

LINHA DO MINHO

QUADRUPLICAÇÃO DO TROÇO CONTUMIL - ERMESINDE



VOLUME 25 - RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJETO DE EXECUÇÃO

TOMO 3 – ANEXOS

ANEXO 3.6 – PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO DE ESTRUTURAS

AGOSTO 2019

REGISTO DE ALTERAÇÕES DO DOCUMENTO

EDIÇÃO/ REVISÃO	DATA	ALTERAÇÃO
Inicial	2019.08.31	----

Elaborado por: <i>MSD</i>	Verificado por: <i>ACM</i>
----------------------------------	-----------------------------------

1	ENQUADRAMENTO	1
2	ANTECEDENTES.....	3
3	ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DO PIO	5
4	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO.....	7
4.1	GENERALIDADES	7
4.2	MONITORIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO.....	8
4.3	MONITORIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS EXISTENTES	10
5	PERIODICIDADE DAS OBSERVAÇÕES	15
6	CRITÉRIOS DE ALERTA	16
7	INFORMAÇÃO AO PROJECTISTA.....	18

Índice de Figuras

Fig. 1 - Planta de localização da Quadruplicação do Contumil-Ermesinde	1
--	---

1 ENQUADRAMENTO

O presente projeto refere-se à quadruplicação da Linha do Minho, no troço compreendido entre o topo Norte da Estação de Contumil e a entrada na Estação de Ermesinde (exclusive), concretamente entre os quilómetros 2+500 e 8+040 do Troço Contumil-Ermesinde, conforme se pode observar na figura seguinte.



Fig. 1 - Planta de localização da Quadruplicação do Contumil-Ermesinde

Na peça desenhada nº. **48137.P.00.APG.00.001**, apresenta-se o Esboço Corográfico da intervenção prevista para a Quadruplicação do Troço Contumil / Ermesinde, da Linha do Minho, com a qual se pretendem atingir os seguintes objetivos:

- Adaptação do *layout* atual no lado Norte da Estação de Campanhã¹;
- Duplicação, da atual via dupla, entre Contumil e Ermesinde, incluindo a reformulação da Estação de Contumil²;
- Reformulação da Estação de Rio Tinto;
- Reformulação do Apeadeiro de Águas Santas;
- Adaptação do *layout* atual na entrada da Estação de Ermesinde;

Para além das atividades inerentes à ferrovia, incluem-se igualmente a adaptação de obras de arte, supressão de Passagens de Nível (PN), criação de zonas de estacionamento, prolongamento e/ou substituição de Passagens Hidráulicas (PH),

¹ Substituição de aparelhos de mudança de via, nas Linhas III e IV.

² Criando as condições necessárias à segregação do tráfego ferroviário entre as Linhas do Douro e do Minho, mediante a colocação de dois pares de vias ascendentes e dois pares de vias descendentes, o que se traduz no funcionamento de duas vias duplas

bem como a construção de Estruturas de Contenção, melhorando-se assim a infraestrutura existente, no sentido de permitir um aumento da capacidade de circulação, a qual, com o número de linhas atuais atingirá a curto prazo o seu limite.

2 ANTECEDENTES

No desenvolvimento do projeto foram tidas em conta as indicações da Direção de Exploração da IP- Infraestruturas de Portugal³ relativas à manutenção das atuais condições de exploração entre Contumil e Ermesinde, ainda que com constrangimentos do ponto de vista da velocidade de circulação, e eventual recurso a Vias Únicas Temporárias em períodos noturnos e de fins-de-semana.

Em resultado da aprovação do Estudo de Impacte Ambiental e da emissão da correspondente Declaração de Impacte Ambiental (DIA), a então REFER, EP, procedeu ao desenvolvimento do correspondente projeto de execução, no qual foram incorporadas as indicações expressas nesse documento.

Fruto dos fortes constrangimentos de natureza económica que com que o país foi confrontado no início da presente década, este projeto foi suspenso tendo sido retomado no final do ano de 2018.

Dado o interregno verificado, foi necessário proceder a ajustamentos no projeto inicial, os quais, passaram por:

Adaptação das soluções de projeto a alterações (pontuais) ocorridas no terreno, nomeadamente:

- Existência de uma nova passagem inferior rodoviária ao Km 3+800, entretanto construída;
- Reposicionamento da Passagem Inferior da Quinta das Freitas (km 4+025), em resultado da construção de um novo quartel de bombeiros no lado esquerdo da via-férrea;
- Prolongamento da Passagem Superior Pedonal no apeadeiro de Palmilheira / Águas Santas. A construção antecipada deste atravessamento desnivelado para supressão da PN existente, conduziu à necessidade de proceder igualmente à reconfiguração da localização das plataformas de passageiros, do

³ A Infraestruturas de Portugal é a empresa pública que resulta da fusão entre a Rede Ferroviária Nacional – REFER, E.P.E. (REFER, E.P.E.) e a EP - Estradas de Portugal, SA (EP, SA) através da qual a REFER, E.P.E., incorpora, por fusão, a EP, SA, e é transformada em sociedade anónima, passando a denominar-se Infraestruturas de Portugal, SA (IP, SA). A fusão foi consagrada no dia 1 de junho de 2015, na sequência do Decreto-Lei nº 91/2015 de 29 de maio.

parque de estacionamento, bem como do caminho de acesso previsto no lado nascente para acesso a este apeadeiro;

- Reformulação da ligação entre a Rua Garcia da Orta e a Rua Padre Joaquim das Neves, em Rio Tinto, em resultado da existência de uma estação de lavagem de viaturas que entretanto foi construída.

Complementarmente foram ainda consideradas as seguintes alterações relativamente ao projeto inicial:

- Reformulação da estação de Rio Tinto, traduzido na redução das áreas técnicas (redução de custos) e na melhoria do interface para os utilizadores;
- Melhoria das condições de estacionamento associadas à estação, traduzidas na criação de um parque de estacionamento, a céu aberto, com 265 lugares, devidamente enquadrado em termos paisagísticos ao qual está associada uma ligação pedonal para ligação à estação do Metro do Porto existente na proximidade (estação de Campainha);

Tal como para o projeto inicial, também para as alterações agora introduzidas, foram tidas as indicações expressas na Declaração de Impacto Ambiental.

3 ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DO PIO

As estruturas de contenção, na sua generalidade, são estruturas com uma forte componente geotécnica, à qual estão sempre associados alguns fatores de risco decorrentes do conhecimento sempre limitado que se possui dos terrenos interessados, das incertezas de previsão do seu comportamento e da distribuição e variação das suas propriedades. Estas condicionantes colocam em evidência a necessidade de recorrer a métodos complementares com observação das obras durante a construção e exploração, através da instalação prévia de equipamento específico.

Procura-se, deste modo, obter a comprovação dos modelos estruturais e geotécnicos que estiveram na base dos respetivos projetos, verificar as hipóteses admitidas no desenvolvimento do trabalho, medir os valores das grandezas de referência e despistar eventuais hipóteses de comportamentos anómalos das secções observadas.

No presente caso, dada a vasta quantidade de estruturas de contenção necessárias à execução da obra, e tratando-se de um obra em meio urbano (cujos movimentos representariam um problema para a malha urbana envolvente) considera-se necessária a definição de uma campanha de instrumentação e monitorização que traduza o comportamento das estruturas a construir e das estruturas existentes (e a manter).

Para alcançar este objetivo é apresentado um plano de instrumentação e de observação, que define as grandezas a medir, os locais onde deverão ser efetuadas, a frequência das leituras, o tipo de tratamento dos dados obtidos e os níveis para os quais se consideram toleráveis aqueles valores.

Para a execução dos trabalhos de instrumentação torna-se necessário que as equipas de trabalho possuam experiência neste tipo de trabalhos, sendo responsáveis pelas leituras, tratamento de dados e elaboração de relatórios de medição.

Para a elaboração deste projeto dispôs-se do levantamento topográfico de todo o trecho de via a intervir, à escala 1/1000. Dispôs-se, também, dos elementos relevantes do projeto ferroviário da Quadruplicação da via do Troço Contumil-Ermesinde.

Um breve enquadramento e definição dos dispositivos de monitorização a colocar apresentam-se no capítulo 2.

A periodicidade de leituras prevista para os dispositivos preconizados é definida no capítulo 3 e os critérios de alerta encontram-se definidos no capítulo 4.

No capítulo 5 apresentam-se algumas indicações sobre o fluxo de informação e respetiva comunicação ao projetista relativo às campanhas de monitorização.

No capítulo 6 apresenta-se uma lista geral das peças desenhadas.

4 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

4.1 GENERALIDADES

Neste plano de instrumentação e observação é definida a instalação de dispositivos de observação, a colocar nas estruturas de contenção a executar e nos edifícios e estruturas existentes contíguas à linha férrea.

O tipo e número de dispositivos de observação a instalar foram definidos tendo em consideração as características geotécnicas da obra, bem como o tipo e a magnitude das deformações expectáveis. No entanto, o tipo e quantidade de dispositivos poderão ser alterados em face do comportamento real verificado durante a escavação e execução das obras.

Toda a informação recolhida no plano de observação proposto deverá ser tratada de forma sistemática e em tempo real, com o avanço da escavação.

O plano de instrumentação e observação tem por objetivo o controlo da obra enquanto composta por estruturas sujeitas a procedimentos específicos de construção, não sendo objeto do plano outro tipo de observação do comportamento face a ações de acidentes devidas a explosões, libertação de gases ou incêndio.

Antes do início da construção, deverá ser realizado um levantamento de todas as possíveis anomalias existentes nos edifícios próximos do túnel, infraestruturas e estruturas públicas adjacentes à obra, bem como eventuais fendas e assentamentos nos terrenos e pavimentos envolventes.

Para além da instrumentação, que se encontra representada nas peças desenhadas, todos os trabalhos associados à escavação (execução das estacas, ancoragens, escavação, etc.) deverão ser acompanhados por um geólogo. Pretende-se, deste modo, garantir a adequada adaptação das soluções propostas às condições reais encontradas durante a execução dos trabalhos de escavação.

A instrumentação definida pretende possibilitar a deteção de eventuais anomalias em termos de assentamentos/deslocamentos e diferenças de carga nas ancoragens, que poderão conduzir ao reforço da instrumentação agora preconizada.

O plano de instrumentação e observação assenta na medição de grandezas físicas obtidas a partir dos dispositivos e sistemas de medição apresentados de seguida.

4.2 MONITORIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO

Atendendo ao carácter essencialmente urbano desta empreitada, considera-se necessário proceder à observação das estruturas de contenção, de modo a averiguar os deslocamentos das mesmas que possam ocorrer ao longo da sua execução, permitindo a sua comparação com o comportamento esperado, de acordo com as modelações realizadas com o recurso a programas de cálculo automático.

Assim, ao nível das estruturas de contenção, pretende-se detetar e acompanhar eventuais deslocamentos verticais e horizontais que possam ocorrer durante as operações de escavação, e após a sua execução, bem como as forças instaladas nas ancoragens, quando estas existem.

A definição dos equipamentos a colocar nas estruturas de contenção teve por base não só as características geométricas de cada estrutura como também o enquadramento das obras, nomeadamente a nível das condições geológico-geotécnicas e de proximidade de edifícios ou infraestruturas.

Os equipamentos utilizados na monitorização destas estruturas de contenção descrevem-se da seguinte forma:

- 92 Alvos topográficos: a colocar ao nível das ancoragens, associados às células de carga, em todos os muros ancorados; quando não associados às células de carga, os alvos serão colocados no topo e a meia-altura da contenção; nas restantes situações, são colocados no topo e na base de cada estrutura. Estes alvos têm por objetivo a monitorização de assentamentos e deslocamentos horizontais das estruturas;
- 46 Células de carga: serão instaladas na cabeça de algumas ancoragens (de acordo com as peças desenhadas) de forma a medir o esforço instalado com o avanço das escavações;
- 7 Inclinómetros: servem para medir deslocamentos horizontais, através da medição da deformação normal ao eixo de um furo entubado instalado na zona adjacente às paredes das contenções de maior altura.

Atendendo ao facto das obras de contenção estarem essencialmente associadas ao alargamento de um canal já existente e não se prever o rebaixamento do nível freático, optou-se por não se definir a colocação de piezómetros para controlar as variações dos níveis de água.

O quadro seguinte apresenta o número e tipo de dispositivo de monitorização previsto para cada uma das estruturas a monitorizar no decorrer da obra.

Quadro 4.1 – Distribuição dos dispositivos de monitorização

Estrutura	Inclinómetros	Alvos topográficos	Células de carga
M3.1E	3	18	16
M3.1D	-	4	-
M3.2D	-	2	2
M3.3D	-	4	-
M3.4D	-	2	-
M4.1D	-	2	-
M4.1E	-	6	2
M4.2D	-	2	-
M4.2E	-	4	-
M5.1E	-	4	2
M5.2E	-	6	-
M6.1E	-	2	-
M6.1D	-	2	-
M6.2E	-	2	-
M6.3E	-	2	-
M7.1D	2	12	10
M7.1E	2	8	6
M7.2E	-	4	-
Viaduto 1	-	8	8
Total	7	92	46

No caso das estruturas ancoradas, a execução de ensaios prévios de ancoragens permite também a obtenção de informação bastante importante para definição de planos de observação mais detalhados bem como para comparação com os resultados obtidos nos modelos de cálculo.

Desta forma, o procedimento habitual nestas situações dita que se executem ensaios prévios para cada tipo distinto de ancoragem utilizado numa estrutura, respeitando sempre um mínimo de 2.

De seguida apresenta-se o número de ensaios prévios em ancoragens previsto para cada estrutura ancorada.

Quadro 4.2 – Ensaios prévios em ancoragens

Estrutura	N.º de Ensaios Prévios
M3.1E	3
M3.2D	2
M4.1E	2
M5.1E	2
M7.1D	2
M7.1E	2
Viaduto 1	2
Total	15

Os **alvos topográficos** deverão ser instalados por colagem aos elementos a observar após a respetiva solidarização a placas metálicas planas. O erro normalmente associado à leitura destes dispositivos de observação é de $\pm 1\text{mm}$.

As **células de carga** a instalar nas ancoragens são instaladas para medição da variação de tensão da ancoragem sendo que os resultados das leituras deverão ser apresentados sob a forma gráfica do tipo tensão/tempo e sob a forma numérica.

Para a colocação dos **inclinómetros** deverá garantir-se que as calhas inclinométricas estão perfeitamente encastradas e seladas, devendo o espaço anelar livre entre a calha e o respetivo furo ser preenchido com calda, de modo a promover a requerida solidarização entre esta e o terreno envolvente.

As uniões entre calhas deverão ser protegidas por um geotêxtil, convenientemente amarrado por fita adesiva, de modo a evitar a colmatação da calha inclinométrica durante as operações de solidarização da calha ao terreno. Deverão ser instaladas de modo a que as ranhuras ortogonais onde corre o equipamento de leitura se mantenham normais aos eixos principais, ficando à superfície protegidas com caixas de tampas metálicas.

O erro de cálculo da deflexão no topo de um calha inclinométrica com 30m de profundidade é de aproximadamente $\pm 5\text{mm}$ em condições normais de operação.

4.3 MONITORIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS EXISTENTES

Dada a existência de edifícios e a sua relativa proximidade aos trabalhos previstos torna-se fundamental o acompanhamento do seu comportamento no decorrer da

execução das obras. O acompanhamento do comportamento dos edifícios será feito com base em dispositivos cujo objetivo é o de monitorizar assentamentos, deslocamentos relativos e vibrações.

A definição dos dispositivos de monitorização a instalar nos edifícios, embora definidos empiricamente, teve como base a experiência em obras similares, a altura de escavação e a distância do edifício à escavação mais próxima. No entanto, em nossa opinião, deverá ser promovida pelo Dono-de-Obra uma vistoria anterior ao início dos trabalhos, para os edifícios adjacentes à obra, de forma a cartografar todas as anomalias e danos, deficiências construtivas, fissuras, características, etc. Esta vistoria tem o objetivo de estabelecer uma base de dados necessária para o posterior acompanhamento periódico durante a fase de obra e para os procedimentos futuros conducentes a eventuais reparações e/ou processo de indemnizações bem como para a elaboração de uma Análise de Risco, que permita avaliar o potencial de dano dos edifícios.

Todos os edifícios adjacentes deverão ser vistoriados, nomeadamente aqueles que estão identificados na planta de instrumentação.

Importa ainda referir que o plano de instrumentação definido não teve em conta as características intrínsecas dos edifícios, tais como o estado de conservação, histórico de movimentos, danos registados, etc. No entanto, estes aspetos influem diretamente no potencial de dano face às escavações. Considera-se que o Dono-de-obra deve empreender, após a execução das campanhas de vistoria e caracterização dos edifícios, uma análise de risco, para os edifícios de maior importância (mais próximos das escavações, adjacentes a maiores alturas de escavação, edifícios mais vulneráveis, etc.), de forma a avaliar a adequabilidade das soluções preconizadas e eventual definição de soluções de reforço.

A instrumentação para os edifícios próximos dos trabalhos de execução de estruturas de contenção e trabalhos de escavação diz respeito à instalação dos seguintes dispositivos:

- **50 Fissurómetros mecânicos e/ou electrónicos** para medir a evolução de fissuras (n.º estimado e a apurar definitivamente após as vistorias dos edifícios), especialmente as consideradas estruturalmente importantes, de acordo com os relatórios de vistoria (a realizar previamente ao início da obra), para os edifícios localizados na área envolvente da obra, ou abertas no decurso da obra;

- 138 **Réguas de Nivelamento geométrico**, colocadas em edifícios para a medição de deslocamentos verticais;
- 116 **Alvos/prismas refletores topográficos (monitorização óptica 3D)** instalados nos edifícios, existentes à superfície, nas áreas contíguas ao túnel, com o objetivo de monitorizar os assentamentos e deslocamentos horizontais dos mesmos;
- **9 Clinómetros** de parede para controlo da rotação das estruturas à superfície, instalados sobre as fachadas principais dos edifícios, permitindo, com a análise dos resultados obtidos, controlar a segurança dos mesmos ao alertar previamente o aparecimento de eventuais danos estruturais;
- **1 Sismógrafo/Acelerómetro**, a circular entre as zonas onde se procederá a escavações principais, para controlo das vibrações provocadas pela obra, minorando os potenciais danos provocados nas edificações vizinhas. O controlo de vibrações deverá contemplar todas edificações localizadas nas imediações dos trabalhos, não se pretendendo que a monitorização se cinja a um único ponto no decorrer dos trabalhos.

Para a monitorização dos parâmetros referidos, exceto a medição das vibrações, definiram-se dez perfis tipo a instalar nos edifícios:

Quadro 4.3 – Perfil Tipo de Observação

Tipologia	Nº de edifícios	Régua de Nivelamento	Clinómetro	Alvo topográfico
Tipo 1	31	0	0	1
Tipo 2	11	2	0	1
Tipo 3	3	3	0	1
Tipo 4	3	4	0	1
Tipo 5	9	2	0	2
Tipo 6	12	3	0	2
Tipo 7	4	4	0	2
Tipo 8	3	2	1	2
Tipo 9	5	3	1	2
Tipo 10	1	4	1	2
Total	82	138	9	116

A implantação destes perfis nos edifícios passou pela estimativa, como já foi referido neste documento, pela distância e posição do imóvel face ao corredor da obra, bem como pela altura de escavação contígua. Ressalva-se no entanto que o número de

dispositivos, bem como a frequência das leituras, poderão ter que ser reforçados de modo a responder à evolução da obra.

As **réguas de nivelamento** a utilizar nas leituras plano-altimétricas serão constituídas por barras de aço metálicas graduadas, fixadas sobre as paredes externas dos edifícios. Em todos os perfis de instrumentação, duas das réguas previstas, deverão ser instaladas na fachada principal, isto é, na fachada orientada para a escavação, sendo as restantes (uma ou duas réguas, função do perfil) instaladas nas fachadas ortogonais acessíveis.

Os **alvos topográficos** deverão ser instalados por colagem aos elementos a observar após a respetiva solidarização a placas metálicas planas. O erro normalmente associado à leitura destes dispositivos de observação é de $\pm 1\text{mm}$. Deverão ser colocados nas fachadas principais dos edifícios, face aos trabalhos de escavação, e colocados ao nível dos vários pisos (quando preconizada a utilização de mais do que um alvo). Em alguns casos, a orientação dos alvos pode ser corrigida de forma a facilitar as leituras pelo equipamento topográfico.

É também preconizada a instalação de **clinómetros** de parede (fixos ou removíveis, em função da acessibilidade do local) a serem instalados sobre as fachadas principais dos edifícios. O clinómetro consiste numa placa redonda metálica (bronze) que é fixa à estrutura a monitorizar. A alteração da posição destas placas é lida de modo digital, com os equipamentos específicos, em duas direções perpendiculares entre si, contidas no plano da estrutura. Estes instrumentos serão observados de forma individualizada não dependendo de referências, fornecendo resultados absolutos de inclinação, nas estruturas monitorizadas. A altura de fixação destes dispositivos deverá ser definida em obra, sendo que, de forma a facilitar o acesso às leituras, estes poderão ser colocados à altura do primeiro piso de modo que estas se efetuem sem necessidade de uma autorização dos moradores, acautelando no entanto que deverá ficar a uma altura mínima dos 2,5-3m de forma a evitar possíveis atos de vandalismo.

Os **fissurómetros** instituídos visam medir a evolução de fissura, especialmente as que se considerarem estruturalmente importantes. A colocação destes instrumentos de medição deverá ser função dos relatórios de vistoria para os edifícios a instrumentar, pelo que deverão ser instalados em fissuras com 0,5mm em elementos estruturais e de 1mm para elementos não estruturais.

Face às vibrações que se preveem que decorram dos trabalhos de execução das estruturas de contenção e de escavação, uma das ações de monitorização passa pelo controlo das vibrações nos edifícios de forma a minorar os danos provocados nas edificações vizinhas ao local da obra.

Para este controlo das vibrações serão seguidas as especificações da Norma Portuguesa NP-2074 (1983). “Avaliação da Influência em Construções de Vibrações Provocadas por Explosões ou Solicitações Similares”, sendo o parâmetro a controlar a velocidade de vibração.

Os pontos de medição devem localizar-se em elementos das estruturas solidários com a fundação, no máximo a 0,5 m acima do terreno e do lado mais próximo da origem da solicitação.

5 PERIODICIDADE DAS OBSERVAÇÕES

A frequência das leituras depende do ritmo de construção e do comportamento observado in situ. No entanto, devem realizar-se no mínimo leituras com as seguintes frequências: **diárias** para as estruturas em execução e edifícios adjacentes e **semanais** para as demais estruturas executadas/edifícios.

No caso específico dos trabalhos associados à instalação de ancoragens, deverão ser efetuadas leituras nas células de carga de acordo com o faseamento construtivo respeitante à execução da cortina ancorada, assegurando sempre o registo dos esforços instalados antes e após cada patamar de escavação e com a instalação do pré-esforço das ancoragens dos níveis inferiores.

Deverão ser feitas várias leituras após a instalação de cada aparelho para definir uma leitura inicial estabilizada.

A periodicidade definida terá no entanto que ser compatibilizada com as especificidades do faseamento construtivo da escavação e da execução de cada contenção em particular, nomeadamente no que diz respeito aos patamares de escavação e à instalação e pré-esforço das ancoragens.

As frequências das leituras preconizadas deverão ser aferidas em obra de forma a adequar a planificação com o desenvolvimento da obra, conferindo às leituras uma utilidade acrescida para a antevisão do comportamento das estruturas instrumentadas.

Caso se atinjam os níveis de alerta a seguir definidos, as leituras deverão ser ajustadas e deverá ser analisado o projeto com vista a perceber as oscilações ocorridas e compará-las com os valores esperados a partir das modelações efetuadas.

Toda a informação recolhida no programa de observação a propor deverá ser tratada de forma sistemática e em tempo real com o avanço dos trabalhos.

Não se considera pertinente manter as leituras dos dispositivos instalados após a conclusão da obra. No entanto, esta decisão deverá ficar ao critério do Dono-de-Obra.

6 CRITÉRIOS DE ALERTA

O sistema de alerta para esta obra deverá basear-se nos valores dos deslocamentos estimados e nos seguintes critérios:

- Análise e acompanhamento do cenário geológico-geotécnico dos terrenos interessados pela obra;
- Comparação entre os resultados sistematicamente obtidos em diferentes secções de observação;
- Comparações com os resultados teóricos em modelos analíticos e numéricos;
- Interpretação de deformações em função da profundidade, das características geológicas dos terrenos e, eventualmente, função de acidentes geológicos.

O controlo dos valores registados pela instrumentação a instalar terá como objetivo verificar a adequabilidade da solução implementada face às reais condições geológico e geotécnicas e/ou do método construtivo utilizado.

Desta forma, surge a definição de valores limite das grandezas a instrumentar, considerando-se suficiente estabelecer dois limites de alerta: limite de atenção e limite de alarme.

Os critérios de alerta adoptam a variação da taxa de deformação (velocidade) e o valor acumulado da deformação. Apresentam-se os valores de deformação de referência:

		Níveis de Alerta		
		Atenção	Alarme	
Estruturas de Contenção	Alvos topográficos	$\delta_v=0,20\%H$	$\delta_v=0,30\%H$	
	Inclinómetros	$\delta_h=0,10\%H$	$\delta_h=0,20\%H$	
	Células de Carga	$0,9P_0$ ou $1,15P_0$	$0,85P_0$ ou $1,2P_1$	
	Assentamentos totais (mm)	15	25	
Edifícios	Inclinação (α)	1/500	1/300	
	Fissuras (mm)	Elementos estruturais	acréscimo de 0,3mm	acréscimo de 0,5mm
		Elementos não estruturais	acréscimo de 1mm	acréscimo de 3mm

δ_v : deslocamento vertical (m)

δ_h : deslocamento horizontal (m)

P_0 : Pré-esforço aplicado

H : altura da contenção/altura da escavação

O controlo das vibrações deverá seguir a Norma Portuguesa NP-2074 (1983). “Avaliação da Influência em Construções de Vibrações Provocadas por Explosões ou Solicitações Similares”.

Considera-se que o **limite de atenção** corresponde ao estado em que o maciço/estrutura se encontra perto do limite de estabilização, sendo necessário aumentar a frequência de leituras preconizada para a situação base de estabilização, e proceder à sua análise com mais atenção, se necessário recorrendo a métodos de retroanálise. Deverá igualmente proceder-se a uma análise crítica da qualidade construtiva e do processo construtivo implementado.

Poderá ser necessária a reformulação do faseamento construtivo e do processo construtivo e/ou dos sistemas adotados; no entanto, caso se verifique a estabilização das leituras, poderá ponderar-se a redução da frequência das leituras para a situação inicial e revisão dos limites de atenção agora definidos.

O **limite de alarme** corresponde a uma situação em que o maciço poderá encontrar-se instável, sendo necessário decidir rapidamente quais as medidas a adotar para solucionar o problema, com vista a minimizar os danos possíveis.

As medidas a adotar poderão passar por aumentar as medidas de estabilização e posterior reformulação do processo construtivo, sempre acompanhadas pelo reforço dos dispositivos de observação, bem como da sua frequência de leitura, de modo a proceder-se ao acompanhamento da sua eficácia.

No entanto, caso se verifique a estabilização das leituras antes da implementação das medidas referidas, poderá ser um indicador de que se deverá proceder à revisão dos limites de alarme definidos.

Caso a referida estabilização não se verifique deverão ser implementadas medidas corretivas e proceder-se a um acompanhamento contínuo das leituras do sistema de observação até à estabilização das mesmas, e conseqüentemente, ao retorno das condições de normalidade.

Complementarmente à monitorização dos dispositivos de observação, considera-se de primordial importância a realização de inspeções visuais à obra, com a intenção de detetar eventuais anomalias do sistema de observação instalado.

Considera-se fundamental o respeito pelos valores de alerta estabelecidos. No entanto deve ser referido que estes não devem ser encarados de forma absoluta, mas sim como um instrumento de avaliação do comportamento das escavações, que poderão ser ajustados no decurso dos trabalhos em função do real comportamento da obra.

7 INFORMAÇÃO AO PROJECTISTA

Com base na nossa experiência consideramos ser de extrema importância que seja criada uma base clara do fluxo de informação.

Consideramos que todas as linhas de comunicação, informação e tomada de decisão no que concerne ao risco deverão ser definidas e tomadas públicas a todas as partes envolvidas.

Para que a instrumentação cumpra os objetivos definidos, nomeadamente para obter a comprovação do modelo estrutural e geotécnico que esteve na base do projeto, e para que se possam implementar medidas preventivas atempadamente, é necessário que seja nomeado um responsável pelas leituras, tratamento de dados e elaboração de relatórios de medição.

O projetista deverá ter conhecimento de todas as leituras que ultrapassem os limites de atenção em menos de 24h na instrumentação corrente e em menos de 6h nas obras em fase de execução de forma a poder implementar as medidas necessárias. Deverão ainda ser elaborados relatórios mensais com as considerações relevantes e registo de todas as leituras de modo a obter um histórico do comportamento das estruturas e edifício.