dots$ -diferenças

Porque em qualquer conjunto de medições é mais provável que exista um conjunto de pequenos erros que um conjunto de grande erros, o conjunto que tem a maior probabilidade dar-nos-á o « valor mais provável» de quantidade medida.

Desde que o índice de precisão «n» seja constante e que os diferenciais dx_1, dx_2, dx_3 etc, sejam quantidades arbitrárias, é evidente, da equação acima, que a probabilidade p é maior quando o expoente de «e» for mínimo, isto é, quando $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2$, etc, for um mínimo, ou por outras palavras, quando $\sum x^2$ for um mínimo. Podemos então exprimir assim o princípio dos mínimos quadrados: «O valor melhor ou mais provável que é possível obter de um conjunto de medições de igual precisão é aquele valor para o qual a soma dos quadrados dos erros for um mínimo».

A exigência de que a soma dos quadrados seja um mínimo torna evidente que a média aritmética é o melhor valor que se pode obter de qualquer conjunto de medições diretas que sejam igualmente merecedoras de confiança.

Isto quer dizer simplesmente que se a média aritmética de um conjunto de medições diversas, for usado como o valor representante do conjunto, é um «valor mais provável» (melhor) do que qualquer outro porque a soma dos quadrados da diferença de cada valor em relação à média será o mais pequeno possível.

CAPÍTULO VI- SISTEMA DE REFERÊNCIA TERRESTRE EUROPEU – ETRS89

Para este projeto trabalhamos no sistema de referência ETRS89, no qual o distrito da Guarda se encontra no 1º Quadrante. O sistema de coordenadas associadas é o PT-TM06/ETRS89, daí o facto de todas as coordenadas M e coordenadas P tanto da rede de apoio como dos alvos serem positivas, como se pode verificar na figura 12

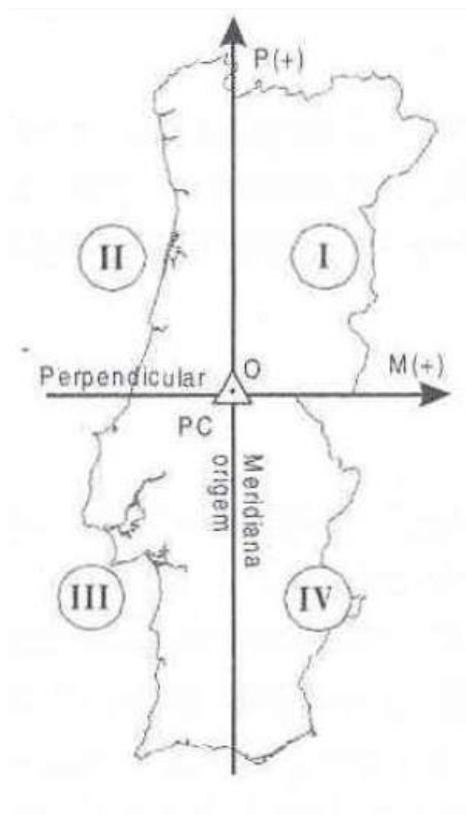


Figura 12: Sistemas de coordenadas Hayford Gauss Melriça datum 73

Neste sistema o novo Ponto Central e a origem das coordenadas retangulares encontram-se coincidentes, próximo do vértice geodésico da Melriça, concelho de Vila de Rei, Abrantes, distrito de Castelo Branco.

O ETRS89 (European Terrestrial Reference System) é um sistema global de referência recomendado pela EUREF (European Reference Frame, subcomissão da IAG - Associação Internacional de Geodesia) estabelecido através de técnicas espaciais de observação.

No simpósio da EUREF realizado em Itália em 1990 foi adotada a seguinte resolução: "A Subcomissão da IAG para o Referencial Geodésico Europeu (EUREF) recomenda que o sistema a ser

6.2. Estabilidade dos pontos de referência

Numa campanha de observação geodésica dos taludes, os deslocamentos absolutos dos pontos objeto são determinados a partir dos pontos da rede de referência que se presume ser estável. Esta, entre outras, é a condição primária para que uma rede geodésica permita obter resultados fiáveis. Desta forma, pode considerar-se que qualquer ponto da rede de referência que não seja estável, ou deixe de o ser a partir de um determinado momento, deve ser identificado antes do cálculo dos deslocamentos dos pontos objeto (Ribeiro, F., 2008). Caso contrário, a análise e interpretação dos deslocamentos pode levar a conclusões erradas. A título exemplificativo, supõe-se o seguinte caso, representado na figura 13

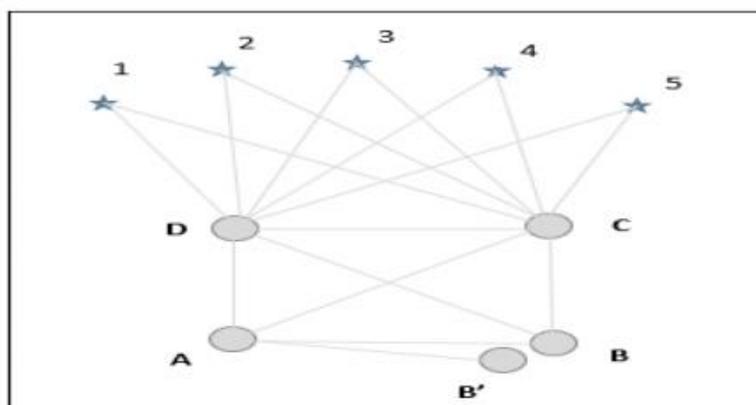


Figura 13: Esquema ilustrativo de rede geodésica (adaptado de (Ribeiro, F., 2008))

Os pontos A, B, C, D são da rede de referência, e os restantes são considerados pontos objeto. No caso do ponto B se deslocar para B', e não for detetado no cálculo, e o mesmo ponto B for usado com o ponto A como referência fixa comum para duas campanhas de observação, todos os pontos objeto e os pontos de referência C e D vão apresentar alterações significativas nas suas coordenadas, mesmo que na realidade elas sejam estáveis.

CAPÍTULO VII-ANALISE DOS RESULTADOS DAS 5 CAMPANHAS DE OBSERVAÇÃO NA VICEG

7.1. Materiais, Equipamento Utilizado e Acessório

Foram utilizados diversos acessórios, materiais e equipamento topográfico dos quais no anexo III estão as imagens:

Dianas refletora (alvos á observar), marca Leica (4cm x 4cm);

Spray de sinalização;

Cola de contacto;

Maço;

Pregos;

Estacas de madeira;

Estação total Leica TCR803: Precisão linear: $2\text{ mm} + 2\text{ ppm}$ CP_Preciso e $5\text{ mm} + 2\text{ ppm}$ no modo rápido; Precisão angular: $2''$ do grau;

Tripé Grande Leica

Bastão, Prisma circular Leica;

Mini tripé;

Fita métrica



Imagem 21: Equipamento utilizado neste projeto, Estação Total Leica TCR803

A imagem 21 mostra a estação Total usada na coordenação dos pontos objeto. A precisão desta estação total é:

- **Distância: 2 mm + 2 ppm**

- **Angular: 2 “ do grau**

Com base nesta informação é possível efetuar a análise da precisão da Estação Total Leica TCR803 para os dados obtidos deste projeto

O alvo a monitorizar mais afastado relativamente ao ponto fixo é o alvo 3D que se encontra a 40,179 m distanciado do ponto fixo 2/ observação (PF2), e o alvo mais próximo é o alvo 13D que se distancia a 14,662 m relativamente ao ponto fixo 5/observação (PF5).

Cálculo do erro linear do instrumento para o alvo mais afastado (4E₂). Este alvo encontra-se a uma distância de 45,162m ou 40,179 consoante o ponto de observação acima referido:

$$2mm + 2 * \frac{1mm}{1000000mm} * 40,179m = 2mm + 0,0402mm = 2,0402mm$$

$$2mm + 2 * \frac{1mm}{1000000mm} * 45,162m = 2mm + 0,045162mm = 2,0452mm*$$

*Valor só de uma campanha

Cálculo do erro linear do instrumento para o alvo mais próximo (1E), distancia de 14,662m.

$$2mm + 2 * \frac{1mm}{1000000mm} * 14,662m = 2mm + 0,0147mm = 2,0147mm$$

7.1.2 Material de segurança utilizado

Coletes refletivos;

Sinalização rodoviária disponibilizada pela autarquia da Guarda (Câmara Municipal);

Cones de sinalização;



Imagem 22: Equipamentos de segurança rodoviária e do operador

7.1.3 Software Utilizado

- ✓ Microsoft Word.
- ✓ Microsoft Excel.
- ✓ Bloco de Notas (formato txt).
- ✓ Leica Survey Office.

7.2 Metodologia Utilizada em Campo na retificação do Plano de Observação já implementado

O Plano de observação deverá ser um documento de carácter vinculativo para qualquer obra, no qual se baseia o controlo da segurança estrutural. No entanto o carater vinculativo é mais aplicado no caso da monitorização de barragens. Mas visto que cada vez mais as obras têm necessidades de serem monitorizadas, esse carater obrigatório tem sido extrapolado para outras obras.

Na fase de reconhecimento no terreno verificou-se que faltavam alguns alvos, um deles estava numa rocha que, entretanto, se soltou caindo na berma da VICEG.

Foi necessário colar um alvo que se descolava garantindo que não sofresse qualquer tipo de alteração da sua posição, Alvo 4D, foi necessário também implantar dois pontos fixos que se encontrava na separadora, PF5 e PF9, no mesmo sistemas de coordenada, garantindo também que as

altitudes fossem as mesmas, fato que dificultou imenso o plano de observações e tivemos que encontrar uma solução que colmatasse essa dificuldade. Assim sendo, para a implantação dos pontos fixos e tendo em conta que a coordenada da altitude não coincidia com a do plano de 2014 optamos por acrescentar ou retirar valores na altura do instrumento que eram constantes, sendo que em PF5 retiramos (0,091m) e em PF9 acrescentamos (0,09m).

Foi feita uma primeira visita ao local a fim de obter conhecimento do que existia no terreno, nomeadamente os alvos e a sua identificação, os Pontos fixos (PFs), Pontos de Orientação bem como o tipo de material que constitui os taludes. Assim sendo identificamos 26 alvos sendo 23 dianas refletoras fixadas na própria rocha e 3 nas estacas de metal. Adotamos o plano de observação definido em 2014, sendo o talude da esquerda o que se situa do lado da empresa de laticínios “Gelgurte” e do Hospital, e como talude da direita o oposto, ou seja, o talude que se situa do lado do cemitério.

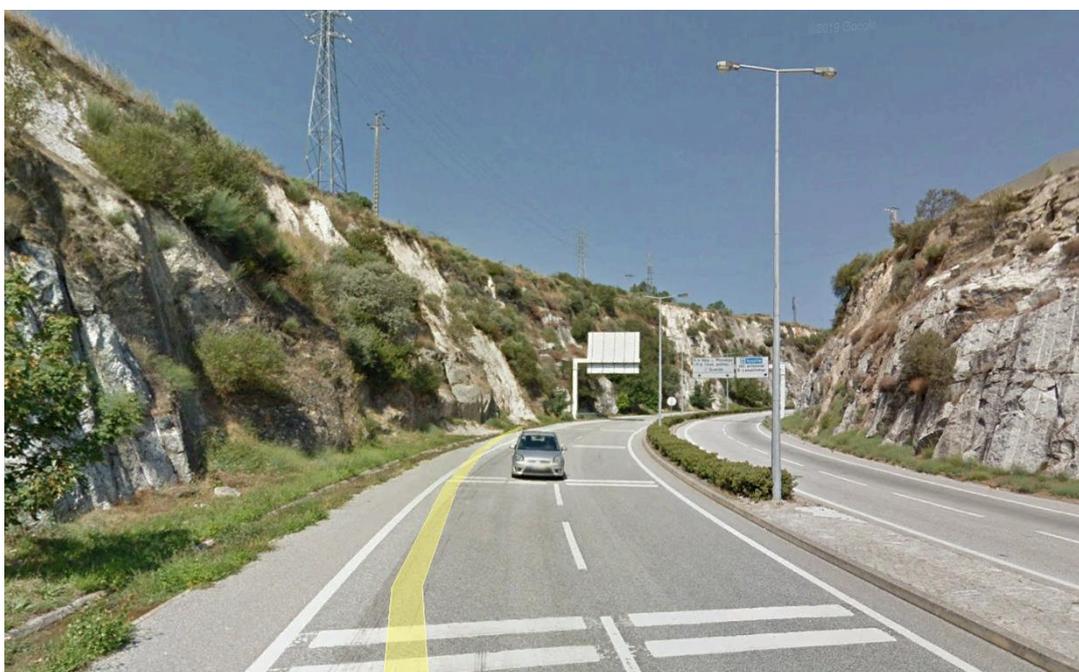


Imagem 23: Vista panorâmica da VICEG (Fonte: Google Earth pro)

Implantamos numa primeira fase, os dois pontos fixos que foram destruídos, ao longo dos 4 anos, que não houve observações. Para efetuar a implantação do ponto PF5 utilizamos o método da interseção inversa, posicionando o aparelho o mais perpendicular possível a esse ponto. Para aplicação deste método são necessários pelo menos dois pontos de orientação e estes deverão ter um ângulo de abertura significativo.

Para o ponto PF9 não foi possível utilizar a técnica de perpendicularidade do aparelho em relação ao ponto estação porque o ponto que possivelmente poderíamos usar para orientação que era o OR2, também foi destruído. Assim orientamos o aparelho através de dois pontos fixos, sendo o PF2 e o PF8 usando novamente o método da interseção inversa.

Como foi referido inicialmente usamos o mesmo sistema de coordenada dos dados anteriores, que é o sistema de coordenadas ETRS89, em que nestes dois PFs que implantamos tivemos que utilizar algumas técnicas para que os pontos tivessem as mesmas altitudes, contudo não conseguimos implantar à mesma altitude que estava definida, assim tivemos que encontrar uma solução que colmatasse essa dificuldade. Optamos por acrescentar ou subtrair valores na altura do instrumento que colocamos sempre constante, sendo que em PF5 retiramos (0,091m) e em PF9 acrescentamos (0,09m).

As observações foram todas feitas usando as mesmas metodologias, seguido o plano de observação do projeto anterior, ou seja, o aparelho era orientado para os mesmos pontos fixos e observados os mesmo alvos na posição direta e inversa da luneta.

Estabeleceu-se o número de campanhas a realizar assim como a sua calendarização (sujeita a possíveis alterações.)

ID	Designação	Data
1	Campanha de referência	29/04/2019
2	1ª Campanha a realizar	19/06/2019
3	2ª Campanha a realizar	25/07/2019
4	3ª Campanha a realizar	02/09/2019
5	4ª Campanha a realizar	30/09/2019

Tabela 2: Cronograma das campanhas

Os pontos fixos para o plano de monitorização foram materializados no separador central da VICEG com estacas de madeiras sendo colocado um prego no centro da base plana de cada estaca.

O local de colocação dos pontos fixos foi uma escolha estratégica, para uma melhor visibilidade dos alvos e um maior número de alvos visíveis, de acordo com o plano estabelecido em 2014. Para que a comparação de resultados com as campanhas de 2014 fosse possível, foi usada a mesma estratégia de observação no que diz respeito aos alvos observados e aos respetivos pontos fixos de onde foram observados.

De cada ponto fixo foram observados os mesmos alvos no talude da esquerda e da direita. Em alguns casos de um mesmo ponto fixo foram observados mais do que um alvo, dependendo do campo de visão do ponto estação, de acordo com quadro 2.

Alvos de Talude da Direita	Pontos Fixos	Alvos de Talude da Esquerda
	PF1	18E
		17E
		16E
2D	PF2	14E
1D		
3D		
4D	PF3	13E
5D		
10D	PF4	
12D		
12D	PF5	12E
13D		11E
13D	PF6	12E
14D		11E
		10E
	PF7	9E
		8E
		7E
		6E
16D	PF8	6E
17D		
18D		
20D		
19D	PF9	
20D		

Quadro 2: Visibilidade dos pontos fixos para os alvos

7.3. Metodologia utilizada

Visto que o projeto do final de curso foi realizado em grupo de dois alunos optou-se por dividir o número de alvos a analisar. Assim um dos alunos analisou os alvos do talude esquerdo e outro de talude direito. Neste relatório são analisados os alvos do talude da direita (lado do cemitério) num total de 14 alvos.

Os procedimentos usados para a análise dos resultados foram divididos em duas fases. Depois de realizadas as 5 campanhas de observação a primeira fase baseou-se no cálculo da diferença de coordenadas de cada uma destas campanhas com a primeira (29/04/2019) que servirá de referência para análise. A segunda fase baseou-se nos cálculos da diferença de coordenadas da nossa primeira campanha com a última campanha efetuada em 2014.

Foi utilizado o método da variação de coordenadas para a monitorização dos alvos colocados nos taludes.

Antes de observarmos os alvos foi preciso efetuar um conjunto de técnicas e configuração do aparelho e gostaria de realçar o cuidado que devemos ter na configuração do EDM. Quando estamos na fase de orientação do aparelho este deve estar configurado no modo CP-Preciso (CP-Com Prisma) depois quando passamos para a fase de observar os alvos devemos mudar a configuração do aparelho para o modo CP-Adesivo. Ainda na fase de estação do aparelho é analisado o desvio padrão angular no processo de orientação, este foi padronizado pelo mesmo valor do projeto de 2014. Foram obtidos valores abaixo dos 0,0150 grados o que é aceitável. No entanto na última campanha o valor ficou ligeiramente acima, na ordem dos 0,0485 no PF5.

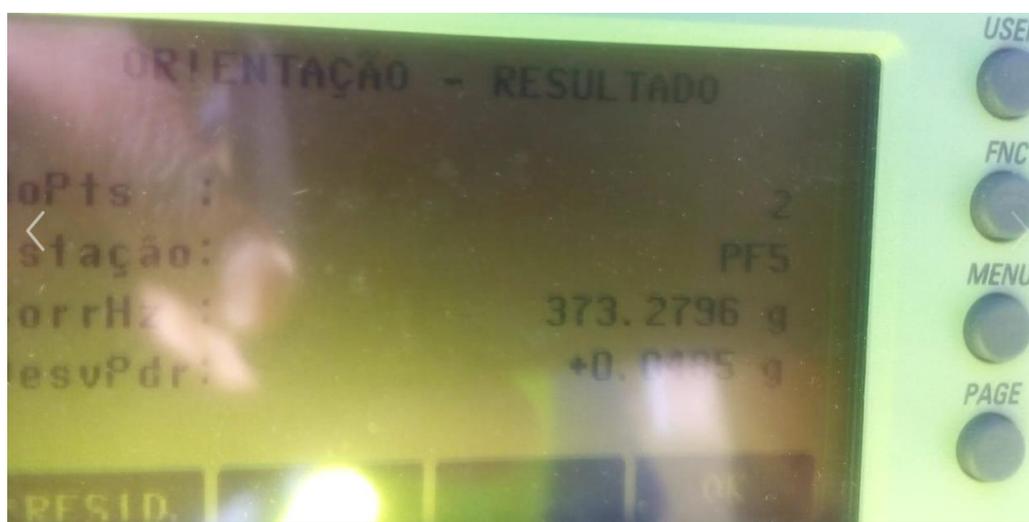


Imagem 24:Resultado do maior desvio Padrão

PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF6	PF7
+0.0041	+0.0133	+0.0119	+0.0028	+0.0485	+0.0018	+0.0193

Tabela 3:Desvio Padrão na orientação do aparelho,observado da última campanha

Os alvos foram observados nas duas posições da luneta sendo na direta e na inversa. Gostaria de realçar ainda que os alvos foram visados considerando 1,50m a altura do prisma e não a 0,00m como seria o procedimento correto, porque constatamos que no projeto anterior os alvos foram visados 1,50m de altura, sendo que para efetuarmos a comparação tivemos que ter esse fator em consideração.

Para evitar o erro associado ao operador, definimos que os alvos de talude direito eram observados por um observador, (neste caso os que constam deste relatório) e os alvos do talude da esquerda por outro observador, (neste caso pela colega de grupo do projeto). E assim foi, tivemos 29 alvos no total, sendo 14 da direita e 15 da esquerda.

Para a análise dos resultados de cada uma das componentes M, P e Cota (Altitude), foram subdivididos em três tabelas nas quais constam as variações que foram obtidas em relação às campanhas de observação. Para melhor compreensão as tabelas foram divididas de acordo com as diferenças obtidas, nas coordenadas M, coordenadas P e por última coordenada da altitude. As diferenças relativas aos alvos do talude da direita em várias campanhas são ilustradas nas tabelas 4, 5 e 6 e nos gráficos 1, 2 e 3 respetivamente. Saliento ainda que a tabela a baixo as diferenças da campanha 29/04/2019 são relativas a campanha de 30/10/ 2014.

	Alvos Coordenadas em M														
Campanhas	1D	2D	3D	4D	5D	10D	12D	13D	14D	16D	17D	18D	19D	20D	
Δ1(29/04/2019)	0,019	0,014	0,031	-0,004	0,01	0,004	0,007	0,011	0,016	-0,018	-0,017	-0,023	-0,006	-0,014	
Δ2(19/06/2019)	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	0	0,003	0	-0,001	0	-0,001	-0,001	-0,001	0,001	0,000	
Δ3(25/07/2019)	-0,002	-0,002	-0,002	0,001	0,002	0,002	0,004	0,002	0,001	-0,001	-0,001	0,000	0,000	-0,005	
Δ4(02/09/2019)	-0,009	-0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,004	0,003	0,002	-0,003	-0,001	-0,001	-0,002	-0,001	
Δ5(30/09/2019)	-0,001	0,000	-0,001	-0,001	0,003	0,003	0,006	0,004	0,001	-0,002	-0,001	-0,001	0,000	0,000	

Tabela 4:Diferencias das coordenadas M em relação as campanhas

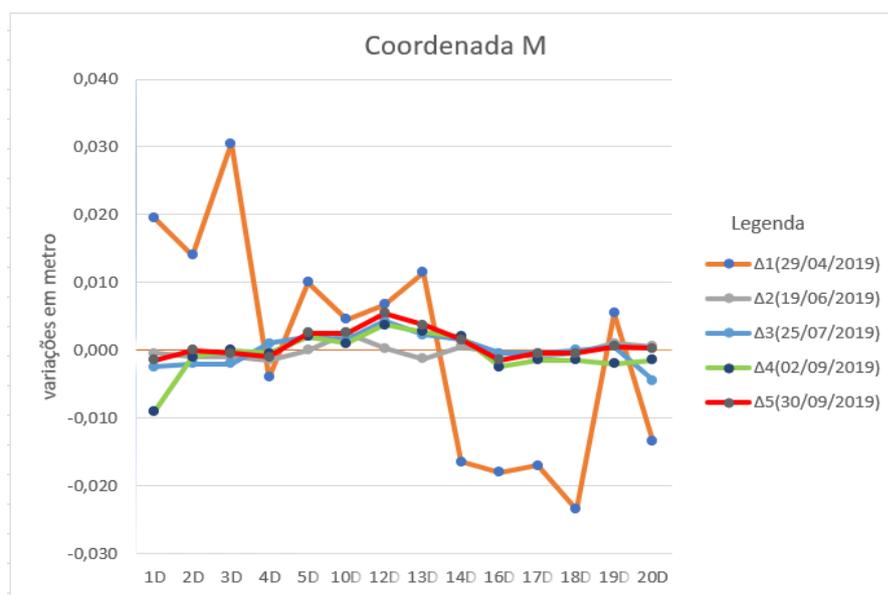


Gráfico 1:Diferencias das coordenadas M em relação as campanhas

Alvos_Coordenadas em P														
Campanhas	1D	2D	3D	4D	5D	10D	12D	13D	14D	16D	17D	18D	19D	20D
Δ1(29/04/2019)	-0,011	-0,006	-0,007	0,000	-0,003	-0,008	-0,001	-0,001	-0,006	-0,011	-0,001	-0,002	-0,051	-0,034
Δ2(19/06/2019)	0,001	0,001	0,001	-0,008	-0,008	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
Δ3(25/07/2019)	0,003	0,003	0,002	-0,009	-0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,004
Δ4(02/09/2019)	-0,014	0,002	0,000	-0,011	-0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,003	0,000	0,002
Δ5(30/09/2019)	0,001	0,001	0,000	-0,01	-0,008	0,001	0,000	0,000	0,001	-0,001	0,000	0,000	-0,001	0,000

Tabela 5:Diferencias das coordenadas P em relação as campanhas

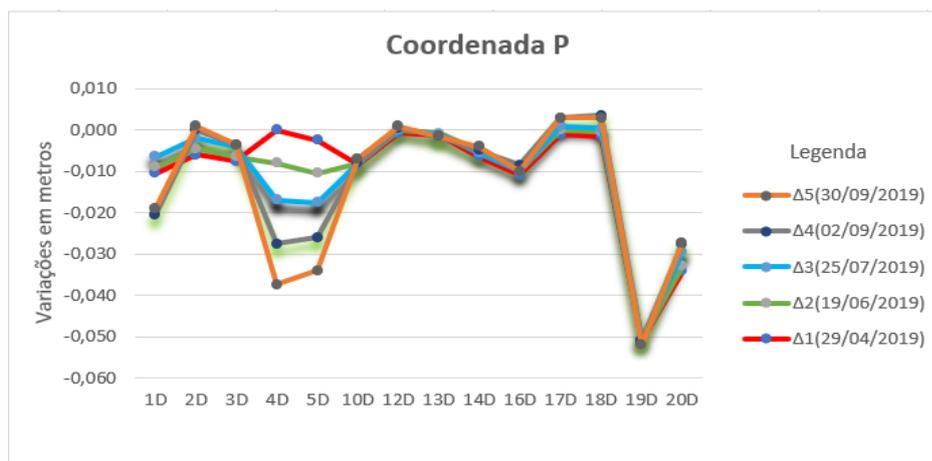


Gráfico 2:Diferencias das coordenadas P em relação as campanhas

Alvos_Coordenadas em COTA														
Campanhas	1D	2D	3D	4D	5D	10D	12D	13D	14D	16D	17D	18D	19D	20D
Δ1(29/04/2019)	-0,005	-0,003	-0,009	0,014	-0,002	0,008	0,01	0,007	-0,004	0,012	0,007	0,022	-0,006	0,005
Δ2(19/06/2019)	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	-0,001	-0,001	0,001	0,001	0,003	0,002	0,001	0,003	0,002
Δ3(25/07/2019)	0,000	0,001	-0,001	0,002	0,003	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	-0,004
Δ4(02/09/2019)	0,004	0,002	0,000	0,003	0,002	-0,001	-0,002	-0,001	0,007	0,001	0,000	0,001	0,003	0,002
Δ5(30/09/2019)	0,000	0,000	-0,001	0,001	0,002	-0,003	-0,002	-0,001	-0,002	0,001	-0,001	0,000	0,003	0,001

Tabela 6:Diferencias das Cotas em relação as campanhas

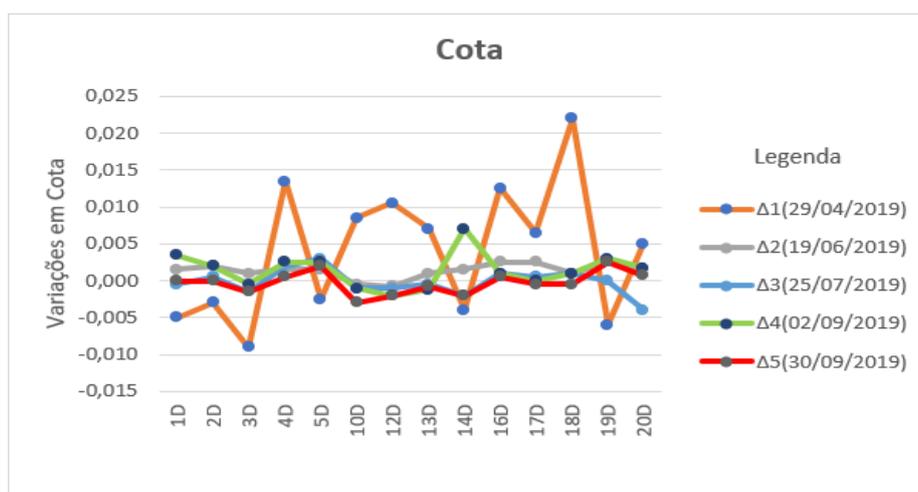


Gráfico 3:Diferencias das Cotas em relação as campanhas

Podemos analisar as tabelas 4 e 5, concluir que existe diferença da campanha de 30/10/2014 para 29/04/2019, sendo esses valores ilustrados na tabela 7.

Coordenadas		Campanha 30/10/2014 para 29/04/2019
M	Mínimo	-0.023
	Máximo	0.031
P	Mínimo	-0.051
	Máximo	0.000

Tabela 7: Mínimo e Máximo relativamente a diferença da campanha 2014 para nossa de 2019

Referente a as sucessivas campanhas deste projeto a tabela 8 ilustra os valores mínimo e máximo com base na tabela 4 e 5.

Coordenadas		$\Delta 2(19/06/2019)$	$\Delta 3(25/07/2019)$	$\Delta 4(02/09/2019)$	$\Delta 5(30/09/2019)$
M	Mínimo	-0.001	-0.002	-0.009	-0.002
	Máximo	0.003	0.004	0.004	0.006
P	Mínimo	-0.008	-0.009	-0.014	-0.010
	Máximo	0.001	0.004	0.003	0.001

Tabela 8: Mínimo e Máximo relativamente as sucessivas campanhas de 2019

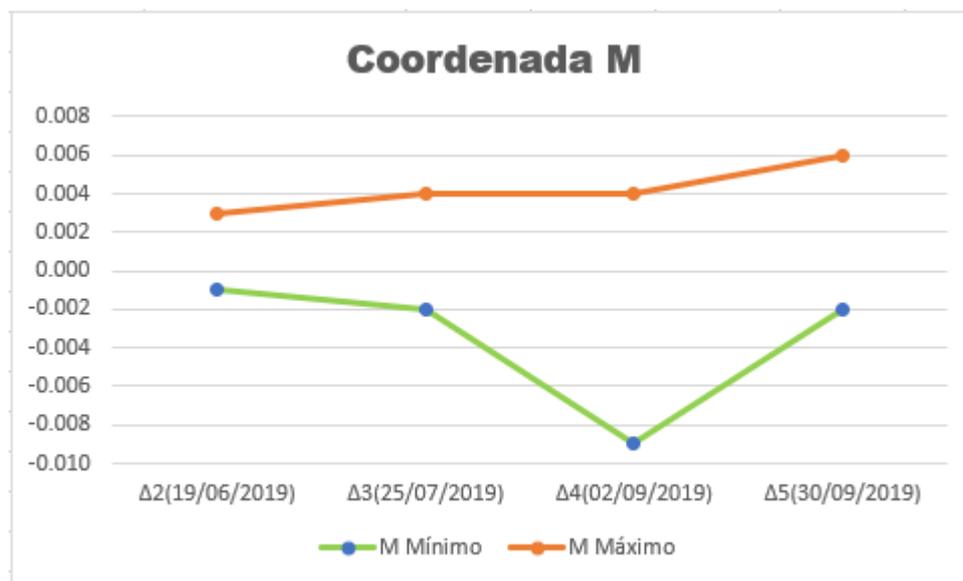


Gráfico 4: Mínimo e Máximo relativamente a coordenada M

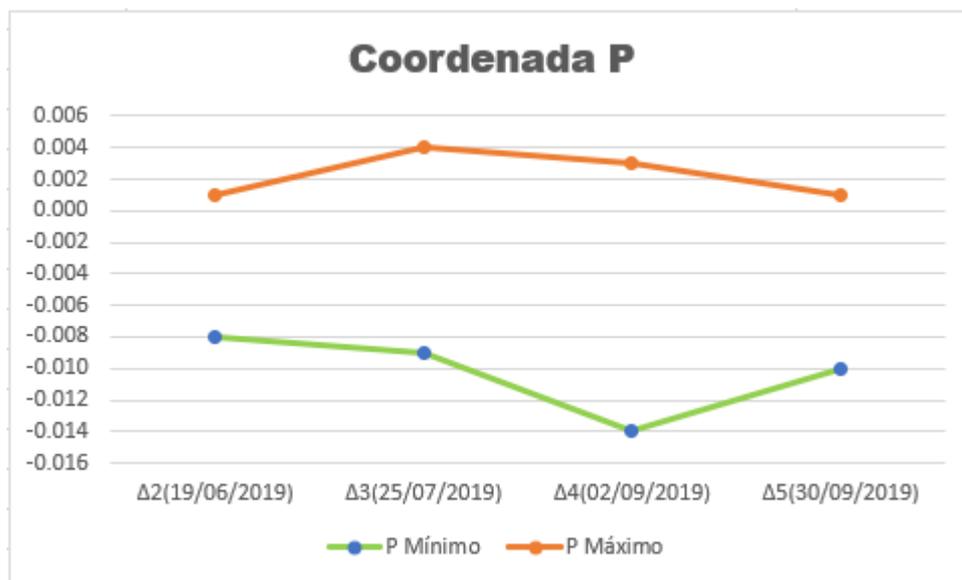


Gráfico 5: Mínimo e Máximo relativamente a coordenada P

Em relação à nossa primeira campanha que serviu de referência para as restantes campanhas verifica-se pequenas variações conforme ilustra a tabela 9 as variações são de ordem de grandeza dos milímetros embora o valor mínimo em P é aos centímetro mais se analisamos a tabela 5 podemos ver que este valor faz parte do alvo 1D de quarta campanha valor este que podemos tomar como erro na observação pelo facto da linha de visada muitas vezes com ação do vento e presença da vegetação era obstruída, visto que relativamente a campanha anterior bem como a posterior os valores estão nas ordem dos milímetros assim sendo em suma esses valores nos leva a crer que não se verifica qualquer tendência de deslocamento apenas se verificam erros do operador e ou instrumentais.

Coordenadas		Campanha 29/04/2019
M	Mínimo	-0.009
	Máximo	0.006
P	Mínimo	-0.014
	Máximo	0.004

Tabela 9: Mínimo e Máximo relativamente as campanhas deste projeto 2019

A tabela 10 podemos verificar os valores mínimos e máximos de cada um dos alvos referente as diferenças encontrada da primeira a ultima campanha dos quais faz parte tabela 4 e 5. Assim concluíse que alvo 1D e 4D são dos mais críticos, a razão pelo qual mais a frente tenho justificado, concernente aos outros alvos as diferenças são mínimas nas ordem dos milímetros facto que nos leva a crer que é mais erro do operador e instrumental do que propriamente deslocamento da rocha.

Coordenadas		1D	2D	3D	4D	5D	10D	12D	13D	14D	16D	17D	18D	19D	20D
M	Mínimo	-0.009	-0.002	-0.002	-0.001	0.000	0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.003	-0.001	-0.001	-0.002	-0.005
	Máximo	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.003	0.006	0.004	0.002	-0.001	-0.001	0.000	0.001	0.000
P	Mínimo	-0.014	0.001	0.000	-0.011	-0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	-0.001	0.000
	Máximo	0.003	0.003	0.002	-0.008	-0.007	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.000

Tabela 10: Mínimo e Máximo em cada alvo

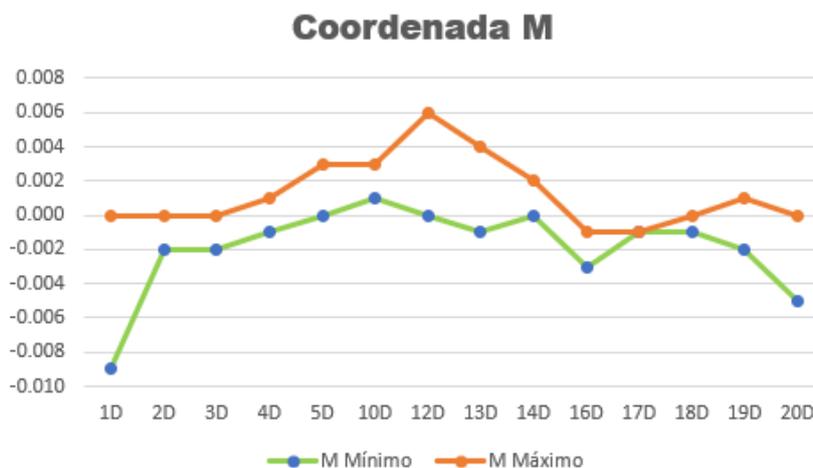


Gráfico 6: Mínimo e Máximo em cada alvo relativamente a coordenada M

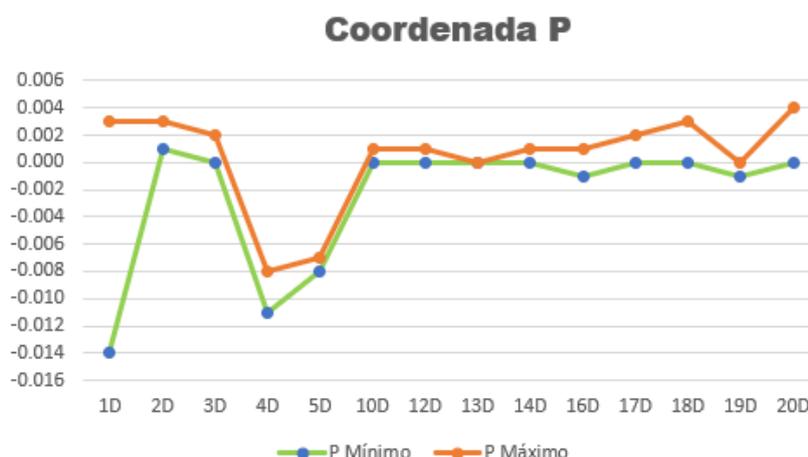


Gráfico 7: Mínimo e Máximo em cada alvo relativamente a coordenada P

7.4. Tendências do deslocamento dos respetivos alvos em relação as coordenadas M e P

A tabela 11 expõe o comportamento dos 14 alvos em relação aos 26 observados, relativamente às coordenadas M e P nas suas possíveis tendências de deslocamento, ou seja, vendo numa outra perspectiva de análise de estudo das observações as tendências e em que sentido. A tendência natural/prevista seria de ambos os taludes terem uma tendência de deslocamento perpendicular ao asfalto na direção do separador central, devido ao facto de os taludes estarem expostos tanto ao desgaste das condições atmosféricas como a própria erosão, vegetação, linhas de água, etc.

Alvo	Tendências	$\Delta 1(29/04/2019)$	$\Delta 2(19/06/2019)$	$\Delta 3(25/07/2019)$	$\Delta 4(02/09/2019)$	$\Delta 5(30/09/2019)$
1D	M	→	•	←	←	←
	P	↓	←	↑	↓	↑
2D	M	→	←	←	←	→
	P	↓	↑	↑	↑	•
3D	M	→	←	←	•	•
	P	↓	↑	↑	•	↓
4D	M	←	←	→	•	←
	P	•	↓	↓	↓	↓
5D	M	→	•	→	→	→
	P	↓	↓	↓	↓	↓
10D	M	→	→	→	→	→
	P	↓	•	•	•	↑
12D	M	→	•	→	→	→
	P	↓	↑	•	•	•
13D	M	→	←	→	→	→
	P	↓	•	•	•	•
14D	M	→	•	→	→	→
	P	↓	↑	•	•	↑
16D	M	←	←	←	←	←
	P	↓	↑	•	↑	↓
17D	M	←	←	←	←	←
	P	↓	↑	↑	↑	•
18D	M	←	←	•	←	←
	P	↓	↑	↑	↑	•
19D	M	←	→	•	←	•
	P	↓	•	•	•	↓
20D	M	←	•	←	←	•
	P	↓	↑	↑	↑	•

Tabela 11: Estudo da tendência de deslocamento dos alvos monitorizados

Para melhor interpretação da tabela 11 dos sentidos utilizei a simbologia descrita na tabela 12

→	Ocorreu Uma Possível "tendência" de aproximação do separador central
←	Ocorreu uma Possível "tendência" de afastamento do separador central
↑	Ocorreu Uma Possível "tendência" em sentido á saída do Hospital
↓	Ocorreu Uma Possível "tendência" em sentido á rotunda do G
●	Não ocorrência de uma possível "tendência"

Tabela 12: Simbologia utilizada para análise de tendências de deslocamento

	Média das 5 campanhas													
Coordenada	1D	2D	3D	4D	5D	10D	12D	13D	14D	16D	17D	18D	19D	20D
M	0.001	0.002	0.005	-0.001	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	-0.005	-0.004	-0.005	-0.001	-0.004
P	-0.004	0.000	-0.001	-0.008	-0.007	-0.001	0.000	0.000	-0.001	-0.002	0.001	0.001	-0.010	-0.005

Tabela 13: Média das 5 Campanhas relativamente a cada Alvo

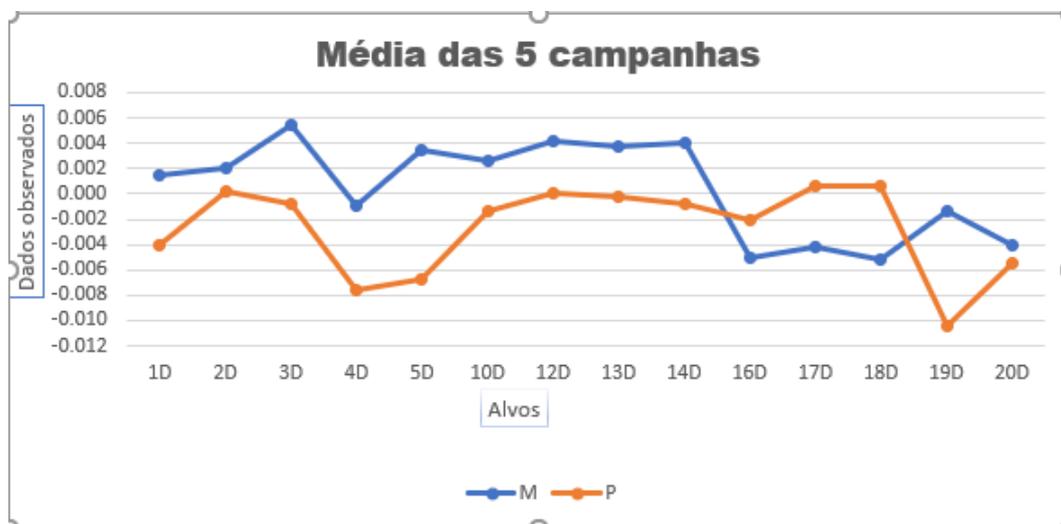


Gráfico 8: Média das 5 Campanhas relativamente á cada Alvo

Na tabela 13, e no gráfico 8, consta um resumo médio em M e P de cada alvo das respectivas 5 campanhas. Com base nesses resultados podemos ver que os alvos 4D e 19D são dos mais críticos em relação à coordenada P, mas esses valores devem-se a vários fatores. Um desses fatores poderá ser a falta da perpendicularidade da visada do ponto estação em relação aos alvos. Nos restantes alvos podemos ver que estão a volta dos milímetros, valores estes que em alguns casos podem-se desprezar tomando como justificação alguns erros na observação.

A temperatura e o intervalo de tempo para se fazer as observações são dois fatores importantes a considerar nas observações, em particular neste tipo de verificação. Foram quatro meses em que pode se verificar que existe variação temporal significativa. Por lapso achamos que o aparelho registaria a temperatura em que trabalhava e que esta aparecia nos dados bruto, por conseguinte não o registou e nem nós tivemos esta preocupação por falta de experiência da necessidade destes registos, por esse facto não será apresentada a tabela das temperaturas do aparelho no instante do levantamento, ficando somente a temperatura ambiente registado através da fonte abaixo mencionada.

Designação	Temperatura C°	
	min	máx
1ª Campanha	14	28
2ª Campanha	16	26
3ª Campanha	22	34
4ª Campanha	20	36
5ª Campanha	14	32

Tabela 14: Variação temporal, (Fonte: ACCUWeather)

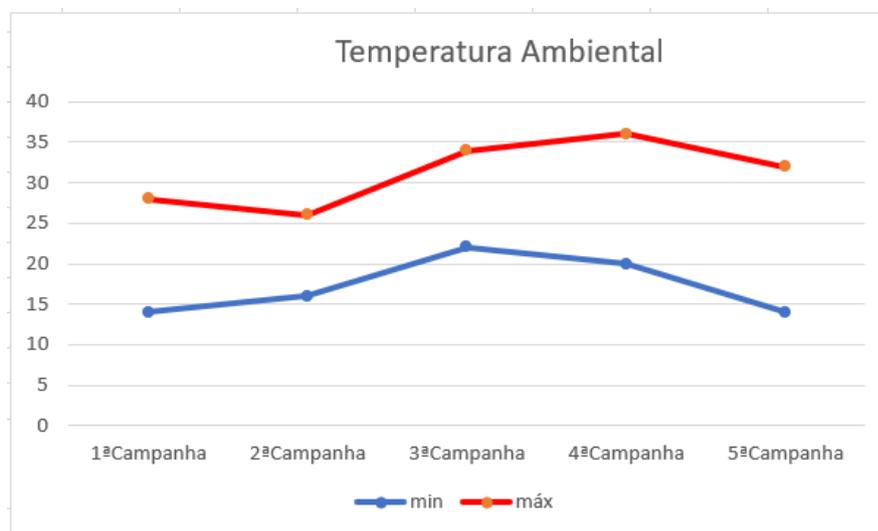


Gráfico 9: Variação temporal

7.5. Análise Gráfica do Desvio Padrão dos Alvos Monitorizados

Com objetivo de fazer análise gráfica do desvio padrão para as coordenadas M, P e Cota, extraí o valor do desvio padrão da folha de cálculo.

Esses valores foram obtidos com base nas leituras diretas e inversas obtidas na observação efetuada para cada alvo.

Desvio padrão da coordenada M														
Campanhas	1D	2D	3D	4D	5D	10D	12D	13D	14D	16D	17D	18D	19D	20D
Δ1(29/04/2019)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000
Δ2(19/06/2019)	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Δ3(25/07/2019)	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001
Δ4(02/09/2019)	0,007	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000
Δ5(30/09/2019)	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001

Tabela 15: Desvio padrão dos alvos monitorizados na coordenada M

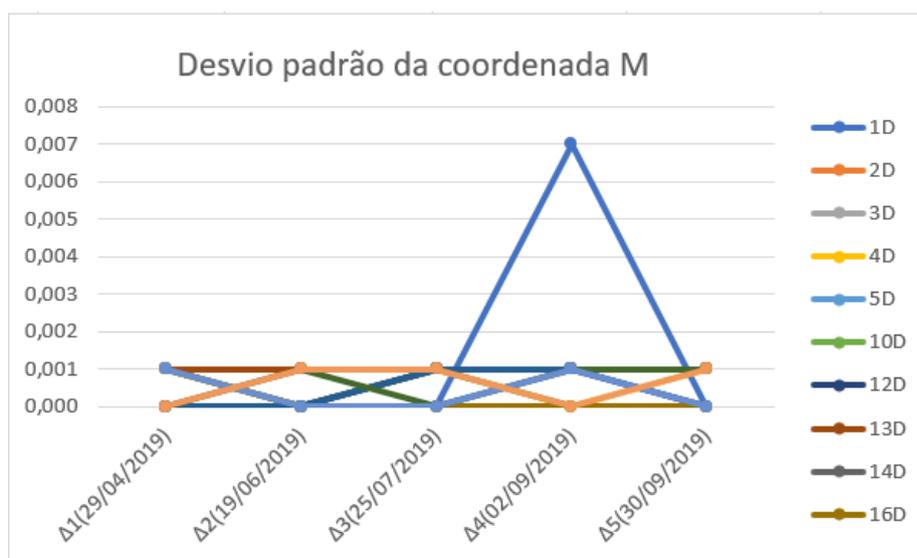


Gráfico 10: Desvio padrão dos alvos monitorizados na coordenada M

Desvio padrão da coordenada P														
Campanhas	1D	2D	3D	4D	5D	10D	12D	13D	14D	16D	17D	18D	19D	20D
Δ1(29/04/2019)	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Δ2(19/06/2019)	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
Δ3(25/07/2019)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Δ4(02/09/2019)	0,016	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Δ5(30/09/2019)	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001

Tabela 16: Desvio padrão dos alvos monitorizados na coordenada P

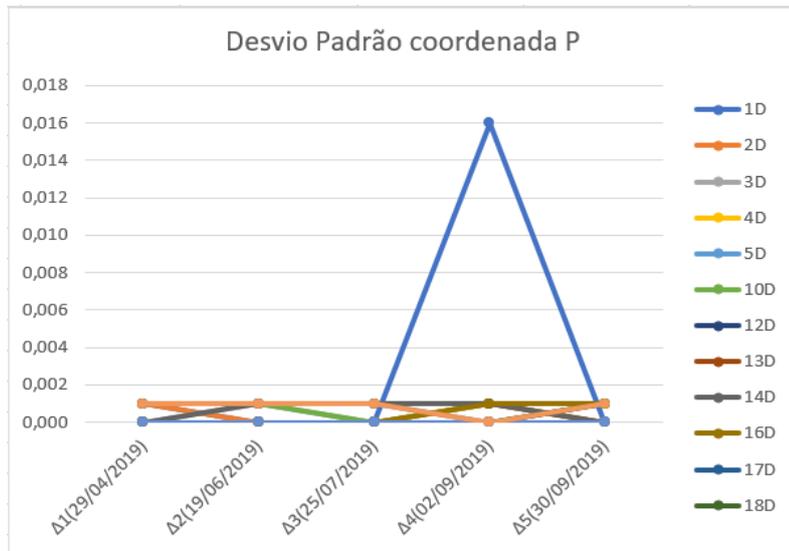


Gráfico 11: Desvio padrão dos alvos monitorizados na coordenada P

Desvio padrão da coordenada da COTA														
Campanhas	1D	2D	3D	4D	5D	10D	12D	13D	14D	16D	17D	18D	19D	20D
Δ1(29/04/2019)	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
Δ2(19/06/2019)	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001
Δ3(25/07/2019)	0,001	0,002	0,002	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
Δ4(02/09/2019)	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001
Δ5(30/09/2019)	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001

Tabela 17: Desvio padrão dos alvos monitorizados na Cota

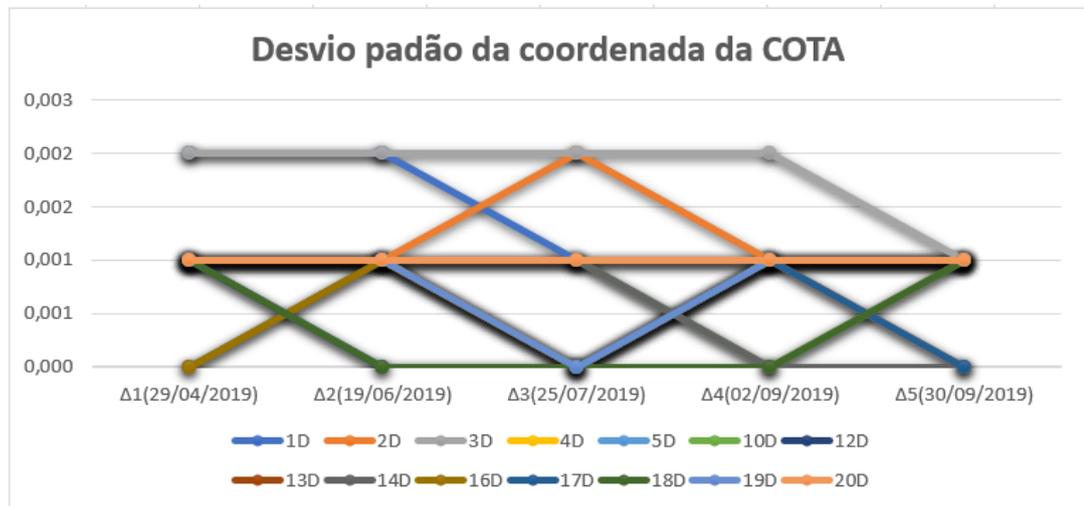


Gráfico 12: Desvio padrão dos alvos monitorizados na Cota

Conforme podemos observar nas tabelas 15, 16 e 17 em média os valores dos desvios padrão andaram na ordem dos (0,000m a 0,001m) ou seja entre zero e um milímetro respetivamente, registando-se o maior valor na 4ª Campanha (02/09/2019) para o alvo 1D, na coordenada M com o valor de 0,007m e em coordenada P um valor de 0,016 m, valor este que poderá ser causado pela vegetação que obstruía a linha da visada.

Poderemos ainda analisar o valor médio de cada alvo relativamente as suas coordenada M, P e Cota e constatamos que realmente o alvo 1D é o que tem valor mais alto em M e em P seguidamente do Alvo 3D que se verifica um valor de 0,002m em Cota. Contudo podemos dizer que estes valores não são certamente as tendências do deslocamento, mas sim erro na observação devido ao operador, isto porque o alvo 1D encontra-se a uma altura que não nos foi possível limpar a vegetação que obstruía a linha da visada porque não tínhamos escada com aquele alcance, não era crítico por isso visamos mesmo assim, mas agora com esses resultados, percebemos que se calhar era melhor limpar.

Campanhas	Desvio padrão médio														
	1D	2D	3D	4D	5D	10D	12D	13D	14D	16D	17D	18D	19D	20D	
Coordenada M	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	
Coordenada P	0,003	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	
Cota	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	

Tabela 18: Média do desvio padrão dos alvos monitorizados

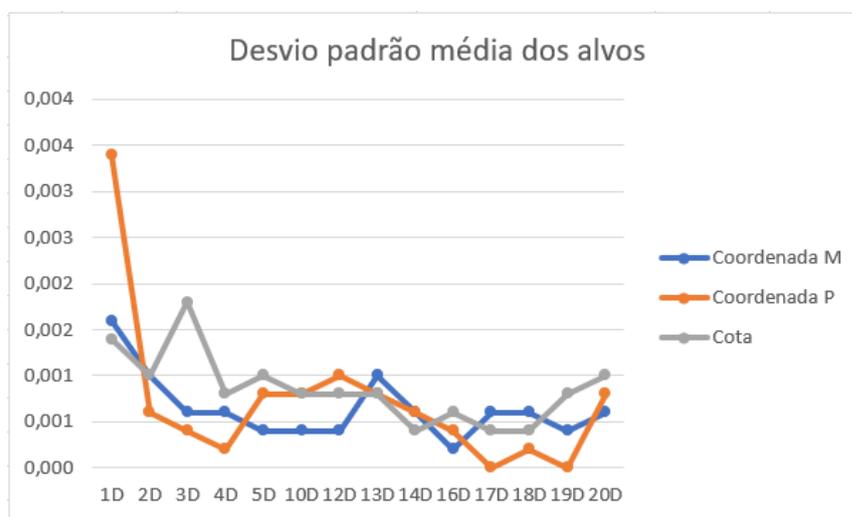


Gráfico 13: Média do desvio padrão dos alvos monitorizados

7.6. Análise dos Resultados Obtidos em função do Tipo da superfície

Com o objetivo de verificar se existe alguma alteração na superfície sobre a qual os alvos foram colados, apresento a tabela abaixo com a identificação do tipo de superfície e o respetivo gráfico de deslocamento.

Neste projeto em particular no talude da direita os alvos foram colados em duas superfícies diferentes, nomeadamente sobre a rocha e sobre a estaca metálica, sendo 11 alvos colados sobre rocha e 3 sobre estaca de metal, conforme apresentado na tabela 15.

ID do Alvo	Superfície Base do Alvo	Superfície Base sobre a qual está colado o alvo Coordenada M				
		$\Delta 1(29/04/2019)$	$\Delta 2(19/06/2019)$	$\Delta 3(25/07/2019)$	$\Delta 4(02/09/2019)$	$\Delta 5(30/09/2019)$
1D	Colado sobre Rocha	0,019	0,000	-0,002	-0,009	-0,001
2D	Colado sobre Rocha	0,014	-0,001	-0,002	-0,001	0,000
3D	Colado sobre Rocha	0,031	-0,001	-0,002	0,000	-0,001
4D	Colado sobre Rocha	-0,004	-0,001	0,001	0,000	-0,001
5D	Colado sobre Estaca de Metal	0,010	0,000	0,002	0,002	0,003
10D	Colado sobre Rocha	0,004	0,003	0,002	0,001	0,003
12D	Colado sobre Rocha	0,007	0,000	0,004	0,004	0,006
13D	Colado sobre Rocha	0,011	-0,001	0,002	0,003	0,004
14D	Colado sobre Rocha	-0,016	0,000	0,001	0,002	0,001
16D	Colado sobre Rocha	-0,018	-0,001	-0,001	-0,003	-0,002
17D	Colado sobre Estaca de Metal	-0,017	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
18D	Colado sobre Estaca de Metal	-0,023	-0,001	0,000	-0,001	-0,001
19D	Colado sobre Rocha	0,006	0,001	0,000	-0,002	0,000
20D	Colado sobre Rocha	-0,014	0,000	-0,005	-0,001	0,000

Tabela 19: Superfície Base sobre a qual está colado o Alvo-Coordenada M

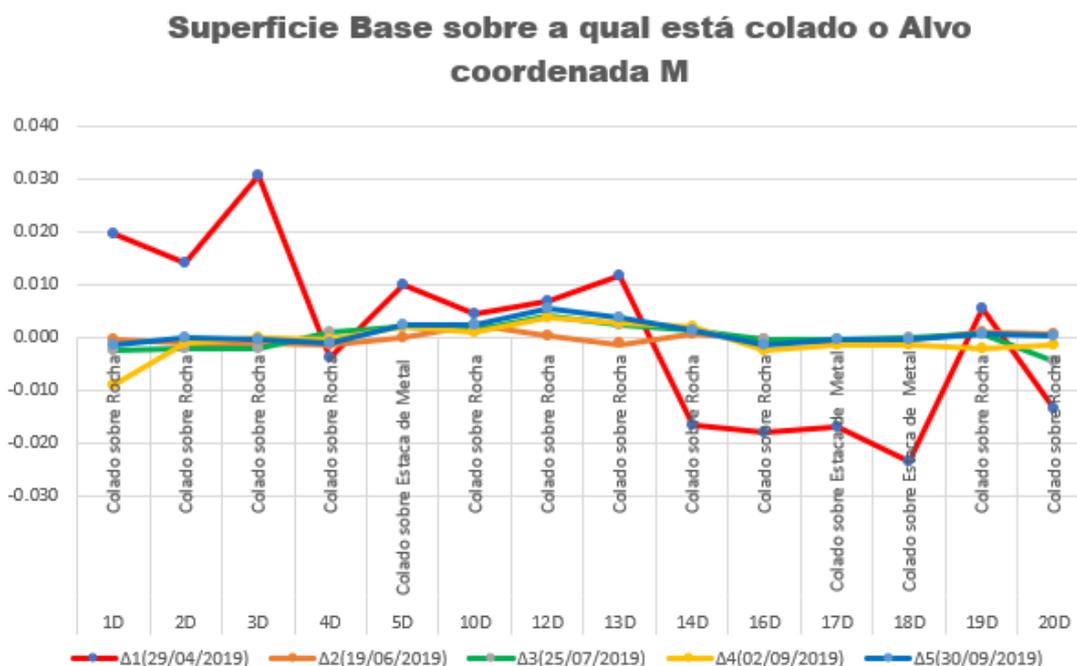


Gráfico 14: Superfície Base sobre a qual está colado o Alvo Coordenada M

ID do Alvo	Superfície Base do Alvo	Superfície Base sobre a qual está colado o alvo coordenada P				
		$\Delta 1(29/04/2019)$	$\Delta 2(19/06/2019)$	$\Delta 3(25/07/2019)$	$\Delta 4(02/09/2019)$	$\Delta 5(30/09/2019)$
1D	Colado sobre Rocha	-0,011	0,001	0,003	-0,014	0,001
2D	Colado sobre Rocha	-0,006	0,001	0,003	0,002	0,001
3D	Colado sobre Rocha	-0,007	0,001	0,002	0,000	0,000
4D	Colado sobre Rocha	0,000	-0,008	-0,009	-0,011	-0,010
5D	Colado sobre Estaca de Metal	-0,003	-0,008	-0,007	-0,008	-0,008
10D	Colado sobre Rocha	-0,008	0,000	0,000	0,000	0,001
12D	Colado sobre Rocha	-0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
13D	Colado sobre Rocha	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
14D	Colado sobre Rocha	-0,006	0,001	0,000	0,000	0,001
16D	Colado sobre Rocha	-0,011	0,001	0,000	0,001	-0,001
17D	Colado sobre Estaca de Metal	-0,001	0,001	0,001	0,002	0,000
18D	Colado sobre Estaca de Metal	-0,002	0,001	0,001	0,003	0,000
19D	Colado sobre Rocha	-0,051	0,000	0,000	0,000	-0,001
20D	Colado sobre Rocha	-0,034	0,001	0,004	0,002	0,000

Tabela 20: Superfície Base sobre a qual está colado o Alvo-Coordenada P

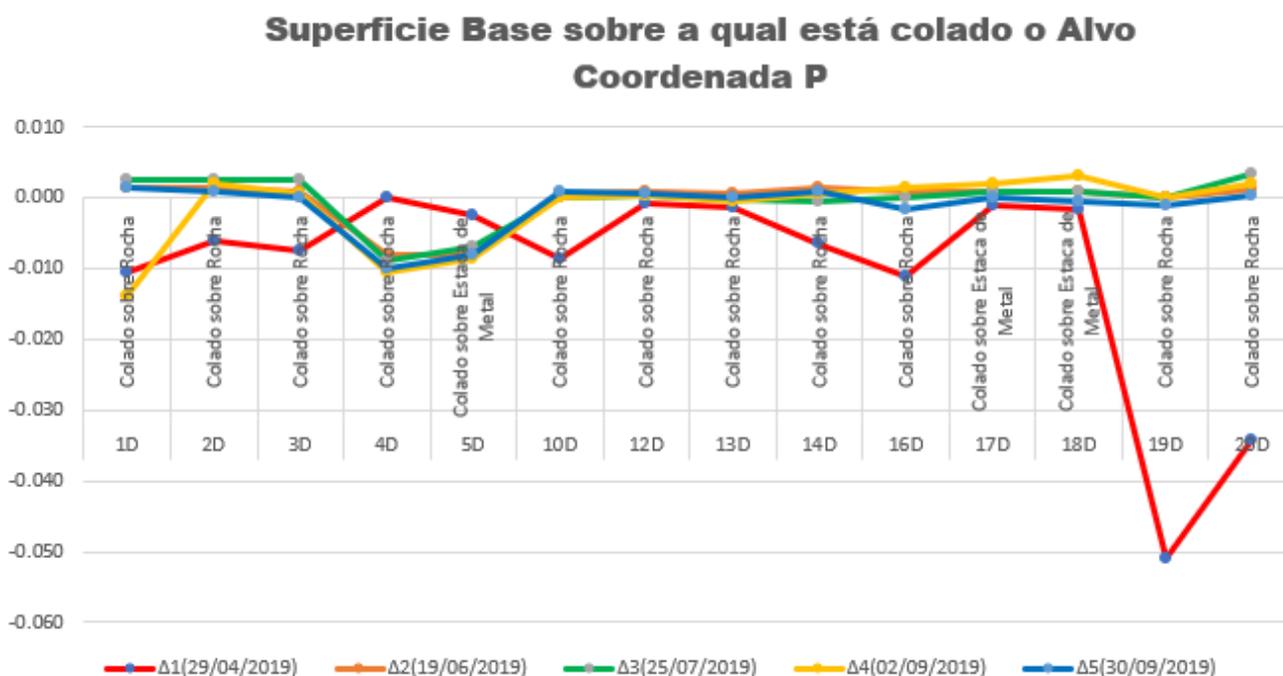


Gráfico 15: Superfície Base sobre a qual está colado o Alvo coordenado P

ID do Alvo	Superfície Base do Alvo	Superfície Base sobre a qual está colado o Alvo- Cota				
		Δ1(29/04/2019)	Δ2(19/06/2019)	Δ3(25/07/2019)	Δ4(02/09/2019)	Δ5(30/09/2019)
1D	Colado sobre Rocha	-0,005	0,002	0,000	0,004	0,000
2D	Colado sobre Rocha	-0,003	0,002	0,001	0,002	0,000
3D	Colado sobre Rocha	-0,009	0,001	-0,001	0,000	-0,001
4D	Colado sobre Rocha	0,014	0,002	0,002	0,003	0,001
5D	Colado sobre Estaca de Metal	-0,002	0,001	0,003	0,002	0,002
10D	Colado sobre Rocha	0,008	-0,001	-0,001	-0,001	-0,003
12D	Colado sobre Rocha	0,010	-0,001	-0,001	-0,002	-0,002
13D	Colado sobre Rocha	0,007	0,001	-0,001	-0,001	-0,001
14D	Colado sobre Rocha	-0,004	0,001	-0,002	0,007	-0,002
16D	Colado sobre Rocha	0,012	0,003	0,001	0,001	0,001
17D	Colado sobre Estaca de Metal	0,007	0,002	0,000	0,000	-0,001
18D	Colado sobre Estaca de Metal	0,022	0,001	0,001	0,001	0,000
19D	Colado sobre Rocha	-0,006	0,003	0,000	0,003	0,003
20D	Colado sobre Rocha	0,005	0,002	-0,004	0,002	0,001

Tabela 21:Superfície Base sobre a qual está colado o Alvo-Cota

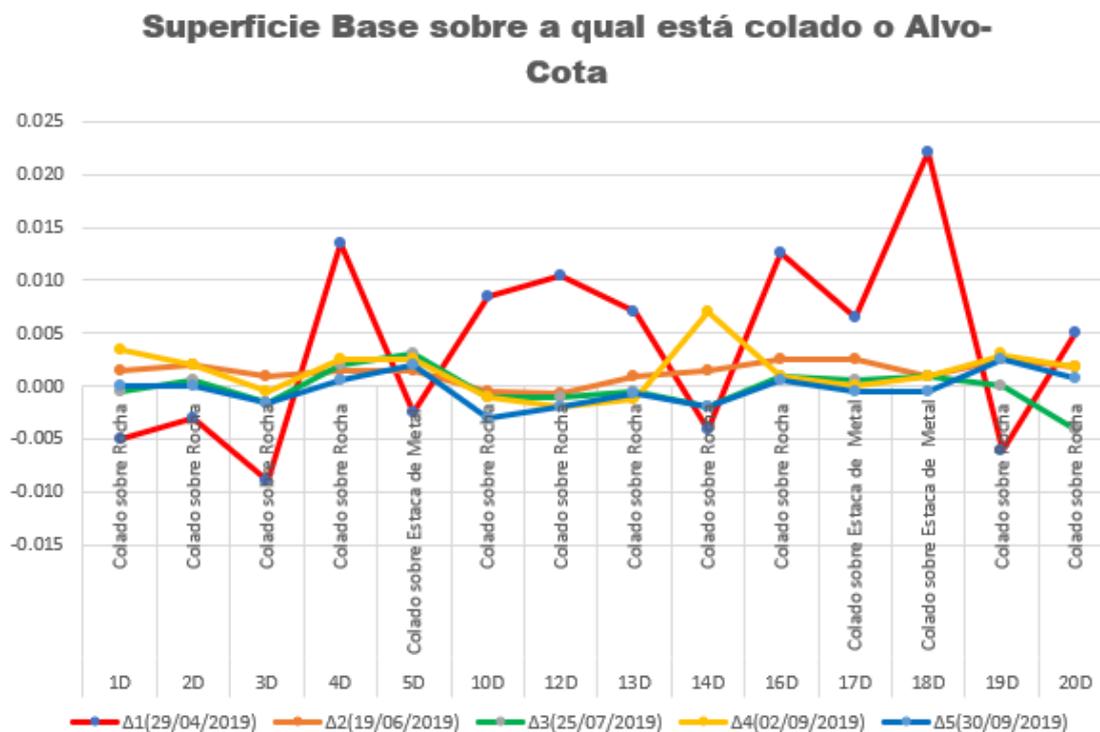


Gráfico 16:Superfície Base Sobre a qual está colado o Alvo-Cota

7.7. Resultados Obtidos em função do Material de Talude

Para melhor perceber a tendência das variações em determinados alvos nas sucessivas campanhas de observação, identificou-se os vários tipos de materiais que constituem a zona de talude em causa, nomeadamente: **Bloco granítico solto**, **Areão de caixa de falha**, **Filão de quartzo de preenchimento de caixa de falha**, **bloco granítico** e **maciço rochoso**.

Assim sendo apresento as tabelas do Tipo de Material e os respetivos gráficos com objetivo de melhor concluir esta análise das tendências.

ID	Tipo de Material	Material Rochoso - Coordenada M (m)				
		$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 4$	$\Delta 5$
1D	Bloco Granítico	0,019	0,000	-0,002	-0,009	-0,001
2D	Bloco Granítico solto	0,014	-0,001	-0,002	-0,001	0,000
3D	Bloco Granítico	0,031	-0,001	-0,002	0,000	-0,001
4D	Bloco Granítico solto	-0,004	-0,001	0,001	0,000	-0,001
5D	Granito muito alterado W4*	0,010	0,000	0,002	0,002	0,003
10D	Bloco Granítico solto	0,004	0,003	0,002	0,001	0,003
12D	Maciço Rochoso	0,007	0,000	0,004	0,004	0,006
13D	Maciço Rochoso	0,011	-0,001	0,002	0,003	0,004
14D	Bloco Granito solto	-0,016	0,000	0,001	0,002	0,001
16D	Filão de Quartzo de preenchimento da caixa de falha	-0,018	-0,001	-0,001	-0,003	-0,002
17D	Areão de caixa de falha	-0,017	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
18D	Areão de caixa de falha	-0,023	-0,001	0,000	-0,001	-0,001
19D	Bloco de Granito	0,006	0,001	0,000	-0,002	0,000
20D	Bloco Granito solto	-0,014	0,000	-0,005	-0,001	0,000

Tabela 22: Material do talude onde estão colocados os alvos (Coordenada M)

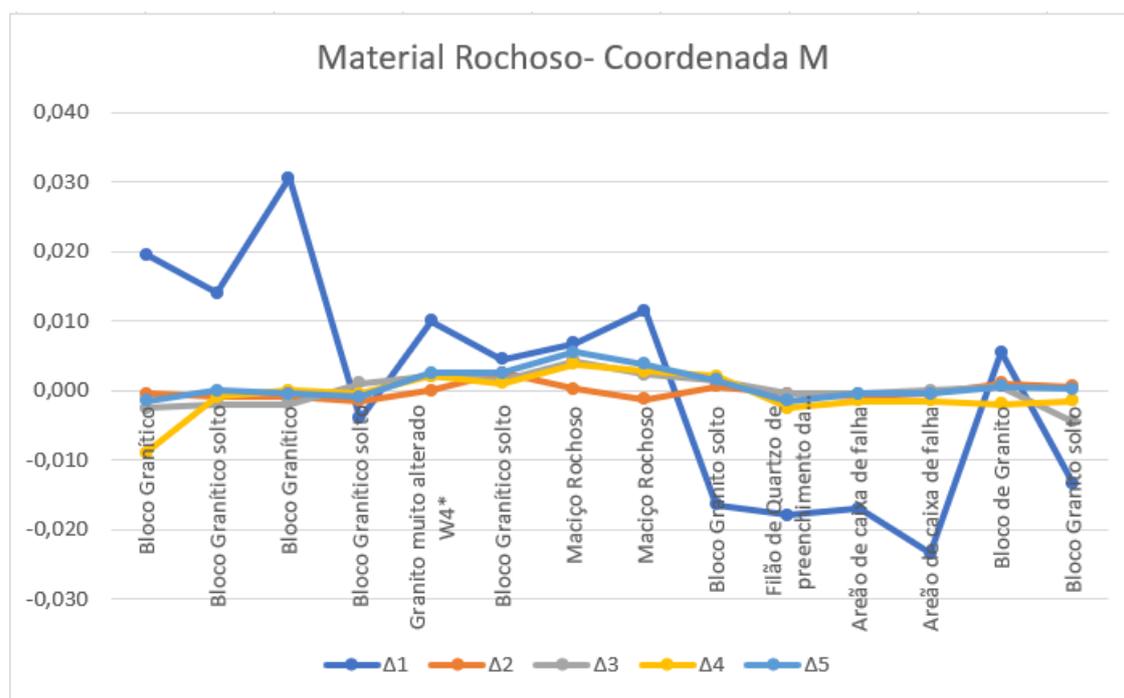


Gráfico 17: Material Rochoso coordenada M

Para coordenada M, verifica-se que na primeira campanha, na qual tomamos como referencia a última do projeto anterior nota-se que os alvos 1D, 2D, 3D, 5D, 13D, 14D, 16D, 17D, 18D e por último 20D, tiveram variações de instabilidade na ordem dos centímetros, destacando os maiores valores para os alvos 3D e 18D dos quais o tipo de material é bloco granítico e Areão de caixa de falha respetivamente. Em média o bloco granítico é dos que apresenta mais instabilidade e de seguida o areão de caixa de falha. Nas restantes campanhas não se verifica grandes variações, sendo todos na ordem dos milímetros.

ID	Tipo de Material	Material Rochoso - Coordenada P (m)				
		$\Delta 1(29/04/2019)$	$\Delta 2(19/06/2019)$	$\Delta 3(25/07/2019)$	$\Delta 4(02/09/2019)$	$\Delta 5(30/09/2019)$
1D	Bloco Granítico	-0,011	0,001	0,003	-0,014	0,001
2D	Bloco Granítico solto	-0,006	0,001	0,003	0,002	0,001
3D	Bloco Granítico	-0,007	0,001	0,002	0,000	0,000
4D	Bloco Granítico solto	0,000	-0,008	-0,009	-0,011	-0,010
5D	Granito muito alterado W4*	-0,003	-0,008	-0,007	-0,008	-0,008
10D	Bloco Granítico solto	-0,008	0,000	0,000	0,000	0,001
12D	Maciço Rochoso	-0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
13D	Maciço Rochoso	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
14D	Bloco Granito solto	-0,006	0,001	0,000	0,000	0,001
16D	Filão de Quartzo de preenchimento da caixa de falha	-0,011	0,001	0,000	0,001	-0,001
17D	Areão de caixa de falha	-0,001	0,001	0,001	0,002	0,000
18D	Areão de caixa de falha	-0,002	0,001	0,001	0,003	0,000
19D	Bloco de Granito	-0,051	0,000	0,000	0,000	-0,001
20D	Bloco Granito solto	-0,034	0,001	0,004	0,002	0,000

Tabela 23: Material do talude onde estão colocados os alvos (Coordenada P)

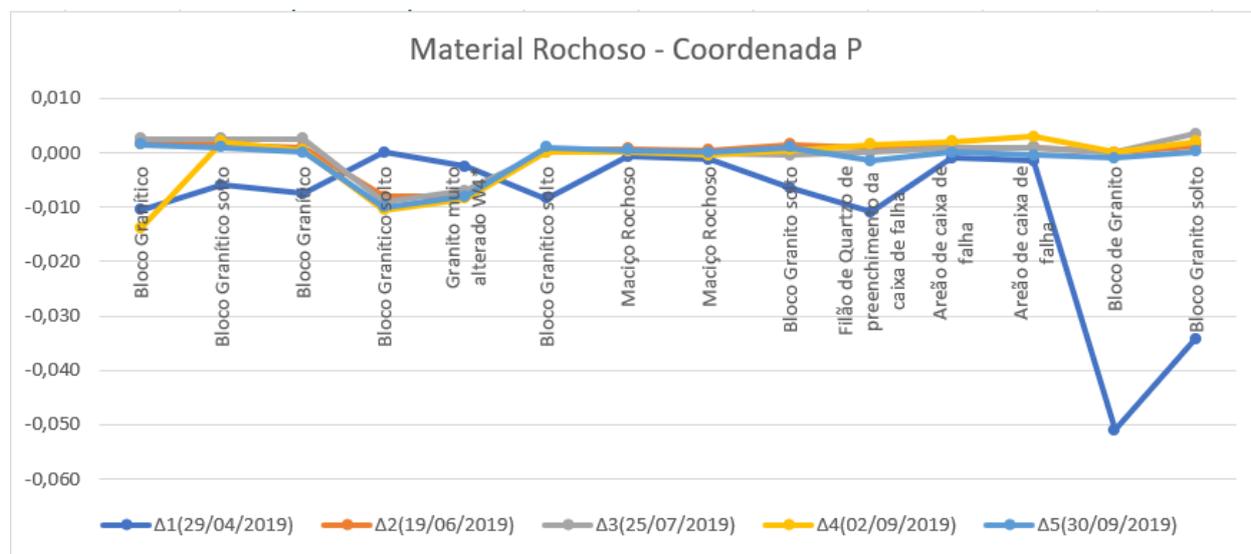


Gráfico 18: Material Rochoso - Coordenada P

Analisando a coordenada P, verifica-se na primeira campanha que os alvos 1D, 19D, 16D e 20D têm variações de instabilidade na casa dos centímetros ressaltando o maior valor para alvo 19D seguindo-se o 20D, que por sua vez são do tipo de material Bloco de granito. Nas restantes campanhas verifica-se ligeira variação nos alvos 1D, 4D e 5D sendo que para o alvo 1D na quarta campanha a linha da visada estava a ser obstruída por sebes como referi atrás. Nos alvos 4D e 5D embora os valores sejam na ordem dos milímetros mais é de suspeitar.

ID	Tipo de Material	Material Rochoso - Cota (m)				
		Δ1(29/04/2019)	Δ2(19/06/2019)	Δ3(25/07/2019)	Δ4(02/09/2019)	Δ5(30/09/2019)
1D	Bloco Granítico	-0,005	0,002	0,000	0,004	0,000
2D	Bloco Granítico solto	-0,003	0,002	0,001	0,002	0,000
3D	Bloco Granítico	-0,009	0,001	-0,001	0,000	-0,001
4D	Bloco Granítico solto	0,014	0,002	0,002	0,003	0,001
5D	Granito muito alterado W4*	-0,002	0,001	0,003	0,002	0,002
10D	Bloco Granítico solto	0,008	-0,001	-0,001	-0,001	-0,003
12D	Maciço Rochoso	0,010	-0,001	-0,001	-0,002	-0,002
13D	Maciço Rochoso	0,007	0,001	-0,001	-0,001	-0,001
14D	Bloco Granito solto	-0,004	0,001	-0,002	0,007	-0,002
16D	Filão de Quartzo de preenchimento da caixa de falha	0,012	0,003	0,001	0,001	0,001
17D	Areão de caixa de falha	0,007	0,002	0,000	0,000	-0,001
18D	Areão de caixa de falha	0,022	0,001	0,001	0,001	0,000
19D	Bloco de Granito	-0,006	0,003	0,000	0,003	0,003
20D	Bloco Granito solto	0,005	0,002	-0,004	0,002	0,001

Tabela 24:Material do talude onde estão colocados os alvos (Cota)

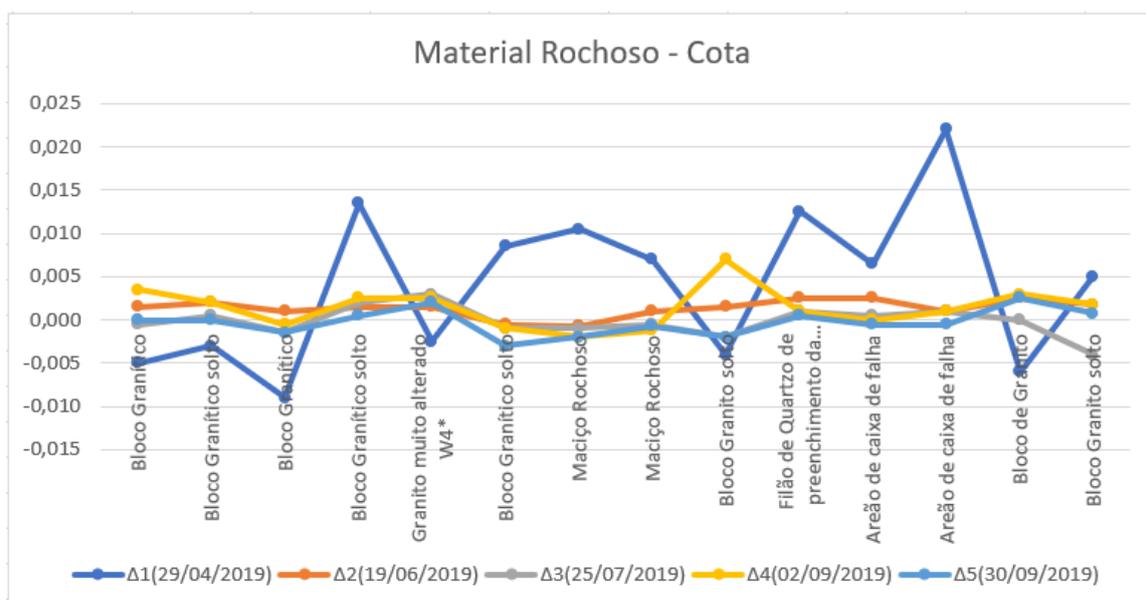


Gráfico 19:Material Rochoso - Cota

Em Cota podemos analisar que na primeira campanha os alvos 4D, 12D, 16D e 18D verificam-se variações de instabilidade na ordem dos centímetros, dos quais o maior valor é do alvo 18D que por sua vez é do tipo de material Areão de caixa de falha, não podendo verificar em média os tipos de material com mais variações. Justifica-se esta variação pelo espaço temporal das observações. Nas campanhas seguintes não se verificam variações nesta direção.

Relativamente ao material rochoso dos taludes em que se encontram os alvos, existe a necessidade do esclarecimento da descrição do alvo 5D, com a classificação W4, sendo esta a simbologia da classificação do Sistema Internacional de alteração das rochas, que a tabela seguinte esclarece.

Grau de Alteração dos Maciços Rochosos		
Símbolos	Designações	Características
W 1	são	sem quaisquer sinais de alteração
W 2	pouco alterado	sinais de alteração apenas nas imediações das descontinuidades
W 3	medianamente alterado	alteração visível em todo o maciço rochoso, mas a rocha não é friável
W 4	muito alterado	alteração visível em todo o maciço e a rocha é parcialmente friável
W 5	decomposto (saibro)	o maciço apresenta-se completamente friável com comportamento de solo

Tabela 25: Sistema Internacional de graus de alteração de maciços rochosos

7.8. Cálculo para análise dos erros sistemáticos

Para cada alvo verificou-se a existência do erro sistemático das 5 campanhas

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada M, para alvo 1D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	72373,429	0,0027	0,0027	7,29E-06	-0,0003	0,00447215
Δ2(19/06/2019)	72373,429	0,0022	0,0022	4,84E-06	0,0002	0,00497215
Δ3(25/07/2019)	72373,431	0,0002	0,0002	4E-08	0,0022	0,00697215
Δ4(02/09/2019)	72373,438	-0,0063	0,0063	3,969E-05	-0,0039	0,00087215
Δ5(30/09/2019)	72373,430	0,0012	0,0012	1,44E-06	0,0012	0,00597215

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima	
Média	72373,4312	0,000	0,0126	5,330E-05		0
n	5				do Emáx	
	Observações acima e abaixo da média	1 4			Resíduos acima e abaixo do Ep	3 2
σ_s	0,0037					
σ_m	0,0028					
Ep1	0,0024					
Ep2	0,0023					
Epmédia	0,0024					
Emáx	0,0072					

Tabela 26: Verificação dos erros sistemáticos 1D coordenada M

Estando os cálculos feitos no software Excel, obtiveram-se os valores que constam na tabela 26 e no anexo I, sendo a cor verde para os valores que fazem parte de critérios verificados e a cor vermelha os critérios que de uma forma matemática não cumprem os requisitos do método. O primeiro critério a verificar é se a soma dos valores dos 5 resíduos é igual a zero, o que se verificou em todos os alvos. Relativamente aos valores acima e abaixo da média, no alvo 1D, 10D e 19D os valores obtidos nas observações abaixo e acima, tanto em M como em P cumprem com os requisitos, observando valores mais acima do que abaixo da média, já em conta os valores estão melhores distribuídos. Nos alvos 4D e 5D está melhor distribuído em M e em Cota, mas em P isto não acontece. Dos restantes alvos que pertencem a este projeto todos cumprem com o requisito. Depois de calculado o valor do Erro provável E_p , comparou-se o mesmo com o valor dos módulos dos resíduos e chegou-se a uma relação de 2 para 3, ou vice-versa em quase todos os alvos relativamente á coordenada M, P e Cota sendo valores acima do erro provável. Se esmiuçarem estes dados é possível verificar que as diferenças entre os erros estão na casa das décimas de milímetros, pelo que este critério não é aplicável a esta série de resultados, não sendo considerado na presente verificação. Finalmente, na última coluna da tabela comparou-se o erro máximo admissível, igual a 3 vezes o erro provável com os resíduos, sendo que, todos os valores obtidos estão abaixo do admissível, o que garante que a série não tem nenhum valor com probabilidade de ocorrência de cerca de 5%.

CAPÍTULO VIII- SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DA VICEG

O Sistema de Informação Geográfica foi realizado na zona da VICEG onde se desenvolveu o plano de observações topográficas para monitorização, nomeadamente ente a rotunda do G e a via de abrandamento em direção ao Hospital da Guarda.

Foi disponibilizado pela Câmara Municipal da Guarda para este projeto, o levantamento topográfico da VICEG, no formato de ficheiros shapefiles.

Esta análise teve início com a criação de um novo trabalho no *software QGIS Desktop 3.6.2*, na qual foi importado o mesmo ficheiro. Essas shapefiles continham informação sobre limite da VICEG, rede viária, Zona verde, edifícios, curvas de nível e pontos de cota.

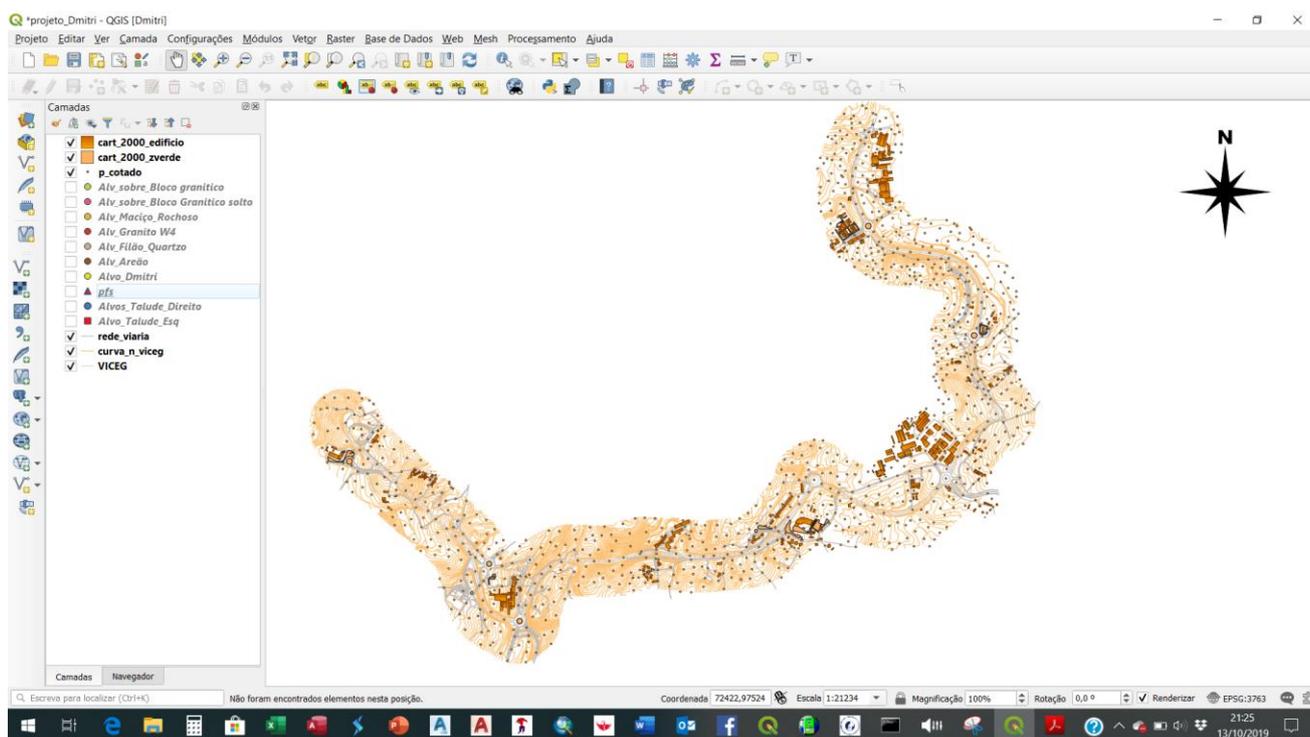


Imagem 25: Representação de toda a VICEG assim como o levantamento topográfico, e a sua informação adjacente.

Com objetivo de visualizar na planta topográfica os alvos monitorizados no talude e respetivos pontos de orientação, criaram-se três ficheiro em txt, com informação relativa ao trabalho de campo realizado durante as 5 campanhas de observação. Estes ficheiros dizem respeito aos pontos de orientação, pontos fixos definidos como estações do projeto, aos alvos localizado no talude da direita

e da esquerda. Esta separação tem como propósito permitir a formatação e identificação dos alvos correspondentes a cada elemento do grupo, sendo deste projeto em particular os de talude da direita.

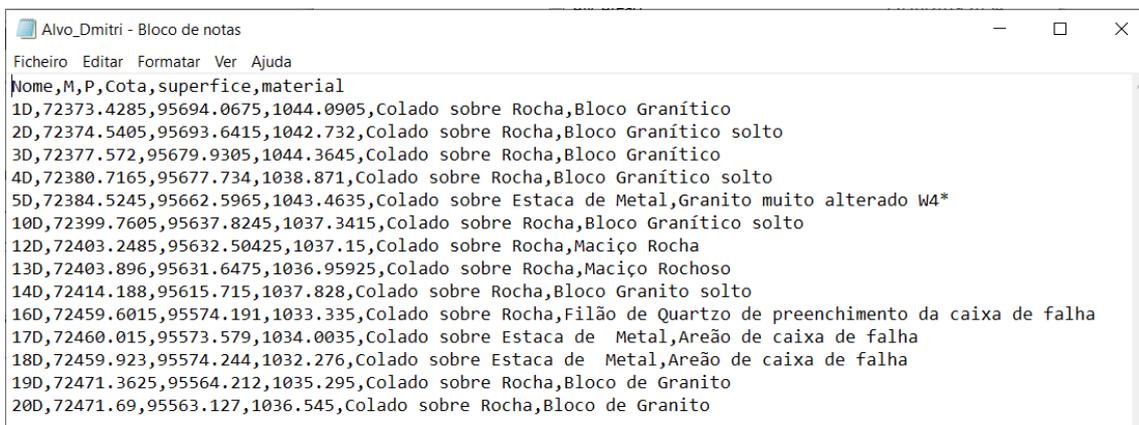


Tabela 27:Ficheiro txt dos Alvos correspondentes esse projeto em particular

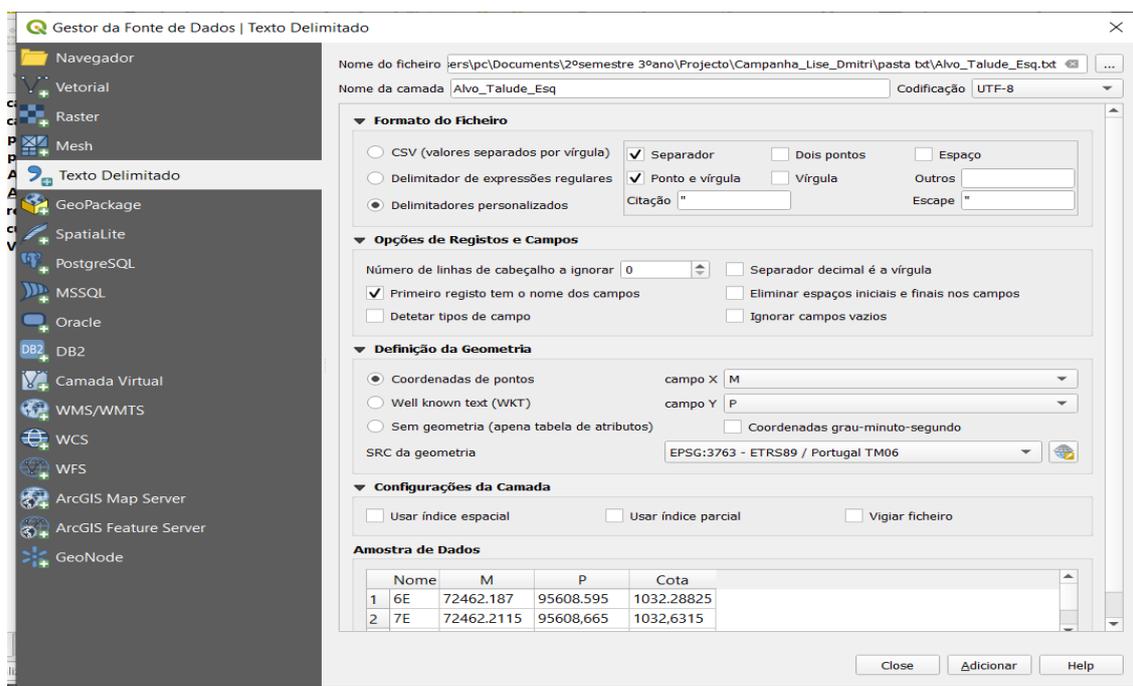


Imagem 26:Procedimento para importação do ficheiro txt

Utilizando a ferramenta “Propriedades do Projeto” seleciona-se o Sistema de Referência de Coordenadas pretendido, neste caso o Sistema de Referência ETRS89/Portugal TM06. Este procedimento realiza-se para cada camada. Os ficheiros disponibilizados pela Câmara Municipal da Guarda encontravam-se no Datum 73. De salientar que os dados introduzidos através dos ficheiros “.txt” já estão coordenados no sistema de referência PT-TM06/ETRS89. Assim só foi necessário realizar este processo para as camadas fornecidas pela Câmara Municipal da Guarda.

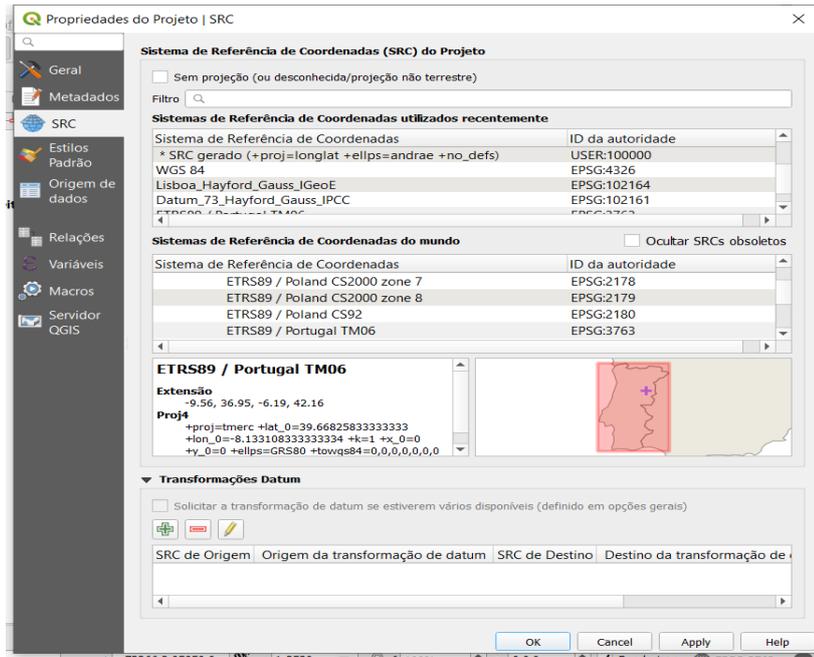


Imagem 27: Sistema de Referência ETRS89

Na imagem 28 pode ser visualizado o resultado após o tratamento e modificações dos dados introduzidos nos passos anteriores.

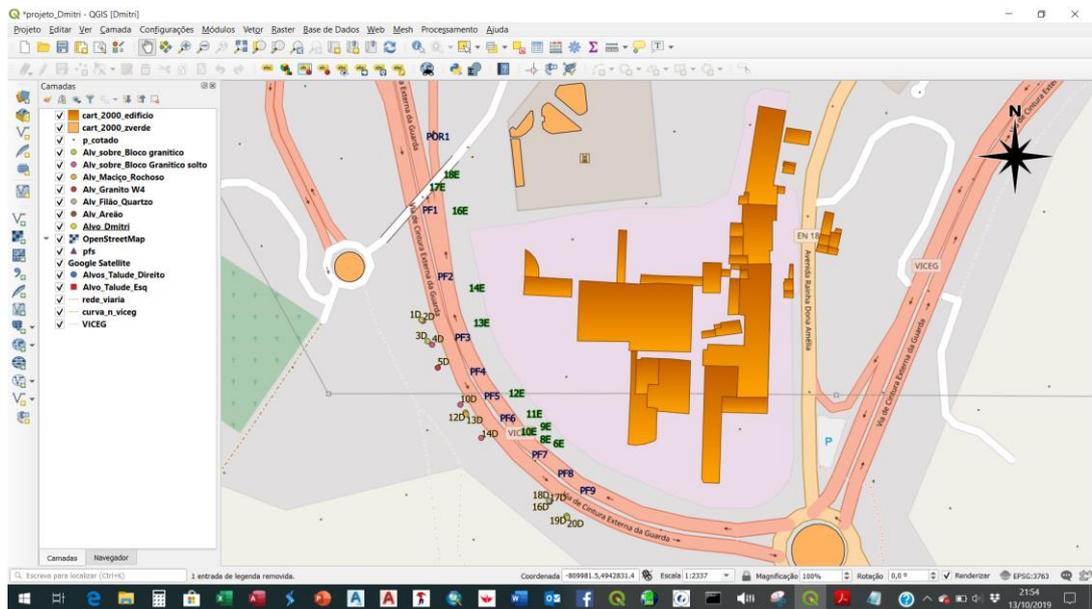


Imagem 28: Identificação de cada alvo nos taludes

CAPÍTULO IX- CONCLUSÃO

O presente projeto possibilitou a aplicação prática do conhecimento adquirido, em várias unidades curriculares a fim de apresentar os resultados do longo período de recolha, tratamento e análise dos dados. Quando se quer aferir a qualidade dos resultados obtidos, principalmente quando os trabalhos exigem bastante precisão e rigor, onde se exigem precisões milimétricas, os métodos as técnicas e os cuidados tiveram que ser maiores.

Ter que dar a continuidade ou basear os dados recolhidos no anterior projeto, foi para mim ao mesmo tempo fácil e difícil. Fácil na medida que reduziu significativamente o tempo dos trabalhos preparatórios, nomeadamente a fixação dos alvos nos taludes, e densificação da rede dos pontos de referência (fixos) e pontos de orientação, ou seja, todo esse trabalho foi facultado para este relatório. É de salientar o esforço a determinação e aplicação que tiveram os nossos colegas em 2014, visto ser uma área de céu aberto, mas com condicionantes da fraca receção dos sinais dos satélites de posicionamento e navegação por causa da elevada altura dos taludes, impossibilitando que o recetor tivesse um bom ângulo para receção dos sinais, facto que tiveram que colmatar com equipamento GNSS de dupla frequência e em tempo real, ao contrário do que foi estabelecido no plano de trabalhos, que era o método estático com equipamento GPS de monofrequência. Contudo digo difícil porque tivemos que dar seguimento ao estudo feito do anterior projeto visto passar alguns anos.

É de todo interesse verificar as possíveis tendências das variações neste período temporal. Tivemos que nos submeter aos mesmos métodos de recolha dos dados, para que as mesmas análises fossem feitas. Se tivesse que começar de base e digo era preferível, faria algumas coisas diferentes nomeadamente a colocação dos pontos de referência (fixos), por um lado seria de geo-pregos no lancil do separador central, em substituição da madeira por uma questão de segurança do elevado risco que estava exposto, estamos a falar de um lugar que é frequentado por jardineiros e outros utentes da via numa verificação como este em particular é preciso garantirmos que esteja o mínimo possível exposto resguardando dos impactos e por outro lado quando o mesmo servia de ponto de orientação era o mais próximo possível, garantindo somente entre eles o angulo de abertura. Perdíamos imenso tempo para nos deslocarmos ao refletor /alvo afim de o trocar de traz para frente e frente para traz. Outro aspeto é que os alvos haviam de estarem o mais perpendicular possível do ponto estação a observar.

Em suma os resultados falam por si, verificou-se que existe a tendência de variação sobretudo entre as 1ªcampanha deste projeto com a última do ano 2014, caso que não acontece nas restantes

campanha por várias razões e uma delas é o intervalo de tempo, embora fossem quatro meses, ainda assim constatamos que era preciso mais tempo para monitorizar, fato que no nosso caso não seria possível. Uma vez que definimos o sentido das possíveis tendências e do respetivo eixo podemos concluir com base nas tabelas 7 e 8 que tendência acima referido tende aproximar no sentido da separadora central e rotunda G, esta análise é feita com base nos dados que consta neste relatório bem como a constatação feita no local aquando da visita da queda de alguns alvos inicialmente eram 39 e para este projeto só aproveitamos 29.

Posto todas essas informações gostaria de realçar algumas sugestões para que no futuro quem do direito fizesse algo em prol da segurança da vida humana e dos bens matérias que estão expostos á esse risco, portanto vendo que já existe presença da vegetação que é importante, contudo existe zonas onde a presença de água é notável, que criassem canal nessas zonas mais criticas como forma de evitar o infiltramento, e outra sugestão das mais barata uma vez que é mais comum quedas de bloco de rocha por enrolamento que colocassem malha de alta resistência streelgrid.

BIBLIOGRAFIA

Coelho, Pedro (2010). *Projeto e observação de obras geotécnicas e solução de estabilização de taludes acomodando infraestruturas em exploração. Universidade técnica de Lisboa.*

Occupational Health and Safety Advisory Services, OHSAS 18001:2007 - Occupational health and safety management systems. Requirements, 2007.

C. S. R. Gomes, “*Combinação de Soluções Analíticas na Análise da Estabilidade de Taludes Rochosos Reforçados,*” Porto, 2010.

R. S. Pistone, “*Caracterização Geotécnica de Maciços Rochosos,*” em *Explorações a Céu Aberto: Novos desenvolvimentos, Lisboa, 2011.*

Apontamentos e trabalhos realizados no âmbito das disciplinas do curso de engenharia Topográfica no Instituto Politécnico da Guarda nomeadamente:

- Geodesia.
- Sistema de Posicionamento e Navegação por Satélite.
- Compensação de observação
- Topografia I e II.

Sítios da Internet:

https://www.researchgate.net/.../270576441_CHARACTERIZACAO_DA_INSTABILIDA>acesso 10/08/2019

www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot_Unid04EstabilidadeTaludes>acesso 10/08/2019

http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/geodesia/sistemas_de_referencia/portugal_continental/pt_tm06_etr89_european_terrestrial_reference_system_1989_2/> acesso 11/08/2019

http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot_Unid04EstabilidadeTaludes01.pdf>acesso 11/09/2019

https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779573717276/Geo_Fund_8>acesso 17/09/2019

www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=1158&tabela=leis>acesso 29/09/2019

<https://pt.weatherspark.com/y/32874/Clima-característico-em-Guarda-Portugal-durante-o-ano>>acesso 13/11/2019

<http://home.uevora.pt/~lopes/Artigos/29.pdf> > acesso 13/11/2019

https://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/caracterizacaogeotecnicamacicosrochosos_raulpistone12755226244da5b1108c158.pdf>acesso 24/11/2019

ANEXO I- Verificação da não existência de erros sistemático numa série de medições igualmente precisas

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 1D							
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v	
Δ1(29/04/2019)	95694,068	0,0017	0,0017	2,89E-06	0,0029	0,0121	
Δ2(19/06/2019)	95694,066	0,0032	0,0032	1,024E-05	0,0014	0,0106	
Δ3(25/07/2019)	95694,065	0,0042	0,0042	1,76E-05	0,0004	0,0096	
Δ4(02/09/2019)	95694,082	-0,012	0,012	0,000	-0,0077	0,0015	
Δ5(30/09/2019)	95694,066	0,0032	0,0032	1,024E-05	0,0014	0,0106	

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	95694,0692	0,000	0,0246	0,0001923		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	1		Resíduos acima e abaixo do Ep	4	1
		4				
σs	0,0069					
σm	0,0055					
Ep1	0,0046					
Ep2	0,0046					
Epmédia	0,0046					
Emáx	0,0138					

Tabela 28: Verificação dos erros sistemáticos 1D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 1D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	1044,091	-0,0009	0,0009	8,100E-07	0,0002	0,0025
Δ2(19/06/2019)	1044,089	0,0006	0,0006	3,600E-07	0,0005	0,0028
Δ3(25/07/2019)	1044,091	-0,001	0,001	1,960E-06	-0,0003	0,0020
Δ4(02/09/2019)	1044,087	0,003	0,003	0,000	-0,0015	0,0008
Δ5(30/09/2019)	1044,091	-0,0009	0,0009	8,1E-07	0,0002	0,0025

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	1044,090	0,000	0,0064	1,07E-05	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	3		Resíduos acima e abaixo do Ep	3
		2			2
σ_s	0,0016				
σ_m	0,0014				
Ep1	0,0011				
Ep2	0,0012				
Epmédia	0,0011				
Emáx	0,0034				

Tabela 29: Verificação dos erros sistemáticos 1D COTA

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da Coordenada M, para alvo 2D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
$\Delta 1(29/04/2019)$	72374,541	0,00080	0,0008	6,4E-07	-0,0002	0,00093109
$\Delta 2(19/06/2019)$	72374,542	-0,00020	0,0002	4E-08	0,0004	0,00153109
$\Delta 3(25/07/2019)$	72374,543	-0,00120	0,0012	1,44E-06	-0,0006	0,00053109
$\Delta 4(02/09/2019)$	72374,542	-0,00020	0,0002	4E-08	0,0004	0,00153109
$\Delta 5(30/09/2019)$	72374,541	0,00080	0,0008	6,4E-07	-0,0002	0,00093109

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	95693,6401	0,00	0,0036	3,7E-06	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	3
		3			2
σ_s	0,0010				
σ_m	0,0008				
Ep1	0,0006				
Ep2	0,0007				
Epmédia	0,0007				
Emáx	0,0020				

Tabela 30: Verificação dos erros sistemáticos 2D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 2D							
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v	
$\Delta 1(29/04/2019)$	95693,642	-0,0014	0,0014	1,96E-06	-0,0007	0,0006	
$\Delta 2(19/06/2019)$	95693,640	0,0001	0,0001	1E-08	0,0006	0,0019	
$\Delta 3(25/07/2019)$	95693,639	0,0011	0,0011	1,21E-06	-0,0004	0,0009	
$\Delta 4(02/09/2019)$	95693,640	0,0006	0,0006	3,6E-07	0,0001	0,0014	
$\Delta 5(30/09/2019)$	95693,641	-0,0004	0,0004	1,6E-07	0,0003	0,0016	

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	95693,6401	0,00	0,0036	3,7E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	3	2
		3				
σ_s	0,0010					
σ_m	0,0008					
Ep1	0,0006					
Ep2	0,0007					
Epmédia	0,0007					
Emáx	0,0020					

Tabela 31: Verificação dos erros sistemáticos 2D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 2D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	1042,732	-0,0009	0,0009	8,1E-07	-0,0001	0,0014
Δ2(19/06/2019)	1042,730	0,0011	0,0011	1,21E-06	-0,0003	0,0012
Δ3(25/07/2019)	1042,732	-0,0004	0,0004	1,6E-07	0,0004	0,0019
Δ4(02/09/2019)	1042,730	0,0011	0,0011	1,21E-06	-0,0003	0,0012
Δ5(30/09/2019)	1042,732	-0,0009	0,0009	8,1E-07	-0,0001	0,0014

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	1042,7311	0,000E+00	0,0044	4,2E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	3		Resíduos acima e abaixo do Ep	1	4
		2				
σ_s	0,0010					
σ_m	0,0010					
Ep1	0,0007					
Ep2	0,0008					
Epmédia	0,0008					
Emáx	0,0023					

Tabela 32: Verificação dos erros sistemáticos 2D COTA

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da Coordenada M, para alvo 3D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	72377,572	0,00070	0,0007	4,9E-07	-0,0001	0,0010
Δ2(19/06/2019)	72377,573	-0,00030	0,0003	9E-08	0,0003	0,0014
Δ3(25/07/2019)	72377,574	-0,00130	0,0013	1,69E-06	-0,0007	0,0004
Δ4(02/09/2019)	72377,572	0,00070	0,0007	4,9E-07	-0,0001	0,0010
Δ5(30/09/2019)	72377,573	0,00020	0,0002	4E-08	0,0004	0,0015

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	72377,5727	0,00000	0,0032	2,8E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	2 3		Resíduos acima e abaixo do Ep	2 3	
σ_s	0,0008					
σ_m	0,0007					
Ep1	0,0006					
Ep2	0,0006					
Ep média	0,0006					
Emáx	0,0017					

Tabela 33: Verificação dos erros sistemáticos 3D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 3D							
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v	
Δ1(29/04/2019)	95679,931	-0,0008	0,0008	6,4E-07	-0,0001	0,0013	
Δ2(19/06/2019)	95679,930	0,0002	0,0002	4E-08	0,0005	0,0019	
Δ3(25/07/2019)	95679,928	0,0017	0,0017	2,89E-06	-0,0010	0,0004	
Δ4(02/09/2019)	95679,930	-0,0003	0,0003	9E-08	0,0004	0,0018	
Δ5(30/09/2019)	95679,931	-0,0008	0,0008	6,4E-07	-0,0001	0,0013	

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	95679,9297	0,0000	0,0038	4,3E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	3 2		Resíduos acima e abaixo do Ep	2 3	
σ_s	0,0010					
σ_m	0,0008					
Ep1	0,0007					
Ep2	0,0007					
Ep média	0,0007					
Emáx	0,0021					

Tabela 34: Verificação dos erros sistemáticos 3D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 3D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	1044,365	0,0005	0,0005	2,5E-07	0,0002	0,0017
Δ2(19/06/2019)	1044,364	0,0015	0,0015	2,25E-06	-0,0008	0,0007
Δ3(25/07/2019)	1044,366	-0,001	0,001	1E-06	-0,0003	0,0012
Δ4(02/09/2019)	1044,365	0,000	0,000	0,000	0,0007	0,0022
Δ5(30/09/2019)	1044,366	-0,001	0,001	1E-06	-0,0003	0,0012

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	1044,365	0,000E+00	0,004	4,5E-06	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	2
		2			3
σ_s	0,0011				
σ_m	0,0009				
Ep1	0,0007				
Ep2	0,0007				
Ep média	0,0007				
Emáx	0,0022				

Tabela 35: Verificação dos erros sistemáticos 3D COTA

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da Coordenada M, para alvo 4D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	72380,717	0,00040	0,0004	1,6E-07	0,0003	0,001568
Δ2(19/06/2019)	72380,718	-0,00110	0,0011	1,21E-06	-0,0004	0,000868
Δ3(25/07/2019)	72380,716	0,00140	0,0014	1,96E-06	-0,0007	0,000568
Δ4(02/09/2019)	72380,717	-0,00010	0,0001	1E-08	0,0006	0,001868
Δ5(30/09/2019)	72380,718	-0,00060	0,0006	3,6E-07	0,0001	0,001368

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	72380,7169	0,000	0,0036	3,7E-06	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	3		Resíduos acima e abaixo do Ep	3
		2			2
σ_s	0,0010				
σ_m	0,0008				
Ep1	0,0006				
Ep2	0,0007				
Ep média	0,0007				
Emáx	0,0020				

Tabela 36: Verificação dos erros sistemáticos 4D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 4D							
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v	
Δ1(29/04/2019)	95677,734	0,0075	0,0075	5,625E-05	-0,0047	0,0010	
Δ2(19/06/2019)	95677,742	-0,0005	0,0005	2,5E-07	0,0023	0,0080	
Δ3(25/07/2019)	95677,743	-0,0015	0,0015	2,25E-06	0,0013	0,0070	
Δ4(02/09/2019)	95677,745	-0,003	0,003	9E-06	-0,0002	0,0055	
Δ5(30/09/2019)	95677,744	-0,0025	0,0025	6,25E-06	0,0003	0,0060	

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	95677,7415	0,000	0,015	7,4E-05	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	4		Resíduos acima e abaixo do Ep	3
		1			2
σ_s	0,0043				
σ_m	0,0034				
Ep1	0,0029				
Ep2	0,0028				
Epmédia	0,0028				
Emáx	0,0085				

Tabela 37: Verificação dos erros sistemáticos 4D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 4D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	1038,871	-0,0013	0,0013	1,69E-06	-0,0006	0,0009
Δ2(19/06/2019)	1038,870	0,0002	0,0002	4E-08	0,0005	0,0020
Δ3(25/07/2019)	1038,869	0,0007	0,0007	4,9E-07	0,0000	0,0015
Δ4(02/09/2019)	1038,869	0,0012	0,0012	1,44E-06	-0,0005	0,0010
Δ5(30/09/2019)	1038,871	-0,0008	0,0008	6,4E-07	-0,0001	0,0014

Tabela 38: Verificação dos erros sistemáticos 4D COTA

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da Coordenada M, para alvo 5D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	72384,525	-0,00130	0,0013	1,69E-06	-0,0004	0,0014
Δ2(19/06/2019)	72384,525	-0,00130	0,0013	1,69E-06	-0,0004	0,0014
Δ3(25/07/2019)	72384,523	0,00070	0,0007	4,9E-07	0,0002	0,0020
Δ4(02/09/2019)	72384,523	0,00070	0,0007	4,9E-07	0,0002	0,0020
Δ5(30/09/2019)	72384,522	0,00120	0,0012	1,44E-06	-0,0003	0,0015

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	72384,5232	0,000	0,0052	5,8E-06	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	2
		3			3
σ_s	0,0012				
σ_m	0,0012				
Ep1	0,0008				
Ep2	0,0010				
Epmédia	0,0009				
Emáx	0,0027				

Tabela 39: Verificação dos erros sistemáticos 5D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 5D							
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v	
Δ1(29/04/2019)	95662,597	0,0063	0,0063	3,969E-05	-0,0039	0,0008	
Δ2(19/06/2019)	95662,605	-0,0017	0,0017	2,89E-06	0,0007	0,0054	
Δ3(25/07/2019)	95662,604	-0,0007	0,0007	4,9E-07	0,0017	0,0064	
Δ4(02/09/2019)	95662,605	-0,0022	0,0022	4,84E-06	0,0002	0,0049	
Δ5(30/09/2019)	95662,605	-0,0017	0,0017	2,89E-06	0,0007	0,0054	

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	95662,6028	0,000	0,0126	5,08E-05		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	4		Resíduos acima e abaixo do Ep	4	
		1			1	
σs	0,0036					
σm	0,0028					
Ep1	0,0024					
Ep2	0,0023					
Epmédia	0,0024					
Emáx	0,0071					

Tabela 40: Verificação dos erros sistemáticos 5D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 5D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	1043,464	-0,0018	0,0018	3,24E-06	-0,0010	0,0005
Δ2(19/06/2019)	1043,462	-0,0003	0,0003	9E-08	0,0005	0,0020
Δ3(25/07/2019)	1043,461	0,0012	0,0012	1,44E-06	-0,0004	0,0011
Δ4(02/09/2019)	1043,461	0,0007	0,0007	4,9E-07	0,0001	0,0016
Δ5(30/09/2019)	1043,462	0,0002	0,0002	4E-08	0,0006	0,0021

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	1043,4617	0,000	0,0042	5,3E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	3	
		3			2	
σs	0,0012					
σm	0,0009					
Ep1	0,0008					
Ep2	0,0008					
Epmédia	0,0008					
Emáx	0,0023					

Tabela 41: Verificação dos erros sistemáticos 5D COTA

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da Coordenada M, para alvo 10D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	72399,765	-0,00510	0,0051	2,601E-05	-0,0032	0,00067502
Δ2(19/06/2019)	72399,758	0,00190	0,0019	3,61E-06	0,0000	0,00387502
Δ3(25/07/2019)	72399,759	0,00090	0,0009	8,1E-07	0,0010	0,00487502
Δ4(02/09/2019)	72399,760	0,00040	0,0004	1,6E-07	0,0015	0,00537502
Δ5(30/09/2019)	72399,758	0,00190	0,0019	3,61E-06	0,0000	0,00387502

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	72399,7599	0,000	0,0102	3,42E-05		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	1 4		Resíduos acima e abaixo do Ep	1 4	
σs	0,0029					
σm	0,0023					
Ep1	0,0019					
Ep2	0,0019					
Epmédia	0,0019					
Emáx	0,0058					

Tabela 42: Verificação dos erros sistemáticos 10D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 10D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	95637,816	0,0065	0,0065	4,225E-05	-0,0041	0,0008
Δ2(19/06/2019)	95637,824	-0,0015	0,0015	2,25E-06	0,0009	0,0058
Δ3(25/07/2019)	95637,825	-0,002	0,002	4E-06	0,0004	0,0053
Δ4(02/09/2019)	95637,825	-0,002	0,002	4E-06	0,0004	0,0053
Δ5(30/09/2019)	95637,824	-0,001	0,001	1E-06	0,0014	0,0063

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	95637,8225	0,000	0,013	5,35E-05		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	4 1		Resíduos acima e abaixo do Ep	4 1	
σs	0,0037					
σm	0,0029					
Ep1	0,0024					
Ep2	0,0024					
Epmédia	0,0024					
Emáx	0,0073					

Tabela 43: Verificação dos erros sistemáticos 10D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 10D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	1037,350	-0,0057	0,0057	3,249E-05	-0,0035	0,0009
Δ2(19/06/2019)	1037,342	0,0023	0,0023	5,29E-06	-0,0001	0,0043
Δ3(25/07/2019)	1037,343	0,0018	0,0018	3,24E-06	0,0004	0,0048
Δ4(02/09/2019)	1037,343	0,0018	0,0018	3,24E-06	0,0004	0,0048
Δ5(30/09/2019)	1037,345	-0,0002	0,0002	4E-08	0,0020	0,0064

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	1037,3443	0,000	0,0118	4,43E-05	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	3
		3			2
σs	0,0033				
σm	0,0026				
Ep1	0,0022				
Ep2	0,0022				
Epmédia	0,0022				
Emáx	0,0066				

Tabela 44: Verificação dos erros sistemáticos 10D COTA

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da Coordenada M, para alvo 12D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	72403,249	-0,00275	0,0027	7,5625E-06	-0,0009	0,00266602
Δ2(19/06/2019)	72403,248	-0,00250	0,0025	6,25E-06	-0,0007	0,00291602
Δ3(25/07/2019)	72403,244	0,00150	0,0015	2,25E-06	0,0003	0,00391602
Δ4(02/09/2019)	72403,245	0,00100	0,0010	1E-06	0,0008	0,00441602
Δ5(30/09/2019)	72403,243	0,00275	0,0028	7,5625E-06	-0,0009	0,00266602

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	72403,2458	0,000	0,0105	2,4625E-05	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	2
		3			3
σs	0,0025				
σm	0,0023				
Ep1	0,0017				
Ep2	0,0020				
Epmédia	0,0018				
Emáx	0,0054				

Tabela 45: Verificação dos erros sistemáticos 11D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 12D							
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v	
Δ1(29/04/2019)	95632,504	-0,00035	0,00035	1,225E-07	-0,0002	0,0015	
Δ2(19/06/2019)	95632,504	0,0004	0,0004	1,6E-07	-0,0002	0,0014	
Δ3(25/07/2019)	95632,504	-1E-04	1E-04	1E-08	0,0001	0,0017	
Δ4(02/09/2019)	95632,504	-1E-04	1E-04	1E-08	0,0001	0,0017	
Δ5(30/09/2019)	95632,504	0,00015	0,00015	2,25E-08	0,0000	0,0017	

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	95632,5039	0,000	0,0011	3,25E-07		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	3		Resíduos acima e abaixo do Ep	3	
		2			2	
σs	0,0003					
σm	0,0002					
Ep1	0,0002					
Ep2	0,0002					
Epmédia	0,0002					
Emáx	0,0006					

Tabela 46: Verificação dos erros sistemáticos 12D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 12D							
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v	
Δ1(29/04/2019)	1037,150	0,00115	0,00115	1,3225E-06	-0,0005	0,0007	
Δ2(19/06/2019)	1037,151	0,0004	0,0004	1,6E-07	0,0002	0,0014	
Δ3(25/07/2019)	1037,151	0,00015	0,00015	2,25E-08	0,0005	0,0017	
Δ4(02/09/2019)	1037,152	-0,00085	0,00085	7,225E-07	-0,0002	0,0010	
Δ5(30/09/2019)	1037,152	-0,00085	0,00085	7,225E-07	-0,0002	0,0010	

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	1037,15115	0,000	0,0034	2,95E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	2	
		3			3	
σs	0,0009					
σm	0,0008					
Ep1	0,0006					
Ep2	0,0006					
Epmédia	0,0006					
Emáx	0,0018					

Tabela 47: Verificação dos erros sistemáticos 12D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da Coordenada M, para alvo 13D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	72403,896	-0,00150	0,0015	2,25E-06	0,0000	0,00293738
Δ2(19/06/2019)	72403,897	-0,00275	0,0027	7,5625E-06	-0,0013	0,00168738
Δ3(25/07/2019)	72403,894	0,00075	0,0008	5,625E-07	0,0007	0,00368738
Δ4(02/09/2019)	72403,893	0,00125	0,0013	1,5625E-06	0,0002	0,00318738
Δ5(30/09/2019)	72403,892	0,00225	0,0023	5,0625E-06	-0,0008	0,00218738

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	72403,8945	0,000	0,0085	1,7E-05		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	2 3		Resíduos acima e abaixo do Ep	3 2	
σs	0,0021					
σm	0,0019					
Ep1	0,0014					
Ep2	0,0016					
Epmédia	0,0015					
Emáx	0,0044					

Tabela 48: Verificação dos erros sistemáticos 13D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 13D							
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v	
Δ1(29/04/2019)	95631,648	5E-05	5E-05	2,5E-09	0,0002	0,0007	
Δ2(19/06/2019)	95631,647	0,00055	0,00055	3,025E-07	-0,0003	0,0002	
Δ3(25/07/2019)	95631,648	-0,0002	0,0002	4,00E-08	0,0000	0,0005	
Δ4(02/09/2019)	95631,648	-0,00045	0,00045	2,025E-07	-0,0002	0,0003	
Δ5(30/09/2019)	95631,648	5E-05	5E-05	2,5E-09	0,0002	0,0007	

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	95631,6476	0,000	0,0013	5,5E-07		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	2 3		Resíduos acima e abaixo do Ep	3 2	
σs	0,0004					
σm	0,0003					
Ep1	0,0002					
Ep2	0,0002					
Epmédia	0,0002					
Emáx	0,0007					

Tabela 49: Verificação dos erros sistemáticos 13D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 13D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	1036,959	0,0003	0,0003	9,000E-08	0,0003	0,0014
Δ2(19/06/2019)	1036,958	0,0013	0,0013	1,690E-06	-0,0007	0,0004
Δ3(25/07/2019)	1036,960	-0,0002	0,0002	4,000E-08	0,0004	0,0015
Δ4(02/09/2019)	1036,961	-0,00095	0,00095	9,025E-07	-0,0004	0,0008
Δ5(30/09/2019)	1036,960	-0,00045	0,00045	2,025E-07	0,0001	0,0013

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	1036,95955	0,000	0,0032	2,925E-06	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	3		Resíduos acima e abaixo do Ep	3
		2			2
σs	0,0009				
σm	0,0007				
Ep1	0,0006				
Ep2	0,0006				
Epmédia	0,0006				
Emáx	0,0017				

Tabela 50: Verificação dos erros sistemáticos 13D COTA

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da Coordenada M, para alvo 14D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	72414,188	-0,00110	0,0011	1,21E-06	-0,0005	0,00067191
Δ2(19/06/2019)	72414,188	-0,00060	0,0006	3,6E-07	0,0000	0,00117191
Δ3(25/07/2019)	72414,187	0,00040	0,0004	1,6E-07	0,0002	0,00137191
Δ4(02/09/2019)	72414,186	0,00090	0,0009	8,1E-07	-0,0003	0,00087191
Δ5(30/09/2019)	72414,187	0,00040	0,0004	1,6E-07	0,0002	0,00137191

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	72414,1869	0,000	0,0034	2,700E-06	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	3
		3			2
σs	0,0008				
σm	0,0008				
Ep1	0,0005				
Ep2	0,0006				
Epmédia	0,0006				
Emáx	0,0018				

Tabela 51: Verificação dos erros sistemáticos 14D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 14D							
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v	
Δ1(29/04/2019)	95615,715	-0,0005	0,0005	2,5E-07	0,0000	0,0011	
Δ2(19/06/2019)	95615,714	0,001	0,001	1E-06	-0,0005	0,0006	
Δ3(25/07/2019)	95615,716	-0,001	0,001	1,00E-06	-0,0005	0,0006	
Δ4(02/09/2019)	95615,715	0,000	0,000	0,000	0,0005	0,0016	
Δ5(30/09/2019)	95615,714	0,0005	0,0005	2,5E-07	0,0000	0,0011	

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	95615,7145	0,000	0,003	2,5E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	3	2
σs	0,0008					
σm	0,0007					
Ep1	0,0005					
Ep2	0,0006					
Epmédia	0,0005					
Emáx	0,0016					

Tabela 52: Verificação dos erros sistemáticos 14D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 14D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	1037,828	-0,0009	0,0009	8,100E-07	0,0016	0,0066
Δ2(19/06/2019)	1037,827	0,0006	0,0006	3,600E-07	0,0019	0,0069
Δ3(25/07/2019)	1037,830	-0,0029	0,0029	8,410E-06	-0,0004	0,0046
Δ4(02/09/2019)	1037,821	0,0061	0,0061	3,721E-05	-0,0036	0,0014
Δ5(30/09/2019)	1037,830	-0,0029	0,0029	8,41E-06	-0,0004	0,0046

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	1037,827	0,000	0,0134	5,52E-05		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	3		Resíduos acima e abaixo do Ep	2	3
σs	0,0037					
σm	0,0030					
Ep1	0,0025					
Ep2	0,0025					
Epmédia	0,0025					
Emáx	0,0075					

Tabela 53: Verificação dos erros sistemáticos 14D COTA

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da Coordenada M, para alvo 16D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	72459,602	0,00100	0,0010	1E-06	-0,0003	0,00111803
Δ2(19/06/2019)	72459,602	0,00050	0,0005	2,5E-07	0,0002	0,00161803
Δ3(25/07/2019)	72459,602	0,00050	0,0005	2,5E-07	0,0002	0,00161803
Δ4(02/09/2019)	72459,604	-0,00150	0,0015	2,25E-06	-0,0008	0,00061803
Δ5(30/09/2019)	72459,603	-0,00050	0,0005	2,5E-07	0,0002	0,00161803

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	72459,6025	0,000	0,0040	4,000E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	2 3		Resíduos acima e abaixo do Ep	3 2	
σs	0,0010					
σm	0,0009					
Ep1	0,0007					
Ep2	0,0007					
Epmédia	0,0007					
Emáx	0,0021					

Tabela 54: Verificação dos erros sistemáticos 16D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 16D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	95574,191	-0,0002	0,0002	4E-08	0,0006	0,0021
Δ2(19/06/2019)	95574,190	0,0008	0,0008	6,4E-07	0,0000	0,0015
Δ3(25/07/2019)	95574,191	-0,0002	0,0002	4,00E-08	0,0006	0,0021
Δ4(02/09/2019)	95574,190	0,001	0,001	0,000	-0,0005	0,0010
Δ5(30/09/2019)	95574,193	-0,0017	0,0017	2,89E-06	-0,0009	0,0006

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	95574,1908	0,000	0,0042	5,3E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	3 2		Resíduos acima e abaixo do Ep	2 3	
σs	0,0012					
σm	0,0009					
Ep1	0,0008					
Ep2	0,0008					
Epmédia	0,0008					
Emáx	0,0023					

Tabela 55: Verificação dos erros sistemáticos 16D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 16D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	1033,335	-0,001	0,001	1,000E-06	-0,0004	0,0008
Δ2(19/06/2019)	1033,333	0,0015	0,0015	2,250E-06	-0,0009	0,0003
Δ3(25/07/2019)	1033,334	0,000	0,000	0,000E+00	0,0006	0,0018
Δ4(02/09/2019)	1033,334	0,000	0,000	0,000	0,0006	0,0018
Δ5(30/09/2019)	1033,335	-0,0005	0,0005	2,5E-07	0,0001	0,0013

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	1033,334	0,000	0,003	3,5E-06	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	3
		1			2
σs	0,0009				
σm	0,0007				
Ep1	0,0006				
Ep2	0,0006				
Epmédia	0,0006				
Emáx	0,0018				

Tabela 56: Verificação dos erros sistemáticos 16D COTA

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da Coordenada M, para alvo 17D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	72460,015	0,00070	0,0007	4,9E-07	-0,0003	0,00048501
Δ2(19/06/2019)	72460,016	-0,00030	0,0003	9E-08	0,0001	0,00088501
Δ3(25/07/2019)	72460,016	0,00020	0,0002	4E-08	0,0002	0,00098501
Δ4(02/09/2019)	72460,017	-0,00080	0,0008	6,4E-07	-0,0004	0,00038501
Δ5(30/09/2019)	72460,016	0,00020	0,0002	4E-08	0,0002	0,00098501

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	72460,0157	0,000	0,0022	1,300E-06	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	3
		3			2
σs	0,0006				
σm	0,0005				
Ep1	0,0004				
Ep2	0,0004				
Epmédia	0,0004				
Emáx	0,0012				

Tabela 57: Verificação dos erros sistemáticos 17D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 17D							
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v	
Δ1(29/04/2019)	95573,579	-0,0008	0,0008	6,4E-07	-0,0002	0,0009	
Δ2(19/06/2019)	95573,578	0,0002	0,0002	4E-08	0,0004	0,0015	
Δ3(25/07/2019)	95573,578	0,0002	0,0002	4,00E-08	0,0004	0,0015	
Δ4(02/09/2019)	95573,577	0,001	0,001	0,000	-0,0006	0,0005	
Δ5(30/09/2019)	95573,579	-0,0008	0,0008	6,4E-07	-0,0002	0,0009	

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	95573,5782	0,000	0,0032	2,8E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	2	
		3			3	
σs	0,0008					
σm	0,0007					
Ep1	0,0006					
Ep2	0,0006					
Epmédia	0,0006					
Emáx	0,0017					

Tabela 58: Verificação dos erros sistemáticos 17D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 17D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	1034,004	-0,0005	0,0005	2,500E-07	0,0003	0,0018
Δ2(19/06/2019)	1034,001	0,002	0,002	4,000E-06	-0,0012	0,0003
Δ3(25/07/2019)	1034,003	0,000	0,000	0,000E+00	0,0008	0,0023
Δ4(02/09/2019)	1034,004	0,000	0,000	0,000	0,0003	0,0018
Δ5(30/09/2019)	1034,004	-0,001	0,001	1E-06	-0,0002	0,0013

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	1034,003	0,000	0,004	5,5E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	3		Resíduos acima e abaixo do Ep	3	
		1			2	
σs	0,0012					
σm	0,0009					
Ep1	0,0008					
Ep2	0,0007					
Epmédia	0,0008					
Emáx	0,0023					

Tabela 59: Verificação dos erros sistemáticos 17D COTA

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da Coordenada M, para alvo 18D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	72459,923	0,00050	0,0005	2,5E-07	-0,0001	0,00067139
Δ2(19/06/2019)	72459,924	0,00000	0,0000	0	0,0004	0,00117139
Δ3(25/07/2019)	72459,923	0,00050	0,0005	2,5E-07	-0,0001	0,00067139
Δ4(02/09/2019)	72459,925	-0,00100	0,0010	1E-06	-0,0006	0,00017139
Δ5(30/09/2019)	72459,924	0,00000	0,0000	0	0,0004	0,00117139

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima	
Média	72459,9235	0,000	0,0020	1,500E-06	do Emáx	0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	1 2		Resíduos acima e abaixo do Ep	2 3	
σs	0,0006					
σm	0,0004					
Ep1	0,0004					
Ep2	0,0004					
Epmédia	0,0004					
Emáx	0,0012					

Tabela 60: Verificação dos erros sistemáticos 18D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 18D							
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v	
Δ1(29/04/2019)	95574,244	-0,0009	0,0009	8,1E-07	0,0000	0,0017	
Δ2(19/06/2019)	95574,243	0,0001	0,0001	1E-08	0,0008	0,0025	
Δ3(25/07/2019)	95574,243	0,0001	0,0001	1,00E-08	0,0008	0,0025	
Δ4(02/09/2019)	95574,241	0,002	0,002	0,000	-0,0012	0,0005	
Δ5(30/09/2019)	95574,245	-0,0014	0,0014	1,96E-06	-0,0005	0,0012	

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	95574,2431	0,000	0,0046	7,2E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	2 3		Resíduos acima e abaixo do Ep	3 2	
σs	0,0013					
σm	0,0010					
Ep1	0,0009					
Ep2	0,0009					
Epmédia	0,0009					
Emáx	0,0026					

Tabela 61: Verificação dos erros sistemáticos 18D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 18D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	1032,276	-0,0005	0,0005	2,500E-07	0,0000	0,0010
Δ2(19/06/2019)	1032,275	0,0005	0,0005	2,500E-07	0,0000	0,0010
Δ3(25/07/2019)	1032,275	0,001	0,001	2,500E-07	0,0000	0,0010
Δ4(02/09/2019)	1032,275	0,001	0,001	0,000	0,0000	0,0010
Δ5(30/09/2019)	1032,277	-0,001	0,001	1E-06	-0,0005	0,0005

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	1032,276	0,000	0,003	2E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	2 3		Resíduos acima e abaixo do Ep	1 4	
σs	0,0007					
σm	0,0007					
Ep1	0,0005					
Ep2	0,0006					
Epmédia	0,0005					
Emáx	0,0015					

Tabela 62: Verificação dos erros sistemáticos 18D COTA

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da Coordenada M, para alvo 19D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	72471,363	0,00000	0,0000	0	0,0008	0,002290638
Δ2(19/06/2019)	72471,362	0,00100	0,0010	1E-06	-0,0002	0,001290638
Δ3(25/07/2019)	72471,362	0,00050	0,0005	2,5E-07	0,0003	0,001790638
Δ4(02/09/2019)	72471,365	-0,00200	0,0020	4E-06	-0,0012	0,000290638
Δ5(30/09/2019)	72471,362	0,00050	0,0005	2,5E-07	0,0003	0,001790638

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	72471,3625	0,000	0,0040	5,500E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	1 3		Resíduos acima e abaixo do Ep	3 2	
σs	0,0012					
σm	0,0009					
Ep1	0,0008					
Ep2	0,0007					
Epmédia	0,0008					
Emáx	0,0023					

Tabela 63: Verificação dos erros sistemáticos 19D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 19D							
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v	
Δ1(29/04/2019)	95564,212	0,0002	0,0002	4E-08	0,0001	0,0007	
Δ2(19/06/2019)	95564,212	0,0002	0,0002	4E-08	0,0001	0,0007	
Δ3(25/07/2019)	95564,212	0,0002	0,0002	4,00E-08	0,0001	0,0007	
Δ4(02/09/2019)	95564,212	0,000	0,000	0,000	0,0001	0,0007	
Δ5(30/09/2019)	95564,213	-0,0008	0,0008	6,4E-07	-0,0005	0,0001	

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	95564,2122	0,000	0,0016	8E-07	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	1		Resíduos acima e abaixo do Ep	4
		4			1
σs	0,0004				
σm	0,0004				
Ep1	0,0003				
Ep2	0,0003				
Epmédia	0,0003				
Emáx	0,0009				

Tabela 64: Verificação dos erros sistemáticos 19D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 19D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	1035,295	-0,0016	0,0016	2,560E-06	-0,0005	0,0017
Δ2(19/06/2019)	1035,293	0,0009	0,0009	8,100E-07	0,0002	0,0024
Δ3(25/07/2019)	1035,295	-0,002	0,002	2,560E-06	-0,0005	0,0017
Δ4(02/09/2019)	1035,292	0,001	0,001	0,000	-0,0003	0,0019
Δ5(30/09/2019)	1035,293	0,0009	0,0009	8,1E-07	0,0002	0,0024

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	1035,293	0,000	0,0064	8,7E-06	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	2
		3			3
σs	0,0015				
σm	0,0014				
Ep1	0,0010				
Ep2	0,0012				
Epmédia	0,0011				
Emáx	0,0033				

Tabela 65: Verificação dos erros sistemáticos 19D COTA

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da Coordenada M, para alvo 20D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	72471,690	0,00105	0,0011	1,1025E-06	0,0004	0,00320983
Δ2(19/06/2019)	72471,690	0,00155	0,0016	2,4025E-06	-0,0001	0,00270983
Δ3(25/07/2019)	72471,695	-0,00345	0,0035	1,19025E-05	-0,0020	0,00080983
Δ4(02/09/2019)	72471,692	-0,00045	0,0004	2,025E-07	0,0010	0,00380983
Δ5(30/09/2019)	72471,690	0,00130	0,0013	1,69E-06	0,0001	0,00295983

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	72471,6911	0,000	0,0078	1,730E-05		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	2 3		Resíduos acima e abaixo do Ep	3 2	
σs	0,0021					
σm	0,0017					
Ep1	0,0014					
Ep2	0,0015					
Epmédia	0,0014					
Emáx	0,0043					

Tabela 66: Verificação dos erros sistemáticos 20D coordenada M

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da coordenada P, para alvo 20D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	95563,127	-0,0014	0,0014	1,96E-06	-0,0004	0,0033
Δ2(19/06/2019)	95563,126	-0,00015	0,00015	2,25E-08	0,0008	0,0045
Δ3(25/07/2019)	95563,124	0,0021	0,0021	4,41E-06	-0,0011	0,0026
Δ4(02/09/2019)	95563,125	0,001	0,001	0,000	0,0004	0,0041
Δ5(30/09/2019)	95563,127	-0,00115	0,00115	1,3225E-06	-0,0002	0,0035

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx	
Média	95563,1256	0,000	0,0054	8,075E-06		0
n	5					
	Observações acima e abaixo da média	3 2		Resíduos acima e abaixo do Ep	2 3	
σs	0,0014					
σm	0,0012					
Ep1	0,0009					
Ep2	0,0010					
Epmédia	0,0010					
Emáx	0,0029					

Tabela 67: Verificação dos erros sistemáticos 20D coordenada P

Verificação da Existência de Erros Sistemáticos da COTA, para alvo 20D						
Campanhas	Leituras	v	v	v ²	Ep-v	Emáx - v
Δ1(29/04/2019)	1036,545	-5E-05	5E-05	2,500E-09	0,0015	0,0046
Δ2(19/06/2019)	1036,543	0,0017	0,0017	2,890E-06	-0,0001	0,0030
Δ3(25/07/2019)	1036,549	-0,004	0,004	1,640E-05	-0,0025	0,0006
Δ4(02/09/2019)	1036,543	0,002	0,002	0,000	-0,0001	0,0030
Δ5(30/09/2019)	1036,544	0,0007	0,0007	4,9E-07	0,0009	0,0040

		Σ	Σ	Σ	Resíduos acima do Emáx
Média	1036,545	0,000	0,0082	2,2675E-05	0
n	5				
	Observações acima e abaixo da média	2		Resíduos acima e abaixo do Ep	2
		3			3
σs	0,0024				
σm	0,0018				
Ep1	0,0016				
Ep2	0,0015				
Epmédia	0,0016				
Emáx	0,0047				

Tabela 68: Verificação dos erros sistemáticos 20D COTA

ANEXO III- Imagem dos materiais e equipamento utilizado



ANEXO IV-Pontos de Orientação/ Pontos Fixos

					
ID do Ponto de Orientação	POR1	ID do Ponto Fixo	PF1	ID do Ponto Fixo	PF2
Coordenada M	72 375 . 645 m	Coordenada M	72 373 . 494 m	Coordenada M	72 384 . 082 m
Coordenada P	95 812 . 896 m	Coordenada P	95 763 . 756 m	Coordenada P	95 719 . 409 m
Cota	1 047 . 163 m	Cota	1 043 . 576 m	Cota	1 040 . 826 m
Altura da Estaca	9,7 cm	Altura da Estaca	7,5 cm	Altura da Estaca	12,1 cm

							
ID do Ponto Fixo	PF3	ID do Ponto Fixo	PF4	ID do Ponto Fixo	PF5	ID do Ponto Fixo	PF6
Coordenada M	72 396 . 011 m	Coordenada M	72 406 . 278 m	Coordenada M	72 406 .278 m	Coordenada M	72 426 . 572 m
Coordenada P	95 678 . 884 m	Coordenada P	95 656 . 103 m	Coordenada P	95 656 .103 m	Coordenada P	95 625 . 295 m
Cota	1 038 . 174 m	Cota	1 036 . 629 m	Cota	1036 .629 m	Cota	1 034 . 329 m
Altura da Estaca	13,1 cm	Altura da Estaca	10,8 cm	Altura da estaca	1,8 cm	Altura da Estaca	9,6 cm

					
ID do Ponto Fixo	PF7	ID do Ponto Fixo	PF8	ID do Ponto Fixo	PF9
Coordenada M	72 449 . 538 m	Coordenada M	72 465 . 414 m	Coordenada M	72 480 .253 m
Coordenada P	95 601 . 117 m	Coordenada P	95 588 . 623 m	Coordenada P	95 577 . 378 m
Cota	1 032 . 252 m	Cota	1 031 . 013 m	Cota	1 029.753 m
Altura da Estaca	12,7 cm	Altura da Estaca	8,4 cm	Altura da estaca	9,0cm

ANEXO IV- Autorização da Camara Municipal da Guarda à realização do projeto



AO
INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA

AV. DR. FRANCISCO SÁ CARNEIRO, 50
6300-559 GUARDA

N/REF.:
8733 de 2019.04.05

PROCESSO:
300.10.001

V/REF.:

DATA:

ASSUNTO: "AUTORIZAÇÃO PARA EFECTUAR OBSERVAÇÕES TOPOGRÁFICAS NO TALUDE DA VICEG"

Relativamente ao assunto supramencionado e na sequência do v/ofício, datado de 04.04.2019, em que solicitam autorização para efectuar observações topográficas nos taludes da VICEG, entre a rotunda do G e a via de acesso ao hospital, vimos comunicar a V. Ex.as que, o referido pedido é deferido, devendo ser adoptadas as medidas de higiene e segurança no trabalho adaptadas às circunstâncias e à protecção dos riscos associados.

Com os melhores cumprimentos.

O VICE-PRESIDENTE DA CÂMARA MUNICIPAL
(POR DELEGAÇÃO DE COMPETÊNCIAS, CONFORME DESPACHO N.º 3 DE 11.04.2019)



SERGIO FERNANDO DA SILVA COSTA

ANEXO VI- Email de IPMA



MODELO DE PEDIDO DE INFORMAÇÃO PARA ENSINO\INVESTIGAÇÃO

ENTIDADE: _____

NOME: _____

CARGO\FUNÇÃO: _____

CONTACTOS:
TELEFONE: _____ TELEMÓVEL: _____

E-MAIL: _____

MORADA: _____

CÓDIGO POSTAL: _____ - _____, LOCALIDADE: _____

NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO FISCAL: _____

NATUREZA DOS DADOS SOLICITADOS:

OBJECTO DA INFORMAÇÃO A UTILIZAR:

_____, ____/____/____

(Assinatura do responsável da entidade solicitante)

NOTA:

O IPMA, I.P. reserva-se o direito de analisar cada pedido agindo em conformidade e transparência, decidindo o valor a pagar pela informação disponibilizada.

Para a comprovação dos fins previstos deverá ser apresentada uma declaração da entidade responsável a atestar a qualidade do requerente e a identificação do objecto a que se destina a informação, com o compromisso da sua não utilização para outros fins, bem como a não transferência para terceiros sem a autorização expressa do IPMA, I.P. e a obrigação de citação do IPMA, I.P. como fonte da informação.

Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P.
Rua C - Aeroporto de Lisboa Tel: (+351) 21 844 70 00 1749-077 Lisboa, Portugal
Fax: (+351) 21 840 23 70

www.ipma.pt
info@ipma.pt

1 | 2



Às 23:35 de 29/10/2019, Eufémia da Glória Rodrigues Patricio (gpatricio@ipg.pt) escreveu:

----- Informação sobre o contacto -----

Nome Cliente: Eufémia da Glória Rodrigues Patricio
Organização: ---
Email: gpatricio@ipg.pt
Telefone: 969609722
Assunto: info
Tema: Meteorologia

Mensagem:

Se possível, podem enviar-me, por favor, o valor das temperaturas mínima e máxima na cidade da Guarda na zona oeste da cidade, para os dias:

29 de abril 2019
19 junho 2019
25 julho 2019
2 setembro 2019
30 setembro 2019

Os valores da temperatura destinam-se a ser utilizados num projeto de final da licenciatura em Eng. Topográfica do IPG, no âmbito do "Controlo de deformações de um talude através de medições topográficas".

Agradeço desde já atenção.

Exmo. Senhor,

Recebemos o seu e-mail e informamos que este foi reencaminhado para a área respetiva (Comercial).

Com os melhores cumprimentos,

info@ipma.pt

Instituto Português do Mar e da Atmosfera, IP.

Rua C ao Aeroporto Humberto Delgado

1749-077 Lisboa

Telefone: +351 218 447 000



Siga-nos:    

Às 19:50 de 04/11/2019, Dmitri Narciso (dimitrynarciso@hotmail.com) escreveu:

----- Informação sobre o contacto -----

Nome Cliente: Dmitri Narciso
Organização: ---
Email: dimitrynarciso@hotmail.com
Telefone: 966160867
Assunto: info
Tema: Meteorologia
Mensagem:

Boa noite;

Sou estudante finalista do curso de engenharia topográfica do instituto politécnico de Guarda, no âmbito do meu projeto final do curso, fiz a monitorização dos taludes de VICEG de Guarda durante o período de 5 meses de Maio á Setembro, e precisava dos dados de temperatura mínima e máxima neste período. Sem mais nada aguardo a vossa resposta.
Cumprimento Dmitri