

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO										
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES				
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D
<b>TOMO I - VOLUME 1 - APRESENTAÇÃO DO PROJETO</b>										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE GER 000 000 MD 010001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	APRESENTAÇÃO DO PROJETO	0						
LVSSA MSA PE GER 000 000 MQ 010001 0		MAPA DE QUANTIDADES DE TRABALHO E ESTIMATIVA DE CUSTO		0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE GER 000 000 DW 010010 0	133273	DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO		0						
LVSSA MSA PE GER LIN 000 DW 010001 0	133274	SEÇÕES TIPO.		0						
LVSSA MSA PE GER 000 000 DW 010002 0	133275	ORGANIZAÇÃO DO PROJETO - FASE DE CONCEÇÃO (WBS)		0						

<b>TOMO I - VOLUME 2 - TRAÇADO</b>										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 MD 031000 0		TRAÇADO	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						

<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031001 0	133284	TRAÇADO	PLANTA GERAL DE CONJUNTO	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031002 0	133285	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL DE CONJUNTO	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031003 0	133286	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL DA VIA ASCENDENTE	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031004 0	133287	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL DA VIA DESCENDENTE	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031005 0	133288	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL - VIAS DE RESGUARDO	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T81 DW 031001 0	133289	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL VA - T81	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T81 DW 031002 0	133290	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL VD - T81	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T81 DW 031003 0	133291	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL RESGUARDO 3 - T81	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T81 DW 031004 0	133292	TRAÇADO	PLANTA DE PIQUETAGEM - T81	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T82 DW 031001 0	133294	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL VA - T82	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T82 DW 031002 0	133295	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL VD - T82	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T82 DW 031003 0	133296	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL RESGUARDO 2- T82	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T82 DW 031004 0	133297	TRAÇADO	PLANTA DE PIQUETAGEM - T82 (1/2)	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T82 DW 031005 0	133298	TRAÇADO	PLANTA DE PIQUETAGEM - T82 (2/2)	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T83 DW 031001 0	133299	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL VA - T83	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T83 DW 031002 0	133300	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL VD - T83	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T83 DW 031003 0	133301	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL RESGUARDO 1- T83	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T83 DW 031004 0	133302	TRAÇADO	PLANTA DE PIQUETAGEM - T83 (1/2)	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T83 DW 031005 0	133303	TRAÇADO	PLANTA DE PIQUETAGEM - T83 (2/2)	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T84 DW 031001 0	133304	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL VA - T84	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T84 DW 031002 0	133305	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL VD - T84	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T84 DW 031003 0	133306	TRAÇADO	PLANTA DE PIQUETAGEM - T84 (1/2)	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T84 DW 031004 0	133307	TRAÇADO	PLANTA DE PIQUETAGEM - T84 (2/2)	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T85 DW 031001 0	133308	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL VA - T85	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T85 DW 031002 0	133309	TRAÇADO	PERFIL LONGITUDINAL VD - T85	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN T85 DW 031003 0	133310	TRAÇADO	PLANTA DE PIQUETAGEM - T85	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031006 0	133312	TRAÇADO	Cortes Transversais. Via Tipo 1 - Secção em Reta	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031007 0	133313	TRAÇADO	Cortes Transversais. Via Tipo 1 - Curva 85/1. Km 0+400	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031008 0	133314	TRAÇADO	Cortes Transversais. Via Tipo 2 - Secção em estação	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031009 0	133315	TRAÇADO	Cortes Transversais. Via Tipo 1 - Curva 84/1. Km 0+800	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031010 0	133316	TRAÇADO	Cortes Transversais. Via Tipo 1 - Curva 84/2 e Curva 83/1. km 1+500 e km 1+800	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031011 0	133317	TRAÇADO	Cortes Transversais. SEV 1/ CO. Km 1+875.043	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031012 0	133318	TRAÇADO	Cortes Transversais. Resguardo 1 - Via Tipo 1 e Via Tipo 6. Km 2+000	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031013 0	133319	TRAÇADO	Cortes Transversais. Via Tipo 1 - Curva 83/2. Km 2+300	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031014 0	133320	TRAÇADO	Cortes Transversais. SEV 1/ IF. Km 2+661.542	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031015 0	133321	TRAÇADO	Cortes Transversais. Resguardo 2 - Via Tipo 1 e Via Tipo 6. Km 2+800	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031016 0	133322	TRAÇADO	Cortes Transversais. Via Tipo 3 - Curva 82/1. Km 3+100	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031017 0	133323	TRAÇADO	Cortes Transversais. Via Tipo 4 - Curva 82/2. Km 3+400	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031018 0	133324	TRAÇADO	Cortes Transversais. Via Tipo 4 - Reta. Km 3+450	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031019 0	133325	TRAÇADO	Cortes Transversais. Via Tipo 5 - Estação de Alcântara	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031020 0	133326	TRAÇADO	Cortes Transversais. Via Tipo 3 - Curva 81/1. Km 3+650	0						
LVSSA MSA PE TRA LIN 000 DW 031021 0	133327	TRAÇADO	Cortes Transversais. Resguardo 3 - Via Tipo 1 e Via Tipo 6. km 4+000	0						

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO										
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES				
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D

TOMO I - VOLUME 3 - VIA FÉRREA

1. Projeto de instalação de via (PIV)

PEÇAS ESCRITAS

LVSSA MSA PE VIA LIN 000 MD 031001 0		PROJETO DE INSTALAÇÃO DE VIA.	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
--------------------------------------	--	-------------------------------	------------------------------------	---	--	--	--	--	--	--

PEÇAS DESENHADAS

LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031001 0	133328	VIA FERREA	TIPOS DE VIA. PLANTA GERAL (1/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031002 0	133329	VIA FERREA	TIPOS DE VIA. PLANTA GERAL (2/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031003 0	133330	VIA FERREA	TIPOS DE VIA. PLANTA GERAL (3/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031004 0	133331	VIA FERREA	TIPOS DE VIA. PLANTA GERAL (4/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031005 0	133332	VIA FERREA	TIPOS DE VIA. PLANTA GERAL (5/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031006 0	133333	VIA FERREA	TIPOS DE VIA. PLANTA GERAL (6/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031007 0	133334	VIA FERREA	TIPOS DE VIA. PLANTA GERAL (7/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031008 0	133335	VIA FERREA	TIPOS DE VIA. PLANTA GERAL (8/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031009 0	133336	VIA FERREA	TIPOS DE VIA. PLANTA GERAL (9/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031010 0	133337	VIA FERREA	PLANO DE INSTALAÇÃO DE VIA (1/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031011 0	133338	VIA FERREA	PLANO DE INSTALAÇÃO DE VIA (2/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031012 0	133339	VIA FERREA	PLANO DE INSTALAÇÃO DE VIA (3/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031013 0	133340	VIA FERREA	PLANO DE INSTALAÇÃO DE VIA (4/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031014 0	133341	VIA FERREA	PLANO DE INSTALAÇÃO DE VIA (5/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031015 0	133342	VIA FERREA	PLANO DE INSTALAÇÃO DE VIA (6/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031016 0	133343	VIA FERREA	PLANO DE INSTALAÇÃO DE VIA (7/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031017 0	133344	VIA FERREA	PLANO DE INSTALAÇÃO DE VIA (8/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031018 0	133345	VIA FERREA	PLANO DE INSTALAÇÃO DE VIA (9/9)	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031019 0	133346	VIA FERREA	CARRIL DE ROLAMENTO 50 E6	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031020 0	133347	VIA FERREA	PALMILHA EM BORRACHA	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031021 0	133348	VIA FERREA	CARRIL DE ENERGIA T52	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031022 0	133349	VIA FERREA	RAMPA DE CARRIL DE ENERGIA	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031023 0	133350	VIA FERREA	BATENTE PARA AMARRAÇÃO DO CARRIL DE ENERGIA - VIA CORRENTE E SEV	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031024 0	133351	VIA FERREA	ESQUEMA DE MONTAGEM DA JUNTA DE DILATAÇÃO DO CARRIL DE ENERGIA	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031025 0	133352	VIA FERREA	INSTALAÇÃO DO CARRIL DE ENERGIA SOBRE ISOLADORES DE RESINA	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031026 0	133353	VIA FERREA	BASE PRÉ FABRICADA PARA SUPORTE DOS ISOLADORES DE RESINA	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031027 0	133354	VIA FERREA	ESQUEMA DE MONTAGEM DO CARRIL DE SEGURANÇA	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031028 0	133355	VIA FERREA	BLOCO PRÉ FABRICADO PARA SUPORTE DO CARRIL DE SEGURANÇA	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031029 0	133356	VIA FERREA	CALEIRA DE CABOS PRÉ FABRICADOS EM BETÃO	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031030 0	133357	VIA FERREA	CALEIRA DE CABOS PRÉ FABRICADOS EM BETÃO COM DRENAGEM	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031031 0	133358	VIA FERREA	PASSADEIRA DE ATRAVESAMENTO DE VIA	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031032 0	133359	VIA FERREA	BLOCOS BETÃO PARA SUPORTE DO CARRIL DE ROLAMENTO	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031033 0	133360	VIA FERREA	ATRAVESAMENTOS DE CABOS TIPO T1 - PORMENOR TIPO	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031034 0	133361	VIA FERREA	ATRAVESAMENTOS DE CABOS TIPO C5 - PORMENOR TIPO	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031035 0	133362	VIA FERREA	PROTEÇÃO ALTA DO CARRIL DE ENERGIA - TRAVESSA BIBLOCO	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031036 0	133363	VIA FERREA	LUBRIFICADOR DE VIA	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031037 0	133364	VIA FERREA	Cortes Transversais. Via Tipo 1 - Secção em Reta	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031038 0	133365	VIA FERREA	Cortes Transversais. Via Tipo 1 - Curva 85/1. Km 0+400	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031039 0	133366	VIA FERREA	Cortes Transversais. Via Tipo 2 - Secção em estação	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031040 0	133367	VIA FERREA	Cortes Transversais. Via Tipo 1 - Curva 84/1. Km 0+800	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031041 0	133368	VIA FERREA	Cortes Transversais. Via Tipo 1 - Curva 84/2 e Curva 83/1. km 1+500 e km 1+800	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031042 0	133369	VIA FERREA	Cortes Transversais. SEV 1/ CO. Km 1+875.043	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031043 0	133370	VIA FERREA	Cortes Transversais. Resguardo 1 - Via Tipo 1 e Via Tipo 6. Km 2+000	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031044 0	133371	VIA FERREA	Cortes Transversais. Via Tipo 1 - Curva 83/2. Km 2+300	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031045 0	133372	VIA FERREA	Cortes Transversais. SEV 1/ IF. Km 2+661.542	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031046 0	133373	VIA FERREA	Cortes Transversais. Resguardo 2 - Via Tipo 1 e Via Tipo 6. Km 2+800	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031047 0	133374	VIA FERREA	Cortes Transversais. Via Tipo 3 - Curva 82/1. Km 3+100	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031048 0	133375	VIA FERREA	Cortes Transversais. Via Tipo 4 - Curva 82/2. Km 3+400	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031049 0	133376	VIA FERREA	Cortes Transversais. Via Tipo 4 - Reta. Km 3+450	0						
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031050 0	133377	VIA FERREA	Cortes Transversais. Via Tipo 5 - Estação de Alcântara	0						

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031051 0	133378	VIA FERREA	Cortes Transversais. Via Tipo 3 - Curva 81/1. Km 3+650	0							
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031052 0	133379	VIA FERREA	Cortes Transversais. Resguardo 3 - Via Tipo 1 e Via Tipo 6. km 4+000	0							
<b>2. Projeto de drenagem de Via</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 MD 031000 0		DRENAGEM DE VIA	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031001 0	133380	DRENAGEM DE VIA	PLANTA GERAL. KM 0+000/0+700	0							
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031002 0	133381	DRENAGEM DE VIA	PLANTA GERAL. KM 0+700/1+400	0							
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031003 0	133382	DRENAGEM DE VIA	PLANTA GERAL. KM 1+400/2+100	0							
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031004 0	134962	DRENAGEM DE VIA	PLANTA GERAL. KM 2+100/2+800	0							
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031005 0	134963	DRENAGEM DE VIA	PLANTA GERAL. KM 2+800/3+500	0							
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031006 0	134964	DRENAGEM DE VIA	PLANTA GERAL. KM 3+500/4+097,224	0							
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031007 0	133386	DRENAGEM DE VIA	PERFIL LONGITUDINAL. KM 0+000/0+700	0							
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031008 0	133384	DRENAGEM DE VIA	PERFIL LONGITUDINAL. KM 0+700/1+400	0							
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031009 0	133385	DRENAGEM DE VIA	PERFIL LONGITUDINAL. KM 1+400/2+100	0							
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031010 0	134965	DRENAGEM DE VIA	PERFIL LONGITUDINAL. KM 2+100/2+800	0							
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031011 0	134966	DRENAGEM DE VIA	PERFIL LONGITUDINAL. KM 2+800/3+500	0							
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031012 0	134967	DRENAGEM DE VIA	PERFIL LONGITUDINAL. KM 3+500/4+097,224	0							
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031013 0	134968	DRENAGEM DE VIA	PERFIL LONGITUDINAL. VIAS DE RESGUARDO 1,2 E 3	0							
LVSSA MSA PE DRV LIN 000 DW 031014 0	133387	DRENAGEM DE VIA	PORMENORES	0							

TOMO I - VOLUME 4 - COLUNA SECA											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE CLS 000 MD 090001 0		COLUNA SECA	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE CLS LIN 000 DW 091000 0	133388	COLUNA SECA	PLANTA GERAL KM 0+000/4+096,086 - ESQUEMA DE PRINCÍPIO	0							
LVSSA MSA PE CLS LIN 000 DW 091001 0	133389	COLUNA SECA	PLANTA GERAL KM 0+000/0+700 - ESQUEMA DE PRINCÍPIO	0							
LVSSA MSA PE CLS LIN 000 DW 091002 0	133390	COLUNA SECA	PLANTA GERAL KM 0+700/1+400 - ESQUEMA DE PRINCÍPIO	0							
LVSSA MSA PE CLS LIN 000 DW 091003 0	133391	COLUNA SECA	PLANTA GERAL KM 1+400/2+100 - ESQUEMA DE PRINCÍPIO	0							
LVSSA MSA PE CLS LIN 000 DW 091004 0	133392	COLUNA SECA	PLANTA GERAL KM 2+100/2+800 - ESQUEMA DE PRINCÍPIO	0							
LVSSA MSA PE CLS LIN 000 DW 091005 0	133393	COLUNA SECA	PLANTA GERAL KM 2+800/3+500 - ESQUEMA DE PRINCÍPIO	0							
LVSSA MSA PE CLS LIN 000 DW 091006 0	133394	COLUNA SECA	PLANTA GERAL KM 3+500/4+096,086 - ESQUEMA DE PRINCÍPIO	0							

TOMO I - VOLUME 5 - TOPOGRAFIA											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA CBJ PE TOP 000 MD 010001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011000 0	133105	LEV TOP - CAMPOLIDE - RUA MARQUÊS DA FRONTEIRA, EPL		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011001 0	133106	LEV TOP - CAMPOLIDE - RUA MARQUÊS DA FRONTEIRA, EPL		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011002 0	133107	LEV TOP - CAMPOLIDE - RUA MARQUÊS DA FRONTEIRA, EPL		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011003 0	133108	LEV TOP - CAMPOLIDE - RUA MARQUÊS DA FRONTEIRA, EPL		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011004 0	133109	LEV TOP - AMOREIRAS - AV. CONSELHEIRO FERNANDO DE SOUSA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011005 0	133110	LEV TOP - AMOREIRAS - AV. CONSELHEIRO FERNANDO DE SOUSA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011006 0	133111	LEV TOP - AMOREIRAS - AV. ENG. DUARTE PACHECO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011007 0	133112	LEV TOP - AMOREIRAS - AV. ENG. DUARTE PACHECO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011008 0	133113	LEV TOP - AMOREIRAS - AV. ENG. DUARTE PACHECO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011009 0	133114	LEV TOP - AMOREIRAS - AV. ENG. DUARTE PACHECO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011010 0	133115	LEV TOP - AMOREIRAS - AV. ENG. DUARTE PACHECO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011011 0	133116	LEV TOP - CAMPO DE OURIQUE - RUA GORGEL DO AMARAL		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011012 0	133117	LEV TOP - CAMPO DE OURIQUE - RUA SILVA CARVALHO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011013 0	133118	LEV TOP - CAMPO DE OURIQUE - RUA SILVA CARVALHO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011014 0	133119	LEV TOP - CAMPO DE OURIQUE - RUA CAMPO DE OURIQUE		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011015 0	133120	LEV TOP - CAMPO DE OURIQUE - RUA FERREIRA BORGES		0							



LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011016 0	133121	LEV TOP – CAMPO DE OURIQUE - RUA CORREIA TELES / RUA 4 DE INFANTARIA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011017 0	133122	LEV TOP – CAMPO DE OURIQUE - JARDIM TEÓFILO BRAGA / JARDIM DA PARADA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011018 0	133123	LEV TOP – CAMPO DE OURIQUE - JARDIM TEÓFILO BRAGA / JARDIM DA PARADA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011019 0	133124	LEV TOP – CAMPO DE OURIQUE - JARDIM TEÓFILO BRAGA / JARDIM DA PARADA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011020 0	133125	LEV TOP – CAMPO DE OURIQUE - R. FRANCISCO METRASS / R. COELHO E ROCHA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011021 0	133126	LEV TOP – CAMPO DE OURIQUE - R. 4 DE INFANTARIA / R. COELHO E ROCHA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011022 0	133127	LEV TOP – CAMPO DE OURIQUE - R. FRANCISCO METRASS / R. PADRE FRANCISCO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011023 0	133128	LEV TOP – CAMPO DE OURIQUE - RUA TOMÁS DE ANUNCIACÃO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011024 0	133129	LEV TOP – CAMPO DE OURIQUE - RUA SARAIVA DE CARVALHO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011025 0	133130	LEV TOP – PRESIDÊNCIA - RUA PROFESSOR GOMES TEIXEIRA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011026 0	133131	LEV TOP – PRESIDÊNCIA - RUA PROFESSOR GOMES TEIXEIRA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011027 0	133132	LEV TOP – POSSOLO – ESTRELA - R. DO POSSOLO / R. STO ANTÓNIO À ESTRELA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011028 0	133133	LEV TOP – POSSOLO – ESTRELA - TRAVESSA DO POSSOLO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011029 0	133134	LEV TOP – POSSOLO – ESTRELA - TRAVESSA DO POSSOLO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011030 0	133135	LEV TOP – INFANTE SANTO - AVENIDA INFANTE SANTO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011031 0	133136	LEV TOP – INFANTE SANTO - AVENIDA INFANTE SANTO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011032 0	133137	LEV TOP – INFANTE SANTO - AVENIDA INFANTE SANTO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011033 0	133138	LEV TOP – INFANTE SANTO - RUA ARCO DO CHAFARIZ DAS TERRAS		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011034 0	133139	LEV TOP – INFANTE SANTO - AVENIDA INFANTE SANTO		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011035 0	133140	LEV TOP – INFANTE SANTO - AVENIDA INFANTE SANTO (COVA DA MOURA)		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011036 0	133141	LEV TOP – ALCÂNTARA - PALÁCIO DAS NECESSIDADES, LARGO RILVAS		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011037 0	133142	LEV TOP – ALCÂNTARA - PALÁCIO DAS NECESSIDADES, LARGO RILVAS		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011038 0	133143	LEV TOP – ALCÂNTARA - PALÁCIO DAS NECESSIDADES, LARGO RILVAS		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011039 0	133144	LEV TOP – ALCÂNTARA - PALÁCIO DAS NECESSIDADES, LARGO RILVAS		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011040 0	133145	LEV TOP – ALCÂNTARA - TRAVESSA COSTA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011041 0	133146	LEV TOP – ALCÂNTARA - PALÁCIO DAS NECESSIDADES, R. NECESSIDADES		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011042 0	133147	LEV TOP – ALCÂNTARA - PALÁCIO DAS NECESSIDADES, R. NECESSIDADES		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011043 0	133148	LEV TOP – ALCÂNTARA - PALÁCIO DAS NECESSIDADES, R. NECESSIDADES		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011044 0	133149	LEV TOP – ALCÂNTARA - ESTAÇÃO DE ALCÂNTARA-TERRA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011045 0	133150	LEV TOP – ALCÂNTARA - ESTAÇÃO DE ALCÂNTARA-TERRA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011046 0	133151	LEV TOP – ALCÂNTARA - ESTAÇÃO DE ALCÂNTARA-TERRA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011047 0	133152	LEV TOP – ALCÂNTARA - ESTAÇÃO DE ALCÂNTARA-TERRA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011048 0	133153	LEV TOP – ALCÂNTARA - ESTAÇÃO DE ALCÂNTARA-TERRA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011049 0	133154	LEV TOP – ALCÂNTARA - ESTAÇÃO DE ALCÂNTARA-TERRA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011050 0	133155	LEV TOP – ALCÂNTARA – ALCÂNTARA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011051 0	133156	LEV TOP – ALCÂNTARA – ALCÂNTARA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011052 0	133157	LEV TOP – ALCÂNTARA – ALCÂNTARA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011053 0	133158	LEV TOP – ALCÂNTARA – ALCÂNTARA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011054 0	133159	LEV TOP – ALCÂNTARA – ALCÂNTARA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011055 0	133160	LEV TOP – ALCÂNTARA – ALCÂNTARA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011056 0	133161	LEV TOP – ALCÂNTARA – ALCÂNTARA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011057 0	133162	LEV TOP – ALCÂNTARA – ACESSO PONTE 25 DE ABRIL		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011058 0	133163	LEV TOP – ALCÂNTARA – ACESSO PONTE 25 DE ABRIL		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011059 0	133164	LEV TOP – ALCÂNTARA – ACESSO PONTE 25 DE ABRIL		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011060 0	133165	LEV TOP – ALCÂNTARA – ACESSO PONTE 25 DE ABRIL		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011061 0	133166	LEV TOP – ALCÂNTARA – ACESSO PONTE 25 DE ABRIL		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011062 0	133167	LEV TOP – ALCÂNTARA – ACESSO PONTE 25 DE ABRIL		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011063 0	133168	LEV TOP – ALCÂNTARA – TAPADA DA AJUDA, ISA		0							
LVSSA MSA PE TOP LIN 000 DW 011064 0	133169	LEV TOP – ALCÂNTARA – TAPADA DA AJUDA, ISA		0							

TOMO I - VOLUME 6 - ESTUDO GEOLÓGICO/ GEOTÉCNICO											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE GEO 000 000 MD 020001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0							

PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021000 0	133395	PLANTA DE LOCALIZAÇÃO		0							
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021001 0	133396	PLANTA 1/6		0							



LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021002 0	133397	PERFIL 1/6		0							
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021003 0	133398	PLANTA 2/6		0							
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021004 0	133399	PERFIL 2/6		0							
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021005 0	133400	PLANTA 3/6		0							
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021006 0	133401	PERFIL 3/6		0							
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021007 0	133402	PLANTA 4/6		0							
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021008 0	133403	PERFIL 4/6		0							
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021009 0	133404	PLANTA 5/6		0							
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021010 0	133405	PERFIL 5/6		0							
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021011 0	133406	PLANTA 6/6		0							
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021012 0	133407	PERFIL 6/6		0							
LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021013 0	134201	CAROTES		0							

**TOMO I - VOLUME 7 - ESTUDO HIDROGEOLÓGICO**

**PEÇAS ESCRITAS**

LVSSA MSA PE GEO 000 MD 020003 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0							
LVSSA LNEC PE GEO 000 MD 020004 0		ESTUDO DE IMPACTE HIDROGEOLÓGICO DECORRENTE DA CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA DO METROPOLITANO DE LISBOA NA ZONA DO VALE DE ALCÂNTARA		0							

**PEÇAS DESENHADAS**

não tem peças desenhadas											
--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**TOMO I - VOLUME 8 - VIBRAÇÕES, RUÍDO E CONDICIONAMENTO ACÚSTICO**

**1. Estudo de Ruído para a Fase Construção**

**PEÇAS ESCRITAS**

LVSSA MSA PE VIA LIN 000 MD 031000 0		RUÍDO	ESTUDO DE RUÍDO PARA A FASE CONSTRUÇÃO	0							
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 MD 031004 0		RUÍDO	ACESSO ACÚSTICO INFANTE SANTO	0							

**PEÇAS DESENHADAS**

não tem peças desenhadas											
--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**2. Estudo de Ruído para a Fase de Exploração**

**PEÇAS ESCRITAS**

LVSSA MSA PE VIA LIN 000 MD 031001 0		RUÍDO	ESTUDO DE RUÍDO PARA A FASE EXPLORAÇÃO	0							
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 MD 031005 0		RUÍDO	ESTUDO DE RUÍDO - VIADUTO DE ALCÂNTARA	0							
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 MD 031006 0		RUÍDO	AVALIAÇÃO ACÚSTICA	0							

**PEÇAS DESENHADAS**

não tem peças desenhadas											
--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**3. Estudo de Vibrações para a fase de Construção**

**PEÇAS ESCRITAS**

LVSSA MSA PE VIA LIN 000 MD 031002 0		VIBRAÇÕES	ESTUDO DE VIBRAÇÕES PARA A FASE DE CONSTRUÇÃO	0							
--------------------------------------	--	-----------	---	---	--	--	--	--	--	--	--

**PEÇAS DESENHADAS**

não tem peças desenhadas											
--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**4. Estudo de Vibrações para a fase de exploração**

**PEÇAS ESCRITAS**

LVSSA MSA PE VIA 000 MD 031003 0		VIBRAÇÕES	ESTUDO DE VIBRAÇÕES PARA A FASE DE EXPLORAÇÃO	0							
----------------------------------	--	-----------	---	---	--	--	--	--	--	--	--

**PEÇAS DESENHADAS**

LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031000 0	133408	SISTEMA DE VIA	DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS DE ATENUAÇÃO DE VIBRAÇÃO (1/2)	0							
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031001 0	133409	SISTEMA DE VIA	DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS DE ATENUAÇÃO DE VIBRAÇÃO (2/2)	0							
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031002 0	133410	SISTEMA DE VIA	LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS TÍPICAS NA VIA (1/2)	0							
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031003 0	133411	SISTEMA DE VIA	LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS TÍPICAS NA VIA (2/2)	0							
LVSSA MSA PE VIA LIN 000 DW 031004 0	133412	SISTEMA DE VIA	SEÇÕES TRANSVERSAIS TÍPICAS DE VIA PERMANENTE	0							

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO										
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES				
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D

5. Projeto de Condicionamento Acústico e Vibrações das Estações

PEÇAS ESCRITAS

LVSSA MAS PE CAC EST CE MD 062001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA RELATIVA AO ESTUDO DE CONDICIONAMENTO ACÚSTICO	0						
LVSSA MAS PE CAC EST CO MD 063001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA RELATIVA AO ESTUDO DE CONDICIONAMENTO ACÚSTICO	0						
LVSSA MAS PE CAC EST IS MD 064001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA RELATIVA AO ESTUDO DE CONDICIONAMENTO ACÚSTICO	0						
LVSSA MAS PE CAC EST AC MD 065001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA RELATIVA AO ESTUDO DE CONDICIONAMENTO ACÚSTICO	0						

PEÇAS DESENHADAS

não tem peças desenhadas										
--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

TOMO I - VOLUME 9 - ESTALEIROS

PEÇAS ESCRITAS

LVSSA MSA PE ETL LIN 000 MD 141001 0		ESTALEIROS AO LONGO DA LINHA	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
--------------------------------------	--	------------------------------	------------------------------------	---	--	--	--	--	--	--

PEÇAS DESENHADAS

LVSSA MSA PE ETL LIN 000 DW 141001 0	133170	ESTALEIROS AO LONGO DA LINHA	PLANTA DE ENQUADRAMENTO GERAL E LOCALIZAÇÃO DOS ESTALEIROS	0						
LVSSA MSA PE ETL LIN 000 DW 142002 0	133171	ESTALEIRO CENTRAL (ESTACIONAMENTO PALÁCIO DA JUSTIÇA)	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA	0						
LVSSA MSA PE ETL VDT VDA DW 149000 0	133172	BALUARTE DO LIVRAMENTO / VIADUTO DE ALCÂNTARA	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA	0						
LVSSA MSA PE ETL EST CE DW 142003 0 (1-7)	133173	ESTAÇÃO CAMPOLIDE / AMOREIRAS	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA - FASE 1	0						
LVSSA MSA PE ETL EST CE DW 142004 0 (2-7)	133174	ESTAÇÃO CAMPOLIDE / AMOREIRAS	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA - FASE 2	0						
LVSSA MSA PE ETL EST CE DW 142005 0 (3-7)	133175	ESTAÇÃO CAMPOLIDE / AMOREIRAS	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA - FASE 3	0						
LVSSA MSA PE ETL EST CE DW 142006 0 (4-7)	133176	ESTAÇÃO CAMPOLIDE / AMOREIRAS	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA - FASE 4	0						
LVSSA MSA PE ETL EST CE DW 142007 0 (5-7)	133177	ESTAÇÃO CAMPOLIDE / AMOREIRAS	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA - FASE 5	0						
LVSSA MSA PE ETL EST CE DW 142008 0 (6-7)	133178	ESTAÇÃO CAMPOLIDE / AMOREIRAS	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA - FASE 6	0						
LVSSA MSA PE ETL EST CE DW 142009 0 (7-7)	133179	ESTAÇÃO CAMPOLIDE / AMOREIRAS	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA - FASE 7	0						
LVSSA MSA PE ETL EST CO DW 143003 0	133180	ESTAÇÃO CAMPO DE OURIQUE	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA	0						
LVSSA MSA PE ETL EST IS DW 144003 0	133181	ESTAÇÃO INFANTE SANTO	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA	0						
LVSSA MSA PE ETL EST AC DW 145003 0 (1-5)	133182	ESTAÇÃO ALCÂNTARA	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA - FASE 1	0						
LVSSA MSA PE ETL EST AC DW 145004 0 (2-5)	133183	ESTAÇÃO ALCÂNTARA	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA - FASE 2	0						
LVSSA MSA PE ETL EST AC DW 145005 0 (3-5)	133184	ESTAÇÃO ALCÂNTARA	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA - FASE 3	0						
LVSSA MSA PE ETL EST AC DW 145006 0 (4-5)	133185	ESTAÇÃO ALCÂNTARA	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA - FASE 4	0						
LVSSA MSA PE ETL EST AC DW 145007 0 (5-5)	133186	ESTAÇÃO ALCÂNTARA	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA - ÁREA TOTAL A OCUPAR PELAS DIVERSAS FASES DO ESTALEIRO	0						
LVSSA MSA PE ETL PVE PV211 DW 146010 0	133187	PV211	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA	0						
LVSSA MSA PE ETL PVE PV215 DW 146012 0	133188	PV215	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA	0						
LVSSA MSA PE ETL PVE PV217 DW 146020 0	133189	PV217	PLANTA DE ESTALEIRO E SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA	0						

TOMO I - VOLUME 10 - PPGRCD

PEÇAS ESCRITAS

LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040001 0		PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO		0						
--------------------------------------	--	---	--	---	--	--	--	--	--	--

PEÇAS DESENHADAS

não tem peças desenhadas										
--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

TOMO I - VOLUME 11 - SEGURANÇA CONTRA RISCO DE INCÊNDIO (SCIE)

PEÇAS ESCRITAS

LVSSA MSA PE SCI 000 000 MD 193001 0		SEGURANÇA CONTRA O RISCO DE INCÊNDIO (SCIE)	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
--------------------------------------	--	---	------------------------------------	---	--	--	--	--	--	--

PEÇAS DESENHADAS

(não tem peças desenhadas gerais, consultar volumes específicos das obras)										
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

TOMO I - VOLUME 12 - PROJETO VIÁRIO

PEÇAS ESCRITAS

LVSSA MSA PE DTR EST AC MD 085100 0		PROJETO VIÁRIO	ALCÂNTARA	0						
-------------------------------------	--	----------------	-----------	---	--	--	--	--	--	--

PEÇAS DESENHADAS

LVSSA MSA PE DTR EST AC DW 085101 0	133413	PROJETO VIÁRIO. ESBOÇO COROGRÁFICO	ALCÂNTARA	0						
-------------------------------------	--------	------------------------------------	-----------	---	--	--	--	--	--	--

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
LVSSA MSA PE DTR EST AC DW 085102 0	133414	PROJETO VIÁRIO. EST. ALCÂNTARA - PLANTA GERAL	ALCÂNTARA	0							
LVSSA MSA PE DTR EST AC DW 085103 0	133415	PROJETO VIÁRIO. EST. ALCÂNTARA - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL - ROTUNDA	ALCÂNTARA	0							
LVSSA MSA PE DTR EST AC DW 085104 0	133416	PROJETO VIÁRIO. EST. ALCÂNTARA - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL - VIA ASCENDENTE	ALCÂNTARA	0							
LVSSA MSA PE DTR EST AC DW 085105 0	133417	PROJETO VIÁRIO. EST. ALCÂNTARA - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL - VIA DESCENDENTE	ALCÂNTARA	0							
LVSSA MSA PE DTR EST AC DW 085106 0	133418	PROJETO VIÁRIO. EST. ALCÂNTARA - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL - ACESSO PONTE 25 DE ABRIL	ALCÂNTARA	0							
LVSSA MSA PE DRV EST AC DW 085107 0	134510	PLANTA DE DRENAGEM E PORMENORES	ALCÂNTARA	0							

TOMO I - VOLUME 13 - TRABALHOS DE INTEGRAÇÃO NA REDE ML

PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MAS PE GER 000 000 MD 010002 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	TRABALHOS DE INTEGRAÇÃO NA REDE ML	0							
PEÇAS DESENHADAS											
<i>(não tem peças desenhadas gerais, consultar volumes específicos da obra OE1)</i>											

TOMO I - VOLUME 14 - PLANO DE COMISSONAMENTO

PEÇAS ESCRITAS											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
PEÇAS DESENHADAS											
<i>sem peças desenhadas.</i>											

TOMO I - VOLUME 15 - PLANO DE MANUTENÇÃO

PEÇAS ESCRITAS											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
PEÇAS DESENHADAS											
<i>sem peças desenhadas.</i>											

TOMO I - VOLUME 16 - PROJETO DE REDES DE TERRAS EMBEBIDAS E CORRENTES VAGABUNDAS

PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MAS PE STR 000 000 MD 080001 0		PROJETO DE REDES DE TERRAS EMBEBIDAS E CORRENTES VAGABUNDAS		0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR EST CE DW 082950 0	133276	ESTAÇÃO CAMPOLIDE AMOREIRAS	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - TERRAS EMBEBIDAS	0							
LVSSA MSA PE STR EST CO DW 083115 0	133277	ESTAÇÃO CAMPO DE OURIQUE	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - TERRAS EMBEBIDAS	0							
LVSSA MSA PE STR EST IS DW 084151 0	133278	ESTAÇÃO INFANTE SANTO	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - TERRAS EMBEBIDAS	0							
LVSSA MSA PE STR EST AC DW 085151 0	133279	ESTAÇÃO ALCÂNTARA	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - TERRAS EMBEBIDAS	0							
LVSSA MSA PE STR PVE PV211 DW 086950 0	133280	PV211	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - TERRAS EMBEBIDAS	0							
LVSSA MSA PE STR PVE PV215 DW 086950 0	133281	PV215	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - TERRAS EMBEBIDAS	0							
LVSSA MSA PE STR PVE PV217 DW 086950 0	133282	PV217	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - TERRAS EMBEBIDAS	0							
LVSSA MSA PE STR VDT VDA DW 086950 0	134961	VIADUTO DE ALCÂNTARA	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - TERRAS EMBEBIDAS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN 000 DW 086950 0	134714	TÚNEL T85	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - TERRAS EMBEBIDAS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN 000 DW 086951 0	134960	TÚNEL T84 E T83	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - TERRAS EMBEBIDAS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN 000 DW 086952 0	134715	TÚNEL T83 E T82	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - TERRAS EMBEBIDAS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN 000 DW 086953 0	134716	TÚNEL T82, OE5 E OE6	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - TERRAS EMBEBIDAS	0							

TOMO I - VOLUME 17 - INTERFERÊNCIAS AO LONGO DA LINHA

PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE INT 000 000 MD 080001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA GERAL		0							
LVSSA MSA PE INT 000 000 NT 080002 0		FICHAS DE INTERFERENCIAS (435)		0							
LVSSA MSA PE INT 000 000 NT 080003 0		INTERFERENCIAS - QUADRO RESUMO		0							
LVSSA MSA PE INT 000 000 NT 080004 0		VIADUTO DE ACESSO À PONTE 25 DE ABRIL		0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081000 0	133420	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA ESQUEMÁTICA		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081001 0	133421	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (1/14)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081002 0	133422	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (2/14)		0							



LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081003 0	133423	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (3/14)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081004 0	133424	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (4/14)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081005 0	133425	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (5/14)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081006 0	133426	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (6/14)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081007 0	133427	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (7/14)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081008 0	133428	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (8/14)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081009 0	133429	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (9/14)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081010 0	133430	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (10/14)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081011 0	133431	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (11/14)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081012 0	133432	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (12/14)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081013 0	133433	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (13/14)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081014 0	133434	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS PLANTA (14/14)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081015 0	133435	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS QUADRO RESUMO (1/3)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081016 0	134689	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS QUADRO RESUMO (2/3)		0							
LVSSA MSA PE INT LIN 000 DW 081017 0	134690	INTERFERÊNCIAS COM O EDIFICADO E INFRAESTRUTURAS QUADRO RESUMO (3/3)		0							

TOMO I - VOLUME 18 - FMECA											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas.</i>											

TOMO I - VOLUME 19 - RAMS											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas.</i>											

TOMO I - VOLUME 20 - SINALIZAÇÃO											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE (ML)</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas (a cargo do ML)</i>											

TOMO I - VOLUME 21 - RELATÓRIO DE CONFORMIDADE DO PROJETO DE EXECUÇÃO (RECAPE)											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040002 0		RECAPE	RESUMO NÃO TÉCNICO	0							
LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040009 0		RECAPE	RELATÓRIO BASE	0							
LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040010 0		RECAPE	PEÇAS DESENHADAS	0							
LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040011 0		RECAPE	ANEXOS	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas</i>											

TOMO I - VOLUME 22 - PATRIMÓNIO CULTURAL/ ARQUEOLÓGICO											
<b>1. Relatório Base</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040003 0		RELATÓRIO BASE		0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040001 0		CARTA DE CONDICIONANTES		0							
<b>2. Estudos histórico-arqueológicos</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											

**LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE**



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040004 0		ESTUDOS HISTÓRICO-ARQUEOLÓGICOS.PARTE 1		0							
LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040005 0		ESTUDOS HISTÓRICO-ARQUEOLÓGICOS.PARTE 2									
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas.</i>											
<b>3. Plano de Salvaguarda do Património Cultural</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040007 0		PLANO DE SALVAGUARDA DO PATRIMÓNIO CULTURAL		0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas.</i>											
<b>4. Plano de Valorização do Património Cultural</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040008 0		PLANO DE VALORIZAÇÃO DO PATRIMÓNIO CULTURAL		0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas.</i>											
<b>TOMO I - VOLUME 23 - ANÁLISE DE RISCO</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhameto complementar do PE (ML)</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas.</i>											
<b>TOMO I - VOLUME 24 - PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA ACE GE AMB 000 000 DG 040001 0		PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL		0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas.</i>											
<b>TOMO I - VOLUME 25 - PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE (PSS)</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE SEG 000 000 MD 160002 0		PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE (PSS)									
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas.</i>											
<b>TOMO I - VOLUME 26 - LEVANTAMENTO PATRIMONIAL/ PLANO DE VISTORIAS/ IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040007 0		LEVANTAMENTO PATRIMONIAL/ PLANO DE VISTORIAS/ IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA								
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas.</i>											
<b>TOMO I - VOLUME 27 - DEMOLIÇÕES AO LONGO DA LINHA</b>											
<b>1. Relatório de Auditoria de pré-demolição</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhameto complementar do PE</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas.</i>											
<b>2. Projeto de demolições ao longo da linha</b>											

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR 000 000 MD 080001 0		RUJA DA COSTA, 8-20, 22-26, 28, 30-32 E TRAVESSA DO LIVRAMENTO, 20-22-24, 21, 28-30 e 32		0							
LVSSA MSA PE STR 000 000 MD 080002 0		ACESSO À PONTE 25 DE ABRIL		0							
LVSSA MSA PE STR 000 000 MD 080003 0		BALUARTE DO LIVRAMENTO		0							
LVSSA MSA PE STR 000 000 NT 080001 0		DEMOLIÇÕES E OBRAS ACESSÓRIAS		0							

<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR 000 000 DW 080001 0	133436	ESTAÇÃO DE CAMPO DE OURIQUE		0							
LVSSA MSA PE STR 000 000 DW 080002 0	133437	ESTAÇÃO DE INFANTE SANTO		0							
LVSSA MSA PE STR 000 000 DW 080003 0	133438	BALUARTE DO LIVRAMENTO		0							
LVSSA MSA PE STR 000 000 DW 080004 0	133439	ESTAÇÃO DE ALCÂNTARA		0							

**TOMO I - VOLUME 28 - DOSSIER DE DEFINIÇÃO DE SEGURANÇA**

<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE SEG 000 000 MD 160000 0		DOSSIER DE DEFINIÇÃO DE SEGURANÇA		0							

<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
sem peças desenhadas.											

**TOMO I - VOLUME 29 - BIM**

<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE GER 000 000 LP 010001 0		Lista de Modelos BIM									

<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE											

**TOMO I - VOLUME 30 - ESTUDOS DE VERIFICAÇÃO DA COMPATIBILIDADE ELECTRO-MAGNÉTICA DA CATENÁRIA IP**

<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE GER 000 000 MD 010005 0		ESTUDOS DE VERIFICAÇÃO DA COMPATIBILIDADE ELECTRO-MAGNÉTICA DA CATENÁRIA IP		0							

<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
sem peças desenhadas.											

**TOMO I - VOLUME 31 - ANÁLISE DE RISCO DE INUNDAÇÃO POR TSUNAMI: ZONA DE VALE DE ALCÂNTARA**

<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE SEG 000 000 MD 160004 0		ANÁLISE DE RISCO DE INUNDAÇÃO POR TSUNAMI: ZONA DE VALE DE ALCÂNTARA									

<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE SEG 000 000 DW 160004 0	133440	ANÁLISE DE RISCO DE INUNDAÇÃO POR TSUNAMI: ZONA DE VALE DE ALCÂNTARA									

**TOMO I - VOLUME 32 - RELATÓRIO DE INSPEÇÃO PRÉVIA AO CANEIRO DE ALCÂNTARA**

<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE SAF 000 000 MD 050001 0		RELATÓRIO DE INSPEÇÃO PRÉVIA AO CANEIRO DE ALCÂNTARA									

<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
sem peças desenhadas											

**TOMO I - VOLUME 33 - RELATÓRIO DE PROSPEÇÃO DE CONDUTA ELEVATÓRIA EM PRESSÃO DA ADTA-CE3**

<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE SAF 000 000 MD 050002 0		RELATÓRIO DE PROSPEÇÃO DE CONDUTA ELEVATÓRIA EM PRESSÃO DA ADTA-CE3									

<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE SAF 000 000 DW 050002 0	135270	PROSPEÇÃO DE CONDUTA ELEVATÓRIA EM PRESSÃO DA ADTA-CE3									

**TOMO I - VOLUME 34 - ARVOREDO EXISTENTE**

<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040008 0		ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO									



LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO										
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES				
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040000 0 (1-2)	133311	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040000 0 (2-2)	133293	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040001 0 (1-2)	134691	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	PLANO DE INTERVENÇÃO NO COBERTO ARBÓREO ESTAÇÃO CAMPOLIDE AMOREIRAS	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040001 0 (2-2)	134692	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	PLANO DE INTERVENÇÃO NO COBERTO ARBÓREO ESTAÇÃO CAMPOLIDE AMOREIRAS	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040002 0	134693	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040003 0	134694	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	PLANO DE INTERVENÇÃO NO COBERTO ARBÓREO ESTAÇÃO CAMPO DE OURIQUE	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040004 0	134695	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040005 0	134696	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	PLANO DE INTERVENÇÃO NO COBERTO ARBÓREO LARGO DA IGREJA DO SANTO CONDESTÁVEL	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040006 0	134697	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040007 0	134698	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	PLANO DE INTERVENÇÃO NO COBERTO ARBÓREO ESTAÇÃO INFANTE SANTO	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040008 0 (1-4)	134699	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040008 0 (2-4)	134700	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040008 0 (3-4)	134701	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040008 0 (4-4)	134702	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040009 0 (1-4)	134703	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	PLANO DE INTERVENÇÃO NO COBERTO ARBÓREO ESTAÇÃO ALCÂNTARA	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040009 0 (2-4)	134704	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	PLANO DE INTERVENÇÃO NO COBERTO ARBÓREO ESTAÇÃO ALCÂNTARA	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040009 0 (3-4)	134705	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	PLANO DE INTERVENÇÃO NO COBERTO ARBÓREO ESTAÇÃO ALCÂNTARA	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040009 0 (4-4)	134706	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	PLANO DE INTERVENÇÃO NO COBERTO ARBÓREO ESTAÇÃO ALCÂNTARA	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040010 0	134707	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040011 0	134708	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	PLANO DE INTERVENÇÃO NO COBERTO ARBÓREO PV211	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040012 0	134709	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040013 0	134710	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	PLANO DE INTERVENÇÃO NO COBERTO ARBÓREO PV215	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040014 0	134711	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO	0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040015 0	134712	ELENCO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E PROPOSTAS DE SUBSTITUIÇÃO	PLANO DE INTERVENÇÃO NO COBERTO ARBÓREO PV217	0						

TOMO I - VOLUME 35 - ESTUDO DE AVALIAÇÃO DA PERIGOSIDADE/ CONTAMINAÇÃO DE SOLOS ESCAVADOS										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040009 0		ESTUDO DE AVALIAÇÃO DA PERIGOSIDADE/ CONTAMINAÇÃO DE SOLOS ESCAVADOS		0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
<i>sem peças desenhadas</i>										

TOMO I - VOLUME 36 - RELATÓRIO DOS ELEMENTOS DE DRENAGEM EXISTENTES										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE ITE 000 000 MD 010001 0		RELATÓRIO DOS ELEMENTOS DE DRENAGEM EXISTENTES		0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
<i>sem peças desenhadas</i>										

TOMO I - VOLUME 37 - RELATÓRIO DO LEVANTAMENTO DOS RAMAIS DO AQUEDUTO DAS ÁGUAS LIVRES										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040010 0		RELATÓRIO DO LEVANTAMENTO DOS RAMAIS DO AQUEDUTO DAS ÁGUAS LIVRES		0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040010 0	135072	LEVANTAMENTO DOS RAMAIS DO AQUEDUTO DAS ÁGUAS LIVRES. CORTES		0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040011 0	135073	LEVANTAMENTO DOS RAMAIS DO AQUEDUTO DAS ÁGUAS LIVRES. PLANTA		0						
LVSSA MSA PE AMB 000 000 DW 040012 0	135192	LEVANTAMENTO DOS RAMAIS DO AQUEDUTO DAS ÁGUAS LIVRES.PERFIL LONGITUDINAL		0						

TOMO I - VOLUME 38 - SIMULAÇÕES										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>										
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
<i>sem peças desenhadas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>										

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO										
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES				
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D
<b>TOMO I - VOLUME 39 - ESTUDOS DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO NA ZONA DE ALCÂNTARA</b>										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE DTR EST AC MD 085101 0		ESTUDOS DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO NA ZONA DE ALCÂNTARA		0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
sem peças desenhadas.										

<b>TOMO I - VOLUME 40 - PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO</b>										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE INS TUN T85 MD 087001 0		TÚNEL. TROÇO 85	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T84 MD 087001 0		TÚNEL. TROÇO 84	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T83 MD 087001 0		TÚNEL. TROÇO 83	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T82 MD 087001 0		TÚNEL. TROÇO 82	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T81 MD 087001 0		TÚNEL. TROÇO 81	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE1 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE1 - TÍMPANO TÉRMINO S.SEBASTIÃO.	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE2 MD 088000 0		PLANO DE OBSERVAÇÃO	MEMÓRIA DESCRITIVA	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE3 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE4 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE5 MD 088000 0		PLANO DE OBSERVAÇÃO	MEMÓRIA DESCRITIVA	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE6 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE7 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE7- TÚNEL TÉRMINO	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS VDT VDA MD 089005 0		PLANO DE OBSERVAÇÃO	MEMÓRIA DESCRITIVA	0						
LVSSA MSA PE INS EST CE MD 082000 0		PLANO DE OBSERVAÇÃO	MEMÓRIA DESCRITIVA	0						
LVSSA MSA PE INS EST CO MD 083001 0		ESTAÇÃO CAMPO DE OURIQUE	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS EST IS MD 084001 0		ESTAÇÃO INFANTE SANTO	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS EST AC MD 085001 0		ESTAÇÃO ALCÂNTARA	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS PVE PV211 MD 086000 0		PLANO DE OBSERVAÇÃO	MEMÓRIA DESCRITIVA	0						
LVSSA MSA PE INS PVE PV215 MD 086001 0		PLANO DE OBSERVAÇÃO	MEMÓRIA DESCRITIVA	0						
LVSSA MSA PE INS PVE PV217 MD 086000 0		PLANO DE OBSERVAÇÃO	MEMÓRIA DESCRITIVA	0						

<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE INS TUN T85 DW 087001 0	133441	TÚNEL. TROÇO 85	PLANO DE OBSERVAÇÃO (1/2)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T85 DW 087002 0	133442	TÚNEL. TROÇO 85	PLANO DE OBSERVAÇÃO (2/2)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T84 DW 087001 0	133443	TÚNEL. TROÇO 84	PLANO DE OBSERVAÇÃO (1/4)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T84 DW 087002 0	133444	TÚNEL. TROÇO 84	PLANO DE OBSERVAÇÃO (2/4)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T84 DW 087003 0	133445	TÚNEL. TROÇO 84	PLANO DE OBSERVAÇÃO (3/4)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T84 DW 087004 0	133446	TÚNEL. TROÇO 84	PLANO DE OBSERVAÇÃO (4/4)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T83 DW 087001 0	133447	TÚNEL. TROÇO 83	PLANO DE OBSERVAÇÃO (1/3)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T83 DW 087002 0	133448	TÚNEL. TROÇO 83	PLANO DE OBSERVAÇÃO (2/3)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T83 DW 087003 0	133449	TÚNEL. TROÇO 83	PLANO DE OBSERVAÇÃO (3/3)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T82 DW 087001 0	133450	TÚNEL. TROÇO 82	PLANO DE OBSERVAÇÃO (1/3)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T82 DW 087002 0	133451	TÚNEL. TROÇO 82	PLANO DE OBSERVAÇÃO (2/3)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T82 DW 087003 0	133452	TÚNEL. TROÇO 82	PLANO DE OBSERVAÇÃO (3/3)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T81 DW 087001 0	133453	TÚNEL. TROÇO 81	PLANO DE OBSERVAÇÃO (1/2)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN T81 DW 087002 0	133454	TÚNEL. TROÇO 81	PLANO DE OBSERVAÇÃO (2/2)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE1 DW 088001 0	133455	OBRA ESPECIAL OE1 - TÍMPANO TÉRMINO S.SEBASTIÃO.	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE2 DW 088400 0	133456	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	INSTRUMENTAÇÃO - PLANTA, PERFIL LONGITUDINAL E SECÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE3 DW 088001 0	133457	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE4 DW 088001 0	133458	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	PLANO DE OBSERVAÇÃO (1/2)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE4 DW 088002 0	133459	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	PLANO DE OBSERVAÇÃO (2/2)	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE5 DW 088400 0	133460	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO	PLANTA	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE6 DW 088001 0	133461	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS TUN OE7 DW 088001 0	133462	OBRA ESPECIAL OE7- TÚNEL TÉRMINO	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS VDT VDA DW 089600 0	133463	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO	PLANTA	0						
LVSSA MSA PE INS EST CE DW 082400 0	133464	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO	PLANTA	0						
LVSSA MSA PE INS EST CO DW 083001 0	133465	ESTAÇÃO CAMPO DE OURIQUE	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0						
LVSSA MSA PE INS EST IS DW 084001 0	133466	ESTAÇÃO INFANTE SANTO	PLANO DE OBSERVAÇÃO (1/2)	0						

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
LVSSA MSA PE INS EST IS DW 084002 0	133467	ESTAÇÃO INFANTE SANTO	PLANO DE OBSERVAÇÃO (2/2)	0							
LVSSA MSA PE INS EST AC DW 085001 0	133468	ESTAÇÃO ALCÂNTARA	PLANO DE OBSERVAÇÃO	0							
LVSSA MSA PE INS PVE PV211 DW 086400 0	133469	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO	PLANTA E CORTES	0							
LVSSA MSA PE INS PVE PV215 DW 086400 0	133470	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO	PLANTA E CORTES	0							
LVSSA MSA PE INS PVE PV217 DW 086400 0	133471	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO	PLANTA E CORTES	0							

TOMO I - VOLUME 41 - OCUPAÇÕES PROVISÓRIAS E DEFINITIVAS

PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE OPD 000 000 MD 019000 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE OPD 000 000 DW 011001 0	133190	PLANTA DE ENQUADRAMENTO GERAL E LOCALIZAÇÃO DAS OCUPAÇÕES PROVISÓRIAS E DEFINITIVAS		0							
LVSSA MSA PE OPD 000 000 DW 011002 0	133191	ESTALEIRO CENTRAL (ESTACIONAMENTO PALÁCIO DA JUSTIÇA)		0							
LVSSA MSA PE OPD VDT VDA DW 019003 0	133192	BALUARTE DO LIVRAMENTO/VIADUTO		0							
LVSSA MSA PE OPD EST CE DW 012003 0	133193	ESTAÇÃO CAMPOLIDE/AMOREIRAS		0							
LVSSA MSA PE OPD EST CO DW 013003 0	133194	ESTAÇÃO CAMPO DE OURIQUE		0							
LVSSA MSA PE OPD EST IS DW 014003 0	133195	ESTAÇÃO INFANTE SANTO		0							
LVSSA MSA PE OPD EST AC DW 015003 0	133196	OCUPAÇÕES PROVISÓRIAS E DEFINITIVAS	ESTAÇÃO ALCÂNTARA / ACESSO À PONTE 25 DE ABRIL / PV217	0							
LVSSA MSA PE OPD PVE PV211 DW 016003 0	133197	PV211		0							
LVSSA MSA PE OPD PVE PV215 DW 016003 0	133198	PV215		0							

TOMO I - VOLUME 42 - PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA

1. Levantamento topográfico											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE TOP 000 000 MD 000001 0		PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	MEMÓRIA DESCRITIVA. TOPOGRAFIA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE TOP 000 000 DW 000001 0	133472	TOPOGRAFIA	ÍNDICE DE PEÇAS DESENHADAS	0							
LVSSA MSA PE TOP 000 000 DW 000002 0	134969	TOPOGRAFIA	PLANTA - PISO 0	0							
LVSSA MSA PE TOP 000 000 DW 000003 0	133473	TOPOGRAFIA	PLANTA - PISO INTERMÉDIO	0							
LVSSA MSA PE TOP 000 000 DW 000004 0	133474	TOPOGRAFIA	PLANTA - PISO 1	0							
LVSSA MSA PE TOP 000 000 DW 000005 0	133475	TOPOGRAFIA	PLANTA - COBERTURA	0							
LVSSA MSA PE TOP 000 000 DW 000006 0	134970	TOPOGRAFIA	CORTE - LG.01. LG.02, TV.01, TV.02	0							
LVSSA MSA PE TOP 000 000 DW 000007 0	134971	TOPOGRAFIA	CORTE - TV.03	0							
LVSSA MSA PE TOP 000 000 DW 000008 0	135271	TOPOGRAFIA	ALÇADO - A.01 E A.02	0							
LVSSA MSA PE TOP 000 000 DW 000009 0	135272	TOPOGRAFIA	ALÇADO - A.03 E A.04	0							
LVSSA MSA PE TOP 000 000 DW 000010 0	133476	TOPOGRAFIA	QUADRO DE LAYERS	0							

2. Arquitetura

PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 MD 060001 0		PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	MEMÓRIA DESCRITIVA. ARQUITECTURA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060001 0	134972	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	ENQUADRAMENTO. PLANTA DE LOCALIZAÇÃO (1:500)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060002 0	135211	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	LEVANTAMENTO ARQUITECTÓNICO - PLANTA PISO 0	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060003 0	135212	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	LEVANTAMENTO ARQUITECTÓNICO - PLANTA PISO INTERMÉDIO (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060004 0	135213	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	LEVANTAMENTO ARQUITECTÓNICO - PLANTA PISO 1	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060005 0	135214	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	LEVANTAMENTO ARQUITECTÓNICO - PLANTA PISO COBERTURA (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060006 0	135215	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	LEVANTAMENTO ARQUITECTÓNICO - CORTE LG01, LG02, TV01, TV02 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060007 0	135216	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	LEVANTAMENTO ARQUITECTÓNICO - CORTE TV03 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060008 0	135217	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	LEVANTAMENTO ARQUITECTÓNICO - ALÇADO A01, A02 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060009 0	135218	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	LEVANTAMENTO ARQUITECTÓNICO - ALÇADO A03, A04 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060010 0	135219	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	PROPOSTA DE INTERVENÇÃO - PLANTA PISO 0 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060011 0	135220	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	PROPOSTA DE INTERVENÇÃO - PLANTA PISO INTERMÉDIO (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060012 0	135221	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	PROPOSTA DE INTERVENÇÃO - PLANTA PISO 1 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060013 0	135222	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	PROPOSTA DE INTERVENÇÃO - PLANTA PISO COBERTURA (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060014 0	135223	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	PROPOSTA DE INTERVENÇÃO - CORTE TV01, TV02, TV03 (1:100)	0							



LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
14/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060015 0	135224	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	PROPOSTA DE INTERVENÇÃO - ALÇADO A01, A02 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060016 0	135225	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	PROPOSTA DE INTERVENÇÃO - AXONOMETRIA 01 (sem escala)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060017 0	135226	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	PROPOSTA DE INTERVENÇÃO - AXONOMETRIA 02 (sem escala)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060018 0	135227	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	PROPOSTA DE INTERVENÇÃO - PERSPETIVA 01, 02 (sem escala)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060019 0	135228	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - PLANTA PISO 0 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060020 0	135229	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - PLANTA PISO INTERMÉDIO (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060021 0	135230	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - PLANTA PISO 1 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060022 0	135231	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - PLANTA PISO COBERTURA (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060023 0	135232	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - CORTE TV01, TV02, TV03 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060024 0	135233	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - ALÇADO A01, A02 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060025 0	135234	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - AXONOMETRIA 01 (sem escala)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060026 0	135235	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - AXONOMETRIA 02 (sem escala)	0							
LVSSA MSA PE ARQ 000 000 DW 060027 0	135236	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - PERSPETIVA 01, 02 (sem escala)	0							

3. Estruturas

PEÇAS ESCRITAS

LVSSA MSA PE STR 000 000 MD 080001 0		PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	MEMÓRIA DESCRITIVA. ESTRUTURAS, CONTENÇÃO DE FACHADAS E DESMONTES	0							
--------------------------------------	--	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--

PEÇAS DESENHADAS

LVSSA MSA PE STR 000 000 DW 000008 0	134973	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - PLANTA PISO INTERMÉDIO (1:100)	0							
LVSSA MSA PE STR 000 000 DW 000009 0	135273	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - PLANTA PISO 1 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE STR 000 000 DW 000010 0	135274	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - PLANTA PISO COBERTURA (1:100)	0							
LVSSA MSA PE STR 000 000 DW 000011 0	135275	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - CORTE TV01, TV02, TV03 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE STR 000 000 DW 000012 0	135276	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - ALÇADO A01, A02 (1:100)	0							
LVSSA MSA PE STR 000 000 DW 000013 0	135277	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - AXONOMETRIA 01 (sem escala)	0							
LVSSA MSA PE STR 000 000 DW 000014 0	135278	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - AXONOMETRIA 02 (sem escala)	0							
LVSSA MSA PE STR 000 000 DW 000015 0	135279	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	AMARELOS E ENCARNADOS - PERSPETIVA 01, 02 (sem escala)	0							

4. Arquitetura Paisagista

PEÇAS ESCRITAS

LVSSA MSA PE APG 000 000 MD 070001 0		PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	MEMÓRIA DESCRITIVA. ARQUITECTURA PAISAGISTA	0							
--------------------------------------	--	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--

PEÇAS DESENHADAS

LVSSA MSA PE TOP 000 000 DW 000008 0	134974	PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	ARQUITETURA PAISAGISTA	0							
--------------------------------------	--------	---	------------------------	---	--	--	--	--	--	--	--

5. Arqueologia

PEÇAS ESCRITAS

LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040011 0		PROJETO DE REABILITAÇÃO PARCIAL DO EDIFÍCIO HISTÓRICO FIÚZA	MEMÓRIA DESCRITIVA. ARQUEOLOGIA	0							
--------------------------------------	--	---	---------------------------------	---	--	--	--	--	--	--	--

PEÇAS DESENHADAS

sem peças desenhadas.											
-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

6. Síntese

PEÇAS ESCRITAS

LVSSA MSA PE AMB 000 000 MD 040012 0		Síntese	MEMÓRIA DESCRITIVA. ARQUEOLOGIA	0							
--------------------------------------	--	---------	---------------------------------	---	--	--	--	--	--	--	--

PEÇAS DESENHADAS

sem peças desenhadas.											
-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Metropolitano de Lisboa

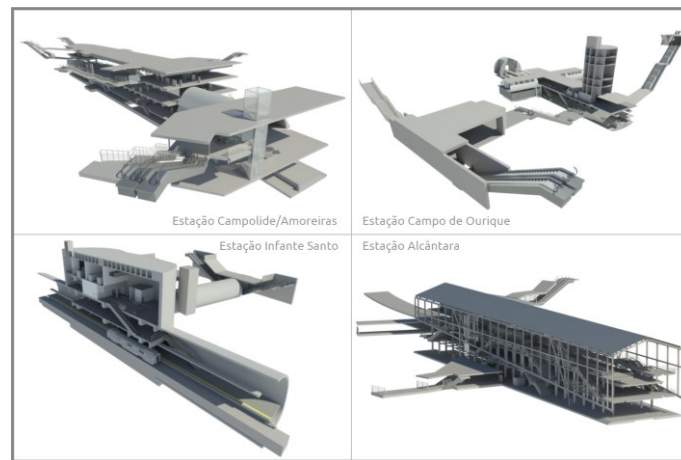


# METRO DE LISBOA

## LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA

### PROJETO DE EXECUÇÃO



### TOMO I: GERAL

## VOLUME 40 – PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

### VIADUTO DE ALCÂNTARA

### MEMÓRIA DESCRITIVA

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE INS VDT VDA MD 089005 0		
	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	Pedro Marques/ Carlos Martins		2024-10-04
Revisto	Rui Tomásio		2024-10-04
Verificado	Sandra Ferreira/ Gonçalo Mateus		2024-10-04
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-04
Aprovado	Raúl Pistone		2024-10-04

## Índice

1	OBJETIVO E ÂMBITO.....	5
2	CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO .....	6
3	GRANDEZAS A MEDIR.....	8
3.1	Escavações a céu aberto.....	8
3.2	Edificações.....	8
4	LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO .....	9
5	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA.....	10
5.1	Prisma topográfico para edifícios e contenções.....	10
5.2	Inclinómetros.....	10
5.3	Fissurómetros.....	11
5.4	Células de carga.....	12
5.5	Sismógrafo.....	13
5.6	Clinómetro.....	13
5.7	Estação total robotizada.....	14
6	FREQUÊNCIA DAS LEITURAS .....	15
7	CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	18
7.1	Critérios de alerta e alarme.....	18
8	SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO .....	19
9	RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO.....	21
10	PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	22
11	ANEXOS.....	23
11.1	Anexo A - Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência .....	23
11.2	Anexo B - Medidas de atuação/ plano de contingência.....	27



---

## Índice de Figuras

Figura 1 – Abordagem geral do Plano de Observação .....	6
Figura 2 – Prisma topográfico para edifícios e contenções .....	10
Figura 3 – Inclinómetro .....	11
Figura 5 – Fissurómetro .....	12
Figura 6 – Célula de carga em ancoragens .....	12
Figura 7 – Sismógrafo .....	13
Figura 8 – Clinómetro .....	14
Figura 4 – Estação total robotizada.....	14
Figura 5 – Interface de acesso aos dados de monitorização .....	19
Figura 6 – Processamento de dados de monitorização.....	20
Figura 7 – Módulo de definição de limites de alerta e alarme .....	20

---

## Índice de Tabelas

Tabela 1 Frequência de leituras – Escavações a céu aberto .....	16
Tabela 2 Frequência de leitura – Escavações subterrâneas .....	17

## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Projeto de Execução**, da **Memória Descritiva do Plano de Observação**, desenvolvida no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do **Tomo I – Geral do Volume 40 – Plano de Instrumentação e Observação**.

Neste documento incluem-se as obras subterrâneas, as escavações a céu aberto e as edificações ao longo do limite da área de influência da obra (25m do limite da infraestrutura).

A elaboração do Plano de Observação de uma obra é condicionado pelas características específicas de cada estrutura, nas quais se incluem as condições da fundação, a ocupação à superfície, as características dos materiais utilizados, os métodos construtivos e, ainda, os critérios adotados no seu dimensionamento. Além destes parâmetros diretamente relacionados com as estruturas devem ser igualmente consideradas as ações exteriores, os valores humanos e os danos materiais envolvidos na ocorrência de uma eventual rotura.

O Plano de Observação envolve a definição de um sistema de observação e dos critérios para a sua exploração e visa a interpretação do comportamento e a avaliação das condições de segurança das várias frentes de obra existentes durante toda a fase de construção. Deste modo, será possível interpretar o comportamento da obra nas suas diferentes fases de construção, com base nos resultados de observação, permitindo aferir os pressupostos admitidos no projeto, ao nível dos condicionamentos geológico, geotécnicos e hidrogeológicos do local, dos métodos de cálculo, dos critérios de projeto e consequente verificação da funcionalidade da obra.

O Plano de Observação deve ser considerado como uma peça “dinâmica” e que, por isso, deverá ser atualizado, podendo sofrer algumas adaptações decorrentes da evolução dos processos construtivos, da estratégia construtiva a implementar, e de eventuais particularidades e/ou informações entretanto obtidas.

O Plano de Observação é definido para as estruturas a executar e para a sua envolvente. A parte correspondente às estruturas a construir será definida, onde aplicável, em cada Tomo, para cada volume específico de cada tomo. Os dispositivos de instrumentação a aplicar nas interferências e infraestruturas existentes na vizinhança da obra encontram-se definidos nos volumes do Tomo II correspondentes aos troços de túnel, abrangendo, quando aplicável, a zona da estação mais próxima.

## 2 CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO

O recurso a instrumentação e observação permitirá realizar o controlo proactivo e sistemático dos trabalhos através da observação dos parâmetros que influenciam o desenvolvimento da obra, com o fim de verificar as hipóteses de projeto e, onde necessário, adaptá-lo antecipadamente de forma a garantir, sem subestimar a segurança, o cumprimento dos tempos de execução, a gestão das aleatoriedades e dos imprevistos no contexto geológico, geotécnico e hidrogeológico em que a obra se insere.

Esta abordagem dinâmica possibilita o controlo e a adaptação atempada das soluções e consequente minimização do risco geotécnico da obra (Figura 1).

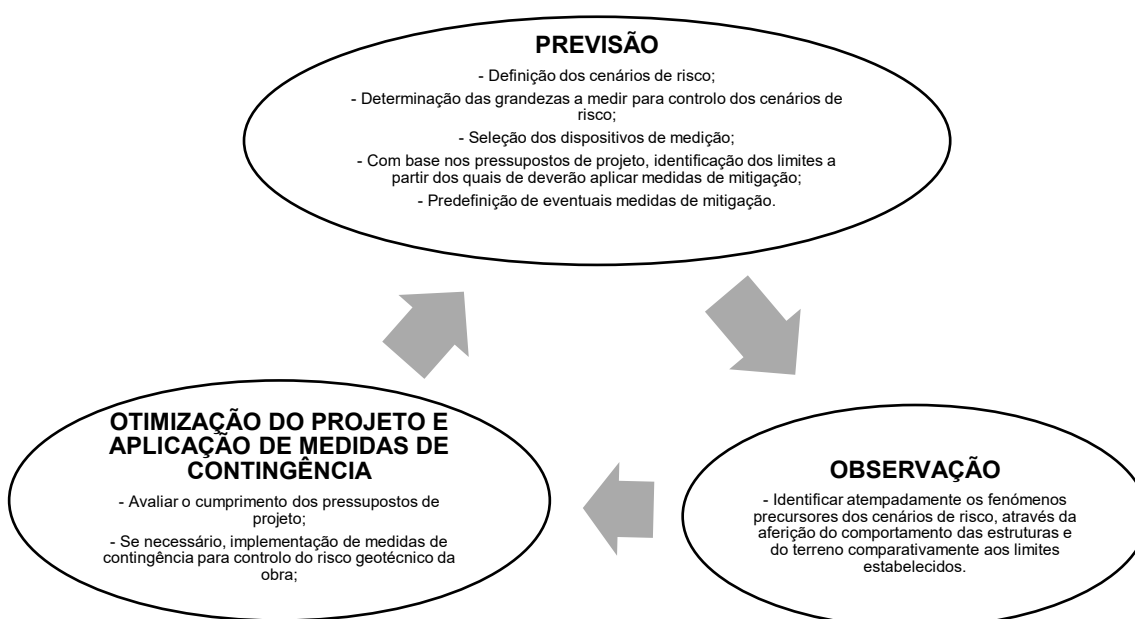


Figura 1 – Abordagem geral do Plano de Observação

O sistema de observação proposto é constituído por instrumentos de provada confiabilidade e de uso corrente em obras similares. Todos os dispositivos de instrumentação e observação serão adequadamente protegidos de forma a evitar que sejam danificados durante a execução da obra.

A realização de leituras de instrumentação e observação de carácter topográfico pressupõe o recurso a elementos de referência adequados, posicionados numa zona da obra que não sofra perturbações e a uma distância tal que o erro de leitura associado seja mínimo.

A adequada instalação dos dispositivos de instrumentação tem uma importância estratégica para o correto desempenho do sistema de observação, em particular, para aqueles instrumentos que uma vez instalados não ficam acessíveis.

As técnicas e procedimentos de instalação dos vários dispositivos serão sempre executadas de acordo com as indicações dos fabricantes e fornecedores.

Toda a instrumentação irá ser instalada com a devida antecedência em relação ao início dos trabalhos para se conseguirem adequadas leituras de referência. Durante a fase de obra, serão realizadas leituras com a frequência necessária para garantir um atempado reconhecimento dos fenómenos precursores dos cenários de risco e eficaz aplicação de medidas de contingência. Após a conclusão dos trabalhos, realizar-se-ão leituras que permitam confirmar o comportamento previsto das estruturas e do terreno.



A redundância da instrumentação constituirá um aspeto importante para aumentar a confiança no sistema e permitir um controlo adequado e fidedigno.

No enquadramento anterior, o sistema de observação foi definido para as diferentes obras associadas ao projeto cujo acompanhamento do comportamento se julga necessário. Neste documento abordar-se-á a instrumentação associada à Obra Especial 5, nomeadamente ao Túnel Zona do Baluarte.

Para cada um destes locais, os sistemas de observação preconizados atendem às diferentes fases da obra.

Resumidamente os dispositivos de medição preconizados para cada frente de obra são os apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1 – Dispositivos de medição preconizados para a obra**

FRENTE DE OBRA	PRISMA TOPOGRÁFICO (EDIFÍCIOS E CONTENÇÕES)	PRISMA TOPOGRÁFICO (PAVIMENTOS)	EXTENSÓMETRO MULTIPONTO	INCLINÓMETRO	SENSOR DE NÍVEL LÍQUIDO	PIEZÓMETRO ELÉTRICO	PEIZÓMETRO TIPO CASAGRANDE	PRISMA TOPOGRÁFICO PARA CARRIL	EXTENSÓMETRO DE CORDA VIBRANTE PARA ESCORAS DE AÇO	FISSURÓMETRO (EDIFÍCIOS)	CÉLULA DE CARGA ELÉTRICA PARA ANCORAGENS COM STRAIN GAUGES	PRISMA DE CONVERGÊNCIA	SISMÓGRAFO (EDIFÍCIOS)	CLINÓMETRO (TILTMETER)	PRISMA TOPOGRÁFICO DE REFERÊNCIA	ESTAÇÃO TOTAL ROBOTIZADA (EDIFÍCIOS)
Viaduto de Alcântara (VDT)	X			X						X	X		X	X		X

Nos pontos subsequentes descrevem-se os sistemas de observação para as diferentes estruturas e nas peças desenhadas apresenta-se a sua implantação de princípio, que poderá ser adaptada em função da evolução do projeto, quer no que se refere ao número, quer no que se refere à disposição dos aparelhos de medição.

## 3 GRANDEZAS A MEDIR

De um modo geral as grandezas a medir serão:

- Medição da inclinação dos edifícios recorrendo a clinómetros.
- Medição da abertura de fendas em edifícios, utilizando fissurómetros.
- Medição de deslocamentos horizontais em profundidade através de inclinómetros.
- Medições de deslocamentos verticais e horizontais nos pavimentos e carris utilizando prismas de pavimento e de carris.
- Variações de tração instalada nas ancoragens através de células de carga elétricas.
- Medição de vibrações induzidas recorrendo a sismógrafos.

### 3.1 Escavações a céu aberto

O plano de observação proposto contempla a medição dos deslocamentos, em particular, durante a execução dos trabalhos, à superfície e em profundidade, nomeadamente assentamentos e deslocamentos horizontais. Para este efeito será necessário recorrer à colocação de prismas topográficos e inclinómetros.

### 3.2 Edificações

Para o controlo das edificações próximas às obras será implementado um sistema de monitorização composto por:

- Prismas topográficos para o controlo dos deslocamentos dos edifícios.
- Sismógrafos para o controlo das vibrações induzidas pela execução das obras.
- Clinómetros para o controlo das inclinações.
- Fissurómetros para o controlo de eventuais fissuras presentes nas edificações.

A adoção de medidas de observação permitirá em fase de obra monitorizar os movimentos ocorridos em interferências e, se necessário, tomar medidas de minimização dos movimentos das estruturas e consequentemente reduzir os riscos humanos e materiais associados a estes movimentos. Assim sendo, foram estabelecidos dois níveis de observação (I e II), que se diferenciam, respetivamente, pela complexidade crescente da instrumentação instalada e pela frequência de leitura a realizar.

- Observação Nível I – Monitorização recorrendo essencialmente a prismas topográficos;
- Observação Nível II – Monitorização recorrendo a prismas topográficos a clinómetros, fissurómetros e sismógrafos.

Note-se que os sismógrafos devem ser instalados o mais próximo possível às fundações das edificações e que os fissurómetros devem ser instalados apenas em caso de presença de fissuras.

---

## 4 LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

A necessidade observação da zona de intervenção, em particular do comportamento do terreno, dos elementos estruturais das contenções, suporte primário dos túneis e das interferências, obriga à implementação de um sistema de monitorização integrado que interfira o menos possível com as atividades de construção. Em simultâneo, dado que a obra se insere em meio urbano, é fundamental coordenar o posicionamento dos dispositivos com os condicionamentos existentes.

A localização proposta para os aparelhos citados encontra-se representada nas peças desenhadas. O posicionamento definitivo da instrumentação prevista poderá eventualmente ter que ser ajustado, dependendo das condições existentes no local.

Sempre que possível, irão utilizar os piezómetros executados nas campanhas de prospeção geotécnica e hidrogeológica complementares.

O critério para a instalação de equipamentos de observação em interferências, nomeadamente a observação Nível I, resulta da Avaliação de Danos descrita em documento autónomo.

## 5 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARATERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA

Nos subcapítulos subseqüentes encontram-se descritas sumariamente, as caraterísticas dos vários dispositivos de instrumentação e observação. Essas caraterísticas constituem um complemento às especificações técnicas do Metro (ET- 208 – PP INS ET 208).

### 5.1 Prisma topográfico para edifícios e contenções

Os prismas topográficos para edifícios e contenções consistem num elemento fixo na sua fachada ou nos elementos estruturais das contenções e permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada (Figura 2).

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada, com base em pontos estáveis, materializados através do mesmo tipo de dispositivos, localizados fora da zona de influência das obras a executar. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

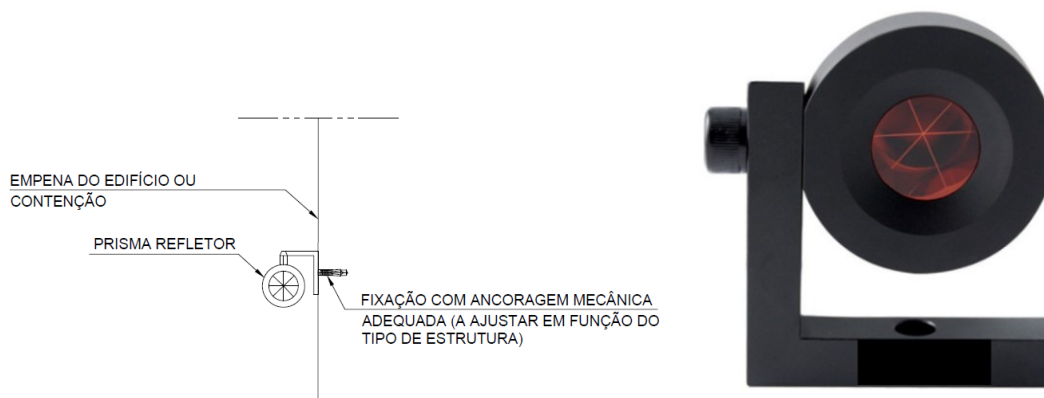


Figura 2 – Prisma topográfico para edifícios e contenções

### 5.2 Inclinómetros

Os inclinómetros são constituídos por tubos com calhas guias nos quais, aquando da realização de leituras, é inserido um sensor deslizante que mede simultaneamente a distância percorrida no interior do tubo e a variação do ângulo entre os rolamentos do sensor.

As calhas inclinométricas serão em PVC, tipo ABS de alta resistência (com uniões entre troços de tubos adequadas), com diâmetro exterior de Ø84 mm e permitirão a passagem de um sensor deslizante (torpedo) dotado de pontos de referência (roletes) espaçados de 0,5 m. Este torpedo conterá dois sensores do tipo servo-acelerómetros montados com desfasamento de 90°. Uma vez no interior da calha, a profundidade a que se encontra o torpedo será controlada por uma escala graduada de 0,5 m e impressa no próprio cabo elétrico que liga o torpedo à caixa de leituras à superfície.

A execução dos inclinómetros externos aos elementos de contenção ocorrerá antes da execução de trabalhos de escavação e apenas quando finalizados os trabalhos de execução das estruturas de contenção (onde aplicável) de modo a evitar que os mesmos sejam danificados.

Uma vez finalizado o posicionamento das calhas, proceder-se-á ao preenchimento do espaço anelar entre a face exterior da calha e as paredes do furo por meio de calda de cimento com bentonite.



Os inclinómetros serão instalados no tardo das estruturas de contenção, realizando-se para tal uma furação à rotação de 101,6 mm (Figura 5).

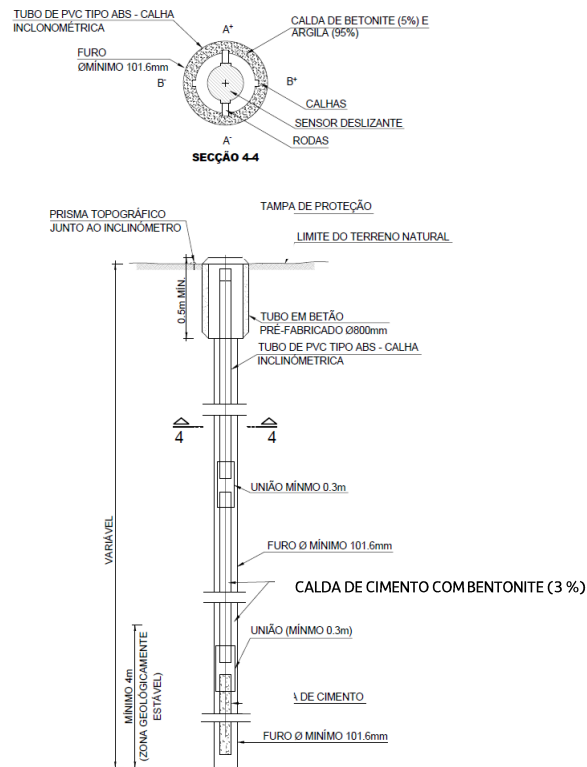


Figura 3 – Inclinómetro

Dentro das condições normais de operação, o erro máximo de cálculo da deflexão no topo de um tubo calha com 30 m de profundidade deverá ser de aproximadamente + 5 mm.

À superfície, as calhas serão protegidas através de caixas com tampas metálicas adequadas. Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

### 5.3 Fissurómetros

Este tipo de dispositivos permitirá acompanhar a evolução da abertura de uma determinada fissura.

Os fissurómetros a utilizar deverão ser planos e deverão permitir a realização de leituras de deslocamentos na horizontal e na vertical. Será ainda necessário que possuam capacidade resistente adequada às intempéries, devendo ser fixos de forma adequada (mecanicamente).

O seu alcance máximo será, no mínimo de 25 mm, na horizontal e 10 mm na vertical, devendo a sua resolução ser, no mínimo, de 0,1 mm (Figura 4). Para garantir esta resolução será necessário recorrer no ato da medição a uma craveira digital que se acopla ao fissurómetro.

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

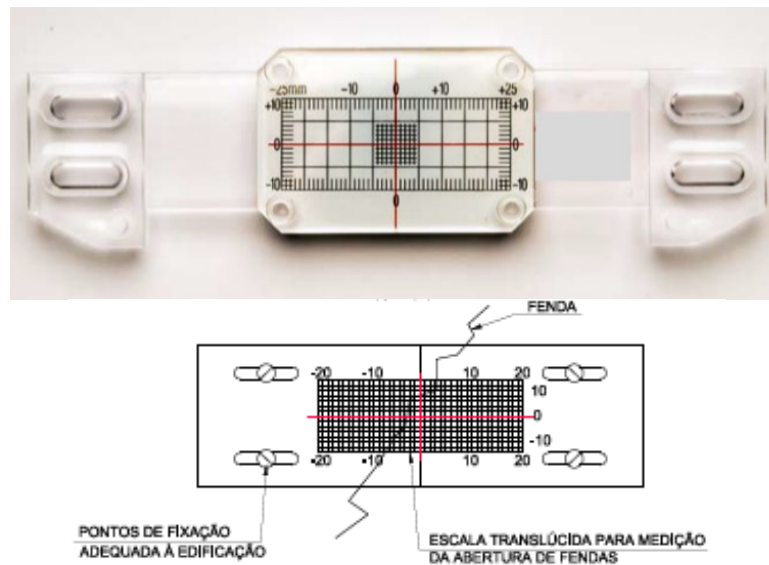


Figura 4 – Fissurómetro

## 5.4 Células de carga

O recurso a células de carga em ancoragens permitirá o acompanhamento da evolução e magnitude da tração instalada nestes elementos em fase de obra.

As células de carga a adotar nas ancoragens provisórias serão do tipo elétrico.

Em condições normais de leitura, o erro associado a estes dispositivos não deverá ultrapassar os  $\pm 0,1\%$  da capacidade máxima de leitura. A sua capacidade máxima de leitura deverá ser superior aos 1500 kN.

A instalação das células de carga será efetuada antes da realização do ensaio de receção detalhado da ancoragem. As células serão posicionadas sobre a chapa de apoio da ancoragem, sendo posteriormente colocada uma chapa metálica rígida adicional e posteriormente a placa de distribuição das cunhas.

A superfície de contacto com a célula deve estar plana e limpa. A colocação da célula deve ser criteriosa, de forma a que a mesma fique centrada com o eixo da aplicação da carga, evitando-se assim excentricidades, com consequência no rigor das leituras (Figura 5). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

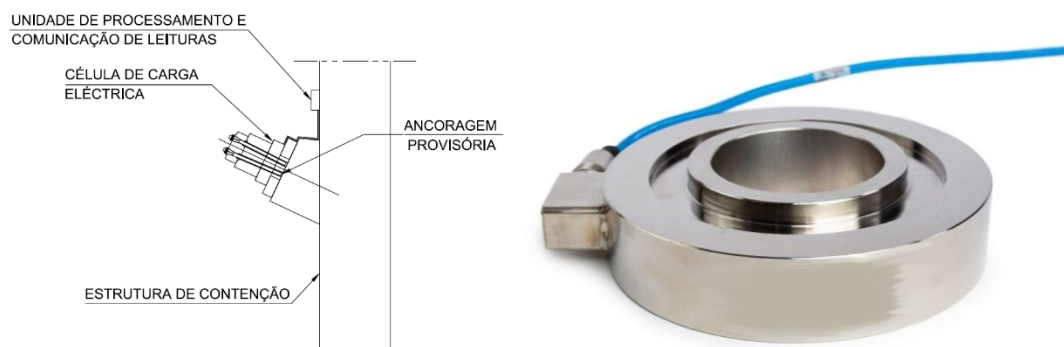


Figura 5 – Célula de carga em ancoragens

## 5.5 Sismógrafo

Preconiza-se durante a fase de construção o posicionamento de sismógrafos junto às edificações mais vulneráveis. Pretende-se o registo das velocidades e frequências de vibrações eventualmente provocadas pela execução dos trabalhos de construção (Figura 6).

As medições de vibrações serão feitas através de um geofone triaxial com uma capacidade de leitura de 2-250 Hz (janela de calibração mínima 1-160 Hz). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

No caso dos sismógrafos utilizados simultaneamente para a monitorização dos limites de integridade estrutural e de vibrações de incomodidade humana, serão adotados dispositivos com a sensibilidade necessária à monitorização dos respetivos limites (conforme Plano de Monitorização Ambiental).

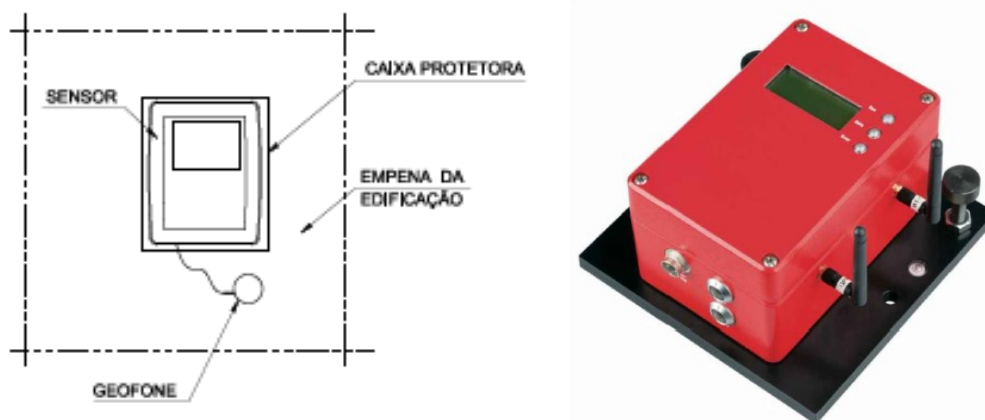


Figura 6 – Sismógrafo

## 5.6 Clinómetro

Os clinómetros permitirão a medição da variação de inclinação das paredes dos edifícios. Quando possível, estes fornecerão leituras remotamente, sendo constituídos por bases de leitura em bronze, concebidas para garantir o posicionamento preciso e repetitivo do equipamento de leitura (Figura 7).

As bases de leitura serão fixas de forma mecânica e permanente à estrutura, sendo instaladas diretamente, normalmente na vertical, ou soldadas numa chapa em T, de dimensões adequadas para permitir a sua instalação na horizontal em elementos verticais.

O equipamento de leitura será constituído por sensor instalado num elemento em aço inoxidável, permitindo a realização de leituras nas bases instaladas em superfície verticais ou horizontais, através de uma unidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre -30°C e +70°C).

O equipamento de leitura possuirá no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura:  $\pm 15^\circ$  a partir da vertical
- Resolução: 0,0013°
- Precisão: < 0,06% da capacidade máxima de leitura

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.



Figura 7 – Clinómetro

### 5.7 Estação total robotizada

De forma a minimizar os erros de leitura associados serão adotadas estações totais robotizadas com precisão angular de 0,5" e precisão em distância de 0,6mm. Estas estações permitirão a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nos vários elementos que se pretende instrumentar.

A estação total será assente numa estrutura de suporte fixa a um poste ou na fachada de um edifício. O equipamento encontrar-se-á protegido por elementos antivandalismo e possuirá fonte de alimentação autónoma (Figura 8).

O sistema de referência será o Datum 73 e o referencial altimétrico o Datum Cascais (1938). Todos os trabalhos serão apoiados na rede geodésica do País. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.



Figura 8 – Estação total robotizada



---

## 6 FREQUÊNCIA DAS LEITURAS

A frequência de leituras foi definida tendo em consideração a frente de obra, o faseamento construtivo adotado, os cenários de risco associados a cada solução geotécnica e o tipo de dispositivos de instrumentação escolhidos.

A realização de leituras de referência permitirá aferir o comportamento base das interferências e do terreno antes do início dos trabalhos. Simultaneamente, permitirá também confirmar que os dispositivos se encontram em pleno funcionamento.

A frequência das leituras a adaptar na fase de construção e exploração são as que constam na Tabela 1, para escavações a céu aberto, e na Tabela 2 para escavações em meio subterrâneo.

Tabela 1 Frequência de leituras – Escavações a céu aberto

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações a céu aberto)				
Tipo de dispositivo	Fase de obra			
	Leituras de referência	Durante a realização de trabalhos de escavação	Durante a paragem de trabalhos de escavação	Após a conclusão dos trabalhos na zona
Prisma topográfico (edifícios e contenções)	Mínimo de 2 leituras num período de 2 semanas antes do início dos trabalhos de escavação; No caso das linhas desviadas provisoriamente (Carris e IP) mínimo de duas leituras antes do início da circulação.	6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Inclinómetro		Semanalmente	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Sensor de nível líquido		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetro elétrico		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetros Tipo Casagrande		Semanalmente	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico para carril		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro de corda vibrante para perfis de aço (escoras metálicas)		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Fissurómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Célula de carga elétrica		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – ancoragens desativadas
Prisma de convergência		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês
Sismógrafo		1 leitura por hora	1 leitura por hora	Não aplicável
Clinómetro ( <i>tiltmeter</i> )	Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês	

**Tabela 2 Frequência de leitura – Escavações subterrâneas**

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações subterrâneas)				
Tipo de instrumento	Fase de obra			
	Distância relativa à frente de escavação			
	< 20 m	20 - 60 m	60 - 100 m	> 100 m
Prisma topográfico (edifícios)	6 leituras diárias	Cada 2 dias	Semanalmente	Quinzenalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)	6 leituras diárias			
Clinómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Piezómetro elétrico	6 leituras diárias	Cada 2 dias		
Piezómetros	Semanalmente	Semanalmente		
Fissurómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Sismógrafo	1 leitura por hora	1 leitura por hora	1 leitura por hora	
Prisma de convergência	Diariamente	Cada 2 dias	Cada 2 dias	
Extensómetro	Diariamente			
Inclinómetro	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	
Inspeção visual – suporte primário	Diariamente			

---

## 7 CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA

### 7.1 Critérios de alerta e alarme

O estabelecimento dos limites de alerta e alarme para as grandezas medidas pelos dispositivos de instrumentação e observação, tem por objetivo antecipar a ocorrência dos cenários de risco e assim reduzir o risco de existência de danos nas estruturas a executar e nas interferências existentes.

Os valores a adotar nos limites de alerta e alarme para os vários dispositivos de instrumentação têm como ponto de partida a previsão dos resultados esperados, obtidos a partir dos modelos de cálculo. Estes valores constituíram os limites de referência.

Entende-se como limite de alerta um primeiro estágio, onde os valores medidos nos sistemas de instrumentação são um pouco superiores aos de referência. Considera-se um estado de alarme quando a evolução dos valores medidos apresenta uma velocidade/variação no tempo acentuada, sendo em muito superior aos valores de referência.

Caso sejam atingidos os valores estabelecidos para os níveis de alerta, será obrigatório fazer uma análise da evolução das leituras, para se poder encarar atempadamente a aplicação de medidas de contingência.

Uma vez estimados, os efeitos nas interferências foram analisados seguindo a metodologia da avaliação de danos. Em conformidade com os resultados desta análise, foram estabelecidos limites de alerta e alarme que permitam de forma controlada e atempada evitar que a deformação induzida pelos assentamentos nas interferências exceda a Categoria 2 de danos do método de Burland.

Em fase de Projeto de Execução estes valores poderão ter que ser ajustados, função do desenvolvimento do projeto no que respeita aos resultados obtidos no plano de prospeção complementar atualmente em curso e nos resultados dos modelos de cálculo. A abordagem será definir um valor de referência baseado nos resultados dos modelos de cálculo e caracterizar os cenários de alerta e alarme como uma percentagem desse valor.

Os diagramas que descrevem as ações a adotar encontram-se no Anexo 11.1.



## 8 SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO

Será implementado um sistema de recolha de dados automático que realiza leituras através de equipamentos automatizados/robotizados e os envia para a base de dados de consulta e gestão de dados de monitorização.

Para a recolha de dados topográficos, o sistema é baseado numa rede de estações totais robotizadas que periodicamente realizam a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nas estruturas tais como edificações e contenções, e os envia através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Sempre for possível os dados dos dispositivos serão recolhidos automaticamente e enviados através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Para os restantes dispositivos, os dados serão recolhidos por equipas que se deslocarão ao local onde os mesmos se encontram instalados, sendo os mesmos posteriormente carregados na base de dados.

O acesso à base de dados pode ser realizado através de uma página de internet que permite a consulta da informação associada a cada dispositivo, com base em esquemas onde é indicada a localização aproximada de cada dispositivo (Figura 9).



Figura 9 – Interface de acesso aos dados de monitorização

A base de dados de consulta e gestão consiste numa aplicação informática que recorre a servidores remotos, que permitirão o acesso controlado em qualquer momento aos dados recolhidos. A gestão de dados permite que os mesmos sejam processados de modo a poderem ser calculados mapas de isolinhas de assentamento, taxas de deformação, rotações e distorções (Figura 10).

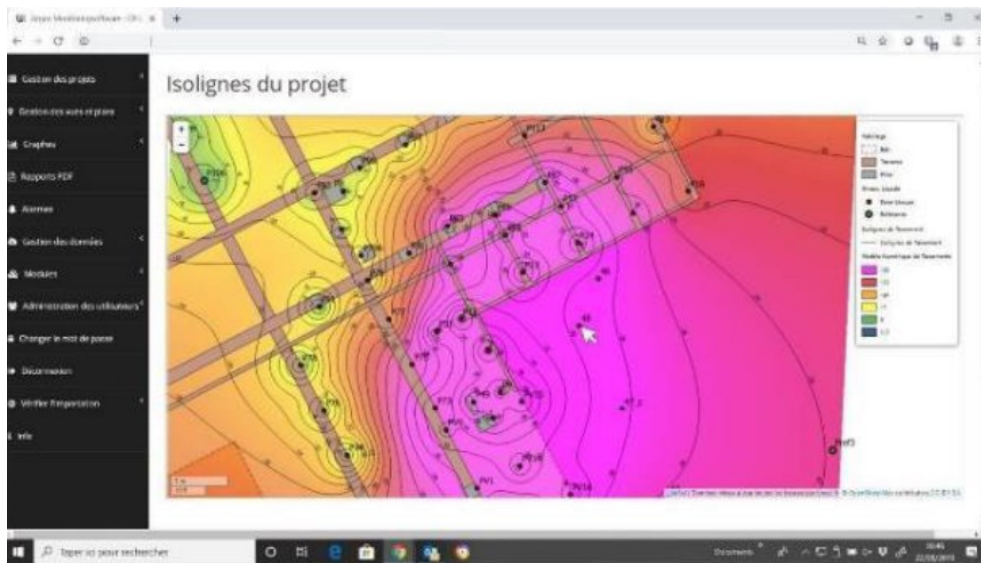


Figura 10 – Processamento de dados de monitorização

Adicionalmente, o sistema permite a incorporação de alertas automáticos baseados em valores pré-estabelecidos e o envio automático de notificações aos utilizadores (Figura 11).

Name (Alert)	Time	Alert level	Observation	Status	Remark
Argos001_01	2005-12-21 05:37:30	Red	11	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:38:10	Red	12	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:38:50	Red	13	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:39:30	Red	14	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:40:10	Red	15	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:40:50	Red	16	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:41:30	Red	17	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:42:10	Red	18	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:42:50	Red	19	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:43:30	Red	20	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:44:10	Red	21	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:44:50	Red	22	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:45:30	Red	23	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:46:10	Red	24	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:46:50	Red	25	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:47:30	Red	26	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:48:10	Red	27	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:48:50	Red	28	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:49:30	Red	29	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:50:10	Red	30	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:50:50	Red	31	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:51:30	Red	32	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:52:10	Red	33	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:52:50	Red	34	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:53:30	Red	35	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:54:10	Red	36	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:54:50	Red	37	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:55:30	Red	38	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:56:10	Red	39	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:56:50	Red	40	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:57:30	Red	41	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:58:10	Red	42	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:58:50	Red	43	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:59:30	Red	44	Alertado	
Argos001_01	2005-12-21 05:59:50	Red	45	Alertado	

Figura 11 – Módulo de definição de limites de alerta e alarme

---

## 9 RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO

Serão apresentados relatórios periódicos (diários) enviados por email com um resumo da informação de monitorização relevante para a análise da evolução do comportamento das estruturas. Neste relatório será apresentado o estado de cada dispositivo instalado relativamente ao limite de alerta e alarme definido.

Dado o número de dispositivos incluídos no plano de observação tentará evitar-se relatórios demasiado extensos. Os dados completos de todos os dispositivos estarão disponíveis em formato digital na base de dados para consulta e gestão de dados de monitorização (ver ponto 8).

---

## 10 PLANO DE CONTINGÊNCIA

O plano de contingência tem por objetivo definir os procedimentos a seguir para a gestão de um potencial cenário de risco, com vista à eliminação ou mitigação das suas consequências.

Estes procedimentos definem as ações e as entidades responsáveis pela sua execução e incluem, genericamente, as seguintes ações:

- Recolha e análise de informação obtida a partir dos dispositivos de instrumentação;
- Identificação do cenário de risco;
- Implementação de medidas de mitigação.

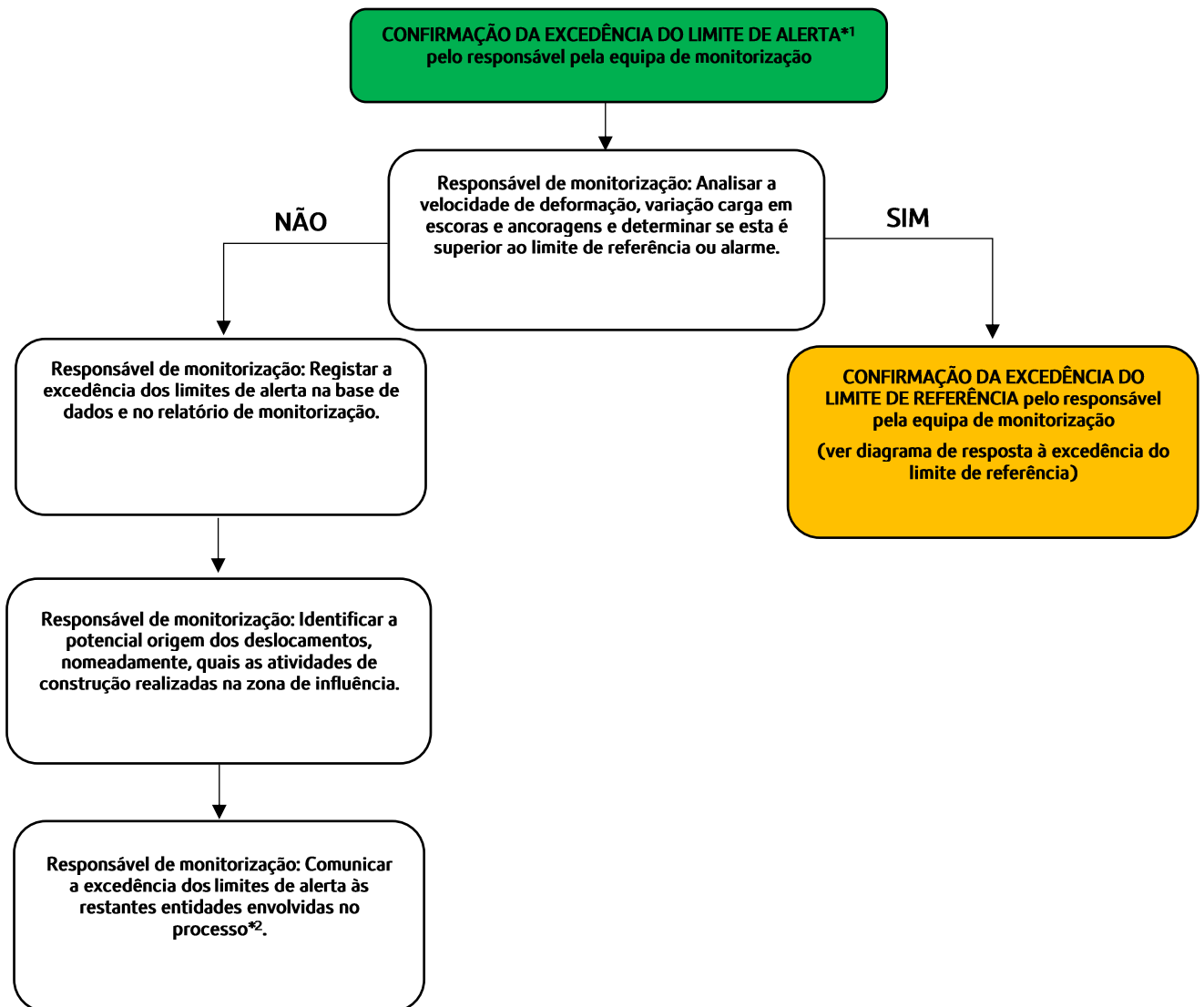
Os procedimentos definidos no contexto do presente Plano de Instrumentação e Observação iniciam-se com a excedência dos limites de alerta, referência e alarme. Não obstante, poderão desenvolver-se cenários de risco não-previstos em que não existindo um dispositivo de instrumentação para o qual os limites a este atribuídos foram excedidos, deva ser relevante declarar a excedência de um determinado limite, em resultado de um conjunto de observações indiciadoras de um potencial cenário de risco (i.e. observação visual de deformações excessivas em elementos não-instrumentados).

Os diagramas que descrevem os procedimentos adotar encontram-se no Anexo 11.2.

## 11 ANEXOS

### 11.1 Anexo A – Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência

DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALERTA

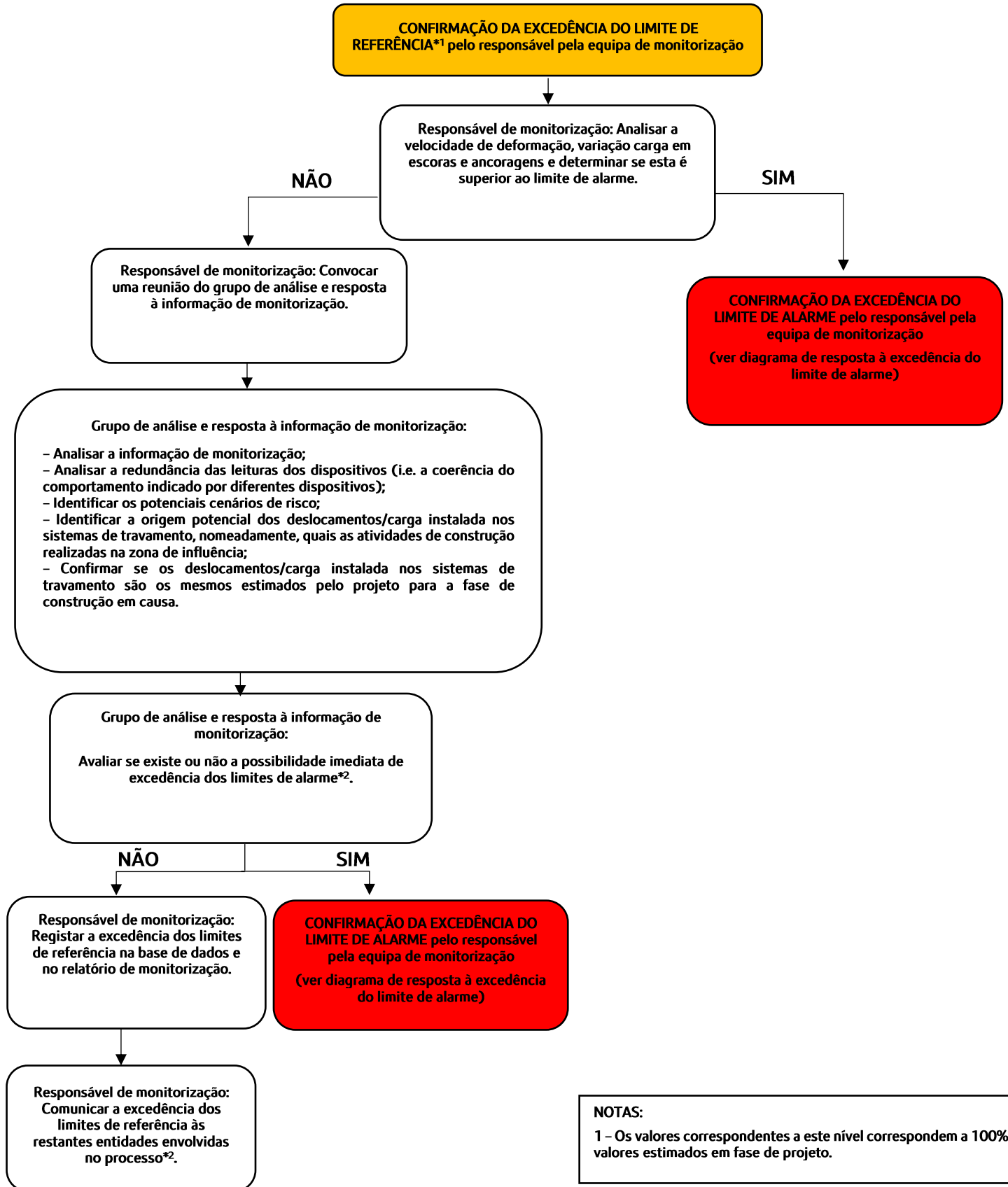


**NOTAS:**

1 – Os valores correspondentes a este nível correspondem a 80% dos valores estimados em fase de projeto.



DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE REFERÊNCIA



**NOTAS:**  
1 – Os valores correspondentes a este nível correspondem a 100% dos valores estimados em fase de projeto.

DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALARME

**CONFIRMAÇÃO DA EXCEDÊNCIA DO LIMITE DE ALARME\*1**  
pelo responsável pela equipa de monitorização

Responsável de monitorização: Convocar  
uma reunião do grupo de análise e resposta  
à informação de monitorização.

No máximo em 24 horas

Grupo de análise e resposta à informação de monitorização:

- Analisar a informação de monitorização;
- Analisar a redundância das leituras dos dispositivos (i.e. a coerência do comportamento indicado por diferentes dispositivos);
- Identificar os potenciais cenários de risco;
- Identificar a origem potencial dos deslocamentos/carga instalada nos sistemas de travamento, nomeadamente, quais as atividades de construção realizadas na zona de influência;
- Confirmar se os deslocamentos/carga instalada nos sistemas de travamento são os mesmos estimados pelo projeto para a fase de construção em causa.

No máximo em 24 horas

Grupo de análise e resposta à informação de monitorização:

Avaliar se existe ou não a possibilidade imediata de desenvolvimento de um cenário de risco\*2.

No máximo em 24 horas

NÃO

SIM

Grupo de análise e resposta à informação de monitorização:

**IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE REFORÇO DO ACOMPANHAMENTO DA SITUAÇÃO**

- Avaliar a necessidade de instalação de dispositivos de monitorização adicionais;
- Avaliar a necessidade do aumento da frequência de leitura dos dispositivos;
- Realização de inspeções visuais à estrutura;
- Avaliação do impacto dos deslocamentos identificados das estruturas afetadas;
- Definição de novos limites de ALARME em função do cenário de risco identificado e validadas pela equipa projetista;

No máximo em 24 horas

Responsável de monitorização:  
Registar a excedência dos limites de alarme na base de dados e no relatório de monitorização.

No máximo em 24 horas

(Ver continuação)

Grupo de análise e resposta à informação de monitorização:  
**IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE REFORÇO DO ACOMPANHAMENTO DA SITUAÇÃO**

- Avaliar a necessidade de instalação de dispositivos de monitorização adicionais;
- Avaliar a necessidade do aumento da frequência de leitura dos dispositivos;
- Realização de inspeções visuais à estrutura;
- Avaliação do impacto dos deslocamentos identificados das estruturas afetadas;
- Definição de novos limites de ALARME em função do cenário de risco identificado e validadas pela equipa projetista.

**IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE MITIGAÇÃO DO RISCO**

Consultar os seguintes quadros:

- Quadro I – VDT – Escavação a céu aberto

(Continuação)



**Responsável de monitorização:**  
**Comunicar a excedência dos limites de alarme às restantes entidades envolvidas no processo\*3.**

**No máximo em 24 horas**

### NOTAS

- 1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 130% dos valores estimados em fase de projeto.
- 2 - As medidas de mitigação correspondentes à interrupção da obra, isolamento de áreas, evacuação da superfície, interrupção de serviços de drenagem/abastecimento/telecomunicações e interrupção da circulação rodoviária/ferroviária, deverão ser implementadas quando se considere não existir tempo suficiente para a implementação de medidas de mitigação de risco ou risco demasiado elevado.

## 11.2 Anexo B – Medidas de atuação/ plano de contingência

### Quadro I – VDT – Escavação a céu aberto

As medidas abaixo indicadas deverão ser avaliadas em função do cenário de risco identificado e validadas pela equipa projetista:

- Limitação da afluência de água por recalçamento da ficha das cortinas;
- Furos de drenagem/alívio de pressão adicionais no fundo da escavação;
- Instalação de escoras metálicas adicionais;
- Adaptação do faseamento da escavação em cada nível;
- Realização de tratamentos do terreno para redução da percolação de água para o interior da escavação;
- Aterro da escavação.



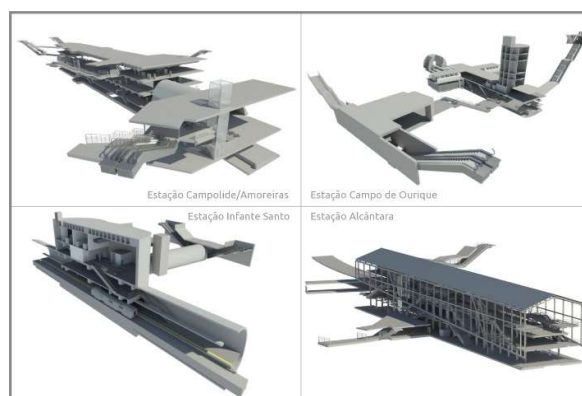


# METRO DE LISBOA

## PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

#### PROJETO DE EXECUÇÃO



#### TOMO I

#### VOLUME 40 - PLANO DE OBSERVAÇÃO – T85

#### MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE INS TUN T85 MD 087001 0		
	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	Francisco Bernardo Pedro Nogueira		2024-10-10
Revisto	Sandra Ferreira		2024-10-10
Verificado	Rui Rodrigues		2024-10-10
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-10
Aprovado			
	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Gestor Projeto	Raúl Pistone		2024-10-10

## Índice

1	OBJETIVO E ÂMBITO .....	4
2	CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO .....	5
3	GRANDEZAS A MEDIR.....	8
3.1	Escavações subterrâneas .....	8
3.2	Edificações .....	9
4	LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO .....	10
5	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARATERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA.....	10
5.1	Prisma topográfico para edifícios e contenções .....	10
5.2	Prisma topográfico para pavimento .....	11
5.3	Extensómetro multiponto.....	11
5.4	Inclinómetros .....	13
5.5	Sensor de nível líquido.....	15
5.6	Piezómetro elétrico.....	15
5.7	Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC.....	16
5.8	Piezómetro do tipo Casagrande - câmara simples, dupla ou tripla .....	17
5.9	Prisma topográfico para carril .....	18
5.10	Extensómetros para escoras do tipo <i>strain-gauge</i> .....	19
5.11	Fissurómetros .....	20
5.12	Células de carga .....	20
5.13	Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas .....	21
5.14	Sismógrafo .....	22
5.15	Clinómetro .....	24
5.16	Prisma topográfico de referência .....	24
5.17	Estação total robotizada .....	25
6	FREQUÊNCIA DAS LEITURAS.....	26
7	CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	29
7.1	Critérios de alerta e alarme .....	29
8	SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO .....	30

---

9	RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO .....	32
10	PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	32
11	REQUISITOS PARTICULARES DO SISTEMA DE OBSERVAÇÃO EM INTERFERÊNCIAS.....	33
11.1	Monitorização de captações de água .....	33
12	ANEXOS .....	34
12.1	Anexo A - Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência.....	34
12.2	Anexo B - Medidas de atuação/ plano de contingência .....	38

## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Anteprojeto**, da **Memória Descritiva e Justificativa do Plano de Observação**, desenvolvida no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do Tomo II do **Volume 1 – T85**.

Neste documento incluem-se as obras subterrâneas, as escavações a céu aberto e as edificações ao longo do limite da área de influência da obra (25 m do limite da infraestrutura).

A elaboração do Plano de Observação de uma obra é condicionado pelas características específicas de cada estrutura, nas quais se incluem as condições da fundação, a ocupação à superfície, as características dos materiais utilizados, os métodos construtivos e, ainda, os critérios adotados no seu dimensionamento. Além destes parâmetros diretamente relacionados com as estruturas devem ser igualmente consideradas as ações exteriores, os valores humanos e os danos materiais envolvidos na ocorrência de uma eventual rotura.

O Plano de Observação envolve a definição de um sistema de observação e dos critérios para a sua exploração e visa a interpretação do comportamento e a avaliação das condições de segurança das várias frentes de obra existentes durante toda a fase de construção. Deste modo, será possível interpretar o comportamento da obra nas suas diferentes fases de construção, com base nos resultados de observação, permitindo aferir os pressupostos admitidos no projeto, ao nível dos condicionamentos geológico, geotécnicos e hidrogeológicos do local, dos métodos de cálculo, dos critérios de projeto e conseqüente verificação da funcionalidade da obra.

O Plano de Observação deve ser considerado como uma peça "dinâmica" e que, por isso, deverá ser atualizado, podendo sofrer algumas adaptações decorrentes da evolução dos processos construtivos, da estratégia construtiva a implementar, e de eventuais particularidades e/ou informações entretanto obtidas.

O Plano de Observação é definido para as estruturas a executar e para a sua envolvente. A parte correspondente às estruturas a construir será definida, onde aplicável, em cada Tomo, para cada volume específico de cada tomo. Os dispositivos de instrumentação a aplicar nas interferências e infraestruturas existentes na vizinhança da obra encontram-se definidos nos volumes do Tomo II correspondentes aos troços de túnel, abrangendo, quando aplicável, a zona da estação mais próxima.

## 2 CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO

O recurso a instrumentação e observação permitirá realizar o controlo proactivo e sistemático dos trabalhos através da observação dos parâmetros que influenciam o desenvolvimento da obra, com o fim de verificar as hipóteses de projeto e, onde necessário, adaptá-lo antecipadamente de forma a garantir, sem subestimar a segurança, o cumprimento dos tempos de execução, a gestão das aleatoriedades e dos imprevistos no contexto geológico, geotécnico e hidrogeológico em que a obra se insere.

Esta abordagem dinâmica possibilita o controlo e a adaptação atempada das soluções e consequente minimização do risco geotécnico da obra (Figura 1).

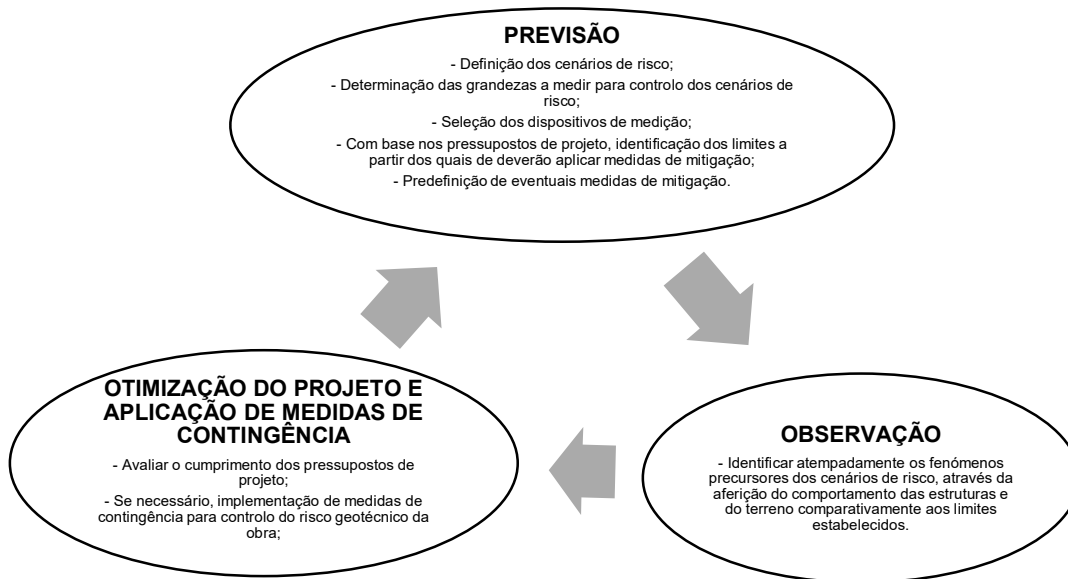


Figura 1 – Abordagem geral do Plano de Observação

O sistema de observação proposto é constituído por instrumentos de provada confiabilidade e de uso corrente em obras similares. Todos os dispositivos de instrumentação e observação serão adequadamente protegidos de forma a evitar que sejam danificados durante a execução da obra.

A realização de leituras de instrumentação e observação de carater topográfico pressupõe o recurso a elementos de referência adequados, posicionados numa zona da obra que não sofra perturbações e a uma distância tal que o erro de leitura associado seja mínimo.

A adequada instalação dos dispositivos de instrumentação tem uma importância estratégica para o correto desempenho do sistema de observação, em particular, para aqueles instrumentos que uma vez instalados não ficam acessíveis.

As técnicas e procedimentos de instalação dos vários dispositivos serão sempre executadas de acordo com as indicações dos fabricantes e fornecedores.



Toda a instrumentação irá ser instalada com a devida antecedência em relação ao início dos trabalhos para se conseguirem adequadas leituras de referência. Durante a fase de obra, serão realizadas leituras com a frequência necessária para garantir um atempado reconhecimento dos fenómenos precursores dos cenários de risco e eficaz aplicação de medidas de contingência. Após a conclusão dos trabalhos, realizar-se-ão leituras que permitam confirmar o comportamento previsto das estruturas e do terreno.

A redundância da instrumentação constituirá um aspeto importante para aumentar a confiança no sistema e permitir um controlo adequado e fidedigno.

No enquadramento anterior, o sistema de observação foi definido para as diferentes obras associadas ao projeto cujo acompanhamento do comportamento se julga necessário. Neste documento abordar-se-á a instrumentação associada aos túneis NATM, nomeadamente:

- Troço 81, 82, 83, 84 e 85;
- Tímpano de São Sebastião (OE1);
- Túnel da Via de Resguardo 1 (OE3);
- Túnel da Via de Resguardo 2 (OE4);
- Túnel Término da Via de Resguardo 3 (OE7).

Para cada um destes locais, os sistemas de observação preconizados atendem às diferentes fases da obra.

Resumidamente os dispositivos de medição preconizados para cada frente de obra são os apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1 – Dispositivos de medição preconizados para a obra**

FRENTE DE OBRA	PRISMA TOPOGRÁFICO (EDIFÍCIOS E CONTENÇÕES)	PRISMA TOPOGRÁFICO (PAVIMENTOS)	EXTENSÓMETRO MULTIPUNTO	INCLINÓMETRO	SENSOR DE NÍVEL LÍQUIDO	PIEZÓMETRO ELÉTRICO	PEIZÓMETRO TIPO CASAGRADE	PRISMA TOPOGRÁFICO PARA CARRIL	EXTENSÓMETRO DE CORDA VIBRANTE PARA ESCORAS DE AÇO	FISSURÓMETRO (EDIFÍCIOS)	CÉLULA DE CARGA ELÉTRICA PARA ANCORAGENS COM STRAIN GAUGES	PRISMA DE CONVERGÊNCIA	SISMÓGRAFO (EDIFÍCIOS)	CLINÓMETRO (TILTMETER)	PRISMA TOPOGRÁFICO DE REFERÊNCIA	ESTAÇÃO TOTAL ROBOTIZADA (EDIFÍCIOS)
Túnel Troço 81, 82, 83, 84 e 85	X	X	X			X	X			X		X	X		X	X
Tímpano de São Sebastião (OE1)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel da Via de Resguardo 1 (OE3)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel da Via de Resguardo 2 (OE4)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel Término da Via de Resguardo 3 (OE7)	X	X	X			X	X			X		X	X		X	X

Nos pontos subsequentes descrevem-se os sistemas de observação para as diferentes estruturas e nas peças desenhadas apresenta-se a sua implantação de princípio, que poderá ser adaptada em função da evolução do projeto, quer no que se refere ao número, quer no que se refere à disposição dos aparelhos de medição.

### 3 GRANDEZAS A MEDIR

De um modo geral as grandezas a medir serão:

- Medições de deslocamentos verticais e horizontais e convergências no interior de galerias subterrâneas recorrendo a prismas topográficos.
- Medição da inclinação dos edifícios recorrendo a clinómetros.
- Medição da abertura de fendas em edifícios, utilizando fissurómetros.
- Medições de deslocamentos verticais internos do maciço e à superfície, com extensómetros multiponto.
- Medição de deslocamentos horizontais em profundidade através de inclinómetros.
- Medições de deslocamentos verticais e horizontais nos pavimentos e carris utilizando prismas de pavimento e de carris.
- Medições dos níveis piezométricos recorrendo a piezómetros do tipo Casagrande (com uma ou várias câmaras) e elétricos.
- Variações de tração instalada nas ancoragens através de células de carga elétricas.
- Medição de vibrações induzidas recorrendo a sismógrafos.
- Medições de deslocamentos axiais de elementos estruturais recorrendo a extensómetros (tipo *strain gauges*).
- Medição de deslocamentos de precisão na estrutura interior de edifícios, utilizando sensores de nível líquido.

#### 3.1 Escavações subterrâneas

A avaliação da evolução do comportamento das obras subterrâneas será realizada através do registo dos deslocamentos do terreno e observação de eventuais fissurações no revestimento primário. Para tal serão criadas secções de medição de convergências e deslocamentos, onde serão instalados, em geral, 3 prismas para secções cuja maior dimensão seja menor ou igual a 10 m e 5 prismas para secções com a maior dimensão superior a 10 m. Para a secções com 3 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 1 em cada hasteal, que permitirão para além dos deslocamentos nesses pontos, o controlo de 3 cordas diferentes. Para a secções com 5 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 2 em cada hasteal, acima e abaixo do eixo da galeria, que permitirão o controlo de 6 cordas diferentes.

No terreno e à superfície serão executados extensómetros multiponto, inclinómetros e prismas topográficos no pavimento, em carris e em edifícios.

Em geral, no que diz respeito às grandezas a observar, para além dos deslocamentos será também avaliada a variação/presença de água através da instalação de piezómetros.

As ações relacionadas com a presença e escoamento de água nas escavações subterrâneas serão controladas pela observação sistemática dos caudais afluentes. Quando necessário, assumem particular destaque aos drenos longitudinais realizados em avanço da escavação, que permitirão antever as condições hidrogeológicas do terreno a escavar.

### 3.2 Edificações

Para o controlo das edificações próximas às obras será implementado um sistema de monitorização composto por:

- Prismas topográficos para o controlo dos deslocamentos dos edifícios.
- Sismógrafos para o controlo das vibrações induzidas pela execução das obras.
- Clinómetros para o controlo das inclinações.
- Fissurómetros para o controlo de eventuais fissuras presentes nas edificações.

A adoção de medidas de observação permitirá em fase de obra monitorizar os movimentos ocorridos em interferências e, se necessário, tomar medidas de minimização dos movimentos das estruturas e consequentemente reduzir os riscos humanos e materiais associados a estes movimentos. Assim sendo, foram estabelecidos dois níveis de observação (I e II), que se diferenciam, respetivamente, pela complexidade crescente da instrumentação instalada e pela frequência de leitura a realizar.

- Observação Nível I – Monitorização recorrendo essencialmente a prismas topográficos;
- Observação Nível II – Monitorização recorrendo prismas topográficos a clinómetros, fissurómetros e sismógrafos.

Note-se que os sismógrafos devem ser instalados o mais próximo possível às fundações das edificações e que os fissurómetros devem ser instalados apenas em caso de presença de fissuras.

## 4 LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

A necessidade observação da zona de intervenção, em particular do comportamento do terreno, dos elementos estruturais das contenções, suporte primário dos túneis e das interferências, obriga à implementação de um sistema de monitorização integrado que interfira o menos possível com as atividades de construção. Em simultâneo, dado que a obra se insere em meio urbano, é fundamental coordenar o posicionamento dos dispositivos com os condicionamentos existentes.

A localização proposta para os aparelhos citados encontra-se representada nas peças desenhadas. O posicionamento definitivo da instrumentação prevista poderá eventualmente ter que ser ajustado, dependendo das condições existentes no local.

Sempre que possível, irão utilizar os piezómetros executados nas campanhas de prospeção geotécnica e hidrogeológica complementares.

O critério para a instalação de equipamentos de observação em interferências, nomeadamente a observação Nível I, resulta da Avaliação de Danos descrita em documento autónomo.

## 5 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARATERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA

Nos subcapítulos subsequentes encontram-se descritas sumariamente, as caraterísticas dos vários dispositivos de instrumentação e observação. Essas caraterísticas constituem um complemento às especificações técnicas do Metro (ET- 208 – PP INS ET 208).

### 5.1 Prisma topográfico para edifícios e contenções

Os prismas topográficos para edifícios e contenções consistem num elemento fixo na sua fachada ou nos elementos estruturais das contenções e permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada (Figura 2).

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada, com base em pontos estáveis, materializados através do mesmo tipo de dispositivos, localizados fora da zona de influência das obras a executar. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.





Figura 2 – Prisma topográfico para edifícios e contenções

## 5.2 Prisma topográfico para pavimento

Os prismas topográficos para pavimento consistem num elemento adequadamente fixo ao pavimento com elevada resistência ao tráfego pedonal e rodoviário, materializado por meio de uma placa metálica que permite a realização leituras dos deslocamentos verticais.

As leituras serão efetuadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.



Figura 3 - Prisma topográfico para pavimento

## 5.3 Extensómetro multiponto

Os extensómetros permitem o controlo dos deslocamentos verticais em profundidade e encontram-se definidos nas seções de monitorização onde também estão previstas medições de deslocamentos e convergências no interior das galerias subterrâneas (Figura 4).

Os extensómetros terão 1 ou 2 ancoragens fixadas a diferentes profundidades. O sensor de deslocamento deverá ser do tipo corda vibrante dotado com sensor de temperatura.

Do conjunto deste dispositivo deverá fazer parte integrante:

- Barras/varas em aço inoxidável ou fibra de vidro

- 
- Ancoragem (injetável com calda de cimento ou tipo *packer*)
  - Bainha de encamisamento das barras/varas
  - Cabeça de referência do elétrico

O extensómetro será instalado em furo previamente executado de diâmetro, no mínimo, de  $\varnothing 76$  mm (furação destrutiva), que terá um comprimento superior à profundidade de instalação de cerca de 1,00 m.

As cabeças dos extensómetros deverão ser equipadas com um prisma topográfico que permita obter as leituras à superfície. Aos valores das leituras das ancoragens deverão ser adicionados os assentamentos de superfície obtidos através dos prismas.

Os componentes serão montados de acordo às indicações do fabricante e instalados no furo nas cotas previstas função do seu comprimento total. Existirá uma ancoragem na extremidade correspondente à base do furo e uma segunda a 1/3 do seu comprimento total.

Uma vez finalizado o posicionamento do dispositivo, proceder-se-á a sua selagem por meio de calda de cimento.

As cabeças dos extensómetros serão protegidas por caixas com tampas metálicas adequadas.

O dispositivo será de leitura elétrica, o sensor de deslocamento ou transdutor, será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ), possuindo no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura  $\geq 100\text{mm}$
- Precisão  $< 0,30\%$  da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,0066\%$  da capacidade de leitura

O dispositivo será calibrado antes de ser utilizado e as leituras serão realizadas a partir da superfície. Após a realização da medição, os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

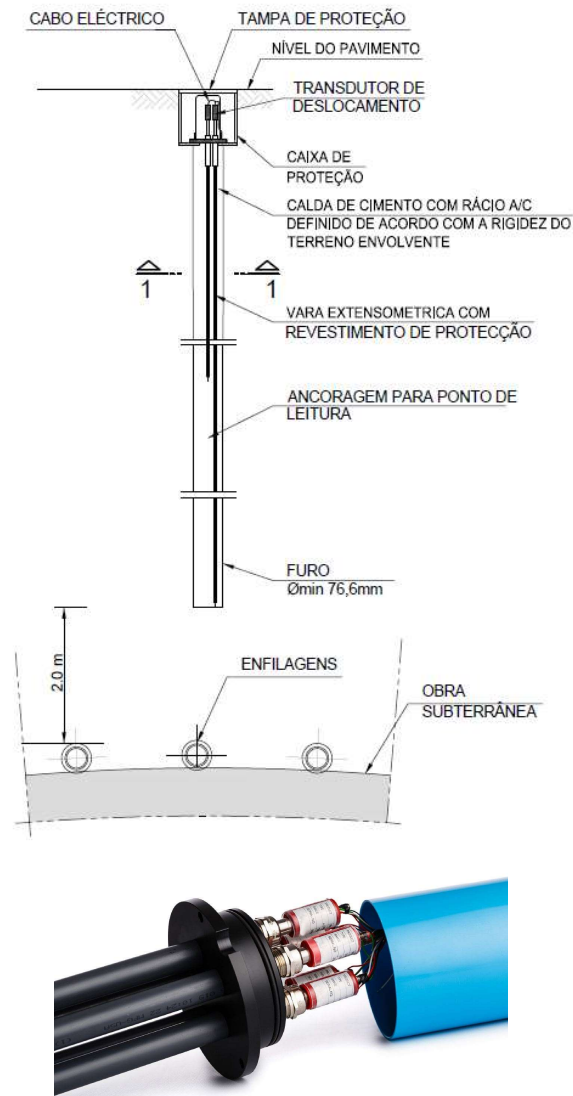


Figura 4 – Extensómetro multiponto

## 5.4 Inclinómetros

Os inclinómetros são constituídos por tubos com calhas guias nos quais, aquando da realização de leituras, é inserido um sensor deslizante que mede simultaneamente a distância percorrida no interior do tubo e a variação do ângulo entre os rolamentos do sensor.

As calhas inclinométricas serão em PVC, tipo ABS de alta resistência (com uniões entre troços de tubos adequadas), com diâmetro exterior de  $\varnothing 84$  mm e permitirão a passagem de um sensor deslizante (torpedo) dotado de pontos de referência (roletes) espaçados de 0,5 m. Este torpedo conterá dois sensores do tipo servo-acelerómetros montados com desfaseamento de  $90^\circ$ . Uma vez no interior da calha, a profundidade a que se encontra o torpedo será controlada por uma

escala graduada de 0,5 m e impressa no próprio cabo elétrico que liga o torpedo à caixa de leituras à superfície.

A execução dos inclinómetros externos aos elementos de contenção ocorrerá antes da execução de trabalhos de escavação e apenas quando finalizados os trabalhos de execução das estruturas de contenção (onde aplicável) de modo a evitar que os mesmos sejam danificados.

Uma vez finalizado o posicionamento das calhas, proceder-se-á ao preenchimento do espaço anelar entre a face exterior da calha e as paredes do furo por meio de calda de cimento com bentonite.

Os inclinómetros serão instalados no tardo das estruturas de contenção, realizando-se para tal uma furação à rotação de 101,6 mm (Figura 5).

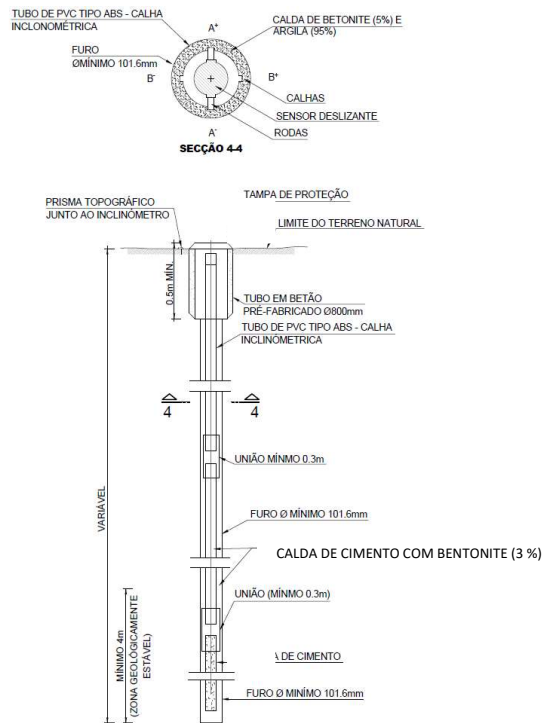


Figura 5 – Inclinómetro

Dentro das condições normais de operação, o erro máximo de cálculo da deflexão no topo de um tubo calha com 30 m de profundidade deverá ser de aproximadamente + 5 mm.

À superfície, as calhas serão protegidas através de caixas com tampas metálicas adequadas. Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

## 5.5 Sensor de nível líquido

O sensor de nível líquido permite medir deslocamentos diferenciais e totais entre diversos pontos de uma estrutura. É constituído por um conjunto de sensores de elevada precisão que medem continuamente a variação de nível de um líquido num circuito fechado. O conjunto de sensores encontra-se ligado a um depósito que constitui o nível de referência do sistema (Figura 6). Os deslocamentos totais podem ser obtidos através da soma dos deslocamentos diferenciais com os deslocamentos totais do nível de referência, no caso de este último estar sujeito a movimentos.

As leituras serão realizadas automaticamente e enviadas para a base de dados de monitorização.

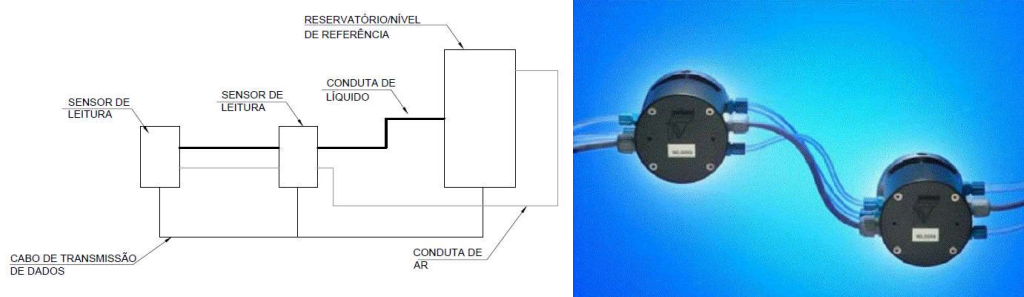


Figura 6 – Sensor de nível líquido

## 5.6 Piezómetro elétrico

Os piezómetros elétricos são constituídos por um dispositivo instalado no interior de um furo com diâmetro mínimo de 86 mm e envolto em areia de filtro na zona de resposta onde se pretende efetuar medições do nível piezométrico, sendo o restante espaço preenchido com material impermeável (trecho imediatamente acima com bentonite e os restantes trechos com calda de cimento, com bentonite). O topo dos piezómetros será protegida por caixas com tampas metálicas adequadas (Figura 7).

A leitura do nível piezométrico será obtida por meio de um transdutor de pressão de corda vibrante instalado no interior do furo. O fio elétrico virá à superfície de forma a possibilitar a ligação a um equipamento de registo de leituras e posteriormente carregados na base de dados de monitorização.

O dispositivo de leitura elétrica, possui as seguintes características:

- Capacidade de leitura: 500 kPa
- Precisão < 0,100% da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,025\%$  da capacidade de leitura

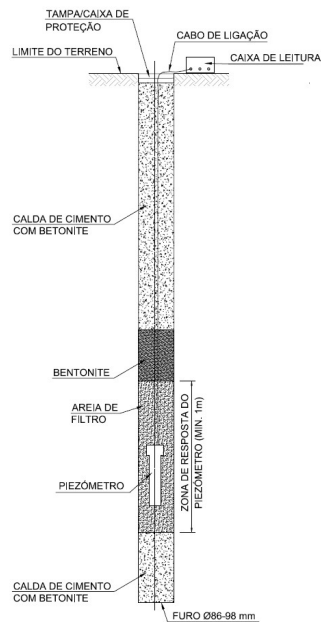


Figura 7 - Piezómetro elétrico com uma câmara

## 5.7 Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC

Os piezómetros com ponteira do tipo LNEC são um tipo de piezómetro recomendado para medição do nível de água em formações de muito baixa permeabilidade, cuja zona de resposta se localiza na extremidade inferior do piezómetro (ponteira) (Figura 8). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

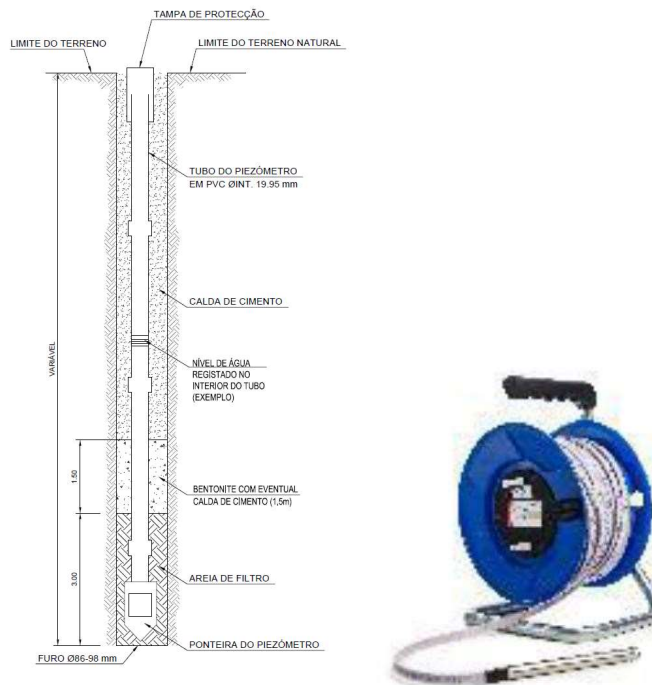


Figura 8 - Piezómetro com ponteira do tipo LNEC

## 5.8 Piezómetro do tipo Casagrande - câmara simples, dupla ou tripla

Os piezómetros do tipo Casagrande permitem a aferição de aquíferos a diferentes profundidades. São constituídos por troços tubos com 75 mm de diâmetro, solidarizados entre si através de uniões exteriores. Na zona onde se pretende efetuar a leitura do nível piezométrico esses tubos apresentam ranhuras com 4,5mm de espessura sendo a sua zona envolvente preenchida com areia (Figura 9 – piezómetro duplo). O número de tubos ou zonas de resposta dita a sua designação, ou seja de câmara simples – 1 tubo, câmara dupla – 2 tubos ou de câmara tripla – 3 tubos.

Na sua extremidade esses tubos são envoltos com geotêxtil (Figura 9). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.



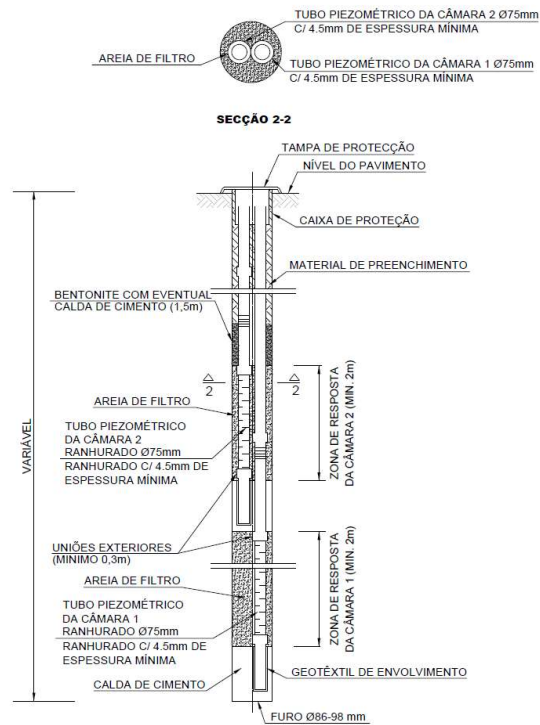


Figura 9 - Piezómetro do tipo Casagrande – Câmara dupla

## 5.9 Prisma topográfico para carril

Os prismas topográficos para carril, consistem num prisma instalado nas travessas das linhas do comboio da IP (Figura 10) ou num prisma para pavimento fixo entre os carris para as linhas da Carris (Figura 11). Este elementos permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X,Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada.

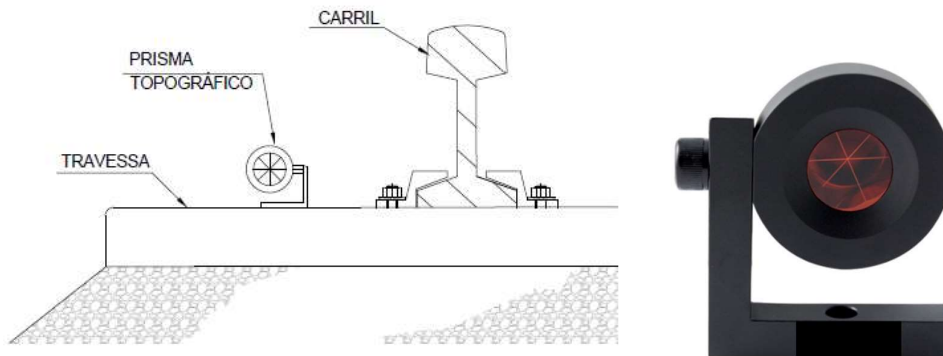


Figura 10 – Prisma topográfico para carril – Linhas IP

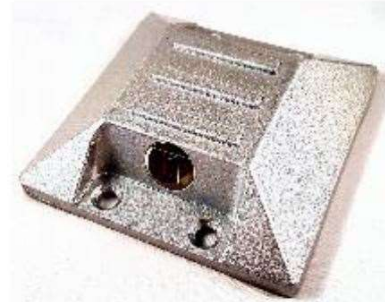
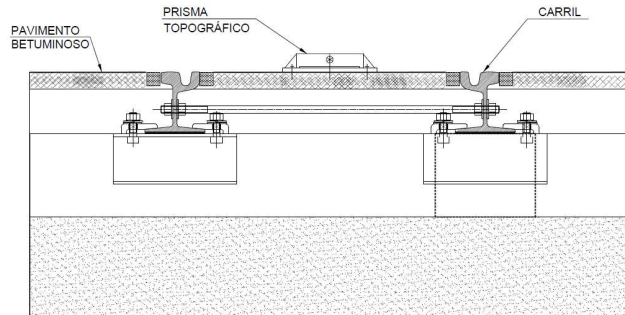


Figura 11 – Prisma topográfico para carril – Linhas Carris

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

### 5.10 Extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge*

Os extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge* permitem a medição indireta de deslocamentos muito pequenos por intermédio de sensores de corda vibrante que medem a extensão dos elementos estruturais aos quais se encontram ligados através de soldadura (Figura 12). Estes dispositivos serão instalados nas escoras metálicas que constituem a solução de travamento da contenção, permitindo medir a extensão acomodada pelas mesmas e consequentemente a força instalada aquando da execução dos trabalhos de escavação.

Deverão ser utilizados *strain-gauges* de corda vibrante, com campo de leitura não inferior a  $3000\mu\epsilon$ , resolução  $< 1,0\mu\epsilon$  e precisão de ordem inferior a  $\pm 0,5\%$  da capacidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

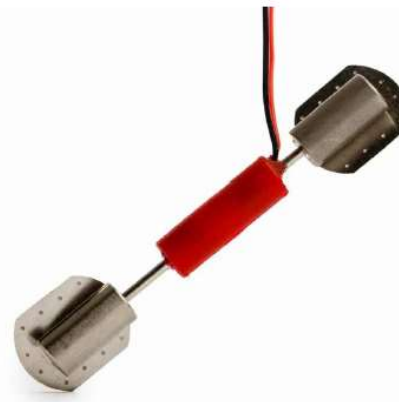
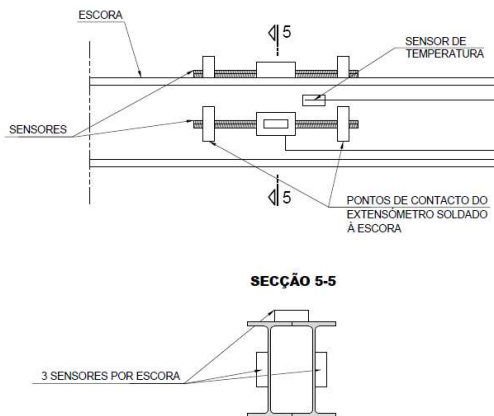


Figura 12 - Extensómetro para escoras do tipo *strain-gauge*

### 5.11 Fissurómetros

Este tipo de diapositivos permitirá acompanhar a evolução da abertura de uma determinada fissura.

Os fissurómetros a utilizar deverão ser planos e deverão permitir a realização de leituras de deslocamentos na horizontal e na vertical. Será ainda necessário que possuam capacidade resistente adequada às intempéries, devendo ser fixos de forma adequada (mecanicamente).

O seu alcance máximo será, no mínimo de 25 mm, na horizontal e 10 mm na vertical, devendo a sua resolução ser, no mínimo, de 0,1 mm (Figura 13). Para garantir esta resolução será necessário recorrer no ato da medição a uma craveira digital que se acopla ao fissurómetro.

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

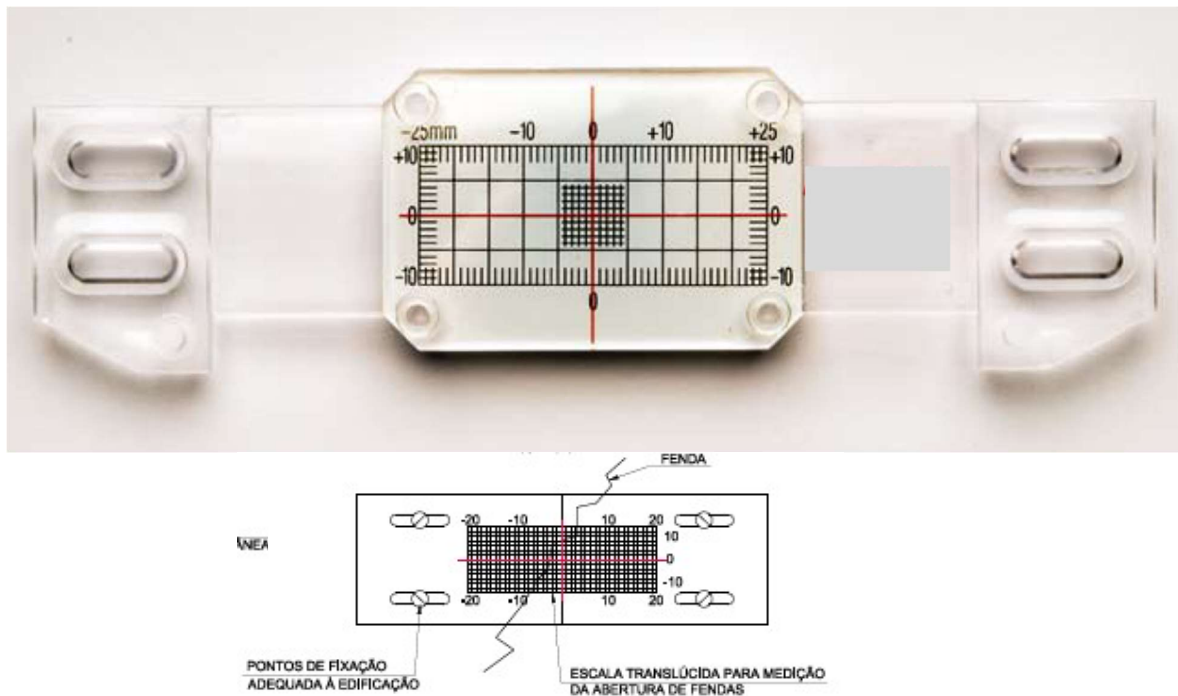


Figura 13 – Fissurómetro

### 5.12 Células de carga

O recurso a células de carga em ancoragens permitirá o acompanhamento da evolução e magnitude da tração instalada nestes elementos em fase de obra.

As células de carga a adotar nas ancoragens provisórias serão do tipo elétrico.

Em condições normais de leitura, o erro associado a estes dispositivos não deverá ultrapassar os  $\pm 0,1\%$  da capacidade máxima de leitura. A sua capacidade máxima de leitura deverá ser superior aos 1500 kN.

A instalação das células de carga será efetuada antes da realização do ensaio de receção detalhado da ancoragem. As células serão posicionadas sobre a chapa de apoio da ancoragem, sendo posteriormente colocada uma chapa metálica rígida adicional e posteriormente a placa de distribuição das cunhas.

A superfície de contacto com a célula deve estar plana e limpa. A colocação da célula deve ser criteriosa, de forma a que a mesma fique centrada com o eixo da aplicação da carga, evitando-se assim excentricidades, com consequência no rigor das leituras (Figura 14). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

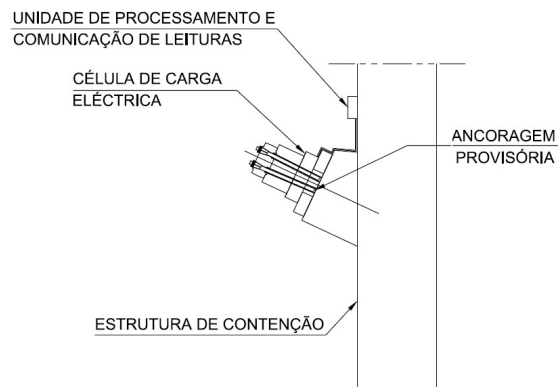


Figura 14 – Célula de carga em ancoragens

### 5.13 Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas

Face aos condicionamentos associados à necessidade de monitorizar as galerias subterrâneas durante a sua execução, a medição das convergências será materializada recorrendo a elemento ótico que permitirá, em condições mais adversas obter com maior precisão leituras de deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A instalação destes dispositivos de forma sistemática e em vários pontos de leitura em seção transversal de cada galeria a executar, permitirá ler não só os deslocamentos do ponto monitorizado, mas também criar secções de medição de convergências, através do controlo de diferentes cordas.

O sistema de fixação destes dispositivos é mecânico e deverá ser realizado ao betão projetado do suporte primário (através de resina epóxi ou de calda de cimento de presa rápida). Na sua extremidade visível a barra é roscada, de forma a permitir acoplar o prisma (Figura 15).

A sua colocação não deverá ultrapassar o primeiro dia após a realização total do suporte primário. Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

De modo a permitir a instalação dos prismas o mais rápido possível, antes que a espessura total do suporte primário esteja aplicada, serão utilizados dispositivos de proteção da fixação que permitirão proteger o elemento de fixação do prisma durante a aplicação das sucessivas camadas de betão projetado (Figura 15).



Figura 15 – Prisma de convergência

## 5.14 Sismógrafo

Preconiza-se durante a fase de construção o posicionamento de sismógrafos junto às edificações mais vulneráveis. Pretende-se o registo das velocidades e frequências de vibrações eventualmente provocadas pela execução dos trabalhos de construção (Figura 16).

As medições de vibrações serão feitas através de um geofone triaxial com uma capacidade de leitura de 2-250 Hz (janela de calibração mínima 1-160 Hz). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

No caso dos sismógrafos utilizados simultaneamente para a monitorização dos limites de integridade estrutural e de vibrações de incomodidade humana, serão adotados dispositivos com a sensibilidade necessária à monitorização dos respetivos limites (conforme Plano de Monitorização Ambiental).

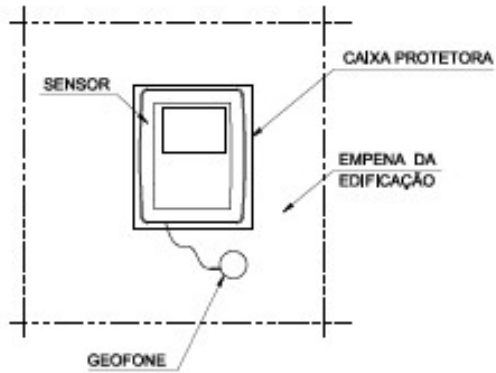


Figura 16 – Sismógrafo



### 5.15 Clinómetro

Os clinómetros permitiram a medição da variação de inclinação das paredes dos edifícios. Quando possível, estes fornecerão leituras remotamente, sendo constituídos por bases de leitura em bronze, concebidas para garantir o posicionamento preciso e repetitivo do equipamento de leitura (Figura 17).

As bases de leitura serão fixas de forma mecânica e permanente à estrutura, sendo instaladas diretamente, normalmente na vertical, ou soldadas numa chapa em T, de dimensões adequadas para permitir a sua instalação na horizontal em elementos verticais.

O equipamento de leitura será constituído por sensor instalado num elemento em aço inoxidável, permitindo a realização de leituras nas bases instaladas em superfície verticais ou horizontais, através de uma unidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre -30°C e +70°C).

O equipamento de leitura possuirá no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura:  $\pm 15^\circ$  a partir da vertical
- Resolução: 0,0013°
- Precisão: < 0,06% da capacidade máxima de leitura

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.



Figura 17 – Clinómetro

### 5.16 Prisma topográfico de referência

Para garantir a adequada leitura dos vários dispositivos topográficos instalados será necessário posicionar elementos adicionais que constituirão a sua referência. Constituem dispositivos de precisão de leitura ótica, sendo utilizados para a realização de leituras nos eixos X, Y e Z (Figura 18). À semelhança dos anteriores também estes dispositivos têm uma importância crítica na criação de uma rede de instrumentação, pois permitem ter um conjunto de coordenadas de referência invariáveis e não-suscetíveis a deslocamentos. Nesse sentido, a escolha da sua localização deve ser realizada de forma criteriosa.



Procurou-se distribuir este tipo de dispositivos de forma a garantir que possuem alcance até cerca de 200 metros, sendo necessário garantir visibilidade direta entre este elemento e aquele que se pretende ler. Cada dispositivo a ler (prisma topográfico) deverá estar referenciado, no mínimo, a 3 unidades de referência, de forma a permitir a existência de redundância e consequentemente, o controlo cruzado entre os vários dispositivos.

O prisma ótico encontra-se acoplado a uma haste metálica robusta que será adequadamente fixa à parede do elemento que será considerado como fixo.

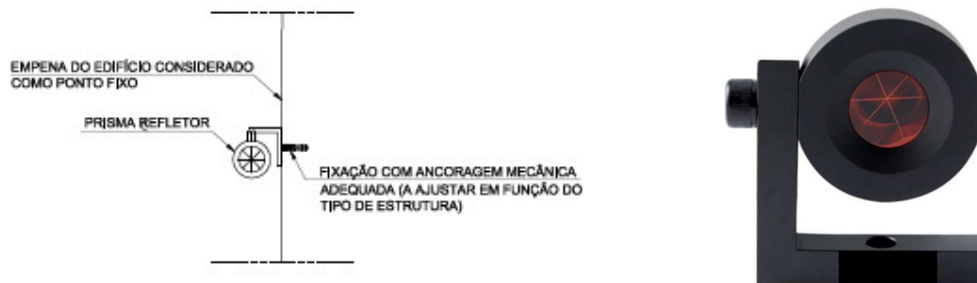


Figura 18 – Prisma topográfico de referência

### 5.17 Estação total robotizada

De forma a minimizar os erros de leitura associados serão adotadas estações totais robotizadas com precisão angular de 0,5" e precisão em distância de 0,6mm. Estas estações permitirão a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nos vários elementos que se pretende instrumentar.

A estação total será assente numa estrutura de suporte fixa a um poste ou na fachada de um edifício. O equipamento encontrar-se-á protegido por elementos antivandalismo e possuirá fonte de alimentação autónoma (Figura 19).

O sistema de referência será o Datum 73 e o referencial altimétrico o Datum Cascais (1938). Todos os trabalhos serão apoiados na rede geodésica do País. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.



Figura 19 – Estação total robotizada

## 6 FREQUÊNCIA DAS LEITURAS

A frequência de leituras foi definida tendo em consideração a frente de obra, o faseamento construtivo adotado, os cenários de risco associados a cada solução geotécnica e o tipo de dispositivos de instrumentação escolhidos.

A realização de leituras de referência permitirá aferir o comportamento base das interferências e do terreno antes do início dos trabalhos. Simultaneamente, permitirá também confirmar que os dispositivos se encontram em pleno funcionamento.

A frequência das leituras a adaptar na fase de construção e exploração são as que constam na Tabela 1, para escavações a céu aberto, e na Tabela 2 para escavações em meio subterrâneo.

**Tabela 1 Frequência de leituras – Escavações a céu aberto**

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações a céu aberto)				
Tipo de dispositivo	Fase de obra			
	Leituras de referência	Durante a realização de trabalhos de escavação	Durante a paragem de trabalhos de escavação	Após a conclusão dos trabalhos na zona
Prisma topográfico (edifícios e contenções)	Mínimo de 2 leituras num período de 2 semanas antes do início dos trabalhos de escavação; No caso das linhas desviadas provisoriamente (Carris e IP) mínimo de duas leituras antes do início da circulação.	6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Inclinómetro		Semanalmente	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Sensor de nível líquido		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetro elétrico		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetros Tipo Casagrande		Semanalmente	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico para carril		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro de corda vibrante para perfis de aço (escoras metálicas)		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Fissurómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Célula de carga elétrica		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – ancoragens desativadas
Prisma de convergência		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês
Sismógrafo		1 leitura por hora	1 leitura por hora	Não aplicável
Clinómetro ( <i>tiltmeter</i> )		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês

**Tabela 2 Frequência de leitura – Escavações subterrâneas**

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações subterrâneas)				
Tipo de instrumento	Fase de obra			
	Distância relativa à frente de escavação			
	< 20 m	20 - 60 m	60 - 100 m	> 100 m
Prisma topográfico (edifícios)	6 leituras diárias	Cada 2 dias	Semanalmente	Quinzenalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)	6 leituras diárias			
Clinómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Piezómetro elétrico	6 leituras diárias	Cada 2 dias		
Piezómetros	Semanalmente	Semanalmente		
Fissurómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Sismógrafo	1 leitura por hora	1 leitura por hora	1 leitura por hora	
Prisma de convergência	Diariamente	Cada 2 dias	Cada 2 dias	
Extensómetro	Diariamente			
Inclinómetro	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	
Inspeção visual – suporte primário	Diariamente			

---

## 7 CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA

### 7.1 Critérios de alerta e alarme

O estabelecimento dos limites de alerta e alarme para as grandezas medidas pelos dispositivos de instrumentação e observação, tem por objetivo antecipar a ocorrência dos cenários de risco e assim reduzir o risco de existência de danos nas estruturas a executar e nas interferências existentes.

Os valores a adotar nos limites de alerta e alarme para os vários dispositivos de instrumentação têm como ponto de partida a previsão dos resultados esperados, obtidos a partir dos modelos de cálculo. Estes valores constituíram os limites de referência.

Entende-se como limite de alerta um primeiro estágio, onde os valores medidos nos sistemas de instrumentação são um pouco superiores aos de referência. Considera-se um estado de alarme quando a evolução dos valores medidos apresenta uma velocidade/variação no tempo acentuada, sendo em muito superior aos valores de referência.

Caso sejam atingidos os valores estabelecidos para os níveis de alerta, será obrigatório fazer uma análise da evolução das leituras, para se poder encarar atempadamente a aplicação de medidas de contingência.

Uma vez estimados, os efeitos nas interferências foram analisados seguindo a metodologia da avaliação de danos. Em conformidade com os resultados desta análise, foram estabelecidos limites de alerta e alarme que permitam de forma controlada e atempada evitar que a deformação induzida pelos assentamentos nas interferências exceda a Categoria 2 de danos do método de Burland.

Em fase de Projeto de Execução estes valores poderão ter que ser ajustados, função do desenvolvimento do projeto no que respeita aos resultados obtidos no plano de prospeção complementar atualmente em curso e nos resultados dos modelos de cálculo. A abordagem será definir um valor de referência baseado nos resultados dos modelos de cálculo e caracterizar os cenários de alerta e alarme como uma percentagem desse valor.

Os diagramas que descrevem as ações a adotar encontram-se no Anexo 12.1.

## 8 SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO

Será implementado um sistema de recolha de dados automático que realiza leituras através de equipamentos automatizados/robotizados e os envia para a base de dados de consulta e gestão de dados de monitorização.

Para a recolha de dados topográficos, o sistema é baseado numa rede de estações totais robotizadas que periodicamente realizam a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nas estruturas tais como edificações e contenções, e os envia através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Sempre for possível os dados dos dispositivos serão recolhidos automaticamente e enviados através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Para os restantes dispositivos, os dados serão recolhidos por equipas que se deslocarão ao local onde os mesmos se encontram instalados, sendo os mesmos posteriormente carregados na base de dados.

O acesso à base de dados pode ser realizado através de uma página de internet que permite a consulta da informação associada a cada dispositivo, com base em esquemas onde é indicada a localização aproximada de cada dispositivo (Figura 20).



Figura 20 – Interface de acesso aos dados de monitorização

A base de dados de consulta e gestão consiste numa aplicação informática que recorre a servidores remotos, que permitirão o acesso controlado em qualquer momento aos dados recolhidos. A gestão de dados permite que os mesmos sejam processados de modo a poderem ser calculados mapas de isolinhas de assentamento, taxas de deformação, rotações e distorções (Figura 21).

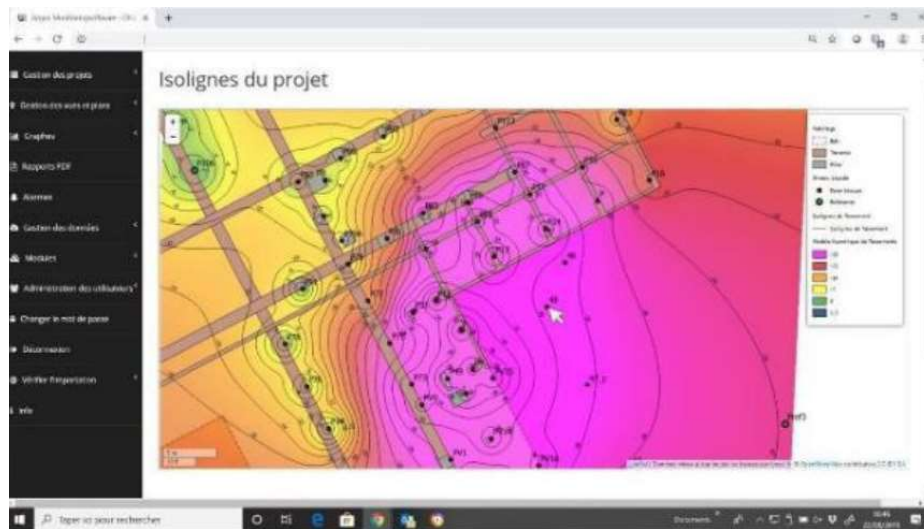


Figura 21 – Processamento de dados de monitorização

Adicionalmente, o sistema permite a incorporação de alertas automáticos baseados em valores pré-estabelecidos e o envio automático de notificações aos utilizadores (Figura 22).



Figura 22 – Módulo de definição de limites de alerta e alarme



---

## 9 RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO

Serão apresentados relatórios periódicos (diários) enviados por email com um resumo da informação de monitorização relevante para a análise da evolução do comportamento das estruturas. Neste relatório será apresentado o estado de cada dispositivo instalado relativamente ao limite de alerta e alarme definido.

Dado o número de dispositivos incluídos no plano de observação tentará evitar-se relatórios demasiado extensos. Os dados completos de todos os dispositivos estarão disponíveis em formato digital na base de dados para consulta e gestão de dados de monitorização (ver ponto 8).

## 10 PLANO DE CONTINGÊNCIA

O plano de contingência tem por objetivo definir os procedimentos a seguir para a gestão de um potencial cenário de risco, com vista à eliminação ou mitigação das suas consequências.

Estes procedimentos definem as ações e as entidades responsáveis pela sua execução e incluem, genericamente, as seguintes ações:

- Recolha e análise de informação obtida a partir dos dispositivos de instrumentação;
- Identificação do cenário de risco;
- Implementação de medidas de mitigação.

Os procedimentos definidos no contexto do presente Plano de Instrumentação e Observação iniciam-se com a excedência dos limites de alerta, referência e alarme. Não obstante, poderão desenvolver-se cenários de risco não-previstos em que não existindo um dispositivo de instrumentação para o qual os limites a este atribuídos foram excedidos, deva ser relevante declarar a excedência de um determinado limite, em resultado de um conjunto de observações indiciadoras de um potencial cenário de risco (i.e. observação visual de deformações excessivas em elementos não-instrumentados).

Os diagramas que descrevem os procedimentos adotar encontram-se no Anexo 12.2.

---

## 11 REQUISITOS PARTICULARES DO SISTEMA DE OBSERVAÇÃO EM INTERFERÊNCIAS

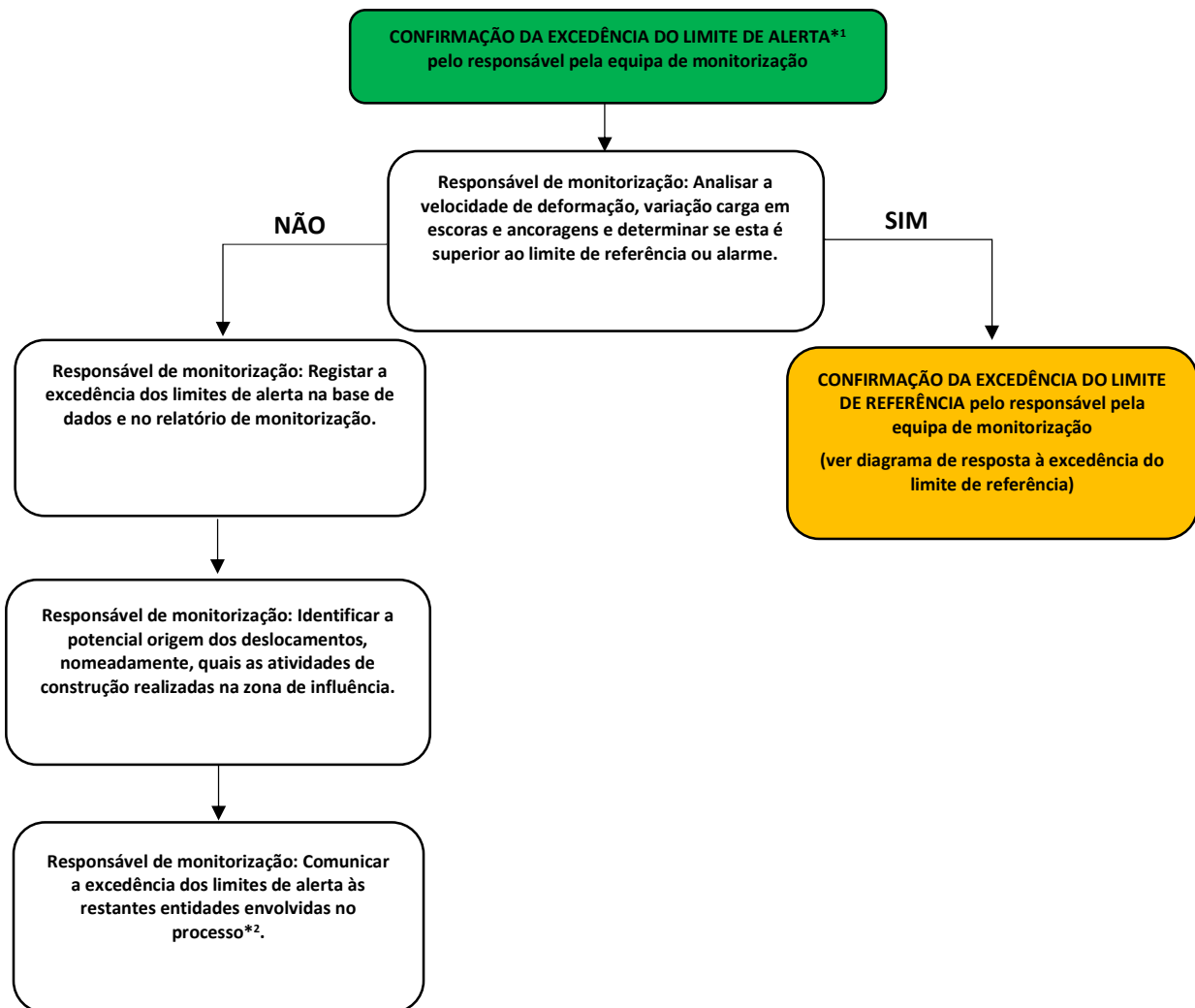
### 11.1 Monitorização de captações de água

No que se refere ao impacto das obras de escavação nos níveis de água de captações existentes na zona de influência dos trabalhos, todos os piezómetros a instalar em redor da obra terão níveis de alerta, referência e alarme indicados. Serão também definidas medidas de mitigação, de referência, a implementar caso o nível de alerta seja excedido.

## 12 ANEXOS

### 12.1 Anexo A - Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência

DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALERTA



**NOTAS:**

1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 80% dos valores estimados em fase de projeto.

DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE REFERÊNCIA

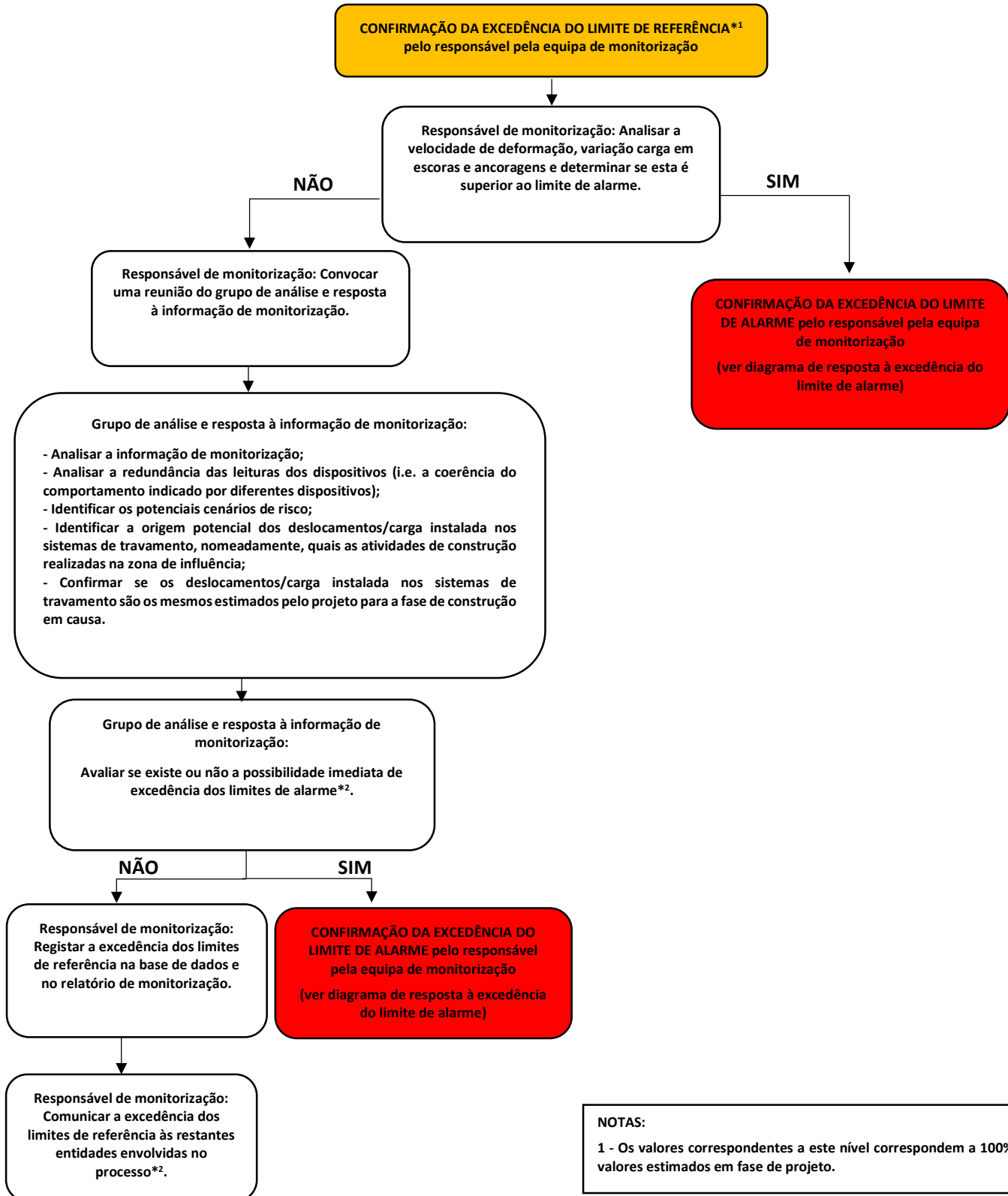
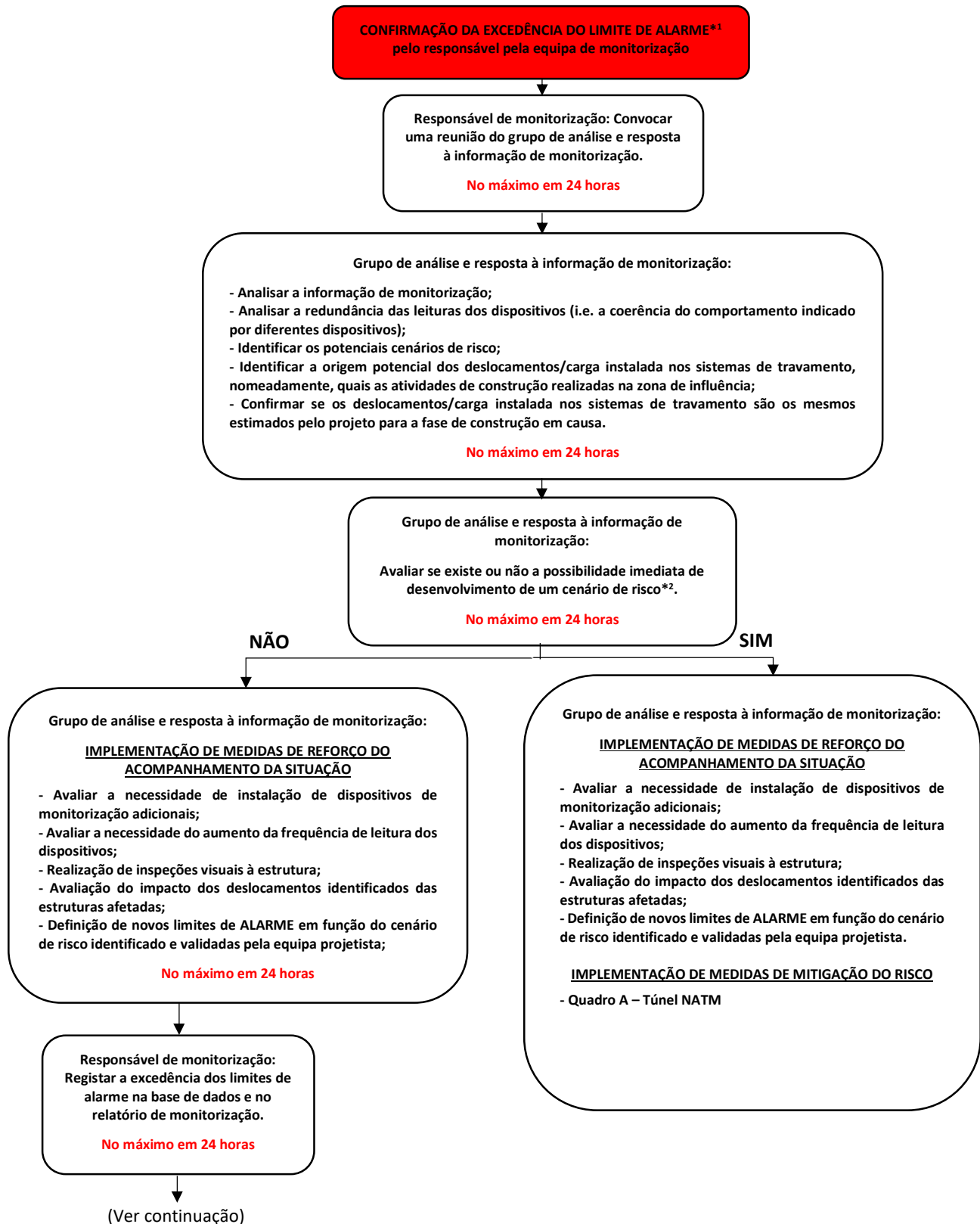


DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALARME



(Continuação)



**Responsável de monitorização:**  
**Comunicar a excedência dos**  
**limites de alarme às restantes**  
**entidades envolvidas no**  
**processo\*<sup>3</sup>.**

**No máximo em 24 horas**

**NOTAS**

- 1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 130% dos valores estimados em fase de projeto.
- 2 - As medidas de mitigação correspondentes à interrupção da obra, isolamento de áreas, evacuação da superfície, interrupção de serviços de drenagem/abastecimento/telecomunicações e interrupção da circulação rodoviária/ferroviária, deverão ser implementadas quando se considere não existir tempo suficiente para a implementação de medidas de mitigação de risco ou risco demasiado elevado.

## 12.2 Anexo B - Medidas de atuação/ plano de contingência

### Quadro A – Túnel NATM

As medidas abaixo indicadas deverão ser avaliadas em função do cenário de risco identificado e validadas pela equipa projetista:

- Redução da distância de avanço de escavação;
- Aumento da densidade de pregagens de fibra de vidro na frente de escavação;
- Realização de chapéu de enfilagens nos avanços intermédios;
- Realização de furos de drenagem adicionais na frente e/ou nos hasteais;
- Aplicação de betão projetado na frente de escavação;
- Aumento da parcialização da escavação da frente;
- Inclusão de rede electrossoldada entre cambotas;
- Realização de injeções de selagem;
- Aterro da frente de escavação.



## Registo e Controlo de Alterações

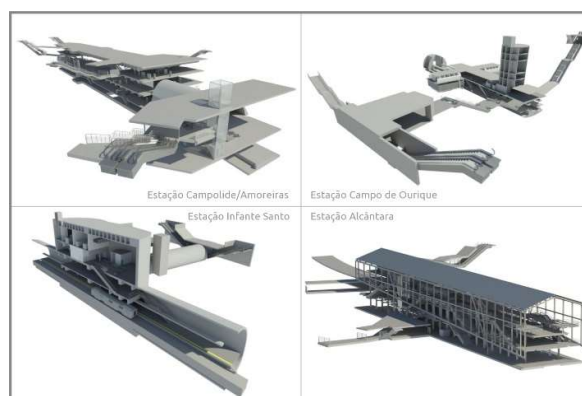
Revisão	Data	Descrição
0	2024-10-10	Emissão inicial

# METRO DE LISBOA

## PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

#### PROJETO DE EXECUÇÃO



#### TOMO I

#### VOLUME 40 - PLANO DE OBSERVAÇÃO – T84

#### MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE INS TUN T84 MD 087001 0		
	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	Francisco Bernardo Pedro Nogueira		2024-10-10
Revisto	Sandra Ferreira		2024-10-10
Verificado	Rui Rodrigues		2024-10-10
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-10
Aprovado			
	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Gestor Projeto	Raúl Pistone		2024-10-10

## Índice

1	OBJETIVO E ÂMBITO .....	4
2	CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO .....	5
3	GRANDEZAS A MEDIR.....	8
3.1	Escavações subterrâneas .....	8
3.2	Edificações .....	9
4	LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO .....	10
5	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA.....	10
5.1	Prisma topográfico para edifícios e contenções.....	10
5.2	Prisma topográfico para pavimento .....	11
5.3	Extensómetro multiponto.....	11
5.4	Inclinómetros .....	13
5.5	Sensor de nível líquido.....	15
5.6	Piezómetro elétrico.....	15
5.7	Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC.....	16
5.8	Piezómetro do tipo Casagrande - câmara simples, dupla ou tripla .....	17
5.9	Prisma topográfico para carril .....	18
5.10	Extensómetros para escoras do tipo <i>strain-gauge</i> .....	19
5.11	Fissurómetros .....	20
5.12	Células de carga .....	20
5.13	Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas .....	21
5.14	Sismógrafo .....	22
5.15	Clinómetro .....	24
5.16	Prisma topográfico de referência .....	24
5.17	Estação total robotizada .....	25
6	FREQUÊNCIA DAS LEITURAS.....	26
7	CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	29
7.1	Critérios de alerta e alarme .....	29
8	SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO .....	30

---

9	RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO .....	32
10	PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	32
11	REQUISITOS PARTICULARES DO SISTEMA DE OBSERVAÇÃO EM INTERFERÊNCIAS.....	33
11.1	Monitorização de captações de água .....	33
12	ANEXOS .....	34
12.1	Anexo A - Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência.....	34
12.2	Anexo B - Medidas de atuação/ plano de contingência .....	38

## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Anteprojeto**, da **Memória Descritiva e Justificativa do Plano de Observação**, desenvolvida no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do Tomo II do **Volume 2 – T84**.

Neste documento incluem-se as obras subterrâneas, as escavações a céu aberto e as edificações ao longo do limite da área de influência da obra (25 m do limite da infraestrutura).

A elaboração do Plano de Observação de uma obra é condicionado pelas características específicas de cada estrutura, nas quais se incluem as condições da fundação, a ocupação à superfície, as características dos materiais utilizados, os métodos construtivos e, ainda, os critérios adotados no seu dimensionamento. Além destes parâmetros diretamente relacionados com as estruturas devem ser igualmente consideradas as ações exteriores, os valores humanos e os danos materiais envolvidos na ocorrência de uma eventual rotura.

O Plano de Observação envolve a definição de um sistema de observação e dos critérios para a sua exploração e visa a interpretação do comportamento e a avaliação das condições de segurança das várias frentes de obra existentes durante toda a fase de construção. Deste modo, será possível interpretar o comportamento da obra nas suas diferentes fases de construção, com base nos resultados de observação, permitindo aferir os pressupostos admitidos no projeto, ao nível dos condicionamentos geológico, geotécnicos e hidrogeológicos do local, dos métodos de cálculo, dos critérios de projeto e consequente verificação da funcionalidade da obra.

O Plano de Observação deve ser considerado como uma peça "dinâmica" e que, por isso, deverá ser atualizado, podendo sofrer algumas adaptações decorrentes da evolução dos processos construtivos, da estratégia construtiva a implementar, e de eventuais particularidades e/ou informações entretanto obtidas.

O Plano de Observação é definido para as estruturas a executar e para a sua envolvente. A parte correspondente às estruturas a construir será definida, onde aplicável, em cada Tomo, para cada volume específico de cada tomo. Os dispositivos de instrumentação a aplicar nas interferências e infraestruturas existentes na vizinhança da obra encontram-se definidos nos volumes do Tomo II correspondentes aos troços de túnel, abrangendo, quando aplicável, a zona da estação mais próxima.

## 2 CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO

O recurso a instrumentação e observação permitirá realizar o controlo proactivo e sistemático dos trabalhos através da observação dos parâmetros que influenciam o desenvolvimento da obra, com o fim de verificar as hipóteses de projeto e, onde necessário, adaptá-lo antecipadamente de forma a garantir, sem subestimar a segurança, o cumprimento dos tempos de execução, a gestão das aleatoriedades e dos imprevistos no contexto geológico, geotécnico e hidrogeológico em que a obra se insere.

Esta abordagem dinâmica possibilita o controlo e a adaptação atempada das soluções e consequente minimização do risco geotécnico da obra (Figura 1).

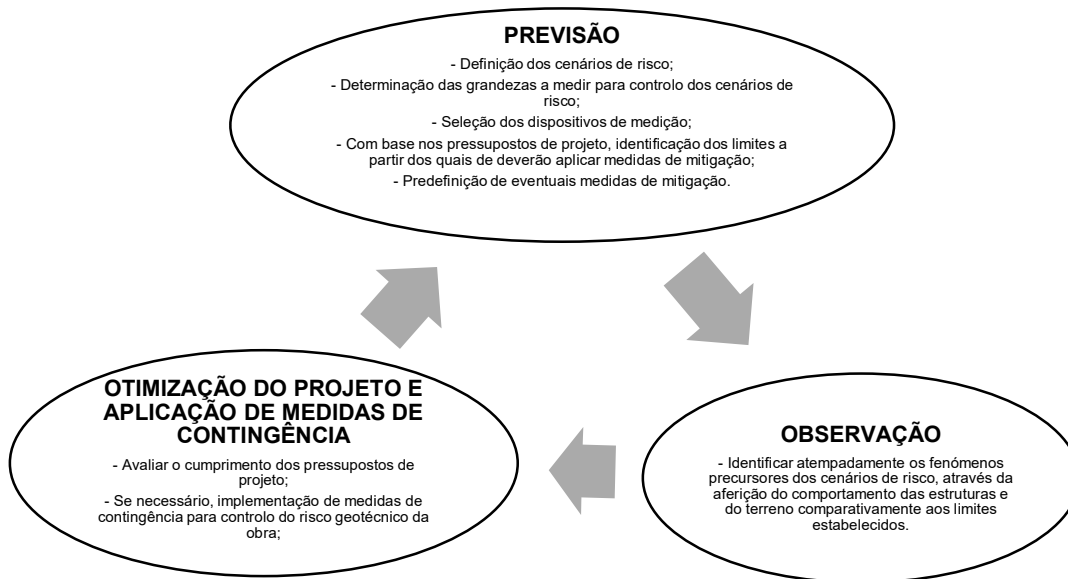


Figura 1 – Abordagem geral do Plano de Observação

O sistema de observação proposto é constituído por instrumentos de provada confiabilidade e de uso corrente em obras similares. Todos os dispositivos de instrumentação e observação serão adequadamente protegidos de forma a evitar que sejam danificados durante a execução da obra.

A realização de leituras de instrumentação e observação de carater topográfico pressupõe o recurso a elementos de referência adequados, posicionados numa zona da obra que não sofra perturbações e a uma distância tal que o erro de leitura associado seja mínimo.

A adequada instalação dos dispositivos de instrumentação tem uma importância estratégica para o correto desempenho do sistema de observação, em particular, para aqueles instrumentos que uma vez instalados não ficam acessíveis.

As técnicas e procedimentos de instalação dos vários dispositivos serão sempre executadas de acordo com as indicações dos fabricantes e fornecedores.

Toda a instrumentação irá ser instalada com a devida antecedência em relação ao início dos trabalhos para se conseguirem adequadas leituras de referência. Durante a fase de obra, serão realizadas leituras com a frequência necessária para garantir um atempado reconhecimento dos fenómenos precursores dos cenários de risco e eficaz aplicação de medidas de contingência. Após a conclusão dos trabalhos, realizar-se-ão leituras que permitam confirmar o comportamento previsto das estruturas e do terreno.

A redundância da instrumentação constituirá um aspeto importante para aumentar a confiança no sistema e permitir um controlo adequado e fidedigno.

No enquadramento anterior, o sistema de observação foi definido para as diferentes obras associadas ao projeto cujo acompanhamento do comportamento se julga necessário. Neste documento abordar-se-á a instrumentação associada aos túneis NATM, nomeadamente:

- Troço 81, 82, 83, 84 e 85;
- Tímpano de São Sebastião (OE1);
- Túnel da Via de Resguardo 1 (OE3);
- Túnel da Via de Resguardo 2 (OE4);
- Túnel Término da Via de Resguardo 3 (OE7).

Para cada um destes locais, os sistemas de observação preconizados atendem às diferentes fases da obra.

Resumidamente os dispositivos de medição preconizados para cada frente de obra são os apresentados no Quadro 1.



**Quadro 1 – Dispositivos de medição preconizados para a obra**

FRENTE DE OBRA	PRISMA TOPOGRÁFICO (EDIFÍCIOS E CONTENÇÕES)	PRISMA TOPOGRÁFICO (PAVIMENTOS)	EXTENSÓMETRO MULTIPONTO	INCLINÓMETRO	SENSOR DE NÍVEL LÍQUIDO	PIEZÓMETRO ELÉTRICO	PEIZÓMETRO TIPO CASAGRANDE	PRISMA TOPOGRÁFICO PARA CARRIL	EXTENSÓMETRO DE CORDA VIBRANTE PARA ESCORAS DE AÇO	FISSURÓMETRO (EDIFÍCIOS)	CÉLULA DE CARGA ELÉTRICA PARA ANCORAGENS COM STRAIN GAUGES	PRISMA DE CONVERGÊNCIA	SISMÓGRAFO (EDIFÍCIOS)	CLINÓMETRO (TILTMETER)	PRISMA TOPOGRÁFICO DE REFERÊNCIA	ESTAÇÃO TOTAL ROBOTIZADA (EDIFÍCIOS)
Túnel Troço 81, 82, 83, 84 e 85	X	X	X			X	X			X		X	X		X	X
Tímpano de São Sebastião (OE1)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel da Via de Resguardo 1 (OE3)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel da Via de Resguardo 2 (OE4)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel Término da Via de Resguardo 3 (OE7)	X	X	X			X	X			X		X	X		X	X

Nos pontos subsequentes descrevem-se os sistemas de observação para as diferentes estruturas e nas peças desenhadas apresenta-se a sua implantação de princípio, que poderá ser adaptada em função da evolução do projeto, quer no que se refere ao número, quer no que se refere à disposição dos aparelhos de medição.

### 3 GRANDEZAS A MEDIR

De um modo geral as grandezas a medir serão:

- Medições de deslocamentos verticais e horizontais e convergências no interior de galerias subterrâneas recorrendo a prismas topográficos.
- Medição da inclinação dos edifícios recorrendo a clinómetros.
- Medição da abertura de fendas em edifícios, utilizando fissurómetros.
- Medições de deslocamentos verticais internos do maciço e à superfície, com extensómetros multiponto.
- Medição de deslocamentos horizontais em profundidade através de inclinómetros.
- Medições de deslocamentos verticais e horizontais nos pavimentos e carris utilizando prismas de pavimento e de carris.
- Medições dos níveis piezométricos recorrendo a piezómetros do tipo Casagrande (com uma ou várias câmaras) e elétricos.
- Variações de tração instalada nas ancoragens através de células de carga elétricas.
- Medição de vibrações induzidas recorrendo a sismógrafos.
- Medições de deslocamentos axiais de elementos estruturais recorrendo a extensómetros (tipo *strain gauges*).
- Medição de deslocamentos de precisão na estrutura interior de edifícios, utilizando sensores de nível líquido.

#### 3.1 Escavações subterrâneas

A avaliação da evolução do comportamento das obras subterrâneas será realizada através do registo dos deslocamentos do terreno e observação de eventuais fissurações no revestimento primário. Para tal serão criadas secções de medição de convergências e deslocamentos, onde serão instalados, em geral, 3 prismas para secções cuja maior dimensão seja menor ou igual a 10 m e 5 prismas para secções com a maior dimensão superior a 10 m. Para a secções com 3 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 1 em cada hasteal, que permitirão para além dos deslocamentos nesses pontos, o controlo de 3 cordas diferentes. Para a secções com 5 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 2 em cada hasteal, acima e abaixo do eixo da galeria, que permitirão o controlo de 6 cordas diferentes.

No terreno e à superfície serão executados extensómetros multiponto, inclinómetros e prismas topográficos no pavimento, em carris e em edifícios.

Em geral, no que diz respeito às grandezas a observar, para além dos deslocamentos será também avaliada a variação/presença de água através da instalação de piezómetros.

---

As ações relacionadas com a presença e escoamento de água nas escavações subterrâneas serão controladas pela observação sistemática dos caudais afluentes. Quando necessário, assumem particular destaque aos drenos longitudinais realizados em avanço da escavação, que permitirão antever as condições hidrogeológicas do terreno a escavar.

## 3.2 Edificações

Para o controlo das edificações próximas às obras será implementado um sistema de monitorização composto por:

- Prismas topográficos para o controlo dos deslocamentos dos edifícios.
- Sismógrafos para o controlo das vibrações induzidas pela execução das obras.
- Clinómetros para o controlo das inclinações.
- Fissurómetros para o controlo de eventuais fissuras presentes nas edificações.

A adoção de medidas de observação permitirá em fase de obra monitorizar os movimentos ocorridos em interferências e, se necessário, tomar medidas de minimização dos movimentos das estruturas e conseqüentemente reduzir os riscos humanos e materiais associados a estes movimentos. Assim sendo, foram estabelecidos dois níveis de observação (I e II), que se diferenciam, respetivamente, pela complexidade crescente da instrumentação instalada e pela frequência de leitura a realizar.

- Observação Nível I – Monitorização recorrendo essencialmente a prismas topográficos;
- Observação Nível II – Monitorização recorrendo prismas topográficos a clinómetros, fissurómetros e sismógrafos.

Note-se que os sismógrafos devem ser instalados o mais próximo possível às fundações das edificações e que os fissurómetros devem ser instalados apenas em caso de presença de fissuras.

---

## 4 LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

A necessidade observação da zona de intervenção, em particular do comportamento do terreno, dos elementos estruturais das contenções, suporte primário dos túneis e das interferências, obriga à implementação de um sistema de monitorização integrado que interfira o menos possível com as atividades de construção. Em simultâneo, dado que a obra se insere em meio urbano, é fundamental coordenar o posicionamento dos dispositivos com os condicionamentos existentes.

A localização proposta para os aparelhos citados encontra-se representada nas peças desenhadas. O posicionamento definitivo da instrumentação prevista poderá eventualmente ter que ser ajustado, dependendo das condições existentes no local.

Sempre que possível, irão utilizar os piezómetros executados nas campanhas de prospeção geotécnica e hidrogeológica complementares.

O critério para a instalação de equipamentos de observação em interferências, nomeadamente a observação Nível I, resulta da Avaliação de Danos descrita em documento autónomo.

## 5 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARATERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA

Nos subcapítulos subsequentes encontram-se descritas sumariamente, as caraterísticas dos vários dispositivos de instrumentação e observação. Essas caraterísticas constituem um complemento às especificações técnicas do Metro (ET- 208 – PP INS ET 208).

### 5.1 Prisma topográfico para edifícios e contenções

Os prismas topográficos para edifícios e contenções consistem num elemento fixo na sua fachada ou nos elementos estruturais das contenções e permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada (Figura 2).

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada, com base em pontos estáveis, materializados através do mesmo tipo de dispositivos, localizados fora da zona de influência das obras a executar. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

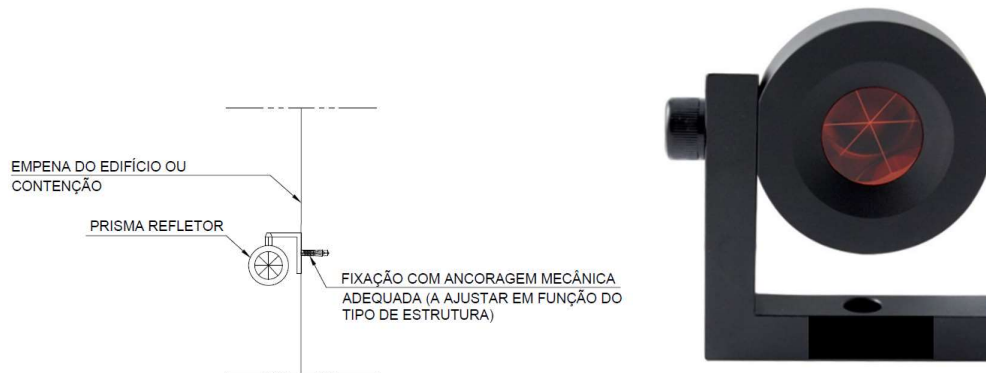


Figura 2 – Prisma topográfico para edifícios e contenções

## 5.2 Prisma topográfico para pavimento

Os prismas topográficos para pavimento consistem num elemento adequadamente fixo ao pavimento com elevada resistência ao tráfego pedonal e rodoviário, materializado por meio de uma placa metálica que permite a realização leituras dos deslocamentos verticais.

As leituras serão efetuadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.



Figura 3 - Prisma topográfico para pavimento

## 5.3 Extensómetro multiponto

Os extensómetros permitem o controlo dos deslocamentos verticais em profundidade e encontram-se definidos nas seções de monitorização onde também estão previstas medições de deslocamentos e convergências no interior das galerias subterrâneas (Figura 4).

Os extensómetros terão 1 ou 2 ancoragens fixadas a diferentes profundidades. O sensor de deslocamento deverá ser do tipo corda vibrante dotado com sensor de temperatura.

Do conjunto deste dispositivo deverá fazer parte integrante:

- Barras/varas em aço inoxidável ou fibra de vidro

- 
- Ancoragem (injetável com calda de cimento ou tipo *packer*)
  - Bainha de encamisamento das barras/varas
  - Cabeça de referência do elétrico

O extensómetro será instalado em furo previamente executado de diâmetro, no mínimo, de  $\varnothing 76$  mm (furação destrutiva), que terá um comprimento superior à profundidade de instalação de cerca de 1,00 m.

As cabeças dos extensómetros deverão ser equipadas com um prisma topográfico que permita obter as leituras à superfície. Aos valores das leituras das ancoragens deverão ser adicionados os assentamentos de superfície obtidos através dos prismas.

Os componentes serão montados de acordo às indicações do fabricante e instalados no furo nas cotas previstas função do seu comprimento total. Existirá uma ancoragem na extremidade correspondente à base do furo e uma segunda a 1/3 do seu comprimento total.

Uma vez finalizado o posicionamento do dispositivo, proceder-se-á a sua selagem por meio de calda de cimento.

As cabeças dos extensómetros serão protegidas por caixas com tampas metálicas adequadas.

O dispositivo será de leitura elétrica, o sensor de deslocamento ou transdutor, será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ), possuindo no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura  $\geq 100\text{mm}$
- Precisão  $< 0,30\%$  da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,0066\%$  da capacidade de leitura

O dispositivo será calibrado antes de ser utilizado e as leituras serão realizadas a partir da superfície. Após a realização da medição, os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

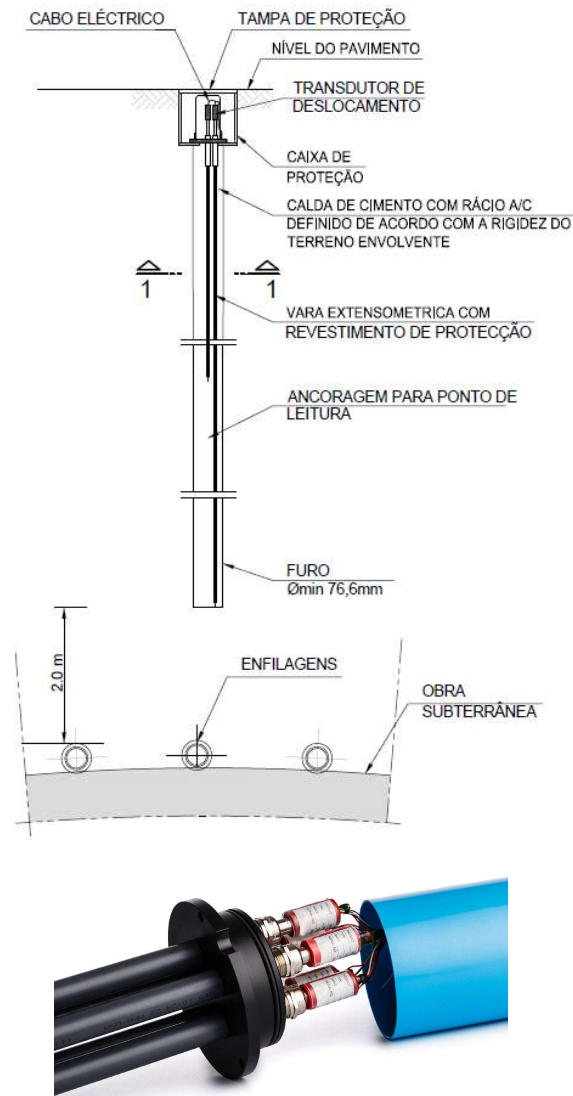


Figura 4 – Extensómetro multiponto

## 5.4 Inclinómetros

Os inclinómetros são constituídos por tubos com calhas guias nos quais, aquando da realização de leituras, é inserido um sensor deslizante que mede simultaneamente a distância percorrida no interior do tubo e a variação do ângulo entre os rolamentos do sensor.

As calhas inclinométricas serão em PVC, tipo ABS de alta resistência (com uniões entre troços de tubos adequadas), com diâmetro exterior de  $\varnothing 84$  mm e permitirão a passagem de um sensor deslizante (torpedo) dotado de pontos de referência (roletes) espaçados de 0,5 m. Este torpedo conterá dois sensores do tipo servo-acelerómetros montados com desfaseamento de  $90^\circ$ . Uma vez no interior da calha, a profundidade a que se encontra o torpedo será controlada por uma





## 5.5 Sensor de nível líquido

O sensor de nível líquido permite medir deslocamentos diferenciais e totais entre diversos pontos de uma estrutura. É constituído por um conjunto de sensores de elevada precisão que medem continuamente a variação de nível de um líquido num circuito fechado. O conjunto de sensores encontra-se ligado a um depósito que constitui o nível de referência do sistema (Figura 6). Os deslocamentos totais podem ser obtidos através da soma dos deslocamentos diferenciais com os deslocamentos totais do nível de referência, no caso de este último estar sujeito a movimentos.

As leituras serão realizadas automaticamente e enviadas para a base de dados de monitorização.

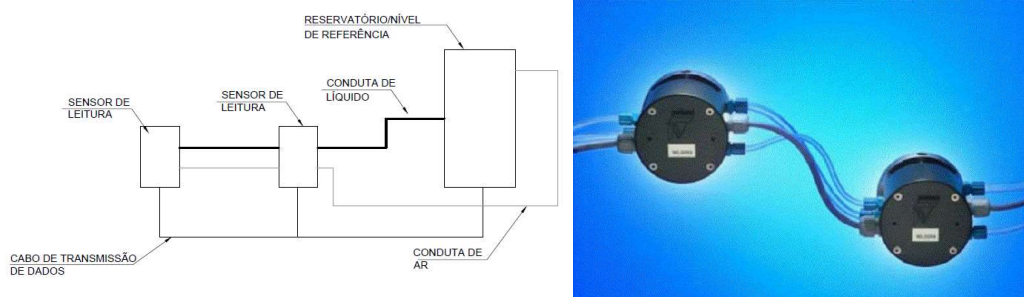


Figura 6 – Sensor de nível líquido

## 5.6 Piezómetro elétrico

Os piezómetros elétricos são constituídos por um dispositivo instalado no interior de um furo com diâmetro mínimo de 86 mm e envolto em areia de filtro na zona de resposta onde se pretende efetuar medições do nível piezométrico, sendo o restante espaço preenchido com material impermeável (trecho imediatamente acima com bentonite e os restantes trechos com calda de cimento, com bentonite). O topo dos piezómetros será protegida por caixas com tampas metálicas adequadas (Figura 7).

A leitura do nível piezométrico será obtida por meio de um transdutor de pressão de corda vibrante instalado no interior do furo. O fio elétrico virá à superfície de forma a possibilitar a ligação a um equipamento de registo de leituras e posteriormente carregados na base de dados de monitorização.

O dispositivo de leitura elétrica, possui as seguintes características:

- Capacidade de leitura: 500 kPa
- Precisão < 0,100% da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,025\%$  da capacidade de leitura

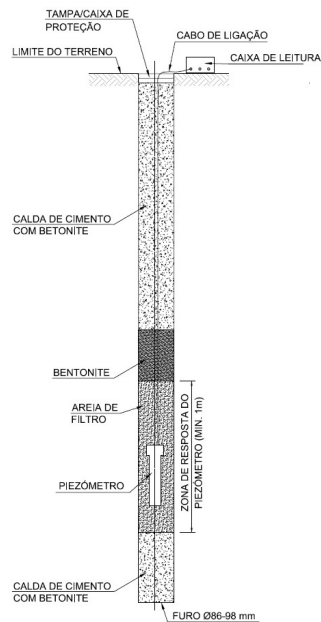


Figura 7 - Piezómetro elétrico com uma câmara

## 5.7 Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC

Os piezómetros com ponteira do tipo LNEC são um tipo de piezómetro recomendado para medição do nível de água em formações de muito baixa permeabilidade, cuja zona de resposta se localiza na extremidade inferior do piezómetro (ponteira) (Figura 8). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

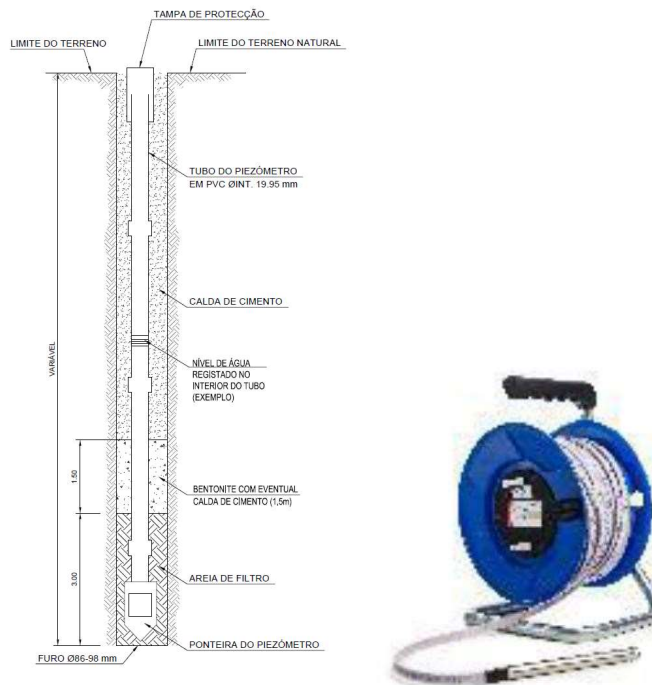


Figura 8 - Piezómetro com ponteira do tipo LNEC

## 5.8 Piezómetro do tipo Casagrande - câmara simples, dupla ou tripla

Os piezómetros do tipo Casagrande permitem a aferição de aquíferos a diferentes profundidades. São constituídos por troços tubos com 75 mm de diâmetro, solidarizados entre si através de uniões exteriores. Na zona onde se pretende efetuar a leitura do nível piezométrico esses tubos apresentam ranhuras com 4,5mm de espessura sendo a sua zona envolvente preenchida com areia (Figura 9 – piezómetro duplo). O número de tubos ou zonas de resposta dita a sua designação, ou seja de câmara simples – 1 tubo, câmara dupla – 2 tubos ou de câmara tripla – 3 tubos.

Na sua extremidade esses tubos são envoltos com geotêxtil (Figura 9). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

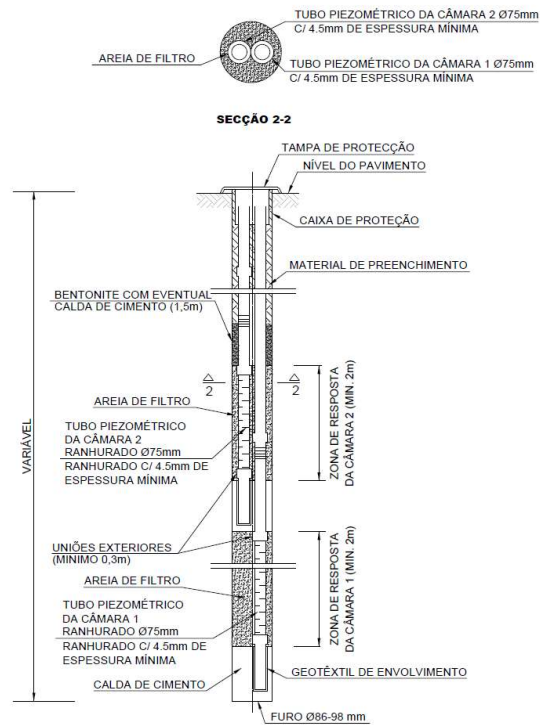


Figura 9 - Piezómetro do tipo Casagrande – Câmara dupla

## 5.9 Prisma topográfico para carril

Os prismas topográficos para carril, consistem num prisma instalado nas travessas das linhas do comboio da IP (Figura 10) ou num prisma para pavimento fixo entre os carris para as linhas da Carris (Figura 11). Este elementos permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X,Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada.

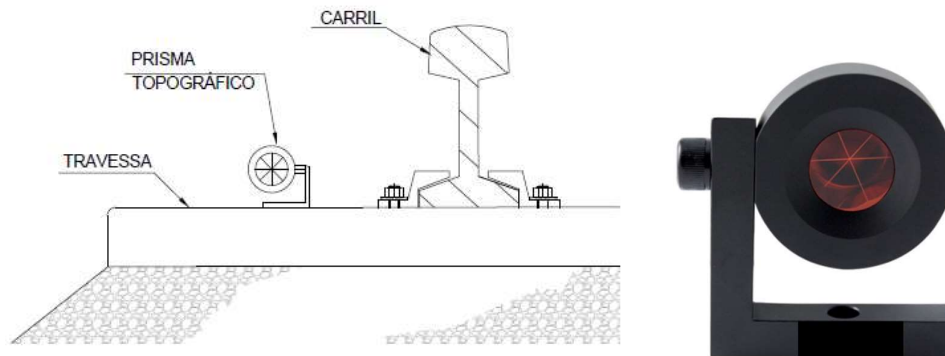


Figura 10 – Prisma topográfico para carril – Linhas IP

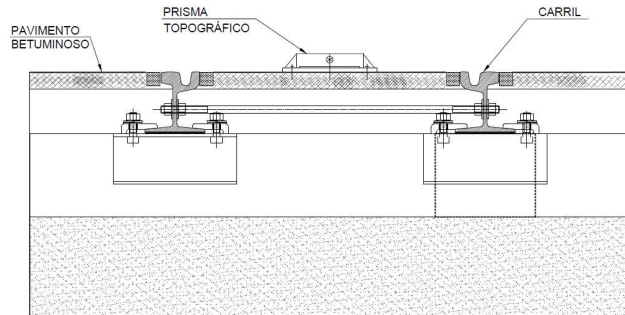


Figura 11 – Prisma topográfico para carril – Linhas Carris

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

### 5.10 Extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge*

Os extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge* permitem a medição indireta de deslocamentos muito pequenos por intermédio de sensores de corda vibrante que medem a extensão dos elementos estruturais aos quais se encontram ligados através de soldadura (Figura 12). Estes dispositivos serão instalados nas escoras metálicas que constituem a solução de travamento da contenção, permitindo medir a extensão acomodada pelas mesmas e consequentemente a força instalada aquando da execução dos trabalhos de escavação.

Deverão ser utilizados *strain-gauges* de corda vibrante, com campo de leitura não inferior a  $3000\mu\epsilon$ , resolução  $< 1,0\mu\epsilon$  e precisão de ordem inferior a  $\pm 0,5\%$  da capacidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

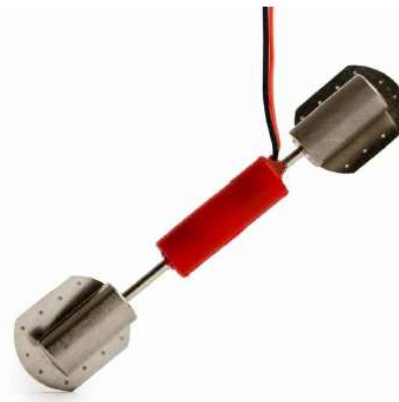
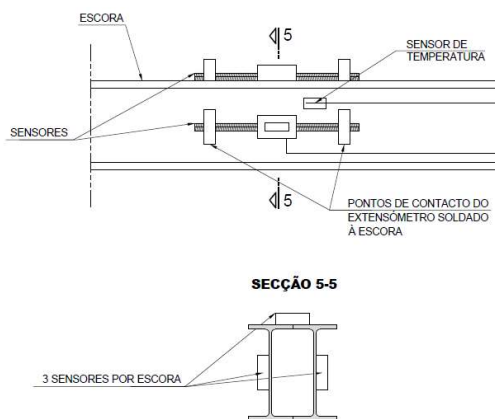


Figura 12 - Extensómetro para escoras do tipo *strain-gauge*

### 5.11 Fissurómetros

Este tipo de dispositivos permitirá acompanhar a evolução da abertura de uma determinada fissura.

Os fissurómetros a utilizar deverão ser planos e deverão permitir a realização de leituras de deslocamentos na horizontal e na vertical. Será ainda necessário que possuam capacidade resistente adequada às intempéries, devendo ser fixos de forma adequada (mecanicamente).

O seu alcance máximo será, no mínimo de 25 mm, na horizontal e 10 mm na vertical, devendo a sua resolução ser, no mínimo, de 0,1 mm (Figura 13). Para garantir esta resolução será necessário recorrer no ato da medição a uma craveira digital que se acopla ao fissurómetro.

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

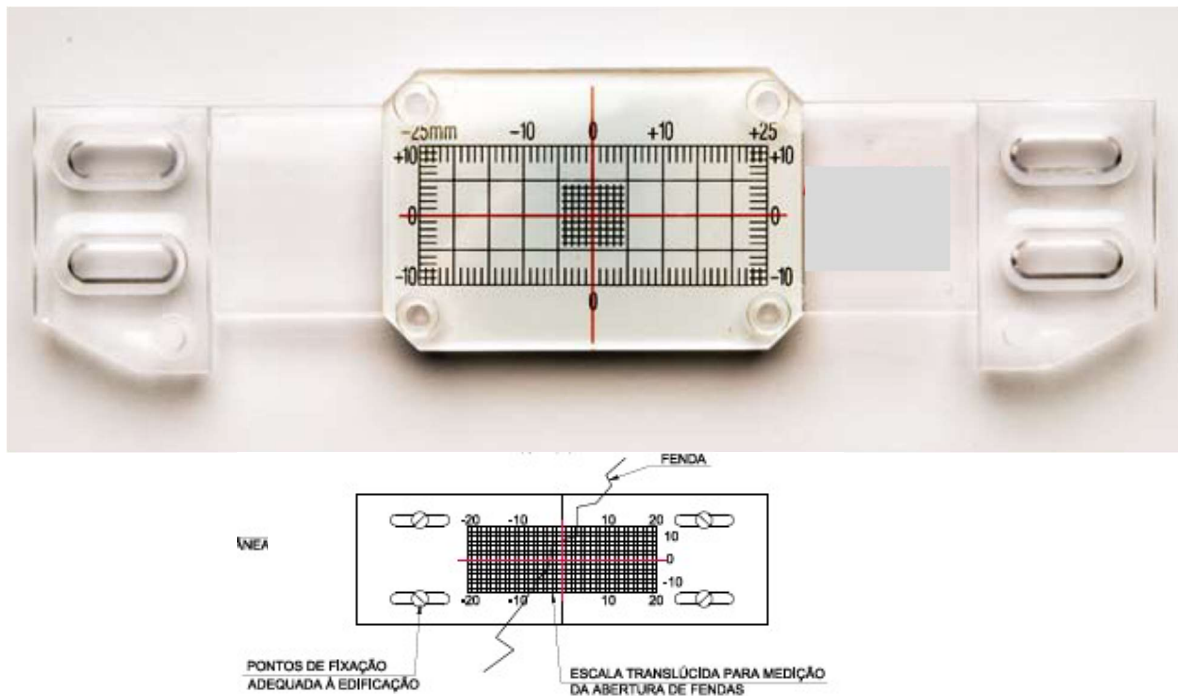


Figura 13 – Fissurómetro

### 5.12 Células de carga

O recurso a células de carga em ancoragens permitirá o acompanhamento da evolução e magnitude da tração instalada nestes elementos em fase de obra.

As células de carga a adotar nas ancoragens provisórias serão do tipo elétrico.

Em condições normais de leitura, o erro associado a estes dispositivos não deverá ultrapassar os  $\pm 0,1\%$  da capacidade máxima de leitura. A sua capacidade máxima de leitura deverá ser superior aos 1500 kN.



A instalação das células de carga será efetuada antes da realização do ensaio de receção detalhado da ancoragem. As células serão posicionadas sobre a chapa de apoio da ancoragem, sendo posteriormente colocada uma chapa metálica rígida adicional e posteriormente a placa de distribuição das cunhas.

A superfície de contacto com a célula deve estar plana e limpa. A colocação da célula deve ser criteriosa, de forma a que a mesma fique centrada com o eixo da aplicação da carga, evitando-se assim excentricidades, com consequência no rigor das leituras (Figura 14). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

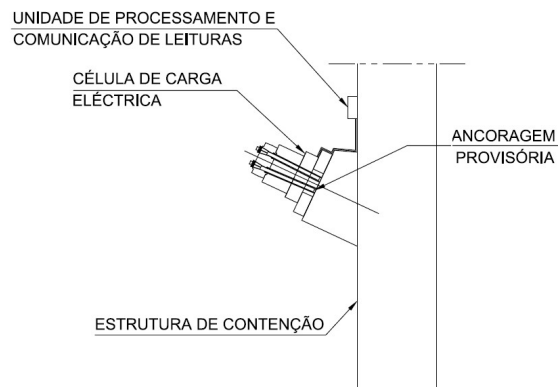


Figura 14 – Célula de carga em ancoragens

### 5.13 Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas

Face aos condicionamentos associados à necessidade de monitorizar as galerias subterrâneas durante a sua execução, a medição das convergências será materializada recorrendo a elemento ótico que permitirá, em condições mais adversas obter com maior precisão leituras de deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A instalação destes dispositivos de forma sistemática e em vários pontos de leitura em seção transversal de cada galeria a executar, permitirá ler não só os deslocamentos do ponto monitorizado, mas também criar secções de medição de convergências, através do controlo de diferentes cordas.

O sistema de fixação destes dispositivos é mecânico e deverá ser realizado ao betão projetado do suporte primário (através de resina epóxi ou de calda de cimento de presa rápida). Na sua extremidade visível a barra é roscada, de forma a permitir acoplar o prisma (Figura 15).

A sua colocação não deverá ultrapassar o primeiro dia após a realização total do suporte primário. Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

De modo a permitir a instalação dos prismas o mais rápido possível, antes que a espessura total do suporte primário esteja aplicada, serão utilizados dispositivos de proteção da fixação que permitirão proteger o elemento de fixação do prisma durante a aplicação das sucessivas camadas de betão projetado (Figura 15).



Figura 15 – Prisma de convergência

## 5.14 Sismógrafo

Preconiza-se durante a fase de construção o posicionamento de sismógrafos junto às edificações mais vulneráveis. Pretende-se o registo das velocidades e frequências de vibrações eventualmente provocadas pela execução dos trabalhos de construção (Figura 16).

As medições de vibrações serão feitas através de um geofone triaxial com uma capacidade de leitura de 2-250 Hz (janela de calibração mínima 1-160 Hz). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

No caso dos sismógrafos utilizados simultaneamente para a monitorização dos limites de integridade estrutural e de vibrações de incomodidade humana, serão adotados dispositivos com a sensibilidade necessária à monitorização dos respetivos limites (conforme Plano de Monitorização Ambiental).

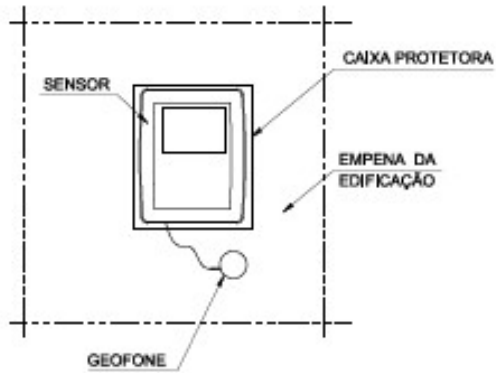


Figura 16 – Sismógrafo

### 5.15 Clinómetro

Os clinómetros permitiram a medição da variação de inclinação das paredes dos edifícios. Quando possível, estes fornecerão leituras remotamente, sendo constituídos por bases de leitura em bronze, concebidas para garantir o posicionamento preciso e repetitivo do equipamento de leitura (Figura 17).

As bases de leitura serão fixas de forma mecânica e permanente à estrutura, sendo instaladas diretamente, normalmente na vertical, ou soldadas numa chapa em T, de dimensões adequadas para permitir a sua instalação na horizontal em elementos verticais.

O equipamento de leitura será constituído por sensor instalado num elemento em aço inoxidável, permitindo a realização de leituras nas bases instaladas em superfície verticais ou horizontais, através de uma unidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-30^{\circ}\text{C}$  e  $+70^{\circ}\text{C}$ ).

O equipamento de leitura possuirá no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura:  $\pm 15^{\circ}$  a partir da vertical
- Resolução:  $0,0013^{\circ}$
- Precisão:  $< 0,06\%$  da capacidade máxima de leitura

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.



Figura 17 – Clinómetro

### 5.16 Prisma topográfico de referência

Para garantir a adequada leitura dos vários dispositivos topográficos instalados será necessário posicionar elementos adicionais que constituirão a sua referência. Constituem dispositivos de precisão de leitura ótica, sendo utilizados para a realização de leituras nos eixos X, Y e Z (Figura 18). À semelhança dos anteriores também estes dispositivos têm uma importância crítica na criação de uma rede de instrumentação, pois permitem ter um conjunto de coordenadas de referência invariáveis e não-suscetíveis a deslocamentos. Nesse sentido, a escolha da sua localização deve ser realizada de forma criteriosa.

Procurou-se distribuir este tipo de dispositivos de forma a garantir que possuem alcance até cerca de 200 metros, sendo necessário garantir visibilidade direta entre este elemento e aquele que se pretende ler. Cada dispositivo a ler (prisma topográfico) deverá estar referenciado, no mínimo, a 3 unidades de referência, de forma a permitir a existência de redundância e consequentemente, o controlo cruzado entre os vários dispositivos.

O prisma ótico encontra-se acoplado a uma haste metálica robusta que será adequadamente fixa à parede do elemento que será considerado como fixo.

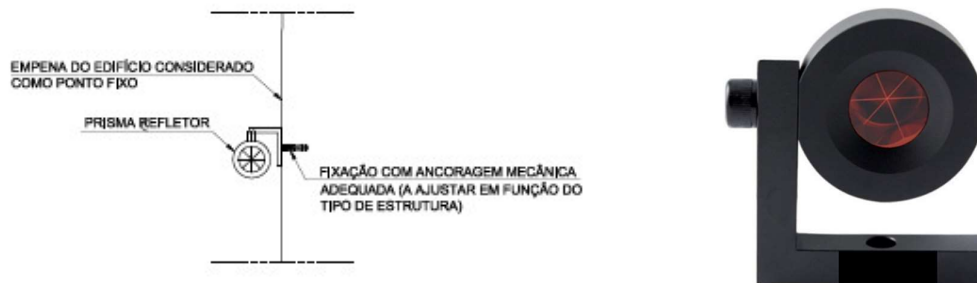


Figura 18 – Prisma topográfico de referência

### 5.17 Estação total robotizada

De forma a minimizar os erros de leitura associados serão adotadas estações totais robotizadas com precisão angular de 0,5" e precisão em distância de 0,6mm. Estas estações permitirão a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nos vários elementos que se pretende instrumentar.

A estação total será assente numa estrutura de suporte fixa a um poste ou na fachada de um edifício. O equipamento encontrar-se-á protegido por elementos antivandalismo e possuirá fonte de alimentação autónoma (Figura 19).

O sistema de referência será o Datum 73 e o referencial altimétrico o Datum Cascais (1938). Todos os trabalhos serão apoiados na rede geodésica do País. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.



Figura 19 – Estação total robotizada

## 6 FREQUÊNCIA DAS LEITURAS

A frequência de leituras foi definida tendo em consideração a frente de obra, o faseamento construtivo adotado, os cenários de risco associados a cada solução geotécnica e o tipo de dispositivos de instrumentação escolhidos.

A realização de leituras de referência permitirá aferir o comportamento base das interferências e do terreno antes do início dos trabalhos. Simultaneamente, permitirá também confirmar que os dispositivos se encontram em pleno funcionamento.

A frequência das leituras a adaptar na fase de construção e exploração são as que constam na Tabela 1, para escavações a céu aberto, e na Tabela 2 para escavações em meio subterrâneo.

**Tabela 1 Frequência de leituras – Escavações a céu aberto**

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações a céu aberto)				
Tipo de dispositivo	Fase de obra			
	Leituras de referência	Durante a realização de trabalhos de escavação	Durante a paragem de trabalhos de escavação	Após a conclusão dos trabalhos na zona
Prisma topográfico (edifícios e contenções)	Mínimo de 2 leituras num período de 2 semanas antes do início dos trabalhos de escavação; No caso das linhas desviadas provisoriamente (Carris e IP) mínimo de duas leituras antes do início da circulação.	6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Inclinómetro		Semanalmente	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Sensor de nível líquido		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetro elétrico		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetros Tipo Casagrande		Semanalmente	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico para carril		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro de corda vibrante para perfis de aço (escoras metálicas)		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Fissurómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Célula de carga elétrica		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – ancoragens desativadas
Prisma de convergência		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês
Sismógrafo		1 leitura por hora	1 leitura por hora	Não aplicável
Clinómetro ( <i>tiltmeter</i> )		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês



**Tabela 2 Frequência de leitura – Escavações subterrâneas**

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações subterrâneas)				
Tipo de instrumento	Fase de obra			
	Distância relativa à frente de escavação			
	< 20 m	20 - 60 m	60 - 100 m	> 100 m
Prisma topográfico (edifícios)	6 leituras diárias	Cada 2 dias	Semanalmente	Quinzenalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)	6 leituras diárias			
Clinómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Piezómetro elétrico	6 leituras diárias	Cada 2 dias		
Piezómetros	Semanalmente	Semanalmente		
Fissurómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Sismógrafo	1 leitura por hora	1 leitura por hora	1 leitura por hora	
Prisma de convergência	Diariamente	Cada 2 dias	Cada 2 dias	
Extensómetro	Diariamente			
Inclinómetro	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	
Inspeção visual – suporte primário	Diariamente			

---

## 7 CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA

### 7.1 Critérios de alerta e alarme

O estabelecimento dos limites de alerta e alarme para as grandezas medidas pelos dispositivos de instrumentação e observação, tem por objetivo antecipar a ocorrência dos cenários de risco e assim reduzir o risco de existência de danos nas estruturas a executar e nas interferências existentes.

Os valores a adotar nos limites de alerta e alarme para os vários dispositivos de instrumentação têm como ponto de partida a previsão dos resultados esperados, obtidos a partir dos modelos de cálculo. Estes valores constituirão os limites de referência.

Entende-se como limite de alerta um primeiro estágio, onde os valores medidos nos sistemas de instrumentação são um pouco superiores aos de referência. Considera-se um estado de alarme quando a evolução dos valores medidos apresenta uma velocidade/variação no tempo acentuada, sendo em muito superior aos valores de referência.

Caso sejam atingidos os valores estabelecidos para os níveis de alerta, será obrigatório fazer uma análise da evolução das leituras, para se poder encarar atempadamente a aplicação de medidas de contingência.

Uma vez estimados, os efeitos nas interferências foram analisados seguindo a metodologia da avaliação de danos. Em conformidade com os resultados desta análise, foram estabelecidos limites de alerta e alarme que permitam de forma controlada e atempada evitar que a deformação induzida pelos assentamentos nas interferências exceda a Categoria 2 de danos do método de Burland.

Em fase de Projeto de Execução estes valores poderão ter que ser ajustados, função do desenvolvimento do projeto no que respeita aos resultados obtidos no plano de prospeção complementar atualmente em curso e nos resultados dos modelos de cálculo. A abordagem será definir um valor de referência baseado nos resultados dos modelos de cálculo e caracterizar os cenários de alerta e alarme como uma percentagem desse valor.

Os diagramas que descrevem as ações a adotar encontram-se no Anexo 12.1.

## 8 SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO

Será implementado um sistema de recolha de dados automático que realiza leituras através de equipamentos automatizados/robotizados e os envia para a base de dados de consulta e gestão de dados de monitorização.

Para a recolha de dados topográficos, o sistema é baseado numa rede de estações totais robotizadas que periodicamente realizam a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nas estruturas tais como edificações e contenções, e os envia através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Sempre for possível os dados dos dispositivos serão recolhidos automaticamente e enviados através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Para os restantes dispositivos, os dados serão recolhidos por equipas que se deslocarão ao local onde os mesmos se encontram instalados, sendo os mesmos posteriormente carregados na base de dados.

O acesso à base de dados pode ser realizado através de uma página de internet que permite a consulta da informação associada a cada dispositivo, com base em esquemas onde é indicada a localização aproximada de cada dispositivo (Figura 20).



Figura 20 – Interface de acesso aos dados de monitorização

A base de dados de consulta e gestão consiste numa aplicação informática que recorre a servidores remotos, que permitirão o acesso controlado em qualquer momento aos dados recolhidos. A gestão de dados permite que os mesmos sejam processados de modo a poderem ser calculados mapas de isolinhas de assentamento, taxas de deformação, rotações e distorções (Figura 21).

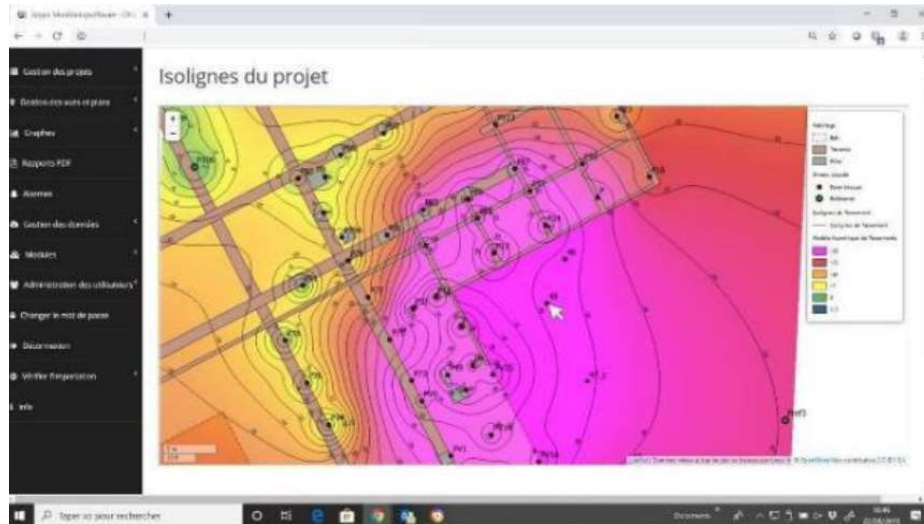


Figura 21 – Processamento de dados de monitorização

Adicionalmente, o sistema permite a incorporação de alertas automáticos baseados em valores pré-estabelecidos e o envio automático de notificações aos utilizadores (Figura 22).

Nome (km)	Data	Nível de alarme	Anormalidade	Status	Remarca
...	2015-12-11 09:57:05	...	...	...	...
...	2015-12-11 09:58:08	...	...	...	...
...	2015-12-11 09:59:11	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:00:14	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:01:17	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:02:20	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:03:23	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:04:26	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:05:29	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:06:32	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:07:35	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:08:38	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:09:41	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:10:44	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:11:47	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:12:50	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:13:53	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:14:56	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:15:59	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:17:02	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:18:05	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:19:08	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:20:11	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:21:14	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:22:17	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:23:20	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:24:23	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:25:26	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:26:29	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:27:32	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:28:35	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:29:38	...	...	...	...
...	2015-12-11 10:30:41	...	...	...	...

Figura 22 – Módulo de definição de limites de alerta e alarme

---

## 9 RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO

Serão apresentados relatórios periódicos (diários) enviados por email com um resumo da informação de monitorização relevante para a análise da evolução do comportamento das estruturas. Neste relatório será apresentado o estado de cada dispositivo instalado relativamente ao limite de alerta e alarme definido.

Dado o número de dispositivos incluídos no plano de observação tentará evitar-se relatórios demasiado extensos. Os dados completos de todos os dispositivos estarão disponíveis em formato digital na base de dados para consulta e gestão de dados de monitorização (ver ponto 8).

## 10 PLANO DE CONTINGÊNCIA

O plano de contingência tem por objetivo definir os procedimentos a seguir para a gestão de um potencial cenário de risco, com vista à eliminação ou mitigação das suas consequências.

Estes procedimentos definem as ações e as entidades responsáveis pela sua execução e incluem, genericamente, as seguintes ações:

- Recolha e análise de informação obtida a partir dos dispositivos de instrumentação;
- Identificação do cenário de risco;
- Implementação de medidas de mitigação.

Os procedimentos definidos no contexto do presente Plano de Instrumentação e Observação iniciam-se com a excedência dos limites de alerta, referência e alarme. Não obstante, poderão desenvolver-se cenários de risco não-previstos em que não existindo um dispositivo de instrumentação para o qual os limites a este atribuídos foram excedidos, deva ser relevante declarar a excedência de um determinado limite, em resultado de um conjunto de observações indiciadoras de um potencial cenário de risco (i.e. observação visual de deformações excessivas em elementos não-instrumentados).

Os diagramas que descrevem os procedimentos adotar encontram-se no Anexo 12.2.

---

## 11 REQUISITOS PARTICULARES DO SISTEMA DE OBSERVAÇÃO EM INTERFERÊNCIAS

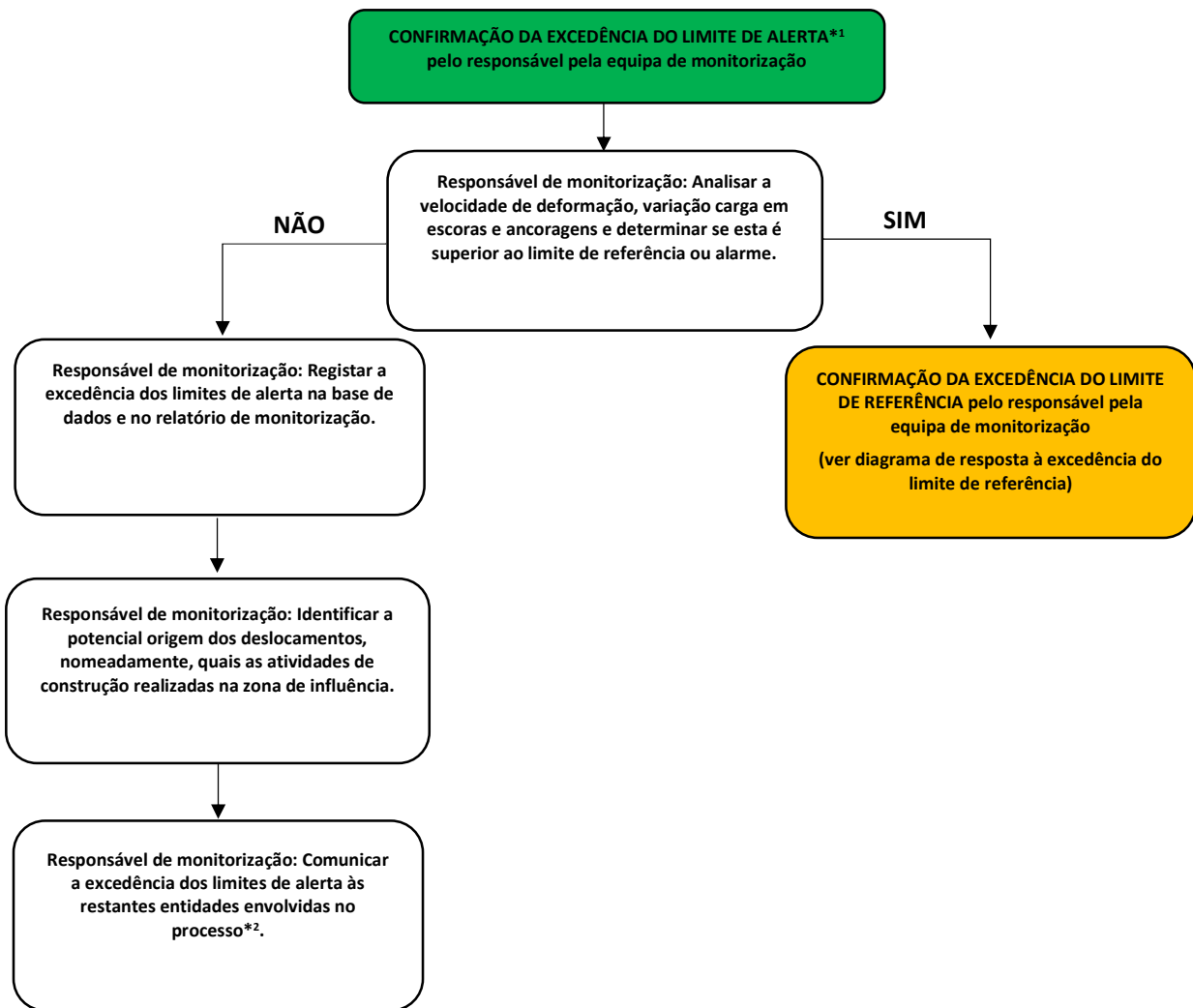
### 11.1 Monitorização de captações de água

No que se refere ao impacto das obras de escavação nos níveis de água de captações existentes na zona de influência dos trabalhos, todos os piezómetros a instalar em redor da obra terão níveis de alerta, referência e alarme indicados. Serão também definidas medidas de mitigação, de referência, a implementar caso o nível de alerta seja excedido.

## 12 ANEXOS

### 12.1 Anexo A - Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência

DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALERTA



**NOTAS:**

1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 80% dos valores estimados em fase de projeto.



DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE REFERÊNCIA

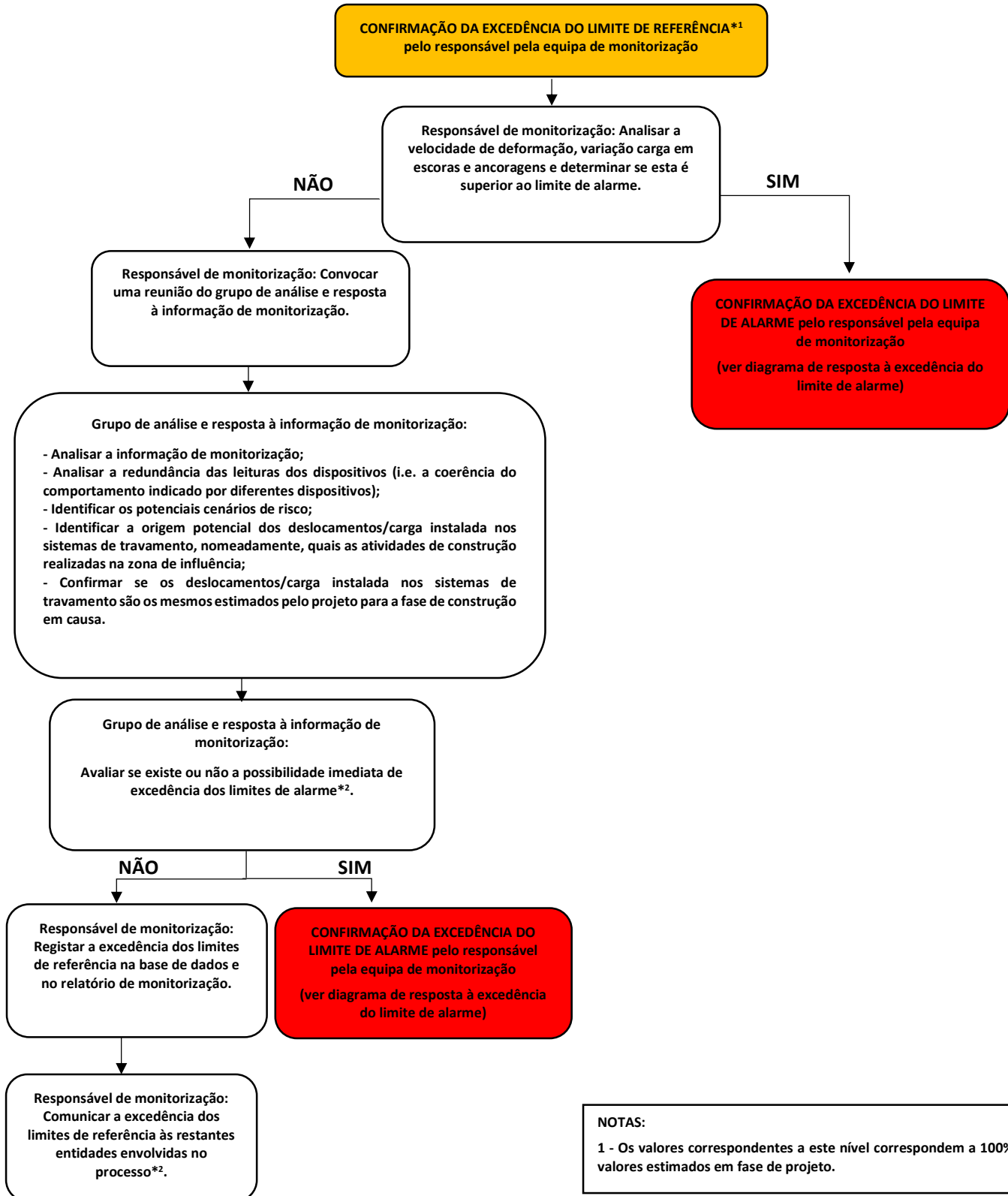
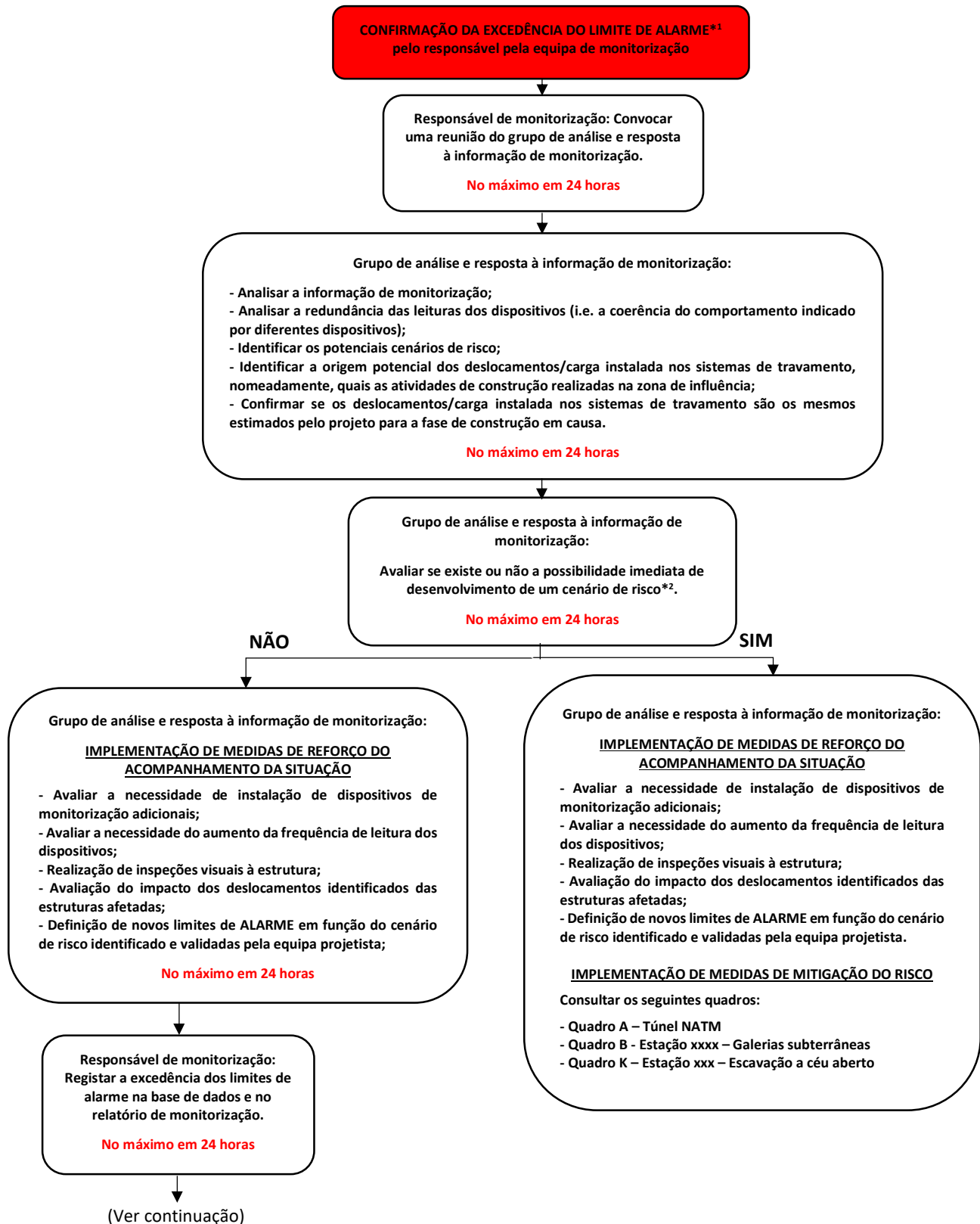


DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALARME



(Continuação)



**Responsável de monitorização:**  
**Comunicar a excedência dos**  
**limites de alarme às restantes**  
**entidades envolvidas no**  
**processo\*<sup>3</sup>.**

**No máximo em 24 horas**

**NOTAS**

- 1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 130% dos valores estimados em fase de projeto.
- 2 - As medidas de mitigação correspondentes à interrupção da obra, isolamento de áreas, evacuação da superfície, interrupção de serviços de drenagem/abastecimento/telecomunicações e interrupção da circulação rodoviária/ferroviária, deverão ser implementadas quando se considere não existir tempo suficiente para a implementação de medidas de mitigação de risco ou risco demasiado elevado.

## 12.2 Anexo B - Medidas de atuação/ plano de contingência

### Quadro A – Túnel NATM

As medidas abaixo indicadas deverão ser avaliadas em função do cenário de risco identificado e validadas pela equipa projetista:

- Redução da distância de avanço de escavação;
- Aumento da densidade de pregagens de fibra de vidro na frente de escavação;
- Realização de chapéu de enfilagens nos avanços intermédios;
- Realização de furos de drenagem adicionais na frente e/ou nos hasteais;
- Aplicação de betão projetado na frente de escavação;
- Aumento da parcialização da escavação da frente;
- Inclusão de rede electrossoldada entre cambotas;
- Realização de injeções de selagem;
- Aterro da frente de escavação.

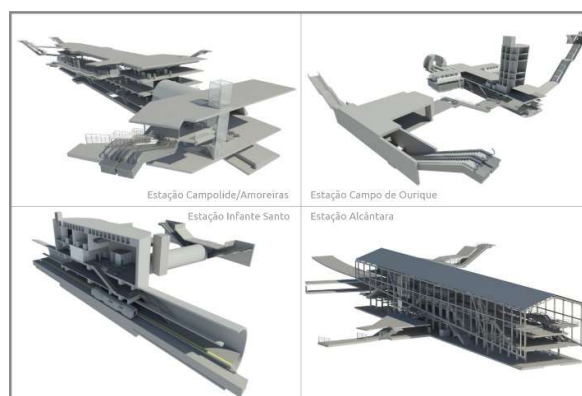


# METRO DE LISBOA

## PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

#### PROJETO DE EXECUÇÃO



#### TOMO I

#### VOLUME 40 - PLANO DE OBSERVAÇÃO – T83

#### MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE INS TUN T83 MD 087001 0		
	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	Francisco Bernardo Pedro Nogueira		2024-10-10
Revisto	Sandra Ferreira		2024-10-10
Verificado	Rui Rodrigues		2024-10-10
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-10
Aprovado			
	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Gestor Projeto	Raúl Pistone		2024-10-10

## Índice

1	OBJETIVO E ÂMBITO .....	5
2	CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO .....	6
3	GRANDEZAS A MEDIR.....	9
3.1	Escavações subterrâneas .....	9
3.2	Edificações .....	10
4	LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO .....	11
5	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARATERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA.....	11
5.1	Prisma topográfico para edifícios e contenções.....	11
5.2	Prisma topográfico para pavimento .....	12
5.3	Extensómetro multiponto.....	12
5.4	Inclinómetros .....	14
5.5	Sensor de nível líquido.....	15
5.6	Piezómetro elétrico.....	16
5.7	Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC.....	17
5.8	Piezómetro do tipo Casagrande - câmara simples, dupla ou tripla .....	18
5.9	Prisma topográfico para carril .....	19
5.10	Extensómetros para escoras do tipo <i>strain-gauge</i> .....	20
5.11	Fissurómetros .....	21
5.12	Células de carga .....	21
5.13	Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas .....	22
5.14	Sismógrafo .....	23
5.15	Clinómetro .....	25
5.16	Prisma topográfico de referência .....	25
5.17	Estação total robotizada .....	26
6	FREQUÊNCIA DAS LEITURAS.....	27
7	CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	30
7.1	Critérios de alerta e alarme .....	30
8	SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO .....	31
9	RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO .....	33

---

10 PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	33
11 REQUISITOS PARTICULARES DO SISTEMA DE OBSERVAÇÃO EM INTERFERÊNCIAS.....	34
11.1 Monitorização de captações de água .....	34
12 ANEXOS .....	35
12.1 Anexo A - Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência.....	35
12.2 Anexo B - Medidas de atuação/ plano de contingência .....	39





## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Anteprojecto**, da **Memória Descritiva e Justificativa do Plano de Observação**, desenvolvida no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do Tomo II do **Volume 3 – T83**.

Neste documento incluem-se as obras subterrâneas, as escavações a céu aberto e as edificações ao longo do limite da área de influência da obra (25 m do limite da infraestrutura).

A elaboração do Plano de Observação de uma obra é condicionado pelas características específicas de cada estrutura, nas quais se incluem as condições da fundação, a ocupação à superfície, as características dos materiais utilizados, os métodos construtivos e, ainda, os critérios adotados no seu dimensionamento. Além destes parâmetros diretamente relacionados com as estruturas devem ser igualmente consideradas as ações exteriores, os valores humanos e os danos materiais envolvidos na ocorrência de uma eventual rotura.

O Plano de Observação envolve a definição de um sistema de observação e dos critérios para a sua exploração e visa a interpretação do comportamento e a avaliação das condições de segurança das várias frentes de obra existentes durante toda a fase de construção. Deste modo, será possível interpretar o comportamento da obra nas suas diferentes fases de construção, com base nos resultados de observação, permitindo aferir os pressupostos admitidos no projeto, ao nível dos condicionamentos geológico, geotécnicos e hidrogeológicos do local, dos métodos de cálculo, dos critérios de projeto e consequente verificação da funcionalidade da obra.

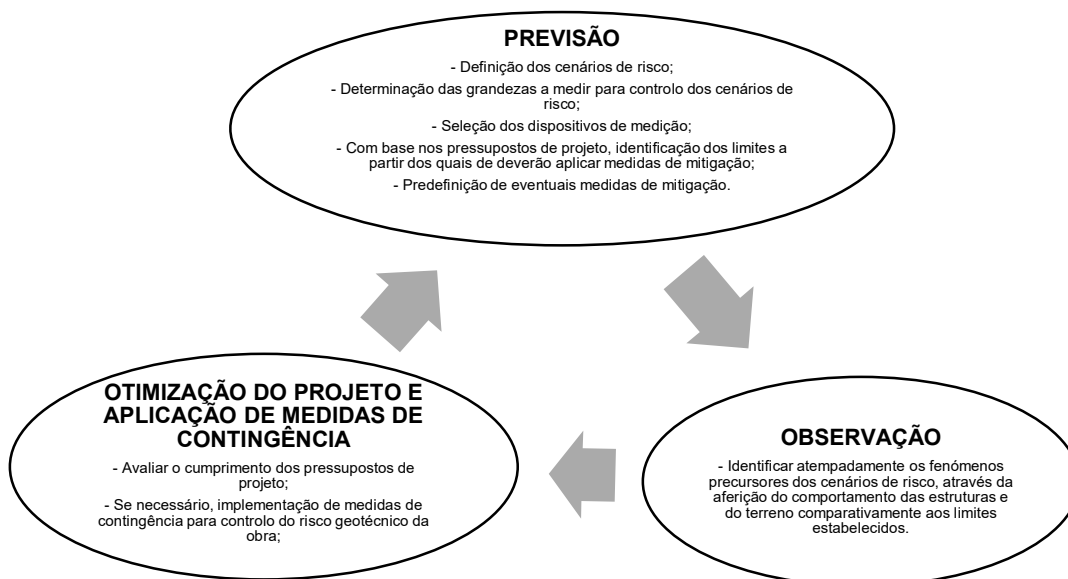
O Plano de Observação deve ser considerado como uma peça “dinâmica” e que, por isso, deverá ser atualizado, podendo sofrer algumas adaptações decorrentes da evolução dos processos construtivos, da estratégia construtiva a implementar, e de eventuais particularidades e/ou informações entretanto obtidas.

O Plano de Observação é definido para as estruturas a executar e para a sua envolvente. A parte correspondente às estruturas a construir será definida, onde aplicável, em cada Tomo, para cada volume específico de cada tomo. Os dispositivos de instrumentação a aplicar nas interferências e infraestruturas existentes na vizinhança da obra encontram-se definidos nos volumes do Tomo II correspondentes aos troços de túnel, abrangendo, quando aplicável, a zona da estação mais próxima.

## 2 CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO

O recurso a instrumentação e observação permitirá realizar o controlo proactivo e sistemático dos trabalhos através da observação dos parâmetros que influenciam o desenvolvimento da obra, com o fim de verificar as hipóteses de projeto e, onde necessário, adaptá-lo antecipadamente de forma a garantir, sem subestimar a segurança, o cumprimento dos tempos de execução, a gestão das aleatoriedades e dos imprevistos no contexto geológico, geotécnico e hidrogeológico em que a obra se insere.

Esta abordagem dinâmica possibilita o controlo e a adaptação atempada das soluções e consequente minimização do risco geotécnico da obra (Figura 1).



**Figura 1 – Abordagem geral do Plano de Observação**

O sistema de observação proposto é constituído por instrumentos de provada confiabilidade e de uso corrente em obras similares. Todos os dispositivos de instrumentação e observação serão adequadamente protegidos de forma a evitar que sejam danificados durante a execução da obra.

A realização de leituras de instrumentação e observação de carater topográfico pressupõe o recurso a elementos de referência adequados, posicionados numa zona da obra que não sofra perturbações e a uma distância tal que o erro de leitura associado seja mínimo.

A adequada instalação dos dispositivos de instrumentação tem uma importância estratégica para o correto desempenho do sistema de observação, em particular, para aqueles instrumentos que uma vez instalados não ficam acessíveis.

As técnicas e procedimentos de instalação dos vários dispositivos serão sempre executadas de acordo com as indicações dos fabricantes e fornecedores.

Toda a instrumentação irá ser instalada com a devida antecedência em relação ao início dos trabalhos para se conseguirem adequadas leituras de referência. Durante a fase de obra, serão realizadas leituras com a frequência necessária para garantir um atempado reconhecimento dos

fenómenos precursores dos cenários de risco e eficaz aplicação de medidas de contingência. Após a conclusão dos trabalhos, realizar-se-ão leituras que permitam confirmar o comportamento previsto das estruturas e do terreno.

A redundância da instrumentação constituirá um aspeto importante para aumentar a confiança no sistema e permitir um controlo adequado e fidedigno.

No enquadramento anterior, o sistema de observação foi definido para as diferentes obras associadas ao projeto cujo acompanhamento do comportamento se julga necessário. Neste documento abordar-se-á a instrumentação associada aos túneis NATM, nomeadamente:

- Troço 81, 82, 83, 84 e 85;
- Tímpano de São Sebastião (OE1);
- Túnel da Via de Resguardo 1 (OE3);
- Túnel da Via de Resguardo 2 (OE4);
- Túnel Término da Via de Resguardo 3 (OE7).

Para cada um destes locais, os sistemas de observação preconizados atendem às diferentes fases da obra.

Resumidamente os dispositivos de medição preconizados para cada frente de obra são os apresentados no Quadro 1.

#### Quadro 1 – Dispositivos de medição preconizados para a obra

FRENTE DE OBRA	PRISMA TOPOGRÁFICO (EDIFÍCIOS E CONTENÇÕES)	PRISMA TOPOGRÁFICO (PAVIMENTOS)	EXTENSÓMETRO MULTIPONTO	INCLINÓMETRO	SENSOR DE NÍVEL LÍQUIDO	PIEZÓMETRO ELÉTRICO	PIEZÓMETRO TIPO CASAGRANDE	PRISMA TOPOGRÁFICO PARA CARRIL	EXTENSÓMETRO DE CORDA VIBRANTE PARA ESCORAS DE AÇO	FISSURÓMETRO (EDIFÍCIOS)	CÉLULA DE CARGA ELÉTRICA PARA ANCORAGENS COM STRAIN GAUGES	PRISMA DE CONVERGÊNCIA	SISMÓGRAFO (EDIFÍCIOS)	CLINÓMETRO (TILT METER)	PRISMA TOPOGRÁFICO DE REFERÊNCIA	ESTAÇÃO TOTAL ROBOTIZADA (EDIFÍCIOS)
Túnel Troço 81, 82, 83, 84 e 85	X	X	X			X	X			X		X	X		X	X
Tímpano de São Sebastião (OE1)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel da Via de Resguardo 1 (OE3)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel da Via de Resguardo 2 (OE4)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel Término da Via de Resguardo 3 (OE7)	X	X	X			X	X			X		X	X		X	X

Nos pontos subsequentes descrevem-se os sistemas de observação para as diferentes estruturas e nas peças desenhadas apresenta-se a sua implantação de princípio, que poderá ser adaptada em função da evolução do projeto, quer no que se refere ao número, quer no que se refere à disposição dos aparelhos de medição.

### 3 GRANDEZAS A MEDIR

De um modo geral as grandezas a medir serão:

- Medições de deslocamentos verticais e horizontais e convergências no interior de galerias subterrâneas recorrendo a prismas topográficos.
- Medição da inclinação dos edifícios recorrendo a clinómetros.
- Medição da abertura de fendas em edifícios, utilizando fissurómetros.
- Medições de deslocamentos verticais internos do maciço e à superfície, com extensómetros multiponto.
- Medição de deslocamentos horizontais em profundidade através de inclinómetros.
- Medições de deslocamentos verticais e horizontais nos pavimentos e carris utilizando prismas de pavimento e de carris.
- Medições dos níveis piezométricos recorrendo a piezómetros do tipo Casagrande (com uma ou várias câmaras) e elétricos.
- Variações de tração instalada nas ancoragens através de células de carga elétricas.
- Medição de vibrações induzidas recorrendo a sismógrafos.
- Medições de deslocamentos axiais de elementos estruturais recorrendo a extensómetros (tipo *strain gauges*).
- Medição de deslocamentos de precisão na estrutura interior de edifícios, utilizando sensores de nível líquido.

#### 3.1 Escavações subterrâneas

A avaliação da evolução do comportamento das obras subterrâneas será realizada através do registo dos deslocamentos do terreno e observação de eventuais fissurações no revestimento primário. Para tal serão criadas secções de medição de convergências e deslocamentos, onde serão instalados, em geral, 3 prismas para secções cuja maior dimensão seja menor ou igual a 10 m e 5 prismas para secções com a maior dimensão superior a 10 m. Para a secções com 3 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 1 em cada hasteal, que permitirão para além dos deslocamentos nesses pontos, o controlo de 3 cordas diferentes. Para a secções com 5 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 2 em cada hasteal, acima e abaixo do eixo da galeria, que permitirão o controlo de 6 cordas diferentes.

No terreno e à superfície serão executados extensómetros multiponto, inclinómetros e prismas topográficos no pavimento, em carris e em edifícios.

Em geral, no que diz respeito às grandezas a observar, para além dos deslocamentos será também avaliada a variação/presença de água através da instalação de piezómetros.

As ações relacionadas com a presença e escoamento de água nas escavações subterrâneas serão controladas pela observação sistemática dos caudais afluentes. Quando necessário, assumem

particular destaque aos drenos longitudinais realizados em avanço da escavação, que permitirão antever as condições hidrogeológicas do terreno a escavar.

## 3.2 Edificações

Para o controlo das edificações próximas às obras será implementado um sistema de monitorização composto por:

- Prismas topográficos para o controlo dos deslocamentos dos edifícios.
- Sismógrafos para o controlo das vibrações induzidas pela execução das obras.
- Clinómetros para o controlo das inclinações.
- Fissurómetros para o controlo de eventuais fissuras presentes nas edificações.

A adoção de medidas de observação permitirá em fase de obra monitorizar os movimentos ocorridos em interferências e, se necessário, tomar medidas de minimização dos movimentos das estruturas e consequentemente reduzir os riscos humanos e materiais associados a estes movimentos. Assim sendo, foram estabelecidos dois níveis de observação (I e II), que se diferenciam, respetivamente, pela complexidade crescente da instrumentação instalada e pela frequência de leitura a realizar.

- Observação Nível I – Monitorização recorrendo essencialmente a prismas topográficos;
- Observação Nível II – Monitorização recorrendo prismas topográficos a clinómetros, fissurómetros e sismógrafos.

Note-se que os sismógrafos devem ser instalados o mais próximo possível às fundações das edificações e que os fissurómetros devem ser instalados apenas em caso de presença de fissuras.

## 4 LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

A necessidade observação da zona de intervenção, em particular do comportamento do terreno, dos elementos estruturais das contenções, suporte primário dos túneis e das interferências, obriga à implementação de um sistema de monitorização integrado que interfira o menos possível com as atividades de construção. Em simultâneo, dado que a obra se insere em meio urbano, é fundamental coordenar o posicionamento dos dispositivos com os condicionamentos existentes.

A localização proposta para os aparelhos citados encontra-se representada nas peças desenhadas. O posicionamento definitivo da instrumentação prevista poderá eventualmente ter que ser ajustado, dependendo das condições existentes no local.

Sempre que possível, irão utilizar os piezómetros executados nas campanhas de prospeção geotécnica e hidrogeológica complementares.

O critério para a instalação de equipamentos de observação em interferências, nomeadamente a observação Nível I, resulta da Avaliação de Danos descrita em documento autónomo.

## 5 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARATERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA

Nos subcapítulos subsequentes encontram-se descritas sumariamente, as caraterísticas dos vários dispositivos de instrumentação e observação. Essas caraterísticas constituem um complemento às especificações técnicas do Metro (ET- 208 – PP INS ET 208).

### 5.1 Prisma topográfico para edifícios e contenções

Os prismas topográficos para edifícios e contenções consistem num elemento fixo na sua fachada ou nos elementos estruturais das contenções e permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada (Figura 2).

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada, com base em pontos estáveis, materializados através do mesmo tipo de dispositivos, localizados fora da zona de influência das obras a executar. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.



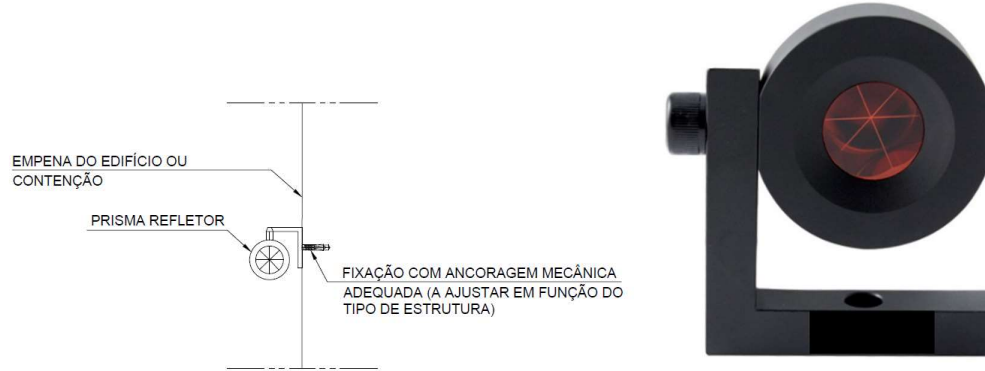


Figura 2 – Prisma topográfico para edifícios e contenções

## 5.2 Prisma topográfico para pavimento

Os prismas topográficos para pavimento consistem num elemento adequadamente fixo ao pavimento com elevada resistência ao tráfego pedonal e rodoviário, materializado por meio de uma placa metálica que permite a realização leituras dos deslocamentos verticais.

As leituras serão efetuadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

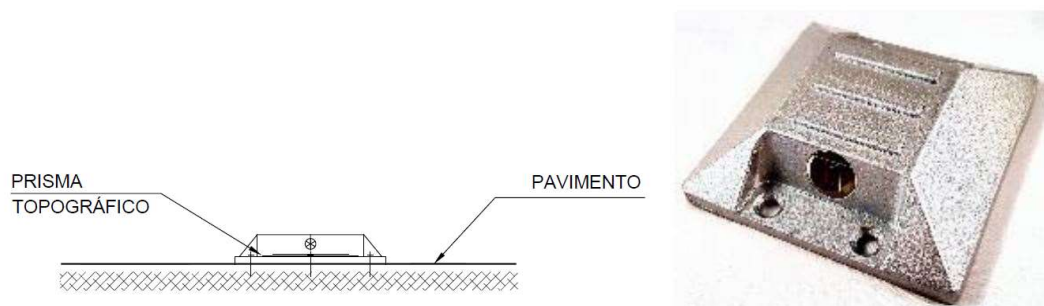


Figura 3 - Prisma topográfico para pavimento

## 5.3 Extensómetro multiponto

Os extensómetros permitem o controlo dos deslocamentos verticais em profundidade e encontram-se definidos nas seções de monitorização onde também estão previstas medições de deslocamentos e convergências no interior das galerias subterrâneas (Figura 4).

Os extensómetros terão 1 ou 2 ancoragens fixadas a diferentes profundidades. O sensor de deslocamento deverá ser do tipo corda vibrante dotado com sensor de temperatura.

Do conjunto deste dispositivo deverá fazer parte integrante:

- Barras/varas em aço inoxidável ou fibra de vidro
- Ancoragem (injetável com calda de cimento ou tipo *packer*)

- Bainha de encamisamento das barras/varas
- Cabeça de referência do elétrico

O extensómetro será instalado em furo previamente executado de diâmetro, no mínimo, de  $\varnothing 76$  mm (furação destrutiva), que terá um comprimento superior à profundidade de instalação de cerca de 1,00 m.

As cabeças dos extensómetros deverão ser equipadas com um prisma topográfico que permita obter as leituras à superfície. Aos valores das leituras das ancoragens deverão ser adicionados os assentamentos de superfície obtidos através dos prismas.

Os componentes serão montados de acordo às indicações do fabricante e instalados no furo nas cotas previstas função do seu comprimento total. Existirá uma ancoragem na extremidade correspondente à base do furo e uma segunda a  $1/3$  do seu comprimento total.

Uma vez finalizado o posicionamento do dispositivo, proceder-se-á a sua selagem por meio de calda de cimento.

As cabeças dos extensómetros serão protegidas por caixas com tampas metálicas adequadas.

O dispositivo será de leitura elétrica, o sensor de deslocamento ou transdutor, será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ), possuindo no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura  $\geq 100\text{mm}$
- Precisão  $< 0,30\%$  da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,0066\%$  da capacidade de leitura

O dispositivo será calibrado antes de ser utilizado e as leituras serão realizadas a partir da superfície. Após a realização da medição, os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

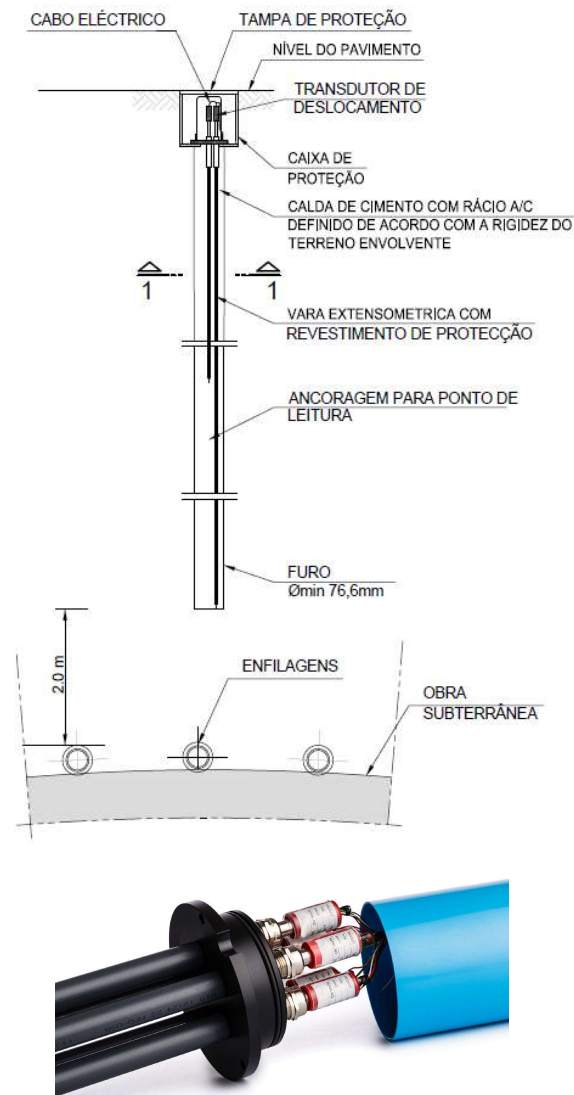


Figura 4 – Extensómetro multiponto

## 5.4 Inclinómetros

Os inclinómetros são constituídos por tubos com calhas guias nos quais, aquando da realização de leituras, é inserido um sensor deslizante que mede simultaneamente a distância percorrida no interior do tubo e a variação do ângulo entre os rolamentos do sensor.

As calhas inclinométricas serão em PVC, tipo ABS de alta resistência (com uniões entre troços de tubos adequadas), com diâmetro exterior de  $\varnothing 84$  mm e permitirão a passagem de um sensor deslizante (torpedo) dotado de pontos de referência (roletes) espaçados de 0,5 m. Este torpedo conterá dois sensores do tipo servo-acelerómetros montados com desfasamento de  $90^\circ$ . Uma vez no interior da calha, a profundidade a que se encontra o torpedo será controlada por uma escala graduada de 0,5 m e impressa no próprio cabo eléctrico que liga o torpedo à caixa de leituras à superfície.

A execução dos inclinómetros externos aos elementos de contenção ocorrerá antes da execução de trabalhos de escavação e apenas quando finalizados os trabalhos de execução das estruturas de contenção (onde aplicável) de modo a evitar que os mesmos sejam danificados.

Uma vez finalizado o posicionamento das calhas, proceder-se-á ao preenchimento do espaço anelar entre a face exterior da calha e as paredes do furo por meio de calda de cimento com bentonite.

Os inclinómetros serão instalados no tardo das estruturas de contenção, realizando-se para tal uma furação à rotação de 101,6 mm (Figura 5).

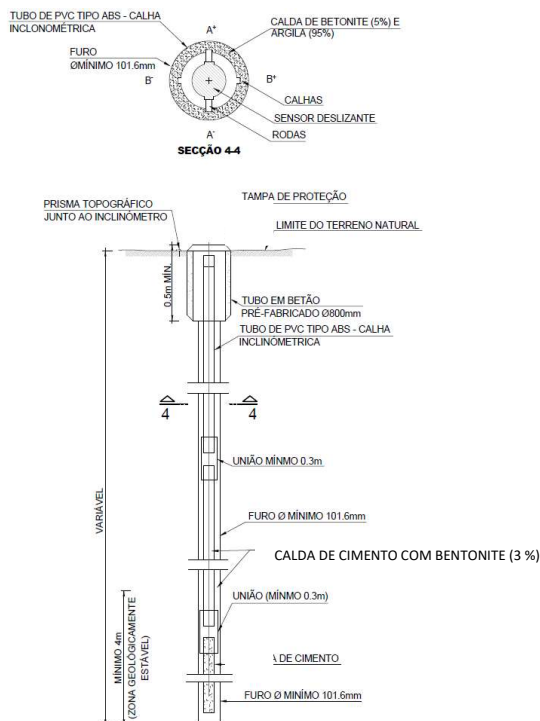


Figura 5 – Inclinómetro

Dentro das condições normais de operação, o erro máximo de cálculo da deflexão no topo de um tubo calha com 30 m de profundidade deverá ser de aproximadamente + 5 mm.

À superfície, as calhas serão protegidas através de caixas com tampas metálicas adequadas. Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

## 5.5 Sensor de nível líquido

O sensor de nível líquido permite medir deslocamentos diferenciais e totais entre diversos pontos de uma estrutura. É constituído por um conjunto de sensores de elevada precisão que medem continuamente a variação de nível de um líquido num circuito fechado. O conjunto de sensores encontra-se ligado a um depósito que constitui o nível de referência do sistema (Figura 6). Os deslocamentos totais podem ser obtidos através da soma dos deslocamentos diferenciais

com os deslocamentos totais do nível de referência, no caso de este último estar sujeito a movimentos.

As leituras serão realizadas automaticamente e enviadas para a base de dados de monitorização.

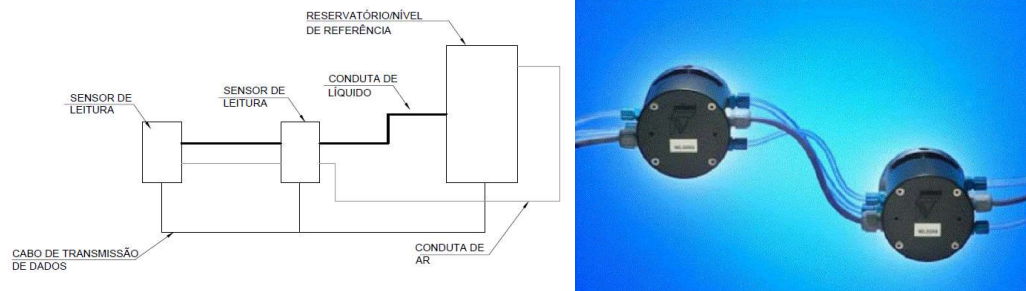


Figura 6 – Sensor de nível líquido

## 5.6 Piezómetro elétrico

Os piezómetros elétricos são constituídos por um dispositivo instalado no interior de um furo com diâmetro mínimo de 86 mm e envolto em areia de filtro na zona de resposta onde se pretende efetuar medições do nível piezométrico, sendo o restante espaço preenchido com material impermeável (trecho imediatamente acima com bentonite e os restantes trechos com calda de cimento, com bentonite). O topo dos piezómetros será protegida por caixas com tampas metálicas adequadas (Figura 7).

A leitura do nível piezométrico será obtida por meio de um transdutor de pressão de corda vibrante instalado no interior do furo. O fio elétrico virá à superfície de forma a possibilitar a ligação a um equipamento de registo de leituras e posteriormente carregados na base de dados de monitorização.

O dispositivo de leitura elétrica, possui as seguintes características:

- Capacidade de leitura: 500 kPa
- Precisão < 0,100% da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,025\%$  da capacidade de leitura

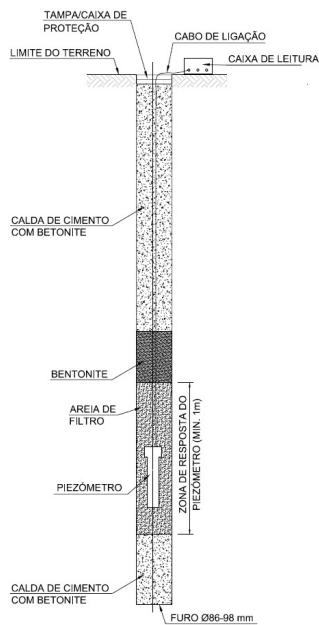


Figura 7 - Piezómetro elétrico com uma câmara

## 5.7 Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC

Os piezómetros com ponteira do tipo LNEC são um tipo de piezómetro recomendado para medição do nível de água em formações de muito baixa permeabilidade, cuja zona de resposta se localiza na extremidade inferior do piezómetro (ponteira) (Figura 8). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

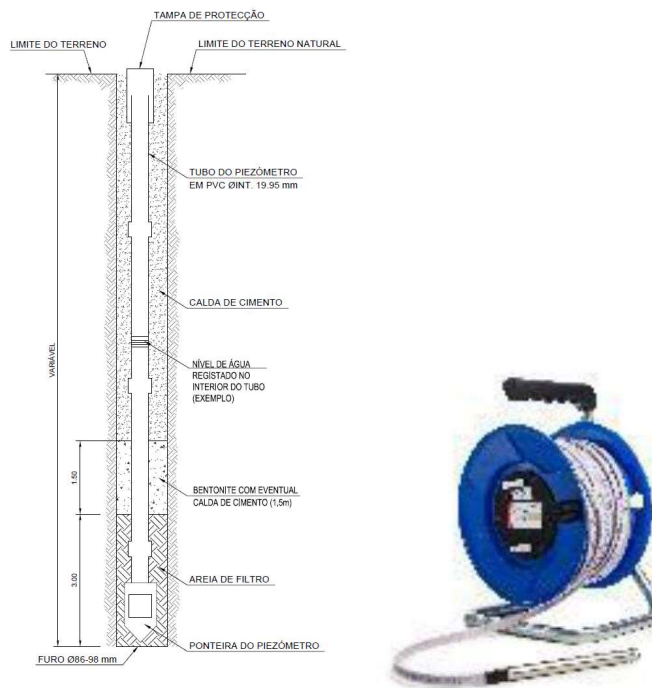


Figura 8 - Piezómetro com ponteira do tipo LNEC

### 5.8 Piezómetro do tipo Casagrande - câmara simples, dupla ou tripla

Os piezómetros do tipo Casagrande permitem a aferição de aquíferos a diferentes profundidades. São constituídos por troços tubos com 75 mm de diâmetro, solidarizados entre si através de uniões exteriores. Na zona onde se pretende efetuar a leitura do nível piezométrico esses tubos apresentam ranhuras com 4,5mm de espessura sendo a sua zona envolvente preenchida com areia (Figura 9 – piezómetro duplo). O número de tubos ou zonas de resposta dita a sua designação, ou seja de câmara simples – 1 tubo, câmara dupla – 2 tubos ou de câmara tripla – 3 tubos.

Na sua extremidade esses tubos são envoltos com geotêxtil (Figura 9). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

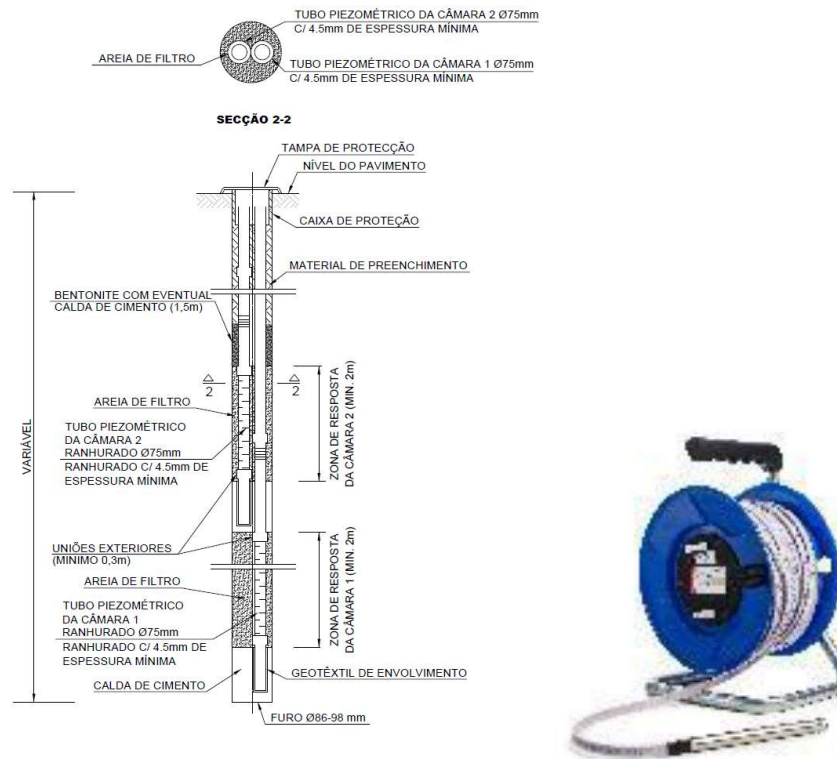


Figura 9 - Piezómetro do tipo Casagrande – Câmara dupla

## 5.9 Prisma topográfico para carril

Os prismas topográficos para carril, consistem num prisma instalado nas travessas das linhas do comboio da IP (Figura 10) ou num prisma para pavimento fixo entre os carris para as linhas da Carris (Figura 11). Este elementos permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X,Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada.

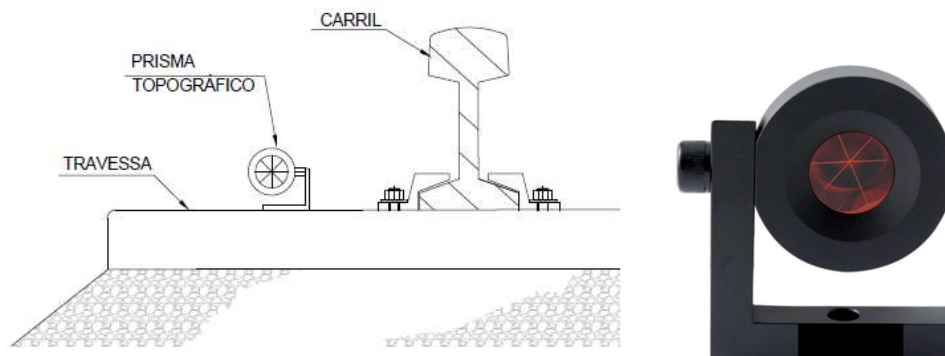


Figura 10 – Prisma topográfico para carril – Linhas IP



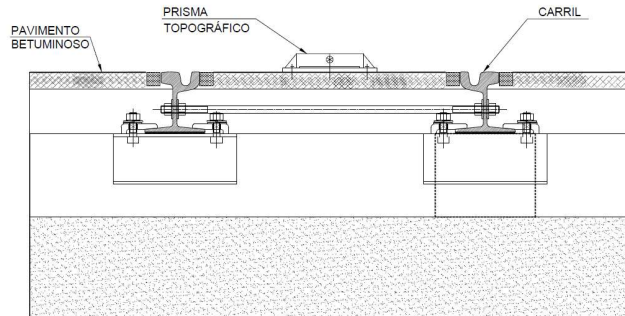


Figura 11 – Prisma topográfico para carril – Linhas Carris

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

### 5.10 Extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge*

Os extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge* permitem a medição indireta de deslocamentos muito pequenos por intermédio de sensores de corda vibrante que medem a extensão dos elementos estruturais aos quais se encontram ligados através de soldadura (Figura 12). Estes dispositivos serão instalados nas escoras metálicas que constituem a solução de travamento da contenção, permitindo medir a extensão acomodada pelas mesmas e consequentemente a força instalada aquando da execução dos trabalhos de escavação.

Deverão ser utilizados *strain-gauges* de corda vibrante, com campo de leitura não inferior a  $3000\mu\epsilon$ , resolução  $< 1,0\mu\epsilon$  e precisão de ordem inferior a  $\pm 0,5\%$  da capacidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

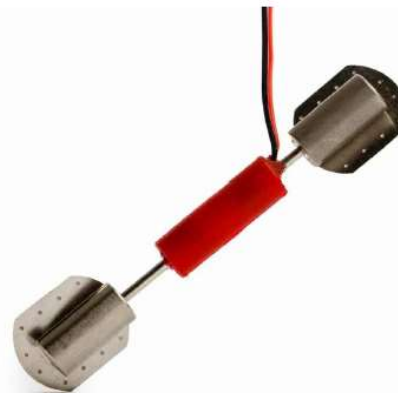
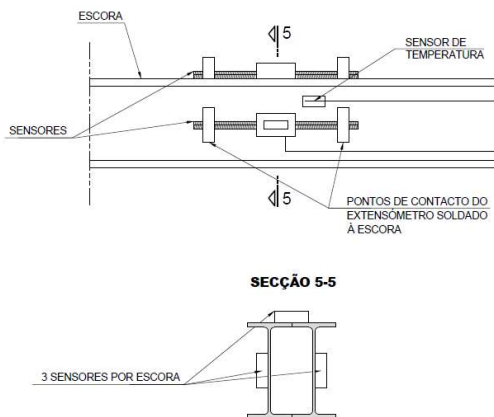


Figura 12 - Extensómetro para escoras do tipo *strain-gauge*

### 5.11 Fissurómetros

Este tipo de diapositivos permitirá acompanhar a evolução da abertura de uma determinada fissura.

Os fissurómetros a utilizar deverão ser planos e deverão permitir a realização de leituras de deslocamentos na horizontal e na vertical. Será ainda necessário que possuam capacidade resistente adequada às intempéries, devendo ser fixos de forma adequada (mecanicamente).

O seu alcance máximo será, no mínimo de 25 mm, na horizontal e 10 mm na vertical, devendo a sua resolução ser, no mínimo, de 0,1 mm (Figura 13). Para garantir esta resolução será necessário recorrer no ato da medição a uma craveira digital que se acopla ao fissurómetro.

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

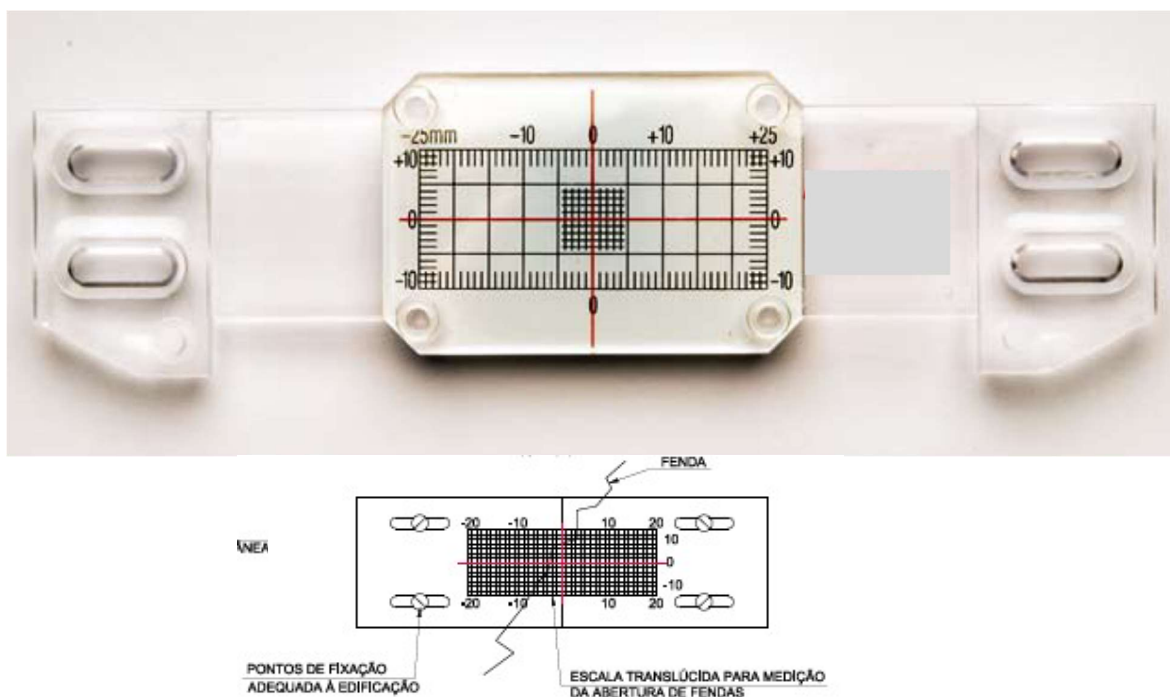


Figura 13 – Fissurómetro

### 5.12 Células de carga

O recurso a células de carga em ancoragens permitirá o acompanhamento da evolução e magnitude da tração instalada nestes elementos em fase de obra.

As células de carga a adotar nas ancoragens provisórias serão do tipo elétrico.

Em condições normais de leitura, o erro associado a estes dispositivos não deverá ultrapassar os  $\pm 0,1\%$  da capacidade máxima de leitura. A sua capacidade máxima de leitura deverá ser superior aos 1500 kN.

A instalação das células de carga será efetuada antes da realização do ensaio de receção detalhado da ancoragem. As células serão posicionadas sobre a chapa de apoio da ancoragem,

sendo posteriormente colocada uma chapa metálica rígida adicional e posteriormente a placa de distribuição das cunhas.

A superfície de contacto com a célula deve estar plana e limpa. A colocação da célula deve ser criteriosa, de forma a que a mesma fique centrada com o eixo da aplicação da carga, evitando-se assim excentricidades, com consequência no rigor das leituras (Figura 14). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

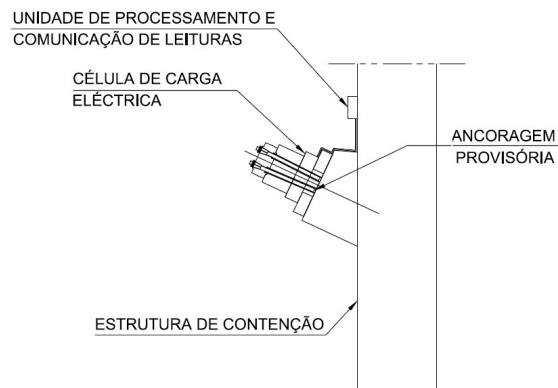


Figura 14 – Célula de carga em ancoragens

### 5.13 Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas

Face aos condicionamentos associados à necessidade de monitorizar as galerias subterrâneas durante a sua execução, a medição das convergências será materializada recorrendo a elemento ótico que permitirá, em condições mais adversas obter com maior precisão leituras de deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A instalação destes dispositivos de forma sistemática e em vários pontos de leitura em seção transversal de cada galeria a executar, permitirá ler não só os deslocamentos do ponto monitorizado, mas também criar secções de medição de convergências, através do controlo de diferentes cordas.

O sistema de fixação destes dispositivos é mecânico e deverá ser realizado ao betão projetado do suporte primário (através de resina epóxi ou de calda de cimento de presa rápida). Na sua extremidade visível a barra é roscada, de forma a permitir acoplar o prisma (Figura 15).

A sua colocação não deverá ultrapassar o primeiro dia após a realização total do suporte primário. Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

De modo a permitir a instalação dos prismas o mais rápido possível, antes que a espessura total do suporte primário esteja aplicada, serão utilizados dispositivos de proteção da fixação que permitirão proteger o elemento de fixação do prisma durante a aplicação das sucessivas camadas de betão projetado (Figura 15).



Figura 15 – Prisma de convergência

## 5.14 Sismógrafo

Preconiza-se durante a fase de construção o posicionamento de sismógrafos junto às edificações mais vulneráveis. Pretende-se o registo das velocidades e frequências de vibrações eventualmente provocadas pela execução dos trabalhos de construção (Figura 16).

As medições de vibrações serão feitas através de um geofone triaxial com uma capacidade de leitura de 2-250 Hz (janela de calibração mínima 1-160 Hz). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

No caso dos sismógrafos utilizados simultaneamente para a monitorização dos limites de integridade estrutural e de vibrações de incomodidade humana, serão adotados dispositivos com a sensibilidade necessária à monitorização dos respetivos limites (conforme Plano de Monitorização Ambiental).

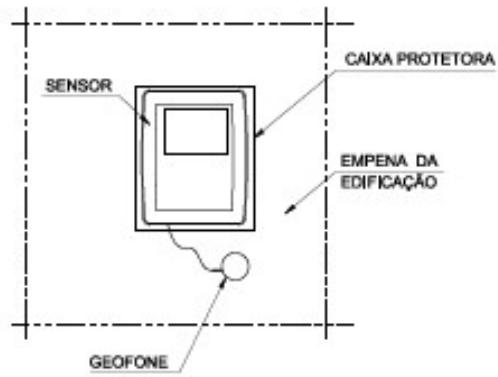


Figura 16 – Sismógrafo

### 5.15 Clinómetro

Os clinómetros permitiram a medição da variação de inclinação das paredes dos edifícios. Quando possível, estes fornecerão leituras remotamente, sendo constituídos por bases de leitura em bronze, concebidas para garantir o posicionamento preciso e repetitivo do equipamento de leitura (Figura 17).

As bases de leitura serão fixas de forma mecânica e permanente à estrutura, sendo instaladas diretamente, normalmente na vertical, ou soldadas numa chapa em T, de dimensões adequadas para permitir a sua instalação na horizontal em elementos verticais.

O equipamento de leitura será constituído por sensor instalado num elemento em aço inoxidável, permitindo a realização de leituras nas bases instaladas em superfície verticais ou horizontais, através de uma unidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre -30°C e +70°C).

O equipamento de leitura possuirá no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura:  $\pm 15^\circ$  a partir da vertical
- Resolução: 0,0013°
- Precisão: < 0,06% da capacidade máxima de leitura

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.



Figura 17 – Clinómetro

### 5.16 Prisma topográfico de referência

Para garantir a adequada leitura dos vários dispositivos topográficos instalados será necessário posicionar elementos adicionais que constituirão a sua referência. Constituem dispositivos de precisão de leitura ótica, sendo utilizados para a realização de leituras nos eixos X, Y e Z (Figura 18). À semelhança dos anteriores também estes dispositivos têm uma importância crítica na criação de uma rede de instrumentação, pois permitem ter um conjunto de coordenadas de referência invariáveis e não-suscetíveis a deslocamentos. Nesse sentido, a escolha da sua localização deve ser realizada de forma criteriosa.

Procurou-se distribuir este tipo de dispositivos de forma a garantir que possuem alcance até cerca de 200 metros, sendo necessário garantir visibilidade direta entre este elemento e aquele que se pretende ler. Cada dispositivo a ler (prisma topográfico) deverá estar referenciado, no mínimo, a 3 unidades de referência, de forma a permitir a existência de redundância e consequentemente, o controlo cruzado entre os vários dispositivos.

O prisma ótico encontra-se acoplado a uma haste metálica robusta que será adequadamente fixa à parede do elemento que será considerado como fixo.

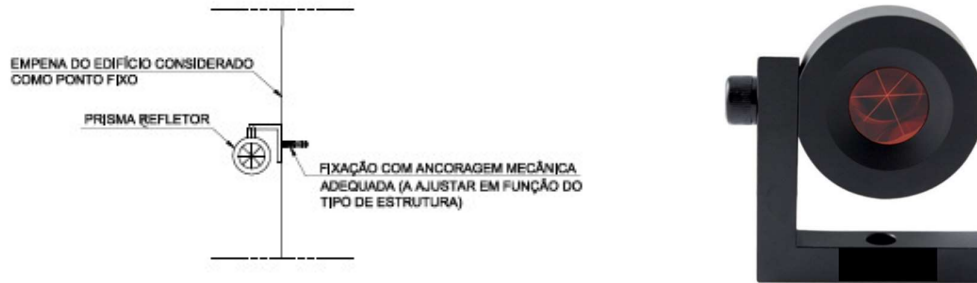


Figura 18 – Prisma topográfico de referência

### 5.17 Estação total robotizada

De forma a minimizar os erros de leitura associados serão adotadas estações totais robotizadas com precisão angular de 0,5" e precisão em distância de 0,6mm. Estas estações permitirão a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nos vários elementos que se pretende instrumentar.

A estação total será assente numa estrutura de suporte fixa a um poste ou na fachada de um edifício. O equipamento encontrar-se-á protegido por elementos antivandalismo e possuirá fonte de alimentação autónoma (Figura 19).

O sistema de referência será o Datum 73 e o referencial altimétrico o Datum Cascais (1938). Todos os trabalhos serão apoiados na rede geodésica do País. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.





---

Figura 19 – Estação total robotizada

## 6 FREQUÊNCIA DAS LEITURAS

A frequência de leituras foi definida tendo em consideração a frente de obra, o faseamento construtivo adotado, os cenários de risco associados a cada solução geotécnica e o tipo de dispositivos de instrumentação escolhidos.

A realização de leituras de referência permitirá aferir o comportamento base das interferências e do terreno antes do início dos trabalhos. Simultaneamente, permitirá também confirmar que os dispositivos se encontram em pleno funcionamento.

A frequência das leituras a adaptar na fase de construção e exploração são as que constam na Tabela 1, para escavações a céu aberto, e na Tabela 2 para escavações em meio subterrâneo.



**Tabela 1 Frequência de leituras – Escavações a céu aberto**

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações a céu aberto)				
Tipo de dispositivo	Fase de obra			
	Leituras de referência	Durante a realização de trabalhos de escavação	Durante a paragem de trabalhos de escavação	Após a conclusão dos trabalhos na zona
Prisma topográfico (edifícios e contenções)	Mínimo de 2 leituras num período de 2 semanas antes do início dos trabalhos de escavação; No caso das linhas desviadas provisoriamente (Carris e IP) mínimo de duas leituras antes do início da circulação.	6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Inclinómetro		Semanalmente	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Sensor de nível líquido		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetro elétrico		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetros Tipo Casagrande		Semanalmente	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico para carril		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro de corda vibrante para perfis de aço (escoras metálicas)		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Fissurómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Célula de carga elétrica		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – ancoragens desativadas
Prisma de convergência		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês
Sismógrafo		1 leitura por hora	1 leitura por hora	Não aplicável
Clinómetro ( <i>tiltmeter</i> )	Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês	

**Tabela 2 Frequência de leitura – Escavações subterrâneas**

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações subterrâneas)				
Tipo de instrumento	Fase de obra			
	Distância relativa à frente de escavação			
	< 20 m	20 - 60 m	60 - 100 m	> 100 m
Prisma topográfico (edifícios)	6 leituras diárias	Cada 2 dias	Semanalmente	Quinzenalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)	6 leituras diárias			
Clinómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Piezómetro elétrico	6 leituras diárias	Cada 2 dias		
Piezómetros	Semanalmente	Semanalmente		
Fissurómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Sismógrafo	1 leitura por hora	1 leitura por hora	1 leitura por hora	
Prisma de convergência	Diariamente	Cada 2 dias	Cada 2 dias	
Extensómetro	Diariamente			
Inclinómetro	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	
Inspeção visual – suporte primário	Diariamente			

---

## 7 CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA

### 7.1 Critérios de alerta e alarme

O estabelecimento dos limites de alerta e alarme para as grandezas medidas pelos dispositivos de instrumentação e observação, tem por objetivo antecipar a ocorrência dos cenários de risco e assim reduzir o risco de existência de danos nas estruturas a executar e nas interferências existentes.

Os valores a adotar nos limites de alerta e alarme para os vários dispositivos de instrumentação têm como ponto de partida a previsão dos resultados esperados, obtidos a partir dos modelos de cálculo. Estes valores constituíram os limites de referência.

Entende-se como limite de alerta um primeiro estágio, onde os valores medidos nos sistemas de instrumentação são um pouco superiores aos de referência. Considera-se um estado de alarme quando a evolução dos valores medidos apresenta uma velocidade/variação no tempo acentuada, sendo em muito superior aos valores de referência.

Caso sejam atingidos os valores estabelecidos para os níveis de alerta, será obrigatório fazer uma análise da evolução das leituras, para se poder encarar atempadamente a aplicação de medidas de contingência.

Uma vez estimados, os efeitos nas interferências foram analisados seguindo a metodologia da avaliação de danos. Em conformidade com os resultados desta análise, foram estabelecidos limites de alerta e alarme que permitam de forma controlada e atempada evitar que a deformação induzida pelos assentamentos nas interferências exceda a Categoria 2 de danos do método de Burland.

Em fase de Projeto de Execução estes valores poderão ter que ser ajustados, função do desenvolvimento do projeto no que respeita aos resultados obtidos no plano de prospeção complementar atualmente em curso e nos resultados dos modelos de cálculo. A abordagem será definir um valor de referência baseado nos resultados dos modelos de cálculo e caracterizar os cenários de alerta e alarme como uma percentagem desse valor.

Os diagramas que descrevem as ações a adotar encontram-se no Anexo 12.1.

## 8 SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO

Será implementado um sistema de recolha de dados automático que realiza leituras através de equipamentos automatizados/robotizados e os envia para a base de dados de consulta e gestão de dados de monitorização.

Para a recolha de dados topográficos, o sistema é baseado numa rede de estações totais robotizadas que periodicamente realizam a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nas estruturas tais como edificações e contenções, e os envia através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Sempre for possível os dados dos dispositivos serão recolhidos automaticamente e enviados através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Para os restantes dispositivos, os dados serão recolhidos por equipas que se deslocarão ao local onde os mesmos se encontram instalados, sendo os mesmos posteriormente carregados na base de dados.

O acesso à base de dados pode ser realizado através de uma página de internet que permite a consulta da informação associada a cada dispositivo, com base em esquemas onde é indicada a localização aproximada de cada dispositivo (Figura 20).



Figura 20 – Interface de acesso aos dados de monitorização

A base de dados de consulta e gestão consiste numa aplicação informática que recorre a servidores remotos, que permitirão o acesso controlado em qualquer momento aos dados recolhidos. A gestão de dados permite que os mesmos sejam processados de modo a poderem serem calculados mapas de isolinhas de assentamento, taxas de deformação, rotações e distorções (Figura 21).



## 9 RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO

Serão apresentados relatórios periódicos (diários) enviados por email com um resumo da informação de monitorização relevante para a análise da evolução do comportamento das estruturas. Neste relatório será apresentado o estado de cada dispositivo instalado relativamente ao limite de alerta e alarme definido.

Dado o número de dispositivos incluídos no plano de observação tentará evitar-se relatórios demasiado extensos. Os dados completos de todos os dispositivos estarão disponíveis em formato digital na base de dados para consulta e gestão de dados de monitorização (ver ponto 8).

## 10 PLANO DE CONTINGÊNCIA

O plano de contingência tem por objetivo definir os procedimentos a seguir para a gestão de um potencial cenário de risco, com vista à eliminação ou mitigação das suas consequências.

Estes procedimentos definem as ações e as entidades responsáveis pela sua execução e incluem, genericamente, as seguintes ações:

- Recolha e análise de informação obtida a partir dos dispositivos de instrumentação;
- Identificação do cenário de risco;
- Implementação de medidas de mitigação.

Os procedimentos definidos no contexto do presente Plano de Instrumentação e Observação iniciam-se com a excedência dos limites de alerta, referência e alarme. Não obstante, poderão desenvolver-se cenários de risco não-previstos em que não existindo um dispositivo de instrumentação para o qual os limites a este atribuídos foram excedidos, deva ser relevante declarar a excedência de um determinado limite, em resultado de um conjunto de observações indiciadoras de um potencial cenário de risco (i.e. observação visual de deformações excessivas em elementos não-instrumentados).

Os diagramas que descrevem os procedimentos adotar encontram-se no Anexo 12.2.

---

## 11 REQUISITOS PARTICULARES DO SISTEMA DE OBSERVAÇÃO EM INTERFERÊNCIAS

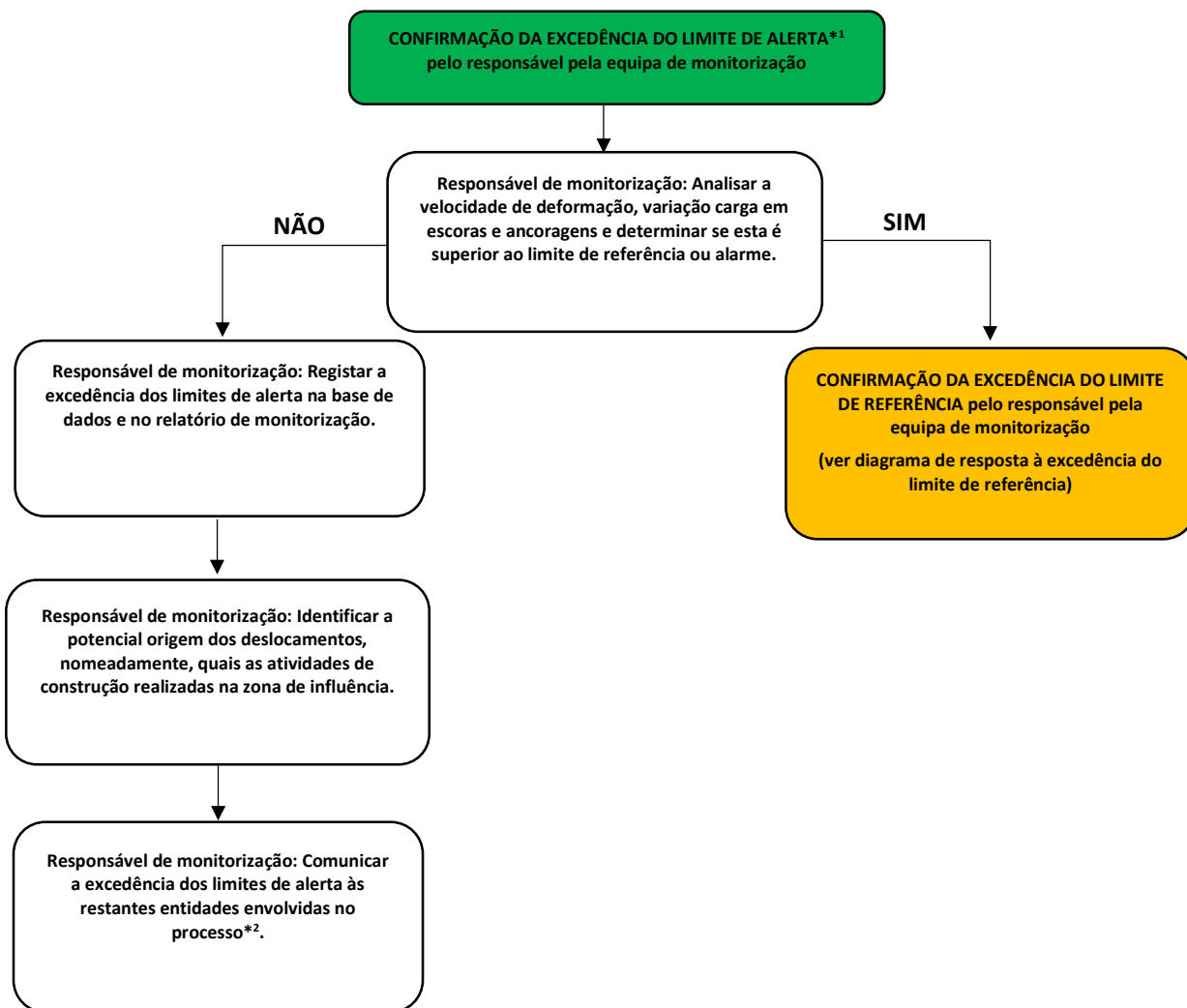
### 11.1 Monitorização de captações de água

No que se refere ao impacto das obras de escavação nos níveis de água de captações existentes na zona de influência dos trabalhos, todos os piezómetros a instalar em redor da obra terão níveis de alerta, referência e alarme indicados. Serão também definidas medidas de mitigação, de referência, a implementar caso o nível de alerta seja excedido.

## 12 ANEXOS

### 12.1 Anexo A - Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência

DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALERTA

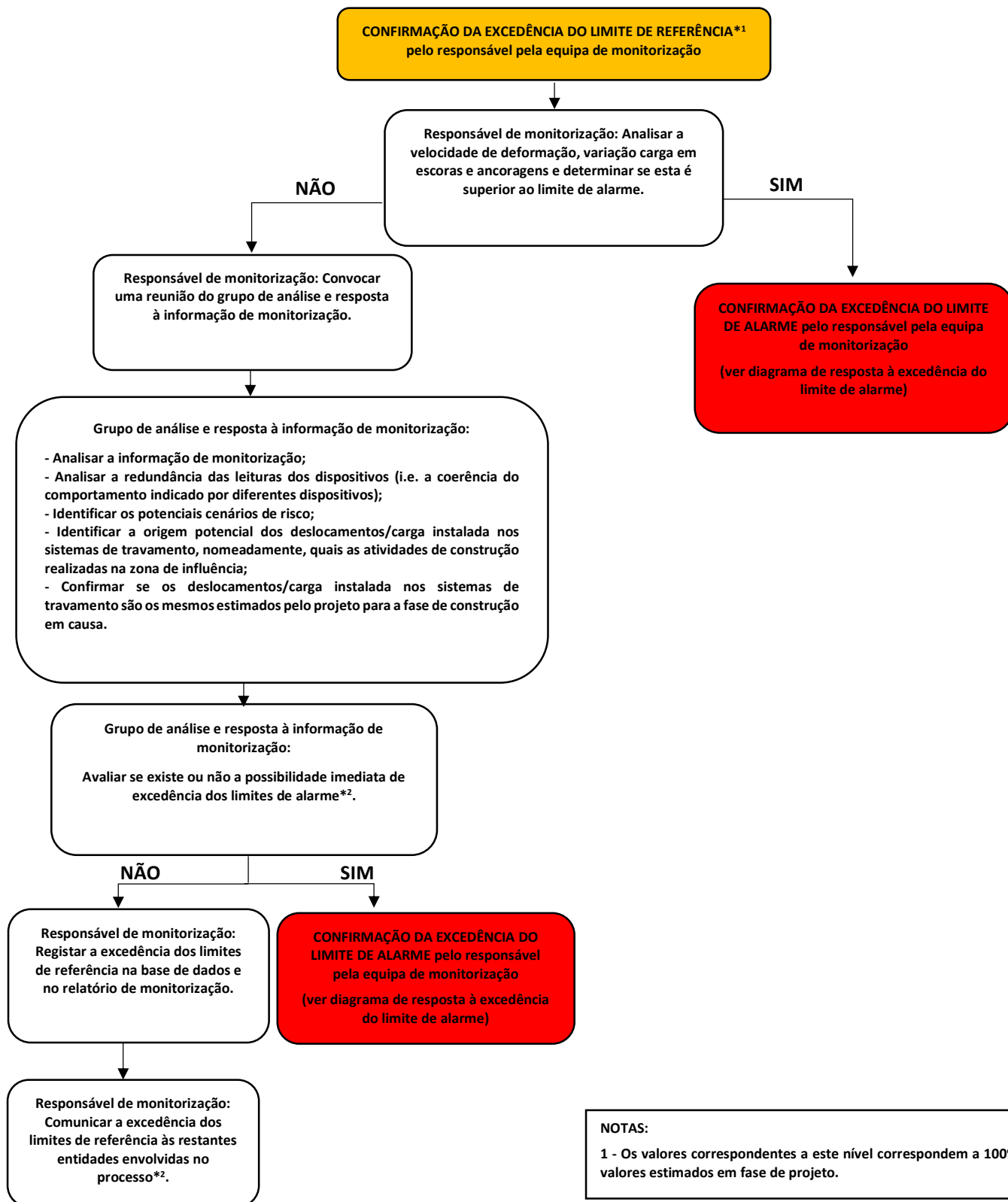


**NOTAS:**

1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 80% dos valores estimados em fase de projeto.

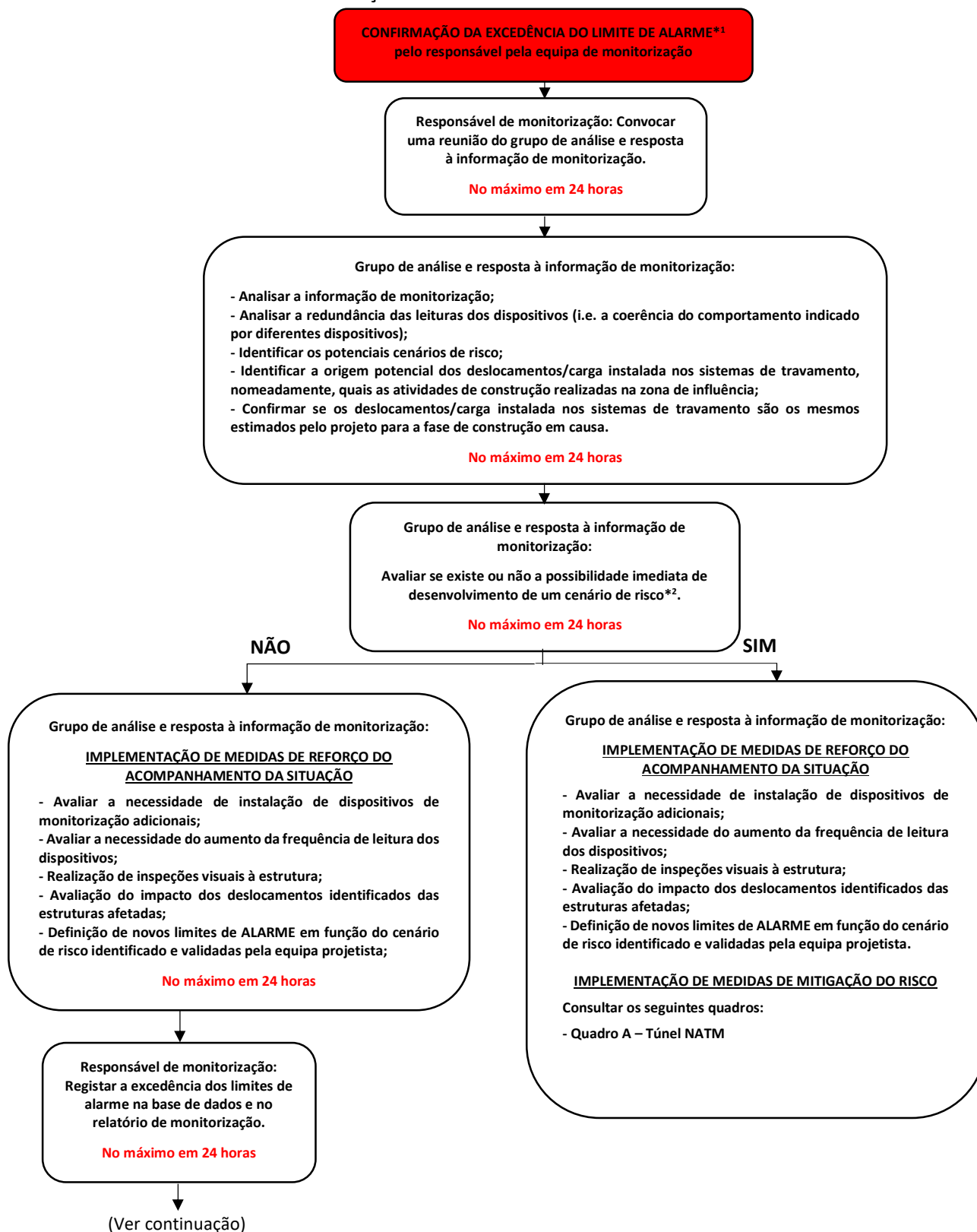


DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE REFERÊNCIA



**NOTAS:**  
1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 100% dos valores estimados em fase de projeto.

DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALARME



Responsável de monitorização:  
Comunicar a excedência dos  
limites de alarme às restantes  
entidades envolvidas no  
processo\*<sup>3</sup>.

**No máximo em 24 horas**

**NOTAS**

1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 130% dos valores estimados em fase de projeto.

2 - As medidas de mitigação correspondentes à interrupção da obra, isolamento de áreas, evacuação da superfície, interrupção de serviços de drenagem/abastecimento/telecomunicações e interrupção da circulação rodoviária/ferroviária, deverão ser implementadas quando se considere não existir tempo suficiente para a implementação de medidas de mitigação de risco ou risco demasiado elevado.

## 12.2 Anexo B - Medidas de atuação/ plano de contingência

### Quadro A – Túnel NATM

As medidas abaixo indicadas deverão ser avaliadas em função do cenário de risco identificado e validadas pela equipa projetista:

- Redução da distância de avanço de escavação;
- Aumento da densidade de pregagens de fibra de vidro na frente de escavação;
- Realização de chapéu de enfilagens nos avanços intermédios;
- Realização de furos de drenagem adicionais na frente e/ou nos hasteais;
- Aplicação de betão projetado na frente de escavação;
- Aumento da parcialização da escavação da frente;
- Inclusão de rede electrossoldada entre cambotas;
- Realização de injeções de selagem;
- Aterro da frente de escavação.

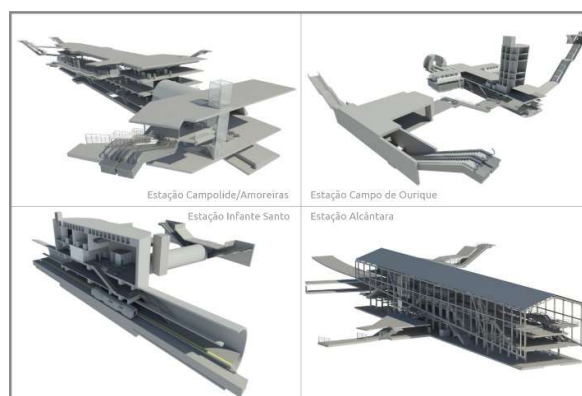


# METRO DE LISBOA

## PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

#### PROJETO DE EXECUÇÃO



#### TOMO I

#### VOLUME 40 - PLANO DE OBSERVAÇÃO – T82

#### MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE INS TUN T82 MD 087001 0		
	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	Francisco Bernardo Pedro Nogueira		2024-10-10
Revisto	Sandra Ferreira		2024-10-10
Verificado	Rui Rodrigues		2024-10-10
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-10
Aprovado			
	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Gestor Projeto	Raúl Pistone		2024-10-10

---

1	OBJETIVO E ÂMBITO .....	5
2	CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO .....	6
3	GRANDEZAS A MEDIR.....	9
3.1	Escavações subterrâneas .....	9
3.2	Edificações .....	10
4	LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO .....	11
5	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA.....	11
5.1	Prisma topográfico para edifícios e contenções .....	11
5.2	Prisma topográfico para pavimento .....	12
5.3	Extensómetro multiponto.....	12
5.4	Inclinómetros .....	14
5.5	Sensor de nível líquido.....	16
5.6	Piezómetro elétrico.....	16
5.7	Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC.....	17
5.8	Piezómetro do tipo Casagrande - câmara simples, dupla ou tripla .....	18
5.9	Prisma topográfico para carril .....	19
5.10	Extensómetros para escoras do tipo <i>strain-gauge</i> .....	20
5.11	Fissurómetros .....	21
5.12	Células de carga .....	21
5.13	Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas .....	22
5.14	Sismógrafo .....	23
5.15	Clinómetro .....	25
5.16	Prisma topográfico de referência .....	25
5.17	Estação total robotizada .....	26
6	FREQUÊNCIA DAS LEITURAS.....	27
7	CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	30
7.1	Critérios de alerta e alarme .....	30
8	SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO .....	31
9	RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO .....	33
10	PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	33

---

11 REQUISITOS PARTICULARES DO SISTEMA DE OBSERVAÇÃO EM INTERFERÊNCIAS.....	34
11.1 Interferência 82 - Caneiro De Alcântara .....	34
11.2 Interferência 381a – Baluarte do Livramento.....	34
11.3 Monitorização de captações de água .....	34
12 ANEXOS .....	35
12.1 Anexo A - Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência.....	35
12.2 Anexo B - Medidas de atuação/ plano de contingência .....	39





## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Anteprojecto**, da **Memória Descritiva e Justificativa do Plano de Observação**, desenvolvida no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do Tomo II do **Volume 4 – T82**.

Neste documento incluem-se as obras subterrâneas, as escavações a céu aberto e as edificações ao longo do limite da área de influência da obra (25 m do limite da infraestrutura).

A elaboração do Plano de Observação de uma obra é condicionado pelas características específicas de cada estrutura, nas quais se incluem as condições da fundação, a ocupação à superfície, as características dos materiais utilizados, os métodos construtivos e, ainda, os critérios adotados no seu dimensionamento. Além destes parâmetros diretamente relacionados com as estruturas devem ser igualmente consideradas as ações exteriores, os valores humanos e os danos materiais envolvidos na ocorrência de uma eventual rotura.

O Plano de Observação envolve a definição de um sistema de observação e dos critérios para a sua exploração e visa a interpretação do comportamento e a avaliação das condições de segurança das várias frentes de obra existentes durante toda a fase de construção. Deste modo, será possível interpretar o comportamento da obra nas suas diferentes fases de construção, com base nos resultados de observação, permitindo aferir os pressupostos admitidos no projeto, ao nível dos condicionamentos geológico, geotécnicos e hidrogeológicos do local, dos métodos de cálculo, dos critérios de projeto e consequente verificação da funcionalidade da obra.

O Plano de Observação deve ser considerado como uma peça "dinâmica" e que, por isso, deverá ser atualizado, podendo sofrer algumas adaptações decorrentes da evolução dos processos construtivos, da estratégia construtiva a implementar, e de eventuais particularidades e/ou informações entretanto obtidas.

O Plano de Observação é definido para as estruturas a executar e para a sua envolvente. A parte correspondente às estruturas a construir será definida, onde aplicável, em cada Tomo, para cada volume específico de cada tomo. Os dispositivos de instrumentação a aplicar nas interferências e infraestruturas existentes na vizinhança da obra encontram-se definidos nos volumes do Tomo II correspondentes aos troços de túnel, abrangendo, quando aplicável, a zona da estação mais próxima.

## 2 CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO

O recurso a instrumentação e observação permitirá realizar o controlo proactivo e sistemático dos trabalhos através da observação dos parâmetros que influenciam o desenvolvimento da obra, com o fim de verificar as hipóteses de projeto e, onde necessário, adaptá-lo antecipadamente de forma a garantir, sem subestimar a segurança, o cumprimento dos tempos de execução, a gestão das aleatoriedades e dos imprevistos no contexto geológico, geotécnico e hidrogeológico em que a obra se insere.

Esta abordagem dinâmica possibilita o controlo e a adaptação atempada das soluções e consequente minimização do risco geotécnico da obra (Figura 1).

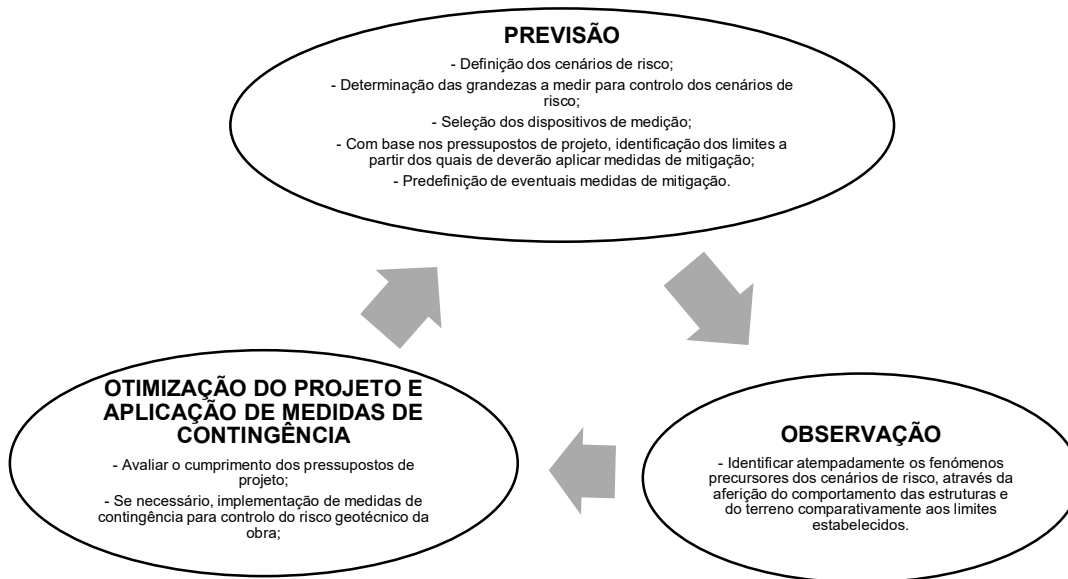


Figura 1 – Abordagem geral do Plano de Observação

O sistema de observação proposto é constituído por instrumentos de provada confiabilidade e de uso corrente em obras similares. Todos os dispositivos de instrumentação e observação serão adequadamente protegidos de forma a evitar que sejam danificados durante a execução da obra.

A realização de leituras de instrumentação e observação de carater topográfico pressupõe o recurso a elementos de referência adequados, posicionados numa zona da obra que não sofra perturbações e a uma distância tal que o erro de leitura associado seja mínimo.

A adequada instalação dos dispositivos de instrumentação tem uma importância estratégica para o correto desempenho do sistema de observação, em particular, para aqueles instrumentos que uma vez instalados não ficam acessíveis.

As técnicas e procedimentos de instalação dos vários dispositivos serão sempre executadas de acordo com as indicações dos fabricantes e fornecedores.

Toda a instrumentação irá ser instalada com a devida antecedência em relação ao início dos trabalhos para se conseguirem adequadas leituras de referência. Durante a fase de obra, serão realizadas leituras com a frequência necessária para garantir um atempado reconhecimento dos fenómenos precursores dos cenários de risco e eficaz aplicação de medidas de contingência. Após a conclusão dos trabalhos, realizar-se-ão leituras que permitam confirmar o comportamento previsto das estruturas e do terreno.

A redundância da instrumentação constituirá um aspeto importante para aumentar a confiança no sistema e permitir um controlo adequado e fidedigno.

No enquadramento anterior, o sistema de observação foi definido para as diferentes obras associadas ao projeto cujo acompanhamento do comportamento se julga necessário. Neste documento abordar-se-á a instrumentação associada aos túneis NATM, nomeadamente:

- Troço 81, 82, 83, 84 e 85;
- Tímpano de São Sebastião (OE1);
- Túnel da Via de Resguardo 1 (OE3);
- Túnel da Via de Resguardo 2 (OE4);
- Túnel Término da Via de Resguardo 3 (OE7).

Para cada um destes locais, os sistemas de observação preconizados atendem às diferentes fases da obra.

Resumidamente os dispositivos de medição preconizados para cada frente de obra são os apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1 – Dispositivos de medição preconizados para a obra**

FRENTE DE OBRA	PRISMA TOPOGRÁFICO (EDIFÍCIOS E CONTENÇÕES)	PRISMA TOPOGRÁFICO (PAVIMENTOS)	EXTENSÓMETRO MULTIPONTO	INCLINÓMETRO	SENSOR DE NÍVEL LÍQUIDO	PIEZÓMETRO ELÉTRICO	PEIZÓMETRO TIPO CASAGRADE	PRISMA TOPOGRÁFICO PARA CARRIL	EXTENSÓMETRO DE CORDA VIBRANTE PARA ESCORAS DE AÇO	FISSURÓMETRO (EDIFÍCIOS)	CÉLULA DE CARGA ELÉTRICA PARA ANCORAGENS COM STRAIN GAUGES	PRISMA DE CONVERGÊNCIA	SISMÓGRAFO (EDIFÍCIOS)	CLINÓMETRO (TILTMETER)	PRISMA TOPOGRÁFICO DE REFERÊNCIA	ESTAÇÃO TOTAL ROBOTIZADA (EDIFÍCIOS)
Túnel Troço 81, 82, 83, 84 e 85	X	X	X			X	X			X		X	X		X	X
Tímpano de São Sebastião (OE1)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel da Via de Resguardo 1 (OE3)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel da Via de Resguardo 2 (OE4)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel Término da Via de Resguardo 3 (OE7)	X	X	X			X	X			X		X	X		X	X

Nos pontos subsequentes descrevem-se os sistemas de observação para as diferentes estruturas e nas peças desenhadas apresenta-se a sua implantação de princípio, que poderá ser adaptada em função da evolução do projeto, quer no que se refere ao número, quer no que se refere à disposição dos aparelhos de medição.

### 3 GRANDEZAS A MEDIR

De um modo geral as grandezas a medir serão:

- Medições de deslocamentos verticais e horizontais e convergências no interior de galerias subterrâneas recorrendo a prismas topográficos.
- Medição da inclinação dos edifícios recorrendo a clinómetros.
- Medição da abertura de fendas em edifícios, utilizando fissurómetros.
- Medições de deslocamentos verticais internos do maciço e à superfície, com extensómetros multiponto.
- Medição de deslocamentos horizontais em profundidade através de inclinómetros.
- Medições de deslocamentos verticais e horizontais nos pavimentos e carris utilizando prismas de pavimento e de carris.
- Medições dos níveis piezométricos recorrendo a piezómetros do tipo Casagrande (com uma ou várias câmaras) e elétricos.
- Variações de tração instalada nas ancoragens através de células de carga elétricas.
- Medição de vibrações induzidas recorrendo a sismógrafos.
- Medições de deslocamentos axiais de elementos estruturais recorrendo a extensómetros (tipo *strain gauges*).
- Medição de deslocamentos de precisão na estrutura interior de edifícios, utilizando sensores de nível líquido.

#### 3.1 Escavações subterrâneas

A avaliação da evolução do comportamento das obras subterrâneas será realizada através do registo dos deslocamentos do terreno e observação de eventuais fissurações no revestimento primário. Para tal serão criadas secções de medição de convergências e deslocamentos, onde serão instalados, em geral, 3 prismas para secções cuja maior dimensão seja menor ou igual a 10 m e 5 prismas para secções com a maior dimensão superior a 10 m. Para a secções com 3 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 1 em cada hasteal, que permitirão para além dos deslocamentos nesses pontos, o controlo de 3 cordas diferentes. Para a secções com 5 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 2 em cada hasteal, acima e abaixo do eixo da galeria, que permitirão o controlo de 6 cordas diferentes.

No terreno e à superfície serão executados extensómetros multiponto, inclinómetros e prismas topográficos no pavimento, em carris e em edifícios.

Em geral, no que diz respeito às grandezas a observar, para além dos deslocamentos será também avaliada a variação/presença de água através da instalação de piezómetros.

As ações relacionadas com a presença e escoamento de água nas escavações subterrâneas serão controladas pela observação sistemática dos caudais afluentes. Quando necessário, assumem particular destaque aos drenos longitudinais realizados em avanço da escavação, que permitirão antever as condições hidrogeológicas do terreno a escavar.

### 3.2 Edificações

Para o controlo das edificações próximas às obras será implementado um sistema de monitorização composto por:

- Prismas topográficos para o controlo dos deslocamentos dos edifícios.
- Sismógrafos para o controlo das vibrações induzidas pela execução das obras.
- Clinómetros para o controlo das inclinações.
- Fissurómetros para o controlo de eventuais fissuras presentes nas edificações.

A adoção de medidas de observação permitirá em fase de obra monitorizar os movimentos ocorridos em interferências e, se necessário, tomar medidas de minimização dos movimentos das estruturas e conseqüentemente reduzir os riscos humanos e materiais associados a estes movimentos. Assim sendo, foram estabelecidos dois níveis de observação (I e II), que se diferenciam, respetivamente, pela complexidade crescente da instrumentação instalada e pela frequência de leitura a realizar.

- Observação Nível I – Monitorização recorrendo essencialmente a prismas topográficos;
- Observação Nível II – Monitorização recorrendo prismas topográficos a clinómetros, fissurómetros e sismógrafos.

Note-se que os sismógrafos devem ser instalados o mais próximo possível às fundações das edificações e que os fissurómetros devem ser instalados apenas em caso de presença de fissuras.

---

## 4 LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

A necessidade observação da zona de intervenção, em particular do comportamento do terreno, dos elementos estruturais das contenções, suporte primário dos túneis e das interferências, obriga à implementação de um sistema de monitorização integrado que interfira o menos possível com as atividades de construção. Em simultâneo, dado que a obra se insere em meio urbano, é fundamental coordenar o posicionamento dos dispositivos com os condicionamentos existentes.

A localização proposta para os aparelhos citados encontra-se representada nas peças desenhadas. O posicionamento definitivo da instrumentação prevista poderá eventualmente ter que ser ajustado, dependendo das condições existentes no local.

Sempre que possível, irão utilizar os piezómetros executados nas campanhas de prospeção geotécnica e hidrogeológica complementares.

O critério para a instalação de equipamentos de observação em interferências, nomeadamente a observação Nível I, resulta da Avaliação de Danos descrita em documento autónomo.

## 5 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARATERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA

Nos subcapítulos subsequentes encontram-se descritas sumariamente, as caraterísticas dos vários dispositivos de instrumentação e observação. Essas caraterísticas constituem um complemento às especificações técnicas do Metro (ET- 208 – PP INS ET 208).

### 5.1 Prisma topográfico para edifícios e contenções

Os prismas topográficos para edifícios e contenções consistem num elemento fixo na sua fachada ou nos elementos estruturais das contenções e permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada (Figura 2).

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada, com base em pontos estáveis, materializados através do mesmo tipo de dispositivos, localizados fora da zona de influência das obras a executar. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.



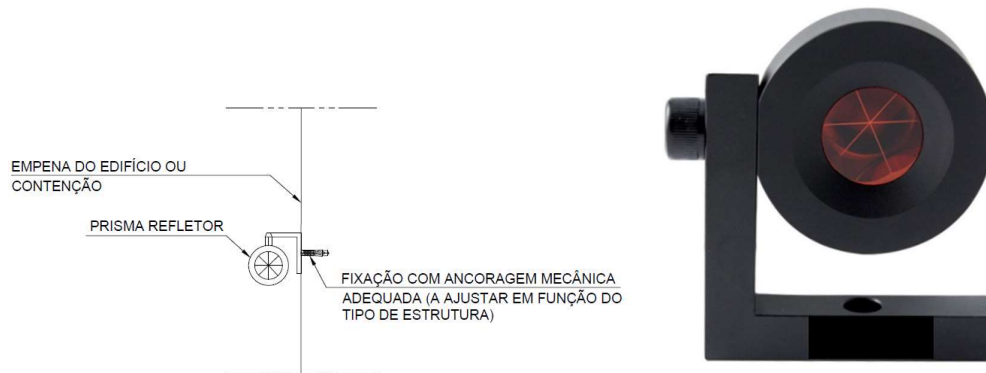


Figura 2 – Prisma topográfico para edifícios e contenções

## 5.2 Prisma topográfico para pavimento

Os prismas topográficos para pavimento consistem num elemento adequadamente fixo ao pavimento com elevada resistência ao tráfego pedonal e rodoviário, materializado por meio de uma placa metálica que permite a realização leituras dos deslocamentos verticais.

As leituras serão efetuadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

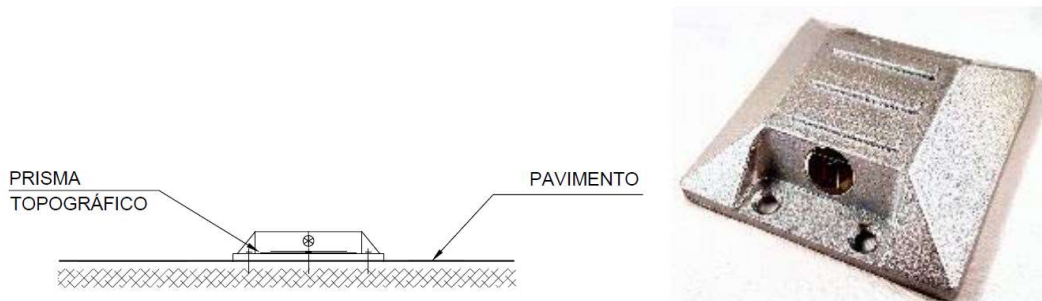


Figura 3 - Prisma topográfico para pavimento

## 5.3 Extensómetro multiponto

Os extensómetros permitem o controlo dos deslocamentos verticais em profundidade e encontram-se definidos nas seções de monitorização onde também estão previstas medições de deslocamentos e convergências no interior das galerias subterrâneas (Figura 4).

Os extensómetros terão 1 ou 2 ancoragens fixadas a diferentes profundidades. O sensor de deslocamento deverá ser do tipo corda vibrante dotado com sensor de temperatura.

Do conjunto deste dispositivo deverá fazer parte integrante:

- Barras/varas em aço inoxidável ou fibra de vidro

- 
- Ancoragem (injetável com calda de cimento ou tipo *packer*)
  - Bainha de encamisamento das barras/varas
  - Cabeça de referência do elétrico

O extensómetro será instalado em furo previamente executado de diâmetro, no mínimo, de  $\varnothing 76$  mm (furação destrutiva), que terá um comprimento superior à profundidade de instalação de cerca de 1,00 m.

As cabeças dos extensómetros deverão ser equipadas com um prisma topográfico que permita obter as leituras à superfície. Aos valores das leituras das ancoragens deverão ser adicionados os assentamentos de superfície obtidos através dos prismas.

Os componentes serão montados de acordo às indicações do fabricante e instalados no furo nas cotas previstas função do seu comprimento total. Existirá uma ancoragem na extremidade correspondente à base do furo e uma segunda a 1/3 do seu comprimento total.

Uma vez finalizado o posicionamento do dispositivo, proceder-se-á a sua selagem por meio de calda de cimento.

As cabeças dos extensómetros serão protegidas por caixas com tampas metálicas adequadas.

O dispositivo será de leitura elétrica, o sensor de deslocamento ou transdutor, será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ), possuindo no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura  $\geq 100\text{mm}$
- Precisão  $< 0,30\%$  da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,0066\%$  da capacidade de leitura

O dispositivo será calibrado antes de ser utilizado e as leituras serão realizadas a partir da superfície. Após a realização da medição, os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

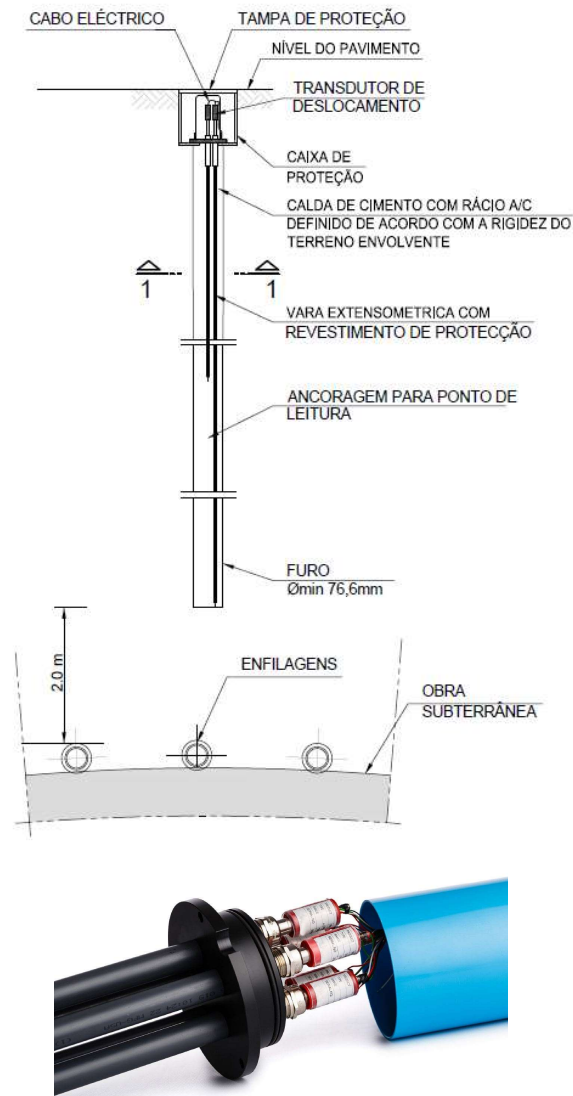


Figura 4 – Extensómetro multiponto

## 5.4 Inclinómetros

Os inclinómetros são constituídos por tubos com calhas guias nos quais, aquando da realização de leituras, é inserido um sensor deslizante que mede simultaneamente a distância percorrida no interior do tubo e a variação do ângulo entre os rolamentos do sensor.

As calhas inclinométricas serão em PVC, tipo ABS de alta resistência (com uniões entre troços de tubos adequadas), com diâmetro exterior de  $\varnothing 84$  mm e permitirão a passagem de um sensor deslizante (torpedo) dotado de pontos de referência (roletes) espaçados de 0,5 m. Este torpedo conterá dois sensores do tipo servo-acelerómetros montados com desfaseamento de  $90^\circ$ . Uma vez no interior da calha, a profundidade a que se encontra o torpedo será controlada por uma

escala graduada de 0,5 m e impressa no próprio cabo elétrico que liga o torpedo à caixa de leituras à superfície.

A execução dos inclinómetros externos aos elementos de contenção ocorrerá antes da execução de trabalhos de escavação e apenas quando finalizados os trabalhos de execução das estruturas de contenção (onde aplicável) de modo a evitar que os mesmos sejam danificados.

Uma vez finalizado o posicionamento das calhas, proceder-se-á ao preenchimento do espaço anelar entre a face exterior da calha e as paredes do furo por meio de calda de cimento com bentonite.

Os inclinómetros serão instalados no tardo das estruturas de contenção, realizando-se para tal uma furação à rotação de 101,6 mm (Figura 5).

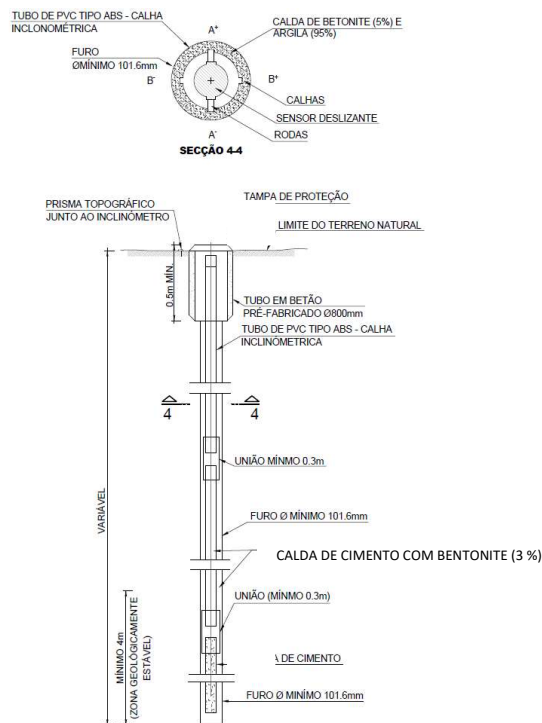


Figura 5 – Inclinómetro

Dentro das condições normais de operação, o erro máximo de cálculo da deflexão no topo de um tubo calha com 30 m de profundidade deverá ser de aproximadamente + 5 mm.

À superfície, as calhas serão protegidas através de caixas com tampas metálicas adequadas. Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

## 5.5 Sensor de nível líquido

O sensor de nível líquido permite medir deslocamentos diferenciais e totais entre diversos pontos de uma estrutura. É constituído por um conjunto de sensores de elevada precisão que medem continuamente a variação de nível de um líquido num circuito fechado. O conjunto de sensores encontra-se ligado a um depósito que constitui o nível de referência do sistema (Figura 6). Os deslocamentos totais podem ser obtidos através da soma dos deslocamentos diferenciais com os deslocamentos totais do nível de referência, no caso de este último estar sujeito a movimentos.

As leituras serão realizadas automaticamente e enviadas para a base de dados de monitorização.

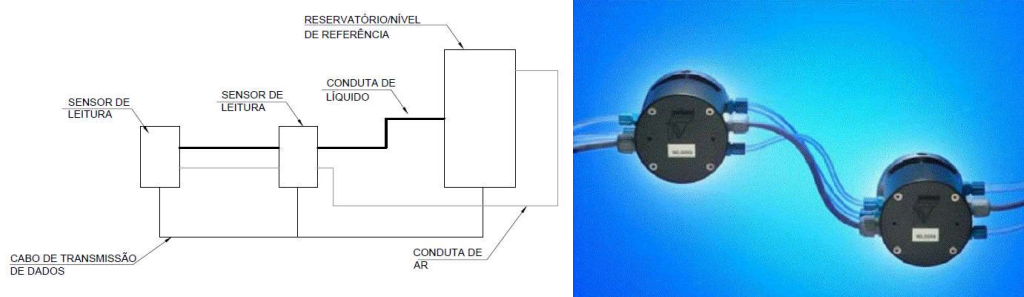


Figura 6 – Sensor de nível líquido

## 5.6 Piezómetro elétrico

Os piezómetros elétricos são constituídos por um dispositivo instalado no interior de um furo com diâmetro mínimo de 86 mm e envolto em areia de filtro na zona de resposta onde se pretende efetuar medições do nível piezométrico, sendo o restante espaço preenchido com material impermeável (trecho imediatamente acima com bentonite e os restantes trechos com calda de cimento, com bentonite). O topo dos piezómetros será protegida por caixas com tampas metálicas adequadas (Figura 7).

A leitura do nível piezométrico será obtida por meio de um transdutor de pressão de corda vibrante instalado no interior do furo. O fio elétrico virá à superfície de forma a possibilitar a ligação a um equipamento de registo de leituras e posteriormente carregados na base de dados de monitorização.

O dispositivo de leitura elétrica, possui as seguintes características:

- Capacidade de leitura: 500 kPa
- Precisão < 0,100% da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,025\%$  da capacidade de leitura

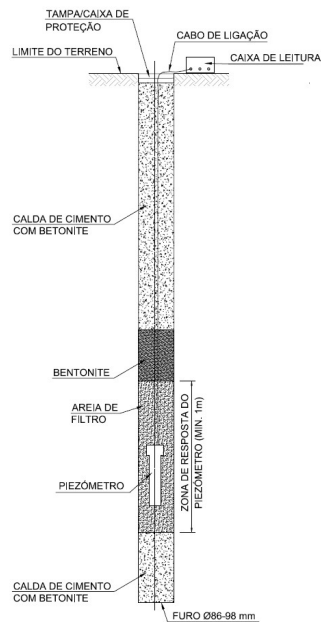


Figura 7 - Piezómetro elétrico com uma câmara

## 5.7 Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC

Os piezómetros com ponteira do tipo LNEC são um tipo de piezómetro recomendado para medição do nível de água em formações de muito baixa permeabilidade, cuja zona de resposta se localiza na extremidade inferior do piezómetro (ponteira) (Figura 8). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

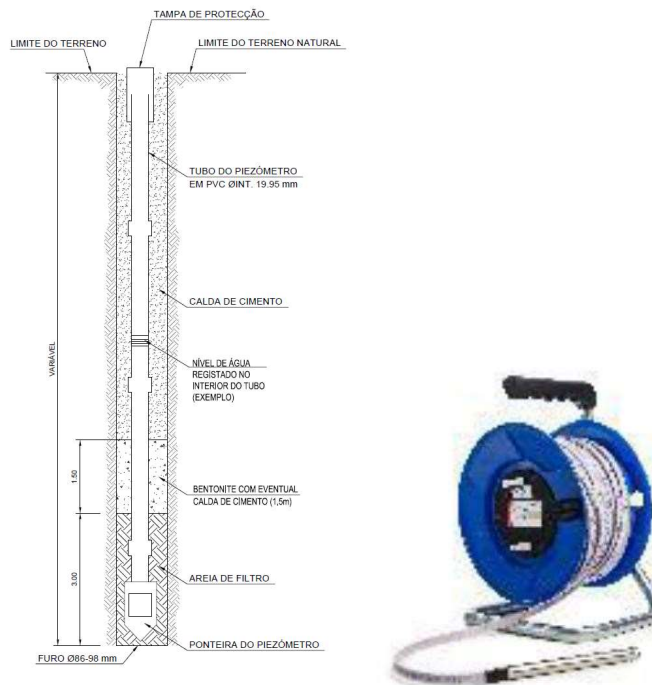


Figura 8 - Piezómetro com ponteira do tipo LNEC

## 5.8 Piezómetro do tipo Casagrande - câmara simples, dupla ou tripla

Os piezómetros do tipo Casagrande permitem a aferição de aquíferos a diferentes profundidades. São constituídos por troços tubos com 75 mm de diâmetro, solidarizados entre si através de uniões exteriores. Na zona onde se pretende efetuar a leitura do nível piezométrico esses tubos apresentam ranhuras com 4,5mm de espessura sendo a sua zona envolvente preenchida com areia (Figura 9 – piezómetro duplo). O número de tubos ou zonas de resposta dita a sua designação, ou seja de câmara simples – 1 tubo, câmara dupla – 2 tubos ou de câmara tripla – 3 tubos.

Na sua extremidade esses tubos são envoltos com geotêxtil (Figura 9). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.



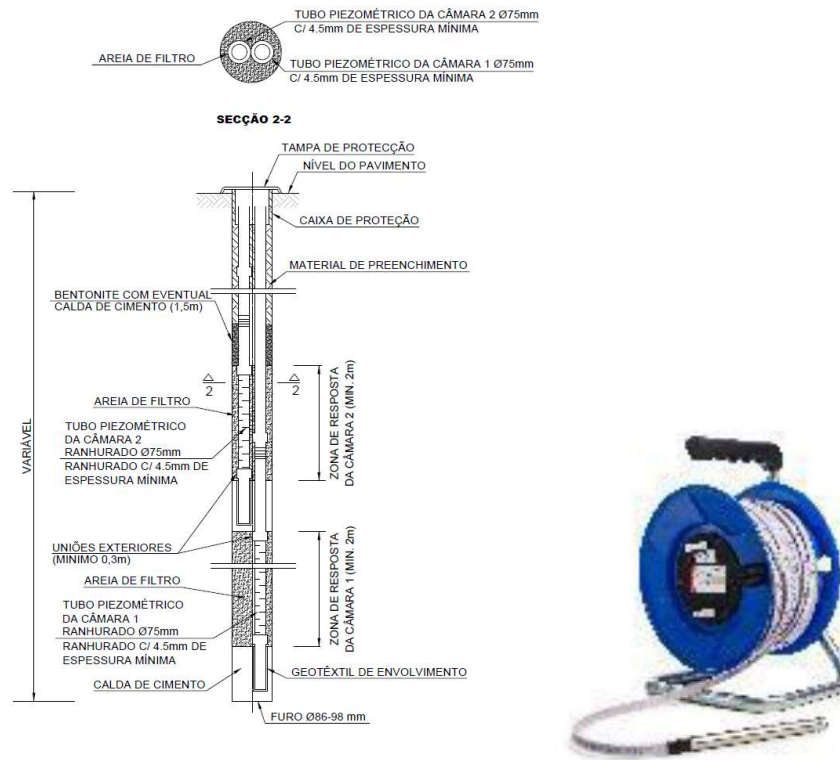


Figura 9 - Piezómetro do tipo Casagrande – Câmara dupla

### 5.9 Prisma topográfico para carril

Os prismas topográficos para carril, consistem num prisma instalado nas travessas das linhas do comboio da IP (Figura 10) ou num prisma para pavimento fixo entre os carris para as linhas da Carris (Figura 11). Este elementos permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X,Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada.

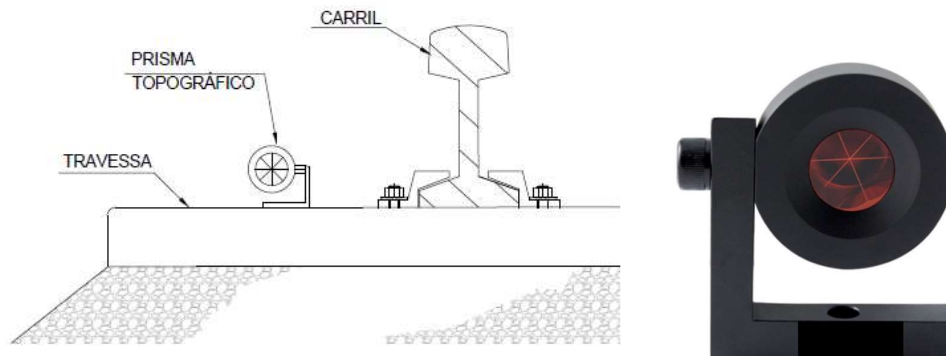


Figura 10 – Prisma topográfico para carril – Linhas IP



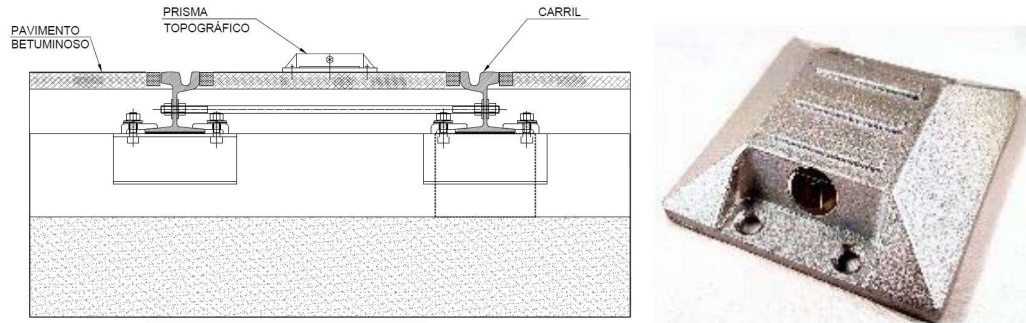


Figura 11 – Prisma topográfico para carril – Linhas Carris

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

### 5.10 Extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge*

Os extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge* permitem a medição indireta de deslocamentos muito pequenos por intermédio de sensores de corda vibrante que medem a extensão dos elementos estruturais aos quais se encontram ligados através de soldadura (Figura 12). Estes dispositivos serão instalados nas escoras metálicas que constituem a solução de travamento da contenção, permitindo medir a extensão acomodada pelas mesmas e consequentemente a força instalada aquando da execução dos trabalhos de escavação.

Deverão ser utilizados *strain-gauges* de corda vibrante, com campo de leitura não inferior a  $3000\mu\epsilon$ , resolução  $< 1,0\mu\epsilon$  e precisão de ordem inferior a  $\pm 0,5\%$  da capacidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

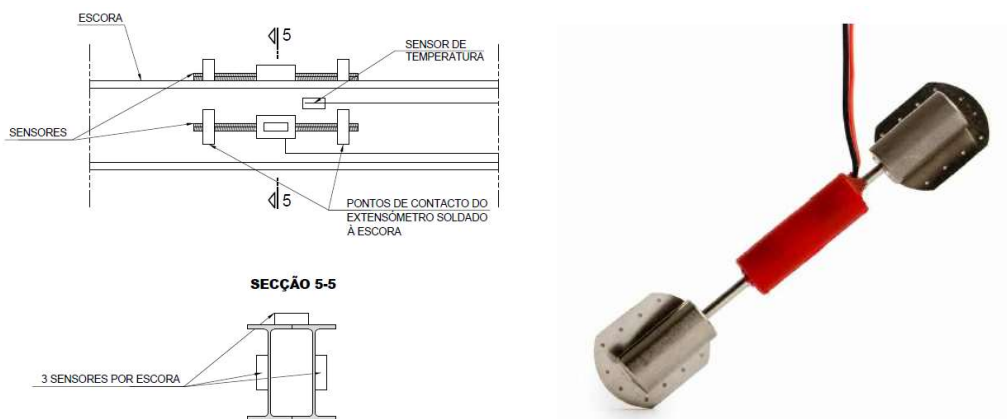


Figura 12 - Extensómetro para escoras do tipo *strain-gauge*

### 5.11 Fissurómetros

Este tipo de diapositivos permitirá acompanhar a evolução da abertura de uma determinada fissura.

Os fissurómetros a utilizar deverão ser planos e deverão permitir a realização de leituras de deslocamentos na horizontal e na vertical. Será ainda necessário que possuam capacidade resistente adequada às intempéries, devendo ser fixos de forma adequada (mecanicamente).

O seu alcance máximo será, no mínimo de 25 mm, na horizontal e 10 mm na vertical, devendo a sua resolução ser, no mínimo, de 0,1 mm (Figura 13). Para garantir esta resolução será necessário recorrer no ato da medição a uma craveira digital que se acopla ao fissurómetro.

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

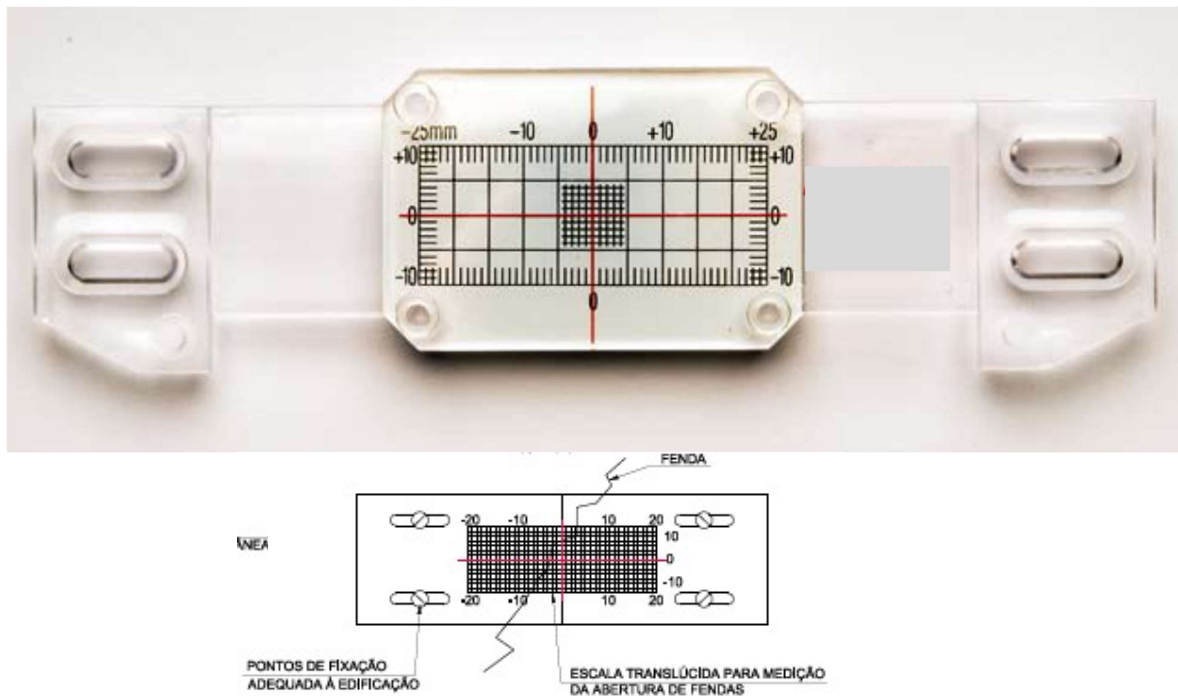


Figura 13 – Fissurómetro

### 5.12 Células de carga

O recurso a células de carga em ancoragens permitirá o acompanhamento da evolução e magnitude da tração instalada nestes elementos em fase de obra.

As células de carga a adotar nas ancoragens provisórias serão do tipo elétrico.

Em condições normais de leitura, o erro associado a estes dispositivos não deverá ultrapassar os  $\pm 0,1\%$  da capacidade máxima de leitura. A sua capacidade máxima de leitura deverá ser superior aos 1500 kN.

A instalação das células de carga será efetuada antes da realização do ensaio de receção detalhado da ancoragem. As células serão posicionadas sobre a chapa de apoio da ancoragem, sendo posteriormente colocada uma chapa metálica rígida adicional e posteriormente a placa de distribuição das cunhas.

A superfície de contacto com a célula deve estar plana e limpa. A colocação da célula deve ser criteriosa, de forma a que a mesma fique centrada com o eixo da aplicação da carga, evitando-se assim excentricidades, com consequência no rigor das leituras (Figura 14). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

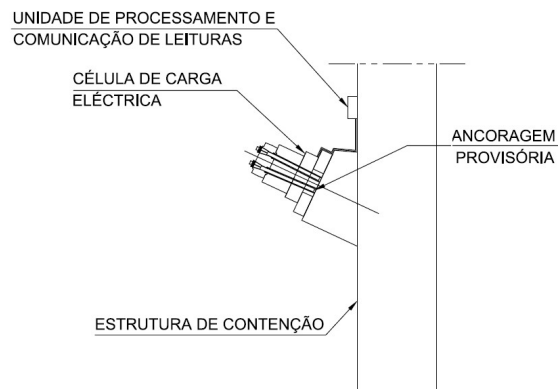


Figura 14 – Célula de carga em ancoragens

### 5.13 Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas

Face aos condicionamentos associados à necessidade de monitorizar as galerias subterrâneas durante a sua execução, a medição das convergências será materializada recorrendo a elemento ótico que permitirá, em condições mais adversas obter com maior precisão leituras de deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A instalação destes dispositivos de forma sistemática e em vários pontos de leitura em seção transversal de cada galeria a executar, permitirá ler não só os deslocamentos do ponto monitorizado, mas também criar secções de medição de convergências, através do controlo de diferentes cordas.

O sistema de fixação destes dispositivos é mecânico e deverá ser realizado ao betão projetado do suporte primário (através de resina epóxi ou de calda de cimento de presa rápida). Na sua extremidade visível a barra é roscada, de forma a permitir acoplar o prisma (Figura 15).

A sua colocação não deverá ultrapassar o primeiro dia após a realização total do suporte primário. Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

De modo a permitir a instalação dos prismas o mais rápido possível, antes que a espessura total do suporte primário esteja aplicada, serão utilizados dispositivos de proteção da fixação que permitirão proteger o elemento de fixação do prisma durante a aplicação das sucessivas camadas de betão projetado (Figura 15).



Figura 15 – Prisma de convergência

## 5.14 Sismógrafo

Preconiza-se durante a fase de construção o posicionamento de sismógrafos junto às edificações mais vulneráveis. Pretende-se o registo das velocidades e frequências de vibrações eventualmente provocadas pela execução dos trabalhos de construção (Figura 16).

As medições de vibrações serão feitas através de um geofone triaxial com uma capacidade de leitura de 2-250 Hz (janela de calibração mínima 1-160 Hz). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

No caso dos sismógrafos utilizados simultaneamente para a monitorização dos limites de integridade estrutural e de vibrações de incomodidade humana, serão adotados dispositivos com a sensibilidade necessária à monitorização dos respetivos limites (conforme Plano de Monitorização Ambiental).

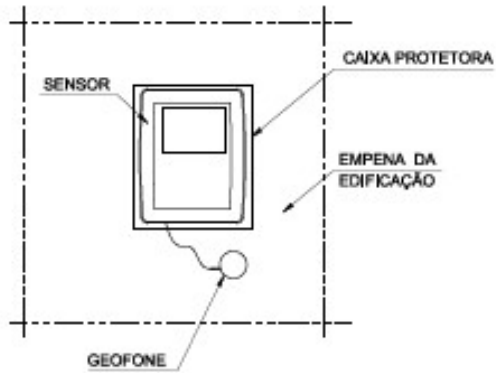


Figura 16 – Sismógrafo

### 5.15 Clinómetro

Os clinómetros permitiram a medição da variação de inclinação das paredes dos edifícios. Quando possível, estes fornecerão leituras remotamente, sendo constituídos por bases de leitura em bronze, concebidas para garantir o posicionamento preciso e repetitivo do equipamento de leitura (Figura 17).

As bases de leitura serão fixas de forma mecânica e permanente à estrutura, sendo instaladas diretamente, normalmente na vertical, ou soldadas numa chapa em T, de dimensões adequadas para permitir a sua instalação na horizontal em elementos verticais.

O equipamento de leitura será constituído por sensor instalado num elemento em aço inoxidável, permitindo a realização de leituras nas bases instaladas em superfície verticais ou horizontais, através de uma unidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre -30°C e +70°C).

O equipamento de leitura possuirá no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura:  $\pm 15^\circ$  a partir da vertical
- Resolução: 0,0013°
- Precisão: < 0,06% da capacidade máxima de leitura

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.



Figura 17 – Clinómetro

### 5.16 Prisma topográfico de referência

Para garantir a adequada leitura dos vários dispositivos topográficos instalados será necessário posicionar elementos adicionais que constituirão a sua referência. Constituem dispositivos de precisão de leitura ótica, sendo utilizados para a realização de leituras nos eixos X, Y e Z (Figura 18). À semelhança dos anteriores também estes dispositivos têm uma importância crítica na criação de uma rede de instrumentação, pois permitem ter um conjunto de coordenadas de referência invariáveis e não-suscetíveis a deslocamentos. Nesse sentido, a escolha da sua localização deve ser realizada de forma criteriosa.

Procurou-se distribuir este tipo de dispositivos de forma a garantir que possuem alcance até cerca de 200 metros, sendo necessário garantir visibilidade direta entre este elemento e aquele que se pretende ler. Cada dispositivo a ler (prisma topográfico) deverá estar referenciado, no mínimo, a 3 unidades de referência, de forma a permitir a existência de redundância e consequentemente, o controlo cruzado entre os vários dispositivos.

O prisma ótico encontra-se acoplado a uma haste metálica robusta que será adequadamente fixa à parede do elemento que será considerado como fixo.

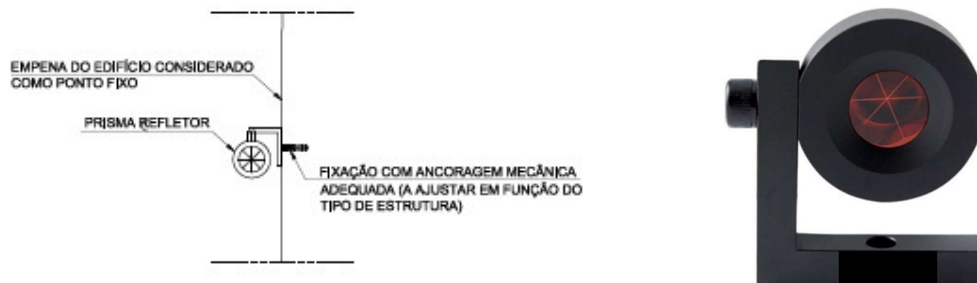


Figura 18 – Prisma topográfico de referência

### 5.17 Estação total robotizada

De forma a minimizar os erros de leitura associados serão adotadas estações totais robotizadas com precisão angular de 0,5" e precisão em distância de 0,6mm. Estas estações permitirão a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nos vários elementos que se pretende instrumentar.

A estação total será assente numa estrutura de suporte fixa a um poste ou na fachada de um edifício. O equipamento encontrar-se-á protegido por elementos antivandalismo e possuirá fonte de alimentação autónoma (Figura 19).

O sistema de referência será o Datum 73 e o referencial altimétrico o Datum Cascais (1938). Todos os trabalhos serão apoiados na rede geodésica do País. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.





Figura 19 – Estação total robotizada

## 6 FREQUÊNCIA DAS LEITURAS

A frequência de leituras foi definida tendo em consideração a frente de obra, o faseamento construtivo adotado, os cenários de risco associados a cada solução geotécnica e o tipo de dispositivos de instrumentação escolhidos.

A realização de leituras de referência permitirá aferir o comportamento base das interferências e do terreno antes do início dos trabalhos. Simultaneamente, permitirá também confirmar que os dispositivos se encontram em pleno funcionamento.

A frequência das leituras a adaptar na fase de construção e exploração são as que constam na Tabela 1, para escavações a céu aberto, e na Tabela 2 para escavações em meio subterrâneo.



**Tabela 1 Frequência de leituras – Escavações a céu aberto**

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações a céu aberto)				
Tipo de dispositivo	Fase de obra			
	Leituras de referência	Durante a realização de trabalhos de escavação	Durante a paragem de trabalhos de escavação	Após a conclusão dos trabalhos na zona
Prisma topográfico (edifícios e contenções)	Mínimo de 2 leituras num período de 2 semanas antes do início dos trabalhos de escavação; No caso das linhas desviadas provisoriamente (Carris e IP) mínimo de duas leituras antes do início da circulação.	6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Inclinómetro		Semanalmente	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Sensor de nível líquido		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetro elétrico		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetros Tipo Casagrande		Semanalmente	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico para carril		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro de corda vibrante para perfis de aço (escoras metálicas)		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Fissurómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Célula de carga elétrica		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – ancoragens desativadas
Prisma de convergência		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês
Sismógrafo		1 leitura por hora	1 leitura por hora	Não aplicável
Clinómetro ( <i>tiltmeter</i> )		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês

**Tabela 2 Frequência de leitura – Escavações subterrâneas**

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações subterrâneas)				
Tipo de instrumento	Fase de obra			
	Distância relativa à frente de escavação			
	< 20 m	20 - 60 m	60 - 100 m	> 100 m
Prisma topográfico (edifícios)	6 leituras diárias	Cada 2 dias	Semanalmente	Quinzenalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)	6 leituras diárias			
Clinómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Piezómetro elétrico	6 leituras diárias	Cada 2 dias		
Piezómetros	Semanalmente	Semanalmente		
Fissurómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Sismógrafo	1 leitura por hora	1 leitura por hora	1 leitura por hora	
Prisma de convergência	Diariamente	Cada 2 dias	Cada 2 dias	
Extensómetro	Diariamente			
Inclinómetro	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	
Inspeção visual – suporte primário	Diariamente			

---

## 7 CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA

### 7.1 Critérios de alerta e alarme

O estabelecimento dos limites de alerta e alarme para as grandezas medidas pelos dispositivos de instrumentação e observação, tem por objetivo antecipar a ocorrência dos cenários de risco e assim reduzir o risco de existência de danos nas estruturas a executar e nas interferências existentes.

Os valores a adotar nos limites de alerta e alarme para os vários dispositivos de instrumentação têm como ponto de partida a previsão dos resultados esperados, obtidos a partir dos modelos de cálculo. Estes valores constituíram os limites de referência.

Entende-se como limite de alerta um primeiro estágio, onde os valores medidos nos sistemas de instrumentação são um pouco superiores aos de referência. Considera-se um estado de alarme quando a evolução dos valores medidos apresenta uma velocidade/variação no tempo acentuada, sendo em muito superior aos valores de referência.

Caso sejam atingidos os valores estabelecidos para os níveis de alerta, será obrigatório fazer uma análise da evolução das leituras, para se poder encarar atempadamente a aplicação de medidas de contingência.

Uma vez estimados, os efeitos nas interferências foram analisados seguindo a metodologia da avaliação de danos. Em conformidade com os resultados desta análise, foram estabelecidos limites de alerta e alarme que permitam de forma controlada e atempada evitar que a deformação induzida pelos assentamentos nas interferências exceda a Categoria 2 de danos do método de Burland.

Em fase de Projeto de Execução estes valores poderão ter que ser ajustados, função do desenvolvimento do projeto no que respeita aos resultados obtidos no plano de prospeção complementar atualmente em curso e nos resultados dos modelos de cálculo. A abordagem será definir um valor de referência baseado nos resultados dos modelos de cálculo e caracterizar os cenários de alerta e alarme como uma percentagem desse valor.

Os diagramas que descrevem as ações a adotar encontram-se no Anexo 12.1.

## 8 SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO

Será implementado um sistema de recolha de dados automático que realiza leituras através de equipamentos automatizados/robotizados e os envia para a base de dados de consulta e gestão de dados de monitorização.

Para a recolha de dados topográficos, o sistema é baseado numa rede de estações totais robotizadas que periodicamente realizam a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nas estruturas tais como edificações e contenções, e os envia através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Sempre for possível os dados dos dispositivos serão recolhidos automaticamente e enviados através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Para os restantes dispositivos, os dados serão recolhidos por equipas que se deslocarão ao local onde os mesmos se encontram instalados, sendo os mesmos posteriormente carregados na base de dados.

O acesso à base de dados pode ser realizado através de uma página de internet que permite a consulta da informação associada a cada dispositivo, com base em esquemas onde é indicada a localização aproximada de cada dispositivo (Figura 20).



Figura 20 – Interface de acesso aos dados de monitorização

A base de dados de consulta e gestão consiste numa aplicação informática que recorre a servidores remotos, que permitirão o acesso controlado em qualquer momento aos dados recolhidos. A gestão de dados permite que os mesmos sejam processados de modo a poderem ser calculados mapas de isolinhas de assentamento, taxas de deformação, rotações e distorções (Figura 21).

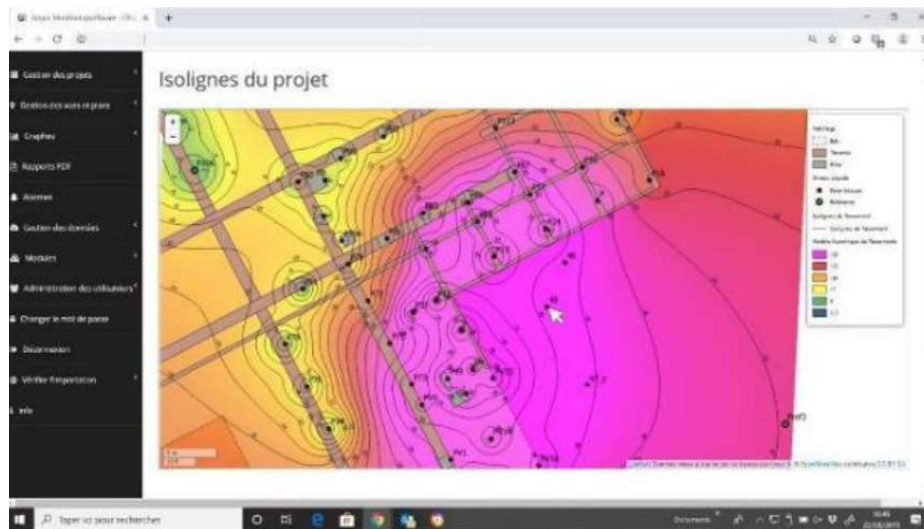


Figura 21 – Processamento de dados de monitorização

Adicionalmente, o sistema permite a incorporação de alertas automáticos baseados em valores pré-estabelecidos e o envio automático de notificações aos utilizadores (Figura 22).



Figura 22 – Módulo de definição de limites de alerta e alarme

---

## 9 RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO

Serão apresentados relatórios periódicos (diários) enviados por email com um resumo da informação de monitorização relevante para a análise da evolução do comportamento das estruturas. Neste relatório será apresentado o estado de cada dispositivo instalado relativamente ao limite de alerta e alarme definido.

Dado o número de dispositivos incluídos no plano de observação tentará evitar-se relatórios demasiado extensos. Os dados completos de todos os dispositivos estarão disponíveis em formato digital na base de dados para consulta e gestão de dados de monitorização (ver ponto 8).

## 10 PLANO DE CONTINGÊNCIA

O plano de contingência tem por objetivo definir os procedimentos a seguir para a gestão de um potencial cenário de risco, com vista à eliminação ou mitigação das suas consequências.

Estes procedimentos definem as ações e as entidades responsáveis pela sua execução e incluem, genericamente, as seguintes ações:

- Recolha e análise de informação obtida a partir dos dispositivos de instrumentação;
- Identificação do cenário de risco;
- Implementação de medidas de mitigação.

Os procedimentos definidos no contexto do presente Plano de Instrumentação e Observação iniciam-se com a excedência dos limites de alerta, referência e alarme. Não obstante, poderão desenvolver-se cenários de risco não-previstos em que não existindo um dispositivo de instrumentação para o qual os limites a este atribuídos foram excedidos, deva ser relevante declarar a excedência de um determinado limite, em resultado de um conjunto de observações indiciadoras de um potencial cenário de risco (i.e. observação visual de deformações excessivas em elementos não-instrumentados).

Os diagramas que descrevem os procedimentos adotar encontram-se no Anexo 12.2.

---

## 11 REQUISITOS PARTICULARES DO SISTEMA DE OBSERVAÇÃO EM INTERFERÊNCIAS

### 11.1 Interferência 82 - Caneiro De Alcântara

O Caneiro de Alcântara identificado com o número de Interferência 82 será objeto de requisitos particulares de instrumentação, tendo em conta as suas características estruturais e função. Genericamente, os requisitos referem-se à Instalação de dispositivos de monitorização que permitam a obtenção do perfil de deformação da estrutura, nomeadamente:

- Marcas de nivelamento à superfície entre o Pilar P3 e a escavação para o maciço de encabeçamento das estacas;
- Tubo inclinométrico nas proximidades da escavação, entre o Pilar P3 e a escavação para o maciço de encabeçamento das estacas;
- Instalação de dispositivos de monitorização no interior que permitam a obtenção do perfil de deformação da secção, num trecho de 15 m centrado com o eixo longitudinal do viaduto.

### 11.2 Interferência 381a – Baluarte do Livramento

O Baluarte do Livramento identificado com o número de Interferência 381a, será objeto de trabalhos que implicam a monitorização das encostas adjacentes. Nesse sentido, serão instalados dispositivos que permitam monitorizar a estabilidade das encostas adjacentes.

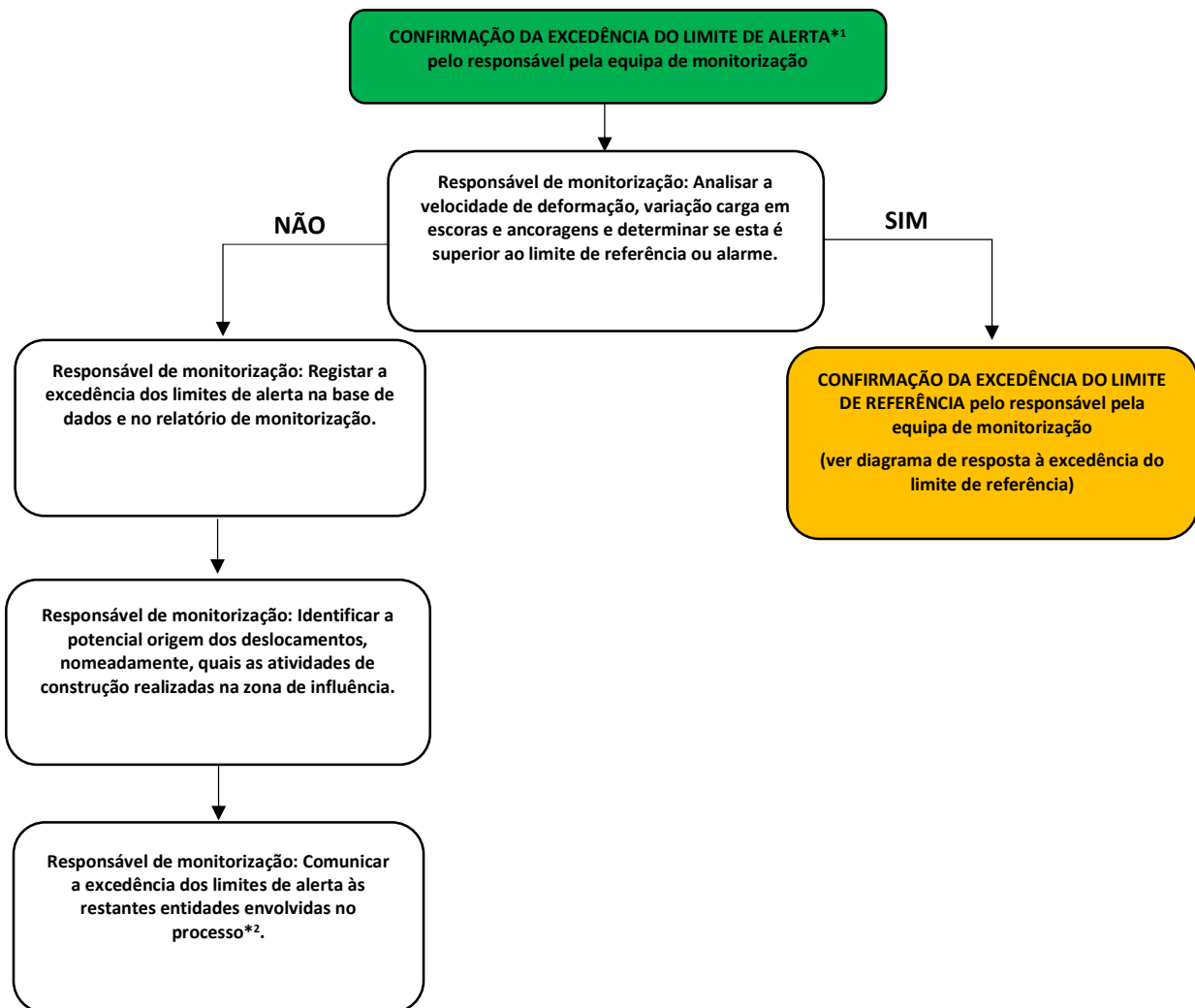
### 11.3 Monitorização de captações de água

No que se refere ao impacto das obras de escavação nos níveis de água de captações existentes na zona de influência dos trabalhos, todos os piezómetros a instalar em redor da obra terão níveis de alerta, referência e alarme indicados. Serão também definidas medidas de mitigação, de referência, a implementar caso o nível de alerta seja excedido.

## 12 ANEXOS

### 12.1 Anexo A - Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência

DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALERTA

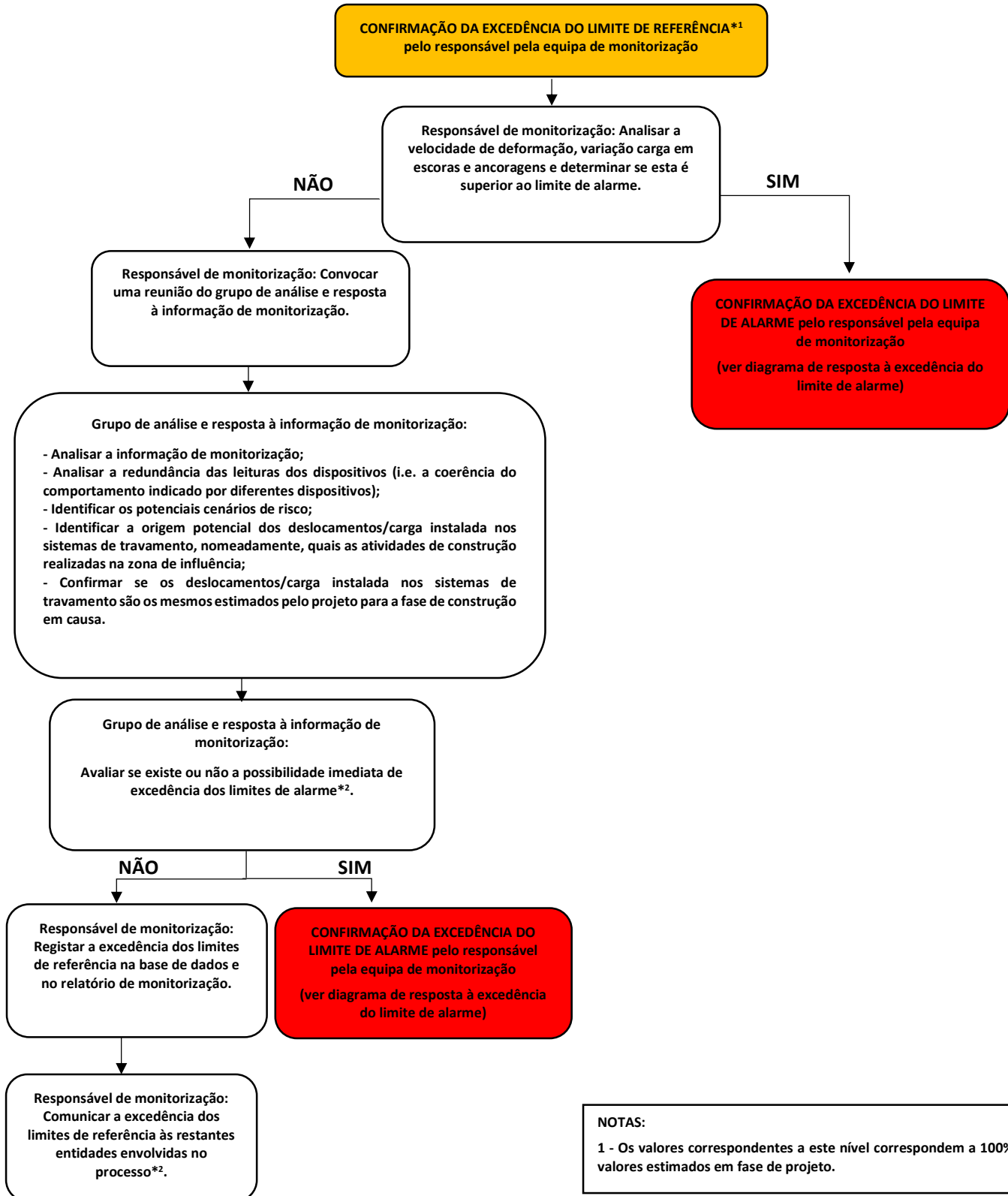


**NOTAS:**

1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 80% dos valores estimados em fase de projeto.

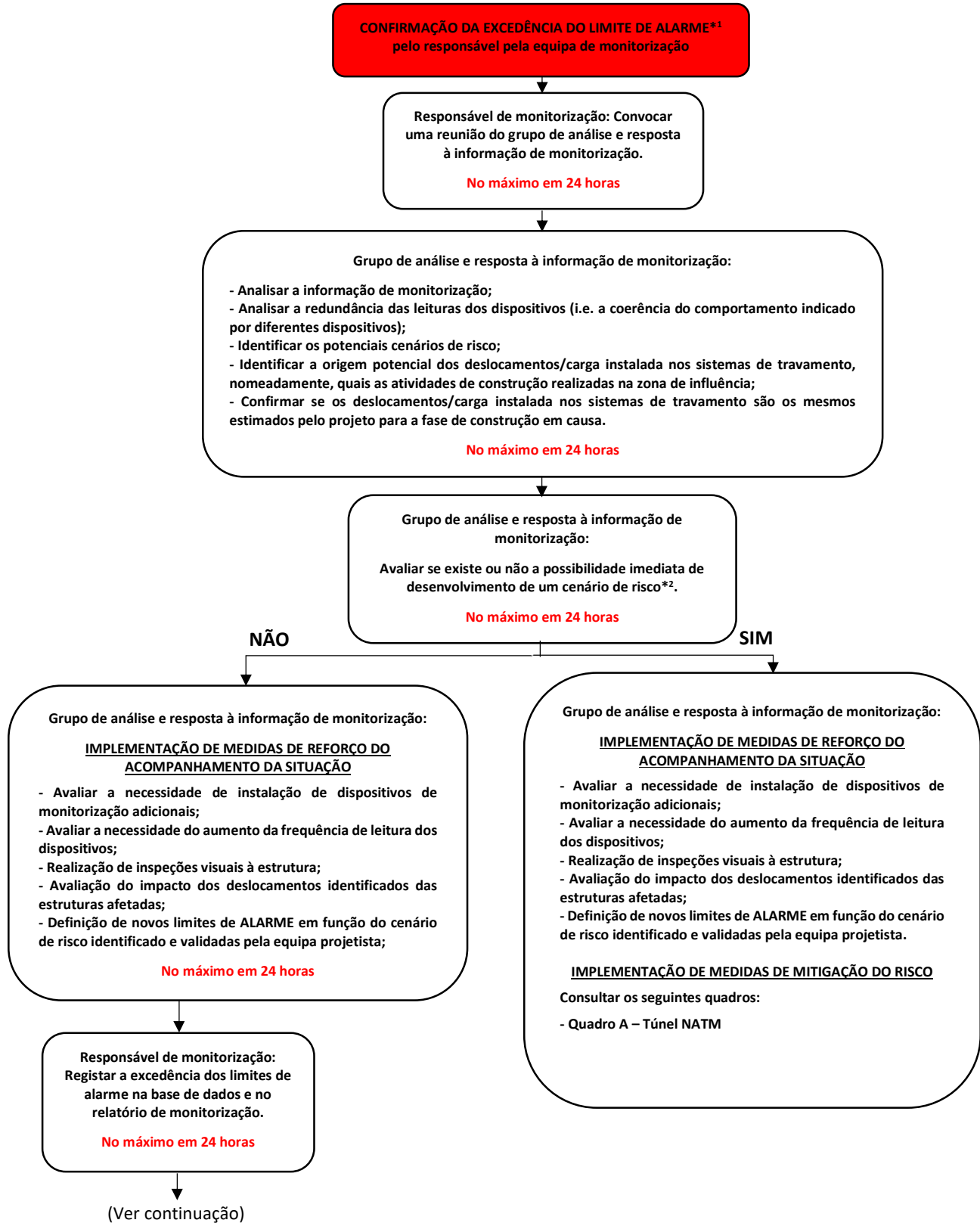


DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE REFERÊNCIA



**NOTAS:**  
1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 100% dos valores estimados em fase de projeto.

DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALARME



(Continuação)



**Responsável de monitorização:**  
**Comunicar a excedência dos**  
**limites de alarme às restantes**  
**entidades envolvidas no**  
**processo\*<sup>3</sup>.**

**No máximo em 24 horas**

**NOTAS**

- 1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 130% dos valores estimados em fase de projeto.
- 2 - As medidas de mitigação correspondentes à interrupção da obra, isolamento de áreas, evacuação da superfície, interrupção de serviços de drenagem/abastecimento/telecomunicações e interrupção da circulação rodoviária/ferroviária, deverão ser implementadas quando se considere não existir tempo suficiente para a implementação de medidas de mitigação de risco ou risco demasiado elevado.

---

## 12.2 Anexo B - Medidas de atuação/ plano de contingência

### Quadro A – Túnel NATM

As medidas abaixo indicadas deverão ser avaliadas em função do cenário de risco identificado e validadas pela equipa projetista:

- Redução da distância de avanço de escavação;
- Aumento da densidade de pregagens de fibra de vidro na frente de escavação;
- Realização de chapéu de enfilagens nos avanços intermédios;
- Realização de furos de drenagem adicionais na frente e/ou nos hasteais;
- Aplicação de betão projetado na frente de escavação;
- Aumento da parcialização da escavação da frente;
- Inclusão de rede electrossoldada entre cambotas;
- Realização de injeções de selagem;
- Aterro da frente de escavação.

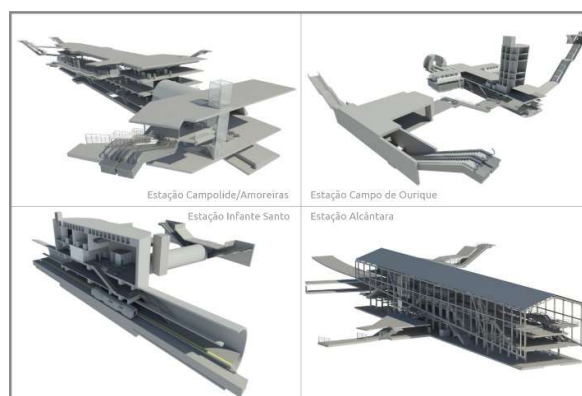


# METRO DE LISBOA

## PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

#### PROJETO DE EXECUÇÃO



### TOMO I

### VOLUME 40 - PLANO DE OBSERVAÇÃO – T81

### MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE INS TUN T81 MD 087001 0		
	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	Francisco Bernardo Pedro Nogueira		2024-10-10
Revisto	Sandra Ferreira		2024-10-10
Verificado	Rui Rodrigues		2024-10-10
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-10
Aprovado			
	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Gestor Projeto	Raúl Pistone		2024-10-10

## Índice

1	OBJETIVO E ÂMBITO .....	4
2	CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO .....	5
3	GRANDEZAS A MEDIR.....	8
3.1	Escavações subterrâneas .....	8
3.2	Edificações .....	9
4	LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO .....	10
5	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARATERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA.....	10
5.1	Prisma topográfico para edifícios e contenções .....	10
5.2	Prisma topográfico para pavimento .....	11
5.3	Extensómetro multiponto.....	11
5.4	Inclinómetros .....	13
5.5	Sensor de nível líquido.....	15
5.6	Piezómetro elétrico.....	15
5.7	Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC.....	16
5.8	Piezómetro do tipo Casagrande - câmara simples, dupla ou tripla .....	17
5.9	Prisma topográfico para carril .....	18
5.10	Extensómetros para escoras do tipo <i>strain-gauge</i> .....	19
5.11	Fissurómetros .....	20
5.12	Células de carga .....	20
5.13	Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas .....	21
5.14	Sismógrafo .....	22
5.15	Clinómetro .....	24
5.16	Prisma topográfico de referência .....	24
5.17	Estação total robotizada .....	25
6	FREQUÊNCIA DAS LEITURAS.....	26
7	CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	29
7.1	Critérios de alerta e alarme .....	29
8	SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO .....	30

---

9	RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO .....	32
10	PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	32
11	REQUISITOS PARTICULARES DO SISTEMA DE OBSERVAÇÃO EM INTERFERÊNCIAS.....	33
11.1	Monitorização de captações de água .....	33
12	ANEXOS .....	34
12.1	Anexo A - Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência.....	34
12.2	Anexo B - Medidas de atuação/ plano de contingência .....	38



---

## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Anteprojecto**, da **Memória Descritiva e Justificativa do Plano de Observação**, desenvolvida no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do Tomo II do **Volume 5 – T81**.

Neste documento incluem-se as obras subterrâneas, as escavações a céu aberto e as edificações ao longo do limite da área de influência da obra (25 m do limite da infraestrutura).

A elaboração do Plano de Observação de uma obra é condicionado pelas características específicas de cada estrutura, nas quais se incluem as condições da fundação, a ocupação à superfície, as características dos materiais utilizados, os métodos construtivos e, ainda, os critérios adotados no seu dimensionamento. Além destes parâmetros diretamente relacionados com as estruturas devem ser igualmente consideradas as ações exteriores, os valores humanos e os danos materiais envolvidos na ocorrência de uma eventual rotura.

O Plano de Observação envolve a definição de um sistema de observação e dos critérios para a sua exploração e visa a interpretação do comportamento e a avaliação das condições de segurança das várias frentes de obra existentes durante toda a fase de construção. Deste modo, será possível interpretar o comportamento da obra nas suas diferentes fases de construção, com base nos resultados de observação, permitindo aferir os pressupostos admitidos no projeto, ao nível dos condicionamentos geológico, geotécnicos e hidrogeológicos do local, dos métodos de cálculo, dos critérios de projeto e consequente verificação da funcionalidade da obra.

O Plano de Observação deve ser considerado como uma peça “dinâmica” e que, por isso, deverá ser atualizado, podendo sofrer algumas adaptações decorrentes da evolução dos processos construtivos, da estratégia construtiva a implementar, e de eventuais particularidades e/ou informações entretanto obtidas.

O Plano de Observação é definido para as estruturas a executar e para a sua envolvente. A parte correspondente às estruturas a construir será definida, onde aplicável, em cada Tomo, para cada volume específico de cada tomo. Os dispositivos de instrumentação a aplicar nas interferências e infraestruturas existentes na vizinhança da obra encontram-se definidos nos volumes do Tomo II correspondentes aos troços de túnel, abrangendo, quando aplicável, a zona da estação mais próxima.

## 2 CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO

O recurso a instrumentação e observação permitirá realizar o controlo proactivo e sistemático dos trabalhos através da observação dos parâmetros que influenciam o desenvolvimento da obra, com o fim de verificar as hipóteses de projeto e, onde necessário, adaptá-lo antecipadamente de forma a garantir, sem subestimar a segurança, o cumprimento dos tempos de execução, a gestão das aleatoriedades e dos imprevistos no contexto geológico, geotécnico e hidrogeológico em que a obra se insere.

Esta abordagem dinâmica possibilita o controlo e a adaptação atempada das soluções e consequente minimização do risco geotécnico da obra (Figura 1).

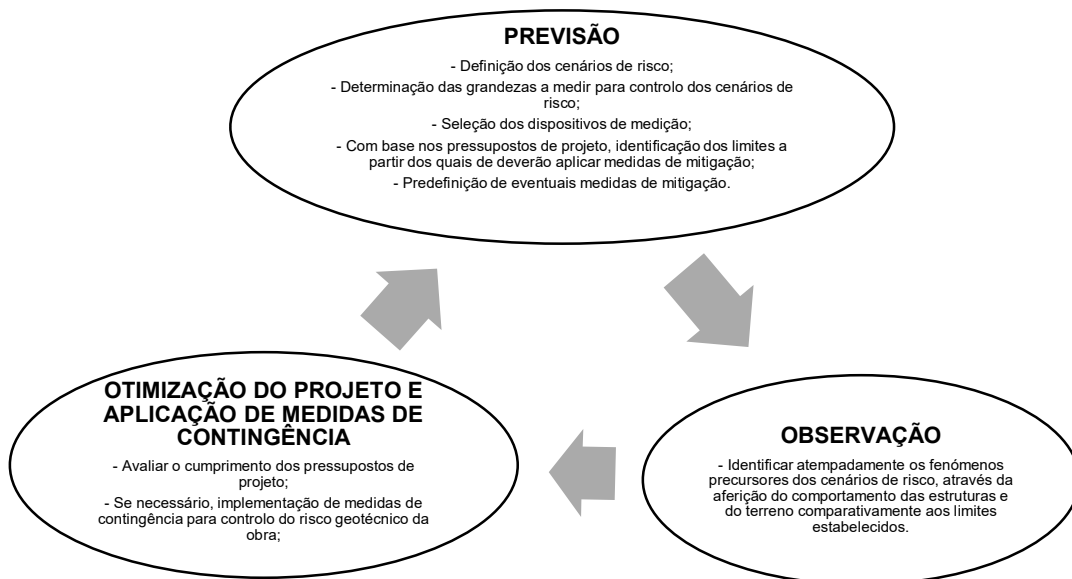


Figura 1 – Abordagem geral do Plano de Observação

O sistema de observação proposto é constituído por instrumentos de provada confiabilidade e de uso corrente em obras similares. Todos os dispositivos de instrumentação e observação serão adequadamente protegidos de forma a evitar que sejam danificados durante a execução da obra.

A realização de leituras de instrumentação e observação de carater topográfico pressupõe o recurso a elementos de referência adequados, posicionados numa zona da obra que não sofra perturbações e a uma distância tal que o erro de leitura associado seja mínimo.

A adequada instalação dos dispositivos de instrumentação tem uma importância estratégica para o correto desempenho do sistema de observação, em particular, para aqueles instrumentos que uma vez instalados não ficam acessíveis.

As técnicas e procedimentos de instalação dos vários dispositivos serão sempre executadas de acordo com as indicações dos fabricantes e fornecedores.

Toda a instrumentação irá ser instalada com a devida antecedência em relação ao início dos trabalhos para se conseguirem adequadas leituras de referência. Durante a fase de obra, serão realizadas leituras com a frequência necessária para garantir um atempado reconhecimento dos

fenómenos precursores dos cenários de risco e eficaz aplicação de medidas de contingência. Após a conclusão dos trabalhos, realizar-se-ão leituras que permitam confirmar o comportamento previsto das estruturas e do terreno.

A redundância da instrumentação constituirá um aspeto importante para aumentar a confiança no sistema e permitir um controlo adequado e fidedigno.

No enquadramento anterior, o sistema de observação foi definido para as diferentes obras associadas ao projeto cujo acompanhamento do comportamento se julga necessário. Neste documento abordar-se-á a instrumentação associada aos túneis NATM, nomeadamente:

- Troço 81, 82, 83, 84 e 85;
- Tímpano de São Sebastião (OE1);
- Túnel da Via de Resguardo 1 (OE3);
- Túnel da Via de Resguardo 2 (OE4);
- Túnel Término da Via de Resguardo 3 (OE7).

Para cada um destes locais, os sistemas de observação preconizados atendem às diferentes fases da obra.

Resumidamente os dispositivos de medição preconizados para cada frente de obra são os apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1 – Dispositivos de medição preconizados para a obra**

FRENTE DE OBRA	PRISMA TOPOGRÁFICO (EDIFÍCIOS E CONTENÇÕES)	PRISMA TOPOGRÁFICO (PAVIMENTOS)	EXTENSÓMETRO MULTIPONTO	INCLINÓMETRO	SENSOR DE NÍVEL LÍQUIDO	PIEZÓMETRO ELÉTRICO	PEIZÓMETRO TIPO CASAGRANDE	PRISMA TOPOGRÁFICO PARA CARRIL	EXTENSÓMETRO DE CORDA VIBRANTE PARA ESCORAS DE AÇO	FISSURÓMETRO (EDIFÍCIOS)	CÉLULA DE CARGA ELÉTRICA PARA ANCORAGENS COM STRAIN GAUGES	PRISMA DE CONVERGÊNCIA	SISMÓGRAFO (EDIFÍCIOS)	CLINÓMETRO (TILTMETER)	PRISMA TOPOGRÁFICO DE REFERÊNCIA	ESTAÇÃO TOTAL ROBOTIZADA (EDIFÍCIOS)
Túnel Troço 81, 82, 83, 84 e 85	X	X	X			X	X			X		X	X		X	X
Tímpano de São Sebastião (OE1)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel da Via de Resguardo 1 (OE3)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel da Via de Resguardo 2 (OE4)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel Término da Via de Resguardo 3 (OE7)	X	X	X			X	X			X		X	X		X	X

Nos pontos subsequentes descrevem-se os sistemas de observação para as diferentes estruturas e nas peças desenhadas apresenta-se a sua implantação de princípio, que poderá ser adaptada em função da evolução do projeto, quer no que se refere ao número, quer no que se refere à disposição dos aparelhos de medição.

### 3 GRANDEZAS A MEDIR

De um modo geral as grandezas a medir serão:

- Medições de deslocamentos verticais e horizontais e convergências no interior de galerias subterrâneas recorrendo a prismas topográficos.
- Medição da inclinação dos edifícios recorrendo a clinómetros.
- Medição da abertura de fendas em edifícios, utilizando fissurómetros.
- Medições de deslocamentos verticais internos do maciço e à superfície, com extensómetros multiponto.
- Medição de deslocamentos horizontais em profundidade através de inclinómetros.
- Medições de deslocamentos verticais e horizontais nos pavimentos e carris utilizando prismas de pavimento e de carris.
- Medições dos níveis piezométricos recorrendo a piezómetros do tipo Casagrande (com uma ou várias câmaras) e elétricos.
- Variações de tração instalada nas ancoragens através de células de carga elétricas.
- Medição de vibrações induzidas recorrendo a sismógrafos.
- Medições de deslocamentos axiais de elementos estruturais recorrendo a extensómetros (tipo *strain gauges*).
- Medição de deslocamentos de precisão na estrutura interior de edifícios, utilizando sensores de nível líquido.

#### 3.1 Escavações subterrâneas

A avaliação da evolução do comportamento das obras subterrâneas será realizada através do registo dos deslocamentos do terreno e observação de eventuais fissurações no revestimento primário. Para tal serão criadas secções de medição de convergências e deslocamentos, onde serão instalados, em geral, 3 prismas para secções cuja maior dimensão seja menor ou igual a 10 m e 5 prismas para secções com a maior dimensão superior a 10 m. Para a secções com 3 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 1 em cada hasteal, que permitirão para além dos deslocamentos nesses pontos, o controlo de 3 cordas diferentes. Para a secções com 5 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 2 em cada hasteal, acima e abaixo do eixo da galeria, que permitirão o controlo de 6 cordas diferentes.

No terreno e à superfície serão executados extensómetros multiponto, inclinómetros e prismas topográficos no pavimento, em carris e em edifícios.

Em geral, no que diz respeito às grandezas a observar, para além dos deslocamentos será também avaliada a variação/presença de água através da instalação de piezómetros.

As ações relacionadas com a presença e escoamento de água nas escavações subterrâneas serão controladas pela observação sistemática dos caudais afluentes. Quando necessário, assumem particular destaque aos drenos longitudinais realizados em avanço da escavação, que permitirão antever as condições hidrogeológicas do terreno a escavar.

## 3.2 Edificações

Para o controlo das edificações próximas às obras será implementado um sistema de monitorização composto por:

- Prismas topográficos para o controlo dos deslocamentos dos edifícios.
- Sismógrafos para o controlo das vibrações induzidas pela execução das obras.
- Clinómetros para o controlo das inclinações.
- Fissurómetros para o controlo de eventuais fissuras presentes nas edificações.

A adoção de medidas de observação permitirá em fase de obra monitorizar os movimentos ocorridos em interferências e, se necessário, tomar medidas de minimização dos movimentos das estruturas e consequentemente reduzir os riscos humanos e materiais associados a estes movimentos. Assim sendo, foram estabelecidos dois níveis de observação (I e II), que se diferenciam, respetivamente, pela complexidade crescente da instrumentação instalada e pela frequência de leitura a realizar.

- Observação Nível I – Monitorização recorrendo essencialmente a prismas topográficos;
- Observação Nível II – Monitorização recorrendo prismas topográficos a clinómetros, fissurómetros e sismógrafos.

Note-se que os sismógrafos devem ser instalados o mais próximo possível às fundações das edificações e que os fissurómetros devem ser instalados apenas em caso de presença de fissuras.

## 4 LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

A necessidade observação da zona de intervenção, em particular do comportamento do terreno, dos elementos estruturais das contenções, suporte primário dos túneis e das interferências, obriga à implementação de um sistema de monitorização integrado que interfira o menos possível com as atividades de construção. Em simultâneo, dado que a obra se insere em meio urbano, é fundamental coordenar o posicionamento dos dispositivos com os condicionamentos existentes.

A localização proposta para os aparelhos citados encontra-se representada nas peças desenhadas. O posicionamento definitivo da instrumentação prevista poderá eventualmente ter que ser ajustado, dependendo das condições existentes no local.

Sempre que possível, irão utilizar os piezómetros executados nas campanhas de prospeção geotécnica e hidrogeológica complementares.

O critério para a instalação de equipamentos de observação em interferências, nomeadamente a observação Nível I, resulta da Avaliação de Danos descrita em documento autónomo.

## 5 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARATERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA

Nos subcapítulos subsequentes encontram-se descritas sumariamente, as caraterísticas dos vários dispositivos de instrumentação e observação. Essas caraterísticas constituem um complemento às especificações técnicas do Metro (ET- 208 – PP INS ET 208).

### 5.1 Prisma topográfico para edifícios e contenções

Os prismas topográficos para edifícios e contenções consistem num elemento fixo na sua fachada ou nos elementos estruturais das contenções e permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada (Figura 2).

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada, com base em pontos estáveis, materializados através do mesmo tipo de dispositivos, localizados fora da zona de influência das obras a executar. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.



Figura 2 – Prisma topográfico para edifícios e contenções

## 5.2 Prisma topográfico para pavimento

Os prismas topográficos para pavimento consistem num elemento adequadamente fixo ao pavimento com elevada resistência ao tráfego pedonal e rodoviário, materializado por meio de uma placa metálica que permite a realização leituras dos deslocamentos verticais.

As leituras serão efetuadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.



Figura 3 - Prisma topográfico para pavimento

## 5.3 Extensómetro multiponto

Os extensómetros permitem o controlo dos deslocamentos verticais em profundidade e encontram-se definidos nas seções de monitorização onde também estão previstas medições de deslocamentos e convergências no interior das galerias subterrâneas (Figura 4).

Os extensómetros terão 1 ou 2 ancoragens fixadas a diferentes profundidades. O sensor de deslocamento deverá ser do tipo corda vibrante dotado com sensor de temperatura.

Do conjunto deste dispositivo deverá fazer parte integrante:

- Barras/varas em aço inoxidável ou fibra de vidro



- 
- Ancoragem (injetável com calda de cimento ou tipo *packer*)
  - Bainha de encamisamento das barras/varas
  - Cabeça de referência do elétrico

O extensómetro será instalado em furo previamente executado de diâmetro, no mínimo, de  $\varnothing 76$  mm (furação destrutiva), que terá um comprimento superior à profundidade de instalação de cerca de 1,00 m.

As cabeças dos extensómetros deverão ser equipadas com um prisma topográfico que permita obter as leituras à superfície. Aos valores das leituras das ancoragens deverão ser adicionados os assentamentos de superfície obtidos através dos prismas.

Os componentes serão montados de acordo às indicações do fabricante e instalados no furo nas cotas previstas função do seu comprimento total. Existirá uma ancoragem na extremidade correspondente à base do furo e uma segunda a 1/3 do seu comprimento total.

Uma vez finalizado o posicionamento do dispositivo, proceder-se-á a sua selagem por meio de calda de cimento.

As cabeças dos extensómetros serão protegidas por caixas com tampas metálicas adequadas.

O dispositivo será de leitura elétrica, o sensor de deslocamento ou transdutor, será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ), possuindo no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura  $\geq 100\text{mm}$
- Precisão  $< 0,30\%$  da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,0066\%$  da capacidade de leitura

O dispositivo será calibrado antes de ser utilizado e as leituras serão realizadas a partir da superfície. Após a realização da medição, os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

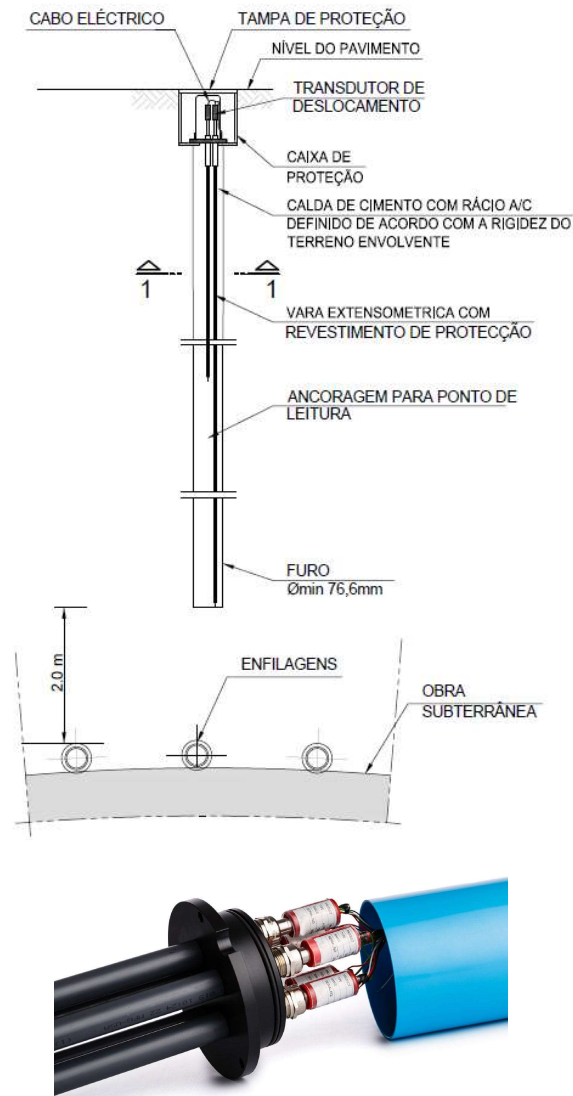


Figura 4 – Extensómetro multiponto

## 5.4 Inclinómetros

Os inclinómetros são constituídos por tubos com calhas guias nos quais, aquando da realização de leituras, é inserido um sensor deslizante que mede simultaneamente a distância percorrida no interior do tubo e a variação do ângulo entre os rolamentos do sensor.

As calhas inclinométricas serão em PVC, tipo ABS de alta resistência (com uniões entre troços de tubos adequadas), com diâmetro exterior de  $\varnothing 84$  mm e permitirão a passagem de um sensor deslizante (torpedo) dotado de pontos de referência (roletes) espaçados de 0,5 m. Este torpedo conterá dois sensores do tipo servo-acelerómetros montados com desfaseamento de  $90^\circ$ . Uma vez no interior da calha, a profundidade a que se encontra o torpedo será controlada por uma

escala graduada de 0,5 m e impressa no próprio cabo elétrico que liga o torpedo à caixa de leituras à superfície.

A execução dos inclinómetros externos aos elementos de contenção ocorrerá antes da execução de trabalhos de escavação e apenas quando finalizados os trabalhos de execução das estruturas de contenção (onde aplicável) de modo a evitar que os mesmos sejam danificados.

Uma vez finalizado o posicionamento das calhas, proceder-se-á ao preenchimento do espaço anelar entre a face exterior da calha e as paredes do furo por meio de calda de cimento com bentonite.

Os inclinómetros serão instalados no tardo das estruturas de contenção, realizando-se para tal uma furação à rotação de 101,6 mm (Figura 5).

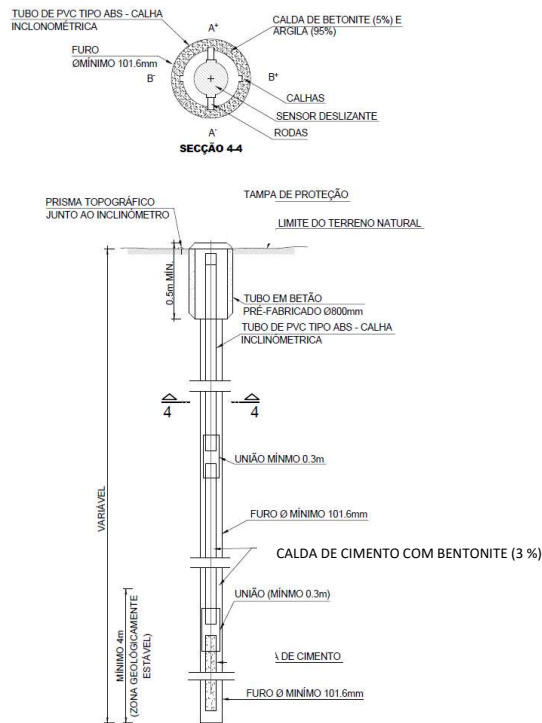


Figura 5 – Inclinómetro

Dentro das condições normais de operação, o erro máximo de cálculo da deflexão no topo de um tubo calha com 30 m de profundidade deverá ser de aproximadamente + 5 mm.

À superfície, as calhas serão protegidas através de caixas com tampas metálicas adequadas. Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

## 5.5 Sensor de nível líquido

O sensor de nível líquido permite medir deslocamentos diferenciais e totais entre diversos pontos de uma estrutura. É constituído por um conjunto de sensores de elevada precisão que medem continuamente a variação de nível de um líquido num circuito fechado. O conjunto de sensores encontra-se ligado a um depósito que constitui o nível de referência do sistema (Figura 6). Os deslocamentos totais podem ser obtidos através da soma dos deslocamentos diferenciais com os deslocamentos totais do nível de referência, no caso de este último estar sujeito a movimentos.

As leituras serão realizadas automaticamente e enviadas para a base de dados de monitorização.

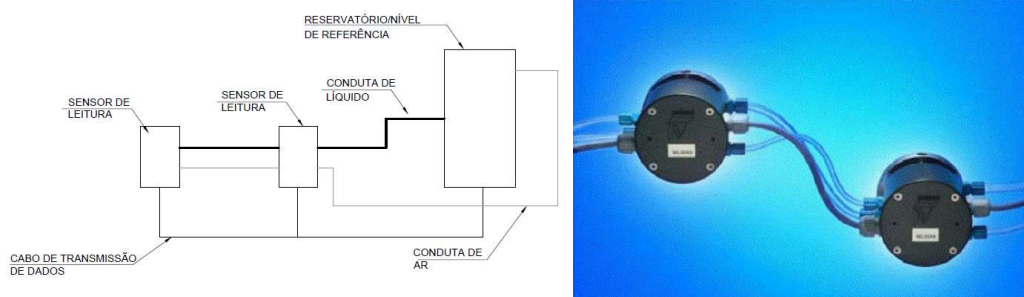


Figura 6 – Sensor de nível líquido

## 5.6 Piezómetro elétrico

Os piezómetros elétricos são constituídos por um dispositivo instalado no interior de um furo com diâmetro mínimo de 86 mm e envolto em areia de filtro na zona de resposta onde se pretende efetuar medições do nível piezométrico, sendo o restante espaço preenchido com material impermeável (trecho imediatamente acima com bentonite e os restantes trechos com calda de cimento, com bentonite). O topo dos piezómetros será protegida por caixas com tampas metálicas adequadas (Figura 7).

A leitura do nível piezométrico será obtida por meio de um transdutor de pressão de corda vibrante instalado no interior do furo. O fio elétrico virá à superfície de forma a possibilitar a ligação a um equipamento de registo de leituras e posteriormente carregados na base de dados de monitorização.

O dispositivo de leitura elétrica, possui as seguintes características:

- Capacidade de leitura: 500 kPa
- Precisão < 0,100% da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,025\%$  da capacidade de leitura

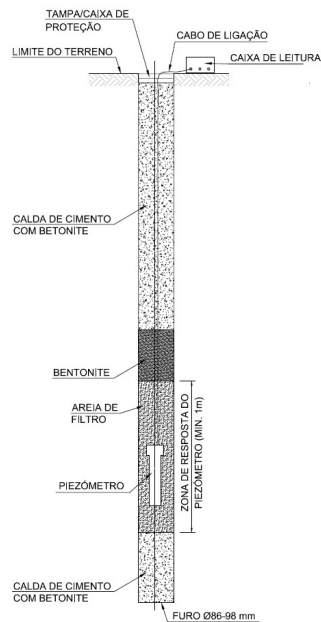


Figura 7 - Piezómetro elétrico com uma câmara

## 5.7 Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC

Os piezómetros com ponteira do tipo LNEC são um tipo de piezómetro recomendado para medição do nível de água em formações de muito baixa permeabilidade, cuja zona de resposta se localiza na extremidade inferior do piezómetro (ponteira) (Figura 8). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

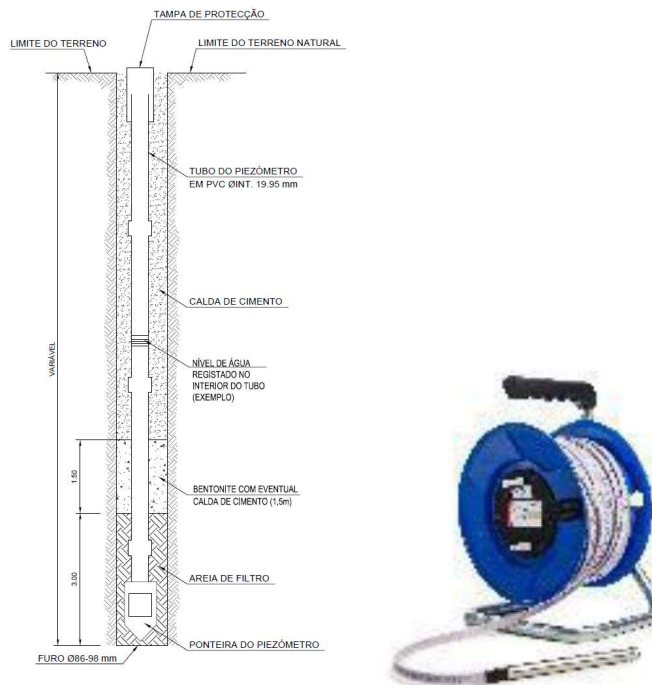


Figura 8 - Piezómetro com ponteira do tipo LNEC

## 5.8 Piezómetro do tipo Casagrande - câmara simples, dupla ou tripla

Os piezómetros do tipo Casagrande permitem a aferição de aquíferos a diferentes profundidades. São constituídos por troços tubos com 75 mm de diâmetro, solidarizados entre si através de uniões exteriores. Na zona onde se pretende efetuar a leitura do nível piezométrico esses tubos apresentam ranhuras com 4,5mm de espessura sendo a sua zona envolvente preenchida com areia (Figura 9 – piezómetro duplo). O número de tubos ou zonas de resposta dita a sua designação, ou seja de câmara simples – 1 tubo, câmara dupla – 2 tubos ou de câmara tripla – 3 tubos.

Na sua extremidade esses tubos são envoltos com geotêxtil (Figura 9). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

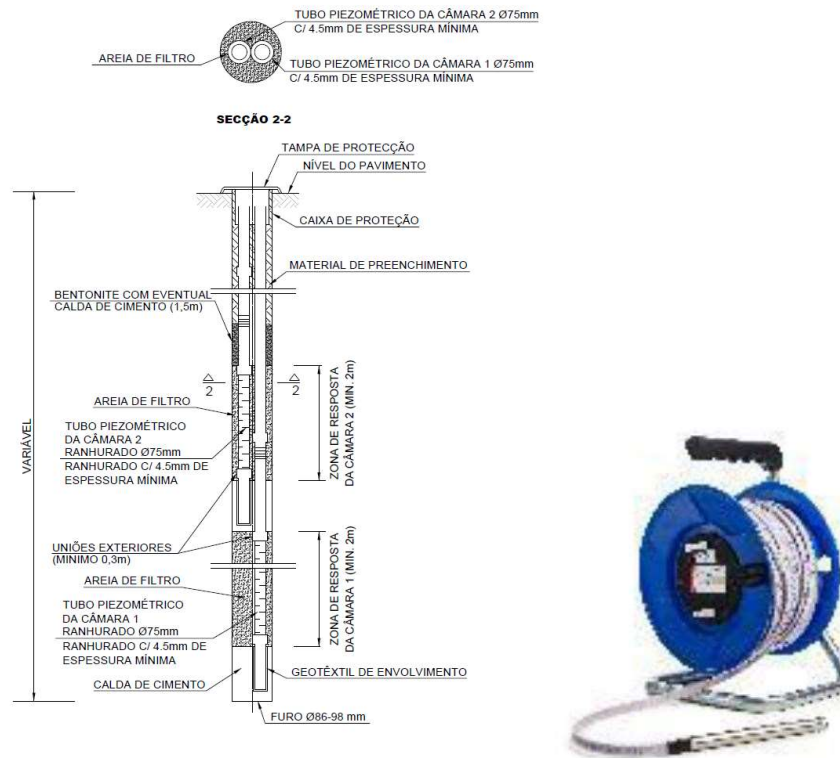


Figura 9 - Piezómetro do tipo Casagrande – Câmara dupla

## 5.9 Prisma topográfico para carril

Os prismas topográficos para carril, consistem num prisma instalado nas travessas das linhas do comboio da IP (Figura 10) ou num prisma para pavimento fixo entre os carris para as linhas da Carris (Figura 11). Este elementos permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X,Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada.

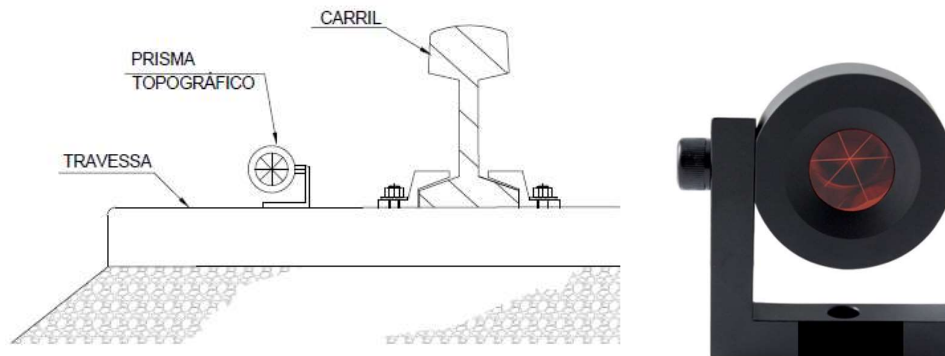


Figura 10 – Prisma topográfico para carril – Linhas IP



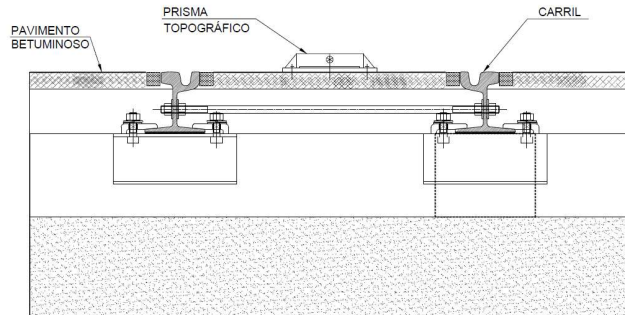


Figura 11 – Prisma topográfico para carril – Linhas Carris

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

### 5.10 Extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge*

Os extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge* permitem a medição indireta de deslocamentos muito pequenos por intermédio de sensores de corda vibrante que medem a extensão dos elementos estruturais aos quais se encontram ligados através de soldadura (Figura 12). Estes dispositivos serão instalados nas escoras metálicas que constituem a solução de travamento da contenção, permitindo medir a extensão acomodada pelas mesmas e consequentemente a força instalada aquando da execução dos trabalhos de escavação.

Deverão ser utilizados *strain-gauges* de corda vibrante, com campo de leitura não inferior a  $3000\mu\epsilon$ , resolução  $< 1,0\mu\epsilon$  e precisão de ordem inferior a  $\pm 0,5\%$  da capacidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

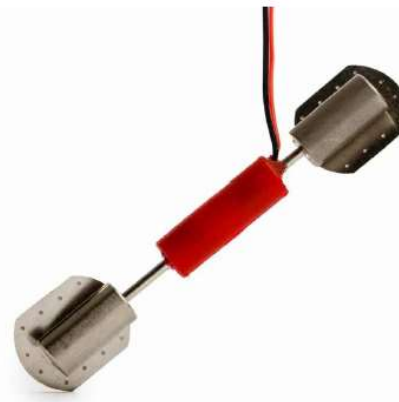
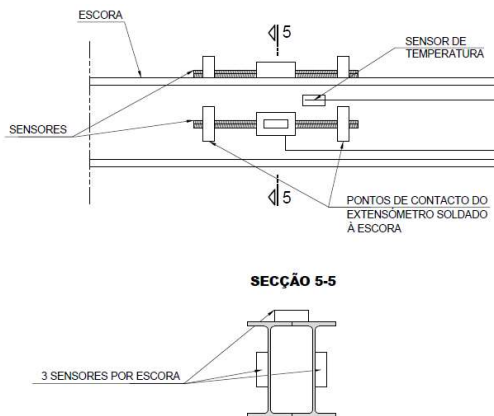


Figura 12 - Extensómetro para escoras do tipo *strain-gauge*



### 5.11 Fissurómetros

Este tipo de diapositivos permitirá acompanhar a evolução da abertura de uma determinada fissura.

Os fissurómetros a utilizar deverão ser planos e deverão permitir a realização de leituras de deslocamentos na horizontal e na vertical. Será ainda necessário que possuam capacidade resistente adequada às intempéries, devendo ser fixos de forma adequada (mecanicamente).

O seu alcance máximo será, no mínimo de 25 mm, na horizontal e 10 mm na vertical, devendo a sua resolução ser, no mínimo, de 0,1 mm (Figura 13). Para garantir esta resolução será necessário recorrer no ato da medição a uma craveira digital que se acopla ao fissurómetro.

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

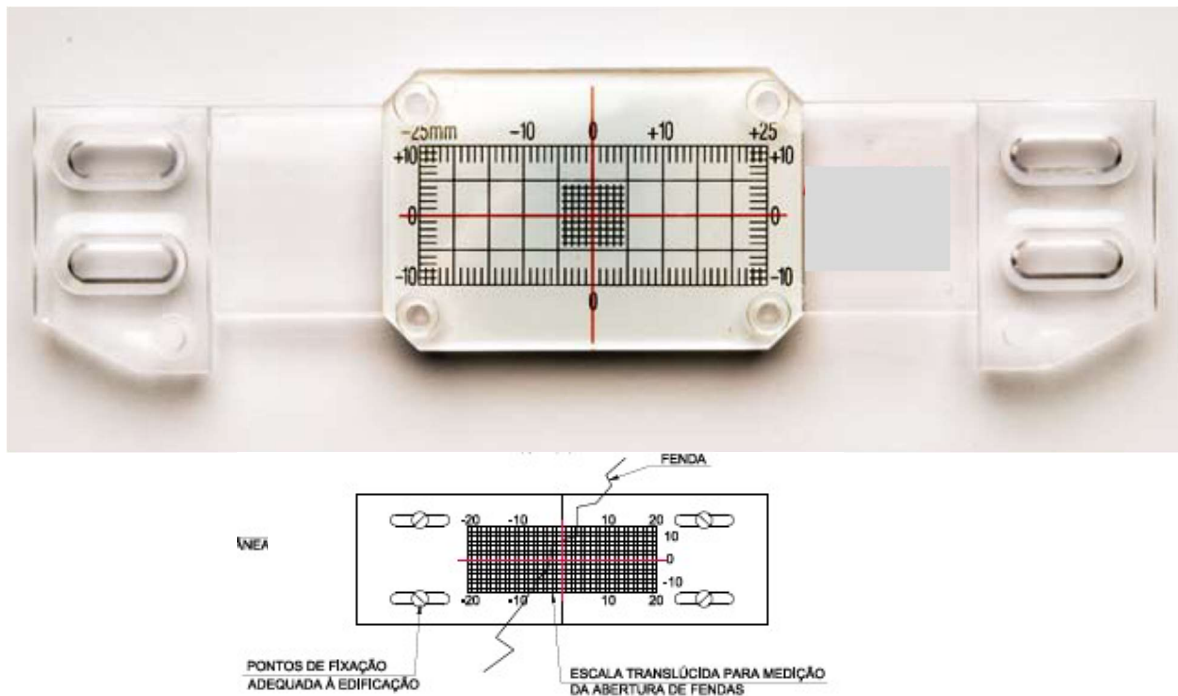


Figura 13 – Fissurómetro

### 5.12 Células de carga

O recurso a células de carga em ancoragens permitirá o acompanhamento da evolução e magnitude da tração instalada nestes elementos em fase de obra.

As células de carga a adotar nas ancoragens provisórias serão do tipo elétrico.

Em condições normais de leitura, o erro associado a estes dispositivos não deverá ultrapassar os  $\pm 0,1\%$  da capacidade máxima de leitura. A sua capacidade máxima de leitura deverá ser superior aos 1500 kN.

A instalação das células de carga será efetuada antes da realização do ensaio de receção detalhado da ancoragem. As células serão posicionadas sobre a chapa de apoio da ancoragem, sendo posteriormente colocada uma chapa metálica rígida adicional e posteriormente a placa de distribuição das cunhas.

A superfície de contacto com a célula deve estar plana e limpa. A colocação da célula deve ser criteriosa, de forma a que a mesma fique centrada com o eixo da aplicação da carga, evitando-se assim excentricidades, com consequência no rigor das leituras (Figura 14). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

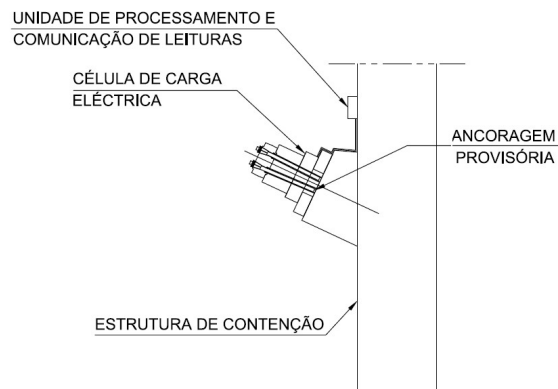


Figura 14 – Célula de carga em ancoragens

### 5.13 Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas

Face aos condicionamentos associados à necessidade de monitorizar as galerias subterrâneas durante a sua execução, a medição das convergências será materializada recorrendo a elemento ótico que permitirá, em condições mais adversas obter com maior precisão leituras de deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A instalação destes dispositivos de forma sistemática e em vários pontos de leitura em seção transversal de cada galeria a executar, permitirá ler não só os deslocamentos do ponto monitorizado, mas também criar secções de medição de convergências, através do controlo de diferentes cordas.

O sistema de fixação destes dispositivos é mecânico e deverá ser realizado ao betão projetado do suporte primário (através de resina epóxi ou de calda de cimento de presa rápida). Na sua extremidade visível a barra é roscada, de forma a permitir acoplar o prisma (Figura 15).

A sua colocação não deverá ultrapassar o primeiro dia após a realização total do suporte primário. Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

De modo a permitir a instalação dos prismas o mais rápido possível, antes que a espessura total do suporte primário esteja aplicada, serão utilizados dispositivos de proteção da fixação que permitirão proteger o elemento de fixação do prisma durante a aplicação das sucessivas camadas de betão projetado (Figura 15).



Figura 15 – Prisma de convergência

## 5.14 Sismógrafo

Preconiza-se durante a fase de construção o posicionamento de sismógrafos junto às edificações mais vulneráveis. Pretende-se o registo das velocidades e frequências de vibrações eventualmente provocadas pela execução dos trabalhos de construção (Figura 16).

As medições de vibrações serão feitas através de um geofone triaxial com uma capacidade de leitura de 2-250 Hz (janela de calibração mínima 1-160 Hz). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

No caso dos sismógrafos utilizados simultaneamente para a monitorização dos limites de integridade estrutural e de vibrações de incomodidade humana, serão adotados dispositivos com a sensibilidade necessária à monitorização dos respetivos limites (conforme Plano de Monitorização Ambiental).

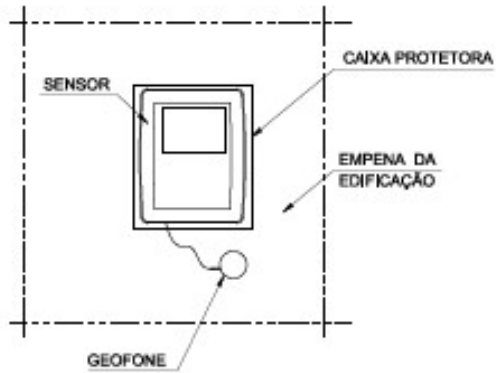


Figura 16 – Sismógrafo

### 5.15 Clinómetro

Os clinómetros permitiram a medição da variação de inclinação das paredes dos edifícios. Quando possível, estes fornecerão leituras remotamente, sendo constituídos por bases de leitura em bronze, concebidas para garantir o posicionamento preciso e repetitivo do equipamento de leitura (Figura 17).

As bases de leitura serão fixas de forma mecânica e permanente à estrutura, sendo instaladas diretamente, normalmente na vertical, ou soldadas numa chapa em T, de dimensões adequadas para permitir a sua instalação na horizontal em elementos verticais.

O equipamento de leitura será constituído por sensor instalado num elemento em aço inoxidável, permitindo a realização de leituras nas bases instaladas em superfície verticais ou horizontais, através de uma unidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre -30°C e +70°C).

O equipamento de leitura possuirá no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura:  $\pm 15^\circ$  a partir da vertical
- Resolução: 0,0013°
- Precisão: < 0,06% da capacidade máxima de leitura

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.



Figura 17 – Clinómetro

### 5.16 Prisma topográfico de referência

Para garantir a adequada leitura dos vários dispositivos topográficos instalados será necessário posicionar elementos adicionais que constituirão a sua referência. Constituem dispositivos de precisão de leitura ótica, sendo utilizados para a realização de leituras nos eixos X, Y e Z (Figura 18). À semelhança dos anteriores também estes dispositivos têm uma importância crítica na criação de uma rede de instrumentação, pois permitem ter um conjunto de coordenadas de referência invariáveis e não-suscetíveis a deslocamentos. Nesse sentido, a escolha da sua localização deve ser realizada de forma criteriosa.

Procurou-se distribuir este tipo de dispositivos de forma a garantir que possuem alcance até cerca de 200 metros, sendo necessário garantir visibilidade direta entre este elemento e aquele que se pretende ler. Cada dispositivo a ler (prisma topográfico) deverá estar referenciado, no mínimo, a 3 unidades de referência, de forma a permitir a existência de redundância e consequentemente, o controlo cruzado entre os vários dispositivos.

O prisma ótico encontra-se acoplado a uma haste metálica robusta que será adequadamente fixa à parede do elemento que será considerado como fixo.

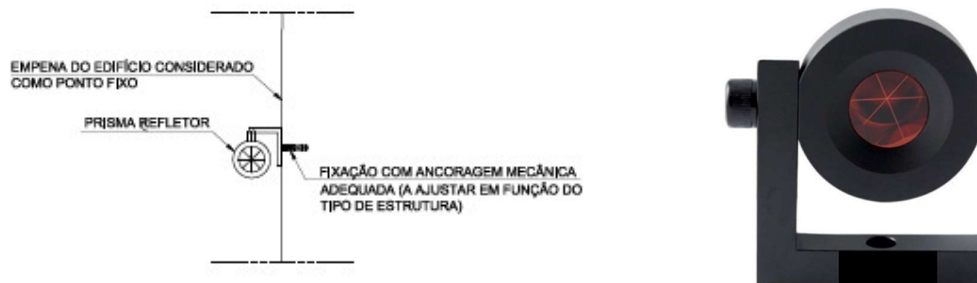


Figura 18 – Prisma topográfico de referência

### 5.17 Estação total robotizada

De forma a minimizar os erros de leitura associados serão adotadas estações totais robotizadas com precisão angular de 0,5" e precisão em distância de 0,6mm. Estas estações permitirão a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nos vários elementos que se pretende instrumentar.

A estação total será assente numa estrutura de suporte fixa a um poste ou na fachada de um edifício. O equipamento encontrar-se-á protegido por elementos antivandalismo e possuirá fonte de alimentação autónoma (Figura 19).

O sistema de referência será o Datum 73 e o referencial altimétrico o Datum Cascais (1938). Todos os trabalhos serão apoiados na rede geodésica do País. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.



Figura 19 – Estação total robotizada

## 6 FREQUÊNCIA DAS LEITURAS

A frequência de leituras foi definida tendo em consideração a frente de obra, o faseamento construtivo adotado, os cenários de risco associados a cada solução geotécnica e o tipo de dispositivos de instrumentação escolhidos.

A realização de leituras de referência permitirá aferir o comportamento base das interferências e do terreno antes do início dos trabalhos. Simultaneamente, permitirá também confirmar que os dispositivos se encontram em pleno funcionamento.

A frequência das leituras a adaptar na fase de construção e exploração são as que constam na Tabela 1, para escavações a céu aberto, e na Tabela 2 para escavações em meio subterrâneo.

**Tabela 1 Frequência de leituras – Escavações a céu aberto**

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações a céu aberto)				
Tipo de dispositivo	Fase de obra			
	Leituras de referência	Durante a realização de trabalhos de escavação	Durante a paragem de trabalhos de escavação	Após a conclusão dos trabalhos na zona
Prisma topográfico (edifícios e contenções)	Mínimo de 2 leituras num período de 2 semanas antes do início dos trabalhos de escavação; No caso das linhas desviadas provisoriamente (Carris e IP) mínimo de duas leituras antes do início da circulação.	6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Inclinómetro		Semanalmente	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Sensor de nível líquido		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetro elétrico		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetros Tipo Casagrande		Semanalmente	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico para carril		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro de corda vibrante para perfis de aço (escoras metálicas)		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Fissurómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Célula de carga elétrica		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – ancoragens desativadas
Prisma de convergência		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês
Sismógrafo		1 leitura por hora	1 leitura por hora	Não aplicável
Clinómetro ( <i>tiltmeter</i> )		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês



**Tabela 2 Frequência de leitura – Escavações subterrâneas**

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações subterrâneas)				
Tipo de instrumento	Fase de obra			
	Distância relativa à frente de escavação			
	< 20 m	20 - 60 m	60 - 100 m	> 100 m
Prisma topográfico (edifícios)	6 leituras diárias	Cada 2 dias	Semanalmente	Quinzenalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)	6 leituras diárias			
Clinómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Piezómetro elétrico	6 leituras diárias	Cada 2 dias		
Piezómetros	Semanalmente	Semanalmente		
Fissurómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Sismógrafo	1 leitura por hora	1 leitura por hora	1 leitura por hora	
Prisma de convergência	Diariamente	Cada 2 dias	Cada 2 dias	
Extensómetro	Diariamente			
Inclinómetro	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	
Inspeção visual – suporte primário	Diariamente			

---

## 7 CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA

### 7.1 Critérios de alerta e alarme

O estabelecimento dos limites de alerta e alarme para as grandezas medidas pelos dispositivos de instrumentação e observação, tem por objetivo antecipar a ocorrência dos cenários de risco e assim reduzir o risco de existência de danos nas estruturas a executar e nas interferências existentes.

Os valores a adotar nos limites de alerta e alarme para os vários dispositivos de instrumentação têm como ponto de partida a previsão dos resultados esperados, obtidos a partir dos modelos de cálculo. Estes valores constituíram os limites de referência.

Entende-se como limite de alerta um primeiro estágio, onde os valores medidos nos sistemas de instrumentação são um pouco superiores aos de referência. Considera-se um estado de alarme quando a evolução dos valores medidos apresenta uma velocidade/variação no tempo acentuada, sendo em muito superior aos valores de referência.

Caso sejam atingidos os valores estabelecidos para os níveis de alerta, será obrigatório fazer uma análise da evolução das leituras, para se poder encarar atempadamente a aplicação de medidas de contingência.

Uma vez estimados, os efeitos nas interferências foram analisados seguindo a metodologia da avaliação de danos. Em conformidade com os resultados desta análise, foram estabelecidos limites de alerta e alarme que permitam de forma controlada e atempada evitar que a deformação induzida pelos assentamentos nas interferências exceda a Categoria 2 de danos do método de Burland.

Em fase de Projeto de Execução estes valores poderão ter que ser ajustados, função do desenvolvimento do projeto no que respeita aos resultados obtidos no plano de prospeção complementar atualmente em curso e nos resultados dos modelos de cálculo. A abordagem será definir um valor de referência baseado nos resultados dos modelos de cálculo e caracterizar os cenários de alerta e alarme como uma percentagem desse valor.

Os diagramas que descrevem as ações a adotar encontram-se no Anexo 12.1.

## 8 SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO

Será implementado um sistema de recolha de dados automático que realiza leituras através de equipamentos automatizados/robotizados e os envia para a base de dados de consulta e gestão de dados de monitorização.

Para a recolha de dados topográficos, o sistema é baseado numa rede de estações totais robotizadas que periodicamente realizam a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nas estruturas tais como edificações e contenções, e os envia através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Sempre for possível os dados dos dispositivos serão recolhidos automaticamente e enviados através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Para os restantes dispositivos, os dados serão recolhidos por equipas que se deslocarão ao local onde os mesmos se encontram instalados, sendo os mesmos posteriormente carregados na base de dados.

O acesso à base de dados pode ser realizado através de uma página de internet que permite a consulta da informação associada a cada dispositivo, com base em esquemas onde é indicada a localização aproximada de cada dispositivo (Figura 20).



Figura 20 – Interface de acesso aos dados de monitorização

A base de dados de consulta e gestão consiste numa aplicação informática que recorre a servidores remotos, que permitirão o acesso controlado em qualquer momento aos dados recolhidos. A gestão de dados permite que os mesmos sejam processados de modo a poderem serem calculados mapas de isolinhas de assentamento, taxas de deformação, rotações e distorções (Figura 21).

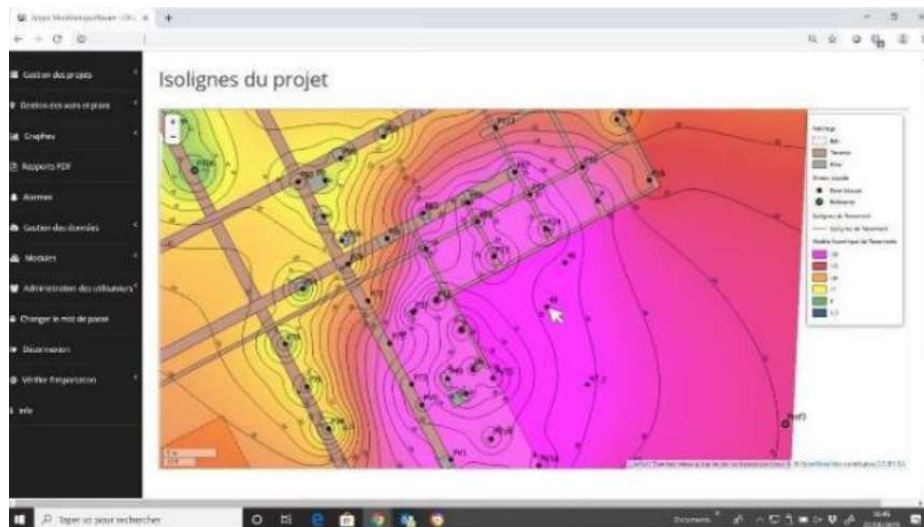


Figura 21 – Processamento de dados de monitorização

Adicionalmente, o sistema permite a incorporação de alertas automáticos baseados em valores pré-estabelecidos e o envio automático de notificações aos utilizadores (Figura 22).

The screenshot shows the 'argos' software interface with a table of alert definitions. The table has the following columns: Name (Alarm), Time, Alarm level, Abnormality, Status, and Remark. The data rows show various alarm levels (e.g., High, Low) and their corresponding status (e.g., OK, Alarm).

Name (Alarm)	Time	Alarm level	Abnormality	Status	Remark
...	2016-12-01 08:57:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 08:58:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 08:59:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:00:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:01:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:02:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:03:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:04:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:05:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:06:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:07:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:08:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:09:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:10:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:11:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:12:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:13:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:14:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:15:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:16:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:17:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:18:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:19:05	High	11	OK	...
...	2016-12-01 09:20:05	High	11	OK	...

Figura 22 – Módulo de definição de limites de alerta e alarme

---

## 9 RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO

Serão apresentados relatórios periódicos (diários) enviados por email com um resumo da informação de monitorização relevante para a análise da evolução do comportamento das estruturas. Neste relatório será apresentado o estado de cada dispositivo instalado relativamente ao limite de alerta e alarme definido.

Dado o número de dispositivos incluídos no plano de observação tentará evitar-se relatórios demasiado extensos. Os dados completos de todos os dispositivos estarão disponíveis em formato digital na base de dados para consulta e gestão de dados de monitorização (ver ponto 8).

## 10 PLANO DE CONTINGÊNCIA

O plano de contingência tem por objetivo definir os procedimentos a seguir para a gestão de um potencial cenário de risco, com vista à eliminação ou mitigação das suas consequências.

Estes procedimentos definem as ações e as entidades responsáveis pela sua execução e incluem, genericamente, as seguintes ações:

- Recolha e análise de informação obtida a partir dos dispositivos de instrumentação;
- Identificação do cenário de risco;
- Implementação de medidas de mitigação.

Os procedimentos definidos no contexto do presente Plano de Instrumentação e Observação iniciam-se com a excedência dos limites de alerta, referência e alarme. Não obstante, poderão desenvolver-se cenários de risco não-previstos em que não existindo um dispositivo de instrumentação para o qual os limites a este atribuídos foram excedidos, deva ser relevante declarar a excedência de um determinado limite, em resultado de um conjunto de observações indiciadoras de um potencial cenário de risco (i.e. observação visual de deformações excessivas em elementos não-instrumentados).

Os diagramas que descrevem os procedimentos adotar encontram-se no Anexo 12.2.

---

## 11 REQUISITOS PARTICULARES DO SISTEMA DE OBSERVAÇÃO EM INTERFERÊNCIAS

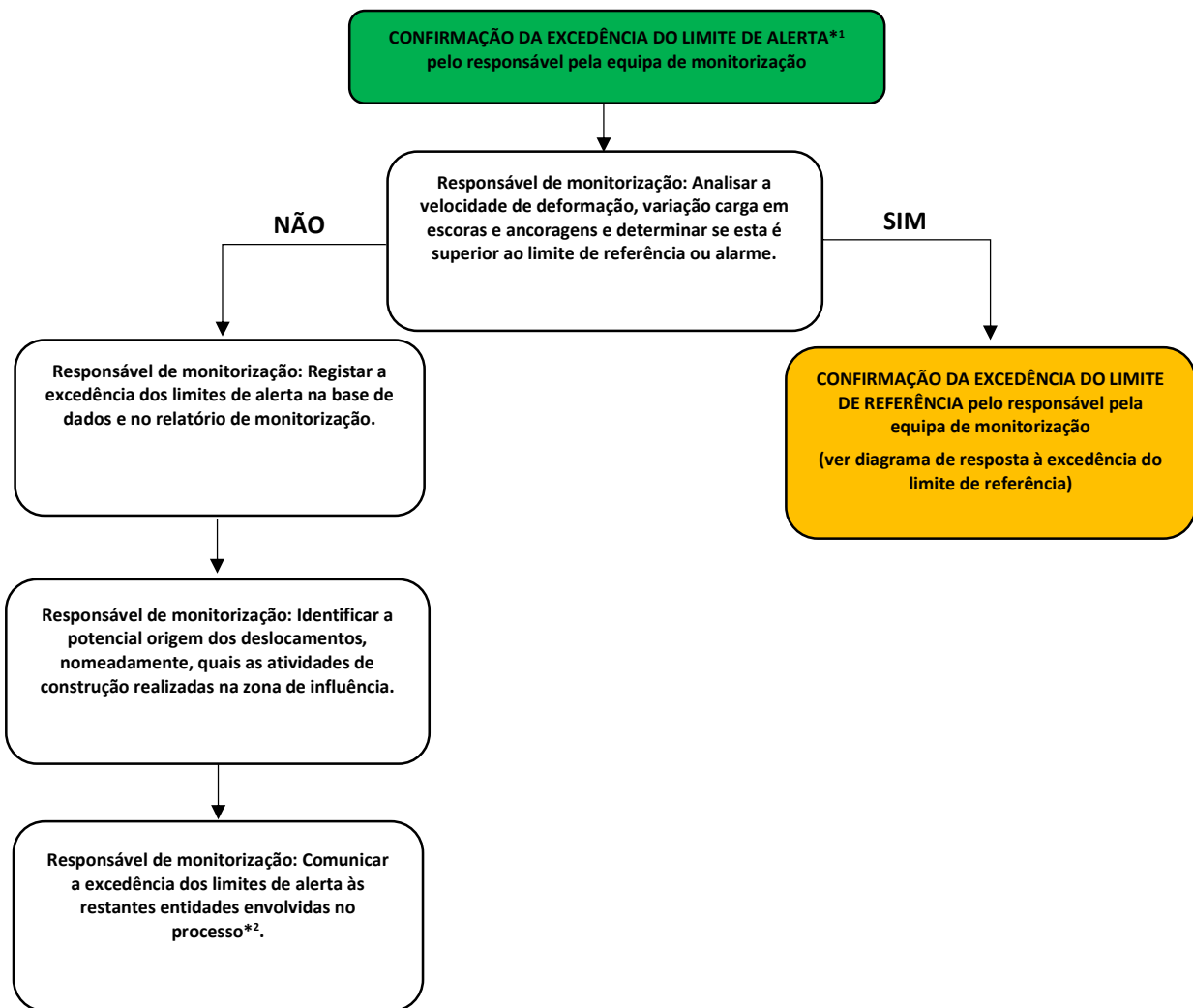
### 11.1 Monitorização de captações de água

No que se refere ao impacto das obras de escavação nos níveis de água de captações existentes na zona de influência dos trabalhos, todos os piezómetros a instalar em redor da obra terão níveis de alerta, referência e alarme indicados. Serão também definidas medidas de mitigação, de referência, a implementar caso o nível de alerta seja excedido.

## 12 ANEXOS

### 12.1 Anexo A - Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência

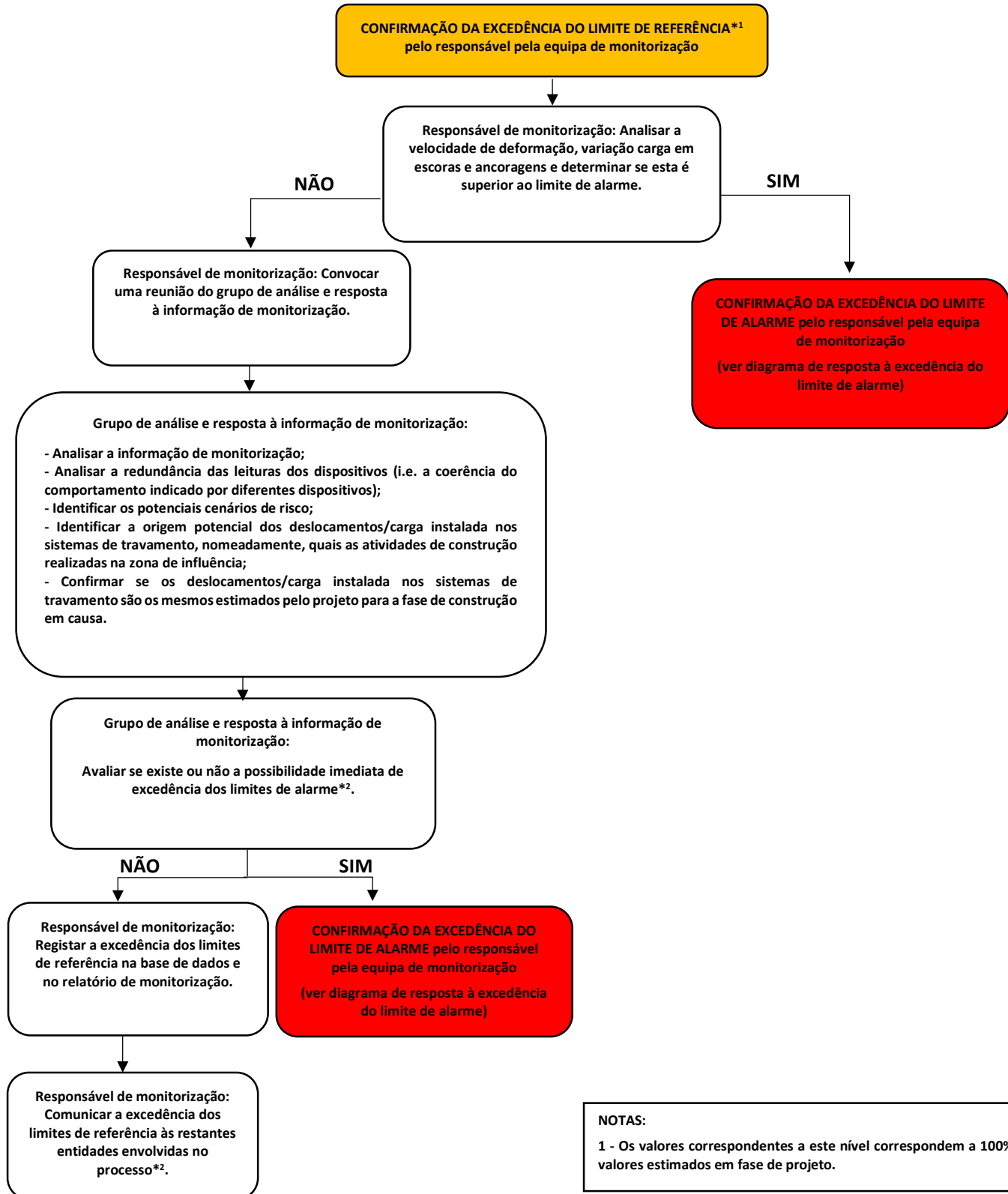
#### DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALERTA



**NOTAS:**

1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 80% dos valores estimados em fase de projeto.

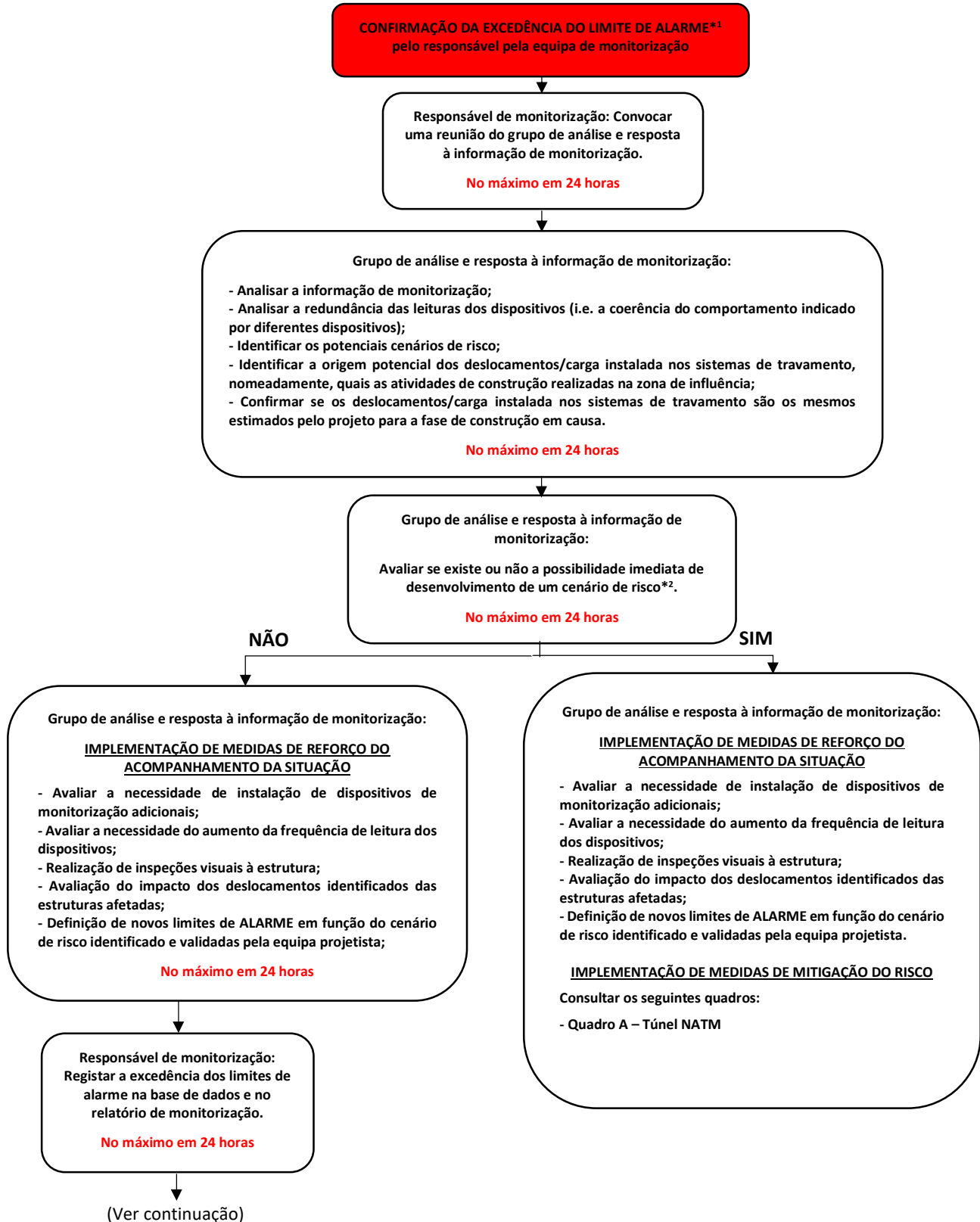
DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE REFERÊNCIA



**NOTAS:**  
1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 100% dos valores estimados em fase de projeto.



DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALARME



(Continuação)



**Responsável de monitorização:**  
**Comunicar a excedência dos**  
**limites de alarme às restantes**  
**entidades envolvidas no**  
**processo\*<sup>3</sup>.**

**No máximo em 24 horas**

**NOTAS**

- 1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 130% dos valores estimados em fase de projeto.
- 2 - As medidas de mitigação correspondentes à interrupção da obra, isolamento de áreas, evacuação da superfície, interrupção de serviços de drenagem/abastecimento/telecomunicações e interrupção da circulação rodoviária/ferroviária, deverão ser implementadas quando se considere não existir tempo suficiente para a implementação de medidas de mitigação de risco ou risco demasiado elevado.

## 12.2 Anexo B - Medidas de atuação/ plano de contingência

### Quadro A – Túnel NATM

As medidas abaixo indicadas deverão ser avaliadas em função do cenário de risco identificado e validadas pela equipa projetista:

- Redução da distância de avanço de escavação;
- Aumento da densidade de pregagens de fibra de vidro na frente de escavação;
- Realização de chapéu de enfilagens nos avanços intermédios;
- Realização de furos de drenagem adicionais na frente e/ou nos hasteais;
- Aplicação de betão projetado na frente de escavação;
- Aumento da parcialização da escavação da frente;
- Inclusão de rede electrossoldada entre cambotas;
- Realização de injeções de selagem;
- Aterro da frente de escavação.





Metropolitano de Lisboa

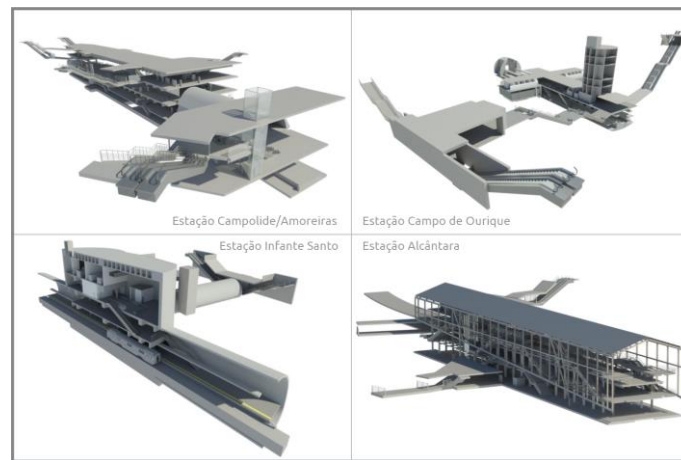


# METRO DE LISBOA

## LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA

### PROJETO DE EXECUÇÃO



## VOLUME 40 – OBRA ESPECIAL 7

### PLANO DE OBSERVAÇÃO

Documento SAP:	LVSSA MSA PE INS TUN OE7 MD 088001 0
----------------	--------------------------------------

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado	Francisco Bernardo Pedro Nogueira		2024-10-10
Revisto	Sandra Ferreira		2024-10-10
Verificado	Rui Rodrigues		2024-10-10
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-10
Aprovado			

	Nome	Assinatura	Data
Gestor Projeto	Raúl Pistone		2024-10-10

## Índice

1	OBJETIVO E ÂMBITO.....	5
2	CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO.....	6
3	GRANDEZAS A MEDIR.....	9
3.1	Escavações subterrâneas.....	9
3.2	Edificações.....	10
4	LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO.....	11
5	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA.....	11
5.1	Prisma topográfico para edifícios e contenções.....	11
5.2	Prisma topográfico para pavimento.....	12
5.3	Extensómetro multiponto.....	12
5.4	Inclinómetros.....	14
5.5	Sensor de nível líquido.....	15
5.6	Piezómetro elétrico.....	15
5.7	Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC.....	16
5.8	Piezómetro do tipo Casagrande – câmara simples, dupla ou tripla.....	17
5.9	Prisma topográfico para carril.....	18
5.10	Extensómetros para escoras do tipo <i>strain-gauge</i> .....	19
5.11	Fissurómetros.....	19
5.12	Células de carga.....	20
5.13	Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas.....	21
5.14	Sismógrafo.....	22
5.15	Clinómetro.....	24
5.16	Prisma topográfico de referência.....	24
5.17	Estação total robotizada.....	25
6	FREQUÊNCIA DAS LEITURAS.....	26
7	CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	29
7.1	Critérios de alerta e alarme.....	29
8	SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO.....	30
9	RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO.....	32
10	PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	32

---

11 ANEXOS.....	33
11.1 Anexo A - Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência .....	33
11.2 Anexo B - Medidas de atuação/ plano de contingência.....	37





## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Anteprojecto**, da **Memória Descritiva e Justificativa do Plano de Observação**, desenvolvida no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do Tomo III do Volume 7 – OE7.

Neste documento incluem-se as obras subterrâneas, as escavações a céu aberto e as edificações ao longo do limite da área de influência da obra (25 m do limite da infraestrutura).

A elaboração do Plano de Observação de uma obra é condicionado pelas características específicas de cada estrutura, nas quais se incluem as condições da fundação, a ocupação à superfície, as características dos materiais utilizados, os métodos construtivos e, ainda, os critérios adotados no seu dimensionamento. Além destes parâmetros diretamente relacionados com as estruturas devem ser igualmente consideradas as ações exteriores, os valores humanos e os danos materiais envolvidos na ocorrência de uma eventual rotura.

O Plano de Observação envolve a definição de um sistema de observação e dos critérios para a sua exploração e visa a interpretação do comportamento e a avaliação das condições de segurança das várias frentes de obra existentes durante toda a fase de construção. Deste modo, será possível interpretar o comportamento da obra nas suas diferentes fases de construção, com base nos resultados de observação, permitindo aferir os pressupostos admitidos no projeto, ao nível dos condicionamentos geológico, geotécnicos e hidrogeológicos do local, dos métodos de cálculo, dos critérios de projeto e consequente verificação da funcionalidade da obra.

O Plano de Observação deve ser considerado como uma peça “dinâmica” e que, por isso, deverá ser atualizado, podendo sofrer algumas adaptações decorrentes da evolução dos processos construtivos, da estratégia construtiva a implementar, e de eventuais particularidades e/ou informações entretanto obtidas.

O Plano de Observação é definido para as estruturas a executar e para a sua envolvente. A parte correspondente às estruturas a construir será definida, onde aplicável, em cada Tomo, para cada volume específico de cada tomo. Os dispositivos de instrumentação a aplicar nas interferências e infraestruturas existentes na vizinhança da obra encontram-se definidos nos volumes do Tomo II correspondentes aos troços de túnel, abrangendo, quando aplicável, a zona da estação mais próxima.

## 2 CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO

O recurso a instrumentação e observação permitirá realizar o controlo proactivo e sistemático dos trabalhos através da observação dos parâmetros que influenciam o desenvolvimento da obra, com o fim de verificar as hipóteses de projeto e, onde necessário, adaptá-lo antecipadamente de forma a garantir, sem subestimar a segurança, o cumprimento dos tempos de execução, a gestão das aleatoriedades e dos imprevistos no contexto geológico, geotécnico e hidrogeológico em que a obra se insere.

Esta abordagem dinâmica possibilita o controlo e a adaptação atempada das soluções e consequente minimização do risco geotécnico da obra (Figura 1).

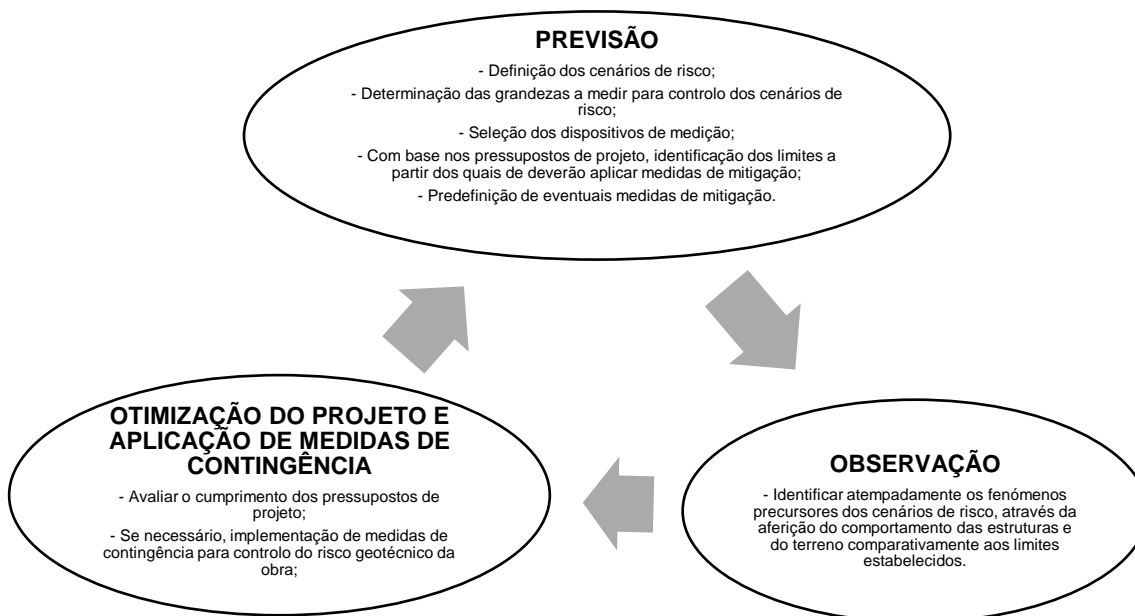


Figura 1 – Abordagem geral do Plano de Observação

O sistema de observação proposto é constituído por instrumentos de provada confiabilidade e de uso corrente em obras similares. Todos os dispositivos de instrumentação e observação serão adequadamente protegidos de forma a evitar que sejam danificados durante a execução da obra.

A realização de leituras de instrumentação e observação de carater topográfico pressupõe o recurso a elementos de referência adequados, posicionados numa zona da obra que não sofra perturbações e a uma distância tal que o erro de leitura associado seja mínimo.

A adequada instalação dos dispositivos de instrumentação tem uma importância estratégica para o correto desempenho do sistema de observação, em particular, para aqueles instrumentos que uma vez instalados não ficam acessíveis.

As técnicas e procedimentos de instalação dos vários dispositivos serão sempre executadas de acordo com as indicações dos fabricantes e fornecedores.

Toda a instrumentação irá ser instalada com a devida antecedência em relação ao início dos trabalhos para se conseguirem adequadas leituras de referência. Durante a fase de obra, serão realizadas leituras com a frequência necessária para garantir um atempado reconhecimento dos fenómenos precursores dos cenários de risco e eficaz aplicação de medidas de contingência.

---

Após a conclusão dos trabalhos, realizar-se-ão leituras que permitam confirmar o comportamento previsto das estruturas e do terreno.

A redundância da instrumentação constituirá um aspeto importante para aumentar a confiança no sistema e permitir um controlo adequado e fidedigno.

No enquadramento anterior, o sistema de observação foi definido para as diferentes obras associadas ao projeto cujo acompanhamento do comportamento se julga necessário. Neste documento abordar-se-á a instrumentação associada aos túneis NATM, nomeadamente:

- Troço 81, 82, 83, 84 e 85;
- Tímpano de São Sebastião (OE1);
- Túnel da Via de Resguardo 1 (OE3);
- Túnel da Via de Resguardo 2 (OE4);
- Túnel Término da Via de Resguardo 3 (OE7).

Para cada um destes locais, os sistemas de observação preconizados atendem às diferentes fases da obra.

Resumidamente os dispositivos de medição preconizados para cada frente de obra são os apresentados no Quadro 1.

## Quadro 1 – Dispositivos de medição preconizados para a obra

FRENTE DE OBRA	PRISMA TOPOGRÁFICO (EDIFÍCIOS E CONTENÇÕES)	PRISMA TOPOGRÁFICO (PAVIMENTOS)	EXTENSÓMETRO MULTIPONTO	INCLINÓMETRO	SENSOR DE NÍVEL LÍQUIDO	PIEZÓMETRO ELÉTRICO	PEIZÓMETRO TIPO CASAGRANDE	PRISMA TOPOGRÁFICO PARA CARRIL	EXTENSÓMETRO DE CORDA VIBRANTE PARA ESCORAS DE AÇO	FISSURÓMETRO (EDIFÍCIOS)	CÉLULA DE CARGA ELÉTRICA PARA ANCORAGENS COM STRAIN GAUGES	PRISMA DE CONVERGÊNCIA	SISMÓGRAFO (EDIFÍCIOS)	CLINÓMETRO (TILTMETER)	PRISMA TOPOGRÁFICO DE REFERÊNCIA	ESTAÇÃO TOTAL ROBOTIZADA (EDIFÍCIOS)
Túnel Troço 81, 82, 83, 84 e 85	X	X	X			X	X			X		X	X		X	X
Tímpano de São Sebastião (OE1)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel da Via de Resguardo 1 (OE3)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel da Via de Resguardo 2 (OE4)	X	X				X	X			X		X	X		X	X
Túnel Término da Via de Resguardo 3 (OE7)	X	X	X			X	X			X		X	X		X	X

Nos pontos subsequentes descrevem-se os sistemas de observação para as diferentes estruturas e nas peças desenhadas apresenta-se a sua implantação de princípio, que poderá ser adaptada em função da evolução do projeto, quer no que se refere ao número, quer no que se refere à disposição dos aparelhos de medição.

## 3 GRANDEZAS A MEDIR

De um modo geral as grandezas a medir serão:

- Medições de deslocamentos verticais e horizontais e convergências no interior de galerias subterrâneas recorrendo a prismas topográficos.
- Medição da inclinação dos edifícios recorrendo a clinómetros.
- Medição da abertura de fendas em edifícios, utilizando fissurómetros.
- Medições de deslocamentos verticais internos do maciço e à superfície, com extensómetros multiponto.
- Medição de deslocamentos horizontais em profundidade através de inclinómetros.
- Medições de deslocamentos verticais e horizontais nos pavimentos e carris utilizando prismas de pavimento e de carris.
- Medições dos níveis piezométricos recorrendo a piezómetros do tipo Casagrande (com uma ou várias câmaras) e elétricos.
- Variações de tração instalada nas ancoragens através de células de carga elétricas.
- Medição de vibrações induzidas recorrendo a sismógrafos.
- Medições de deslocamentos axiais de elementos estruturais recorrendo a extensómetros (tipo *strain gauges*).
- Medição de deslocamentos de precisão na estrutura interior de edifícios, utilizando sensores de nível líquido.

### 3.1 Escavações subterrâneas

A avaliação da evolução do comportamento das obras subterrâneas será realizada através do registo dos deslocamentos do terreno e observação de eventuais fissurações no revestimento primário. Para tal serão criadas secções de medição de convergências e deslocamentos, onde serão instalados, em geral, 3 prismas para secções cuja maior dimensão seja menor ou igual a 10 m e 5 prismas para secções com a maior dimensão superior a 10 m. Para a secções com 3 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 1 em cada hasteal, que permitirão para além dos deslocamentos nesses pontos, o controlo de 3 cordas diferentes. Para a secções com 5 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 2 em cada hasteal, acima e abaixo do eixo da galeria, que permitirão o controlo de 6 cordas diferentes.

No terreno e à superfície serão executados extensómetros multiponto, inclinómetros e prismas topográficos no pavimento, em carris e em edifícios.

Em geral, no que diz respeito às grandezas a observar, para além dos deslocamentos será também avaliada a variação/presença de água através da instalação de piezómetros.

As ações relacionadas com a presença e escoamento de água nas escavações subterrâneas serão controladas pela observação sistemática dos caudais afluentes. Quando necessário, assumem particular destaque aos drenos longitudinais realizados em avanço da escavação, que permitirão antever as condições hidrogeológicas do terreno a escavar.

## 3.2 Edificações

Para o controlo das edificações próximas às obras será implementado um sistema de monitorização composto por:

- Prismas topográficos para o controlo dos deslocamentos dos edifícios.
- Sismógrafos para o controlo das vibrações induzidas pela execução das obras.
- Clinómetros para o controlo das inclinações.
- Fissurómetros para o controlo de eventuais fissuras presentes nas edificações.

A adoção de medidas de observação permitirá em fase de obra monitorizar os movimentos ocorridos em interferências e, se necessário, tomar medidas de minimização dos movimentos das estruturas e consequentemente reduzir os riscos humanos e materiais associados a estes movimentos. Assim sendo, foram estabelecidos dois níveis de observação (I e II), que se diferenciam, respetivamente, pela complexidade crescente da instrumentação instalada e pela frequência de leitura a realizar.

- Observação Nível I – Monitorização recorrendo essencialmente a prismas topográficos;
- Observação Nível II – Monitorização recorrendo prismas topográficos a clinómetros, fissurómetros e sismógrafos.

Note-se que os sismógrafos devem ser instalados o mais próximo possível às fundações das edificações e que os fissurómetros devem ser instalados apenas em caso de presença de fissuras.

## 4 LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

A necessidade observação da zona de intervenção, em particular do comportamento do terreno, dos elementos estruturais das contenções, suporte primário dos túneis e das interferências, obriga à implementação de um sistema de monitorização integrado que interfira o menos possível com as atividades de construção. Em simultâneo, dado que a obra se insere em meio urbano, é fundamental coordenar o posicionamento dos dispositivos com os condicionamentos existentes.

A localização proposta para os aparelhos citados encontra-se representada nas peças desenhadas. O posicionamento definitivo da instrumentação prevista poderá eventualmente ter que ser ajustado, dependendo das condições existentes no local.

Sempre que possível, irão utilizar os piezómetros executados nas campanhas de prospeção geotécnica e hidrogeológica complementares.

O critério para a instalação de equipamentos de observação em interferências, nomeadamente a observação Nível I, resulta da Avaliação de Danos descrita em documento autónomo.

## 5 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARATERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA

Nos subcapítulos subseqüentes encontram-se descritas sumariamente, as caraterísticas dos vários dispositivos de instrumentação e observação. Essas caraterísticas constituem um complemento às especificações técnicas do Metro (ET- 208 – PP INS ET 208).

### 5.1 Prisma topográfico para edifícios e contenções

Os prismas topográficos para edifícios e contenções consistem num elemento fixo na sua fachada ou nos elementos estruturais das contenções e permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada (Figura 2).

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada, com base em pontos estáveis, materializados através do mesmo tipo de dispositivos, localizados fora da zona de influência das obras a executar. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.



Figura 2 – Prisma topográfico para edifícios e contenções

## 5.2 Prisma topográfico para pavimento

Os prismas topográficos para pavimento consistem num elemento adequadamente fixo ao pavimento com elevada resistência ao tráfego pedonal e rodoviário, materializado por meio de uma placa metálica que permite a realização leituras dos deslocamentos verticais.

As leituras serão efetuadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

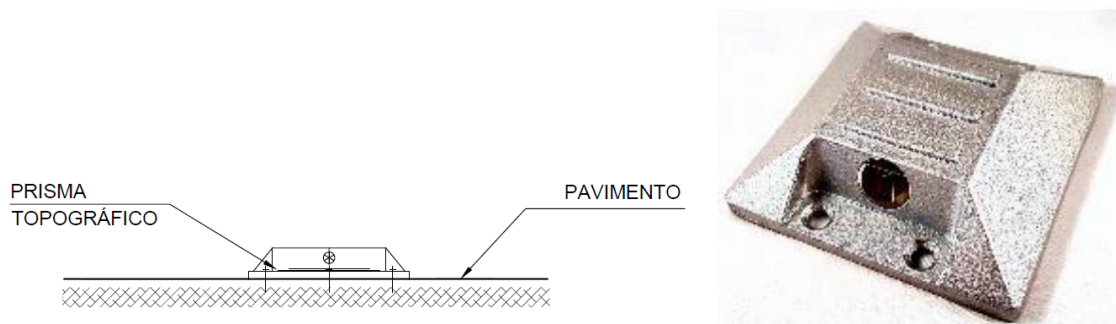


Figura 3 - Prisma topográfico para pavimento

## 5.3 Extensómetro multiponto

Os extensómetros permitem o controlo dos deslocamentos verticais em profundidade e encontram-se definidos nas seções de monitorização onde também estão previstas medições de deslocamentos e convergências no interior das galerias subterrâneas (Figura 4).

Os extensómetros terão 1 ou 2 ancoragens fixadas a diferentes profundidades. O sensor de deslocamento deverá ser do tipo corda vibrante dotado com sensor de temperatura.

Do conjunto deste dispositivo deverá fazer parte integrante:

- Barras/varas em aço inoxidável ou fibra de vidro
- Ancoragem (injetável com calda de cimento ou tipo *packer*)
- Bainha de encamisamento das barras/varas
- Cabeça de referência do elétrico

O extensómetro será instalado em furo previamente executado de diâmetro, no mínimo, de  $\varnothing 76$  mm (furação destrutiva), que terá um comprimento superior à profundidade de instalação de cerca de 1,00 m.

As cabeças dos extensómetros deverão ser equipadas com um prisma topográfico que permita obter as leituras à superfície. Aos valores das leituras das ancoragens deverão ser adicionados os assentamentos de superfície obtidos através dos prismas.

Os componentes serão montados de acordo às indicações do fabricante e instalados no furo nas cotas previstas função do seu comprimento total. Existirá uma ancoragem na extremidade correspondente à base do furo e uma segunda a 1/3 do seu comprimento total.

Uma vez finalizado o posicionamento do dispositivo, proceder-se-á a sua selagem por meio de calda de cimento.

As cabeças dos extensómetros serão protegidas por caixas com tampas metálicas adequadas.



O dispositivo será de leitura elétrica, o sensor de deslocamento ou transdutor, será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ), possuindo no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura  $\geq 100\text{mm}$
- Precisão  $< 0,30\%$  da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,0066\%$  da capacidade de leitura

O dispositivo será calibrado antes de ser utilizado e as leituras serão realizadas a partir da superfície. Após a realização da medição, os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

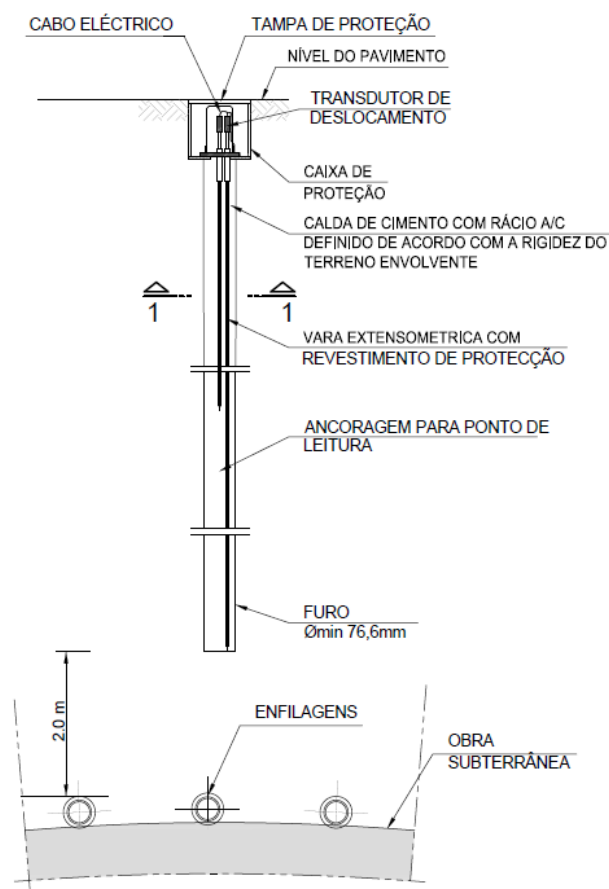


Figura 4 – Extensómetro multiponto

## 5.4 Inclinómetros

Os inclinómetros são constituídos por tubos com calhas guias nos quais, aquando da realização de leituras, é inserido um sensor deslizante que mede simultaneamente a distância percorrida no interior do tubo e a variação do ângulo entre os rolamentos do sensor.

As calhas inclinométricas serão em PVC, tipo ABS de alta resistência (com uniões entre troços de tubos adequadas), com diâmetro exterior de  $\varnothing 84$  mm e permitirão a passagem de um sensor deslizante (torpedo) dotado de pontos de referência (roletes) espaçados de 0,5 m. Este torpedo conterá dois sensores do tipo servo-acelerómetros montados com desfasamento de  $90^\circ$ . Uma vez no interior da calha, a profundidade a que se encontra o torpedo será controlada por uma escala graduada de 0,5 m e impressa no próprio cabo elétrico que liga o torpedo à caixa de leituras à superfície.

A execução dos inclinómetros externos aos elementos de contenção ocorrerá antes da execução de trabalhos de escavação e apenas quando finalizados os trabalhos de execução das estruturas de contenção (onde aplicável) de modo a evitar que os mesmos sejam danificados.

Uma vez finalizado o posicionamento das calhas, proceder-se-á ao preenchimento do espaço anelar entre a face exterior da calha e as paredes do furo por meio de calda de cimento com bentonite.

Os inclinómetros serão instalados no tardo das estruturas de contenção, realizando-se para tal uma furação à rotação de 101,6 mm (Figura 5).

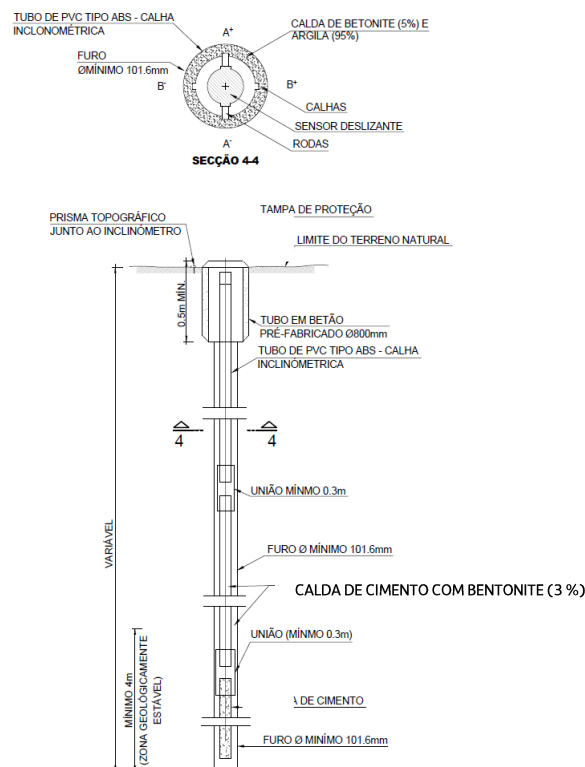


Figura 5 – Inclinómetro

Dentro das condições normais de operação, o erro máximo de cálculo da deflexão no topo de um tubo calha com 30 m de profundidade deverá ser de aproximadamente + 5 mm.

À superfície, as calhas serão protegidas através de caixas com tampas metálicas adequadas. Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

## 5.5 Sensor de nível líquido

O sensor de nível líquido permite medir deslocamentos diferenciais e totais entre diversos pontos de uma estrutura. É constituído por um conjunto de sensores de elevada precisão que medem continuamente a variação de nível de um líquido num circuito fechado. O conjunto de sensores encontra-se ligado a um depósito que constitui o nível de referência do sistema (Figura 6). Os deslocamentos totais podem ser obtidos através da soma dos deslocamentos diferenciais com os deslocamentos totais do nível de referência, no caso de este último estar sujeito a movimentos.

As leituras serão realizadas automaticamente e enviadas para a base de dados de monitorização.

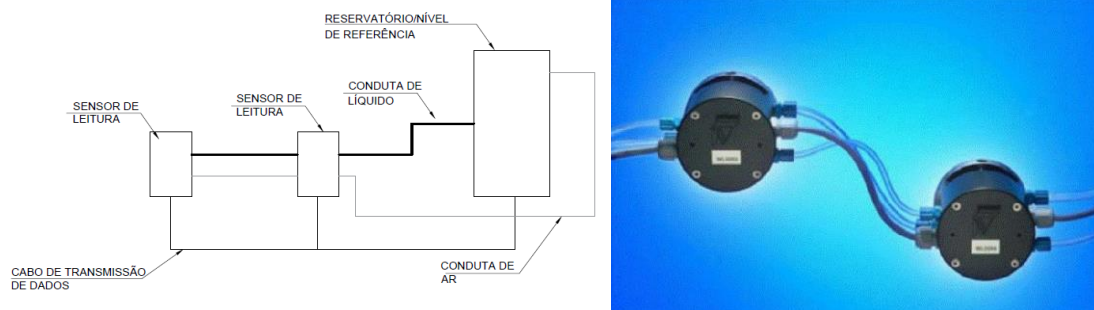


Figura 6 – Sensor de nível líquido

## 5.6 Piezómetro elétrico

Os piezómetros elétricos são constituídos por um dispositivo instalado no interior de um furo com diâmetro mínimo de 86 mm e envolto em areia de filtro na zona de resposta onde se pretende efetuar medições do nível piezométrico, sendo o restante espaço preenchido com material impermeável (trecho imediatamente acima com bentonite e os restantes trechos com calda de cimento, com bentonite). O topo dos piezómetros será protegida por caixas com tampas metálicas adequadas (Figura 7).

A leitura do nível piezométrico será obtida por meio de um transdutor de pressão de corda vibrante instalado no interior do furo. O fio elétrico virá à superfície de forma a possibilitar a ligação a um equipamento de registo de leituras e posteriormente carregados na base de dados de monitorização.

O dispositivo de leitura elétrica, possui as seguintes características:

- Capacidade de leitura: 500 kPa
- Precisão < 0,100% da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,025\%$  da capacidade de leitura

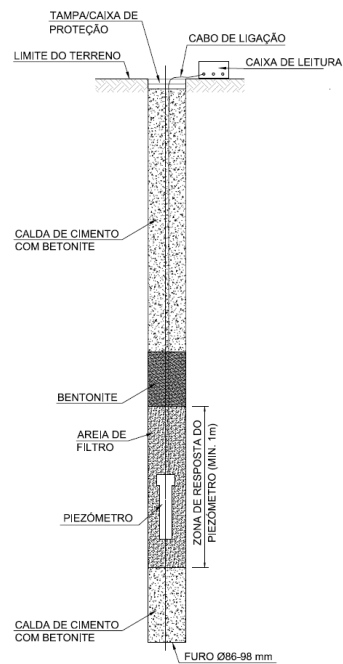


Figura 7 - Piezómetro elétrico com uma câmara

### 5.7 Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC

Os piezómetros com ponteira do tipo LNEC são um tipo de piezómetro recomendado para medição do nível de água em formações de muito baixa permeabilidade, cuja zona de resposta se localiza na extremidade inferior do piezómetro (ponteira) (Figura 8). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

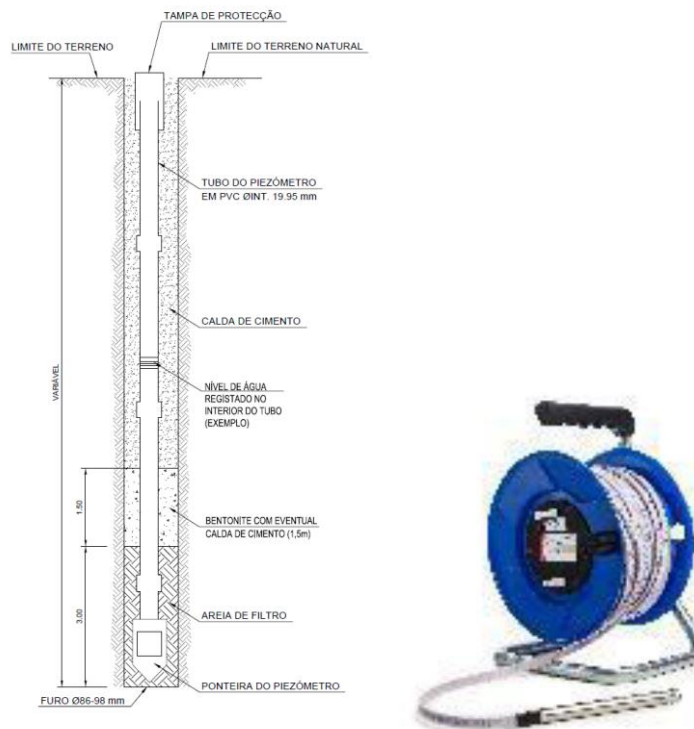


Figura 8 - Piezómetro com ponteira do tipo LNEC

## 5.8 Piezómetro do tipo Casagrande – câmara simples, dupla ou tripla

Os piezómetros do tipo Casagrande permitem a aferição de aquíferos a diferentes profundidades. São constituídos por troços tubos com 75 mm de diâmetro, solidarizados entre si através de uniões exteriores. Na zona onde se pretende efetuar a leitura do nível piezométrico esses tubos apresentam ranhuras com 4,5mm de espessura sendo a sua zona envolvente preenchida com areia (Figura 9 – piezómetro duplo). O número de tubos ou zonas de resposta dita a sua designação, ou seja de câmara simples – 1 tubo, câmara dupla – 2 tubos ou de câmara tripla – 3 tubos.

Na sua extremidade esses tubos são envoltos com geotêxtil (Figura 9). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

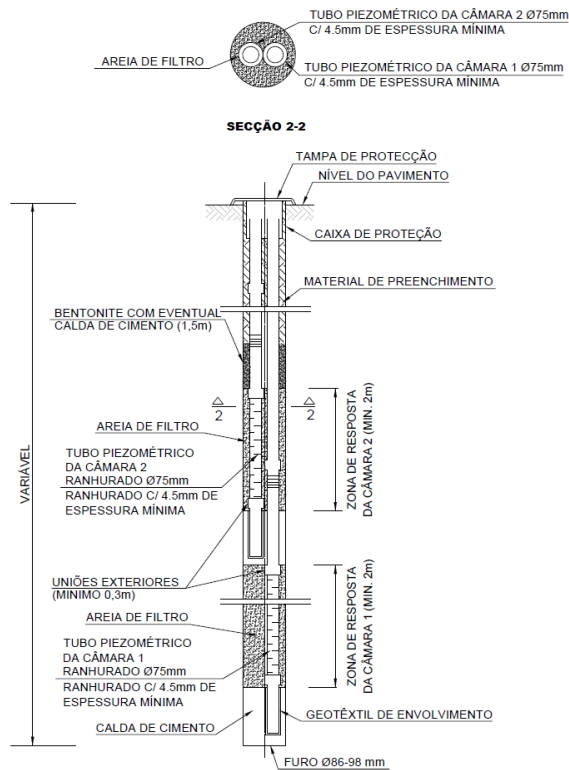


Figura 9 - Piezómetro do tipo Casagrande – Câmara dupla

## 5.9 Prisma topográfico para carril

Os prismas topográficos para carril, consistem num prisma instalado nas travessas das linhas do comboio da IP (Figura 10) ou num prisma para pavimento fixo entre os carris para as linhas da Carris (Figura 11). Este elementos permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X,Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada.

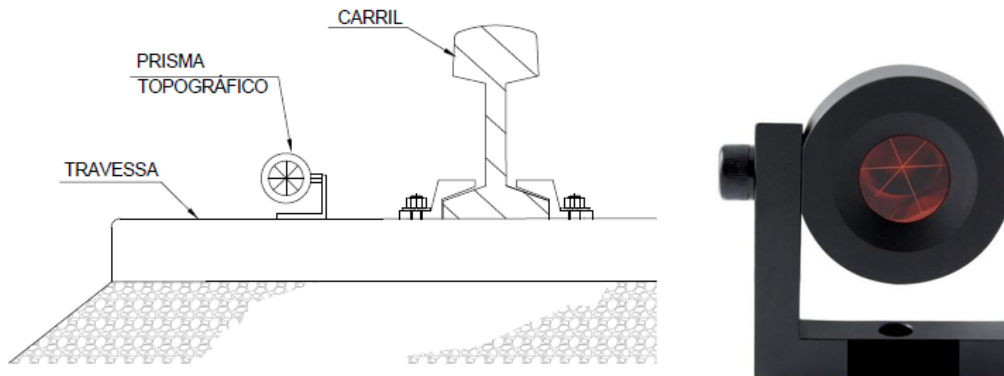


Figura 10 – Prisma topográfico para carril – Linhas IP

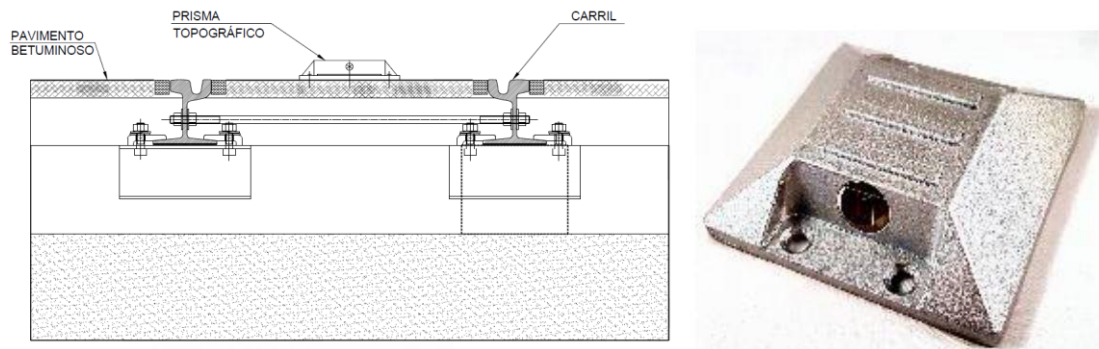


Figura 11 – Prisma topográfico para carril – Linhas Carris

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

### 5.10 Extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge*

Os extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge* permitem a medição indireta de deslocamentos muito pequenos por intermédio de sensores de corda vibrante que medem a extensão dos elementos estruturais aos quais se encontram ligados através de soldadura (Figura 12). Estes dispositivos serão instalados nas escoras metálicas que constituem a solução de travamento da contenção, permitindo medir a extensão acomodada pelas mesmas e consequentemente a força instalada aquando da execução dos trabalhos de escavação.

Deverão ser utilizados *strain-gauges* de corda vibrante, com campo de leitura não inferior a  $3000\mu\epsilon$ , resolução  $< 1,0\mu\epsilon$  e precisão de ordem inferior a  $\pm 0,5\%$  da capacidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

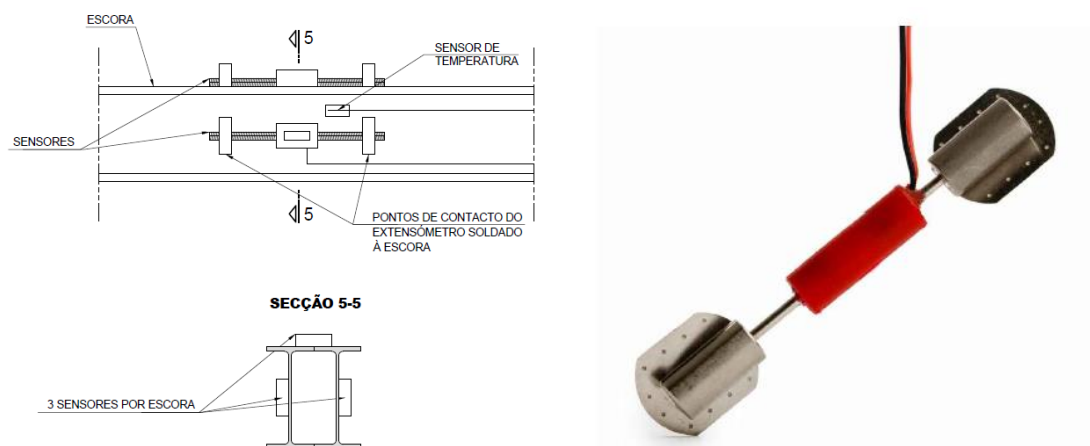


Figura 12 - Extensómetro para escoras do tipo *strain-gauge*

### 5.11 Fissurómetros

Este tipo de dispositivos permitirá acompanhar a evolução da abertura de uma determinada fissura.



Os fissurómetros a utilizar deverão ser planos e deverão permitir a realização de leituras de deslocamentos na horizontal e na vertical. Será ainda necessário que possuam capacidade resistente adequada às intempéries, devendo ser fixos de forma adequada (mecanicamente).

O seu alcance máximo será, no mínimo de 25 mm, na horizontal e 10 mm na vertical, devendo a sua resolução ser, no mínimo, de 0,1 mm (Figura 13). Para garantir esta resolução será necessário recorrer no ato da medição a uma craveira digital que se acopla ao fissurómetro.

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

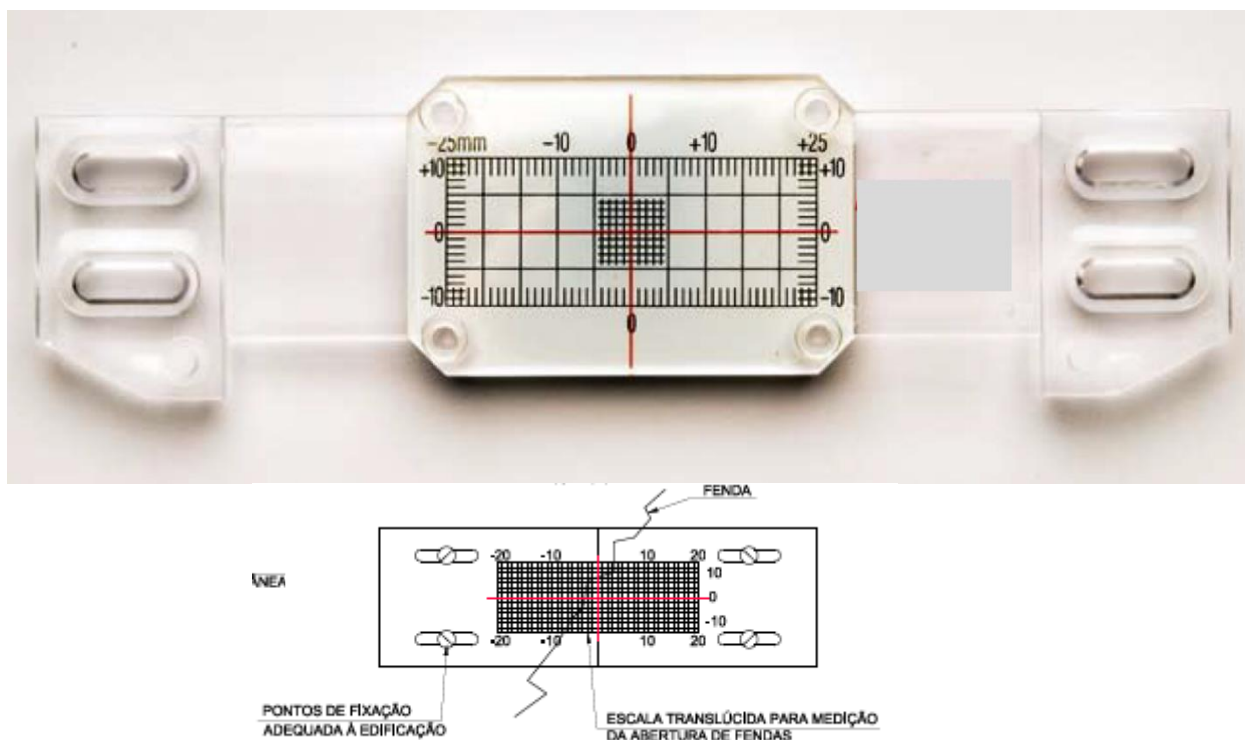


Figura 13 – Fissurómetro

## 5.12 Células de carga

O recurso a células de carga em ancoragens permitirá o acompanhamento da evolução e magnitude da tração instalada nestes elementos em fase de obra.

As células de carga a adotar nas ancoragens provisórias serão do tipo elétrico.

Em condições normais de leitura, o erro associado a estes dispositivos não deverá ultrapassar os  $\pm 0,1\%$  da capacidade máxima de leitura. A sua capacidade máxima de leitura deverá ser superior aos 1500 kN.

A instalação das células de carga será efetuada antes da realização do ensaio de receção detalhado da ancoragem. As células serão posicionadas sobre a chapa de apoio da ancoragem, sendo posteriormente colocada uma chapa metálica rígida adicional e posteriormente a placa de distribuição das cunhas.

A superfície de contacto com a célula deve estar plana e limpa. A colocação da célula deve ser criteriosa, de forma a que a mesma fique centrada com o eixo da aplicação da carga, evitando-se



assim excentricidades, com consequência no rigor das leituras (Figura 14). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

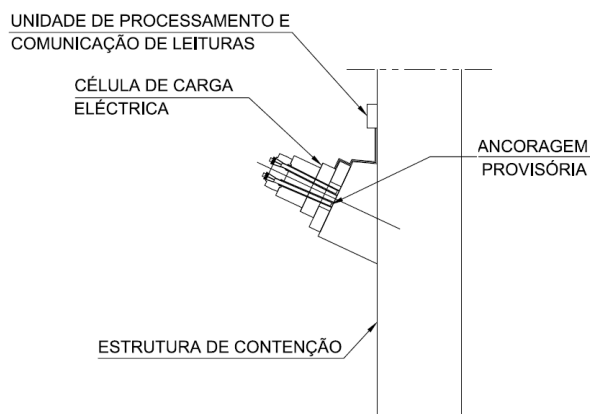


Figura 14 – Célula de carga em ancoragens

### 5.13 Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas

Face aos condicionamentos associados à necessidade de monitorizar as galerias subterrâneas durante a sua execução, a medição das convergências será materializada recorrendo a elemento ótico que permitirá, em condições mais adversas obter com maior precisão leituras de deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A instalação destes dispositivos de forma sistemática e em vários pontos de leitura em seção transversal de cada galeria a executar, permitirá ler não só os deslocamentos do ponto monitorizado, mas também criar secções de medição de convergências, através do controlo de diferentes cordas.

O sistema de fixação destes dispositivos é mecânico e deverá ser realizado ao betão projetado do suporte primário (através de resina epóxi ou de calda de cimento de presa rápida). Na sua extremidade visível a barra é roscada, de forma a permitir acoplar o prisma (Figura 15).

A sua colocação não deverá ultrapassar o primeiro dia após a realização total do suporte primário. Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

De modo a permitir a instalação dos prismas o mais rápido possível, antes que a espessura total do suporte primário esteja aplicada, serão utilizados dispositivos de proteção da fixação que

permitirão proteger o elemento de fixação do prisma durante a aplicação das sucessivas camadas de betão projetado (Figura 15).



Figura 15 – Prisma de convergência

## 5.14 Sismógrafo

Preconiza-se durante a fase de construção o posicionamento de sismógrafos junto às edificações mais vulneráveis. Pretende-se o registo das velocidades e frequências de vibrações eventualmente provocadas pela execução dos trabalhos de construção (Figura 16).

As medições de vibrações serão feitas através de um geofone triaxial com uma capacidade de leitura de 2-250 Hz (janela de calibração mínima 1-160 Hz). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

No caso dos sismógrafos utilizados simultaneamente para a monitorização dos limites de integridade estrutural e de vibrações de incomodidade humana, serão adotados dispositivos com a sensibilidade necessária à monitorização dos respetivos limites (conforme Plano de Monitorização Ambiental).

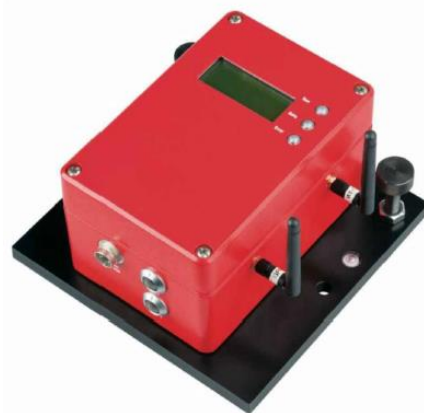
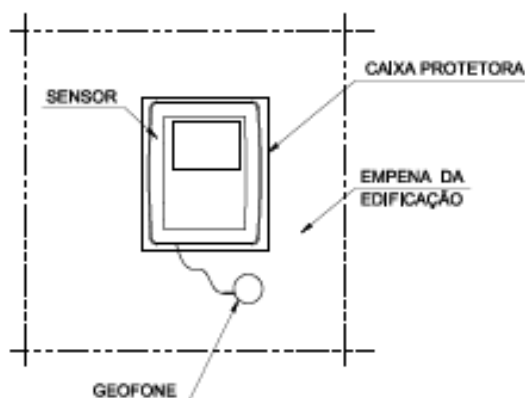


Figura 16 – Sismógrafo



## 5.15 Clinómetro

Os clinómetros permitiram a medição da variação de inclinação das paredes dos edifícios. Quando possível, estes fornecerão leituras remotamente, sendo constituídos por bases de leitura em bronze, concebidas para garantir o posicionamento preciso e repetitivo do equipamento de leitura (Figura 17).

As bases de leitura serão fixas de forma mecânica e permanente à estrutura, sendo instaladas diretamente, normalmente na vertical, ou soldadas numa chapa em T, de dimensões adequadas para permitir a sua instalação na horizontal em elementos verticais.

O equipamento de leitura será constituído por sensor instalado num elemento em aço inoxidável, permitindo a realização de leituras nas bases instaladas em superfície verticais ou horizontais, através de uma unidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-30^{\circ}\text{C}$  e  $+70^{\circ}\text{C}$ ).

O equipamento de leitura possuirá no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura:  $\pm 15^{\circ}$  a partir da vertical
- Resolução:  $0,0013^{\circ}$
- Precisão:  $< 0,06\%$  da capacidade máxima de leitura

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.



Figura 17 – Clinómetro

## 5.16 Prisma topográfico de referência

Para garantir a adequada leitura dos vários dispositivos topográficos instalados será necessário posicionar elementos adicionais que constituirão a sua referência. Constituem dispositivos de precisão de leitura ótica, sendo utilizados para a realização de leituras nos eixos X, Y e Z (Figura 18). À semelhança dos anteriores também estes dispositivos têm uma importância crítica na criação de uma rede de instrumentação, pois permitem ter um conjunto de coordenadas de referência invariáveis e não-suscetíveis a deslocamentos. Nesse sentido, a escolha da sua localização deve ser realizada de forma criteriosa.

Procurou-se distribuir este tipo de dispositivos de forma a garantir que possuem alcance até cerca de 200 metros, sendo necessário garantir visibilidade direta entre este elemento e aquele que se pretende ler. Cada dispositivo a ler (prisma topográfico) deverá estar referenciado, no

mínimo, a 3 unidades de referência, de forma a permitir a existência de redundância e consequentemente, o controlo cruzado entre os vários dispositivos.

O prisma ótico encontra-se acoplado a uma haste metálica robusta que será adequadamente fixa à parede do elemento que será considerado como fixo.

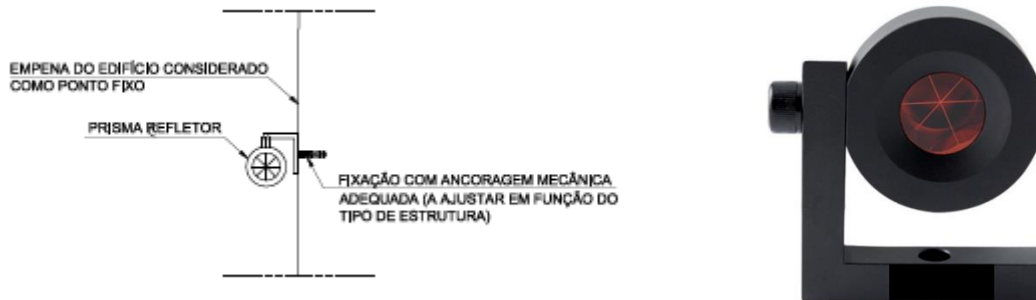


Figura 18 – Prisma topográfico de referência

### 5.17 Estação total robotizada

De forma a minimizar os erros de leitura associados serão adotadas estações totais robotizadas com precisão angular de 0,5" e precisão em distância de 0,6mm. Estas estações permitirão a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nos vários elementos que se pretende instrumentar.

A estação total será assente numa estrutura de suporte fixa a um poste ou na fachada de um edifício. O equipamento encontrar-se-á protegido por elementos antivandalismo e possuirá fonte de alimentação autónoma (Figura 19).

O sistema de referência será o Datum 73 e o referencial altimétrico o Datum Cascais (1938). Todos os trabalhos serão apoiados na rede geodésica do País. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.



Figura 19 – Estação total robotizada

---

## 6 FREQUÊNCIA DAS LEITURAS

A frequência de leituras foi definida tendo em consideração a frente de obra, o faseamento construtivo adotado, os cenários de risco associados a cada solução geotécnica e o tipo de dispositivos de instrumentação escolhidos.

A realização de leituras de referência permitirá aferir o comportamento base das interferências e do terreno antes do início dos trabalhos. Simultaneamente, permitirá também confirmar que os dispositivos se encontram em pleno funcionamento.

A frequência das leituras a adaptar na fase de construção e exploração são as que constam na Tabela 1, para escavações a céu aberto, e na Tabela 2 para escavações em meio subterrâneo.

Tabela 1 Frequência de leituras – Escavações a céu aberto

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações a céu aberto)				
Tipo de dispositivo	Fase de obra			
	Leituras de referência	Durante a realização de trabalhos de escavação	Durante a paragem de trabalhos de escavação	Após a conclusão dos trabalhos na zona
Prisma topográfico (edifícios e contenções)	Mínimo de 2 leituras num período de 2 semanas antes do início dos trabalhos de escavação; No caso das linhas desviadas provisoriamente (Carris e IP) mínimo de duas leituras antes do início da circulação.	6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Inclinómetro		Semanalmente	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Sensor de nível líquido		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetro elétrico		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Piezómetros Tipo Casagrande		Semanalmente	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico para carril		6 leituras diárias	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Extensómetro de corda vibrante para perfis de aço (escoras metálicas)		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – estrutura reaterrada
Fissurómetro		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até inferior a 2 mm/mês
Célula de carga elétrica		Bissemanal	Semanalmente	Não aplicável – ancoragens desativadas
Prisma de convergência		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês
Sismógrafo		1 leitura por hora	1 leitura por hora	Não aplicável
Clinómetro ( <i>tiltmeter</i> )		Bissemanal	Semanalmente	Mensalmente até as leituras dos dispositivos topográficos mais próximos indicarem menos de 2 mm/mês

**Tabela 2 Frequência de leitura – Escavações subterrâneas**

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações subterrâneas)				
Tipo de instrumento	Fase de obra			
	Distância relativa à frente de escavação			
	< 20 m	20 - 60 m	60 - 100 m	> 100 m
Prisma topográfico (edifícios)	6 leituras diárias	Cada 2 dias	Semanalmente	Quinzenalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)	6 leituras diárias			
Clinómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Piezómetro elétrico	6 leituras diárias	Cada 2 dias		
Piezómetros	Semanalmente	Semanalmente		
Fissurómetro	Bissemanal	Bissemanal		
Sismógrafo	1 leitura por hora	1 leitura por hora	1 leitura por hora	
Prisma de convergência	Diariamente	Cada 2 dias	Cada 2 dias	
Extensómetro	Diariamente			
Inclinómetro	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	
Inspeção visual – suporte primário	Diariamente			



---

## 7 CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA

### 7.1 Critérios de alerta e alarme

O estabelecimento dos limites de alerta e alarme para as grandezas medidas pelos dispositivos de instrumentação e observação, tem por objetivo antecipar a ocorrência dos cenários de risco e assim reduzir o risco de existência de danos nas estruturas a executar e nas interferências existentes.

Os valores a adotar nos limites de alerta e alarme para os vários dispositivos de instrumentação têm como ponto de partida a previsão dos resultados esperados, obtidos a partir dos modelos de cálculo. Estes valores constituíram os limites de referência.

Entende-se como limite de alerta um primeiro estágio, onde os valores medidos nos sistemas de instrumentação são um pouco superiores aos de referência. Considera-se um estado de alarme quando a evolução dos valores medidos apresenta uma velocidade/variação no tempo acentuada, sendo em muito superior aos valores de referência.

Caso sejam atingidos os valores estabelecidos para os níveis de alerta, será obrigatório fazer uma análise da evolução das leituras, para se poder encarar atempadamente a aplicação de medidas de contingência.

Uma vez estimados, os efeitos nas interferências foram analisados seguindo a metodologia da avaliação de danos. Em conformidade com os resultados desta análise, foram estabelecidos limites de alerta e alarme que permitam de forma controlada e atempada evitar que a deformação induzida pelos assentamentos nas interferências exceda a Categoria 2 de danos do método de Burland.

Em fase de Projeto de Execução estes valores poderão ter que ser ajustados, função do desenvolvimento do projeto no que respeita aos resultados obtidos no plano de prospeção complementar atualmente em curso e nos resultados dos modelos de cálculo. A abordagem será definir um valor de referência baseado nos resultados dos modelos de cálculo e caracterizar os cenários de alerta e alarme como uma percentagem desse valor.

Os diagramas que descrevem as ações a adotar encontram-se no Anexo 11.1.

## 8 SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO

Será implementado um sistema de recolha de dados automático que realiza leituras através de equipamentos automatizados/robotizados e os envia para a base de dados de consulta e gestão de dados de monitorização.

Para a recolha de dados topográficos, o sistema é baseado numa rede de estações totais robotizadas que periodicamente realizam a leitura de deslocamentos através de prismas instalados nas estruturas tais como edificações e contenções, e os envia através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Sempre for possível os dados dos dispositivos serão recolhidos automaticamente e enviados através de uma unidade de comunicação sem fios para uma base de dados.

Para os restantes dispositivos, os dados serão recolhidos por equipas que se deslocarão ao local onde os mesmos se encontram instalados, sendo os mesmos posteriormente carregados na base de dados.

O acesso à base de dados pode ser realizado através de uma página de internet que permite a consulta da informação associada a cada dispositivo, com base em esquemas onde é indicada a localização aproximada de cada dispositivo (Figura 20).



Figura 20 – Interface de acesso aos dados de monitorização

A base de dados de consulta e gestão consiste numa aplicação informática que recorre a servidores remotos, que permitirão o acesso controlado em qualquer momento aos dados recolhidos. A gestão de dados permite que os mesmos sejam processados de modo a poderem ser calculados mapas de isolinhas de assentamento, taxas de deformação, rotações e distorções (Figura 21).

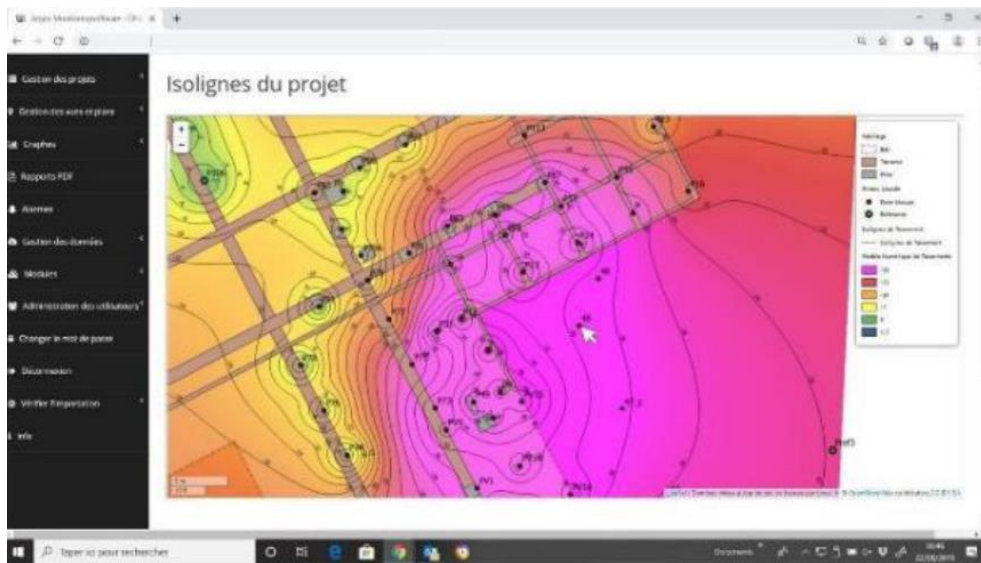


Figura 21 – Processamento de dados de monitorização

Adicionalmente, o sistema permite a incorporação de alertas automáticos baseados em valores pré-estabelecidos e o envio automático de notificações aos utilizadores (Figura 22).

Nome (Alert)	Time	Alarm level	Abnormality	Status	Remark
ArgosAlert_1	2005-12-21 05:57:05	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 06:28:19	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 06:39:12	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 06:45:03	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 06:56:04	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 06:59:04	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 07:09:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 07:29:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 07:39:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 07:49:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 07:59:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 08:09:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 08:19:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 08:29:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 08:39:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 08:49:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 08:59:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 09:09:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 09:19:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 09:29:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 09:39:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 09:49:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 09:59:16	11	11	Alertado	
ArgosAlert_1	2005-12-21 10:09:16	11	11	Alertado	

Figura 22 – Módulo de definição de limites de alerta e alarme

---

## 9 RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO

Serão apresentados relatórios periódicos (diários) enviados por email com um resumo da informação de monitorização relevante para a análise da evolução do comportamento das estruturas. Neste relatório será apresentado o estado de cada dispositivo instalado relativamente ao limite de alerta e alarme definido.

Dado o número de dispositivos incluídos no plano de observação tentará evitar-se relatórios demasiado extensos. Os dados completos de todos os dispositivos estarão disponíveis em formato digital na base de dados para consulta e gestão de dados de monitorização (ver ponto 8).

## 10 PLANO DE CONTINGÊNCIA

O plano de contingência tem por objetivo definir os procedimentos a seguir para a gestão de um potencial cenário de risco, com vista à eliminação ou mitigação das suas consequências.

Estes procedimentos definem as ações e as entidades responsáveis pela sua execução e incluem, genericamente, as seguintes ações:

- Recolha e análise de informação obtida a partir dos dispositivos de instrumentação;
- Identificação do cenário de risco;
- Implementação de medidas de mitigação.

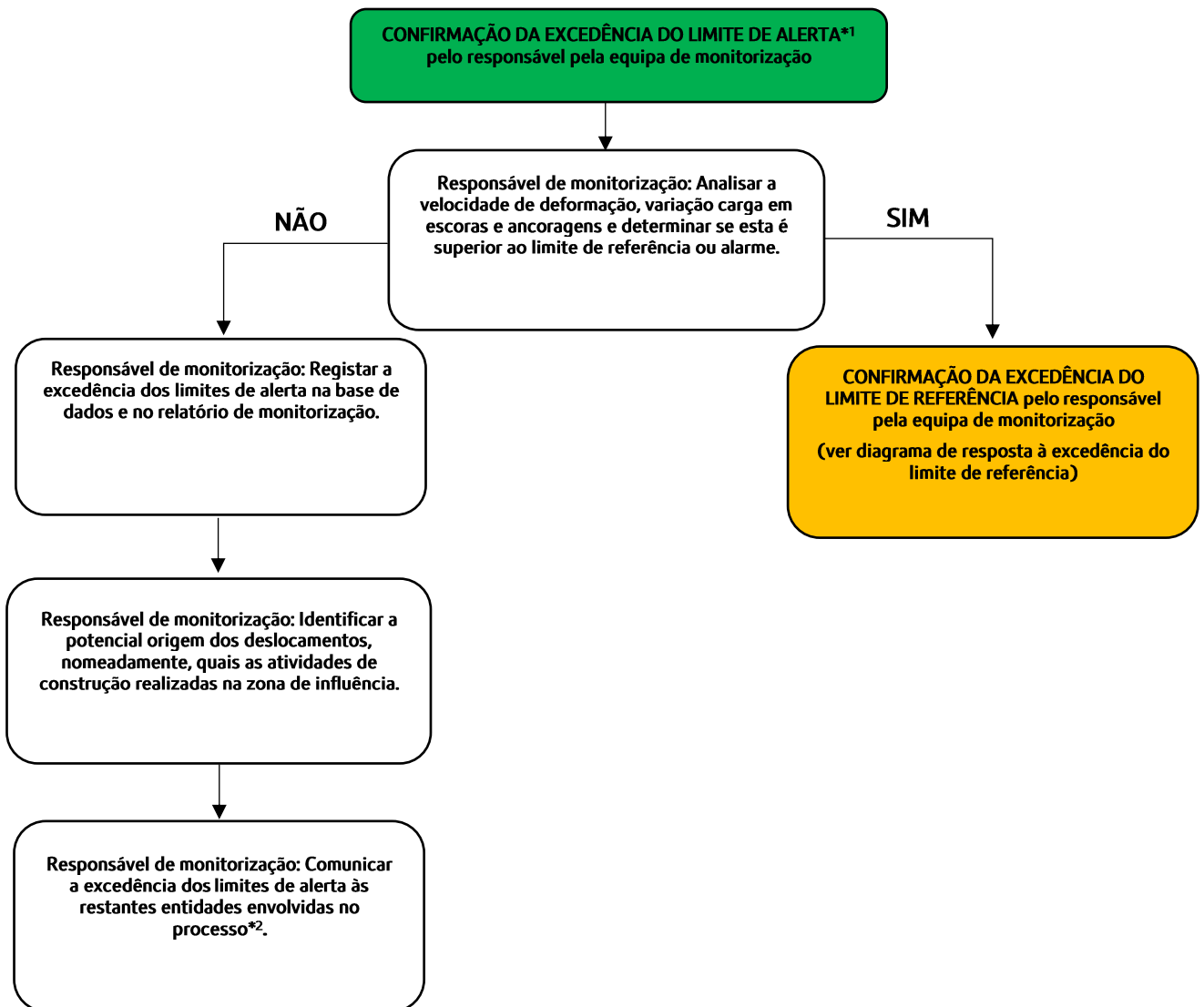
Os procedimentos definidos no contexto do presente Plano de Instrumentação e Observação iniciam-se com a excedência dos limites de alerta, referência e alarme. Não obstante, poderão desenvolver-se cenários de risco não-previstos em que não existindo um dispositivo de instrumentação para o qual os limites a este atribuídos foram excedidos, deva ser relevante declarar a excedência de um determinado limite, em resultado de um conjunto de observações indiciadoras de um potencial cenário de risco (i.e. observação visual de deformações excessivas em elementos não-instrumentados).

Os diagramas que descrevem os procedimentos adotar encontram-se no Anexo 11.2.

## 11 ANEXOS

### 11.1 Anexo A – Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência

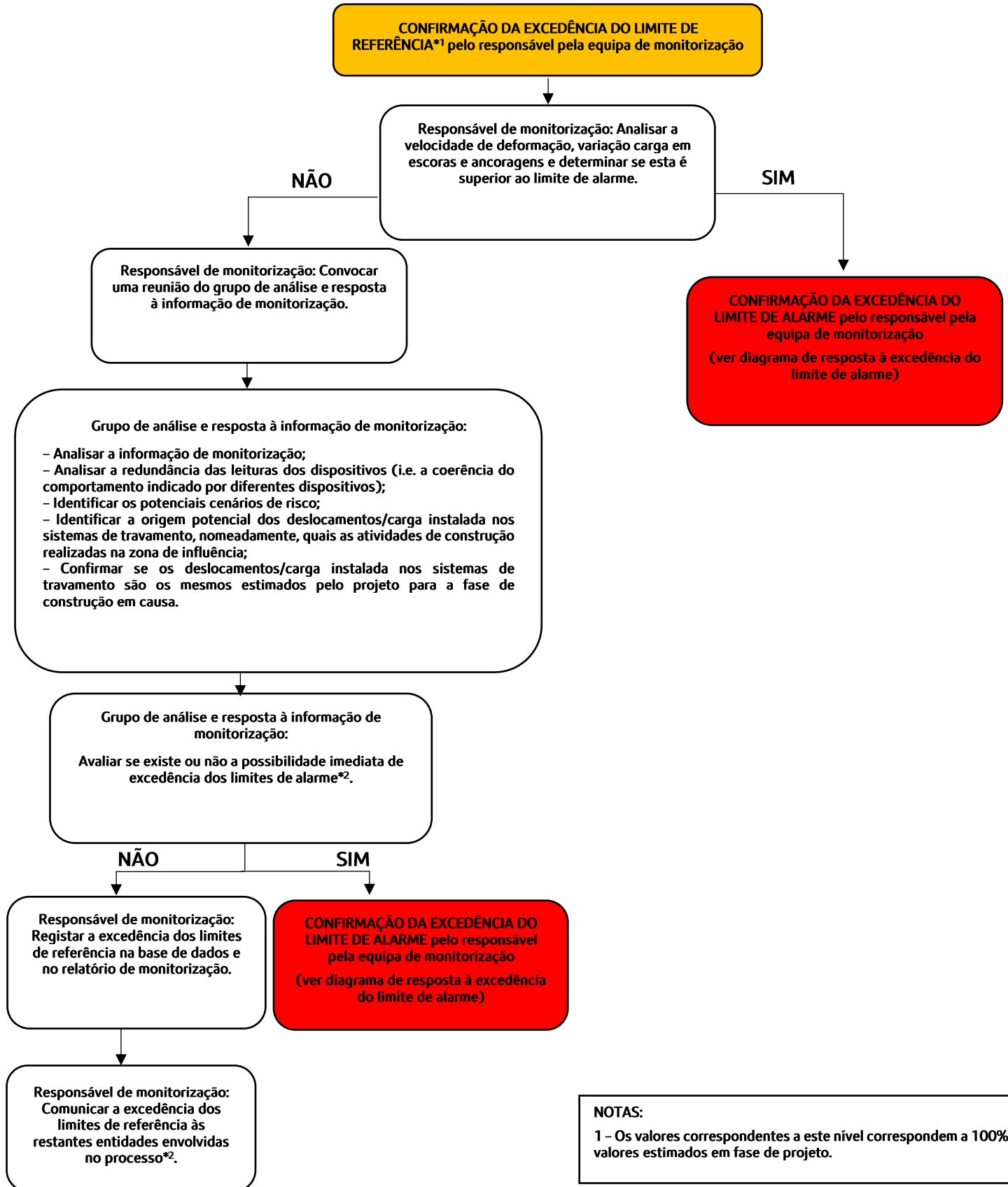
#### DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALERTA



**NOTAS:**

1 – Os valores correspondentes a este nível correspondem a 80% dos valores estimados em fase de projeto.

DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE REFERÊNCIA



**NOTAS:**  
1 – Os valores correspondentes a este nível correspondem a 100% dos valores estimados em fase de projeto.

DIAGRAMA DE AÇÃO PARA EXCEDÊNCIA DOS LIMITES DE ALARME

**CONFIRMAÇÃO DA EXCEDÊNCIA DO LIMITE DE ALARME\*1**  
pelo responsável pela equipa de monitorização

Responsável de monitorização: Convocar  
uma reunião do grupo de análise e resposta  
à informação de monitorização.

**No máximo em 24 horas**

Grupo de análise e resposta à informação de monitorização:

- Analisar a informação de monitorização;
- Analisar a redundância das leituras dos dispositivos (i.e. a coerência do comportamento indicado por diferentes dispositivos);
- Identificar os potenciais cenários de risco;
- Identificar a origem potencial dos deslocamentos/carga instalada nos sistemas de travamento, nomeadamente, quais as atividades de construção realizadas na zona de influência;
- Confirmar se os deslocamentos/carga instalada nos sistemas de travamento são os mesmos estimados pelo projeto para a fase de construção em causa.

**No máximo em 24 horas**

Grupo de análise e resposta à informação de  
monitorização:

Avaliar se existe ou não a possibilidade imediata de  
desenvolvimento de um cenário de risco\*2.

**No máximo em 24 horas**

NÃO

SIM

Grupo de análise e resposta à informação de monitorização:

**IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE REFORÇO DO  
ACOMPANHAMENTO DA SITUAÇÃO**

- Avaliar a necessidade de instalação de dispositivos de monitorização adicionais;
- Avaliar a necessidade do aumento da frequência de leitura dos dispositivos;
- Realização de inspeções visuais à estrutura;
- Avaliação do impacto dos deslocamentos identificados das estruturas afetadas;
- Definição de novos limites de ALARME em função do cenário de risco identificado e validadas pela equipa projetista;

**No máximo em 24 horas**

Responsável de monitorização:  
Registrar a excedência dos limites  
de alarme na base de dados e no  
relatório de monitorização.

**No máximo em 24 horas**

(Ver continuação)

Grupo de análise e resposta à informação de monitorização:  
**IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE REFORÇO DO  
ACOMPANHAMENTO DA SITUAÇÃO**

- Avaliar a necessidade de instalação de dispositivos de monitorização adicionais;
- Avaliar a necessidade do aumento da frequência de leitura dos dispositivos;
- Realização de inspeções visuais à estrutura;
- Avaliação do impacto dos deslocamentos identificados das estruturas afetadas;
- Definição de novos limites de ALARME em função do cenário de risco identificado e validadas pela equipa projetista.

**IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE MITIGAÇÃO DO RISCO**

Consultar os seguintes quadros:

- Quadro A – Túnel NATM

(Continuação)



**Responsável de monitorização:  
Comunicar a excedência dos  
limites de alarme às restantes  
entidades envolvidas no  
processo\*3.**

**No máximo em 24 horas**

#### NOTAS

- 1 - Os valores correspondentes a este nível correspondem a 130% dos valores estimados em fase de projeto.
- 2 - As medidas de mitigação correspondentes à interrupção da obra, isolamento de áreas, evacuação da superfície, interrupção de serviços de drenagem/abastecimento/telecomunicações e interrupção da circulação rodoviária/ferroviária, deverão ser implementadas quando se considere não existir tempo suficiente para a implementação de medidas de mitigação de risco ou risco demasiado elevado.



## 11.2 Anexo B – Medidas de atuação/ plano de contingência

### Quadro A – Túnel NATM

As medidas abaixo indicadas deverão ser avaliadas em função do cenário de risco identificado e validadas pela equipa projetista:

- Redução da distância de avanço de escavação;
- Aumento da densidade de pregagens de fibra de vidro na frente de escavação;
- Realização de chapéu de enfilagens nos avanços intermédios;
- Realização de furos de drenagem adicionais na frente e/ou nos hasteais;
- Aplicação de betão projetado na frente de escavação;
- Aumento da parcialização da escavação da frente;
- Inclusão de rede electrossoldada entre cambotas;
- Realização de injeções de selagem;
- Aterro da frente de escavação.

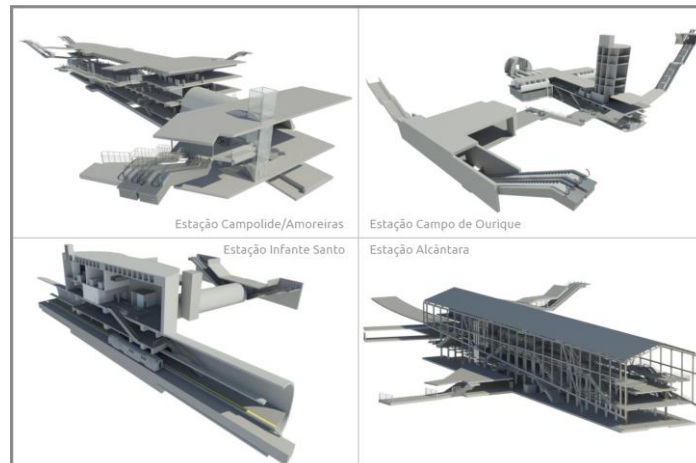




Metropolitano de Lisboa



**METRO DE LISBOA**  
**LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA**  
**EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO**  
**PROLONGAMENTO DA LINHA**  
**TOMO I – GERAL**  
**PROJETO DE EXECUÇÃO**



**VOLUME 40 – PLANO DE OBSERVAÇÃO**  
**OBRA ESPECIAL 6 – TÚNEL ZONA DO ALVITO**  
**PLANO DE OBSERVAÇÃO**  
**MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA**

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE INS TUN OE6 ME 088001 0
-----------------------	--------------------------------------

	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	José Bernardo Lobo		2024-10-03
Revisto	Afonso Marques		2024-10-03
Verificado	Sergio Notarianni		2024-10-03
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		
Aprovado	Raúl Pistone		



Metropolitano de Lisboa



---

1	OBJETIVO E ÂMBITO .....	6
2	CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO .....	8
3	GRANDEZAS A MEDIR.....	10
3.1	Escavações subterrâneas .....	10
3.2	Escavações a céu aberto .....	11
3.3	Edificações .....	11
4	LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO .....	12
5	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA.....	12
5.1	Prisma topográfico para edifícios e contenções .....	12
5.2	Prisma topográfico para pavimento .....	13
5.3	Extensómetro multiponto.....	13
5.4	Inclinómetros .....	15
5.5	Sensor de nível líquido .....	17
5.6	Piezómetro elétrico.....	17
5.7	Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC.....	18
5.8	Piezómetro do tipo Casagrande - câmara simples, dupla ou tripla.....	19
5.9	Prisma topográfico para carril .....	20
5.10	Extensómetros para escoras do tipo <i>strain-gauge</i> .....	21
5.11	Fissurómetros .....	22
5.12	Células de carga .....	22
5.13	Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas .....	23
5.14	Sismógrafo .....	24
5.15	Clinómetro .....	25
5.16	Prisma topográfico de referência .....	26
5.17	Estação total robotizada .....	27
6	FREQUÊNCIA DAS LEITURAS.....	27
7	CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME, INCLUINDO PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	30
7.1	Critérios de alerta e alarme .....	30
8	SISTEMA DE RECOLHA AUTOMATIZADA DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS PARA CONSULTA E GESTÃO DE DADOS DE MONITORIZAÇÃO .....	31
9	RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO .....	33
10	PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	33

---

11 ANEXOS .....	34
11.1 Anexo A - Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência.....	34
11.2 Anexo B - Medidas de atuação/ plano de contingência .....	38



## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Projeto de Execução**, da **Memória Descritiva e Justificativa do Plano de Observação**, desenvolvida no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do Tomo III do **Volume 1 – OE6**.

Neste documento incluem-se as obras subterrâneas, as escavações a céu aberto e as edificações ao longo do limite da área de influência da obra (25 m do limite da infraestrutura).

A elaboração do Plano de Observação de uma obra é condicionado pelas características específicas de cada estrutura, nas quais se incluem as condições da fundação, a ocupação à superfície, as características dos materiais utilizados, os métodos construtivos e, ainda, os critérios adotados no seu dimensionamento. Além destes parâmetros diretamente relacionados com as estruturas devem ser igualmente consideradas as ações exteriores, os valores humanos e os danos materiais envolvidos na ocorrência de uma eventual rotura.

O Plano de Observação envolve a definição de um sistema de observação e dos critérios para a sua exploração e visa a interpretação do comportamento e a avaliação das condições de segurança das várias frentes de obra existentes durante toda a fase de construção. Deste modo, será possível interpretar o comportamento da obra nas suas diferentes fases de construção, com base nos resultados de observação, permitindo aferir os pressupostos admitidos no projeto, ao nível dos condicionamentos geológico, geotécnicos e hidrogeológicos do local, dos métodos de cálculo, dos critérios de projeto e consequente verificação da funcionalidade da obra.

O Plano de Observação deve ser considerado como uma peça "dinâmica" e que, por isso, deverá ser atualizado, podendo sofrer algumas adaptações decorrentes da evolução dos processos construtivos, da estratégia construtiva a implementar, e de eventuais particularidades e/ou informações entretanto obtidas.

O Plano de Observação é definido para as estruturas a executar e para a sua envolvente. A parte correspondente às estruturas a construir será definida, onde aplicável, em cada Tomo, para cada volume específico. Os dispositivos de instrumentação a aplicar nas interferências e infraestruturas existentes na vizinhança da obra encontram-se definidos nos volumes do Tomo II correspondentes aos troços de túnel, abrangendo, quando aplicável, a zona da estação mais próxima.





## 2 CRITÉRIOS GERAIS ASSOCIADOS AO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO

O recurso a instrumentação e observação permitirá realizar o controlo proactivo e sistemático dos trabalhos através da observação dos parâmetros que influenciam o desenvolvimento da obra, com o fim de verificar as hipóteses de projeto e, onde necessário, adaptá-lo antecipadamente de forma a garantir, sem subestimar a segurança, o cumprimento dos tempos de execução, a gestão das aleatoriedades e dos imprevistos no contexto geológico, geotécnico e hidrogeológico em que a obra se insere.

Esta abordagem dinâmica possibilita o controlo e a adaptação atempada das soluções e consequente minimização do risco geotécnico da obra (Figura 1).

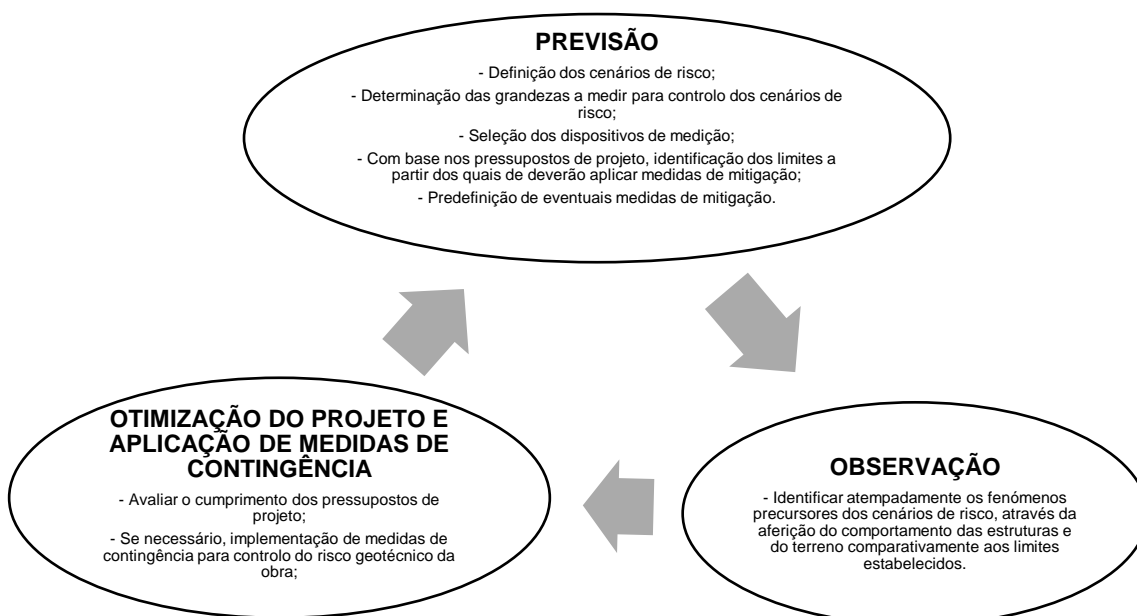


Figura 1 – Abordagem geral do Plano de Observação

O sistema de observação proposto é constituído por instrumentos de provada confiabilidade e de uso corrente em obras similares. Todos os dispositivos de instrumentação e observação serão adequadamente protegidos de forma a evitar que sejam danificados durante a execução da obra.

A realização de leituras de instrumentação e observação de caráter topográfico pressupõe o recurso a elementos de referência adequados, posicionados numa zona da obra que não sofra perturbações e a uma distância tal que o erro de leitura associado seja mínimo.

A adequada instalação dos dispositivos de instrumentação tem uma importância estratégica para o correto desempenho do sistema de observação, em particular, para aqueles instrumentos que uma vez instalados não ficam acessíveis.

As técnicas e procedimentos de instalação dos vários dispositivos serão sempre executadas de acordo com as indicações dos fabricantes e fornecedores.

Toda a instrumentação irá ser instalada com a devida antecedência em relação ao início dos trabalhos para se conseguirem adequadas leituras de referência. Durante a fase de obra, serão realizadas leituras com a frequência necessária para garantir um atempado reconhecimento dos fenómenos precursores dos cenários de risco e eficaz aplicação de medidas de contingência. Após a conclusão dos trabalhos, realizar-se-ão leituras que permitam confirmar o comportamento previsto das estruturas e do terreno.

A redundância da instrumentação constituirá um aspeto importante para aumentar a confiança no sistema e permitir um controlo adequado e fidedigno.

No enquadramento anterior, o sistema de observação foi definido para as diferentes obras associadas ao projeto cujo acompanhamento do comportamento se julga necessário. Neste documento abordar-se-á a instrumentação associada a escavações a céu aberto, contenções periféricas, nomeadamente o Túnel do Alvito (OE6).

Os sistemas de observação preconizados atendem às diferentes fases da obra.

Resumidamente os dispositivos de medição preconizados para cada frente de obra são os apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1 – Dispositivos de medição preconizados para a obra**

FRENTE DE OBRA	PRISMA TOPOGRÁFICO (EDIFÍCIOS E CONTENÇÕES)	PRISMA TOPOGRÁFICO (PAVIMENTOS)	EXTENSÓMETRO MULTIPONTO	INCLINÓMETRO	SENSOR DE NÍVEL LÍQUIDO	PIEZÓMETRO ELÉTRICO	PEIZÓMETRO TIPO CASAGRANDE	PRISMA TOPOGRÁFICO PARA CARRIL	EXTENSÓMETRO DE CORDA VIBRANTE PARA ESCORAS DE AÇO	FISSURÓMETRO (EDIFÍCIOS)	CÉLULA DE CARGA ELÉTRICA PARA ANCORAGENS COM STRAIN GAUGES	PRISMA DE CONVERGÊNCIA	SISMÓGRAFO (EDIFÍCIOS)	CLINÓMETRO (TILTMETER)	PRISMA TOPOGRÁFICO DE REFERÊNCIA	ESTAÇÃO TOTAL ROBOTIZADA (EDIFÍCIOS)
Túnel do Alvito (OE6)	X			X					X		X					

Nos pontos subsequentes descrevem-se os sistemas de observação para as diferentes estruturas e nas peças desenhadas apresenta-se a sua implantação de princípio, que poderá ser adaptada em função da evolução do projeto, quer no que se refere ao número, quer no que se refere à disposição dos aparelhos de medição.

### 3 GRANDEZAS A MEDIR

De um modo geral as grandezas a medir serão:

- Medições de deslocamentos verticais e horizontais e convergências no interior de galerias subterrâneas recorrendo a prismas topográficos.
- Medição da inclinação dos edifícios recorrendo a clinómetros.
- Medição da abertura de fendas em edifícios, utilizando fissurómetros.
- Medições de deslocamentos verticais internos do maciço e à superfície, com extensómetros multiponto.
- Medição de deslocamentos horizontais em profundidade através de inclinómetros.
- Medições de deslocamentos verticais e horizontais nos pavimentos e carris utilizando prismas de pavimento e de carris.
- Medições dos níveis piezométricos recorrendo a piezómetros do tipo Casagrande (com uma ou várias câmaras) e elétricos.
- Variações de tração instalada nas ancoragens através de células de carga elétricas.
- Medição de vibrações induzidas recorrendo a sismógrafos.
- Medições de deslocamentos axiais de elementos estruturais recorrendo a extensómetros (tipo *strain gauges*).
- Medição de deslocamentos de precisão na estrutura interior de edifícios, utilizando sensores de nível líquido.

#### 3.1 Escavações subterrâneas

A avaliação da evolução do comportamento das obras subterrâneas será realizada através do registo dos deslocamentos do terreno e observação de eventuais fissurações no revestimento primário. Para tal serão criadas secções de medição de convergências e deslocamentos, onde serão instalados, em geral, 3 prismas para secções cuja maior dimensão seja menor ou igual a 10 m e 5 prismas para secções com a maior dimensão superior a 10 m. Para a secções com 3 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 1 em cada hasteal, que permitirão para além dos deslocamentos nesses pontos, o controlo de 3 cordas diferentes. Para a secções com 5 prismas, serão instalados 1 na abóbada e 2 em cada hasteal, acima e abaixo do eixo da galeria, que permitirão o controlo de 6 cordas diferentes.

No terreno e à superfície serão executados extensómetros multiponto, inclinómetros e prismas topográficos no pavimento, em carris e em edifícios.

Em geral, no que diz respeito às grandezas a observar, para além dos deslocamentos será também avaliada a variação/presença de água através da instalação de piezómetros.

As ações relacionadas com a presença e escoamento de água nas escavações subterrâneas serão controladas pela observação sistemática dos caudais afluentes. Quando necessário, assumem particular destaque aos drenos longitudinais realizados em avanço da escavação, que permitirão antever as condições hidrogeológicas do terreno a escavar.

### 3.2 Escavações a céu aberto

O plano de observação proposto contempla a medição dos deslocamentos, em particular, durante a execução dos trabalhos, à superfície e em profundidade, nomeadamente assentamentos e deslocamentos horizontais. Para este efeito será necessário recorrer à colocação de prismas topográficos e inclinómetros. A força nos escoramentos metálicos será controlada através de extensómetros (*strain-gauge*), posicionados em redundância em cada seção.

A evolução da tração instalada nas ancoragens será medida recorrendo a células de carga.

A medição da evolução do nível de água será obtida recorrendo a piezómetros.

### 3.3 Edificações

Para o controlo das edificações próximas às obras será implementado um sistema de monitorização composto por:

- Prismas topográficos para o controlo dos deslocamentos dos edifícios.
- Sismógrafos para o controlo das vibrações induzidas pela execução das obras.
- Clinómetros para o controlo das inclinações.
- Fissurómetros para o controlo de eventuais fissuras presentes nas edificações.

A adoção de medidas de observação permitirá em fase de obra monitorizar os movimentos ocorridos em interferências e, se necessário, tomar medidas de minimização dos movimentos das estruturas e consequentemente reduzir os riscos humanos e materiais associados a estes movimentos. Assim sendo, foram estabelecidos dois níveis de observação (I e II), que se diferenciam, respetivamente, pela complexidade crescente da instrumentação instalada e pela frequência de leitura a realizar.

- Observação Nível I – Monitorização recorrendo essencialmente a prismas topográficos;
- Observação Nível II – Monitorização recorrendo prismas topográficos a clinómetros, fissurómetros e sismógrafos.

Note-se que os sismógrafos devem ser instalados o mais próximo possível às fundações das edificações e que os fissurómetros devem ser instalados apenas em caso de presença de fissuras.

## 4 LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

A necessidade observação da zona de intervenção, em particular do comportamento do terreno, dos elementos estruturais das contenções, suporte primário dos túneis e das interferências, obriga à implementação de um sistema de monitorização integrado que interfira o menos possível com as atividades de construção. Em simultâneo, dado que a obra se insere em meio urbano, é fundamental coordenar o posicionamento dos dispositivos com os condicionamentos existentes.

A localização proposta para os aparelhos citados encontra-se representada nas peças desenhadas. O posicionamento definitivo da instrumentação prevista poderá eventualmente ter que ser ajustado, dependendo das condições existentes no local.

Sempre que possível, irão utilizar os piezómetros executados nas campanhas de prospeção geotécnica e hidrogeológica complementares.

O critério para a instalação de equipamentos de observação em interferências, nomeadamente a observação Nível I, resulta da Avaliação de Danos descrita em documento autónomo.

## 5 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CARATERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE LEITURA

Nos subcapítulos subsequentes encontram-se descritas sumariamente, as caraterísticas dos vários dispositivos de instrumentação e observação. Essas caraterísticas constituem um complemento às especificações técnicas do Metro (ET- 208 – PP INS ET 208).

### 5.1 Prisma topográfico para edifícios e contenções

Os prismas topográficos para edifícios e contenções consistem num elemento fixo na sua fachada ou nos elementos estruturais das contenções e permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada (Figura 2).

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada, com base em pontos estáveis, materializados através do mesmo tipo de dispositivos, localizados fora da zona de influência das obras a executar. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

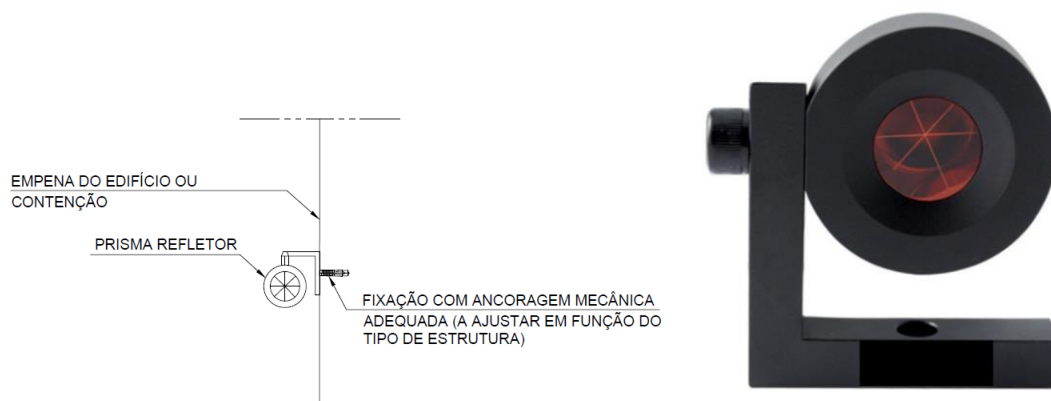


Figura 2 – Prisma topográfico para edifícios e contenções

## 5.2 Prisma topográfico para pavimento

Os prismas topográficos para pavimento consistem num elemento adequadamente fixo ao pavimento com elevada resistência ao tráfego pedonal e rodoviário, materializado por meio de uma placa metálica que permite a realização leituras dos deslocamentos verticais.

As leituras serão efetuadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

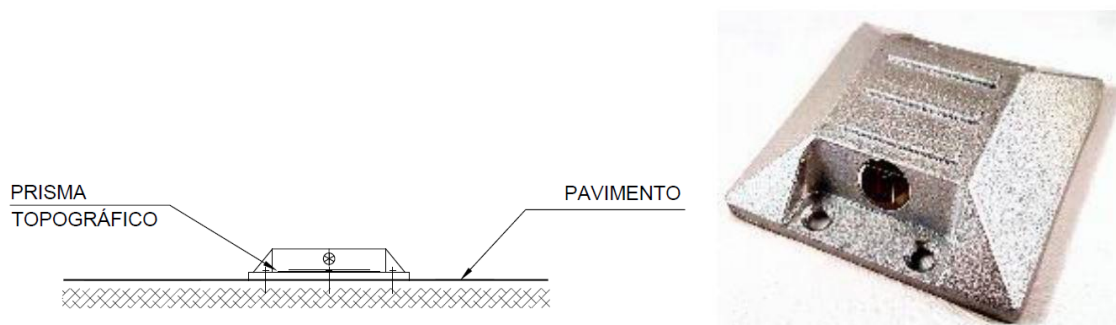


Figura 3 - Prisma topográfico para pavimento

## 5.3 Extensómetro multiponto

Os extensómetros permitem o controlo dos deslocamentos verticais em profundidade e encontram-se definidos nas seções de monitorização onde também estão previstas medições de deslocamentos e convergências no interior das galerias subterrâneas (Figura 4).

Os extensómetros terão 1 ou 2 ancoragens fixadas a diferentes profundidades. O sensor de deslocamento deverá ser do tipo corda vibrante dotado com sensor de temperatura.

Do conjunto deste dispositivo deverá fazer parte integrante:

- Barras/varas em aço inoxidável ou fibra de vidro

- Ancoragem (injetável com calda de cimento ou tipo *packer*)
- Bainha de encamisamento das barras/varas
- Cabeça de referência do elétrico

O extensómetro será instalado em furo previamente executado de diâmetro, no mínimo, de  $\varnothing 76$  mm (furação destrutiva), que terá um comprimento superior à profundidade de instalação de cerca de 1,00 m.

As cabeças dos extensómetros deverão ser equipadas com um prisma topográfico que permita obter as leituras à superfície. Aos valores das leituras das ancoragens deverão ser adicionados os assentamentos de superfície obtidos através dos prismas.

Os componentes serão montados de acordo às indicações do fabricante e instalados no furo nas cotas previstas função do seu comprimento total. Existirá uma ancoragem na extremidade correspondente à base do furo e uma segunda a  $1/3$  do seu comprimento total.

Uma vez finalizado o posicionamento do dispositivo, proceder-se-á a sua selagem por meio de calda de cimento.

As cabeças dos extensómetros serão protegidas por caixas com tampas metálicas adequadas.

O dispositivo será de leitura elétrica, o sensor de deslocamento ou transdutor, será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ), possuindo no mínimo as seguintes características:

- Capacidade de leitura  $\geq 100\text{mm}$
- Precisão  $< 0,30\%$  da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,0066\%$  da capacidade de leitura

O dispositivo será calibrado antes de ser utilizado e as leituras serão realizadas a partir da superfície. Após a realização da medição, os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.



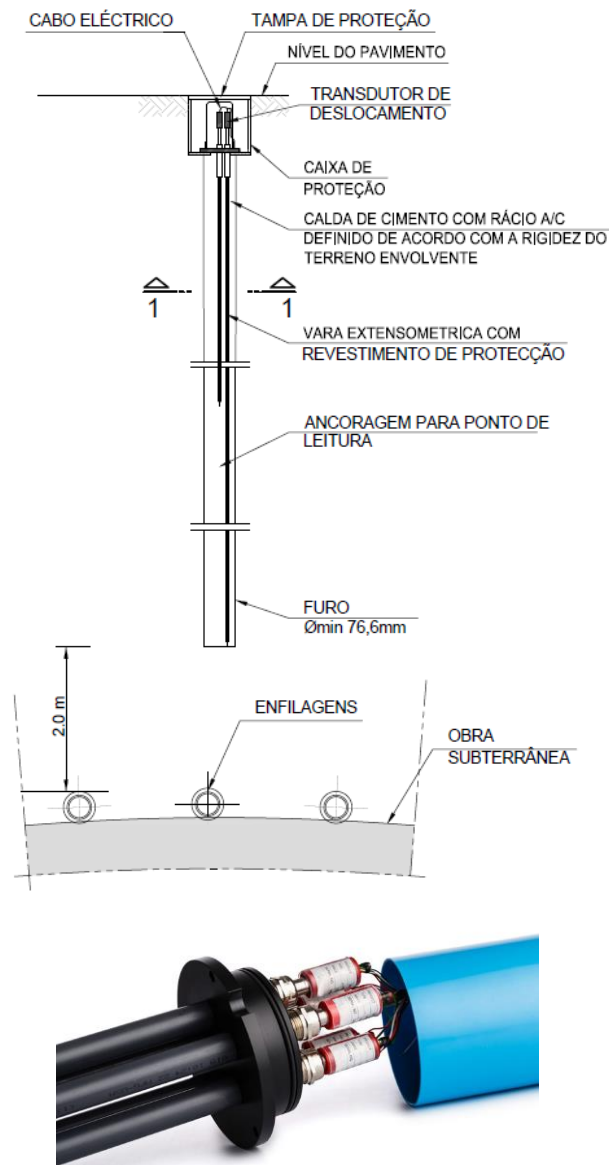


Figura 4 – Extensómetro multiponto

## 5.4 Inclinómetros

Os inclinómetros são constituídos por tubos com calhas guias nos quais, aquando da realização de leituras, é inserido um sensor deslizante que mede simultaneamente a distância percorrida no interior do tubo e a variação do ângulo entre os rolamentos do sensor.

As calhas inclinométricas serão em PVC, tipo ABS de alta resistência (com uniões entre troços de tubos adequadas), com diâmetro exterior de  $\varnothing 84$  mm e permitirão a passagem de um sensor deslizante (torpedo) dotado de pontos de referência (roletes) espaçados de 0,5 m. Este torpedo conterá dois sensores do tipo servo-acelerómetros montados com desfasamento de  $90^\circ$ . Uma vez no interior da calha, a profundidade a que se encontra o torpedo será controlada por uma

escala graduada de 0,5 m e impressa no próprio cabo elétrico que liga o torpedo à caixa de leituras à superfície.

A execução dos inclinómetros externos aos elementos de contenção ocorrerá antes da execução de trabalhos de escavação e apenas quando finalizados os trabalhos de execução das estruturas de contenção (onde aplicável) de modo a evitar que os mesmos sejam danificados.

Uma vez finalizado o posicionamento das calhas, proceder-se-á ao preenchimento do espaço anelar entre a face exterior da calha e as paredes do furo por meio de calda de cimento com bentonite.

Os inclinómetros serão instalados no tardo das estruturas de contenção, realizando-se para tal uma furação à rotação de 101,6 mm (Figura 5).

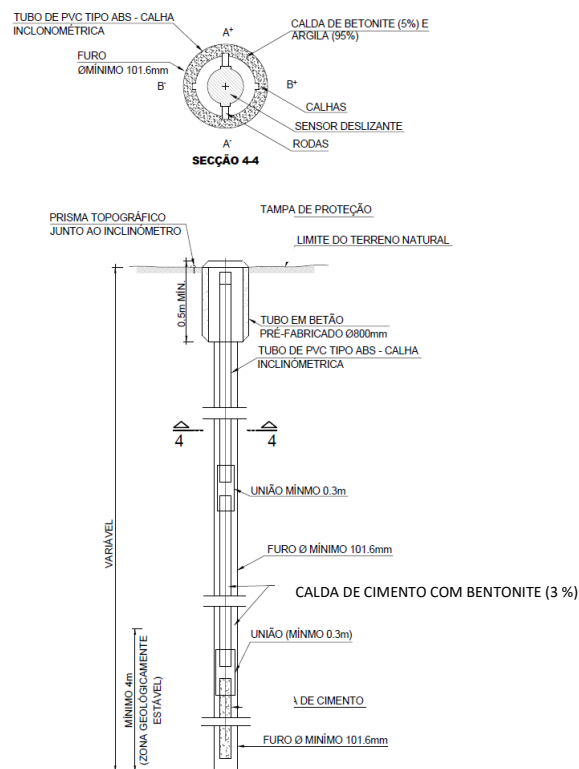


Figura 5 – Inclinómetro

Dentro das condições normais de operação, o erro máximo de cálculo da deflexão no topo de um tubo calha com 30 m de profundidade deverá ser de aproximadamente + 5 mm.

À superfície, as calhas serão protegidas através de caixas com tampas metálicas adequadas. Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

## 5.5 Sensor de nível líquido

O sensor de nível líquido permite medir deslocamentos diferenciais e totais entre diversos pontos de uma estrutura. É constituído por um conjunto de sensores de elevada precisão que medem continuamente a variação de nível de um líquido num circuito fechado. O conjunto de sensores encontra-se ligado a um depósito que constitui o nível de referência do sistema (Figura 6). Os deslocamentos totais podem ser obtidos através da soma dos deslocamentos diferenciais com os deslocamentos totais do nível de referência, no caso de este último estar sujeito a movimentos.

As leituras serão realizadas automaticamente e enviadas para a base de dados de monitorização.

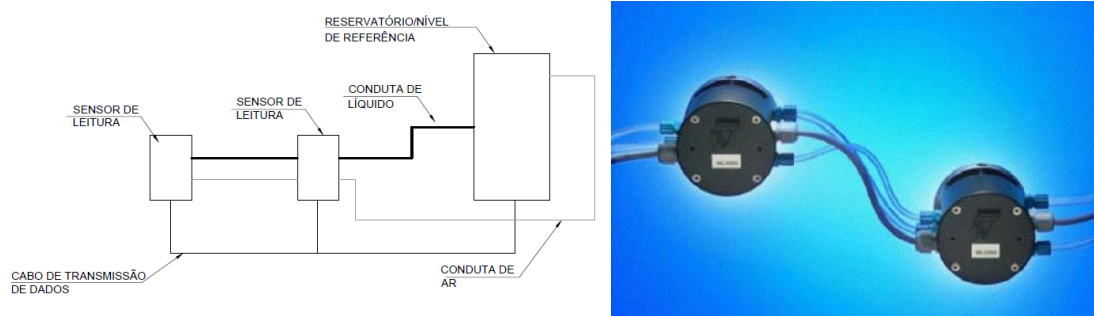


Figura 6 – Sensor de nível líquido

## 5.6 Piezómetro elétrico

Os piezómetros elétricos são constituídos por um dispositivo instalado no interior de um furo com diâmetro mínimo de 86 mm e envolto em areia de filtro na zona de resposta onde se pretende efetuar medições do nível piezométrico, sendo o restante espaço preenchido com material impermeável (trecho imediatamente acima com bentonite e os restantes trechos com calda de cimento, com bentonite). O topo dos piezómetros será protegida por caixas com tampas metálicas adequadas (Figura 7).

A leitura do nível piezométrico será obtida por meio de um transdutor de pressão de corda vibrante instalado no interior do furo. O fio elétrico virá à superfície de forma a possibilitar a ligação a um equipamento de registo de leituras e posteriormente carregados na base de dados de monitorização.

O dispositivo de leitura elétrica, possui as seguintes características:

- Capacidade de leitura: 500 kPa
- Precisão < 0,100% da capacidade de leitura
- Resolução:  $\pm 0,025\%$  da capacidade de leitura

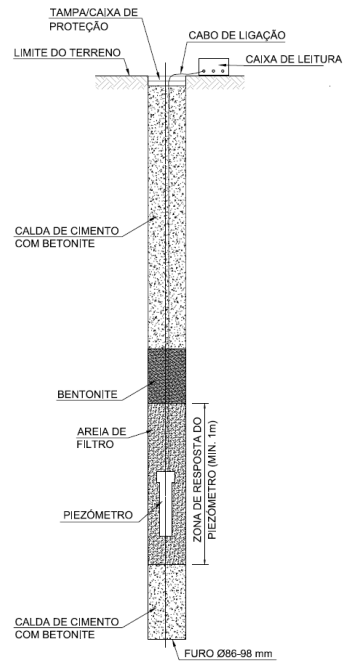


Figura 7 - Piezómetro elétrico com uma câmara

### 5.7 Piezómetro de Casagrande com ponteira do tipo LNEC

Os piezómetros com ponteira do tipo LNEC são um tipo de piezómetro recomendado para medição do nível de água em formações de muito baixa permeabilidade, cuja zona de resposta se localiza na extremidade inferior do piezómetro (ponteira) (Figura 8). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

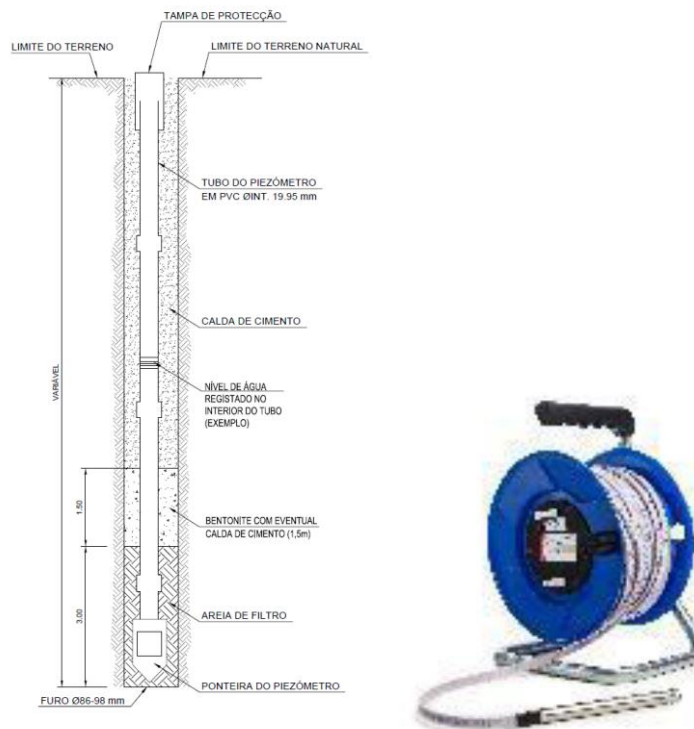


Figura 8 - Piezómetro com ponteira do tipo LNEC

## 5.8 Piezómetro do tipo Casagrande - câmara simples, dupla ou tripla

Os piezómetros do tipo Casagrande permitem a aferição de aquíferos a diferentes profundidades. São constituídos por troços tubos com 75 mm de diâmetro, solidarizados entre si através de uniões exteriores. Na zona onde se pretende efetuar a leitura do nível piezométrico esses tubos apresentam ranhuras com 4,5mm de espessura sendo a sua zona envolvente preenchida com areia (Figura 9 – piezómetro duplo). O número de tubos ou zonas de resposta dita a sua designação, ou seja de câmara simples – 1 tubo, câmara dupla – 2 tubos ou de câmara tripla – 3 tubos.

Na sua extremidade esses tubos são envoltos com geotêxtil (Figura 9). Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

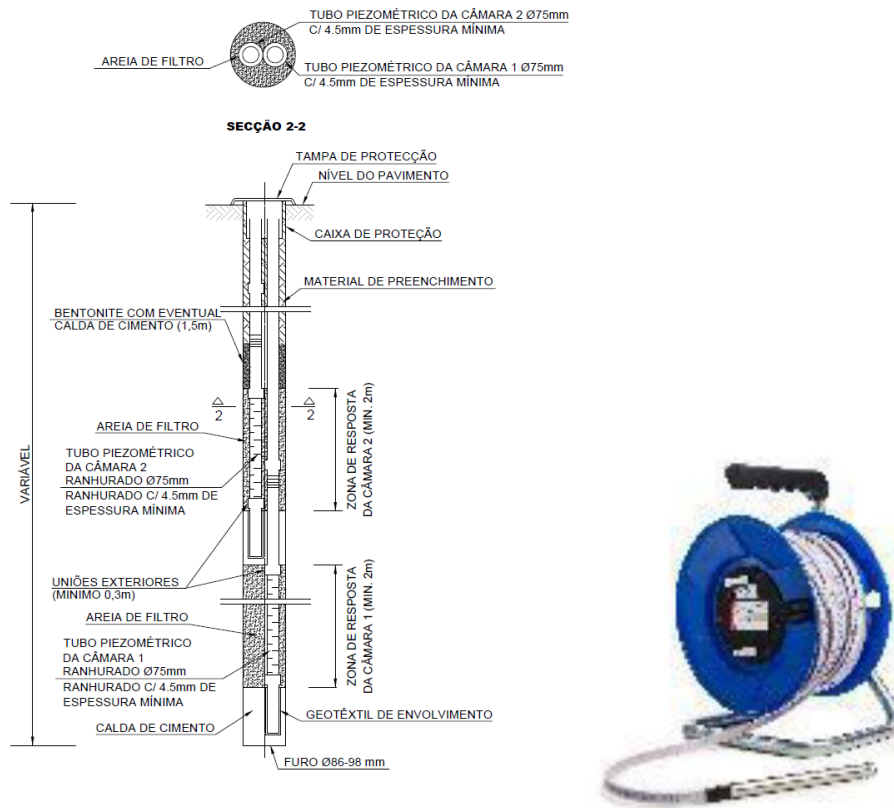


Figura 9 - Piezómetro do tipo Casagrande – Câmara dupla

## 5.9 Prisma topográfico para carril

Os prismas topográficos para carril, consistem num prisma instalado nas travessas das linhas do comboio da IP (Figura 10) ou num prisma para pavimento fixo entre os carris para as linhas da Carris (Figura 11). Este elementos permitem a leitura dos deslocamentos tridimensionais X,Y e Z. A fixação dos prismas será materializada preferencialmente através de fixação mecânica adequada.

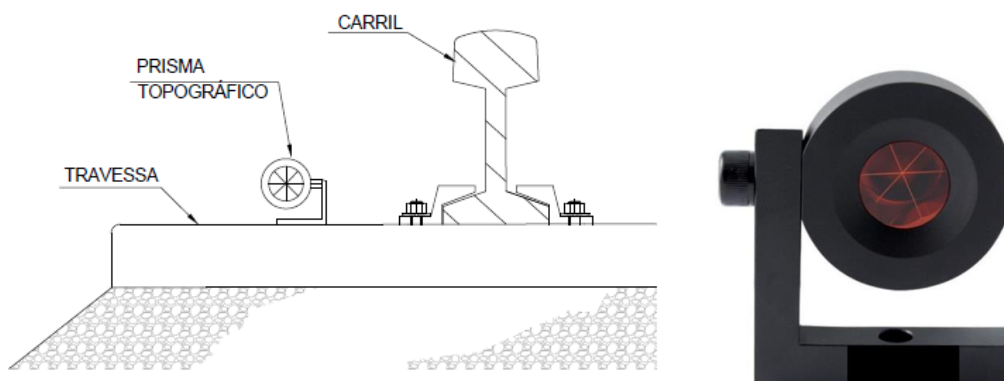


Figura 10 – Prisma topográfico para carril – Linhas IP

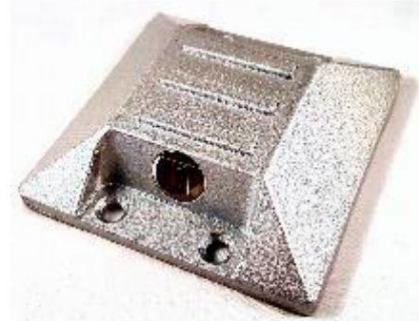
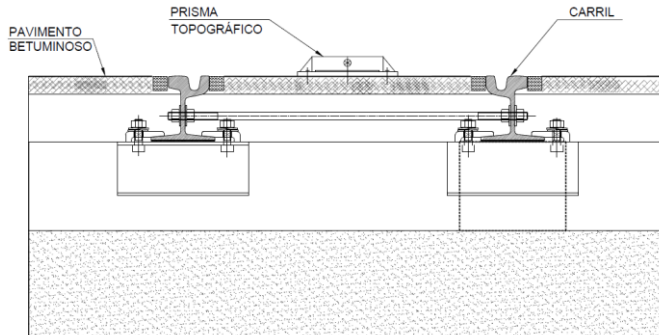


Figura 11 – Prisma topográfico para carril – Linhas Carris

As leituras serão realizadas por meio de uma estação total robotizada, devidamente referenciada com base em pontos estáveis localizados fora da zona de influência de deslocamentos. Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

### 5.10 Extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge*

Os extensómetros para escoras do tipo *strain-gauge* permitem a medição indireta de deslocamentos muito pequenos por intermédio de sensores de corda vibrante que medem a extensão dos elementos estruturais aos quais se encontram ligados através de soldadura (Figura 12). Estes dispositivos serão instalados nas escoras metálicas que constituem a solução de travamento da contenção, permitindo medir a extensão acomodada pelas mesmas e consequentemente a força instalada aquando da execução dos trabalhos de escavação.

Deverão ser utilizados *strain-gauges* de corda vibrante, com campo de leitura não inferior a  $3000\mu\epsilon$ , resolução  $< 1,0\mu\epsilon$  e precisão de ordem inferior a  $\pm 0,5\%$  da capacidade de leitura.

O dispositivo será dotado com sensor de temperatura (medição entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+80^{\circ}\text{C}$ ). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

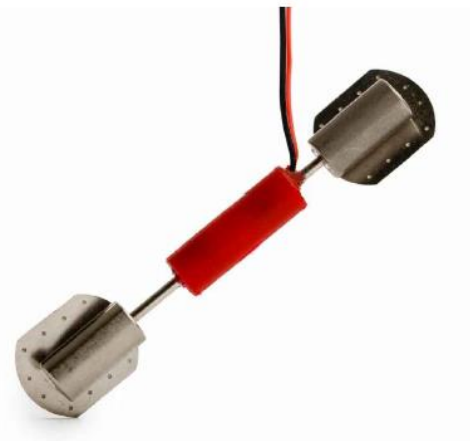
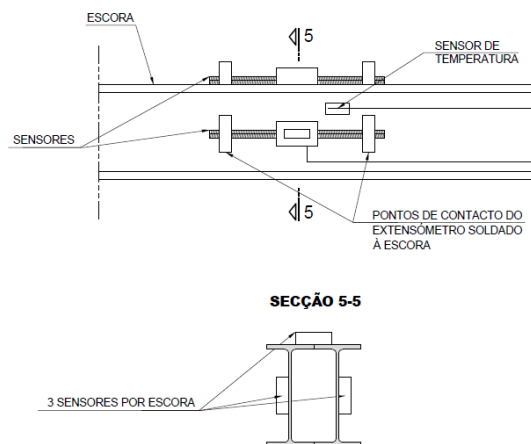


Figura 12 - Extensómetro para escoras do tipo *strain-gauge*



## 5.11 Fissurómetros

Este tipo de diapositivos permitirá acompanhar a evolução da abertura de uma determinada fissura.

Os fissurómetros a utilizar deverão ser planos e deverão permitir a realização de leituras de deslocamentos na horizontal e na vertical. Será ainda necessário que possuam capacidade resistente adequada às intempéries, devendo ser fixos de forma adequada (mecanicamente).

O seu alcance máximo será, no mínimo de 25 mm, na horizontal e 10 mm na vertical, devendo a sua resolução ser, no mínimo, de 0,1 mm (Figura 13). Para garantir esta resolução será necessário recorrer no ato da medição a uma craveira digital que se acopla ao fissurómetro.

Após a realização da medição os dados recolhidos são carregados na base de dados de monitorização.

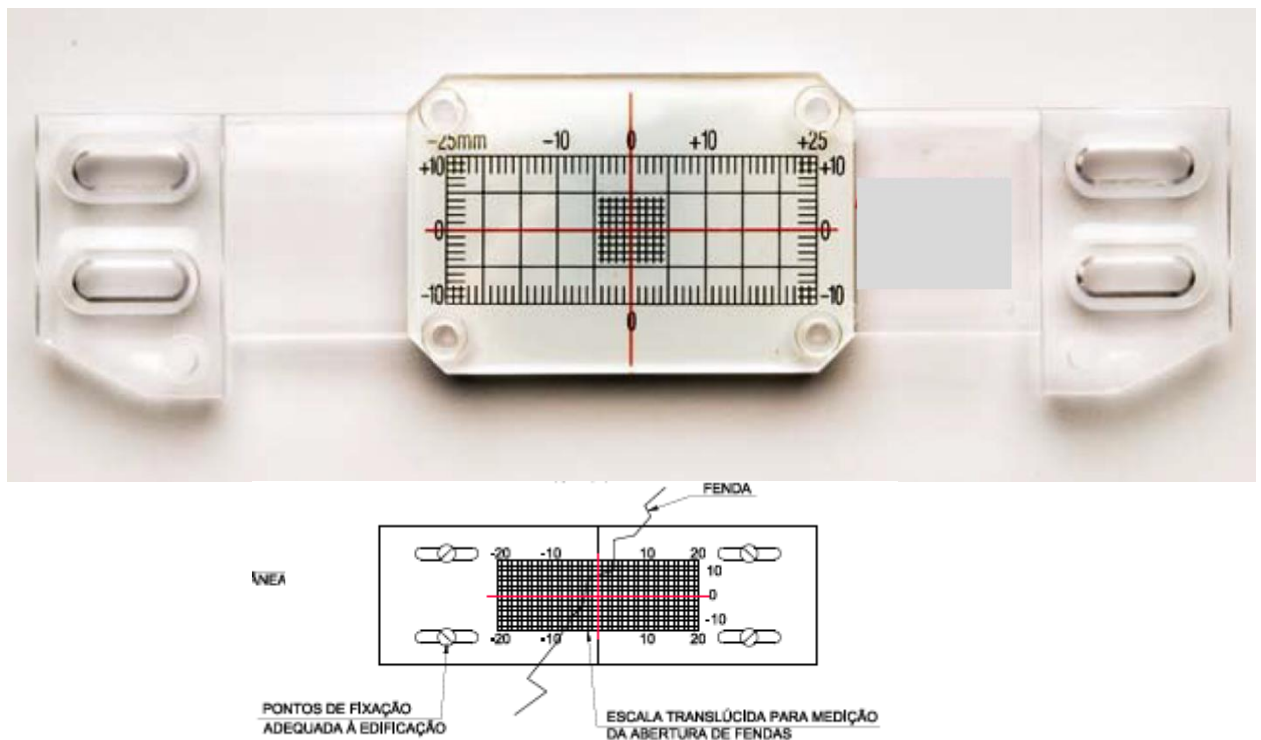


Figura 13 – Fissurómetro

## 5.12 Células de carga

O recurso a células de carga em ancoragens permitirá o acompanhamento da evolução e magnitude da tração instalada nestes elementos em fase de obra.

As células de carga a adotar nas ancoragens provisórias serão do tipo elétrico.

Em condições normais de leitura, o erro associado a estes dispositivos não deverá ultrapassar os  $\pm 0,1\%$  da capacidade máxima de leitura. A sua capacidade máxima de leitura deverá ser superior aos 1500 kN.



A instalação das células de carga será efetuada antes da realização do ensaio de receção detalhado da ancoragem. As células serão posicionadas sobre a chapa de apoio da ancoragem, sendo posteriormente colocada uma chapa metálica rígida adicional e posteriormente a placa de distribuição das cunhas.

A superfície de contacto com a célula deve estar plana e limpa. A colocação da célula deve ser criteriosa, de forma a que a mesma fique centrada com o eixo da aplicação da carga, evitando-se assim excentricidades, com consequência no rigor das leituras (Figura 14). Os dados recolhidos são automaticamente enviados para a base de dados de monitorização.

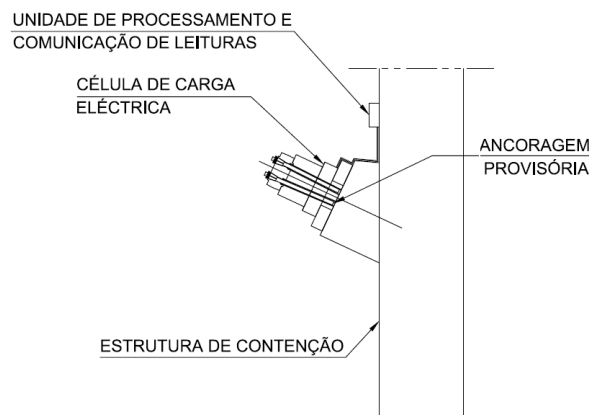


Figura 14 – Célula de carga em ancoragens

### 5.13 Deslocamentos e convergências em galerias subterrâneas

Face aos condicionamentos associados à necessidade de monitorizar as galerias subterrâneas durante a sua execução, a medição das convergências será materializada recorrendo a elemento ótico que permitirá, em condições mais adversas obter com maior precisão leituras de deslocamentos tridimensionais X, Y e Z. A instalação destes dispositivos de forma sistemática e em vários pontos de leitura em seção transversal de cada galeria a executar, permitirá ler não só os deslocamentos do ponto monitorizado, mas também criar secções de medição de convergências, através do controlo de diferentes cordas.