Biomonitorização da ribeira de Oeiras - 2014

ACTIVIDADES NO ÂMBITO DA DECLARAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

a) Condições químicas em fevereiro e setembro
b) Macroinvertebrados aquáticos
c) Bivalves
d) Peixes
e) Vegetação aquática
d) Metais pesados em organismos (aves, peixes, bivalves)

Coordenação Científica:

Prof. Doutor Manuel A. S. Graça
IMAR – CMA
Departamento de Ciências da Vida,
Universidade de Coimbra
Apartado 3046
3001-401 Coimbra, Portugal

(mgraca@ci.uc.pt)

Equipa de trabalho

IMAR e Dep. de Ciências da Vida, Univ. de Coimbra, Coimbra:

Manuel A.S. Graça, PhD. – Coordenação Geral dos Trabalhos; tratamento de dados e elaboração dos relatórios.
Jaime Ramos, PhD – Amostragens de Aves
Maria João Feio, PhD. – Tratamento estatístico, GIS.
Verónica Ferreira, PhD. – Amostragens biológicas e identificações taxonómicas de invertebrados
Ana Cláudia Norte, PhD. – Amostragens de Aves
Cristina Salgado, Lic. - Amostragens

IMAR e Dep. de Ciências da Terra, Univ. de Coimbra, Coimbra:

João Pratas, PhD. – Determinação de metais pesados em tecidos biológicos
Igor Morais, Ms.S. – Amostragens biológicas; determinação de metais pesados em tecidos biológicos
Joana Campos, Ms.S. – Amostragens biológicas; determinação de metais pesados em tecidos biológicos

Instituto de Oceanografia, Univ. de Lisboa e Univ. de Évora:

Pedro Raposo de Almeida, PhD. – Peixes
Carlos Alexandre, Lic. – Peixes

Universidade de Minho

Francisco Carvalho, Ms.S. – Bivalves

Universidade do Porto - CIIMAR

Ronaldo Sousa, PhD. – Bivalves
Manuel Lopes-Lima, PhD. – Bivalves

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Simone Varandas, PhD. – Bivalves

Sem filiação institucional:

Paulo Rosa, Lic. – Plantas aquáticas

Índice

Resumo 1
Abstract 4
Mapa – resumo da qualidade de ambiente 7
1. Introdução aos trabalhos de biomonitorização na Ribeira de Oeiras 9
2. Ambiente físico-químico das águas da ribeira de Oeiras e Carreiras 10
2.1 Campanha de inverno 10
2.2 Campanha de verão 13
2.3 Conclusões sobre a química do ambiente 18
3. Macroinvertebrados aquáticos. 19
3.1. Introdução 19
3.2. Inverno 19
3.2.1. Tipos de taxa 19
3.2.2. Índices bióticos 20
3.2.3. Análise multivariavel 20
3.3. Verão 31
3.3.1. Tipos de taxa 31
3.3.2. Índices bióticos 31
3.3.3. Análise multivariavel 31
3.4. Conclusões sobre os macroinvertebrados 41
4. Bivalves 41
4.1. Introdução 41
4.2. Metodologia geral 41
4.3. Resultados 42
4.3.1. Espécies presentes 42
4.3.2. Densidades 42
4.3.3. Biomassa 46
4.3.4. Estruturas populacionais 49
4.4. Conclusões gerais sobre os bivalves. 50
5. Ictiofauna 52
5.1. Introdução 52
5.2. Resultados 53
5.2.1. Caracterização dos locais de amostragem 53
5.2.2. Composição, abundância e estrutura da fauna piscícola 55
5.2.3. Avaliação da qualidade ecológica 68
5.3 Conclusões sobre a ictiofauna 72
6. Macrófitas 76
6.1. Introdução 76
6.2. Resultados 76
6.2.1 Número total de taxa 76
6.2.3. Análise multivariavel 85
6.3. Conclusões 88
7. Metais em tecidos animais. 89
7.1. Aves 89
7.1.1. Introdução 89
7.1.2. Resultados 89
7.2. Peixes 95

7.2.1. Introdução 95
7.2.2. Resultados 95
7.3. Metais em populações naturais de bivalves 102
7.3.1. Introdução 102
7.3.2. Resultados 102
7.4. Metais em bivalves transplantados 105
7.4.1. Introdução 105
7.4.2. Resultados – Acumulação 105
7.5. Conclusões 108
8. Metodologias 110

Resumo

Química das águas

Na situação de inverno e tal como no ano de 2013, as concentrações de sulfatos e nitratos assim como a condutividade foram maiores a jusante da mina do que nos locais de referência. Os valores de nitratos foram cerca de 50% mas elevados em 2014 do que em 2015.
Para a situação de verão mantiveram-se elevados os valores de sulfatos e condutividade, mas não os de nitratos. Em comparação com 2013, os valores de nitratos e sulfatos foram mais baixos em 2014.

Conclusão: Os sulfatos parecem ser o maior problema químico da Ribeira

Macroinvertebrados aquáticos

Na situação de inverno a qualidade biológica da ribeira foi claramente menor a jusante da mina quando comparada com as condições a montante (BMWP'; IPTIs). A fauna a montante e jusante da mina foi significativamente diferentes, mas há alguma recuperação parcial a partir do local 22 (MDS, Cluster, ANOSIM)

As condições de verão foram radicalmente diferentes. Os locais de referência tiveram menos taxa, e valores de bióticos (BMWP', IPTIs) mais baixos do que os locais localizados a jusante da mina. A fauna a montante foi diferente da fauna a jusante (MDS, Cluster, ANOSIM);

Conclusão 1: A descarga da mina causa alterações nas comunidades de invertebrados, com recuperação parcial a partir do local 22

Conclusão 2: As condições de estio de verão são extremas ao longo da ribeira. O programa de biomonitorização tem incidido sobre as duas situações contrastantes climáticas da zona: período húmido e frio vs. período seco e quente. No entanto, muitos anos de amostragens sugerem que as condições de verão não são ideais para a biomonitorização De facto, para a aplicação da Diretiva Quadro da Água, o INAG recomenda amostragens na primavera, quando as condições são intermédias e muitos invertebrados podem estar una fase mais avançada dos ciclos de vida, o que facilita as identificações. Assim sendo, propõe-se que o programa de monitoramento passe a ser feito unicamente na primavera.

Bivalves.

Há dois locais a montante e dois locais a jusante (mas afastados) da mina com populações assinaláveis de bivalves. Imediatamente a jusante da mina não foram encontrados exemplares vivos, embora as conchas estivessem lá.
É relevante a presença de *U. tumidiformis* no local RO5 (montante) e em menor número em RO22D (jusante). Esta espécie está listada como vulnerável pela IUCN e tendo uma grande importância do ponto de vista da conservação.
As densidades da espécie invasora *Corbicula fluminea* foram de novo muito elevadas nos locais a jusante da mina.

Conclusão: imediatamente a jusante da mina não há bivalves, mas ocorrem populações importantes a montante e a jusante.

Peixes.

É notável a baixa abundância de espécies exóticas de peixes na Ribeira de Oeiras, quando comparara com outros cursos de água em Portugal. Em todos os locais da ribeira as classes de tamanho mais pequenas estão sub-representadas, o que sugere problemas no recrutamento.

O local mais próximo da mina onde foram vistos peixes foi o Monte Pereiro (RO19). O estado ecológico nos vários pontos amostrados na Ribeira de Oeiras variou entre “Medíocre” a “Bom”. Um dos locais com melhor classificação foi a Ponte de Penilhos (RO22). No entanto, as proporções de malformações (não consideradas nos indicadores ecológicos) foram maiores nos locais com condutividade mais elevada, e a riqueza em espécies maior nos locais de condutividade mais baixa.

Conclusão: a fauna de peixes da ribeira de Oeiras é rica em espécies nativas. Na zona de descarga das águas não ocorreram peixes, mas em locais a jusante da mina (RO22) o estado ecológico é bom

Macrófitas.

O número de plantas aquáticas foi menor imediatamente a jusante da mina, aumentando muito (mais do que a montante) nas partes finais da ribeira (a partir de RO21). A análise multivariavel sugere alterações nas comunidades de plantas a jusante da mina, o que é um indicador de perturbação.

Conclusão: A descarga da mina afeta as comunidades de macrófitas, com recuperação mais a jusante.

Metais em aves.

Os teores de metais em penas e sangue em exemplares de rouxinol-bravo e guarda-rios, não foram superiores a jusante da mina do que a montante. A variabilidade é grande: Há exemplares que podem ter níveis de metais abaixo dos níveis de deteção, enquanto exemplares capturados no mesmo local podem ter níveis muito elevados. Isso aconteceu por exemplo para o As.

Conclusão: Globalmente não há indícios de transferência de metais pesados para as aves que se alimentam de organismos aquáticos (peixes, no caso dos guarda-rios e insetos, no caso dos rouxinóis).

Metais em peixes

Tal como no ano de 2013, dos 4 metais medidos só o cobre foi significativamente mais elevado em fígado de peixes capturados a jusante da mina do que a montante. Em 2013 esta observação também se aplicava ao músculo.

Conclusão: Embora os níveis de Cu no ambiente sejam baixos e muito localizados junto ao ponto de descarga da mina, este metal está a ser acumulado por peixes

Metais em bivalves.

As tendências observadas nos anos anteriores mantêm-se, nomeadamente:

Não há diferenças entre locais para os teores em Hg e As. Os valores são baixos e as flutuação inter-anuais são normais. O Cu é mais elevado nos exemplares a jusante da mina do que nos locais de referência (populações naturais)

e em particular na Caiada, descendo na Fonte Santa (transplantes). O teores de Zn nos organismos na ribeira de Oeiras foram mais elevados a jusante da mina e em animais transplantados para a ribeira de Oeiras.

Conclusões: há evidências de bioacumulação de Cu e Zn em organismos aquáticos a jusante da mina, mesmo em zonas consideradas como recuperadas Palos indicadores estruturais (invertebrados, algas e macrófitas)

Abstract

Water chemistry

In winter the concentrations of sulphates and nitrates as well as conductivity were higher downstream of the mine than the in reference sites. The same was observed in 2013. Nitrate levels were about 50% not higher in 2014 when compared with 2013. In summer sulphates and conductivity remained higher downstream of the mine. The same was not recorded for nitrate. Compared to 2013, nitrates and sulphate values were lower in 2014.

Conclusion: The sulphates seem to be the biggest river chemical problem.

Aquatic macroinvertebrates.

In winter, the biological quality of the stream was lower downstream of the mine, when compared with reference locations (BMWP '; IPTIs). The fauna upstream and downstream of the mine was significantly different, but there is some partial recovery from the local 22 onwards (MDS, Cluster, ANOSIM).

Summer conditions were radically different. The biotic values (BMWP 'IPTIs) were lower in the reference than in sites located downstream of the mine. The upstream fauna was different from the downstream fauna (MDS, Cluster, ANOSIM).

Conclusion 1: The discharge of mine cause changes in invertebrate communities, with partial recovery from the local 22.

Conclusion 2: The conditions of summer are extreme. The biomonitoring program has focused on the two contrasting climatic conditions of the area: wet and cold period vs. dry and warm period. However, many years of sampling suggest that the summer conditions are not ideal for biomonitoring. In fact, for the implementation of the European Water Framework Directive, the Portuguese Water Institute recommends spring sampling, because in this period conditions are intermediate and many invertebrates may be in a more advanced stage of their life cycle, which facilitates the identification. Therefore, it is proposed to run the macroinvertebrate biomonitoring only in the spring.

Freshwater clams.

Four locations (two upstream and two downstream but distant) had significant populations of freshwater clams. Immediately mine downstream of the mine effluent discharge there were no living specimens, although empty shells were there.

An important record is the presence of *U. tumidiformis* on site RO5 (upstream) and RO22D (downstream). This species is listed as vulnerable by the IUCN and is important for conservation.

The densities of invasive species *Corbicula fluminea* were again very high in some downstream mine sites (but away from the mine).

Conclusion: there were no freshwater clams immediately downstream of mine, but there are important populations upstream and downstream of the mine.

Fish.

It is remarkable the low abundance of exotic fish species in the Oeiras river, when had compared with other watercourses in Portugal. At all sites, small size-class specimens were under-represented, suggesting recruitment problems.

The nearest mine site where fish were seen was the Monte Pereiro (RO19). The ecological status in the various sampling points in the Oeiras River ranged from

"Poor" to "Good". One of the places with best rating was Ponte de Penilhos. However, the proportions of malformations (not considered in the environmental indicators) were greater in locations with higher conductivity. Higher species richness were also observed in locations with low conductivity.

Conclusion: The Oeiras River is rich in native fish species. In the water discharge zone there were no fish, but in further downstream sites (RO22) the ecological status was good.

Macrophytes

The number of aquatic plants was lower immediately downstream of the mine, greatly increasing (more taxa than in referent sites) in the most downstream sites (RO21 onwards). The multivariate analysis suggests changes in plant communities downstream of the mine, which is an indicator of disturbance.

Conclusion: The discharge of mine affects macrophyte communities, with more downstream recovery.

Metals in birds.

Metal contents in feathers and blood samples of nightingales and kingfishers did not differ between downstream upstream mine sites. The variability was large: There are specimens that may have levels of metals below detection levels, while other specimens taken from the same location can be very high.

Conclusion: Overall no heavy metals transfer evidence for birds that feed on aquatic organisms (fish, in the case of kingfishers and insects, in the case of nightingales).

Metals in fish

As in 2013, only copper was significantly higher in fish liver captured downstream of the mine than in specimens captured upstream. In 2013 this observation also applied to the muscle.

Conclusion: Although the Cu levels in the environment are low, this metal is being accumulated by fish.

Metals in bivalves.

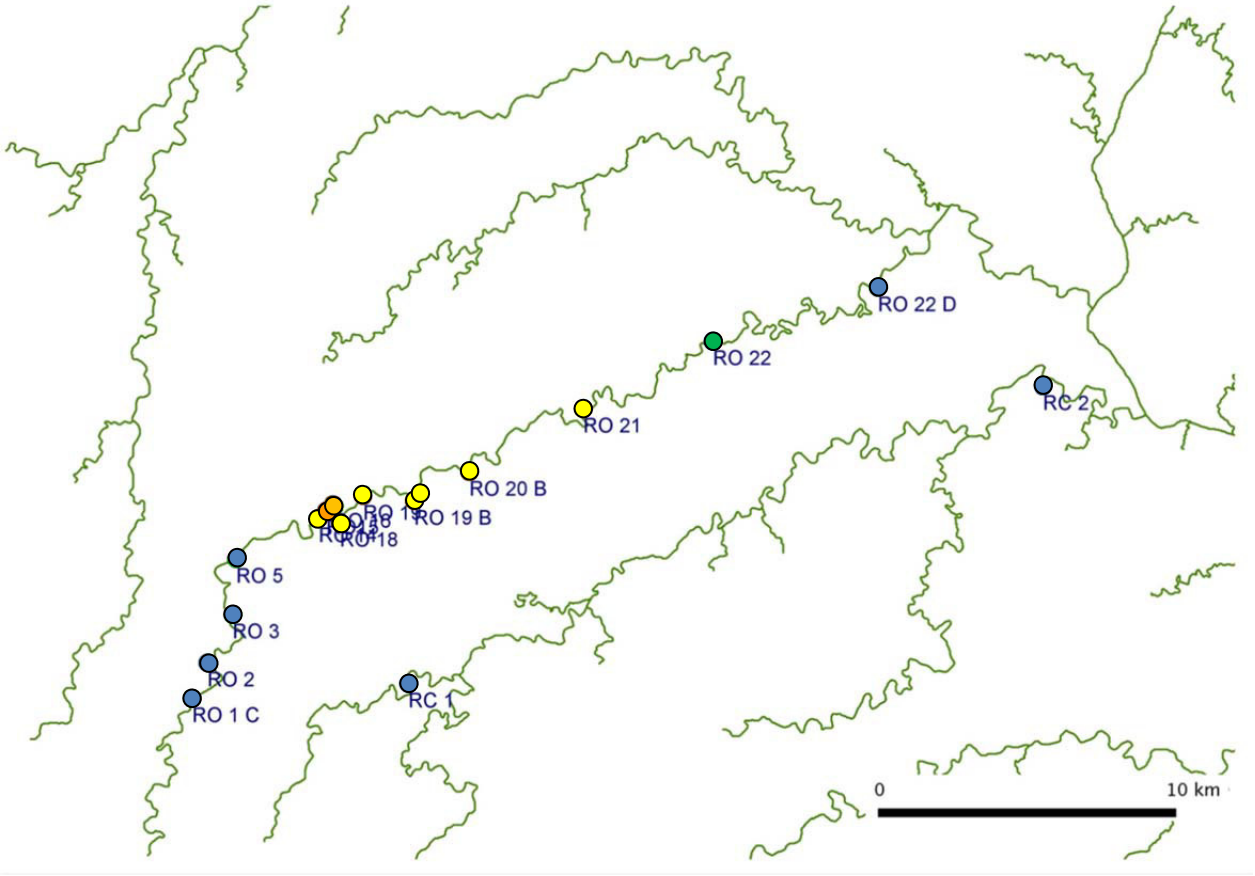
The trends observed in previous years remain, namely: There are no differences between sites for Hg and As accumulations. The values are low and inter-annual fluctuations are normal.

Cu and Zn content was higher in specimens recovered downstream of the mine than upstream and particularly in Caiada and Fonte Santa (transplants).

Conclusions: there is evidence of bioaccumulation of Cu and Zn in aquatic organisms to downstream of the mine, even at areas considered as recovered by structural indicators (invertebrates, algae and macrophytes).

.

Mapa - Resumo da qualidade de ambiente - 2014



Qualidade Geral das águas da ribeira de Oeiras:

● = excelente, ● = boa, ● = duvidosa, ● = crítica, ● = má

Para 23 medidas biológicas e químicas foi obtido um valor médio dos locais de referência. Para cada local a jusante da mina foi medido o desvio em relação á média dos locais de referência. As medidas foram agrupadas em 7 grupos: (a) qualidade química; (b) macroinvertebrados, (c) plantas aquáticas, (d) macrófitas, (e) peixes (presença / ausência), (f) bivalves (presença / ausência) e ainda acumulação de Cu em aves peixes e bivalves. Ver secção 10.

Excelente = valores até 80% das condições de referência; Boa = valores de 60 a 80%; duvidosa 40 a 60%, crítica = valores entre os 20 e os 40% e má = <20% dos valores das condições de referência.

1. Introdução aos trabalhos de biomonitorização na Ribeira de Oeiras

Estão aqui sintetizados os resultados dos trabalhos de biomonitorização da ribeira de Oeiras (e dois locais de referência na ribeira de Carreiras) durante 2014. Os dados químicos foram fornecidos pela Somincor (exceto oxigénio, temperatura e condutividade). Foram amostradas e analisadas 4 comunidades: macroinvertebrados, macrófitas, algas e peixes da ribeira. Estas 4 comunidades foram as adotadas pelo Instituto Nacional da Água (INAG) na aplicação da Diretiva Quadro da Água. Foram aplicadas as metodologias de amostragem, identificação e tratamento de dados sugeridos pelo INAG.

Os parâmetros ambientais foram relacionados com alguns parâmetros biológicos. Entre os macroinvertebrados, os bivalves foram sujeitos a uma análise mais detalhada pelo seu interesse conservacionista e por causa da invasão por *Corbicula fluminea*.

As amostragens foram realizadas na Ribeira de Oeiras a jusante da mina nos seguintes locais: 14 (local original de descarga do efluente da ETAM), 14B (=15; novo local de descarga do efluente), 16 (Vertedor da Ribeira/Horta do Pereiro) 18 (Malhão Largo), 19 (Monte do Pereiro), 19B (Monte Queimado), 20B (Monte da Caiada), 21 (Monte Velho), 22 (Ponte de Penilhos) e 22D (Fonte Santa). Como referências foram usados os seguintes pontos na ribeira de Oeiras: 1C (Monte da Ossada), 2 (Monte de Bentes), 3 (Ponte da Camacha) e 5 (Horta da Reveza). As diferenças longitudinais naturais foram tidas em consideração por utilização de dois outros pontos de referência na ribeira de Carreiras: C1 e C2, que são paralelos respetivamente às partes altas e baixas da ribeira de Oeiras. Os peixes, e bivalves foram amostrados num grupo mais reduzido de locais.

2. Ambiente físico-químico das águas da ribeira de Oeiras e Carreiras.

2.1. Campanha de inverno

As campanhas de amostragem de inverno tiveram lugar na segunda semana de março e não em fevereiro como tem sido hábito, devido a chuvadas fortes que ocorrerem em Fevereiro e que causaram uma subida acentuadas das águas. As amostras de água no local 14 foram recolhidas a meio da ribeira. Os valores foram semelhantes aos dos locais de referência pelo que, ao contrário do que tem sido habital, serão aqui tratados como referência (Tabela 2.1).

Só os valores de Condutividade, nitratos e sulfatos foram mais elevados a jusante da mina do que nos locais de referência (Tabela 2.2). Em 2014 os teores em oxigénio foram mais elevados do que em 2013 e os níveis de Cu estiveram abaixo dos níveis de deteção. Em sentido contrário, os teores em nitratos foram maiores em 2014 do que em 2013 (Tabela 2.3).

Tabela 2.1 - Parâmetros físico-químicos das águas de locais nas ribeiras de Carreiras (C1, C2) e Oeiras (restantes) em Fevereiro 2014 e, para efeitos comparativo, 2013. Valores expressos em mg/L, excepto temperatura (ºC), oxigénio (%), pH e condutividade (µS/cm).

A. Inverno 2014

	C1	C2	1C	2	3	5	14	15	16	18	19	19B	20B	21	22	22D
O2 (%)	99	121	89	106	105	97	101	120	92	64	117	86	82	116	110	105
O2 (mg/l)	10.0	12.1	10.3	10.5	10.5	9.7	10.9	11.9	9.1	6.4	11.9	8.8	8.7	11.6	10.8	11.2
Condutividade (µS/cm)	410	374	98	137	271	282	293	1484	1379	1355	1326	1365	1364	1039	985	753
pH	8.9	8.8	7.2	7.0	8.0	8.0	8.3	8.2	8.0	7.6	7.7	7.5	7.6	8.0	8.0	8.4
Temperatura (ºC)	14.0	15.1	13.9	14.2	14.5	11.6	12.7	13.8	14.8	13.6	13.6	13.3	13.0	14.6	15.0	15.2
CQO (mg/l)	12.0	13.0	10.0	5.2	6.7	<5	<5	10.0	10.0	22.0	5.4	10.0	7.0	12.0	<5	<5
Nitratos (mg/l)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	8	10	13	12	12	11	8	7	3
Sulfatos (mg/l)	39	23	22	22	24	23	26	610	490	480	470	510	4900	330	320	220
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

B Inverno - 2013

	C1	**C2**	**1C**	**2**	**3**	**5**	**14**	**15**	**16**	**18**	**19**	**19B**	**20B**	**21**	**22**	**22D**
pH		8.3	8.7	8	8.2	7.9	8.2	7.8	7.8	7.5	7.4	7.4		7.9	8.1	7.9
O2 (%)		93.2	73.6	77.6	79.6	82	97.6	67.4	73.9	37.5	52.2	67.2		88.5	87.7	89.5
Condutividade (µS/cm)		293	216	218	222	225	405	1985	1069	1041	1029	965		834	739	621
Temperatura (ºC)		11.1	9.3	10.3	9.6	10.4	11.2	13.9	11.8	11	11.9	11		11.2	10.9	11
CQO (mg/l)	<5	8	<5	<5	<5	<5	<5	12	10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Nitratos (mg/l)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	7.5	5.3	4.5	6.2	8.1	7.2	6.7	5.7	3.4
Sulfatos (mg/l)	41	23	22	22	22	23	540	980	430	410	420	410	410	321	266	221
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.12	0.02	0.02	0.02	0.02		<0.02	<0.02	<0.02

Dados ambientais de Inverno de 2013 e 2014

Tabela 2.2 - Comparações de valores de parâmetros fisico-químicos a montante e jusante da mina em Março de 2014. Utilizou-se o teste estatístico t (t) quando a distribuição era normal e o não paramétrico de Mann-Whitney (U) quando os valores não eram conformes com a distribuição normal. É indicado o valor probabilístico (p) e os locais com valores significativamente mais elevados.

Inverno de 2014.

Parâmetro	teste	t/U	p	Comparação
pH	U	26	0,591	
O2 (%)	t	0,432	0,672	
Condutividade (µS/cm)	t	9,624	<0,001	Jusante > Referência (6x)
Temperatura (ºC)	t	0,777	0,450	
CQO (mg/l) U	t	0.609	0,552	
Nitratos (mg/l)	U	63	<0,001	Jusante > Referência
Sulfatos (mg/l)	U	63	0,001	Jusante > Referência
Cu	não testado; todos os valores abaixo dos níveis de deteção			

Os valores de condutividade, nitratos e sulfatos foram maiores a jusante da mina do nos nos locais de referência

Tabela 2.3 - Comparações de valores de parâmetros fisico-químicos entre os invernos dos anos 2014 e 2013, para locais a jusante da mina (n=9). Utilizou-se o teste estatístico t-emparelhado (t) quando a distribuição era normal e o não paramétrico de Wilcoxon (Z) quando os valores não eram conformes com a distribuição normal. É indicado o valor probabilístico (p) e o ano com valores significativamente mais elevados. Entre parênteses as médias (em caso de distribuição normal) e as medianas (distribuição não normal).

Parâmetro	teste	t/U	p	Comparação
O2 (%)	Z	2,521	<0,008	2014 > 2013 (105 vs. 71%)
Condutividade (µS/cm)	Z	1,4	<0,195	
CQO (mg/l)	t	2,070	<0,072	
Nitratos (mg/l)	t	3,428	0,009	2014 > 2013 (9,3 vs. 6.1)
Sulfatos (mg/l)	Z	1,599	0,129	
Cobre (mg/l)	Não testado por não ter sido detetado em 2014			

No inverno de 2014, o oxigénio e os nitratos foram mais elevados do que em 2013.

2.2. Campanha de verão

As amostragens de invertebrados da campanha de verão de 2014 ocorreram entre 1 e 3 de setembro, estando a ribeira em condições de estio como é habitual nesta época do ano. As variações no ambiente químico e físico registadas em anos anteriores persistiram nesta campanha de amostragens (Tabela 2.4).

Neste ano, só os teores em sulfatos e a condutividade foram significativamente superiores a jusante da mina, quando comparados com outros locais de referência (Tabela 2.5). Relativamente ao verão de 2013, os valores de pH e CQO foram mais elevados em 2014. No entanto, os nitratos e sulfatos foram mais baixos. Para os restantes parâmetros não houve diferenças estatisticamente significativas. (Tabela 2.6).

Os parâmetros ambientais não estiveram tão correlacionados entre si como nos anos anteriores (Tabela 2.7) pelo que se fez uma análise de componentes principais (ACP). Para a ACP foram retirados da matriz a condutividade (por correlação com os sulfatos e nitratos) e a temperatura (por correlação com a CQO e o oxigénio). A ACP segrega os locais a jusante da mina dos restantes em função principalmente dos teores elevados de sulfatos e nitratos (Fig. 2.1; os eixos 1, 2 e 3 explicam cumulativamente 35%, 63% e 83% da variabilidade; os respetivos eigenvalues para os 3 eixos foram 1,75, 1,34 e 1,06).

Tabela 2.4 - Parâmetros físico-químicos das águas de locais nas ribeiras de Carreiras (C1, C2) e Oeiras (restantes) em setembro de 2014 e, para efeitos comparativos, 2013. Valores expressos em mg/l, excepto temperatura (ºC), oxigénio (%), pH e condutividade (µS/cm).

A Verão – 2014

	C1	C2	1C	2	3	5	14	15	16	18	19	19B	20B	21	22	22D
pH	9,8	10,1	8,6	8,3	8,6	9.0	s	s	s	8.2	8.7	8.9	8.4	9.0	8,5	8.7
O2 (%)	194	53	66	70	83	74	s	s	s	60	108	96	130	111	85	73
O2 (mg/l)	nr	nr	nr	nr	nr	nr	s	s	s	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Condutividade (µS/cm)	1369	1913	1621	652	1102	1068	s	s	s	1443	3096	4165	5491	3143	3433	3051
Temperatura (ºC)	27,9	23,0	22,3	22,8	22,9	23,5	s	s	s	23,9	24,7	27,1	28,9	26,8	22,7	24,5
CQO (mg/l)	9	110	50	130	41	49	s	s	s	44	49	38	49	42	49	29
Nitratos (mg/l)	<2,0	3,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	s	s	s	<2,0	3,3	3,2	2,9	2,1	<2,0	7,0
Sulfatos (mg/l)	<10	11	25	13	100	13	s	s	s	366	1000	1800	2300	1100	1300	440
Cobre (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	s	s	s	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

s = local seco; nr = não registado

A Verão – 2013

	C1	C2	1C	2	3	5	14	15	16	18	19	19B	20B	21	22	22D
pH	9,5	8,0	7,7	8,2	8,2	8,6	6,1	6,1	6,2	6,1	6,6	6,6	7,1	7,7	8,4	8,3
O2 (%)	114	42	52	70	72	128	62	68	38	11	121	115	75	109	112	113
O2 (mg/l)	9,3	3,6	4,4	6,0	6,4	10,1	5,5	5,4	3,1	1,0	10,2	9,5	6,4	8,9	9,6	9,5
Condutividade (µS/cm)	1200	1127	876	600	1048	930	4500	4400	4550	4550	4590	4730	4740	5000	3470	3400
Temperatura (ºC)	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
CQO (mg/l)	46	48	44	28	18	35	26	22	19	12	13	12	13	22	36	36
Nitratos (mg/l)	<2,0	2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	23,0	22,0	27,0	23,0	18,0	3,0	3,0	2,5	2,0	11
Sulfatos (mg/l)	38	40	15	15	120	16	2100	2100	2100	2100	2200	2300	2300	2400	1400	420
Cobre (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,26	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

Dados ambientais de Verão de 2013 e 2014

Tabela 2.5 - Comparações estatísticas de valores de parâmetros fisico-químicos a montante e jusante da mina: teste estatístico t (t) para dados com distribuição normal e Mann-Whitney (U; rank) quando o pressuposto da normalidade não foi obtido. É indicado o valor probabilístico (p) e os locais com valores significativamente mais elevados.

Verão de 2014.

Parâmetro	teste	t/U	p	Comparação
pH	t	1,482	0,167	
O2 (%)	t	0,216	0,833	
Condutividade (µS/cm)	t	3,976	0,002	Jusante > Referência
Temperatura (ºC)	U	32	0,138	
CQO (mg/l) U	U	15,5	0,295	
Nitratos (mg/l)	U	33	0,101	
Sulfatos (mg/l)	U	42	0,001	Jusante > Referência
Cu	sem variabilidade; não testado			

Só a condutividade e os sulfatos foram significantemente mais elevados a jusante da mina

Tabela 2.6 - Comparações de valores de parâmetros fisico-químicos entre os anos 2013 e 2014, para os mesmos locais a jusante da mina. Utilizou-se o teste estatístico t (t) emparelhado quando a distribuição era normal e o não paramétrico de Mann-Whitney (Z; baseado em rangos positivos) quando os valores não eram conformes com a distribuição normal. É indicado o valor probabilístico (p), o ano com valores significativamente mais elevados (>, <) e entre parênteses as médias para cada ano.

Parâmetro	teste	t/U	p	Comparação
pH	t	4,192	0,006	2013 < 2014 (7,3 vs. 8,6)
O2 (%)	t	0,071	0,946	
Condutividade (µS/cm)	t	1,949	0,099	
CQO (mg/l)	Z	3,035	0,016	2013 < 2014 (20,6 vs. 42,9)
Nitratos (mg/l)	Z	2,028	0,047	2013 > 2014 (8,9 vs. 2,9)
Sulfatos (mg/l)	t	2,537	0,044	2013 > 2014 (1874 vs. 1187)
Cobre (mg/l)	todos os valores abaixo do limite de deteção			

Em 2014 os valores de pH e CQO foram mais elevados do que em 2013, mas os de nitratos e sulfatos foram mais baixos. Os valores de CQO têm estado a aumentar de 1012 para 2013 e 2014

Tabela 2.7. - Correlações de Spearman entre os parâmetros ambientais em setembro de 2014. O primeiro valor é o coeficiente de correlação R, o segunto a probabilidade p e o terceiro o número de observações n. A cinzento as correlações não significativas e a **negrita** as que tiverem um valor de p < 0.001. Cond. = condutividade, Temp. = temperatura, CQO = carência química de oxigénio, O2 = oxigénio, Nitra. = nitratos, Sulf. = sulfatos

	O2 %	Cond.	Temp.	CQO	Nitra.	Sulf.
pH	0.204	0.0166	0.0166	-0.266	0.315	-0.355
	0.493	0.949	0.949	0.372	0.286	0.221
	13	13	13	13	13	13
O2		0.434	0.703	-0.496	0.149	0.418
		0.132	0.00651	0.0813	0.616	0.148
		13	13	13	13	13
Cond.			0.451	-0.159	0.609	**0.845**
			0.116	0.591	0.0254	**0**
			13	13	13	**13**
Temp.				-0.574	0.496	0.344
				0.0391	0.0813	0.236
				13	13	13
CQO					-0.191	-0.186
					0.516	0.528
					13	13
Nitra.						0.431
						0.137
						13
Sulf.						

valor de R
valor de P
nº obser.

À exceção da condutividade (vs. sulfatos), as correlações entre os parâmetros ambientais não foram tão fortes como nos anos anteriores

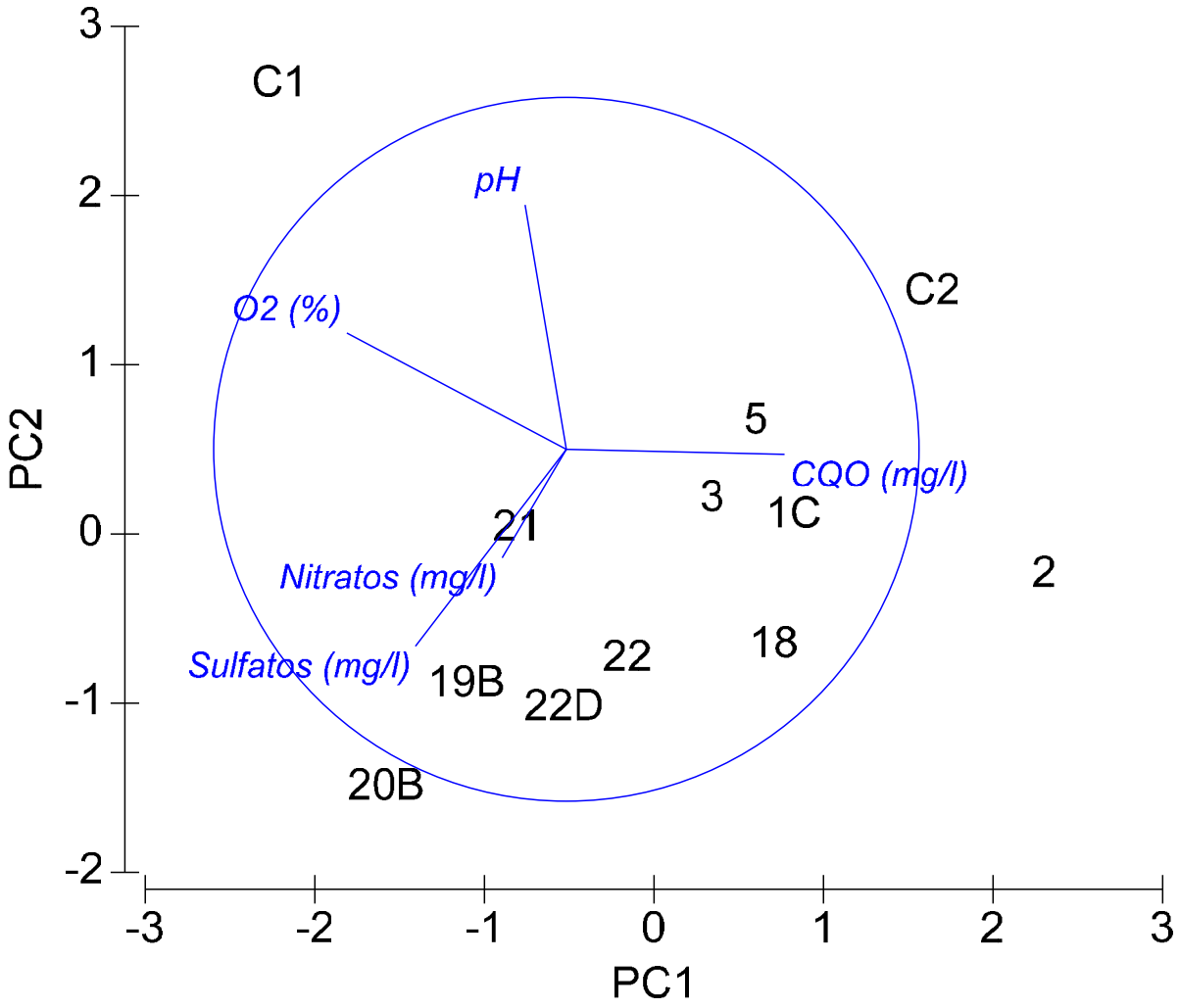


Figura 2.1 - Análise de componentes principais (ACP) para locais na ribeira de Oeiras e Carreiras (dados normalizados).

Os locais a jusante da mina diferem dos restantes por teores elevados de sulfatos e nitratos

2.3. Conclusões sobre a química do ambiente

Como em anos anteriores, a condutividade e os sulfatos (fortemente correlacionados entre si) incrementaram a jusante da mina. Os nitratos também foram superiores a jusante, mas só no inverno.

As variações interanuais podem ser complexas de interpretar porque são baseadas num única amostragem pontual feita durante a campanha de amostragens de invertebrados. Os nitratos foram mais elevados no que em 2014, mas só durante o inverno, sendo observado o oposto (mais elevados em 2013) no verão. No verão os sulfatos foram mais baixos do que em 2013. Finalmente, também no verão, os valores de CQO tem vido a aumentar nos últimos 3 anos.

3. Macroinvertebrados aquáticos

3.1. Introdução

Os macroinvertebrados aquáticos foram amostrados de acordo com os procedimentos padronizados. Foram feitas inspeções adicionais aos sedimentos, no sentido de capturar e anotar a presença de bivalves e gastrópodes. Só foram amostrados (capturados e congelados) alguns exemplares de bivalves nativos para análises de acumulação de metais, mas houve o cuidado de deixar no local a maior parte dos exemplares observados.

Embora tenha havido a tentativa de identificação dos exemplares até ao nível do género (e em alguns casos, a espécie) de efemerópteros tricópteros e plecópteros, muitos exemplares estavam em fases muito juvenis e, por isso, não identificáveis. Para outros organismos (oligochaeta, diptera) a taxonomia é muito mais difícil e, nesses casos, os exemplares foram identificados até ao nível de família.

3.2. Inverno

3.2.1. tipos de taxa

Na campanha de inverno foram capturados cerca 7400 exemplares de macroinvertebrados pertencentes a 53 taxa (Tabelas 3.1 e 3.2). Cerca de 1/3 dos exemplares eram dípteros Simulidae. Estes organismos ocorrem sempre que a água tenha uma corrente elevada e transporte partículas de material orgânico em suspensão. Os Simulidae foram particularmente abundantes em Carreiras 2 (~900 exemplares) e 19B (~550 exemplares). Os Simulidae só não apareceram nas amostras no local RO5. Cerca

de ¼ dos exemplares eram dípteros Orthocladiinae ~800 em RO16, ~450 em RO18 e ~300 em RO19.

3.2.2. Índices Bióticos

Todos os indicadores bióticos sugerem uma diminuição da qualidade ecológica das águas a partir dos locais 14 ou 15. O número de taxa e os valores dos índices bióticos BMWP´e IPtls foram significativamente mais baixos a jusante da mina do que nos locais de referência (Tabela 3.3 e Figuras 3.1 a 3.5). Para os locais situados a jusante da mina. No entanto, dois indicadores de qualidade, o número de taxa e o índice BMWP' foram mais elevados em 2014 do que em 2013.

3.2.3. Análise multivariavel

A ordenação MDS segrega os locais de referência dos restantes. Há duas configurações estatisticamente significativas. (1) A que separa os locais de referência dos restantes e a que separa ainda (2) a que separa os 3 locais mais a jusante da mina dos restantes (Figura 3.6). Os dados indicam um impacto na ribeira, com duas zonas de qualidade, uma que vai do local 14 ao 20B e outra que vai do 20B ao 22D. De notar que o local 14 se encontra na zona de fronteira entre os locais a jusante da mina e os de referência. A análise aglomerativa é consistente com a ordenação, mas faz uma recuperação a partir do local 22 (Figura 3.7).

As configurações das análises multivariáveis foram ditadas grandemente pela distribuição de alguns taxa. Os Orthocladiinae ocorrem tipicamente em grandes números em locais poluídos. Na campanha de inverno de 2014 eles estavam principalmente presentes nos locais 16, 18 e 19 (Figura 3.8). Pelo contrário, os plecópteros, que são organismos característicos de águas sem poluição tiveram uma distribuição oposta: *Isoperla* sp. ocorreu principalmente em 1C, RO1, ROC1 e RO22D (Figura 3.9), *Capnia* sp. ocorreu principalmente em todos os locais a montante da mina, no RO14 e no C2 (Figura 2.10) e *Nemoura* sp. foi mais abundante nos locais de referência, mas esteve ausente dos RO15, RO16, RO18 e RO22D (Figura 3.11).

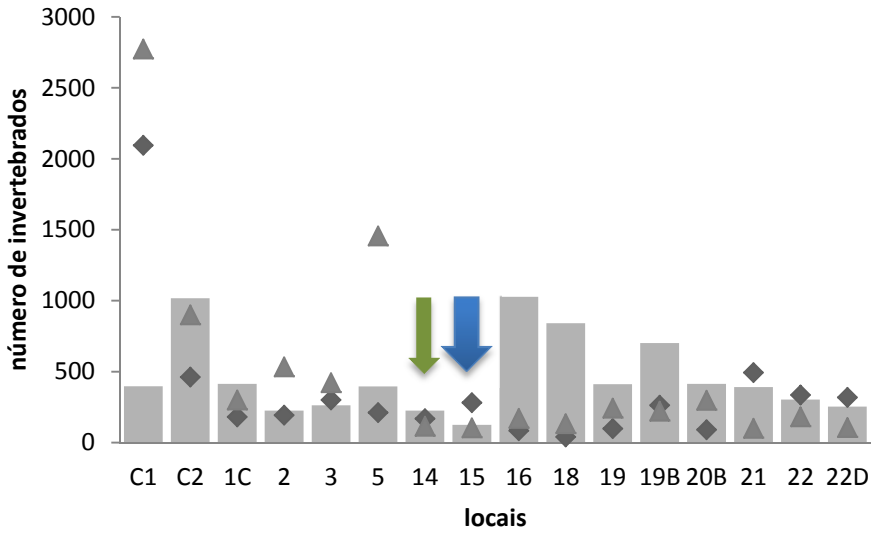


Figura 3.1 - Número de macroinvertebrados recolhidos nos locais de amostragem das ribeiras de Oeiras e Carreiras em fevereiro de 1014. As setas indicam a entrada do efluente na Ribeira de Oeiras (azul) e o local anteriormente usado para descarga (verde). Os losangos indicam os valores de 2012 e os triângulos os valores de 2013.

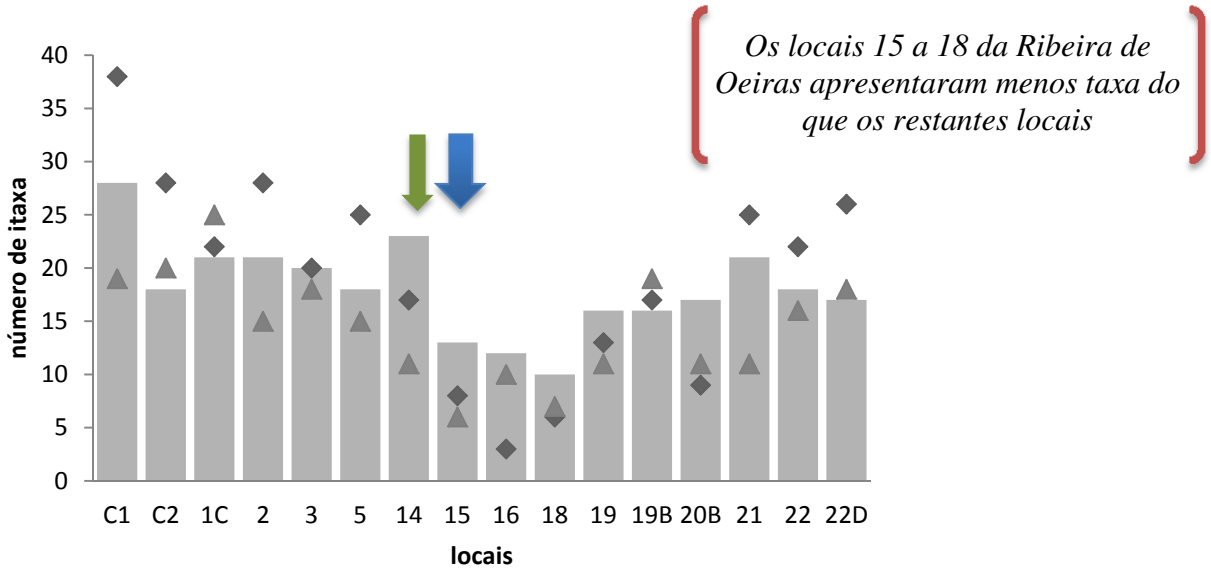


Figura 3.2 - Número de taxa de macroinvertebrados recolhidos nos locais de amostragem das ribeiras de Oeiras e Carreiras (barras). As setas indicam a entrada do efluente na Ribeira de Oeiras (azul) e o local anteriormente usado para descarga (verde). Os losangos indicam os valores de 2012 e os triângulos os valores de 2013.

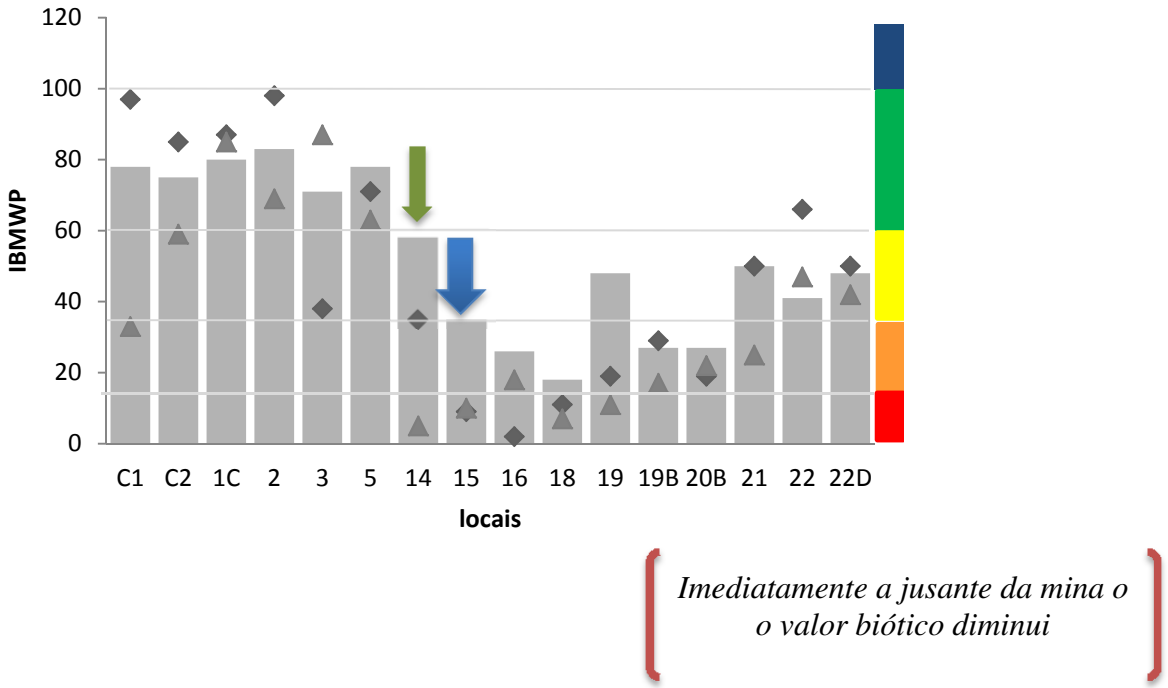


Figura 3.3 - Valores do índice IBMWP (Iberian Biological Monitoring Working Programme, modificado) nas Ribeiras de Carreiras (C1 e C2) e Oeiras (restantes). As setas indicam a entrada do efluente na Ribeira de Oeiras; maioritariamente pelo local 15. Estão indicados os dados de 2012 (losangos) e 2013 (triângulos). A barra lateral indica a classe de qualidade das águas (boa, aceitável, duvidosa, crítica e muito crítica).

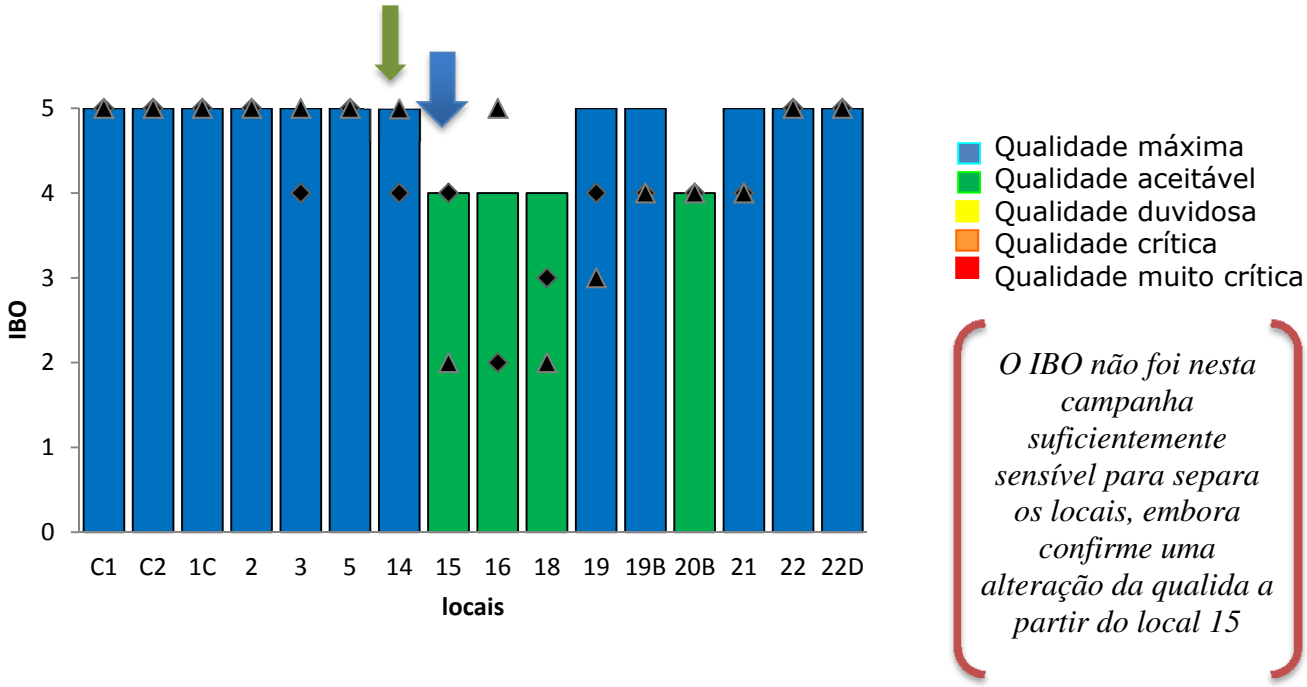


Figura 3.4 - Valores do índice IBO (índice para a Ribeira de Oeiras) para as ribeiras de Carreiras (C1 e C2) e de Oeiras (restantes) em fevereiro de 2014. As setas indicam a entrada tradicional do efluente, maioritariamente pelo local 15. Estão indicados os dados de 2012 (losangos) e 2013 (triângulos). As cores indicam as classes de qualidade.

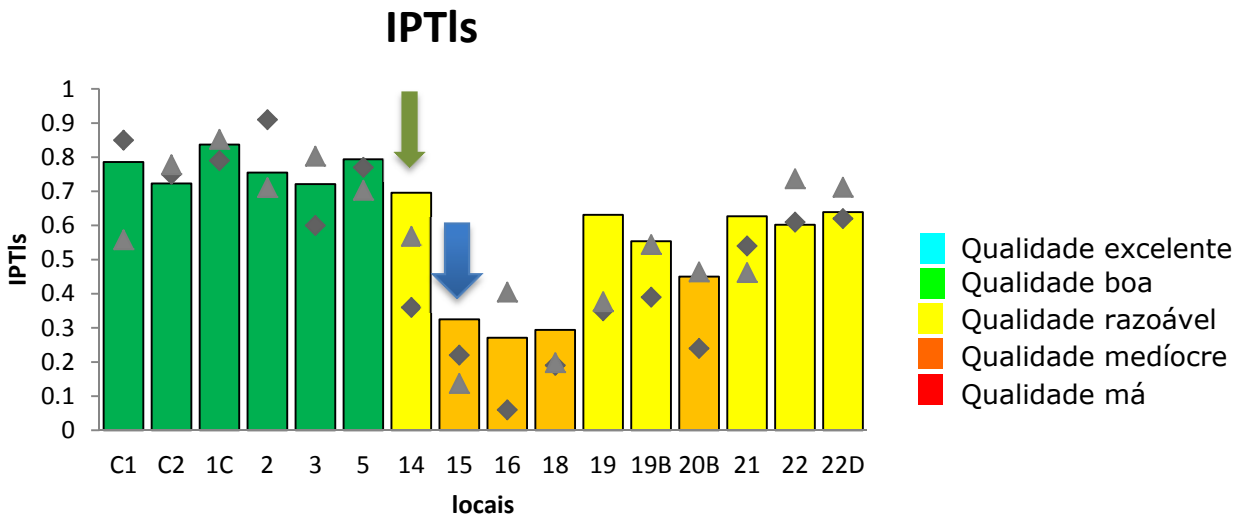


Figura 3.5 - Qualidade biológica das águas das ribeiras de Carreiras (C1 e C2) e Oeiras (restantes) de acordo com o índice biótico IPtIs (INAG) em fevereiro de 2014. As setas indicam a entrada tradicional do efluente, maioritariamente pelo local 15. Estão indicados os dados de 2012 (losangos) e 2013 (triângulos). As cores indicam as classes de qualidade.

O IPTIs indica que a jusante da mina, a qualidade biológica das águas diminuem

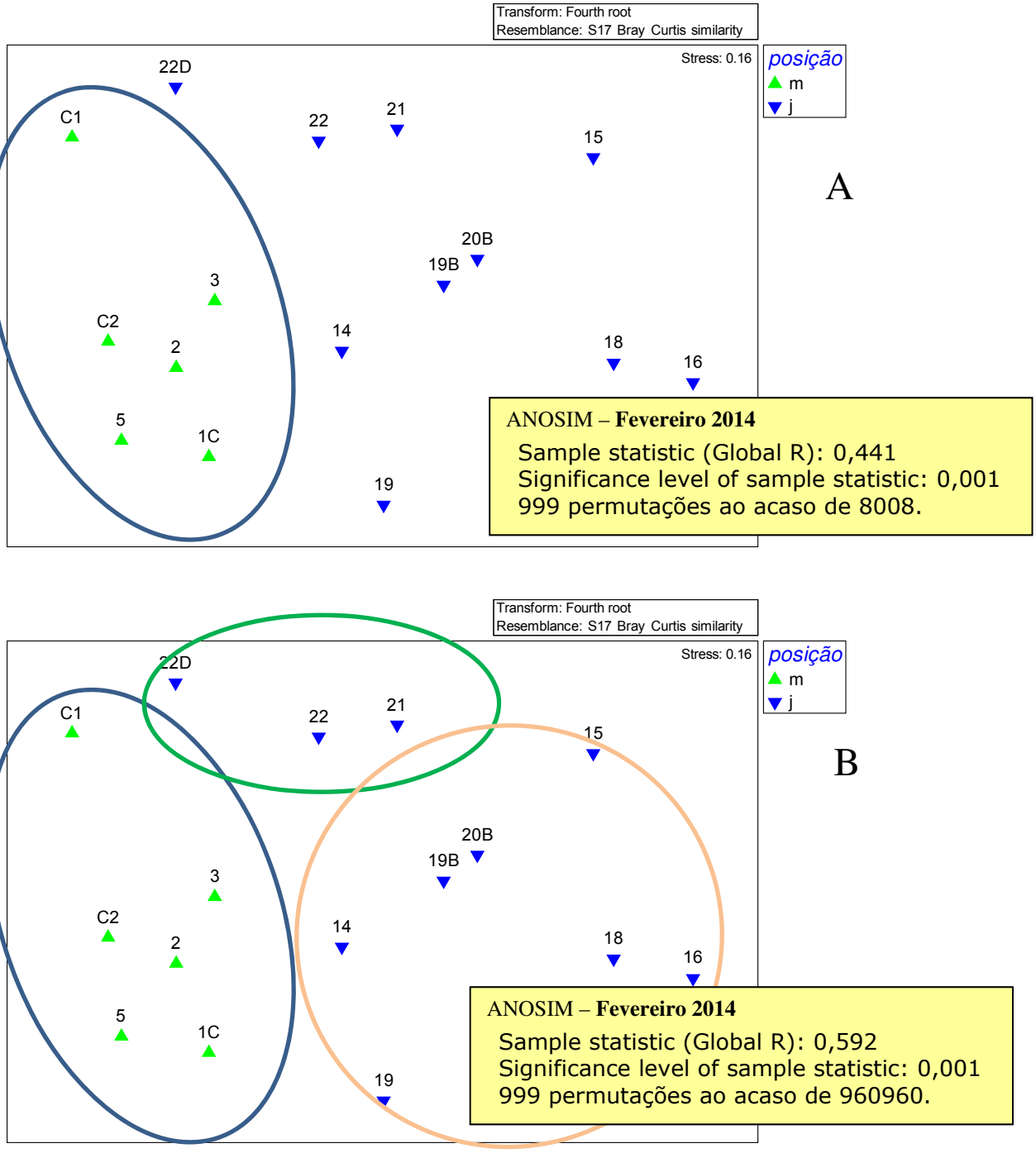


Figura 3.6 - Análise MDS das comunidades biológicas das ribeiras de Oeiras e Carreiras (coeficiente de similaridade de Bray-Curtis; transformação por dupla raiz quadrada das abundâncias (Fevereiro de 2014). (A) Parâmetros estatísticos de comparações de locais de referência e locais a jusante da mina. (B) Parâmetros estatísticos de comparações entre 3 grupos de locais, considerando recuperação em 21 a 22D (ANOSIM).

A ordenação MDS sugere diferenças significativas taxonómicas entre locais de referência e os amostrados a jusante da mina (P=0,001) com alguma recuperação a partir lo local 21.

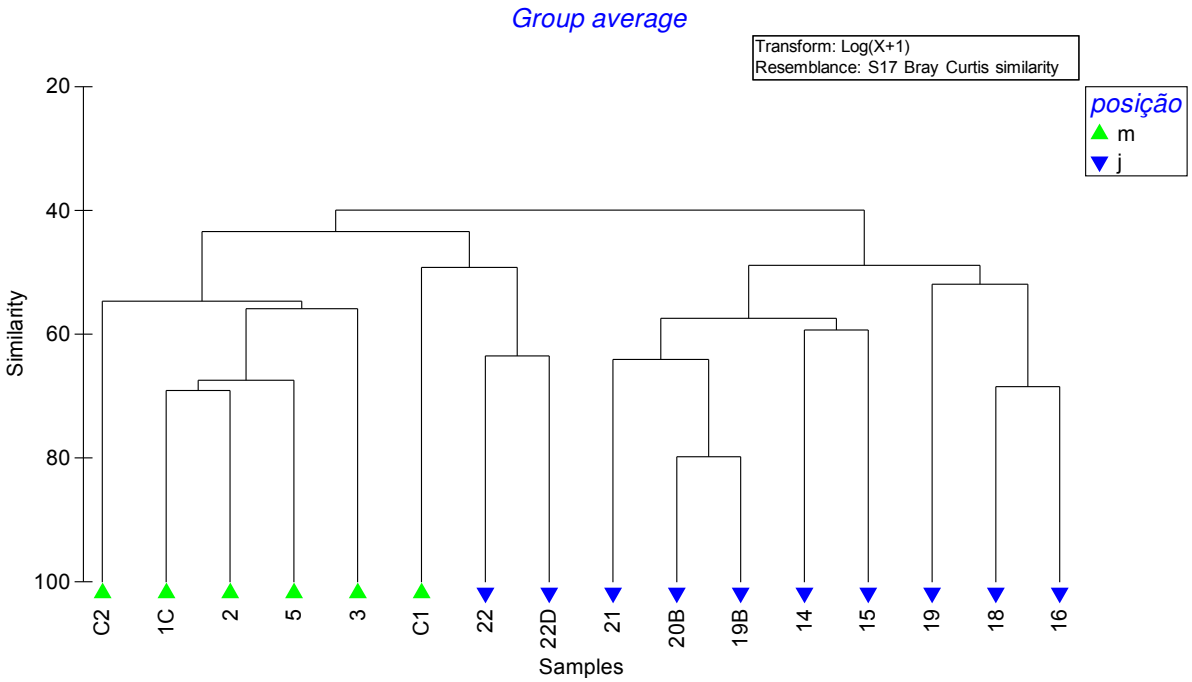


Figura 3.7 – Análise aglomerativa (Group Average: coeficiente de similaridade de Bray-Curtis; transformação por log (x+1) das abundâncias) para fevereiro de 1014. Os locais de referência estão assinalados a verde.

A análise aglomerativa sugere um impacto a partir lo local 14 (inclusive) com recuparação provável a partir do local 22

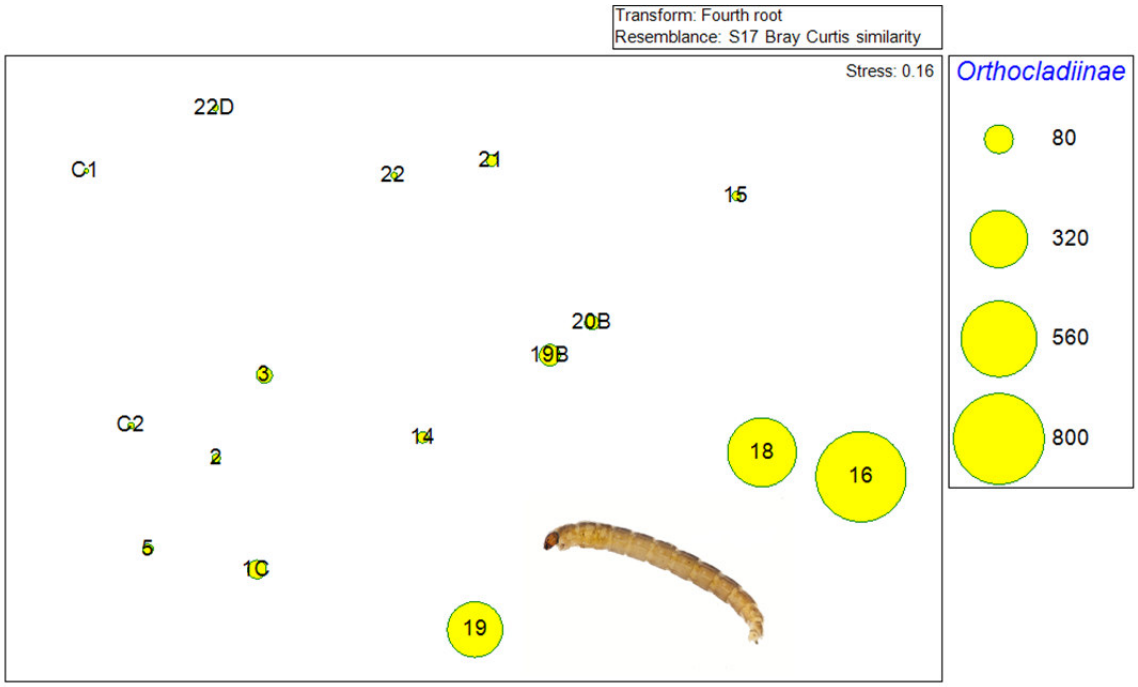


Figura 3.8 – Distribuição dos Orthocladiinae sobrepostas à ordenação MDS.

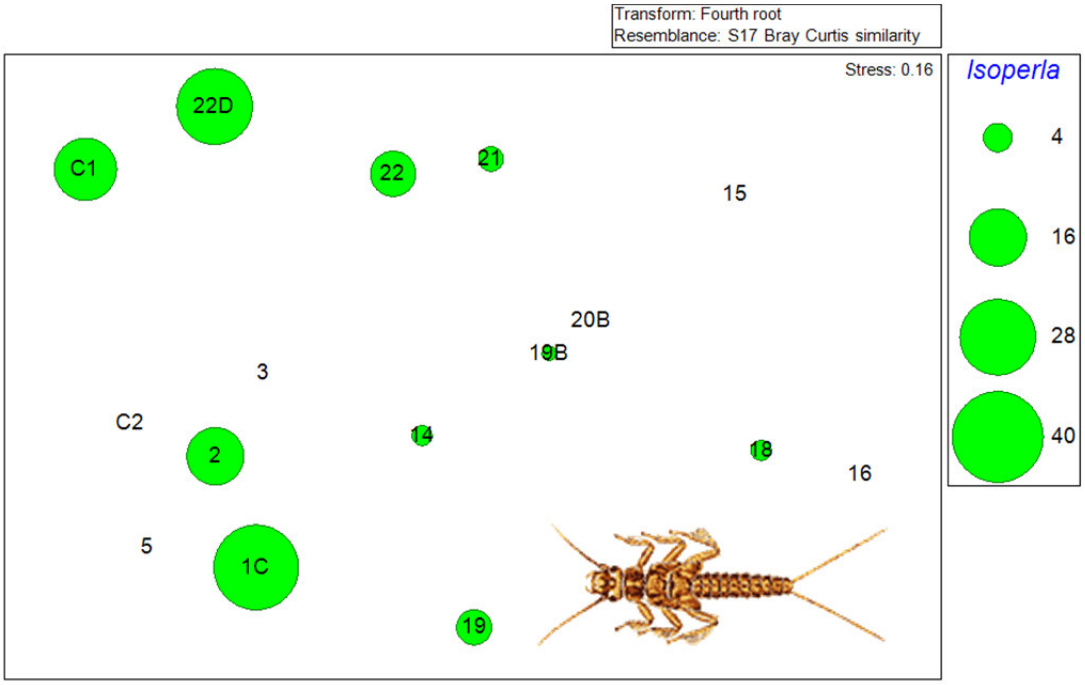


Figura 3.9 – Distribuição de *Isoperla* sp. (indicador de boa qualidade) sobrepostas à ordenação MDS.

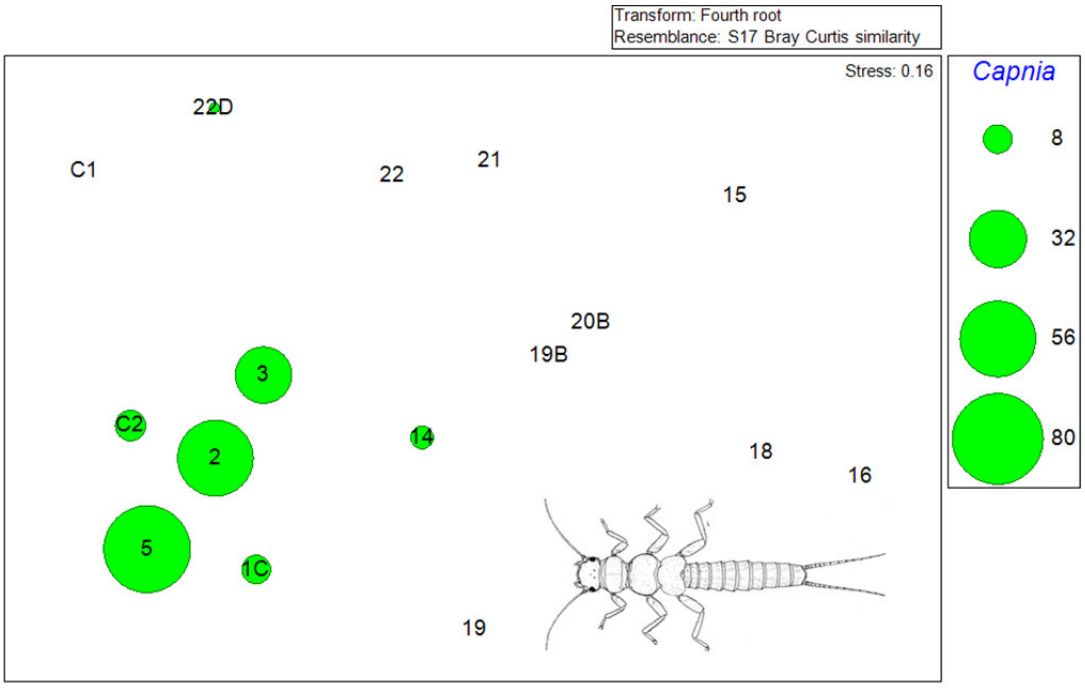


Figura 3.10 – Distribuição de *Capnia* sp. (indicador de boa qualidade) sobrepostas à ordenação MDS.

.

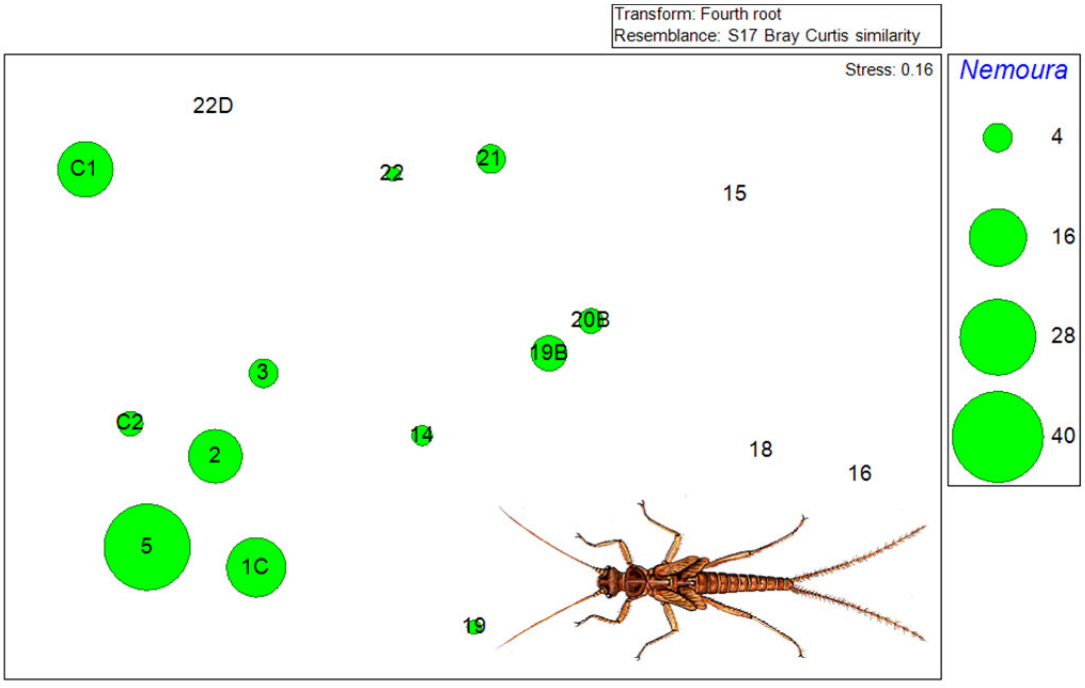


Figura 3.11 – Distribuição de *Nemoura* sp. (indicador de boa qualidade) sobrepostas à ordenação MDS.

.

Tabela 3.1 - Macroinvertebrados recolhidos nos locais de estudo situados nas ribeiras de Oeiras e de Carreiras em fevereiro de 2014.

Classe/Ordem	Família	Sub-família/Género/Espécie	C1	C2	1C	2	3	5	14	15	16	18	19	19B	20B	21	22	22D
Oligochaeta	**Lumbricidae**		1			4												
	Naididae										20							
	Tubificidae		20			6	1					91				1		
Hirudinea	**Erpobdellidae**	*Erpobdella*													1			
Gastropoda	**Physidae**	*Physa acuta*	3	5					5	19			1			5		
	Ancylidae	*Ancylus fluviatilis*	4	11		5	6	1	2								3	
	Lymnaeidae	*Lymnaea*	1															
Arachnida (Hydracarina)			12	1		1	1		2							1		
Crustacea	**Atyidae**	*Atyaephyra desmarestii*	9													6	3	2
Ephemeroptera	**Baetidae**	*? (juvenis)*	28	7	51	27	25	73	33	9	51	66	17	42	63	11	13	16
		Baetis	14	2	55	18	6	44	8	1	60		14	11	4	2	4	3
		Cloeon		1		5	7	10	1									
		Procloeon		1														
	Caenidae	*Caenis luctuosa*	98	7	1	4	56	4	3	3				1	2	77	57	165
	Leptophlebiidae	*Choroterpes picteti*		20	5	6	70						10				1	4
		Thraulus bellus	1															
		Habrophlebia	3															
	Ephemerellidae	*Ephemerella*	2		134	16		33	2				4					
	Siphlonuridae	*Siphlonurus*																4
	Heptageniidae	*Ecdyonurus*		3	10	6	5	18	5				16					
Plecoptera	**Capniidae**	*Capnia*		9	8	56	31	73	5									1
	Perlodidae	*Isogenus*																
		Isoperla	19		35	16			2			2	6	1		3	10	28
		Perlodes	3	11	1			23									1	3
	Nemouridae	*Nemoura*	15	3	17	14	4	36	2				1	6	3	4	1	

	Taeniopterygidae	*Rhabdiopteryx*						5						1			1		
	Leuctridae	*Leuctra*														1			
Odonata	**Aeshnidae**	*Boyeria irene*	1													1			
	Coenagrionidae	*Ischnura*					1		13	32	6	27		17	18	6	1		
		Erythromma	1																
	Cordulegasteridae	*Cordulegaster bolboni*					5		7	13	10								
Heteroptera	**Corixidae**	*Micronecta*	69				4			2				16	7	6			
		Parasigara / Sigara (♀)									2								
	Hydrometridae	*Hydrometra stagnorum*						1											
	Naucoridae	*cf Naucoris*													2				
Coleoptera	**Gyrinidae**	*Gyrinus*							3				1		1		1		
	Dytiscidae	*Laccophilus*		2	2	5	3		5	10			1	2	2				
		Stictonectes	1																
		Dytiscus							3										
	Elmidae	*Oulimnius*	56	2	10			16	1					1	1				
Trichoptera	**Hydroptilidae**	*Orthotrichia*																	1
		Stactobia			2														
		Hydroptila			2														
	Hydropsychidae	*Hydropsyche*														1			
Diptera	**Ceratopogonidae**		5	1	1	2	2	1	2				1		2		12	8	
	Empididae												10						
	Limoniidae		4	35	33	17	3	25						1		2		9	
	Rhagionidae		2																
	Simuliidae		5	892	5	7		19	94	25	33	128	15	556	284	246	189	2	
	Tabanidae									1	1				2	2	1		
	Chironomidae	Tanypodinae			5	1	4		1		10	1		1		1		1	
		Orthocladiinae	2	4	34	7	25	11	12	8	791	462	298	44	20	13	4	4	
		Chironomini	18		3	2	4	3	14	2	43	64	16	1	2	2	1	3	

Tabela 3.2 – Número total de macroinvertebrados (N), número total de *taxa* (T), índices biótico IBMWO, IBO e $IPtI_s$ para os locais amostrados nas ribeiras de Oeiras e Carreiras em Fevereiro de 2014.

Fevereiro	C1	C2	1C	2	3	5	14	15	16	18	19	19B	20B	21	22	22D
N	397	1017	414	225	263	396	225	125	1027	841	411	701	414	391	303	254
T	28	18	21	21	20	18	23	13	12	10	16	16	17	21	18	17
BMWP'	78	75	80	83	71	78	58	35	26	18	48	27	27	50	41	48
IBO	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	5	5	5
IPtIs	0.79	0.72	0.84	0.76	0.72	0.79	0.70	0.33	0.27	0.29	0.63	0.55	0.45	0.63	0.60	0.64

Tabela 3.3 – Comparações de valores biológicos (macroinvertebrados) a montante e jusante da mina. Utilizou-se o teste estatístico t (t) quando a distribuição era normal e o não paramétrico de Mann-Whitney (U) quando os valores não eram conformes com a distribuição normal. É indicado o valor probabilístico (p) e os locais com valores significativamente mais elevados. Número total de macroinvertebrados (N), número total de *taxa* (T), índices biótico IBMWO, IBO e $IPtI_s$ para os locais amostrados nas ribeiras de Oeiras e Carreiras.

Inverno 2014

Parâmetro	teste	t/U	p	Comparação
N	U	37,5	0,560	
T	t	3,346	0,007	Referência > Jusante
IBMWP	t	7,493	<0,001	Referência > Jusante (2x)
IBO	U	17,5	0,057	
IPtIs	U	0.00	0,001	Referência > Jusante

Tabela 3.4 – Comparações de valores biológicos (macroinvertebrados) para locaisa jusante da mina, obtidos em 2014 e 2013. Teste estatístico t (t), valor probabilístico (p) e os anos com valores significativamente mais elevados (com as médias entre parênteses). Número total de *taxa* (T), índices biótico IBMWO, IBO e $IPtI_s$ para os locais amostrados nas ribeiras de Oeiras e Carreiras.

Inverno 2014

Parâmetro	teste	t	p	Comparação
T	t	2,561	0,037	2014 > 2013 (16 vs. 12)
IBMWP	t	3,077	0,015	2014 > 2013 (36 vs. 22)
IBO	t	2,135	0,065	
IPtIs	t	0.0831	0,430	

Dois inicadores de qualidade foram melhores em 2014 do que em 2013

3.3. Verão

3.3.1.Tipos de taxa

Os locais 14 a 16 não foram amostrados pelo fato do rio estar seco nesta época. Alguns locais apresentaram uma fauna peculiar. Por exemplo, quase todos os anelídeos Tubificidae (associados material orgânico e pouco oxigénio) se encontravam no local 18. Quase todos os caracóis *Physa acuta* (consumidores de algas aderidas a pedras e vegetação submersa) se encontravam no mesmo local (Tabela 3.5). Neste mesmo local e no C2 abundavam os ácaros aquáticos, normalmente mais abundantes nos sedimentos. Também no local 18 os coleópteros *Berosus* foram muito numerosos. Já, um pouco mais abaixo, no local 19 os *Berosus* foram substituídos pelos *Laccobius.* O Local C2 apresentou um número elevadíssimo de efemerópteros *Choroterpes picteti* e *Thraulus bellus* (ambos Leptoflebídeos).

Foram amostrados 4500 exemplares (~5000 em setembro de 2013) e 51 taxa (68 em setembro de 2013; Tabela 3.6; Figuras 3.12 e 3.13). O número de taxa foi significativamente superior a jusante da mina do que nos locais de referência (Tabela 3.7). Para isso terão contribuído as condições de estiagem forte observadas nos locais 1C a 3, onde foram registados unicamente entre 6 e 8 taxa.

3.3.2. Índices bióticos

Os 3 índices bióticos apresentaram valores baixos e com um padrão inverso ao esperado numa situação de poluição (Tabelas 3.6 e 3.7; Figuras 3.14 a 3.16). Tanto o índice IPtls como o IBMWP foram mesmo significativamente mais altos a jusante da mina. Para este resultado devem ter contribuído as já indicadas condições de estiagem extrema dos 1C a 5, o que é bem indicado pelo índice IBO.

3.3.3. Análise multivariavel

Os dados de abundância de invertebrados foram submetidos a uma análise de similaridade (dupla transformação de raiz quadrada), seguidas de uma ordenação MDS (999 permutações) e análise aglomerativa (cluster UPGMA) e testes de ANOSIM para determinar diferenças entre grupos. De acordo com a composição faunística, os locais de referência e os localizados a jusante da mina são significativamente diferentes (Figuras

3.17 a 3.19; ANOSIM, p = 0.002). Este padrão é consistente com uma alteração nas condições biológicas a jusante da mina.

Estes dados analisados em consumpto com os dos índices bióticos não sugerem ter havido necessariamente um empobrecimento das condições. Numa projeção de similaridades, os locais de referência apresentaram uma baixa similaridade entre si e só os locais 22 e 22D se encontram dentro dos valores de erro padrão dos locais de referência, sugerindo uma recuperação total (Figura 3.20). Os locais 15 a 19 são muito diferentes dos de referência e por isso podem ser classificados como perturbados.

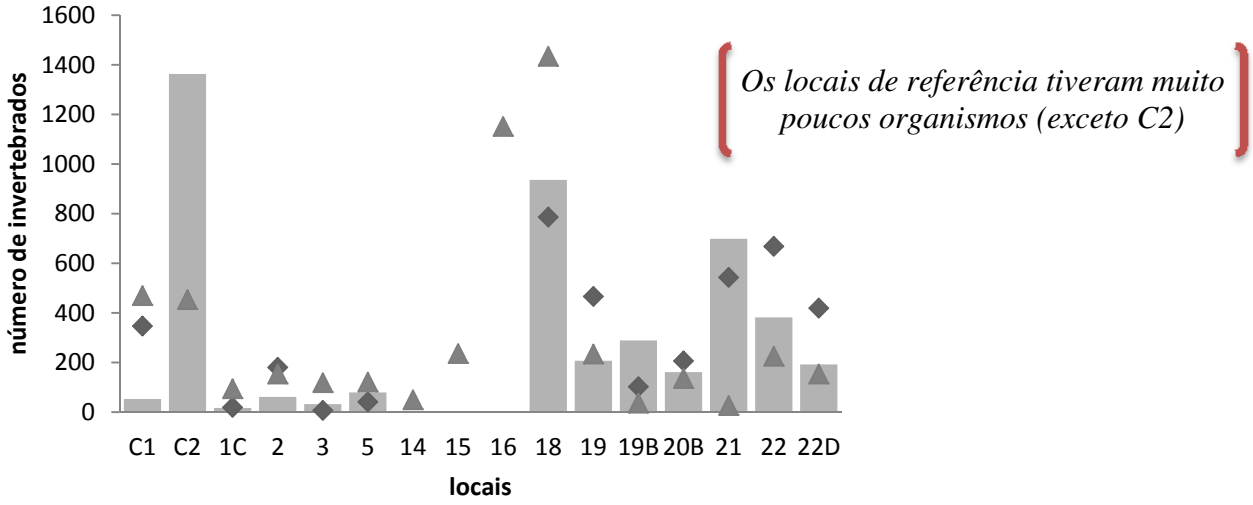


Figura 3.12 - Número de macroinvertebrados recolhidos nas ribeiras de Oeiras e Carreiras (barras) em setembro de 2014. Os locais 14 a 16, imediatamente a jusante da mina, estavam secos. Para efeitos comparativos são mostrados os valores de 2012 e 2013 (losangos e triângulos).

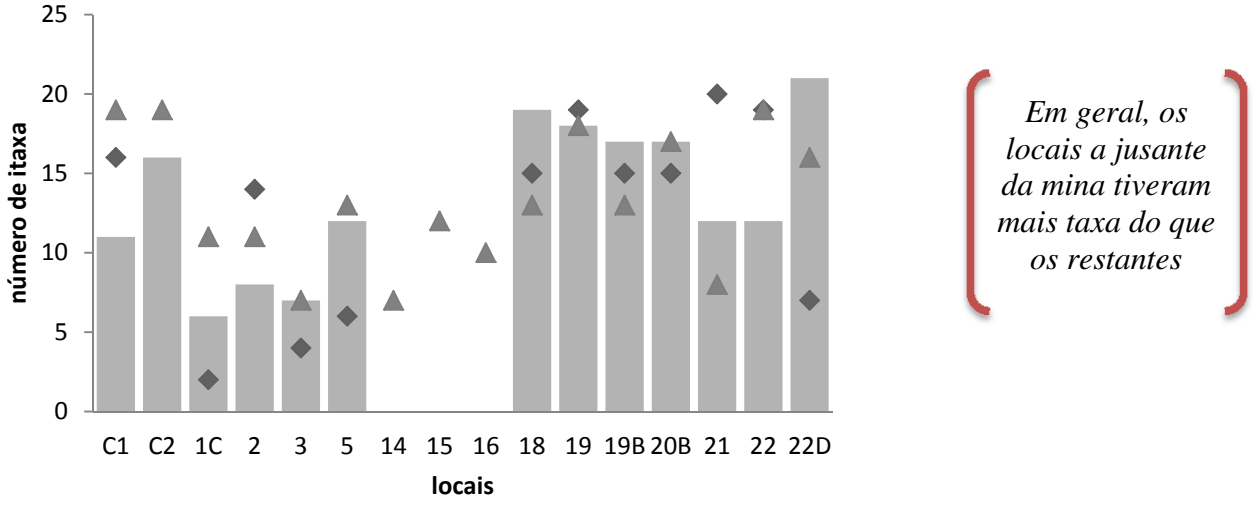
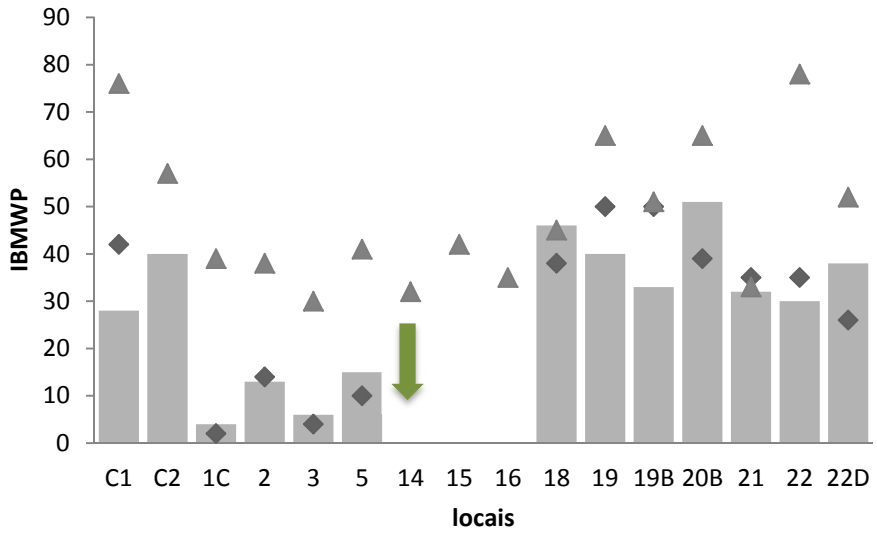
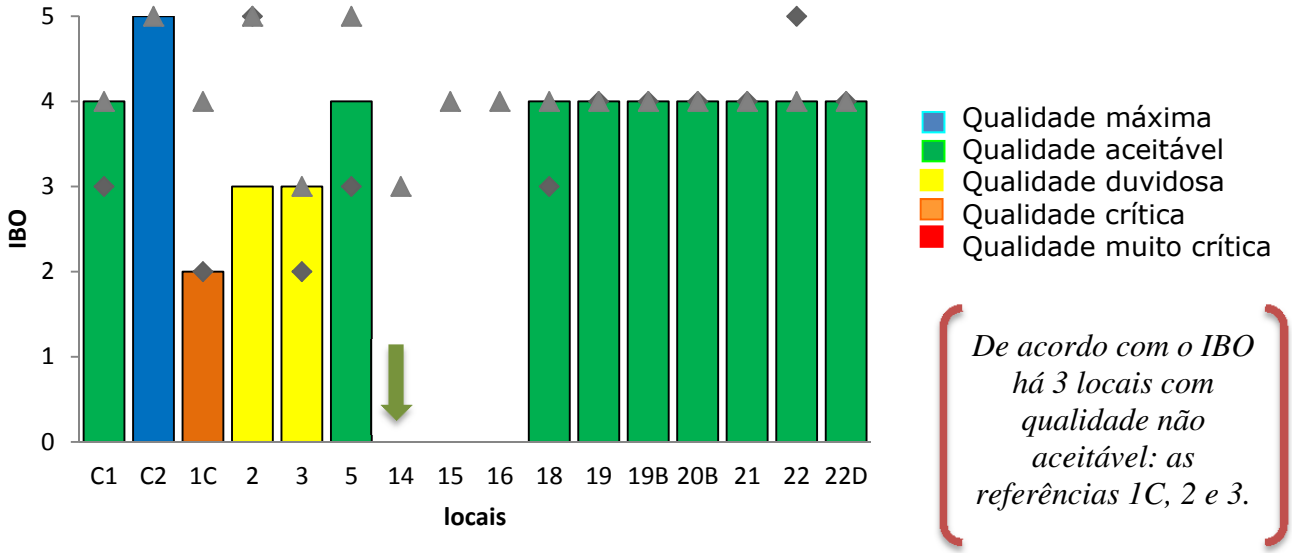


Figura 3.13 - Número de taxa de macroinvertebrados nas ribeiras de Oeiras e Carreiras (barras) e, como referência, os valores de 2012 e 2013 (losangos e triângulos).



O índice IMBWP foi baixo em toda a ribeira, mas significativamente mais baixo nos locais de referência

Figura 3.14 - Valores do índice IBMWP (Iberian Biological Monitoring. Working Programme, modificado) nas Ribeiras de Carreiras (C1 e C2) e Oeiras (restantes). As setas indicam o local onde entra o efluente (zero descarga durante as amostragens) na Ribeira de Oeiras; os triângulos e losangos indicam os valores dos dois últimos anos.



De acordo com o IBO há 3 locais com qualidade não aceitável: as referências 1C, 2 e 3.

Figura 3.15 - Valores do índice IBO (índice para a Ribeira de Oeiras) para as ribeiras de Carreiras (C1 e C2) e de Oeiras (restantes) em setembro de 2014. A seta indica onde costuma entrar o efluente (zero descarga durante as amostragens) Para termos comparativos, os símbolos assinalam os valores de 2012 e 2013.

De acordo com o IPtIs *a qualidade das águas da ribeira de Oeiras é medíocre, independentemente da localização da mina. Os dois piores locais estão localizados a montante da mina*

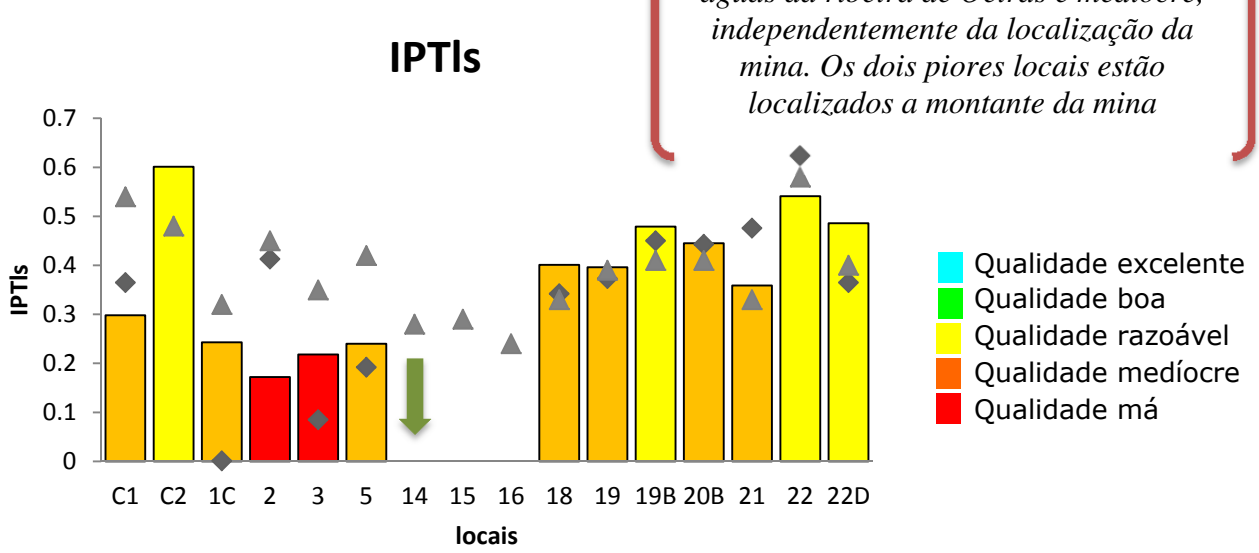


Figura 3.16 - Qualidade biológica das águas das ribeiras de Carreiras (C1 e C2) e Oeiras (restantes) de acordo com o índice biótico IPtIs (INAG) em setembro de 2014. A seta indica a entrada tradicional do efluente (emissão zero durante as amostragens). Para termos comparativos os símbolos assinalam os valores de 2012 e 2013.

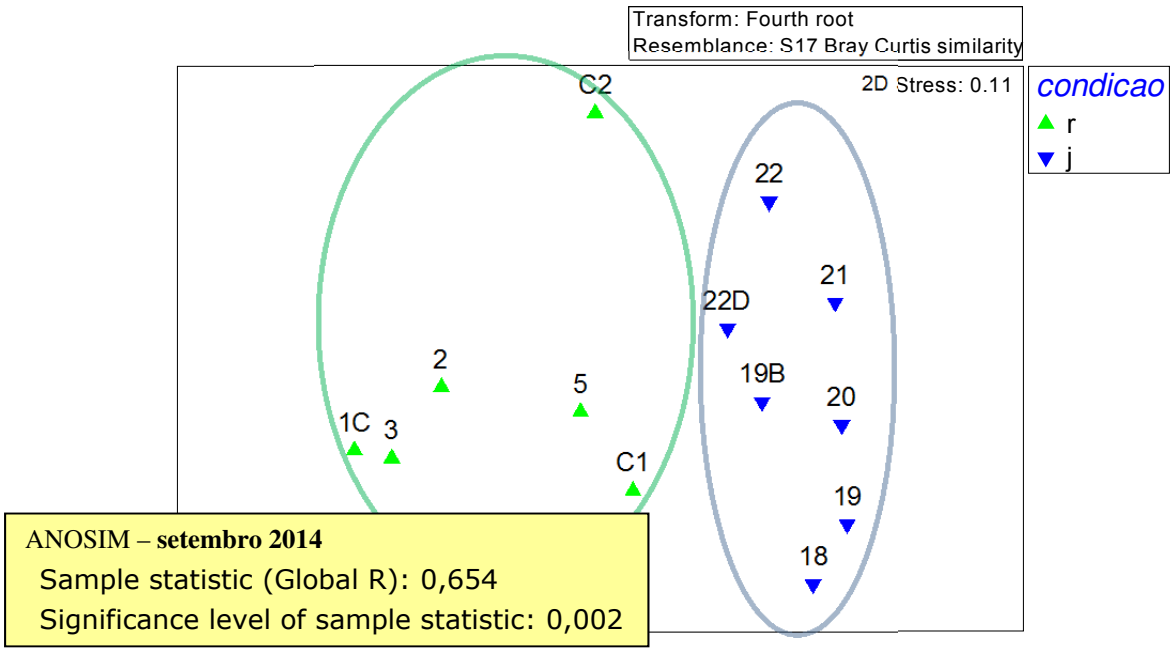


Figura 3.17 - Análise MDS das comunidades biológicas das ribeiras de Oeiras e Carreiras (coeficiente de similaridade de Bray-Curtis; transformação por dupla raiz quadrada) das abundâncias (Setembro de 2014). Parâmetros estatísticos de comparações de locais de referência e locais a jusante da mina (ANOSIM). Foram definidos 2 grupos de locais, os de referência (r, verdes) e os localizados a jusante da mina (j, azuis).

A fauna dos locais de referência é significativamente diferente da los locais a jusante da mina. O local C2 na ribeira de Carreiras está próximo dos 21 a 22 da ribeira de Oeiras o que pode indicar um caso típico de variação longitudinal, em que a segregação acima indicada nada tem a ver com a posição da mina na ribeira de Oeiras

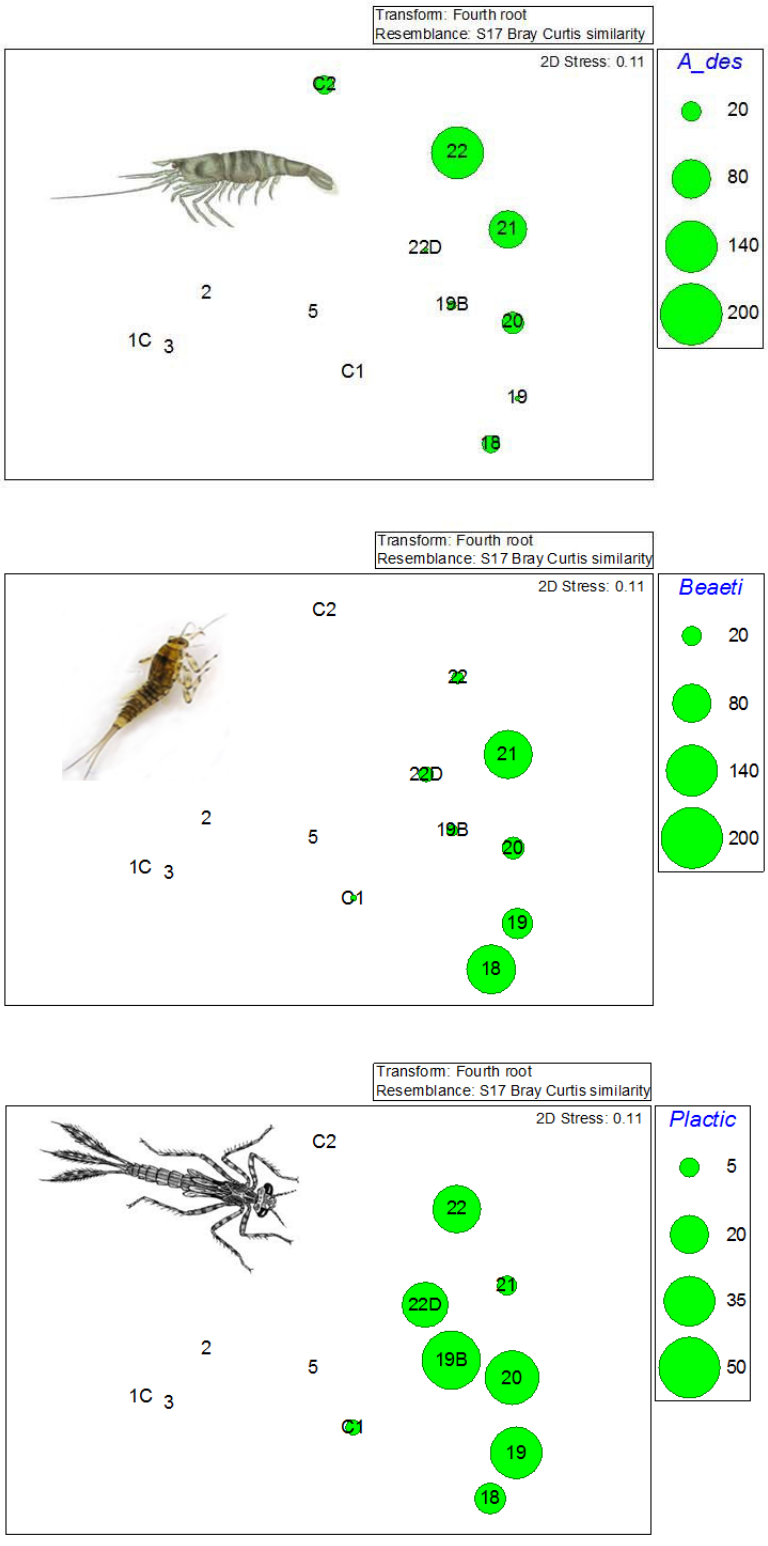


Figura 3.18 - Distribuição preferencial de 3 taxa na zona de amostragens; o camarão de rio *Atyaephira desmaresti,* (encontrado principalmente entre a vegetação), o efeméróptero do género *Baetis* e o predador *Platycnemis.*

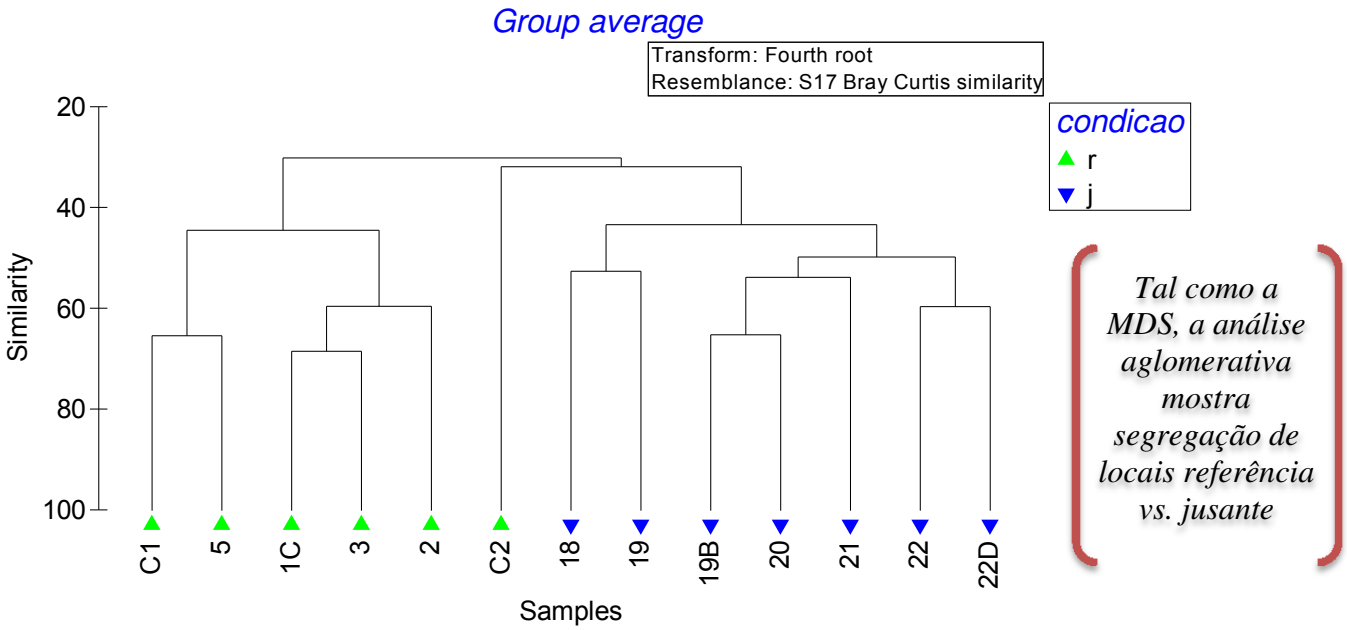


Figura 3.19 - Análise aglomerativa (Group Average: coeficiente de similaridade de Bray-Curtis; transformação dupla raiz quadrada das abundâncias) para dados se setembro de 2014. Os locais de referência estão assinalados a verde.

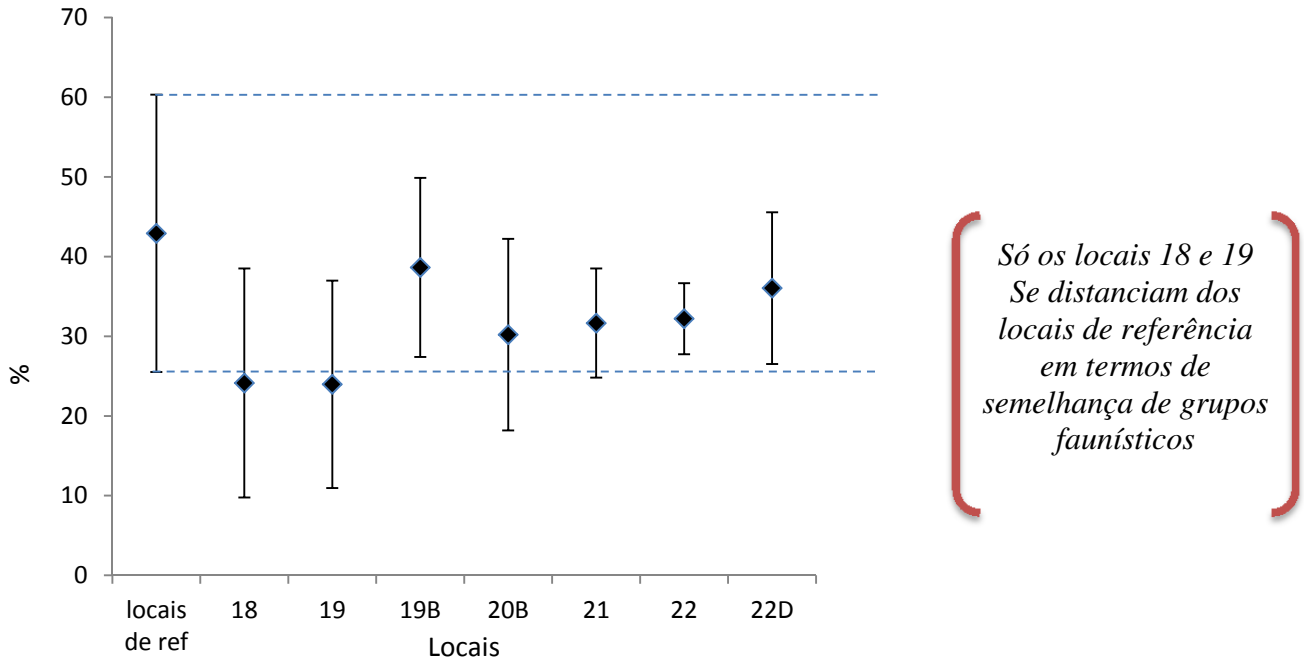


Figura 3.20 - Comparação dos valores de similaridade média entre todos os pares de locais de referência (locais de ref) e a similaridade média entre cada local a jusante da mina e os de referência. Médias e erro padrão. As linhas azuis projetam o erro padrão dos locais de referência sobre os restantes locais. Estes dados não estão sujeitos a qualquer análise estatística e foram usados para visualmente observar o desvio dos locais 18 e 18

Tabela 3.5 - Macroinvertebrados recolhidos nos locais de estudo situados nas ribeiras de Oeiras e de Carreiras (C1 e C2) em Setembro de 2014

Classe/Ordem	Família	Sub-família/Género/Espécie	C1	C2	1C	2	3	5	18	19	19B	20	21	22	22D	total
Oligochaeta	**Enchytraeidae**									1						1
	? (secções de animais)								7							7
	Lumbricidae														1	1
	Tubificidae		4					8	175				2			189
Gastropoda	**Physidae**	*Physa acuta*	3					1	267	24	2	2				299
	Ancylidae	*Ancylus fluviatilis*		2												2
		Theodoxus fluviatilis					3						12			15
Bivalvia	**Corbiculidae**	*Corbicula fluminea*												5	5	10
	Unionidae				3	3	3	3						3	3	18
Arachnida (Hydracarina)			6	209		27	1	21	106	2	2				2	376
Crustacea	**Atyidae**	*Atyaephyra desmarestii*		18					16	1	4	25	75	143	1	283
	Cambaridae	*Procambarus clarkii*			5	1	2									8
Ephemeroptera	**Baetidae**	*? (juvenís; brânquias partidas)*	2						129	50	7	26	125	8	12	359
	Caenidae	*Caenis luctuosa*	7	643	7	3	16	24		15	194	9	359	161	85	1523
	Leptophlebiidae	*Choroterpes picteti*		200										27	1	228
		Thraulus bellus		263												263
Odonata	**Coenagrionidae/Plactynemidae** (perdeu lamelas caudais!)								2			5				7
	Aeshnidae	*Boyeria irene*										2				2
	Coenagrionidae	*Ischnura?*							2			4		1	8	15
	Gomphidae	*Gomphus*		9					1		9	7			3	29
	Plactynemidae	*Platycnemis*	3						11	36	46	35	5	31	29	196
	Cordulegasteridae	*Cordulegaster bolboni*	13					1	21	21	2	5			29	92
Heteroptera	**Corixidae**	*Micronecta*		2		6		1	29	7	9	3	107		1	165
	Gerridae	*Gerris*							1		1					2

	Naucoridae							12			1			1	14
	Veliidae							27	4						31
		exemplar não identificado	1							1					2
	Notonectidae							5	11						16
	Pleidae	*Plea*						2	1						3
Coleoptera	**Hydrophilidae**	*Berosus*							26						26
		Helochares								1	1				2
		Coelostoma												1	1
		sp 1		2											2
		sp 2		1											1
	Dytiscidae	*Laccophilus*		3				111			1				115
		Bidessus minutissimus		1											1
		Hydroporus (adulto)							2						2
		Yola bicarinata							2			1			3
	Hydraenidae	*Limnebius*		1											1
		Ochthebius		1											1
	Haliplidae	*Peltodytes rotundatus*									3				3
		Haliplus	1												1
Trichoptera	**Leptoceridae**	*Mystacides*								1					1
	Polycentropodidae	*Plectrocnemia*											1		1
	Ecnomidae	*Ecnomus*			1					1		3			5
Diptera	**Ceratopogonidae**						3		1		1	1		2	8
	Culicidae								2					1	3
	Chironomidae	Tanypodinae	1				3	2	1	3	6	3			19
		Tanytarsini		1		1	1			1					4
		Chironomini	12	7	1	20	7	13	10		5	25	6	2	5		113
	diptera não identificado														2		2

Tabela 3.6 - Número total de macroinvertebrados (N), número total de *taxa* (T) e índices bióticos IBMWO, IBO e $IPtI_s$ para os locais amostrados nas ribeiras de Oeiras e Carreiras (C1 e C2) em Setembro de 2014.

	C1	C2	1C	2	3	5	18	19	19B	20B	21	22	22D
N	53	1363	17	61	32	79	936	207	289	161	699	382	192
T	11	16	6	8	7	12	19	18	17	17	12	12	21
IBO	4	5	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
IBMWP	28	40	4	13	6	15	46	40	33	51	32	30	38
IPtIs	0.298	0.601	0.243	0.172	0.218	0.24	0.401	0.396	0.479	0.445	0.359	0.541	0.486

Tabela 3.7 - Comparações de valores biológicos (macroinvertebrados) a montante e jusante da mina. Utilizou-se o teste estatístico t (t) quando a distribuição era normal e o não paramétrico de Mann-Whitney (U) quando os valores não eram conformes com a distribuição normal. É indicado o valor probabilístico (p) e os locais com valores significativamente mais elevados. Número total de macroinvertebrados (N), número total de *taxa* (T), índices biótico IBMWO, IBO e $IPtI_s$ para os locais amostrados nas ribeiras de Oeiras e Carreiras.

Verão 2014

Parâmetro	teste	t/U	p	Comparação
N	U	28	0,051	
T	t	6,571	0.007	Referência < Jusante (10 vs. 17)
IBMWP	t	3,434	0,006	Referência < Jusante (18 vs. 39)
IBO	U	28	0,366	
IPtIs	t	0,149	0,040	Referência < Jusante (0,30 vs. 0,44)

Os valores dos índices bióticos não diferiram entre os locais de referência e os localizados a jusante da mina

3.4. Conclusões sobre os macroinvertebrados

Para o período de Inverno

1. A ribeira de Oeiras continua a denotar problemas que manifestam em diminuição no número de taxa e substituição de taxa intolerantes por taxa tolerantes à poluição.
2. Consistentemente, os índices bióticos apontam para deterioração das condições a jusante do local 15.
3. Também e de forma consistente, as ordenações (MDS) e classificações (cluster) apontam para alterações a partir do local 14 com (cluster) ou sem (MDS) recuperação.

Para o período de verão

4. As condições ambientais e biológicas em 2014 indicam uma situação de estio extrema no período de amostragens.
5. A análise multivariavel mostra que a fauna a jusante da mina difere significativamente da dos locais de referência.
6. Os índices bióticos, mostram que as condições a jusante, não sendo boas, foram melhores do que nos locais de referência.
7. A conclusão geral é que as condições da ribeira no período de verão são muito peculiares com empobrecimento das comunidades aquáticas. Esse empobrecimento é atenuado a jusante da mina, tal vez por causa da maior persistência de águas em pegos de maiores dimensões.
8. É evidente que as condições de estio de verão impõem comunidades muito resistentes às condições extremas. Quando foi iniciado o programa de biomonitorização pensou-se em obter informação para duas situações contrastantes (período húmido e período seco): no entanto as condições de verão não são ideais. De facto, para a aplicação da Diretiva Quadro da Água, o INAG recomenda amostragens na primavera, quando as condições são intermédias (nem períodos secos, nem períodos de enchente) e muitos invertebrados podem estar una fase mais avançada dos ciclos de vida, o que facilita as identificações. Assim sendo, propõe-se que o programa de monitoramento passe a ser feito unicamente na primavera.

4. Bivalves

4.1. Introdução

Os bivalves são responsáveis por importantes funções e serviços em sistemas aquáticos de água doce. No entanto, estes organismos encontram-se ameaçados por diversas atividades humanas que incluem perda e fragmentação do habitat, poluição, introdução de espécies invasoras, regularização de caudais, sobre-exploração de recursos e alterações climáticas. Estas pressões poderão ser responsáveis por grandes alterações ambientais e pela extinção de várias espécies

Atendendo ao valor conservacionista das espécies de bivalves bem como a sua importância ecológica é fundamental ter um conhecimento sobre a sua distribuição bem como de aspetos ecológicos básicos que incluam dados sobre a densidade, biomassa e estrutura das populações. Neste sentido foi feito um levantamento da distribuição dos bivalves na Ribeira de Oeiras para estimar densidades e biomassas das espécies presentes e caracterizar a sua estrutura populacional. O estudo tenta relacionar os parâmetros biológicos das populações de bivalves com a descarga da mina na ribeira de Oeiras.

4.2. Metodologia geral

Foram recolhidas amostras em 8 locais ao longo da Ribeira de Oeiras no dia 26 de Maio de 2014. Dois dos locais amostrados estão situados a montante do efluente do complexo mineiros (RO2 e RO5) e os restantes seis locais estão situados a jusante.

Em cada local foram recolhidas amostras através de mergulho, sendo os espécimes posteriormente identificados até ao nível da espécie, contados e medidos (comprimento total utilizando um paquímetro; + 1mm). As densidades foram determinadas com um quadrado com 0.25 m2 de área e recolhidas 8 réplicas por local. De forma a determinar a biomassa foram utilizadas as regressões entre comprimento e peso fresco estabelecidas no ano de 2012. Nos locais onde não foram encontrados bivalves vivos (i.e. locais RO16,

RO19B, RO20B e RO21), inspecionou-se a ribeira num setor de 200 m de comprimento, de forma a cobrir uma área maior e tentar encontrar espécimes (incluindo conchas).

No final da amostragem todos os animais vivos foram devolvidos ao seu habitat natural, com exceção dos exemplares da espécie invasora Corbicula fluminea.

4.3. Resultados

4.3.1. Espécies presentes

Foram identificados as mesmas 4 espécies de bivalves já amostradas no ano anterior (Fig. 4.1): as 3 espécies nativas *Anodonta anatina*, *Unio delphinus* e *Unio tumidiformis* e a espécie invasora *Corbicula fluminea*).

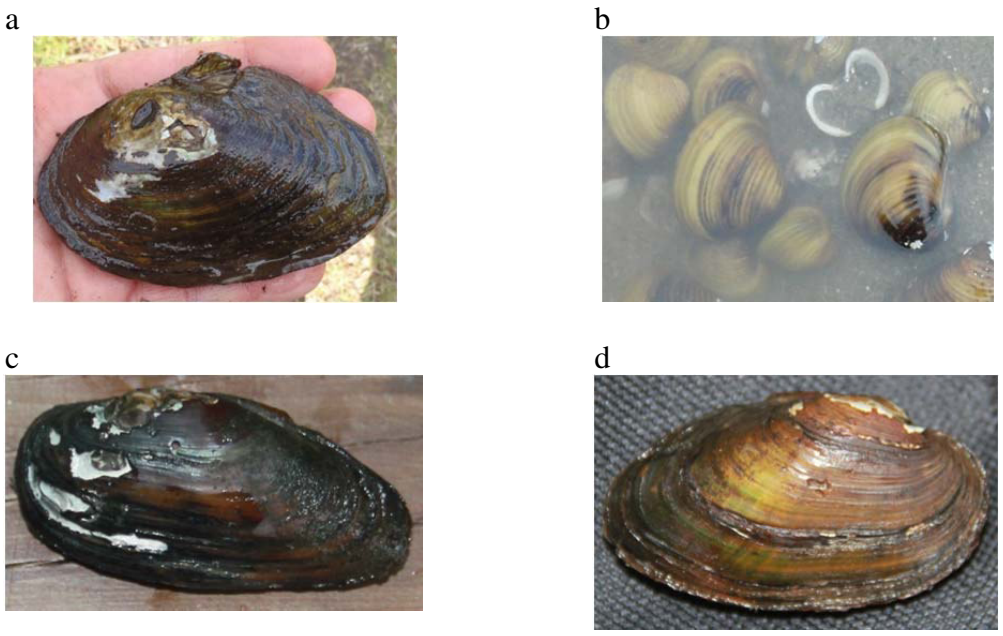


Figura 4.1 - Espécies de bivalves de água doce encontrados na Ribeira de Oeiras: a) *Anodonta anatina*; b) *Corbicula fluminea*; c) *Unio delphinus* e d) *Unio tumidiformis*.

4.3.2. Densidades

A densidade média total de bivalves de água doce ao longo dos 8 locais amostrados na Ribeira de Oeiras variou entre 0 indivíduos / m^2 nos locais RO16, RO19B, RO20B e

RO21 e 41.0 indivíduos / m^2 no local RO22D (44.5 indivíduos / m^2 no ano passado) sendo que a espécie com maior densidade média foi *U. delphinus* (Fig. 4.2).

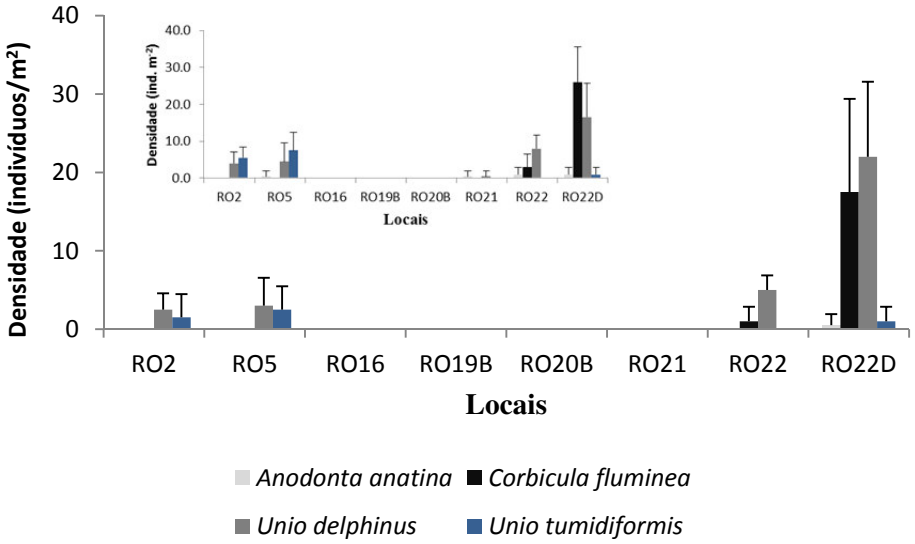


Figura 4.2 - Densidade média (e respetivo desvio padrão) de bivalves de água doce ao longo dos 8 pontos de amostragem na Ribeira de Oeiras em 2014 (dados relativos a 2013 - janela).

A espécie *Anodonta anatina* foi unicamente encontrada no local RO22D sendo que nesse local a densidade média foi de apenas 0.5 indivíduos / m^2 (Fig. 4.3). A espécie não indígena invasora *Corbicula fluminea* foi encontrada em apenas dois locais (RO22 e RO22D) sendo que a sua densidade máxima atingiu os 17.5 indivíduos / m^2 (RO22D) (Fig. 4.4).

A espécie *Unio delphinus* foi encontrada em quatro locais com densidades entre 0 (RO16, RO19B, RO20B e RO21) e 22.0 indivíduos / m^2 (RO22D; Fig. 4.5). *Unio tumidiformis* foi encontrada em três locais atingindo densidades máximas de 2.5 indivíduos / m^2 (RO5; Fig. 4.6). Tal como em 2013, indivíduos desta espécie foram encontrados em um local a jusante do efluente da mina (RO22D).

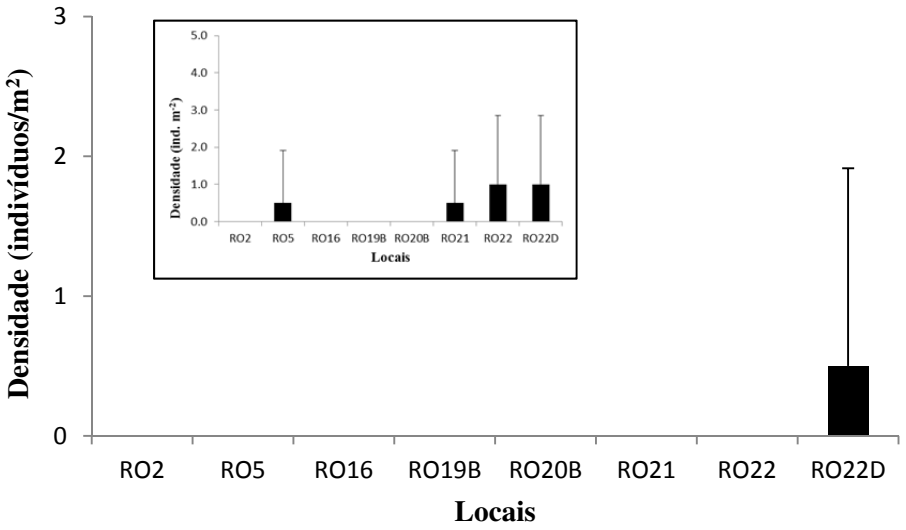


Fig. 4.3 - Densidade média (e respetivo desvio padrão) de *Anodonta anatina* ao longo dos 8 pontos de amostragem na Ribeira de Oeiras em 2014 (dados relativos a 2013 - janela).

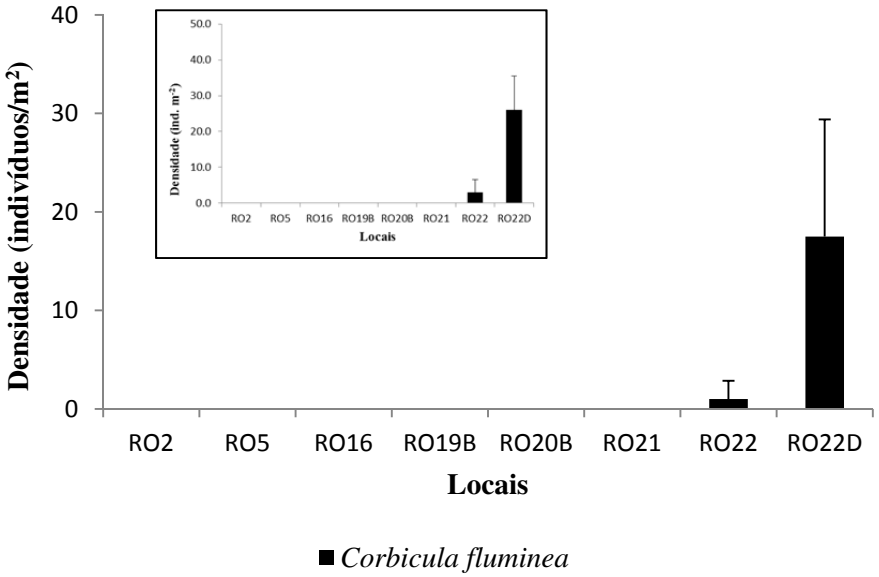


Fig. 4.4 - Densidade média (e respetivo desvio padrão) de *Corbicula fluminea* ao longo dos 8 pontos de amostragem na Ribeira de Oeiras em 2014 (dados relativos a 2013 - janela).

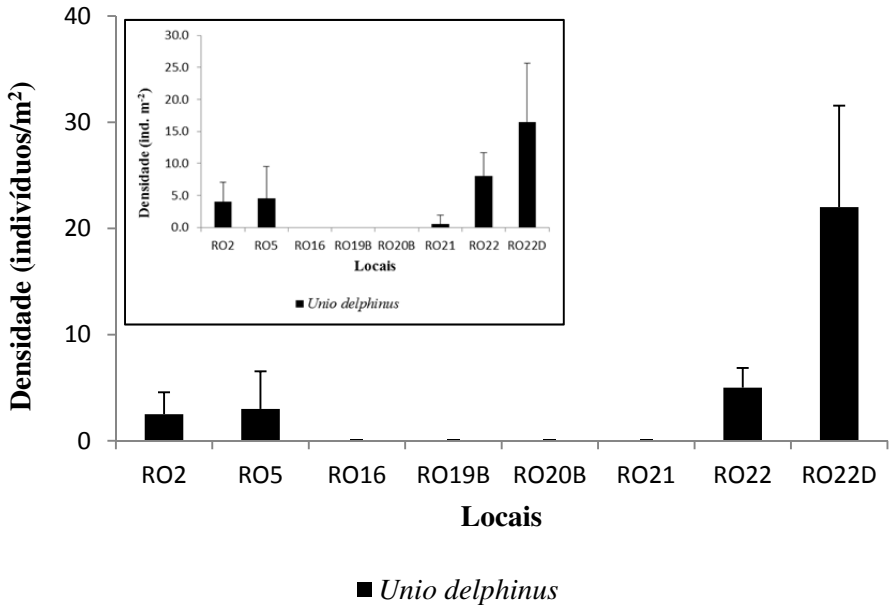


Fig. 4.5 - Densidade média (e respetivo desvio padrão) de *Unio delphinus* ao longo dos 8 pontos de amostragem na Ribeira de Oeiras em 2014 (dados relativos a 2013 - janela).

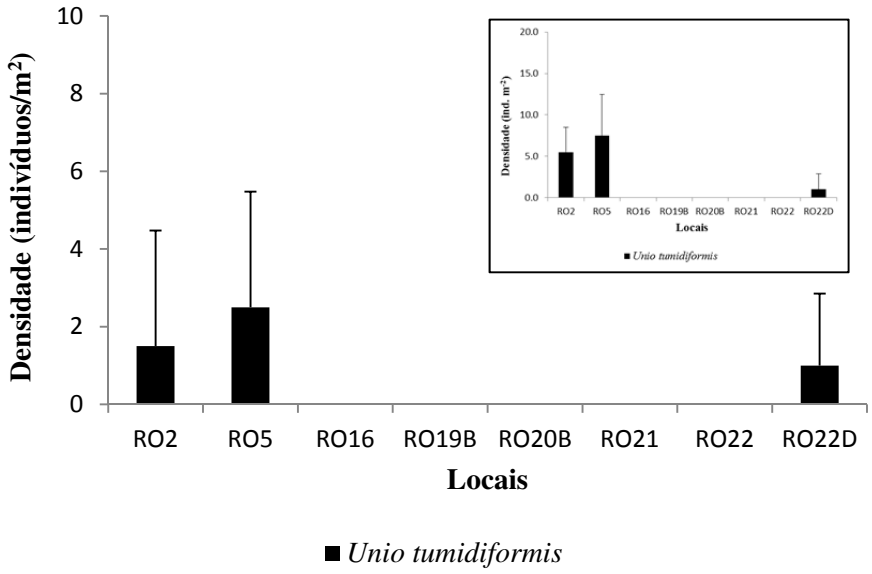


Fig. 4.6 - Densidade de *Unio tumidiformis* ao longo dos 8 pontos de amostragem na Ribeira de Oeiras em 2014 (dados relativos a 2013 - janela).

4.3.2. Biomassas

O peso fresco médio total de bivalves de água doce (incluindo a concha) ao longo dos 8 locais amostrados na Ribeira de Oeiras variou entre 0 (RO16, RO19B, RO20B e RO21) e um máximo de 241.9 g / m^2 no local RO22D (284.4 g / m^2 em 2013), sendo que a espécie com maior biomassa foi *U. delphinus* (Fig. 4.7).

.

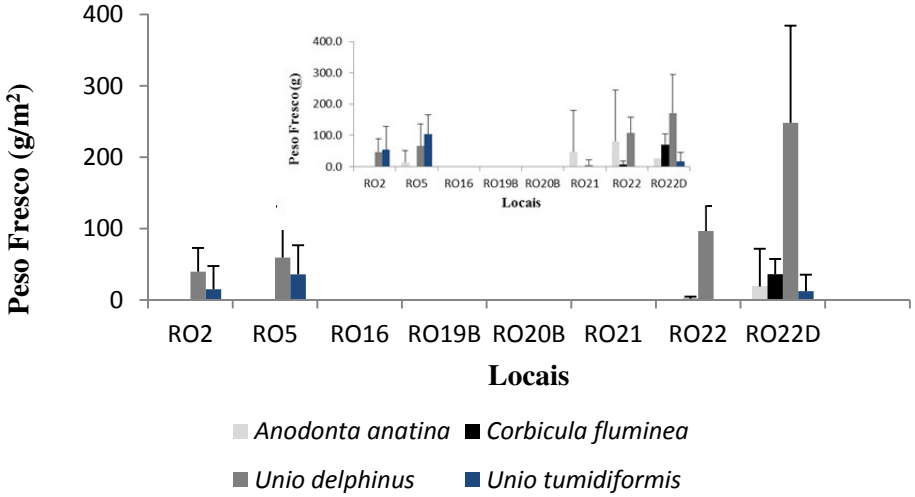


Fig. 4.7 - Peso fresco médio (e respetivo desvio padrão) de bivalves de água doce ao longo dos 8 pontos de amostragem na Ribeira de Oeiras em 2014 (dados relativos a 2013 - janela).

O peso fresco médio da espécie *Anodonta anatina* variou entre 0 (RO2, RO5, RO16, RO19B, RO20B, RO21 e RO22) e 18.7 g / m^2 (RO22; 80.4 g / m^2 em 2013; Fig. 4.8); o da espécie não indígena invasora *Corbicula fluminea* entre 0 (RO2, RO5, RO16, RO19B, RO20B e RO21) e 36.1 g / m^2 (RO22D; 70.2 g / m^2 em 2013; Fig. 4.9); o de *Unio delphinus* entre 0 (RO16, RO19B, RO20B e RO21) e 248.1 g / m^2 (RO22D; 171.1 g / m^2 em 2013; Fig. 4.10) e o de *Unio tumidiformis* entre 0 (RO16, RO19B, RO20B, RO21 e RO22) e 35.9 g / m^2 (RO5; 103.5 g / m^2 em 2013; Fig. 4.11).

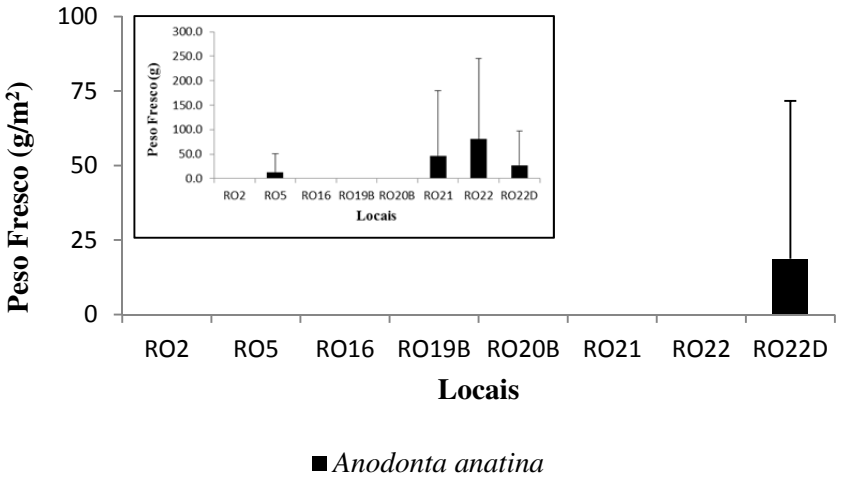


Fig. 4.8 - Peso fresco médio (e respetivo desvio padrão) de *Anodonta anatina* ao longo dos 8 pontos de amostragem na Ribeira de Oeiras em 2014 (dados relativos a 2013 - janela).

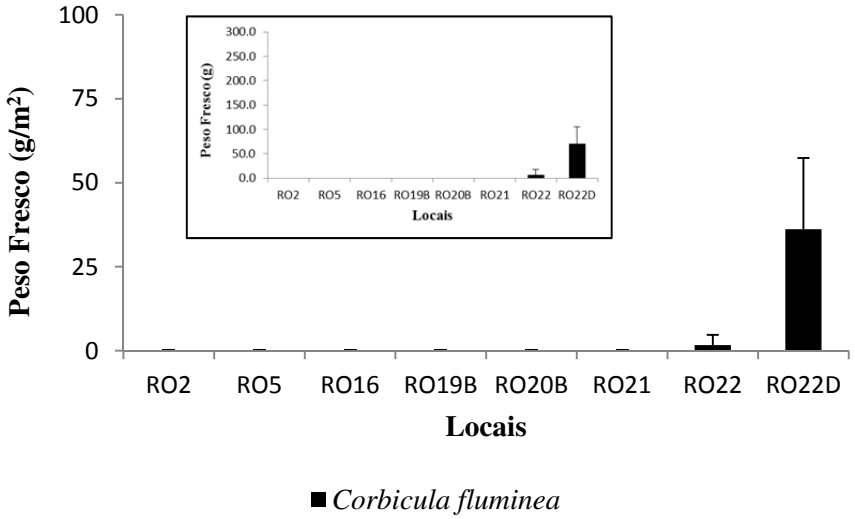


Fig. 4.9 - Peso fresco médio (e respetivo desvio padrão) de *Corbicula fluminea* ao longo dos 8 pontos de amostragem na Ribeira de Oeiras em 2014 (dados relativos a 2013 - janela).

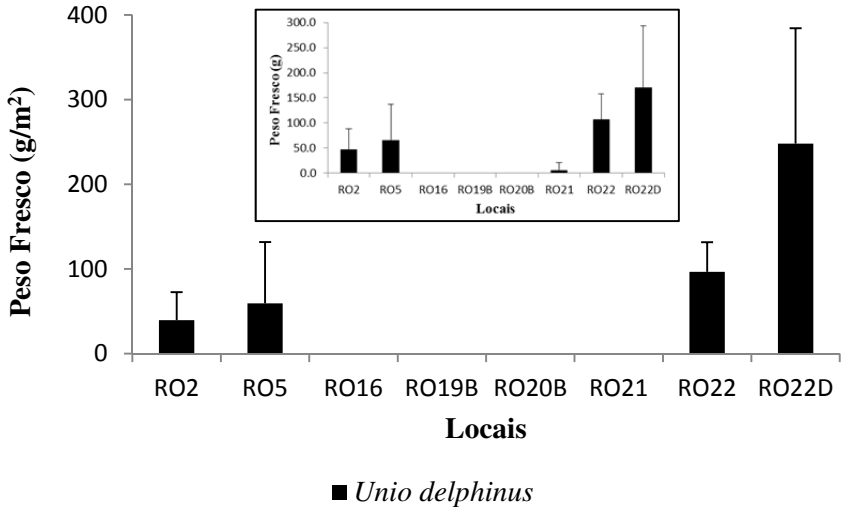


Fig. 4.10 - Peso fresco médio (e respetivo desvio padrão) de *Unio delphinus* ao longo dos 8 pontos de amostragem na Ribeira de Oeiras em 2014 (dados relativos a 2013 - janela).

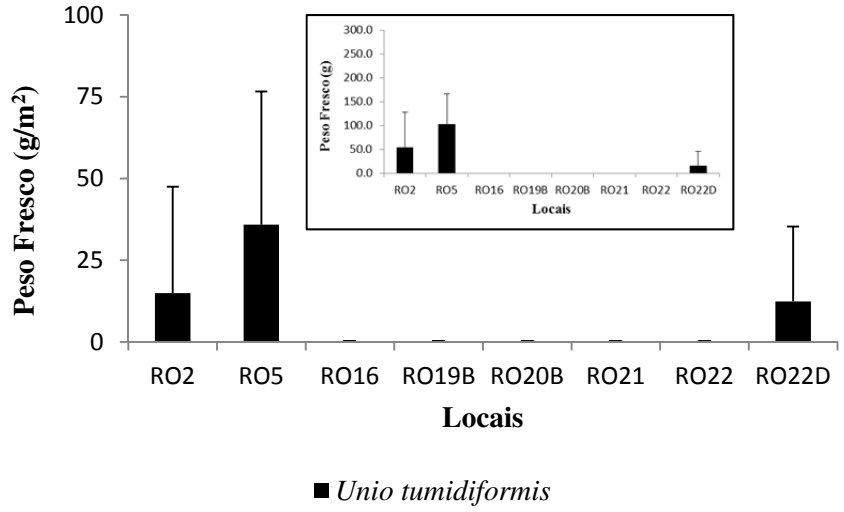


Fig. 4.11 - Peso fresco médio (e respetivo desvio padrão) de *Unio tumidiformis* ao longo dos 8 pontos de amostragem na Ribeira de Oeiras em 2014 (dados relativos a 2013 - janela).

4.3.4. Estruturas populacionais

De um modo geral as populações apresentaram um baixo número de efetivos de pequeno tamanho (juvenis). Normalmente esta situação é resultado do tipo de amostragem efetuada que é essencialmente focada em animais adultos podendo gerar uma subestimativa do número de juvenis.

Para a espécie *A. anatina* foi unicamente encontrado um indivíduo com 84mm. A espécie *C. fluminea* foi dominada por espécimes de 18 a 20 mm e das 4 espécies encontradas parece ser a que possui uma estrutura populacional melhor repartida, incluindo um maior número de juvenis (Fig. 4.12). A espécie *U. delphinus* foi dominada por espécimes de 55 a 60 mm (Fig. 4.13) tendo sido encontrados alguns juvenis. A espécie *U. tumidiformis* foi dominada por espécimes de 45 a 50 mm; no entanto, pouco se pode concluir acerca da estrutura populacional desta espécie uma vez que foram recolhidos apenas 10 indivíduos (Fig. 4.14).

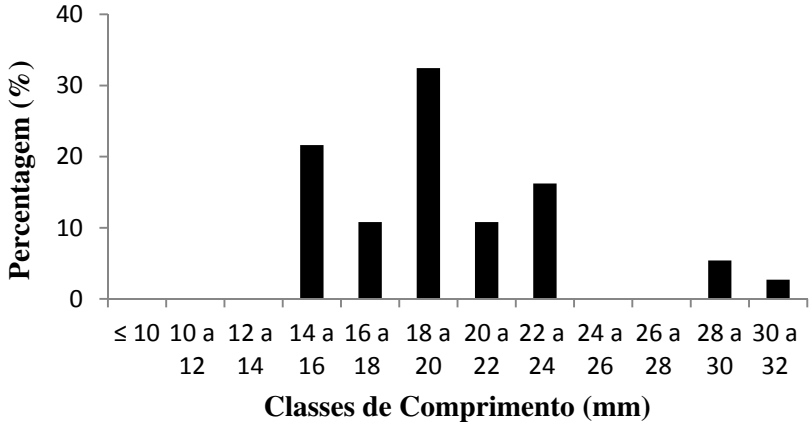


Fig. 4.12 - Estrutura populacional de *Corbicula fluminea* na Ribeira de Oeiras em 2014.

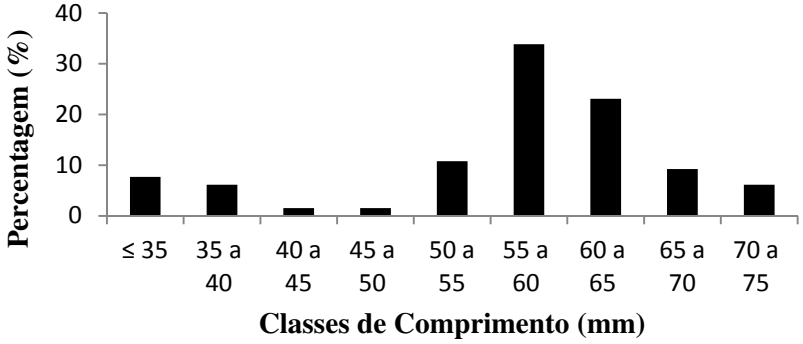


Fig. 4.13 - Estrutura populacional de *Unio delphinus* na Ribeira de Oeiras em 2014.

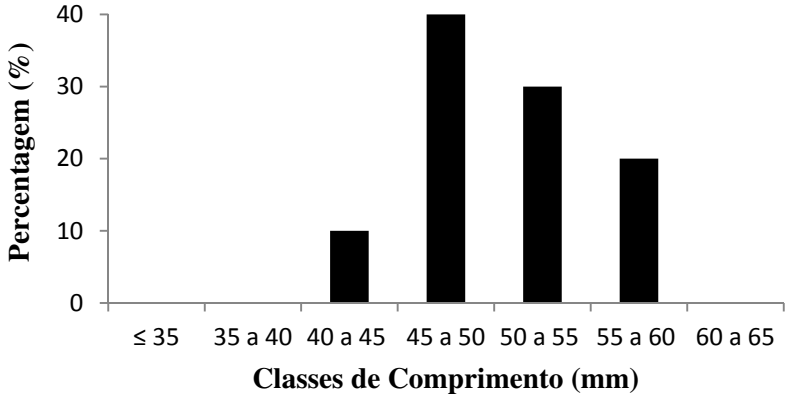


Fig. 4.14 - Estrutura populacional de *Unio tumidiformis* na Ribeira de Oeiras em 2014.

4.4. Conclusões gerais sobre os bivalves.

1. As populações de bivalves de água doce nativas na Ribeira de Oeiras possuem densidades e biomassa assinaláveis em 4 dos pontos amostrados, dois a montante da mina (RO2 e RO5) e os dois mais afastados da mesma para jusante (RO22 e RO22D). No entanto, imediatamente a jusante do complexo mineiro (locais RO16, RO19B, RO20B, RO21) não foram encontrados animais vivos. Nos locais RO16 e RO19B não foram sequer encontradas conchas vazias o que poderá ser indicador que os bivalves já desapareceram destes locais há vários anos. Este facto resulta, possivelmente, do stress provocado pelo efluente do complexo mineiro e que afetará a sobrevivência dos animais adultos, a sua reprodução e recrutamento. Ao contrário do ano de 2013, nesta amostragem não foram encontrados bivalves no local RO21.
2. A montante da mina foram novamente encontrados *U. tumidiformis* (principalmente no local RO5) embora em menores densidades do que nos dois anos anteriores. Sendo que esta espécie está listada como vulnerável pela IUCN e tendo uma grande importância do ponto de vista da conservação a sua presença parece indicar que a Ribeira de Oeiras poderá ainda conter uma população viável e que será interessante preservar. Por outro lado, também no

local de amostragem mais a jusante (i.e. RO22D) foram encontrados indivíduos vivos desta espécie o que implica que esta população não está restrita a zonas a montante do complexo mineiro. Dado o estatuto de conservação desta espécie a nível europeu é importante que no futuro prossiga a monitorização dos aspetos básicos (i.e. distribuição, densidade, biomassa e estrutura da população) da ecologia desta espécie na Ribeira de Oeiras.

3. De referir que a espécie não indígena invasora *Corbicula fluminea* foi novamente encontrada nos dois locais amostrados mais a jusante (RO22B e RO22) sendo que no local RO22B continua a apresentar densidades elevadas. No entanto, em comparação com os dados recolhidos nos dois anos anteriores a densidade estimada durante 2014 foi menor. Uma vez que esta espécie tem sido descrita como problemática em vários ecossistemas aquáticos (para uma revisão ver Sousa et al., 2008; International Journal of Limnology 44, 85 - 94.) e que resultaram em graves impactos ecológicos e económicos, medidas de contenção deveriam ser implementadas (*i.e.* tentar que a espécie não colonize as zonas a montante), principalmente as zonas com maior densidade de *U. tumidiformis*; realização de campanhas de sensibilização da população local de forma a impedir o transporte da espécie entre diferentes locais, limpeza cuidada do equipamento utilizado pelas diferentes equipas de investigação.
4. Uma vez que os pontos críticos da Ribeira de Oeiras estão identificados (i.e. locais imediatamente a jusante do complexo mineiro) a recuperação das populações nativas de bivalves neste troço poderá ser alcançada desde que se controlem as descargas efetuadas. Uma vez que existem populações de bivalves nativos a montante e a jusante da mina, é possível que a colonização e recuperação sejam relativamente rápidas.

5. Ictiofauna

5.1. Introdução

Esta secção é referente à monitorização da comunidade ictiofaunística e avaliação do seu estado ecológico realizadas na Primavera de 2014 na Ribeira de Oeiras. A utilização antropogénica cada vez maior do meio aquático e das áreas adjacentes está associada a alterações cada vez mais evidentes dos ecossistemas fluviais que podem afetar as comunidades bióticas continentais. Em particular, para a indústria mineira associada à extração de metais considerados tóxicos para o meio ambiente, como o cobre e o zinco, são descritas alterações na composição das comunidades biológicas a um nível local e/ou em toda a bacia hidrográfica (O'Neal e Hughes, 2012).

A ictiofauna dulciaquícola, devido aos seus padrões bio-ecológicos e requisitos ambientais e habitacionais mais complexos (Poff e Allan, 1995), são afetados pelas alterações antropogénicas nos ecossistemas ribeirinhos a escalas espaciais e temporais mais amplas do que qualquer outro grupo da fauna ribeirinha (Simon, 2003). É esta relação causa-efeito que suporta a utilização das comunidades ictiofaunísticas continentais como indicadores biológicos dos diferentes níveis de degradação do meio aquático (Hughes & Oberdorff, 1999). Com a recente implementação da Diretiva Quadro da Água, a ictiofauna é um dos elementos biológicos, cujo estudo é requerido para a determinação do estado ecológico e qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos continentais.

Desta forma, a monitorização da fauna piscícola da Ribeira de Oeiras apresentada nesta secção incide sobre os aspetos previstos no âmbito da Diretiva Quadro da Água e preconizados no Protocolo de amostragem e análise para a Fauna Piscícola (INAG, 2008a), nomeadamente: (i) avaliação da composição e abundância da comunidade; (ii) avaliação da estrutura etária (por classes de dimensão) da comunidade; e (iii) avaliação da qualidade ecológica com base em índices bióticos.

5.2. Resultados

5.2.1. Caracterização dos locais de amostragem

- Horta da Reveza

À semelhança dos anos anteriores, o local denominado Horta da Reveza apresentava uma velocidade de corrente nula e profundidade média a elevada. Este conjunto de características conferia ao troço de amostragem uma diversidade de habitats reduzida (Figura **5.**1a) onde predominavam áreas de *Pool* profundo e intermédio. A profundidade média registada foi de 0,7 m e a máxima de aproximadamente 1,5 m. O substrato caracterizava-se por uma predominância de pedras com dimensão variada (entre ovo e A4, segundo a classificação atribuída no Anexo 1 do protocolo de amostragem), embora em algumas zonas se observasse uma sobreposição de substratos mais finos, nomeadamente areia. Tal como havia sido observado nos anos anteriores, a vegetação ripícola desenvolvia-se de forma esparsa ao longo da margem, conferindo um ensombramento reduzido ao curso de água.

- Monte do Pereiro

O local de amostragem designado por Monte do Pereiro, situado a jusante da mina, revelou uma reduzida diversidade habitacional (Figura 4.1b), apresentando uma velocidade de corrente nula e a predominância de zonas de *Pool* de profundidade intermédia. A profundidade média no local foi de 0,7 m e máxima de aproximadamente 1,5 m. O substrato predominante no local caracterizava-se por uma dimensão grosseira, sendo maioritariamente constituído por pedras e blocos de dimensão intermédia. A mata ripícola deste local apresentava um reduzido grau de conservação, apresentando-se de forma esparsa, ou mesmo ausente, ao longo de ambas as margens. À semelhança do local anterior, esta reduzida densidade de vegetação marginal, diminui a capacidade de proteção do meio e fragiliza os organismos aquáticos ocorrentes, relativamente a variações climatéricas extremas e a outras perturbações de origem antropogénica.

- Caiada

O local designado como Caiada, situado a jusante da mina, apresentou uma diversidade habitacional mais elevada comparativamente com os dois pontos de amostragem situados a montante deste (Figura 4.1c). Apesar da ocorrência de um mosaico de habitat mais variado, verificou-se a presença de uma zona de *Pool* de profundidade elevada, que constituía mais de metade do troço amostrado. A profundidade média foi de 0,7 m e a máxima de 1,2 m e a velocidade de corrente média era de 0,04 m/s. O substrato de classe 4 (pedras até A4) predominava neste local, fornecendo locais de refúgio potencial para os peixes, principalmente para os de menor dimensão. Comparativamente com os anos anteriores, em que a vegetação ripária mantinha um bom estado de conservação, durante a campanha de amostragem correspondente ao ano de 2014 verificou-se uma maior degradação da vegetação existente nas margens e no leito do rio, o que provavelmente se deve a uma ação de limpeza de desmatação a que este troço de rio havia sido previamente sujeito.

- Ponte de Penilhos

Junto à ponte de Penilhos, a Ribeira de Oeiras apresentava uma elevada diversidade habitacional (Figura 4.1d), com uma predominância de zonas de *Run.* A velocidade de corrente média era de 0,08 m/s. A profundidade média foi de 0,4 m e a máxima de 0,7 m. O substrato era constituído maioritariamente por pedras de pequena dimensão (classe 3, entre ovo e A5). A vegetação ripícola na margem do curso de água apresentava uma distribuição esparsa. Este local de amostragem, provavelmente por se situar numa zona de fácil acesso, junto a uma estrada local, diferenciava-se dos restantes pontos a montante, pela presença de alguma lixo nas margens e no leito do curso de água.

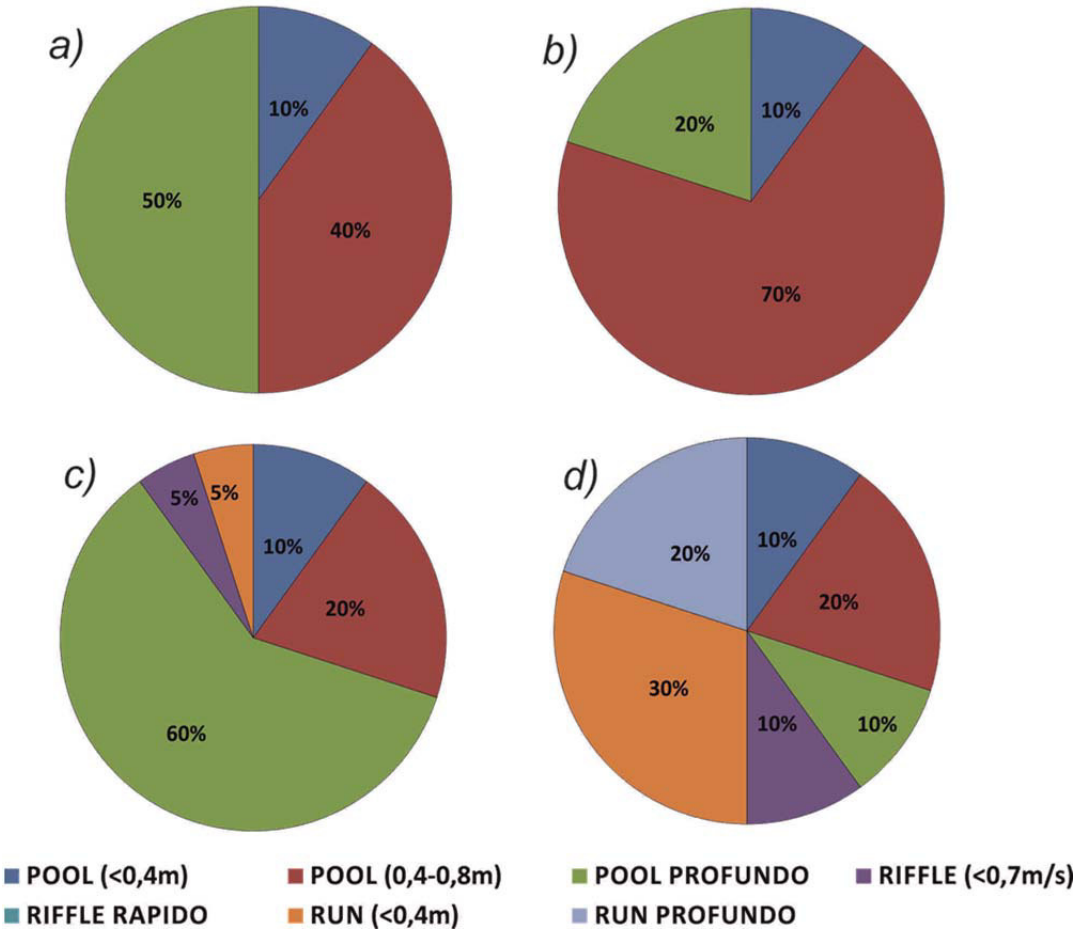


Figura 5.1 - Identificação e quantificação dos elementos físicos que compõem os locais amostrados para peixes na Ribeira de Oeiras: a) Horta da Reveza; b) Monte do Pereiro; c) Caiada; d) Ponte de Penilhos.

5.2.2. Composição, abundância e estrutura da fauna piscícola

Nas amostragens realizadas em 2014 foram registada**s** 12 espécies piscícolas (Tabela 5.1), das quais oito são autóctones (Barbo-de-cabeça-pequena - *Luciobarbus microcephalus* Almaça, 1967; Barbo-do-Sul - *Luciobarbus sclateri* Gunther, 1868; Cumba - *Luciobarbus comizo* Steindachner, 1864; Boga-do-Guadiana - *Pseudochondrostoma willkommii* Steindachner, 1866; Bordalo - *Squalius alburnoides* Steindachner, 1866; Escalo-do-Sul - *Squalius pyrenaicus* Gunther, 1868; Verdemã - *Cobitis paludica* de Buen, 1930, Enguia – *Anguilla anguilla* L.) e quatro exóticas (Perca-sol - *Lepomis gibbosus* L.; Gambúsia -

Gambusia holbrooki Girard, 1859; Chanchito - *Australoheros facetus* Jenyns, 1842; Achigã – *Micropterus salmoides* Lacepède, 1802).

Durante as amostragens na Ribeira de Oeiras foram ainda capturados alguns exemplares dos géneros *Luciobarbus* sp. e *Squalius* sp. que, devido ao seu tamanho reduzido e características especificas pouco definidas foram considerados juvenis e classificados apenas em termos genéricos.

Tabela 5.1 - Espécies piscícolas capturadas na Ribeira de Oeiras na Primavera de 2014 e respetivos estatutos de conservação (a azul estão representadas as espécies exóticas)

Espécies capturadas	L.V. Portugal*	Convenção de Berna	Diretiva Habitats*
ANGUILLIFORMES			
Anguillidae			
Anguilla anguilla (Linnaeus, 1758)	EN	-	-
CYPRINIFORMES			
Cyprinidae			
Luciobarbus microcephalus Almaça, 1967 Barbo-de-cabeça-pequena	NT	III	V
Luciobarbus sclateri Gunther, 1868 Barbo do Sul	EN	III	V
Luciobarbus comizo Steindachner, 1864 Cumba	EN	III	V
Pseudochondrostoma willkommii Steindachner, 1866 Boga do Guadiana	VU	III	II
Squalius alburnoides (Steindachner, 1866) Bordalo	VU	III	II
Squalius pyrenaicus (Gunther, 1868) Escalo do Sul	EN	III	-
Cobitidae			
Cobitis paludica (de Buen, 1930) Verdemã-comum	LC	III	II
PERCIFORMES			
Centrarchidae			
Lepomis gibbosus (Linnaeus, 1758) Perca-sol	-	-	-
Micropterus salmoides (Lacepède, 1802) Achigã	-	-	-
Cichlidae			
Australoheros facetus (Jenyns, 1842) Chanchito	-	-	-
CYPRINODONTIFORMES			
Poeciliidae			
Gambusia holbrooki Girard, 1859 Gambusia	-	-	-

* Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal (LV): CR – Criticamente em Perigo, EN – Em Perigo, LC – Pouco Preocupante, VU – Vulnerável, NT – Não Ameaçado. Convenção de Berna: Anexo III – Espécies da fauna protegidas. Diretiva Habitats: Anexo II – Espécies animais e vegetais de interesse comunitário cuja conservação exige a designação de zonas especiais de conservação, Anexo V – Espécies animais e vegetais de interesse comunitário cuja captura ou colheita na natureza e exploração podem ser objeto de medidas de gestão.

À semelhança do que vem sendo registado nos restantes anos, verificou-se novamente uma predominância de espécies nativas ao longo da Ribeira de Oeiras, um resultado explicado pelo facto da bacia hidrográfica do Rio Guadiana, sistema hidrográfico onde se insere o curso de água estudado, se caracterizar por possuir o maior número de endemismos ibéricos em território nacional (Collares-Pereira *et al.*, 2000). No entanto, relativamente aos anos de 2013 e, sobretudo, 2012, verificou-se, durante a presente campanha, a captura de um número superior de espécies exóticas, sobretudo no local de amostragem situado a montante da descarga do efluente da mina, onde o mosaico habitacional de características mais lênticas favorece o estabelecimento deste tipo de espécies piscícolas.

A espécie *S. alburnoides* foi aquela que apresentou uma distribuição mais ampla e abundância mais elevada ao longo dos pontos amostrados (Tabela **5.**2). Outras espécies nativas, menos abundantes mas mais interessantes do ponto de vista conservacionista e ambiental, apresentaram igualmente uma distribuição considerável ao longo deste curso de água, com especial evidência para *S. pyrenaicus* e *P. wilkommi*, espécies consideradas pouco tolerantes do ponto de vista ambiental (Pont *et al*., 2006). A captura da espécie *A. anguilla* durante as amostragens de 2014, embora em número reduzido, representa um sinal interessante em termos conservacionistas para a Ribeira de Oeiras. Ao longo das campanhas de amostragem realizadas neste curso de água, a presença desta espécie no elenco ictiofaunístico inventariado era habitual mas durante o ano de 2013, a sua ocorrência não havia sido registada. A enguia é uma espécie migradora considerado *Em Perigo* (EN) pela última revisão do Livro Vermelho e que devido à diminuição acentuada dos seus efetivos populacionais foi recentemente incluído na Convenção CITES e considerado alvo prioritário de programas de gestão específicos.

Em termos de riqueza específica, o curso de água apresentou uma variação longitudinal assinalável, tendo-se registado um total de nove *taxa* no local situado a montante da mina, verificando-se uma redução considerável deste parâmetro no Monte do Pereiro (4 espécies) e uma posterior recuperação progressiva nos locais mais a jusante

(Figura 5.2a). Este resultado é em tudo semelhante ao que se tem verificado nas amostragens anteriores e reflete um efeito negativo da descarga do efluente da mina na composição da comunidade piscícola da Ribeira de Oeiras que se vai atenuando com o afastamento da fonte poluente. Por outro lado, a diversidade específica, que nos anos anteriores vem mostrando um padrão de variação semelhante à riqueza, apresentou desta vez um decréscimo continuado de montante para jusante (Figura 5.2a), atingindo valores mais reduzidos nos locais Caiada e Ponte de Penilhos, fruto da dominância de uma espécie em particular, em ambos os casos *S. alburnoides*.

Tabela 5.2 – Espécies piscícolas capturadas nos quatro locais de amostragem na Ribeira de Oeiras e respetivos intervalos de comprimento total

Ponto de amostragem	*Taxa* capturados (nº total de capturas)	Comprimento mínimo (mm)	Comprimento máximo (mm)
Horta da Reveza	*S. alburnoides* (30)	41	97
	L. gibbosus (22)	41	119
	L. microcephalus (21)	55	198
	C. palúdica (1)	CT = 76	
	L. sclateri (6)	CT = 109/111/132/153/179/224	
	A. facetus (3)	CT = 44/55/76	
	P. wilkommi (1)	CT = 74	
	M. salmoides (2)	CT = 196/220	
	G. holbrooki (2)	CT = 31/41	
	Luciobarbus sp. (2)	CT = 51/65	
Monte do Pereiro	*L. microcephalus* (1)	CT = 114	
	S. alburnoides (1)	CT = 90	
	S. pyrenaicus (3)	CT = 116/153/163	
	G. holbrooki (1)	CT = 25	
	Squalius sp. (1)	CT = 26	
Caiada	*S. alburnoides* (41)	21	103
	L. microcephalus (10)	63	222
	S. pyrenaicus (1)	CT = 98	
	G. holbrooki (9)	36	44
	L. sclateri (1)	CT = 232	
	A. anguilla (2)	CT = 255/310	
	Luciobarbus sp. (2)	CT = 61/69	
Ponte de Penilhos	*L. microcephalus* (18)	79	186
	S. pyrenaicus (3)	CT = 76/80/115	
	S. alburnoides (385)	36	89
	C. paludica (4)	CT = 58/77/94/95	
	L. sclateri (4)	CT = 158/168/178/237	
	L. comizo (1)	CT = 222	
	A. anguilla (1)	*Indivíduo escapou durante o manuseamento*	
	P. wilkommi (3)	CT =80/90/100	
	G. holbrooki (7)	CT = 34/39/40/43/44/45/51	
	Luciobarbus sp. (6)	CT = 38/39/43/64/66/73	

A ausência ou pobreza de espécies exóticas (Figura 5.2b), bem como a reduzida proporção destes indivíduos nos agrupamentos piscícolas amostrados, especialmente nos locais a jusante da descarga do efluente da mina, representa um sinal positivo relativamente ao estado ecológico da comunidade piscícola na ribeira de Oeiras (Almaça, 1995; 1996; Vila-Gispert *et al.*, 2005) e evidencia positivamente este curso de água relativamente a outros cursos do sul do país onde a forte redução estival do caudal, e uma degradação ambiental elevada, geralmente promove a introdução e crescimento das populações alóctones que competem ou predam os *taxa* nativos (Collares-Pereira *et al.*, 2000). Contrastanto com o resultado observado para os restantes locais, o local Horta da Reveza apresentou um número mais elevado de espécies ictiícas alóctones, que inclusivé duplicou relativamente ao ano anteior. Este é um resultado que vem sendo observado nas ultimas campanhas e poderá dever-se ao carácter mais lêntico que predomina no mosaico habitacional a montante da descarga da mina.

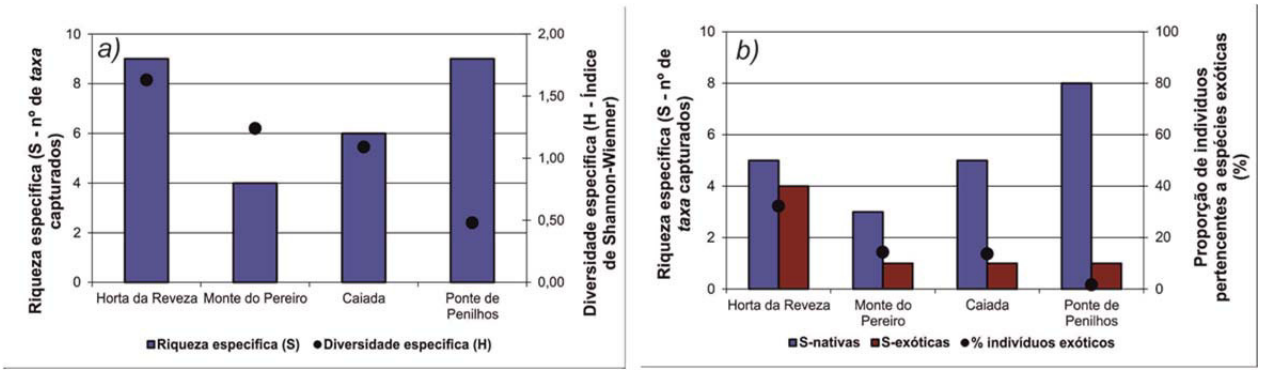


Figura 5.2 – Riqueza e diversidade específicas (a) e proporção de indivíduos pertencentes a espécies exóticas (b) na Ribeira de Oeiras.

Em seguida será apresentada uma caracterização de cada ponto de amostragem, com base na análise da composição, abundância e estrutura etária da sua comunidade ictíica. A análise da estrutura etária apenas é apresentada para *taxa* representados em número superior a 20 indivíduos, sendo os comprimentos totais dos restantes descritos na Tabela 5.2.

- **Horta da Reveza**

Neste local foi confirmada a ocorrência de nove espécies, sendo cinco nativas e quatro exóticas (Figura 5.3). Foram ainda capturados alguns indivíduos do género *Luciobarbus* sp.

que devido à sua dimensão reduzida e ausência de características morfológicas identificativas especificas não puderam ser identificados até à espécie. Das espécies cuja ocorrência foi confirmada neste local, salienta-se a captura de boga do Guadiana que, embora em número reduzido, representa um sinal positivo para o estado ecológico deste local devido ao seu caráter intolerante à degradação (Ilhéu, 2004). A ocorrência desta espécie, neste local, tem sido confirmada de forma intermitente (e.g., foi capturada em 2012 e não em 2013), o que indicia a presença de uma população pouco abundante e que provavelmente utilizará este troço apenas durante alguns períodos do ano. Esta espécie tem uma preferência por zonas mais oxigenadas, com maior velocidade de corrente e turbulência (Herrera e Fernandez-Delgado, 1994) pelo que a sua ausência ou ocorrência intermitente neste troço poderá estar relacionada com o ambiente de características mais "lênticas" que aqui se observa durante esta altura do ano.

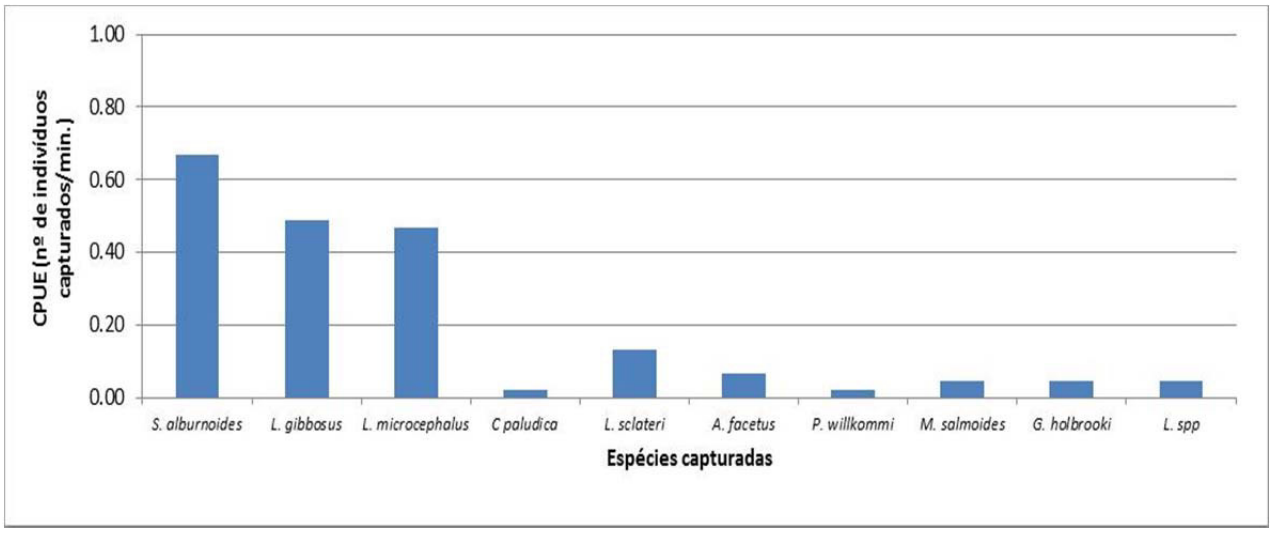


Figura 5.3 - Abundância das espécies capturadas na Horta da Reveza.

À semelhança do ano anterior, as espécies mais abundantes neste local foram *S. alburnoides*, com um CPUE de aproximadamente 0,67 indivíduos capturados por minuto (ind/min.), correspondendo a um total de 30 exemplares capturados, *L. gibbosus* com um valor de abundância de 0,49 ind/min. (22 exemplares capturados) e *L. microcephalus* que atingiu uma abundância de 0,47 ind/min. (21 exemplares). De uma forma geral, foi observada uma maior abundância piscícola neste ponto de amostragem comparativamente com o ano anterior. Nenhum dos 90 especímenes piscícolas capturados neste local apresentava indícios macroscópicos de parasitismo.

Neste local, durante as amostragens de 2014, apenas as espécies *S. alburnoides*, *L. gibbosus* e *L. microcephalus* foram capturadas em número suficiente para se proceder à análise da sua estrutura dimensional (Figura **5.**4).

Os indivíduos das espécies *S. alburnoides* e *L. gibbosus* apresentavam uma distribuição por classes dimensionais irregular, com a ausência de classes dimensionais que deveriam estar presentes na população, e sem um pico de distribuição bem definido que indicasse a presença clara da respetiva classe etária (Figura 4). Contudo, e em particular para os indivíduos da espécie *S. alburnoides*, foi registada uma maior abundância de indivíduos pertencentes à classe]40-45 mm] (0,29 ind/min.), que estão associados, teoricamente, à classe dimensional 1^+ desta população (Fernandez-Delgado e Herrera, 1994). Estes resultados vêm reafirmar as irregularidades estruturais inter-anuais evidenciadas neste local pela maioria dos *taxa* analisados, especial *S. alburnoides*, ao longo dos anos em que vêm decorrendo as amostragens da fauna piscícola na Ribeira de Oeiras e que podem ser representativas de algum tipo de pressão negativa a que esta população esteve ou ainda está sujeita no presente momento e que é responsável pela degradação do seu estado ecológico (REFCOND, 2003).

Por outro lado, os indivíduos da espécie *L. microcephalus* apresentaram um claro pico de distribuição de comprimentos totais, em torno da classe dimensional]80-90 mm] (0,13 ind/min.) que é constituído essencialmente por indivíduos pertencentes à classe etária 1^+ (Lobón-Cerviá & Fernandez-Delgado, 1984). A distribuição de classes dimensionais dos barbos-de-cabeça-pequena neste local apresentava-se quase exclusivamente limitada às classes de menor dimensão (Figura **5.**4), verificando-se uma nítida ausência de indivíduos maiores pertencentes à porção madura e reprodutora da população. Este resultado pode estar relacionado com as características do habitat observadas na Horta da Reveza. Na altura do ano em que foram levadas a cabo as amostragens na Ribeira de Oeiras, este tipo de espécies ciprinícolas encontra-se em período de reprodução e desova, ocupando tendencialmente, durante esta altura, ambientes com velocidade de corrente elevada e pouco profundos, características opostas às que habitualmente se verificam neste local.

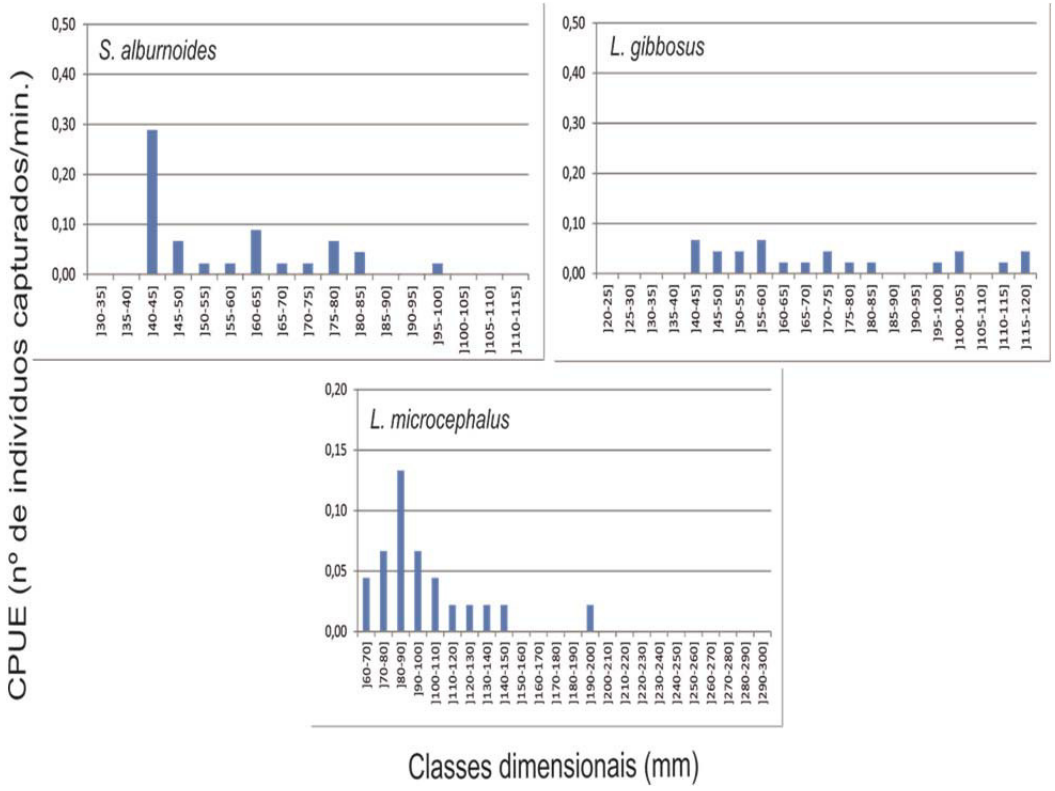


Figura 5.4 - Distribuição dos indivíduos pertencentes às espécies *S. alburnoides, L. gibbosus* e *L. microcephalus* capturados na Horta da Reveza, por classes dimensionais.

- Monte do Pereiro

Comparativamente com o reduzido número, diversidade e abundância piscícola observados nas amostragens realizadas em 2012 e 2013, o local Monte do Pereiro, situado a jusante da descarga do efluente da mina, apresentou valores superiores para estes parâmetros, especialmente no que à riqueza de espécies diz respeito. Durante a presente campanha, foi registada a ocorrência de quatro espécies, nomeadamente *L. microcephalus*, *S. alburnoides*, *S. pyrenaicus* e *G. holbrooki*, embora a sua abundância fosse reduzida (Figura 5.5). Destas, salienta-se a maior abundância de escalo do Sul, uma espécie importante do ponto de vista ambiental, devido ao seu caráter pouco tolerante (Pont *et al.*, 2006).

Após o acidente ambiental de 2012 e que contribuiu para o desaparecimento da fauna aquática neste local, os agrupamentos piscícolas tiveram alguma dificuldade em recolonizar o troço e, em 2013, a abundância de peixe manteve-se muito reduzida no Monte do Pereiro. Contudo, após dois anos hidrológicos de elevada pluviosidade como foram 2012/2013 e 2013/2014, a conectividade longitudinal deste local com os troços adjacentes foi, potencialmente, melhorada e mantida durante um maior período de tempo, o que terá provavelmente contribuído para a sua recolonização por parte de um número superior de indivíduos (Matthews, 1998).

Apesar de apresentar sinais de melhoria em termos de composição e abundância do agrupamento piscícola, o local Monte do Pereiro continua a ser aquele que apresenta uma maior proporção de peixes com sinais de malformação, parasitismo ou tumores. Dos sete espécimes capturados, quatro (~60%) apresentavam estes sinais de stresse fisiológico, indiciando que os efeitos sub-letais da descarga do efluente da mina poderão estar a sobrepor-se a impactes mais imediatos na estrutura da comunidade.

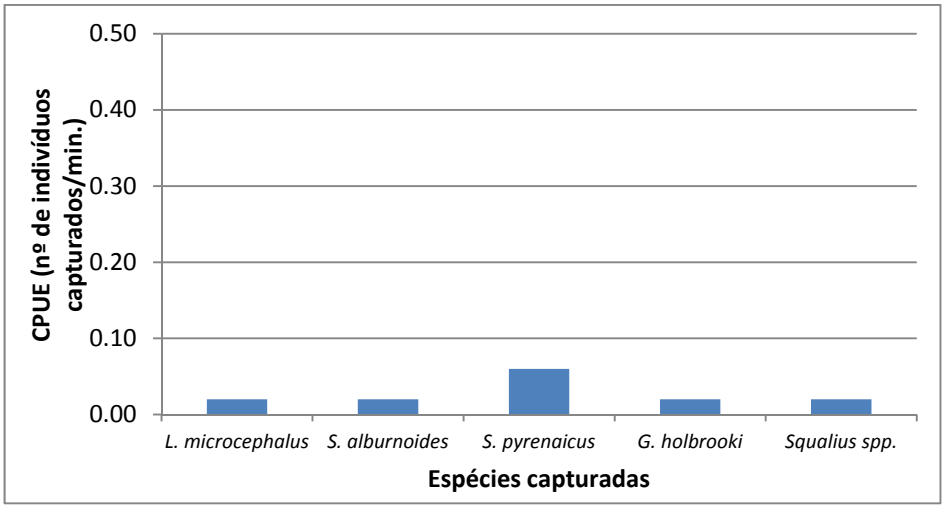


Figura 5.5 - Abundância das espécies capturadas no Monte do Pereiro.

- Caiada

Na Caiada foi capturado um total de seis *taxa*, cinco deles de origem autóctone (Figura 5.6). Tal como no ano anterior, é de salientar a ocorrência de exemplares de *S. pyrenaicus* o que representa um sinal positivo relativamente à condição ambiental do local, devido ao caráter pouco tolerante desta espécie (Ilhéu, 2004). Por outro lado foi igualmente registada a presença da espécie *A. anguilla,* embora em abundância reduzida. Esta espécie vem sendo habitualmente observada neste local, à exceção do ano de 2013 onde não foi capturado nenhum indivíduo, sendo inclusive o único troço da Ribeira de Oeiras contemplado neste trabalho onde esta situação se verifica. A retoma da captura destes animais confirma o interesse conservacionista deste troço devido ao fato de se tratar de uma espécie migradora considerado *Em Perigo* (EN) e que devido à diminuição acentuada dos seus efetivos populacionais foi recentemente incluído na Convenção CITES e considerado alvo prioritário de programas de gestão específicos

No total foram capturados 66 indivíduos, dos quais quatro (6%) apresentavam sinais de parasitismo e/ou malformações, valor semelhante ao obtido em 2013 neste local e bastante mais baixo do que aquele que se verificou no local a montante, Monte do Pereiro.

A espécie mais abundante neste local foi *S. alburnoides* com um total de 41 indivíduos capturados, correspondendo a um valor de abundância de 0,76 ind/min.

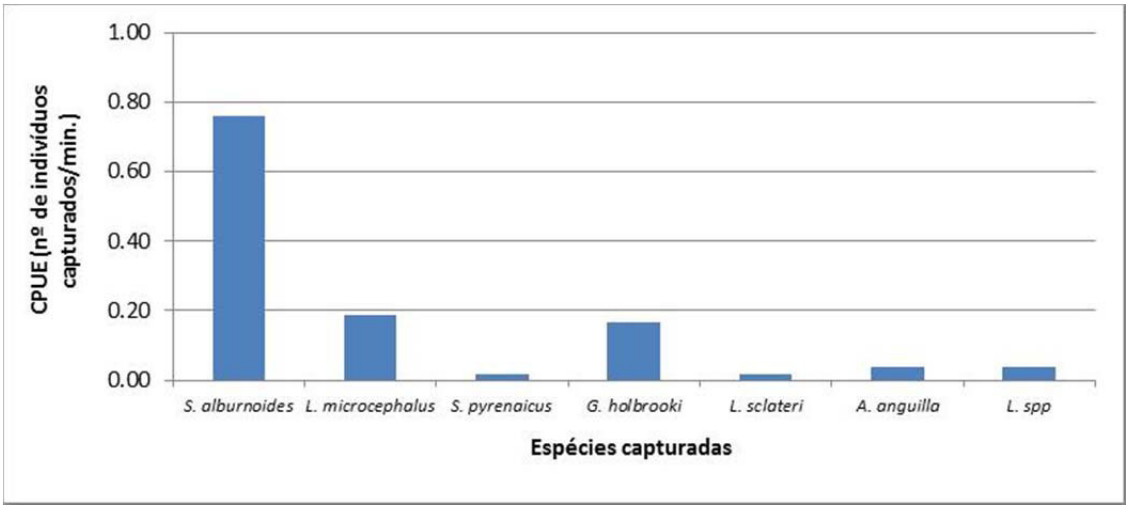


Figura 5.6 - Abundância das espécies capturadas na Caiada.

Apenas *S. alburnoides* foi capturada em abundância suficiente para ser alvo de análise da distribuição dos indivíduos por classes dimensionais (Figura 5.7). Os indivíduos desta espécie apresentaram uma distribuição por classes dimensionais algo irregular verificando-se a ausência de exemplares pertencentes às classes de menor dimensão, geralmente associadas às idades 1^+ e 2^+, que iriam constituir o futuro recrutamento desta população. De uma forma geral, é possível observar uma distribuição de comprimentos totais em torno de duas classes, nomeadamente]70-75 mm] (0,22 ind/min.) e]85-90 mm] (0,13 ind/min.). Estas classes são, geralmente, representativas de indivíduos com cerca 3 e 4 anos, respetivamente (Fernandez-Delgado e Herrera, 1994). Nos anos anteriores este local caracterizava-se pela presença de uma densa mata ripícola e abundante vegetação no leito no rio que conferia abrigo aos espécimes piscícolas, principalmente àqueles com menor dimensão. Durante a presente campanha de amostragem, foi observado uma significativa diminuição da capacidade de abrigo deste local, relacionada com as operações de limpeza e desmatação ocorridas ao longo do ano anterior. Este tipo de alteração do mosaico habitacional pode ter causado a redução da abundância de bordalos de menor dimensão relativamente às amostragens de 2013, pondo em causa o futuro recrutamento desta população.

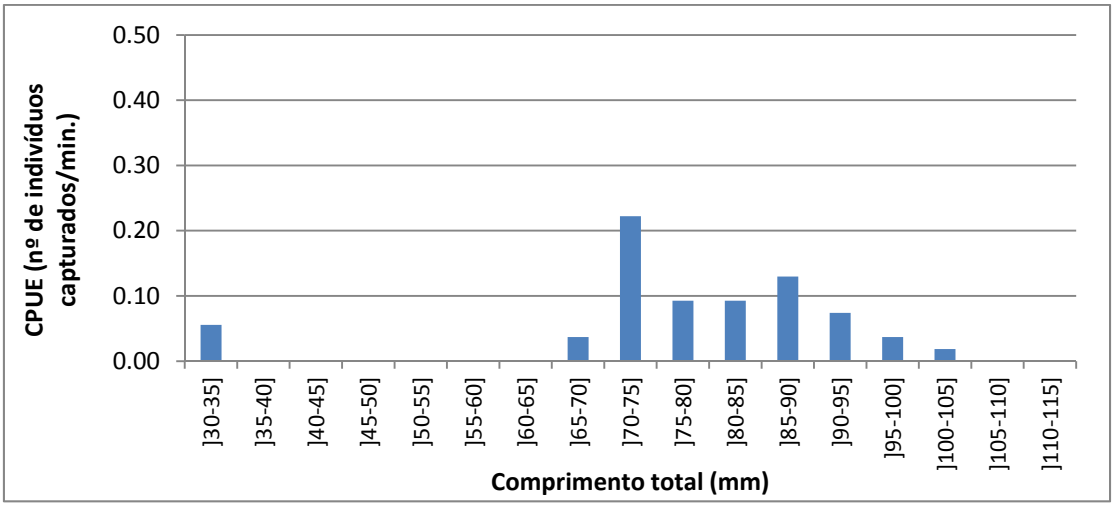


Figura 5.7 - Distribuição dos indivíduos pertencentes à espécie *S. alburnoides,* capturados na Caiada, por classes dimensionais.

- Ponte de Penilhos

Neste local foi confirmada a ocorrência de nove espécies (Figura **5.**8), sendo oito nativas e apenas uma exótica, resultado que salienta novamente a importância dos *taxa* nativos neste curso de água e demonstra uma total recuperação da comunidade em termos de riqueza específica, assemelhando-se aos valores observados no local situado a montante da descarga do efluente da mina.

Comparativamente com o ano anterior de 2013, este local apresentou uma abundância superior de especímenes piscícolas (Figura **5.**8). Foram capturados 432 indivíduos (129 em 2013), confirmando a tendência de aumento do número de peixes capturados evidenciada ao longo das ultimas amostragens, dos quais apenas quatro apresentavam sinais de parasitismo e/ou malformações (0,7%).

Apesar do elevado número de espécies, verificou-se neste local uma reduzida diversidade, fruto de uma dominância por parte de uma única espécie, *S. alburnoides*, que apresentou uma abundância de 8,9 ind/min., associada à captura de 385 indivíduos. Este resultado está de acordo com o que foi observado durante as campanhas de amostragem anteriores, onde esta espécie se evidencia em termos de abundância, indicando a existência de alguma estabilidade em termos de composição do agrupamento piscícola.

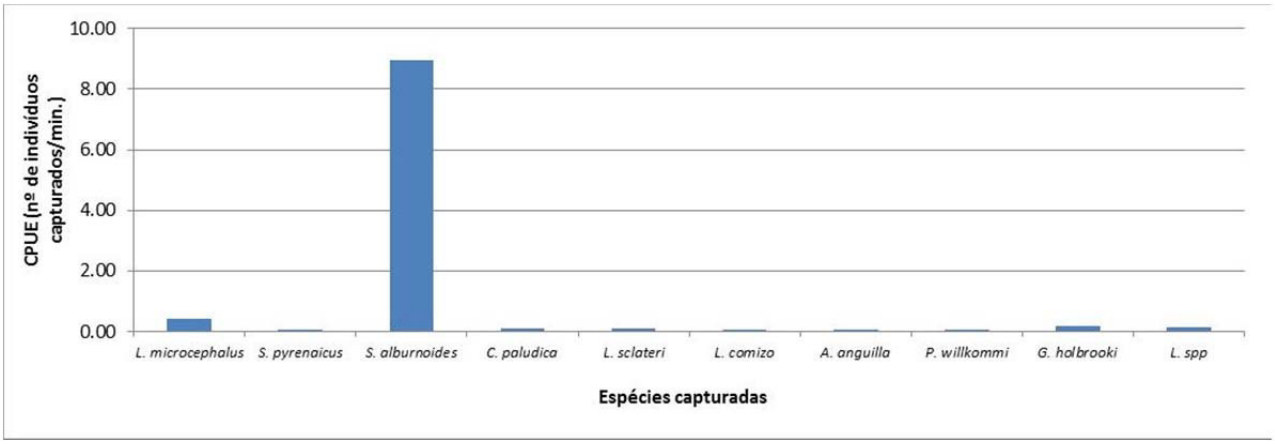


Figura 5.8 - Abundância das espécies capturadas em Ponte de Penilhos.

Os indivíduos pertencentes à espécie *S. alburnoides*, único *taxon* capturado em abundância suficiente para se proceder à sua estrutura dimensional, apresentaram uma distribuição de comprimentos totais restrita às classes de menor dimensão (Figura 5.9) e que se organizava sobretudo em torno de uma única classe dimensional, nomeadamente]40-45 mm] com abundância de 0,53 ind/min., respetivamente. Esta é provavelmente representada por indivíduos pertencentes à classe etária 1^+ (Fernandez-Delgado e Herrera, 1994).

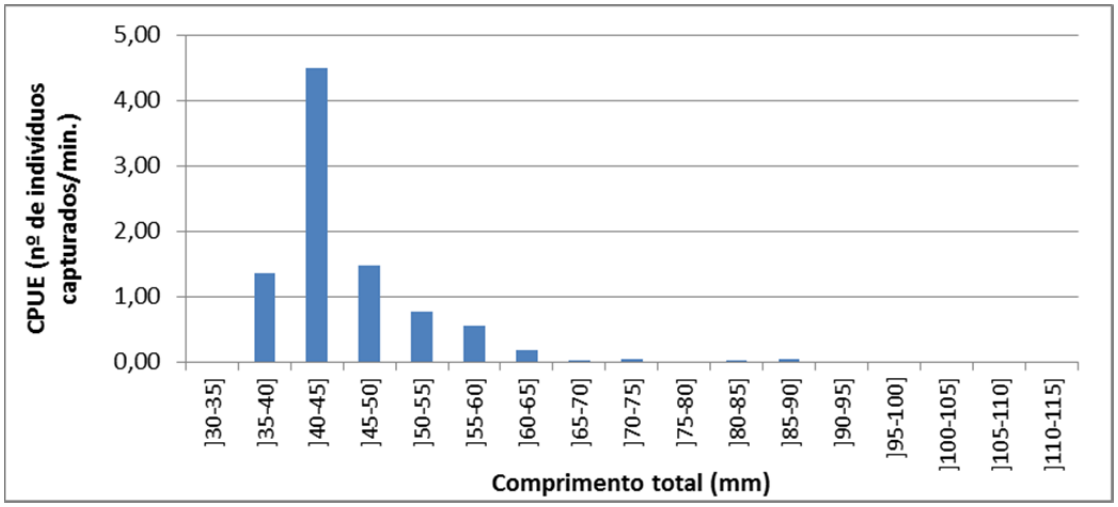


Figura 5.9 - Distribuição dos indivíduos pertencentes à espécie *S. alburnoides*, capturados em Ponte de Penilhos, por classes dimensionais.

5.2.3. Avaliação da qualidade ecológica

O índice IIB classificou dois dos três locais com capturas suficientes para serem avaliados com "Medíocre" e o restante, mais afastado da mina, com "Bom" (Figura **5.**10). Por outro lado, o IPP atribuiu a classificação de "Bom" aos dois locais avaliados a jusante da mina e de "Razoável" ao local Horta da Reveza. O facto de se terem capturado apenas sete especímenes piscícolas no local Monte do Pereiro, inviabilizou a aplicação das métricas de avaliação.

Comum aos dois índices aplicados é o fato de ambos terem atribuído uma pontuação mais reduzida, ou semelhante, ao local situado a montante da mina, que teoricamente é tido como "referência" relativamente à pressão antropogénica avaliada nesta monitorização. Este resultado vem sendo comum ao longo das últimas campanhas de amostragem realizadas na Ribeira de Oeiras e pode estar a refletir, não uma maior degradação da qualidade da água neste local mas um efeito relacionado com a tipologia habitacional encontrada em cada um dos locais amostrados e que se sobrepõe ao impacte da fonte poluente a jusante. O local Horta da Reveza é caracterizado por uma menor diversidade de habitats e uma predominância de zonas de *pools* com característica mais lênticas, enquanto nos locais a jusante a diversidade de habitats é superior. Esta configuração propicia o estabelecimento de um maior número de espécies exóticas no local de montante (Almaça, 1995; 1996; Vila-Gispert *et al*., 2005) enquanto nos locais de jusante a comunidade é predominantemente composta por espécies nativas, contribuindo negativamente para a avaliação efetuada com base nestes dois índices.

De forma semelhante ao que se verificou nos resultados obtidos em 2013, verificou-se uma tendência de valorização da qualidade ecológica associada ao IPP, comparativamente com os resultados obtidos para o IIB. Estas diferenças em termos de avaliação da qualidade ecológica estarão muito provavelmente relacionadas com especificidades próprias das duas metodologias e com os tipos de métricas utilizadas

por cada um dos índices, questão que já foi discutida com maior pormenor no relatório de progresso anterior. Muito sumariamente, o índice IIB atribui um peso considerável à relação entre o número de espécies tolerantes e intolerantes à degradação ambiental, enquanto as métricas avaliadas pelo IPP a tipologia de rios se baseia sobretudo na relação entre as espécies nativas e exóticas e em métricas de habitat.

Apesar das diferenças exibidas pelos dois índices, em termos de avaliação qualitativa final da qualidade ecológica com base no elemento ictiofauna, ambos atribuem uma classificação mais elevada ao local Ponte de Penilhos, o ponto de amostragem mais afastado da descarga da mina. Este local evidenciou-se dos restantes em termos de estado ecológico, principalmente devido à dominância de indivíduos pertencentes a espécies nativas/endémicas, com particular relevância para *S. alburnoides*.

Os dados físico-químicos recolhidos durante a campanha de amostragem de 2014, mostram, à semelhança de anos anteriores, valores de condutividade muito elevados, indicando a presença de compostos passíveis de serem responsáveis por alterações morfológicas e/ou parasitismo, quebras na abundância piscícola e modificações na estrutura da comunidade.

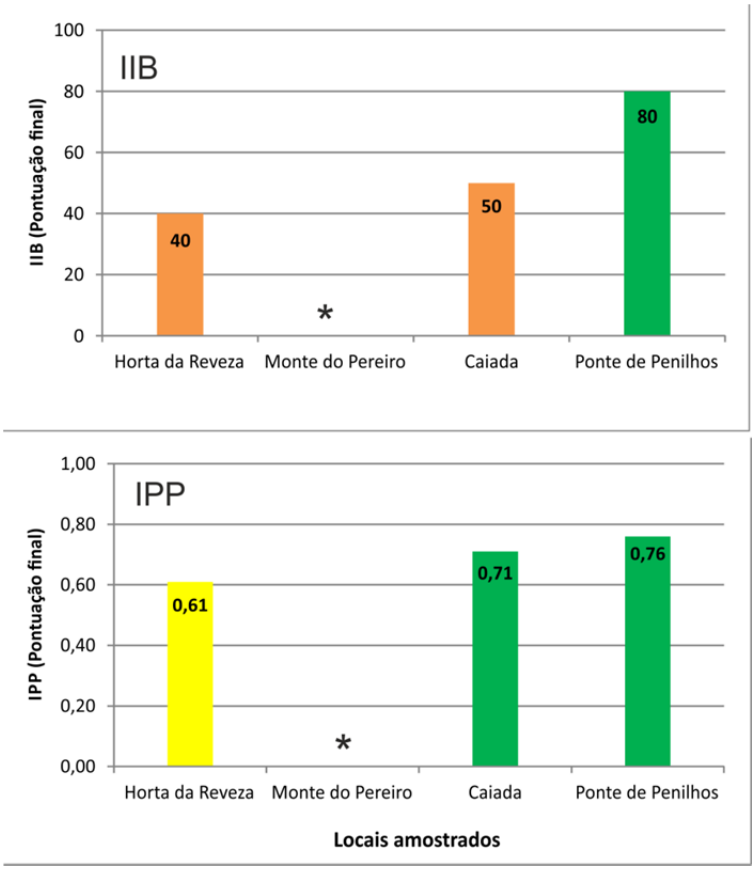


Figura 5.10 - Qualidade ecológica em quatro locais da ribeira de Oeiras, de acordo com o Índice de Integridade Biótica (IIB, Ferreira *et al.*, 1995) e do Índice Piscícola Português (IPP, Matono *et al.,* 2009). * Neste local não foi registada uma abundância piscícola suficiente para a aplicação das metodologias de avaliação da qualidade ecológica.

Na análise efetuada para avaliar a relação entre os valores de condutividade e algumas métricas biológicas, apenas a abundância e diversidade piscícolas parecem ter uma relação menos robusta com a condutividade (Figura **5.**11). A riqueza específica apresenta uma relação inversa forte com os valores de condutividade, demonstrando uma boa resposta à variação deste parâmetro (Karr, 1981), sendo superior nos locais onde a condutividade é menor, Horta da Reveza e Ponte de Penilhos, e inferiores nos locais mais afetados pela descarga do efluente da mina, Caiada e, sobretudo, Monte do Pereiro.

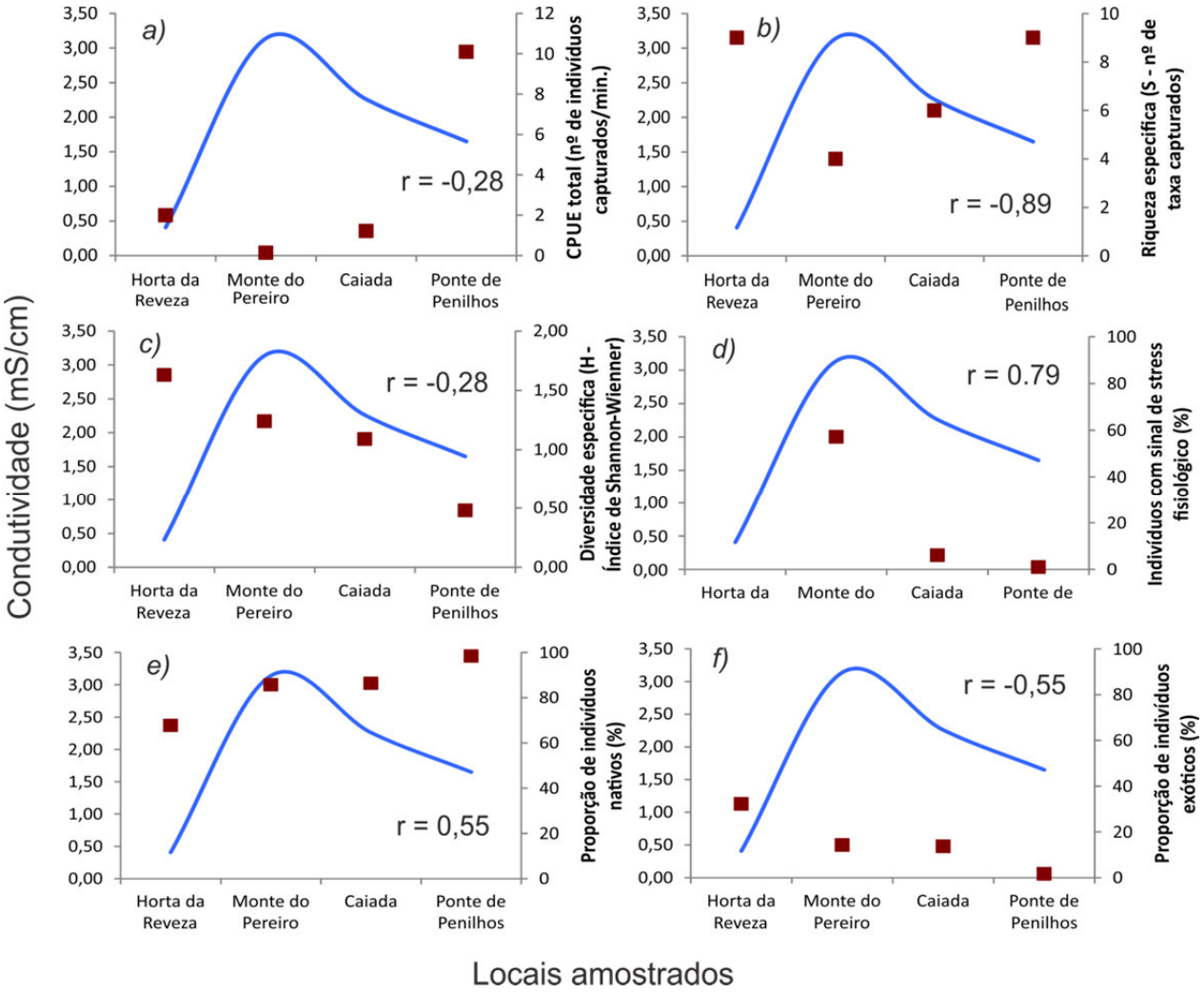


Figura 5.11 - Variação da condutividade ao longo da Ribeira de Oeiras (linha azul) e relação com várias métricas biológicas: a) abundância piscícola total; b) riqueza específica; c) diversidade específica; d) proporção de exemplares piscícolas com sinais de malformações e/ou parasitismo; e) proporção de indivíduos nativos e f) proporção de indivíduos exóticos.

Parece existir igualmente uma tendência que se exprime numa relação positiva entre a condutividade e a proporção de indivíduos com sinais de stresse fisiológico (Figura **5.**11). Este parâmetro fisiológico não está incluído em nenhum dos índices utilizados para avaliação do estado ecológico, embora os resultados que se têm obtido ao longo desta monitorização demonstrem a sua elevada resposta ao aumento dos contaminantes na água e a sua utilidade em futuros estudos deste âmbito.

A proporção de indivíduos pertencentes a espécies nativas demonstrou uma relação forte e positiva com a concentração de compostos na água, enquanto a proporção de indivíduos pertencentes a espécies exóticas mostrou uma relação inversa. Teoricamente, as espécies exóticas são mais tolerantes as alterações da qualidade

ambiental do que as espécies nativas (Almaça, 1995; 1996; Vila-Gispert *et al.*, 2005), pelo que este resultado, já obtido em anos anteriores, pode estar a refletir não uma resposta à degradação da qualidade da água mas sim uma resposta da comunidade à variação longitudinal do mosaico de habitats disponível ao longo do curso de água.

Relativamente à análise de correlação entre a variável relacionada com a distância de cada local de amostragem à fonte poluente e as seis métricas populacionais testadas, verificou-se uma relação forte e positiva entre esta variável abiótica e as métricas CPUE total e proporção de indivíduos nativos (Tabela 3). Por outro lado, as variáveis relacionadas com a proporção de espécies exóticas e a diversidade específica apresentaram uma relação negativa com a distância à mina. Estes resultados podem igualmente indicar um efeito da fonte poluente nas métricas populacionais testadas, mas sobretudo são influenciados pela elevada abundância e predominância de *S. alburnoides* no local Ponte de Penilhos, mais afastado da mina, uma espécie piscícola nativa.

Tabela 5.3 - Valores de correlação de Pearson (r) entre as métricas populacionais e a variável representativa da distância de cada local de amostragem à fonte poluente, neste caso a mina.

	Distância à fonte poluente (Correlação de Pearson, r)
CPUE total (nº de ind./minuto)	0.87
% de indivíduos com evidências de stress fisiológico	-0.29
% de indivíduos pertencentes a espécies nativas	0.91
% de indivíduos pertencentes a espécies exóticas	-0.91
Riqueza específica (S)	0.29
Diversidade específica (H)	-0.99

5.3. Conclusões sobre a ictiofauna

1. A associação piscícola da Ribeira de Oeiras voltou a caracterizar-se por um reduzido número e abundância de espécies exóticas. Contudo, verificou-se um aumento destes *taxa* no local situado a montante da descarga da mina o que

provavelmente reflete, não um aumento da degradação da qualidade da água, mas a sobreposição do efeito relacionado com um mosaico habitacional de características mais lênticas que favorece o estabelecimento de espécies piscícolas alóctones.

2. Em praticamente todos os locais amostrados, parecem existir problemas em termos de estrutura dimensional e etária das populações. Estes desequilíbrios manifestam-se sobretudo a nível da ausência de classes mais jovens e de classes intermédias que deveriam estar presentes, sugerindo a existência de alguns problemas em termos demográficos nestas populações.
3. O local Monte do Pereiro, situado na zona mais afetada pela descarga acidental verificada no início de 2012, aparenta uma ligeira recuperação da sua comunidade piscícola, demonstrada sobretudo por um ligeiro aumento do número de espécies aqui capturadas. Tal facto poderá dever-se à ocorrência de dois anos hidrológicos consecutivos com pluviosidade elevada (2012-2014), que promoveram a manutenção da continuidade longitudinal da Ribeira de Oeiras durante um maior período anual, consequentemente facilitando a recolonização deste troço por parte da ictiofauna.
4. O estado ecológico nos vários pontos amostrados na Ribeira de Oeiras variou entre “Medíocre” a “Bom”, embora os dois índices tenham voltado a apresentar avaliações distintas, exceto para Ponte de Penilhos, provavelmente relacionados com o tipo de métricas que cada metodologia avalia. A avaliação bastante positiva deste local mais a jusante no curso de água confirma os resultados obtidos em anos anteriores e evidencia mais uma vez o elevado valor ecológico e ambiental deste troço de rio;
5. A proporção de indivíduos com malformações e/ou parasitismo, que não é tida em conta por nenhum dos índices aplicados, mas está diretamente relacionada com condições adversas para a ictiofauna nas linhas de água, foi superior no local com maior condutividade. Este resultado, que se vem verificando ao longo de todas as campanhas de amostragem realizadas, parece indiciar a presença de efeitos sub-letais nas populações piscícolas estudadas que devem ser alvo de um estudo mais aprofundado;

6. A riqueza em espécies demonstrou uma forte resposta negativa ao aumento da condutividade no curso de água, sendo superior nos locais menos afetados pela descarga do efluente da mina.
7. De acordo com os resultados aqui apresentados e os obtidos em anos anteriores, propõe-se a manutenção de programas que permitam determinar a qualidade biológica do curso de água, mesmo em situações de descarga zero, de forma a despistar potenciais efeitos cumulativos no habitat e avaliar o processo de recuperação e recolonização da comunidade.

5.4. Bibliografia específica referente à ictiofauna.

ALMAÇA, C. 1995. Freshwater fish and their conservation in Portugal. *Biological Conservation* **72:** 125-127.

ALMAÇA, C. 1996. Peixes dos rios de Portugal. Edições INAPA: 115-126.

COLLARES-PEREIRA, M. J., COWX, I. G., RIBEIRO, F. RODRIGUES, A. J. & ROGADO, L. 2000. Threats imposed by water resource development resource schemes on the conservation of endangered fish species in the Guadiana River Basin in Portugal. *Fisheries Management and Ecology* **7**: 167-178.

FERNÁNDEZ-DELGADO, C. & HERRERA, M. 1994. Population structure, growth and reproduction of Tropidophoxinellus alburnoides, Steindachner, 1866 in an intermittent stream of the Guadalquivir river basin, southern Spain. *Archive fur Hydrobiologie* **130**: 359-369.

FERREIRA, M. T., CORTES, R. M. V., GODINHO, F. & OLIVEIRA, J. M. 1995. Indicadores da qualidade biológica da água aplicados à bacia do Guadiana. *Recursos Hídricos* **17**: 9-20.

HERRERA, M. & C. FERNANDEZ-DELGADO. 1994. The age, growth and reproduction of Chondrostoma polylepis willkommi in a seasonal stream of the Guadalqivir River basin (southern Spain). *Journal of Fish Biology* **44**: 11-22.

HUGHES, R. M., OBERDORFF, T. 1999. Applications of IBI concepts and metrics to waters outside the United States and Canada. In Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities. TP Simon ed. CRC Press, Boca Raton, Florida. pp:79-93.

ILHÉU, M. A. P. 2004. Padrões de uso de habitat da ictiofauna em rios de tipo mediterrânico. Tese para a obtenção do grau de doutor em Ciências do Ambiente. Universidade de Évora. 274pp.

INAG, I. P. 2008a. Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Água – Protocolo de amostragem e análise para a fauna piscícola. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.

INAG, I. P. 2008b. Tipologia de Rios em Portugal Continental no âmbito da implementação da Directiva Quadro da Água. I – Caracterização abiótica. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.

KARR, J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries. **6**: 21-27.

LOBÓN-CERVIÁ, J. & FERNÁNDEZ-DELGADO, C. 1984. On the biology of the barbel (*Barbus barbus bocagei*) in the Jarama river. *Folia Zoologica*, **33**: 371-384.

MATONO, P., ILHÉU, M., FORMIGO, N., FERREIRA, M. T., ALMEIDA, P. R., CORTES, R. & BERNARDO, J. M. 2009. Desenvolvimento de um índice piscícola para os rios de Portugal Continental. Recursos Hídricos, **30(2)**: 77-84.

MATTHEWS, W. J. 1998. Patterns in Freshwater Fish Ecology. Chapman & Hall, New York. 755 pp.

O'NEAL, S. e HUGHES, R. M. 2012. Fisheries and hard rock mining: AFS symposium synopsis. *Fisheries* **37**: 54-55.

OLIVEIRA, J. M. (coord.), J. M. SANTOS, A. TEIXEIRA, M. T. FERREIRA, P. J. PINHEIRO, A. GERALDES e J. BOCHECHAS. 2007. *Projecto AQUARIPORT: Programa Nacional de*

Monitorização de Recursos Piscícolas e de Avaliação da Qualidade Ecológica de Rios. Direcção-Geral dos Recursos Florestais, Lisboa, 96 pp.

POFF, N.L. & ALLAN, J.D. 1995. Functional organizational of stream fish assemblages in relation to hydrological variability. *Ecology* **76(2)**: 606-627.

PONT, D., HUGUENY, B., BEIER, U., GOFFAUX, D. MELCHER, E., NOBLE, R., ROGERS, C., ROSET, N. & SCHMUTZ, S. 2006. Assessing river biotic condition at a continental scale: a European approach using functional metrics and fish assemblages. *Journal of Applied Ecology* **43**: 70-80.

REFCOND. 2003. Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters. CIS Working Group 2.3. Final Version 7.0. 05-03-03.

ROGADO, L. (COORD.), ALEXANDRINO, P., ALMEIDA, P.R., ALVES, J., BOCHECHAS, J., CORTES, R., DOMINGOS, I., FILIPE F., MADEIRA, J. & MAGALHÃES, F. 2005. Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal (Eds CABRAL, M. J., ALMEIDA, J., ALMEIDA, P. R., DELLINGER, T., FERRAND DE ALMEIDA, N., OLIVEIRA, M. E., PALMEIRIM, J. M., QUEIROZ, A. L., ROGADO, L. & SANTOS-REIS, M.). *Instituto da Conservação da Natureza*. Lisboa. 57-114 pp.

SIMON, T.P. (ed). 2003. Introduction: Biological integrity and use of ecological health concepts for application to water resource characterization. In: *Assessing the Sustainability and Biological Integrity of Water Resource Using Fish Communites*. Simon TP (ed), CRC Press, Boca Raton, Florida.

VILA-GISPERT, A., ALCARAZ, C. & GARCIA-BERTHOU, E. 2005. Life-history traits of invasive fish in small Mediterranean streams. *Biological Invasions* **7:** 107-116.

6. Macrófitas

6.1 Introdução

As macrófitas aquáticas são produtores importantes nos cursos se água, servindo de refúgio a invertebrados, peixes e zooplâncton, para além de fixarem os sedimentos móveis. As plantas nas margens dos rios (zonas ripícolas ou ripárias) têm uma contribuição igualmente importante como refúgio para organismos ligados aos cursos de água, fornecendo também os rios com material orgânico e atenuando a entrada de poluentes terrestres.

Dada a sua importância, as macrófitas são um elemento importante adotado pelas autoridades ambientais europeias nos seus programas de biomonitorização (Diretiva nº2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000; Diretiva Quadro da Água / Lei da Água, nº 58/2005, de 29 de Dezembro, e Decreto-Lei nº77/2006, de 30 de Março).

Nesta secção relatório avaliamos se a descarga da mina causa alterações nas comunidades de macrófitas, tendo como referência uma serie de locais a montante da mina, assim como em 2 locais na ribeira de Carreiras. O levantamento foi feito na terceira semana de abril

6.2. Resultados

6.2.1. Número total de taxa

Foram identificados 215 taxa (a maioria espécies); mais 6 do que no ano anterior (Tabelas 6.1 e 6.2), sendo 14 hidrófitas (plantas submersas; pelo menos, parcialmente) e 65 higrófitas e helófitas (plantas de habitats alagadiços ou pantanosos).

Tabela 6.1 - Percentagem de cobertura do leito de plantas aquáticas anfíbias e ribeirinhas em locais selecionados das Ribeiras de Oeiras (RO), Carreiras (RC) e Barranco das Lajes (BL).

Taxa	Código	Cate-goria	BL	RC1	RC2	RO1A	RO1C	RO2	RO3	RO5	RO6	RO 4	RO16	RO18	RO19	RO19B	RO20B	RO21	RO22	RO22D
Algas filamentosas	ALGA_SP.	hidro		2	3	3		6	4	2	4	1	1					3	3	3
Alisma lanceolatum With.	*ALI_LAN.*	helo		1	1	1	2	2	1	1					1	1			1	
Anogramma leptophylla (L.)Link	*ANO_LEP.*	higro		1	1		1	1												1
Apium nodiflorum (L.) Lag.	*API_NOD.*	helo													1					1
Arundo donax L.	*ARU_DON.*	higro (1)			4												5	1	4	
Aster squamatus (Spreng.) Hieron.	*AST_SQU.*	higro	1	1		1			1	2		1	1	1			1	1	2	1
Baldellia ranunculoides (L.) Parl.	*BAL_RAN.*	helo		2		3	1	3	3	2	3			1						
Callitriche hamulata Kützing ex Koch	*CAL_HAM.*	hidro		2		4	3	3	2	1	1	1			1		1			
Callitriche stagnalis Scop.	*CAL_STA.*	hidro			1	4							1			1			1	1
Cardamine hirsuta L.	*CAR_HIR.*	higro		1	1		1				1									1
Chamaemelum fuscatum (Brot.) Vasc.	*CHA_FUS.*	higro				1		1												
Charophyta (várias espécies)	*CHA_SP.*	hidro				1		1			5						3			
Cyperus eragrostis Lam.	*CYP_ERA.*	helo							1						2			2	2	1
Cyperus longus L.	*CYP_LON.*	helo		2	2	2	2	2	7	1	2	2	2	1	2	1	2	3	4	3
Eleocharis palustris (L.) Roemer & Schultes	*ELE_PAL.*	helo		1		6	2	6	6	3	3		2	3		1			3	

Taxa	Códigi	Cete-goria	BL	RC1	RC2	RO1A	RO1C	RO2	RO3	RO5	RO6	RO 4	RO16	RO18	RO19	RO19B	RO20B	RO21	RO22	RO22D
Flueggea tinctoria (L.) G. L. Webster	*FLU_TIN.*	higro (2)(3)		2	8	2	6		6	2				3	4	4			8	2
Fontinalis squamosa Hedw.	*FON_SQU.*	hidro		2	7													3		
Fraxinus angustifolia Vahl.	*FRA_ANG.*	higro (2,3)						1	8	1	2						4		5	1
Glyceria fluitans (L.) R. Br.	GLY_FLU.	hidro		2	2	1		3	2	1			1	2	1	1	1	1	1	1
Isoetes velatum A.Braun subsp. *velatum*	*ISO_VEL.*	hidro				3		4						1						
Juncus acutus L.	*JUN_ACU.*	higro								2			1		2	1				3
Juncus articulatus L.	JUN_ART.	higro			1	1		1			1					2	1		2	1
Juncus bufonius L.	JUN_BUF.	higro		1	1	1	1	2										1		1
Juncus effusus L.	*JUN_EFF.*	higro		3		1							1	2		2	3			2
Juncus pygmaeus Rich.	*JUN_PYG.*	higro				1		1			3									1
Juncus sp.	*JUN_SP.*	higro						1												
Lemanea sp.	*LEM_SP.*	hidro			1															
Lythrum borysthenicum (Schrank) Litv.	*LYT_BOR.*	hidro		1		2	1	3	1		2									
Lythrum hyssopifolia L.	*LYT_HYS.*	higro		1	2	2	2	3	4	2	2	1	1		1	1	1	2	1	2
Lythrum salicaria L.	*LYT_SAL.*	helo		1	1					1			1			2	2	4	3	2
Marsillea batardae Launert	*MAR_BAT.*	helo		1	1															

Taxa	Códigi	Cete-goria	BL	RC1	RC2	RO1A	RO1C	RO2	RO3	RO5	RO6	RO 4	RO16	RO18	RO19	RO19B	RO20B	RO21	RO22	RO22D
Mentha aquatica L.	*MEN_AQU.*	helo		1			1	1	3	1	1	1	1	1	2			2	3	2
Mentha pulegium L.	*MEN_PUL.*	higro		1	2	2	1	2						1		1		2		1
Mentha suaveolens Ehrh.	*MEN_SUA.*	higro		2		3			1			1		2	1	1	3			1
Montia fontana L. subsp. *amporitana* Sennen	MONT_FON.	hidro				1														
Myosotis debilis Pomel	*MYO_DEB.*	higro		2	2	2	3	3	3	2	1						2		2	2
Myriophyllum alterniflorum DC.	*MYR_ALT.*	hidro				7		1			2									
Myriophyllum spicatum L.	*MYR_SPI.*	hidro		2													2			1
Myrtus communis L.	*MYR_COM.*	LENHOSA			3															3
Narcissus jonquilla L.	*NAR_JON.*	higro (2)		1	1			1	1					1						
Nerium oleander L.	*NER_OLE.*	higro (2)		7	3		7		5	2	1	1	3	9	8	7	8		2	2
Oenanthe crocata L.	*OEN_CRO.*	helo		4	3	2	3	1	3			2	2	1	3	2	7		3	2
Paspalum paspalodes (Michx) Thell.	*PAS_PAS.*	higro	1	1	3	3	2	3	3	1	2	3	4	2	4	5	4	5	4	2
Poa annua L.	POA_ANN.	higro			1	4		3	2	2	1	2	1			1	1	1	2	3
Poa trivialis L.	*POA_TRI.*	higro		2	3	2	4		1			1	1	4			8		3	
Polygonum persicaria L.	*POL_PER.*	higro											1							
*Polypogon monspeliensis (*L.) Desf.	*POL_MON.*	higro			1						1	1			3			1		1

Taxa	Códigi	Cete-goria	BL	RC1	RC2	RO1A	RO1C	RO2	RO3	RO5	RO6	RO 4	RO16	RO18	RO19	RO19B	RO20B	RO21	RO22	RO22D
Pseudognaphalium luteo-album (L.) Hillard & B. L. Burtt	PSE_LUT.	higro																		1
Pulicaria paludosa Link	*PUL_PAL.*	higro	1	1	1	2	1	2	2			1	1	1	1	3	1	2	1	1
Ranunculus bulbosus L. subsp. *aleae* (Willk.) Rouy & Fouc. var. *adscendens* (Brot.) Pinto da Silva	*RAN_BUL.*	higro		2	1		2	1	2			1	1	1			2			
Ranunculus muricatus L.	*RAN_MUR.*	higro		1		1		1												
Ranunculus ophioglossifolius Vill.	*RAN_OPH.*	higro		2																
Ranunculus penicillatus (Dumort) Bab. var. *penicillatus*	*RAN_PEN.*	higro		1	4	8	1	6	5	1	9	1					1		2	2
Ranunculus trilobus Desf.	*RAN_TRI.*	higro		1	1	2	3	3	3	1	1		1	1	1	1	1		2	1
Rorippa nasturtium-aquaticum (L.) Hayek	*ROR_NAS.*	hidro			1							1	1						1	
Rubus ulmifolius Schott	*RUB_ULM.*	higro (2)	1				4			8	2	2	3	5	5	7		1		1
Rumex conglomeratus Murray	*RUM_CON.*	higro		2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	2	3	2	3	2	3	2
Salix alba L.	*SAL_ALB.*	higro (2)																		1
Salix atrocinerea Brot.	SAL_ATR.	higro (2)														1			1	
Salix salviifolia Brot. subsp. *australis*	*SAL_AUS.*	higro (2)			3															
Samolus valerandi L.	*SAM_VAL.*	higro													1		1	1	1	1
S*choenoplectus lacustris* (L.) Palla	*SCH_LAC.*	helo		3		6	8			8		2	1	7	7	4	3			

Taxa	Códigi	Cete-goria	BL	RC1	RC2	RO1A	RO1C	RO2	RO3	RO5	RO6	RO 4	RO16	RO18	RO19	RO19B	RO20B	RO21	RO22	RO22D
Scirpoides holoschoenus (L.) Soják	*SCI_HOL.*	helo	1		2		4	3	2	3	1	4	7	2	2		3	7	2	7
Scirpus cernuus Vahl	*SCI_CER.*	higro				3	1	1			4				1				1	
Solenopsis laurentia (L.) C.Presl	SOL_LAU.	higro			2		2				1									
Tamarix africana Poiret	*TAM_AFR.*	higro (2)							2										7	3
Tamus communis L.	*TAM_COM.*	higro			1															
*Trifolium resupinatum*L.	*TRI_RES.*	hidro			1	3	3							1						1
Typha dominguensis (Pers.) Steudel	*TYP_DOM.*	helo	1				2		7	7		8	8	8	7	5		8	7	5
Veronica anagallis-aquatica L.	*VER_ANA.*	helo			2										1	2	1	2	2	1

Tabela 6.2 - Parâmetros vegetais para o Barranco das Lajes (BL) e ribeiras de Carreiras (RC) e Oeiras (restantes).

	RC1	RC2	1A	1C	2	3	5	6	14	16	18	19	19B	20	21	22	22D
Nº taxa	90	117	68	60	53	48	30	35	40	30	46	30	41	59	39	49	96
Nº aquáticas	36	38	36	30	34	30	25	26	22	26	25	25	25	28	22	33	42

Os locais foram classificados em 3 categorias de acordo com a análise multivariável (ver em baixo): Os locais de referência, os localizados a jusante, mais próximos da mina e os localizados a jusante, mais afastados da mesma. Não houve diferenças significativas entre os três grupos de locais em termos de (n.º total de taxa, n.º de taxa aquáticos e percentagem de taxa aquáticos (Tabela 6.3), com uma exceção: Os locais imediatamente a jusante da mina (de 14 a 20, inclusive) tinham significativamente menos taxa aquáticos do que os restantes locais. Estes dados são consistentes com os reportados na campanha anterior onde se identificou um número elevado de espécies nos locais 21 e 22 (Figuras 6.1 e 6.2).

Tabela 6.3 - Comparação entre locais de referência (R) e locais mais próximos a jusante da mina (J1) e os mais afastados a jusante da mina (J2) em termos de número de taxa (T), Taxa aquáticos (A) e percentagem de taxa aquáticos (%A). Em verde, considerando os mais afastados 20. 21, 22, 22D. Em azul, considerando os mais afastados o grupo 21, 22 e 22D. Usou-se uma ANOVA sem transformações de dados, excepto na primeira ANOVA (verde) em que os dados foram transformados por rango de ambundância. No caso das percentagens, os dados foram transformados por arco-seno (sobre as proporções).

Taxa	F /H	P		F	P	comparação
Nº taxa	1.481	0.261		2.315	0.135	
Nº aquáticas	5.339	0.07		10.022	0.002	R+J2 > J1
% Aquáticas	0.479	0.629		0.345	0.714	

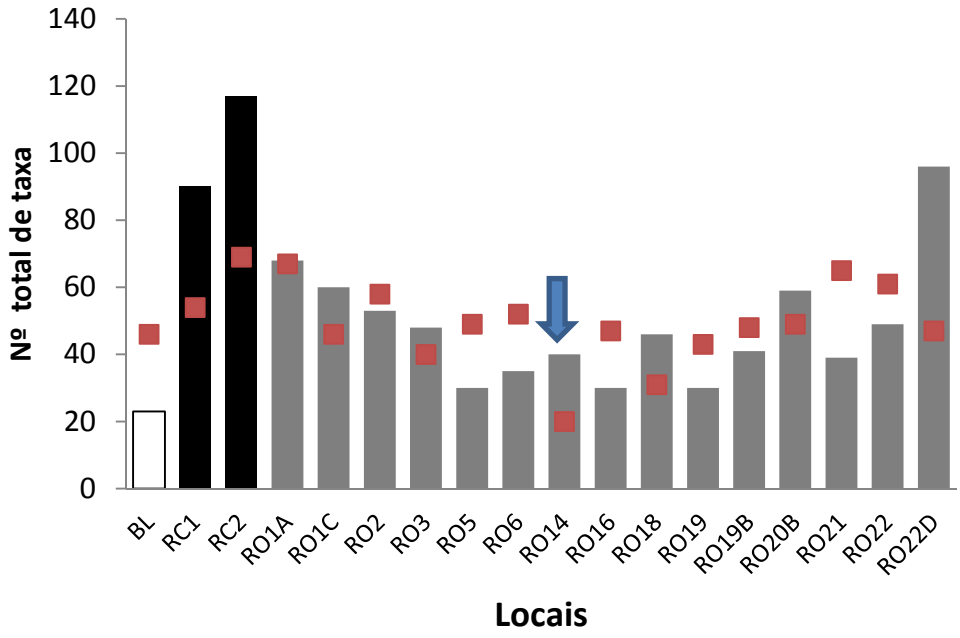


Figura 6.1 - Riqueza florística nos locais de amostragem nas ribeiras de Carreiras (RC, a preto) e Oeiras (restantes, a cinzento) e o Barranco das Lajes (a branco; não amostrado com a mesma intensidade). A seta indica o local de descarga. Os pontos sinalizam os valores de 2013.

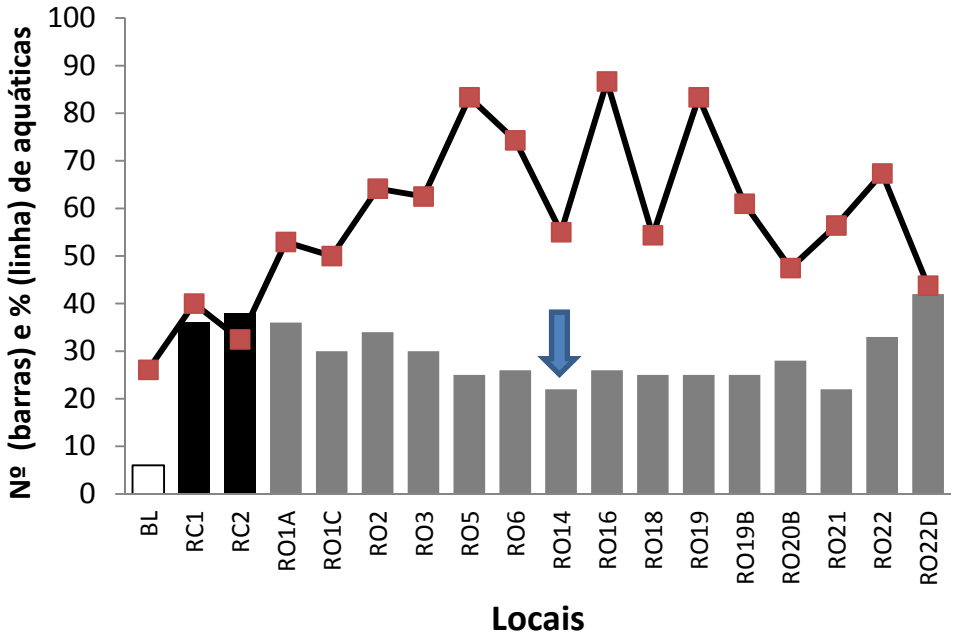


Figura 6.2 . Plantas aquáticas (definidas como Higrófitas, Hidrófilas e Helófitas) nas ribeiras de Carreiras (RC, a preto) e Oeiras (restantes, a cinzento) e o Barranco das Lajes (a branco; não amostrado com a mesma intensidade), em número e em percentagem. A seta indica o local de descarga

As percentagens elevadas de plantas aquáticas a jusante da mina, de acordo com a figura 6.2 devem ser interpretadas à luz da observação que número de plantas nas margens a jusante da mina é baixo, por razões que nada têm a ver com as atividades da mina, mas por uso de solo. As diferenças de regime hídrico também poderão ser importantes uma vez que a jusante da mina existe sempre caudal enquanto que para montante este é sazonal.

O Barranco das Lages difere dos restantes locais por só ocasionalmente ter escorrência de água. Desta forma, não é de esperar a ocorrência de hidrófitas e a presença de higrófitas e helófitas será muito limitada. Os dados apresentados dão uma ideia da composição florística desta linha de água temporária, mas não podem ser comparados com os restantes locais.

A abundância de plantas aquáticas (*Higrófitas, Hidrófilas e Helófitas*) não permite uma distinção significativa entre os locais. Porém, se se considerasse apenas a abundância de hidrófitas os resultados seriam muito diferentes. Na sequência de largos anos de amostragem no local, não temos dúvidas de que as hidrófitas serão os melhores indicadores da qualidade da água; entre as higrófitas há alguns *taxa* muito sensíveis à qualidade da água e outros menos sensíveis ou indiferentes; a maioria das helófitas são altamente resistentes e tolerantes e, por isso, péssimos indicadores da qualidade da água mas importantes no que toca à sua depuração e à recuperação do ecossistema.

A metodologia adotada, é a preconizada pela Diretiva Quadro da Água / Lei da Água, nº 58/2005, de 29 de Dezembro, e Decreto-Lei nº77/2006, de 30 de Março, de forma a corresponder às solicitações do Plano de Monitorização Ambiental exigido à SOMINCOR. Esta metodologia permite, de facto, avaliar o estado geral dos ecossistemas (no caso da ribeira e das margens) e monitorizar a sua alteração mas é insensível a alterações específicas da qualidade química da água. Os dados gerados pelo IMAR para a SOMINCOR são suficientes para identificar espécies bioindicadoras adequadas ao contexto local com a emissão do efluente. . É de realçar que, para elem das atividades mineiras há outras perturbações nomeadamente a agricultura e a pecuária que são responsáveis por uma elevada perturbação da vegetação ripícola .

6.2.2. Análise multivariavel

Tanto a ordenação MDS (Figura 6.3) como a análise aglomerativa (Figura 6.4) identificaram grupos definidos de locais: as comunidades dos locais de referência são diferentes das dos locais imediatamente a jusante da mina (grupo j1) assim como os imediatamente mais afastados (grupo j2). Este resultado contrasta com o obtido no ano passado em que o valor probabilístico para diferenças foi de 0.84, sendo este ano de 0.002 (todas as plantas) e 0.003 (só as aquáticas).

Quando se relaciona graficamente a similaridade “intra-locais" de referência (só para as aquáticas) com o desvio em relação às condições de referência (Figura 6.5), verifica-se que o desvio não é quantitativamente grande e, por esta análise, só os locais 14, 15 e 21 é que se afastam muito das condições de referência.

Em resumo, as plantas aquáticas parecem indicar que as condições de 2014 foram piores do que as condições de 2013, embora não se possa colocar de lado o efeito do amostrador, uma vez que as identificações foram feitas por diferentes investigadores.

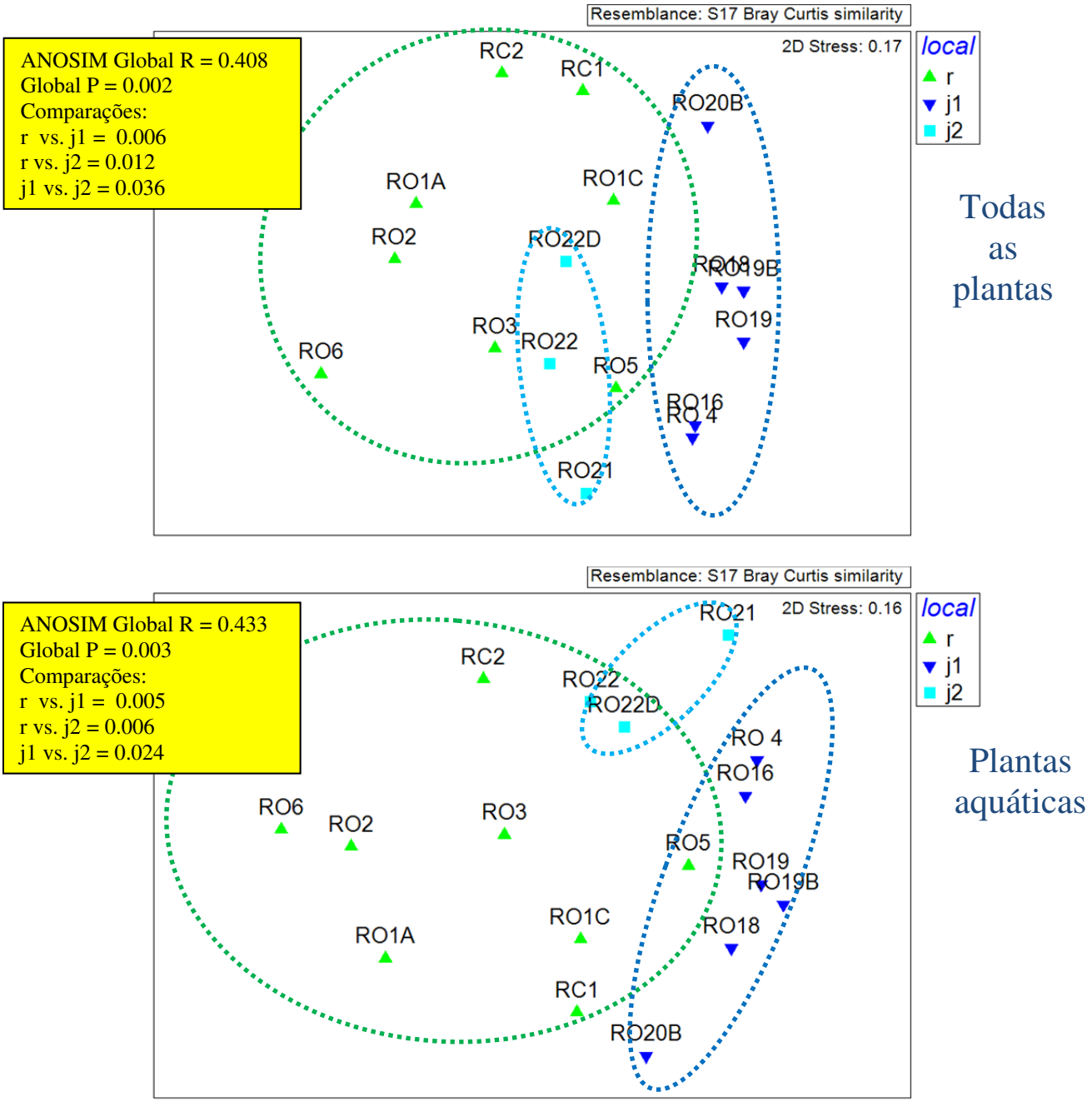
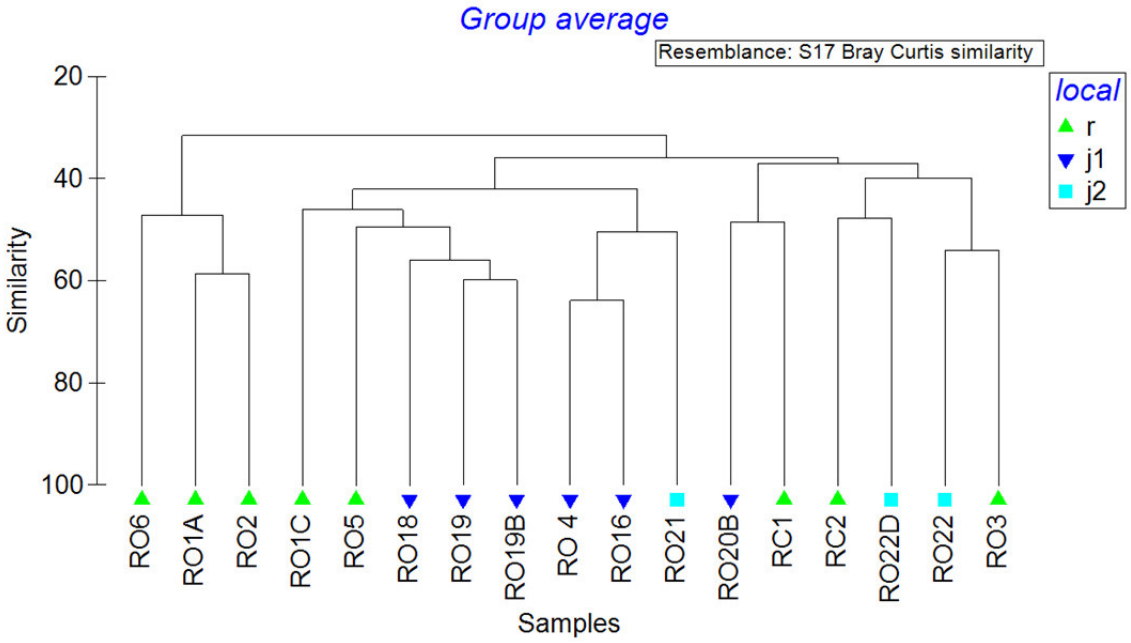


Figura 6.3 - Multidimensional scaling analysis (MDS) das comunidades de plantas ribeirinhas dos locais de referência (r) e restantes locais a jusante (j), classificados em dois grupos, de acordo com a sua distância à mina. No topo, todas as plantas; em baixo, só as aquáticas.



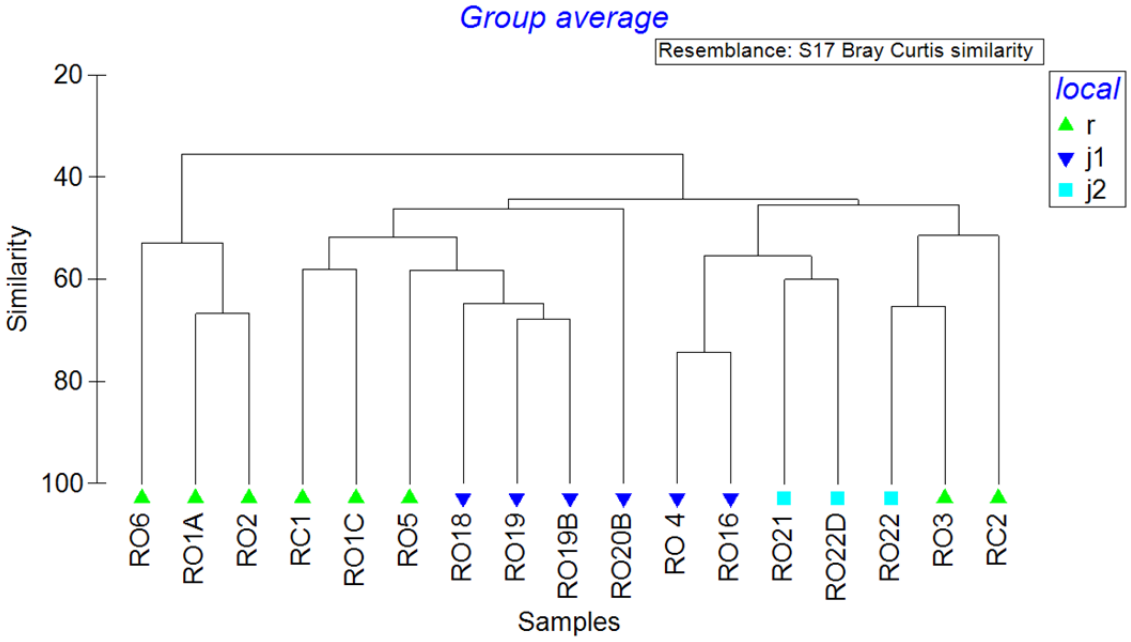


Figura 6.4 - Cluster da matriz de plantas ribeirinhas dos locais de referência (r) e restantes locais a jusante (j), classificados em dois grupos, de acordo com a sua distância à mina. No topo, todas as plantas; em baixo, só as aquáticas

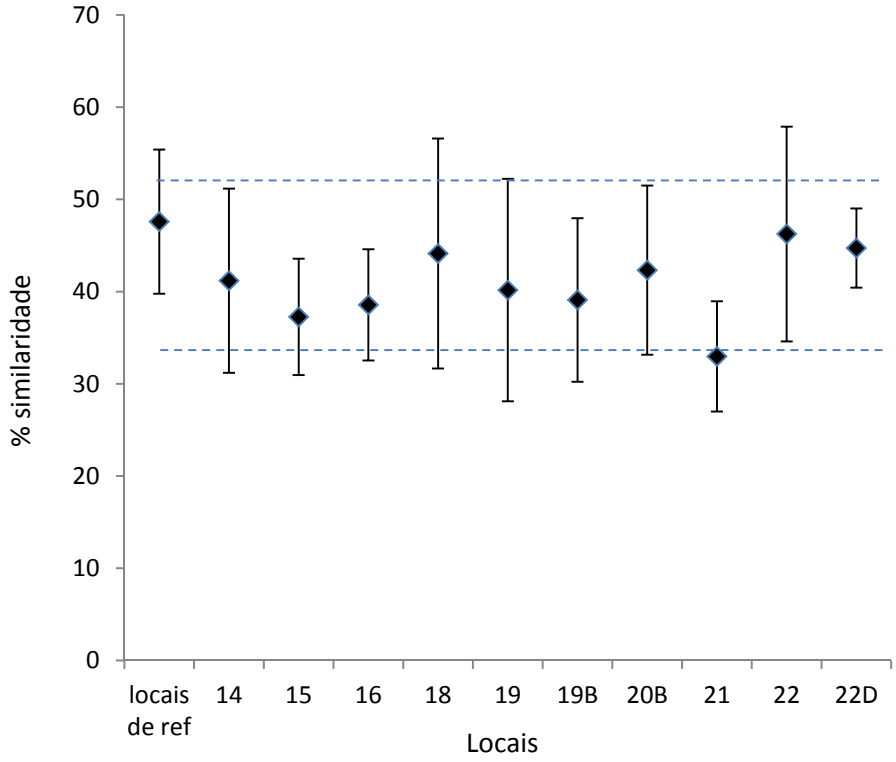


Figura 6.5 - Similaridade média entre todos os locais de referência e respetivo erro-padrão (locais de ref) e a distância (em termos de similaridade) entre cada local a jusante da mina e os de referência. O gráfico mostra que os locais 15, 16, 19, 19B e 21 se afastam (têm uma composição florística diferente) dos locais de referência.

6.3. Conclusões

1. Embora a diversidade das plantas associadas à ribeira de Oeiras não varie ao longo do percurso analisado, o número de plantas aquáticas foi estatisticamente menor imediatamente a jusante da mina. No entanto, em termos quantitativos houve uma diminuição de 32 espécies por secção da ribeira (valor médio) para 25 espécies logo a jusante (igualmente, valor médio), seguido de um aumento para 38 espécies (média) a partir do local 21.
2. A análise multivariavel sugere alterações nas comunidades de plantas a jusante da mina, o que é um indicador de perturbação.

7. Metais em tecidos animais

7.1. Aves

7.1.1. Introdução

Para determinar se as aves que se alimentam de organismos aquáticos na ribeira de Oeiras acumularam metais, foram capturadas aves insetívoras (rouxinol bravo, *Cettia cetti*) e piscívoras (guarda-rio, *Alcedo atthis*) em dois locais, uma a montante da mina (Monte Bentes) e dois a jusante da mesma (Monte Velho e Caiada). As aves foram capturadas em 3 campanhas com intervalos de uma a duas semanas em Março de 2014. Os metais foram medidos no sangue (indicador de contaminação potencial a curto prazo) e nas penas (indicador de contaminação a mais longo prazo).

7.1.2. Resultados

Foram capturados 20 exemplares (14 no ano anterior) das duas espécies e em todos os locais. Embora fosse desejável um número mais elevado de exemplares, as baixas densidades não o permitem; sempre que exemplares começam a ser repetidamente capturados nas redes, considera-se que o esforço de amostragem máximo foi atingido.

Analisando os dados de forma global (ANOVA de duas vias, com as espécies de aves (rouxinol-bravo e guarda-rios) e posição ao longo da ribeira (montante vs. Jusante), só houve diferenças significativas no teor do cobre nas penas, sendo os valores maiores a montante (Tabelas 7.1 e 7.2). Este resultado pode ser devido ao fato de, embora os animais se encontrem a montante, podem ter tido uma distribuição anterior num outro local (lembrar que os teores de metais na penas refletem alimentação em épocas passadas). De fato, tanto para o Cu como para o Zn, os valores no sangue eram muito menores do que os valores nas penas (Tabela 7.2, Figura 7.1).

Tabela 7.1 - Teores em As, Cu, Hg e Zn em penas e sangue de aves capturadas a montante (Monte Bentes) e a jusante da mina (Monte Velho e Caiada) em Março de 2014. Valores a cinzento claro = rouxinol-bravo, valores cinzento escuro = guarda-rios.

Penas

Local	Referência	Amostra	As mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Zn mg/kg
PS1	Caiada	A371077	< 0.2	89.208	< 0.2	148.497
PS2	Caiada	A371079	< 0.2	116.25	< 0.2	115.139
PS3	Caiada	A371080	11.316	79.048	< 0.2	128.929
PS4	Caiada	A371086	1.571	91.364	< 0.2	113.727
PS5	Caiada	A301731	0.763	35.441	< 0.2	65.147
PS6	Caiada	B9707	110.31	91.254	93.936	58.304
PS7	M.Velho	A371087	0.694	12.729	0.299	33.486
PS8	M.Velho	B009708	5.529	99.016	6.072	104.528
PS9	M.Bentes	A371073	36.393	85.738	1.114	82.55
PS10	M.Bentes	A371072	< 0.2	36.257	< 0.2	86.911
PS11	Caiada	B397749	< 0.2	72.558	15.79	30.077
PS12	M.Bentes	B009705	< 0.2	95.764	19.969	120.1
PS13	M.Bentes	B009706	< 0.2	04.352	13.679	32.085

Sangue

Local	Referência	Amostra	As mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Zn mg/kg
SS1	M.Bentes	B11110	<0.08	111.909	< 0.1	2.06
SS2	M.Velho	B11111	4.119	55.894	2.817	9.448
SS3	M.Bentes	B11113	0.486	28.75	0.589	< 0.50
SS4	Caiada	A301729	1.729	03.462	< 0.1	< 0.50
SS5	M.Bentes	A371101	5.261	02.672	< 0.1	< 0.50
SS6	M.Velho	B11112	0.952	59.394	0.28	< 0.50
SS7	M.Bentes	A371072	0.566	69.524	< 0.1	2.975
SS8	M.Bentes	B11114	0.528	62.576	0.261	< 0.50
SS9	M.Velho	A371087	1.44	78.753	< 0.1	7.35
SS10	Caiada	A371086	0.971	41.132	< 0.1	< 0.50
SS11	Caiada	A371080	0.303	32.948	< 0.1	< 0.50
SS12	Caiada	Ax	0.156	28.064	1.406	3.139
SS13	M.Bentes	B009706	0.4	29.372	0.349	9.489
SS14	M.Velho	B009708	0.375	31.63	< 0.1	10.148
SS15	M.Velho	A371087	1.529	77.383	< 0.1	7.942
SS16	Caiada	A371079	1.139	54.802	< 0.1	< 0.50
SS17	Caiada	A301731	1.809	45.852	< 0.1	< 0.50
SS18		A371072	0.675	89.915	< 0.1	3.902
SS19	M.Bentes	A371073	3.752	77.395	< 0.1	< 0.50
SS20	M.Bentes	B009705	0.931	53.95	< 0.1	3.004
SS21	Caiada	A371077	1.957	58.389	< 0.1	< 0.50
SS22	Caiada	B9707	1.449	48.938	2.978	< 0.50

Níveis de deteção: As = 0.08 e 0.2 mg/kg para sangue e penas respetivamente, Cu = 0.10 mg/kg, Hg = 0.1 e 0.2 mg/kg para sangue e penas respetivamente, Zn = 0.5 mg/kg. Para o tratamento estatístico os valores abaixo do limite de deteção foram tratados como se tivessem metade do limite. Assim, < 0.05 ppm de As foi tomado como 0,025 ppm. Os gráficos tomaram também este valor ajustado. Este passo permite comparações estatísticas, mas pode resultar em valores maiores do que os reais.

Tabela 7.2 - Comparações estatísticas entre locais (montante vs. jusante) e aves (rouxinol-bravo vs. guarda-rios) para teores de quatro metais em penas (painel superior) e sangue (painel inferior) de aves. Março de 2014. ANOVA de duas vias (local e espécie de ave); F = parâmetro estatístico; P = valor probabilístico. Quando os dados não tinham distribuição normal foram transformados (RANK). A vermelho e negrito as diferenças significativas. Mon = montante; Jus = jusante.

		Comparação entre locais		Comparação entre aves		Interações		Mon, media ± EP	Jus, média± EP
		F	P	F	P	F	P		
As	RANK ANOVA	0.979	0.348	0.272	0.615	1.724	0.222	9.173 ± 15.342	20.535 ± 111
Cu	ANOVA	7.521	**0.023**	9.328	0.014	3.094	0.112	**130.528 ± 10.337**	**95.808 ± 7.31**
Hg	ANOVA (1)	0.584	0.464	3.85	0.081	0.637	0.445	8.715 ± 11.378	19.366 ± 8.05
Zn	RANK ANOVA	1.091	0.324	2.626	0.14	0.946	0.356	105.412 ± 12.512	124.229 ± 8.85

Valores de Cu nas penas (alimentação passada) mais elevados a montante do que a jusante

		Comparação entre locais		Comparação entre aves		Interações		Mon, media ± EP	Jus, media ± EP
		F	P	F	P	F	P		
As	RANK ANOVA	0.216	0.648	3.508	0.077	4.14	0.057	1.835 ± 0.419	1.447 ± 0.34
Cu	ANOVA	1.655	0.215	2.572	0.126	0.338	0.568	70.254 ± 9.204	55.017 ± 7.46
Hg	ANOVA (1)	4.307	0.053	5.263	**0.034**	2.807	0.111	0.155 ± 0.263	0.858 ± 0.21
Zn	ANOVA	0.838	0.372	1.681	0.211	0.045	0.834	1.965 ± 1.371	3.58 ± 1.11

Valores de Hg nos guarda-rios mais elevados do que nos rouxinóis-bravos

Em 2011 e 2013 não houve diferenças significativas entre montante e jusante para qualquer parâmetro

Analisando individualmente as aves e os metais, constata-se o seguinte (Figuras 7.1 e 7.2):

As: Metade dos valores deste elemento estiveram tipicamente abaixo dos níveis de deteção. No entanto, a grande variabilidade observada (Figuras 7.2) é devida à presença de dois exemplares de rouxinol-bravo, um com 110 mg / kg (Caiada) e outro com 36 mg / kg (Monte Bentes).

Cu: Para os exemplares de rouxinol-bravo, os valores para 2014 foram muito mais elevados do que para os anos anteriores (Figura 7.2), e significativamente superiores a montante do que a jusante só para as penas. Para os exemplares de guarda-rios, os valores a montante tenderam a ser também superiores aos de jusante

Hg: Os valores estão dentro dos que têm vindo a ser registados para os rouxinois-bravos nos anos anteriores, sem tendência para diferenças entre locais. Os Guarda-rios apresentaram valores muito superiores aos de rouxinóis-bravos e valores muito mais elevados nas penas do que no sangue.

Zn: Os valores registados em 2014 estão destro da gama dos registados anteriormente para as penas e muito abaixo dos outros anos para o sangue. Nas duas espécies, os valores nas penas eram superiores aos valores no sangue

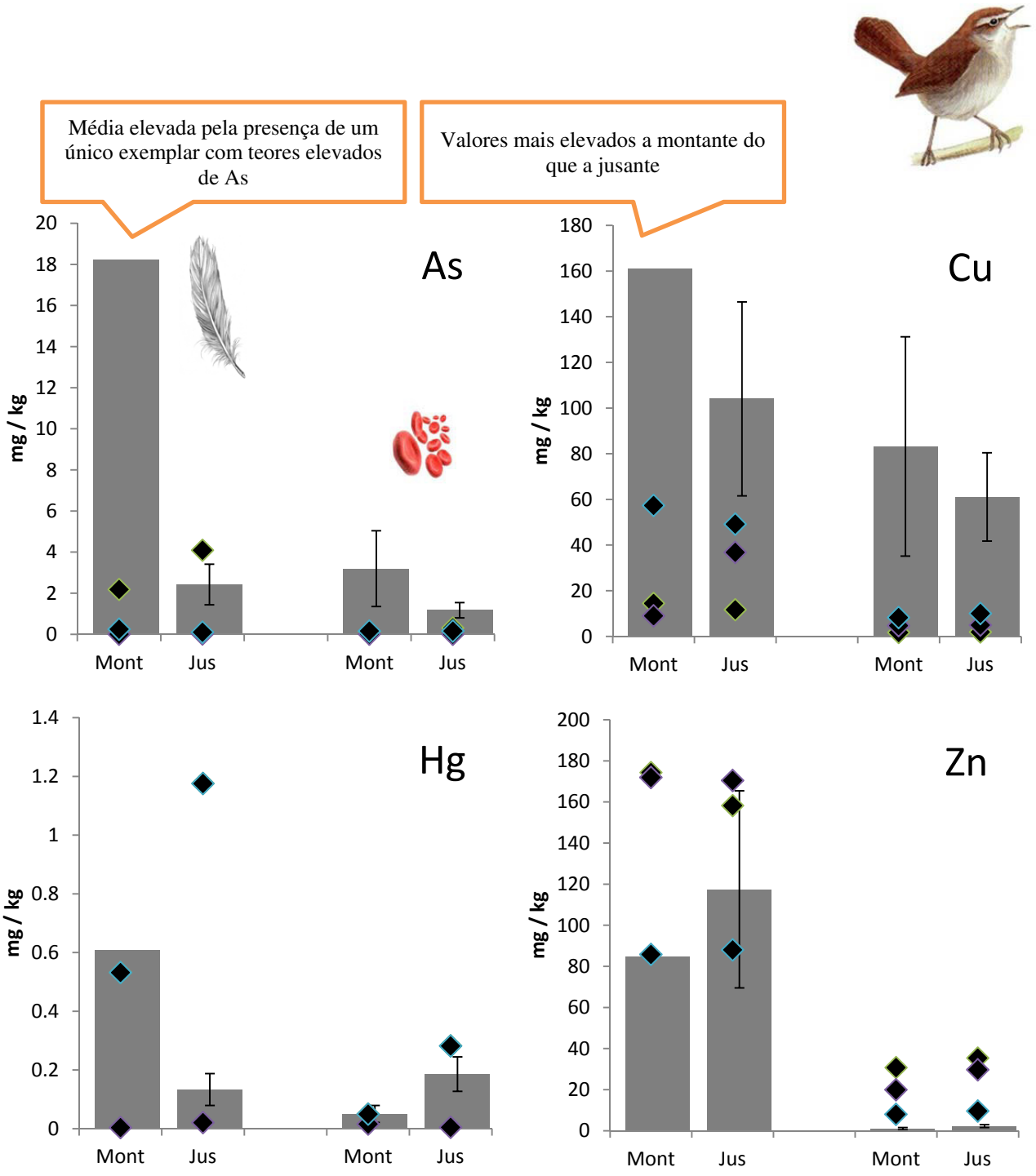


Figura 7.1 - Teores em As, Cu, Hg e Zn em penas (colunas da esquerda) e sangue (colunas da direita em cada gráfico) de rouxinol-bravo capturados a montante (Mont) e a jusante da mina (Jus) em março – Março de 2014. Os pontos indicam os valores medidos em 2011, 2012 e 2013.

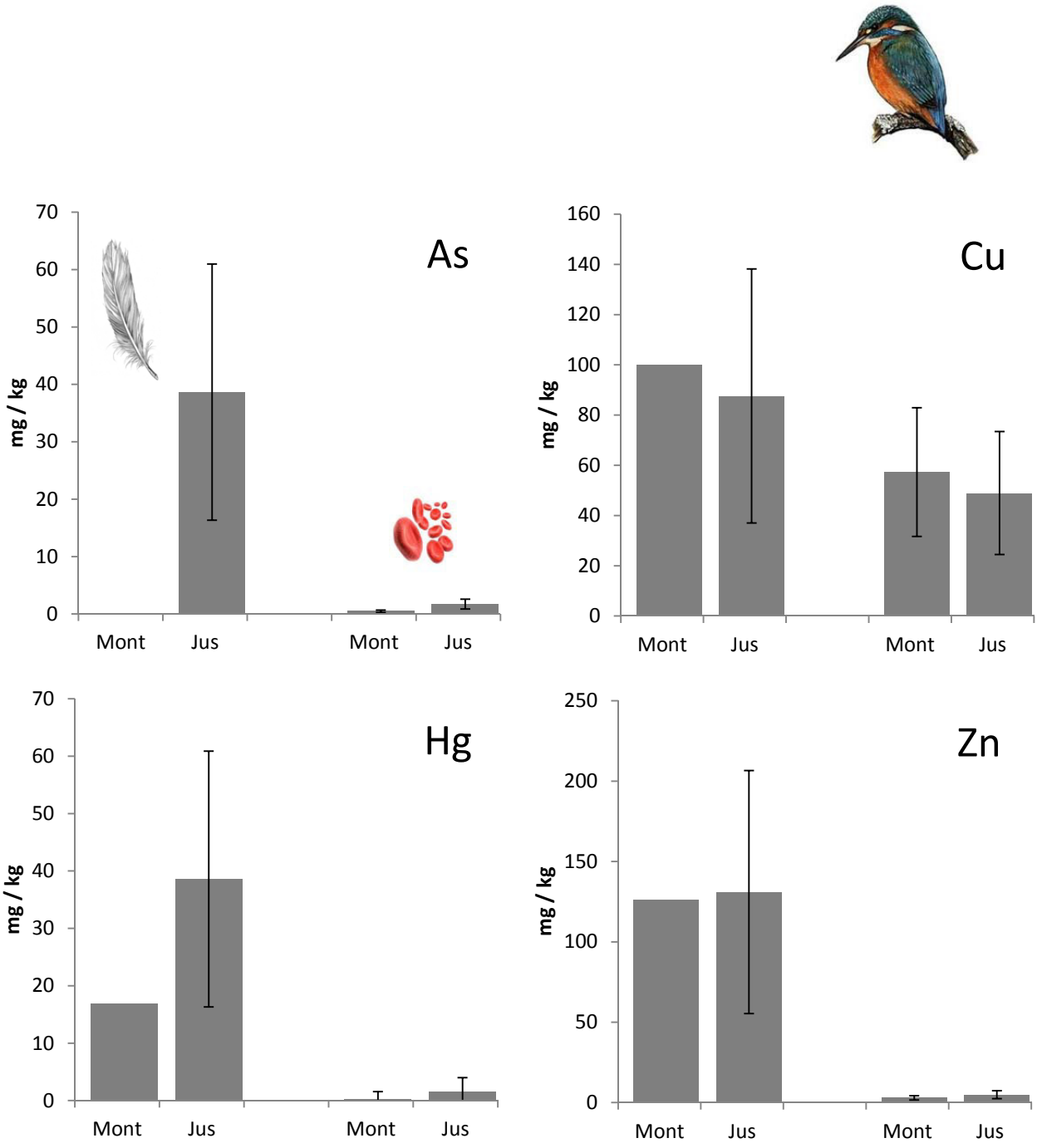


Figura 7.2 - Teores em As, Cu, Hg e Zn em penas (colunas da esquerda) e sangue (colunas da direita em cada gráfico) de guarda-rios capturados a montante (Mont) e a jusante da mina (Jus) em março – Março de 2014.

.

7.2. Peixes

7.2.1.Introdução

Durante a campanha de amostragens de peixes na ribeira de Oeiras foram recolhidos exemplares de *Luciobarbus microcephalus* para medição de metais acumulados no músculo e no fígado. Os exemplares foram recolhidos em 4 locais: Horta da Reveza (a montante da mina de Neves-Corvo), Monte Pereiro, Caiada e Ponte de Penilhos a jusante da mina.

Para determinar se os exemplares acumulavam metais foram feitas Análises de Variância (2-ANOVA) de duas vias (fator 1: tecidos, músculos e fígado; fator 2: local na ribeira, Horta da Reveza, Caiada e Ponte de Penilhos). As 2-ANOVA foram feitas independentemente para cada metal (As, Cu, Hg e Zn). Estas análises foram repetidas substituindo os locais, pela posição em relação à mina; i.e., montante vs. jusante. Esta abordagem é ligeiramente da realizada nos anos anteriores em que se produziam ANOVAs simples independentemente para o músculo e fígado. Optou-se por esta modificação dado o elevado número de exemplares capturados este ano.

7.2.2. Resultados

Foram capturados 10 exemplares por local, exceto na Caiada (9 exemplares) e no Monte Pereiro (1 exemplar; Tabelas 7.3 e 7.4). Os dados referentes ao exemplar capturado no Monte Pereiro são indicados nas tabelas e figuras, mas não usados nas análises estatísticas.

<u>As</u>

Os valores de As para o músculo (todos os locais) e fígado (só a montante da mina) foram superiores aos medidos nos anos anteriores (Figuras 7.3 e 7.4). Embora não tenhamos de momento uma explicação para estas diferenças, o importante, do ponto de vista da monitorização dos efeitos potenciais da descarga de efluente é que os valores foram maiores a montante (Horta da Reveza) do que a jusante, particularmente na Caiada (Tabela 7.5).

Os elevados valores de As no fígado a montante da mina foram influenciados pela presença de um único exemplar com valores muito elevados. O único exemplar capturado em Monte Pereiro tinha valores muito mais baixo do que os restantes

Cu

O Cu foi o único metal cuja concentração a jusante da mina foi maior do que a montante, embora isso só tenha ocorrido no fígado (Tabela 7.5; Figuras 7.3 e 7.4). Os teores em Cu no fígado foram, tal como para todos os outros metais, maiores do que no músculo. Em termos absolutos, os valores de Cu no músculo (montante e jusante) estiveram este ano acima dos medidos em anos anteriores, mas o mesmo não se aplica aos valores de Cu a jusante da mina, que foram este ano mais baixos (Figura 7.4). O único exemplar capturado no Monte Pereiro apresentou valores muito elevados de Cu no músculo, mas valores relativamente baixos no fígado.

Hg

Para o Hg não houve diferenças entre locais, tanto nos tecidos musculares como no fígado (Tabela 7.5). Os valores estavam dentro das gamas anteriormente registadas (Figuras 7.3 e 7.4). O exemplar capturado em Monte Pereiro tinha valores muito baixos de Hg. Os valores médio medidos nos peixes estão > 10X abaixo do aconselhado para consumo humano pela United States Food and Drug Administration (Davidson e tal 2014; em anexo)

Zn

Tal como com o Hg, os valores de Zn medidos tanto no músculo como no fígado não diferiram entre os locais situados a montante e jusante da mina (tabela 7.5). Os valores estiveram dentro da gama dos anteriormente medidos. Um exemplar capturado na Horta da Reveza, tinha valores muito elevados de Zn no fígado. Não deixa de ser relevante, que este mesmo exemplar tinha valores elevados dos 4 metais medidos.

Tabela 7.3 - Teores em As, Cu, Hg e Zn em músculo de peixes capturados a montante (H. Reveza) e a jusante da mina (Monte Pereiro, Caiada e Ponte de Penilhos) em Maio de 2014.

Referência Laboratorial	Local	Hg (ppm)	As (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
B10M	Horta Reveza	0.099	0.339	2.12	9.90
B1M	Horta Reveza	<0.010	0.203	1.66	9.93
B2M	Horta Reveza	<0.010	0.128	2.21	9.53
B3M	Horta Reveza	<0.010	<0.010	2.77	10.70
B4M	Horta Reveza	<0.010	<0.010	2.37	9.93
B5M	Horta Reveza	0.155	0.227	2.36	7.94
B6M	Horta Reveza	<0.010	<0.010	3.20	0.58
B7M	Horta Reveza	0.065	0.407	2.05	7.85
B8M	Horta Reveza	0.058	0.145	2.24	12.41
B9M	Horta Reveza	0.043	0.788	2.23	10.81
B1M	Monte Pereiro	<0.010	0.186	7.06	7.09
B1M	Caiada	0.034	<0.010	1.50	10.58
B2M	Caiada	<0.010	<0.010	3.06	7.14
B3M	Caiada	0.031	0.114	1.59	12.87
B4M	Caiada	0.058	0.148	2.62	6.99
B5M	Caiada	<0.010	<0.010	3.05	14.61
B6M	Caiada	<0.010	0.082	1.96	4.34
B7M	Caiada	<0.010	<0.010	1.60	7.33
B8M	Caiada	0.025	<0.010	2.91	10.31
B9M	Caiada	<0.010	<0.010	3.53	12.92
B10M	Ponte Penilhos	0.024	<0.010	1.18	7.65
B1M	Ponte Penilhos	0.071	0.305	3.31	11.02
B2M	Ponte Penilhos	<0.010	<0.010	1.85	9.22
B3M	Ponte Penilhos	<0.010	<0.010	1.06	5.91
B4M	Ponte Penilhos	<0.010	0.051	2.18	15.39
B5M	Ponte Penilhos	0.061	0.162	2.54	10.39
B6M	Ponte Penilhos	<0.010	0.320	2.15	12.85
B7M	Ponte Penilhos	0.109	0.226	1.49	9.07
B8M	Ponte Penilhos	0.015	0.096	2.06	11.56
B9M	Ponte Penilhos	0.085	0.231	2.02	9.38

Tabela 7.4 - Teores em As, Cu, Hg e Zn em fígado de peixes capturados a montante (H. Reveza) e a jusante da mina (Monte Pereiro, Caiada e Ponte de Penilhos) em Maio de 2014.

Referência Laboratorial	Local	Hg (ppm)	As (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
B10F	Horta Reveza	1.918	7.902	30.126	19.593
B1F	Horta Reveza	<0.010	0.408	27.083	27.5
B2F	Horta Reveza	0.108	2.737	20.959	38.444
B3F	Horta Reveza	0.081	0.391	13.015	21.173
B4F	Horta Reveza	<0.010	4.234	26.786	29.918
B5F	Horta Reveza	0.929	43.955	76.73	66.518
B6F	Horta Reveza	0.378	0.96	155.398	132.102
B7F	Horta Reveza	7.889	16.093	143.684	542.105
B8F	Horta Reveza	0.328	4.81	51.615	32.444
B9F	Horta Reveza	0.336	5.354	55.135	41.751
B1F	Monte Pereiro	0.204	0.274	8.072	30.681
B1F	Caiada	0.155	1.293	212.839	46.141
B2F	Caiada	0.05	0.123	294.128	48.512
B3F	Caiada	0.071	0.475	170.042	29.212
B4F	Caiada	0.183	0.33	28.766	31.098
B5F	Caiada	0.053	0.458	22.956	8.309
B6F	Caiada	0.069	0.578	74.044	15.514
B7F	Caiada	0.067	0.451	94.631	32.06
B8F	Caiada	0.498	1.973	255.924	69.2
B9F	Caiada	0.064	0.219	120.332	46.864
B10F	Ponte Penilhos	0.724	0.881	113.559	26.577
B1F	Ponte Penilhos	0.231	1.942	68.36	32.997
B2F	Ponte Penilhos	0.054	0.056	53.029	24.501
B3F	Ponte Penilhos	0.027	0.477	28.062	26.904
B4F	Ponte Penilhos	1.732	0.294	47.436	30.869
B5F	Ponte Penilhos	2.072	0.18	278.643	36.955
B6F	Ponte Penilhos	0.559	2.064	182.485	44.686
B7F	Ponte Penilhos	0.702	1.388	126.446	48.234
B8F	Ponte Penilhos	0.049	0.745	48.692	35.38
B9F	Ponte Penilhos	1.744	1.498	170.989	40.238

Tabela 7.5 - Comparações estatísticas para os teores de As, Cu, Hg e Zn em músculos e fígado de peixes amostrados na ribeira de Oeiras. Tecidos = músculo ou fígado. Análise de Variância. Quando os dados não tinham distribuição normal foral sujeitos a transformações. A cor vermelha denota diferenças significativas.

A. Comparações entre 3 locais de amostragens (H. Reveza, Caiada, Pte. Penillos)

		tecidos		Locais		Tecidos x locais			
Metal	Transformações	F	P	F	P	F	P	Comparações	
As	Rank	82.574	<0.001	7.375	0.002	0.767	0.47	fígado > músculo	Horta da Reveza > Caiada
Cu	N.T.	181.054	<0.001	1.27	0.289	2.821	0.069	fígado > músculo	
Hg	Log10	36.733	<0.001	1.67	0.198	0.326	0.724	fígado > músculo	
Zn	Rank	111.731	<0.001	0.118	0.889	0.258	0.774	fígado > músculo	

B. Comparações entre posição ao longo da ribeira (montante vs. jusante)

		tecidos		Locais		Tecidos x locais		Comparações	
Metal	Tranformações	F	P	F	P	F	P	Comparações	
As	Rank	77.397	<0.001	11.866	0.001	0.756	0.388	fígado > músculo	Mont. > Jus.
Cu	Rank	145.21	<0.001	0.762	0.387	5.213	0.026	fígado > músculo	Jus > Mont (só fígado)
Hg	N.T. (*)	7.508	0.008	1.572	0.215	1.446	0.234	fígado > músculo	
Zn	Rank	109.789	<0.001	0.051	0.822	0.534	0.468	fígado > músculo	

(1) distribuição não normal, mesmo após vários tipos de transformações

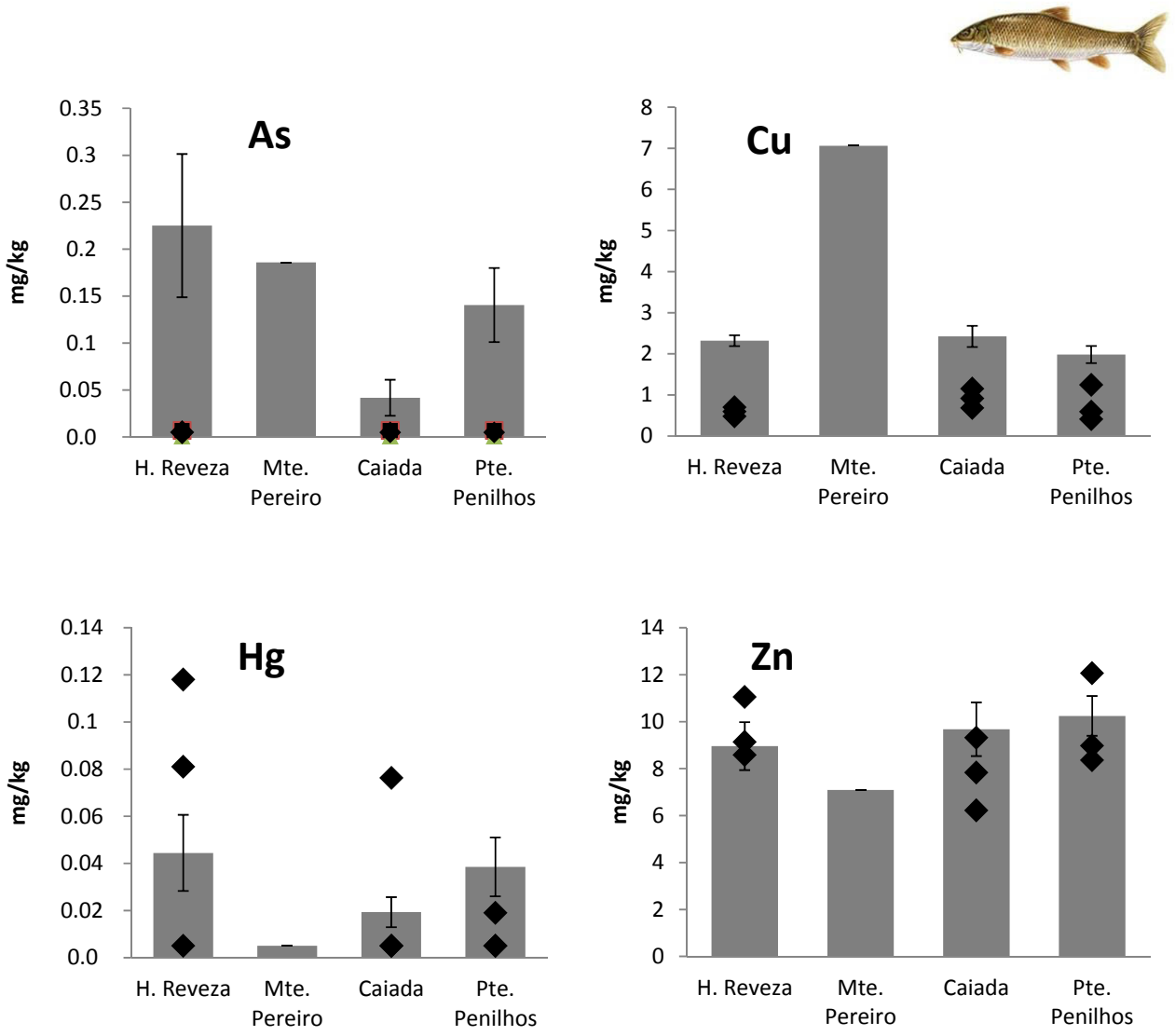


Figura 7.3 - Teores em As, Cu, Hg e Zn em <u>músculo</u> de *Luciobarbus microcephalus* capturados a montante da mina (Horta da Reveza = H. Reveza) e a jusante da mesma (Monte Pereiro, Caiada e Ponte de Penilhos). Os pontos indicam os valores medidos entre 2011 e 2013 para os mesmos locais.

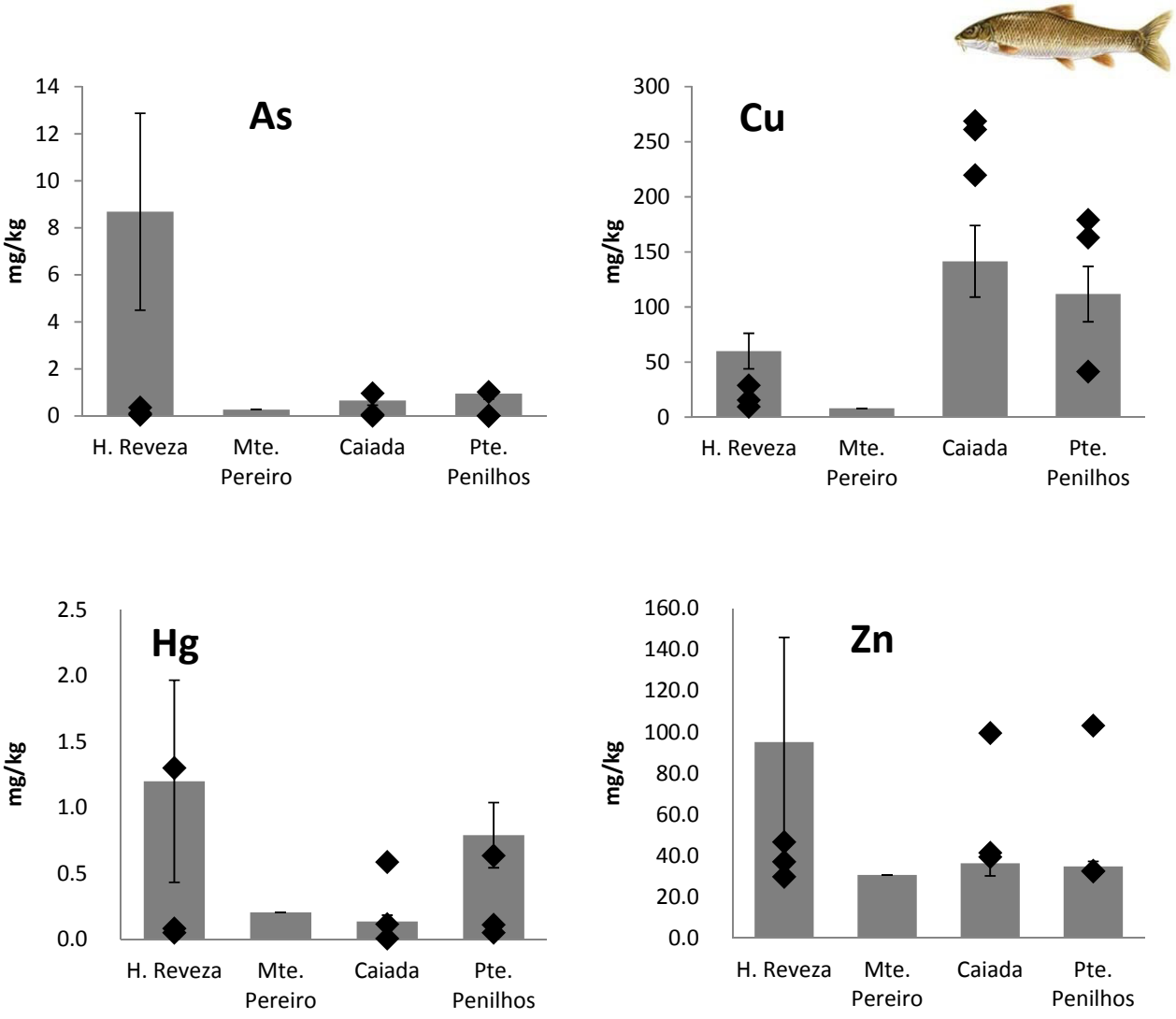


Figura 7.4 - Teores em As, Cu, Hg e Zn em fígado de *Luciobarbus microcephalus* capturados a montante da mina (Horta da Reveza = H. Reveza) e a jusante da mesma (Monte Pereiro, Caiada e Ponte de Penilhos). Os pontos indicam os valores medidos entre 2011 e 2013 para os mesmos locais.

7.3. Metais em populações naturais de bivalves

7.3.1.Introdução

Durante a campanha de verão de amostragens de macroinvertebrados foram procurados sistematicamente em cada local bivalves para determinação dos teores em metais pesados. Para os unios houve o cuidado de amostrar aproximadamente um em cada 5 exemplares observados (por serem organismos com nativos com populações baixas e/ou declínio), esta precaução não foi seguida com as corbículas (por serem espécies invasoras). Após a colheita os exemplares foram congelados, transportados para o laboratório e descongelados só antes das análises.

Para cada metal, os resultados foram sujeitos a uma "análise de variância de 2 vias" (2way-ANOVA) de forma a comparar (a) entre espécies e (b) posição espacial dos animais em relação à mina.

7..3.2. Resultados

Foram recolhidos 16 exemplares (os mesmos que no ano passado), sendo 7 de *Corbicula* e 9 de *Unio* (Tabelas 7.6 e 7.7). Para o cobre, as corbículas apresentaram valores significativamente mais elevados do que os unios, mas isso não foi observado nos restantes metais. Os exemplares capturados a jusante da mina tinham valores significativamente mais elevados de cobre e zinco do que os capturados em locais de referência. Não houve qualquer diferença para o mercúrio e arsénio (Tabelas 8.6 e 8.6).

Para o As e Cu, os valores foram mais elevados em 2014 do que em 2013; no entanto, o oposto foi observado para o Hg e Zn (Figura 7.5).

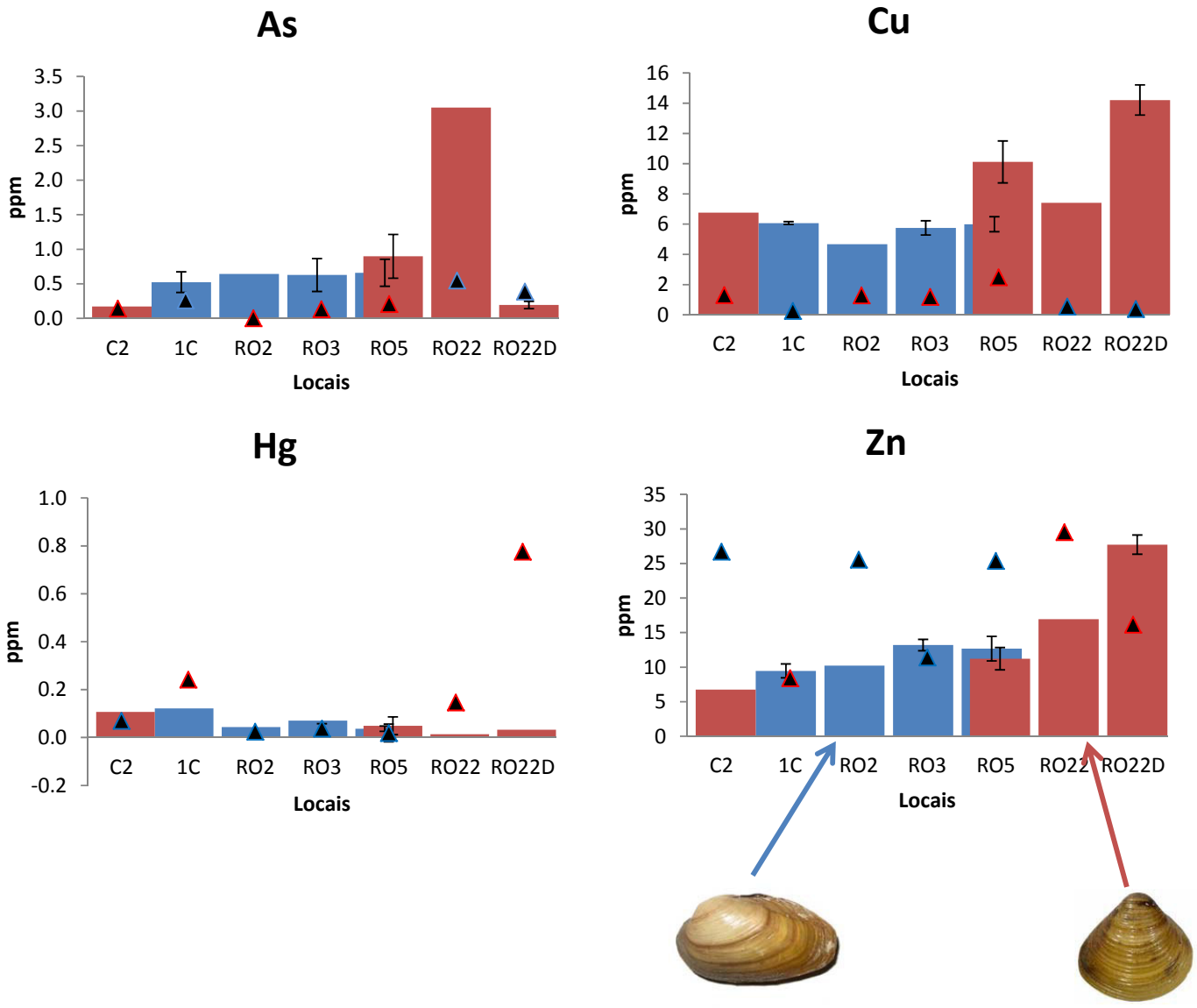


Figura 7.5 - Teores em 4 metais pesados para exemplares de *Curbicula fluminea* (a vermelho) e *Unio* sp. (a azul) em 7 locais nas ribeiras de Carreiras (C2) e Oeiras (restantes). Os valores são médias e erro padrão (não representado quando só havia 1 observação, ou valores muito baixo, como no caso do Hg. Os triângulos são valores medidos para os mesmos lugares em 2013.

Tabela 7.6 - ANOVAs para 4 metais em tecidos de dois géneros de bivalves, *Corbicula* (C) e *Unio* (U) em dois tipos de localidades, ribeira de Oeiras a jusante da mina (J) e em locais de referência (R). A vermelho os valores significativos.

Metal	Espécie		Localização		Comparação
	F	p	F	p	
As	2.539	0.135	4.371	0.057	
Cu	10.843	0.006	29.632	<0.001	C > U; J > R
Hg	0.475	0.504	0.592	0.457	
Zn	0.119	0.736	37.650	<0.001	J > R

Tabela 7.7 - Valores de metais em exemplares de bivalves das ribeiras de Carreiras (Carreiras 2) e Oeiras (restantes). (os valores são médias de 3 leituras por amostra).

Local	Comprimento mm	Largura mm	As µg/kg	Cu mg/kg	Hg µg/kg	Zn mg/kg
Carreiras 2 (Corbicula)	9	7	172.63	6.76	106.88	11.80
Ponte Penilhos (Corbicula)	18	16	3050.98	7.42	13.93	16.94
Ponte Camacha (Unio)	44	18	1064.24	5.60	86.53	14.10
Ponte Camacha (Unio)	40	18	246.56	5.02	30.19	11.57
Ponte Camacha (Unio)	45	24	571.81	6.63	95.19	13.95
Fonte Santa (Corbicula)	15	13	89.37	12.33	27.84	25.16
Fonte Santa (Corbicula)	16	14	229.25	14.56	35.34	29.93
Fonte Santa (Corbicula)	13	11	264.86	15.74	34.57	28.10
Monte Bentes (Unio)	43	18	643.33	4.67	43.71	10.24
Horta Reveza (Corbicula)	16	15	1215.05	8.73	37.83	9.61
Horta Reveza (Unio)	32	15	823.74	6.24	44.38	13.79
Horta Reveza (Corbicula)	11	9	581.82	11.50	60.44	12.84
Horta Reveza (Unio)	42	21	1045.09	7.05	22.50	18.74
Horta Reveza (Unio)	31	13	128.48	6.03		7.97
Ossada (Unio)	59	28	375.04	6.16	99.57	10.69
Ossada (Unio)	39	22	674.24	5.98	143.61	8.22

7.4. Metais em bivalves transplantados

7.4.1. Introdução

Os dados aqui apresentados dizem respeito a acumulação de metais em bivalves provenientes de uma mesma população (neste caso, Carreiras 2) e que foram implantados em diferentes locais ao longo da ribeira de Oeiras, garantindo assim homogeneidade genética, sendo a química da água /local de incubação, a única variável a testar.

Foram recolhidos 60 exemplares de tamanho semelhante (comprimento médio 2,2 cm, máximo 3 cm, mínimo 1,5 cm, máximo 3,1 cm). Os exemplares foram colocados em individualmente em sacos de 10 cm de malha e reunidos em grupos de 10, de forma a serem retirados 1 conjunto de 10 ao fim de 1 mês e o segundo conjunto ao fim de 2 meses.

Os exemplares foram colocados em cada um dos seguintes locais: Ribeira de Carreiras (C2), que é o local de proveniência dos exemplares, Caiada e Ponte de Penilhos ambos a jusante da mina. Os valores de metais entre locais foram comparados por análise de variância (ANOVA) ou Kruskal-Wallis, quando os pressupostos da igualdade das variâncias não era cumprido. As comparações entre “pares” de locais foram posteriormente feitas por teste de Holm-Sidak no caso da ANOVA ou pelo Dunn's, no caso do Kuskal-Wallis.

7.4.2. Resultados - Acumulação

Em todos os locais foram recuperados exemplares ao fim de 1 mês, mas em dois locais (C2 e Penilhos) os sacos do segundo mês foram perdidos. Isto tem acontecido frequentemente.

As

Os teores em As não diferiram entre locais e, tal como no caso das populações não transplantadas, foram maiores este ano do que em anos anteriores (Figura 7.6, Tabela 7.8). Tal como nos casos anteriores, em termos absolutos, os valores são sempre muito baixos.

Cu

Os teores em Cu em animais transplantados para a Caiada foram significativamente mais elevados do que nos outros locais. Este resultado é rigorosamente o mesmo obtido no ano anterior. Novamente aqui os resultados deste ano foram mais altos do que no ano anterior. Este resultado pode estar relacionado com a variabilidade natural nas calibrações (Figura 7.6, Tabela 7.8).

Hg

Os valores de Hg foram mais baixos na ribeira de Oeiras do que Carreiras e mais baixos na Ponte de Penilhos do que na Caiada (Figura 7.6, Tabela 7.8). Estas diferenças são indicadoras de diferenças naturais pelo que o Hg medido nos tecidos dos animais na ribeira de Oeiras nada terão a ver com as atividades da mina.

Zn

Os valores de Zn na Caiada e Penilhos (jusante da mina) foram significativamente maiores do que no local de referência (Figura 7.6, Tabela 7.8). Estes dados são de novo, rigorosamente os mesmo que os obtidos em 2013, embora este ano os valores na Caiada tenham diminuído e em termos absolutos são menores do que os observados em 2012.

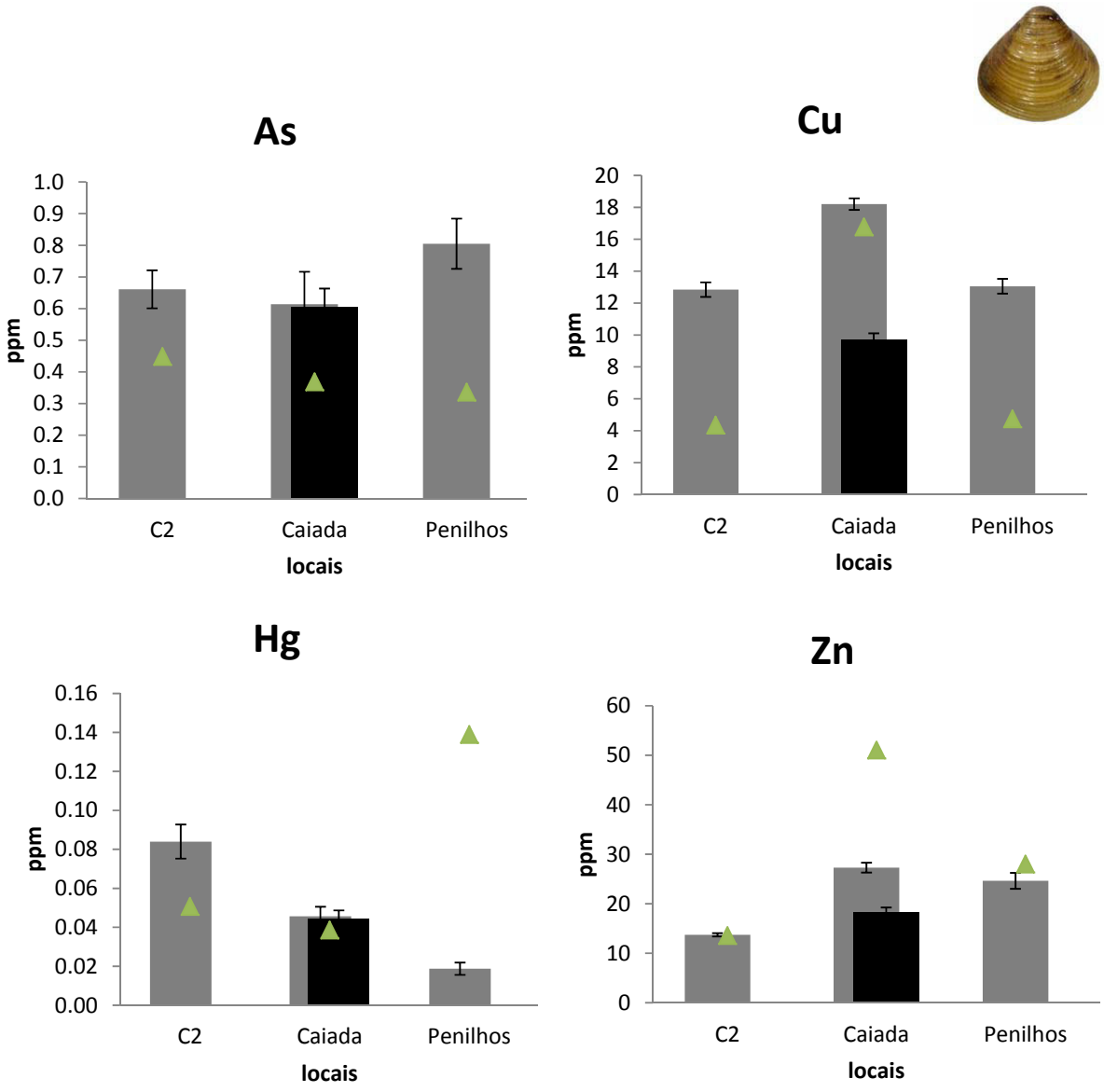


Figura 7.6 - Valores de 4 metais em tecidos de *Corbicula fluminea* recolhidos na ribeira de Carreiras e transplantados para três locais, dois na ribeira de Oeiras e um na própria ribeira de Carreiras. Em cinza claro os valores medidos ao fim de 1 mês, em preto os medidos ao fim de 2 meses. Os triângulos indicam os valores medidos em 2013.

Tabela 7.8 - Comparações no teor em metais em tecidos de *Corbicula fluminea*. As comparações foram feitas por ANOVA ou Kruskal-Wallis (amostras que diferiam nas variâncias). É apresentado o valor do parâmetros estatístico (F ou H) o valor probabilístico (a vermelho quando significativo) e os locais entre os quais foram detetadas diferenças.

Metais	Teste	F / H	P	Comparações
As	ANOVA	1.321	0.285	0
Cu	ANOVA	52.344	<0.001	Caiada > (C2 = Penilhos)
Hg	ANOVA	25.382	<0.001	C2 > Caiada > Penilhos
Zn	Kruskal-Wallis	19.183	<0.001	(Caiada = Penilhos) > C2

7.5. Conclusões

Aves

1. Os teores de metais em penas e sangue em exemplares de rouxinol-bravo e guarda-rios, não foram superiores a jusante da mina do que a montante. De fato, os valores de Cu foram até significativamente maiores a montante do que a jusante.
2. Houve uma grande variabilidade nos dados. Há exemplares que podem ter níveis de metais abaixo dos níveis de deteção, enquanto que exemplares capturados no mesmo local podem ter níveis muito elevados. Isso aconteceu por exemplo para o As.
3. Em comparação com os anos anteriores e para o rouxinol-bravo, os valores de Cu foram mais elevados em 2014 mas tanto a montante como a jusante da mina e tanto nas penas como no sangue. Em sentido contrário, os valores de Zn no sangue foram mais baixos este ano.

4. Globalmente não há indícios de transferência de metais pesados para as aves que se alimentam de organismos aquáticos (peixes, no caso dos guarda-rios e insetos, no caso dos rouxinóis).

Peixes:

5. Tal como no ano de 2013, dos 4 metais medidos só o cobre foi significativamente mais elevado em fígado de peixes capturados a jusante da mina do que a montante. Em 2013 esta observação também se aplicava ao músculo.
6. Embora os níveis de Cu no ambiente sejam baixos e muito localizados junto ao ponto de descarga da mina, este metal está a ser acumulado por peixes.

Bivalves

As tendências observadas nos anos anteriores mantêm-se, nomeadamente:

7. Não há diferenças entre locais para os teores em Hg e As. Os valores são baixos e as flutuação inter-anuais são normais.
8. O Cu é mais elevado nos exemplares a jusante da mina do que nos locais de referência (populações naturais) e em particular na Caiada, descendo na Fonte Santa (transplantes).
9. O teores de Zn nos organismos na ribeira de Oeiras foram mais elevados a jusante da mina e em animais transplantados para a ribeira de Oeiras

8. Metodologias Gerais (secção comum a todos os relatórios passados)

(As alterações relativamente às versões passadas estão assinaladas a azul)

8.1 Parâmetros ambientais

Os parâmetros condutividade, temperatura, oxigeno e condutividade são medidos no campo com os medidores específicos das equipas de amostragens. Os restantes parâmetros são fornecidos pela Somincor a partir de amostragens de águas feitas em simultâneo com as amostragens biológicas

8.2. Macroinvertebrados

8.2.1 Amostragens

O plano de biomonitorização da ribeira de Oeiras consiste na avaliação da qualidade biológica das águas com base nas comunidades de macroinvertebrados aquáticos.

A vantagem do uso de invertebrados aquáticos nos programas de biomonitorização foi já indicada em relatórios anteriores: devido ao seu ciclo de vida relativamente longo e necessidades específicas de determinadas condições, a presença ou ausência de determinados taxa, assim como alterações na estrutura das comunidades são um indicador das condições ambientais prevalecentes. Pretende-se assim, com base em métodos biológicos, determinar se o lançamento do efluente da ETAM na ribeira de Oeiras causa algum impacte considerável nas condições ambientais e qual a sua intensidade e extensão.

No sentido de avaliar o impacte provocado pela emissão do efluente da ETAM foram definidos vários locais de amostragem ao longo das ribeiras de Oeiras e de Carreiras. Como locais de referência foram estabelecidos três locais na ribeira de Oeiras, situados a montante do ponto de descarga do efluente: 1C (Monte da Ossada), 2 (Monte de Bentes), 3 (Ponte da Camacha) e 5 (Horta da Reveza) e dois locais na ribeira de Carreiras: C1 (localizado mais a montante) e C2 (situado a jusante já perto da confluência com o rio Guadiana). A jusante do ponto de descarga do efluente foram estabelecidos dez locais de amostragem: 13 (antigo ponto de saída do efluente), 14 (saída do efluente), 16 (Vertedor da ribeira), 18 (Malhão Largo), 19 (Monte do Pereiro), 19B (Monte Queimado), 20B (Monte da Caiada), 21 (Monte Velho), 22 (Ponte de Penilhos) e posteriormente o local 22D (Fonte Santa).

A ribeira de Oeiras apresenta uma grande heterogeneidade de habitats: zonas de corrente, pegos profundos, substratos arenosos e pedregosos, com e sem vegetação emergente. Esta heterogeneidade dificulta uma amostragem quantitativa. Por esse motivo, optou-se por utilizar um método semi-quantitativo que consiste na utilização de uma rede de mão (abertura padrão de 30x30cm, 0,5mm de malha) pelo processo de "kick-and-sweep sampling". Esta metodologia consiste na remoção do substrato com o pé e imediata passagem da rede e/ou arrastamento pela vegetação numa extensão de *ca.* 1m. Em cada local de amostragem são feitas 6 recolhas distribuídas proporcionalmente pelos principais macrohabitats (substrato pedregoso e/ou arenoso, vegetação submersa, zonas de água corrente, zonas de remanso) com o objetivo de maximizar a informação biológica. Estas sub-unidades de amostragem constituem uma amostra cumulativa e são colocadas em sacos de plástico devidamente etiquetados, transportadas numa mala térmica com gelo para o laboratório onde se procede à triagem imediata dos organismos e à sua conservação em álcool a 70% para posterior identificação.

Como indicadores de qualidade das águas são utilizados vários parâmetros biológicos, como o número total de organismos por local, número de *taxa* (como medida de

diversidade), índices bióticos, percentagem de organismos intolerantes de acordo com o IBO e IPtIs, percentagem de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera: organismos tidos como intolerantes) e métodos de análise multivariavel.

8.2.2 Índices Bióticos

Estes índices são expressões numéricas baseadas na resposta ecofisiológica da comunidade a determinadas condições ambientais. No seu cálculo é considerada a presença/ausência de organismos-chave indicadores de diferentes graus de tolerância/intolerância a determinadas condições físico-químicas. Também pode ser tida em conta a abundância de indivíduos de alguns grupos taxonómicos considerados importantes indicadores. Em alguns casos, a diversidade da comunidade é também tida em consideração.

8.2.2.1. BMWP (modificado)

O BMWP – Biological Monitoring Working Programme - foi desenvolvido na década dos 70 para a avaliação da qualidade das águas nas Ilhas Britânicas. È baseado em dados de mais de uma centena de rios e milhares de amostras. O índice é usado por toda a Europa e ainda aplicado esporadicamente em algumas partes da Ásia, Américas e África. Há uma versão Ibérica (IBMWP) que inclui na tabela de taxa a fauna ibérica e revê a pontuação total dada a maior diversidade ibérica. A versão aplicada na área de estudo usa a tabela do IBMWP, mas o processo original do BMWP em que as amostras são retiradas de forma padronizada e não em função do total de organismos, como prevê o IBMWP. A bibliografia para o índice são os trabalhos (1) Hawkes, H.A. (1997) Origin and development of the biological monitoring working party score system. Water Research 32(3), 964-968 e (2) Alba-Tercedor, J. and Sanchéz-Ortega, A. (1988) Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). Limnetica 4, 51-56.

8.2.2.2. Índice Biótico para a Ribeira de Oeiras (IBO)

O IBO foi desenvolvido especificamente para as condições da ribeira de Oeiras tendo em conta a informação previamente obtida com base nas comunidades de macroinvertebrados e nas análises físico-químicas (para mais detalhes ver relatório interno "Índice Biótico para a Avaliação da Qualidade da água da ribeira de Oeiras", Janeiro de 1995).

A determinação da qualidade da água com base neste índice é feita com base na presença/ausência de organismos indicadores tendo em conta as condições hidrológicas dominantes (período de seca e período com fluxo superficial de água).

Posteriormente procedeu-se a uma melhoria do índice, de forma a ter em conta a riqueza taxonómica (tal como no caso do índice biótico de Trent e derivados: IBB, IBG). Esta melhoria consistiu no cálculo do número de *taxa* médio - em cada um dos períodos hidrológicos - para os locais de referência e para os locais situados a jusante do ponto de descarga do efluente (14 – 22D). Estes valores serviram de base para o estabelecimento dos intervalos de unidades sistemáticas, tal como são apresentadas nas tabelas de cálculo do índice (Tabelas 10.I e 1.II). Foram utilizados os dados de 1994 a 1997.

Cálculo do Índice

Para calcular o índice biótico, os macroinvertebrados são identificados até ao género (exceto os dípteros que são identificados até ao nível da família), ou simplesmente pela sua presença (*e.g.* Hydracarina, Oligochaeta). O número de unidades sistemáticas é então contabilizado (classes de anelídeos e moluscos, famílias de insetos e presença de Hydracarina e crustáceos). O índice é determinado de acordo com uma tabela de duas entradas, que apresenta duas formas - uma para o período em que há corrente (Tabela 10.1) e outra para o período em que não há corrente (Tabela 10.2).

Nas tabelas, o primeiro passo consiste em verificar quais os *taxa* indicadores presentes na amostra (1ª linha da primeira coluna das tabelas). Se a amostra não apresenta nenhum dos *taxa* indicadores, passa-se sucessivamente à linha seguinte até se encontrar um *taxon* indicador (ou nenhum *taxon*). O passo seguinte consiste em passar para as colunas do lado direito e cruzar a informação relativa aos *taxa* indicadores com a abundância de unidades sistemáticas. Obtém-se assim o valor do índice. Para efeitos de cálculo do índice, um organismo só se considera como presente quando representado por mais de 4 indivíduos.

Nas tabelas, os *taxa* indicadores estão colocados de cima para baixo, por ordem crescente de tolerância à poluição. O índice varia entre 1 e 5 indicando assim 5 classes de qualidade de águas:

Valor 5: qualidade de água máxima; poluição inexistente.
Valor 4: qualidade de água aceitável; poluição ligeira provável.
Valor 3: qualidade de água duvidosa; poluição moderada.
Valor 2: qualidade de água crítica; poluição forte.
Valor 1: qualidade de água muito crítica; poluição muito forte.

Tabela 8.1 – Índice para a ribeira de Oeiras de acordo com os *taxa* indicadores presentes e o número de unidades sistemáticas – **Período lótico ou de águas correntes.**

***Taxa* indicadores**	**Unidades sistemáticas (U.S.)**				
	+10	**8-10**	**5-7**	**2-4**	**0-1**
Ecdyonurus, *Ephemerella*, Leptophlebiidae, Plecoptera, *Oulimnius*	5	4	4	3	2
Bithynia, Hydracarina, *Atyaephyra*, Baetidae, *Caenis*, *Platycnemis* ou Trichoptera	4	4	3	2	1
Physa, Coenagrionidae ou Libellulidae	4	3	3	2	1
Berosus, Culicidae ou Chironomidae vermelhos (principalmente *Chironomus*) ou ausência de invertebrados	3	3	2	2	1

Tabela 8.2 – Índice para a ribeira de Oeiras de acordo com os *taxa* indicadores presentes e o número de unidades sistemáticas – **Período lêntico ou de seca.**

***Taxa* indicadores**	**Unidades sistemáticas (U.S.)**				
	+8	**7-8**	**5-6**	**2-4**	**1-0**
Leptophlebiidae	5	4	4	3	2
Atyaephyra, *Oulimnius* ou Trichoptera com casulo	4	4	3	2	1
Bithynia, Hydracarina, Baetidae, *Caenis*, *Platycnemis*, Trichoptera sem casulo, Simuliidae ou Outros Diptera (exceto Culicidae e Chironomidae vermelhos)	4	3	3	2	1
Physa, Coenagrionidae, Libellulidae, Aeshnidae, Heteroptera (exceto *Micronecta*) Coleoptera (exceto Haliplidae e *Oulimnius*), Culicidae ou Chironomidae vermelhos (principalmente *Chironomus*) ou ausência de invertebrados	3	3	2	2	1

8.2.2.3. Invertebrate Portuguese Index, South (IPtIs)

O IPtIs (Invertebrate Portuguese Índex, South) foi desenvolvido no âmbito da introdução da Diretiva Quadro da Água em Portugal. O valor do índice é determinado em função do número de famílias e nível de tolerância das mesmas e da situação em locais de referência e calcula-se da seguinte maneira:

IPtIs = 0.4*(nº total de famílias/mediana de referência) + 0.2*(IASTP-2/mediana de referência) + 0.2*(EPT/mediana de referência) + 0.2*(log (sel. EPTCD+1)/mediana de referência),

Sendo EPT o número de famílias dos taxa Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, IASPT = (IBMWP/nº famílias) e Sel. EPTCD o número de Chloroperlidae, Nemouridae, Leuctridae, Leptophlebidae, Ephemerellidae, Philopotamidae, Limnephilidae, Psychomyiidae, Sericostomatidae, Elmidae, Dryopidae e Athericidae.

O IPtIs foi aplicado a todos os locais das ribeiras de Oeiras e Carreiras aplicando as classes de qualidade relativas ao tipo S1<100 (Sul 1 com bacia de drenagem inferior a 100 km^2). Os valores do índice variam entre 0 e 1. As classes de qualidade consideradas são:

Qualidade excelente: valor superior a 0.97
Qualidade boa: valor entre 0.72 e 0.97
Qualidade razoável: valor entre 0.48 e 0.72
Qualidade medíocre: valor entre 0.24 e 0.48
Qualidade má: valor inferior a 0.24

8.3. Vegetação aquática

8.3.1. Metodologia Geral

Desde 2001, altura em que teve início a monitorização utilizando macrófitas aquáticas, que tem vindo a ser desenvolvida uma metodologia adaptada às específicas da ribeira de Oeiras e dos locais estudados e dos objetivos do estudo. No entanto, desde 2009, no sentido de corresponder à Diretiva Quadro da Água transposta para a legislação nacional, adotámos a metodologia oficial do INAG. Esta metodologia está pormenorizada no "Protocolo de amostragem e análise para os macrófitos", do Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a diretiva Quadro da Água (INAG, I.P. 2008). Esta metodologia poder não ser tão eficaz na monitorização da ribeira de Oeiras, já que depende em larga medida de plantas que habitam os corredores fluviais, sem estar necessariamente dentro de água.

Quando se suspeita de alterações químicas dentro na água, as plantas verdadeiramente aquáticas são boas indicadoras de qualidade de ambiente. As outras plantas causam "ruídos" nas matrizes de dados (*e.g.* um carvalho a crescer à beira de um ribeiro pode dizer muito quanto à qualidade da cortina ripícola, mas nada quanto à qualidade da água). No entanto, o protocolo do INAG é utilizado como forma padronizada, permitindo a comparação do estado ecológico da Ribeira de Oeiras com outros locais, a sua categorização no quadro ecológico nacional e a aplicação futura do índice ecológico que deverá brevemente ser adotado em Portugal para a monitorização ecológica dos rios com base em macrófitas.

A inventariação das espécies vegetais e respetivas percentagens de abundância (cobertura relativa) é feita numa faixa de 100 m do corredor ripícola, transpondo a linha de água transversalmente várias vezes, abrangendo a área de corredor e de canal ribeirinho. Para além da composição florística são igualmente registados parâmetros referentes à estratificação da galeria, nomeadamente a presença ou ausência dos estratos (herbáceo, arbustivo e arbóreo) e respetivos graus de cobertura.

No caso de cursos de água complexos em que as unidades eco-morfológicas são variáveis, ou no caso de rios muito largos, poderão ser necessários vários troços de 100m para que a amostragem reflita de forma fidedigna as características fito-ecológicas do curso de água em análise, neste caso são utilizados valores médios das diferentes amostragens realizadas (Ferreira et al. 2004).

O inventário inicia-se com a localização do início de cada troço de amostragem. A ficha de campo (Anexo I do protocolo do INAG) é preenchida em cada local sendo as informações gravadas em ficheiros de som. Esta ficha inclui 8 secções: (A) identificação do local de amostragem, (B) caracterização do troço de amostragem, (C) características do canal, (D) características das margens, (E) características da vegetação, (F)

fotografias e observações gerais, (G) inventário florístico (lista de espécies e grau de cobertura de cada espécie no troço) e (H) esboço esquemático do troço de amostragem (que não foi efetuado).

Tal como indicado atrás, o inventário de campo é baseado na percentagem de cobertura de cada espécie na área do troço de amostragem. Todas as espécies ocorrendo no canal, no leito e nas margens são inventariadas, até à linha que corresponde à extrema dos terrenos que as águas cobrem em condições de cheias médias, sem transbordar para o solo natural, habitualmente enxuto. Em sítios de pouca profundidade, o inventário é feito em ziguezague através do canal de jusante para montante, por forma a não perturbar os habitats por inventariar. Quando não é possível percorrer a pé o troço ou partes dele (substrato instável, poluição em excesso, demasiada profundidade), o inventário é feito da margem ou de barco. O troço é refeito de novo de jusante para montante para assinalar as espécies que não foram antes detetadas.

Os inventários florísticos realizados englobam todas as espécies encontradas no canal e nas suas margens englobando desta forma os estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo. Para cada taxa é anotada a sua percentagem de cobertura no total da área amostrada. Posteriormente e para cálculo de alguns dos índices a percentagem é convertida numa escala semi-quantitativa, de 0 (ausente) a 10 graus (>75%), de acordo com a Tabela 10.3.

Tabela 8.3. Tabela com a escala de cobertura superficial das macrófitas no troço de amostragem.

Escala	Descritor
0	Ausente
1	<0.1%
2	0.1-1%
3	1-2.5%
4	2.5-5%
5	5-10%
6	10-25%
7	25-50%
8	50-75%
9	>75%

Após a inventariação todas as espécies desconhecidas ou de identificação duvidosa são identificadas no laboratório, recorrendo-se ao auxílio de obras específicas para identificação de espécies, e em alguns casos, recorre-se igualmente a exemplares de herbário depositados no EVU (Herbário da Universidade de Évora). Na Figura 10.1 apresentam-se as diferentes tarefas inerentes ao processo de amostragem e identificação de macrófitos, ordenadas por ordem de execução.

Para os taxa recolhidos nos diferentes locais efetuam-se a identificação das famílias, géneros, espécies e categorias infra-específicas recorrendo-se aos trabalhos de

Coutinho (1939), Valdés et al (1987), Franco (1971, 1982 & 1984), Franco & Afonso (1991, 1994), Tutin et al (1978-1992) e Castroviejo et al (1986-2011). Em cada inventário tem sido despendida entre uma e duas horas, o tempo suficiente para assegurar que todas as espécies presentes fossem detetadas.

Na análise do potencial ecológico dos locais recorre-se ao índice de QBR (Qualidade do Bosque Ribeirinho) que avalia vários parâmetros estruturais das margens dos rios e ribeiras, assim como a qualidade da vegetação. Este índice varia entre o e 100, abrangendo cinco classes (Tabela 10.3) e está descrito em: Munné, A., Solà, C. and Prat, N. (1998) QBR: un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. Tecnologia del Agua 175, 20-37.

8.4. Análise Multivariavel aplicada ás comunidades de macroinvertebrados e macrófitos (podendo varias de ano para ano)

O processo de tratamento de dados, em termos de métodos de análise multivariavel, foi modificado com a introdução de novas técnicas consideradas como estatisticamente robustas e eficientes na deteção de efeitos ambientais. O tratamento de dados terá agora por base o programa PRIMER 6 para Windows.

As questões mais relevantes no contexto do presente programa de biomonitorização são: (1) A descarga do efluente da ETAM afeta as comunidades bióticas da ribeira de Oeiras? (2) Se a resposta à questão anterior é sim, qual a intensidade da perturbação? e (3) Qual a extensão da referida perturbação?

Para responder a estas questões, o trabalho assenta na metodologia geral resumida na fig. 3.1 e que consiste no seguinte:

1. Os macroinvertebrados são amostrados, segundo a metodologia padrão tradicional descrita atrás. As amostragens biológicas são acompanhadas por determinações *in situ* de parâmetros físico-químicos, como a temperatura e o oxigénio dissolvido usando medidores de campo e a recolha de amostras de água para posterior análise laboratorial.

2. Os macroinvertebrados são identificados nos laboratórios do Departamento de Zoologia da Universidade de Coimbra / IMAR, enquanto que as amostras de água são analisadas no laboratório químico da SOMINCOR. O processo de identificação taxonómica tem-se mantido constante, com a preocupação de identificar os exemplares, sempre que possível até ao género. A identificação até ao nível de espécie (1) é dificultada pela falta de especialistas e bibliografia adequada, (2) não implicaria uma

melhoria significativa da informação sobre a alteração nas condições ambientais e (3) tornaria desnecessariamente muito caro o programa de biomonitorização.

3. São produzidas matrizes de (1) locais de amostragem vs. número e tipo de invertebrados amostrados e (2) locais de amostragem vs. parâmetros ambientais.

4. É calculado o valor do Índice Biótico para a Ribeira de Oeiras (IBO) para cada amostra biológica, que classifica numa escala de 1 a 5 a qualidade ecológica da água (ver atrás). Foi decidido abandonar a aplicação do índice BMWP' dado ter sido demonstrado repetidas vezes ser inadequado para a Ribeira de Oeiras e muito provavelmente para qualquer outro rio de características marcadamente mediterrânicas.

5. No inverno de 2008 introduziu-se a aplicação do IPtIs (Invertebrate Portuguese Index, South) por ser o índice adotado para esta região de Portugal no âmbito da Diretiva Quadro da Água Europeia.

6. Frequentemente, alterações na qualidade ambiental repercutem-se em alterações na diversidade das comunidades bióticas. A diversidade será medida pelo Complementar do Índice de Simpson (1-λ') e pelo índice de Shannon (procedimento DIVERSE).

7. A matriz biológica é reduzida por eliminação de *taxa* com caráter esporádico. Este passo é necessário uma vez que, quando número de indivíduos de uma espécie é naturalmente baixo, a probabilidade de os amostrar depende mais do acaso do que das condições ambientais prevalecentes. Estes *taxa* podem assim distorcer as relações de similaridade.

8. Os dados de abundância são transformados para retirar peso às espécies caracterizadas por ocorrência em grandes números. O significado ecológico de ter 1000 ou 800 indivíduos (diferença = 200) é muito menor do que ter 0 ou 50 (diferença = 50). Este passo é particularmente importante quando as amostras não são rigorosamente quantitativas. Duas das transformações possíveis log (x+1), ou a aqui utilizada: $\sqrt{}$ (x).

9. Os locais de amostragem são comparados por relações de similaridade da sua fauna utilizando o Índice de Bray-Curtis. A similaridade quantifica a semelhança faunística entre locais e varia entre 0 (sem espécies em comum) e 100 (idêntica composição faunística).

10. As relações de similaridade são analisadas por análise aglomerativa (procedimento CLUSTER). Esta técnica permite agrupar locais semelhantes do ponto de vista faunístico. Do ponto de vista ambiental, a técnica permite detetar alterações na comunidade biótica em resposta a alterações ambientais.

11. As relações de similaridade são também analisadas por "non-metric Multidimensional Scaling" (MDS). Este método de ordenação permite colocar as amostras num diagrama bi- ou tri-dimensional de modo que a ordem de dissimilaridade (= inverso da similaridade = distância) entre amostras coincida com a (dis)similaridade da matriz obtida no passo 8. O sucesso deste processo é indicado pelo coeficiente de "stress".

Valores inferiores a 0.05 são indicadores de uma representação bi-dimensional excelente, sem distorção. Valores de stress < 0.1 correspondem a uma boa ordenação. Nestes dois casos, uma representação tridimensional não forneceria nenhuma informação adicional em relação à dada pelo diagrama a 2 dimensões. Valores menores que 0.2 são indicadores de uma potencial representação em duas dimensões. Valores > 0.3 indicam que os pontos estão arbitrariamente distribuídos no espaço bi-dimensional, i.e., os agrupamentos são obtidos pelo acaso.

12. A consistência dos grupos obtidos com base na técnica de ordenação MDS deve ser testada de modo a determinar se os grupos são formados ao acaso ou porque efetivamente refletem uma diferença entre as amostras. Tecnicamente, interessa investigar se a variância entre amostras dos mesmos grupos é menor ou igual à variância entre amostras de diferentes grupos (em termos de similaridade). Isto pode ser feito por permutações (n=1000) utilizando o procedimento ANOSIM.

13. Outra forma de avaliar a consistência faunística entre dois grupos de invertebrados é a técnica de SIMPER (Similarity/distance percentages, species/variable contributions, Primer 6). Este processo calcula a similaridade média entre os locais do mesmo grupo e a dissimilaridade média entre os grupos considerados. Outra característica interessante deste procedimento é a obtenção de uma listagem dos taxa mais característicos de cada conjunto de locais e a listagem dos taxa que mais contribuem para a diferença entre grupos.

14. A sobreposição de Bubble plots à MDS de dados biológicos permite a determinação dos taxa mais relevantes (como por exemplo os mais sensíveis) e a visualização das suas abundâncias relativas em todos os locais.

15. Os valores dos parâmetros físico-químicos são transformados de modo a poderem ser tratados estatisticamente. Regra geral, estes dados tem uma distribuição não normal. A sua normalização é geralmente conseguida por uma transformação $x' = \log_{10}(x+1)$ ou $x' = \sqrt{\sqrt{x}}$. No nosso caso, só os dados com distribuição não normal serão transformados.

14. Por outro lado, os parâmetros ambientais diferem muito nas suas unidades. Por exemplo, o pH pode variar de 7 a 8 (uma unidade) enquanto que a condutividade pode variar de 200 a 1500 μS/cm (1300 unidades). Para serem tratados estatisticamente os dados ambientais tem de ser padronizados de modo a serem colocados numa mesma escala. Isto é feito por subtração do valor médio de cada parâmetro ao valor da amostra; o valor resultante é então dividido pelo desvio padrão do total de amostras. O resultado é o de obter valores para cada padrão com uma variação entre –2 e +2 e uma média de zero.

15. É produzida uma matriz de dissimilaridade (= distância) entre pares de locais, de acordo com as diferenças nos parâmetros físico-químico. Para tal é utilizada a Distância Euclidiana Normalizada. Aqui é utilizada o procedimento SIMILARITY. Tal como no caso da matriz de dados biológicos, os locais com um ambiente químico e físico idêntico tem

uma similaridade de 100% (ou 1), o que corresponde a uma distância num espaço bidimensional de 0 (dissimilaridade = 1 – similaridade).

16. Tal como no caso dos dados biológicos, as relações de similaridade entre locais de amostragem são sujeitas a uma análise aglomerativa, tendo por base os parâmetros ambientais.

17. Os valores de distância entre locais com base nos parâmetros ambientais são também expressos num diagrama bidimensional por MDS. Deste modo é possível comparar se a informação biológica e ambiental são coincidentes.

18. Tal como no caso da MDS dos dados biológicos, a consistência dos grupos obtidos por MDS dos parâmetros ambientais pode ser medida por ANOSIM.

19. Em alternativa pode ser seguindo o método de Análise de Componentes Principais (PCA), baseado na distância Euclidiana, e que resulta graficamente na distribuição das amostras por um gráfico de dois eixos (x,y) onde se podem observar as distâncias das amostras em relação à origem e onde se podem observar os gradientes físico-químicos mais importantes que determinam a sua posição nos eixos através de sistema de setas.

20. O passo seguinte será perguntar de que modo a que os dados ambientais podem explicar a matriz de dados biológicos. Isto é feito por comparação da ordenação biológica com a dos dados químicos (correlação entre as duas matrizes de (dis)similaridade para o conjunto dos dados ambientais e para as combinações possíveis com 1, 2, 3 e n dados ambientais. Quais os dados ambientais que por si só ou em conjunto explicam o padrão biológico observado? Este passo é precedido de uma operação que elimina os dados ambientais auto correlacionados pois não trazem qualquer informação nova e, pelo contrário, tendem a introduzir “ruído” na matriz de parâmetros ambientais. Por exemplo, suponhamos que se despeja um efluente que contém unicamente cloreto de sódio. Os valores de cloreto, sódio e condutividade estarão fortemente correlacionados pelo que só um destes parâmetros deverá ser utilizado nas análises estatísticas seguintes. O processo aqui descrito é feito pelo procedimento BIOENV.

21. O passo seguinte é comparar de novo a matriz de similaridade de dados biológicos com versões reduzidas da tabela de *taxa* de modo a saber quais são aqueles que mais contribuem para os padrões estruturais da comunidade observados. O procedimento utilizado é BVSTEP. Este processo permite determinar *taxa* indicadores de condições ambientais.

22. Outra forma de relacionar os dados biológicos com os ambientais consiste em usar novamente o procedimento “Bubble-plots” para a quantidade relativa dos valores dos parâmetros ambientais selecionados mas desta vez aplicá-lo à ordenação MDS dos parâmetros biológicos.

Abreviaturas / Glossário

Análise aglomerativa: técnica de análise multivariavel que permite visualizar as relações de similaridade entre amostras através de um dendograma.
ANOSIM: ANalysis Of SIMilarity; análise que permite comparar, em termos de significância estatística, grupos de amostras definidos em termos de (dis)similaridade pelas análises multivariaveis.

Biomonitorização: programa de estudo continuado, no espaço e no tempo, de um ecossistema com base em parâmetros bióticos.

ETAM: Estação de Tratamento das Águas da Mina.

IBO: Índice Biótico para a Ribeira de Oeiras.

Indicador biológico: parâmetro baseado em comunidades bióticas que fornece informação acerca da qualidade ambiental dos ecossistemas.

Índice biótico: expressão numérica resultante da presença de organismos aquáticos (*e.g.* macroinvertebrados) com diferentes graus de sensibilidade à poluição e da diversidade expressa em termos de riqueza taxonómica.

IPtIs: "Invertebrate Portuguese Índex, South"; é um índice desenvolvido no âmbito da introdução da Diretiva Quadro da Água em Portugal, para a avaliação da qualidade biológica dos rios com base nas comunidades de macroinvertebrados. Este índice é específico para o sul de Portugal.

MacroInvertebrado (MI): invertebrado visível a olho nu.

MDS: Non-metric Multi-Dimensional Scaling; técnica de ordenação de amostras num espaço bi(multi)-dimensional.

SIMPER: "SIMilarity PERcentages - species contributions"; análise multivariavel que avalia a similaridade de um conjunto de locais em termos taxonómicos e a dissimilaridade entre esse conjunto e outro. Indica ainda quais os taxa mais representativos de cada grupo e os que mais contribuem para a diferença entre eles.

Taxon/Taxa (plural): Grupo taxonómico (*e.g.* espécie, género, família).

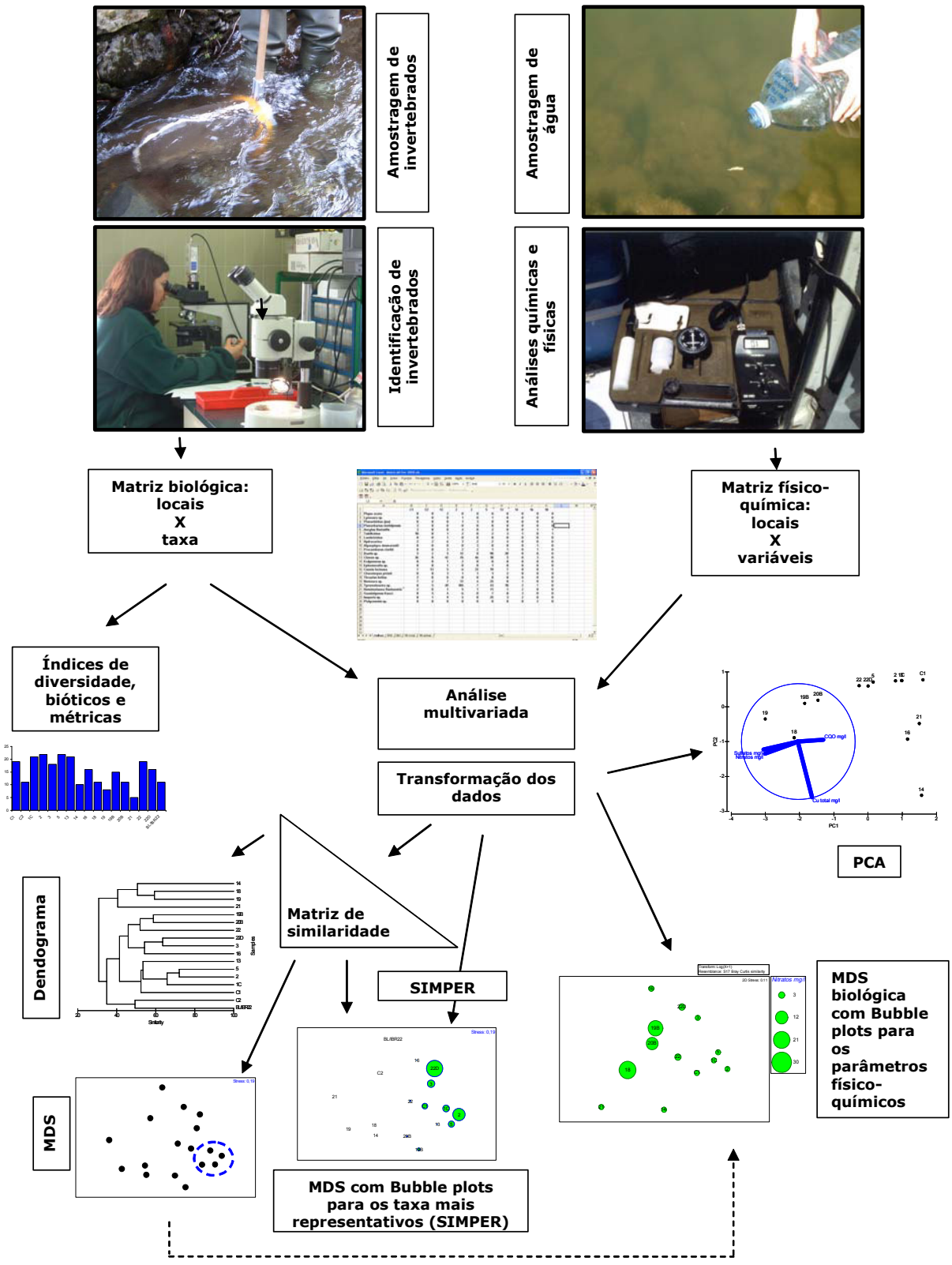


Figura 8.1 - . Resumo da metodologia de amostragem e tratamento dos dados biológicos e físico-químicos.

8.5. Ictiofauna

8.5.1. Amostragem da fauna piscícola

Entre os dias 13 e 15 de Maio de 2013, foram monitorizados quatro locais de amostragem na Ribeira de Oeiras, designados por Horta da Reveza, situado a montante da mina, Monte do Pereiro, Caiada e Ponte de Penilhos, situados a jusante (Figura M1).

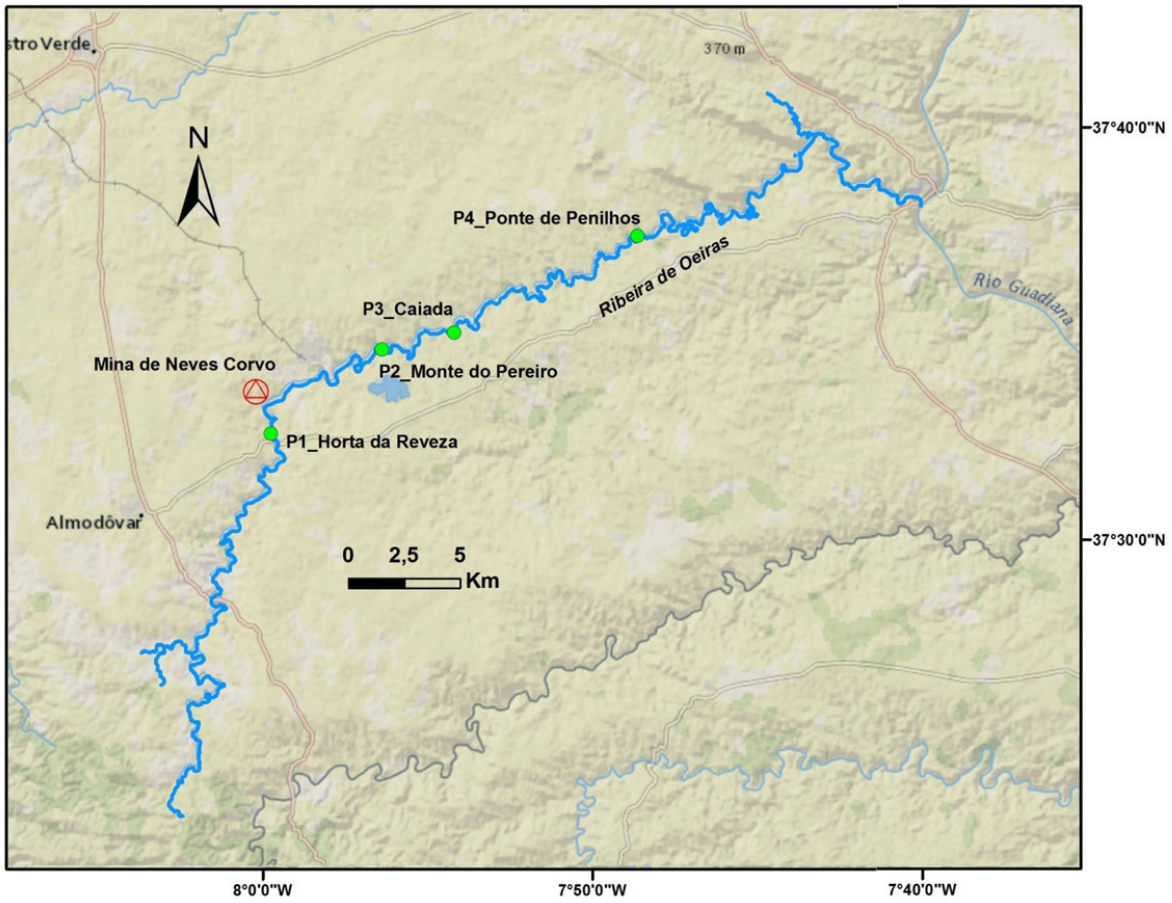


Figura 8.2 - Localização dos pontos de amostragem na Ribeira de Oeiras.

Em cada um dos pontos definidos, a técnica de amostragem utilizada foi a pesca elétrica, recorrendo-se para o efeito a um aparelho de margem Hans Grassl EL 62, 600 V-DC, 10. Apesar da elevada condutividade registada ao longo do curso de água, especialmente nos locais situados a jusante da descarga da mina, os valores observados enquadravam-se nos limites de funcionamento do aparelho utilizado, garantindo desta forma a eficiência deste método de amostragem. O protocolo de amostragem aplicado foi o desenvolvido pelo INAG no âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água (INAG, 2008a). Seguindo as recomendações fornecidas neste documento, o comprimento

dos troços amostrados foi definido como aproximadamente 20 vezes a largura média da ribeira, nunca tendo sido inferior a 100 m.

Todos os indivíduos capturados foram mantidos em tinas apropriadas para posterior identificação, medição (precisão de 1 mm) e contagem. Durante o manuseamento dos peixes capturados, foi igualmente levada a cabo uma avaliação macroscópica da presença de indícios de stresse fisiológico nestes animais, nomeadamente sinais de parasitismo, malformações e/ou tumores. Após estes processos, os animais foram devolvidos ao seu habitat natural, exceto aqueles cuja identificação era duvidosa, exigindo confirmação em laboratório. Estes indivíduos foram conservados em álcool a 96o. As espécies exóticas capturadas não foram devolvidas ao meio aquático.

Posteriormente à amostragem procedeu-se à caracterização biofísica de cada troço, considerando os parâmetros descritos na ficha de campo disponibilizada no referido protocolo.

8.5.2. Recolha de tecidos para análise de metais

Durante a amostragem da ictiofauna foram selecionados e sacrificados, em cada um dos quatro locais avaliados, entre sete a dez exemplares da espécie *L. microcephalus* com vista a uma posterior extração de tecidos para determinação da concentração de metais. Durante a seleção dos indivíduos teve-se o cuidado de escolher os exemplares de maior dimensão para que a quantidade de material biológico disponível fosse suficiente para as análises requeridas. No local designado por Monte do Pereiro, devido à reduzida abundância piscícola, apenas foi capturado e sacrificado um único exemplar desta espécie para extração de tecidos.

Os órgãos considerados para análise foram o fígado e o músculo, tendo-se procedido à sua extração recorrendo a material devidamente descontaminado de modo a não adulterar os resultados. Sempre que possível, foi utilizado material de plástico, exceção feita às lâminas de bisturi e tesouras que eram de aço inoxidável, tendo-se igualmente desenvolvido os cuidados necessários para evitar possíveis contaminações por parte de outros órgãos (e.g. pele, etc.).

Após a sua extração, o material biológico foi devidamente etiquetado e conservado em gelo. Posteriormente foi enviado para análise na Universidade de Coimbra, conservado em gelo e transportado em mala térmica.

8.5.3. Tratamento de dados

A abundância das várias espécies capturadas em cada ponto de amostragem e para cada classe dimensional foi obtida através do cálculo do valor de CPUE (captura por unidade de esforço expressa em número de indivíduos capturados/minuto).

Os indivíduos capturados foram, após medição, distribuídos por classes de comprimento cujo intervalo variou consoante a espécie em questão. Como forma de obter uma boa caracterização das estruturas dimensional e etária das diferentes populações, optou-se por apenas efetuar esta análise para as populações piscícolas cujo número de indivíduos capturado fosse superior a 20.

Os indivíduos pertencentes à espécie L. microcephalus, que podem apresentar maiores dimensões e consequentemente uma maior amplitude de comprimento entre os indivíduos de maiores e menores dimensões, foram distribuídos por classes dimensionais com intervalos de 10 mm. As restantes espécies capturadas foram distribuídas por classes dimensionais com intervalos de 5 mm.

Para avaliar a diversidade e o número de taxa das comunidades piscícolas dos pontos amostrados, a nível taxonómico, utilizaram-se os seguintes parâmetros ecológicos:

(i) Riqueza (S), correspondente ao número de taxa presentes (foi também analisada de
(ii) forma separada a riqueza de espécies nativas e exóticas);
(iii) Diversidade (H), correspondente ao índice de Shannon-Wienner, calculado através da equação $H = - \sum p_i \ln (p_i)$, em que p_i é a frequência relativa de cada uma dos *taxa i.*

Foi calculada também a proporção de indivíduos pertencentes a espécies piscícolas exóticas presentes em cada local, dividindo o número de indivíduos exóticos pelo número total de indivíduos capturados. A proporção de indivíduos com indícios de stresse fisiológico foi determinada através da razão entre o número de peixes que apresentavam estas características e o número total de especímenes capturados.

Com base nos dados de condutividade recolhidos nos quatro locais avaliados durante o período de amostragem foi definido o perfil de condutividade média ao longo dos locais monitorizados. O resultado obtido foi posteriormente comparado graficamente com algumas métricas biológicas que teoricamente são responsivas a esta variável ambiental, nomeadamente a proporção de indivíduos com sinais de tumores, malformações e/ou parasitismo, abundância piscícola total, riqueza e diversidade especificas e proporção de indivíduos pertencentes a espécies nativas e exóticas (Karr, 1981; Oliveira *et al.*, 2007). O grau de relação entre estas variáveis foi avaliado em termos estatísticos com recurso ao método da correlação de Pearson (r), utilizando para tal o *software Statistica* v10.0. A significância estatística das relações obtidas não foi analisada devido ao reduzido número de amostras (n=4).

Para a avaliação do estado ecológico das linhas de água amostradas com base na sua comunidade ictíica foram utilizados e comparados dois índices: o IIB – Índice de Integridade Biótica (IIB), desenvolvido por Karr (1981) e adaptado para a bacia do Guadiana por Ferreira *et al.* (1996), e o IPP – Índice Piscícola Português, desenvolvido

pelo INAG no âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água em Portugal (Matono *et al.*, 2009). A aplicação do IIB consistiu no cálculo de sete métricas, nomeadamente:

(i) número de espécies endémicas da Península Ibérica;
(ii) número de espécies nativas;
(iii) número de espécies exóticas;
(iv) número de espécies intolerantes à degradação ambiental;
(v) percentagem do número total de peixes representada por espécies tolerantes à degradação ambiental;
(vi) percentagem do número total de peixes representada por espécies endémicas invertívoras;
(vii) percentagem de espécies nativas litófilas.

Estes parâmetros são posteriormente separados por classes (Tabela M1) e o índice é calculado como a soma das pontuações atribuídas a cada classe, variando entre 0 e 100 (Tabela M2).

Para aplicação do IPP, foi necessário conhecer a tipologia abiótica em que os pontos de amostragem se encontravam inseridos, neste caso S1 > 100 km2 (INAG, 2008c), de modo a selecionar as métricas a aplicar (Tabela M3). O valor calculado para cada métrica é então padronizado entre 0 (mau estado ecológico) e 10 (elevado estado ecológico), mediante o estabelecimento de limites e atribuição de scores contínuos por interpolação. Os limites vão depender da relação entre as métricas e a degradação (Matono et al., 2009).

Para as métricas que diminuem com a degradação a sua padronização é efetuada através da seguinte fórmula:

$$\frac{Xi - 5\%não referência}{50\%referência - 5\%não referência} * 10$$

As métricas que aumentam com a degradação também são padronizadas seguindo um método semelhante:

$$10 - \frac{Xi - 50\%referência}{95\%não referência - 50\%referência} * 10$$

O Índice Piscícola Português varia entre 0 (mau estado ecológico) e 100 (elevado estado ecológico), sendo calculado através da seguinte expressão:

$\frac{\sum Msi * 10}{N}$, onde Ms é o score de cada métrica e N o número total de métricas por tipo de rio.

Após a aplicação desta expressão, o valor obtido é normalizado em EQRs, através da sua divisão pela mediana do grupo de referência do respetivo tipo de rio. O valor obtido é então integrado numa das cinco classes de qualidade cujas fronteiras variam consoante a tipologia da linha de água e encontram-se descritas na Tabela M3. Para os dois índices aplicados, a designação referente à avaliação qualitativa da integridade biológica foi adaptada de modo a corresponder à nomenclatura utilizada no âmbito da Diretiva Quadro da Água, nomeadamente "Mau", "Medíocre", "Razoável", "Bom" e "Excelente".

Tabela 8.4 - Parâmetros considerados no cálculo do IIB (Ferreira *et al.*, 1995), valor absoluto encontrado e valor ponderado considerado

Parâmetro	Valor absoluto	Valor ponderado
Número de espécies endémicas da Península Ibérica	0 e 1	0
	2 e 3	5
	4 e 5	10
	>5	15
Número de espécies nativas	0	0
	1 e 2	5
	>2	10
Número de espécies exóticas	0	15
	1	10
	2 e 3	5
	>3	0
Número de espécies intolerantes à degradação ambiental	0 e 1	0
	2 e 3	5
	4 e 5	10
	>5	15
Percentagem do número total de peixes representada por espécies tolerantes à degradação ambiental	0-10%	15
	10-30%	10
	30-50%	5
	>50%	0
Percentagem do número total de peixes representada por espécies endémicas invertívoras	0-20%	0
	20-50%	5
	50-80%	10
	>80%	15
Percentagem de espécies nativas litófilas	0-10%	0
	10-40%	5
	40-60%	10
	>60%	15

Tabela 8.5 - Intervalos de pontuação final do IIB, respetivas classes de integridade e seu significado em termos biológicos

Amplitude de valores	Classes de integridade	Significado biológico
0-25	Mau	Integridade muito baixa, sistema muito degradado
26-50	Medíocre	Integridade baixa, sistema degradado de difícil recuperação
51-75	Razoável	Integridade média, sistema degradado mas recuperável
76-89	Bom	Integridade elevada, sistema pouco ou nada degradado
90-100	Excelente	Integridade muito elevada, sistema não degradado

Tabela 8.6 - Métricas aplicadas na determinação do IPP para os locais de amostragem na Ribeira de Oeiras (tipologia S1> 100 km^2), valores dos percentis utilizados na sua padronização, mediana do respetivo grupo de referência e fronteiras utilizadas para determinação da qualidade ecológica (adaptado de Matono *et al*., 2009)

Tipologia	Métricas	Resposta à degradação	Percentil 50 (referência)	Percentil 5 (não-referência	Percentil 95 (não-referência)	Mediana (referência)	Fronteiras (EQR)
S1> 100km^2	CPUE total	↓	25,5	0,6	97,3	90,8	Mau-Medíocre 0,24 Medíocre-Razoável 0,47 Razoável-Bom 0,71 Bom-Excelente 0,94
	% Espécies endémicas	↓	66,7	0,0	100,0		
	% Indivíduos limnófilicos	↑	17,0	0,04	100,0		
	% Indivíduos generalistas	↓	59,4	0,0	94,6		
	% Indivíduos litofílicos	↓	90,3	0,0	100,0		
	% Espécies tolerantes	↑	50,0	25,4	100,0		

IMAR
Departamento de Ciências da Vida
Universidade de Coimbra
3001-401 Coimbra

PROPOSTA

PARA A BIOMONITORIZAÇÃO DA RIBEIRA DE OEIRAS: 2015 DE ACORDO COM O PROTOCOLO SOMINCOR / IMAR – CMA

a) Macroinvertebrados aquáticos
b) Plano de levantamento da presença de bivalves nativos na Ribeira de Oeiras

Coordenação Científica:

Prof. Doutor Manuel A. S. Graça
IMAR
Departamento de Ciências da Vida,
Universidade de Coimbra
Apartado 3046
3001-401 Coimbra, Portugal

(mgraca@ci.uc.pt)

Equipa de trabalho

A equipa de trabalho envolve 9 pessoas, sendo 5 doutorados, 2 mestres, e 2 outros investigadores (de licenciados a doutorados) a designar, de duas Universidades (Coimbra, Évora) e um centro de investigação MARE / IMAR.

IMAR e Dep. de Ciências da Vida, Univ. de Coimbra, Coimbra:

Manuel A.S. Graça, Ph.D. – Coordenação Geral dos Trabalhos; análises de dados e elaboração dos relatórios.

Verónica Ferreira, Ph.D. – Taxonomia de invertebrados

Luiz Hepp, Ph.D. – Amostragens de invertebrados e tratamento de dados

IMAR e Dep. de Ciências da Terra, Univ. de Coimbra, Coimbra:

Joana Campos, mestre – Medições de metais pesados em tecidos biológicos

Igor Moraes, mestre – Medições de metais pesados em tecidos biológicos

Universidade de Évora

Pedro Anastácio, Ph.D. – Levantamento de populações de bivalves

Mafalda Gama, Ph.D. – Levantamento de populações de bivalves

Dois colaboradores a designar – Levantamento de populações de bivalves

****

I - Enquadramento

A presente proposta diz respeito a duas tarefas para o ano de 2015: (1) biomonitorização da ribeira de Oeiras usando os macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores. (2) Levantamento de populações de bivalves nativos na ribeira de Oeiras a montante da mina e que possam ser eventualmente usadas em programas de repovoamento a jusante da mina.

II - Tarefas

1. Monitorização da qualidade biológica das águas da Ribeira de Oeiras com base nas comunidades de macroinvertebrados.

As comunidades de macroinvertebrados serão usadas como bioindicadoras, de acordo com o estabelecido na Diretiva Quadro da Água (2000/60/EC) e transposta para o ordenamento jurídico nacional pela nova Lei da Água (Lei nº 58/2005 de 29 de Dezembro e Decreto-Lei nº 77/2006 de 30 de Março).

As metodologias de amostragem e tratamento dos dados são os adotados pelo INAG no âmbito da aplicação da DQA, incluindo a aplicação do "Invertebrate Portuguese Index (IPtI)". Serão efetuados os seguintes tratamentos suplementares: a) Medidas de diversidade; b) Aplicação do índice biótico para a Ribeira de Oeiras (IBO); e c) aplicação de técnicas de análise multivariável. Nesta última categoria englobam-se a ordenação por Multidimensional Scaling (MDS) e análise aglomerativa (cluster - UPGMA) de parâmetros ambientais e biológicos (com a distância Euclidiana e o coeficiente de Bray-Curtis respetivamente) que serão usadas para quantificar relações de similaridades-dissimilaridades entre locais de referência e locais localizados a jusante da mina, de forma a determinar diferenças entre os grupos de locais. Para testar estatisticamente as diferenças entre os grupos de locais identificados na MDS será usada a "rotina" ANOSIM. A relação entre os taxa-chave e as características abióticas dos locais será utilizada uma MDS com "bubble plots". Todas as análises multivariáveis serão corridas no "software" PRIMER.

Os valores dos índices bióticos e indicadores de diversidade serão comparados entre grupos de locais (obtidos por MDS / cluster) por análise de variância (ANOVA) ou rank-ANOVA caso os dados não tenham distribuição normal nem se consiga a homogeneidade de variâncias, mesmo após transformações Estas operações serão corridas no "software" SIGMASTAT.

Os dados biológicos serão relacionados com os dados ambientais (oxigénio, condutividade, pH, sulfatos, metais, nitratos e outros que a empresa forneça). O primeiro passo será quantificar alterações no ambiente biótico ao longo da ribeira, por meio de uma Análise de Componentes Principais (ACP - PRIMER). Para tal serão selecionados parâmetros não correlacionados. Os parâmetros serão transformados ((log (x+1), raiz quadrada ou dupla raiz quadrada) caso não os dados não respondam aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias, e estandardizados (-1, +1). Os grupos de locais obtidos por ACP serão comparados por ANOVA (ou rank-ANOVA; eventualmente teste-t, no caso das condições de montante serem muito diferentes das de jusante; SIGMASTAT).

Será feita uma campanha de amostragem na primavera, que é o período em que se espera uma maior diversidade, longe das condições de estio extremos de verão e cheias de inverno.

Serão amostrados 13 locais na ribeira de Oeiras. A montante da mina: Monte da Ossada (1C), Monte de Bentes (3), Ponte da Camacha (3), Horta da Reveza (5). A jusante: Local de descarga do efluente (14B), Vertedor da Ribeira (16), Malhão Largo (18), Monte do Pereiro (19), Monte Queimado (19B), Monte da Caiada (20B), Monte Velho (21), Ponte de Penilhos (22) e Fonte Santa (22B).

4. Monitorização de Bivalves

Os bivalves de água-doce (Mollusca, Bivalvia, Unionoidea) ocorrem em todos os continentes com exceção da Antártida e na Península Ibérica há espécies pertencentes a 5 famílias: Corbiculidae, Dreissenidae, Margaritiferidae, Unionidae e Sphaeriidae. Nos últimos anos o desaparecimento de populações de bivalves autóctones de ecossistemas de água doce tem aumentado. Esta alteração nas comunidades está relacionada com a destruição dos habitats dulçaquícolas devido ao aumento da pressão antropogénica nestes locais e também devido à presença de

espécies invasoras (Strayer et al., 2004). A introdução de ictiofauna exótica é também uma fonte de preocupação uma vez competem diretamente com os hospedeiros naturais de bivalves nativos, impedindo a sua reprodução e limitando a viabilidade populacional.

Na ribeira de Oeiras são referidas populações das famílias Margaritiferidae e Unionidae. Estas famílias são conhecidas como mexilhões-de-rio, atingem grandes dimensões (até 20cm) e as suas larvas dependem de hospedeiros (peixes nativos). Foram já identificadas nesta ribeira as espécies: Corbicula fluminea - exótica, *Unio delphinus, Unio tumidiformis* e *Anodonta anatina* – todas espécies nativas; Relatório-progresso: Biomonitorização da Ribeira de Oeiras, Bivalves 2014). Atendendo à sua importância ecológica e às recentes ameaças, para planear medidas de conservação e repovoamento é fundamental um conhecimento profundo da sua distribuição e viabilidade populacional. Como tal, o objetivo deste trabalho é fazer um mapeamento das populações das espécies de bivalves nativos na ribeira de Oeiras, estimando a sua densidade e biomassa para cada local.

Métodos

Numa primeira fase será realizada uma visita ao local para identificar: as áreas da ribeira onde poderão ocorrer bivalves nativos, os principais pontos de acesso à ribeira e a extensão da área a ser amostrada. Esta saída servirá para ajustar os métodos de amostragem às características da ribeira de Oeiras. Prevê-se que a duração desta fase seja de 1-2 dias, sendo levada a cabo por 2 investigadores com o auxílio de um funcionário da Somincor com conhecimento da zona.

Na fase seguinte a amostragem deverá começar no primeiro ponto de acesso à ribeira imediatamente antes da descarga da mina. O objetivo será fazer uma amostragem qualitativa (presença/ausência de espécies) com varrimento da ribeira, com os investigadores a progredirem no terreno dentro de água. Esta amostragem inicial decorre até serem encontrados bivalves ou na sua ausência até um máximo de 1 hora ou até se percorrer uma distância máxima de 200-300m (dependendo da largura da ribeira). No decurso deste varrimento os investigadores identificarão a presença de meso-habitats distintos que deverão ser amostrados e mapeados. Prevê-se uma amostragem quantitativa (abundância de cada espécie e

características da população) em zonas de substrato arenoso e mais fino e preferencialmente em zonas de pools, com pouca corrente. Quando forem encontrados bivalves proceder-se-á a uma amostragem quantitativa, ou qualitativa mais extensa (dependendo dos objetivos). No caso da amostragem qualitativa esta decorrerá durante duas horas no caso de ser efetuada por 4 investigadores.

A amostragem quantitativa (com recurso a quadrados de área definida) é usada para avaliar aspetos da demografia das comunidades e sua relação com parâmetros e características dos habitats. Este tipo de amostragem será efetuado, após o estabelecimento de uma grelha aleatória, com quadrados de 2.5 x 2.5 m de área que será sub-amostrada usando quadrados de 0.25 m (8 réplicas). O número de grelhas a amostrar dependerá do tamanho da ribeira prevendo-se que no caso da ribeira em questão deverão ser amostradas pelo menos 10 grelhas. Cada quadrado de 0.25 m deverá ser amostrado até uma profundidade máxima de 15 cm para assegurar que todos os bivalves são encontrados. A amostragem deverá ser feita tanto em zonas de profundidade (com recurso ao snorkeling) ou em zonas de pouca profundidade com recurso a uma luneta de Kalfa.

Os bivalves encontrados serão medidos, identificados até à espécie, pesados, fotografados, a sua localização anotada em termos de coordenadas geográficas e devolvidos ao ambiente natural. Em último recurso, quando a identificação se mostrar impossível, alguns exemplares serão trazidos para o laboratório de modo a proceder à sua identificação inequívoca. Os dados de abundância serão expressos por m^2.

Em paralelo será efetuada a caracterização tanto do canal onde forem encontradas espécies de bivalves como da zona ripícola envolvente recorrendo à determinação de variáveis ambientais, como por exemplo: o tipo de habitat, a granulometria do sedimento, o tipo de vegetação no canal, a estrutura da vegetação ripária, a presença de estruturas artificiais, entre outras. Parâmetros físico-químicos serão também recolhidos para uma caracterização mais exaca dos locais onde os bivalves forem encontrados (pH, temperatura, condutividade e oxigénio). Esta caracterização do habitat permitirá relacionar e identificar quais as variáveis mais importantes para a presença dos bivalves (e.g. granulometria, turbulência, matéria orgânica no sedimento, oxigénio, entre outras).

Esta 2ª fase do trabalho deverá ser levada a cabo por 3 a 4 investigadores, prevendo-se uma duração de 2 semanas. Fazemos notar que a altura do ano mais

recomendável para este tipo de trabalho corresponde aos meses de menor caudal, por ser mais fácil a visualização do fundo da ribeira, por permitir maior conforto no trabalho dentro de água e por reduzir a área de amostragem às zonas onde as espécies podem subsistir durante todo o ano. Como pré agendamento os trabalhos serão realizados no 3º trimestre do ano.

III – Relatórios

Estão previstos 2 relatórios, um referente aos macroinvertebrados e com as características dos relatórios que tem vindo a ser produzidos, e um segundo relatório relativo aos bivalves.

O relatório relativo aos bivalves terá a seguinte informação:

- Uma lista atualizada das espécies de bivalves encontradas (espécies nativas e exóticas).
- Um mapa dos mesohabitats disponíveis para os bivalves (na extensão da amostragem efetuada a montante da Somincor).
- A localização geográfica e as características ambientais das zonas de maior abundância de cada espécie;
- As densidades de bivalves nas áreas de maior abundância;
- As relações entre a densidade de cada espécie e as variáveis ambientais;

IV - Responsabilidade e "output"

A coordenação dos trabalhos estará a cargo do Prof. Manuel Graça da Universidade de Coimbra. O levantamento dos bivalves é da responsabilidade do Prof. Pedro Anastácio da Universidade de Évora.

V - Material e meios a disponibilizar pela SOMINCOR:

Para além do material já disponível no laboratório de Biologia da mina, serão necessárias informações referentes a análises químicas das amostras de água e aos caudais médios da ribeira e do efluente. As análises químicas serão

realizadas simultaneamente com as da campanha de macroinvertebrados, sendo analisados pelo menos os seguintes parâmetros: temperatura, oxigénio dissolvido, pH, condutividade, CQO e concentrações em sulfatos, nitratos e cobre.

Veículo todo-o-terreno para acesso à ribeira, assim como coletes salva-vidas para as campanhas de bivalves

VI - Meios a disponibilizar pelo MARE / IMAR:

Todos os dispositivos de amostragem (redes de amostragem, material de snorkeling, lunetas de Kalfa, etc.). Equipamento e reagentes para as análises. Software específico para a análise dos dados. Veículos para deslocações à mina. Material laboratorial geral.

VII Calendário

Calendário de atividades para 2015

Atividade	Equipa de trabalho	Datas	Entrega de relatório progresso
Plano de monitorização Macroinvertebrados	Manuel Graça & colaboradores do IMAR	20 de Abril	Junho
Monitorização de bivalves	Pedro Anastácio & colaboradores	A confirmar: 1ª Q julho ou 1ª Q setembro	Outubro

Coimbra, 22 de Fevereiro de 2015

_____	_____
Prof. Dr. João Carlos Marques	Prof. Dr. Manuel Graça,
Coordenador da Unidade IMAR-CMA	Coordenador Científico

CV dos principais elementos da equipa de trabalho

September 2014

CURRICULUM VITAE
MANUEL AUGUSTO SIMÕES GRAÇA

A. GERAL INFORMATION

NAME: Manuel Augusto Simões Graça
POSITION: Professor Catedrático, Universidade de Coimbra
RESEARCH INSTITUTION: I.M.A.R.
TITLES: PhD. (Zoology) University of Sheffield, England in 1990; "Agregação / Habil. degree"; University of Coimbra, Portugal in 1999.
MANAGEMENT POSITIONS: Since 2003: Direction Board of the IMAR – Institute of Marine Research. Since 2006: Vice-President of the Iberian Limnological Asociation. Since 2008: Associated Editor of the *Journal of the North American Benthological Society / Freshwater Sciences*

B. EXPERIENCE

Research: 3 European Union projects; 10 National (e.g. FCT) projects; 4 national monitoring contracts and 3 other international contracts (National Geographic; Grices / Capes). Collaborative research in Several European and South American countries, Canada and USA.
Regular teaching activities at the University of Coimbra, Universidade Federal de Minas Gerais (Brazil) and Universidade Estadual da Paraiba (Brazil).
Others: Editorial Board / Associated Editor of 5 international journals. 10 pos-doctoral and 9 Ph.D. contracts. 30 invited speeches at national and international conferences.
My research interests fall into two areas (1) decomposition of leaf litter, and (2) biomonitoring. Firstly, I am interested in understanding factors ruling the decomposition of organic matter i.e. the transference of energy and materials of litter into secondary production. Therefore, my studies include chemical changes in decomposing leaves, the ecology of the decomposers (aquatic hyphomycetes) and animals feeding on detritus. Secondly, I am interested in developing, improving and applying tools to assess environmental quality and the effect of effluent discharges in receiving systems. Under this research topic, I am cooperating with regional environmental agencies and the industry.

C. PUBLICATIONS

96 papers published in international journals; edition of 4 books and author of 17 book chapters.

Example of 5 publications relevant for the present contract

Woodward G., Gessner M.O., Giller1 P.S., Gulis V., Hladyz S., Lecerf A., Malmqvist B., McKie B.G., Tiegs S.D., Cariss H., Dobson M., Elosegi A., Ferreira V., **Graça M.A.S.,** Fleituch T., Lacoursière J.O., Nistorescu M., Pozo J., Risnoveanu G., Schindler M., Vadineanu A., Vought L.B.-M., Chauvet E. **2012.** Continental-scale effects of nutrient pollution on stream ecosystem functioning. *Science*. 336, 1438: 1438-1440.

Feio M.J, Alves T., Boavida M., Medeiros A. & **Graça M.A.S. 2010**. Functional indicators of stream health: a river-basin approach. *Freshwater Biology*. 55:1050-1065

Medeiros A., S. Duarte, C. Pascoal, F. Cássio, & **M.A.S. Graça. 2010**. Effects of Zn, Fe and Mn on leaf litter breakdown by aquatic fungi: a microcosm study. *International Review of Hydrobiology*. **95**:12-26.

Feio M.J., C.N. Coimbra, **M.A.S. Graça**, S.J. Nichols & R.H. Norris. **2010**. The influence of extreme climatic events and human disturbance on macroinvertebrate community patterns of a Mediterranean stream over 15 y. *Jounal of the North American Benthological Society.* **29**: 1397-1409

Serra S., N. Coimbra & **M.A.S. Graça. 2009**. Invertebrados de Água Doce. Chave de Identificação das Principais Famílias. Imprensa da Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal. 44pp.

CURRICULUM VITAE
PEDRO MANUEL SILVA GENTIL ANASTÁCIO

A. INFORMAÇÃO GERAL

NOME: Pedro Manuel Silva Gentil Anastácio
POSIÇÃO: Professor Auxiliar com Agregação, Universidade de Évora
INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO: MARE – Centro de Mar e Ambiente
HABILITAÇÕES LITERÁRIAS: Doutoramento Biologia, especialidade de Ecologia, pela Universidade de Coimbra em 1998. Agregação obtida em 2008.
CARGOS DE GESTÃO: Director do departamento de Ecologia da Universidade de Outubro de 2005 a Outubro de 2007. Director do Mestrado em Qualidade e Gestão do Ambiente da Universidade de Évora desde 2007.

B. EXPERIÊNCIA

Coordenação de 2 projectos de investigação financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia. Participação em 4 outros projectos de investigação financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, em 4 financiados pela União Europeia e em 3 financiados por outras fontes. Orientação de 3 teses de Doutoramento já concluídas e 8 de Mestrado.
Os trabalhos no âmbito de projectos e no âmbito de orientações de teses incidiram por exemplo sobre:
- distribuição mundial presente e futura (sob efeito de alterações climáticas) de uma espécie de bivalve invasiva em água doce (a amêijoa asiática, *Scrobicularia plana*),
- possíveis efeitos de predação sobre a amêijoa asiática
- mecanismos de transporte passivo do mexilhão Zebra (*Dreissena polymorpha*)
- efeitos de variáveis ambientais como por exemplo temperatura e salinidade sobre a sobrevivência de duas espécies de bivalves: *Cerastoderma edule* e *Scrobicularia plana*.

Ecologia de Bivalves: Planeamento e execução de planos de investigação científica com trabalho de campo e trabalho experimental de laboratório, sobre bivalves nativos e invasivos, de água doce e estuarinos. Participação em campanhas de campo de mapeamento de populações de bivalves com a equipa do IMAR de Coimbra. Autor ou co-autor de 4 artigos científicos já publicados envolvendo bivalves. 4 outros artigos foram já escritos e submetidos a revistas internacionais: 1 sobre o bivalve invasivo de água doce *Dreissena polymorpha*, dois sobre *Corbicula fluminea* (também invasiva de água doce) e 1 sobre *Cerastoderma edule* e *Scrobicularia plana*.

Áreas de experiência: Ecologia Aquática, com ênfase em água doce mas também alguns trabalhos em zonas estuarinas ou costeiras. Experiência em Modelação Ecológica ligada a organismos aquáticos.
Experiência em Mergulho em apneia e com garrafa - licença de Mergulho Nacional e também Internacional pela PADI (Nível - Open Water Diver).

C. PUBLICAÇÕES

51 artigos científicos publicados em jornais internacionais referenciados.

Para uma lista mais completa de publicações poderá consultar
Google Scholar: http://scholar.google.pt/citations?user=K9wXp2IAAAAJ
ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Pedro_Anastacio/publications

Exemplo de 5 publicações relevantes para o presente contrato:

Verdelhos, T., Marques, J., & Anastácio, P. 2015. The impact of estuarine salinity changes on the bivalves *Scrobicularia plana* and *Cerastoderma edule*, illustrated by behavioral and mortality responses on a laboratory assay. Ecological Indicators, 52, 96-104. doi:10.1016/j.ecolind.2014.11.022. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X14005573

Anastácio, P.M., Banha, F., Capinha, C., Bernardo, J.M., Costa, A.M., Teixeira, A. and Bruxelas, S. Accepted. Indicators of movement and space use for two co-occurring invasive crayfish species. Ecological Indicators. DOI: 10.1016/j.ecolind.2015.01.019

Capinha, C. and Anastácio, P. 2011. Assessing the environmental requirements of invaders using ensembles of distribution models. Diversity and Distributions 17(1): 13-24. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1472-4642.2010.00727.x/abstract

Anastácio, P.M., Verdelhos, T., Marques, J.C. and Pardal, M.A. 2009. A validated population dynamics model for *Scrobicularia plana* (Mollusca, Bivalvia) on a eutrophic gradient. Marine and Freshwater Research 60(5): 404-416. http://dx.doi.org/10.1071/MF08127

Correia, A. M., Bandeira, N. and Anastácio, P. M. 2005. Predator-prey interactions of *Procambarus clarkii* with aquatic macroinvertebrates in single and multiple prey systems. Acta oecologica, 28:337-343. http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2005.06.002

SOMINCOR
Sociedade Mineira de Neves-Corvo, S.A.

Relatório Final de Monitorização

(Declaração de Impacte Ambiental - Projecto "Mina Neves-Corvo 2007")

Mina de Neves-Corvo
2014

Índice

I.1 – Identificação e Objectivos da monitorização objecto do RM 7

I.2 – Âmbito do RM (factores ambientais considerados e limites espaciais e temporais de monitorização) 8

I.3 – Enquadramento legal 9

I.4 – Apresentação da estrutura do relatório 10

I.5 – Autoria técnica do relatório 11

II.1 – Referência ao EIA, à DIA, ao plano geral de monitorização apresentado no RECAPE, a anteriores RM e a anteriores decisões da autoridade de AIA relativas a estes últimos 12

II.2 – Referência à adoção das medidas previstas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização. Eventual relação da calendarização da adopção destas medidas em função dos resultados da monitorização 13

II.3 – Referência a eventuais reclamações ou controvérsia relativas aos factores ambientais objecto de monitorização 24

III.1 – Estado das Massas de Água 26

III.1.1 – Macroinvertebrados 26

III.1.1.1 – Parâmetros a medir ou registar. Locais de amostragem, medição ou registo 26

III.1.1.2 – Métodos e equipamento de recolha de dados 27

III.1.1.3 – Métodos de tratamento de dados 27

III.1.1.4 – Relação dos dados com características do projecto ou do ambiente exógeno ao projecto 31

III.1.1.5 – Critérios de Avaliação dos dados 31

III.1.2 – Macrófitas (Vegetação aquática) 32

III.1.2.1 – Parâmetros a medir ou registar. Locais de amostragem, medição ou registo 32

III.1.2.2 – Métodos e equipamento de recolha de dados 34

III.1.2.3 – Métodos de tratamento de dados 35

III.1.2.4 – Relação dos dados com características do projecto ou do ambiente exógeno ao projecto 35

III.1.2.5 – Critérios de Avaliação dos dados 36

III.2 – Ecologia 36

III.2.1 – Peixes 36

III.2.1.1 – Parâmetros a medir ou registar. Locais de amostragem, medição ou registo 36

III.2.1.2 – Métodos e equipamento de recolha de dados 36

III.2.1.3 – Métodos de tratamento de dados 37

III.2.1.4 – Relação dos dados com características do projecto ou do ambiente exógeno ao projecto 40

III.2.1.5 – Critérios de Avaliação dos dados 40
III.2.2 – Bivalves 40
III.2.2.1 – Parâmetros a medir ou registar. Locais de amostragem, medição ou registo 40
III.2.2.2 – Métodos e equipamento de recolha de dados 41
III.2.2.3 – Métodos de tratamento de dados 41
III.2.2.4 – Relação dos dados com características do projecto ou do ambiente exógeno ao projecto 42
III.2.2.5 – Critérios de Avaliação dos dados 42
III.2.3 – Bioacumulação de metais pesados em peixes, aves e bivalves 42
III.2.3.1 – Parâmetros a medir ou registar. Locais de amostragem, medição ou registo 42
III.2.3.2 – Métodos e equipamento de recolha de dados 43
III.2.3.3 – Métodos de tratamento de dados 44
III.2.3.4 – Relação dos dados com características do projecto ou do ambiente exógeno ao projecto 45
III.2.3.5 – Critérios de Avaliação dos dados 45
III.3 – Qualidade do Ar 45
III.3.1 – Parâmetros a medir ou registar. Locais de amostragem, medição ou registo 45
III.3.2 – Métodos e equipamento de recolha de dados 46
III.3.3 – Métodos de tratamento de dados 46
III.3.4 – Relação dos dados com características do projecto ou do ambiente exógeno ao projecto 46
III.3.5 – Critérios de Avaliação dos dados 46
III.4 – Ruído 47
IV.1 – Estado das Massas de Água 48
IV.1.1 – Macroinvertebrados 48
IV.1.1.1 - Resultados obtidos 48
IV.1.1.2 – Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos 49
IV.1.1.3 – Avaliação da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização 50
IV.1.1.4 – Comparação com as previsões efectuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão 51
IV.1.2 – Macrófitas (Vegetação Aquática) 51
IV.1.2.1 – Resultados obtidos 51
IV.1.2.2 – Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos 52
IV.1.2.3 – Avaliação da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização 53

IV.1.2.4 – Comparação com as previsões efectuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão 53
IV.2 – Ecologia 53
IV.2.1 – Peixes 53
IV.2.1.1 – Resultados obtidos 53
IV.2.1.2 – Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos 56
IV.2.1.3 – Avaliação da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização 58
IV.2.1.4 – Comparação com as previsões efectuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão 58
IV.2.2 – Bivalves 58
IV.2.2.1 – Resultados obtidos 58
IV.2.2.2 – Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos 60
IV.2.2.3 – Avaliação da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização 60
IV.2.2.4 – Comparação com as previsões efectuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão 60
IV.2.3 – Metais pesados 60
IV.2.3.1 – Resultados obtidos 60
IV.2.3.2 – Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos 62
IV.2.3.3 – Avaliação da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização 63
IV.2.3.4 – Comparação com as previsões efectuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão 63
IV.3 – Qualidade do Ar 63
IV.3.1 – Resultados obtidos 63
IV.3.2 – Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos 65
IV.3.3 – Avaliação da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização 65
IV.3.4 – Comparação com as previsões efectuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão 66
IV.4 – Ruído 66
V.1 – Estado das Massas de Água e Ecologia 67
V.1.1 – Ribeira de Oeiras 67
V.1.1.1 – Síntese da avaliação de impactes objecto de monitorização e da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização 67
V.1.1.2 – Proposta de novas medidas de mitigação e ou alteração ou desactivação de

medidas já adoptadas 70
V.1.1.3 – Proposta de revisão dos programas de monitorização e da periodicidade dos futuros relatórios de monitorização 70
V.1.2 – Rio Guadiana 74
V.1.2.1 – Síntese da avaliação de impactes objecto de monitorização e da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização ... 74
V.1.2.2 – Proposta de novas medidas de mitigação e ou alteração ou desactivação de medidas já adoptadas 74
V.1.2.3 – Proposta de revisão dos programas de monitorização e da periodicidade dos futuros relatórios de monitorização 74
V.2 – Qualidade do Ar 74
V.2.1 – Síntese da avaliação de impactes objecto de monitorização e da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização 74
V.2.2 – Proposta de novas medidas de mitigação e ou alteração ou desactivação de medidas já adoptadas 74
V.2.3 – Proposta de revisão dos programas de monitorização e da periodicidade dos futuros relatórios de monitorização 75

Índice de Quadros

Quadro 1: Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem de macrófitas aquáticas 33
Quadro 2: Resultados da monitorização de PM10 no ano 2014 63
Quadro 3: Sintese da biomonitorização efectuada de 2009 a 2014 68
Quadro 4: Plano de biomonitorização da Ribeira de Oeiras actual e proposto a partir de 2015 72
Quadro 5: Calendarização do plano de biomonitorização da Ribeira de Oeiras proposto a partir de 2015 73

Índice de Anexos

ANEXO 1: Estudo Acústico e Projecto de Controlo de Redução de Ruído e Aprovação do Projecto de Redução e Controlo de Ruído
ANEXO 2: Biomonitorização da Ribeira de Oeiras – 2014: a) Condições químicas em Fevereiro e Setembro b) Macroinvertebrados aquáticos, c) Bivalves, d) Peixes e) Vegetação aquática f) Metais pesados em organismos (aves, peixes, bivalves) (IMAR)
ANEXO 3: Proposta para a Biomonitorização da Ribeira de Oeiras: 2015, incluindo Macroinvertebrados Aquáticos e Plano de Levantamento da presença de Bivalves nativos na Ribeira de Oeiras (IMAR)
ANEXO 4: Relatórios de auditorias IRCL realizadas em 2014 e 2013(actualização)

I - Introdução

O processo de Monitorização de um projecto sujeito a Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) tem como objectivo a observação e recolha sistemática de dados sobre o estado do ambiente ou sobre os efeitos ambientais do projecto. A descrição desses efeitos deve ser feita periodicamente por meio de relatórios cuja execução é da responsabilidade do Proponente, no presente caso – SOMINCOR.

Na sequência da emissão da **Declaração de Impacte Ambiental (DIA) favorável condicionada, de 13 de Fevereiro de 2008** relativa ao projecto **"Mina Neves-Corvo 2007"**, a **SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves-Corvo, S.A.**, vem por este meio e através deste relatório evidenciar o cumprimento das medidas de minimização, dos programas de monitorização, do programa de acompanhamento e gestão ambiental da obra, na fase de desactivação de outros elementos constantes na DIA e do RECAPE do Projecto de Deposição em Pasta aprovado em 29/12/2010.

O presente Relatório de Monitorização (RM) corresponde ao sétimo (7.º) relatório emitido ao abrigo do Anexo V da Portaria n.º 330/2001, de 2 de Abril e assume uma estrutura que procura, por um lado, responder integralmente e de forma inequívoca a todos os requisitos da DIA e, por outro garantir a fácil actualização da informação nos anos subsequentes, assim como facilitar a interpretação do desempenho através da apresentação de informação, de forma cumulativa. Salienta-se que este relatório pretende ser um relatório final de monitorização, uma vez que todos os projectos sujeitos a AIA, já se encontram implementados, todas as medidas de minimização igualmente implementadas e concluídas, e relativamente aos planos de monitorização propõe-se a suspensão de alguns e a alteração de outros.

O presente RM tem como objectivo apresentar e descrever o processo de verificação e recolha de dados, de forma a permitir a avaliação da eficácia das medidas previstas no procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental e evitar, minimizar ou compensar os impactes ambientais decorrentes da fase de exploração do projecto.

I.1 – IDENTIFICAÇÃO E OBJECTIVOS DA MONITORIZAÇÃO OBJECTO DO RM

O plano de monitorização objecto do relatório de monitorização comporta as seguintes vertentes:

- Estado das Massas de água: verificação através dos elementos de qualidade biológica (macrófitas e macroinvertebrados aquáticos), da qualidade da ribeira de Oeiras, onde é descarregado o efluente industrial tratado. No ano 2014 não foi analisada a vertente dos elementos de Hidromorfologia na ribeira de Oeiras, uma vez que não se registaram alterações significativas nesta.

- Ecologia: caracterização da biodiversidade de peixes e bivalves na ribeira de Oeiras e avaliação dos eventuais impactes dos metais de bioacumulação Cu, Zn, As, Hg nas comunidades aquáticas.

- Qualidade do Ar: conforme o Plano de Desempenho Ambiental, e tendo em consideração que os diversos projectos se encontravam em fases diferentes de implantação, foi efectuado o controlo durante o mês de Setembro de 2008 para avaliação da situação de então e foi efectuada nova monitorização após a conclusão da ampliação da lavaria de zinco em Setembro de 2011 (conforme solicitado na DIA), em 2012, 2013 e em 2014.

- Ruído: A DIA preconiza a realização de quatro campanhas de monitorização no primeiro ano, após a ampliação da Lavaria do Zinco para 1Mt/ano, que entrou em funcionamento a 1 de Setembro de 2011. Em 2011 foi efectuada uma campanha de avaliação do ruído (no 4.º trimestre), após a conclusão da ampliação da lavaria do zinco e em 2012 mais três campanhas (1.º, 2.º e 3.º trimestre), de forma a se monitorizar o ruído no 1º ano de funcionamento. Em 2013 foram identificadas as principais fontes responsáveis pelas emissões sonoras, através de mapas de ruído. Identificou-se que as principais fontes não estão associadas à ampliação da Lavaria do zinco, mas têm origem nas chaminés principais de ventilação da mina, utilizadas para a renovação do ar no interior / trabalhos subterrâneos. No primeiro

semestre de 2014 foi preparado um projecto de redução de ruído e a 16/10/2014 o mesmo projecto foi aprovado pela APA.

NOTA: De acordo com a informação da APA ref.ª S18282-201403-DAIA.DPP de 27-02-2014, relativa a Processo de Pós Avaliação n.º 436 -Relatórios de Monitorização - Recursos Hídricos, ficou a SOMINCOR dispensada de remeter relatórios de monitorização dos recursos hídricos no âmbito do cumprimento da DIA, uma vez que a informação é duplicada no âmbito das obrigações da LA, pelo que a avaliação de questões relevantes, em termos de impactes nos recursos hídricos associados à IRCL, será efectuada com base na informação apresentada à APA, em sede de licenciamento ambiental e das licenças de utilização e descarga de recursos hídricos.

I.2 – ÂMBITO DO RM (FACTORES AMBIENTAIS CONSIDERADOS E LIMITES ESPACIAIS E TEMPORAIS DE MONITORIZAÇÃO)

Considerando o programa de monitorização descrito no EIA, a DIA considera como factores ambientais a monitorizar, na fase de exploração os seguintes:

- Estado das massas de água;
- Ecologia;
- Qualidade do Ar;
- Ruído.

No que diz respeito ao limite temporal da monitorização, este corresponde sempre que possível ao período de 1 ano – ano de 2014.

Nos trabalhos relativos à classificação das massas de água realizaram-se duas campanhas, Inverno (Março) e Verão (Setembro), para caracterização da situação nas duas condicionantes mais importantes da Ribeira de Oeiras com caudal e com descarga de efluente e sem caudal e sem descarga do efluente.

Para avaliação ecológica, foram continuados os trabalhos de caracterização e identificação de locais mais adequados à realização dos trabalhos de controlo. Foi efectuada a caracterização da fauna piscícola e análise de metais pesados em peixes, bivalves e aves.

Para a caracterização da qualidade do ar foi efectuada monitorização no ano 2014, por diversos factores, avaria de equipamentos, cortes de energia pelo fornecedor (EDP), não foi a campanha de 2012, representativa, em 2013 ainda se verificou uma excedência ao VLE, pelo que se optou pela realização em 2014 de nova campanha de monitorização.

Para o controlo do ruído, em função dos resultados obtidos em 2011/2012, foram elaborados em 2013 mapas de ruído, bem como foi feita a caracterização das fontes sonoras emissoras, e preparado um projecto de controlo de ruído e um plano de gestão de ruído. Em 2014 foi aprovado o projecto de controlo de ruído e o plano de gestão de ruído.

I.3 – ENQUADRAMENTO LEGAL

Relativamente ao enquadramento legal o procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental é regulamentado atualmente pelos seguintes diplomas:

- Decreto-Lei n.º 151-B/2013, de 31 de Outubro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 47/2014, de 24 de Março;
- Portaria n.º 330/2001, de 2 de Abril e respectiva Declaração de Rectificação n.º 13-H/2001, de 29 de Maio.

Relativamente aos factores ambientais específicos que a DIA propõe monitorizar:

- As avaliações do estado das massas de água tiveram em linha de conta a Lei n.º 58/2005, de 20 de Dezembro e o Decreto-Lei n.º 77/2006, de 3 de Março;
- As avaliações da qualidade do ar tiveram em consideração o Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de Setembro;

- As avaliações de ruído basearam-se no Regulamento Geral de Ruído regulamento pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro.

I.4 – APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DO RELATÓRIO

A estrutura do presente RM irá obedecer na íntegra ao estipulado no Anexo V da Portaria n.º 330/2001, de 2 de Abril, tendo a seguinte composição:

I - Introdução
- I.1 - Identificação e Objectivos da monitorização objecto do RM
- I.2 - Âmbito do RM (factores ambientais considerados e limites espaciais e temporais da monitorização)
- I.3 - Enquadramento legal
- I.4 - Apresentação da estrutura do relatório
- I.5 - Autoria técnica do RM

II - Antecedentes
- II.1 - Referência ao EIA, à DIA, ao plano geral de monitorização apresentado no RECAPE, a anteriores RM e a anteriores decisões da autoridade de AIA relativas a este último
- II.2 - Referência à adoção das medidas previstas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização. Eventual relação da calendarização da adoção destas medidas em função dos resultados da monitorização
- II.3 - Referência a eventuais reclamações ou controvérsia relativas aos factores ambientais objecto de monitorização

III - Descrição dos programas de monitorização
- III.1 - Estado das Massas de Água
  - III.1.1 - Macroinvertebrados aquáticos
  - III.1.2 - Macrófitas (Vegetação aquática)
- III.2 - Ecologia
  - III.2.1 - Peixes
  - III.2.2 - Bivalves
  - III.2.3 - Bioacumulação de metais pesados em organismos aquáticos
- III.3 - Qualidade do Ar
- III.4 - Ruído

Para cada factor ambiental:
- Parâmetros a medir ou registar. Locais de amostragem, medição ou registo
- Métodos e equipamentos de recolha de dados
- Métodos de tratamento de dados
- Relação de dados com características do projecto ou do ambiente exógeno ao projecto
- Critérios de Avaliação dos dados

IV - Resultados programas de monitorização
- IV.1 -Estado das Massas de Água

III.1.1 - Macroinvertebrados aquáticos
III.1.2 – Macrófitas (Vegetação aquática)
IV.2 - Ecologia
IV.2.1 - Peixes
IV.2.2 - Bivalves
IV.2.3 - Bioacumulação de metais pesados em organismos aquáticos
IV.3 - Qualidade do Ar
Para cada factor ambiental:
Resultados obtidos
Discussão e interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos
Avaliação da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto da monitorização
Comparação com as previsões efectuadas no EIA
V - Conclusões
V.1 - Estado das Massas de Água e Ecologia
V.1.1 – Ribeira de Oeiras
V.1.2 – Rio Guadiana
V.2 – Qualidade do Ar
Para cada factor e subfactor ambiental:
Síntese da avaliação de impactes objecto de monitorização e da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização
Proposta de novas medidas de mitigação e ou alteração ou desactivação de medidas já adoptadas
Proposta de revisão dos programas de monitorização e da periodicidade dos futuros relatórios de monitorização
VI – Anexos

I.5 – AUTORIA TÉCNICA DO RELATÓRIO

A autoria técnica do RM ficou a cargo da EnviEstudos, S.A..

II - Antecedentes

II.1 – Referência ao EIA, à DIA, ao plano geral de monitorização apresentado no RECAPE, a anteriores RM e a anteriores decisões da autoridade de AIA relativas a estes últimos

O proponente do projecto foi a SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves-Corvo, S.A. a entidade licenciadora do projecto é a Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG).

O EIA foi da responsabilidade da PROCESL – Engenharia Hidráulica e Ambiental, Lda., e desenvolvido entre Dezembro de 2006 e Maio de 2007.

O EIA, datado de Maio de 2007, objecto do presente relatório de monitorização, incidiu sobre a Mina de Neves-Corvo, com particular destaque para os seguintes projectos:

- Projecto de Execução da Barragem do Cerro do Lobo. 4.ª Fase de Construção. Remodelação do Projecto de Alteamento da Barragem da Cota 252 m para a cota 255 m, já efectuado;
- Projecto de Deposição em Pasta. Instalação Industrial para Fabrico de Pasta, cujo início se verificou em Novembro de 2010 e construção do reservatório do Cerro da Mina para armazenamento de águas residuais do processo de produção da pasta, concluído em agosto de 2014;
- Projecto de Alteração da Lavaria de Estanho para a Lavaria de Zinco, já concluído;
- Projecto de Ampliação da Lavaria de Zinco para 1Mt/ano, cuja entrada em funcionamento foi a 1 de Setembro de 2011;
- Projecto de Alteração da Lavaria de Cobre para tratamento de escórias e minério de MF, já implementado.

A DIA do Projecto "Mina de Neves Corvo 2007" foi emitida a 13 de Fevereiro de 2008.

Em 2014 todos os projectos submetidos a EIA já se encontravam implementados, pois foi concluída a construção do reservatório do Cerro da Mina em Agosto de 2014, a qual tinha

sido iniciada em Janeiro de 2013. Este reservatório têm como objectivo o armazenamento de águas residuais do processo de produção da pasta.

Para responder ao plano de monitorização da DIA foi desenvolvido um plano interno na SOMINCOR respeitante ao ano de 2014, desenvolvido no capítulo III deste relatório.

Em 10/05/2010 a DGEG, na qualidade de entidade licenciadora do projecto, remeteu para a Agência Portuguesa do Ambiente, o RECAPE do Projecto de Deposição em Pasta, o qual foi aprovado em 29/12/2010.

II.2 – REFERÊNCIA À ADOÇÃO DAS MEDIDAS PREVISTAS PARA PREVENIR OU REDUZIR OS IMPACTES OBJECTO DE MONITORIZAÇÃO. EVENTUAL RELAÇÃO DA CALENDARIZAÇÃO DA ADOPÇÃO DESTAS MEDIDAS EM FUNÇÃO DOS RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO[1]

De seguida é efectuado um ponto de situação das medidas de minimização propostas na DIA de 13 de Fevereiro de 2008, nomeadamente a calendarização da adopção das medidas já executadas, a ser executadas actualmente ou a executar no futuro próximo, isto para cada factor ambiental em que a DIA propôs medidas de minimização, designadamente: Recursos hídricos, Resíduos, Ecologia, Património Arqueológico, Qualidade do Ar, Ruído e Paisagem.

> ***Recursos Hídricos***
> ***1.*** *Reabilitação do Barranco das Lages, a jusante da Barragem de Rejeitados, e da Ribeira de Oeiras a jusante da zona de lançamento do efluente Esta reabilitação deve incluir a remoção de potenciais sedimentos contaminados e a implementação da vegetação característica do ecossistema fluvial ao longo da linha de água, de forma a promover a melhoria das condições que favorecem os diferentes habitats característicos dos ecossistemas fluviais mediterrâneos.*

Considera-se concluída esta medida. Em 2009 foi tomada a decisão de implementar medidas de captação de todas as águas de infiltração que escorrem pelo Barranco das Lages, quantidades inferiores a 300 l/h. No fim de 2010 foi implementado o projecto de recolha de água de infiltração com bombagem para a barragem do Cerro do Lobo. A partir do ano 2012 não se registou caudal no Barranco das Lages, comprovando que as medidas

[1] Conforme ponto A. Medidas de Minimização, página 3 da DIA.

implementadas anteriormente são efectivas no finalizar da emissão de água de infiltrações. Não foram identificadas necessidades de reabilitação, o barranco apresenta um ecossistema semelhante aos da região.

> ***2.*** *No âmbito do projecto de deposição em pasta, deve ser implementado um sistema de cobertura que elimine potenciais infiltrações de água no aterro de rejeitados, de forma a serem reduzidos eliminados os lixiviados.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que no RECAPE foi descriminada a metodologia adequada para a minimização dos lixiviados da cobertura. O RECAPE foi aprovado em 29/12/2010, pelo que as medidas preconizadas no RECAPE foram implementadas a partir de 2011.

> ***3.*** *Para reduzir o risco de rotura da Barragem ou de alguma das suas Portelas:*
>
> ***a)*** *Prosseguir a inspeção e monitorização sistemática do comportamento da Barragem quanto à segurança hidráulica e estrutural, bem como os programas de recolha de dados meteorológicos e de qualidade da água, dos efluentes e dos rejeitados, assegurando o tratamento e avaliação integrada dos resultados com periodicidade adequada.*
> ***b)*** *Promover actualização do plano de emergência e alerta com carácter periódico, ou sempre que se alterem aspetos essenciais do processo produtivo ou das condições de laboração do Complexo Mineiro.*
>
> ***c)*** *Embora intrínseco ao sistema de aviso e alerta da barragem, deverão ser assinalados localmente os pontos mais críticos do vale a jusante, através de sinalética apropriada, sobretudo junto às pontes e nas passagens a vau ou proximidade das margens da Ribeira de Oeiras e barranco das Lages.*
>
> ***d)*** *Garantir o prosseguimento da formação do pessoal em matérias relevantes para a segurança das instalações.*
>
> ***e)*** *Assegurar a realização de auditorias regulares em matéria de desempenho ambiental, devendo ser efectuado o respetivo registo.*

Consideram-se concluídas estas medidas.

A inspeção e monitorização da barragem está implementada e é alvo de comunicação sistemática à APA, ARH/Alentejo e DGEG, de acordo com o Plano de Desempenho Ambiental da Licença Ambiental n.º 19/2008 e da DIA.

O Plano de Segurança foi aprovado de acordo com informação da DGEG em 20 de Janeiro de 2014.

É realizada auditoria anual por entidade externa, que emite relatório de conformidade anualmente.

> **4.** *Para atenuar os riscos de poluição por gestão inadequada do ciclo de utilização da água:*
>
> ***a)*** *Prosseguir o actual controlo analítico da qualidade da água, do efluente descarregado e do recirculado da albufeira dos rejeitados, bem como o controlo existente das condições de funcionamento das estações de tratamento,*

além do controlo já efectuado das características qualitativas fundamentais do meio hídrico, a montante e a jusante da descarga.
b) *Reavaliar o sistema de medição de caudais no ciclo de utilização da água, reforçando, se necessário, o sistema existente, para incorporar novos locais de medição, no sentido de melhor avaliar as alterações resultantes da implementação dos projectos previstos.*
c) *Promover estudos e pesquisas, visando a introdução de alterações processuais ou a utilização de novos reagentes que tenham menores necessidades de água.*
d) *Desenvolver ações de sensibilização e formação dos trabalhadores para as questões de salvaguarda dos recursos naturais e de proteção ambiental que se prendem directamente com as actividades produtivas do Complexo Mineiro, visando, por um lado, a actualização permanente dos técnicos afetos às operações de controlo aos novos requisitos dos projectos a implementar e ao progresso científico, tecnológico e legislativo e, por outro, a adoção de comportamentos corretos e responsáveis por todos os trabalhadores.*

Consideram-se concluídas estas medidas.

O controlo analítico está implementado e é alvo de comunicação sistemática à APA, ARH/Alentejo e DGEG, de acordo com o Plano de Desempenho Ambiental da Licença Ambiental n.º 19/2008 e da DIA.

Foram reforçados os níveis de controlo com a instalação de caudalímetros para controlo de águas; a utilizar na Lavaria do Zinco e área de empreiteiros, e de água tratada na mina (trabalhos subterrâneos).

Apesar de não se terem alterado os reagentes da lavaria nos últimos anos, foram testados produtos alternativos, tanto nos trabalhos subterrâneos, como nas lavarias.

Salienta-se que em 2014 foram desenvolvidas acções de formação/sensibilização na área do ambiente, designadamente:

- Induções em ambiente: 76 induções de ambiente a um total de 1.537 trabalhadores (SOMINCOR e empreiteiros);
- Formação por empresa consultora: "A Gestão Ambiental na SOMINCOR", pela EnviEstudos, S.A., realizada em Abril, num total de 11 ações de formação, para 104 formandos;

Resíduos

5. *O tanque utilizado para conter qualquer derrame que possa ocorrer de óleos usados, terá que ter uma capacidade, no mínimo, equivalente ao do reservatório existente.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que foi implementada entre 2009 e 2011. Em 2009 foi instalado no novo parque de resíduos um novo reservatório de óleos usados

com 15 m^3 de capacidade e de parede dupla, que entrou em funcionamento em 2010. Em 2011 foi desmantelado o antigo reservatório/óleão.

6. *Deverá também dispor-se de material absorvente pronto a usar em caso de pequenos derrames.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que já foi implementada em 2008, e têm sido implementada em novos locais, sempre que necessário.

7. *O local de Implantação do reservatório e respetivo equipamento de retenção deverá estar devidamente sinalizado (ostentar avisos relativos à proibição de fumar, atear fogo ou utilizar equipamentos suscetíveis de provocar faíscas ou calor e ser dotados de extintores e/ou outros meios de combate a incêndios).*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que já foi implementada em 2009 a sinalização adequada do novo reservatório de óleos usados.

Ecologia

8. *Analisar a possibilidade de utilização de outros compostos que estejam na origem dos teores elevados de sulfatos, à semelhança do estudo de alteração do tipo de explosivos utilizados na mina.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que em 2009 se começou o processo gradual de substituição dos explosivos utilizados na mina, designadamente o ANFO, por emulsões com rendimentos muito superiores, que minimizam o desperdício de nitrato de amónio que é arrastado pelas águas na mina. Em 2014 já não foi utilizado o explosivo ANFO.

9. *Suspender a emissão total do efluente, durante a ausência de escoamento superficial da Ribeira de Oeiras, e promover a reutilização da água tratada nos períodos ou anos hidrológicos de seca extrema.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que que a descarga têm sido recorrentemente suspensa no período de verão e outono, em 2014 foi suspensa no dia 22 de maio, tendo apenas sido retomada no dia 19 de Janeiro de 2015.

10. *Estudar e implementar metodologias de tratamento de água alternativas, de forma a cumprir com o bom estado da massa de água a jusante da descarga, ou seja, a terá de ser dado cumprimento aos VLE e de se adequar a descarga às características do meio recetor, de forma a contribuir para o seu bom estado definido no âmbito da aplicação da Diretiva Quadro da Água.*

11. *O estudo e a implementação de novas tecnologias referidas na medida anterior deverão, igualmente, contribuir para a redução da emissão do(s) parâmetro(s) com maior impacte sobre as comunidades aquáticas (ictiofauna e bivalves) do anexo B-II e de habitats do anexo B-I da Diretiva Habitats.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que que o reservatório do Cerro da Mina entrou em funcionamento em Agosto de 2014, permitindo a redução do volume de efluente descarregado no meio hídrico. A empresa tem ainda em curso, através de contrato

com consultores externos a revisão e adequação do balanço de águas para incrementar a reutilização no processo e diminuir a necessidade de água nova, paralelamente decorrem estudos de novas tecnologias de tratamento do efluente industrial, de forma a aumentar a qualidade deste e reduzir os impacte no meio hidrico quando descarregado.

Património Arqueológico

12. *Garantir a salvaguarda, pelo registo arqueológico, da totalidade dos vestígios e contextos a afetar directamente pela obra e no caso de elementos arquitetónicos e etnográficos, através de registo gráfico, fotográfico e memória descritiva; no caso de sítios arqueológicos, através da sua escavação integral.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que que o acompanhamento arqueológico da obra foi efectuado entre 8 de Junho e 5 de Agosto de 2009 (Projecto Pasta: Fase I – Exploração da Mancha de Empréstimo e Construção da Plataforma) e entre 17 de Março e 27 de Julho de 2010 (Projecto Pasta: Fase II – Edificação da Central Pasta). Durante o acompanhamento arqueológico da obra, todos os vestígios que foram detetados, e que poderiam sofrer uma destruição total ou parcial, foram sujeitos a medidas de minimização específicas (registo documental, sondagens e escavações arqueológicas). A autorização inicial para a realização do Acompanhamento Arqueológico em fase de obra foi solicitada ao IGESPAR, em 2009/06/22, tendo a mesma sido concedida em 2009/07/06 (Ref.ª 2009/1(105). As actividades realizadas no âmbito desta medida, que garantiram também o cumprimento do estipulado nas medidas 16 e 17, foram apresentadas no relatório final de acompanhamento arqueológico referido seguidamente.

O relatório final referente aos trabalhos de acompanhamento arqueológico de obra no Complexo Mineiro de Neves-Corvo (NE 4500105354; NE 4500107930; NE 4500115946), que decorreram em duas fases, em 2009 e 2010 (relatório identificado com o n.º obra 12311) incluiu: Escavação do sítio arqueológico de A-de-Pires (30-06 a 05-09-2009) e Trabalhos de prospecção e acompanhamento arqueológico: 1.ª Fase (08-06 a 05-08-2009) e 2.º Fase (17-03 a 27-07-2010). O relatório, datado de Março de 2010, foi enviado em 17-10-2011 à actual DRCA (à data IGESPAR, IP. Extensão de Castro Verde.). Devido a problemas formais, o relatório foi apresentado com assinaturas digitais, não aceites pela tutela, tendo sido necessário enviar posteriormente declarações de autoria do relatório; neste sentido foram efectuadas várias tentativas de contactar com os diversos

técnicos responsáveis por cada um dos períodos do acompanhamento, tarefa que tem sido difícil e morosa devido ao número de técnicos envolvidos. A equipa de campo foi constituída pelos seguintes arqueólogos credenciados pela Tutela: Dra. Liliana Pereira, Dr. Tiago Lino, Dr. Nuno Mourinha (auxiliado nos trabalhos de campo pela Dra. Liliana Serrano e pelo Dr. Vitor Frazão), Dra. Teresa Vieira e Dr. João Nunes, com a coordenação técnica da Dra. Luísa Cabello, tendo cada um dos técnicos estado presente em campo em diferentes fases do trabalho. De forma a encerrar este processo foi submetida à DRCA, em 16-09-2014, a declaração de autoria, através do ofício ref.ª CE-174-2014 da PROCESL, empresa à qual foram contratados os trabalhos de acompanhamento arqueológico deste projecto, aguardando-se a aprovação da Tutela.

O acompanhamento arqueológico da Construção da Estrada e Condutas de Suporte à 2.ª Fase de Deposição de Resíduos Sobre a Forma de Pasta, que se realizou nos dias 30/31-01-2012 (n.º obra 09512) devido a extravio do relatório final foi enviado para aprovação à tutela no 1º trimestre de 2014 e foi aprovado pela DRCA (Direção Regional de Cultura do Alentejo) no dia 10-12-2014.

Em 2013 foram efectuadas sondagens de diagnóstico no Sítio do Cerro da Mina 1 no Complexo Mineiro de Neves-Corvo (NE 4500167004). O relatório final da fase 1 foi enviado para a DRCA em 27-03-2013 e foi aprovado em 08-10-2013 pela DRCA.

Em 2013 foi ainda efectuado o alargamento das áreas contíguas às sondagens 1 e 2 no Sítio do Cerro da Mina (NE 450016889). O relatório final das fases 1 e 2 foi enviado para a DRCA em 2013-10-30 e foi aprovado em 07-05-2014 pela mesma entidade.

O relatório final relativo à Escavação dos Fornos Cerâmicos no Sítio do Cerro da Mina 2 foi enviado para a tutela no 1.º trimestre de 2014 e foi aprovado em 13-10-2014 pela DGPC, de acordo com o Ofício da DRCA de 21-10-2014 .

Em 2013 e 2014 foi feito o acompanhamento arqueológico da obra do reservatório do Cerro da Mina no Complexo Mineiro de Neves-Corvo (NE 45001653317), cujo relatório final foi enviado para a tutela em 06-08-2014 e foi aprovado pela DGPC em

01-12-2014, de acordo com o Ofício da DRCA de 10-12-2014.

> **13.** *Deverão ser incluídas no Caderno de Encargos todas as medidas referentes ao Património.*
> **14.** Considera-se concluída esta medida, uma vez que que as medidas da Declaração de Impacte Ambiental relativas ao Património foram inseridas no Caderno de Encargos conforme se pode verificar no Plano de Desempenho Ambiental 2009-2011 submetido à DGEG, APA e CCDR Alentejo em 24 de Julho de 2008. Estas medidas também foram colocadas em prática na obra do reservatório do Cerro da Mina.*A Carta de Condicionantes à localização dos Estaleiros, manchas de empréstimo e depósito, com a implantação dos elementos patrimoniais identificados, deverá integrar o Caderno de Encargos da Obra.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que que a localização dos estaleiros e depósitos da obra do reservatório do Cerro da Mina foram os mesmos já utilizados no projecto de alteamento da IRCL - 4.ª fase e construção da unidade de pasta do Cerro do Lobo, e situados na envolvente da IRCL.

> **15.** *Deverá ficar prevista a realização de prospeção arqueológica das zonas de estaleiro, manchas de empréstimo e depósito de terras, caso as mesmas se encontrem fora das áreas já prospetadas.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que que foi efectuado o acompanhamento arqueológico da obra do reservatório do Cerro da Mina no Complexo Mineiro de Neves-Corvo (NE 45001653317), para as áreas ainda não prospetadas. O relatório final de acompanhamento arqueológico da construção do Reservatório do Cerro da Mina foi aprovado pela DRCA em 10-12-2014.

> **16.** *Para a fase de obra, deverá ser executado o acompanhamento por arqueólogo de todos os trabalhos que impliquem revolvimento e escavação do solo até ao substrato geológico, na linha das orientações do Instituto de tutela do património arqueológico.*
> **17.** *O acompanhamento arqueológico deverá ser efectuado de modo efetivo, continuado e direto por um arqueólogo em cada frente de trabalho, sempre que as ações inerentes à realização do projecto não sejam sequenciais mas simultâneas.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que que foi efectuado o acompanhamento arqueológico integral de todas as operações que implicaram movimentações de terras. O arqueólogo esteve presente em obra desde o início dos trabalhos, de forma a acompanhar efetivamente as intervenções no solo, até atingir a rocha base, níveis arqueologicamente estéreis ou a cota máxima de afetação do projecto, nas áreas de inserção do projecto, bem como nas áreas de apoio à obra. Em 2013 foi feito o acompanhamento arqueológico da obra do reservatório do Cerro da Mina no Complexo Mineiro de Neves-Corvo (NE 45001653317), tendo o respectivo relatório final sido aprovado pela entidade de tutela,

em ofício de 10-12-2014.

> **18.** *As ocorrências n.º 1, 2, 3 e 37, localizadas na área envolvente da Barragem de Rejeitados, deverão ser cartografadas e deverá ser garantida a salvaguarda desses sítios contra intervenções que impliquem a ocupação, revolvimento ou escavação do solo nas áreas de interesse arqueológico.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que que estes trabalhos foram implementados e objecto de aprovação pelo IGESPAR, I.P., tendo sido desenvolvidos no âmbito do projecto "Sinalização de Ocorrências de Interesse Patrimonial no Complexo Mineiro de Neves-Corvo", finalizado e aprovado pela entidade de tutela, em ofício de 17-09-2010, com a referência 2007/1 (105).

> **19.** *Na ocorrência 1, deverá fazer-se o registo documental (descritivo, gráfico, fotográfico e topográfico) das estruturas rurais que ainda se conservam emersas. Na área da ocorrência 1, deverão executar-se sondagens manuais, numa área total de, pelo menos, 20 m^2, de caracterização do sítio arqueológico subjacente ao agregado rural. As sondagens devem localizar-se, preferencialmente, em zonas não afetadas pelas lavras do povoamento florestal.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que que estes trabalhos foram efectuados em 2009 e aprovados pelo IGESPAR. No o que respeita a ocorrência 1, A-de-Pires, foi remetido ao IGESPAR em 20 de Maio de 2009, o Pedido de Autorização para a realização do registo documental e intervenção arqueológica numa área total de 38 m^2 , sendo 28m^2 no Núcleo 1 a Sul e 10m^2 no Núcleo 10m^2. A autorização foi concedida através do ofício do IGESPAR Ref.ª 2007/1(105), de 2009/06/18. Posteriormente, face à necessidade de alargamento da área a escavar foi necessário proceder à escavação de mais 8 m^2 no Núcleo 1 e 10 m^2 no Núcleo 2, com reserva de 10 m^2 para ambos os sectores, tendo estes trabalhos sido autorizados pela Tutela em 24-07-2009. Os trabalhos foram já realizados e o respetivo Relatório Preliminar foi submetido ao IGESPAR, tendo sido alvo de aprovação em 05 de Janeiro de 2010.

> **20.** *Relativamente às ocorrências N.º 1, 2. 3. 36 e 37, deverá, também, proceder-se à sua sinalização através da colocação de placas informativas que refiram a estação arqueológica e a sua natureza.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que que estes trabalhos foram implementados e objecto de aprovação pelo IGESPAR, I.P., tendo sido desenvolvidos no âmbito do projecto "Sinalização de Ocorrências de Interesse Patrimonial no Complexo Mineiro de Neves-Corvo, finalizado e aprovado pela entidade de tutela, em ofício de 17 de Setembro de 2010, com a referência 2007/1 (105).

Qualidade do Ar

21. *Deverá proceder-se à cobertura dos depósitos de detritos e de materiais finos para evitar o seu arrastamento por ação dos agentes erosivos e, eventualmente, adoção de um sistema de aspersão de água (nomeadamente através de camiões cisterna) sobre as vias de circulação não pavimentadas e sobre todas as áreas significativas de solo que fiquem a descoberto durante largos períodos, especialmente na época seca do ano e em dias ventosos.*

22. *Deverá efetuar-se o transporte de materiais, como terras, areias e britas em camiões fechados, ou com a carga coberta.*

23. *Sempre que necessário, deverão ser realizadas molhas em todos os acessos às frentes de obra, nomeadamente no acesso da Barragem de Rejeitados.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que desde 2010, que esta medida têm sido sempre implementada nas rotinas de controlo ambiental.

24. *Deverá instalar-se uma unidade de lavagem de rodados a saída do estaleiro corretamente sinalizada.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que em 2012 a SOMINCOR construiu dois sistemas de lavagem de rodados, um à saída da área industrial de Neves-Corvo, junto à nova báscula, que entrou em funcionamento em 2012 e o outro à saída da IRCL, que entrou em funcionamento em 2013. Com esta medida pretendeu-se minimizar a emissão de poeiras associadas ao transporte de resíduos/escombro de Neves Corvo para a IRCL.

25. *Deverá proceder-se à manutenção periódica das máquinas e veiculas afetos à obra em condições adequadas de funcionamento, que pode ser realizada nas oficinas do Complexo no caso de os equipamentos serem propriedade da SOMINCOR, ou em oficina licenciada, nos restantes casos.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que é prática existente para equipamentos da SOMINCOR, ou de empreiteiros com estaleiro permanente em Neves Corvo; nos restantes casos é efectuada em oficina licenciada no exterior do Couto Mineiro de Neves Corvo e da responsabilidade dos empreiteiros. No caso específico dos trabalhos de transporte de materiais (terras e escombro) e construção de células no aterro, os equipamentos são sujeitos a manutenção no estaleiro em Neves-Corvo, do empreiteiro responsável por estes trabalhos.

Ruído

26. *Para os recetores em que se verifiquem situações de incumprimento, após a ampliação da Lavaria de Zinco, deverão ser adoptadas medidas de minimização, nomeadamente, insonorização de equipamentos e/ou da nave Industrial, cujo projecto terá como base os níveis sonoros registados nas quatro campanhas de monitorização a efetuar no primeiro ano de funcionamento da Lavaria.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que após ampliação da lavaria do zinco, foi efectuada monitorização durante o período de 1 ano (no 4.º trimestre de 2011 e 1.º, 2,º e 3.º trimestre de 2012). Em função dos resultados obtidos foram elaborados em 2013

mapas de ruído, bem como foi feita a caracterização das fontes sonoras emissoras, tendo sido identificado que as principais fontes não estão associadas à ampliação da Lavaria do zinco, mas têm origem nas chaminés principais de ventilação da mina, utilizadas para a renovação do ar no interior / trabalhos subterrâneos, foi preparado um projecto de controlo de ruído e um plano de gestão de ruído, com vista à implementação de medidas adicionais para a redução de ruído provocado pela Mina de Neves-Corvo, com um respetivo cronograma de implementação das medidas. O projecto de gestão e controlo do ruído, bem como o respetivo cronograma foi aprovado pela APA em 16-10-2014.

Paisagem

27. *Deverão delimitar-se as zonas de trabalho, para que haja uma menor perturbação do terreno envolvente à obra, seja para armazenar materiais, seja para o parqueamento de maquinaria, entre outros usos.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que foi implementada em 2010, aquando do início do Projecto Pasta e, continuada no projecto de construção do reservatório do Cerro da Mina, iniciado em Janeiro de 2013 e concluído em Agosto de 2014.

28. *Deverá evitar-se o depósito, mesmo que temporário, de resíduos criados pelo pessoal afeto à obra, nomeadamente restos de materiais de construção, embalagens, entre outros desperdícios produzidos durante uma obra, assegurando desde o início da obra a recolha destes e o seu adequado destino final.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que foi implementada em 2010, aquando do início do Projecto Pasta (com a colocação de contentores/ecopontos para separação dos resíduos, devidamente identificados), bem como no projecto de construção do reservatório do Cerro da Mina, iniciado em Janeiro de 2013 concluído em Agosto de 2014.

29. *Deverão ser salvaguardadas todas as espécies arbóreas e arbustivas que não perturbem a execução da obra e que se situem fora da área intervenção, nomeadamente todas as espécies que se localizem na envolvente da área de trabalho.*

Considera-se concluída esta medida, uma vez que foi implementada em 2010, aquando do início do Projecto Pasta, bem como aquando da construção do Reservatório do Cerro da Mina. Com a conclusão dos trabalhos que implicam alterações biofísicas, considera-se concluída esta ação.

De seguida é efectuado um ponto de situação das medidas de minimização propostas no RECAPE aprovado a 29-12-2010, nomeadamente a calendarização da adoção das medidas já executadas, a ser executadas actualmente ou a executar no futuro próximo, isto para cada factor ambiental em que o RECAPE propôs medidas de minimização.

1. *Continuação da monitorização geoquímica nas células dos ensaios pilotos da deposição em pasta.*

Medida de minimização concluída em Março de 2010 nas células piloto, com a subida do nível de água na IRCL, deixou de ser representativa esta monitorização. Desde 2011 tem-se realizado a monitorização geoquímica da pasta nas células em operação, à medida que são cheias.

2. *Continuação da modelização dos impactes da IRCL na água subterrânea, a longo prazo, quando encerrada com pasta, coberta por uma cobertura de baixa permeabilidade e com uma barreira à capilaridade. Actualização e aperfeiçoamento periódico do modelo de previsão de impactes da água subterrânea, de forma a aumentar a confiança nos impactes previstos e para orientação de necessidades de monitorizações adicionais.*

Medida de minimização já implementada através da modelização quinquenal dos impactes da IRCL nas águas subterrâneas.

3. *O princípio da descarga nula para o meio ambiente também deve ser aplicada ao reservatório do Cerro da Mina, e para tal o dimensionamento deverá ter em conta a pluviosidade decamilenar.*
4. *Desvio obrigatório da linha de água (Barranco das Faias) para garantir que o reservatório do Cerro da Mina não representará nunca águas do domínio hídrico.*

Medida de minimização já implementada com a construção do reservatório do Cerro da Mina de janeiro de 2013 a Agosto de 2014, sendo que todas as estruturas foram projectadas para acomodação da cheia decamilenar.

5. *Deverá ser estudada a estabilidade da instalação de resíduos do Cerro do Lobo quanto à sismicidade e respetivo comportamento da pasta (relação entre coesão da pasta e potencial de liquefação), a longo prazo, quando completamente encerrada.*

Medida de minimização concluída, uma vez que o estudo já foi realizado, sendo passível de ser actualizado, caso se venham a verificar alterações das características da pasta ou do projecto.

6. *Apresentação do programa de monitorização do estado das massas de água na categoria "Rios".*

Medida de minimização concluída, uma vez que o programa foi submetido no âmbito do PDA 2009-2011 e, tem vindo a ser cumprido e reportado até à data.

7. *Instalação de um sistema de lavagem de rodados dos camiões à saída do Complexo Mineiro de Neves Corvo.*

Medida de minimização concluída, uma vez que foram contruídos dois sistemas de lavagem de rodados, um à saída da IRCL que entrou em operação em 2012, outro à saída da área industrial de Neves-Corvo, junto à nova báscula, que entrou em operação em 2013.

II.3 – REFERÊNCIA A EVENTUAIS RECLAMAÇÕES OU CONTROVÉRSIA RELATIVAS AOS FACTORES AMBIENTAIS OBJECTO DE MONITORIZAÇÃO

Em 2014 a SOMINCOR não recebeu nenhuma reclamação associada aos factores ambientais, objecto da monitorização evidenciada neste relatório.

III - Descrição dos programas de monitorização[2]

A monitorização do projecto é da responsabilidade do proponente, e efetua-se com a periodicidade e nos termos constantes da DIA ou, na sua falta, do EIA. O proponente deve submeter à apreciação da autoridade de AIA os respetivos relatórios de monitorização, nos prazos fixados. Esta monitorização é realizada, de acordo com um Programa de Monitorização que deve contemplar:

- Parâmetros a monitorizar;
- Locais (ou tipos de locais) e frequência das amostragens ou registos, incluindo, quando aplicável, a análise do seu significado estatístico;
- Técnicas e métodos de análise e equipamentos necessários;
- Relação entre factores ambientais a monitorizar e parâmetros caracterizadores da construção, do funcionamento ou da desactivação do projecto ou outros factores exógenos ao projecto, procurando identificar os principais indicadores ambientais de actividade do projecto;
- Tipo de medidas de gestão ambiental a adoptar na sequência dos resultados dos programas de monitorização;
- Periodicidade dos relatórios de monitorização e critérios para a decisão sobre a revisão do programa de monitorização.

Os planos de monitorização descrevem-se de seguida.

[2] Conforme ponto B. Planos de Monitorização, página 8 da DIA.

III.1 – ESTADO DAS MASSAS DE ÁGUA[3]

III.1.1 – Macroinvertebrados

III.1.1.1 – Parâmetros a medir ou registar. Locais de amostragem, medição ou registo

Para a comunidade de macroinvertebrados aquáticos, os parâmetros a medir foram: Número total de indivíduos por unidade de amostragem e por local (N), número total de taxa (s), índices diversidade S (inverso do índice de *Simposon*) e H' (*Shannon-Wienner*). Foi igualmente medida a qualidade biológica das águas usando 2 índices bióticos, o índice para a Ribeira de Oeiras (IBO) e o índice IPtIs *(Invertebrate Portuguese Index, South*), este último adoptado pelo INAG para os rios Mediterrânicos. Tendo em conta a perturbação potencial que a descarga da mina produz na Ribeira, foi caracterizada em cada local a estrutura das comunidades de macroinvertebrados e as relações de similaridade entre locais.

Os macroinvertebrados aquáticos foram amostrados em duas campanhas de amostragem correspondentes aos dois períodos extremos em termos de hidrologia: 1) Inverno (no mês de Março) e 2) Verão (no mês de Setembro). No sentido de avaliar o impacte provocado pela emissão do efluente da ETAM foram definidos vários locais de amostragem ao longo da Ribeira de Oeiras e Carreiras. Os locais amostrados foram: C1 (Carreiras montante), C2 (Carreiras jusante), 1C (Monte da Ossada), 2 (Monte de Bentes), 3 (Ponte da Camacha), 5 (Horta da Reveza), 14 (local actual de descarga do efluente da ETAM), 14B (=15, novo local de descarga do efluente), 16 (Vertedor da Ribeira/Horta do Pereiro), 18 (Malhão Largo), 19 (Monte do Pereiro), 19B (Monte Queimado), 20B (Monte da Caiada), 21 (Monte Velho), 22 (Ponte de Penilhos) e 22 D (Fonte Santa).

[3] Conforme página 17 da DIA.

III.1.1.2 – Métodos e equipamento de recolha de dados

Todo o processo de amostragem e tratamento de dados foi feito de acordo com as normas do Instituto Nacional da Água – INAG e a Diretiva Quadro da Água (Lei da Água – Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro e Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de Março).

A amostragem dos macroinvertebrados foi feita com uma rede de mão (abertura padrão de 30x30 cm, 0,5 mm de malha) pelo processo de *"kick-and-sweep sampling".* A metodologia é a adotada pelo INAG para a aplicação da Directiva Quadro da Água e consiste na perturbação do substrato com o pé tendo a rede a jusante, de forma a recolher os invertebrados arrastados. A extensão do arrasto é de cerca de 1 m. Em cada local de amostragem são feitas 6 recolhas distribuída proporcionalmente pelos principais macros habitats (substrato pedregoso e/ou arenoso, vegetação submersa, zonas de água corrente, zonas de remanso). Estas subunidades de amostragem constituem uma amostra cumulativa que é colocada em sacos de plástico devidamente etiquetados, transportada numa mala térmica com gelo para o laboratório onde se procede à triagem imediata dos organismos vivos e à sua conservação em álcool a 70 % para posterior identificação.

Como indicadores de qualidade das águas são utilizados vários parâmetros biológicos, como o número total de organismos por local, número de taxa (como medida de diversidade), índices bióticos, percentagem de organismos intolerantes de acordo com o IBO, BMWP (modificado) e IPtIs, percentagem de EPT (*Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera:* organismos tidos como intolerantes) e métodos de análise multivariada.

III.1.1.3 – Métodos de tratamento de dados

A identificação dos invertebrados é feita recorrendo a uma coleção bibliográfica de cerca de 90 obras de carácter geral e específico para grupos em particular. A determinação dos índices de diversidade é feita usando o *software* "Primer" enquanto os índices bióticos são calculados em folhas Excel. Os detalhes sobre o cálculo do índice IBO estão indicados no relatório.

O BMWP – *Biological Monitoring Working Programme* foi desenvolvido na década 70 para a avaliação da qualidade das águas nas ilhas britânicas. É baseado em dados de mais de uma centena de rios e milhares de amostras. Há uma versão ibérica (IBMWP) que inclui a tabela de taxa e fauna ibérica e revê a pontuação total dada a maior diversidade ibérica. A versão aplicada na área de estudo usa a tabela do IBMWP, mas o processo original do BMWP em que as amostras são retiradas de forma padronizada e não em função do total de organismos, como prevê o IBMWP.

O IPtIs (*Invertebrate Portuguese Index, South*) foi desenvolvido no âmbito da introdução da Diretiva Quadro da Água em Portugal. O valor do índice é determinado em função do número de famílias e nível de tolerância das mesmas e da situação em locais de referência e calcula-se da seguinte maneira:

IPtIs = 0.4 * (n.º total de famílias/mediana de referência) + 0.2 * (IASTP-2/mediana de referência) + 0.2 * (EPT/mediana de referência) + 0.2 * (log (sel. EPTCD+1) / mediana de referência),

Sendo EPT o número de famílias dos taxa *Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera e Sel. EPTCD o número de Chloroperlidae, Nemouridae, Leuctridae, Leptophlebidae, Ephemerellidae, Philopotamidae, Limnephilidae, Psychomyiidae, Sericostomatidae, Elmidae, Dryopidae e Athericidae*. O IPtIs foi aplicado a todos os locais das Ribeiras de Oeiras e Carreiras aplicando as classes de qualidade relativas ao tipo S1 <100 (Sul 1 com bacia de drenagem inferior a 100 km^2). Os valores do índice variam entre 0 e 1. As classes de qualidade consideradas são:

- Qualidade excelente: valor superior a 0.97
- Qualidade boa: valor entre 0.72 e 0.97
- Qualidade razoável: valor entre 0.48 e 0.72
- Qualidade medíocre: valor entre 0.24 e 0.48
- Qualidade má: valor inferior a 0.24

A análise multivariada dos dados é inteiramente feita com o programa PRIMER 6 para *Windows*. São produzidas matrizes de (1) locais de amostragem vs. n.º e tipo de invertebrados amostrados e (2) locais de amostragem vs. parâmetros ambientais.

A matriz biológica é reduzida por eliminação de taxa com carácter esporádico e aplicada a transformação log (x+1). Os locais de amostragem são comparados por relações de similaridade da sua fauna utilizando o Índice de *Bray-Curtis*.

As relações de similaridade são sujeitas a análise aglomerativa (procedimento *CLUSTER*) e por *"Non-metric Multidimensional Scaling"* (MDS). A consistência dos grupos obtidos com base na técnica de ordenação MDS deve ser testada de modo a determinar se os grupos são formados ao acaso ou porque efetivamente refletem uma diferença entre as amostras. Tecnicamente, interessa investigar se a variância entre amostras dos mesmos grupos é menor ou igual à variância entre amostras de diferentes grupos (em termos de similaridade). Isto pode ser feito por permutações (n=1000) utilizando o procedimento ANOSIM.

Outra forma aplicada para avaliar a consistência faunística entre dois grupos de invertebrados é a técnica de SIMPER (*Similarity/distance percentages, species/variable contributions*, Primer 6). Este processo calcula a similaridade média entre os locais do mesmo grupo e a dissimilaridade média entre os grupos considerados, do que resulta uma listagem dos taxa mais característicos de cada conjunto de locais e a listagem dos taxa que mais contribuem para a diferença entre grupos. A sobreposição de *Bubble plots* à MDS de dados biológicos permite a determinação dos taxa que mais relevantes (como por exemplo os mais sensíveis) e a visualização das suas abundâncias relativas em todos os locais.

Os valores dos parâmetros físico-químicos são transformados de modo a poderem ser tratados estatisticamente. Regra geral, x' = log10 (x+1) ou x' = √√x. Só os dados com distribuição não normal são transformados. Uma vez que os parâmetros ambientais diferem muito nas suas unidades são também padronizados de modo a serem colocados numa mesma escala. Isto é feito por subtração do valor médio de cada parâmetro ao valor

da amostra; o valor resultante é então dividido pelo desvio padrão do total de amostras. O resultado é o de obter valores para cada padrão com uma variação entre –2 e +2 e uma média de zero.

É produzida uma matriz de dissimilaridade (= distância) entre pares de locais, de acordo com as diferenças nos parâmetros físico-químico. Para tal é utilizada a Distância Euclidiana Normalizada. Aqui é utilizada o procedimento *SIMILARITY*. Tal como no caso da matriz de dados biológicos, os locais com um ambiente químico e físico idêntico tem uma similaridade de 100 % (ou 1), o que corresponde a uma distância num espaço bidimensional de 0 (dissimilaridade = 1 – similaridade). Tal como no caso dos dados biológicos, as relações de similaridade entre locais de amostragem são sujeitas a uma análise aglomerativa, tendo por base os parâmetros ambientais.

Os valores de distância entre locais com base nos parâmetros ambientais são também expressos num diagrama bidimensional por MDS. Deste modo é possível comparar se a informação biológica e ambiental são coincidentes. Tal como no caso da MDS dos dados biológicos, a consistência dos grupos obtidos por MDS dos parâmetros ambientais pode ser medida por ANOSIM. Em alternativa também temos seguindo o método de Análise de Componentes Principais (PCA), baseado na distância Euclidiana, e que resulta graficamente na distribuição das amostras por um gráfico de dois eixos (x,y) onde se podem observar as distâncias das amostras em relação à origem e onde se podem observar os gradientes físico-químicos mais importantes que determinam a sua posição nos eixos através de sistema de setas.

O passo seguinte é perguntar de que modo a que os dados ambientais podem explicar a matriz de dados biológicos. Isto é feito por comparação da ordenação biológica com a dos dados químicos (correlação entre as duas matrizes de (dis)similaridade para o conjunto dos dados ambientais e para as combinações possíveis com 1, 2, 3 e n dados ambientais. Quais os dados ambientais que por si só ou em conjunto explicam o padrão biológico observado? Este passo é precedido de uma operação que elimina os dados ambientais auto correlacionados. O processo é feito pelo procedimento BIOENV.

Seguidamente comparar-se á de novo a matriz de similaridade de dados biológicos com versões reduzidas da tabela de taxa, de modo a saber quais são aqueles que mais contribuem para os padrões estruturais da comunidade observados. O procedimento utilizado é BVSTEP. Este processo permite determinar taxas indicadoras de condições ambientais. Outra forma de relacionar os dados biológicos com os ambientais consiste em usar novamente o procedimento *"Bubble-plots"* para a quantidade relativa dos valores dos parâmetros ambientais selecionados mas desta vez aplicá-lo à ordenação MDS dos parâmetros biológicos.

III.1.1.4 – Relação dos dados com características do projecto ou do ambiente exógeno ao projecto

A descarga do efluente da mina após tratamento é efectuada na Ribeira de Oeiras, a linha de água mais próxima do Complexo Mineiro, que desagua no rio Guadiana. Na envolvente do IRCL, onde se faz a deposição de resíduos, existe outra linha de água, o barranco das Lages, que é afluente da Ribeira de Oeiras, e que desde 2012 não possui caudal.

Neste sentido, são monitorizadas estas linhas de água, em vários pontos, para avaliação de eventuais impactes.

III.1.1.5 – Critérios de Avaliação dos dados

Dado o valor indicador dos invertebrados, a qualidade das determinações taxonómica é essencial neste tipo de trabalhos. A identificação de todos os taxa mais comuns na Ribeira tem sido conferida por especialistas; alguns dos menos comuns têm sido igualmente enviados a especialista. Os grupos para os quais não há especialistas são classificados a um nível mais geral (ex. *Hidracarina, Diptera Chironomidae*).

III.1.2 – Macrófitas (Vegetação aquática)

III.1.2.1 – Parâmetros a medir ou registar. Locais de amostragem, medição ou registo

A metodologia a partir de 2009 foi diferente da aplicada em 2008 e anos anteriores já que se pretendeu seguir a metodologia de campo definida para o elemento macrófitas (pormenorizada no "Protocolo de Amostragem e Análise para os Macrófitos", do manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Água), pelo Instituto da Água (INAG I.P. 2008) no âmbito da integração da Directiva Quadro da Água em Portugal (Comissão Europeia 2000).

Apesar desta metodologia poder não ser tão eficaz na monitorização da Ribeira de Oeiras, já que depende em larga medida de plantas que habitam os corredores fluviais, sem estar necessariamente dentro de água. Quando se suspeita de alterações químicas dentro de água, as plantas verdadeiramente aquáticas são boas indicadoras de qualidade de ambiente. As outras plantas causam "ruídos" nas matrizes de dados (e.g. um carvalho a crescer à beira de um ribeiro pode dizer muito quanto à qualidade da cortina ripícola, mas nada quanto à qualidade da água). No entanto, o protocolo do INAG foi utilizado como forma padronizada, permitindo a comparação do estado ecológico da Ribeira de Oeiras com outros locais, a sua categorização no quadro ecológico nacional e a aplicação futura do índice ecológico que deverá brevemente ser adoptado em Portugal para a monitorização ecológica dos rios com base em macrófitas.

De acordo com este método, analisou-se a cobertura/abundância das espécies terrestres, higrófitas, hidrófitas e helófitas encontradas no canal e nas margens em 17 locais, sendo 2 na Ribeira de Carreiras e 15 na Ribeira de Oeiras. Foi recolhida informação de campo complementar à lista de espécies, de acordo com as regras do INAG e usando as fichas de campo do manual do INAG. Para a análise estatística consideraram-se unicamente as espécies do canal (higrófitas, hidrófitas e helófitas), já que deverão ser estas as mais afetadas pela qualidade química da água da Ribeira.

Efetuaram-se inventários florísticos integrais, ou seja, a lista total de espécies encontradas na área total do rio incluindo o canal e as margens, na área designada antes por corredor

fluvial. O inventário de campo é baseado na percentagem de cobertura de cada espécie no total da área amostrada. Para a atribuição da área/cobertura superficial de cada espécie no troço, em percentagem, imaginam-se as plantas de dada espécie todas empurradas para a extremidade do troço e a área que tal ocuparia. Esta percentagem é convertida numa escala semi-quantitativa:

0 = Ausente
1 ≤ 0,1%
2 = 0,1-1%
3 = 1-2,5%
4 = 2,5-5%
5 = 5-10%
6 = 10-25%
7 = 25-50%
8 = 50-75%
9 ≥ 75%

A vegetação aquática foi caracterizada em 17 locais de amostragem: 2 situados na Ribeira de Carreiras – C1 (Alcaria Morta) e C2 (Oliveiras), 15 situados na Ribeira de Oeiras – 1A (Morgadinho), 1C (Monte da Ossada), 2 (Monte de Bentes), 3 (Ponte da Camacha), 5 (Horta da Reveza), 6 (Ponte de Neves), 14 (saída actual do efluente), 16 (Vertedor da Ribeira), 18 (Malhão Largo), 19 (Monte do Pereiro), 19B (Monte Queimado), 20 (Monte da Caiada), 21 (Monte Velho), 22 (Ponte de Penilhos) e 22D (Fonte Santa). No **Quadro 1** apresentam-se as coordenadas geográficas dos locais estudados.

Quadro 1: Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem

Local	Ribeira	Latitude N	Longitude W	Altitude (m)
C1	Carreiras	37º31'15.8"	7º55'35.3"	251
C2	Carreiras	37º36'39.3"	7º41'01.8"	66
1A	Oeiras	37º28´35.1"	8º01'34.6"	200
1C	Oeiras	37º31'00.2"	8º00'32.2"	241
2	Oeiras	37º31'39.2"	8º00'11.3"	238

Local	Ribeira	Latitude N	Longitude W	Altitude (m)
3	Oeiras	37º32'31.8"	7º59'36.7"	220
5	Oeiras	37º33'32.7"	7º59'31.6"	220-217
6	Oeiras	37º33'56.8"	7º58'41.7"	217
14	Oeiras	37º34'17.1"	7º57'38.1"	206
16	Oeiras	37º34'32.7"	7º57'18.4"	205
18	Oeiras	37º34'12.2"	7º57'09.1"	202
19	Oeiras	37º34'41.4"	7º56'36.9"	200
19B	Oeiras	37º34'43.1"	7º00'32.2"	241
20	Oeiras	37º35'07.6"	7º54'10.9"	175
21	Oeiras	37º36'16.5"	7º51'34.0"	151
22	Oeiras	37º37'30,0"	7º48'35.4"	123
22D	Oeiras	37º38'28.1"	7º44'48.2"	91

III.1.2.2 – Métodos e equipamento de recolha de dados

Seguindo a metodologia adotada, o comprimento de troço a amostrar foi de cerca de 100 m, que deve ser suficiente para refletir a diversidade das espécies existentes. O inventário inicia-se com a localização do início de cada troço de amostragem. A ficha de campo (Anexo I do protocolo do INAG) foi preenchida em cada local tendo as informações constantes sido gravadas em ficheiros de som. Esta ficha inclui 8 secções: (A) identificação do local de amostragem, (B) caracterização do troço de amostragem, (C) características do canal, (D) características das margens, (E) características da vegetação, (F) fotografias e observações gerais, (G) inventário florístico (lista de espécies e grau de cobertura de cada espécie no troço) e (H) esboço esquemático do troço de amostragem (que não foi efectuado).

O inventário florístico baseia-se na percentagem de cobertura de cada espécie na área do troço de amostragem. Todas as espécies que ocorrem no canal e nas margens foram inventariadas, até à linha que corresponde à extrema dos terrenos que as águas cobrem em condições de cheias médias anuais, sem transbordar para o solo natural, habitualmente enxuto. Em sítios de pouca profundidade, o inventário é feito em ziguezague através do canal, de jusante para montante, de forma a não perturbar os habitats já inventariados. Quando não foi possível percorrer a pé o troço ou partes dele, o inventário foi feito da margem. Todas as espécies desconhecidas ou de duvidosa identificação no campo foram

trazidas para laboratório ou fotografadas. Foram tiradas fotografias do troço, da vegetação no seu todo e de espécies que se destacam pela importância ou outras razões.

III.1.2.3 – Métodos de tratamento de dados

O tratamento de dados é o aplicado aos invertebrados. Os dados de abundância foram colocados numa matriz de locais *vs.* taxa. As relações de similaridade entre locais de amostragem foram quantificadas por aplicação do Índice de Bray-Curtis. A matriz simétrica de similaridade resultante foi sujeita a uma análise aglomerativa (método de associação média) pelo procedimento CLUSTER, de modo a visualizar semelhanças/diferenças entre locais (não foi feito em 2010 dada a falta de grupos na ordenação MDS). Seguidamente foi utilizada a análise multidimensional (MDS) que permite a ordenação dos dados num espaço bidimensional. Foi ainda utilizada a rotina SIMPER para determinar as espécies que mais contribuíram para a diferença entre os grupos de locais observados nas análises CLUSTER e MDS. Finalmente realizou-se um teste estatístico à similaridade entre os grupos observados através da análise de ANOSIM.

Na análise da qualidade química da água foi aplicada a Distância Euclidiana Normalizada e posteriormente realizada uma *Principal Components Analysis* (PCA) para aqueles locais onde a série de dados era mais alargada. Quando a série de dados era mais reduzida esta análise não se justificou.

Todas as análises descritas utilizaram o programa PRIMER versão 6 para *Windows*.

III.1.2.4 – Relação dos dados com características do projecto ou do ambiente exógeno ao projecto

A descarga do efluente da mina, após tratamento, é efectuada na Ribeira de Oeiras, a linha de água mais próxima do Complexo Mineiro, que desagua no rio Guadiana. Na envolvente da IRCL, onde se faz a deposição de resíduos, existe outra linha de água, o barranco das Lages, que é afluente da Ribeira de Oeiras, que não possui caudal desde 2012.

Neste sentido, são monitorizadas estas linhas de água, em vários pontos, para avaliação de eventuais impactes.

III.1.2.5 – Critérios de Avaliação dos dados

Comparação entre locais a montante (sem descarga do efluente) e a jusante da descarga do efluente e locais de referência sempre que possível na mesma bacia hidrográfica do Guadiana.

III.2 – ECOLOGIA[4]

III.2.1 – Peixes

III.2.1.1 – Parâmetros a medir ou registar. Locais de amostragem, medição ou registo

São medidas: espécies presentes, densidades, proporções de espécies e indivíduos exóticos e tamanhos dos exemplares. Em Maio de 2014 foram seleccionados quatro pontos de amostragem na Ribeira de Oeiras, designados por Horta da Reveza, situado a montante da mina, Monte Pereiro, Caiada e Ponte de Penilhos, situados a jusante.

III.2.1.2 – Métodos e equipamento de recolha de dados

Em cada um dos pontos definidos, a técnica de amostragem utilizada foi a pesca eléctrica, recorrendo-se para o efeito a um aparelho portátil Hans Grassl EL62, 600 V-DC, 10. O protocolo de amostragem utilizado foi o desenvolvido pelo INAG no âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água. Segundo este documento, o comprimento do troço de amostragem deve ser 20 vezes a largura média da Ribeira, nunca devendo ser inferior a 100 m.

Todos os indivíduos capturados são mantidos em tinas apropriadas para posterior identificação, medição (precisão de 1 mm) e contagem. Os animais foram devolvidos ao

[4] Conforme página 17 da DIA.

seu habitat natural, exceto aqueles cuja identificação é duvidosa, exigindo confirmação em laboratório. Estes indivíduos foram conservados em álcool a 96º. As espécies exóticas capturadas não foram devolvidas ao meio aquático. Posteriormente à amostragem, procede-se à caracterização biofísica de cada troço.

III.2.1.3 – Métodos de tratamento de dados

A abundância das várias espécies capturadas em cada ponto de amostragem e para cada classe dimensional é obtida através do cálculo do valor de CPUE (captura por unidade de esforço expressa em número de indivíduos capturados/minuto).

Os indivíduos capturados foram, após medição, distribuídos por classes de comprimento cujo intervalo varia consoante a espécie em questão. Como forma de obter uma boa caracterização das estruturas dimensional e etária das diferentes populações, optou-se por apenas efectuar esta análise para as populações piscícolas cujo número de indivíduos capturado fosse superior a 20.

Por outro lado, as espécies *L. microcephalus* que podem apresentar maiores dimensões e consequentemente uma maior amplitude de comprimento entre os indivíduos de maiores e menores dimensões, foram distribuídas por classes dimensionais com intervalos de 10 mm. As restantes espécies capturadas foram distribuídas por classes dimensionais com intervalos de 5 mm.

Para avaliar a diversidade e o número de taxa das comunidades piscícolas dos pontos amostrados, a nível taxonómico, utilizaram-se os seguintes parâmetros ecológicos:

(i) Riqueza (S), correspondente ao número de taxas presentes (foi também analisada de forma separada a riqueza de espécies nativas e exóticas).

(ii) Diversidade (H), correspondente ao índice de *Shannon-Wienner*, calculado através da equação $H = -\sum pi \ln (pi)$, em que pi é a frequência relativa de cada uma dos taxa i.

Foi calculada também a proporção de indivíduos pertencentes a espécies piscícolas exóticas presentes em cada local, dividindo o número de indivíduos exóticos pelo número total de indivíduos capturados.

Com base em dados de condutividade recolhidos nos quatro locais avaliados durante o período de amostragem foi definido o perfil de condutividade média ao longo dos locais monitorizados. O resultado obtido foi posteriormente comparado com algumas métricas biológicas que teoricamente são responsáveis por esta variável ambiental, nomeadamente a proporção de indivíduos com sinais de tumores, malformações e/ou parasitismo, abundância piscícola total, riqueza e diversidades específicas e proporção de indíviduos pertencentes a espécies nativas e exóticas. O grau de relação entre estas variáveis foi avaliado em termos estatísticos com recurso ao método da correlação de Pearson ®, utilizando para tal o software Statistica V10.0. A significância estatística das relações obtidas não foi analisada devido ao reduzido número de amostras (n=4).

Para a avaliação do estado ecológico das linhas de água amostradas com base na sua comunidade íctica foram utilizados e comparados dois índices: o IIB – Índice de Integridade Biótica (IIB), desenvolvido por Karr (1981) e adaptado para a bacia do Guadiana por Ferreira *et al.* (1995), e o IPP – Índice Piscícola Português, desenvolvido pelo INAG no âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água em Portugal (Matono *et al.,* 2009). A aplicação do IIB consistiu no cálculo de sete métricas, nomeadamente:

(i) Número de espécies endémicas da Península Ibérica.

(ii) Número de espécies nativas.

(iii) Número de espécies exóticas.

(iv) Número de espécies intolerantes à degradação ambiental.

(v) Percentagem do número total de peixes representada por espécies tolerantes à degradação ambiental.

(vi) Percentagem do número total de peixes representada por espécies endémicas invertívoras.

(vii) Percentagem de espécies nativas litófilas.

Estes parâmetros são posteriormente separados por classes e o índice é calculado como a soma das pontuações atribuídas a cada classe, variando entre 0 e 100. Para aplicação do IPP, foi necessário conhecer a tipologia abiótica em que os pontos de amostragem se encontravam inseridos, neste caso S1 > 100 km^2, de modo a selecionar as métricas a aplicar. O valor calculado para cada métrica é então padronizado entre 0 (mau estado ecológico) e 10 (elevado estado ecológico), mediante o estabelecimento de limites e atribuição de scores contínuos por interpolação. Os limites vão depender da relação entre as métricas e a degradação (Matono *et al.,* 2009).

Para as métricas que diminuem com a degradação a sua padronização é efectuada através da seguinte fórmula:

$$\frac{Xi - 5\%não referência}{50\%referência - 5\%não referência} * 10$$

As métricas que aumentam com a degradação também são padronizadas seguindo um método semelhante:

$$10 - \frac{Xi - 50\%referência}{95\%não referência - 50\%referência} * 10$$

O Índice Piscícola Português varia entre 0 (mau estado ecológico) e 100 (elevado estado ecológico), sendo calculado através da seguinte expressão:

$$\frac{\sum Msi * 10}{N}$$

onde Ms é o *score* de cada métrica e N o número total de métricas por tipo de rio.

Após a aplicação desta expressão, o valor obtido é normalizado em EQRs, através da sua divisão pela mediana do grupo de referência do respetivo tipo de rio. O valor obtido é

então integrado numa das cinco classes de qualidade cujas fronteiras variam consoante a tipologia da linha de água.

Para os dois índices aplicados, a designação referente à avaliação qualitativa da integridade biológica foi adaptada de modo a corresponder à nomenclatura utilizada no âmbito da Diretiva Quadro da Água, nomeadamente "Mau", "Medíocre", "Razoável", "Bom" e "Excelente".

III.2.1.4 – Relação dos dados com características do projecto ou do ambiente exógeno ao projecto

A descarga do efluente da mina após tratamento é efectuada na Ribeira de Oeiras, a linha de água mais próxima do Complexo Mineiro, que desagua no rio Guadiana. Na envolvente da IRCL, onde se faz a deposição de resíduos, existe outra linha de água, o barranco das Lages, que é afluente da Ribeira de Oeiras, e que desde o ano 2012 não possui caudal.

Neste sentido, são monitorizadas estas linhas de água, em vários pontos, para avaliação de eventuais impactes.

III.2.1.5 – Critérios de Avaliação dos dados

Comparação entre locais a montante (sem descarga do efluente) e a jusante da descarga do efluente e locais de referência sempre que possível na mesma bacia hidrográfica do Guadiana.

III.2.2 – Bivalves

III.2.2.1 – Parâmetros a medir ou registar. Locais de amostragem, medição ou registo

Foi feita uma inspecção ao longo da Ribeira de Oeiras, foram inspeccionados todos os habitats, mas dando particular atenção aos locais de deposição sedimentos.

No dia 26 de Maio de 2014, efetuaram-se amostragens em 8 locais ao longo da Ribeira de Oeiras. Dois dos locais amostrados estão situados a montante do efluente do complexo mineiro (RO2 e RO5) e os restantes 6 locais estão situados a jusante. A selecção de pontos foi feita de modo a abranger áreas localizadas a montante e a jusante do efluente do complexo mineiro, correspondendo aos pontos de amostragem da qualidade química e biológica da Ribeira. Como na estação seca os indivíduos estão restringidos a pegos, apresentando por esta razão uma distribuição agregada, a amostragem restringiu-se a pegos e a locais de boa visibilidade.

No final da amostragem todos os animais vivos foram devolvidos ao seu habitat natural, com exceção dos exemplares da espécie não indígena invasora *Corbicula fluminea*.

III.2.2.2 – Métodos e equipamento de recolha de dados

A metodologia preliminar incluí amostragens diferenciadas em todos os macro habitats em termos de corrente, profundidade tipo de substrato e presença de vegetação, com transeptos de 30 m de comprimento por 1 m de largura, prospetando o substrato do fundo com uma Luneta de Kalfa e remexendo o fundo em locais de menor visibilidade.

III.2.2.3 – Métodos de tratamento de dados

Com as medições nas 3 dimensões é possível fazer um histograma com classes de tamanho e comparar populações em termos de densidades (capturas por unidade de esforço) e tamanho (x2).

Calcularam-se as dimensões médias para cada espécie, e as abundâncias relativas, tendo em conta o n.º de náiades por transepto. Analisou-se igualmente a sua estrutura populacional com base no comprimento das conchas.

III.2.2.4 – Relação dos dados com características do projecto ou do ambiente exógeno ao projecto

A descarga do efluente da mina após tratamento é efectuada na Ribeira de Oeiras, a linha de água mais próxima do Complexo Mineiro, que desagua no rio Guadiana. Na envolvente da Instalação de Rejeitados do Cerro do Lobo (IRCL), onde se faz a deposição de resíduos, existe outra linha de água, o barranco das Lages, que é afluente da Ribeira de Oeiras, e que desde 2012 não possui caudal.

Neste sentido, são monitorizadas estas linhas de água, em vários pontos, para avaliação de eventuais impactes.

III.2.2.5 – Critérios de Avaliação dos dados

Comparação entre locais a montante (sem descarga do efluente) e a jusante da descarga do efluente e locais de referência sempre que possível na mesma bacia hidrográfica do Guadiana.

III.2.3 – Bioacumulação de metais pesados em peixes, aves e bivalves

III.2.3.1 – Parâmetros a medir ou registar. Locais de amostragem, medição ou registo

Os peixes na Ribeira de Oeiras foram monitorizados na primavera em 4 Locais: 1 a montante (Horta da Reveza) e mais 3 a jusante: Monte do Pereiro, Monte Caiada, e Ponte de Penilhos. Tal como indicado os exemplares da espécie nativa mais abundante, o barbo *Luciobarbus microcephalus* foram recolhidos e retiradas amostras de fígado e músculo que foram posteriormente enviadas para processamento laboratorial. Foram tomados cuidados especiais para evitar contaminações de tecidos musculares por peles e seus mucos, uma vez que este factor poderá estar na origem da grande variação de valores obtidos anteriormente.

Na primavera de 2014 foram montadas redes verticais para amostrar aves ligadas à Ribeira de Oeiras com o objectivo de determinar teores de metais no sangue e penas do

peito. O trabalho visa conhecer se há relação entre a acumulação potencial de metais e as descargas da Mina de Neves Corvo. Os metais analisados foram o cobre (Cu), o zinco (Zn), o arsénio (As) e o mercúrio (Hg). As espécies-alvo foram *Cettia cetti* (rouxinol-bravo) e *Alcedo atthis* (guarda-rios). O rouxinol-bravo é uma espécie insectívora que se alimenta de insetos capturados ao longo da Ribeira ou nas suas margens com vegetação ripícola. Uma parte considerável destes insetos tem a sua fase juvenil dentro de água. O guarda-rios é uma espécie essencialmente piscívora, mergulhando em águas relativamente profundas. As amostragens de aves foram realizadas num local a montante (Monte Bentes) e em dois locais a jusante da mina (Monte Velho e Caiada).

Foram medidos teores de 4 metais pesados em peixes, bivalves e aves: Hg, As, Cu e Zn. Os resultados foram expressos em termos de conteúdos em metais por peso fresco.

As espécies selecionadas para as análises em 2014 foram o barbo (*Luciobarbus microcephalus*), uma das espécies de peixes mais comuns de acordo com amostragens prévias, o rouxinol-bravo (*Cettia cetti*; penas e sangue), guarda-rios *(Alcedo atthis*; penas e sangue) e o bivalve mexilhão dourado (*Corbicula fluminea)*.

III.2.3.2 – Métodos e equipamento de recolha de dados

Depois de capturados os exemplares de peixes são conservados em gelo seco e transportados para Coimbra. Porções de tecidos de aproximadamente 0,5 g (peso húmido) de músculo e fígado são retiradas (podendo também serem retiradas amostras de pele). Os tecidos foram macerados em ácido em micro-ondas. As leituras do As e Hg são obtidas através de geração de hidretos acoplados à espectrofotometria de absorção atómica. As leituras de Zn e Cu são quantificados por espectofotometria de absorção atómica com câmara de grafite (*SOLAAR M series with GF95, Thermo Unicam Corporation, USA*). Os valores foram padronizados com o material biológico de referência: DOLT-3 - *Dogfish Liver Certified Reference Material for Trace Metals do "National Water Research Institute"*.

As capturas de aves foram efectuadas na época de reprodução, quando o rouxinol-bravo e o guarda-rios são estritamente residentes, de modo a facilitar a comparação entre a área a jusante a montante. Para cada indivíduo foi retirada uma amostra de sangue (máximo 100 μL) e uma amostra de penas do peito. A presença de metais pesados no sangue revela a ingestão recente de alimentos contaminados. As penas fornecem uma visão a uma escala temporal mais alargada, uma vez que a muda de penas do peito ocorre ao longo do ano, embora se concentre sobretudo na época pós-reprodutora.

Relativamente aos bivalves os exemplares foram colocados em sacos de rede de 10 mm de diâmetro, de forma a permitir a filtração. Usaram-se grupos de 30 exemplares divididos em dois grupos; um dos grupos viria a ser recolhido ao fim de 60 dias e o outro ao fim de 90 dias. Haveria aqui um compromisso entre uma exposição prolongada (90 dias) e a precaução para não perder os exemplares devido a ações de vandalismo, ou perturbações naturais tais como subidas ou descidas acentuadas do caudal. A exposição prolongada obrigou a visitas regulares ao rio de forma a mover os exemplares para evitar que fiquem fora de água ou que sejam enterrados pelos sedimentos. O total de exemplares inicialmente incubado foi de 30 (15 + 15) x 3 locais = 90. As experiências de transladação permitem comparar taxas de acumulação de metais acima e abaixo da mina, em relação a uma situação de referência (R. Carreiras). Os exemplares foram separados das suas conchas e as medições foram efectuadas, tanto nas conchas como nos tecidos.

III.2.3.3 – Métodos de tratamento de dados

Para cada amostra biológica (aves, peixes e bivalves) e para cada metal, os locais e tecidos foram comparados simultaneamente por uma análise de variância de duas vias (*Two-way-ANOVA*), com os dados logaritmizados, de forma a cumprir os pressupostos de normalização e igualdade de variância.

III.2.3.4 – Relação dos dados com características do projecto ou do ambiente exógeno ao projecto

A descarga do efluente da mina após tratamento é efectuada na Ribeira de Oeiras, a linha de água mais próxima do Complexo Mineiro, que desagua no Rio Guadiana. Na envolvente da Instalação de Rejeitados do Cerro do Lobo, onde se faz a deposição de resíduos, existe outra linha de água, o barranco das Lages, que é afluente da Ribeira de Oeiras, e que não possui caudal desde 2012.

Neste sentido, são monitorizadas estas linhas de água, em vários pontos, para avaliação de eventuais impactes.

III.2.3.5 – Critérios de Avaliação dos dados

Comparação entre locais a montante (sem descarga do efluente) e a jusante da descarga do efluente e locais de referência sempre que possível na mesma bacia hidrográfica do Guadiana.

III.3 – QUALIDADE DO AR[5]

III.3.1 – Parâmetros a medir ou registar. Locais de amostragem, medição ou registo

Em 2014 os locais de monitorização foram os preconizados na DIA, designadamente:

- Aldeia de Neves (Concelho de Castro Verde) M =-233 041,81 e P =13 533,29
- Aldeia de Senhora da Graça de Padrões (Concelho de Almodôvar) M =-233 484,50 e P =14 589,46

[5] Conforme páginas 17 e 18 da DIA.

III.3.2 – Métodos e equipamento de recolha de dados

A amostragem foi efectuada com periodicidade semanal, com amostragem de 24h, tendo-se utilizado amostradores de alto volume de ar, marca TECORA modelo ECHO PM, e microfiltros Munnktell.

Utilizou-se o método de análise gravimétrico, sendo este interno do Laboratório da SOMINCOR M 078:2008.

III.3.3 – Métodos de tratamento de dados

Os dados foram recolhidos na base de dados eSigAMB, correspondentes aos parâmetros, periodicidades e locais exigidos pela DIA.

III.3.4 – Relação dos dados com características do projecto ou do ambiente exógeno ao projecto

A ampliação da lavaria de zinco cujo arranque foi a 1 de Setembro de 2011, implicou a monitorização das partículas em suspensão (PM_{10}) na envolvente do Complexo Mineiro (Aldeia-de-Neves e Senhora da Graça de Padrões), pelo que se apresentaram no relatório de 2012 os resultados existentes. Tendo existido lacuna de informação nos dados recolhidos em 2012, devido a avaria de equipamentos, cortes de energia pelo fornecedor e necessidade de reinstalação de amostrador de Neves, devido a solicitação por parte da Junta de Freguesia.

Em 2013 o período amostrado foi insuficiente e podia prever a ocorrência de excedências, assim apresentam-se os resultados para o ano completo de 2014 no presente relatório.

III.3.5 – Critérios de Avaliação dos dados

A DIA refere que a legislação aplicável à qualidade do ar é o Decreto-Lei n.º 111/2002, de 16 de Abril, entretanto revogado pelo Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de Setembro. O Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de Setembro, estabelece os objectivos de qualidade do

ar, tendo em conta as normas, as orientações e os programas da Organização Mundial de Saúde, destinados a preservar a qualidade do ar ambiente quando ela é boa e melhorá-la nos outros casos. Este diploma estabelece ainda os limiares de alerta para as concentrações de determinados poluentes no ar, bem como os métodos e critérios de avaliação das respetivas concentrações e normas sobre informação ao público, com vista a evitar, prevenir ou limitar os efeitos nocivos dessas substâncias sobre a saúde humana e sobre o ambiente na sua globalidade. Os limiares legais para poluentes no ar ambiente, que no caso das partículas em suspensão (PM_{10}), é 50 $\mu g/m^3$ diário e 40 $\mu g/m^3$ para um ano civil, VLE que foi utilizado para avaliar os dados.

III.4 – RUÍDO[6]

Para o controlo do ruído, em função dos resultados obtidos em 2011/2012, foram elaborados em 2013 mapas de ruído, bem como foi feita a caracterização das fontes sonoras emissoras e foi preparado um projecto de controlo de ruído e um plano de gestão de ruído.

No primeiro semestre de 2014 foi preparado um projecto de redução de ruído, que foi aprovado pela APA a 16/10/2014 (ver **Anexo 1**).

[6] Conforme páginas 18 e 19 da DIA.

IV - Resultados dos programas de monitorização

IV.1 – Estado das Massas de Água

IV.1.1 – Macroinvertebrados

IV.1.1.1 - Resultados obtidos

Ver **Anexo 2** - Relatório Biomonitorização da Ribeira de Oeiras – 2014 (IMAR).

No que respeita à informação biológica no ano de 2014, no período do Inverno foram capturados cerca de 7400 exemplares, repartidos por 53 taxa e no período de Verão 4.500 exemplares, pertencentes a 51 taxa de macroinvertebrados.

É importante destacar no Inverno, a presença e abundância de Simulidae (1/3). Estes organismos ocorrem sempre que a água tenha uma corrente elevada e transporte partículas de material orgânico em suspensão. Os Simulidae foram particularmente abundantes em Carreiras 2 (≈900 exemplares) e 19B (≈550 exemplares). Estes só não aparecem nas amostras no local RO5. Cerca de ¼ dos exemplares eram dípteros Orthocladiinae (≈800), em RO16, (≈450), em RO18 e (≈300) em RO19.

No Verão os locais 14 e 16 não foram amostrados devido à ribeira estar seca nesta época. O número de taxa foi significativamente superior a jusante da mina do que nos locais de referência. Para isto terão contribuído as condições de estiagem forte observadas nos locais 1C a 3, onde foram registados unicamente entre 6 e 8 taxa. Alguns locais apresentaram uma fauna peculiar, por exemplo os anelídeios Tubificidae (associados a material orgânico e pouco oxigénio) se encontravam no local 18. Quase todos os caracóis Physa acuta (consumidores de algas aderidas a pedras e vegetação submersa) se encontravam no mesmo local. Neste mesmo local e no C2 abundavam os ácaros aquáticos, normalmente mais abundantes nos sedimentos. Também no local 18 os coleópteros *Berosus* foram muito numerosos. Já, um pouco mais abaixo, no local 19 os Berosus foram substituídos pelos *Laccobius*. O local C2 apresentou um número elevadíssimo de efemerópteros *Choroterpes picteti* e *Thraulus bellus* (ambos Leptoflebídeos).

Relativamente aos índices bióticos no Inverno estes sugerem uma diminuição da qualidade ecológica das águas a partir dos locais 14 ou 15. O número de taxa e os valores dos índices bióticos BMWP' e IPtls foram significativamente mais baixos a jusante da mina do que nos locais de referência. No entanto, dois indicadores de qualidade, o número de taxa e o índice BMWP' foram mais elevados em 2014 do que em 2013.

No Inverno, as análises MDS e "Cluster" indicam diferenças entre os locais de referência dos restantes, e a separação dos 3 locais mais a jusante da mina dos restantes. Os dados indicam um impacte na ribeira, com duas zonas de qualidade, uma que vai do local 14 ao 20B e outra que vai do 20B ao 22D. A análise aglomerativa revela uma recuperação a partir do local 22. Os Orthocladiinae ocorrem tipicamente em grandes números em locais poluídos. Na campanha de inverno de 2014 eles estavam principalmente presentes nos locais 16, 18 e 19. Pelo contrário, os plecópteros que são organismos característicos de águas sem poluição tiveram uma distribuição oposta.

No período de Verão os 3 índices bióticos apresentaram valores baixos e com um padrão inverso ao esperado numa situação de poluição. Tanto o índice IPtls como o IBMWP foram mesmo significativamente mais altos a jusante da mina. Para este resultado devem ter contribuído as já indicadas condições de estiagem extrema dos 1C a 5, o que é bem indicado pelo índice IBO.

No Verão, as análises MDS fazem supor que os locais 22 e 22D já estarão recuperados, totalmente Os locais 15 e 19 são muito diferentes dos de referência e por isso podem ser classificados como perturbados.

IV.1.1.2 – Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos

Podem-se retirar as seguintes conclusões relativamente aos macroinvertebrados aquáticos:

- No Inverno a Ribeira de Oeiras continua a denotar problemas que se manifestam em diminuição no número de taxa e substituição de taxa intolerantes por taxa tolerante à poluição. Consistentemente, os índices bióticos apontam para a deterioração das condições a jusante do local 15. As ordenações (MDS) e classificações (cluster) apontam para alterações a partir do local 14 com (cluster) ou sem (MDS) recuperação;

- No Verão as condições ambientais e biológicas de 2014 indicam uma situação de estio extrema no período de amostragens. A análise multivariável mostra que a fauna a jusante da mina difere significativamente da dos locais de referência. Os índices bióticos, mostram que as condições a jusante, não sendo boas, foram melhores do que nos locais de referência. Como conclusão geral refira-se que as condições da ribeira no período de verão são muito peculiares com empobrecimento das comunidades aquáticas. Esse empobrecimento é atenuado a jusante da mina, talvez por causa da maior persistência de águas em pegos de maiores dimensões;

IV.1.1.3 – Avaliação da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização

No Inverno a qualidade biológica da ribeira foi claramente menor a jusante da mina, quando comparada com nas condições a montante (BMWP'; IPTIs).A fauna a montante e jusante da mina foi significativamente diferentes, mas verificou-se alguma recuperação parcial a partir do local 22 (MDS, Cluster, ANOSIM).

No Verão as condições foram radicalmente diferentes. Os locais de referência tiveram menos taxa, e valores de bióticos (BMWP', IPTIs) mais baixos do que os locais localizados a jusante da mina. A fauna a montante foi diferente da fauna a jusante (MDS, Cluster, ANOSIM).

Em suma pode-se concluir que:

- A descarga da mina causa alterações nas comunidades de invertebrados, com recuperação parcial a partir do local 22.

- As condições de estio de verão são extremas ao longo da ribeira. O programa de biomonitorização tem incidido sobre as duas situações contrastantes climáticas da zona: período húmido e frio vs. período seco e quente. No entanto, muitos anos de amostragens sugerem que as condições de verão não são ideais para esta monitorização. De facto, para a aplicação da Directiva Quadro da Água, o INAG recomenda amostragens na primavera, quando as condições são intermédias e muitos invertebrados podem estar uma fase mais avançada dos ciclos de vida, o que facilita as identificações. Assim sendo, o programa de monitorização a partir de 2015 passa a ser feito unicamente na primavera.

- As condições de estio no verão impõem comunidades muito resistentes às condições extremas. Quando foi iniciado o programa de biomonitorização pensou-se em obter informação para duas situações contrastantes (período húmido e período seco): no entanto as condições de verão não são ideais, e não permitem uma avaliação consistente dos impactes e sua origem.

IV.1.1.4 – Comparação com as previsões efectuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão

No EIA não foram efectuadas previsões sobre macroinvertebrados.

IV.1.2 – Macrófitas (Vegetação Aquática)

IV.1.2.1 – Resultados obtidos

Ver **Anexo 2** - Relatório Biomonitorização da Ribeira de Oeiras – 2014 (IMAR).

A campanha de amostragem de macrófitas em 2014 foi realizada na terceira semana de Abril, na Ribeira de Oeiras e Carreiras.

No total foram inventariadas 215 taxa (a maioria espécies), mais 6 do que no ano anterior, nomeadamente 14 hidrófitas (plantas submersas; pelo menos parcialmente) e 65 higrófitas e helófitas (plantas de habitats alagadiços ou pantanosos). Os locais imediatamente a jusante da mina (de 14 a 20, inclusive), tinham significativamente menos taxa aquáticos, do que os restantes locais.

As percentagens elevadas de plantas aquáticas a jusante da mina devem-se ao facto de a jusante da mina existir sempre caudal, enquanto que para montante este é sazonal.

As hidrófitas são os melhores indicadores de qualidade da água, isto porque entre as higrófitas há alguns taxa muito sensíveis à qualidade da água e outros menos sensíveis ou indiferentes; a maioria das helófitas são altamente resistentes e tolerantes e, por isso, péssimos indicadores da qualidade da água, mas importantes no que toca à sua depuração e à recuperação do ecossistema.

No que respeita à análise multivariada, tanto a ordenação MDS, como a análise aglomerativa identificaram grupos definidos de locais: as comunidades dos locais de referência são diferentes das dos locais imediatamente a jusante da mina, assim como os imediatamente mais afastados. As plantas aquáticas parecem indicar que as condições de 2014 foram piores do que as condições de 2013.

IV.1.2.2 – Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos

O número de plantas aquáticas foi menor imediatamente a jusante da mina, aumentando muito (mais do que a montante) nas partes finais da ribeira (a partir de RO21). Em termos quantitativos houve uma diminuição de 32 espécies por secção da ribeira (valor médio) para 25 espécies logo a jusante (valor médio), seguido de um aumento para 38 espécies (média) a parir do local 21. A análise multivariável sugere alterações nas comunidades de plantas a jusante da mina, o que é um indicador de perturbação.

Em conclusão a descarga da mina afecta as comunidades de macrófitas, com recuperação mais a jusante.

IV.1.2.3 – Avaliação da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização

Em 2007 foi alterado o local de descarga do efluente, tendo-se prolongado o adutor em cerca de 100 m para jusante do local inicial, pretendeu-se com esta alteração possibilitar a avaliação da capacidade de auto regeneração da vegetação sem descarga do efluente, simulando assim a evolução possível da Ribeira de Oeiras após a desactivação da actividade.

Embora o período de avaliação e recuperação serem escassos, cerca de 6 anos e apesar de se terem verificado aparentemente algumas melhorias a nível das macrófitas e dos macroinvertebrados aquáticos de 2008 a 2013, ao nível das macrófitas não se verificou uma melhoria em termos de qualidade biológica (verificou-se apenas do ponto de vista físico-químico).

IV.1.2.4 – Comparação com as previsões efectuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão

No EIA não foram efectuadas previsões sobre macrófitas.

IV.2 – ECOLOGIA

IV.2.1 – Peixes

IV.2.1.1 – Resultados obtidos

Ver **Anexo 2** - Relatório Biomonitorização da Ribeira de Oeiras – 2014 (IMAR).

Na amostragens realizadas em 2014 foram registadas 12 espécies piscícolas, das quais 8 são autóctones (Barbo-de-cabeça-pequena, Barbo-do-Sul, Cumba, Boga-do-Guadiana, Bordalo, Escalo-do-Sul, Verdemã e Enguia) e 4 são exóticas (Perca-Sol, Gambúsia e

Chanchito e Achigã). Foram ainda capturados alguns exemplares dos géneros *Luciobarbus* sp. e *Squalius* Sp. que, devido ao seu tamanho reduzido e características específicas pouco definidas foram considerados juvenis e classificados apenas em termos genéricos.

À semelhança do que vem sendo registado nos restantes anos, verificou-se novamente uma predominância de espécies nativas ao longo da Ribeira de Oeiras, explicado pelo facto de estarmos na presença de um afluente do Rio Guadiana, cuja bacia hidrográfica é caracterizada pelo elevado número de espécies piscícolas, em especial endemismos ibéricos (Collares-Pereira *et al.*, 2000). No entanto, relativamente aos anos de 2013 e, sobretudo, 2012, verificou-se, durante a presente campanha, a captura de um número superior de espécies exóticas, sobretudo no local de amostragem situado a montante da descarga do efluente da mina, onde o mosaico habitacional de características mais lênticas favorece o estabelecimento deste tipo de espécies piscícolas.

Tal como nos anos anteriores, foi novamente confirmado que *S. alburnoides* foi a espécie que apresentou uma distribuição mais ampla e abundância mais elevada ao longo dos pontos amostrados. Outras espécies nativas menos abundantes apresentaram igualmente uma distribuição generalizada ao longo deste curso de água, com especial evidência para S. *pyrenaicus e* P. *wilkommi*, espécies consideradas pouco tolerantes do ponto de vista ambiental. A captura da espécie A. Anguilla durante as amostragens de 2014, embora em número reduzido, representa um sinal interessante em termos conservacionistas para a Ribeira de Oeiras. Ao longo das campanhas de amostragem realizadas neste curso de água, a presença desta espécie no elenco faunístico inventariado era habitual mas durante o ano de 2013, a sua ocorrência não havia sido registada. A enguia é uma espécie migradora considerado Em Perigo (EN) pela última revisão do Livro Vermelho e que devido à diminuição acentuada dos seus efeitos populacionais foi recentemente incluído na Convenção CITES e considerado alvo prioritário de programas de gestão específicos.

Em termos de riqueza específica, o curso de água apresentou uma variação longitudinal assinalável, tendo-se registado um total de 9 taxa no local situado a montante da mina,

verificando-se uma redução considerável deste parâmetro no Monte do Pereiro (4 espécies) e uma posterior recuperação nos locais mais a jusante. Este resultado é em tudo semelhante ao que se tem verificado nas amostragens anteriores e reflete um efeito negativo da descarga do efluente da mina na composição da comunidade piscícola da Ribeira de Oeiras, que se vai atenuando com o afastamento da fonte poluente. Por outro lado, a diversidade específica, que nos anos anteriores vem mostrando um padrão de variação semelhante à riqueza, apresentou desta vez um decréscimo continuado de montante para jusante, atingindo valores mais reduzidos nos locais Caiada e Ponte de Penilhos, fruto da dominância de uma espécie em particular, em ambos os casos S. *albumoides*.

A ausência ou pobreza de espécies exóticas, bem como a reduzida proporção destes indíviduos nos agrupamentos piscícolas amostrados, especialmente nos locais a jusante da descarga do efluente da mina, representa um sinal positivo relativamente ao estado ecológico da comunidade piscícola na Ribeira de Oeiras (Almaça, 1995; 1996; Vila-Gispert *et al*., 2005) e evidencia positivamente este curso de água relativamente a outros cursos do Sul do país onde a forte redução estival do caudal, e uma degradação ambiental elevada, geralmente promove a introdução e crescimento das populações alóctones que competem ou predam os *taxa* nativos (Collares-Pereira *et al.,* 2000). Contrastando com o resultado observado para os restantes locais, o local da Horta da Reveza apresentou um número mais elevado de espécies ictíicas alóctones, que inclusive duplicou relativamente ao ano anterior. Este é um resultado que vem sendo observado nas últimas campanhas e poderá dever-se ao carácter mais lêntico que predomina no mosaico habitacional a montante da descarga da mina.

No que respeita à avaliação da qualidade ecológica na Ribeira de Oeiras para o ano de 2014 o índice IIB classificou 2 dos 3 locais com capturas suficientes para serem avaliados com "Medíocre" e o restante, mais afastado da mina com "Bom". Por outro lado, o IPP atribuiu a classificação de "Bom" aos dois locais avaliados a jusante da mina e de "Razoável" ao local Horta da Reveza.

Em termos de avaliação qualitativa final da qualidade ecológica com base no elemento ictiofauna, ambos atribuem uma classificação mais elevada ao local Ponte de Penilhos, o ponto de amostragem mais afastado da descarga da mina.

IV.2.1.2 – Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos

É notável a baixa abundância de espécies exóticas de peixes na Ribeira de Oeiras, quando comparada com outros cursos de água em Portugal. Em todos os locais da ribeira as classes de tamanho mais pequenas estão sub-representadas, o que sugere problemas no recrutamento.

O local mais próximo da mina onde foram vistos peixes foi o Monte Pereiro (RO19). O estado ecológico nos vários pontos amostrados na Ribeira de Oeiras variou entre "Medíocre" a "Bom". Um dos locais com melhor classificação foi a Ponte de Penilhos (RO22).

A fauna de peixes da ribeira de Oeiras é rica em espécies nativas. Na zona de descarga das águas não ocorreram peixes, mas em locais a jusante da mina (RO22) o estado ecológico é bom.

Em suma:

- A associação piscícola da Ribeira de Oeiras voltou a caracterizar-se por um reduzido número e abundância de espécies exóticas. Contudo, verificou-se um aumento destes taxa no local situado a montante da descarga da mina o que provavelmente reflecte, não um aumento da degradação da qualidade da água mas a sobreposição do efeito relacionado com um mosaico habitacional de características mais lênticas que favorece o estabelecimento de espécies piscícolas alóctones.

- Em praticamente todos os locais amostrados, parecem existir problemas em termos de estrutura dimensional e etária das populações. Estes desequilíbrios mani-

festam-se sobretudo a nível de ausência de classes mais jovens e de classes intermédias que deveriam estar presentes, sugerindo a existência de alguns problemas em termos demográficos nestas populações.

- O local Monte do Pereiro, situado na zona mais afectada pela descarga acidental verificada no início de 2012, aparenta uma ligeira recuperação da sua comunidade piscícola, demonstrada sobretudo por um ligeiro aumento do número de espécies aqui capturadas. Tal facto poderá dever-se à ocorrência de dois anos hidrológicos consecutivos com pluviosidade elevada (2012-2014), que promoveram a manutenção da continuidade longitudinal da Ribeira de Oeiras durante um maior período anual, consequentemente facilitando a recolonização deste troço por parte da ictiofauna.

- O estado ecológico nos vários pontos amostrados na Ribeira de Oeiras variou entre "Medíocre" a "Bom", embora os dois índices tenham voltado a apresentar avaliações distintas, excepto para Ponte de Penilhos, provavelmente relacionados com o tipo de métricas que cada metodologia avalia. A avaliação bastante positiva deste local mais a jusante no curso de água confirma os resultados obtidos em anos anteriores e evidencia mais uma vez o elevado valor ecológico e ambiental deste troço de rio.

- A riqueza em espécies demonstrou uma forte resposta negativa ao aumento da condutividade no curso de água, sendo superior nos locais menos afectados pela descarga do efluente da mina.

- De acordo com os resultados de 2014 e os obtidos em anos anteriores, propõe-se a manutenção de programas que permitam determinar a qualidade biológica do curso de água, mesmo em situações de descarga reduzida, de forma a despistar efeitos cumulativos no habitat e avaliar o processo de recuperação e recolonização da comunidade piscícola, com periodicidades mais alargadas dado não serem identificadas alterações significativas.

IV.2.1.3 – Avaliação da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização

Não aplicável.

IV.2.1.4 – Comparação com as previsões efectuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão

No EIA não foram efectuadas previsões sobre fauna píscola.

IV.2.2 – Bivalves

IV.2.2.1 – Resultados obtidos

Ver **Anexo 2** - Relatório Biomonitorização da Ribeira de Oeiras – 2014 (IMAR).

No dia 26 de Maio de 2014 foram recolhidas amostras em 8 locais ao longo da Ribeira de Oeiras. 2 dos locais amostrados estão situados a montante do efluente do complexo mineiro (RO2 e RO5) e os restantes 6 locais estão situados a jusante.

Foram identificadas as mesmas 4 espécies de bivalves de água doce na Ribeira de Oeiras já amostradas no ano anterior, das quais 3 espécies nativas (*Anodonta anatina, Unio delphinus e Unio tumidiformis*) e uma espécie não indígena invasora (*Corbicula fluminea*).

As populações de bivalves de água doce nativas na Ribeira de Oeiras possuem densidade e biomassa assinaláveis em 4 dos pontos amostrados, os dois a montante da mina (RO2 e RO5) e os dois mais afastados da mesma para jusante (RO22 e RO22D). No entanto, imediatamente a jusante do complexo mineiro (locais RO16, RO19B, RO20B e RO21), não foram encontrados animais vivos. Nos locais RO16 e RO19B não foram sequer encontradas conchas vazias o que poderá ser indicador que os bivalves já desapareceram destes locais há vários anos.

A montante da mina foram novamente encontrados U. *tumidiformis* (principalmente no local RO5) embora em menores densidades do que nos dois anos anteriores. Sendo que

esta espécie está listada como vulnerável pela IUCN e, tendo uma grande importância do ponto de vista da conservação, a sua presença parece indicar que a Ribeira de Oeiras poderá ainda conter uma população viável e que será interessante preservar. Por outro lado, também no local de amostragem mais a jusante (RO22D), foram encontrados indíviduos vivos desta espécie o que implica que esta população não está restrita a zonas a montante do complexo mineiro. Dado o estatuto de conservação desta espécie a nível europeu é importante que no futuro prossiga a monitorização dos aspectos básicos (i.e, distribuição, densidade, biomassa e estrutura da população) da ecologia desta espécie na Ribeira de Oeiras.

Refira-se que a espécie não indígena invasora *Corbicula fluminea* foi novamente encontrada nos dois locais mais a jusante amostrados (RO22B e RO22), sendo que no local RO22B continua a apresentar densidades mais elevadas. No entanto, em comparação com os dados recolhidos nos dois anos anteriores a densidade estimada durante 2014 foi menor. Uma vez que esta espécie têm sido descrita como problemática em vários ecossistemas aquáticos e que resultaram em graves impactes ecológicos e económicos, medidas de contenção deveriam ser implementadas (i.e. tentar que a espécie não colonize as zonas a montante), principalmente as zonas com maior densidade de U. *tumidiformis*; a realização de campanhas de sensibilização da população local, de forma a impedir o transporte da espécie entre diferentes locais, limpeza cuidada do equipamento utilizado pelas diferentes equipas de investigação.

Uma vez que os pontos críticos da Ribeira de Oeiras estão identificados (i.e. locais imediatamente a jusante do complexo mineiro), a recuperação das populações nativas de bivalves neste troço poderá ser alcançada, desde que se controlem as descargas efectuadas. Como existem populações de bivalves nativos a montante e a jusante da mina, é possível que a colonização e recuperação sejam relativamente rápidas.

IV.2.2.2 – Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos

Há dois locais a montante e dois locais a jusante (mais afastados) da mina com populações assinaláveis de bivalves. Imediatamente a jusante da mina não foram encontrados exemplares vivos, embora as conchas estivessem lá. É relevante a presença de U. *tumidiformis* no local RO5 (montante) e em menos número em RO22D (jusante). Esta espécie está listada como vulnerável pela IUCN e tendo uma grande importância do ponto de vista da conservação. As densidades da espécie invasora *Corbicula fluminea* foram de novo muito elevadas nos locais a jusante da mina.

Imediatamente a jusante da mina não há bivalves, mas ocorrem populações importantes a montante e a jusante.

IV.2.2.3 – Avaliação da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização

Não aplicável.

IV.2.2.4 – Comparação com as previsões efectuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão

No EIA não foram efectuadas previsões sobre bivalves.

IV.2.3 – Metais pesados

IV.2.3.1 – Resultados obtidos

Ver **Anexo 2** - Relatório Biomonitorização da Ribeira de Oeiras – 2014 (IMAR).

No relatório referido acima avaliou-se o teor dos metais pesados: As, Cu, Hg e Zn numa selecção de aves aquáticas, bivalves e peixes, amostrados nas Ribeiras de Carreiras e de Oeiras a montante e jusante da mina de Neves-Corvo, de forma a avaliar o potencial impacte das descargas de efluentes da Mina de Neves-Corvo nestas espécies.

Aves

1. Foram capturadas 20 aves (14 no ano anterior).

2. Os teores de metais em penas e sangue em exemplares de rouxinol-bravo e guarda-rios, não foram superiores a jusante da mina relativamente a montante. De facto os valores de Cu foram até significativamente maiores a montante do que a jusante.

3. Em comparação com os anos anteriores e para o rouxinol-bravo, os valores de Cu foram mais elevados em 2014, mas tanto a montante como a jusante da mina e tanto nas penas como no sangue. Em sentido contrário, os valores de Zn no sangue foram mais baixos este ano.

4. Globalmente não há indícios de transferência de metais pesados para as aves que se alimentam de organismos aquáticos (peixes, no caso dos guarda-rios e insectos, no caso de rouxinóis).

Peixes

1. Exemplares de *Luciobarbus microcephalus* foram capturados a montante da mina na Horta da Reveza (10 exemplares) e a jusante da mesma no Monte do Pereiro (10 exemplar), na Caiada (9 exemplares) e na Ponte de Penilhos (10 exemplares).

2. Tal como no ano 2013, dos 4 metais medidos só o Cu foi significativamente mais elevado em fígado de peixes capturados a jusante da mina do que a montante. Em 2013 esta observação também se aplicava ao músculo.

3. Embora os níveis de Cu no ambiente sejam baixos e muito localizados junto ao ponto de descarga da mina, este metal está a ser acumulado por peixes.

Bivalves

1. Durante a campanha de amostragens de macroinvertebrados de Setembro, foram feitas prospeções ao longo de cerca de 200 m de rio para amostragens de bivalves para

medição de teores de metais pesados. Foram capturados 16 exemplares (os mesmos que no ano passado), sendo 7 de *Corbicula* e 9 de *Unio*.

2. Não há diferenças entre locais para os teores em Hg e As. Os valores são baixos e as flutuações inter-anuais são normais.

3. O Cu é mais elevado nos exemplares a jusante da mina do que nos locais de referência (populações naturais) e em particular na Caiada, descendo na Fonte Santa (transplantes).

4. Os teores de Zn nos organismos na Ribeira de Oeiras foram mais elevados a jusante da mina e em animais transplantados para a Ribeira de Oeiras.

IV.2.3.2 – Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos

No que diz respeito aos teores de metais em aves não houve diferenças nos teores dos metais As, Cu, Hg e Zn em sangue e penas de exemplares de rouxinol-bravo e guarda-rios recolhidos a jusante e montante da mina. Globalmente não há indícios de transferência de metais pesados para as aves que se alimentam de organismos aquáticos (peixes, no caso dos guarda-rios e insectos, no caso dos rouxinóis).

Quanto aos metais em peixes, tal como no ano 2013, dos 4 metais medidos só o Cu foi significativamente mais elevado em fígado de peixes capturados a jusante da mina do que a montante. Em 2013 esta observação também se aplicava ao músculo. Embora os níveis de Cu no ambiente sejam baixos e muito localizados junto ao ponto de descarga da mina, este metal parece estar a ser acumulado por peixes.

Por fim as tendências das populações de bivalves observadas nos anos anteriores mantêm-se nomeadamente: não há diferenças entre locais para os teores em Hg e As. O Cu é mais elevado nos exemplares a jusante da mina do que nos locais de referência (populações naturais e em particular na Caiada, descendo na Fonte Santa (transplantes). Os teores de Zn nos organismos na Ribeira de Oeiras foram mais elevados a jusante da mina e em

animais transplantados para a Ribeira de Oeiras. As evidências sugerem que há bioacumulação de Cu e Zn em organismos aquáticos a jusante da mina.

IV.2.3.3 – Avaliação da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização

Não existem medidas directas de minimização implementadas exclusivamente para este item, pelo que não é possível avaliar a sua eficácia.

IV.2.3.4 – Comparação com as previsões efectuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão

No EIA não foram efectuadas previsões sobre bioacumulação de metais pesados em peixes, bivalves e aves aquáticas.

IV.3 – QUALIDADE DO AR

IV.3.1 – Resultados obtidos

Apresentam-se de seguida os dados obtidos no ano 2014, tendo a periodicidade de monitorização sido semanal de Janeiro a Julho e incrementada a partir de Agosto para dar resposta à necessidade de número de amostras representativas.

Os resultados são apresentados no **Quadro 2**.

Quadro 2: Resultados da monitorização de PM10 no ano 2014

	PM10 (μg/m³)		
Data	Graça	Neves	VLE
07-01-2014	9,07	3,62	50
14-01-2014	5,44	9,05	
21-01-2014	1,81	3,62	
28-01-2014	10,88	9,05	
04-02-2014	21,76	25,35	
11-02-2014	23,57	21,73	

	PM10 (µg/m³)		
Data	Graça	Neves	VLE
18-02-2014	12,69	9,05	
25-02-2014	14,51	25,35	
04-03-2014	12,69	12,68	
11-03-2014	19,94	28,97	
18-03-2014	23,57	27,16	
25-03-2014	14,51	19,92	
01-04-2014	9,06	10,86	
08-04-2014	16,32	23,54	
15-04-2014	25,38	34,4	
22-04-2014	14,51	10,86	
29-04-2014	16,32	21,73	
06-05-2014	23,57	28,97	
13-05-2014	23,57	27,16	
20-05-2014	7,25	18,11	
03-06-2014	12,69	16,3	
10-06-2014	19,94	21,73	
17-06-2014	32,65	39,86	
01-07-2014	9,07	18,11	
08-07-2014	18,13	14,49	
15-07-2014	19,94	19,92	
22-07-2014	19,94	18,11	
29-07-2014	21,76	23,54	
01-08-2014	18,13	18,11	
04-08-2014	19,95	21,73	
08-08-2014	12,69	12,7	
11-08-2014	12,69	14,48	
15-08-2014	1,81	18,11	
18-08-2014	39,88	23,54	
22-08-2014	9,07	10,86	
25-08-2014	19,94	21,73	
29-08-2014	1,81	3,62	
01-09-2014	34,45	25,35	
05-09-2014	10,88	21,73	
22-09-2014	9,07	5,43	
26-09-2014	16,32	16,3	
29-09-2014	12,69	12,68	
03-10-2014	36,27	36,22	
06-10-2014	10,88	9,05	
10-10-2014	10,88	10,86	
13-10-2014	9,07	12,68	

	PM10 (µg/m³)		
Data	Graça	Neves	VLE
17-10-2014	5,44	9,05	
24-10-2014	14,51	19,92	
27-10-2014	21,76	27,16	
31-10-2014	18,13	25,35	
03-11-2014	3,63	5,43	
07-11-2014	10,88	14,49	
10-11-2014	1,81	12,68	
14-11-2014	9,07	3,62	
17-11-2014	18,13	23,54	
21-11-2014	21,76	25,35	
24-11-2014	7,25	1,81	
01-12-2014	12,69	12,68	
05-12-2014	5,44	9,05	
12-12-2014	18,13	21,73	
15-12-2014	18,13	18,11	
19-12-2014	5,44	10,86	
22-12-2014	9,06	16,3	
26-12-2014	7,25	5,43	

IV.3.2 – Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos

Quer em Senhora da Graça dos Padrões, quer em A-dos-Neves as partículas foram monitorizadas durante 64 dias, não tendo se registado nenhuma excedência do limite diário de PM10.

Em suma em nenhum dos 2 locais de monitorização se prevê que seja ultrapassado o número de excedências permitido por ano (35 vezes por ano). Pelo que a SOMINCOR não irá monitorizar mais as partículas no âmbito da qualidade do ar, propondo-se neste relatório a suspensão deste programa de monitorização.

IV.3.3 – Avaliação da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização

São tomadas medidas de prevenção da dispersão das poeiras, como sejam a rega das vias de circulação dentro do Complexo Mineiro, a limitação da velocidade de deslocação dos

veículos a 30 km/h, a proteção dos tapetes transportadores de minério e a limpeza dos caminhos com varredora. Em Janeiro de 2014 foram concluídas as obras de construção do armazém de concentrado de cobre, completamente fechado que contribuiu para a redução das emissões difusas.

IV.3.4 – Comparação com as previsões efectuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão

Comparando os valores de referência apresentados no EIA para Setembro de 2005 e de 2006 com os valores de 2008 e 2011 a 2014 verifica-se que em relação à Graça e a Neves pontualmente já se registavam valores acima dos VLE, situação que em alguns casos está associada a trabalhos agrícolas de movimentação de terras nas áreas adjacentes aos equipamentos, e não propriamente à actividade da SOMINCOR.

Uma vez que os resultados de 2014 não registaram nenhuma excedência e correspondem a um período mínimo de amostragem superior a 14% (mais concretamente 17,5%), e como não existe qualquer hipótese de ser ultrapassado o número de excedências permitido por ano (35 vezes por ano), a SOMINCOR deixará de monitorizar este factor ambiental, mantendo-se activas as medidas de prevenção e redução das emissões difusas.

IV.4 – RUÍDO

No primeiro semestre de 2014 foi elaborado o projecto de redução de ruído que foi submetido a aprovação da APA em 01-07-2014 (ver **Anexo 1**), tendo sido aprovado em 16-10-2014.

Face aos elevados custos das intervenções a realizar a SOMINCOR propôs o desfasamento da implementação deste projecto (nas CPV2, CPV4, sala de bombas Geho, CPV19, CPV17 e CPV5) de Setembro de 2014 a Dezembro de 2015. Desta forma ainda não é possível nesta fase apresentar os resultados obtidos, os quais serão apresentados à APA no ano 2015.

V - Conclusões

V.1 – Estado das Massas de Água e Ecologia

V.1.1 – Ribeira de Oeiras

V.1.1.1 – Síntese da avaliação de impactes objecto de monitorização e da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização

Após os 6 anos de biomonitorização da Ribeira de Oeiras apresenta-se no **Quadro 3** uma síntese comparativa dos diferentes parâmetros avaliados.

Verifica-se a existência de impactes na zona mais próxima da descarga do efluente, estes impactes vão diminuindo à medida que se afasta para jusante da descarga e, são causados pelas concentrações elevadas em sulfatos e compostos azotados.

A avaliação integrada das condições da Ribeira, baseada em parâmetros químicos das águas e dos sedimentos, estrutura de comunidades de invertebrados e plantas aquáticas, parâmetros estruturais e distribuição de populações de bivalves e peixes e ainda teores de metais em aves ligadas às águas, peixes, populações de bivalves naturais e bivalves transplantados são consistentes entre si e indicam que entre o ponto de descarga das águas da mina (local 14) e os locais 18 a 21 (mas tipicamente o 19 B) as condições ambientais estão de alguma forma alteradas. Mais a jusante, as condições biológicas (mas não as químicas) são indistinguíveis das condições de referência.

Quadro 3: Sintese da biomonitorização efectuada de 2009 a 2014

Tipo de monitorização	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Macroinvertebrados	**Inverno** - foram amostrados 4.320 invertebrados, classificados em 81 grupos taxonómicos. No Inverno a qualidade ecológica geral foi elevada pelos índices bióticos. **Outono*** - foram capturados cerca de 4.700 invertebrados, classificados em 67 unidades taxonómicas. No Verão a qualidade ecológica geral foi baixa, quando avaliada por índices bióticos.	**Inverno** - foram amostrados cerca de 3.000 invertebrados, classificados em 50 grupos taxonómicos. **Verão** - foram capturados por local entre 10 (Local RO 3) e 1400 (Local C1) invertebrados. No Inverno w Verão a qualidade ecológica geral foi baixa, quando avaliada por índices bióticos.	**Inverno** - foram amostrados 63 taxa. No Inverno o número de taxa, número de famílias e o índice IPtls foram significativamente mais elevados no locais de referência do que a jusante da mina. **Verão** - foram amostrados 61 taxa. No Verão não houve qualquer diferença entre "referências" e locais a jusante da mina em nenhum dos parâmetros calculados.	**Inverno** - foram amostrados cerca de 5.700 invertebrados, classificados em 79 grupos taxonómicos. No Inverno a qualidade ecológica geral foi baixa pelos índices bióticos, principalmente a jusante da mina. **Verão** - foram capturados cerca de 3.800 invertebrados, classificados em 42 unidades taxonómicas. No Verão a Qualidade ecológica geral foi baixa, quando avaliada por índices bióticos, ao longo de toda a Rib. de Oeiras.	**Inverno** - foram amostrados mais de 8.000 invertebrados, classificados em 56 grupos taxonómicos. No Inverno a qualidade ecológica geral foi baixa pelos índices bióticos, principalmente a jusante da mina. **Verão** - foram capturados mais de 5.000 invertebrados, classificados em 68 unidades taxonómicas. No Verão a Qualidade ecológica geral foi baixa, quando avaliada por índices bióticos, ao longo de toda a Rib. de Oeiras.	**Inverno** - foram amostrados cerca de 7.400 invertebrados, classificados em 53 grupos taxonómicos. No Inverno a qualidade ecológica geral foi baixa pelos índices bióticos, principalmente a jusante da mina. **Verão** - foram capturados mais de 4.500 invertebrados, classificados em 51 unidades taxonómicas. No Verão a Qualidade ecológica geral foi baixa, quando avaliada por índices bióticos, ao longo de toda a Rib. de Oeiras. As condições ambientais e biológicas em 2014 indicam uma situação de estio extrema no período de amostragens durante o Verão.
Macrófitas	Foram registadas 75 plantas aquáticas e 90 plantas terrestres. Perturbação a partir do local 14, com recuperação gradual para jusante.	Foram registadas 77 plantas aquáticas e terrestres. A flora a montante e jusante da mina não é muito diferente, embora se observe uma diminuição da diversidade de plantas a jusante da mina. A estação de crescimento esteve na campanha de 2010 ligeiramente retardada, pelo que muitas plantas não puderam ser identificadas, registando-se ausência de algumas plantas.	Foram recolhidos entre 33 e 63 taxa de plantas aquáticas nos locais de referência e 30 a 49 nos locais a jusante da mina. Ao nível das macrófitas não se verificou uma melhoria em termos de qualidade biológica (verificou-se apenas do ponto de vista físico-químico).	Foram inventariadas 185 espécies. Os locais imediatamente a jusante da mina apresentam problemas. O corredor ripícola (não influenciado pela qualidade das águas, mas sim pela gestão das margens) é mau nos locais 6 e 14.	Foram inventariadas 209 espécies. O número de espécies a jusante da mina foi inferior, mas os 2 últimos locais tem diversidade igual ou superior aos de referência.	Foram inventariadas 215 taxa (a maioria espécies), mais 6 que no ano anterior. As plantas aquáticas parecem indicar que as condições de 2014 foram piores do que as condições de 2013. O número de plantas aquáticas foi menor imediatamente a jusante da mina, aumentando muito (mais do que a montante) nas partes finais da ribeira.
Peixes	9 Espécies piscícolas – 6 autóctones e 2 exóticas. Riqueza específica - decréscimo do numero de taxa capturados entre o local de amostragem situado a montante da mina e os dois locais imediatamente a jusante, registando-se posteriormente uma subida acentuada de espécies no ponto localizado mais a jusante na linha de água. Diversidade específica - constante ao longo da maioria dos pontos amostrados, registando-se igualmente um aumento acentuado no ponto P4. Durante o Verão, devido à acentuada redução do caudal, é provável que a acumulação dos vários metais na água seja superior ao período de Primavera. Os valores de Cu foram 20 a 40 vezes mais elevado no fígado dos peixes do que no músculo.	11 Espécies piscícolas – 8 autóctones e 3 exóticas. Em termos de abundância, riqueza e diversidade específicas, os valores foram menores no local imediatamente a jusante da mina, mas novamente elevados no ponto localizado mais a jusante na linha de água. Desta forma pode-se concluir que a actividade extractiva apenas parece influenciar a estrutura das comunidades piscícolas na ribeira de Oeiras, só nas proximidades da mina. Espécie selecionada para as medições foi o barbo-de-cabeça pequena. Valores mais elevados de As no fígado e de Cu no músculo, a jusante da mina.	9 Espécies piscícolas – 7 autóctones e 2 exóticas. Aparente recuperação da comunidade e do seu estado ecológico, provavelmente relacionada com uma recuperação da qualidade ambiental do curso de água, com o consequente aumento da capacidade de suporte do meio que permite um aumento da complexidade da comunidade piscícola e/ou tolerância e resiliência das espécies nativas à degradação ambiental. Houve uma tendência para acumulações de Cu e Zn na Rib. de Oeiras a jusante da mina, não houve padrão claro para o As e o Hg teve uma tendência oposta, com menores ocorrências a jusante.	Primavera - 9 Espécies piscícolas – 8 autóctones e 1 exótica. Outono - 11 Espécies piscícolas – 8 autóctones e 3 exóticas. A descarga do efluente da mina parece não afetar as comunidades piscícolas, medida de acordo com os índices de integridade e qualidade biológica aplicados. Os exemplares recolhidos até Caiada mostram acumulação de Cu nos peixes.	10 Espécies piscícolas – 7 autóctones e 3 exóticas. A ictiofauna indica problemas ambientais entre os locais a jusante da mina, até ao local 20B. Os teores de Cu no fígado foram significativamente mais elevados a jusante da mina, do que a montante (tal como no músculo). Para os outros metais não houve diferenças significativas entre os locais.	12 espécies piscícolas – 8 autóctones e 4 exóticas. A associação piscícola da Ribeira de Oeiras voltou a caracterizar-se por um reduzido número e abundância de espécies exóticas. Contudo, verificou-se um aumento destes taxa no local situado a montante da descarga da mina o que provavelmente reflecte, não um aumento da degradação da qualidade da água mas a sobreposição do efeito relacionado com um mosaico habitacional de características mais lênticas que favorece o estabelecimento de espécies piscícolas alóctones. Tal como no ano 2013, dos 4 metais medidos só o Cu foi significativamente mais elevado em fígado de peixes capturados a jusante da mina, do que a montante.
Bivalves	Foram capturados 4 exemplares de Unionidae e algumas dezenas de exemplares de *Corbicula flumínea*. Quanto ao teor de metais medidos foi	Foram observados 2 exemplares de Unio em Fonte Santa (ribeira de Oeiras), todos os outros exemplares correspondiam a *Corbicula flumínea*.	Foram recolhidos 66 unionídeos na totalidade das amostragens. Os teores em As, Cu e Zn foram significativamente mais elevados na Rib.	4 Espécies de bivalves de água doce na ribeira de Oeiras, das quais 3 espécies nativas e uma espécie não indígena invasora.	4 Espécies de bivalves de água doce na ribeira de Oeiras, das quais 3 espécies nativas e uma espécie não indígena invasora.	4 Espécies de bivalves de água doce na ribeira de Oeiras, das quais 3 espécies nativas e uma espécie não indígena invasora.

Tipo de monitorização	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	maior no tecido vivo do que nas conchas.	Em 2010 os indicadores de abundância medidos por esforço de amostragem aumentaram substancialmente. Valores de metais mais elevados que em 2009.	de Oeiras. Os testes de transladação de bivalves mostraram tendência para bioacumulação.	Em termos de qualidade de ambiente, a ausência de bivalves entre os locais 14 e 21 sugerem condições desfavoráveis. O resto da ribeira tem uma fauna de bivalves importante do ponto de vista conservacionista. Não há evidências de maior acumulação de metais a jusante da mina, quando comparados com os locais de referência.	As espécies nativas ocorreram tanto a montante como a jusante da mina, enquanto que a espécie invasora só ocorreu a jusante da mesma. A ausência de bivalves entre a mina e o local 21 sugerem condições desfavoráveis. As evidências sugerem que há bioacumulação de Cu e Hg em organismos de zonas consideradas como recuperadas pelos outros indicadores.	As tendências das populações de bivalves observadas nos anos anteriores mantêm-se: não há diferenças entre locais para os teores em Hg e As. O Cu é mais elevado a jusante da mina do que nos locais de referência. Os teores de Zn nos organismos na Rib. de Oeiras foram mais elevados a jusante da mina e em animais transplantados para a Rib. de Oeiras. As evidências sugerem que há bioacumulação de Cu e Zn em organismos aquáticos a jusante da mina, mesmo em zonas consideradas como recuperadas pelos outros indicadores estruturais (invertebrados, algas e macrófitas).
Aves	Os teores em metais pesados em alguns tecidos de aves foram maiores a montante da mina, enquanto que para outros os valores foram mais elevados a jusante da mesma.	Espécie alvo em 2010 foi o rouxinol-bravo, tendo sido capturados 12 exemplares, 4 a montante e 8 a jusante. No que respeita a teores de metais pesados nos tecidos não se registaram diferenças apreciáveis a montante e a jusante.	Foram capturados 9 exemplares de rouxinol-bravo, 4 a montante e 5 a jusante da mina; e 5 indivíduos de guarda-rios, 3 a montante e 2 a jusante. No caso dos rouxinóis-bravos só os teores de Hg em penas foram significativamente diferentes entre locais, sendo maiores a montante que a jusante.	Foram capturados 17 exemplares de aves de rouxinol-bravo e guarda-rios, 9 a montante e 8 a jusante. Mais uma vez o Hg foi mais elevado a montante que a jusante. O teor de Cu quando analisado globalmente teve valores mais elevados a jusante.	Foram capturadas 14 aves, 9 a montante e 8 a jusante, de rouxinol-bravo e guarda-rios. Não houve diferenças estatisticamente significativas nos teores de metais entre exemplares capturados a montante e a jusante da mina, o que sugere que não há acumulação de metais em aves consumidoras de insectos aquáticas.	Foram capturadas 20 aves. Globalmente não há indícios de transferência de metais pesados para as aves que se alimentam de organismos aquáticos (peixes, no caso dos guarda-rios e insectos, no caso de rouxinóis).
Hidromorfologia	A técnica de River Habitat Survey evidenciou alterações hidromorfológicas relevantes no troço estudado na Rib. de Oeiras que podem ter mais ou menos impacte sobre as comunidades aquáticas dependendo da sua natureza e das especificidades das comunidades.	---	---	---	---	---
Sedimentos	---	---	---	Relativamente aos metais nos sedimentos há valores elevados de Cu e Zn nos locais imediatamente a jusante da mina até ao local 19B.	---	--

* impossibilidade de realização da amostragem no Verão devido a fortes chuvadas.

V.1.1.2 – Proposta de novas medidas de mitigação e ou alteração ou desactivação de medidas já adoptadas

A SOMINCOR reduz a sua descarga ao mínimo possível, reutilizando ao máximo as águas residuais, esta medida não é só por si suficiente, pelo que a SOMINCOR tem vindo nos últimos anos a suspender a descarga do efluente, sempre que possível e tendo em atenção o balanço hídrico da IRCL, evitando a descarga nos períodos em que não exista caudal na Ribeira, de forma a minimizar os impactes.

Em 2014 a descarga foi suspensa em de 22 de Maio, não tendo sido retomada nesse ano (apenas em 19 de janeiro de 2015), isto foi possível com a entrada em funcionamento do Reservatório do Cerro da Mina, e com o incremento da reutilização de água residual tratada no processo, que em 2014 foi de 71%

V.1.1.3 – Proposta de revisão dos programas de monitorização e da periodicidade dos futuros relatórios de monitorização

Após os 6 anos de biomonitorização da Ribeira de Oeiras e de acordo com a síntese comparativa efetuada no ponto V.1.1.1 pode-se concluir que o plano atualmente implementado não é totalmente eficaz, as alterações anuais não são significativas, e foram reduzidas as descargas do efluente industrial tratado, pelo que se apresenta neste relatório final de monitorização um plano de biomonitorização a implementar a partir de 2015 (para efeitos de comparação apresenta-se ainda o Plano actual, que foi executado de 2009 a 2014 – **Quadro 4**), bem como a distribuição temporal até ao ano 2021 (**Quadro 5**).

As condições de estio de verão são extremas ao longo da ribeira. O programa de biomonitorização no que respeita aos macroinvertebrados, tem incidido sobre as duas situações contrastantes climáticas da zona: período húmido e frio vs. período seco e quente. No entanto, muitos anos de amostragens sugerem que as condições de verão não são ideais para a biomonitorização. De facto, para a aplicação da Directiva Quadro da Água, o INAG recomenda amostragens na primavera, quando as condições são intermédias e muitos invertebrados podem estar uma fase mais avançada dos ciclos de

vida, o que facilita as identificações. Assim sendo, propõe-se que o programa de monitorização passe a ser feito unicamente na Primavera.

No relativo à avaliação de impactes nas aves, peixes e bivalves, verificando-se que não existem alterações significativas nas avaliações anuais, propõe-se que passem a periodicidade trienal.

Ainda no relativo aos bivalves é proposto, para iniciar em 2015, um plano de identificação e classificação de colónias a montante, que permita a viabilização futura de repovoamento da ribeira com base nestas colónias, após cessar o impacte da actividade da empresa (ver **Anexo 3**).

O acompanhamento das colónias que venham a ser identificadas será trienal.

No relativo à Hidromorfologia e sedimentos propõe-se uma periodicidade de reavaliação quinquenal.

Quadro 4: Plano de biomonitorização da Ribeira de Oeiras actual e proposto a partir de 2015

Actual				Proposta a partir de 2015			
Tipo de monitorização	**Locais**	**Periodicidade**	**Elementos monitorizados**	**Tipo de monitorização**	**Locais**	**Periodicidade**	**Elementos monitorizados**
Macroinvertebrados	17 locais (15 na Rib. Oeiras – 4 a montante de NC e 11 a jusante) e 2 Rib. Carreiras	2 x ano (Verão / Inverno)	Qualidade da água / índices Bióticos	Macroinvertebrados	15 na Rib. Oeiras – 4 a montante de NC e 11 a jusante)	Anual (Primavera (para compatibilizar com a Diretiva comunitária e planos	Qualidade da água / índices Bióticos
Macrófitas	17 locais (15 na Rib. Oeiras – 4 a montante de NC e 11 a jusante) e 2 Rib. Carreiras	Anual	Vegetação	Macrófitas	15 na Rib. Oeiras – 4 a montante de NC e 11 a jusante)	3 em 3 anos	Vegetação
Peixes	4 Rib. Oeiras (1 a montante de NC)	Anual	Riqueza; Diversidade; Metais	Peixes	4 Rib. Oeiras (1 a montante de NC)	3 em 3 anos	Riqueza; Diversidade; Metais (As, Cu, Hg e Zn)
Bivalves	8 Rib. Oeiras (2 a montante de NC)	Anual	Dimensão; abundância e metais (As, Cu, Hg e Zn)	Bivalves	8 Rib. Oeiras (2 a montante de NC)	3 em 3 anos	Dimensão; abundância e metais (As, Cu, Hg e Zn
	Não existente			Bivalves (projecto de identificação colónias montante de Neves Corvo que permitam a repovoação do troço a jusante de Neves Corvo no pós desactivação da actividade mineira)	A identificar em 2015 (pré identificados 7 locais em 2014)	3 em 3 anos	Evolução das colónias nos locais identificados (Dimensão; abundância; diversidade)
Aves	3 (1 a montante de NC)	Anual	Metais (As, Cu, Hg e Zn)	Aves	3 (1montante NC)	3 em 3 anos	Metais (As, Cu, Hg e Zn)

Actual				Proposta a partir de 2015			
Tipo de monitorização	**Locais**	**Periodicidade**	**Elementos monitorizados**	**Tipo de monitorização**	**Locais**	**Periodicidade**	**Elementos monitorizados**
Hidromorfologia	13 Rib. Oeiras (4 a montante NC e 9 a jusante)	Sem periodicidade definida. Atualização se existirem alterações significativas	Caracterização hidromorfólogica – River Habitat Survey	Hidromorfologia	13 Rib. Oeiras (4 a montante NC e 9 a jusante)	5 em 5 anos. Actualização se existirem alterações significativas	Caracterização hidromorfólogica – River Habitat Survey
Sedimentos	10 Rib. Oeiras (2 montante de NC e 8 a jusante	Sem periodicidade definida	Metais (Cu, Zn) e Sulfatos	Sedimentos	10 RO (2 montante)	5 em 5 anos. Actualização se existirem alterações significativas	Metais (Cu, Zn) e Sulfatos

Quadro 5: Calendarização do plano de biomonitorização da Ribeira de Oeiras proposto a partir de 2015

Tipo de monitorização	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Macroinvertebrados	**OK**	√	√	√	√	√	√	√
Macrófitas	**OK**		√			√		
Peixes	**OK**			√			√	
Bivalves (monitorização)	**OK**			√			√	
Bivalves (controlo de colónias a montante)	**---**	√			√			√
Aves	**OK**			√			√	
Sedimentos	**2012***			√				
Hidromorfologia	**2009***		√					√

* Data da última monitorização

V.1.2 – Rio Guadiana

V.1.2.1 – Síntese da avaliação de impactes objecto de monitorização e da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização

Não são identificados impactes causados pela descarga do efluente na Ribeira de Oeiras que é afluente do Guadiana.

V.1.2.2 – Proposta de novas medidas de mitigação e ou alteração ou desactivação de medidas já adoptadas

Não aplicável.

V.1.2.3 – Proposta de revisão dos programas de monitorização e da periodicidade dos futuros relatórios de monitorização

Não aplicável.

V.2 – QUALIDADE DO AR

V.2.1 – Síntese da avaliação de impactes objecto de monitorização e da eficácia das medidas adoptadas para prevenir ou reduzir os impactes objecto de monitorização

Não se verificaram valores de concentração de PM_{10} acima do valor limite de emissão (VLE), no ano 2014.

V.2.2 – Proposta de novas medidas de mitigação e ou alteração ou desactivação de medidas já adoptadas

De forma a reduzir as emissões com origem na área industrial de Neves Corvo, em 2014 foram concluídos os trabalhos de construção do armazém de concentrado de cobre, completamente fechado que contribuiu para a redução das emissões difusas verificadas.

V.2.3 – Proposta de revisão dos programas de monitorização e da periodicidade dos futuros relatórios de monitorização

A monitorização ocorreu durante o ano de 2014, e não revelou valores acima do VLE. Com a entrada em funcionamento no início de 2014 do armazém de concentrado de cobre, completamente fechado foi eliminada a principal fonte de partículas com metais associados. Pelo que se considera desnecessária a manutenção de monitorização das PM10.

VI - Anexos

SOMINCOR
Sociedade Mineira de Neves Corvo, S.A.

Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo. Observação Anual e Análise do Comportamento

Inspecção Visual de Especialidade de 2014

Março 2015

CENOR® Consulting Engineers

APRESENTAÇÃO

SOMINCOR – SOCIEDADE MINEIRA DE NEVES CORVO, S. A.

INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS DO CERRO DO LOBO. OBSERVAÇÃO ANUAL E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO

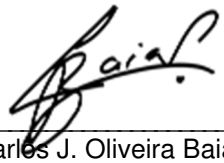
INSPECÇÃO VISUAL DE ESPECIALIDADE DE 2014

APRESENTAÇÃO

A **CENOR - Consultores, SA** apresenta, para a SOMINCOR, o relatório da Inspecção Visual de Especialidade de 2014 da Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo.

Lisboa, Março de 2015

O Director de Serviço



Carlos J. Oliveira Baião
(Mestre Eng. Geológica-Geotecnia - UNL)
(Especialista em Geotecnia O.E.)
(Ins. na O.E. sob o nº 24993)

ÍNDICE

ÍNDICE

TEXTO

Pág.

1 INTRODUÇÃO 1

2 DESCRIÇÃO DA INSPECÇÃO VISUAL DE ESPECIALIDADE 3
- 2.1 INTRODUÇÃO 3
- 2.2 ALBUFEIRA 3
- 2.3 PORTELA MD 4
- 2.4 CORPO PRINCIPAL E PORTELA DO CORPO PRINCIPAL 4
- 2.5 PORTELA ME1 6
- 2.6 PORTELA ME2 E BARRAGEM DO MONTE BRANCO 7
- 2.7 ORGÃOS HIDRÁULICOS 8
- 2.8 DISPOSITIVOS DE OBSERVAÇÃO 8

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS 11

FIGURAS

1 - Planta das áreas de deposição de rejeitados espessados em Dezembro de 2014

ANEXOS

1 - Ficha de inspecção visual de especialidade (13 páginas)

2 - Fichas fotográficas (24 páginas)

TEXTO

1 INTRODUÇÃO

Dando cumprimento ao exposto na legislação em vigor, nomeadamente no Decreto-Lei nº 10/2010 de 4 de Fevereiro (alterado pelo Decreto-Lei nº 31/2013 de 31 de Fevereiro), que estabelece o regime jurídico da gestão de resíduos de extracção, no Decreto-Lei nº 344/2007 de 15 de Outubro – "Regulamento de Segurança de Barragens" (RSB) – e na Portaria nº 847/93 de 10 de Setembro – "Normas de Observação e Inspecção de Barragens" (NOIB), e tal como especificado no Plano de Observação, foi realizada, no dia 24 de Novembro de 2014, a inspecção visual de especialidade à Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (IRCL).

A inspecção visual de especialidade foi efectuada pelos responsáveis pela análise do comportamento da IRCL, Eng^{os} José Mateus de Brito, Manuel Romeiro e Gonçalo Tavares, da CENOR, acompanhados pela D^{ra} Ana Rodrigues, da SOMINCOR.

Durante a visita de inspecção foi preenchida a ficha de inspecção visual de especialidade, constante do Plano de observação[1], que se apresenta no Anexo 1.

Foi, ainda, realizada uma reportagem fotográfica que serviu de base à elaboração das fichas fotográficas que se apresentam no Anexo 2 e que abrangem os aspectos mais relevantes da inspecção visual, com comentários detalhados.

No presente documento relatam-se os aspectos mais relevantes relativos ao comportamento da IRCL e respectivos órgãos hidráulicos, observados durante a inspecção visual de especialidade.

É de referir que a IRCL tem sido objecto de inspecções visuais de especialidade com uma periodicidade anual, desde 2009, tendo sido elaborados relatórios anuais correspondentes a cada inspecção. As descrições constantes desses relatórios, relativas ao comportamento da IRCL e dos respectivos órgãos hidráulicos, foram tidas como situações de referência na elaboração do presente relatório.

Serviu, ainda, de base, à elaboração deste documento, o relatório elaborado pela CENOR, em Abril de 2009, relativo à análise dos elementos existentes referentes à observação e análise do comportamento da IRCL[2], assim como o relatório, também elaborado pela CENOR, em Fevereiro de 2012, referente ao acompanhamento da execução dos sistemas de captação e encaminhamento das ressurgências existentes a jusante do aterro da IRCL[3].

[1] Hidroprojecto (2006, Julho). SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves Corvo, S.A. Barragem de Cerro do Lobo. Elaboração de Estudos Referentes ao Plano de Observação e Potencial Rotura da Barragem do Cerro do Lobo. Plano de Observação
[2] CENOR (2009, Abril). SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves Corvo, S.A. Barragem de Cerro do Lobo. Observação Anual e Análise do Comportamento. Análise dos elementos existentes
[3] CENOR (2012, Fevereiro). SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves Corvo, S.A. Captação e drenagem das águas de infiltração na Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo. Fiscalização e controlo dos trabalhos

É de referir que o sistema de deposição emersa de rejeitados espessados encontra-se em operação desde Novembro de 2010, sendo a deposição de rejeitados efectuada apenas nas áreas de deposição construídas para o efeito no interior da albufeira da IRCL. No entanto, por limitações de capacidade do espessador utilizado na produção de rejeitados espessados, foi necessário manter em operação o sistema de deposição submersa de rejeitados (polpa), até Agosto de 2012. Durante este período (Novembro de 2010 a Agosto de 2012) a deposição submersa de polpa foi também realizada no interior das áreas de deposição existentes na albufeira da IRCL.

A partir de Agosto de 2012, com a entrada em funcionamento de um segundo espessador, passaram a ser depositados, exclusivamente, rejeitados espessados na albufeira da IRCL. Actualmente esta deposição é realizada na área de deposição designada de “mezzanine”, executada sobre parte das áreas de deposição iniciais das células C1, C2, C3 e C4, nas áreas das células C1 e C4 que não foram sobrepostas pela “mezzanine” e nas células C6 e C10 (Figura 1). As áreas de deposição de rejeitados espessados são delimitadas por diques construídos com escombro da mina.

É ainda de salientar que, segundo informações fornecidas pela SOMINCOR, são efectuadas campanhas regulares (com uma periodicidade aproximadamente mensal) de limpeza dos sistemas de drenagem superficial da IRCL e de remoção da vegetação no aterro e junto ao pé dos taludes deste.

2 DESCRIÇÃO DA INSPECÇÃO VISUAL DE ESPECIALIDADE

2.1 INTRODUÇÃO

Nos capítulos seguintes faz-se a descrição detalhada dos aspectos mais relevantes relativos ao aterro, aos órgãos hidráulicos e aos equipamentos de observação da IRCL, observados durante a inspecção visual de especialidade.

À data da inspecção visual o tempo apresentava-se seco, com elevada nebulosidade e temperatura amena. Na semana anterior à inspecção visual de especialidade registaram-se temperaturas amenas, com períodos de chuva.

O nível da albufeira encontrava-se ligeiramente acima da cota 253,90 m, ou seja, o descarregador de cheias encontrava-se em funcionamento. Desde a conclusão do Reservatório do Cerro da Mina (RCM) e do canal de ligação IRCL – RCM as descargas pelo descarregador de cheias da IRCL são encaminhadas para a obra de entrada principal do RCM, de acordo com o projecto e plano de operação aprovado pela Autoridade.

Relativamente à inspecção visual de 2013 o nível de água na albufeira aumentou cerca de 0,5 m.

De uma forma geral, os aterros, os órgãos hidráulicos e os dispositivos de observação apresentam um bom estado de conservação.

2.2 ALBUFEIRA

São de salientar os seguintes aspectos, relativamente à albufeira:

- junto às portelas MD, ME1 e ME2 existe alguma vegetação no interior da bacia, não afectando, contudo, o aterro;
- a água na albufeira apresenta uma coloração mais clara, decorrente do abaixamento do pH (a água apresenta um pH ácido). No entanto, por forma a aumentar o pH da água descarregada, a jusante da soleira do descarregador de cheias e junto à obra de entrada principal do RCM, foi colocado material granular de origem calcária. Também, à data da visita, junto ao descarregador de cheias estava a ser adicionado carbonato de sódio;
- durante 2014 foram executados novos diques no interior da albufeira da IRCL, designadamente o dique D21 e o prolongamento dos diques B12 e D24. Foram também executadas novas bermas sobre o paramento de montante da portela MD (Fotografia 3) e da portela ME1 (Fotografias 3 e 17);
- não se observam sinais de instabilidade, nem sinais de percolação através do corpo dos aterros dos diques de delimitação das áreas de deposição (Fotografia 1).

2.3 PORTELA MD

São de salientar os seguintes aspectos, relativamente ao estado actual da portela MD:

- o coroamento revestido com betão betuminoso, apresenta-se regular e sem fissuração;
- visualmente o coroamento apresenta um bom nivelamento, com pendente para montante, não se notando quaisquer assentamentos significativos, mesmo tendo em conta que recentemente havia sido executada a berma sobre o paramento de montante;
- o revestimento em enrocamento do paramento de montante apresenta um bom estado de conservação, sem sinais de erosão e arrastamento por acção das ondas na albufeira (Fotografia 3). Isto verifica-se já após a execução da berma sobre o paramento de montante;
- o revestimento em enrocamento do paramento de jusante apresenta, também, um bom estado de conservação, não sendo visíveis quaisquer sinais de assentamentos ou de outras anomalias (Fotografias 2 e 4);
- cerca do pk 0+370, numa zona muito localizada, observam-se sinais de oxidação do enrocamento no pé do talude de jusante (Fotografia 2). Esta deposição de óxidos deverá estar associado a águas da chuva que se infiltram no paramento do aterro ou a passagens de água, através do maciço de fundação, que não são captadas na vala de intersecção do tapete drenante (a mancha de oxidação localiza-se no limite do tapete drenante e da vala). É de salientar que este aspecto já havia sido detectado nas inspecções visuais anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução;
- as valetas de drenagem no pé do talude de jusante encontram-se limpas e apresentam um bom estado de conservação (Fotografia 4);
- ao longo do pé do talude de jusante não existe qualquer tipo de vegetação, facto que decorre das campanhas regulares de desmatação e limpeza (Fotografias 2, 4 e 5);
- apesar de a jusante do aterro existir acumulações de água devidas aos períodos de chuva que ocorreram nos dias que antecederam a inspecção, não havia evidência de existência de ressurgências (Fotografia 5);
- muito pontualmente, nos paramentos da portela, observa-se a fragmentação dos blocos de xisto do enrocamento de protecção. No entanto, sendo os enrocamentos constituídos, fundamentalmente, por blocos de grauvaque este aspecto não compromete o adequado comportamento dos enrocamentos de protecção. É de salientar que este aspecto já havia sido detectado nas inspecções visuais anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante.

2.4 CORPO PRINCIPAL E PORTELA DO CORPO PRINCIPAL

São de salientar os seguintes aspectos, relativamente ao estado actual do corpo principal e da portela do corpo principal:

- o coroamento revestido com betão betuminoso, apresenta-se regular e sem fissuração (Fotografias 6 e 7);
- visualmente o coroamento apresenta um bom nivelamento, com pendente para montante, não se notando quaisquer assentamentos significativos (Fotografias 6 e 7);

- o revestimento em enrocamento do paramento de montante apresenta um bom estado de conservação, sem sinais de erosão e arrastamento por acção das ondas na albufeira (Fotografia 7). Alguns dos blocos de rocha apresentam incrustações de gesso, sem que, contudo, se verifique a sua degradação;
- o revestimento em enrocamento do paramento de jusante apresenta, também, um bom estado de conservação, não sendo visíveis quaisquer sinais de assentamentos ou de outras anomalias (Fotografias 8 e 9);
- o bom nivelamento das banquetas do paramento de jusante do corpo principal é, também, evidência do adequado comportamento do aterro (Fotografia 8);
- as valetas de drenagem no pé do talude de jusante encontram-se limpas e apresentam um bom estado de conservação (Fotografias 8 a 10 e 14);
- ao longo do pé do talude de jusante não existe qualquer tipo de vegetação, facto que decorre das campanhas regulares de desmatação e limpeza (Fotografias 8 a 10 e 14);
- muito pontualmente, em ambos os paramentos, observa-se a fragmentação dos blocos de xisto dos enrocamentos de protecção. No entanto, sendo os enrocamentos constituídos, fundamentalmente, por blocos de grauvaque, este aspecto não compromete o adequado comportamento dos enrocamentos de protecção. É de salientar que este aspecto já havia sido detectado nas inspecções visuais anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução;
- os sistemas de captação e controlo das ressurgências existentes a jusante do corpo principal (associadas ao artesianismo nos piezómetros PCL-9 e PCL-10 e dos piezómetros PCL-11 e PCL-12 e na linha de água cerca do pk 0+710 e junto à vedação – Fotografia 11), cujos trabalhos de construção foram concluídos em Novembro de 2010, têm-se mostrado eficazes, não se detectando novas ressurgências nem passagens de água contaminada para a ribeira (Fotografia 12). No entanto, a montante do tapete drenante transversal, existente no trecho terminal da linha de água, observa-se um pequeno lençol de água (Fotografia 12c), apesar deste tapete se encontrar ligado ao poço IBR6, por uma vala drenante. Atribui-se esta acumulação de água ao facto da entrada no tapete drenante se encontrar a uma cota um pouco mais elevada;
- o sistema de separação das águas pluviais não contaminadas existente ao longo da ribeira, tem-se mostrado eficaz, funcionando conforme o previsto;
- de uma forma geral, os sistemas de captação e controlo das ressurgências, existentes a jusante do aterro da portela do corpo principal, cujos trabalhos de construção foram concluídos em Novembro de 2010, têm-se mostrado eficazes. A zona do IBR16, onde durante o ano de 2012 ainda tinham surgido alguns sinais de humidade, têm-se mantido seca (Fotografia 13);
- verifica-se uma acumulação de água no tubo da caixa de leitura (CX23) dos piezómetros pneumáticos PP48 e PP49 (Fotografia 16), que deverá ser devida à entrada de água para este tubo, no trecho localizado no interior do aterro. Contudo, não se observavam quaisquer ressurgências nesta zona;
- cerca de 80 m a jusante da portela do corpo principal, no alinhamento do poço IBR16, observou-se uma zona húmida associada a uma ressurgência decorrente de uma sondagem de prospecção mineira, cujo o furo não foi devidamente selado (Fotografia 13). O escombro

que existia nessa zona foi totalmente removido, sendo que a água corre agora sobre o terreno natural, sendo possível observar os furos das sondagens;

- junto ao encontro esquerdo da portela do corpo principal, cerca do pk 1+620, observou-se a ressurgência no pé do talude de jusante, junto ao limite da valeta (Fotografia 15). É de salientar que esta ressurgência já havia sido detectada nas inspecções visuais anteriores, sendo que à data da inspecção de 2013 se encontrava seca;
- os sistemas subsuperficiais de captação e encaminhamento das águas existentes junto ao poço IBR27A têm-se mostrado eficazes. No entanto, verificou-se que, a jusante do poço e junto à vala existente, ocorria uma ressurgência (contudo a água encaminhava-se para a vala existente).

2.5 PORTELA ME1

São de salientar os seguintes aspectos, relativamente ao estado actual da portela ME1:

- à data da visita, encontrava-se em fase de execução a berma sobre o paramento de montante da portela ME1 (Fotografia 17);
- o coroamento revestido com betão betuminoso, apresenta-se regular e sem fissuração;
- visualmente o coroamento apresenta um bom nivelamento, com pendente para montante, não se notando quaisquer assentamentos significativos;
- o revestimento em enrocamento do paramento de montante apresenta um bom estado de conservação, sem sinais de erosão e arrastamento por acção das ondas na albufeira;
- o revestimento em enrocamento do paramento de jusante apresenta, também, um bom estado de conservação, não sendo visíveis quaisquer sinais de assentamentos ou de outras anomalias (Fotografia 17);
- muito pontualmente, nos paramentos da portela, observa-se a fragmentação de blocos de xisto dos enrocamentos de protecção. No entanto, sendo os enrocamentos constituídos, fundamentalmente, por blocos de grauvaque este aspecto não compromete o adequado comportamento dos enrocamentos de protecção. É de salientar que este aspecto já havia sido detectado nas inspecções visuais anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução;
- as valetas de drenagem no pé do talude de jusante encontram-se limpas e apresentam um bom estado de conservação (Fotografia 17 e 18);
- no encontro direito, junto ao início da valeta de pé do talude, foi detectada uma nova ressurgência. Tendo em conta que esta ocorre a uma cota elevada, não é evidente que a água tenha origem na albufeira, podendo ser água que se acumulou no revestimento do paramento de jusante, durante os períodos de chuva que ocorreram nos dias que antecederam a inspecção;
- a ressurgência existente no pé do talude de jusante do aterro, no alinhamento dos piezómetros PCL-13 e PCL-14, observada nas inspecções visuais anteriores, mantém-se apesar de, devido ao facto do terreno natural se encontrar molhado (consequência dos períodos de chuva que ocorreram nos dias anteriores à inspecção visual), não ter sido possível verificar se sofreu alterações relativamente ao observado nas inspecções anteriores;

- observa-se o aparecimento de água nos encabeçamentos dos piezómetros PCL-17 e PCL-18 associado ao artesianismo destes piezómetros. Este aspecto já havia sido detectado nas inspecções visuais anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução;
- o sistema de captação e controlo das ressurgências a jusante do aterro (Fotografia 19), concluído em Novembro de 2010, tem-se mostrado eficaz, não se detectando novas ressurgências.

2.6 PORTELA ME2 E BARRAGEM DO MONTE BRANCO

São de salientar os seguintes aspectos, relativamente ao estado actual da portela ME2 e da Barragem do Monte Branco:

- o coroamento revestido com betão betuminoso, apresenta-se regular e sem fissuração (Fotografias 21 e 23);
- os blocos de amarração e de apoio das condutas para transporte de rejeitados espessados (Fotografia 21), executados no coroamento da portela ME2 e da barragem do Monte Branco, apresentam um bom estado de conservação e um bom nivelamento;
- visualmente o coroamento apresenta um bom nivelamento, com pendente para montante, não se notando quaisquer assentamentos significativos (Fotografia 21);
- o revestimento em enrocamento do paramento de montante apresenta um bom estado de conservação, sem sinais de erosão e arrastamento por acção das ondas na albufeira;
- o revestimento em enrocamento do paramento de jusante da portela ME2 (Fotografia 22) apresenta um bom estado de conservação, não sendo visíveis quaisquer sinais de assentamentos ou de outras anomalias. Também o enrocamento do paramento de jusante da Barragem do Monte Branco (lado da albufeira do Monte Branco) apresenta um bom estado de conservação, não se observando sinais de erosão e arrastamento por acção das ondas na albufeira (Fotografia 23);
- o sistema de captação e controlo das ressurgências a jusante do aterro da portela ME2A, concluído em Novembro de 2010, tem-se mostrado eficaz, não se detectando novas ressurgências na envolvente dos trabalhos realizados;
- a ressurgência existente a jusante da portela ME2A (cerca do Pk 2+550), devida a uma sondagem de prospecção mineira cujo furo não foi devidamente selado, mantém-se. Recentemente foram feitos alguns trabalhos para limitar as afluências de água pluvial à zona da ressurgência. Salienta-se que esta ressurgência já havia sido observada na inspecção anterior, não se tendo detectado qualquer evolução;
- junto ao pé do talude de jusante da portela ME2C existem duas ressurgências, uma junto ao poço de bombagem IBR30 e a outra cerca de 25 m à esquerda (para Norte) deste poço, na zona do antigo descarregador de cheias (Fotografia 22). À data da inspecção visual as duas ressurgências encontravam-se secas, mas durante o ano houve períodos onde se verificaram escorrências de água. Dada a oscilação da presença da ressurgência deve-se seguir a evolução da mesma atentamente;
- a zona de inserção do poço IBR31, na barragem do Monte Branco, não apresenta sinais de assentamentos, quer ao nível do coroamento, quer ao nível do talude.

2.7 ORGÃOS HIDRÁULICOS

O descarregador de cheias da IRCL situa-se na extremidade do lado Nascente da barragem do Monte Branco e apresenta um bom estado de conservação. À data da inspecção visual encontrava-se em funcionamento (Fotografia 24a). Estas descargas estavam a ser efectuadas de acordo com o planeado e aprovado pela Autoridade, sendo a água encaminhada para o Reservatório do Cerro da Mina (RCM) e aí descarregada pela obra de entrada principal, conforme definido no projecto.

O betão dos muros ala e da soleira do descarregador de cheias não apresenta sinais de deterioração. Também na ligação do betão do alteamento da soleira do descarregador de cheias à soleira inicial não se detectam quaisquer anomalias. Uma vez que estava a haver descarga de caudal, foi possível verificar que a soleira em betão apresenta um pequeno desnível, apesar deste desnível não afectar de forma relevante a descarga.

Na zona de entrada do descarregador verifica-se que o canal se encontra desobstruído e sem acumulação de vegetação. Na zona de restituição, apesar de existir alguma vegetação rasteira, o enrocamento de protecção apresenta um estado de conservação aceitável, não se verificando arraste de material para jusante (Fotografia 24a).

A descarga auxiliar, constituída por uma descarga em sifão, situa-se no encontro direito do corpo principal. À data da inspecção esta descarga auxiliar já se encontrava desactivada. Refere-se que foi instalado um novo sifão provisório que faz ligação entre a IRCL e o RCM em Agosto de 2014, data em que a descarga auxiliar foi desactivada.

O descarregador de cheias da barragem do Monte Branco, localiza-se na margem esquerda da albufeira e encontrava-se em funcionamento à data da inspecção visual. A entrada do descarregador encontra-se desobstruída (Fotografia 24b) assim como o canal de restituição.

2.8 DISPOSITIVOS DE OBSERVAÇÃO

Os dispositivos de observação da IRCL e as respectivas caixas de protecção apresentam um bom estado de conservação, estando todos devidamente identificados.

À data da visita não foram efectuadas leituras dos dispositivos de observação, uma vez que já tinha sido efectuada uma campanha de leituras recentemente, associada ao plano de observação da instalação.

Segundo informações fornecidas pela SOMINCOR, ambos os acelerógrafos encontram-se operacionais, subsistindo, no entanto, um problema no sistema de comunicação entre os acelerógrafos (anomalia no sistema “trigger”).

Continua a verificar-se dificuldade na leitura de alguns piezómetros (fundamentalmente nos piezómetros Ph26 e Ph46) com as sondas comerciais disponíveis (modelo 102 da Solinst, com 5 mm

de diâmetro). No entanto, com a sonda do tipo LNEC tem sido possível efectuar grande parte das leituras destes piezómetros.

Conforme já referido, foi ainda observado a acumulação de água no tubo da caixa de leitura (CX23) dos piezómetros pneumáticos PP48 e PP49 (Fotografia 16), apesar de esse aspecto não afectar o funcionamento nem as leituras dos piezómetros.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De uma forma geral, a instalação de resíduos do Cerro do Lobo apresenta um adequado nível de manutenção, não havendo a salientar qualquer anomalia que possa comprometer o comportamento, quer dos aterros, quer dos órgãos hidráulicos, quer, ainda, dos dispositivos de observação.

É de salientar que não foram detectadas evoluções nas principais anomalias identificadas na última inspecção visual de especialidade. Há, no entanto, a salientar o aparecimento de uma ressurgência junto ao pé do talude de jusante no encontro direito da portela ME1, sendo, no entanto, necessário confirmar se tem origem na albufeira IRCL.

De uma forma geral, os sistemas de captação e controlo das ressurgências existentes a jusante do aterro, concluídos em Novembro de 2010, têm-se demonstrado eficazes não se registando o aparecimento de novas ressurgências nas proximidades destes sistemas.

As duas ressurgências, existentes a cerca de 80 a 100 m a jusante dos aterros da portela do corpo principal e da portela ME2A, associadas a sondagens de prospecção mineira, cujos furos não foram devidamente selados, mantêm-se. É, no entanto, de referir que foram realizados alguns trabalhos de beneficiação destas zonas.

Nesta fase encontra-se já em pleno funcionamento o processo de deposição de rejeitados espessados no interior da albufeira da IRCL, não tendo sido detectadas anomalias de funcionamento nos diques de delimitação das áreas de deposição de rejeitados espessados. Por outro lado, também não foram detectadas evidências de comportamentos anómalos nos aterros da IRCL decorrentes da construção das bermas de delimitação sobre os paramentos de montante das portelas MD e ME1 (nesta última a construção estava em curso à data da inspecção).

É ainda de referir que, à data da visita, o descarregador de cheias da IRCL estava em funcionamento, seguindo o plano de descargas aprovado pela Autoridade. A água descarregada estava a ser encaminhada para o Reservatório do Cerro da Mina (RCM) e aí descarregada pela obra de entrada principal, conforme definido no projecto. Ainda que para caudais pequenos, o órgão de descarga demonstrou um adequado funcionamento.

Lisboa, 26 de Março de 2015

José A. Mateus de Brito
(Engenheiro Civil)
(Especialista em Geotecnia O.E.)
(Insc. na O.E. sob o nº 10425)

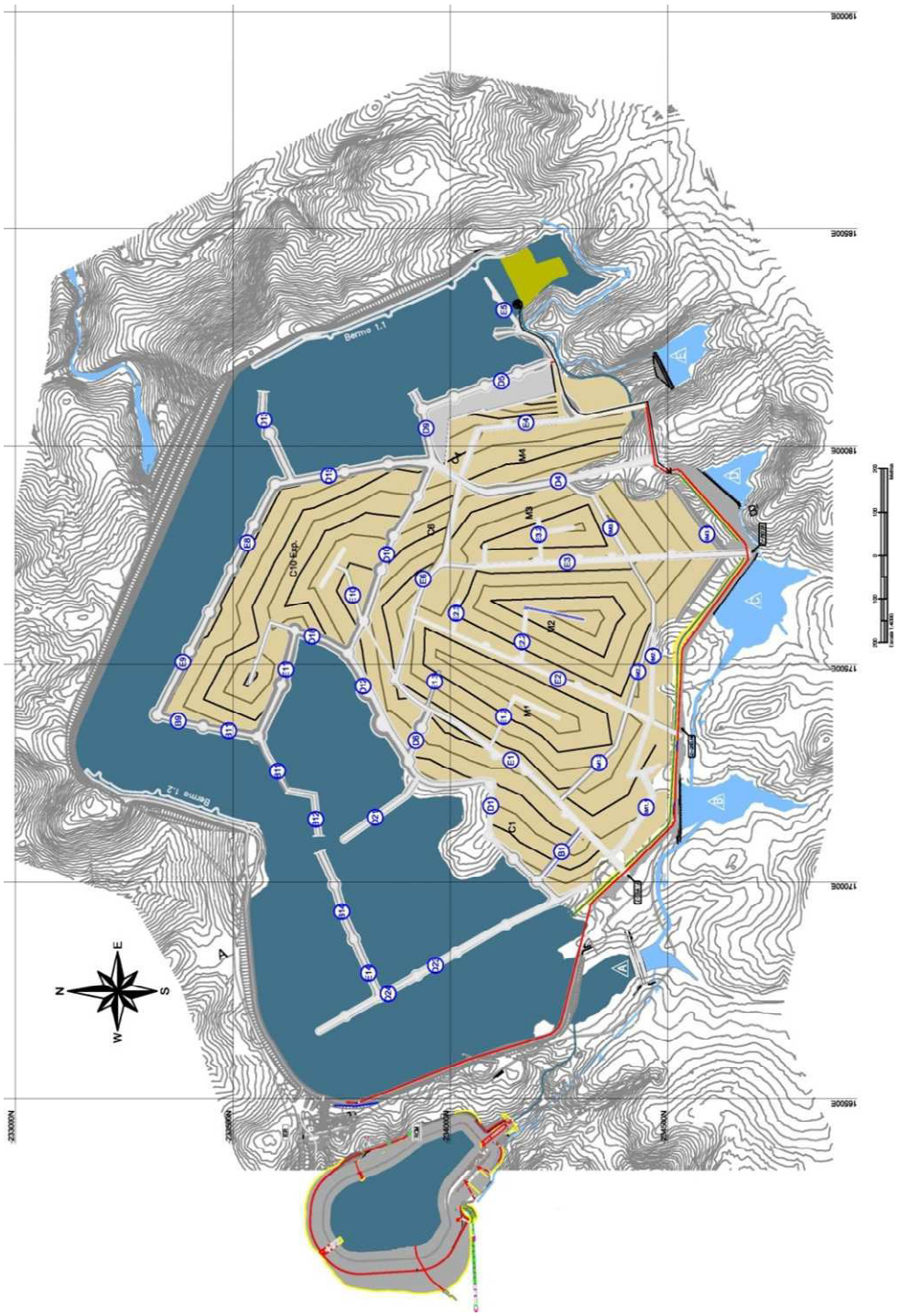
Manuel J. Romeiro
(Engenheiro de Minas)
(Insc. na O.E. sob o nº 35802)

Gonçalo N. dos Santos Tavares
(Engenheiro Civil)
(Insc. na O.E. sob o nº 59573)

FIGURAS

FIGURA 1

PLANTA DAS ÁREAS DE DEPOSIÇÃO DE REJEITADOS ESPESSADOS EM DEZEMBRO DE 2014



ANEXOS

ANEXO 1

FICHA DE INSPECÇÃO VISUAL DE ESPECIALIDADE

Data de inspecção:	24-11-2014	Inspecção efectuada por	
Leitura de dispositivos (S/N):	N	- Geotecnia:	Eng^{os} Mateus de Brito,
Nível da albufeira:	253,90 m	- Estruturas Hidráulicas:	Manuel Romeiro, Gonçalo
Estado do tempo:		- Equipamento:	Tavares e Gonçalo Ferreira (CENOR)
- à data da inspecção:	Tempo seco com muitas nuvens e temperatura amena	- Outros:	D^{ra} Ana Rodrigues (SOMINCOR)
- na semana anterior:	Temperatura amena, com períodos de chuva		

I – ALBUFEIRA

Topografia das margens:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Alguma vegetação na proximidade dos aterros da portela MD, das portelas ME1 e ME2, junto à barragem do Monte Branco
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosão e ravinamentos:	Não detectados no terreno natural
Perdas de água:	Não detectadas
Caudal sólido:	Não detectado
Qualidade da água:	A água apresenta uma coloração mais clara devido ao abaixamento do pH
– Observações:	– A área ocupada pelas áreas de deposição de rejeitados espessados manteve-se, relativamente a 2014 (Figura 1) – Actualmente, os rejeitados são depositados em forma de rejeitados espessados, com deposição emersa nas áreas de deposição 1, 4, 6, 10 e "mezzanine" – por forma a aumentar o pH da água descarregada, a jusante da soleira do descarregador de cheias e junto à obra de entrada principal do RCM, foi colocado material granular de origem calcária; também, à data da visita, junto ao descarregador de cheias estava a ser adicionado carbonato de sódio

ANEXO 1 (2/13)

II – PORTELA MD

II.1 – Encontros e inserção da barragem na fundação

ENCONTRO DIREITO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO DIREITO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	O tereno encontrava-se húmido devido aos períodos de chuva
Ressurgências:	Não detectado
Estado da valeta de drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	-
ZONA CENTRAL DO VALE	
Vegetação:	Junto ao aterro não há vegetação
Assentamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Estado da drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	Já se encontra concluída a berma sobre o paramento de montante ao longo de toda a extensão da portela
ENCONTRO ESQUERDO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO ESQUERDO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Alguns sinais, pontuais, de oxidação do enrocamento, apesar de não existirem zonas húmidas. A oxidação deverá estar associada a águas da chuva. Esta situação já havia sido detectada nas inspecções visuais de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução
Ressurgências:	Não detectado
Estado da valeta de drenagem:	Não existe valeta
Observações:	-

II.2 – Corpo da barragem

COROAMENTO	
Estado do revestimento:	O revestimento betuminoso no coroamento apresenta-se regular e sem fissuração
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectados (bom alinhamento dos pilaretes de protecção a jusante)
Outras deteriorações:	-
Observações:	-
PARAMENTO DE MONTANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Estabilidade de taludes:	Sem sinais de instabilidade
Outras deteriorações:	– Muito pontualmente verifica-se a fragmentação dos blocos de xisto do enrocamento de protecção. Esta situação já havia sido detectada nas inspecções visuais de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante – Alguns blocos de rocha apresentam encrostrações de gesso, sem que, no entanto, se verifique a sua degradação
Observações:	O paramento apenas se encontra emerso acima da cota 253,90 m (cota do coroamento 255,00 m)
PARAMENTO DE JUSANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Outras deteriorações:	Muito pontualmente verifica-se a fragmentação dos blocos de xisto do enrocamento de protecção. Esta situação já havia sido detectada nas inspecções visuais de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante
Observações:	-

ANEXO 1 (4/13)

II.3 - Sistema de observação

Marcas topográficas:	Bom estado de conservação
Marcas de referência:	Bom estado de conservação
Piezómetros hidráulicos:	Bom estado de conservação
Piezómetros pneumáticos:	Bom estado de conservação
Poços de drenagem/bombagem:	Bom estado de conservação

III – CORPO PRINCIPAL E PORTELA DO CORPO PRINCIPAL

III.1 – Encontros e inserção da barragem na fundação

ENCONTRO DIREITO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO DIREITO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Estado da valeta de drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	-
ZONA CENTRAL DO VALE	
Vegetação:	Sem vegetação
Assentamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	– Os sistemas de captação das ressurgências a jusante do corpo principal (junto aos piezómetros PCL-9/PCL-10 e PCL-11/PCL-12 e na linha de água) têm-se mostrado eficazes – Observa-se a acumulação de água na bacia de recepção a montante do tapete drenante transversal, apesar deste se encontrar ligado ao IBR6 – De uma forma geral, na zona do poço IBR 16, as obras de captação das ressurgências existentes têm-se mostrado eficazes – Cerca de 80 m a jusante do poço IBR 16 observa-se uma ressurgência associada às sondagens de prospecção mineira realizadas nessa zona
Estado da drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	Foi removido todo o escombro existente na zona das ressurgências associadas às sondagens mineiras e a água aparenta estar limpa desde essa altura
ENCONTRO ESQUERDO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa do talude não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO ESQUERDO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado

ANEXO 1 (6/13)

Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Observa-se uma ressurgência junto ao início da valeta do pé do talude de jusante, próximo do poço IBR27
Estado da valeta de drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	-

III.2 – Corpo da barragem

COROAMENTO	
Estado do revestimento:	O revestimento betuminoso no coroamento apresenta-se regular e sem fissuração
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado (bom alinhamento dos pilaretes de protecção a jusante)
Outras deteriorações:	-
Observações:	-
PARAMENTO DE MONTANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Inexistente
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Estabilidade de taludes:	Sem sinais de instabilidade
Outras deteriorações:	Muito pontualmente verifica-se a fragmentação dos blocos de xisto do enrocamento de protecção. Esta situação já havia sido detectada nas inspecções de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante
Observações:	O paramento apenas se encontra emerso acima da cota 253,90 m (cota do coroamento 255,00 m)
PARAMENTO DE JUSANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Banqueta à cota (245,0)	
- Nivelamento:	Bom nivelamento
- Vegetação:	Sem vegetação
Banqueta à cota (235,0)	
- Nivelamento:	Bom nivelamento
- Vegetação:	Sem vegetação
Banqueta à cota (225,0)	
- Nivelamento:	Bom nivelamento
- Vegetação:	Sem vegetação

Outras deteriorações:	Muito pontualmente verifica-se a fragmentação dos blocos de xisto do enrocamento de protecção. Esta situação já havia sido detectada nas inspecções de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante
Observações:	-

III.3 - Sistema de observação

Marcas topográficas:	Bom estado de conservação
Marcas de referência:	Bom estado de conservação
Inclinómetros:	Bom estado de conservação
Piezómetros hidráulicos:	– Bom estado de conservação – Há dificuldades de leitura em alguns piezómetros, associadas ao tipo de sondas utilizadas
Piezómetros pneumáticos:	– Bom estado de conservação – Verificou-se o aparecimento de água nos tubos dos piezómetros PP48 e PP49
Poços de drenagem/bombagem:	Bom estado de conservação
Acelerógrafos:	Os acelerógrafos encontram-se ambos operacionais. Há, no entanto, uma anomalia no sistema de "trigger" dos acelerógrafos

ANEXO 1 (8/13)

IV – PORTELA ME1

IV.1 – Encontros e inserção da barragem na fundação

ENCONTRO DIREITO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa do talude não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO DIREITO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Observa-se uma nova ressurgência na zona do início da valeta do pé do talude
Estado da valeta de drenagem:	Limpa e com bom estado de conservação
Observações:	-
ZONA CENTRAL DO VALE	
Vegetação:	Sem vegetação
Assentamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectada
Ressurgências:	À data da visita não se observaram quaisquer ressurgências junto ao pé do talude de jusante. Refere-se, no entanto, que o terreno se encontrava húmido devido aos períodos de chuva
Estado da drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	-
ENCONTRO ESQUERDO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa do talude não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO ESQUERDO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Estado da valeta de drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	-

IV.2 – Corpo da barragem

COROAMENTO	
Estado do revestimento:	O revestimento betuminoso no coroamento, apresenta-se regular e sem fissuração
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado (bom alinhamento dos pilaretes de protecção a jusante)
Outras deteriorações:	-
Observações:	-
PARAMENTO DE MONTANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Estabilidade de taludes:	Sem sinais de instabilidade
Outras deteriorações:	Muito pontualmente verifica-se a fragmentação dos blocos de xisto do enrocamento de protecção. Esta situação já havia sido detectada nas inspecções de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante
Observações:	– O paramento apenas se encontra emerso acima da cota 253,90 m (cota do coroamento 255,00 m) – Encontrava-se em fase de execução a berma sobre o paramento de montante ao longo da extensão da ME1
PARAMENTO DE JUSANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Zonas húmidas:	Observa-se o aparecimento de água nos encabeçamentos dos piezómetros PCL-17 e PCL-18 associado ao artesianismo destes piezómetros. Esta situação já havia sido observada nas inspecções de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante
Ressurgências:	Não detectado
Banqueta à cota (245,0)	
- Nivelamento:	Bom nivelamento
- Vegetação:	Sem vegetação
Outras deteriorações:	Observa-se alguma acumulação de humidade na banqueta
Observações:	-

ANEXO 1 (10/13)

IV.3 - Sistema de observação

Marcas topográficas:	Bom estado de conservação
Marcas de referência:	Bom estado de conservação
Piezómetros hidráulicos:	Bom estado de conservação
Piezómetros pneumáticos:	Ressurgência de água pelo encabeçamento de alguns piezómetros
Poços de drenagem/bombagem:	Bom estado de conservação

V – PORTELA ME2 E BARRAGEM DO MONTE BRANCO

V.1 – Encontros e inserção da barragem na fundação

ENCONTRO DIREITO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa do talude não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO DIREITO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Estado da valeta de drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	-
ZONA CENTRAL DO VALE	
Vegetação:	Sem vegetação
Assentamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	– As obras de captação das ressurgências a jusante do aterro da portela ME2A têm-se mostrado eficazes, não se detectando novas ressurgências nestas zonas – Cerca de 100 m a jusante do aterro (na zona a jusante do poço de bombagem IBR19), observa-se uma ressurgência associada às sondagens de prospecção mineira – Ao longo do pé do talude de jusante, próximo do IBR30, observam-se precipitações ferruginosas decorrentes de ressurgências e também alguma vegetação
Estado da drenagem:	Limpa e com bom estado de conservação
Observações:	Foram realizados trabalhos na zona da ressurgência associada à sondagem mineira de modo a desviar as escorrências superficiais
ENCONTRO ESQUERDO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa do talude não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO ESQUERDO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado

ANEXO 1 (12/13)

Estado da valeta de drenagem:	Limpa e com bom estado de conservação
Observações:	-

V.2 – Corpo da barragem

COROAMENTO	
Estado do revestimento:	O revestimento betuminoso no coroamento, apresenta-se regular e sem fissuração
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado (bom alinhamento dos pilaretes de protecção a jusante)
Outras deteriorações:	-
Observações:	Encontra-se em funcionamento o sistema de transporte de rejeitados espessados e de água instalado sobre o coroamento da portela ME2 e da barragem do Monte Branco, apresentando um bom estado de conservação
PARAMENTO DE MONTANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Estabilidade de taludes:	Sem sinais de instabilidade
Outras deteriorações:	Não detectado
Observações:	-
PARAMENTO DE JUSANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Outras deteriorações:	-
Observações:	-

V.3 - Sistema de observação

Marcas topográficas:	Bom estado de conservação
Marcas de referência:	Bom estado de conservação
Piezómetros hidráulicos:	Bom estado de conservação
Piezómetros pneumáticos:	Bom estado de conservação
Poços de drenagem/bombagem:	Bom estado de conservação

VI – ÓRGÃOS HIDRÁULICOS ANEXOS

DESCARREGADOR DE CHEIAS	
Estado geral:	Bom estado de conservação
Nivelamento e alinhamento da soleira:	Apresenta algum desnivelamento, observável durante a descarga
Fendas e fissuras:	Não detectado
Alterações químicas do betão:	Não detectado
Passagens de água através do betão:	Não detectado
Estado das juntas (movimentos, passagens de água):	Bom estado de conservação. Não se observa qualquer problema na junta de alteamento da soleira do descarregador
Alinhamento dos muros:	Bom alinhamento
Estado do enrocamento de protecção do canal:	O enrocamento apresenta um estado de conservação aceitável, não se verificando arraste de material para jusante
Outras deteriorações:	-
Observações:	O descarregador de cheias encontrava-se em funcionamento As descargas estavam a ser efectuadas de acordo com o planeado e aprovado pela Autoridade, sendo a água encaminhada para o Reservatório do Cerro da Mina (RCM) e aí descarregada pela obra de entrada principal, conforme definido no projecto.
DESCARGA AUXILIAR	
Estado geral:	Bom estado de conservação
Fendas e fissuras:	Não detectado
Alterações químicas do betão:	Não detectado
Passagens de água através do betão:	Não detectado
Estado das juntas (movimentos, presença de água):	Bom estado de conservação
Estado dos equipamentos hidromecânicos:	Bom estado de conservação
Outras deteriorações:	-
Observações:	– O dispositivo de descarga auxiliar (sifão) encontra-se desactivado – Foi instalado um novo sifão provisório que faz ligação entre a IRCL e o RCM em Agosto de 2014, data em que a descarga auxiliar foi desactivada

NOTAS E OBSERVAÇÕES

Durante a inspecção visual de especialidade não se procedeu à leitura dos dispositivos de observação, dado que já havia sido realizada uma campanha de leituras associada ao plano de observação da IRCL.

ANEXO 2

FICHAS FOTOGRÁFICAS

Fotografia 1 – Albufeira. Vista do dique D13, a partir do coroamento do corpo principal

2014.11.24

À data da inspecção visual a deposição de rejeitados espessados era efectuada nas áreas de deposição 1, 4, 6, 10 e “mezzanine”.

ANEXO 2 (2/24)

Fotografia 2 – Portela MD. Vista geral a partir da margem esquerda

2014.11.24

Observa-se o bom estado de conservação do enrocamento do paramento de jusante.

A zona junto ao pé do talude de jusante encontra-se limpa de vegetação. As valetas de pé de talude e as caixas associadas encontram-se limpas e desobstruídas.

Observa-se um bom alinhamento dos pilaretes de protecção a jusante não se observando deslocamentos ao nível do coroamento.

Como já havia sido registada nas inspecções anteriores, observam-se sinais de oxidação do enrocamento de protecção no pé do talude, apesar de não existirem zonas húmidas, supondo-se que este fenómeno esteja associado a águas da chuva que se infiltram no paramento da barragem, não havendo sinais de evolução deste fenómeno.

Fotografia 3 – Portela MD. Vista do paramento de montante

2014.11.24

Observa-se o bom estado de conservação do enrocamento do paramento de montante.

A zona do talude com coloração mais acastanhada é decorrente do contacto com a água da albufeira, sem que, no entanto, se verifique a deterioração do enrocamento de protecção.

À data da visita já se encontrava construída a berma sobre o paramento de montante da portela MD, que delimitará a área de deposição de rejeitados espessados.

ANEXO 2 (4/24)

Fotografia 4 – Portela MD. Vista do encontro direito, a partir do coroamento

2014.11.24

As valetas existentes junto ao pé do talude encontravam-se limpas e desobstruídas.

Fotografia 5 – Portela MD. Vista para jusante

2014.11.24

Observa-se, em primeiro plano, o poço de bombagem IBR25.

A jusante do aterro observam-se acumulações de água devidas aos períodos de chuva que ocorreram nos dias que antecederam a inspecção.

A zona mais plana a jusante do poço IBR25 era a zona de restituição do descarregador de cheias da 1ª fase da barragem.

ANEXO 2 (6/24)

Fotografia 6 – Corpo principal. Vista do coroamento do aterro

2014.11.24

O revestimento betuminoso ao longo de toda a extensão do coroamento, encontra-se em bom estado de conservação, apresentando-se regular e sem fissuração.

Verifica-se o bom alinhamento dos pilaretes de protecção a jusante, não se observando deslocamentos ao nível do coroamento, do lado de jusante.

Fotografia 7 – Corpo principal. Vista do paramento de montante

2014.11.24

Observa-se o bom estado de conservação do enrocamento do paramento de montante. A zona do talude com coloração mais acastanhada é decorrente do contacto com a água da albufeira, sem que, no entanto, se verifique a deterioração do enrocamento de protecção.

Ao longo do paramento de montante não se observam depressões.

ANEXO 2 (8/24)

Fotografia 8 – Corpo principal. Vista do paramento de jusante, a partir da margem direita

2014.11.24

A uniformidade do enrocamento de protecção é indicadora do bom estado de conservação do enrocamento e permite verificar a inexistência de assentamentos no aterro.

As banquetas encontravam-se niveladas sem deslocamentos nem depressões.

As valetas existentes junto ao pé do talude encontravam-se limpas e desobstruídas.

Assinala-se na figura a zona de captação das águas de artesianismo dos piezómetros PCL-9 e PCL-10 e a localização do poço de bombagem IBR5.

Fotografia 9 – Corpo principal. Vista do encontro direito a jusante, a partir da margem direita

2014.11.24

A zona junto ao pé do talude de jusante encontra-se limpa de vegetação e as valetas de pé de talude encontram-se desobstruídas.

Assinala-se na figura a zona de captação das águas de artesianismo dos piezómetros PCL-9 e PCL-10 e a localização do poço de bombagem IBR5.

ANEXO 2 (10/24)

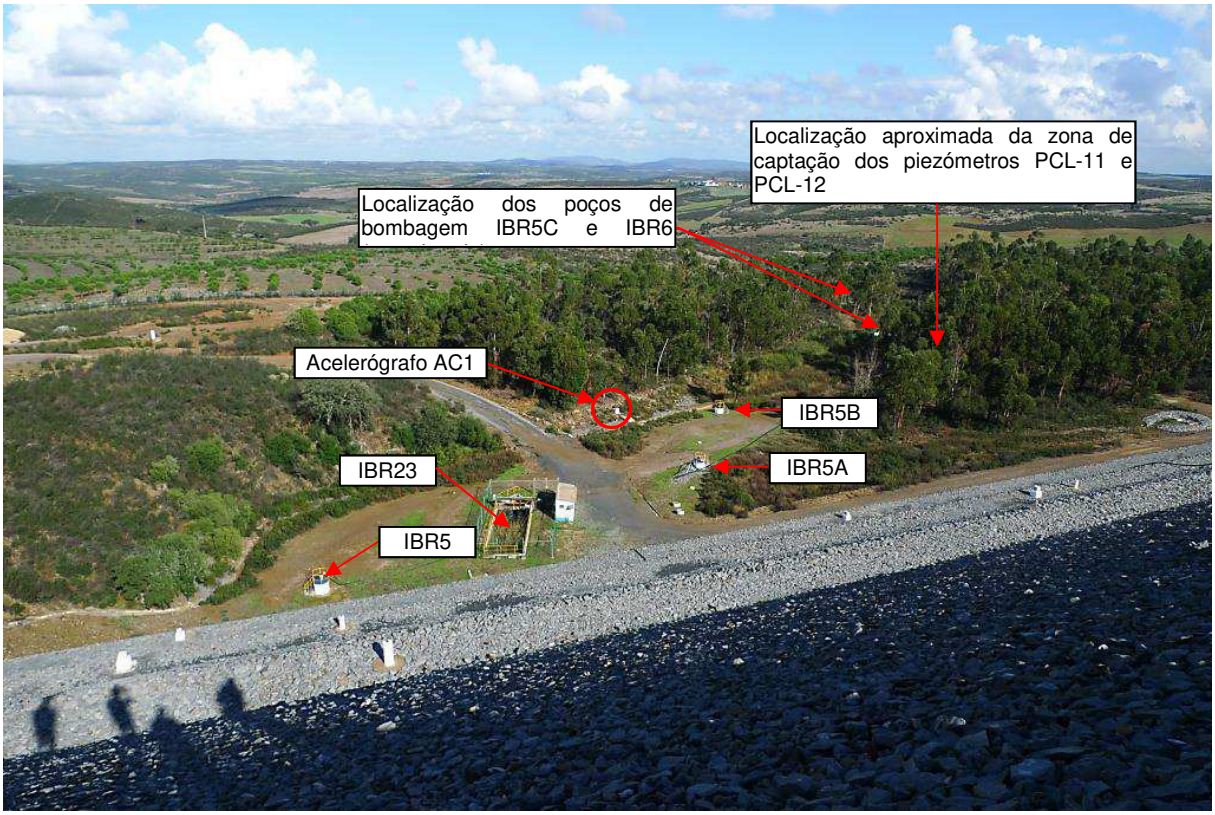
Fotografia 10 – Corpo principal. Vista do encontro esquerdo a jusante, a partir do pé do talude

2014.11.24

A zona junto ao pé do talude de jusante encontra-se limpa de vegetação. Também as valetas existentes se encontravam limpas e desobstruídas.

A jusante do aterro não foram detectadas evidências de ressurgências.

Em primeiro plano observa-se o poço de bombagem IBR5, apresentando um bom estado de conservação.



Fotografia 11 – Corpo principal. Vista da linha de água (Barranco das Lajes) para jusante

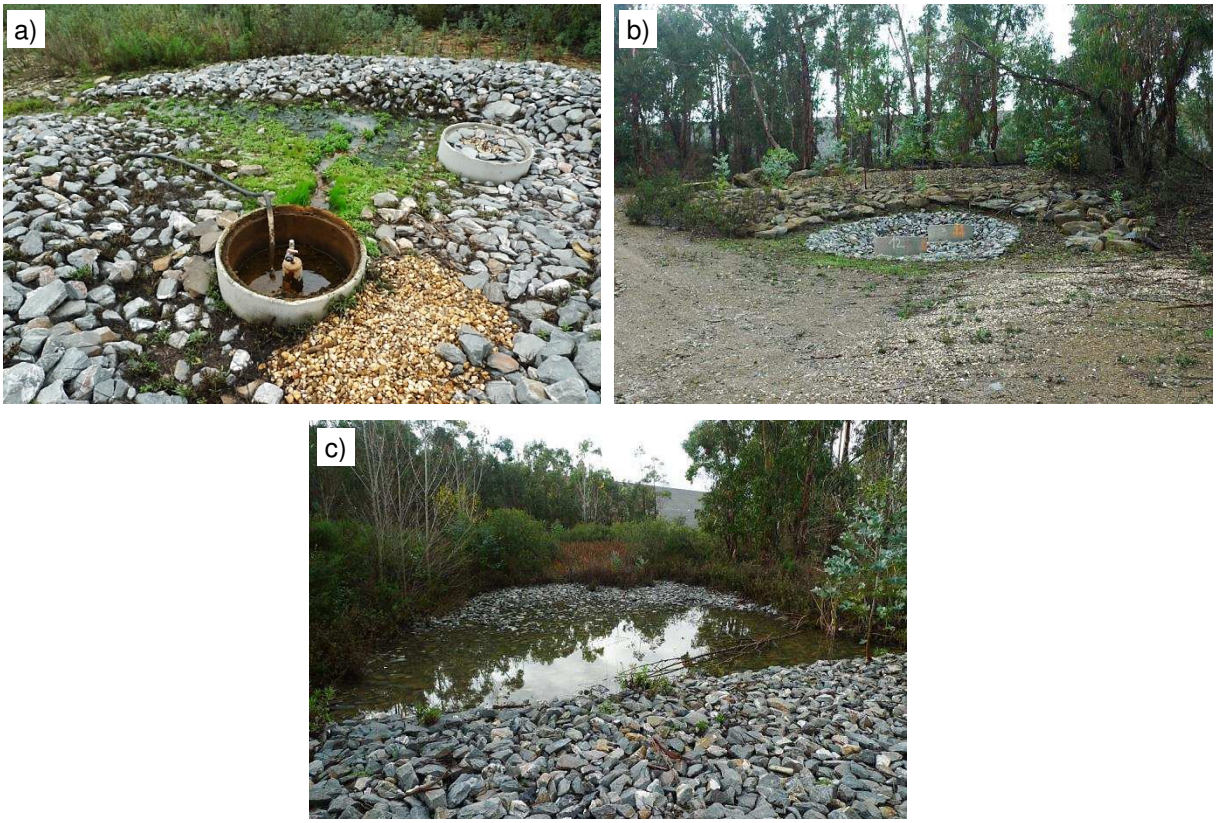
2014.11.24

Observam-se os poços de drenagem IBR5, IBR5A, IBR5B e IBR23.

Assinala-se, ainda, na figura a localização dos poços para captação das ressurgências existentes a jusante do aterro, IBR5C e IBR6 (localização aproximada), e da zona de captação dos piezómetros PCL-11 e PCL-12.

Indica-se, também, a localização do acelerógrafo AC1.

ANEXO 2 (12/24)



Fotografia 12 – Corpo principal. Zona a jusante do aterro: a) captação da ressurgência junto aos piezómetros PCL-9 e PCL-10 (ligada ao IBR5A); b) captação da ressurgência junto aos piezómetros PCL-11 e PCL-12 (ligada ao IBR5C); c) tapete drenante junto ao limite da vedação (ligado ao IBR6)

2014.11.24

Observa-se a acumulação de água na bacia de recepção localizada a montante do tapete drenante transversal junto ao limite da vedação, apesar deste se encontrar ligado ao IBR6, por uma vala drenante. Esta situação já havia sido detectada na inspecção do ano anterior.

Na zona a jusante do corpo principal, onde foram realizados trabalhos de captação de ressurgências em 2010, não se observam quaisquer ressurgências.

Fotografia 13 – Portela do corpo principal. Vista para jusante do aterro, a partir do coroamento

2014.11.24

O sistema de drenagem subsuperficial executado nesta zona tem-se mostrado eficaz eliminando as ressurgências que existiam junto ao pé de jusante do aterro.

As ressurgências associadas às sondagens de prospecção mineira realizadas a jusante do aterro, próximo da vedação, permanecem face à inspecção anterior. No entanto, na zona onde ocorre esta ressurgência, foram saneados todos os solos que existiam, sendo actualmente visível os furos das sondagens.

ANEXO 2 (14/24)

Fotografia 14 – Portela do corpo principal, entre os Pk 1+050 e Pk 1+525. Pé do talude de jusante: a) zona do poço de bombagem IBR16; b) valeta na zona do poço de bombagem IBR16; c) zona do poço de bombagem IBR18; d) vista do encontro esquerdo da portela, próximo do IBR18

2014.11.24

À data da inspecção não foram detectadas quaisquer ressurgências dado que o terreno se encontrava molhado devido aos períodos de chuva que ocorreram nos dias que precederam a inspecção.

ANEXO 2 (15/24)

Fotografia 15 – Portela do corpo principal. Ressurgência no encontro esquerdo da portela do corpo principal, próximo do IBR27

2014.11.24

Observou-se uma ressurgência no encontro esquerdo da portela do corpo principal, junto ao início da valeta do pé do talude de jusante. Esta ressurgência já havia sido detectada em inspecções anteriores, não se tendo observado evoluções relevantes.

ANEXO 2 (16/24)

Fotografia 16 – Portela do corpo principal. Aparecimento de água no tubo de protecção dos piezómetros PP48 e PP49 (caixa 23, junto ao pé do talude de jusante)

2014.11.24

O tubo de protecção dos piezómetros PP48 e PP49 apresentava-se cheio de água, o que deverá ser devido à entrada de água para este tubo no trecho localizado no interior do aterro.

Fotografia 17 – Portela ME1. Vista geral, a partir do encontro direito

2014.11.24

À data da inspecção, encontrava-se em execução a berma sobre o paramento de montante.

A uniformidade do enrocamento de protecção é indicadora do bom estado de conservação do enrocamento e permite verificar a inexistências de assentamentos no aterro.

É possível observar uma ressurgência no encontro direito da portela ME1, junto ao início da valeta do pé do talude de jusante, não sendo evidente que esta tenha origem na albufeira.

Pode, ainda, observar-se que a zona junto ao pé do talude de jusante encontra-se limpa de vegetação e as valetas de pé de talude encontram-se desobstruídas.

Refere-se, também, que ao nível da banqueta há alguma acumulação de água pluvial, associada a zonas onde o material do aterro aparenta ser mais fino.

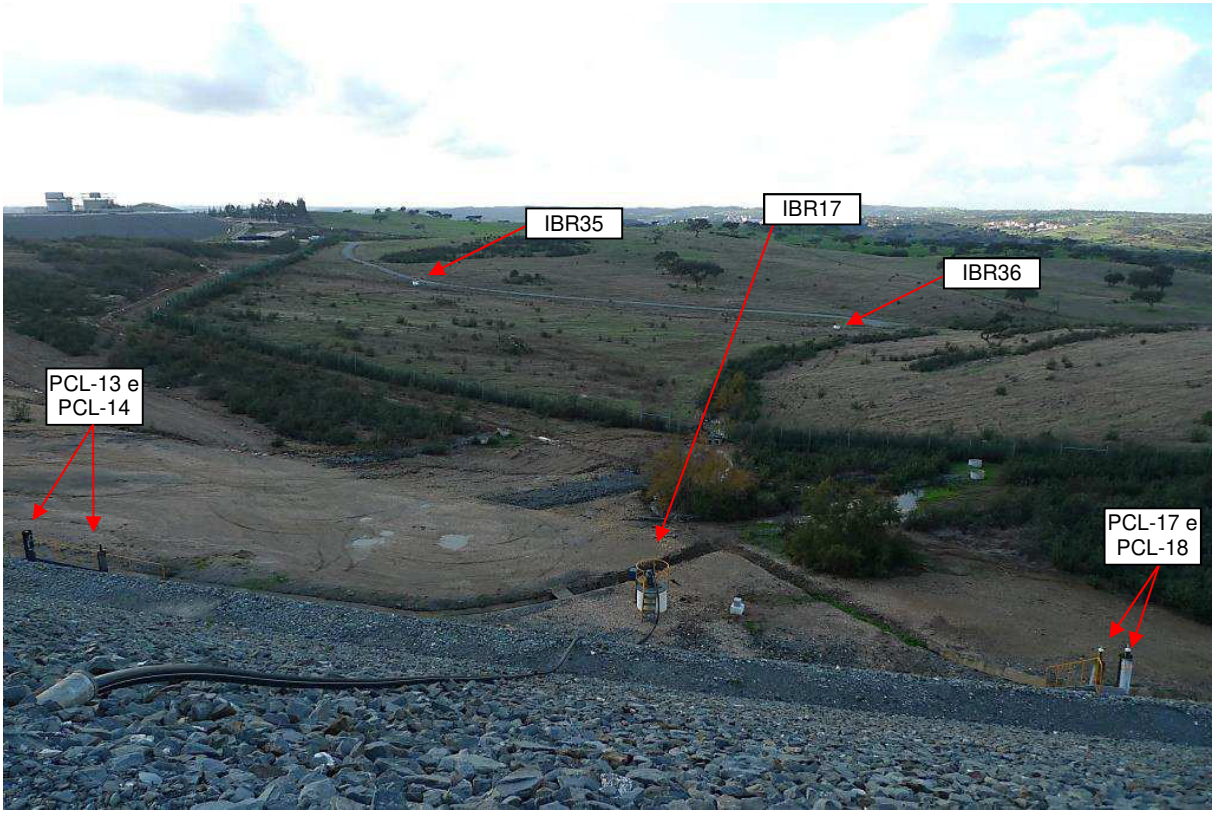
ANEXO 2 (18/24)

Fotografia 18 – Portela ME1. Vista do encontro esquerdo

2014.11.24

A zona junto ao pé do talude de jusante encontra-se limpa de vegetação e as valetas de pé de talude encontram-se limpas.

À data da visita não foram detectadas quaisquer ressurgências ao longo do encontro esquerdo a jusante.



Fotografia 19 – Portela ME1. Vista para jusante

2014.11.24

Observa-se, em primeiro plano, o poço de bombagem IBR17. Ao fundo podem, ainda, observar-se os poços de bombagem IBR35 e IBR36.

Os trabalhos de captação e encaminhamento das ressurgências existentes nesta zona têm-se mostrado eficientes, não se observando novas ressurgências.

À data da inspecção visual, dado o terreno natural estar molhado, não foi possível verificar se a ressurgência existente no pé do talude, no alinhamento dos piezómetros PCL13 e PCL14, sofreu alguma variação relativamente ao observado nas inspecções anteriores.

ANEXO 2 (20/24)

Fotografia 20 – Portela ME2A. Ressurgência existente a cerca de 100 m a jusante do aterro (na zona a jusante do poço de bombagem IBR19), associada às sondagens de prospecção mineira

2014.11.24

Esta ressurgência já havia sido detectada nas inspecções anteriores, não se tendo detectado quaisquer evoluções.

Salienta-se que foram realizados trabalhos no local, por forma a limitar afluências de água pluvial à zona da ressurgência.

ANEXO 2 (21/24)

Fotografia 21 – Portela ME2B. Vista do coroamento do aterro

2014.11.24

O revestimento betuminoso, ao longo de toda a extensão do coroamento, apresenta-se regular e sem fissuração.

Observam-se, ainda, as condutas de transporte de rejeitados e de água no alinhamento de montante do coroamento. Quer as condutas, quer os respectivos maciços de apoio, apresentam um bom estado de conservação.

ANEXO 2 (22/24)

Fotografia 22 – Portela ME2C. Ressurgência junto ao poço de bombagem IBR30

2014.11.24

Ao longo do pé do talude de jusante observam-se deposições ferruginosas decorrentes de precipitações e também alguma vegetação. É, no entanto, de referir que, à data da visita não se observava, escorrência de água.

Estas ressurgências já haviam sido observadas na inspecção de especialidade de 2013.

ANEXO 2 (23/24)

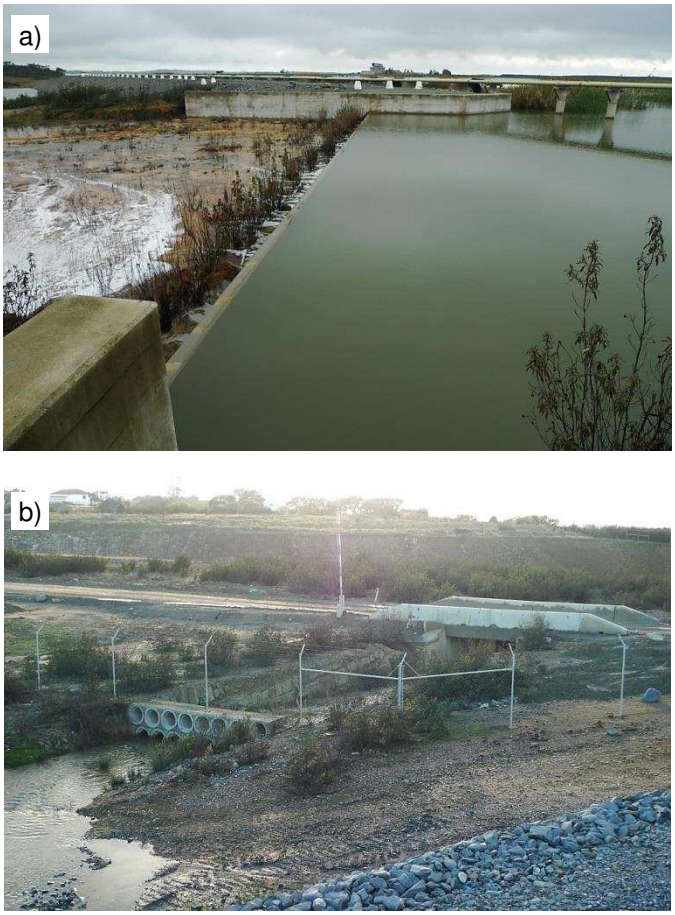
Fotografia 23 – Barragem de Monte Branco . Vista do paramento de jusante do aterro

2014.11.24

A uniformidade do enrocamento de protecção é indicadora do bom estado de conservação do enrocamento e permite verificar a inexistências de assentamentos no aterro.

A albufeira da barragem de Monte Branco já se encontra dividida pelo aterro de partição, executado no âmbito das obras de construção do Reservatório do Cerro da Mina.

ANEXO 2 (24/24)



Fotografia 24 – Órgãos hidráulicos: a) vista da soleira do descarregador de cheias da IRCL; b) Vista do descarregador de cheias da barragem do Monte Branco

2014.11.24

À data da visita, o descarregador de cheias da IRCL apresentava-se em funcionamento seguindo o plano de descargas aprovado pela Autoridade. Observou-se um pequeno desnível na soleira e a existência de alguma vegetação junto à mesma. No entanto, estes aspectos não influenciavam de forma relevante a descarga.

O descarregador de cheias da barragem do Monte Branco encontrava-se em funcionamento, não se tendo detectado qualquer anomalia.

CENOR - Consultores, S. A.

Rua das Vigias, 2 . Piso 1 Parque das Nações
1990-506 LISBOA . PORTUGAL
T. +351.218 437 300 **F.** +351.218 437 301 cenor@**cenor.pt**

CENOR
Consulting Engineers

SOMINCOR
Sociedade Mineira de Neves Corvo, S.A.

Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo. Observação Anual e Análise do Comportamento

Análise do comportamento estrutural, hidráulico e ambiental referente ao ano de 2014

Março 2015

CENOR®
Consulting Engineers

APRESENTAÇÃO

SOMINCOR – SOCIEDADE MINEIRA DE NEVES CORVO, S. A.

INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS DO CERRO DO LOBO. OBSERVAÇÃO ANUAL E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO

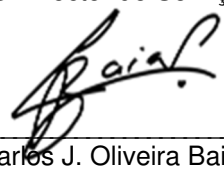
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL, HIDRÁULICO E AMBIENTAL REFERENTE AO ANO DE 2014

APRESENTAÇÃO

A **CENOR - Consultores, SA** apresenta, para a SOMINCOR, o relatório da Análise do Comportamento Estrutural, Hidráulico e Ambiental da Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo, referente ao ano de 2014.

Lisboa, Março de 2015

O Director de Serviço



Carlos J. Oliveira Baião
(Mestre Eng. Geológica-Geotecnia - UNL)
(Especialista em Geotecnia O.E.)
(Ins. na O.E. sob o nº 24993)

ÍNDICE

ÍNDICE

TEXTO

Pág.

1 INTRODUÇÃO 1

2 ANÁLISE DE COMPORTAMENTO ESTRUTURAL E HIDRÁULICO 3
2.1 INTRODUÇÃO 3
2.2 DADOS METEOROLÓGICOS 3
2.3 DADOS DE PRODUÇÃO 4
2.4 NÍVEIS PIEZOMÉTRICOS NO ATERRO E NA FUNDAÇÃO 6
2.4.1 Considerações gerais 6
2.4.2 Piezómetros hidráulicos e piezómetros pneumáticos 6
2.4.3 Piezómetros PCL 11
2.5 CAUDAIS DE PERCOLAÇÃO 12
2.6 DESLOCAMENTOS SUPERFICIAIS 17
2.6.1 Considerações gerais 17
2.6.2 Assentamentos (altimetria) 18
2.6.3 Deslocamentos horizontais (planimetria) 19
2.7 DESLOCAMENTOS INTERNOS 20
2.8 REGISTOS SISMOLÓGICOS 20

3 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO AMBIENTAL 21
3.1 INTRODUÇÃO 21
3.2 ÁGUA SUBTERRÂNEA – PIEZÓMETROS PCL 21
3.2.1 Locais e parâmetros analisados 21
3.2.2 Resultados obtidos 22
3.3 ÁGUA SUPERFICIAL – POÇOS DE BOMBAGEM 23
3.3.1 Locais e parâmetros analisados 23
3.3.2 Resultados obtidos 23
3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS 24

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 27

FIGURAS

Figura A – Cotas Piezométricas nos Perfis P01 E P02

Figura B – Cotas Piezométricas nos Perfis P03 E P04

Figura C – Cotas Piezométricas nos Perfis P05

Figura D – Cotas Piezométricas nos Perfis P06
Figura E – Cotas Piezométricas nos Perfis P07
Figura F – Cotas Piezométricas nos Perfis P08
Figura G – Cotas Piezométricas nos Perfis P09
Figura H – Cotas Piezométricas nos Perfis P10

ANEXOS

1 - Dados meteorológicos da estação do Monte Branco (2 páginas)
2 - Dados da produção (2 páginas)
3 - Níveis piezométricos no aterro e na fundação (54 páginas)
4 - Caudais de percolação (13 páginas)
5 - Deslocamentos superficiais – Assentamentos (7 páginas)
6 - Deslocamentos superficiais horizontais (14 páginas)
7 - Água subterrânea – Piezómetros PCL. Resultados das análises da água (22 páginas)
8 - Água superficial – Poços de bombagem. Resultados das análises da água (14 páginas)
9 - Planta das áreas de deposição de rejeitados espessados em Dezembro de 2014 (1 página)

TEXTO

1 INTRODUÇÃO

No seguimento da inspecção visual de especialidade à Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (IRCL), realizada no dia 24 de Novembro de 2014, e da elaboração do respectivo relatório, e dando cumprimento ao exposto na legislação em vigor, nomeadamente no Decreto-Lei nº 10/2010 de 4 de Fevereiro (alterado pelo Decreto-Lei nº 31/2013 de 31 de Fevereiro), que estabelece o regime jurídico da gestão de resíduos de extracção, no Decreto-Lei nº 344/2007 de 15 de Outubro – "Regulamento de Segurança de Barragens" (RSB) – e na Portaria nº 847/93 de 10 de Setembro – "Normas de Observação e Inspecção de Barragens" (NOIB), apresenta-se no presente documento a análise do comportamento estrutural, hidráulico e ambiental e a avaliação da segurança da IRCL.

O relatório da inspecção visual de especialidade, designado por "SOMINCOR. Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo. Observação Anual e Análise do Comportamento. Inspecção visual de Especialidade de 2014" foi elaborado, pela CENOR, em Março de 2015. Nesse relatório apresentam-se os aspectos relevantes, relativos ao comportamento do aterro e dos órgãos hidráulicos, observados durante a referida inspecção visual.

A descrição dos dispositivos de observação instalados na IRCL foi apresentada no documento elaborado pela CENOR, em Abril de 2009, intitulado "SOMINCOR. Barragem do Cerro do Lobo. Observação Anual e Análise do Comportamento. Análise dos Elementos Existentes". Neste documento apresentam-se também os principais resultados dos modelos de previsão que constam do projecto de execução, elaborado pela Hidroprojecto[1].

No presente relatório faz-se a análise dos resultados da observação, nomeadamente dos resultados dos dados meteorológicos, dos dados da produção, dos níveis piezométricos no aterro e na fundação, dos caudais de percolação, dos deslocamentos superficiais e dos registos sismológicos. Tecem-se, também, considerações sobre o comportamento do aterro, tendo por base a análise das observações e a sua comparação com os modelos de previsão do comportamento.

Faz-se, também, a análise dos resultados da monitorização ambiental, tendo por base os resultados dos ensaios das amostras de água recolhidas nos pontos de monitorização sob influência directa da IRCL (piezómetros PCL e poços IBR).

É de salientar que, desde Novembro de 2010, encontra-se em exploração o sistema de deposição emersa de rejeitados espessados. Esta deposição é realizada em áreas de deposição construídas no interior da bacia da IRCL, delimitadas por diques construídos com escombro da mina (Anexo 9).

No entanto, dado que a central de produção de rejeitados espessados não tinha capacidade para espessar a totalidade dos rejeitados decorrentes do processo de concentração, parte da deposição

[1] Hidroprojecto (2002, Dezembro). SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves Corvo, S.A. Barragem de Cerro do Lobo. 4ª Fase de Construção. Remodelação do Projecto de Alteamento da Barragem da Cota 252 para a Cota 255. Projecto de Execução

de rejeitados foi ainda efectuada de forma submersa (polpa), até Agosto de 2012. Esta deposição foi efectuada nas áreas de deposição 1 a 4, 6 e 10 – 1º nível – (Anexo 9), construídas para deposição emersa de rejeitados espessados.

Enquanto foi mantida a deposição em polpa no interior das áreas de deposição foi sempre garantida uma cobertura de água mínima de 0,5 m.

A partir de Agosto de 2012, a deposição de rejeitados tem sido realizada, quase exclusivamente, de forma emersa, ou seja, só têm sido depositados rejeitados espessados. Apenas em períodos de manutenção dos espessadores tem sido necessário proceder à deposição de rejeitados em polpa, sendo esta deposição efectuada nas áreas de deposição delimitadas pelos diques.

Já em 2013, foi criada uma nova área para deposição de rejeitados espessados, designada por mezzanine (áreas de deposição M1, M2, M3 e M4, Anexo 9), que se sobrepõe a parte das células 1, 4 e 6 e à totalidade das células 2 e 3. A deposição de rejeitados, durante 2013, foi realizada exclusivamente nesta área de deposição.

Durante o ano de 2014, a deposição de rejeitados foi efectuada nas áreas de deposição 1, 4, 6, 10 e "mezzanine". É de salientar que durante o ano de 2014 foi também iniciada a construção das bermas sobre o paramento de montante dos aterros da IRCL, que delimitarão as áreas de deposição junto aos aterros. Esta construção iniciou-se na zona da portela MD, em Maio e Junho, tendo-se também executado a berma na zona da portela ME em Novembro e Dezembro. Para acompanhar a construção destes aterros foram feitas algumas adaptações ao plano de observação da IRCL, que previram o aumento da periodicidade das leituras[2,3].

Importa ainda referir que em Novembro de 2010 foram concluídos os trabalhos de captação e controlo das ressurgências existentes a jusante dos aterros do corpo principal, da portela do corpo principal, da portela ME1 e da portela ME2.

Estes trabalhos consistiram na execução de tapetes drenantes e de valas drenantes para captação das ressurgências, sendo as águas colectadas encaminhadas para poços de bombagem (existentes ou novos) ligados à bacia da IRCL. A jusante do corpo principal foram ainda executadas valas de drenagem para desvio das águas de escorrência superficial dos sistemas sub-superficiais de captação das ressurgências.

A descrição dos trabalhos efectuados, assim como os desenhos com a definição dos sistemas de captação e bombagem, são apresentados num relatório elaborado pela CENOR, em Fevereiro de 2012, intitulado "SOMINCOR. Captação e drenagem das águas de infiltração na Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo. Fiscalização e controlo dos trabalhos".

[2] Cenor (2014, Maio) – Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo. Berma para assentamento das condutas de deposição de rejeitados espessados. Parecer
[3] Cenor (2014, Julho) – Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo. Berma para assentamento das condutas de deposição de rejeitados espessados. Parecer

2 ANÁLISE DE COMPORTAMENTO ESTRUTURAL E HIDRÁULICO

2.1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo faz-se a análise dos resultados das observações da Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (IRCL) e a sua comparação com os modelos de previsão do comportamento apresentados no projecto de execução, no sentido de avaliar o comportamento estrutural e hidráulico da instalação.

Os resultados da observação foram fornecidos pela SOMINCOR em Janeiro de 2015, sendo as últimas leituras referentes às seguintes datas:

- Dezembro de 2014: dados meteorológicos;
- Dezembro de 2014: cota da água na albufeira;
- Dezembro de 2014: dados de produção;
- Dezembro de 2014: níveis piezométricos nos piezómetros hidráulicos e pneumáticos;
- Dezembro de 2014: níveis piezométricos nos piezómetros de controlo ambiental;
- Dezembro de 2014: caudais bombeados nos poços IBR;
- Outubro de 2014: assentamentos e deslocamentos em planimetria na portela MD, no corpo principal, na PCP e na portela ME2;
- Dezembro de 2014: assentamentos e deslocamentos em planimetria na portela ME1.

Refere-se que, devido a um problema no *software* de análise dos dados do equipamento de medição dos inclinómetros, não foi possível dispor-se das leituras dos deslocamentos internos do aterro da IRCL. A SOMINCOR está a procurar resolver este problema junto do fornecedor do equipamento.

Nos Anexos 1 a 6 apresentam-se as figuras com os gráficos do tratamento de todos os dados da observação considerados relevantes para a análise do comportamento da IRCL.

Foi ainda facultada pela SOMINCOR a planta actualizada com a delimitação das áreas de deposição de rejeitados no interior da bacia da IRCL, que se apresenta no Anexo 9.

Adicionalmente, apresentam-se também as Figuras A a H com a representação dos níveis piezométricos nos vários perfis de observação.

2.2 DADOS METEOROLÓGICOS

Nas instalações do couto mineiro existem duas estações meteorológicas, a estação do Monte Branco, localizada próximo da Barragem de Monte Branco, e a estação de Neves Corvo, localizada próximo das instalações da mina. No presente estudo, dada a proximidade da estação do Monte Branco à IRCL, apenas se consideraram os dados desta estação.

No Anexo 1 apresentam-se os dados meteorológicos registados na estação de Monte Branco entre 2004 e 2014, nomeadamente, a precipitação mensal (Figura 1.1) e a evaporação mensal (Figura 1.2). É ainda apresentada a variação do nível de água na albufeira em função da precipitação mensal (Figura 1.3).

Da análise dos registos da precipitação verifica-se que existe alguma variabilidade ao longo dos anos nas precipitações mensais e que os maiores períodos de precipitação ocorrem entre Outubro e Abril. Durante os meses de Junho e Julho as precipitações são, em geral, muito baixas ou nulas. Durante o ano de 2014,o maior valor de precipitação registou-se em Novembro, com um valor relativamente alto comparativamente aos anos anteriores. Nos restantes meses, os valores registados enquadram-se nos registos dos anos anteriores.

Relativamente à evaporação, verifica-se que os valores mensais são mais constantes ao longo dos anos, registando-se evaporações mais elevadas entre Junho e Setembro. Os valores registados em 2014 enquadram-se nos valores registados nos anos anteriores.

A análise da Figura 1.3 permite verificar que existe uma dependência das variações da cota do nível de água na albufeira com a precipitação, como seria expectável. É, no entanto de referir que, desde Janeiro de 2010, a variação do nível de água na bacia da IRCL foi muito reduzida.

Salienta-se, ainda, que a gestão do nível de água no interior da albufeira permitiu evitar a descarga de água pelo descarregador de cheias até ao final de 2014. No entanto, por forma a facilitar esta gestão e dadas as alterações verificadas nas características da albufeira com a construção das áreas de deposição de rejeitados, foi autorizado pela Autoridade (DGEG), em Janeiro de 2012, o alteamento da soleira do descarregador de cheias para a cota 253,90 m (alteamento de 0,40 m relativamente à cota de projecto). Os trabalhos de alteamento da soleira decorreram entre 30 de Janeiro e 12 de Fevereiro de 2012.

Já após a conclusão da construção do reservatório do Cerro da Mina (RCM), durante os períodos de chuva mais intensa, ocorreram descargas através do descarregador de cheias da IRCL. Estas descargas estavam a ser efectuadas de acordo com o planeado e aprovado pela Autoridade, sendo a água encaminhada para o Reservatório do Cerro da Mina (RCM) e aí descarregada pela obra de entrada principal, conforme definido no projecto

2.3 DADOS DE PRODUÇÃO

Dos dados de produção disponíveis, o mais relevante para o comportamento dos aterros é o volume de rejeitados armazenado na albufeira.

Conforme referido anteriormente a deposição de rejeitados foi realizada, exclusivamente, de forma submersa (rejeitados em polpa) até Novembro de 2010, passando também a ser realizada de forma emersa (rejeitados espessados), dentro das áreas construídas para o efeito, a partir dessa data. Desde Agosto de 2012 a deposição de rejeitados é realizada, quase exclusivamente, de forma

emersa. Apenas em períodos de manutenção dos espessadores tem sido necessário proceder à deposição de rejeitados em polpa, mas em quantidades muito reduzidas.

Na Figura 2.1 apresenta-se a variação do armazenamento de rejeitados em polpa até 2010, apresentando-se na Figura 2.2 a variação do armazenamento de rejeitados em polpa e dos rejeitados espessados entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014.

Da análise da Figura 2.1 verifica-se que o volume de rejeitados em polpa armazenado na albufeira, fora das áreas de deposição de rejeitados espessados, aumentou de uma forma relativamente constante até cessar em 15 de Julho de 2010, verificando-se que o valor máximo do volume anual depositado ocorreu em 2009, atingindo aproximadamente 1,16 x 10^6 m^3.

O topo dos rejeitados espessados (obtido no último levantamento hidrográfico realizado em Fevereiro de 2010) depositados junto ao paramento de montante do aterro encontra-se entre cerca das cotas 252,0 m e 252,50 m, na zona da portela MD e do corpo principal, e entre cerca das cotas 250,0 m e 252,0 m na zona das portelas da margem esquerda.

O volume total de rejeitados em polpa depositado na bacia da IRCL, fora das áreas de deposição delimitadas pelos diques, é de cerca de 16,75x10^6 m^3, valor muito próximo da capacidade de armazenamento submerso máxima, de 17x10^6 m^3.

A partir de Junho de 2010 a deposição de rejeitados em polpa foi realizada exclusivamente no interior das áreas de deposição 1 a 4, 6 e 10, construídas para deposição de rejeitados espessados. Esta deposição foi realizada em simultâneo com a deposição de rejeitados espessados até cessar em Agosto de 2012.

Actualmente estima-se que o sistema de deposição emersa de rejeitados espessados permite uma capacidade de armazenamento de 16,3x10^6 m^3, o que perfaz um volume total de armazenamento de cerca de 33,3x10^6 m^3 (uma vez que a capacidade de armazenamento submerso era de 17x10^6 m^3).

Estima-se, também, que o volume total de rejeitados (em polpa e espessados) depositados actualmente seja de cerca 23,4x10^6 m^3, pelo que o volume de rejeitados (em polpa e espessados) depositados no interior das áreas de deposição é de cerca de 6,65x10^6 m^3. Em 2014 foram depositados cerca de 1,60x10^6 m^3 de rejeitados.

Da análise da Figura 2.2 verifica-se, também, que o volume médio de rejeitados espessados depositado mensalmente em 2014 manteve-se em relação a 2013. O volume total sofreu uma ligeira diminuição de cerca de 3% de 2013 para 2014.

Na Figura 2.2 apresenta-se ainda a quantidade de escombro utilizada na construção dos diques de delimitação das áreas de deposição, cuja configuração actual em planta é apresentada no Anexo 9. Até Dezembro de 2014 foram utilizadas cerca de 4,2x10^6 toneladas de escombro (o que deverá corresponder a um volume de cerca de 2,0 x10^6 m^3).

Conforme se pode verificar na planta apresentada no Anexo 9, as áreas de deposição actualmente em exploração, para deposição de rejeitados, localizam-se na zona da albufeira mais afastada dos aterros da IRCL, estando o dique de delimitação mais próximo do coroamento do corpo principal a uma distância de cerca de 120 m.

2.4 NÍVEIS PIEZOMÉTRICOS NO ATERRO E NA FUNDAÇÃO

2.4.1 Considerações gerais

Nos aterros e na respectiva fundação encontram-se instalados 27 piezómetros hidráulicos (12 no aterro e 15 na fundação) e 35 piezómetros pneumáticos (17 no aterro e 18 na fundação), distribuídos por 10 perfis de observação, designados de PO1 a PO10.

A leitura dos piezómetros tem sido feita com uma periodicidade mensal, apresentando-se no Anexo 3 os gráficos com a evolução ao longo do tempo da cota piezométrica nos vários piezómetros. Nos gráficos representa-se também a cota do nível de água na albufeira e a cota da ponteira dos piezómetros.

Nas Figuras A a H representam-se nos vários perfis de observação as cotas piezométricas medidas na última campanha de leituras (cotas representadas a azul). Nestas figuras são ainda indicados o nível de água na albufeira à data da última campanha de leituras e a cota do topo dos rejeitados determinada no levantamento hidrográfico de Fevereiro de 2010.

A jusante dos aterros da IRCL encontram-se ainda instalados 14 pares de piezómetros hidráulicos para controlo ambiental (piezómetros PCL), onde também são medidas as cotas piezométricas. As câmaras de captação destes piezómetros encontram-se a 10 e 20 m de profundidade para os piezómetros designados com número par e com número impar, respectivamente. É, ainda, de referir que existem mais 8 piezómetros para controlo ambiental (3 a montante da barragem e 5 a jusante da barragem), que dada a sua localização mais afastada da barragem não foram considerados na análise do comportamento estrutural e hidráulico da IRCL.

Os gráficos com a variação ao longo do tempo da cota piezométrica dos piezómetros PCL são também apresentados no Anexo 3. Alguns destes piezómetros apresentam artesianismo, sendo que nestes casos representa-se, também, nos respectivos gráficos a variação da pressão da água.

2.4.2 Piezómetros hidráulicos e piezómetros pneumáticos

Da análise global das figuras apresentadas no Anexo 3 (Figuras 3.1 a 3.59), relativas à evolução das cotas piezométricas com o tempo, medidas nos piezómetros hidráulicos e pneumáticos, verifica-se que, em geral, as cotas piezométricas aumentaram gradualmente com a subida do nível de água na albufeira. Desde o final de 2010 verifica-se que, de uma forma geral, não há variações significativas nas cotas piezométricas medidas, dado que as variações do nível de água na albufeira foram muito

reduzidas. Este cenário deverá manter-se no futuro, enquanto não se proceder ao enchimento das áreas de deposição localizadas junto aos aterros da IRCL.

Relativamente aos piezómetros localizados sobre os tapetes drenantes e nos maciços estabilizadores de jusante, verifica-se que, de uma forma geral, estes se encontram secos. No entanto, no perfil PO8, os piezómetros Ph50 e Ph51 indicam que o tapete drenante das fases de construção anteriores está saturado. Contudo, dado que foi construído um novo dreno a jusante deste tapete drenante na 4ª fase de construção, este aspecto não é condicionante para o comportamento do aterro.

No que se refere aos piezómetros instalados na fundação do aterro, verifica-se que em alguns perfis de observação se registam cargas hidráulicas superiores ao expectável. Este aspecto deverá estar na origem das ressurgências que existiam a jusante do aterro, nomeadamente a jusante das portelas ME1 e ME2A, ressurgências essas que já se encontram captadas e monitorizadas.

É ainda de referir que, em alguns piezómetros pneumáticos, se registaram variações bruscas e, por vezes, acentuadas das cotas piezométricas, sem que contudo estas pareçam ter significado físico. Estes valores anormais devem estar associados a anomalias de funcionamento dos dispositivos. Exemplo disso são os piezómetros Pp33 e Pp34 registaram variações significativas nas cotas piezométricas ao longo de 2014, sendo que no caso do Pp34 a pressão medida chegou a ultrapassar a cota da albufeira.

De seguida faz-se a análise detalhada dos níveis piezométricos instalados no aterro e na respectiva fundação, segundo os perfis de observação (Figuras A a H).

Perfil PO1 (portela MD) – o piezómetro Ph1 apresenta uma perda de carga total relativamente à cota da albufeira, tal como previsto no modelo de cálculo do projecto de execução; os piezómetros Pp2 e Pp3 apresentam uma carga hidráulica reduzida, o que está de acordo com o facto de não terem sido detectadas ressurgências a jusante da portela MD;

Perfil PO2 (corpo principal) – os piezómetros Pp4 e Pp5 têm apresentado leituras irregulares, o que deverá estar associado às cargas hidráulicas reduzidas que deverão estar instaladas nesta zona da fundação, decorrentes da reduzida carga hidráulica deste perfil de observação e da presença dos rejeitados na albufeira;

Perfil PO3 (corpo principal) – a cota piezométrica do piezómetro Ph7, instalado na fundação no alinhamento do eixo do aterro, evidencia uma perda de carga, relativamente à cota da albufeira, de cerca de 95%, o que corresponde ao expectável; o piezómetro Ph6, localizado no interior do aterro na vertical do Ph7, próximo do contacto com a fundação, encontra-se seco (apesar de as leituras indicarem uma carga hidráulica inferior a 0,5 m, considera-se que estas leituras estão associadas a humidade no interior do tubo do piezómetro e não a um nível de água instalado); o piezómetro Ph8, localizado na fundação junto ao pé do talude de jusante, evidencia uma perda de carga total, relativamente à cota da albufeira;

Perfil PO4 (corpo principal) – o piezómetro Ph9, localizado no aterro, próximo do contacto com a fundação, no alinhamento de jusante do coroamento, e o piezómetro Ph11, localizado no interior

do aterro no alinhamento da banqueta intermédia, encontram-se secos, o que evidencia um comportamento adequado; o piezómetro Ph10, instalado na fundação sob a zona mais alta do aterro, apresenta uma perda de carga de cerca de 95% relativamente à cota da albufeira, o que corresponde ao expectável; o piezómetro Ph12, localizado na fundação junto ao pé do talude de jusante, apresenta uma carga hidráulica mais elevada que o expectável, sem que, contudo, se observem ressurgências junto ao pé do talude; esta situação deverá estar associada às complexas condições hidrogeológicas do maciço rochoso de fundação, sendo de referir que já havia sido reportada nos relatórios de análise do comportamento anteriores, não se tendo verificado qualquer evolução desfavorável;

Perfil PO5 (corpo principal) – os piezómetros instalados no alinhamento de montante do núcleo (Pp14[4] e Pp15) apresentam perdas de carga, relativamente à cota da albufeira, de cerca de 25% a 30%; os piezómetros Pp16 e Pp17[5], instalados no alinhamento de jusante do núcleo, apresentam uma perda de carga de 60%; estes valores estão de acordo com o modelo de previsão do comportamento apresentado no projecto de execução e têm-se mantido aproximadamente constantes desde 2010; os piezómetros pneumáticos instalados a jusante do núcleo acima do tapete drenante, designados Pp20 e Pp23, apresentam cargas hidráulicas de 2,0 m o que é um valor elevado para a zona onde se localizam os piezómetros; no entanto, os valores medidos deverão estar associados a anomalias de funcionamento destes piezómetros por não existir carga hidráulica[6]; este aspecto é confirmado pelo piezómetro Ph26[7], localizado aproximadamente à mesma cota dos piezómetros Pp20 e Pp23, que se encontra seco; o piezómetro Ph29, instalado no maciço estabilizador de jusante no alinhamento da banqueta intermédia, encontra-se seco, como é expectável; ao nível da fundação verifica-se que, sob o núcleo (piezómetros Pp18 e Pp19), a perda de carga relativamente à albufeira é de cerca de 55% a 60%, valores estes que são da mesma ordem de grandeza do valor obtido no modelo de cálculo apresentado no projecto de execução (65%); 10 m a jusante e na zona mais superficial da fundação (piezómetros Pp21 e Ph28) verifica se uma perda de carga relativamente à albufeira muito significativa, da ordem de 95%; próximo do pé do talude de jusante (Ph30), verifica-se que a perda de carga, relativamente à cota da albufeira, é total (apesar de no piezómetro Pp24, localizado 10 m a montante do Ph30, se observar uma cota piezométrica um pouco mais elevada); na zona mais profunda da fundação (≈ 12,0 m de profundidade), sob o núcleo e sob a zona mais alta do aterro, a perda de carga não é tão significativa como na zona superficial; segundo o modelo de cálculo apresentado no projecto de execução tal não é expectável; isto verifica-se nos piezómetros Pp22 e Ph27; mais a jusante,

[4] O piezómetro Pp14 esteve inoperacional entre Fevereiro de 2010 e Abril de 2011 (sendo possível efectuar leituras pontuais), tendo sido reparado em Abril de 2011. Desde essa data têm-se verificado algumas dificuldades de leitura e oscilações bruscas em leituras consecutivas. No entanto, estas oscilações parecem estar a atenuar-se.

[5] O piezómetro Pp17 apresentou leituras anómalas da cota piezométrica entre Fevereiro e Outubro de 2010. Segundo informações dadas pela SOMINCOR, não foi possível efectuar a leitura de Fevereiro de 2010, uma vez que os terminais de medição se encontravam com muita água. Desde essa data até Outubro de 2010 (Figura 3.16), apesar das leituras decorrerem com normalidade, os valores medidos da cota piezométrica foram muito elevados, sem que tenham ocorrido variações significativas da carga hidráulica. Em Outubro de 2010 verificou-se uma redução brusca da cota piezométrica, tendo-se mantido aproximadamente constante até à presente data.

[6] Hanna, T. H. (1985) Field Instrumentation in Geotechnical Engineering. Trans Tech Publications.

[7] Tem havido alguma dificuldade na leitura deste piezómetro associada a dificuldades na introdução da sonda de leitura no tubo do piezómetro. Na última leitura (Dezembro 2014) este piezómetro apresentou uma pequena carga que no entanto deve estar associada a humidade no tubo do piezómetro.

no piezómetro Pp25 também localizado a maior profundidade, a cota piezométrica é da mesma ordem de grandeza da medida na zona mais superficial da fundação; esta situação não tem consequências negativas no desempenho da obra e tem-se mantido constante ao longo dos últimos anos, devendo estar associada às complexas condições hidrogeológicas do maciço rochoso de fundação; refere-se, ainda, que não foi possível realizar as últimas quatro leituras (de Setembro a Dezembro de 2014) dos piezómetros Pp24 e Pp25 devido a danos nos tubos de leitura;

Perfil PO6 (corpo principal) – os piezómetros instalados no núcleo apresentam perdas de carga, relativamente à cota da albufeira, de cerca de 15% a 25% e de 60%, nos alinhamentos de montante (Pp31 e Pp32) e de jusante (Pp33), respectivamente; estes valores são da mesma ordem de grandeza dos previstos no modelo de cálculo do projecto de execução e têm-se mantido constantes desde 2009; refere-se, ainda, que no piezómetro Pp33 se têm registado variações significativas no valor da cota piezométrica, que contudo deverão estar associadas a anomalias de funcionamento do piezómetro; o piezómetro Ph41, localizado próximo do contacto do aterro com a fundação cerca de 15 m a jusante do núcleo, encontra-se seco (apesar de este piezómetro apresentar uma pequena carga, considera-se que esta deverá estar associada a humidade no tubo do piezómetro); no entanto, os piezómetros Pp36 e Pp38, localizados cerca de 4,5 m para montante e para jusante do Ph41, respectivamente, apresentam cargas hidráulicas de aproximadamente 2,0 m, o que não é realista e deverá estar associado a anomalias de funcionamento[8]; o piezómetro Ph43, localizado no talude de jusante no alinhamento da banqueta intermédia, apresenta-se seco, o que corresponde ao expectável; ao nível da fundação verifica-se uma perda de carga para jusante, de cerca de 65%, sob o núcleo (Pp35), e de cerca de 90% a 95% sob a banqueta inferior (Pp39, Pp40 e Ph44), tal como é expectável; refere-se que o piezómetro Pp34, localizado na fundação sob o núcleo, apresenta um comportamento anómalo com variações significativas da cota piezométrica (pontualmente ultrapassou a cota da água na albufeira);

Perfil PO7 (portela do corpo principal) – o piezómetro existente no interior do aterro no alinhamento do coroamento (Ph46) apresenta se seco; ao nível da fundação, sob a zona mais alta do aterro (Ph47 e Ph45), a perda de carga em relação ao nível de água na albufeira é de cerca de 85% a 95%, verificando-se que cerca de 6,0 m a jusante (Pp48 e Pp49) a perda de carga é total;

Perfil PO8 (portela do corpo principal) – os piezómetros Ph50 e Ph51, localizados na proximidade do tapete drenante das fases anteriores, evidenciam a saturação, ou eventual colmatação, deste órgão de drenagem, dado que o nível de água se encontra ligeiramente acima do topo do tapete drenante; salienta-se que esta situação já havia sido reportada nos relatórios de análise do comportamento anteriores, sem que se tenha verificado uma evolução desfavorável; por outro lado, dado que foi construído um novo órgão de drenagem a jusante não se considera que este aspecto seja gravoso para o comportamento do aterro; os piezómetros instalados na fundação

[8] Comportamento semelhante ao observado nos piezómetros Pp20 e Pp23 (Perfil PO5). Nos piezómetros Pp36 e Pp38, entre Agosto de 2009 e Março de 2010, foram registadas variações significativas da cota piezométrica (Figuras 3.35 e 3.38), sendo de referir que no caso do piezómetro Pp36 houve grandes dificuldades de leitura entre Outubro de 2008 e Julho de 2010.

(Pp53, Pp54 e Ph52), segundo o alinhamento de jusante do coroamento, apresentam perdas de carga, relativamente ao nível de água na albufeira, entre 90% e 100%;

Perfil PO9 (portela ME1) – o piezómetro existente no aterro (Ph56) apresenta-se seco, o que corresponde ao expectável; ao nível da fundação, apesar dos piezómetros mais superficiais (Ph57 e Pp58) apresentarem cargas hidráulicas reduzidas, a cerca de 5,0 m de profundidade (Ph55 e Pp59) as cotas piezométricas são elevadas, verificando-se perdas de carga, em relação ao nível de água na albufeira, de cerca de 40%, enquanto que segundo os modelos de previsão do comportamento a perda de carga deveria ser de 95%; no entanto, esta situação verifica-se desde 2009 sem qualquer evolução desfavorável; é, ainda, de referir que nestes dois piezómetros se verifica uma grande correlação entre o nível de água na albufeira e a cota piezométrica; este facto deverá estar associado à orientação da fracturação do maciço rochoso de fundação, o que também deverá ter estado na origem das ressurgências que se observavam a jusante da portela ME1 e que actualmente já se encontram captadas (estas captações encontram se ligadas ao novo poço IBR34); este aspecto parece estar de acordo com as observações dos piezómetros PCL (Capítulo 2.4.3), existentes a jusante do aterro da portela ME1, onde se registam cargas hidráulicas relativamente elevadas;

Perfil PO10 (portela ME2A) – os piezómetros existentes na zona superficial da fundação, sob a zona mais alta do aterro, evidenciam perdas de carga totais, em relação ao nível de água na albufeira; no entanto, verifica-se que imediatamente a jusante do aterro (piezómetros PCL - Capítulo 2.4.3) as cargas hidráulicas mantêm-se iguais às registadas sob o aterro, o que deverá estar na origem das ressurgências existentes a jusante da portela ME2 (estas ressurgências já se encontram captadas e encaminhadas para os novos poços IBR35 e IBR36).

Do exposto anteriormente, considera-se que o comportamento hidráulico do aterro, quer do núcleo e da geomembrana, quer do maciço estabilizador de jusante, é adequado. Ao nível da fundação verifica-se que, em algumas zonas, as cargas hidráulicas são um pouco elevadas, o que deverá estar associado às condições de fracturação do maciço rochoso de fundação e que deverá estar na origem das ressurgências que se observavam a jusante do aterro e que, actualmente, já se encontram captadas.

Por outro lado, verifica-se, também, que o regime de percolação pelo aterro e pela fundação da IRCL não tem alterações assinaláveis nos últimos anos, após se ter atingido um nível de água na albufeira aproximadamente constante.

Salienta-se, ainda, que as variações das cotas piezométricas registadas ao longo de 2014 no piezómetro Pp34, que correspondem a um comportamento anómalo do piezómetro, já se vêm verificando desde 2010.

2.4.3 Piezómetros PCL

As figuras apresentadas no Anexo 3 (Figuras 3.60 a 3.87) permitem analisar a evolução no tempo das cargas hidráulicas na fundação a jusante dos aterros, medidas nos piezómetros de controlo ambiental (PCL).

É de referir que desde 2010/2011 não foi possível medir a pressão da água nos piezómetros PCL7, PCL9, PCL10, PCL11 e PCL12, onde se verificam fenómenos de artesianismo, uma vez que existem fugas de água na cabeça dos piezómetros, que não permitem efectuar uma leitura rigorosa. Mais recentemente, pelos mesmos motivos, também no piezómetro PCL5 deixou de ser possível medir pressão da água. Durante o ano de 2013 foram retomadas as leituras dos piezómetros PCL11, PCL17 e PCL18 onde também se tinham verificado problemas de leitura, mas desde meados de 2014 não foi possível, novamente, medir as pressões nos piezómetros PCL17 e PCL18.

É de referir que actualmente está a procurar-se uma solução que permita reparar os piezómetros onde se verificam fugas de água pelo encabeçamento, por forma a que seja possível voltar a medir as pressões correctamente.

Da análise das cotas piezométricas medidas nos piezómetros localizados a jusante do corpo principal verifica-se que em seis piezómetros (PCL6 a PCL9, PCL11 e PCL 12) ocorrem fenómenos persistentes de artesianismo, sendo a cota piezométrica máxima cerca de 6,5 m superior à cota do terreno natural (PCL6). É de salientar que este fenómeno de artesianismo já se verificava antes da 4ª fase de construção. Actualmente, nos piezómetros PCL7, PCL9, PCL10 e PCL12 não é possível efectuar leituras da pressão.

De todos estes piezómetros, apenas nos piezómetros PCL7 e PCL8 se verifica uma relação evidente entre a variação da cota piezométrica com a cota da albufeira. No entanto, no caso do piezómetro PCL8, verificou-se uma redução brusca da pressão da água, em Janeiro de 2011, mantendo-se a pressão relativamente constante a partir dessa data. Este fenómeno deverá estar associado a uma alteração do regime hidrogeológico da zona mais superficial do maciço.

Nos piezómetros localizados a jusante da portela ME1 (PCL13 a PCL20) verificam-se fenómenos de artesianismo nos piezómetros PCL15 a PCL18, sendo de referir que nos piezómetros PCL17 e PCL18, estes fenómenos só começaram a ser persistentes para níveis de água na albufeira superiores à cota 252,5 m (desde Julho de 2014 não é possível realizar as leituras dos PCL17 e PCL18). Por outro lado, durante o enchimento da IRCL verificou-se que a variação da cota piezométrica dos piezómetros PCL13 e PCL14 era dependente do nível de água na albufeira.

Nesta zona da fundação verifica-se, ainda, que, quer nos piezómetros localizados sob o aterro, quer nos piezómetros localizados a jusante, a cota piezométrica é elevada, podendo este facto estar na origem das ressurgências existentes a jusante da portela ME1, ressurgências estas que já se encontram captadas e encaminhadas para o novo poço IBR34.

Nos piezómetros localizados a jusante da portela ME2A (PCL21 a PCL28) não se verificam fenómenos de artesianismo. À excepção do piezómetro PCL22, nos restantes piezómetros

verificou-se uma influência significativa do nível de água na albufeira com a cota piezométrica instalada, durante o enchimento da IRCL. Este facto pode estar associado à natureza do maciço rochoso de fundação, que potencia a passagem de água pela fundação.

Igual fenómeno deverá justificar as ressurgências ocorrentes a jusante da portela ME2A, que tal como as ressurgências a jusante da portela ME1 já foram captadas e encaminhadas para os novos poços IBR35 e IBR36.

É de referir que nos piezómetros PCL instalados a profundidades superiores (20 m), verifica-se que, quer na zona do corpo principal, quer na zona portela ME1, as cotas piezométricas são, em geral, ligeiramente superiores às observadas a 10 m de profundidade. Na zona da portela ME2A as cotas piezométricas a 20 m de profundidade são muito próximas das registadas a 10 m de profundidade.

2.5 CAUDAIS DE PERCOLAÇÃO

Por forma a controlar os caudais captados nos sistemas de drenagem interna dos aterros e bombeá-los para a albufeira, existem 14 poços de bombagem, designados de poços IBR, construídos durante as obras do 3º alteamento da IRCL. Os poços associados ao sistema de drenagem interna dos aterros são os seguintes:

- Portela MD: IBR25;
- Corpo principal: IBR32, IBR5A e IBR5;
- Portela do corpo principal: IBR16, IBR18 e IBR27;
- Portela ME1: IBR17;
- Portela ME2A: IBR15 e IBR19;
- Portela ME2B/2C: IBR26, IBR29 e IBR30;
- Barragem do Monte Branco: IBR31.

Existem ainda mais cinco pontos de controlo de caudais (IBR5B, IBR20, IBR18A, IBR27A e IBR29A) inseridos no maciço rochoso de fundação que captam escorrências de água localizadas identificadas durante as obras da 4ª fase de construção (3º alteamento).

No documento elaborado pela CENOR, em Abril de 2009, referente à análise dos elementos existentes sobre a IRCL, apresentam-se, de forma detalhada, as áreas de influência de cada poço IBR.

Decorrente dos trabalhos de captação das ressurgências existentes a jusante dos aterros, foram construídos seis novos poços, entre Novembro de 2009 e Novembro 2010: IBR5C e IBR6 a jusante do corpo principal; IBR33 a jusante da portela do corpo principal (no alinhamento do IBR18); IBR34 a jusante da portela ME1; IBR35 e IBR36 a jusante da portela ME2A.

No documento elaborado pela CENOR, em Fevereiro de 2012, referente à fiscalização e controlo dos trabalhos de execução dos novos sistemas de captação e drenagem das ressurgências, apresenta-se

a descrição dos trabalhos realizados, nomeadamente as valas de captação associadas a cada poço de bombagem.

É ainda de referir que, durante o ano de 2014, foram realizadas diversas limpezas dos tubos de ligação dos sistemas drenantes aos poços de bombagem, dado que apresentavam alguma colmatação devido à deposição de sólidos. Esta colmatação ocorre fundamentalmente nos poços da PCP e portela ME2.

No Anexo 4 apresentam-se os gráficos da evolução dos caudais bombeados nos poços IBR, representando-se nos mesmos gráficos a variação do nível de água na albufeira. Nestes gráficos apresenta-se, ainda, a estimativa dos caudais bombeados, determinada com base nos modelos de cálculo apresentados no projecto de execução, ajustando para tal os comprimentos de influência de cada poço.

Da análise das figuras apresentadas no Anexo 4 pode verificar-se o seguinte:

IBR25 (portela MD): não se verifica dependência do caudal bombeado com o aumento do nível de água na albufeira, devendo os picos de caudal estarem associados às águas infiltradas no paramento de jusante nos períodos de chuva; o caudal bombeado reduziu-se gradualmente de 2,5 m^3/s para cerca de 0,5 m^3/s até Julho de 2006 tendo-se mantido aproximadamente constante até ao final de 2012; em 2013 o caudal bombeado aumentou ligeiramente, mantendo-se aproximadamente constante em 2014; actualmente o caudal bombeado é de cerca de 1,1 m^3/h, valor este muito inferior à estimativa dos modelos de previsão do comportamento (9,3 m^3/h);

IBR32 (corpo principal): os caudais captados neste poço são muito reduzidos, sendo sempre inferiores à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento;

IBR5A (corpo principal): não se verifica dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira, devendo os picos de caudal registados estarem associados às águas infiltradas na sua envolvência nos períodos de chuva; o caudal bombeado tem-se mantido aproximadamente constante ao longo do tempo; o valor do caudal bombeado é de cerca de 1,0 m^3/h;

IBR5 (corpo principal): verifica-se que existe dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira; após o caudal bombeado ter aumentado gradualmente até Dezembro de 2008, verificou-se uma redução do caudal bombeado neste poço, com excepção dos períodos de precipitação mais intensa; a partir de Dezembro de 2012 voltou a aumentar gradualmente até Dezembro de 2014, sendo expectável que o aumento do caudal durante 2014 esteja associado à subida do nível de água na albufeira; em Dezembro de 2014 o caudal médio bombeado foi de cerca de 10,3 m^3/h;

IBR5C (corpo principal): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Junho de 2011, sendo em geral da ordem de 1m^3/h; em Novembro de 2012 verificou-se um acréscimo significativo do caudal bombeado, para cerca de 4 m^3/h, que se deve a um período de elevada precipitação; durante 2014 o valor médio do caudal bombeado foi sempre da ordem de 1,1 m^3/h;

IBR6 (corpo principal): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Junho de 2011, sendo muito influenciados pela precipitação; verifica-se que em períodos de pouca precipitação o caudal bombeado é da ordem de 0,5 m^3/h; em períodos de elevada precipitação, como os observados em Março e Outubro de 2013, os caudais bombeados aumentam significativamente para valores da ordem de 4,5 m^3/h;

IBR16 (portela do corpo principal): verifica-se que durante o enchimento do 3º alteamento não existiu dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira, devendo os picos de caudal estarem associados às águas infiltradas no paramento de jusante e na envolvência do poço nos períodos de chuva; o caudal bombeado manteve-se aproximadamente constante entre 2005 e 2009, verificando-se um ligeiro aumento após terem sido ligadas a este poço duas novas valas drenantes, executadas junto ao pé do talude de jusante do aterro para captação de ressurgências; a partir de meados de 2014 verifica-se um ligeiro acréscimo dos caudais bombeados que aparenta estar associado à subida do nível de água na albufeira; o caudal médio bombeado é de cerca de 7,0 m^3/h, que é inferior à estimativa dos modelos de previsão do comportamento (12,6 m^3/h);

IBR18 (portela do corpo principal): verifica-se que existe alguma dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira; o caudal bombeado aumentou gradualmente desde a conclusão do último alteamento até Novembro de 2008, tendo-se registado uma ligeira redução do caudal nessa altura; entre Janeiro de 2009 e Dezembro de 2012 o caudal bombeado manteve-se aproximadamente constante (com variações pontuais associadas aos períodos de chuva), com um valor médio de cerca de 4,5 m^3/h; a partir de Janeiro de 2013 o caudal bombeado aumentou significativamente, apresentando um pico em Junho de 2014, de 14,6 m^3/h; a partir de Julho de 2014 o caudal bombeado diminuiu significativamente registando-se actualmente um valor de cerca de 5,5 m^3/h, ligeiramente inferior à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento (6,0 m^3/h); apesar do comportamento anómalo apresentado por este poço, durante este período de variações significativas, não se detectaram anomalias no comportamento no aterro e na fundação da IRCL; deverá continuar-se a acompanhar a evolução do caudal bombeado neste poço, assim como o comportamento do aterro e do terreno envolvente, no sentido de se detectar, atempadamente, possíveis anomalias de comportamento;

IBR27 (portela do corpo principal): o caudal bombeado é praticamente nulo, situação que já havia sido verificada logo após a conclusão dos trabalhos da 4ª fase de construção; no poço IBR27A, situado a jusante do poço IBR27, e ao qual está associado um conjunto de esporões drenantes, também se verifica um caudal muito reduzido;

IBR33 (portela do corpo principal): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Março de 2012, sendo sempre inferiores a 0,5 m^3/h;

IBR17 (portela ME1): desde a conclusão do último alteamento, em Outubro de 2005, até Fevereiro de 2009 verificava-se alguma dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira; no entanto, desde essa data até Outubro de 2010, o caudal médio bombeado manteve-se relativamente constante e da ordem de 3,0 m^3/h; em Novembro de 2010 houve um aumento do

caudal bombeado, para cerca de 4 m^3/h mantendo-se aproximadamente constante até Dezembro de 2011; em Janeiro de 2012 verificou-se um decréscimo significativo do caudal bombeado, para cerca de 2,3 m^3/h, sem que a esta redução esteja associada qualquer anomalia de comportamento do aterro; já no final de 2012 houve um acréscimo do caudal bombeado para cerca de 3,0 m^3/h, mantendo-se aproximadamente constante ao longo de 2013; em 2014 houve novamente um decréscimo do caudal bombeado para cerca de 2,5 m^3/h; os valores observados são inferiores à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento (9,4 m^3/h);

IBR34 (portela ME1): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Março de 2012, tendo-se registado um ligeiro aumento do caudal durante 2013, sendo, no entanto, inferior a 1,0 m^3/h; durante 2014 o caudal bombeado diminuiu para valores inferiores a 0,5 m^3/h; as ressurgências existentes na zona desapareceram após os trabalhos de captação realizados;

IBR15 (portela ME2A): entre o início de 2006 e Setembro de 2009 verificou-se uma dependência acentuada do caudal bombeado com o nível de água na albufeira, passando de cerca de 4,0 m^3/h, em meados de 2006, para cerca de 8 m^3/h, em meados de 2009; desde essa data houve uma redução do caudal bombeado para cerca de 6,0 m^3/h, mantendo-se aproximadamente constante até Outubro de 2010; a partir de Novembro de 2010 houve um acréscimo significativo do caudal bombeado, atingindo um valor máximo de cerca de 10,4 m^3/h, em Abril de 2012, no entanto, em Julho de 2012, verificou-se um decréscimo significativo dos caudais bombeados, para cerca de 6,5 m^3/h; desde essa data e até Junho de 2014, houve um acréscimo significativo dos caudais, registando-se um valor máximo de 17,5 m^3/h em Junho de 2014; após essa data houve um decréscimo significativo dos caudais bombeados (apenas em Novembro foi registado um valor elevado que deverá estar associado ao período de pluviosidade mais intenso), sendo o valor actual do caudal bombeado de cerca de 5 m^3/h (inferior à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento, de 8,4 m^3/h); tendo em conta o comportamento anómalo apresentado por este poço deverá continuar-se a acompanhar a evolução do caudal bombeado neste poço, assim como o comportamento do aterro e do terreno envolvente, no sentido de detectar, atempadamente, possíveis anomalias de comportamento;

IBR19 (portela ME2A): o caudal bombeado é muito reduzido e tem-se mantido sensivelmente constante ao longo do tempo;

IBR35 (portela ME2A): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Março de 2012, sendo sempre inferiores a 0,5 m^3/h; as ressurgências existentes na zona desapareceram após os trabalhos de captação realizados;

IBR36 (portela ME2A): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Março de 2012, sendo sempre inferiores a 0,5 m^3/h; em Dezembro de 2014 houve um acréscimo do caudal bombeado, registando-se um valor de 1,0 m^3/h, fenómeno que poderá estar associado à pluviosidade; as ressurgências existentes na zona desapareceram após os trabalhos de captação realizados;

IBR26, IBR29, IBR29A e IBR30 (portelas ME2B e ME2C): os caudais bombeados são muito reduzidos (inferiores a 0,5 m^3/h) e pouco influenciados pela variação do nível de água na albufeira;

IBR31 (barragem do Monte Branco): os caudais bombeados neste poço são reduzidos (inferiores a 1,0 m^3/h), mas verificou-se um ligeiro acréscimo ao longo de 2014, registando-se um valor de 1,2 m^3/h em Dezembro desse ano; este acréscimo poderá estar associado, quer à subida do nível de água na albufeira da IRCL, quer à subida de água na albufeira do Monte Branco, derivada das descargas da IRCL; os valores registados são, no entanto, muito inferiores à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento (5,4 m^3/h).

Nos restantes poços, associados a escorrências de água identificadas durante as obras da 4ª fase de construção, os caudais bombeados são relativamente reduzidos e não têm apresentado variações significativas ao longo do tempo.

É de referir que, em Dezembro de 2014, o caudal percolado através do corpo principal (IBR5, IBR5A e IBR5B, IBR5C e IBR6) era de cerca de 14,2 m^3/h, que é muito inferior à estimativa dos modelos de previsão do comportamento (36,4 m^3/h).

Com base no exposto anteriormente verifica-se que, em geral, os caudais percolados através dos aterros da portela MD, do corpo principal e da portela do corpo principal têm-se mantido constantes ou diminuído nos últimos anos, sendo, de uma forma geral, inferiores à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento. Este facto poderá estar associado, quer ao aumento do caminho de percolação, quer à possível colmatação de algumas fracturas do maciço de fundação, devidos à presença de rejeitados na albufeira. No entanto, durante 2014 verificou-se um ligeiro aumento dos caudais bombeados em alguns poços, que poderá estar associado à ligeira subida do nível de água na albufeira ao longo do ano.

Por outro lado, não se verificam afluências de água nos taludes de jusante do aterro, o que indica que os sistemas de impermeabilização e de drenagem interna dos aterros têm apresentado um funcionamento adequado. Contudo, as ressurgências existentes junto ao poço IBR 30 mantêm-se.

Salienta-se, também, que nos poços IBR15 e IBR18 se verificou uma redução significativa dos caudais bombeados, sem que contudo se tenham alterado as condições de funcionamento dos poços, ou tenham sido observadas alterações do comportamento do aterro da IRCL ou do terreno na envolvente dos poços. Assim, deverá acompanhar-se com especial atenção a evolução do comportamento do aterro da IRCL nas proximidades destes poços.

Perante o exposto anteriormente considera-se que o sistema de captação e bombagem das águas percoladas apresenta um comportamento adequado, não se verificando, de uma forma geral, anomalias no aterro ou no terreno a jusante deste.

Refere-se, ainda, que, conforme descrito no relatório da inspecção visual de especialidade de 2014, a jusante da portela do corpo principal e da portela ME2A ocorrem duas ressurgências. Estas ressurgências devem-se a deficiências de selagem dos furos de sondagens de prospecção mineira, associadas a fenómenos de artesianismo da fundação, e não a anomalias de comportamento da IRCL ou a alterações do regime hidrogeológico decorrentes da exploração da IRCL.

2.6 DESLOCAMENTOS SUPERFICIAIS

2.6.1 Considerações gerais

Ao longo do aterro encontram-se instaladas 41 marcas superficiais para medição dos deslocamentos em planimetria e em altimetria, com a seguinte distribuição:

- 3 marcas no coroamento da portela MD;
- 30 marcas no corpo principal e portela do corpo principal do aterro, sendo 18 marcas no coroamento, 7 marcas na banqueta superior, à cota 245,0 m, e 5 marcas na banqueta intermédia, à cota 235,0 m;
- 3 marcas no coroamento da portela ME1;
- 5 marcas no coroamento da portela ME2A.

Desde a leitura inicial, realizada em Novembro de 2005, até 2010 foram efectuadas sete campanhas de leitura, contemplando os deslocamentos em planimetria e altimetria, com uma periodicidade aproximadamente semestral em 2006 e 2007 e com uma periodicidade anual entre 2008 e 2010.

A campanha de leituras de 2011 contemplou os deslocamentos em altimetria de todas as marcas e os deslocamentos em planimetria das marcas localizadas nas banquetas do corpo principal. Nas marcas superficiais localizadas no coroamento dos aterros não foi possível efectuar leituras dos deslocamentos em planimetria, dado que os diques existentes no interior da albufeira impediam a observação das marcas superficiais a partir dos pontos estação.

Por forma a ser possível a observação das marcas instaladas no coroamento do aterro foram instalados novos pontos estação, tendo sido realizada uma leitura de zeragem de todas as marcas em Abril de 2012. A partir desta data, têm sido realizadas campanhas de leituras dos deslocamentos (nas três direcções) de todas as marcas instaladas no coroamento dos aterros, com uma periodicidade aproximadamente semestral.

No Anexo 5 apresentam-se os gráficos com a evolução ao longo do tempo dos assentamentos observados em cada marca superficial e os assentamentos no tempo ao longo dos alinhamentos de marcas superficiais existentes nos vários corpos do aterro.

No Anexo 6 apresentam-se os gráficos com a evolução ao longo do tempo dos deslocamentos horizontais, quer para os alinhamentos de marcas superficiais, quer para cada marca individualmente.

Dada a mudança das coordenadas de referência das marcas superficiais, é expectável que tenha sido perdida alguma informação relativa aos deslocamentos em planimetria. Assim, no Anexo 6, os deslocamentos em planimetria medidos a partir de Abril de 2012 são apresentados separadamente dos medidos até 2010 e 2011.

2.6.2 Assentamentos (altimetria)

Da análise dos gráficos com a evolução dos assentamentos (Anexo 5) verifica-se que:

- Na portela MD os assentamentos parecem ter cessado, apesar das variações registadas nas últimas leituras. É de referir que durante 2014 (entre Maio e Junho) foi executada a berma sobre o paramento de montante da portela MD;
- No coroamento do corpo principal verifica-se um acréscimo dos assentamentos, com uma tendência semelhante na generalidade das marcas; no entanto, as leituras apresentam uma certa aleatoriedade pelo que se deverá continuar acompanhar com especial atenção a evolução dos assentamentos nestas marcas para confirmação da tendência real de deformação;
- Em algumas marcas da banqueta superior e da banqueta intermédia do corpo principal (na zona de maior altura) verifica-se, ainda, uma evolução dos assentamentos, mas com taxas de deformação reduzidas (da ordem de 0,2 a 0,4 mm/mês);
- As observações das marcas da portela do corpo principal parecem indicar uma estabilização dos assentamentos, isto após após um empolamento generalizado em todas as marcas, verificado em 2013;
- Na portela ME1 verifica-se uma estabilização dos assentamentos das marcas MS34 e MS36; no caso da marca MS35 verificou-se uma deformação de cerca de 2 mm, que deverá estar associada à execução da berma sobre o paramento de montante;
- Na portela ME2 verifica-se uma estabilização dos assentamentos, apesar de haver alguma variabilidade nas leituras. Apenas a marca MS41 parece apresentar alguma evolução nos assentamentos, apesar do assentamento ser muito reduzido (cerca de 2 mm).

No Quadro 1 apresentam-se os assentamentos máximos observados nas várias zonas do aterro.

Quadro 1 – Assentamentos máximos

Zona do aterro		Assentamento máximo (mm)
Portela MD		6,5 (MS3)
Corpo principal e portela do corpo principal	Coroamento	49 (MS13)
	Banqueta superior	28 (MS14)
	Banqueta intermédia	19 (MS15)
Portela ME1		10 (MS35)
Portela ME2		9 (MS39)

De acordo com o exposto anteriormente e com as figuras apresentadas no Anexo 5, verifica-se que houve alguma evolução dos assentamentos das marcas no coroamento do aterro do corpo principal, apesar de haver uma variabilidade significativa nas leituras. Assim, torna-se importante verificar a tendência da evolução dos assentamentos nas próximas leituras.

Ao nível das banquetas do corpo principal, as leituras evidenciam que os assentamentos ainda não cessaram na totalidade, mas as taxas de assentamento são muito reduzidas.

É de salientar que o assentamento máximo de 48 mm, obtido no coroamento do corpo principal, corresponde a cerca de 1,6% da altura do último alteamento do aterro (3,0 m), o que ainda se considera aceitável.

No modelo de previsão do comportamento apresentado no projecto de execução, estimaram-se assentamentos máximos de cerca de 90 mm, na zona de ligação das 3ª e 4ª fases de construção ao nível da banqueta superior. No coroamento e na banqueta intermédia o valor máximo dos assentamentos estimados é de cerca de 20 mm, enquanto que na banqueta superior é de cerca de 30 mm. Comparativamente com o modelo de cálculo, as marcas da zona mais alta do corpo principal (MS7, MS10, MS13, MS16 e MS19) ultrapassaram as previsões do projecto, sem que, no entanto, se considere que esse aspecto seja revelador de um comportamento anómalo, dado não haver outras evidências disso.

Relativamente às marcas instaladas nas portelas, verifica-se que as observações apontam para uma estabilização das deformações.

Com base na análise das figuras apresentadas no Anexo 5 e tendo em conta o exposto anteriormente, considera-se que as deformações verticais observadas no aterro não evidenciam comportamentos anómalos. É, no entanto, importante verificar a evolução dos assentamentos nas próximas leituras, nomeadamente no coroamento do corpo principal, no sentido de confirmar as reais tendências de deformação.

2.6.3 Deslocamentos horizontais (planimetria)

Conforme referido anteriormente, dada a mudança dos pontos de referência para leitura dos deslocamentos em planimetria das marcas superficiais, foi necessário apresentar (Anexo 6) separadamente os resultados das observações realizadas antes e após Abril de 2012.

Da análise das figuras apresentadas no Anexo 6 verifica-se que as deformações em planimetria medidas antes da mudança dos pontos de referência são, em geral, inferiores a 10 mm, registando se um valor máximo de 16 mm. Após Abril de 2102 as deformações são muito reduzidas, apresentando um valor máximo de 6 mm.

No Quadro 2 apresentam-se os deslocamentos horizontais máximos observados nas várias zonas do aterro.

Quadro 2 - Deslocamentos horizontais máximos

Zona do aterro		Observações antes da mudança dos pontos de referência		Observações após a mudança dos pontos de referência	
		Deslocamento máximo (mm)	Sentido	Deslocamento máximo (mm)	Sentido
Portela MD		5 (*)	Jusante	6	Montante
Corpo principal e portela do corpo principal	Coroamento	10 (*)	Jusante	4	Montante
	Banqueta superior	10 (**)	Jusante	5	Montante
	Banqueta intermédia	9 (**)	Jusante	3,5	Montante
Portela ME1		8 (*)	Montante	5	Montante
Portela ME2		16 (*)	Montante	3,5	Jusante

(*) Valor correspondente à campanha de leituras de 2010
(**) Valor correspondente à campanha de leituras de 2011

Tal como se pode verificar nos gráficos dos deslocamentos das várias marcas, para além dos deslocamentos serem reduzidos, existe, em geral, uma grande variabilidade na direcção dos deslocamentos das marcas, devendo este facto estar associado a erros de leitura.

Da mesma forma, verifica-se que o movimento de algumas marcas é no sentido de montante, o que, para marcas localizadas no alinhamento de jusante do coroamento, não é realista e, também, deverá estar associado a erros de leitura.

Considera-se, no entanto, que dada a reduzida magnitude dos deslocamentos horizontais, o aterro exibe um bom comportamento.

2.7 DESLOCAMENTOS INTERNOS

Conforme referido anteriormente, dado um problema no *software* de tratamento das leitura dos inclinómetros não foi possível dispor da medição dos deslocamentos internos do aterro.

2.8 REGISTOS SISMOLÓGICOS

Durante o ano de 2014, na área delimitada por um raio de 80 km em redor da IRCL, onde se considera que os sismos intraplacas podem ter influência no comportamento da IRCL, há a registar um sismo com magnitude máxima de 3,5, ocorrido no dia 4 de Setembro, com epicentro a cerca de 60 km a Sul da instalação. No entanto, não há registo deste sismo ter sido sentido na zona da IRCL.

3 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO AMBIENTAL

3.1 INTRODUÇÃO

A Mina de Neves Corvo é uma mina subterrânea de Cobre e Zinco, cujos rejeitados piríticos produzidos nas lavarias e provenientes do processamento do minério são depositados sob a forma de rejeitados espessados (até Novembro de 2010 eram depositados em polpa) na IRCL.

A Análise do Comportamento Ambiental da IRCL tem como principal objectivo analisar a evolução da qualidade da água potencialmente afectada por esta instalação e tem por base as indicações constantes na Licença Ambiental (LA) n.º 19/2008 atribuída ao Complexo Mineiro de Neves-Corvo.

No ponto 4.8 da referida LA é referida a necessidade de controlo das águas subterrâneas nos seguintes locais:

- 28 piezómetros instalados a jusante da Barragem, designadamente 6 pares existentes no corpo principal (PCL1 a PCL12), 4 pares na portela ME1 (PCL13 a PCL20) e 4 pares na portela ME2 (PCL21 a PCL28);
- 5 piezómetros localizados a jusante da Barragem (PCL31 a PCL36);
- 3 piezómetros localizados a montante da Barragem (PCL41, PCL42 e PCL43).

Os 3 piezómetros localizados a montante da IRCL, (PCL41, PCL42 e PCL43), têm como principal função servirem de cenário de referência para a qualidade da água subterrânea, na medida em que se encontram situados numa área que não sofre influência da IRCL.

Adicionalmente foram analisados 21 poços de bombagem de captação das águas de infiltração (IBR) realizados na área envolvente da IRCL e que estão associados à água proveniente da albufeira.

Os resultados obtidos durante o ano de 2014 nos locais de amostragem indicados serão analisados em termos espaciais e temporais, sendo comparados com os resultados de campanhas anteriores. De salientar que embora existam dados em algumas estações desde 1998, optou-se por fazer uma análise a partir de 2011, pois foi a partir desse ano que os dados recolhidos abrangem um maior número de parâmetros e não apresentam descontinuidades de amostragem, sendo mais fácil a sua comparação.

3.2 ÁGUA SUBTERRÂNEA – PIEZÓMETROS PCL

3.2.1 Locais e parâmetros analisados

Por terem características distintas, optou-se por agrupar os locais de amostragem da seguinte forma:

- Piezómetros a montante da Barragem (3 no total);

- Piezómetros a jusante da barragem, onde se incluem os grupos Corpo da Barragem, Portela ME1 e ME2 e jusante da Barragem (33 no total).

No Quadro 3 apresentam-se os parâmetros e o número de análises efectuadas por grupo de amostragem, em 2014. Este controlo segue o definido no plano de amostragem aprovado, que para os vários parâmetros prevê amostragens trimestrais ou anuais.

Quadro 3 - Parâmetros e número de análises nos piezómetros

Parâmetro	Piezómetros a montante da IRCL	Piezómetros a jusante da IRCL
pH	4 amostras	4 amostras
Oxigénio dissolvido	1 amostra	1 amostra
Condutividade	4 amostras	4 amostras
Sólidos suspensos totais	1 amostra	1 amostra
Dureza total	1 amostra	1 amostra
Cálcio	4 amostras	4 amostras
Sódio	1 amostra	1 amostra
Potássio	1 amostra	1 amostra
Cloretos	4 amostras	4 amostras
Nitratos	4 amostras	4 amostras
Sulfatos	4 amostras	4 amostras
Arsénio total	4 amostras	4 amostras
Chumbo	1 amostra	1 amostra
Manganês	1 amostra	1 amostra
Mercúrio	1 amostra	1 amostra
Cobre total	4 amostras	4 amostras
Ferro total	1 amostra	1 amostra
Zinco total	1 amostra	1 amostra

3.2.2 Resultados obtidos

No Quadro 7.1 do Anexo 7 apresentam-se as médias dos resultados obtidos para 2014 para os 36 piezómetros analisados. De referir que se optou por agrupar os piezómetros de acordo com as suas características e localização face à IRCL.

Na Figura 7.1 do Anexo 7 apresenta-se, para os 36 piezómetros, os gráficos com a distribuição espacial dos principais parâmetros analisados em 2014.

Nas Figuras 7.2 a 7.9 do Anexo 7 apresenta-se a variação entre 2011 e 2014 dos valores médios obtidos para os grupos (Corpo da Barragem, Portela ME1, Portela ME2 e Jusante IRCL e Montante IRCL).

3.3 ÁGUA SUPERFICIAL – POÇOS DE BOMBAGEM

3.3.1 Locais e parâmetros analisados

Os 21 poços de bombagem das águas das infiltrações foram agrupados de acordo com a sua localização:

- Corpo Principal (8 poços de bombagem);
- Portela ME1 (1 poço de bombagem);
- Portela ME2 (6 poços de bombagem);
- Portela MD (6 poços de bombagem).

No Quadro 4 apresentam-se os parâmetros e o número de análises efectuadas por grupo de amostragem, em 2014. Este controlo segue o definido no plano de amostragem aprovado, que para os vários parâmetros prevê amostragens trimestrais ou anuais.

Quadro 4 - Parâmetros e número de análises nos poços de bombagem

Parâmetro	Poços de Bombagem das águas de infiltração da IRCL
pH	4 amostras
Oxigénio dissolvido	1 amostra
Condutividade	4 amostras
Sólidos suspensos totais	1 amostra
Dureza total	1 amostra
Cálcio	4 amostras
Sódio	1 amostra
Potássio	1 amostra
Cloretos	4 amostras
Nitratos	4 amostras
Sulfatos	4 amostras
Arsénio total	4 amostras
Chumbo	1 amostra
Manganês	1 amostra
Mercúrio	1 amostra
Cobre total	4 amostras
Ferro total	1 amostra
Zinco total	1 amostra

3.3.2 Resultados obtidos

No Quadro 8.1 do Anexo 8 apresentam-se as médias dos resultados obtidos para 2014 nos 21 poços de bombagem analisados. De referir que se optou por agrupar os poços de bombagem de acordo com as suas características e localização face à IRCL.

Na Figura 8.1 do Anexo 8 apresenta-se, para os 21 poços de bombagem, os gráficos com a distribuição espacial dos principais parâmetros analisados em 2014.

Nas Figuras 8.2 a 8.9 do Anexo 8 apresenta-se a variação entre 2011 e 2014 dos valores médios nos grupos referidos (Corpo Principal, Portela ME1, Portela ME2 e Portela MD).

3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão analisados os resultados, tanto espacialmente como temporalmente, procurando-se, sempre que possível, justificar os valores obtidos com as características da IRCL e da área envolvente.

No que se refere às águas subterrâneas analisadas a partir dos piezómetros (PCL), é possível perceber que em 2014 os valores obtidos apresentaram, tal como em 2013, uma variação espacial pouco significativa para a maioria dos parâmetros analisados. Dentro dessa variação pouco significativa estão os metais pesados (arsénio, chumbo, manganês, mercúrio, cobre, ferro e zinco). As excepções ocorrem no manganês e no ferro que apresentaram valores superiores no grupo "Jusante IRCL", em resultado de medições elevadas no piezómetro PCL31, e no grupo "Corpo Principal". Tanto o cobre como o zinco não apresentaram valores elevados nos piezómetros analisados.

Quanto aos sais presentes na água subterrânea, verifica-se que os piezómetros situados a montante da IRCL (piezómetros de referência) apresentam valores mais baixos de cálcio e sulfatos, mas valores mais elevados de potássio e nitratos. A elevada concentração de potássio e nitratos é uma situação esperada face à prática agrícola existente a montante da albufeira. A situação do cálcio e dos sulfatos será analisada mais à frente.

O grupo "Portela ME1" apresenta valores mais elevados de sódio e de cloretos (esta anomalia já havia sido detectada aquando da instalação dos piezómetros e já foi referida no anterior relatório de 2013). Nos restantes grupos, os valores são mais baixos que os registados no ME1 e são semelhantes entre si. Em resultado das elevadas concentrações de sais (em particular do cálcio e dos cloretos) a condutividade e a dureza da água é bastante elevada junto da IRCL, diminuindo no aquífero a jusante da mesma.

O pH da água subterrânea a jusante e a montante da IRCL não apresentou, em 2014, grandes variações, com excepção do piezómetro PCL43 (Montante IRCL) onde foram medidos valores um pouco acima do esperado (pH de 10,8). Esta situação já foi observada em 2013 e é referida no relatório referente a esse ano.

Em termos temporais, não se observaram variações significativas nos principais parâmetros analisados. Em termos ambientais, o cobre e ao zinco obtidos têm mantido valores baixos ao longo dos últimos 4 anos, com excepção do PCL1 que apresentou em 2014 uma concentração de 0,11 mg/l (valor um pouco acima do esperado).

Quanto ao cálcio, o ligeiro aumento verificado em 2013 no grupo "Portela ME1" não se manteve em 2014. Ainda neste parâmetro, o grupo "Montante IRCL" continuou a registar os valores mais baixos. A concentração mais elevada de cloretos no grupo "Portela ME1" é uma situação que já se observa pelo menos desde 2011.

No que se refere aos nitratos, as variações anuais são pouco significativas e sem expressão de qualquer tipo de contaminação relevante nos últimos anos, para além da já referida prática agrícola existente a montante da albufeira. Já os sulfatos apresentam valores elevados em vários piezómetros de todos os grupos com excepção do grupo "Montante IRCL". Esta situação estabelece uma potencial contaminação proveniente da IRCL já que os sulfatos estão presentes nos rejeitados e no escombro.

Verifica-se, assim, que os resultados obtidos em 2014 para as águas subterrâneas não sofreram alterações dignas de registo relativamente aos anos anteriores. Convém no entanto salientar a presença de concentrações elevadas de cálcio e principalmente de sulfatos nas águas subterrâneas que deve estar directamente relacionadas com a IRCL.

Analisando agora as águas colectadas superficialmente, observa-se que relativamente às águas subterrâneas os valores dos metais pesados são significativamente superiores, em particular o manganês, o cobre e o zinco (estes dois últimos assumem particular relevância face ao tipo de actividade da mina de Neves Corvo). O grupo onde se verifica uma concentração superior destes elementos é o "Portela ME2".

Quanto aos sais, tanto o cálcio (presente na água da albufeira em resultado da adição de cal para controlo do pH), como o potássio e os sulfatos (resultantes da alteração dos sulfuretos presentes nos rejeitados e no escombro) apresentam valores bastante acima dos observados nos piezómetros a jusante da albufeira.

Uma vez mais é no grupo "Portela ME2" onde os valores são consistentemente mais elevados. Em resultado destes valores, a condutividade e dureza da água são elevadas.

O pH das águas de infiltração é baixo (entre 3,5 e 8,0), sendo a água ácida na grande maioria dos locais analisados.

Em termos temporais, os dados disponíveis são insuficientes em alguns grupos analisados, contudo observa-se um aumento de cloretos nos últimos 3 anos no grupo "Portela MD" e de nitratos no grupo "Corpo Principal". Para os restantes parâmetros as variações ainda não são estatisticamente relevantes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente relatório são apresentados e analisados todos os resultados da observação disponíveis, até Dezembro de 2014, numa fase em que os rejeitados são depositados exclusivamente no interior das áreas de deposição construídas para o efeito, na zona de montante da bacia da IRCL.

Com base na análise efectuada não se verificam anomalias no comportamento do aterro, quando já se atingiu o nível máximo de água na albufeira e a capacidade de armazenamento imersa de rejeitados na albufeira da IRCL se encontra esgotada.

Com efeito, a resposta do aterro ao último alteamento e ao consequente aumento de carga hidráulica foi adequada como mostra a análise dos resultados da observação do aterro e a sua comparação com os modelos de previsão do comportamento do projecto de execução, traduzida pelas conclusões que se apresentam a seguir.

A análise global dos resultados relativos aos níveis piezométricos no aterro e na fundação, mostra que, em geral, as cotas piezométricas aumentaram gradualmente com a subida do nível de água na albufeira, estando actualmente estabilizadas. É de referir que, desde o início de 2010, têm-se medido valores anómalos em alguns piezómetros (Capítulo 2.4), que contudo deverão estar associados a anomalias de funcionamento dos piezómetros.

De uma forma geral, verifica-se um adequado comportamento hidráulico do núcleo do aterro do corpo principal, uma vez que as perdas de carga registadas são as expectáveis. Por outro lado, no maciço estabilizador de jusante não há praticamente registo de níveis piezométricos, o que mostra que, quer os sistemas de impermeabilização (núcleo argiloso e geomembrana), quer os sistemas de drenagem interna, estão a funcionar adequadamente.

No que respeita à fundação, tal como já havia sido reportado nos relatórios de análise do comportamento anteriores, verifica-se que, no corpo principal e nas portelas ME1 e ME2A, as cargas hidráulicas para profundidades da ordem de 10 m, são elevadas em relação ao previsto nos modelos de cálculo, o que deverá ser reflexo das condições de fracturação do maciço rochoso, e que se traduz em afluências de água a jusante do aterro.

Estas afluências de água foram entretanto captadas com recurso a valas drenantes, às quais foram associados poços de bombagem que permitem restituir a água captada à albufeira e quantificar o caudal bombeado.

Há, no entanto, a referir a existência de duas ressurgências junto ao pé do talude do aterro da portela ME2C, na zona do poço IBR30, que têm exibido um comportamento aleatório, dado que por vezes desaparecem, voltando a reaparecer sem que haja alteração das condições de carga hidráulica a montante. Apesar do caudal reduzido que apresentam estas ressurgências deverão ser captadas e encaminhadas para o poço IBR30.

É, ainda, importante referir que, a jusante da portela do corpo principal e a jusante da portela ME2A, existem ressurgências devidas a sondagens de prospecção mineira, que não foram seladas,

associado a fenómenos de artesianismo no maciço. Salienta-se contudo que estas ressurgências não estão relacionadas com a exploração da IRCL.

Os caudais percolados através dos sistemas drenantes dos aterros, captados nos poços a jusante, revelam, em geral, uma tendência para a redução e estabilização, sendo inferiores aos estimados pelos modelos de comportamento. É de salientar que, nos poços IBR15 (portela ME2A) e BR18 (portela do corpo principal), onde se tinha vindo a observar acréscimo significativo dos caudais bombeados durante 2013, verificou-se um decréscimo significativo dos caudais, voltando a registar-se valores semelhantes aos registados antes desses acréscimos.

Nos poços inseridos no maciço rochoso de fundação, que captam ressurgências de água localizadas, os caudais bombeados são reduzidos e não apresentam variações significativas ao longo do tempo. Também nos novos poços de bombagem (IBR5C, IBR6, IBR33, IBR34 e IBR35) os caudais são reduzidos sendo, em geral inferiores a 1 m^3/h.

Da análise dos deslocamentos medidos nas marcas superficiais verifica-se que as deformações horizontais do aterro são reduzidas, apresentando também alguma aleatoriedade no sentido dos deslocamentos.

No que se refere aos assentamentos observados no coroamento, foi registado um acréscimo dos assentamentos no coroamento do corpo principal do aterro. No entanto, tendo em conta a variabilidade das últimas 3 leituras será necessário dispor de pelo menos mais uma leitura para se perceber a real tendência das deformações.

Ao nível das banquetas do corpo principal, ainda se observam alguns assentamentos, apesar das taxas de deformação serem reduzidas. Nas restantes marcas instaladas no aterro da IRCL os assentamentos parecem estar estabilizados.

Como referido anteriormente, não foi possível dispor das observações dos deslocamentos internos, devido a um problema no *software* da análise das leituras.

Em súmula, e de acordo com o exposto anteriormente, considera-se que a Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo apresenta, do ponto de vista estrutural e hidráulico, um adequado comportamento, correspondendo, de uma forma geral, ao previsto nos modelos de comportamento apresentados no projecto de execução.

Do ponto de vista ambiental foram analisados os resultados das amostras da água captada nos pontos de monitorização localizados a montante da IRCL, nos piezómetros PCL e nos poços de bombagem (IBR) localizados a jusante do aterro da IRCL, permitindo desta forma avaliar o impacte no aquífero a jusante e a eficácia do sistema aterro/fundação na melhoria da qualidade da água de percolação.

De um modo geral, verifica-se que a maioria dos parâmetros analisados apresenta valores mais elevados nas águas superficiais de infiltração da albufeira (amostras dos poços IBR), em particular dos metais pesados (manganês, cobre e zinco), de cálcio e sulfatos e um pH bastante mais baixo.

A elevada concentração de sais como o cálcio e os sulfatos nas águas superficiais de infiltração e nos piezómetros junto e a jusante da albufeira não é observado nas águas subterrâneas a montante da albufeira, o que leva a concluir que a origem está relacionada com a deposição de rejeitados da mina e resulta do avanço da pluma de contaminação da albufeira.

Avaliando o impacte global da IRCL, verifica-se que a concentração dos poluentes gerados pela actividade mineira, e presentes na albufeira, diminui dos poços de bombagem (IBR) para os piezómetros (PCL), sendo o pH dos piezómetros neutro relativamente ao pH ácido observado nos poços de bombagem. Desta forma, conclui-se que o sistema aterro/fundação funciona como um verdadeiro filtro, contribuindo para a melhoria da qualidade da água de percolação, comprovado pela melhoria da qualidade da água da albufeira para jusante (Qualidade da água PCL > Qualidade da água IBR).

É ainda de salientar que, apesar da subida da cota de deposição dos rejeitados no limite de montante da IRCL, não se verificaram alterações na qualidade da água dos piezómetros de montante. Este aspecto continuará a ser monitorizado durante o ano de 2015.

Lisboa, 26 de Março de 2015

José A. Mateus de Brito
(Engenheiro Civil)
(Especialista em Geotecnia O.E.)
(Insc. na O.E. sob o nº 10425)

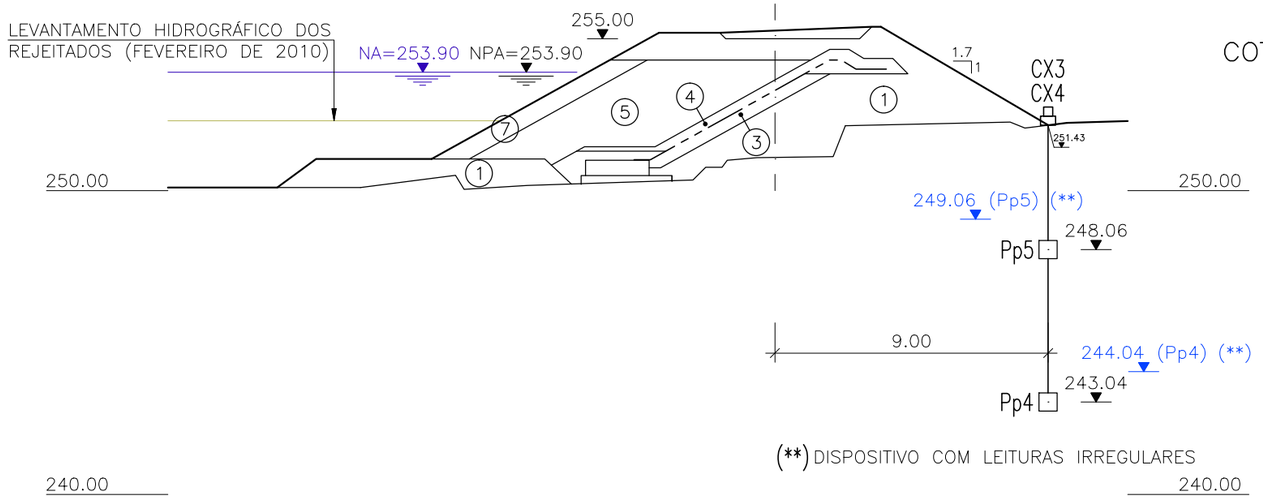
Manuel J. Romeiro
(Engenheiro de Minas)
(Insc. na O.E. sob o nº 35802)

Gonçalo N. dos Santos Tavares
(Engenheiro Civil)
(Insc. na O.E. sob o nº 59573)

Paulo S. do Vale Pereira
(Engenheiro Ambiente)
(Insc. na O.E. sob o nº 48890)

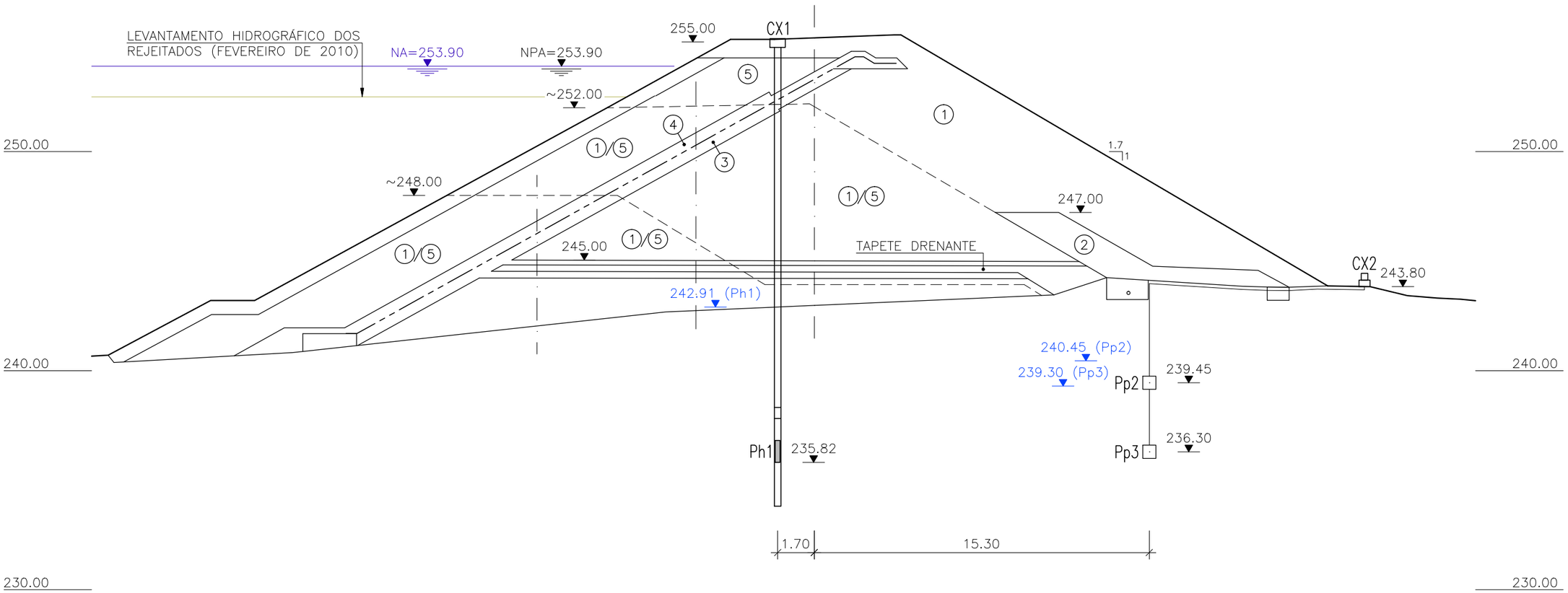
FIGURAS

FIGURA A
COTAS PIEZOMÉTRICAS NOS PERFIS P01 E P02



PERFIL P02 – PK0+497 (CORPO PRINCIPAL)

1/200

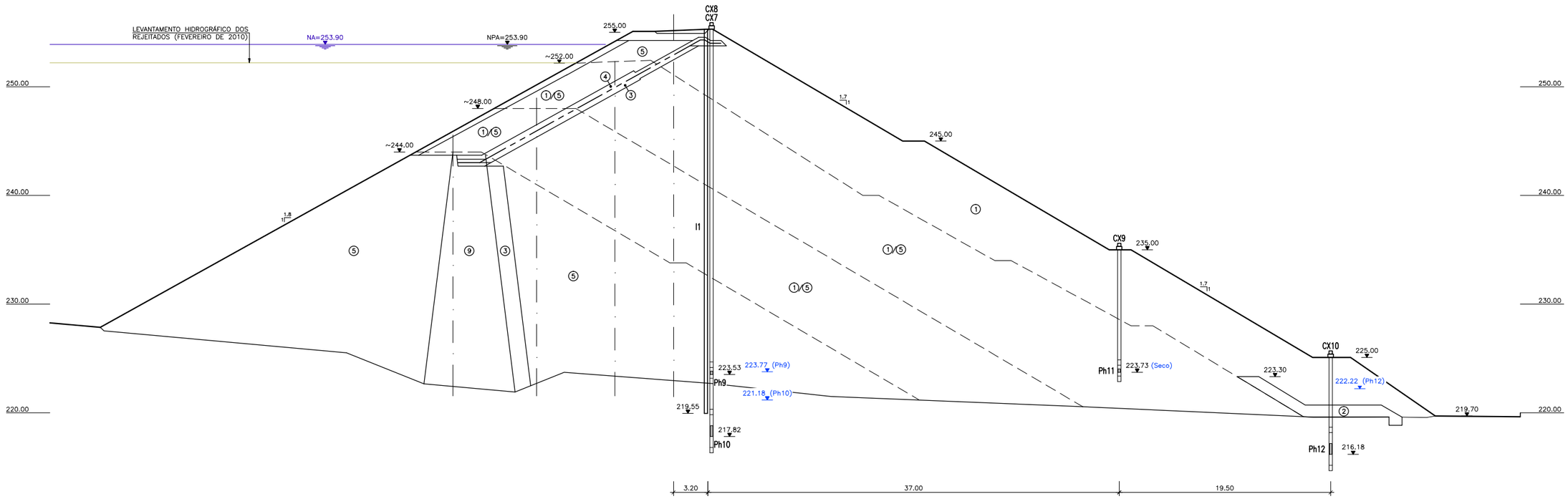


PERFIL P01 – PK0+190 (PORTELA MD)

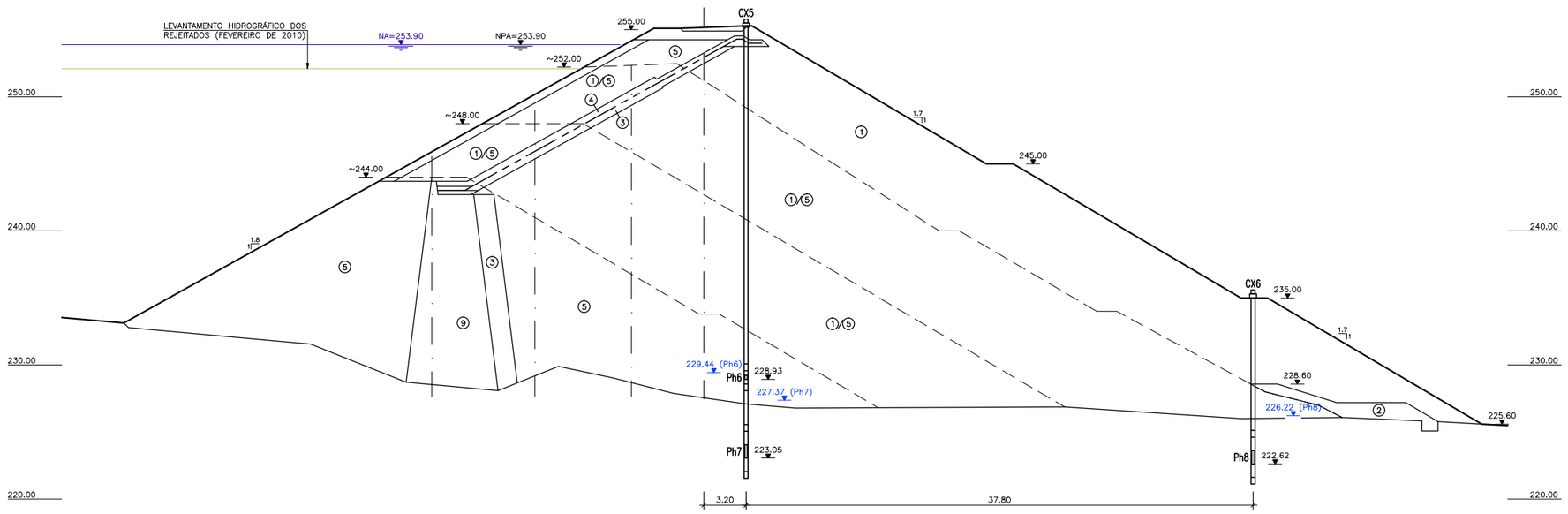
1/200

239.30 (Pp3) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp3

FIGURA B
COTAS PIEZOMÉTRICAS NOS PERFIS P03 E P04



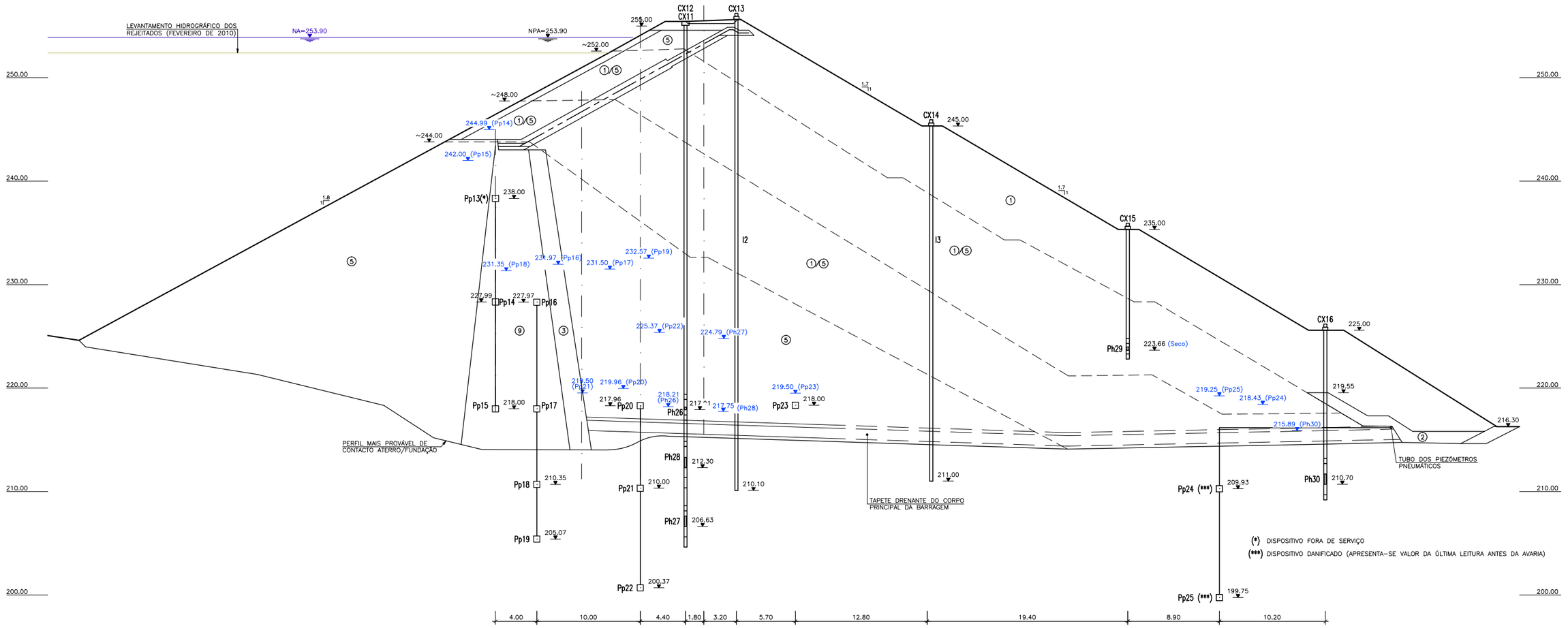
PERFIL P04 – PK0+795 (CORPO PRINCIPAL)
1/400



PERFIL P03 – PK0+750 (CORPO PRINCIPAL)
1/400

225.71 (Ph8) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Ph8

FIGURA C
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P05



(*) DISPOSITIVO FORA DE SERVIÇO

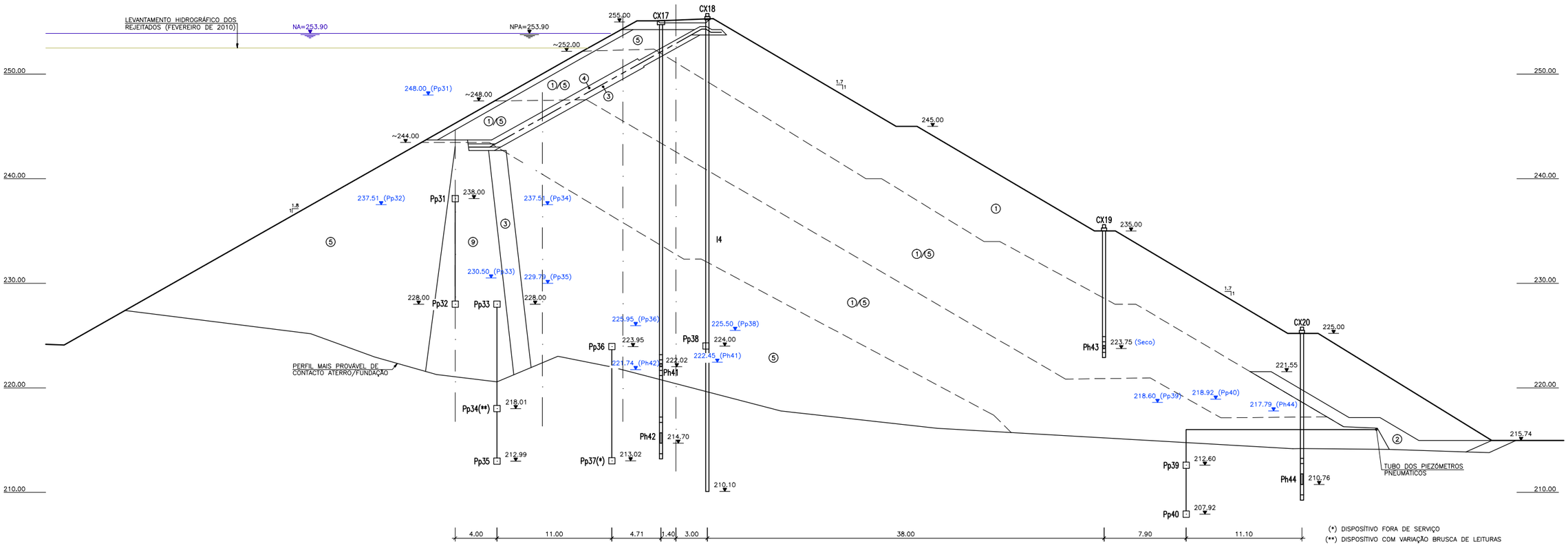
(***) DISPOSITIVO DANIFICADO (APRESENTA-SE VALOR DA ÚLTIMA LEITURA ANTES DA AVARIA)

PERFIL P05 – PK0+854 (CORPO PRINCIPAL)

1/400

219.25 (Pp25) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp25

FIGURA D
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P06

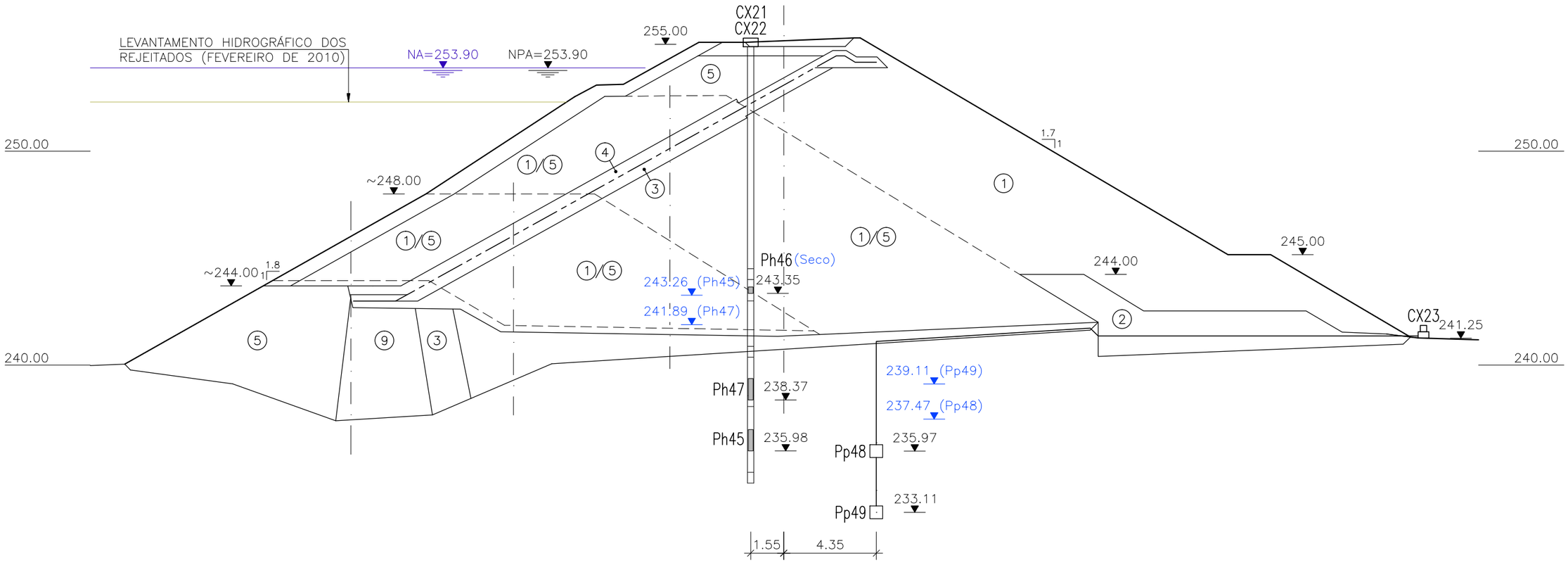


(*) DISPOSITIVO FORA DE SERVIÇO
(**) DISPOSITIVO COM VARIAÇÃO BRUSCA DE LEITURAS

PERFIL P06 – PK0+910 (CORPO PRINCIPAL)
1/400

225.50 (Pp38) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp38

FIGURA E
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P07

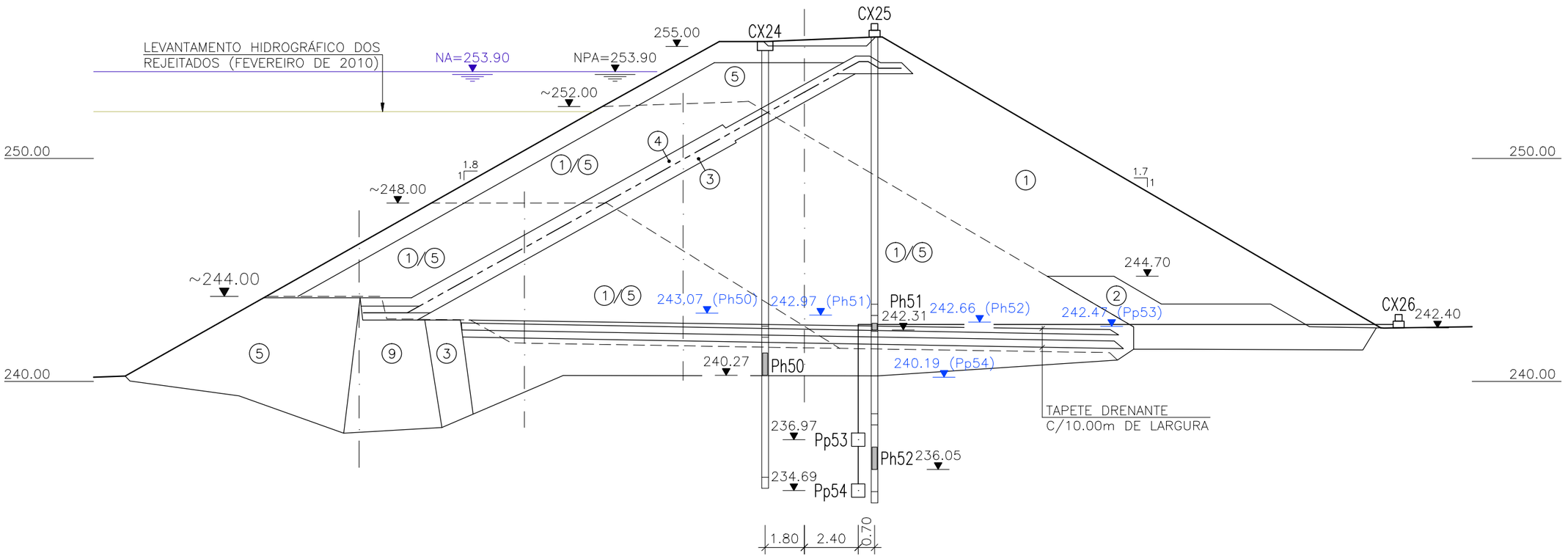


PERFIL P07 – PK1+159 (PORTELA DO CORPO PRINCIPAL)

1/200

237.97(Pp48) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp48

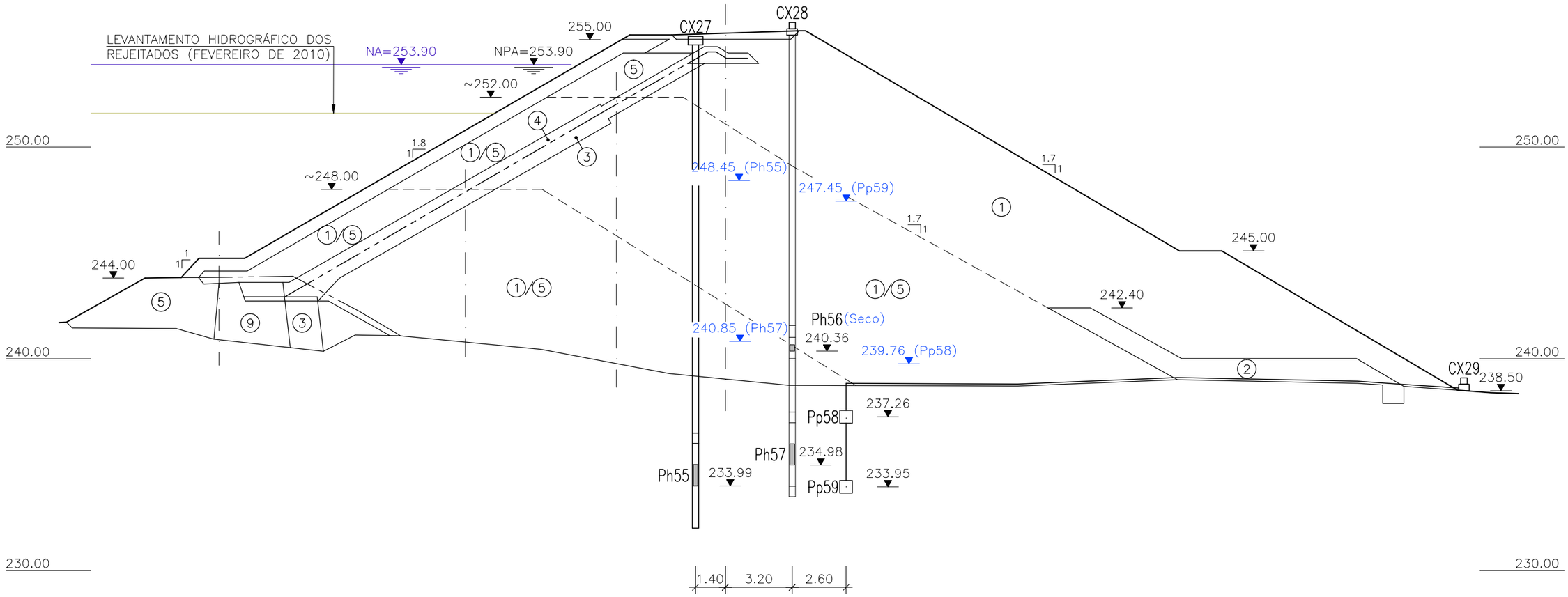
FIGURA F
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P08



PERFIL P08 – PK1+445 (PORTELA DO CORPO PRINCIPAL)
1/200

242.62 (Ph52) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Ph52

FIGURA G
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P09

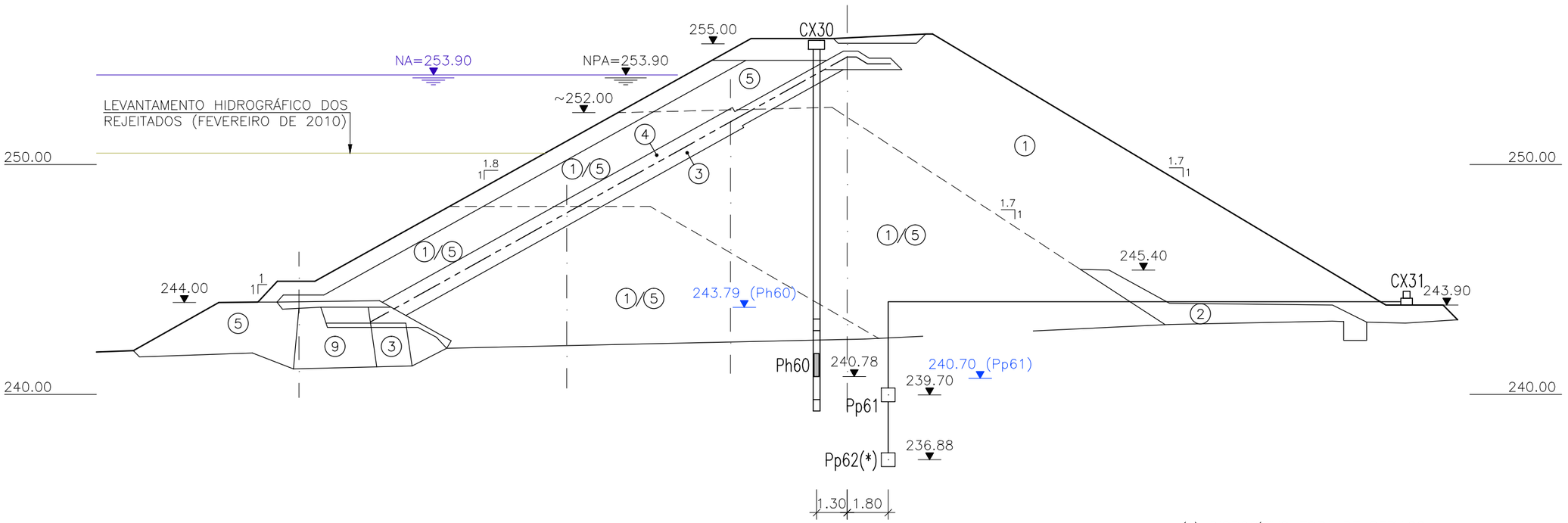


PERFIL P09 – PK1+862 (PORTELA ME1)

1/200

240.49 (Ph57) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Ph57

FIGURA H
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL PO10



(*) DISPOSÍTIVO FORA DE SERVIÇO

PERFIL P10 – PK2+335 (PORTELA ME2A)

1/200

241.20 (Pp61) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp61

ANEXOS

ANEXO 1

DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO MONTE BRANCO

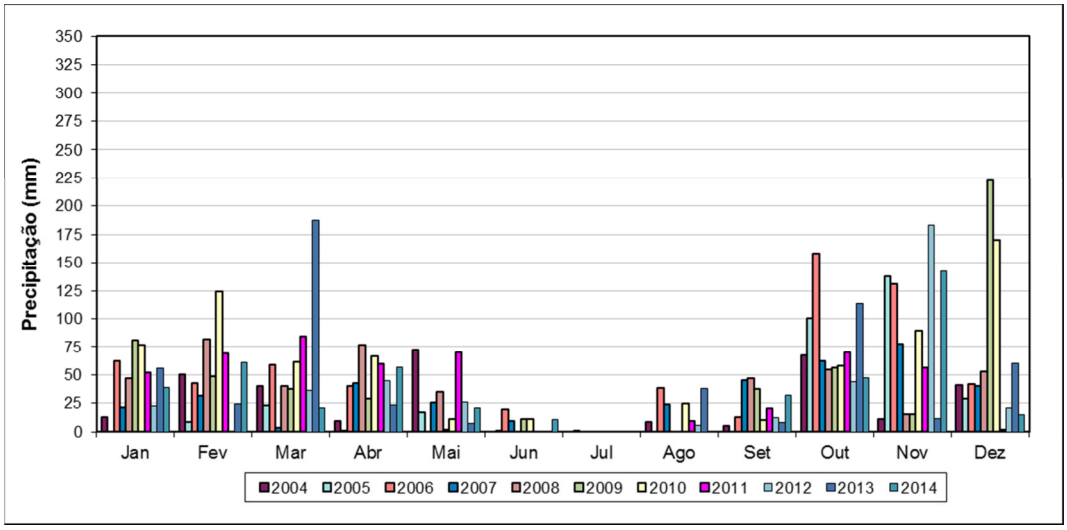


Figura 1.1 – Precipitação mensal

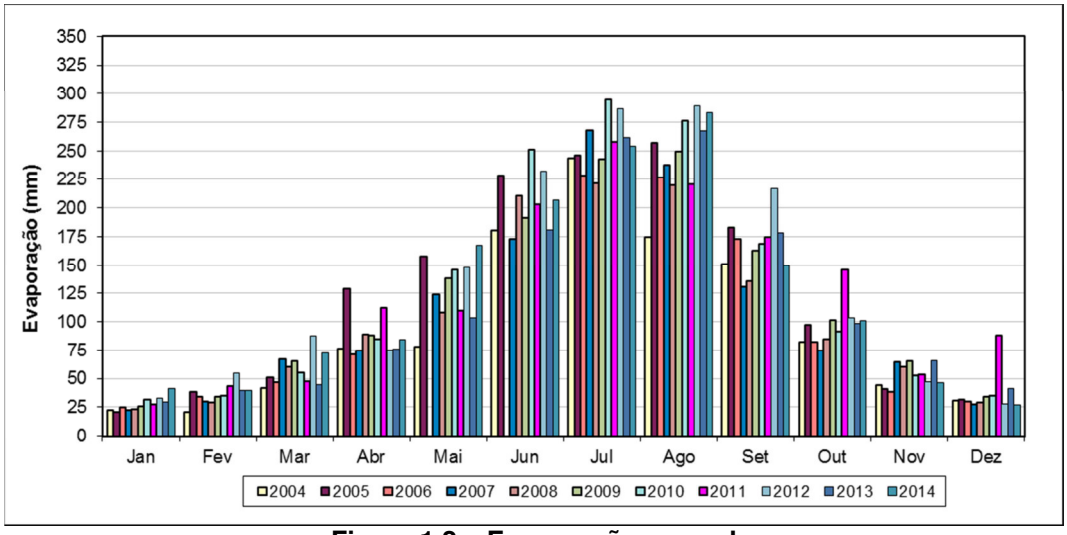


Figura 1.2 – Evaporação mensal

NOTA: Nos meses de Maio e Junho de 2006 não foram medidos os valores de evaporação devido a uma avaria no equipamento

ANEXO 1 (2/2)

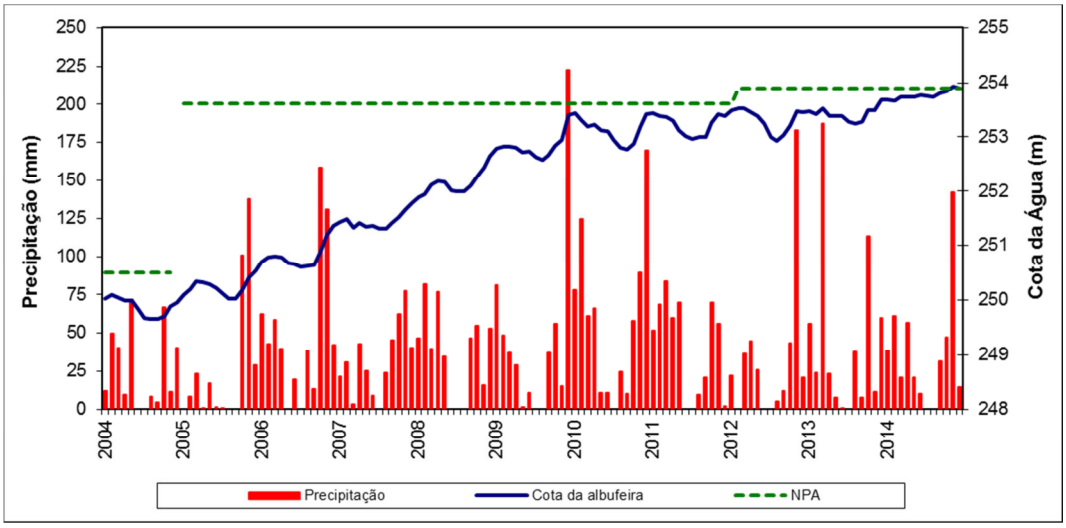


Figura 1.3 – Cota do nível de água na albufeira e precipitação mensal

NOTA: A linha a tracejado verde indica a cota nível de pleno armazenamento (3ª fase – 250,5 m; 4ª fase – 253,62 m/253,90 m)

ANEXO 2

DADOS DA PRODUÇÃO

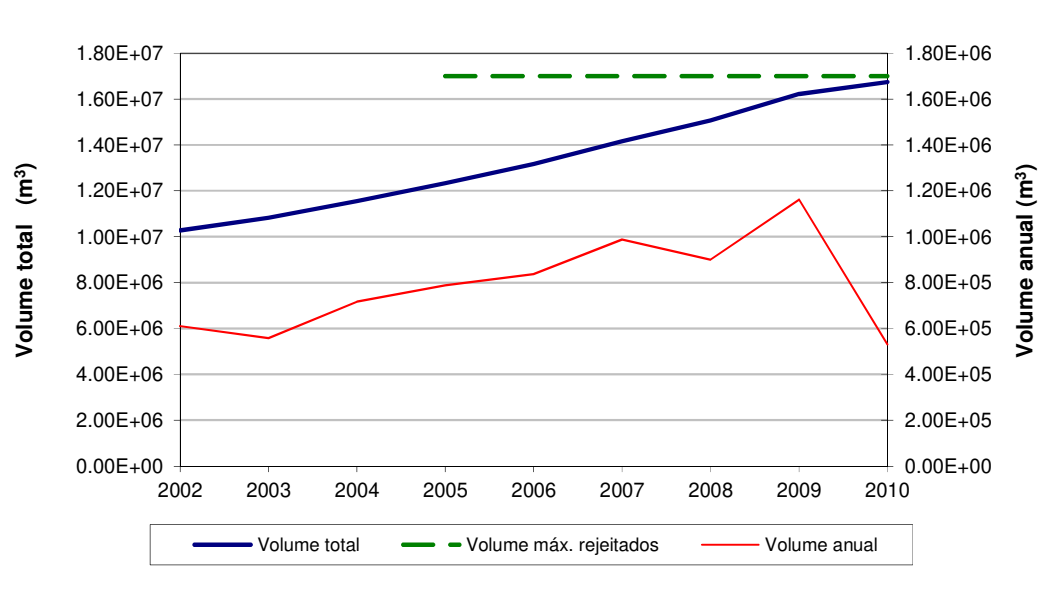


Figura 2.1 – Evolução do volume de rejeitados em polpa armazenado na albufeira e do volume anual depositado na albufeira

NOTAS:

A linha a tracejado verde indica a capacidade máxima de armazenamento de rejeitados na albufeira;

A partir de Junho de 2010 a deposição de rejeitados em polpa foi apenas realizada no interior das células construídas para a deposição de rejeitados em pasta (ver gráfico seguinte).

ANEXO 2 (2/2)

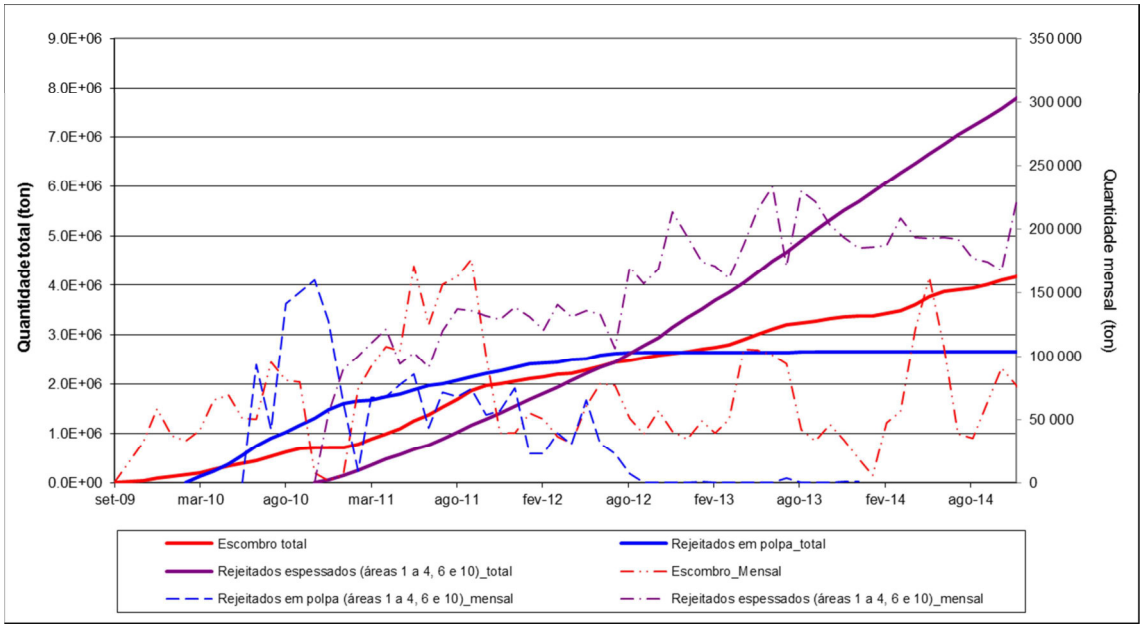


Figura 2.2 – Evolução da quantidade de escombro utilizada na construção dos diques de delimitação das áreas de deposição e da quantidade de rejeitados, em polpa e espessados, depositados no interior das áreas de deposição

NOTAS:

Estima-se que com o sistema de deposição emersa de rejeitados espessados permita uma capacidade de armazenamento de 16,3x10^6 m^3, o que perfaz um volume total de armazenamento de cerca de 33,3x10^6 m^3 (uma vez que a capacidade de armazenamento submerso era de 17x10^6 m^3);

Estima-se que o volume de total de rejeitados (em polpa e espessados) depositados actualmente seja de cerca 23,4x10^6 m^3.

Tendo em conta que o volume de rejeitados em polpa depositados no interior da albufeira é de cerca de 16,75x10^6 m^3, o volume de rejeitados (em polpa e espessados) depositados no interior das células é de cerca de 6,65x10^6 m^3,

Durante o ano de 2014 estima-se que tenham sido depositados cerca de 1,60x10^6 m^3 de rejeitados (em polpa e espessados).

ANEXO 3

NÍVEIS PIEZOMÉTRICOS NO ATERRO E NA FUNDAÇÃO

1 PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO1 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

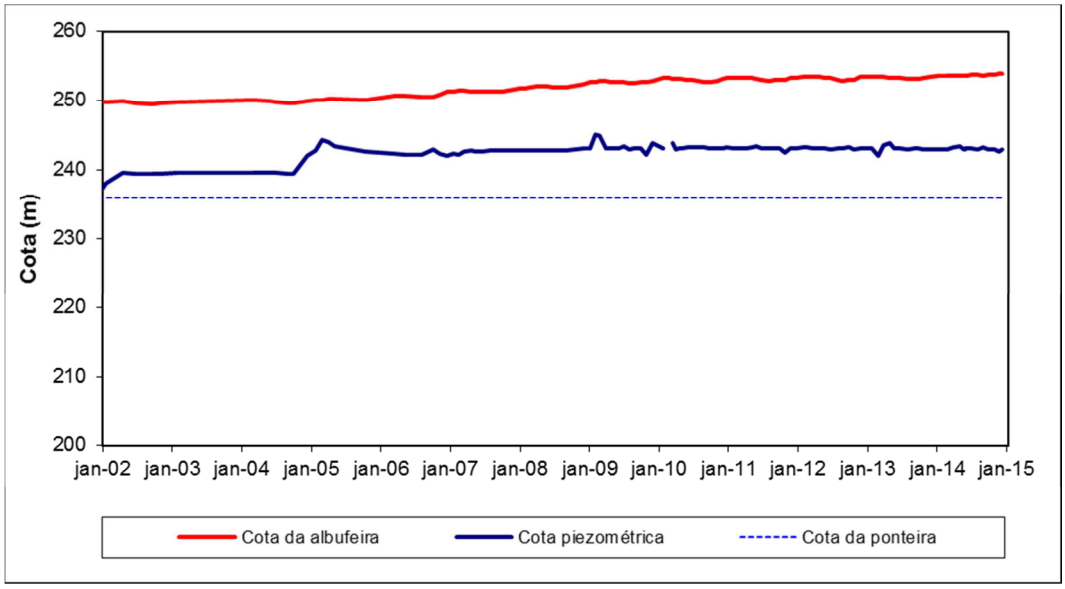


Figura 3.1 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph1

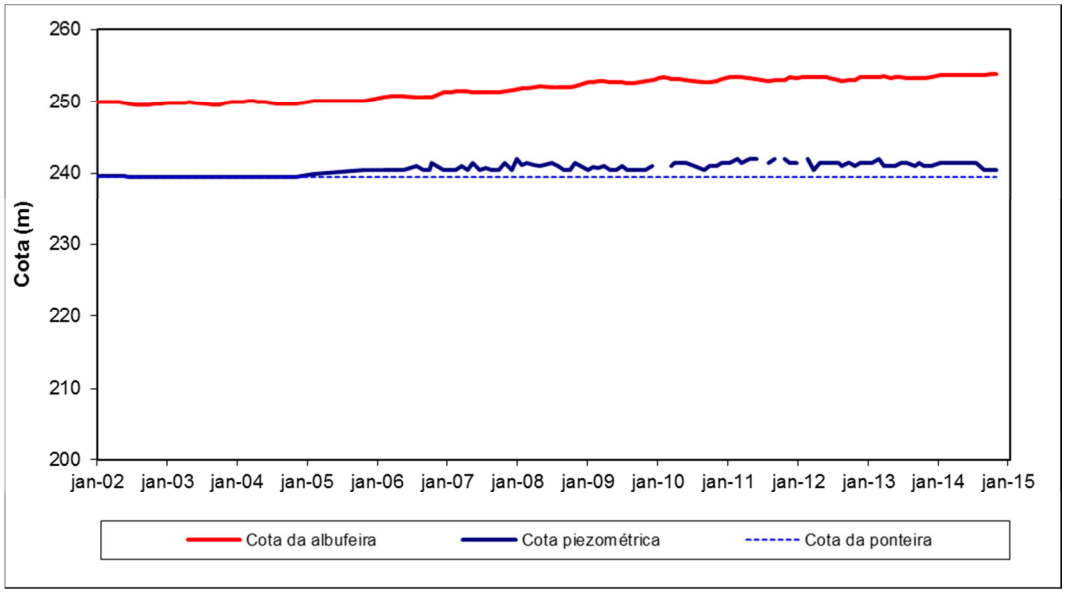


Figura 3.2 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp2

ANEXO 3 (2/54)

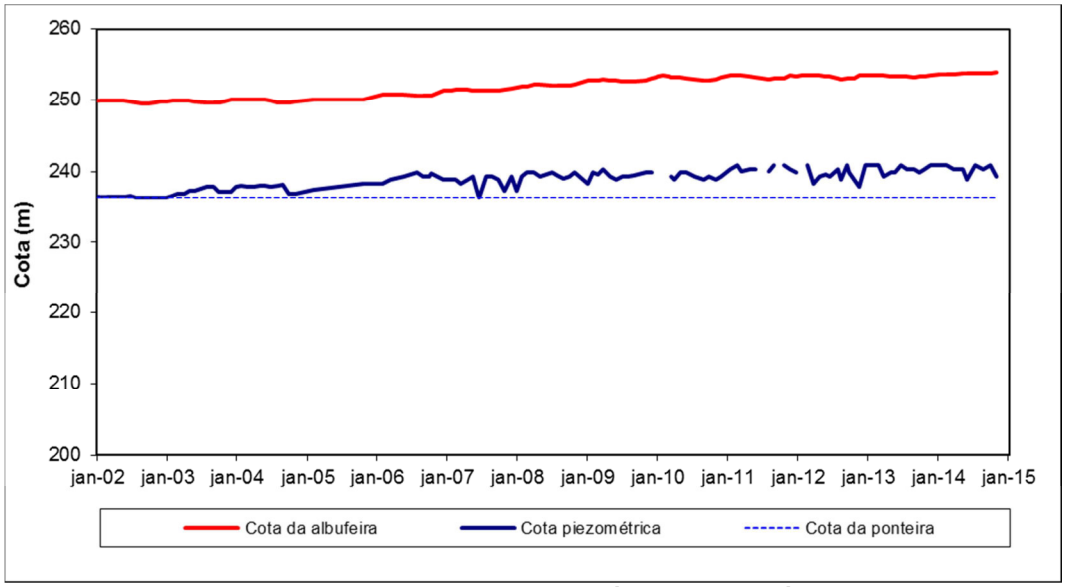


Figura 3.3 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp3

2 PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO2 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

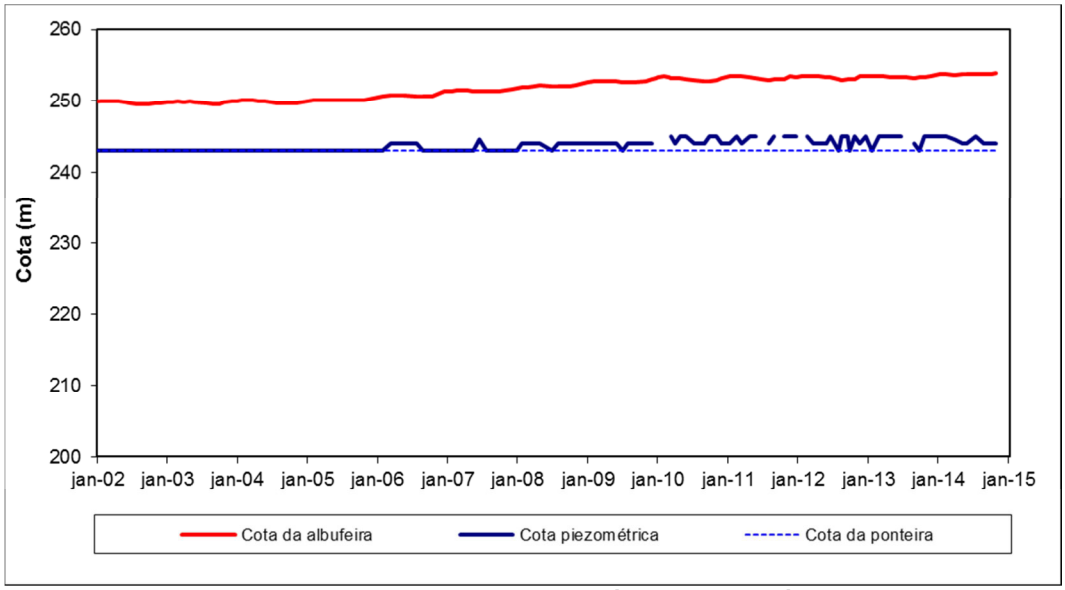


Figura 3.4 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp4

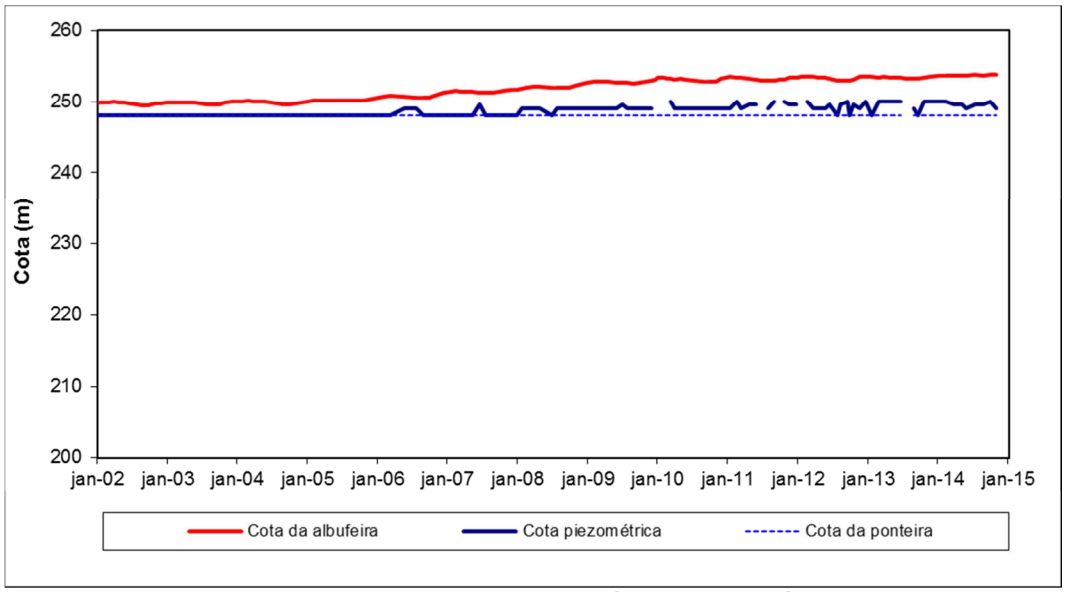


Figura 3.5 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp5

ANEXO 3 (4/54)

3 PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO3 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

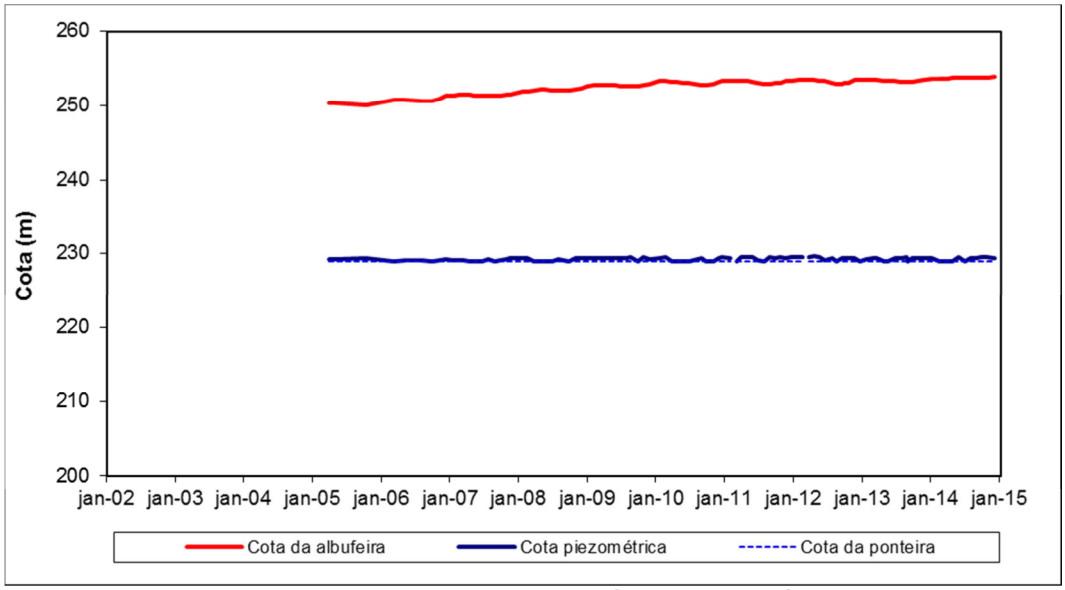


Figura 3.6 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph6

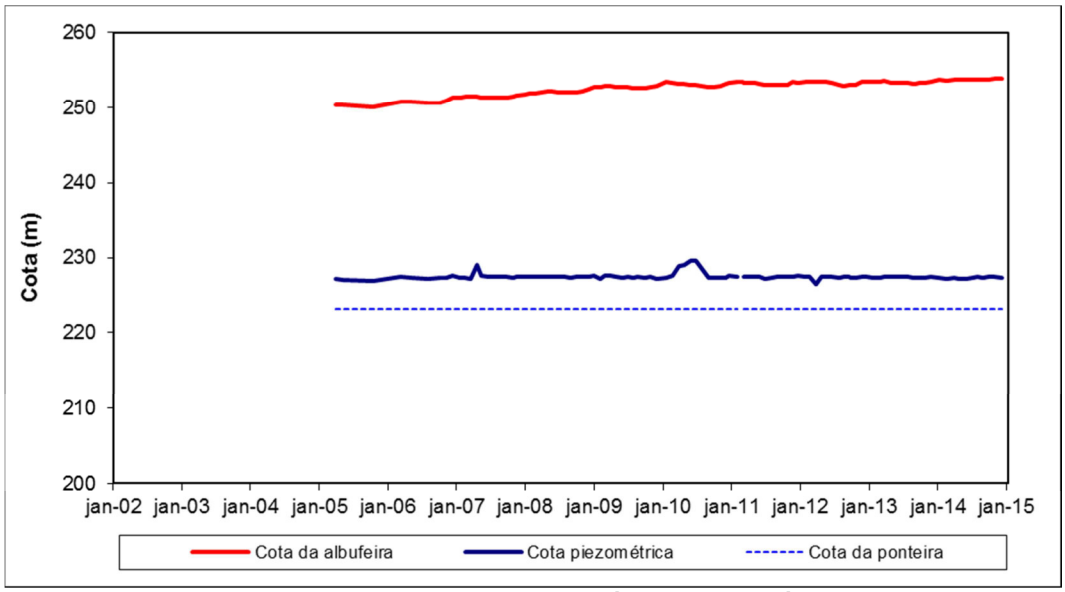


Figura 3.7 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph7

ANEXO 3 (6/54)

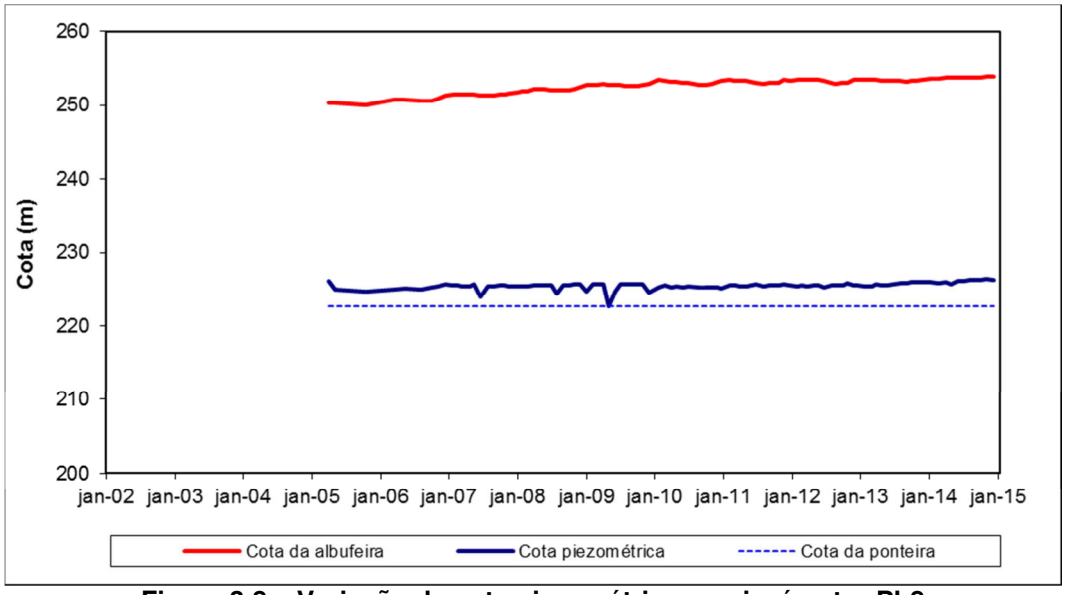


Figura 3.8 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph8

4 PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO4 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

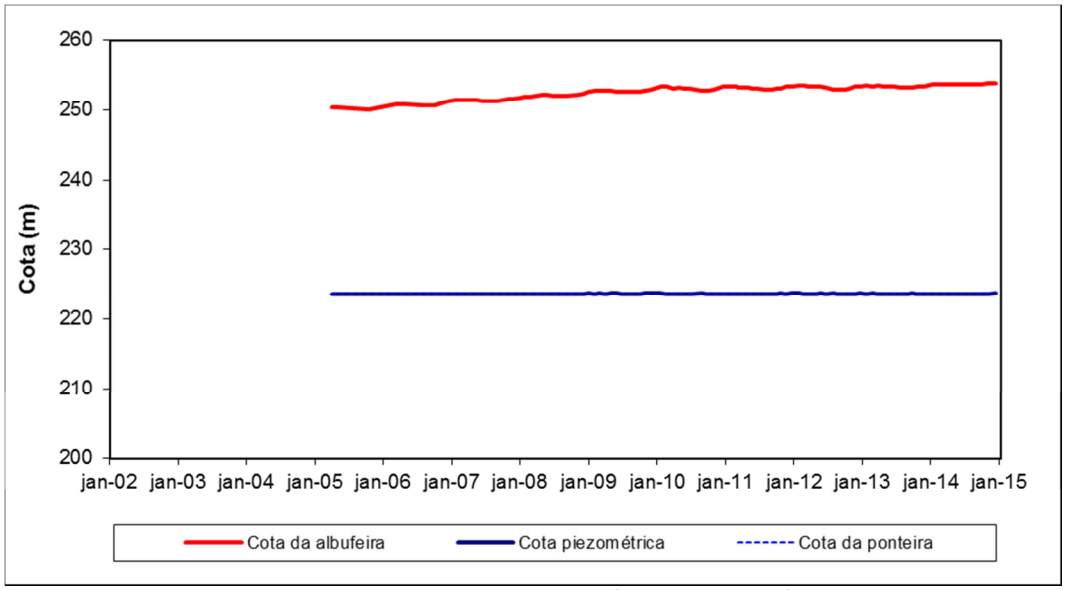


Figura 3.9 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph9

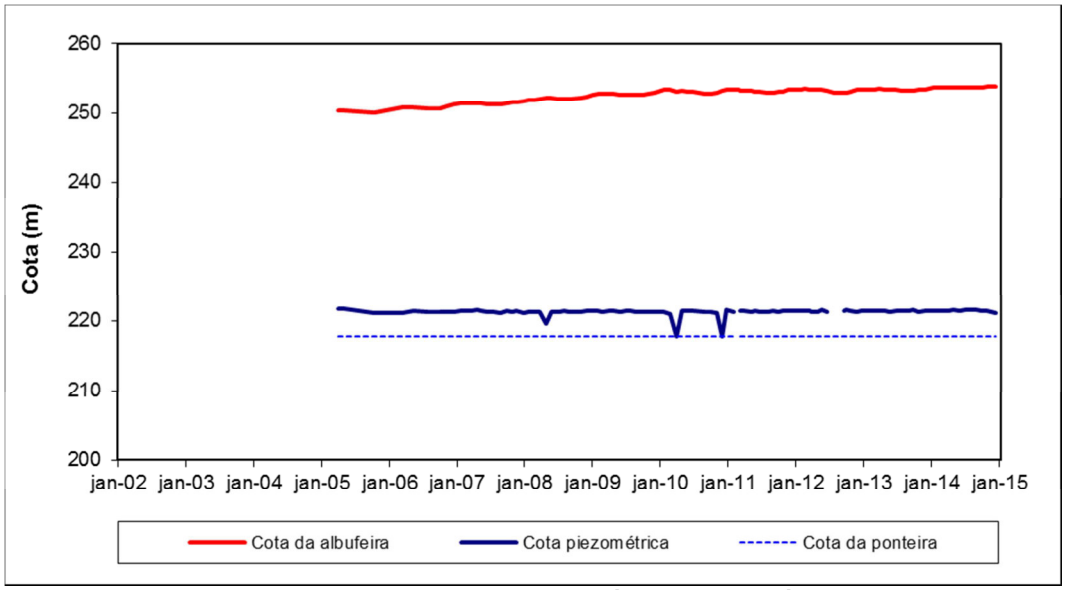


Figura 3.10 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph10

ANEXO 3 (8/54)

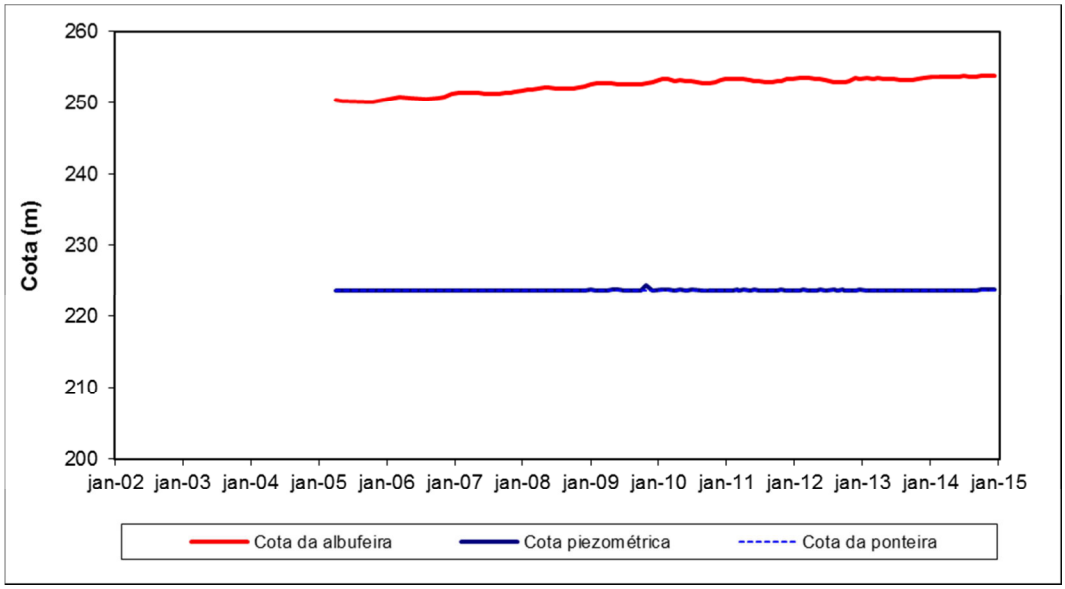


Figura 3.11 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph11

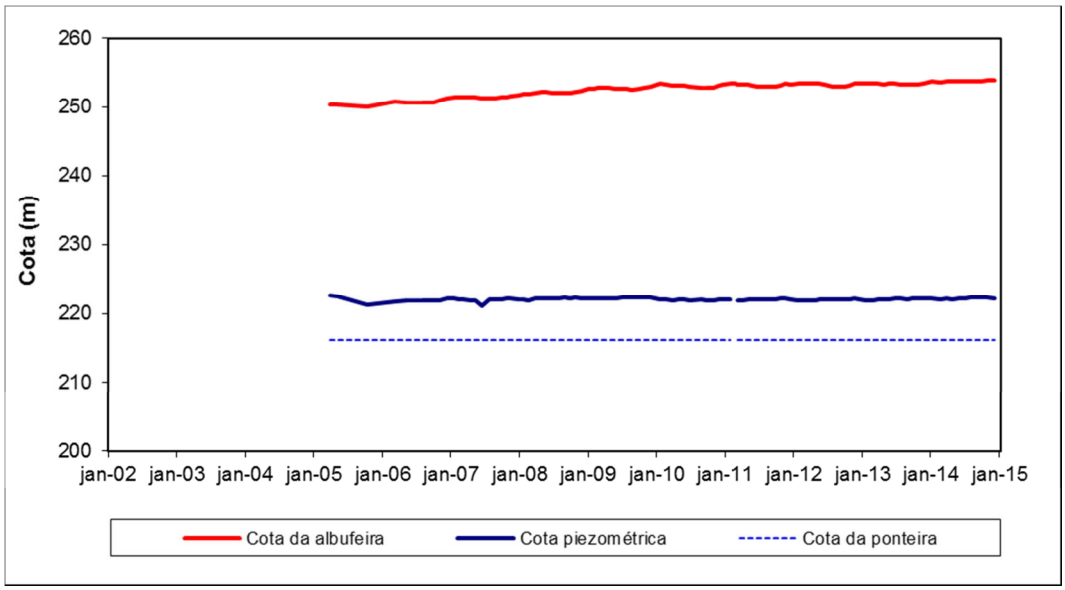


Figura 3.12 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph12

5 PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO5 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

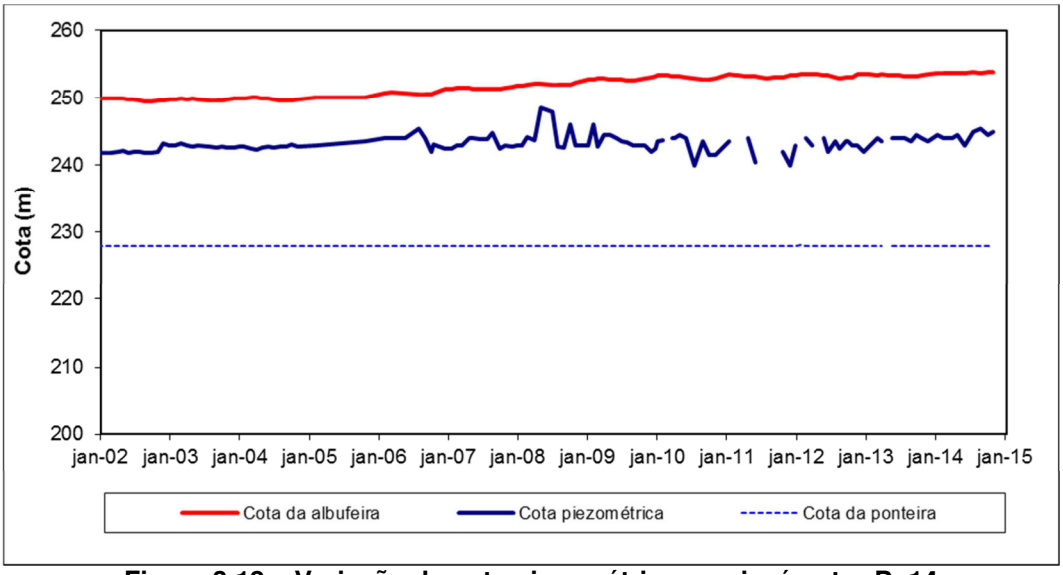


Figura 3.13 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp14

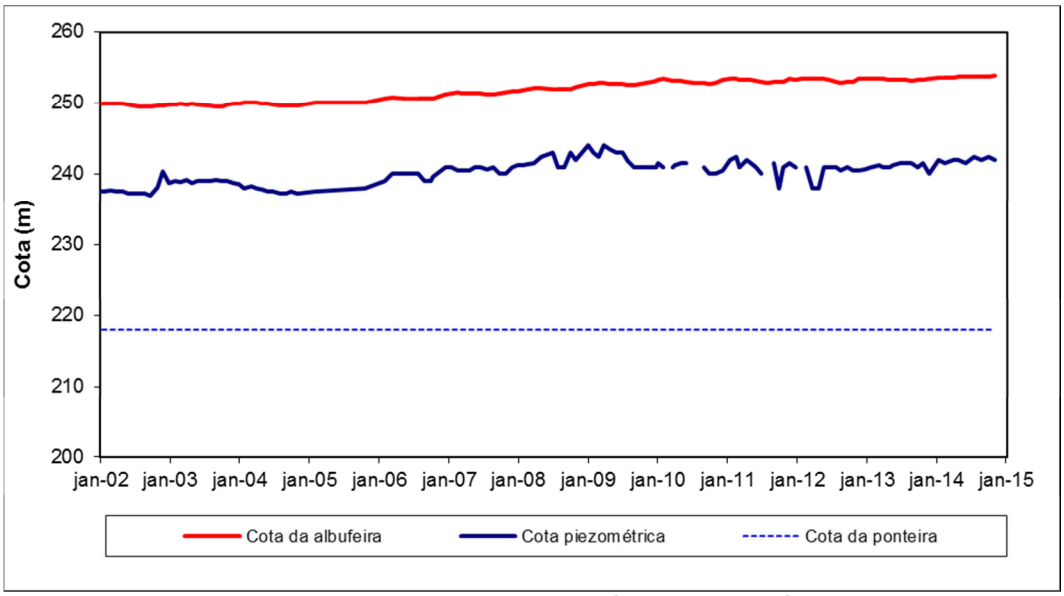


Figura 3.14 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp15

ANEXO 3 (10/54)

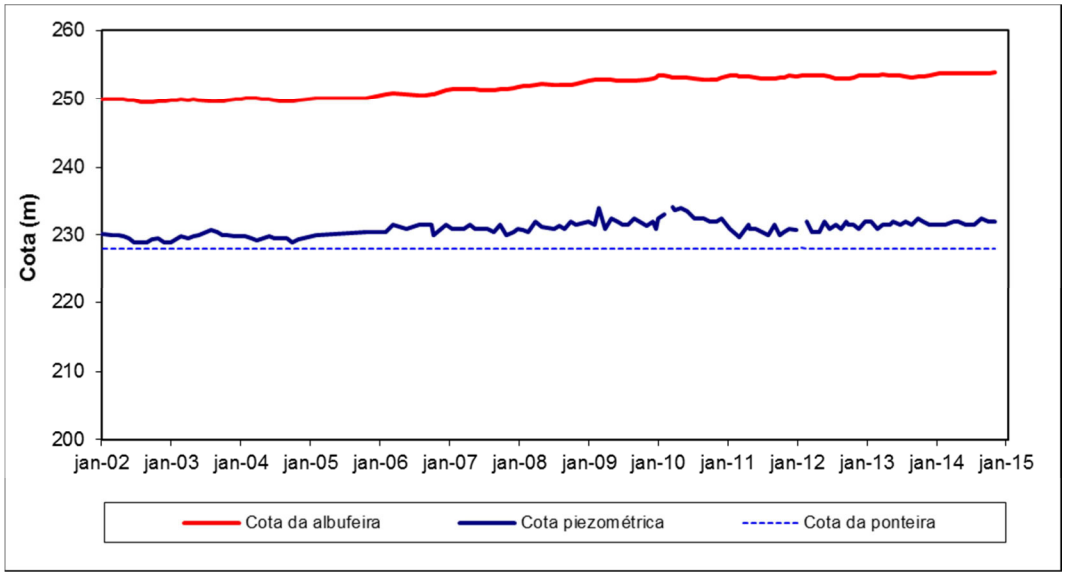


Figura 3.15 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp16

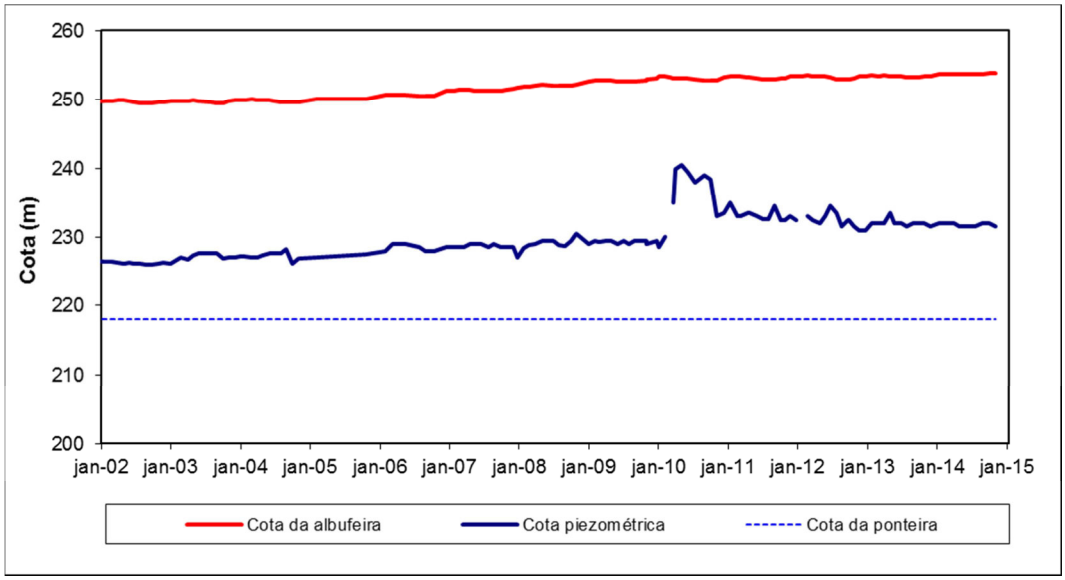


Figura 3.16 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp17

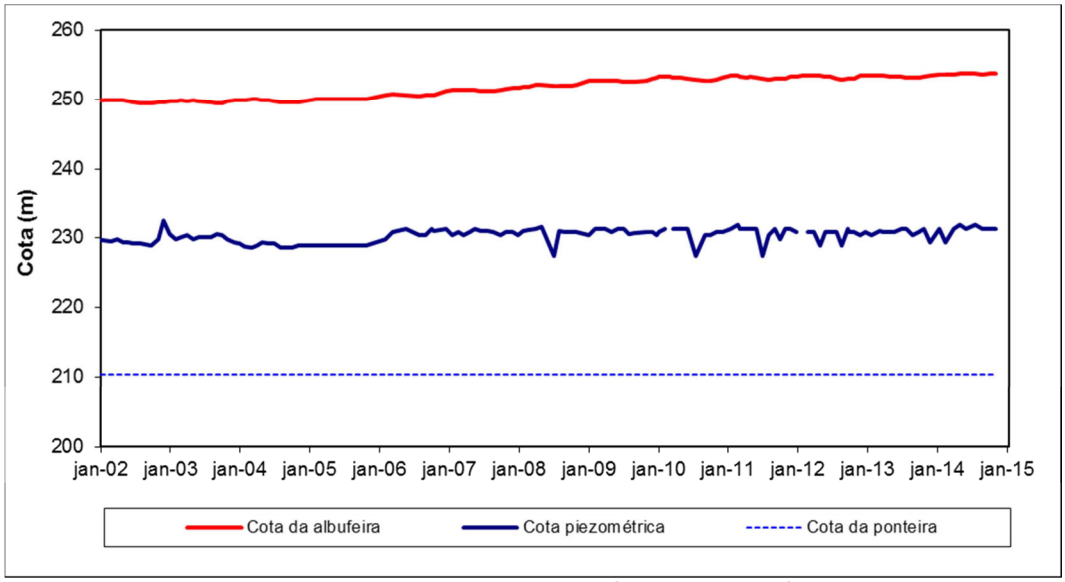


Figura 3.17 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp18

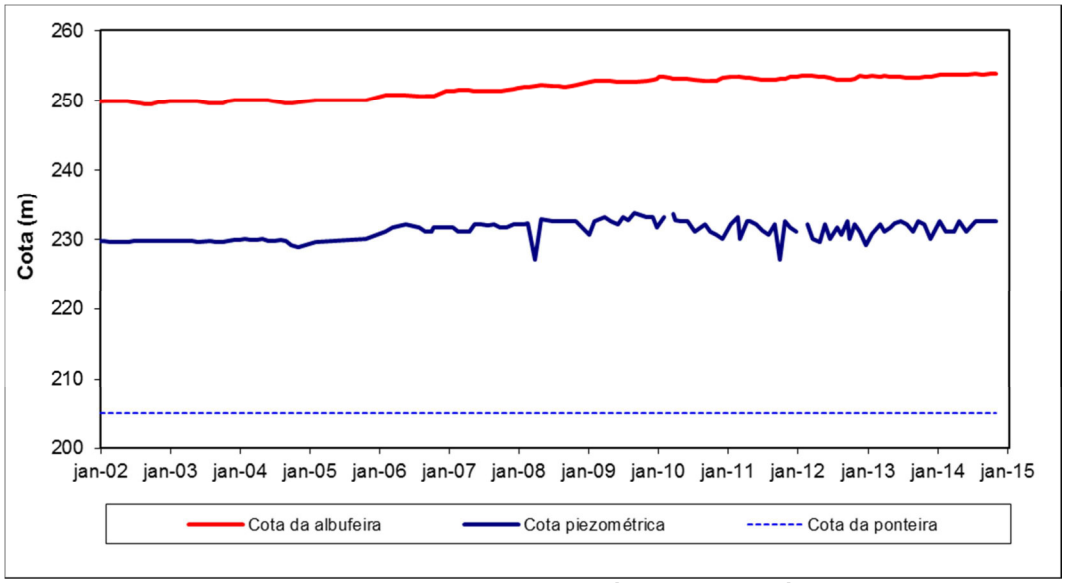


Figura 3.18 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp19

ANEXO 3 (12/54)

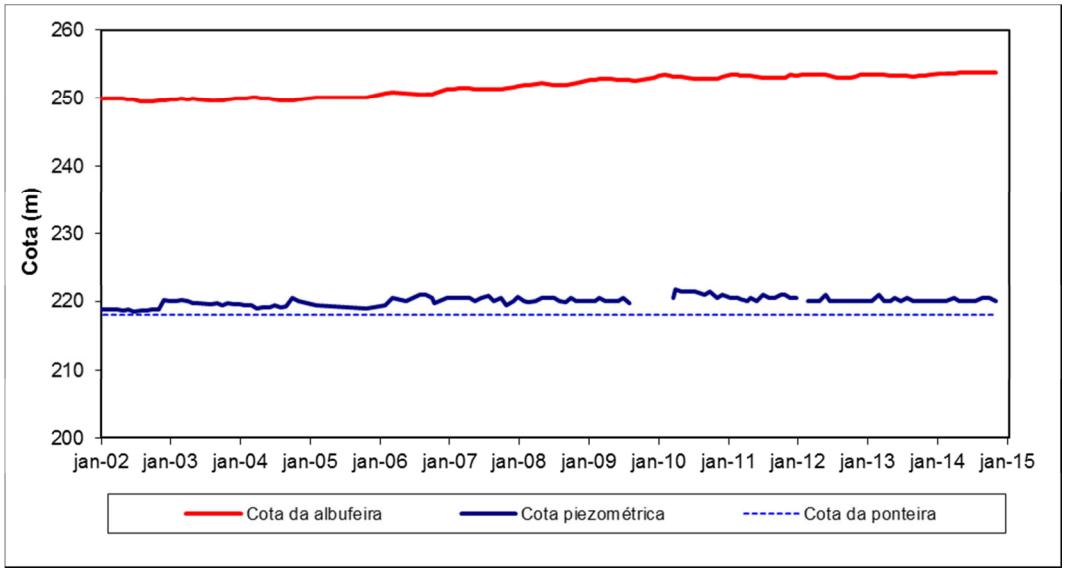


Figura 3.19 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp20

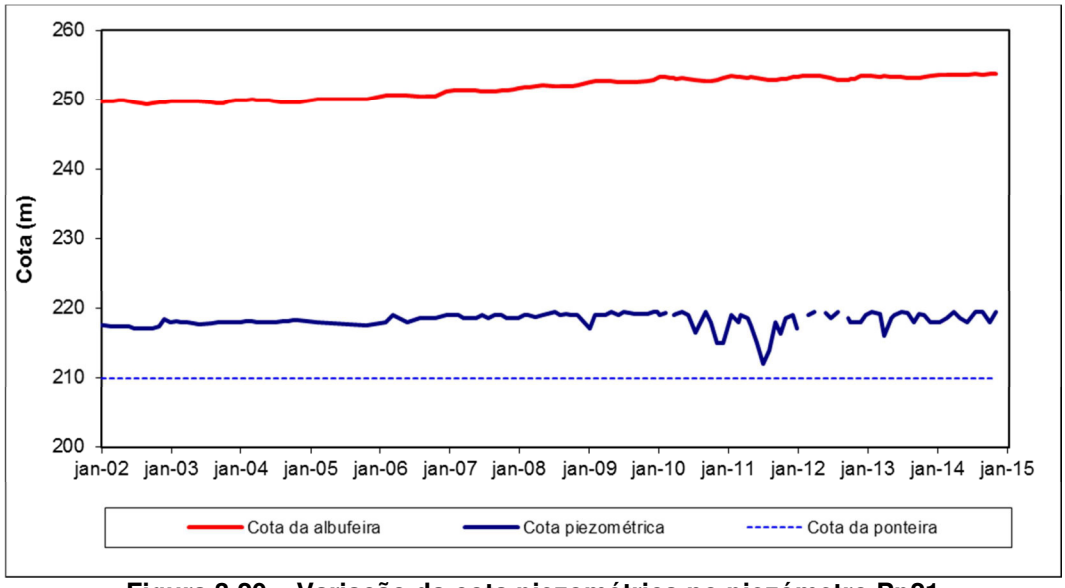


Figura 3.20 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp21

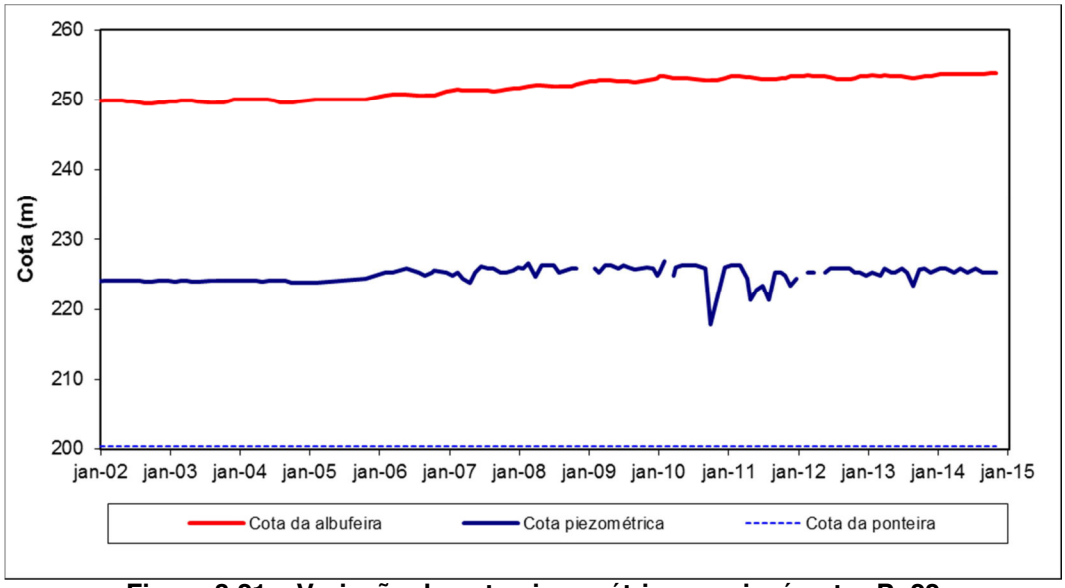


Figura 3.21 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp22

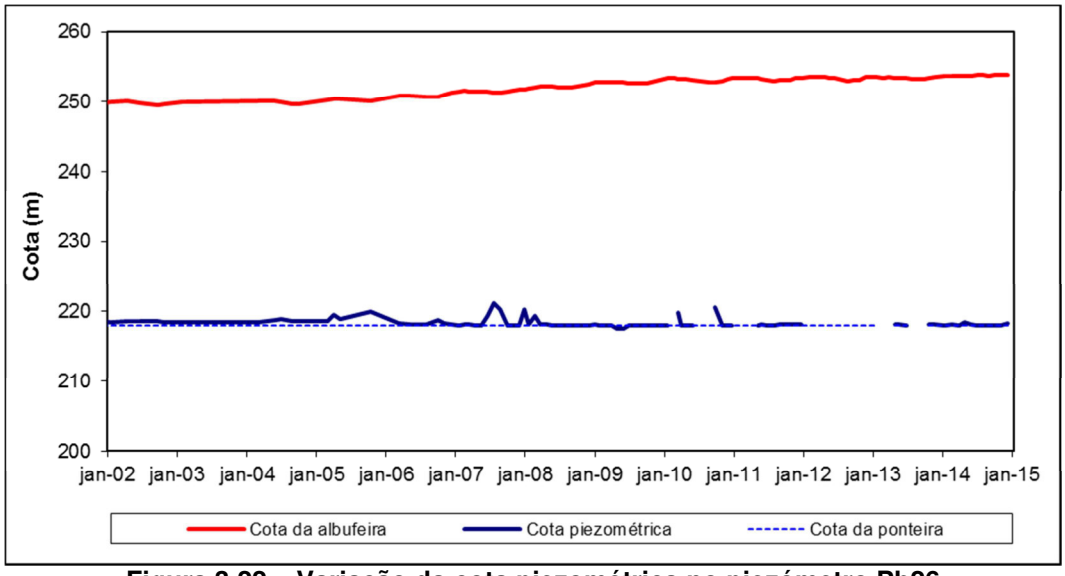


Figura 3.22 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph26

ANEXO 3 (14/54)

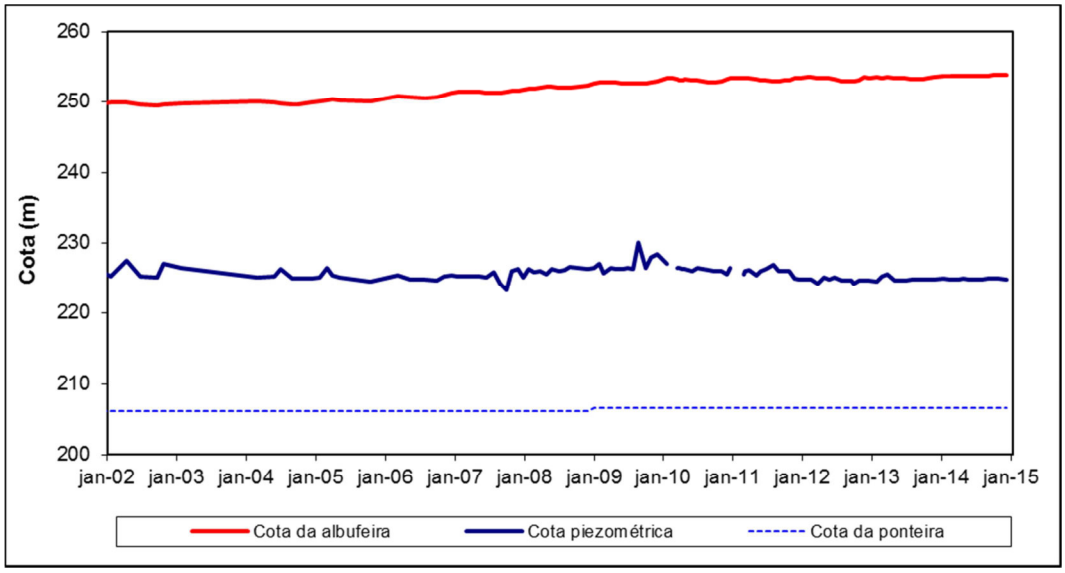


Figura 3.23 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph27

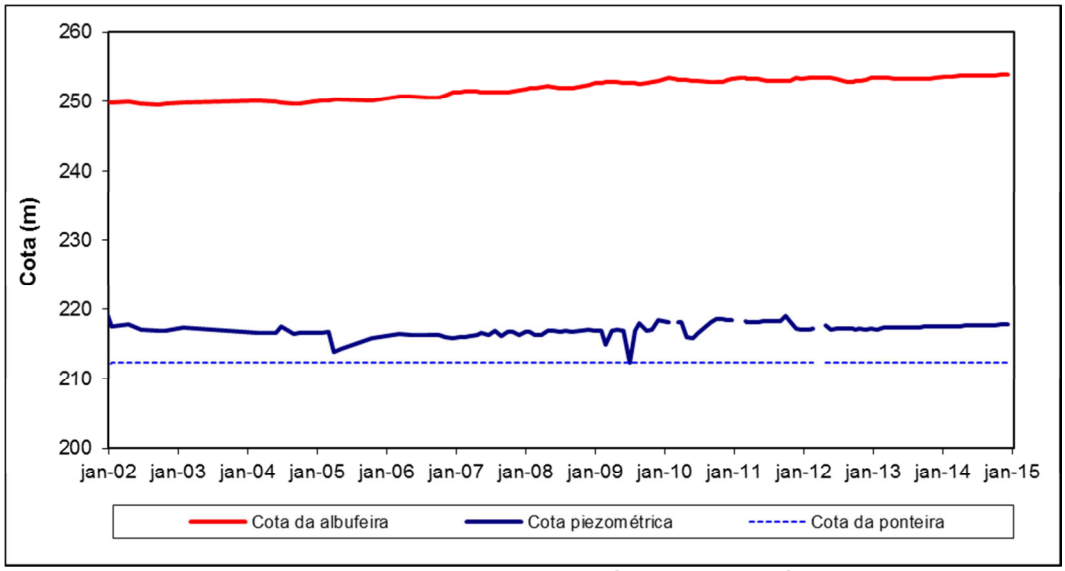


Figura 3.24 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph28

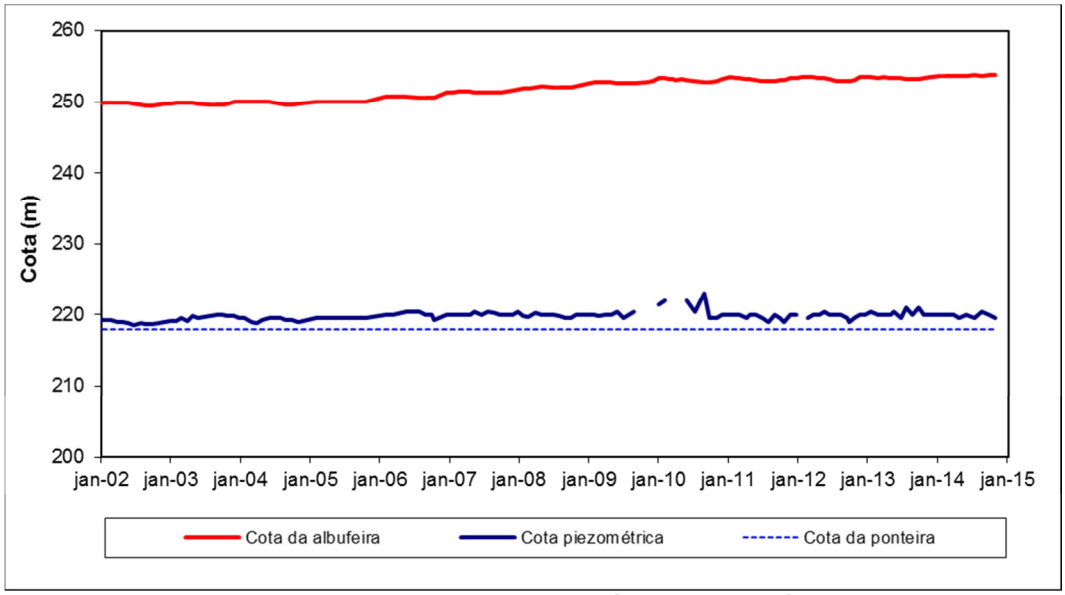


Figura 3.25 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp23

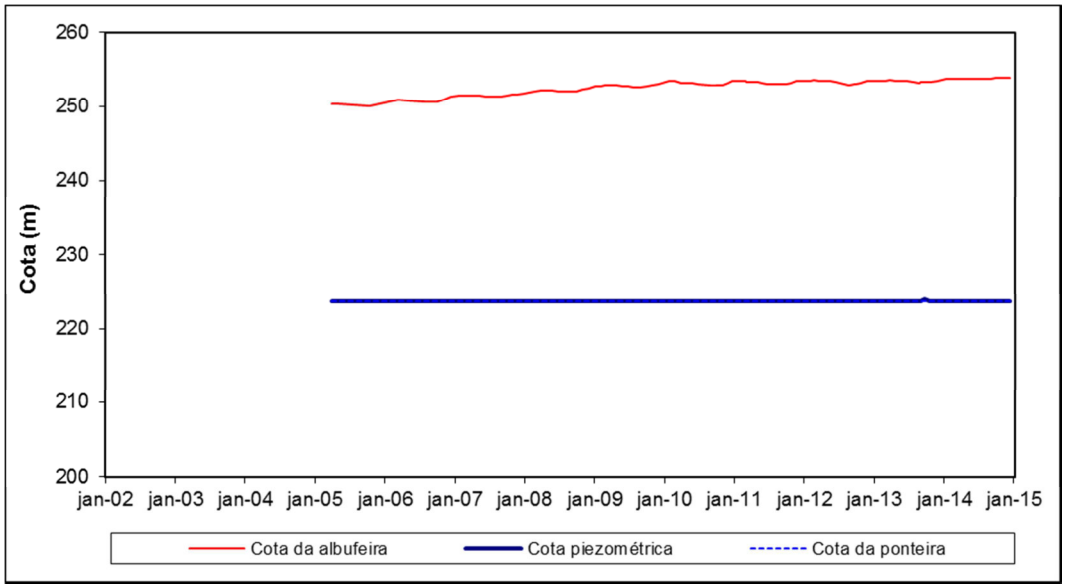


Figura 3.26 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph29

ANEXO 3 (16/54)

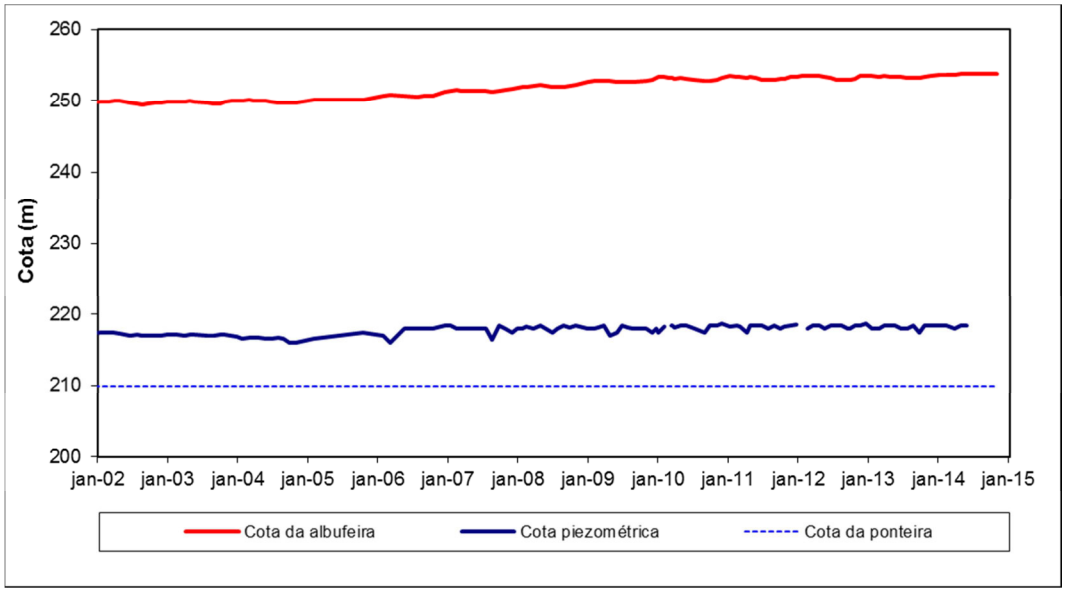


Figura 3.27 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp24

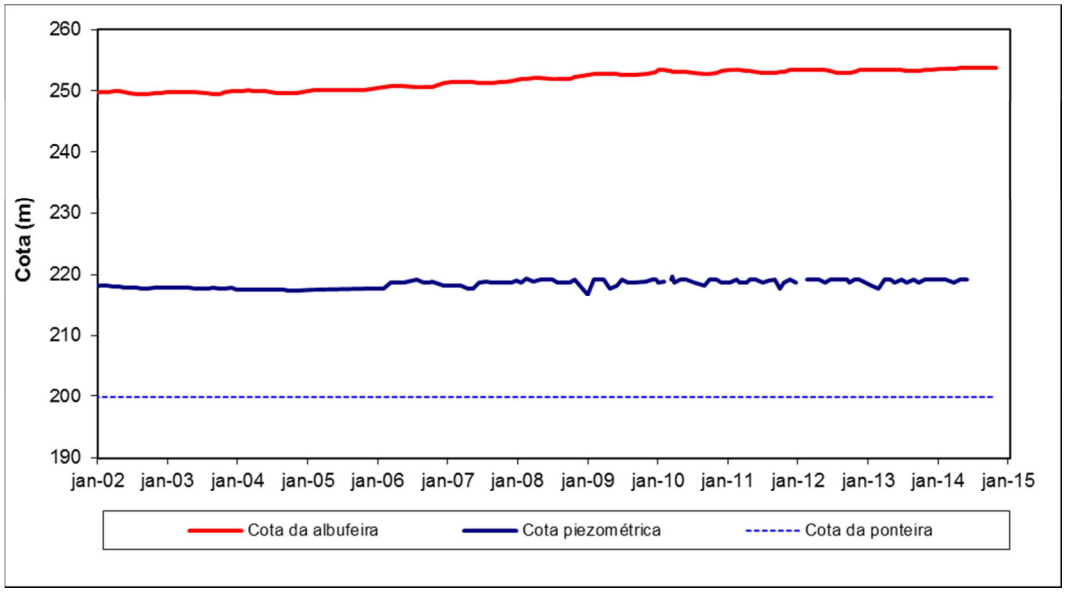


Figura 3.28 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp25

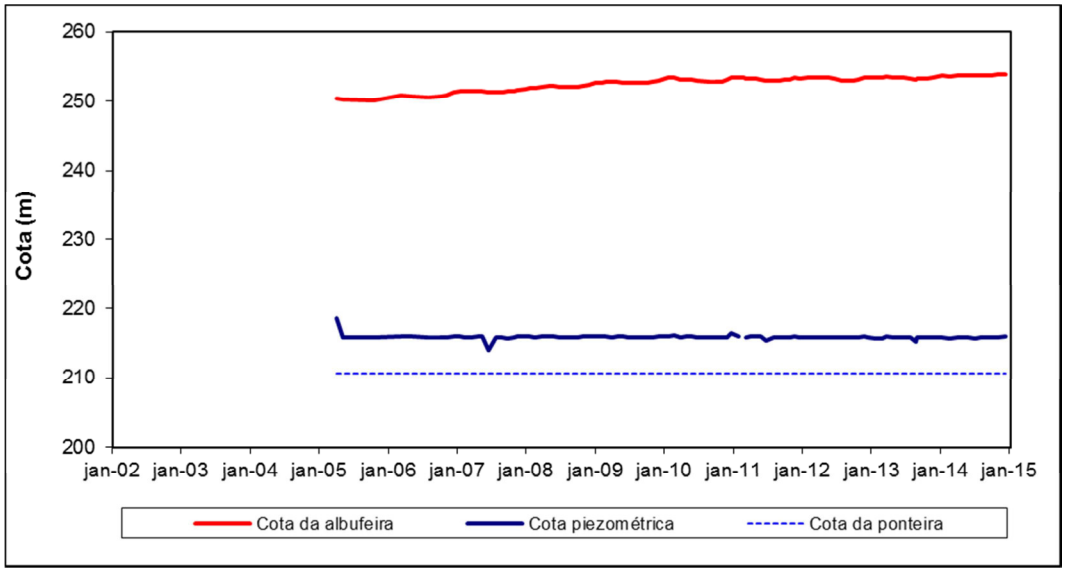


Figura 3.29 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph30

ANEXO 3 (18/54)

6 PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO6 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

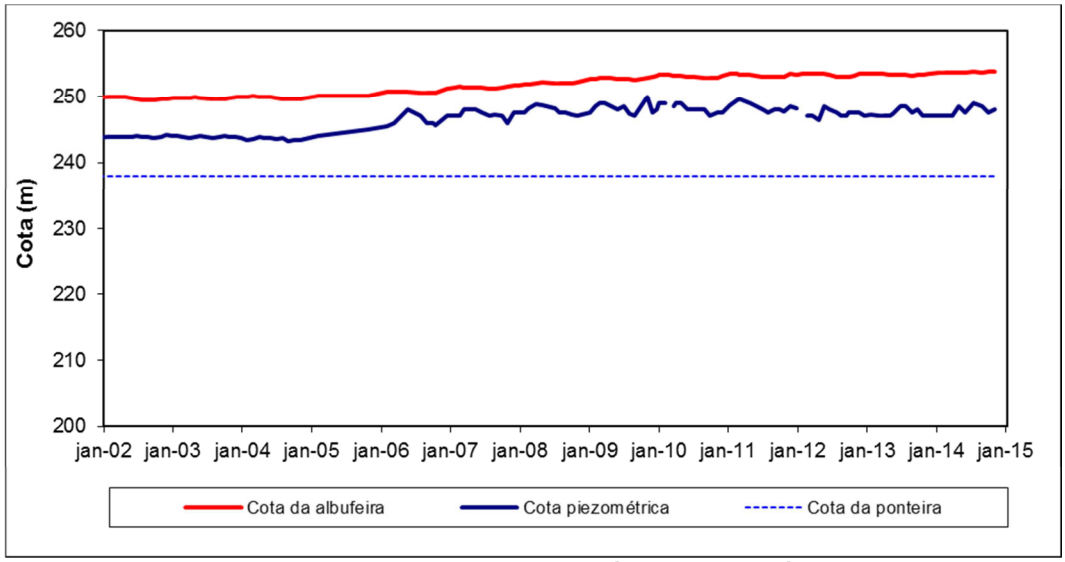


Figura 3.30 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp31

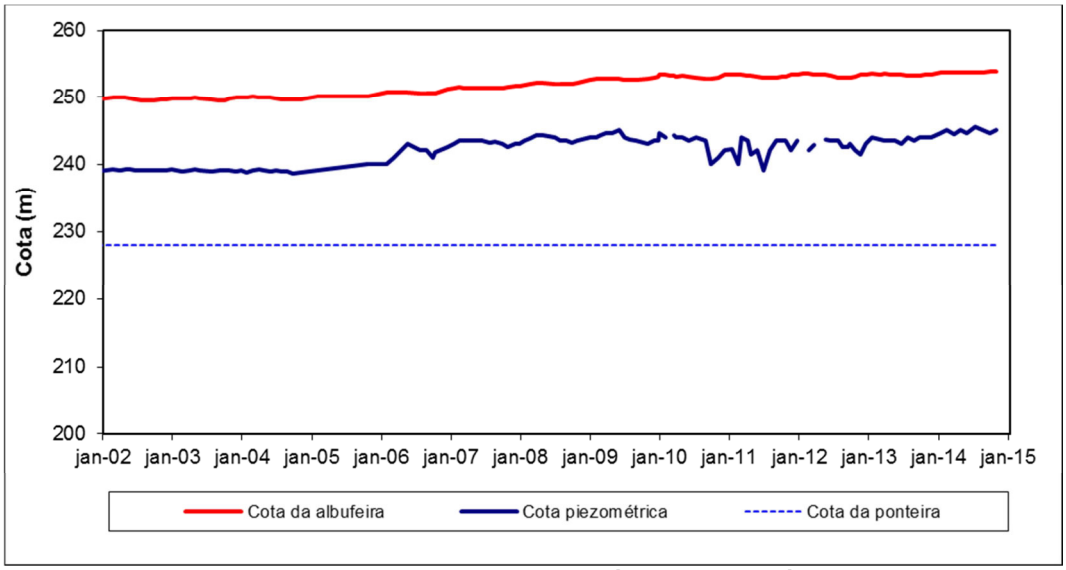


Figura 3.31 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp32

ANEXO 3 (20/54)

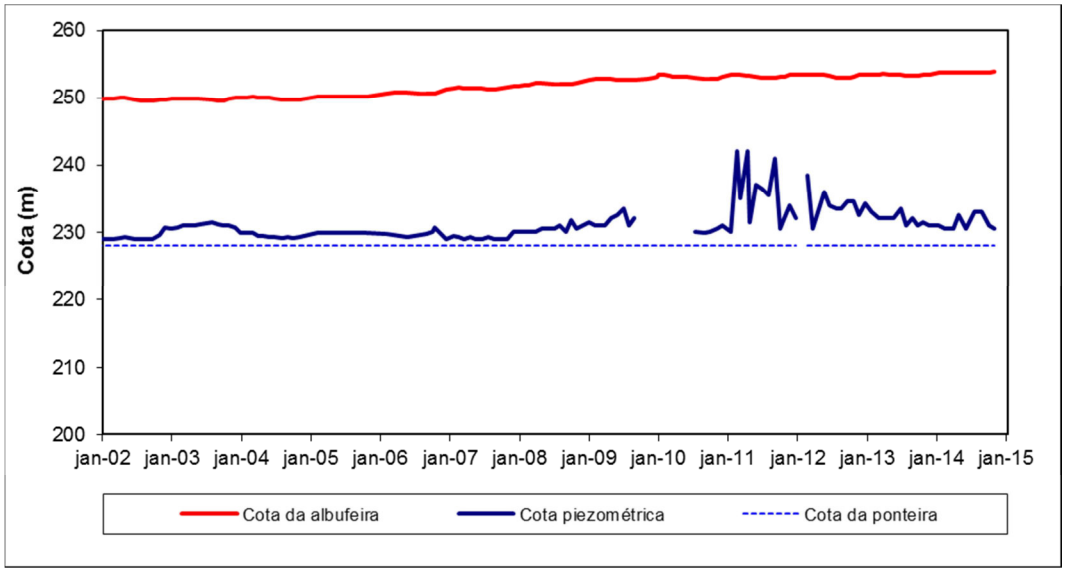


Figura 3.32 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp33

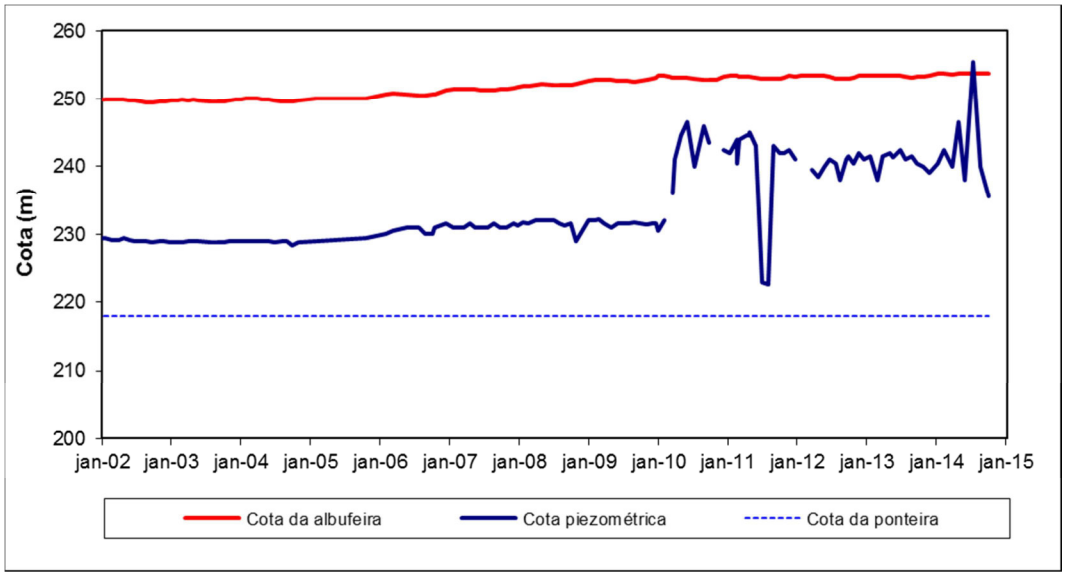


Figura 3.33 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp34

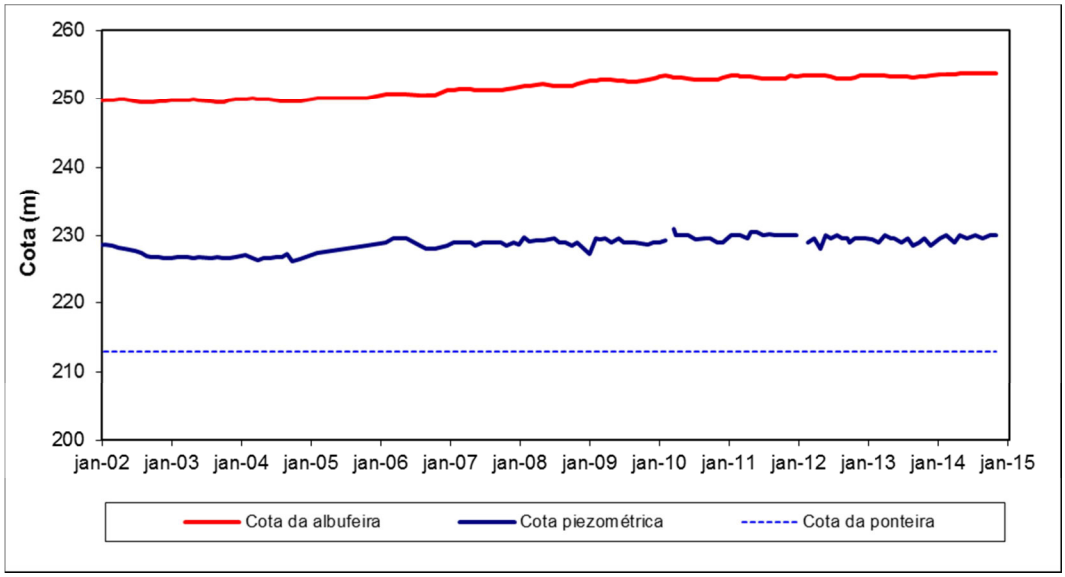


Figura 3.34 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp35

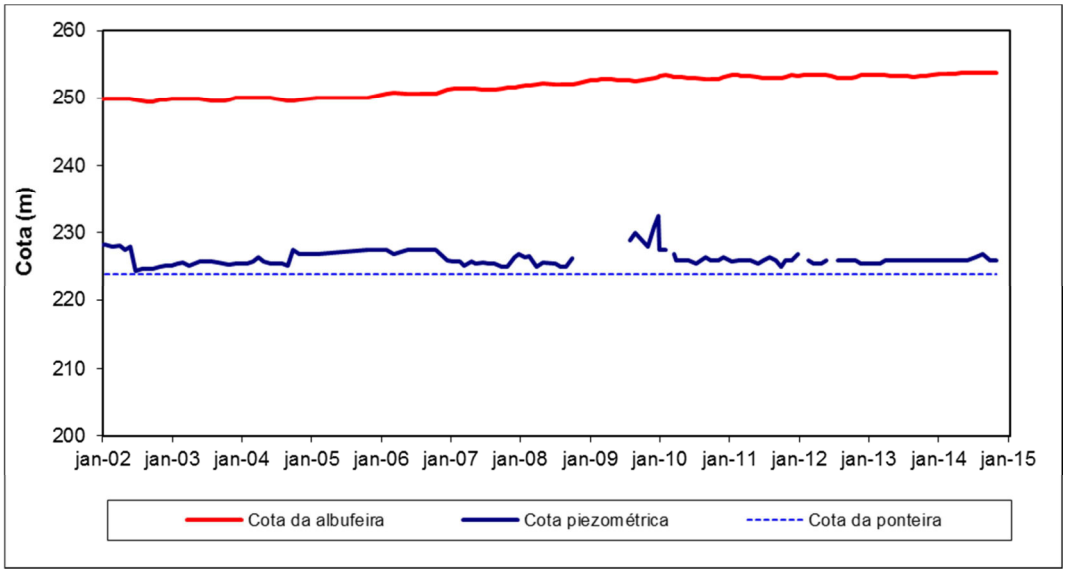


Figura 3.35 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp36

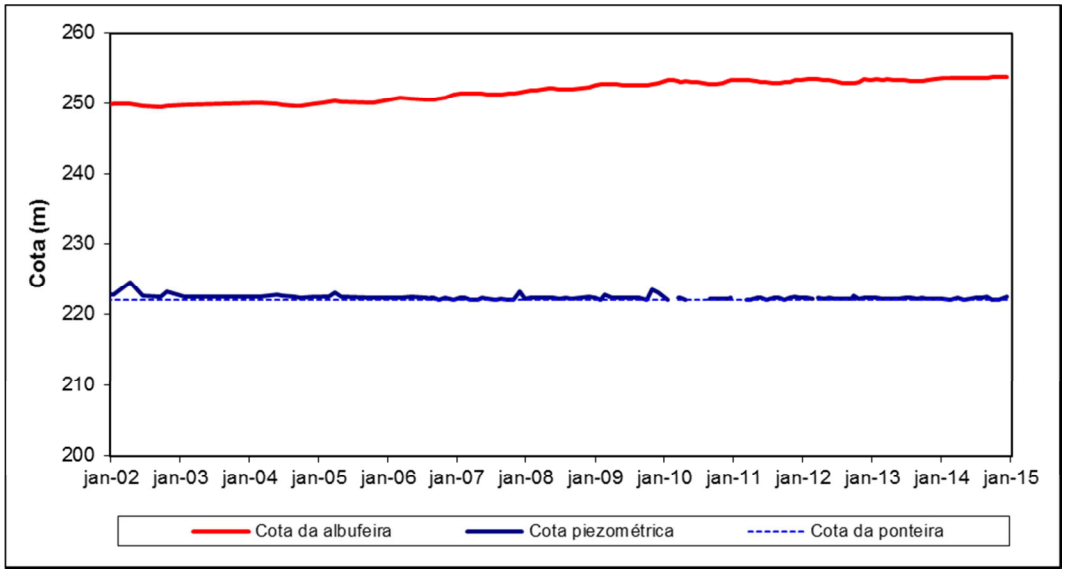


Figura 3.36 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph41

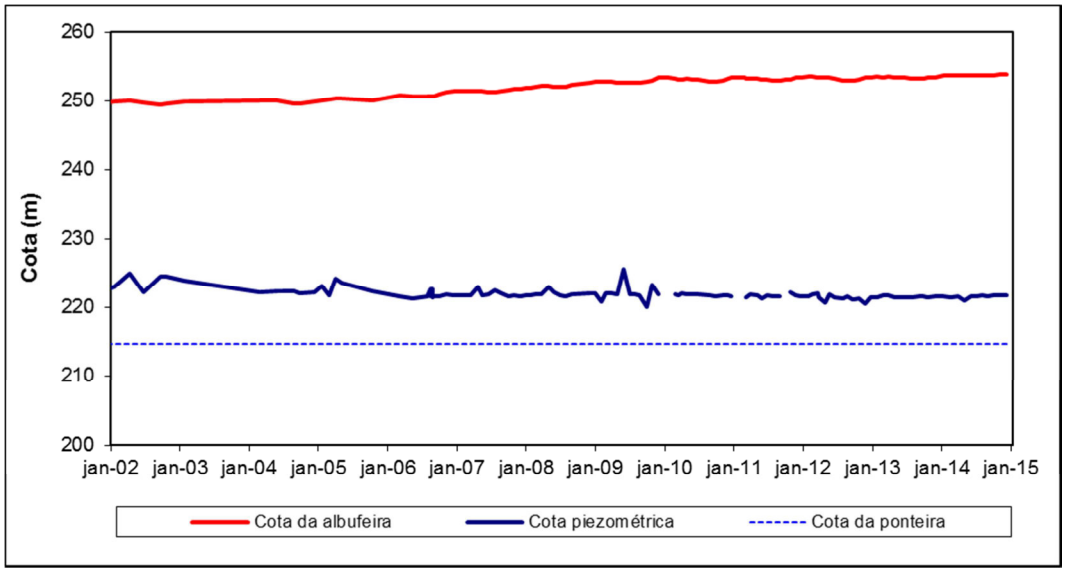


Figura 3.37 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph42

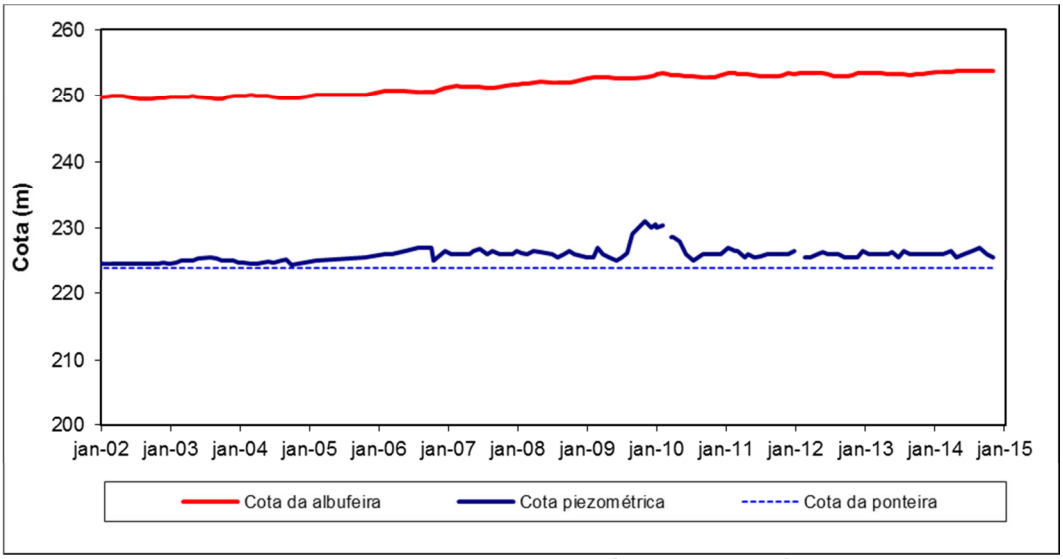


Figura 3.38 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp38

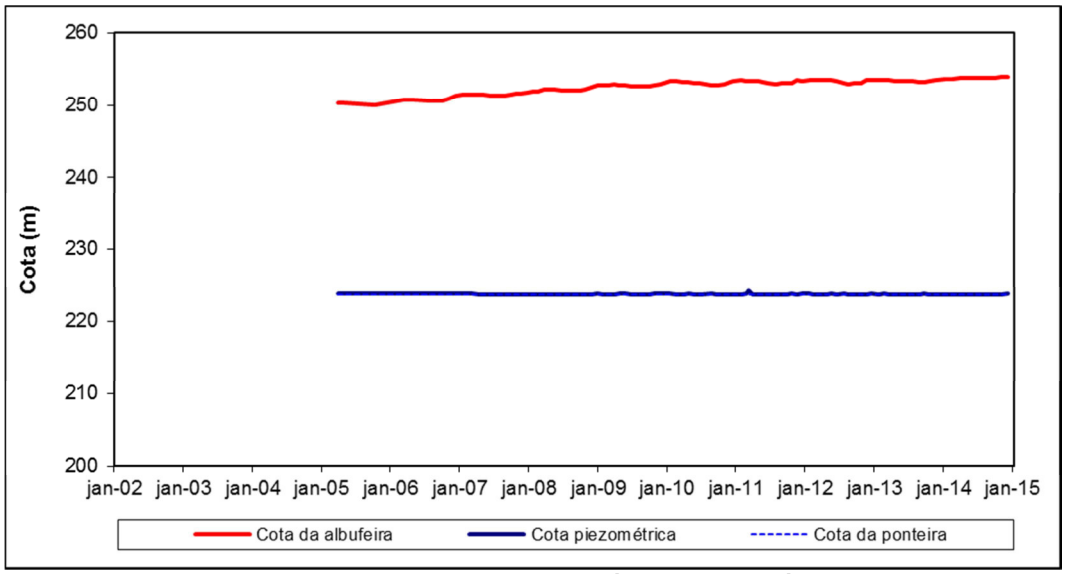


Figura 3.39 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph43

ANEXO 3 (24/54)

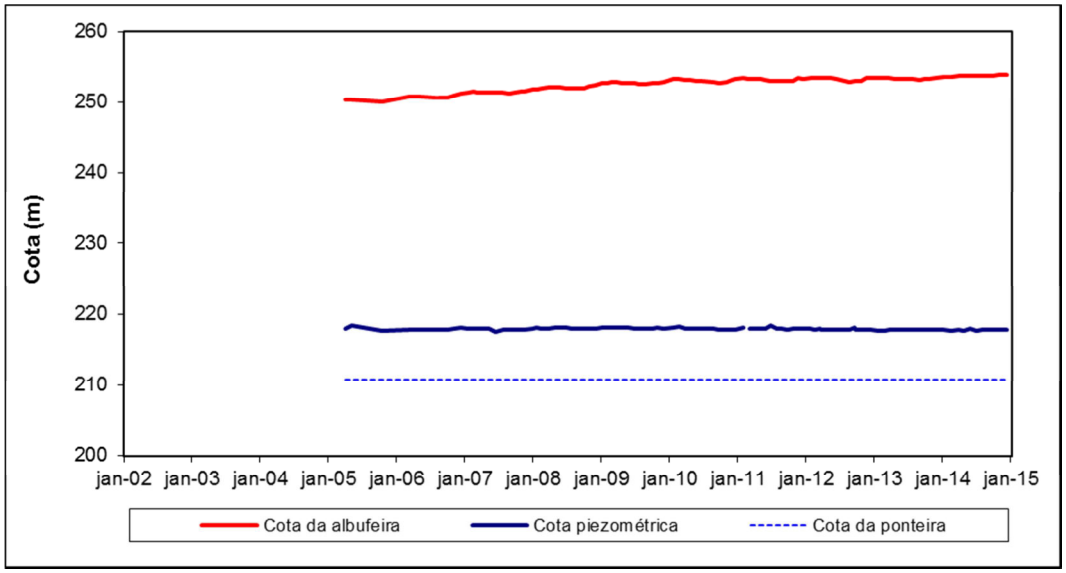


Figura 3.40 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph44

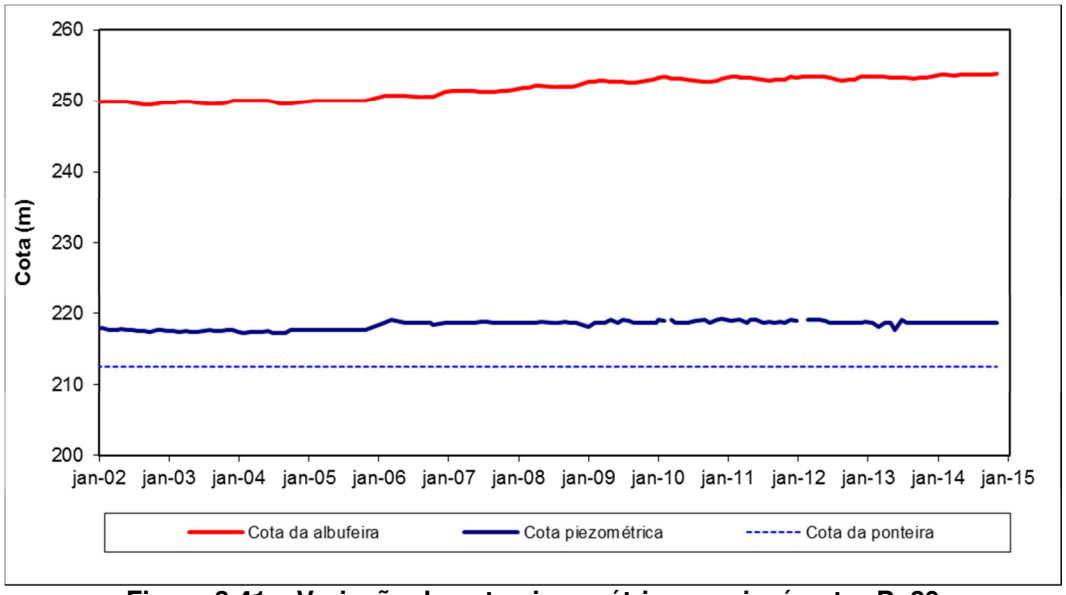


Figura 3.41 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp39

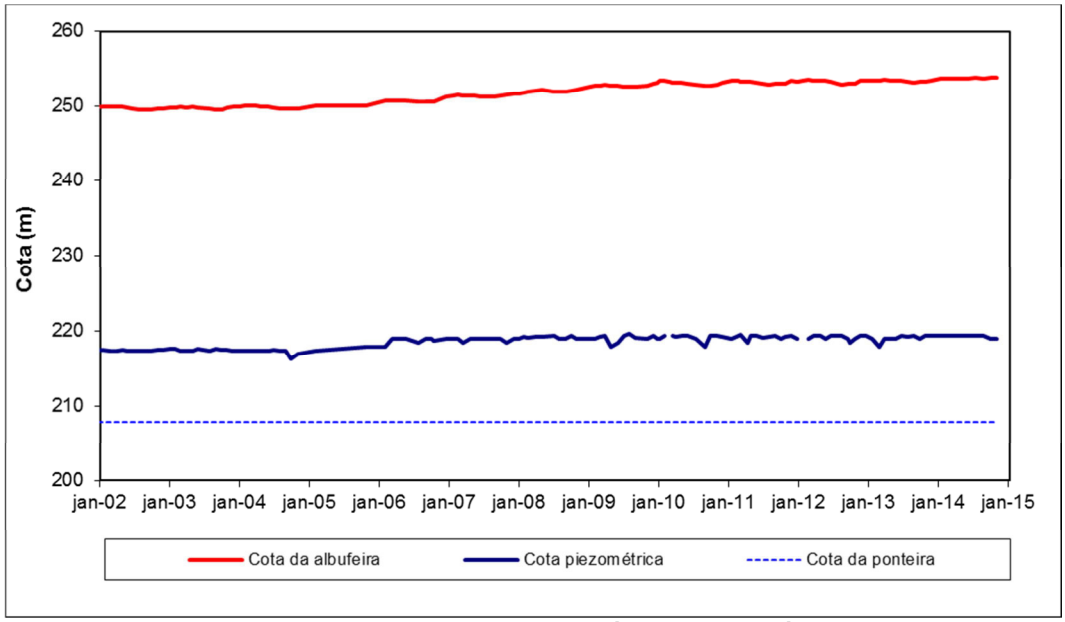


Figura 3.42 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp40

ANEXO 3 (26/54)

7 PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO7 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

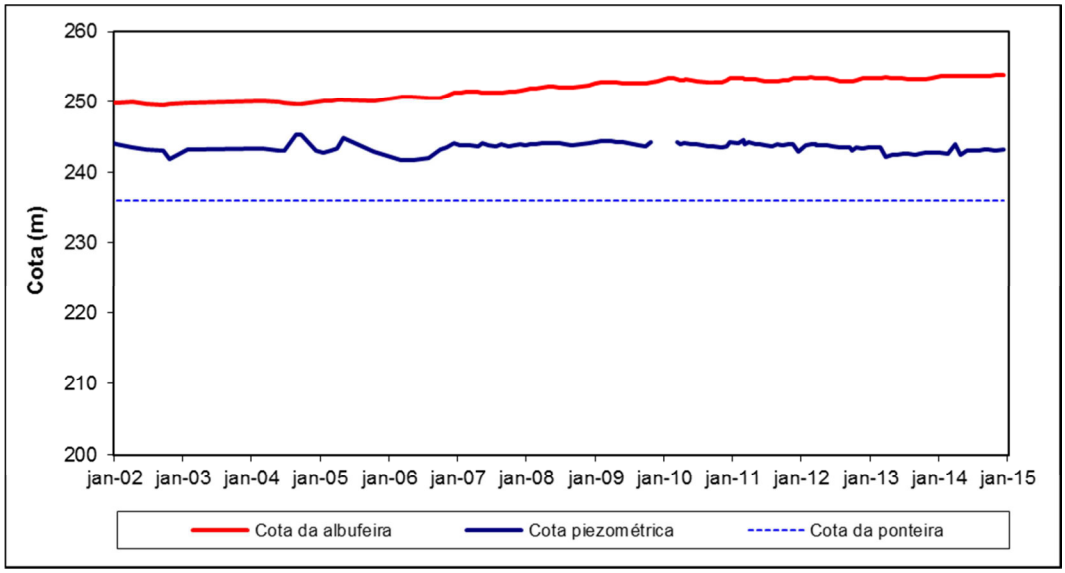


Figura 3.43 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph45

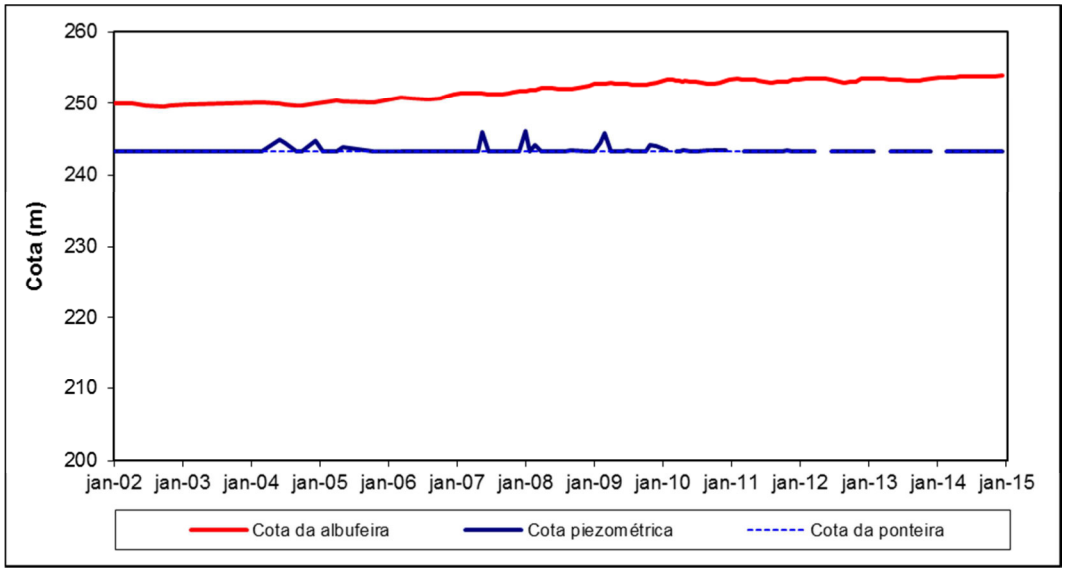


Figura 3.44 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph46

ANEXO 3 (28/54)

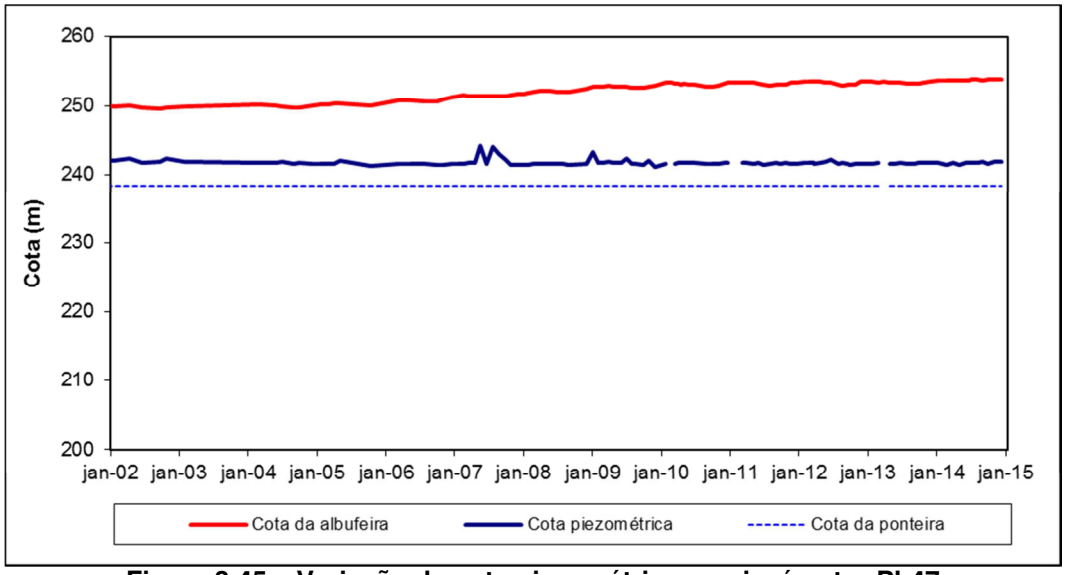


Figura 3.45 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph47

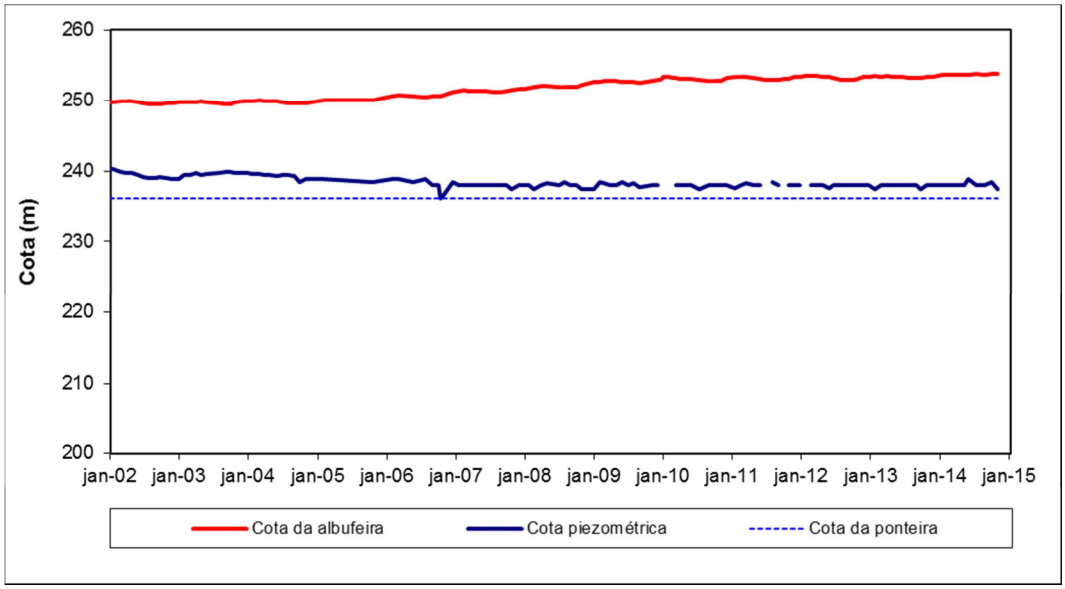


Figura 3.46 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp48

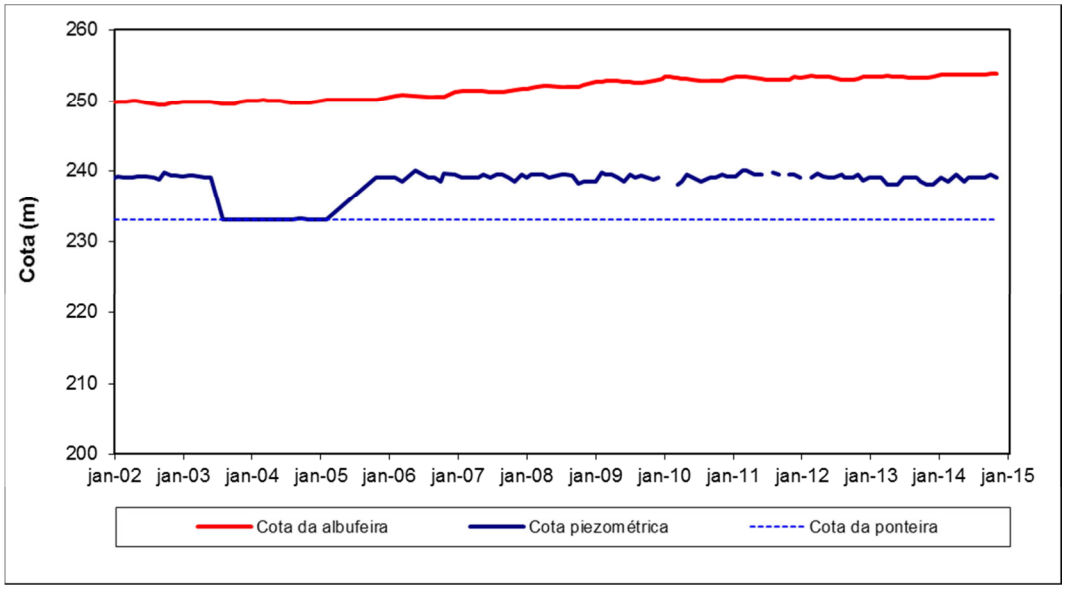


Figura 3.47 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp49

ANEXO 3 (30/54)

8 PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO8 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

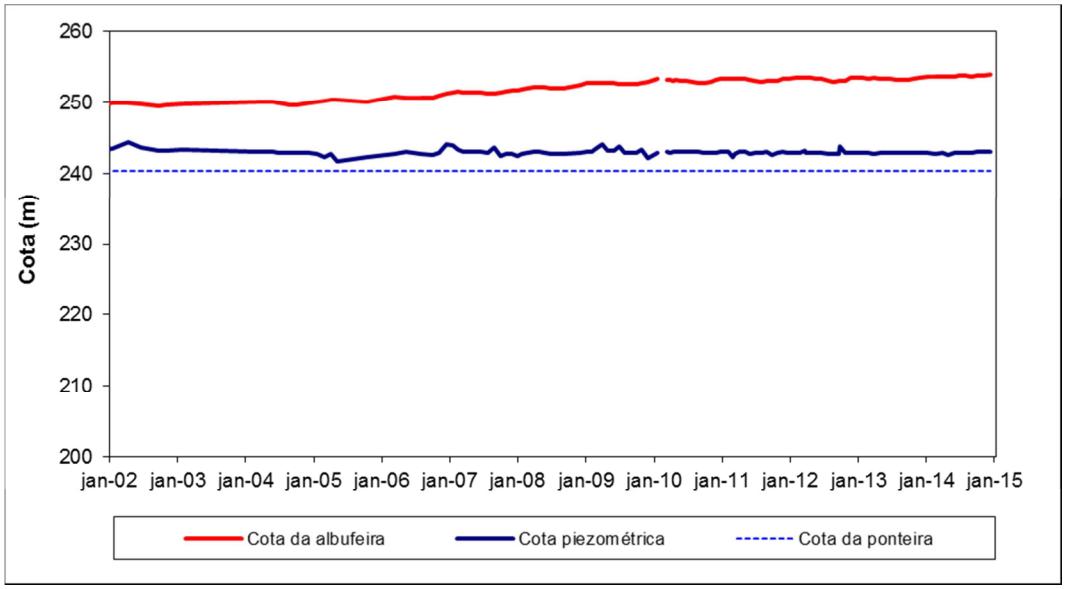


Figura 3.48 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph50

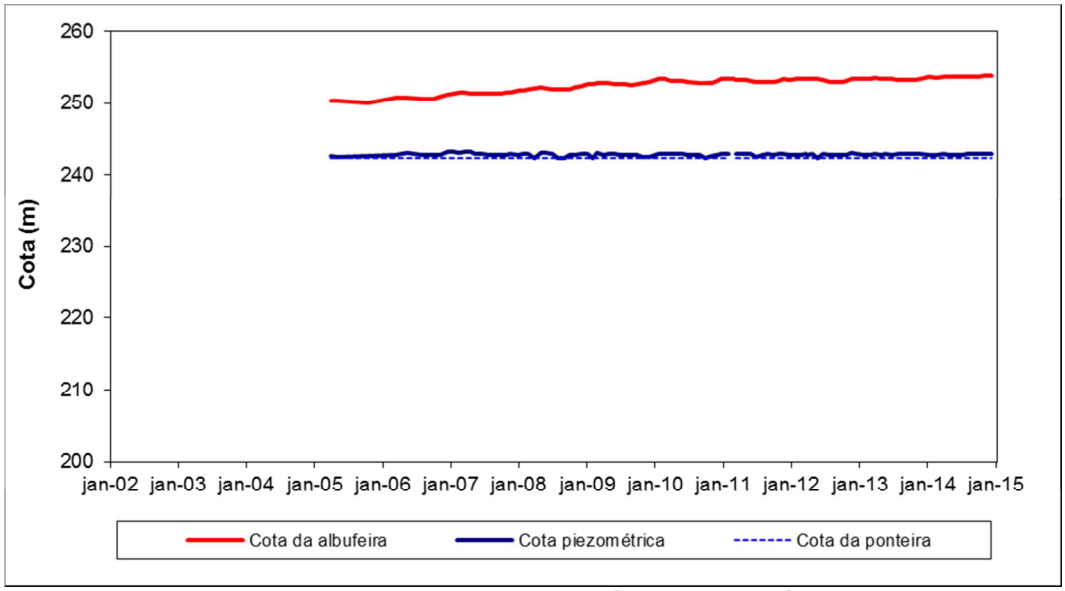


Figura 3.49 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph51

ANEXO 3 (32/54)

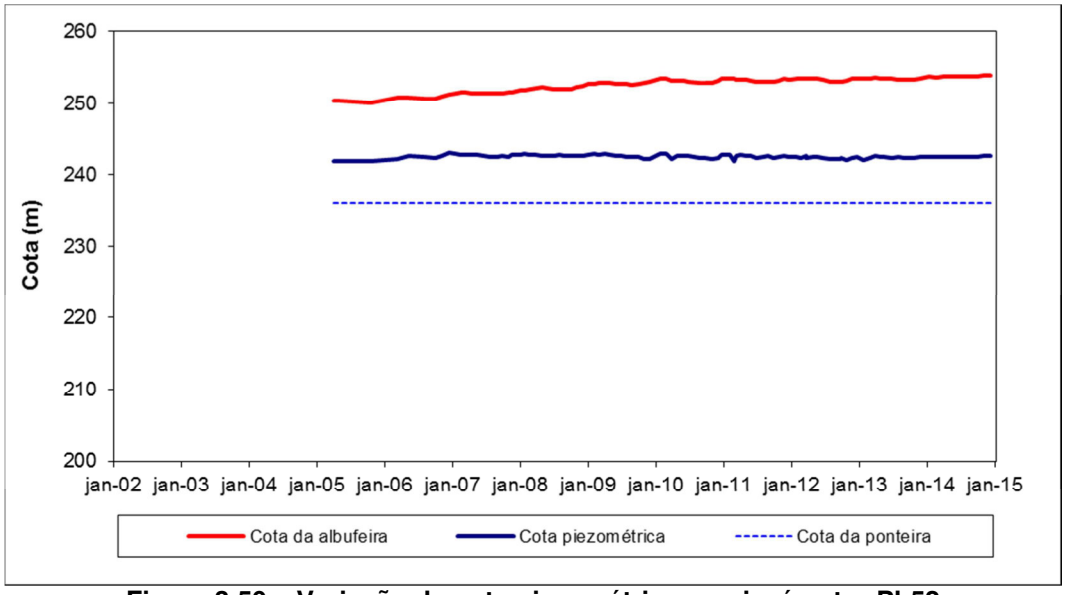


Figura 3.50 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph52

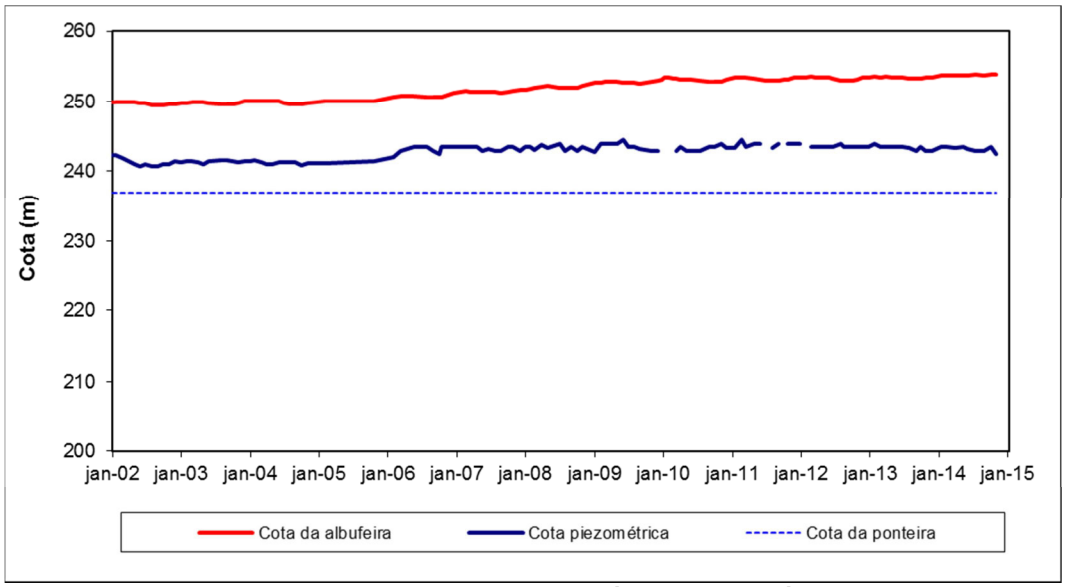


Figura 3.51 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp53

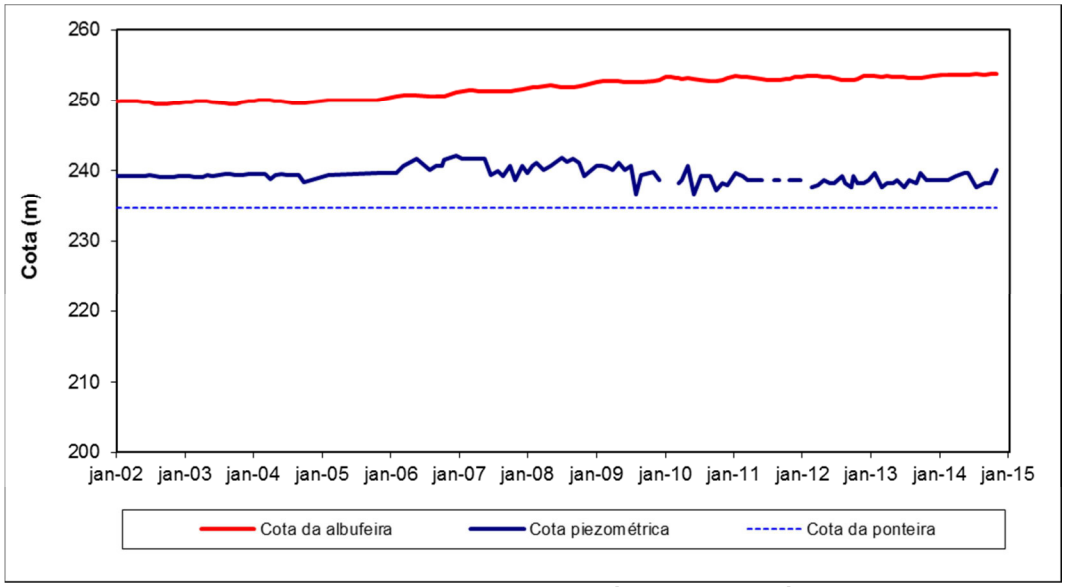


Figura 3.52 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp54

ANEXO 3 (34/54)

9 PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO9 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

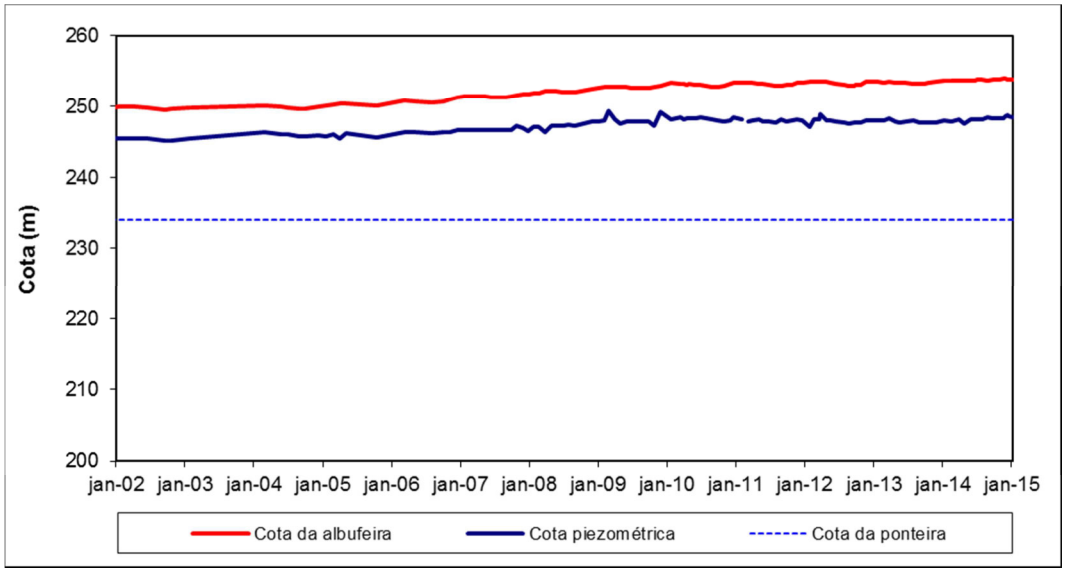


Figura 3.53 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph55

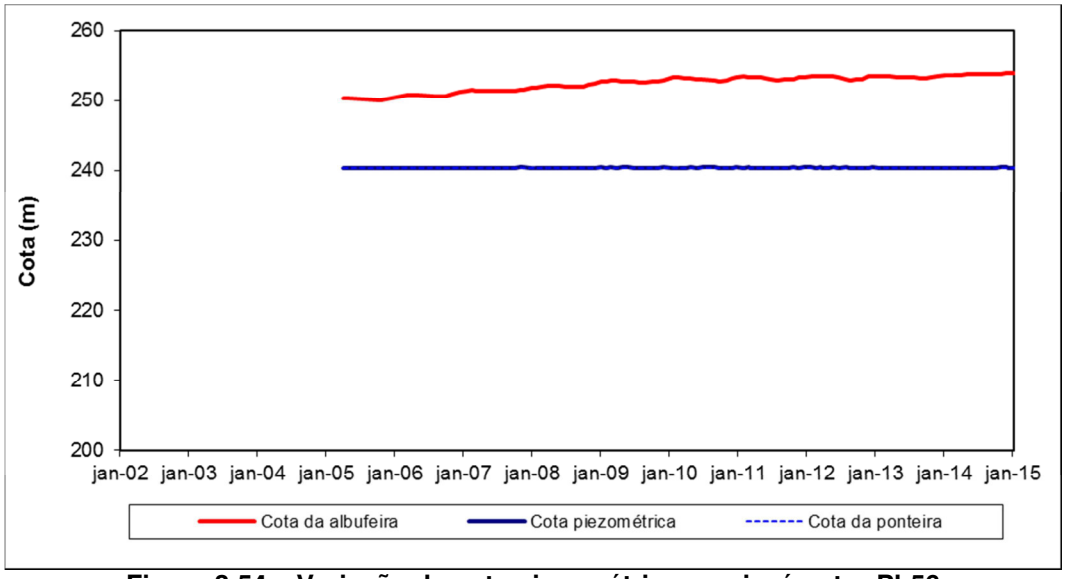


Figura 3.54 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph56

ANEXO 3 (36/54)

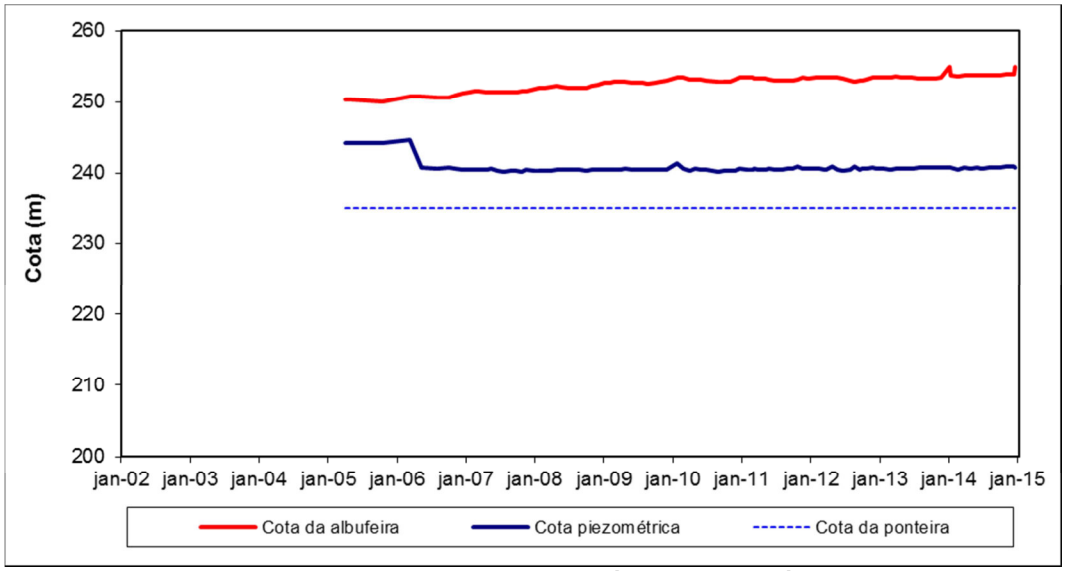


Figura 3.55 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph57

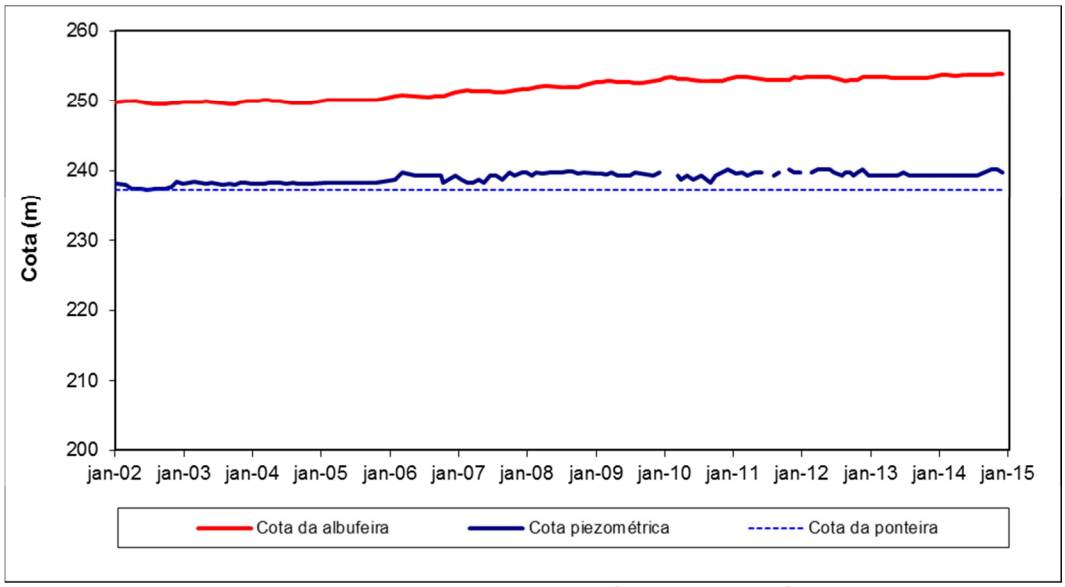


Figura 3.56 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp58

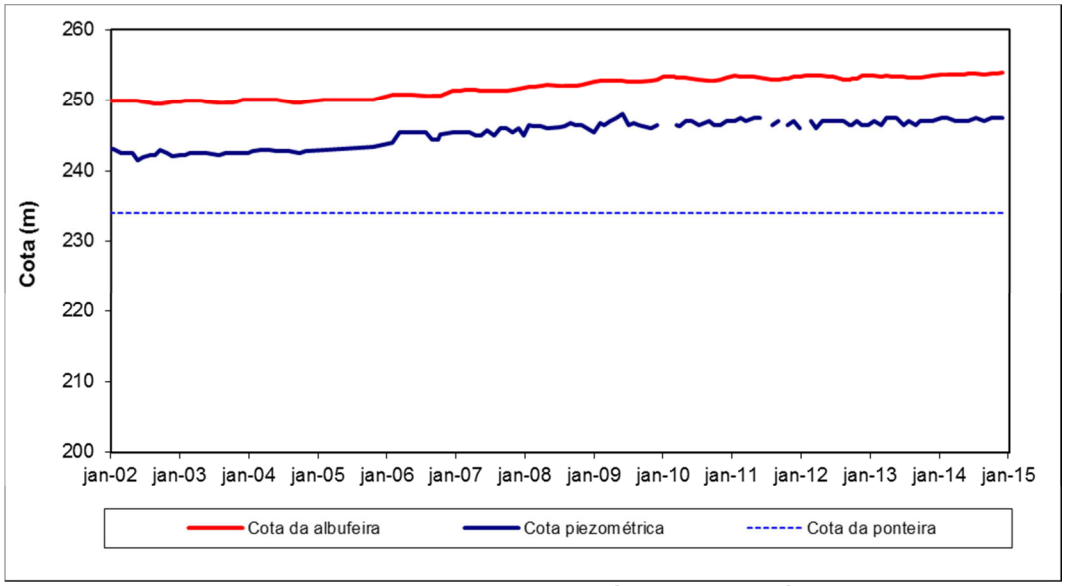


Figura 3.57 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp59

ANEXO 3 (38/54)

10 PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO10 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

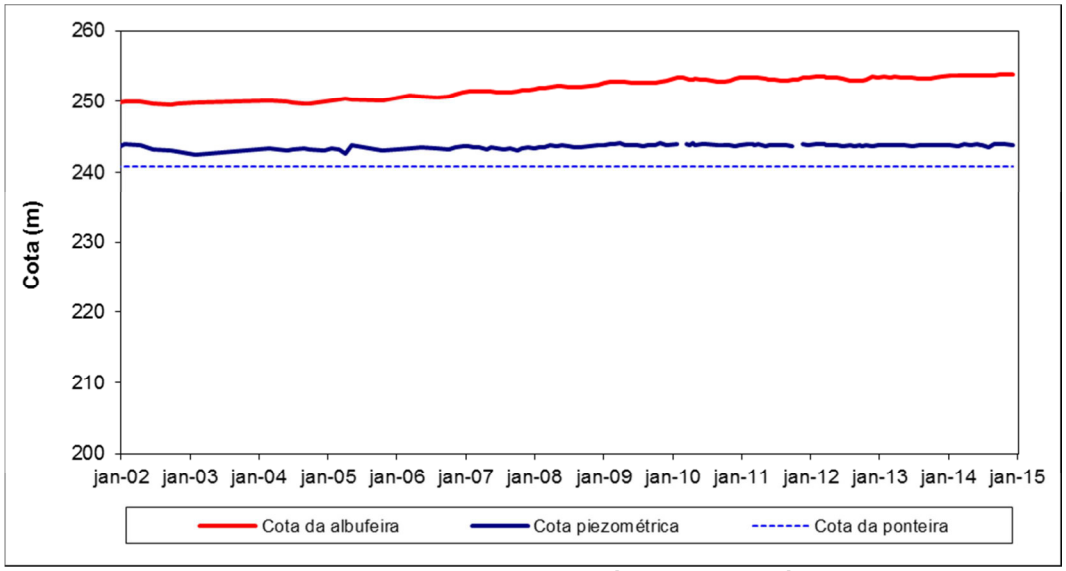


Figura 3.58 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph60

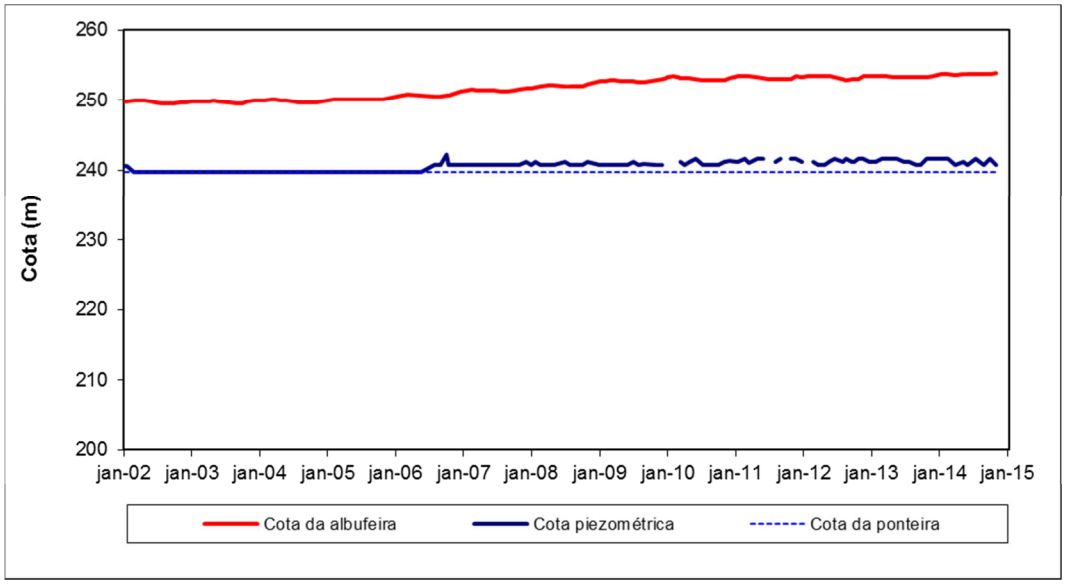


Figura 3.59 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp61

ANEXO 3 (40/54)

11 PIEZÓMETROS DE CONTROLO AMBIENTAL (PCL)

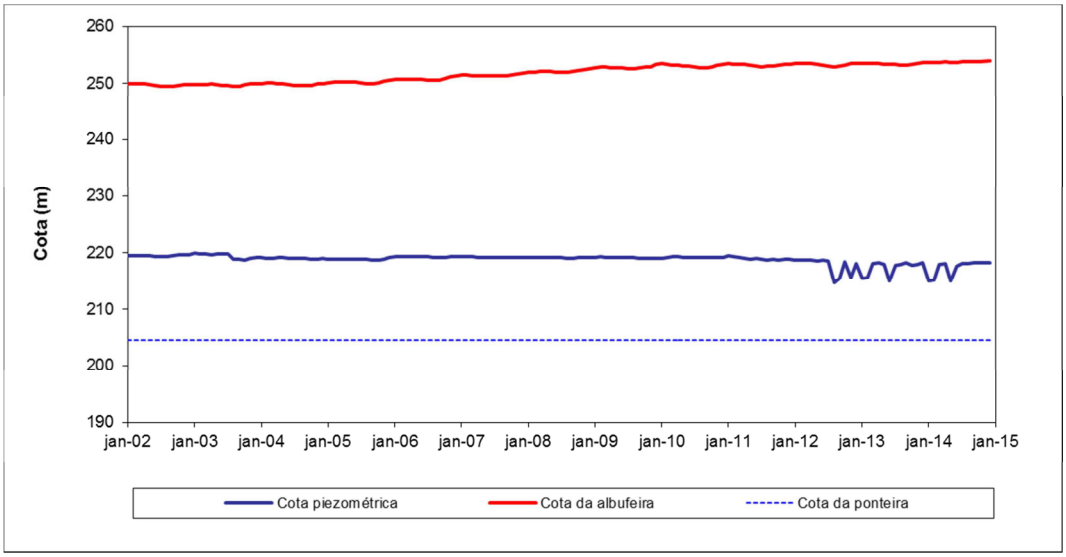


Figura 3.60 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL1 (corpo principal)

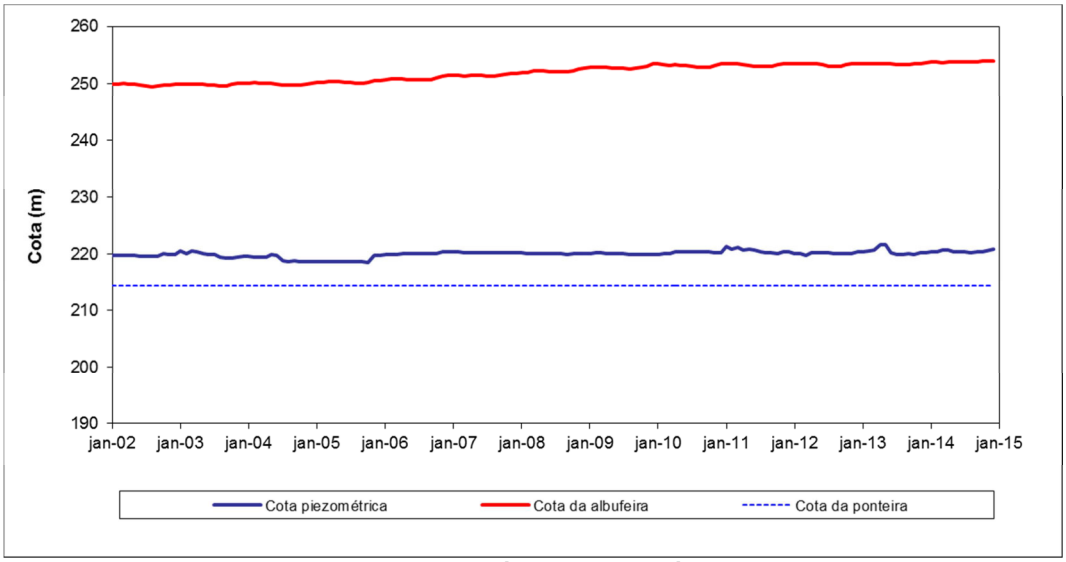


Figura 3.61 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL2 (corpo principal)

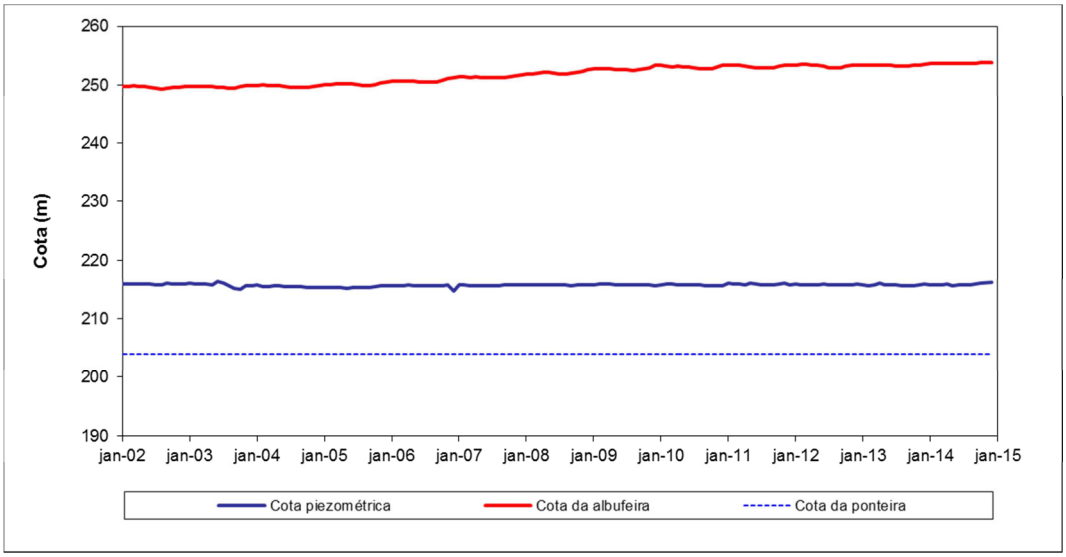


Figura 3.62 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL3 (corpo principal)

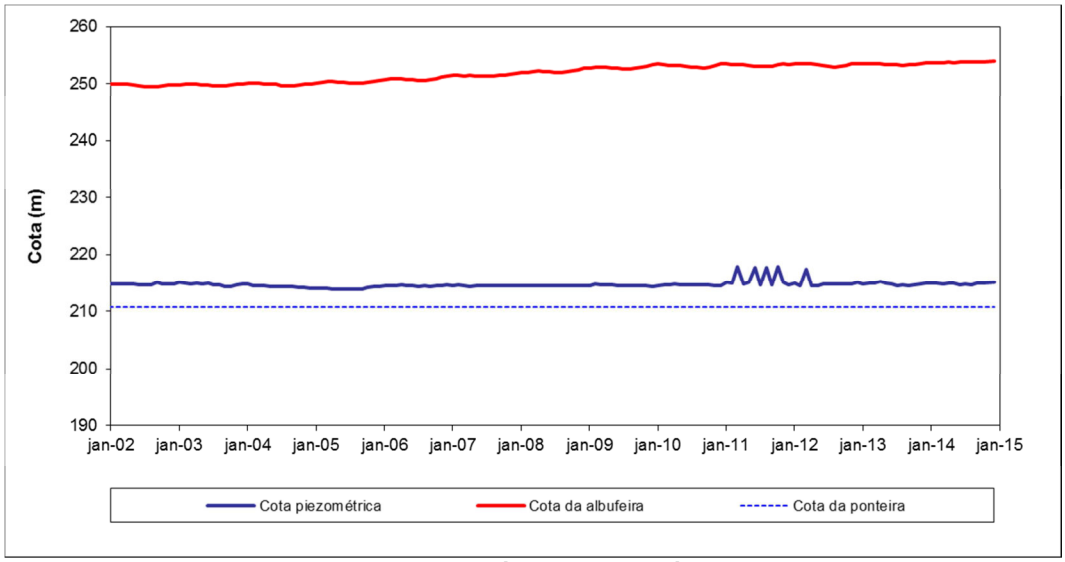


Figura 3.63 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL4 (corpo principal)

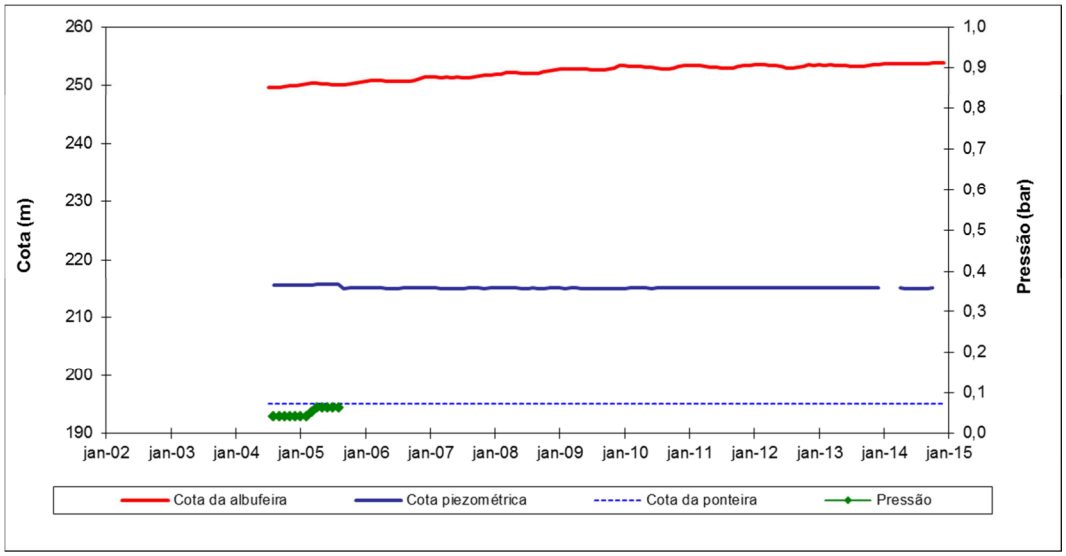


Figura 3.64 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL5 (corpo principal)

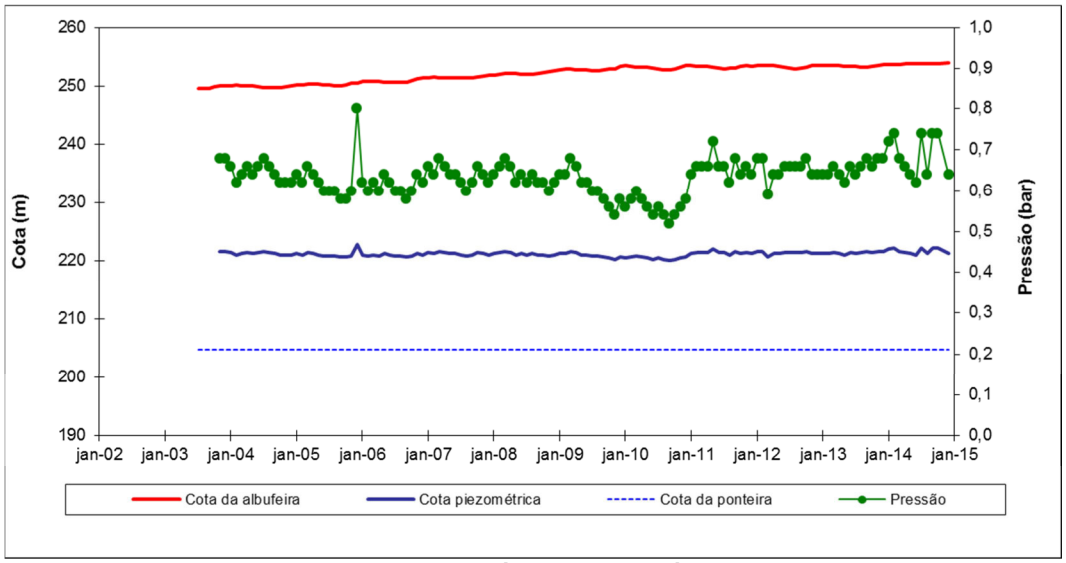


Figura 3.65 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL6 (corpo principal)

NOTA: A partir de Outubro de 2011 não foi possível medir a pressão da água no piezómetro PCL5, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça do piezómetro.

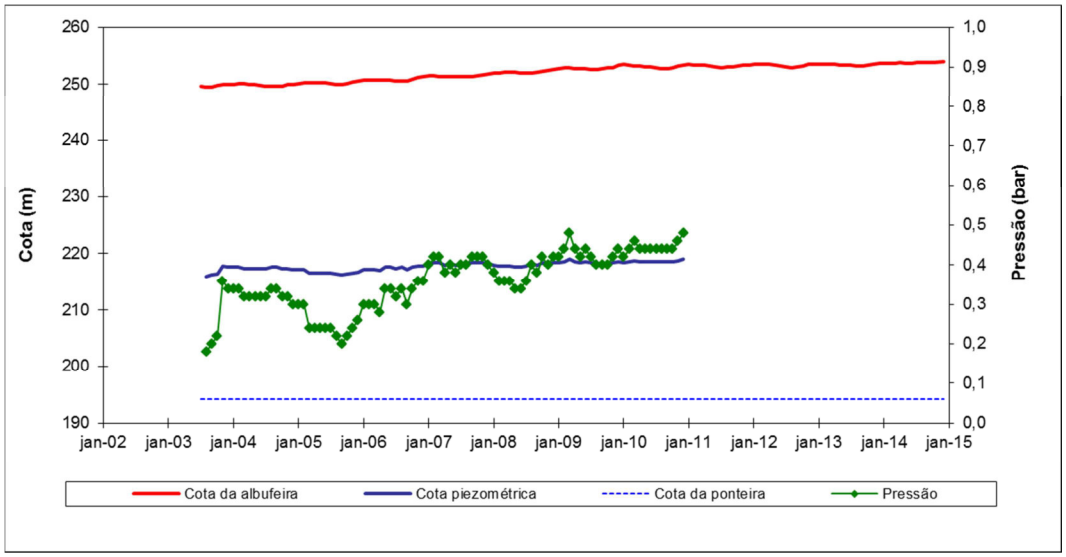


Figura 3.66 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL7 (corpo principal)

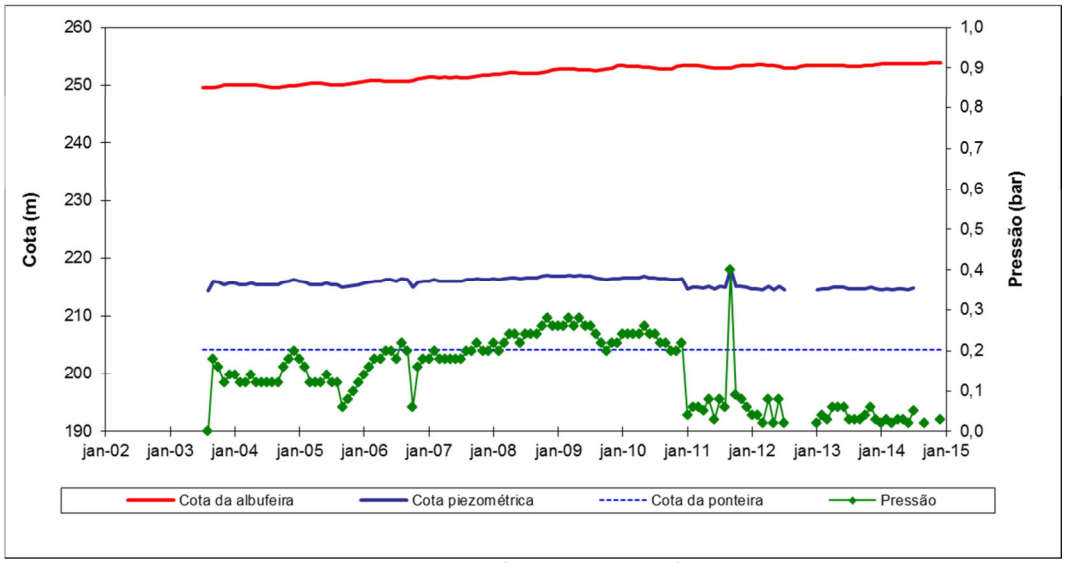


Figura 3.67 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL8 (corpo principal)

NOTA: A partir de Dezembro de 2010 não foi possível medir a pressão da água no piezómetro PCL7, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça do piezómetro.

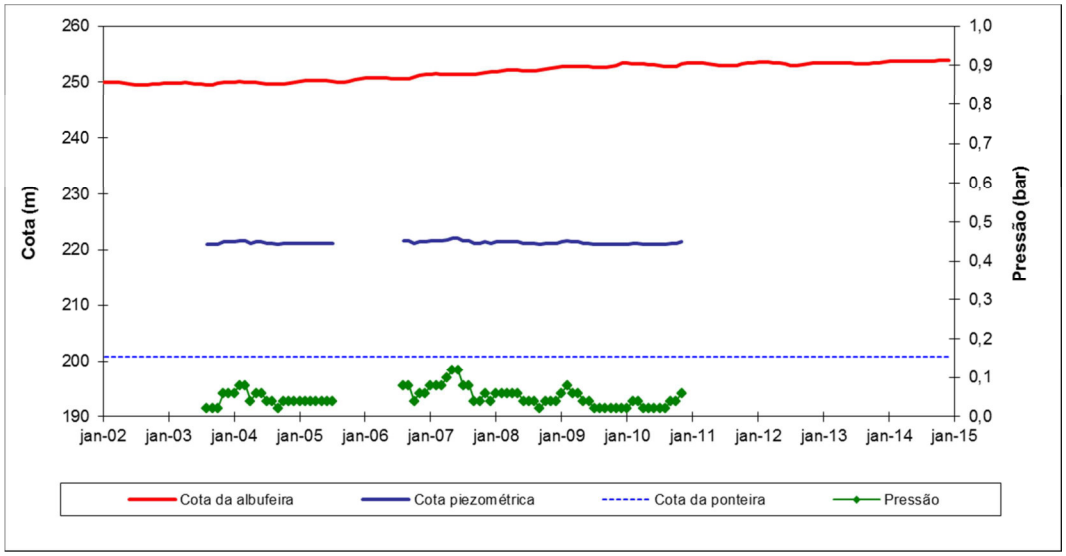


Figura 3.68 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL9 (corpo principal)

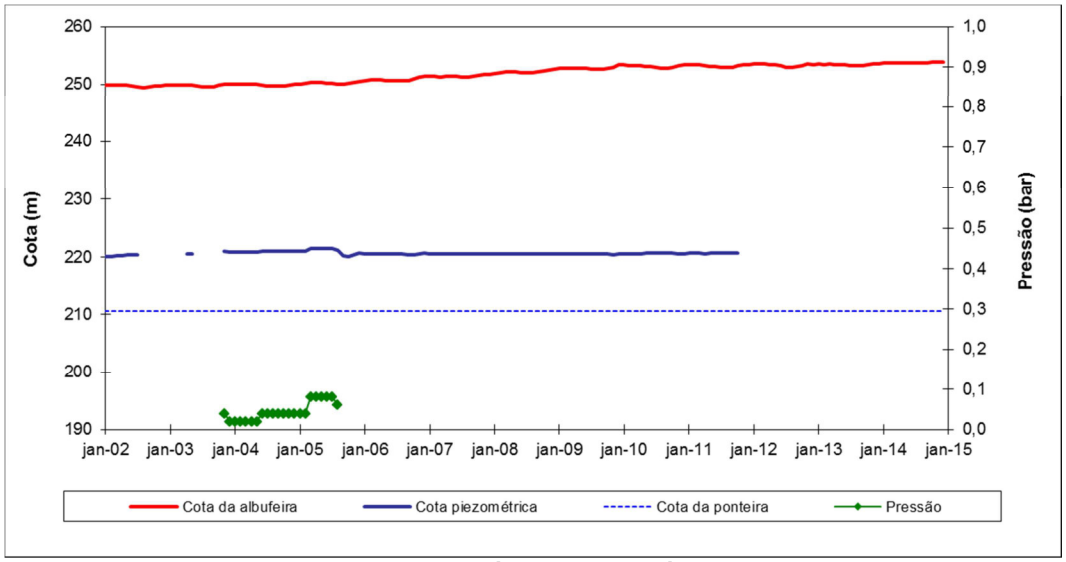


Figura 3.69 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL10 (corpo principal)

NOTA: A partir de Dezembro de 2010 não foi possível medir a pressão da água no piezómetro PCL9, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça do piezómetro. Pelo mesmo motivo, a partir de Dezembro de 2011 não foi possível medir a pressão da água no piezómetro PCL10.

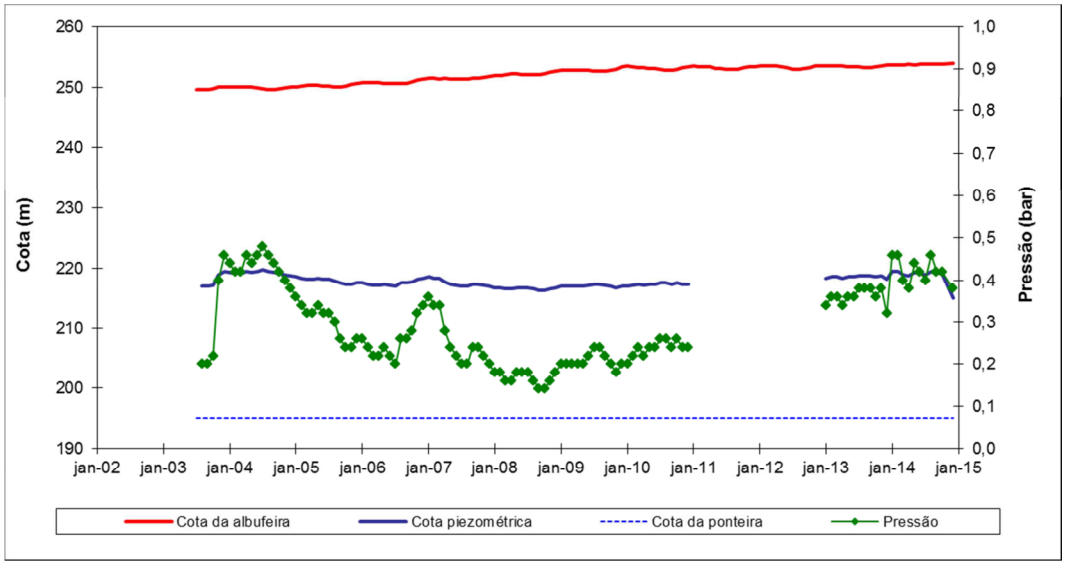


Figura 3.70 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL11 (corpo principal)

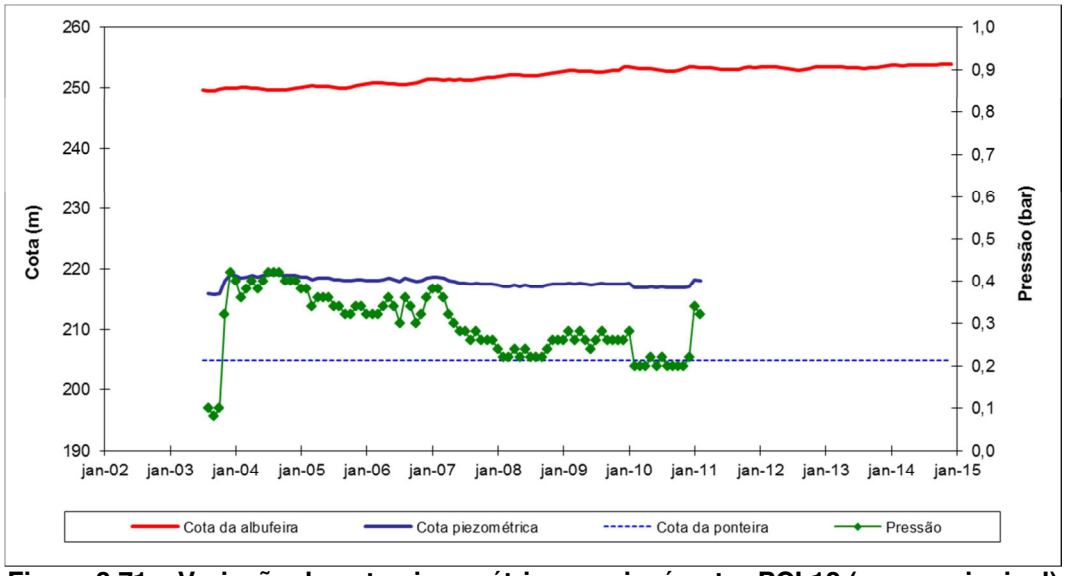


Figura 3.71 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL12 (corpo principal)

NOTA: A partir de Dezembro de 2010 não foi possível medir a pressão da água no piezómetro PCL11, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça dos piezómetros. Pelo mesmo motivo, a partir de Fevereiro de 2011 não foi possível medir a pressão da água no piezómetro PCL12. Já em 2013, foi possível medir novamente as pressões no piezómetro PCL11.

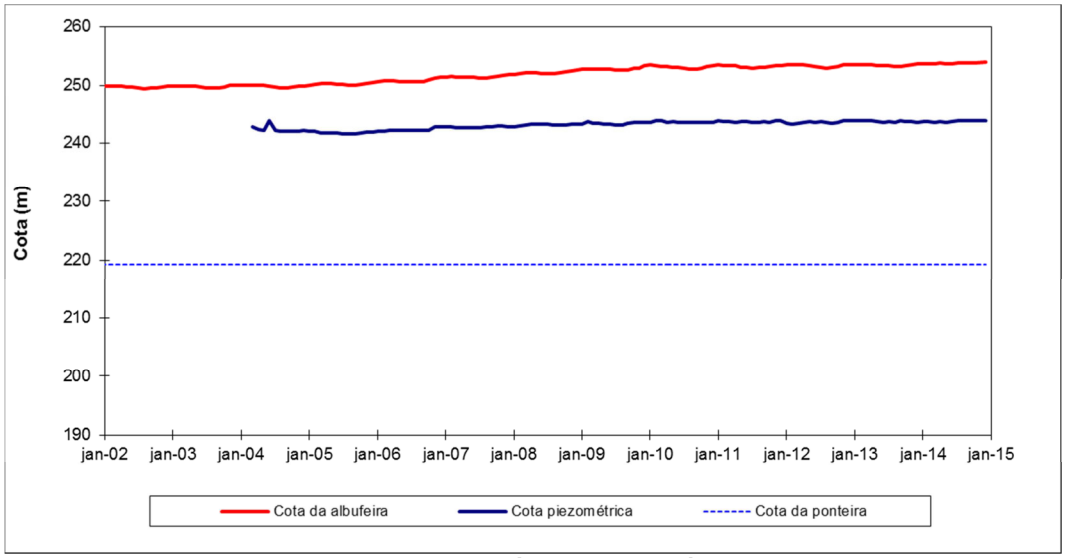


Figura 3.72 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL13 (portela ME1)

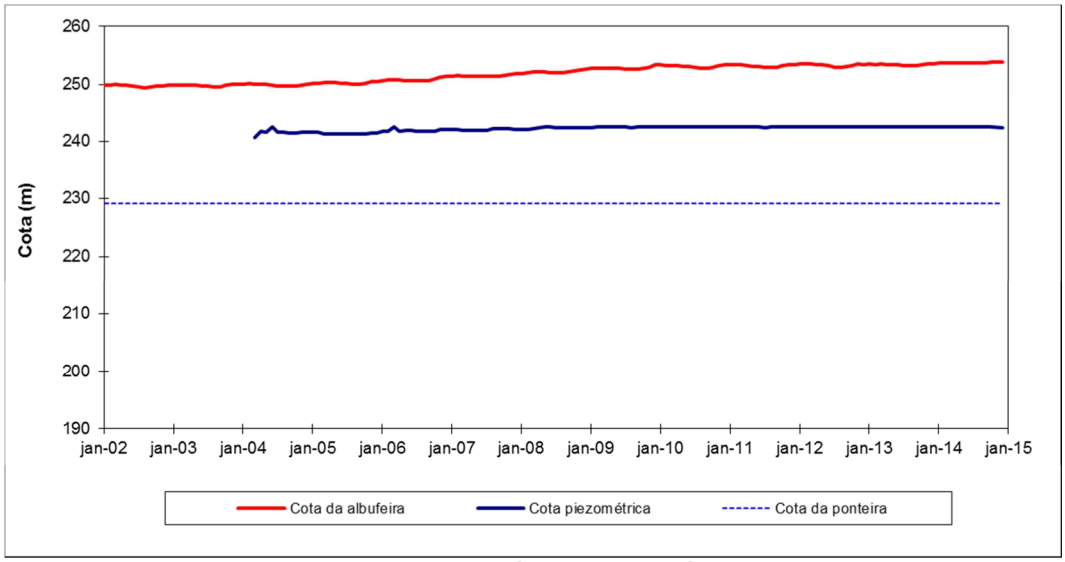


Figura 3.73 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL14 (portela ME1)

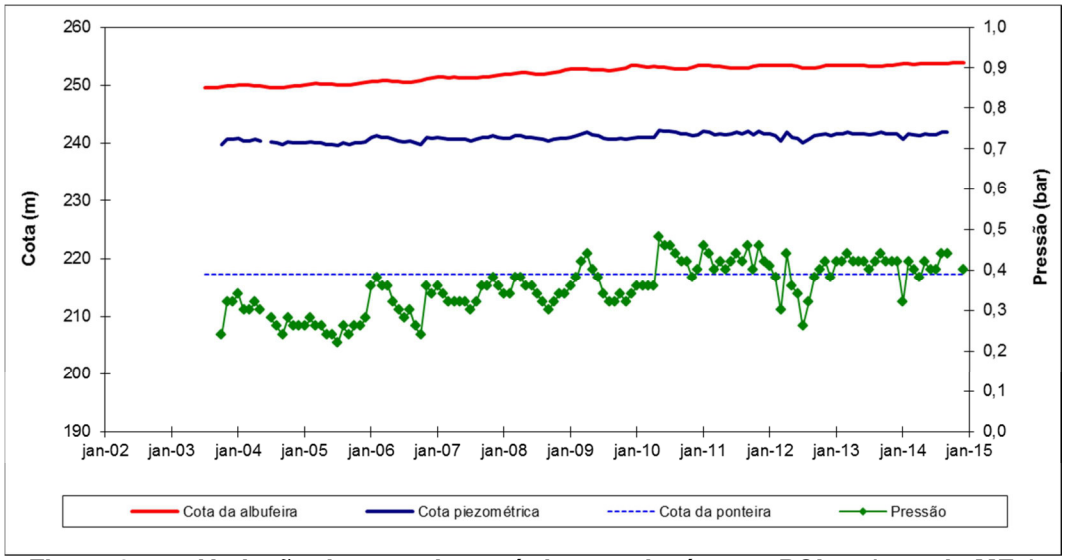


Figura 3.74 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL15 (portela ME1)

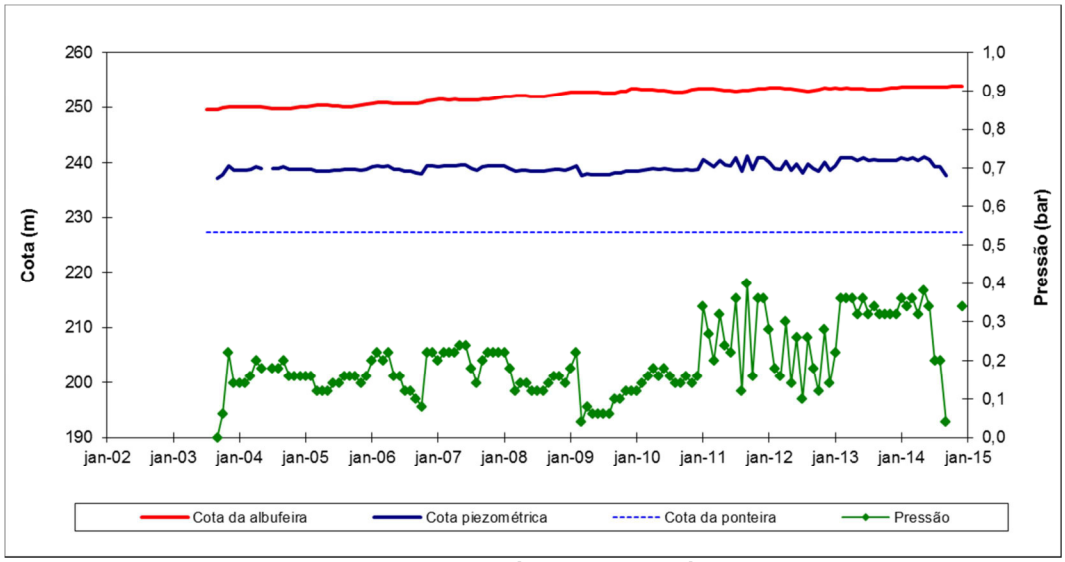


Figura 3.75 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL16 (portela ME1)

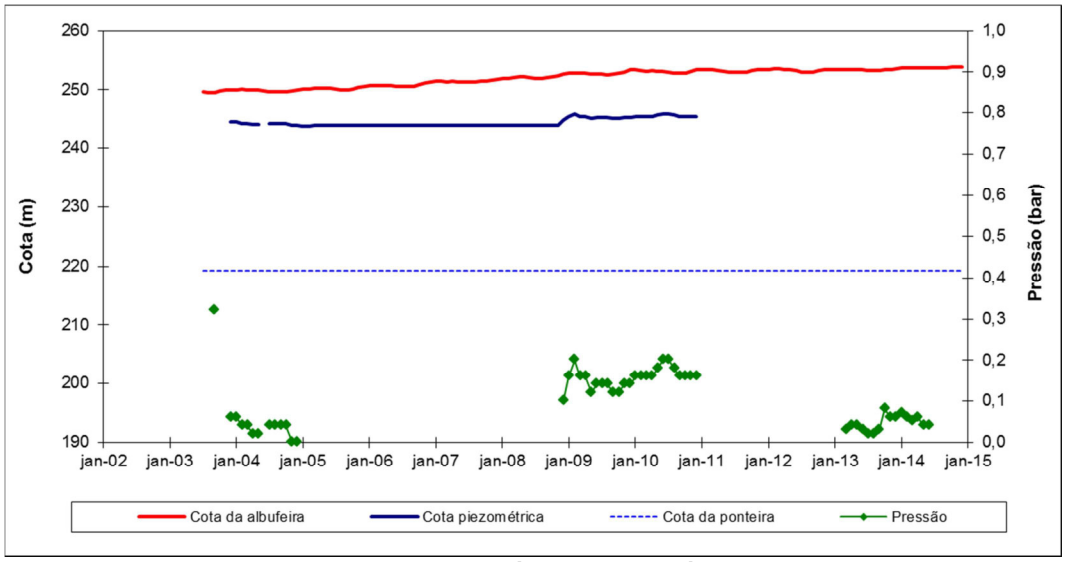


Figura 3.76 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL17 (portela ME1)

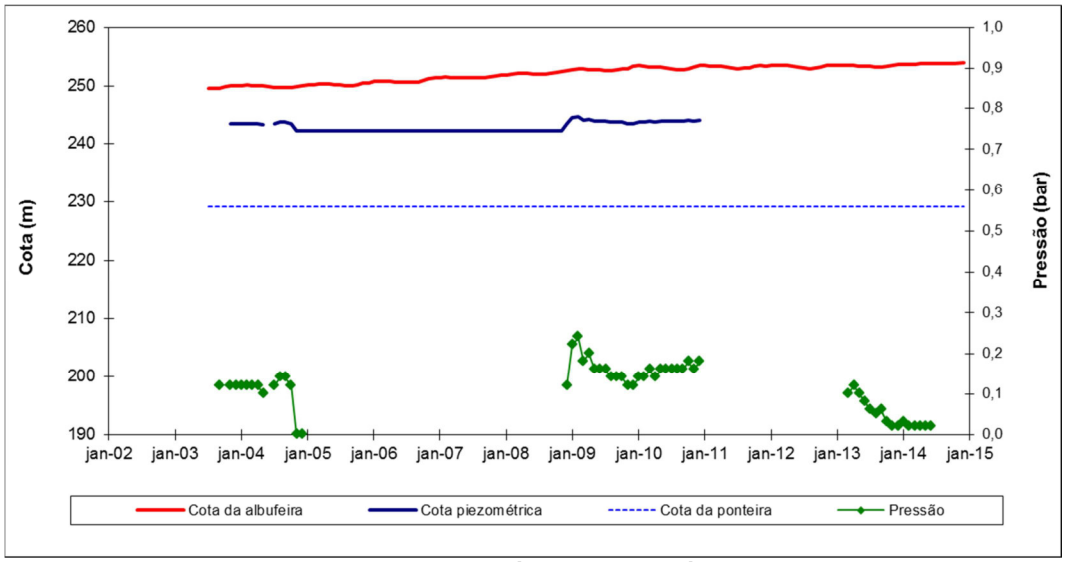


Figura 3.77 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL18 (portela ME1)

NOTA: A partir de Dezembro de 2010 não foi possível medir a pressão da água nos piezómetros PCL17 e PCL18, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça dos piezómetros. Já em 2013, foi possível medir novamente as pressões nestes piezómetros, apesar de, pontualmente (nomeadamente nas leituras de Março e Agosto), os resultados ainda poderem ser afectados por algumas fugas de água.

ANEXO 3 (50/54)

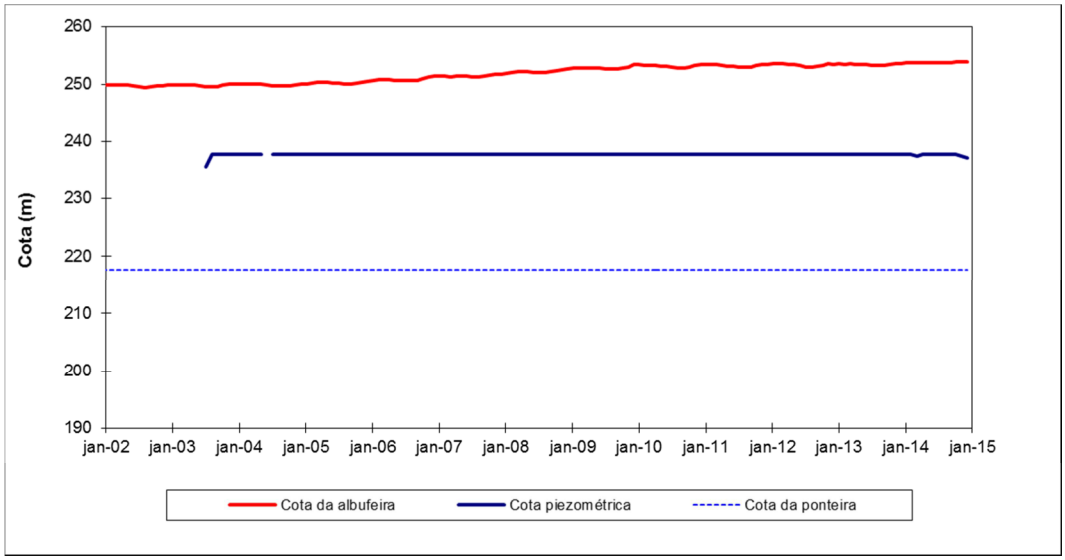


Figura 3.78 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL19 (portela ME1)

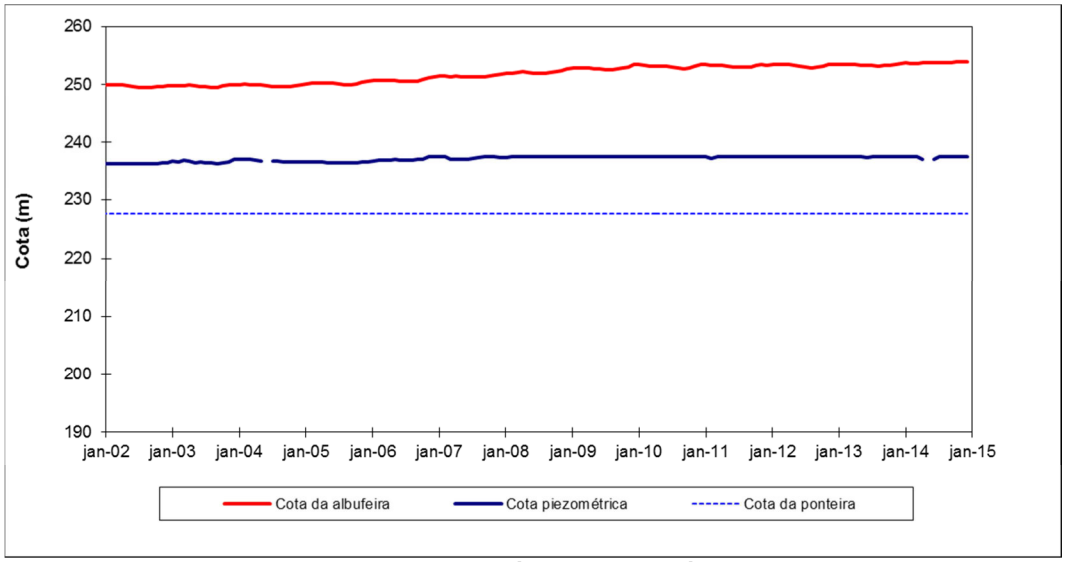


Figura 3.79 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL20 (portela ME1)

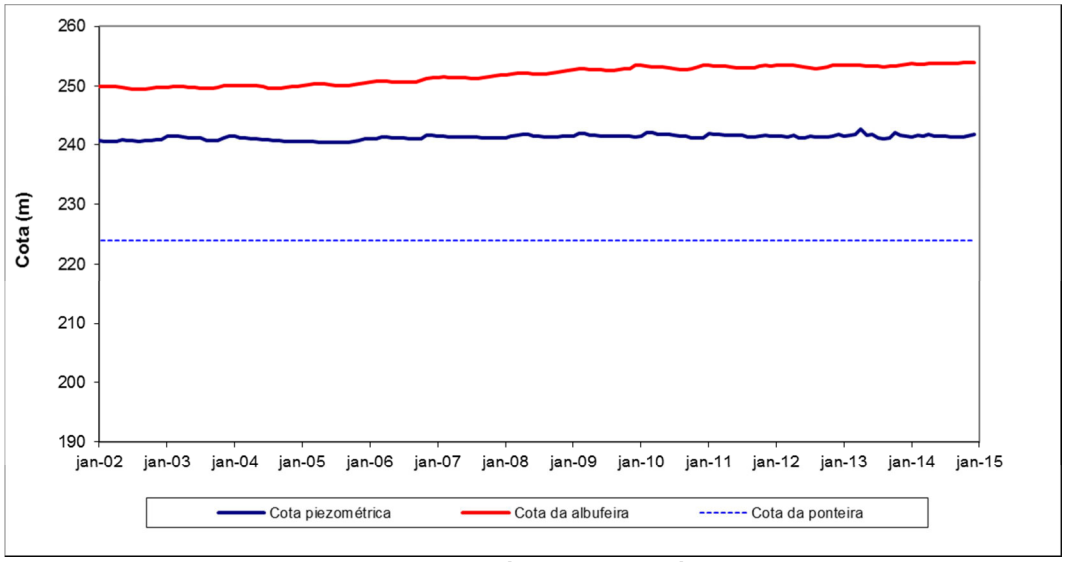


Figura 3.80 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL21 (portela ME2A)

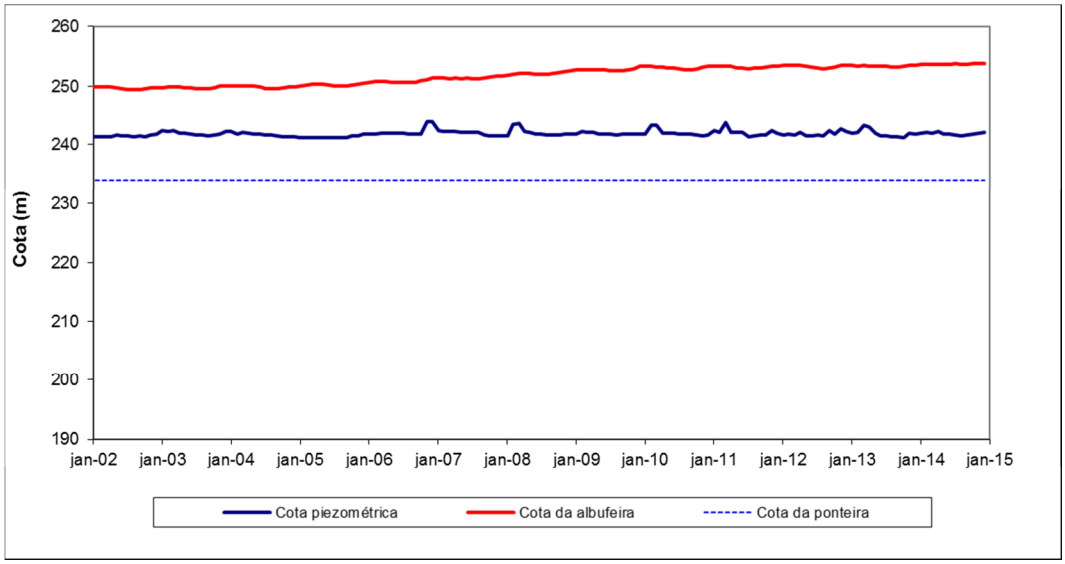


Figura 3.81 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL22 (portela ME2A)

ANEXO 3 (52/54)

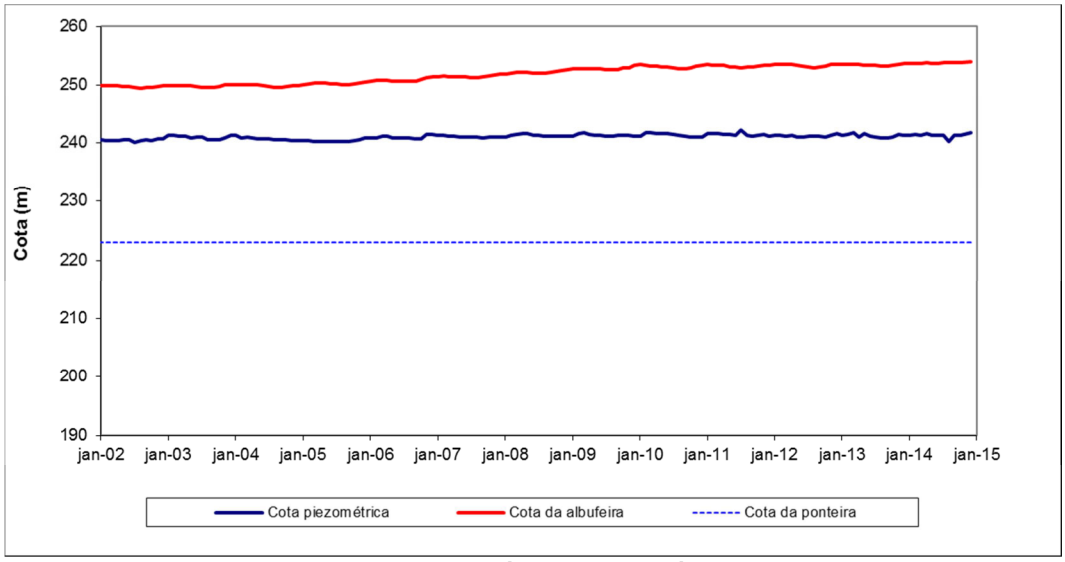


Figura 3.82 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL23 (portela ME2A)

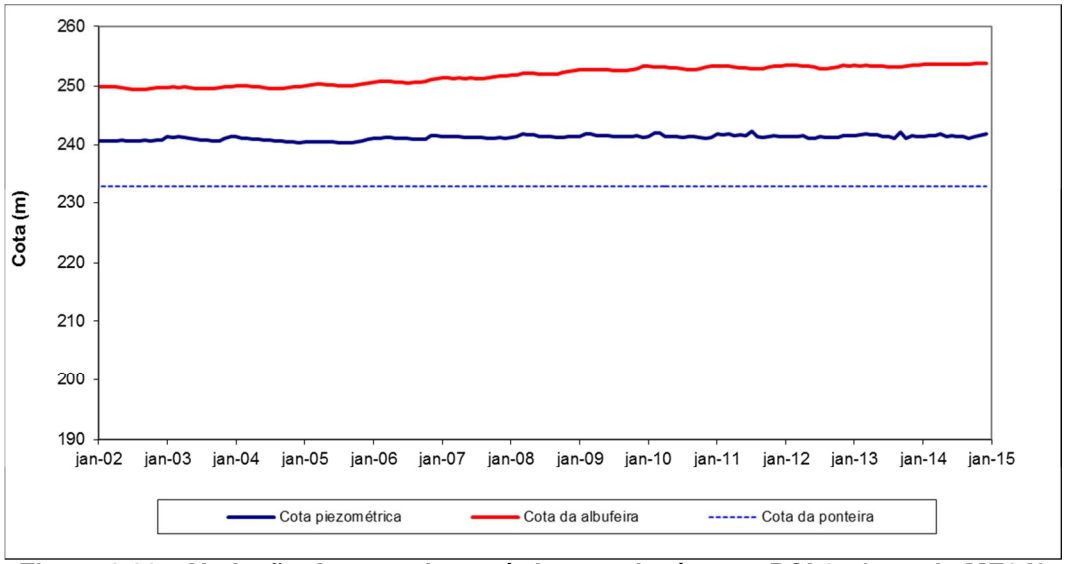


Figura 3.83 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL24 (portela ME2A)

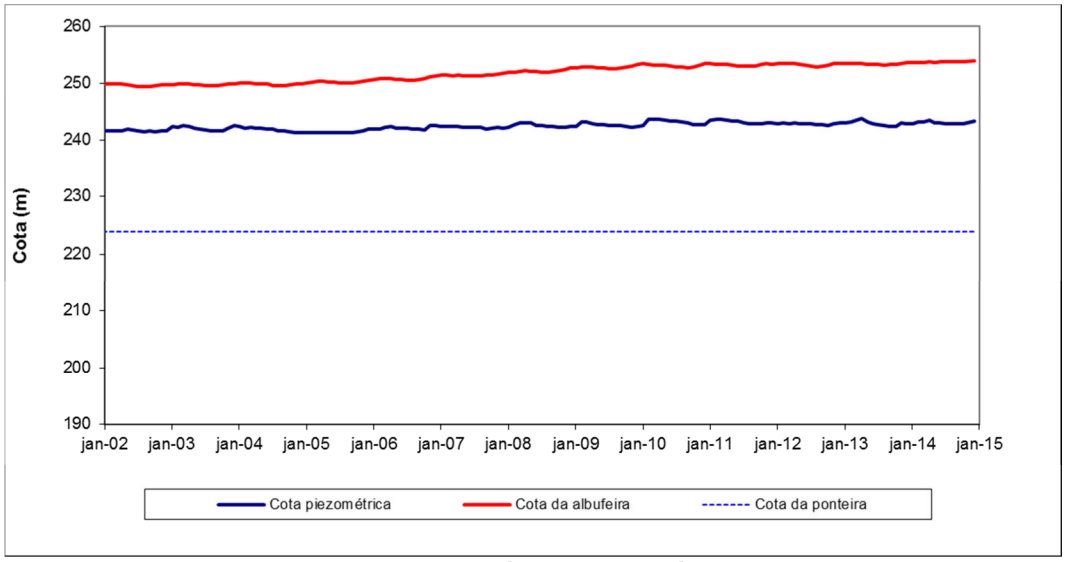


Figura 3.84 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL25 (portela ME2A)

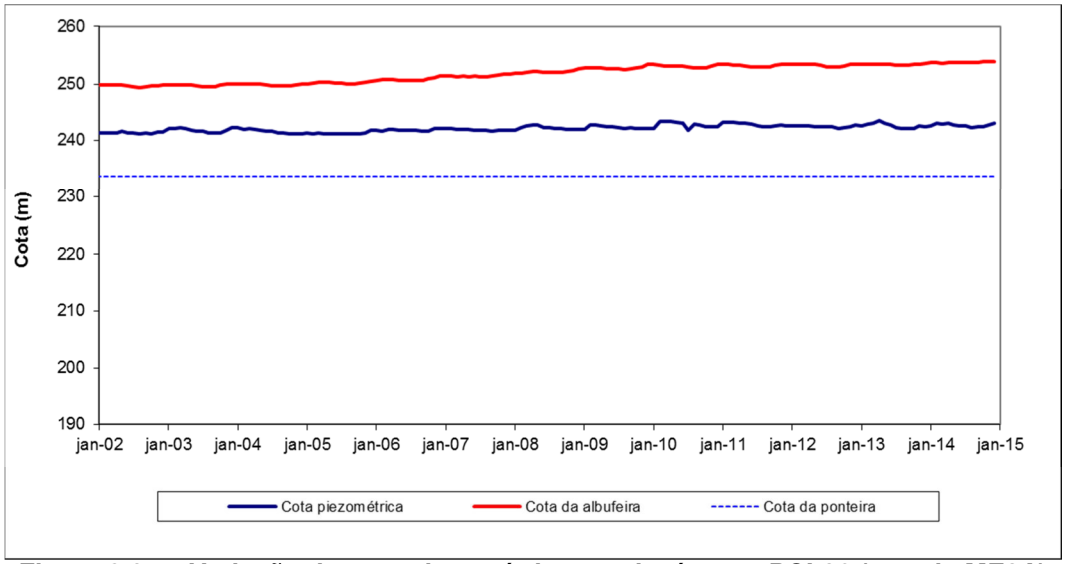


Figura 3.85 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL26 (portela ME2A)

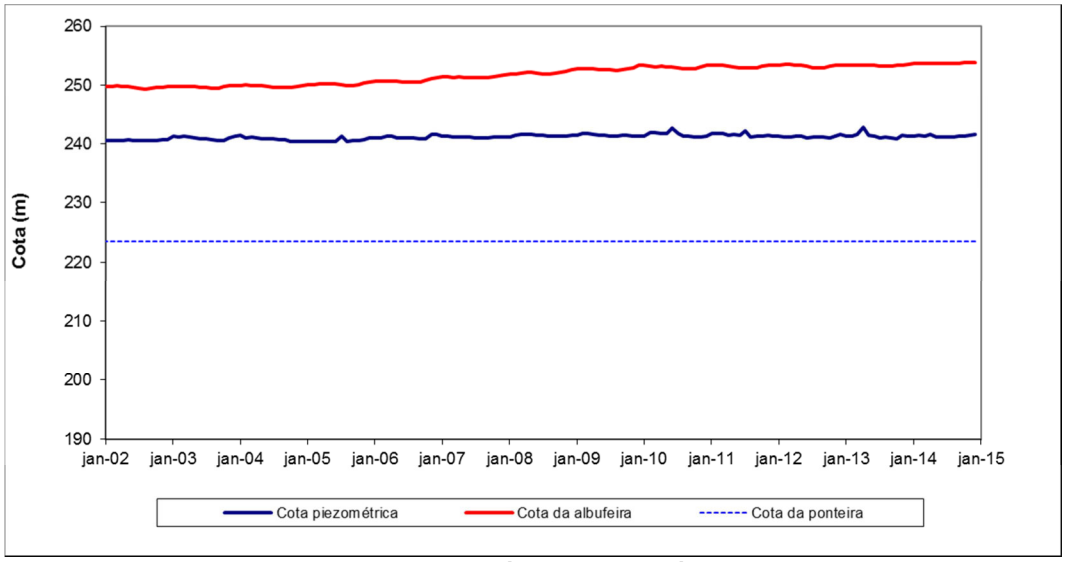


Figura 3.86 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL27 (portela ME2A)

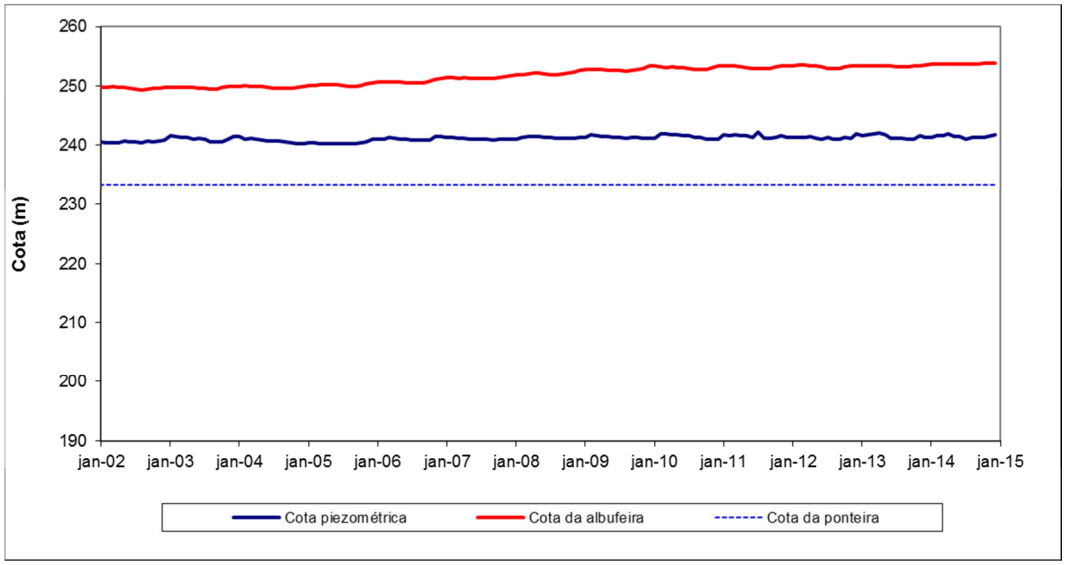


Figura 3.87 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL28 (portela ME2A)

ANEXO 4

CAUDAIS DE PERCOLAÇÃO

NOTAS:

- Nos gráficos seguintes representam-se a azul os caudais bombeados nos poços IBR e a vermelho a variação da cota do nível de água na albufeira;
- A linha a tracejado verde indica a estimativa dos caudais bombeados, de acordo com os modelos de cálculo do projecto de execução.

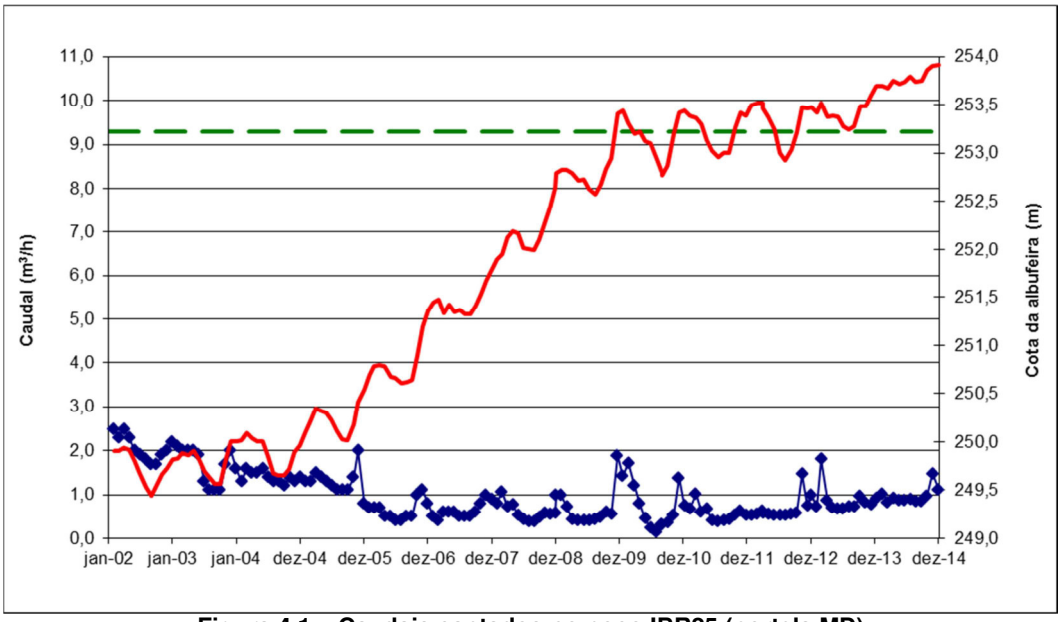


Figura 4.1 – Caudais captados no poço IBR25 (portela MD)

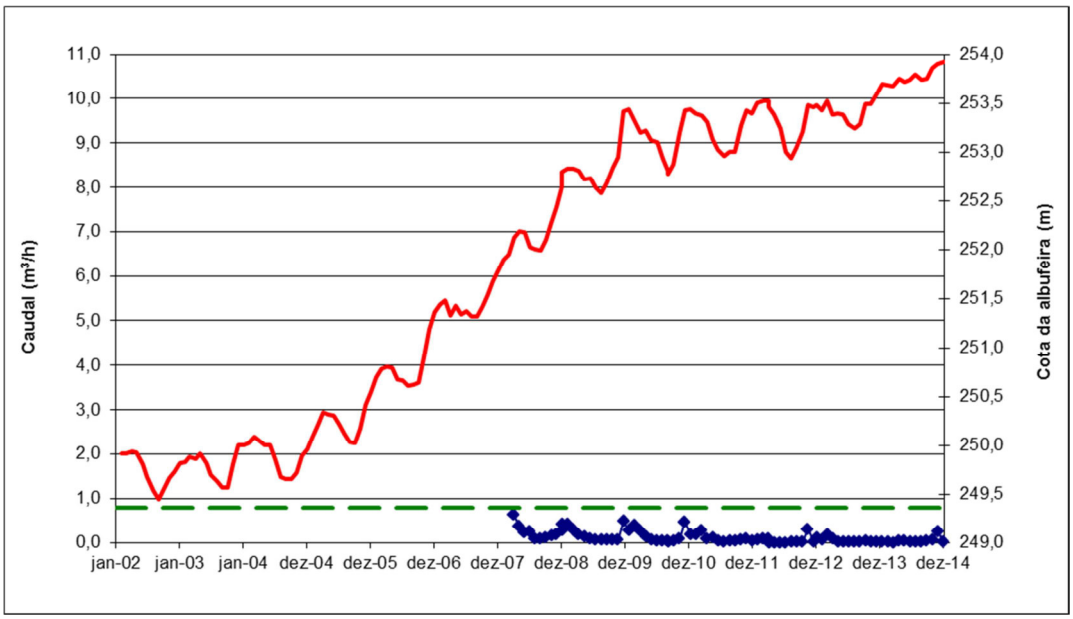


Figura 4.2 – Caudais captados no poço IBR32 (corpo principal)

ANEXO 4 (2/13)

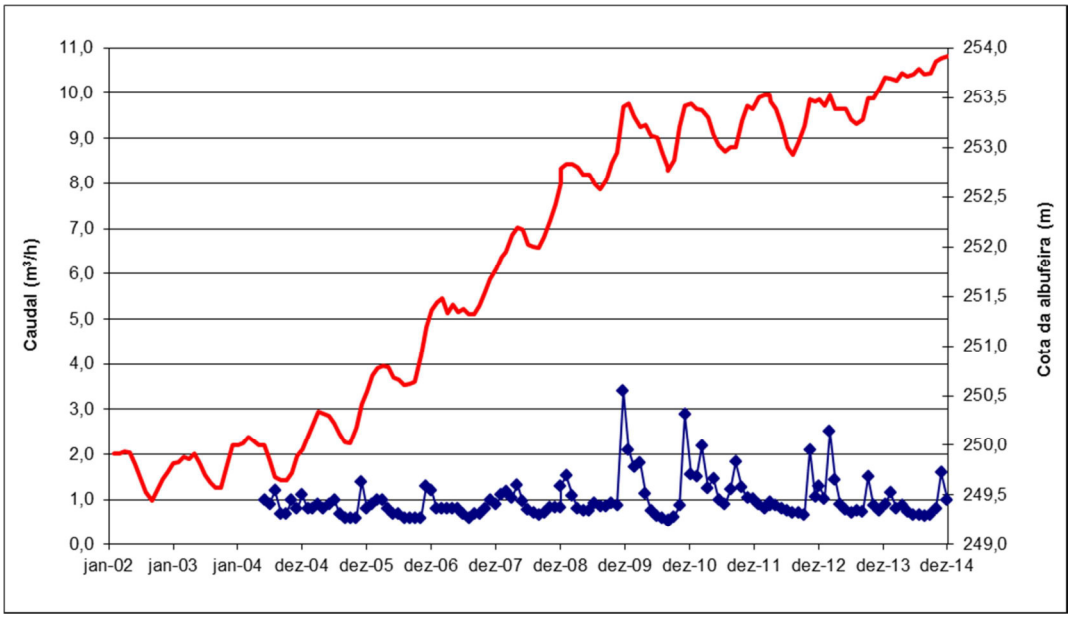


Figura 4.3 – Caudais captados no poço IBR5A (corpo principal)

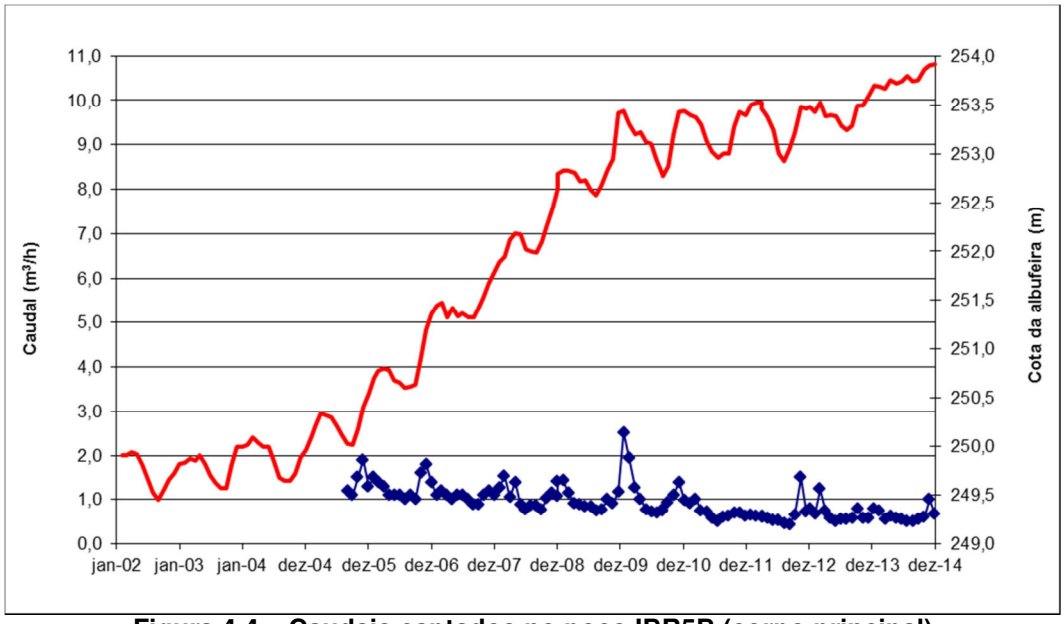


Figura 4.4 – Caudais captados no poço IBR5B (corpo principal)

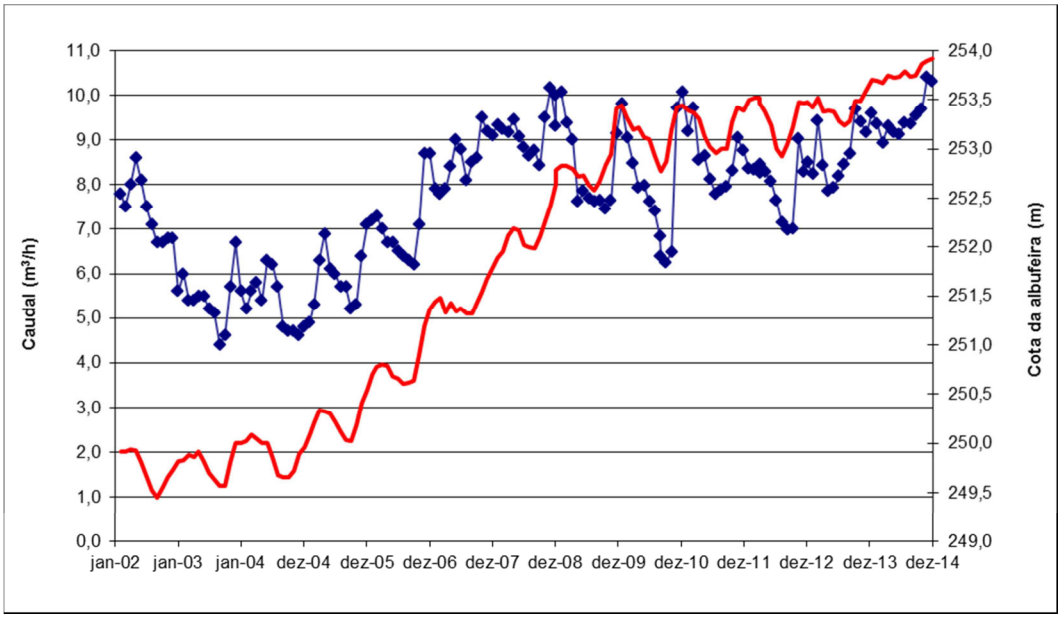


Figura 4.5 – Caudais captados no poço IBR5 (corpo principal)

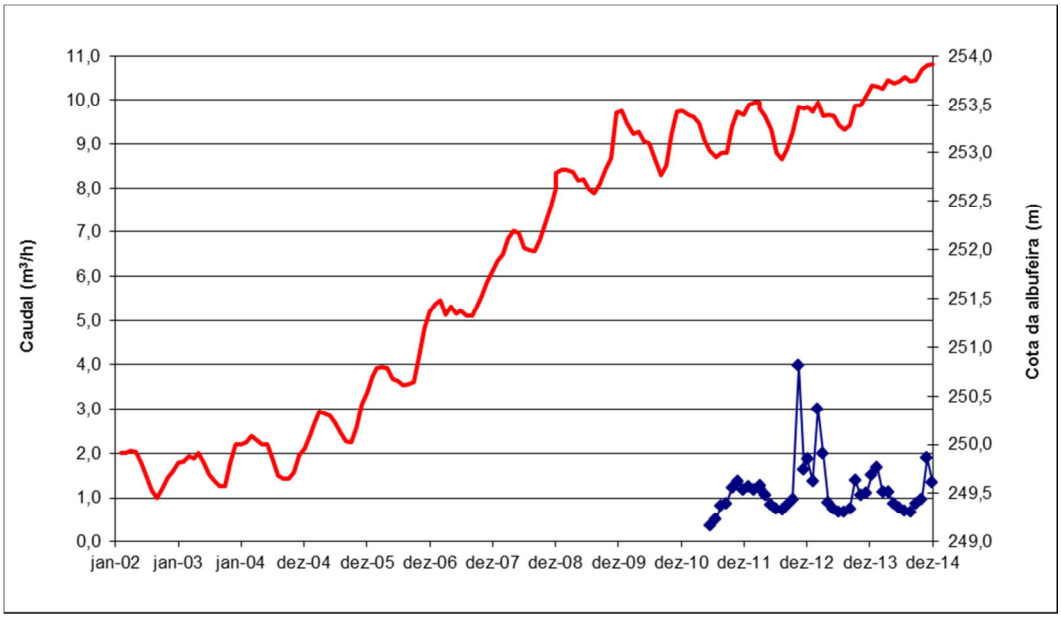


Figura 4.6 – Caudais captados no poço IBR5C (corpo principal)

ANEXO 4 (4/13)

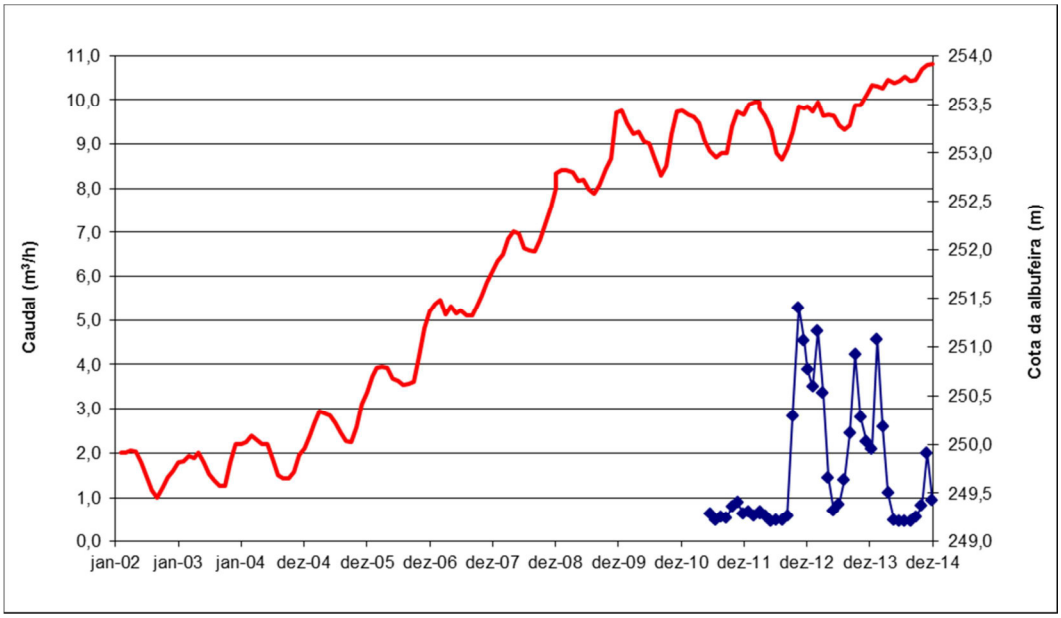


Figura 4.7 – Caudais captados no poço IBR6 (corpo principal)

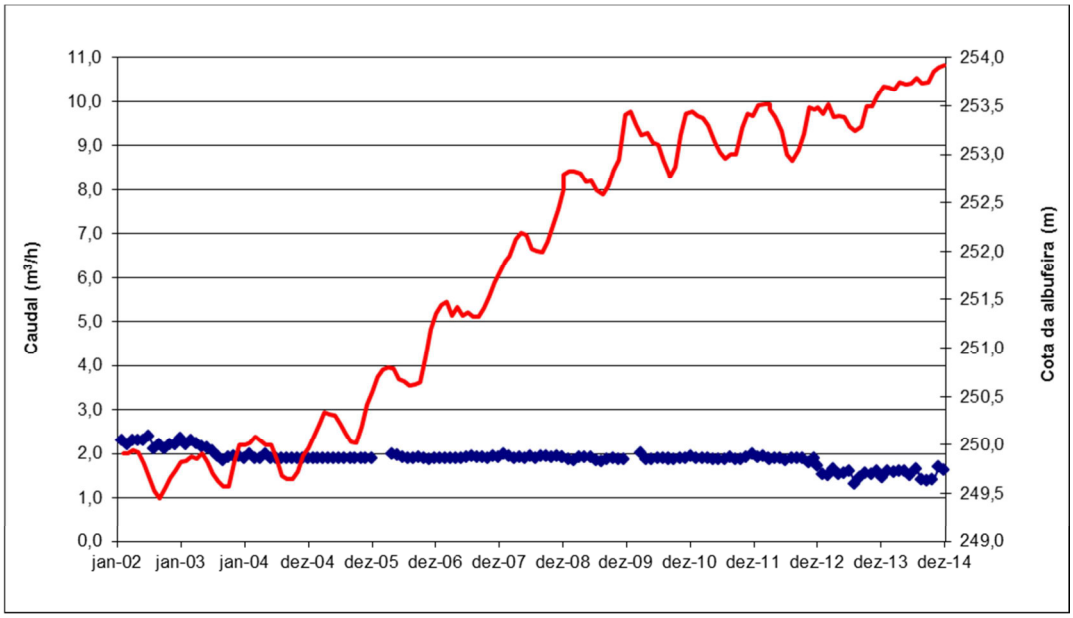


Figura 4.8 – Caudais medidos no ponto de controlo IBR20 (corpo principal)

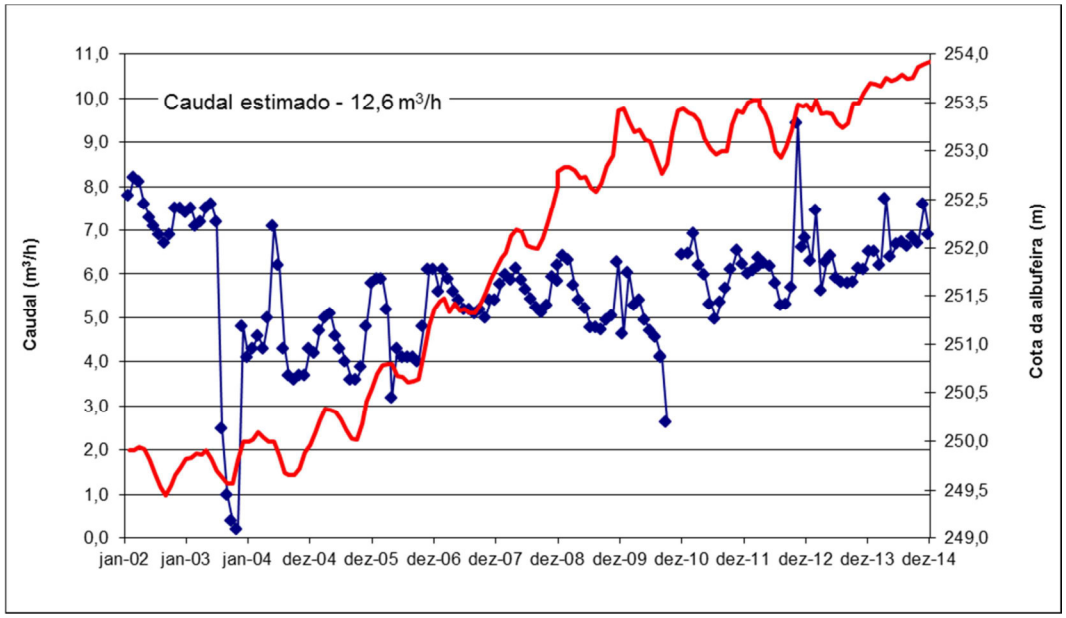


Figura 4.9 – Caudais captados no poço IBR16 (portela do corpo principal)

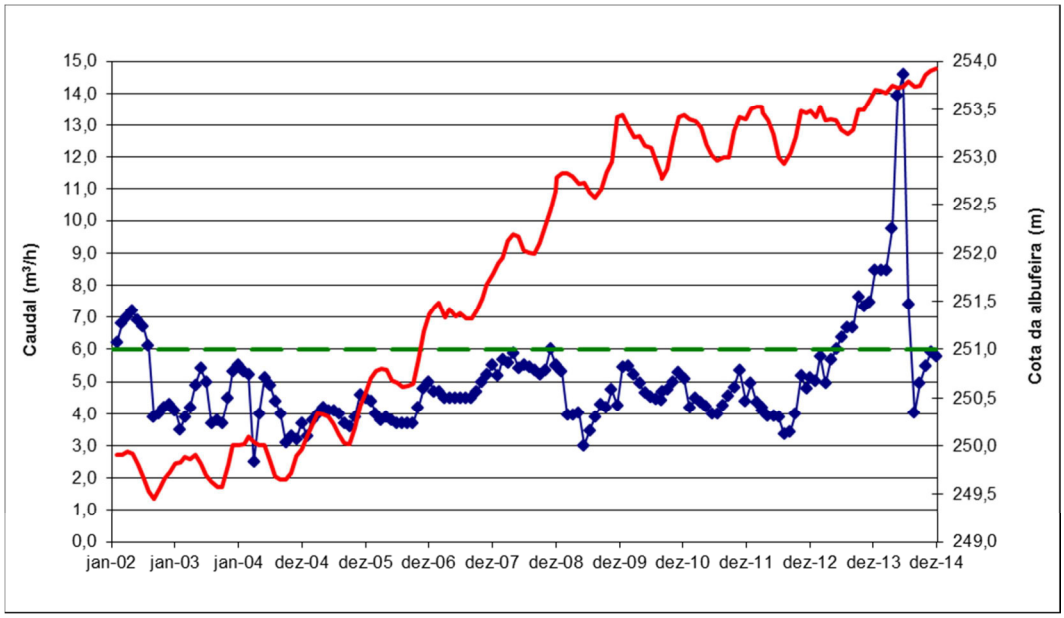


Figura 4.10 – Caudais captados no poço IBR18 (portela do corpo principal)

ANEXO 4 (6/13)

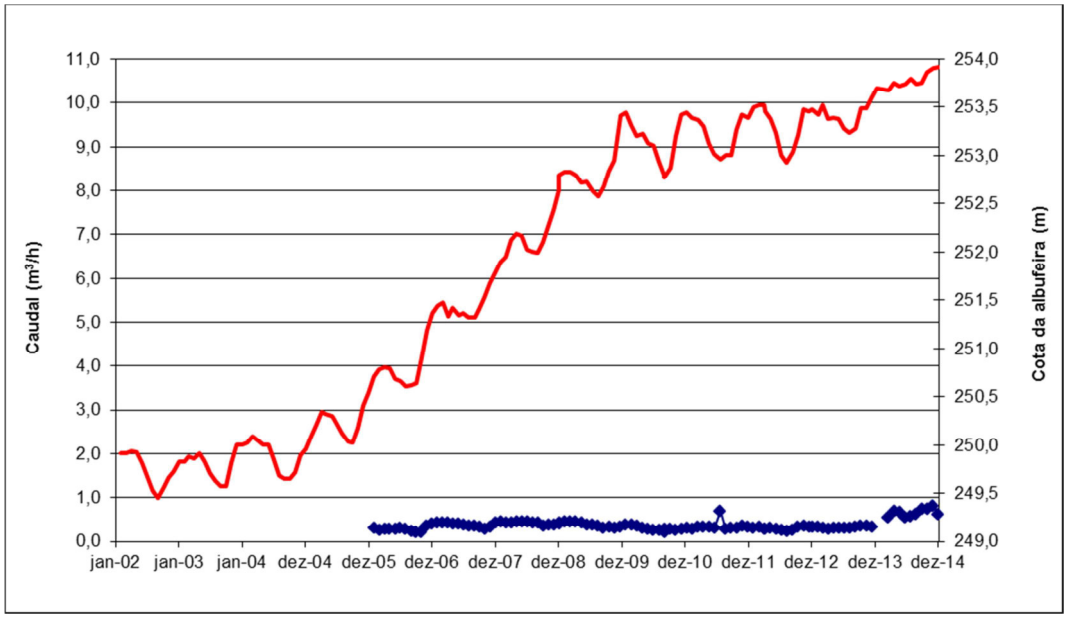


Figura 4.11 – Caudais medidos no ponto de controlo IBR18A (portela do corpo principal)

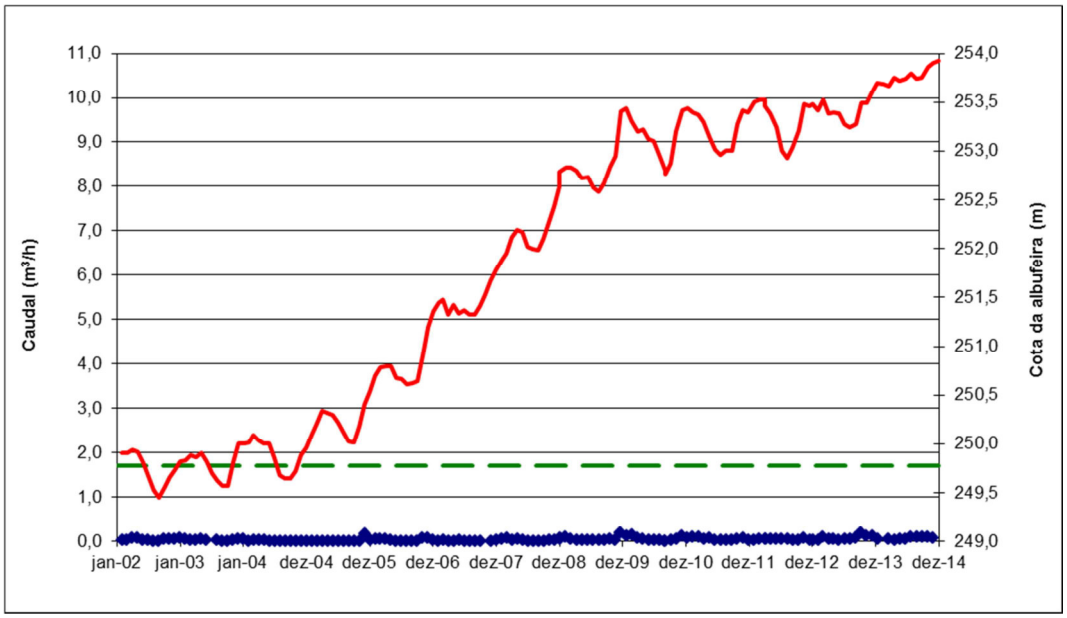


Figura 4.12 – Caudais captados no poço IBR27 (portela do corpo principal)

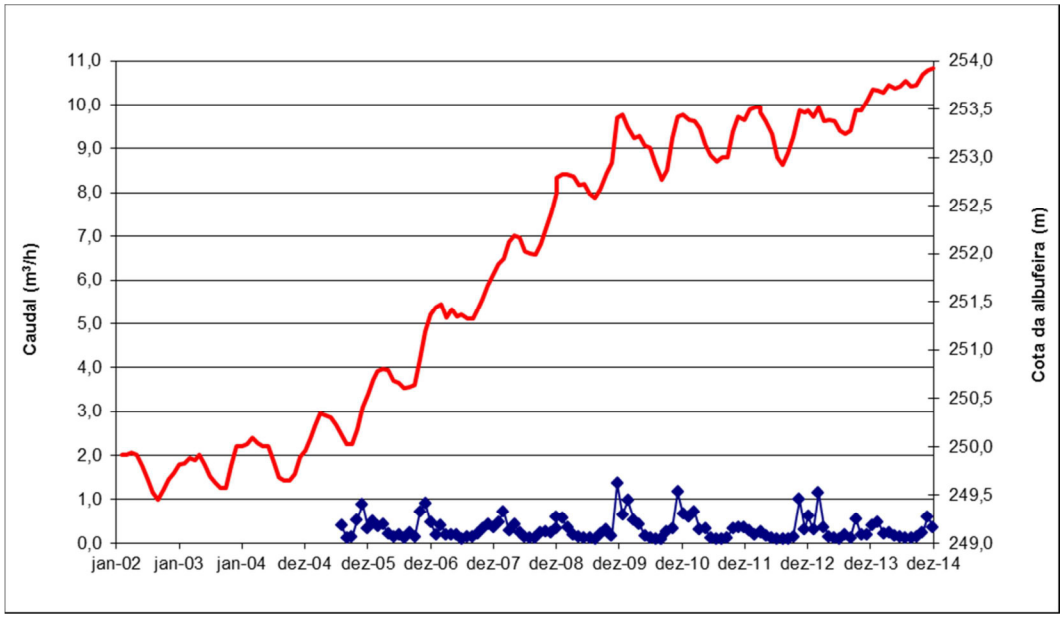


Figura 4.13 – Caudais captados no poço IBR27A (portela do corpo principal)

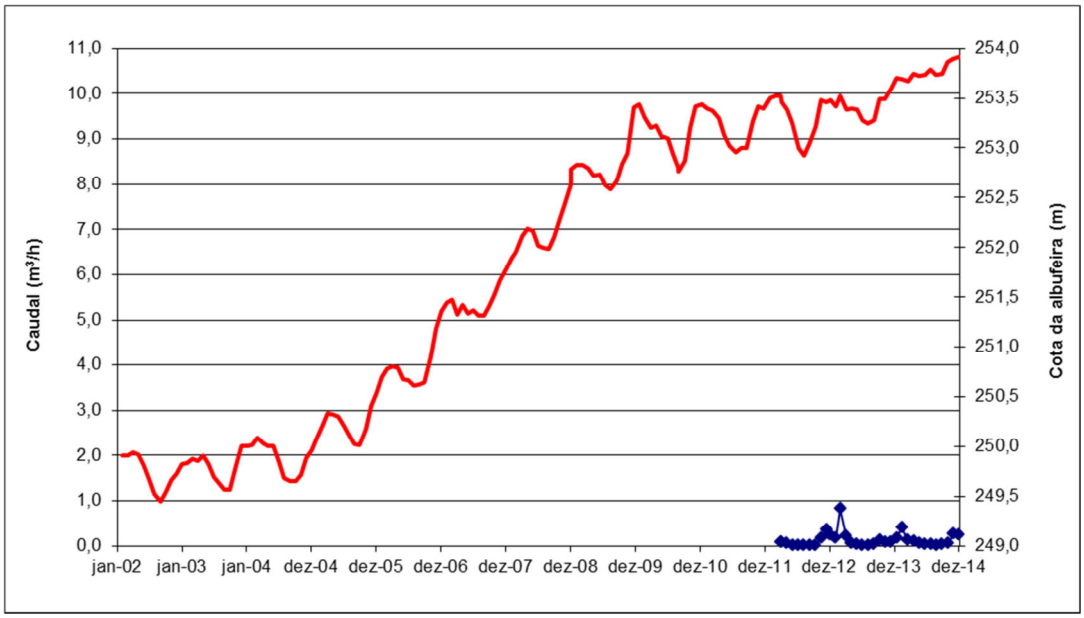


Figura 4.14 – Caudais captados no poço IBR33 (portela do corpo principal)

ANEXO 4 (8/13)

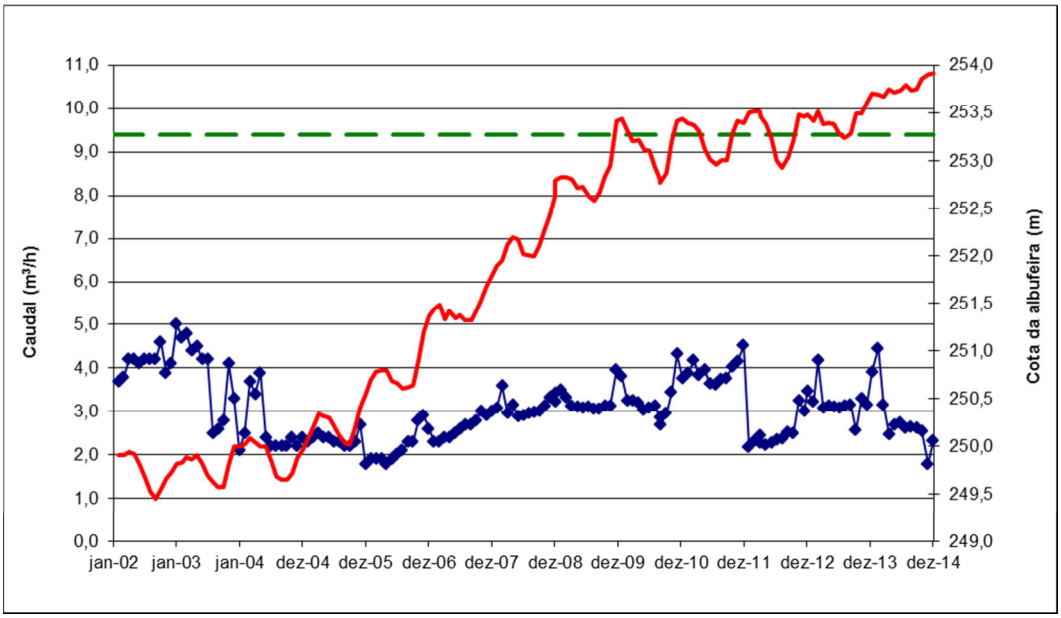


Figura 4.15 – Caudais captados no poço IBR17 (portela ME1)

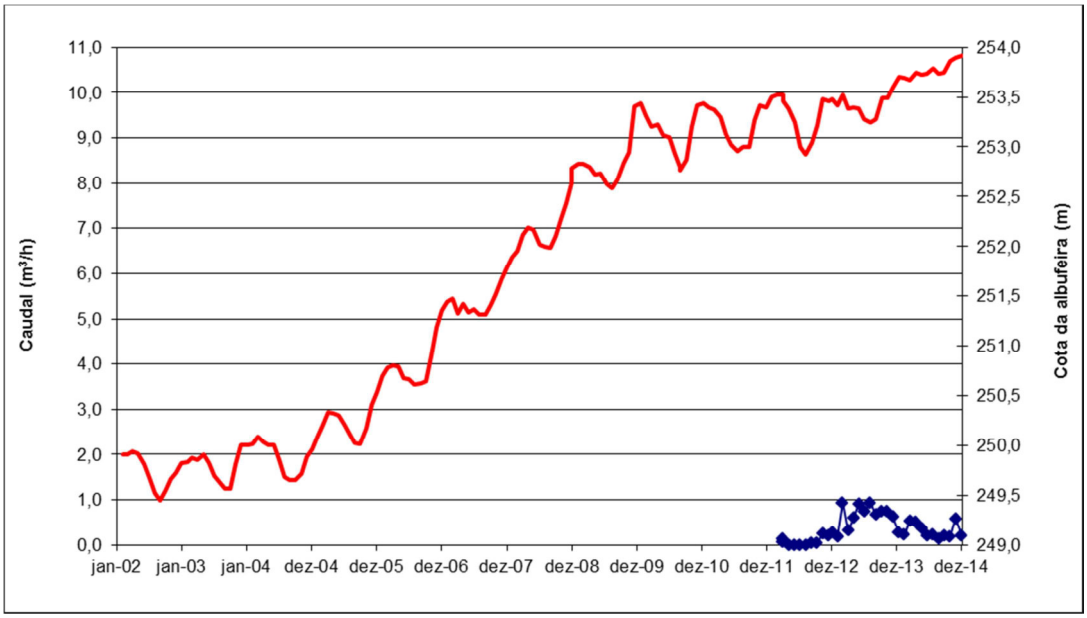


Figura 4.16 – Caudais captados no poço IBR34 (portela ME1)

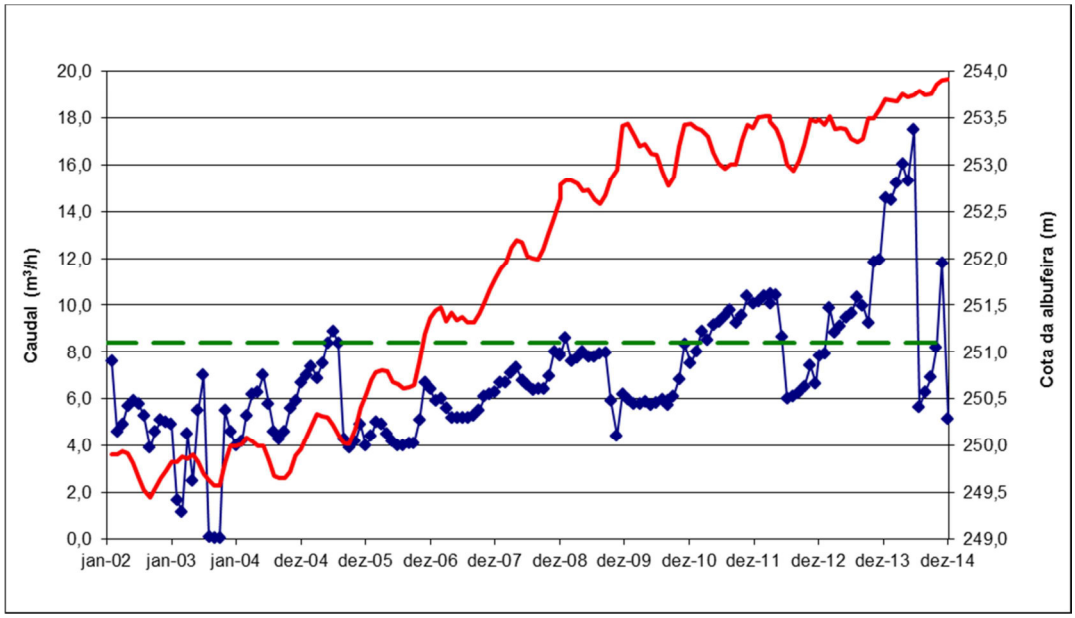


Figura 4.17 – Caudais captados no poço IBR15 (portela ME2A)

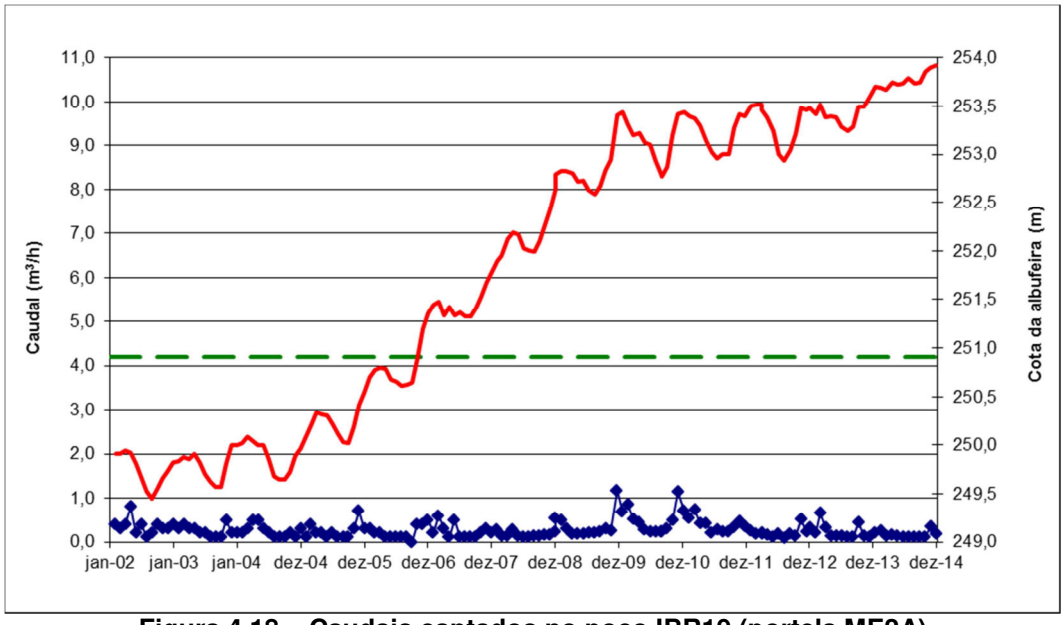


Figura 4.18 – Caudais captados no poço IBR19 (portela ME2A)

ANEXO 4 (10/13)

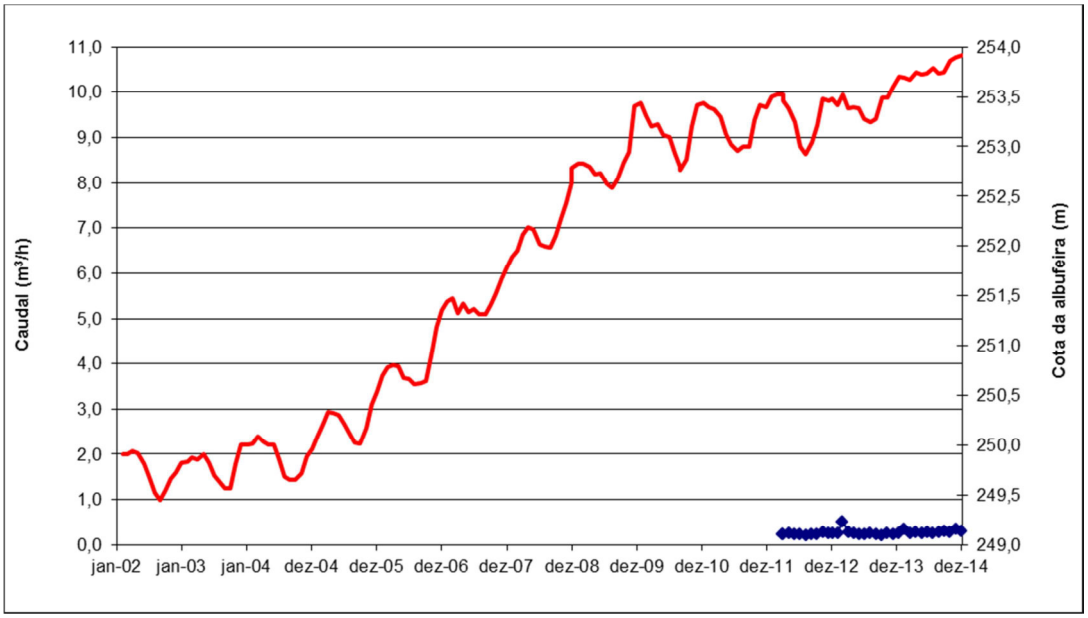


Figura 4.19 – Caudais captados no poço IBR35 (portela ME2A)

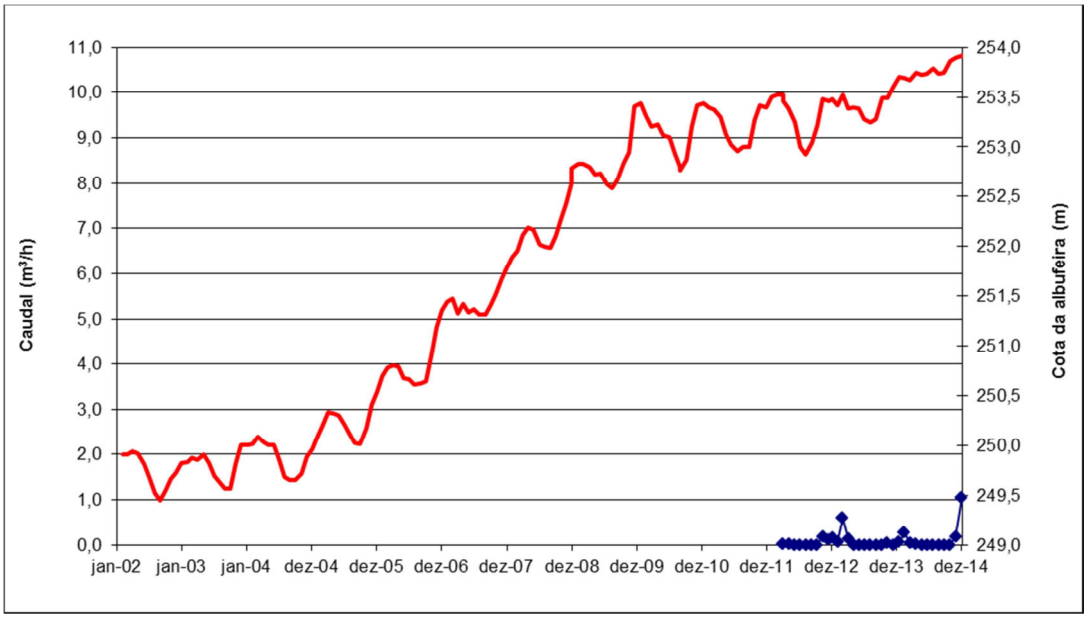


Figura 4.20 – Caudais captados no poço IBR36 (portela ME2A)

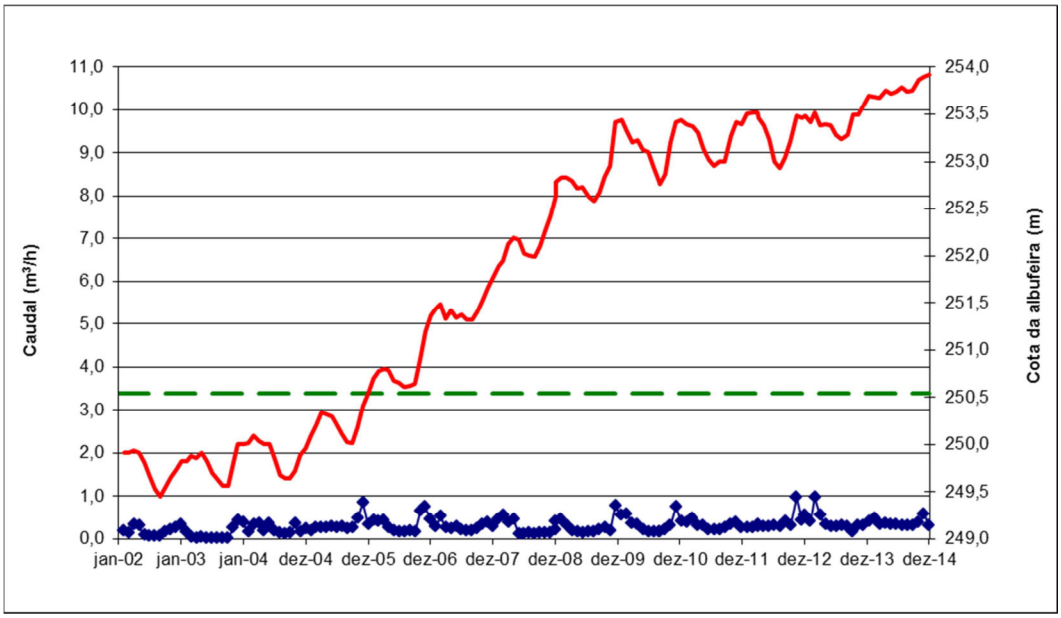


Figura 4.21 – Caudais captados no poço IBR26 (portela ME2B)

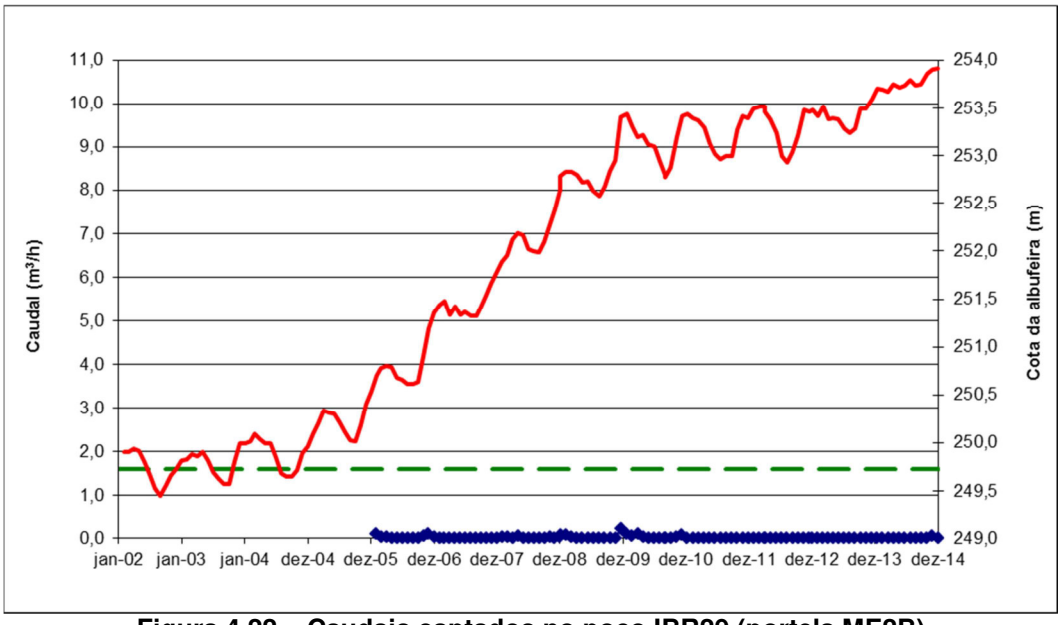


Figura 4.22 – Caudais captados no poço IBR29 (portela ME2B)

ANEXO 4 (12/13)

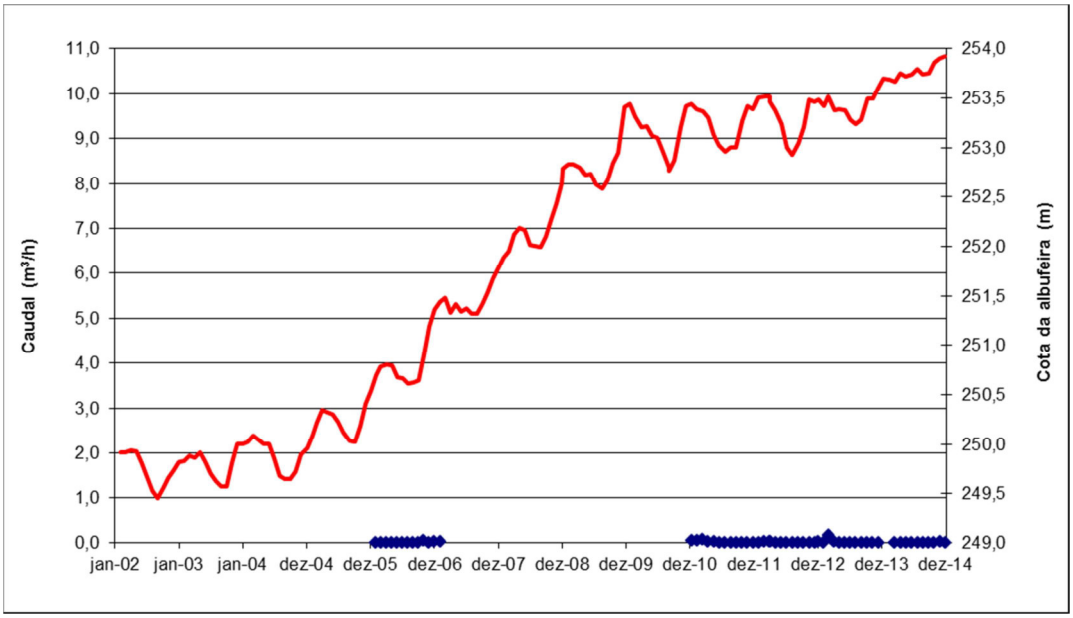


Figura 4.23 – Caudais medidos no ponto de controlo IBR29A (portela ME2C)

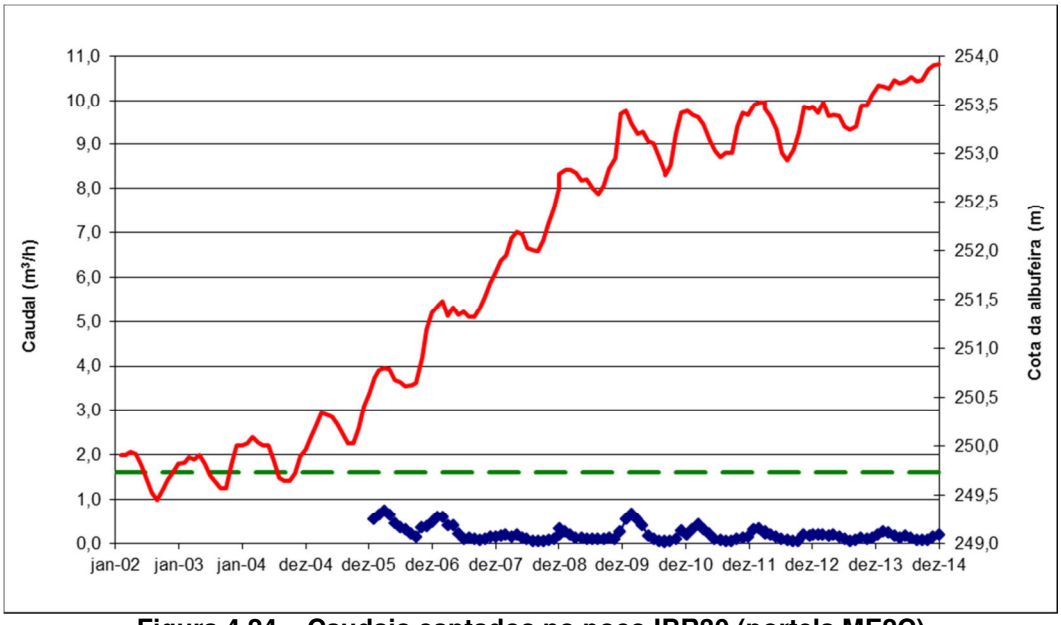


Figura 4.24 – Caudais captados no poço IBR30 (portela ME2C)

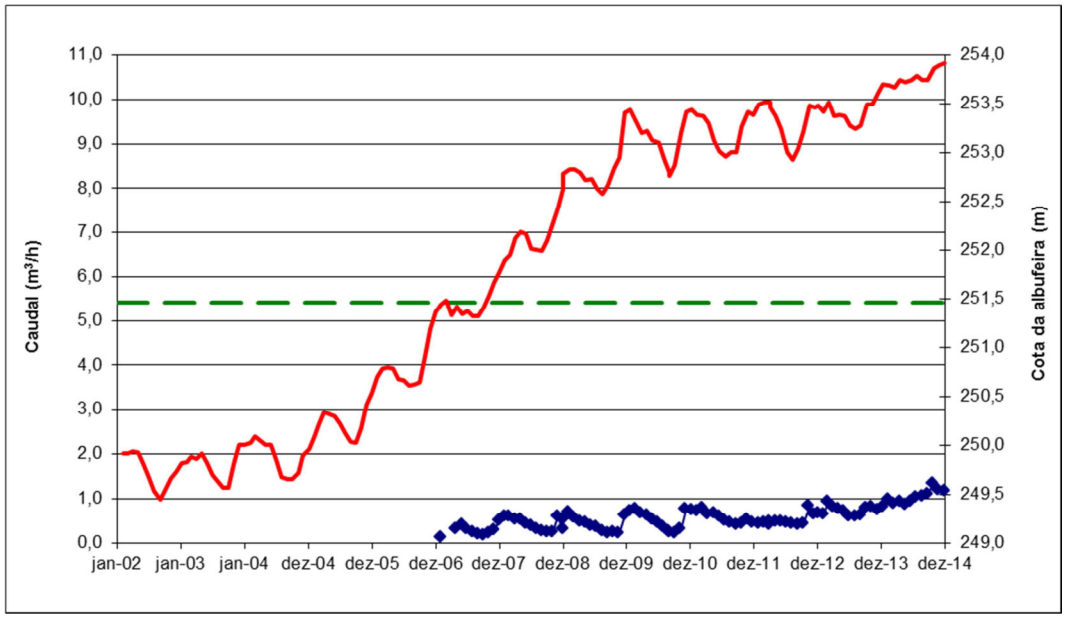


Figura 4.25 – Caudais captados no poço IBR31 (barragem do Monte Branco)

ANEXO 5

DESLOCAMENTOS SUPERFICIAIS – ASSENTAMENTOS

1 PORTELA MD

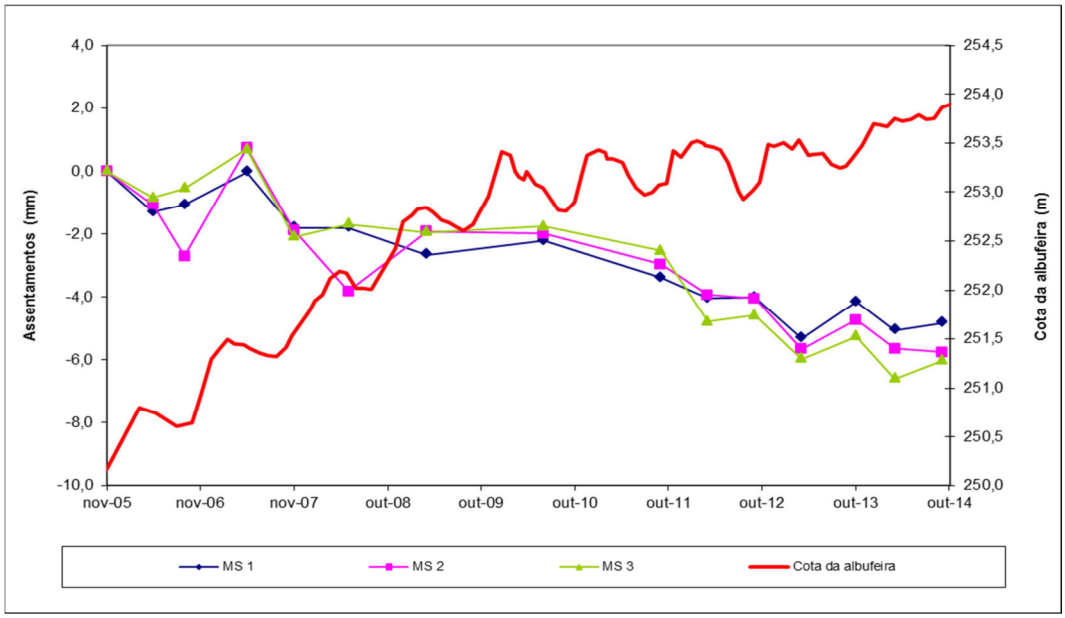


Figura 5.1 – Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na portela MD

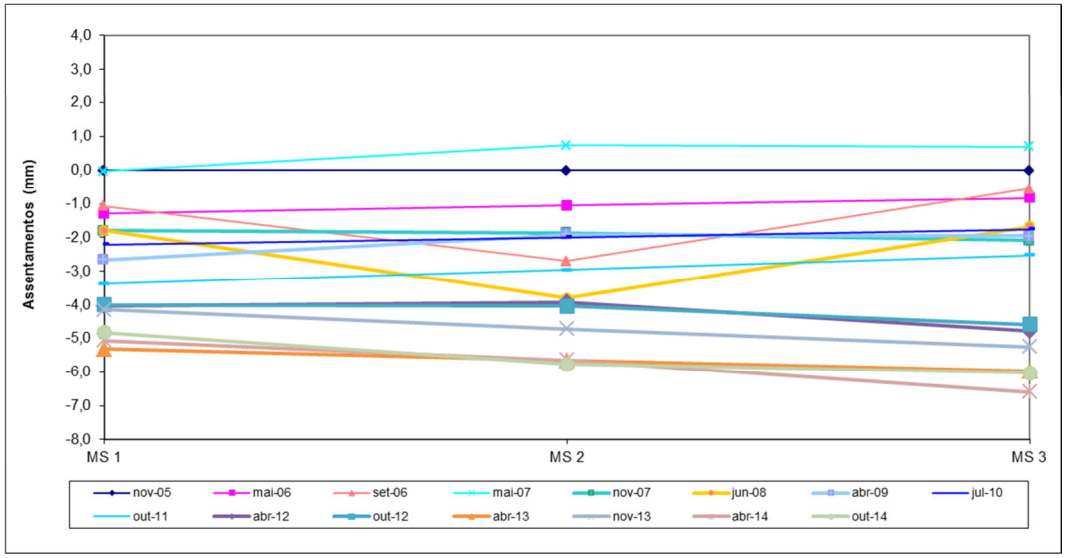


Figura 5.2 – Assentamentos no coroamento da portela MD

ANEXO 5 (2/7)

2 CORPO PRINCIPAL E PORTELA DO CORPO PRINCIPAL

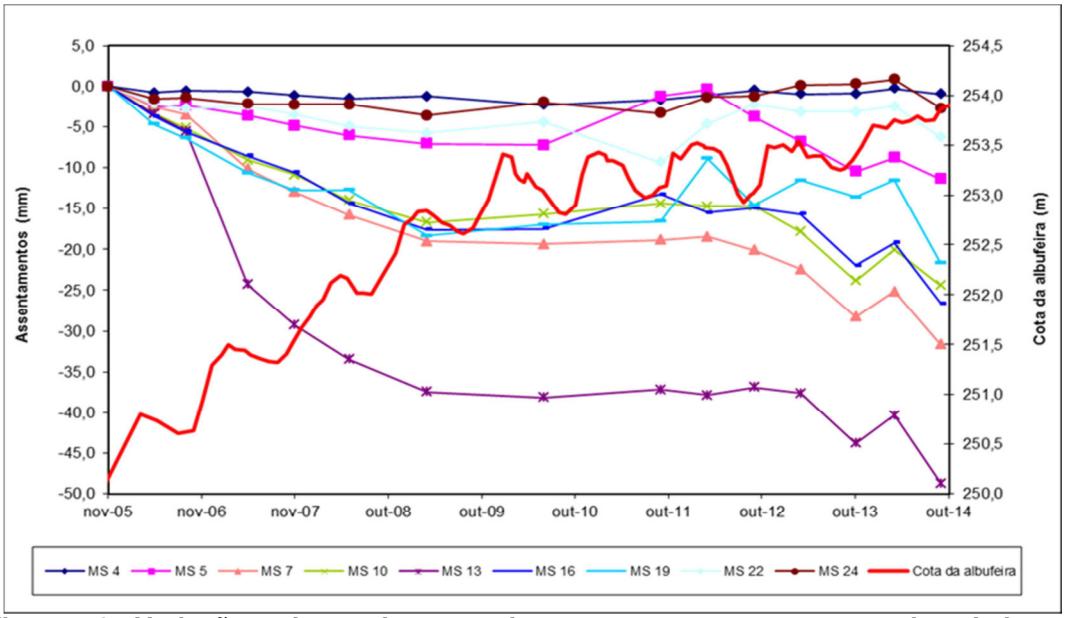


Figura 5.3 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas no coroamento do corpo principal

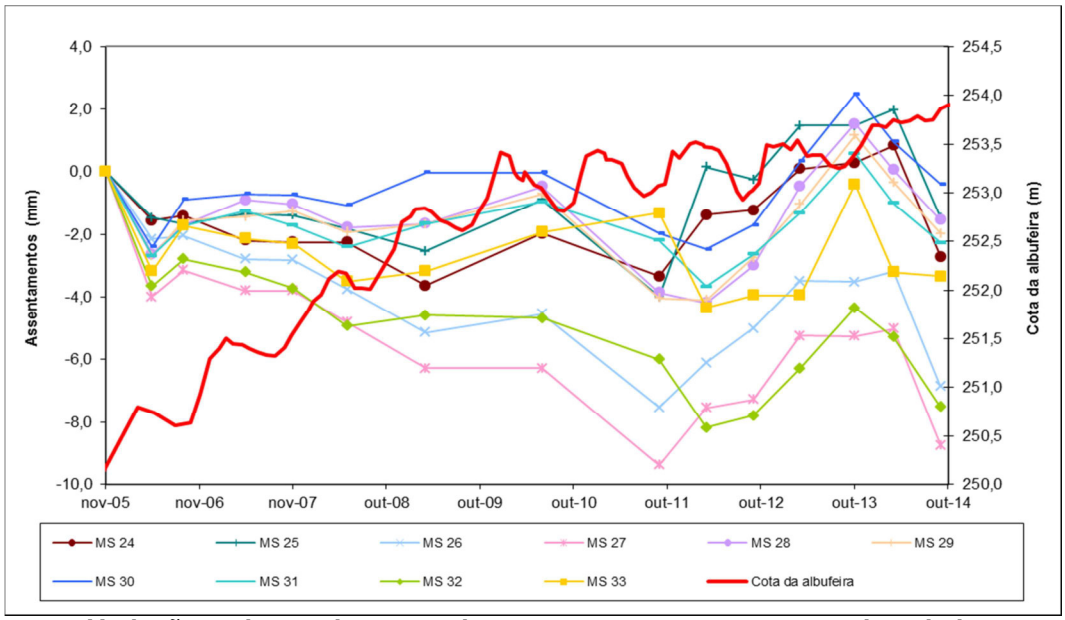


Figura 5.4 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na portela do corpo principal

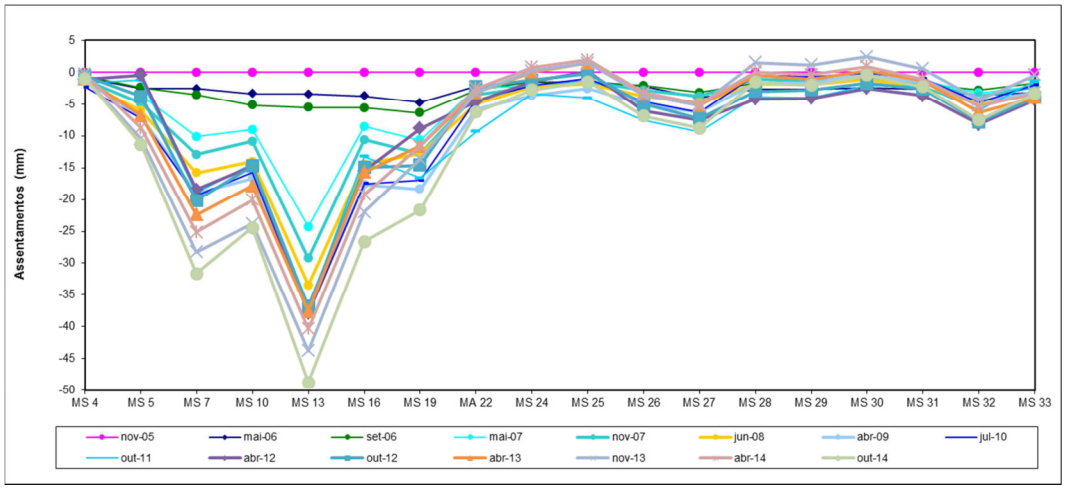


Figura 5.5 - Assentamentos no coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal

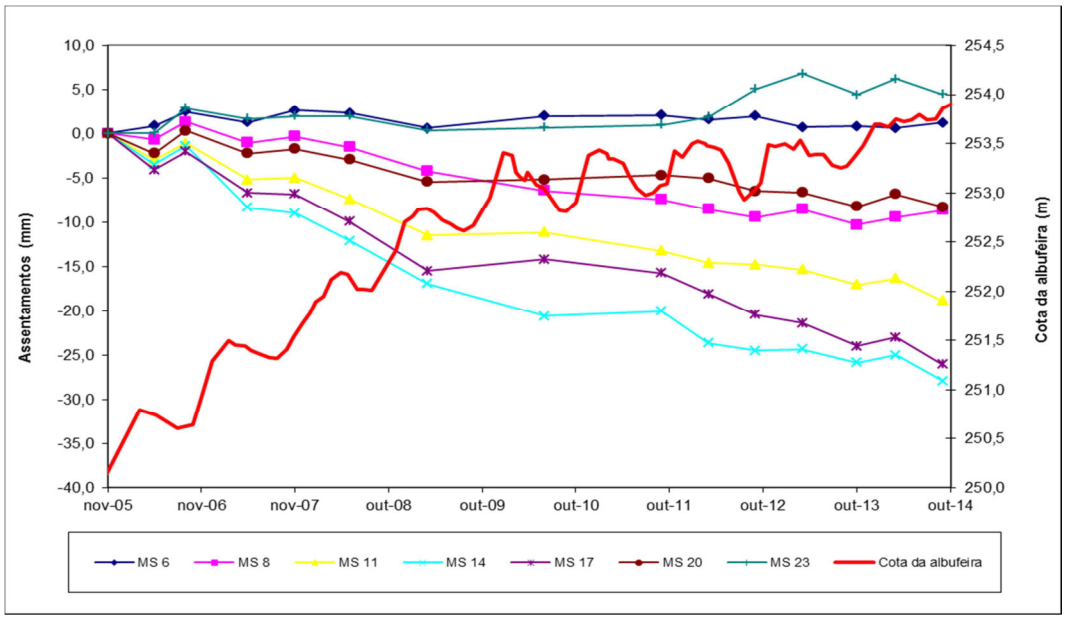


Figura 5.6 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na banqueta superior do corpo principal

ANEXO 5 (4/7)

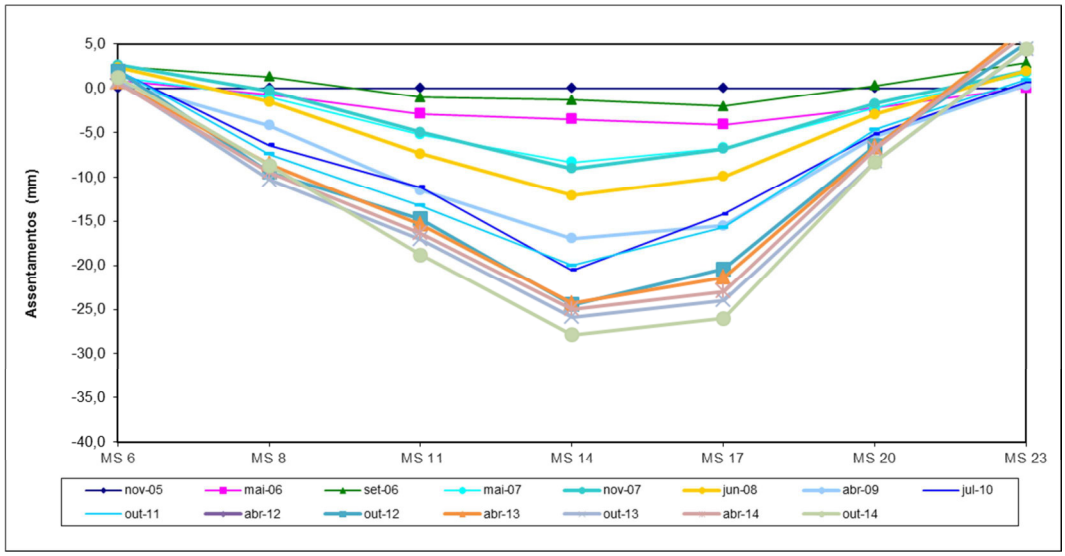


Figura 5.7 - Assentamentos na banqueta superior do corpo principal

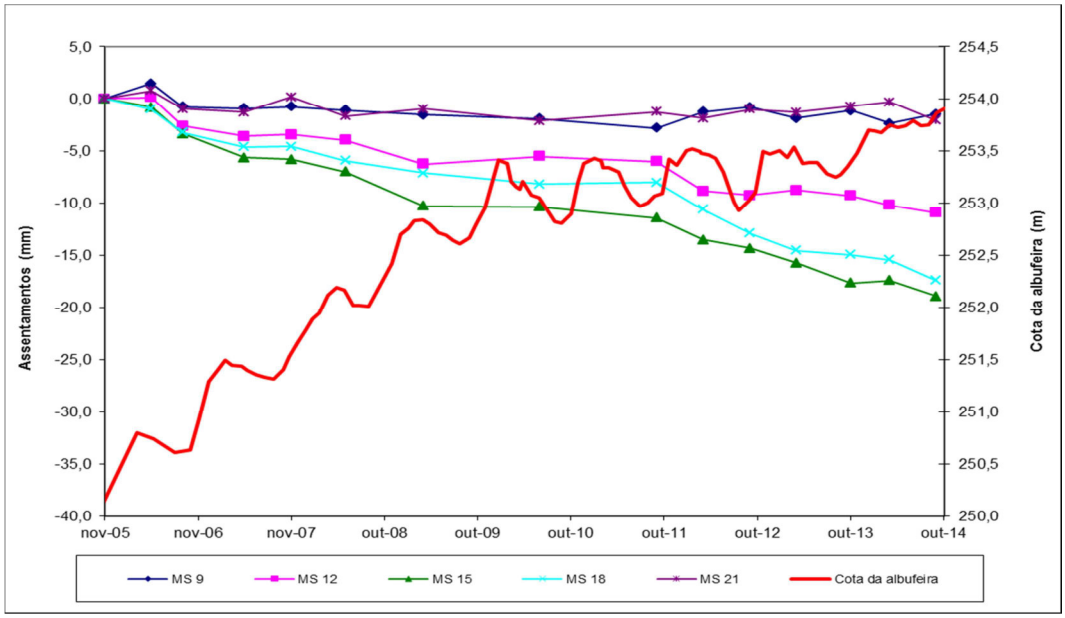


Figura 5.8 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na banqueta intermédia do corpo principal

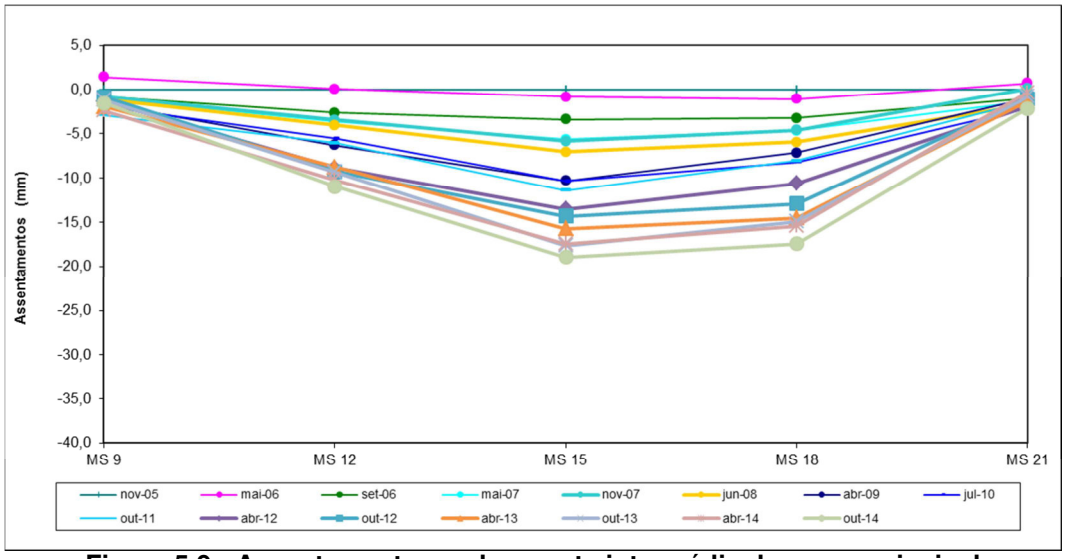


Figura 5.9 - Assentamentos na banqueta intermédia do corpo principal

ANEXO 5 (6/7)

3 PORTELA ME1

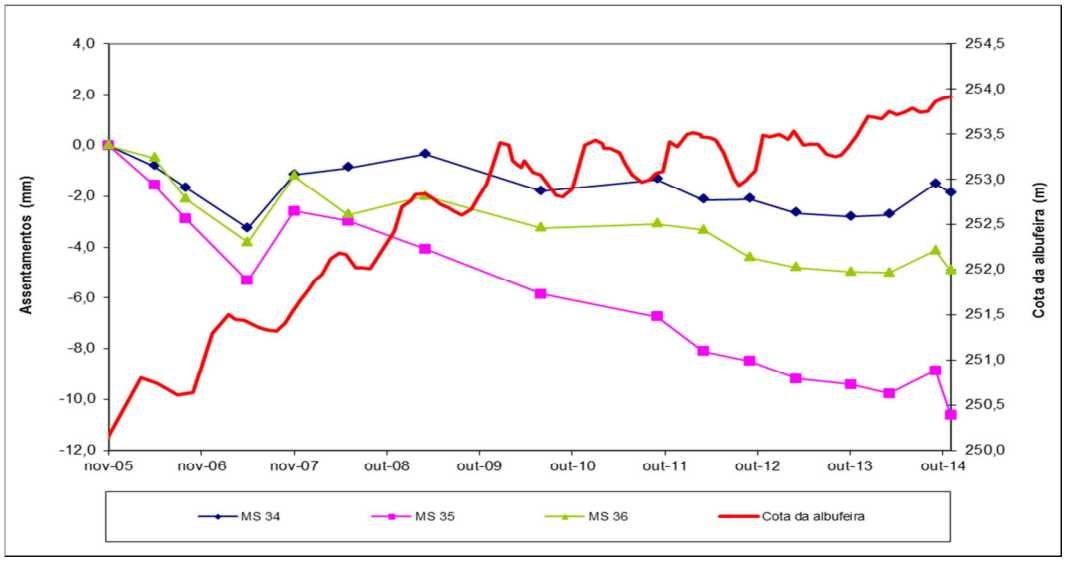


Figura 5.10 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na portela ME1

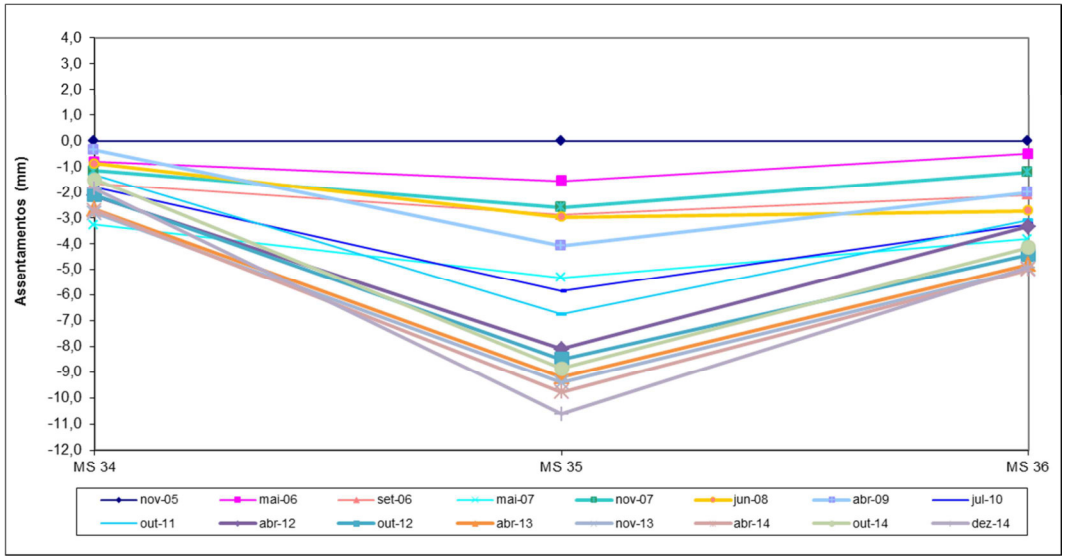


Figura 5.11 - Assentamentos no coroamento da portela ME1

4 PORTELA ME2

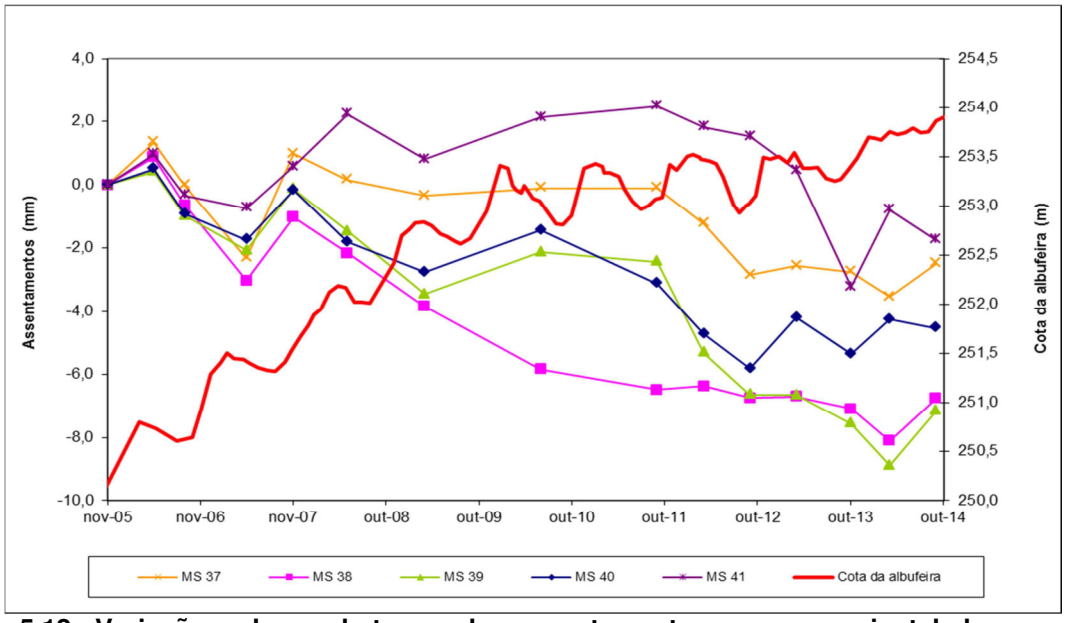


Figura 5.12 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na portela ME2

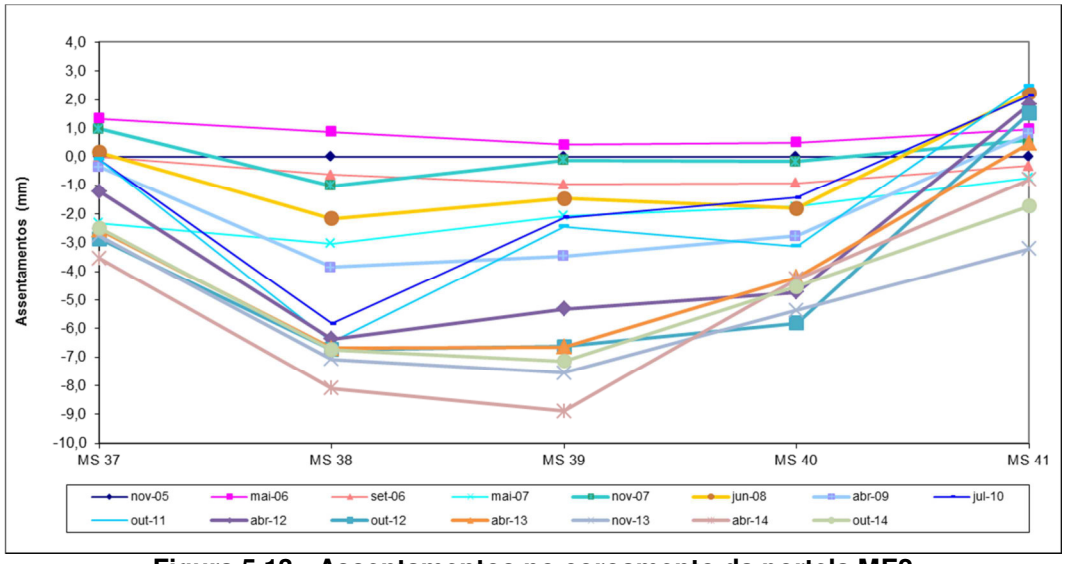


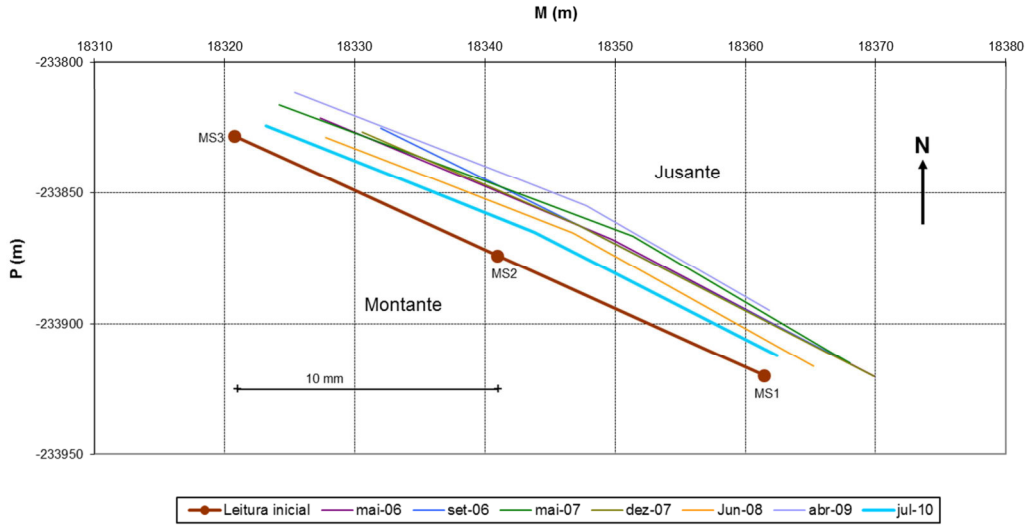
Figura 5.13 - Assentamentos no coroamento da portela ME2

ANEXO 6

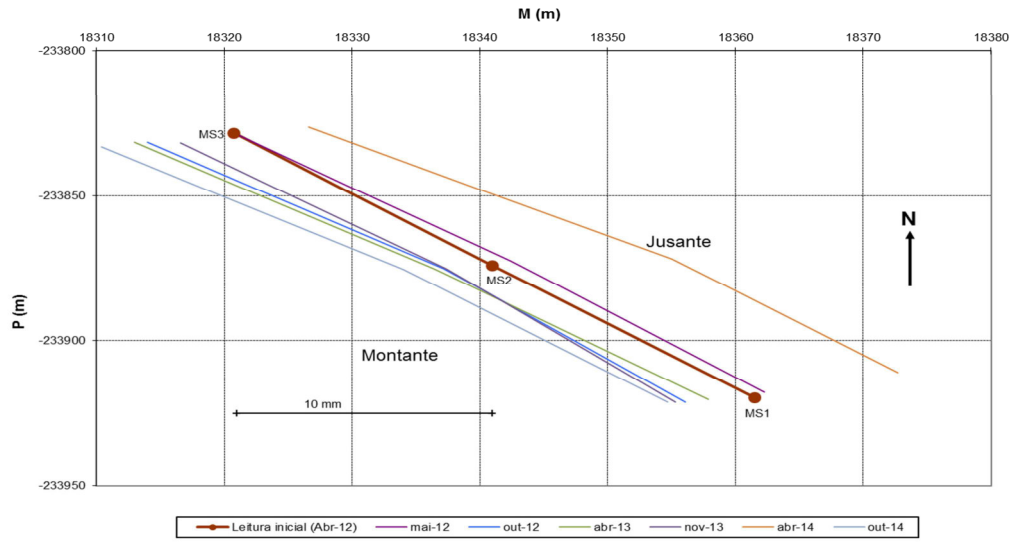
DESLOCAMENTOS SUPERFICIAIS HORIZONTAIS

NOTAS:
Os deslocamentos horizontais apresentados nos gráficos das várias zonas do aterro (Figuras 6.1, 6.3, 6.4, 6.5, 6.9 e 6.11) estão ampliados 2000 vezes; nestes gráficos a escala dos M e P está à escala real;
Nos referidos gráficos apresenta-se uma escala gráfica correspondente a 10 mm de deslocamento horizontal;

1 PORTELA MD



a)



b)

Figura 6.1 – Deslocamentos superficiais horizontais no coroamento da portela MD: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (2/14)

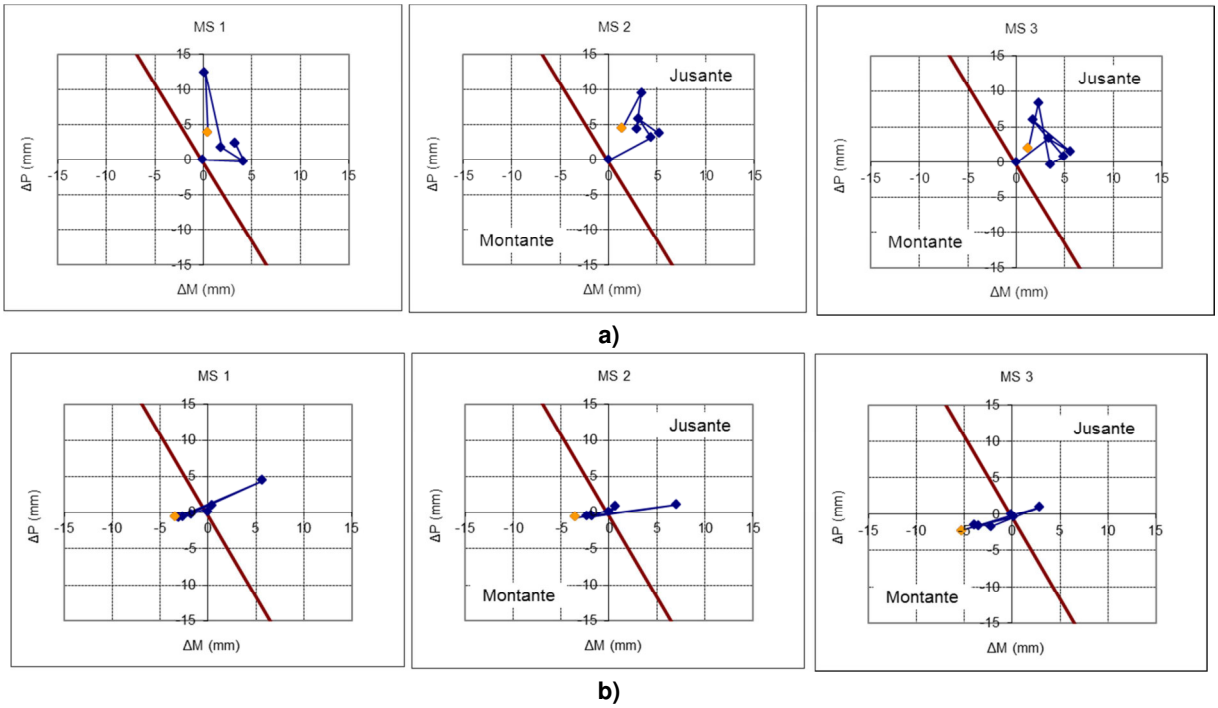


Figura 6.2 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas do coroamento da portela MD: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

2 CORPO PRINCIPAL E PORTELA DO CORPO PRINCIPAL

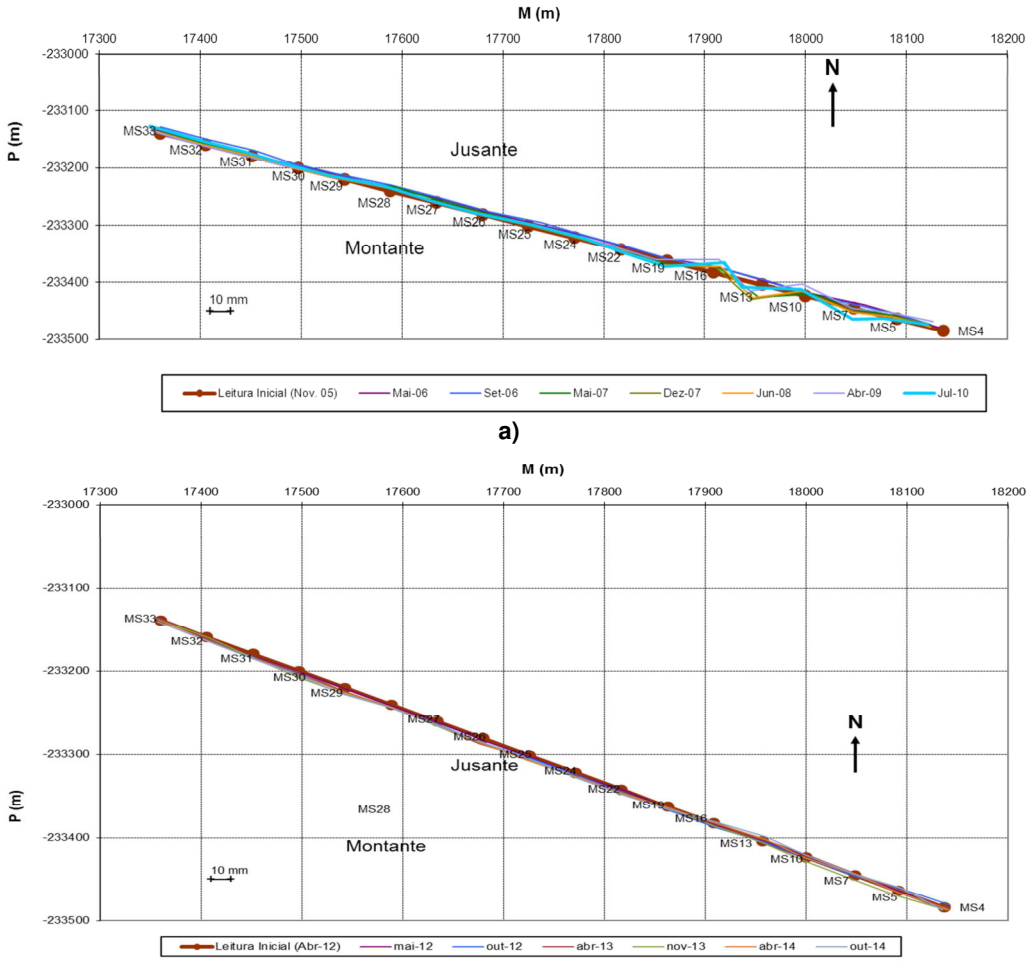
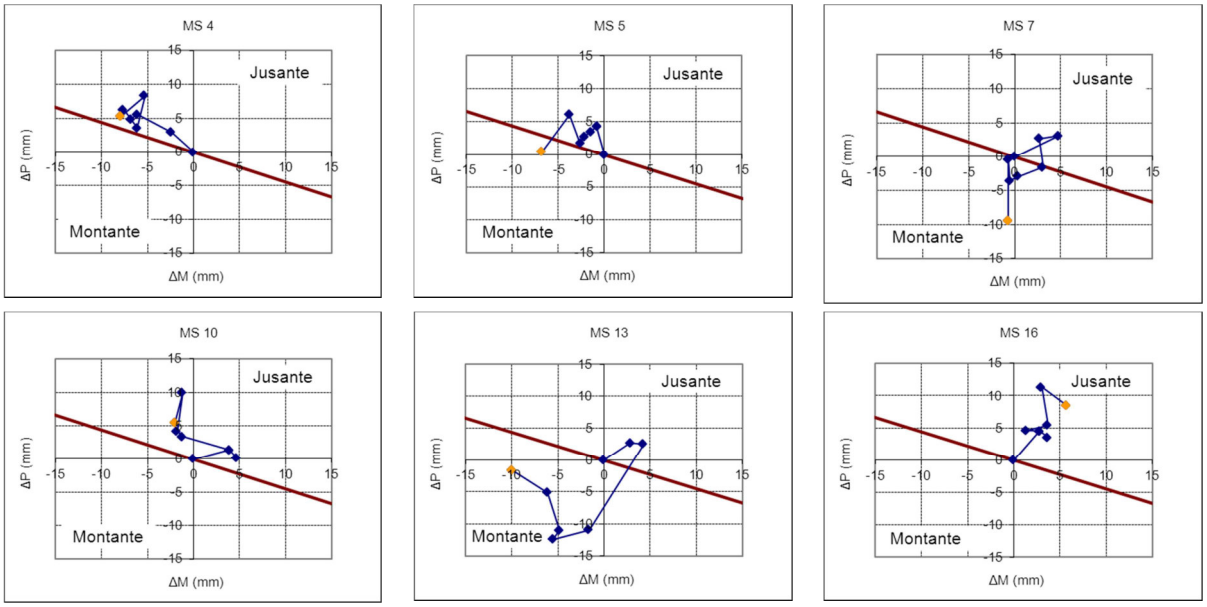
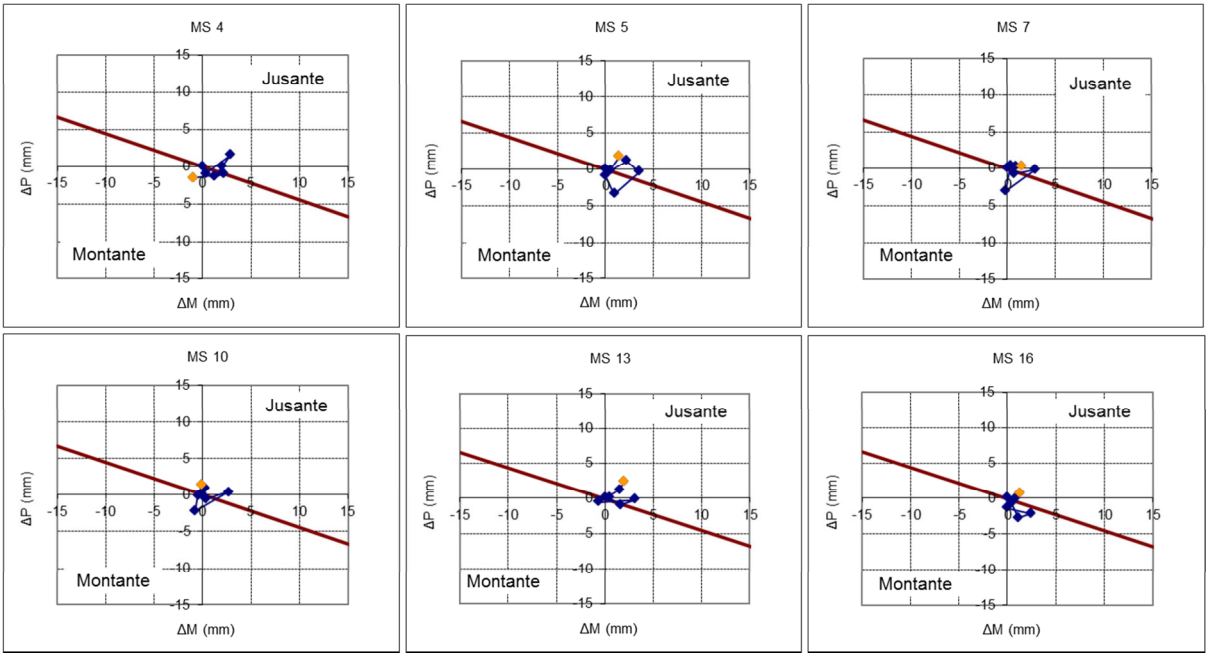


Figura 6.3 – Deslocamentos superficiais horizontais no coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (4/14)

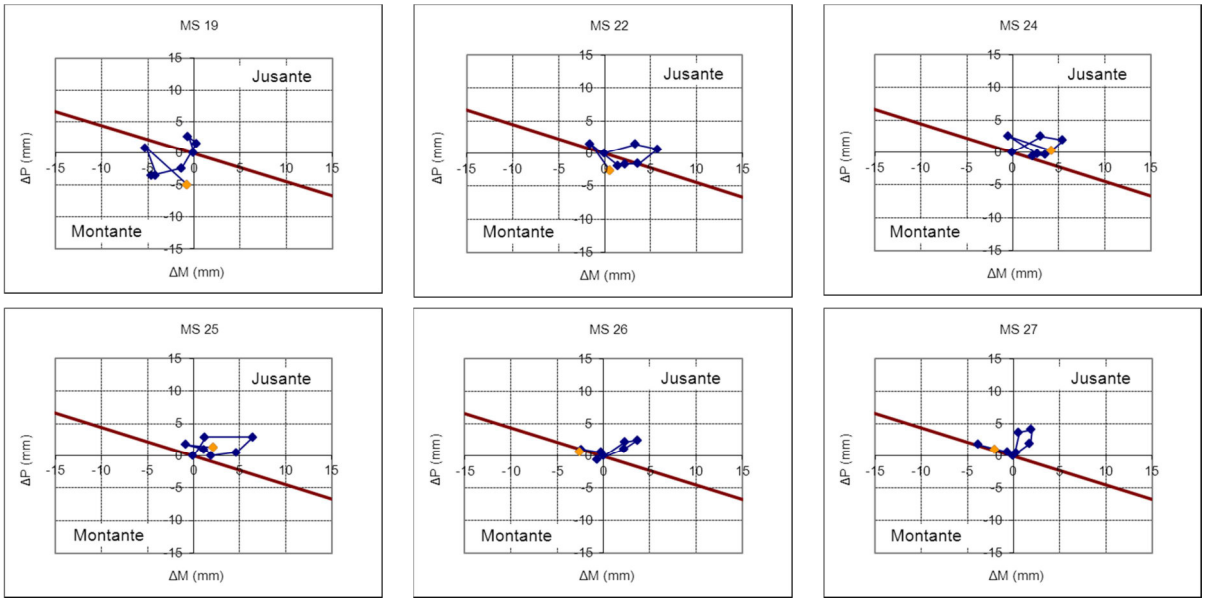


a)

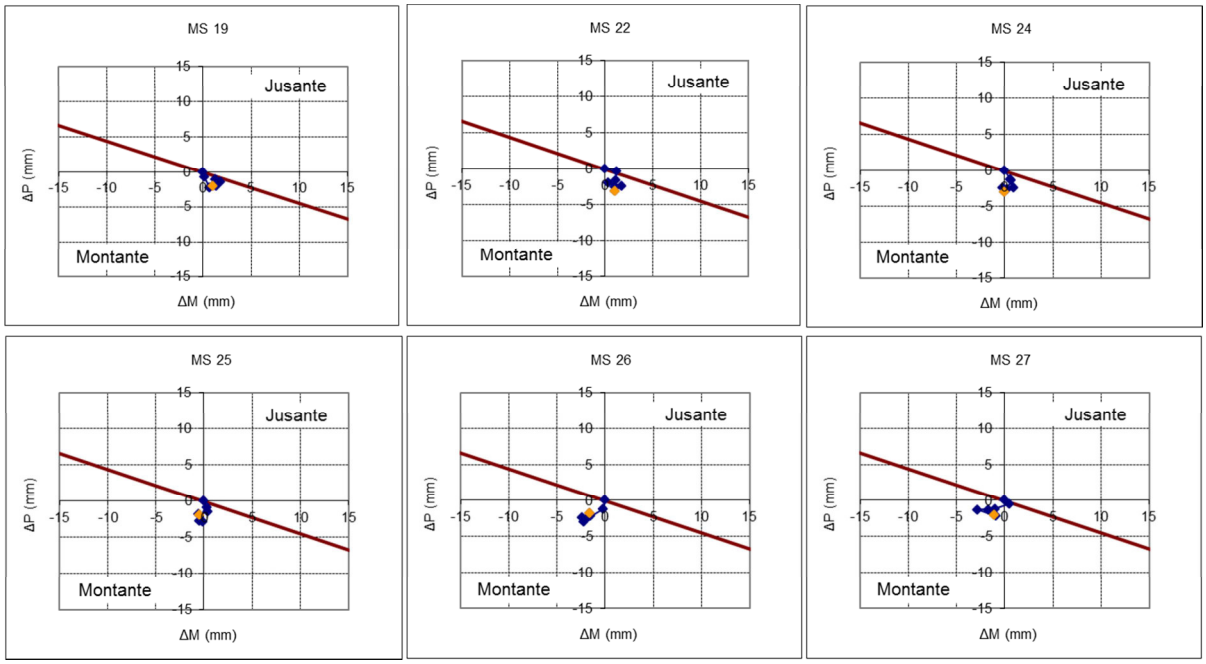


b)

Figura 6.4 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas do coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012



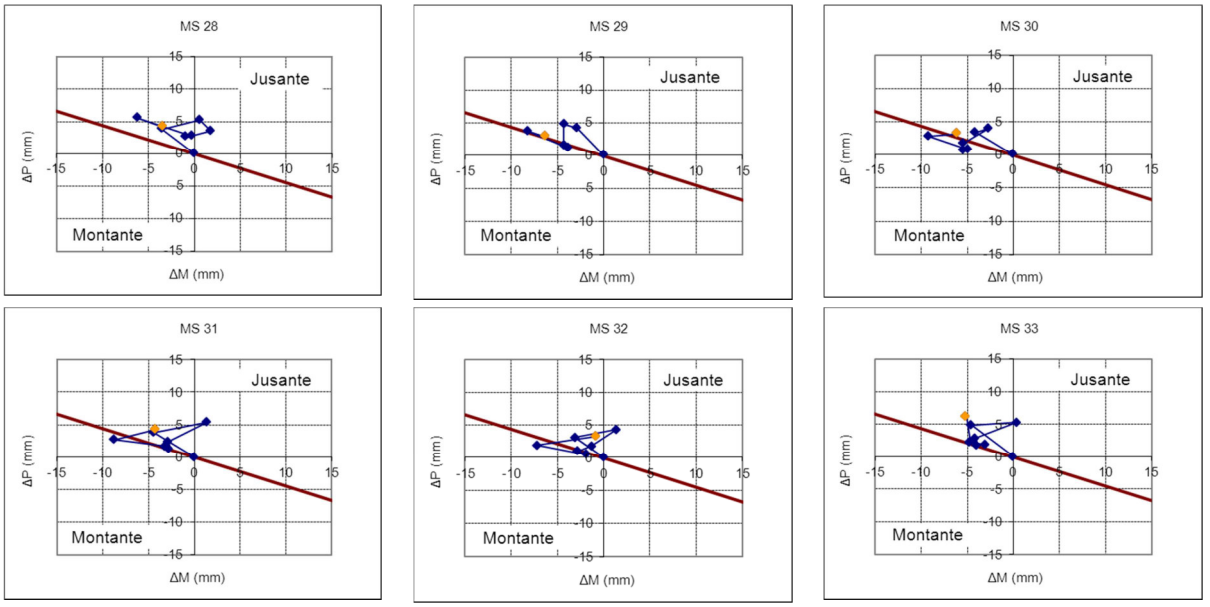
a)



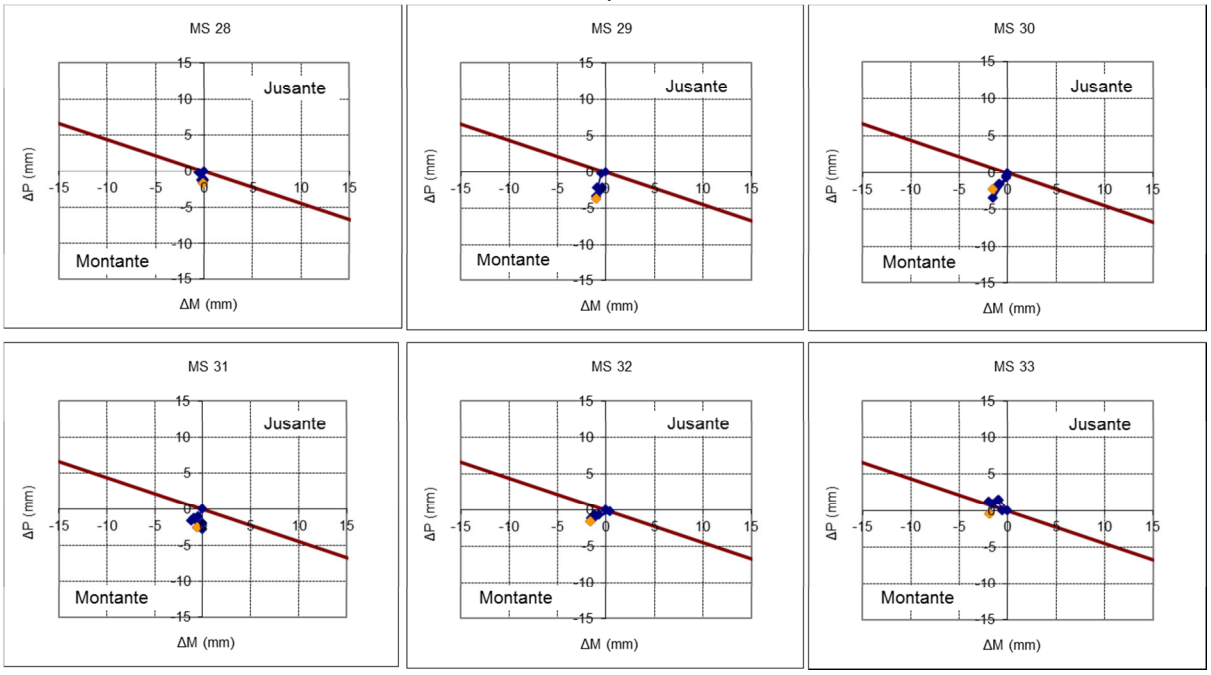
b)

Figura 6.4 (continuação) – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas do coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (6/14)

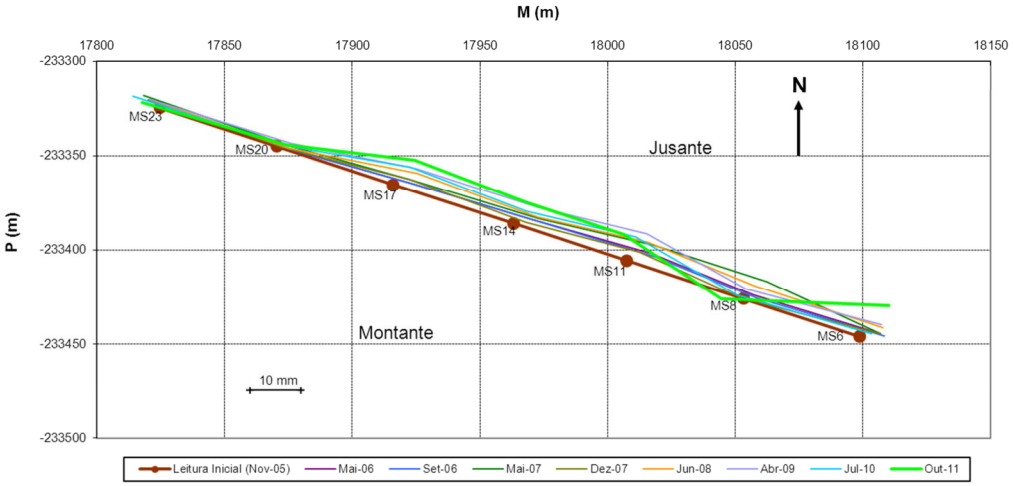


a)

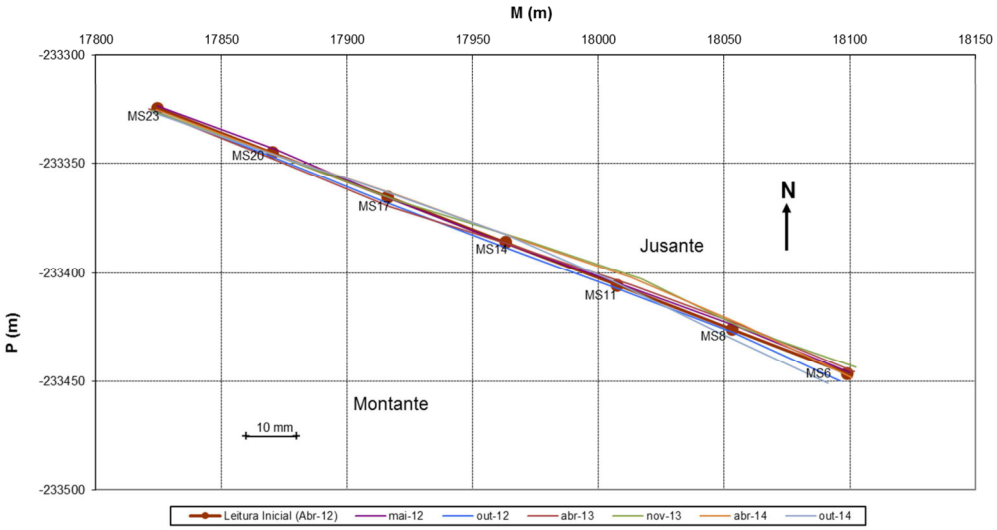


b)

Figura 6.4 (continuação) – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas do coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012



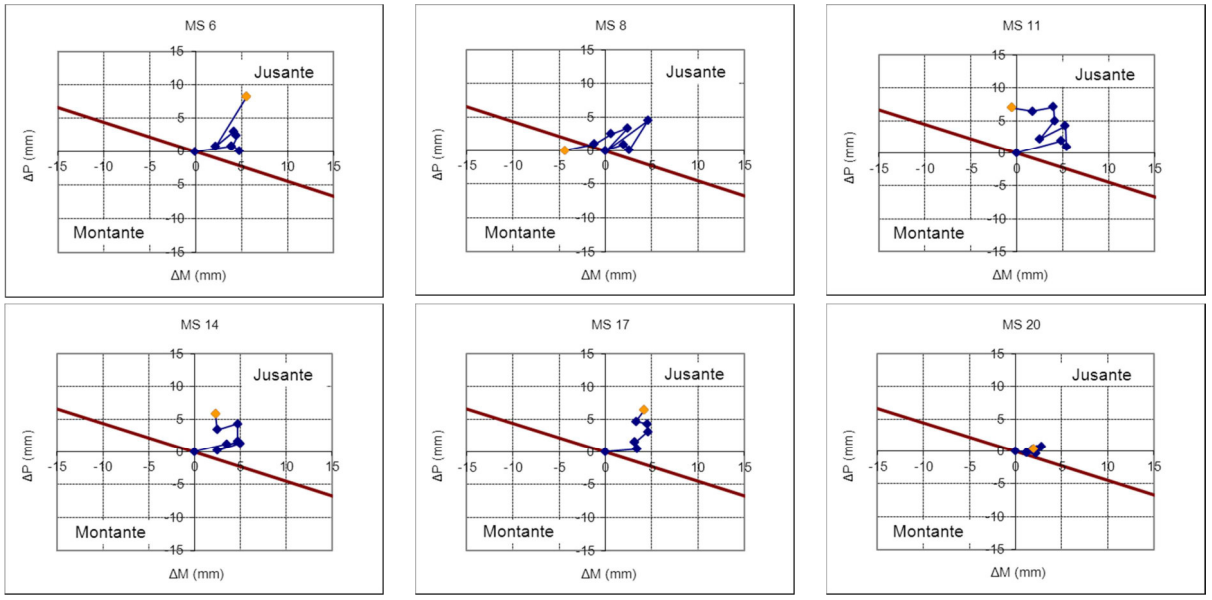
a)



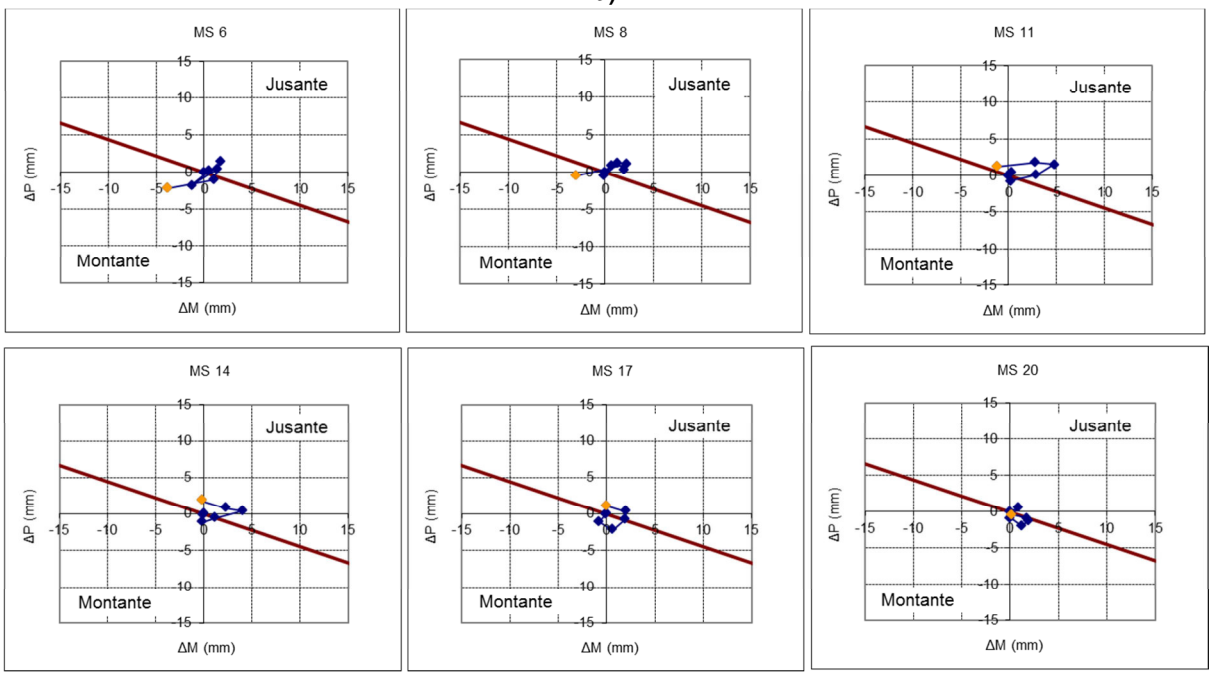
b)

Figura 6.5 – Deslocamentos superficiais horizontais na banqueta superior do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (8/14)

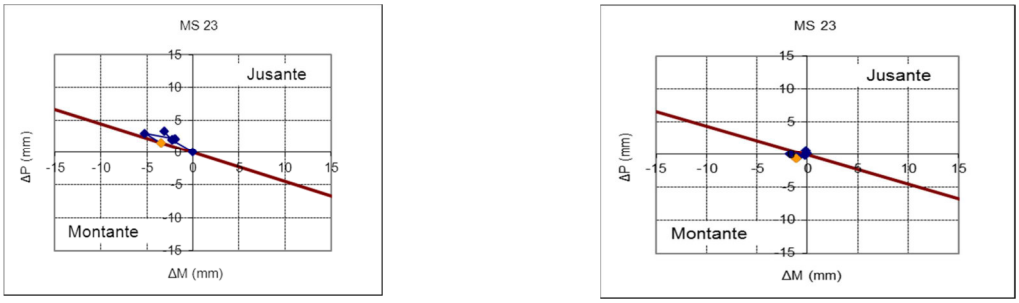


a)



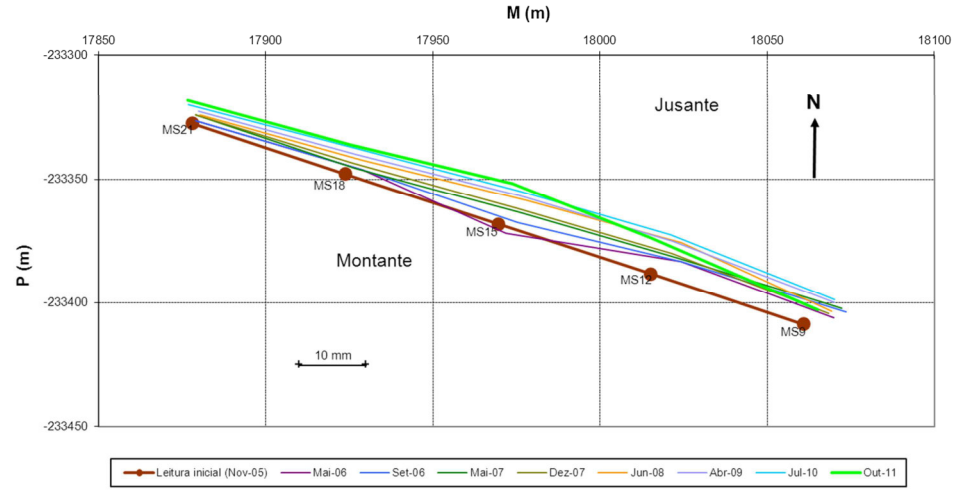
b)

Figura 6.6 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da banqueta superior do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

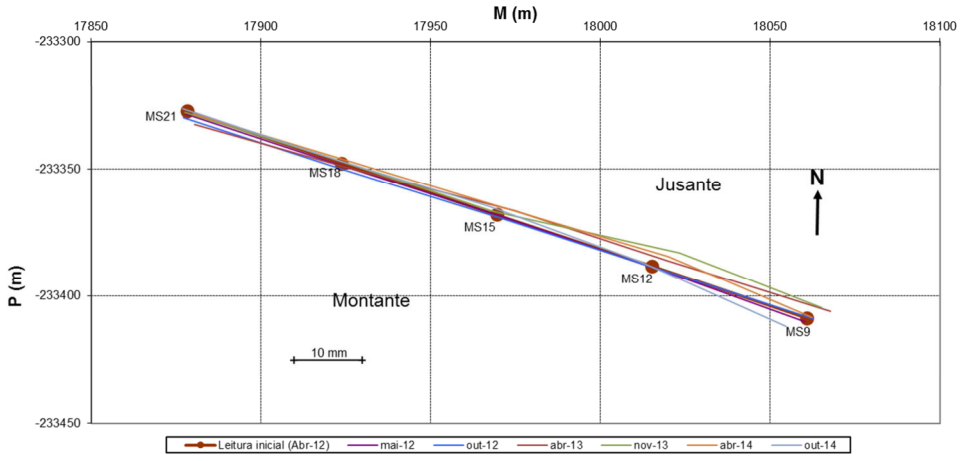


a) **b)**

Figura 6.6 (continuação) – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da banqueta superior do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012



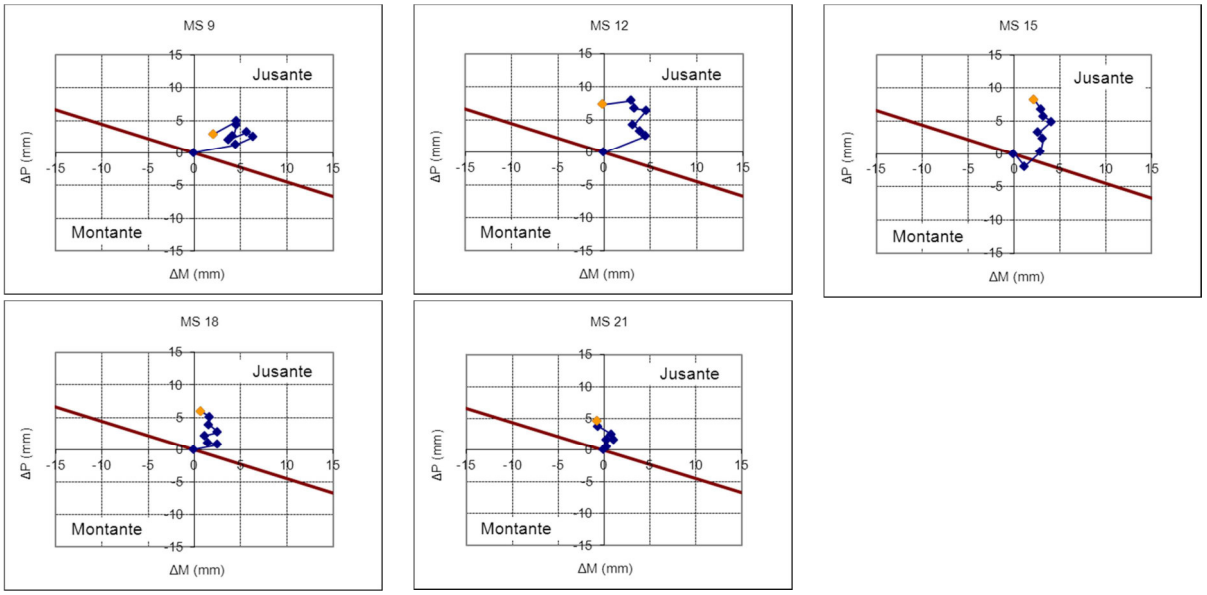
a)



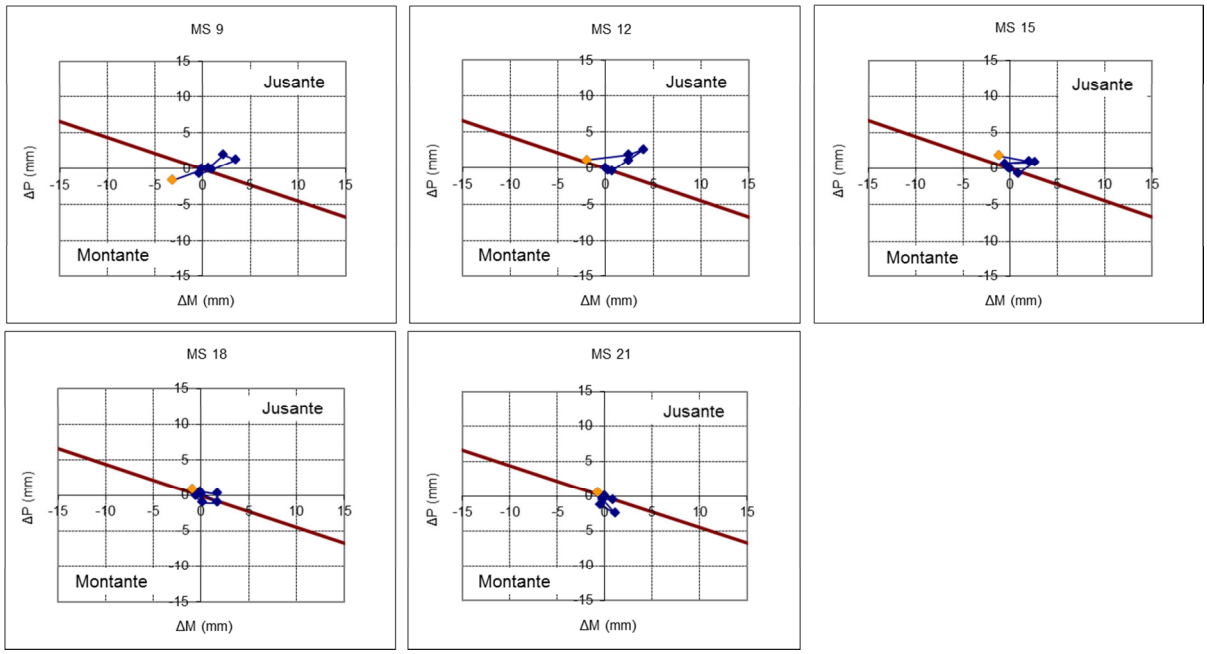
b)

Figura 6.7 – Deslocamentos superficiais horizontais na banqueta intermédia do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (10/14)



a)



b)

Figura 6.8 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da banqueta intermédia do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

3 PORTELA ME1

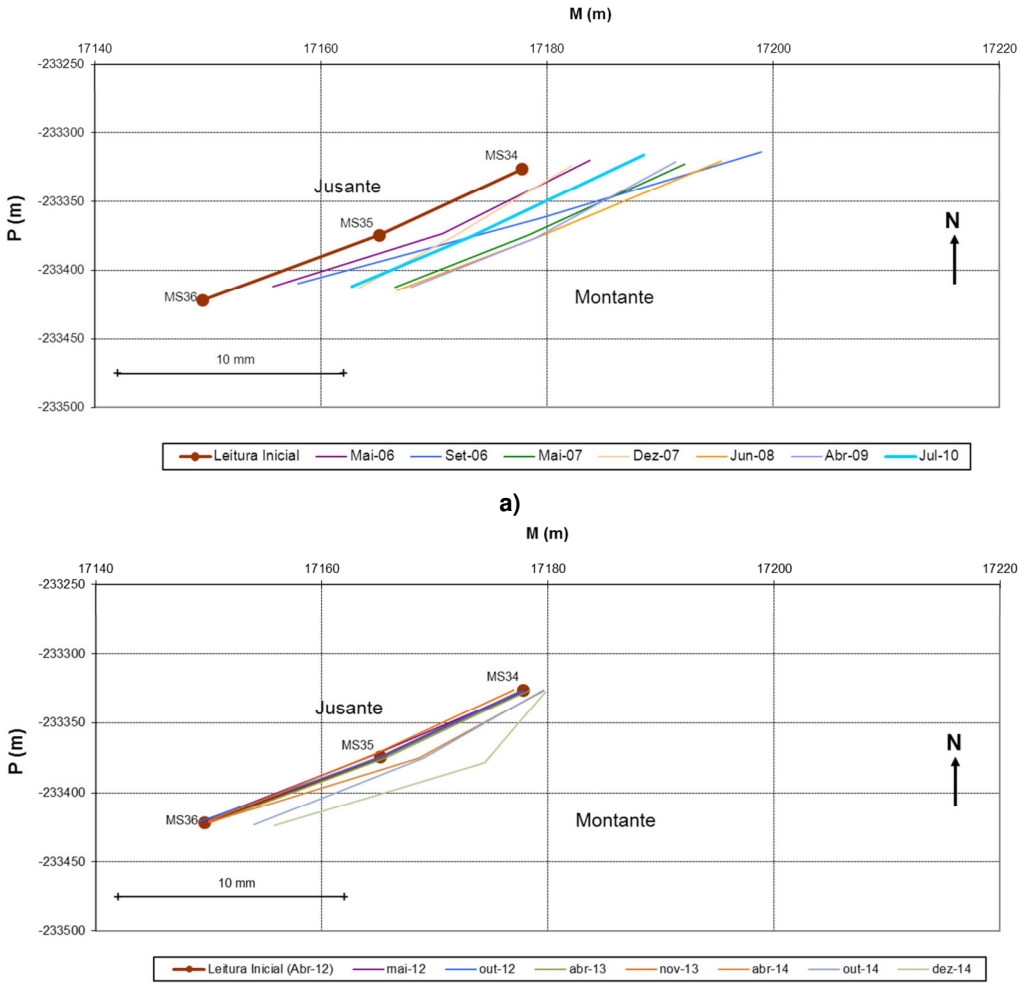


Figura 6.9 – Deslocamentos superficiais horizontais no coroamento da portela ME1: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (12/14)

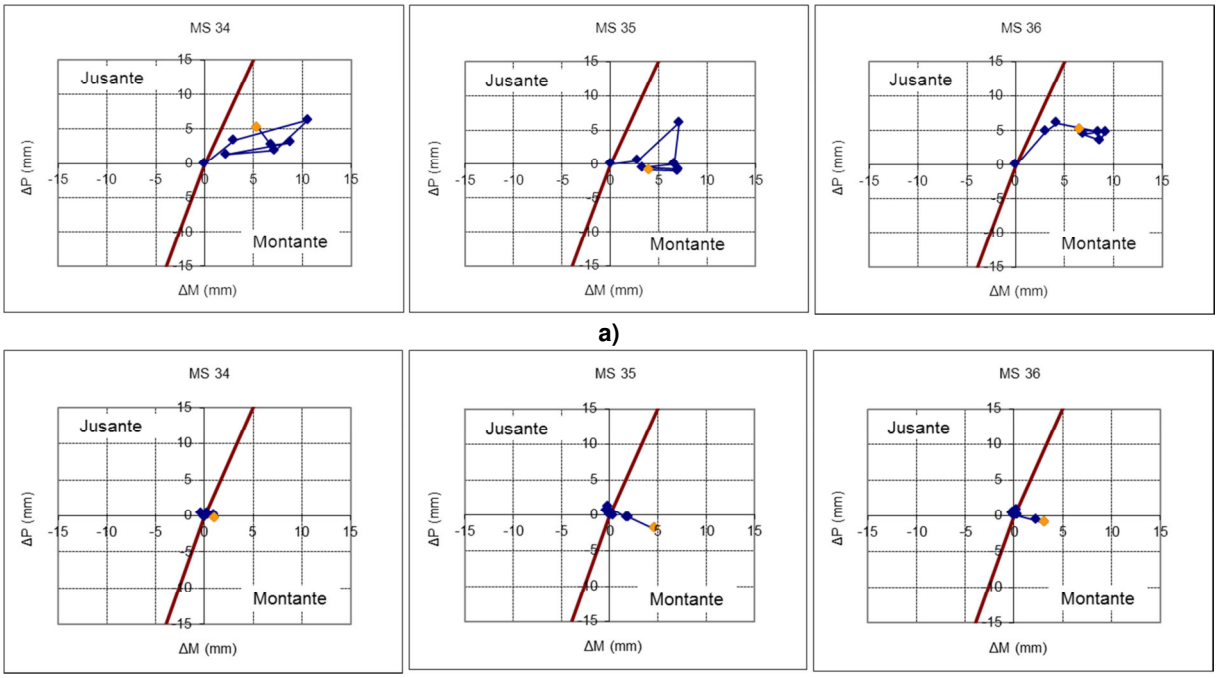
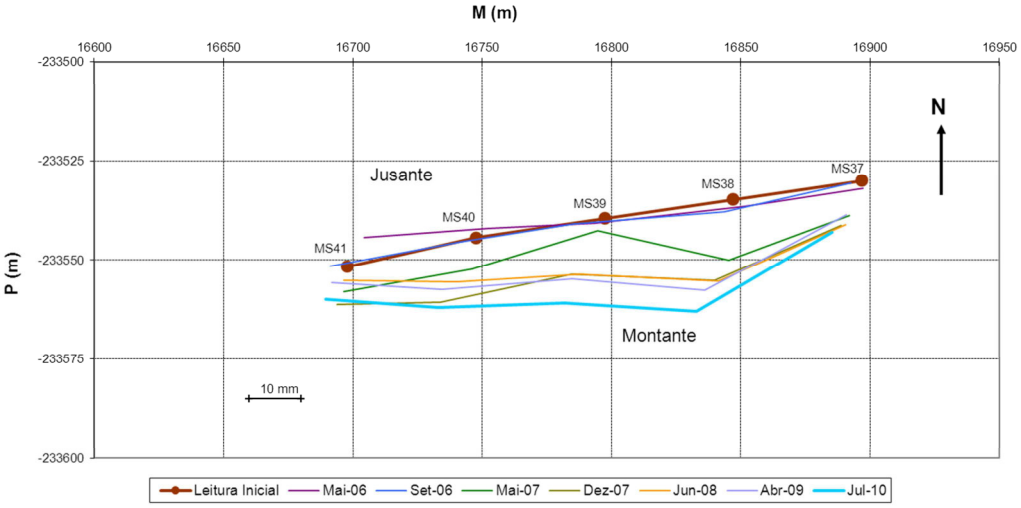
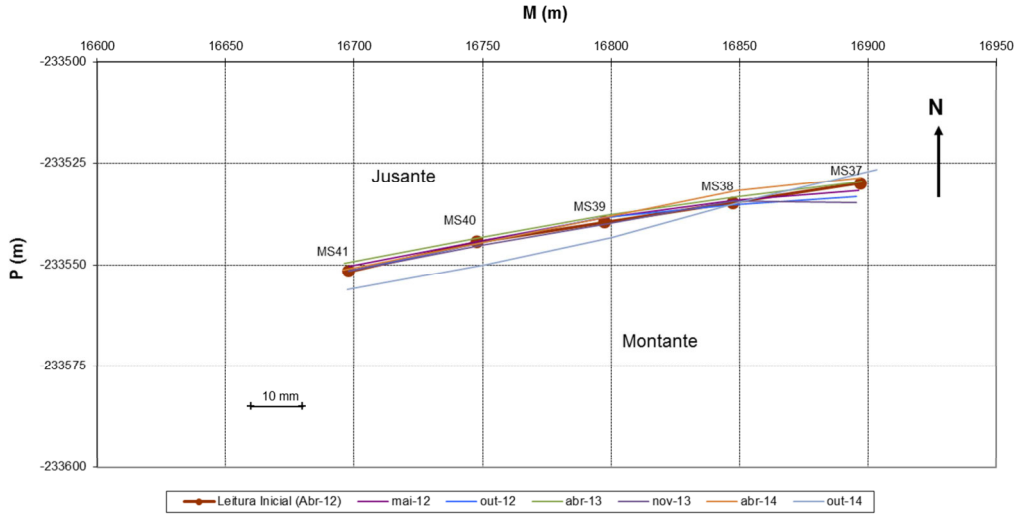


Figura 6.10 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da portela ME1: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

4 PORTELA ME2



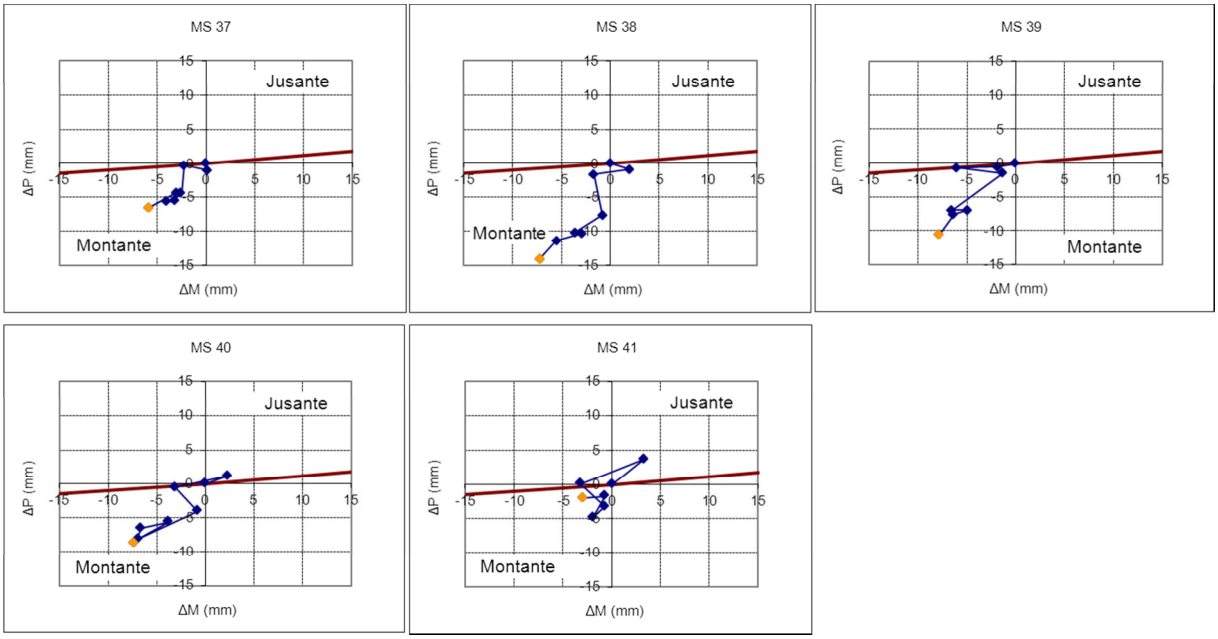
a)



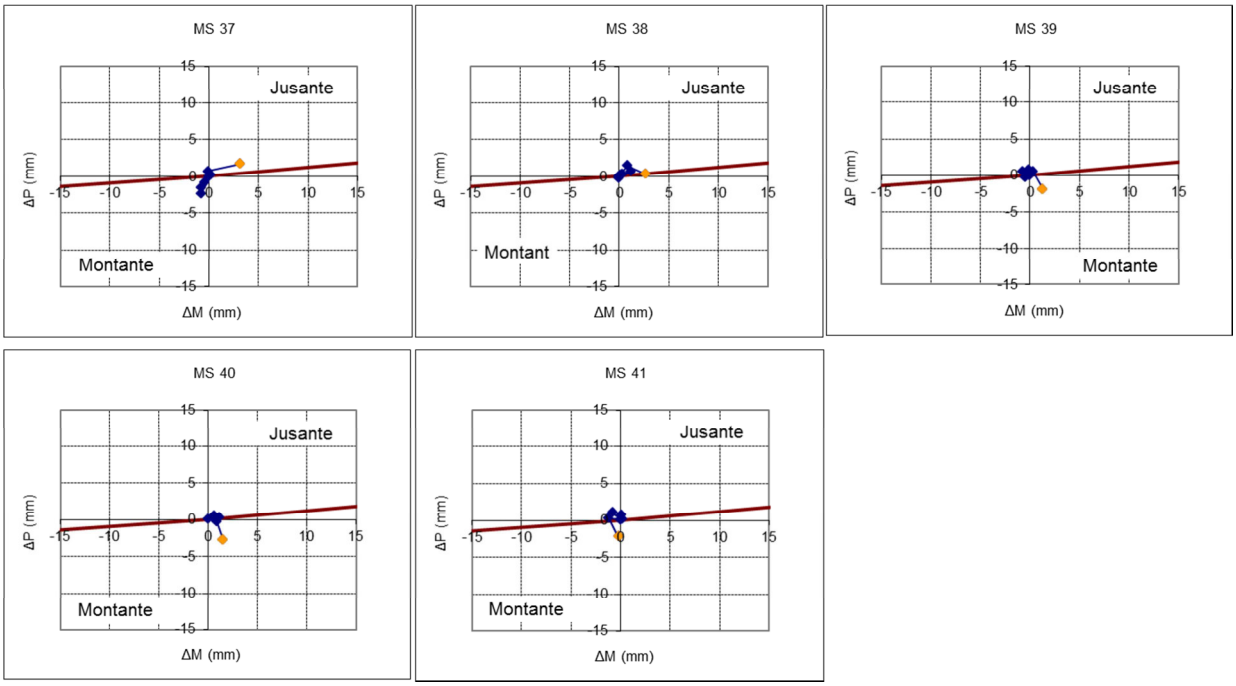
b)

Figura 6.11 – Deslocamentos superficiais horizontais no coroamento da portela ME2: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (14/14)



a)



b)

Figura 6.12 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da portela ME2: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 7

ÁGUA SUBTERRÂNEA – PIEZÓMETROS PCL. RESULTADOS DAS ANÁLISES DA ÁGUA

Quadro 7.1 - Resultados obtidos em 2014 nos piezómetros

Piezómetro		Ph (Sorensen)	O_2 (%)	Condutividade (µS/cm)	SST (mg/l)	Dureza (mg/l)	Cálcio (mg/l)	Sódio (mg/l)	Potássio (mg/l)	Cloretos (mg/l)
Corpo Principal	PCL1	7,5	88	3108	7	1500	368	200	1,2	286
	PCL2	7,6	81	2478	5	850	160	280	0,7	209
	PCL3	7,5	43	3300	5	1700	335	230	2,0	289
	PCL4	7,3	46	3013	19	1180	160	270	0,8	505
	PCL5	7,2	33	3295	81	1800	370	180	1,2	275
	PCL6	7,1	36	3485	6	1800	473	220	10,0	280
	PCL7	7,1	53	3465	5	1800	445	250	13,0	283
	PCL8	7,2	45	3003	6	1500	325	200	3,5	250
	PCL9	7,2	30	3753	4	1900	480	340	0,8	306
	PCL10	7,2	28	3845	4	1800	428	280	22,0	324
	PCL11	7,0	0	3840	4	1900	488	300	5,7	325
	PCL12	7,0	46	3868	3	1900	470	300	4,1	327
	Média	**7,2**	**44**	**3371**	**12**	**1636**	**375**	**254**	**5,4**	**305**
Portela ME1	PCL13	7,4	74	5575	3	1340	215	900	1,0	948
	PCL14	7,8	93	6575	3	1900	218	1000	0,8	1188
	PCL15	6,9	20	3915	<2,0	1500	325	350	1,1	623
	PCL16	7,1	46	3943	<2,0	1500	315	390	1,1	645
	PCL17	7,2	42	4050	6	1200	195	700	1,0	888
	PCL18	7,0	47	4148	6	1280	170	700	1,0	940
	PCL19	7,6	81	4300	4	1400	278	480	1,2	758
	PCL20	7,1	17	4195	2	1600	295	480	0,7	885
	Média	**7,3**	**53**	**4588**	**4**	**1465**	**251**	**625**	**1,0**	**859**
Portela ME2	PCL21	7,3	53	4058	3	1700	318	240	1,0	308
	PCL22	7,3	62	483	<2,0	190	48	28	2,7	20
	PCL23	7,7	88	1843	<2,0	730	145	140	0,7	189
	PCL24	7,4	73	2368	6	810	160	190	0,8	455
	PCL25	8,0	89	1450	2	490	104	120	1,5	178
	PCL26	8,0	88	2875	<2,0	730	107	430	1,6	216
	PCL27	7,6	82	3213	3	1600	318	210	0,9	278
	PCL28	7,7	84	3210	<2,0	1200	180	340	0,8	338
	Média	**7,6**	**77**	**2437**	**3**	**931**	**172**	**212**	**1,3**	**248**
Jusante IRCL	PCL31	7,3	57	2475	110	1240	273	280	1,0	133
	PCL32	7,2	51	3838	2	1400	243	460	0,9	415
	PCL33	7,7	59	1038	38	290	67	120	0,8	125
	PCL35	7,3	61	1653	300	470	106	190	0,8	264
	PCL36	7,8	58	683	110	250	49	52	0,6	62
	Média	**7,5**	**57**	**1937**	**112**	**730**	**147**	**220**	**0,8**	**200**
Montante IRCL	PCL41	7,8	86	1215	17	280	68	140	0,6	174
	PCL42	7,5	52	2035	<2,0	550	98	200	0,6	455
	PCL43	10,8	77	1753	60	91	48	270	53,0	411
	Média	**8,7**	**72**	**1668**	**39**	**307**	**71**	**203**	**18,1**	**347**

ANEXO 7 (2/22)

Quadro 7.1 (continuação) - Resultados obtidos em 2014 nos piezómetros

Piezómetro		Nitratos (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Arsénio (mg/l)	Chumbo (mg/l)	Manganês (mg/l)	Mercúrio (mg/l)	Cobre (mg/l)	Ferro (mg/l)	Zinco (mg/l)
Corpo Principal	PCL1	13	1350	0,003	<0,05	0,04	0,002	0,11	0,13	0,000
	PCL2	29	908	0,006	<0,05	0,03	0,001	0,03	<0,10	0,027
	PCL3	5	1575	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	0,03	<0,10	<0,012
	PCL4	14	553	<0,0020	<0,05	0,03	<0,0007	0,02	0,35	<0,012
	PCL5	4	1575	0,015	<0,05	0,80	<0,0007	<0,02	13,00	<0,012
	PCL6	4	1700	0,003	<0,05	1,80	<0,0007	<0,02	1,90	0,022
	PCL7	5	1650	<0,0020	<0,05	1,20	<0,0007	<0,020	1,30	0,017
	PCL8	3	1300	0,004	<0,05	0,57	<0,0007	<0,021	1,70	0,170
	PCL9	3	1875	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,020	<0,10	0,025
	PCL10	3	1925	<0,0020	<0,05	0,80	<0,0007	<0,020	0,90	<0,012
	PCL11	3	1875	<0,0020	<0,06	0,08	<0,0007	<0,02	<0,10	0,044
	PCL12	3	1900	<0,0020	<0,05	0,12	<0,0007	<0,020	<0,1	0,020
	Média	**7**	**1515**	**0,006**	**<0,05**	**0,55**	**0,0008**	**0,05**	**1,65**	**0,041**
Portela ME1	PCL13	8	1500	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	0,95	<0,10	0,012
	PCL14	7	2000	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,03	<0,10	<0,012
	PCL15	15	1200	<0,0020	<0,050	<0,020	<0,0007	<0,02	0,00	0,190
	PCL16	15	1225	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,02	<0,10	<0,012
	PCL17	9	1175	1,002	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,02	<0,10	<0,012
	PCL18	9	1100	0,002	<0,05	<0,020	0,002	<0,04	0,12	<0,012
	PCL19	11	1175	<0,0021	<0,05	<0,020	<0,0007	1,02	<0,10	<0,012
	PCL20	10	1050	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,03	<0,10	<0,012
	Média	**10**	**1303**	**0,127**	**<0,05**	**<0,020**	**0,002**	**0,26**	**0,06**	**0,101**
Portela ME2	PCL21	7	1575	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,02	0,10	<0,012
	PCL22	3	150	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	0,03	<0,10	<0,012
	PCL23	3	558	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,04	<0,10	<0,012
	PCL24	13	280	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,020	<0,10	<0,012
	PCL25	3	305	0,002	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,020	<0,10	<0,012
	PCL26	7	1050	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,02	<0,10	<0,012
	PCL27	7	1400	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,02	<0,10	<0,012
	PCL28	12	1260	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,02	0,17	<0,012
	Média	**7**	**822**	**0,002**	**<0,05**	**<0,020**	**<0,0007**	**0,03**	**0,14**	**<0,012**
Jusante IRCL	PCL31	41	1075	0,007	<0,05	0,90	<0,0007	0,03	21,00	0,043
	PCL32	3	1450	<0,0020	<0,05	0,03	<0,0007	<0,020	<0,10	<0,012
	PCL33	2	43	0,008	<0,05	1,10	<0,0007	<0,03	0,81	0,080
	PCL35	8	108	0,005	<0,05	0,06	<0,0007	0,03	2,60	0,018
	PCL36	<2,0	29	0,007	0,11	1,20	<0,0007	0,02	5,20	0,032
	Média	**13**	**541**	**0,007**	**0,06**	**0,66**	**0,0007**	**0,02**	**7,40**	**0,043**
Montante IRCL	PCL41	47	89	<0,006	<0,05	0,06	<0,0007	<0,03	0,62	0,500
	PCL42	12	69	<0,0055	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,050	0,34	<0,012
	PCL43	8	108	0,006	0,08	0,04	<0,0007	0,06	2,10	0,056
	Média	**22**	**88**	**0,006**	**0,06**	**0,05**	**<0,0007**	**0,06**	**1,02**	**0,189**

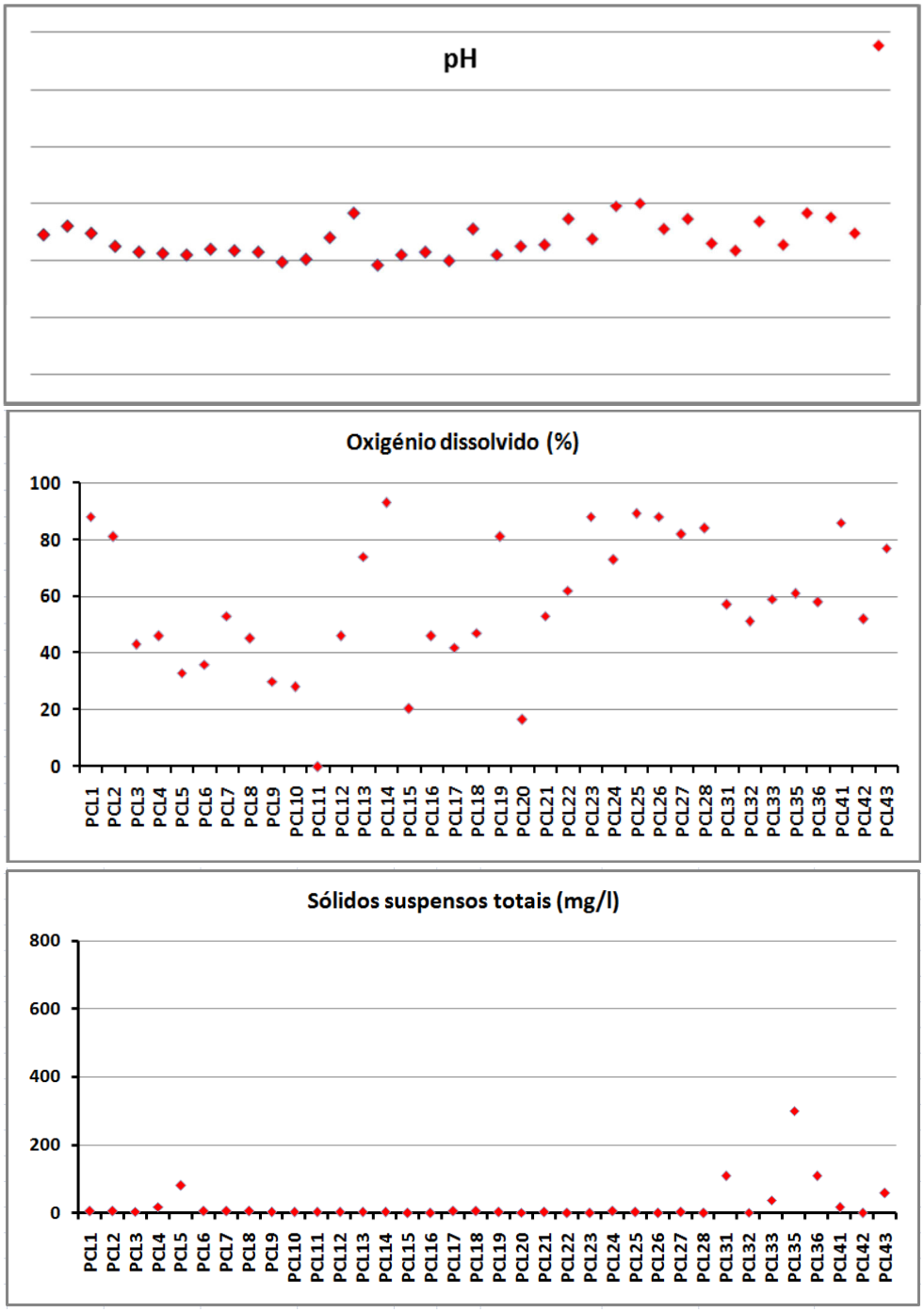


Figura 7.1 - Distribuição dos resultados em 2014 nos piezómetros

ANEXO 7 (4/22)

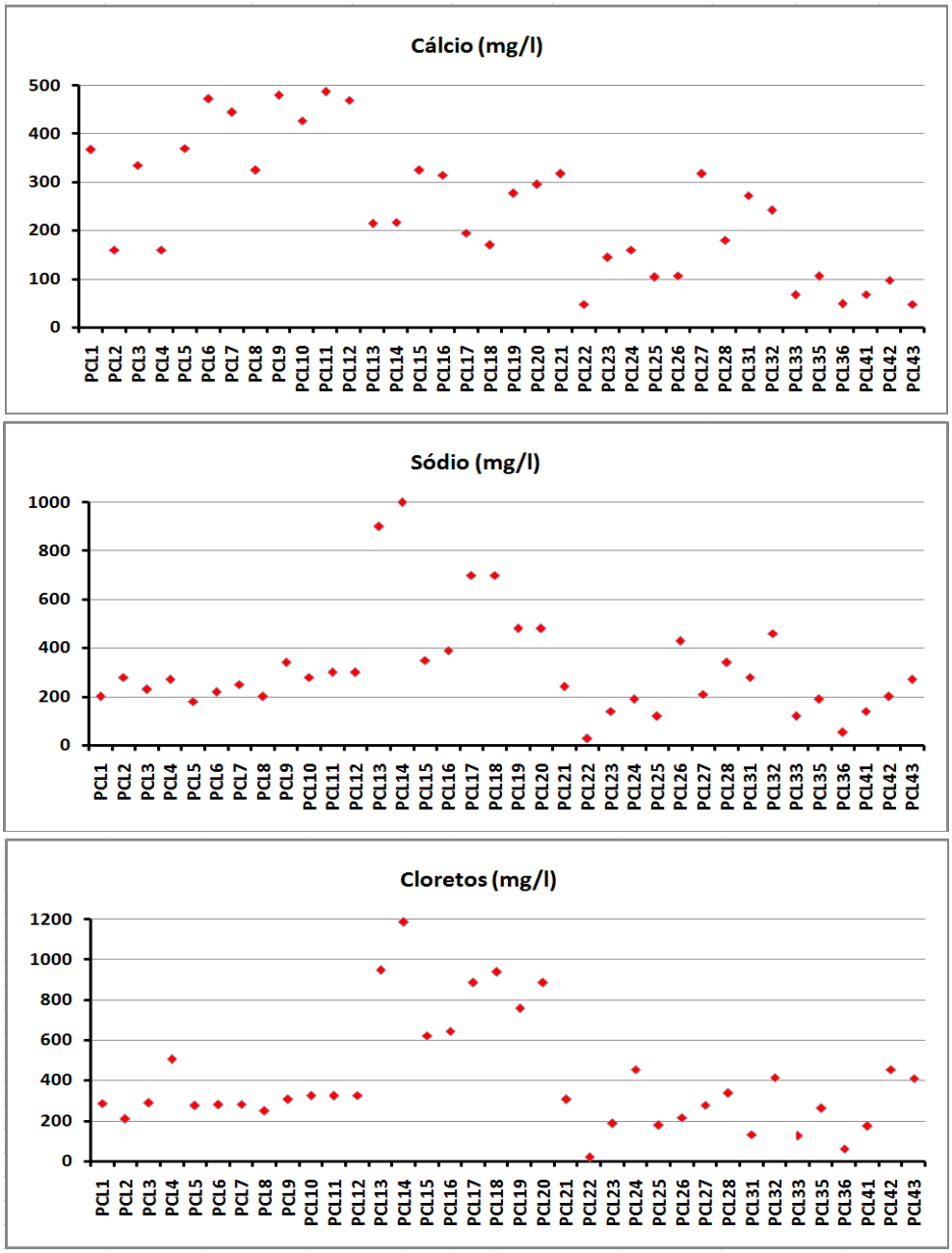


Figura 7.1 (continuação) - Distribuição dos resultados em 2014 nos piezómetros

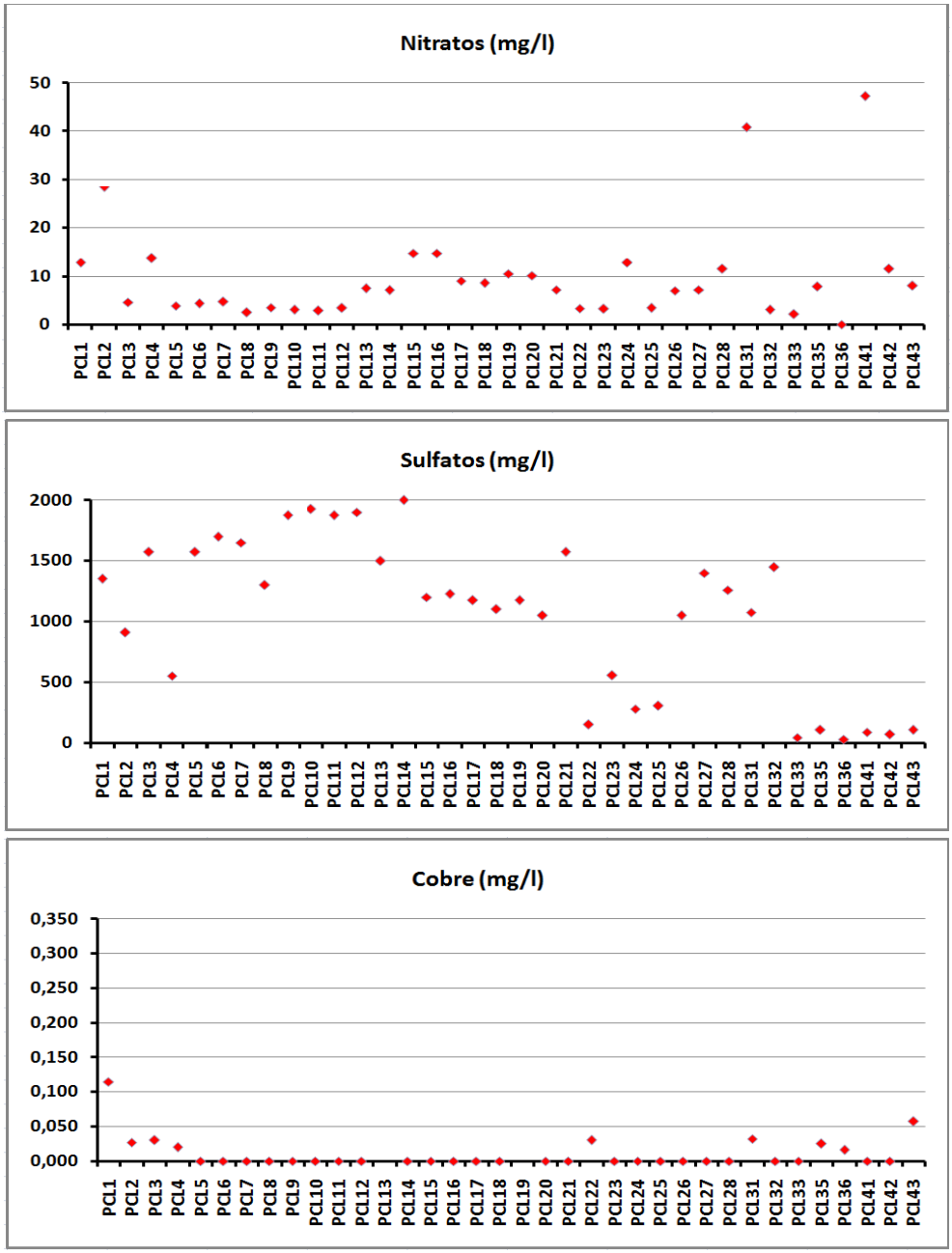


Figura 7.1 (continuação) - Distribuição dos resultados em 2014 nos piezómetros

ANEXO 7 (6/22)

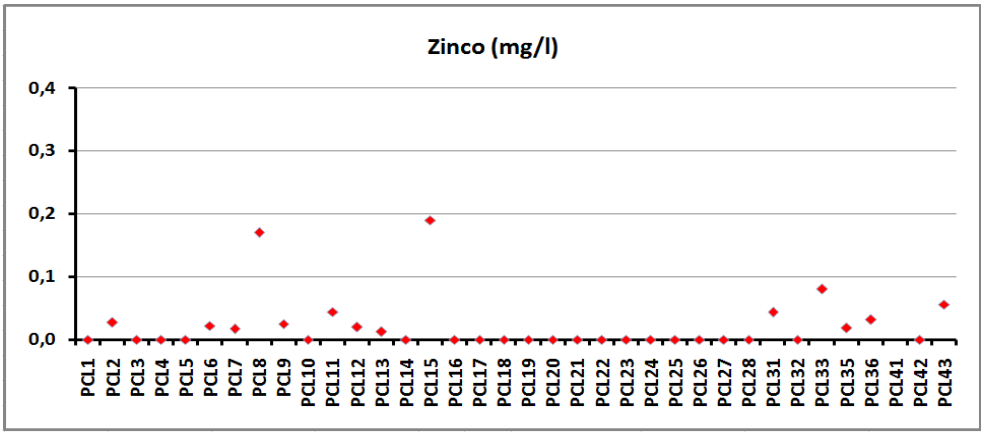


Figura 7.1 (continuação) - Distribuição dos resultados em 2014 nos piezómetros

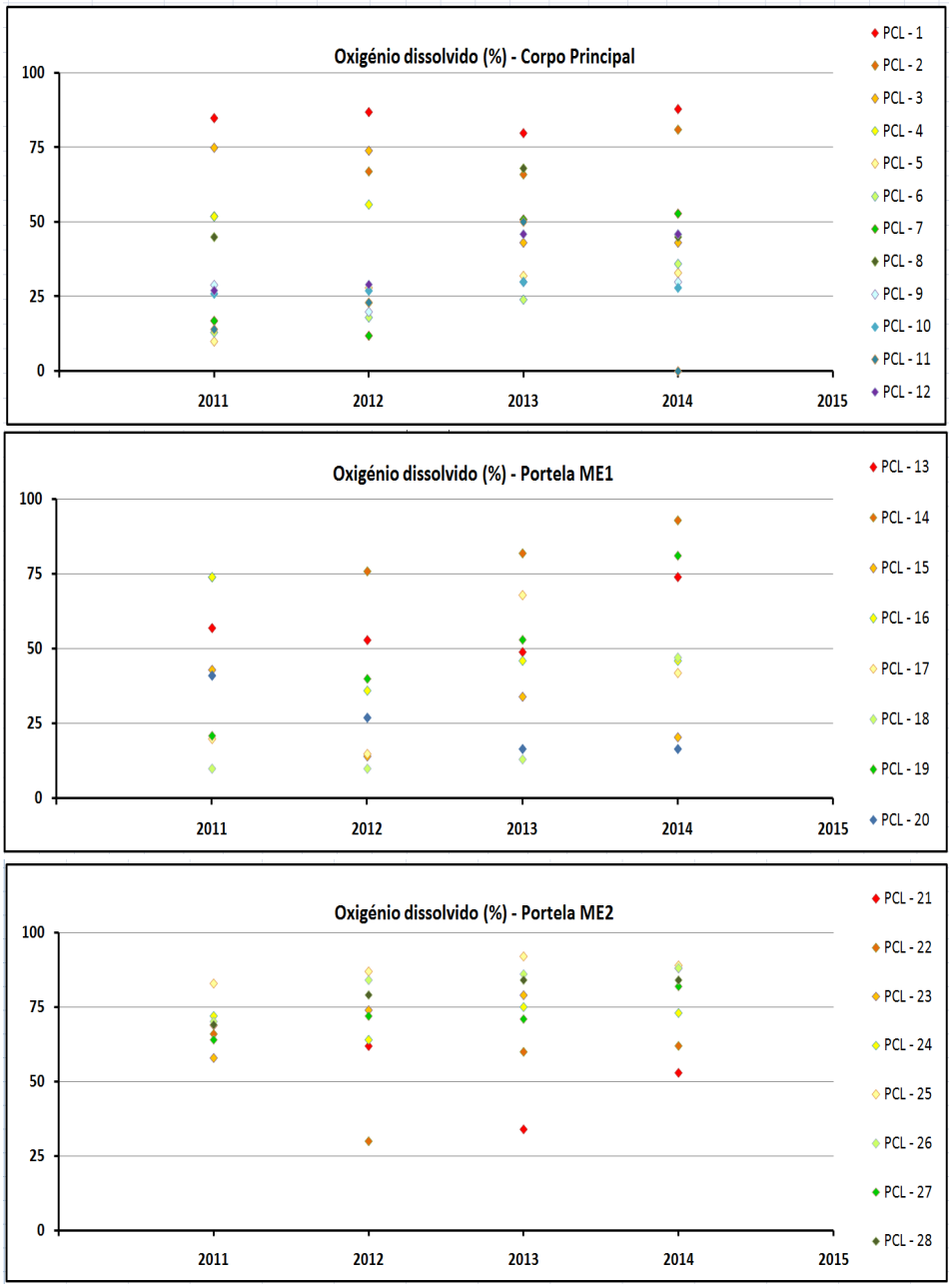


Figura 7.2 - Variação de oxigénio dissolvido entre 2011 e 2014 nos piezómetros

ANEXO 7 (8/22)

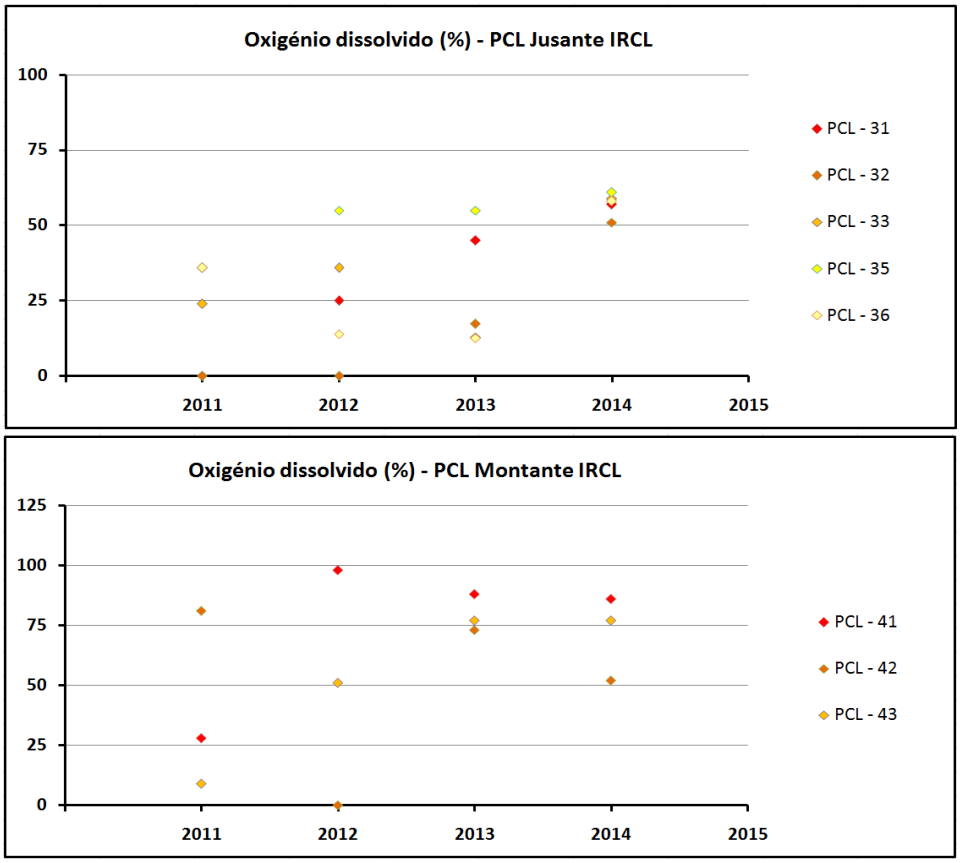


Figura 7.2 (continuação) - Variação de oxigénio dissolvido entre 2011 e 2014 nos piezómetros

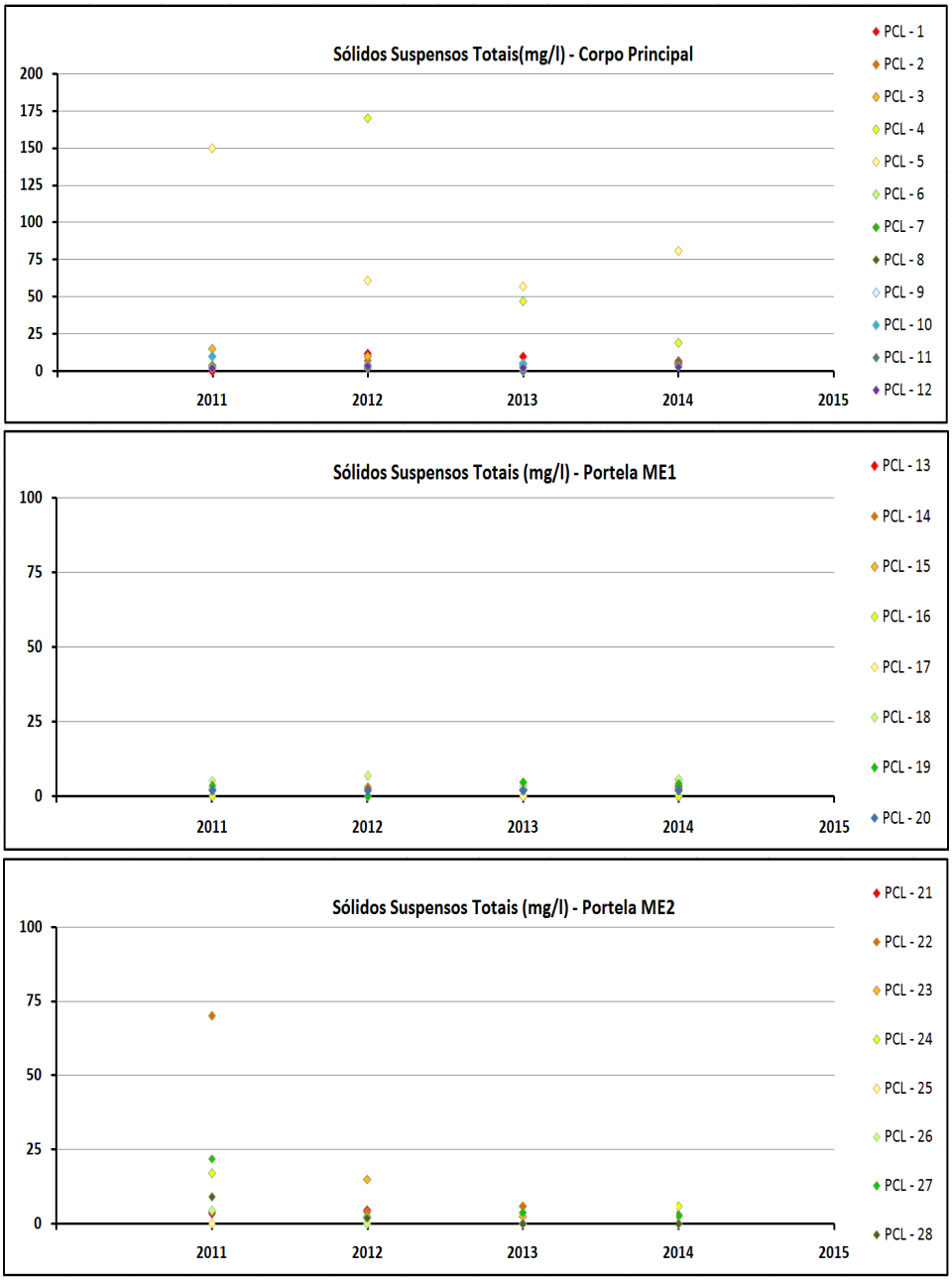


Figura 7.3 - Variação de sólidos suspensos totais entre 2011 e 2014 nos piezómetros

ANEXO 7 (10/22)

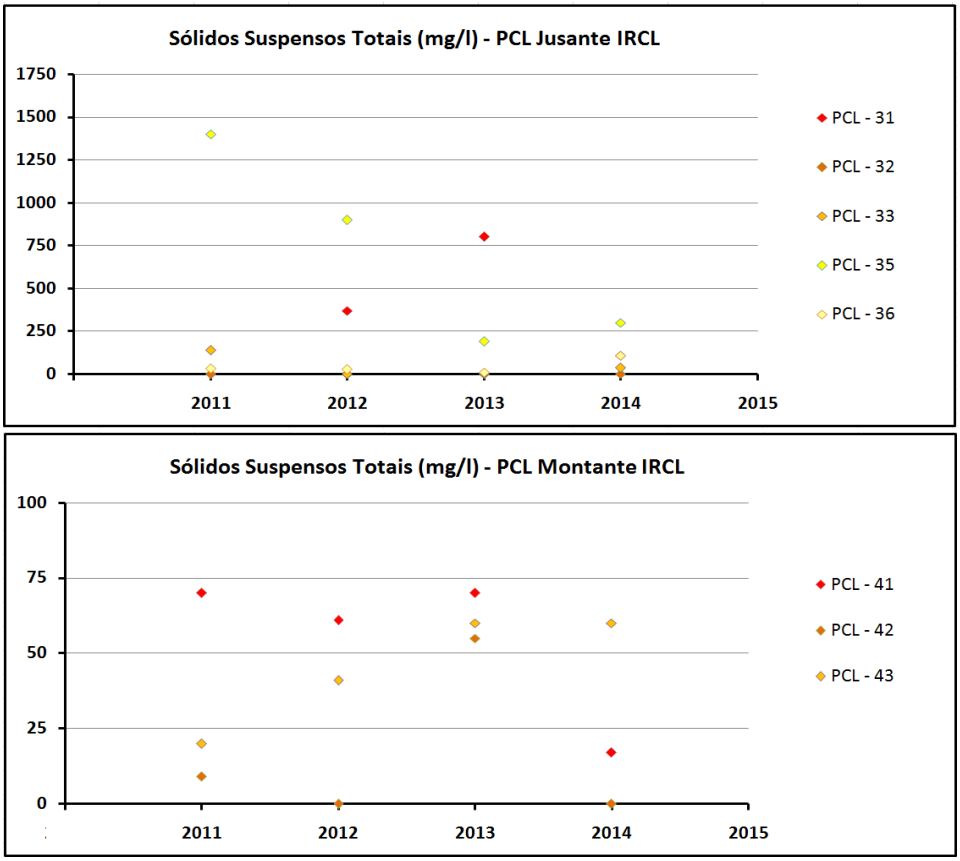


Figura 7.3 (continuação) - Variação de sólidos suspensos totais entre 2011 e 2014 nos piezómetros

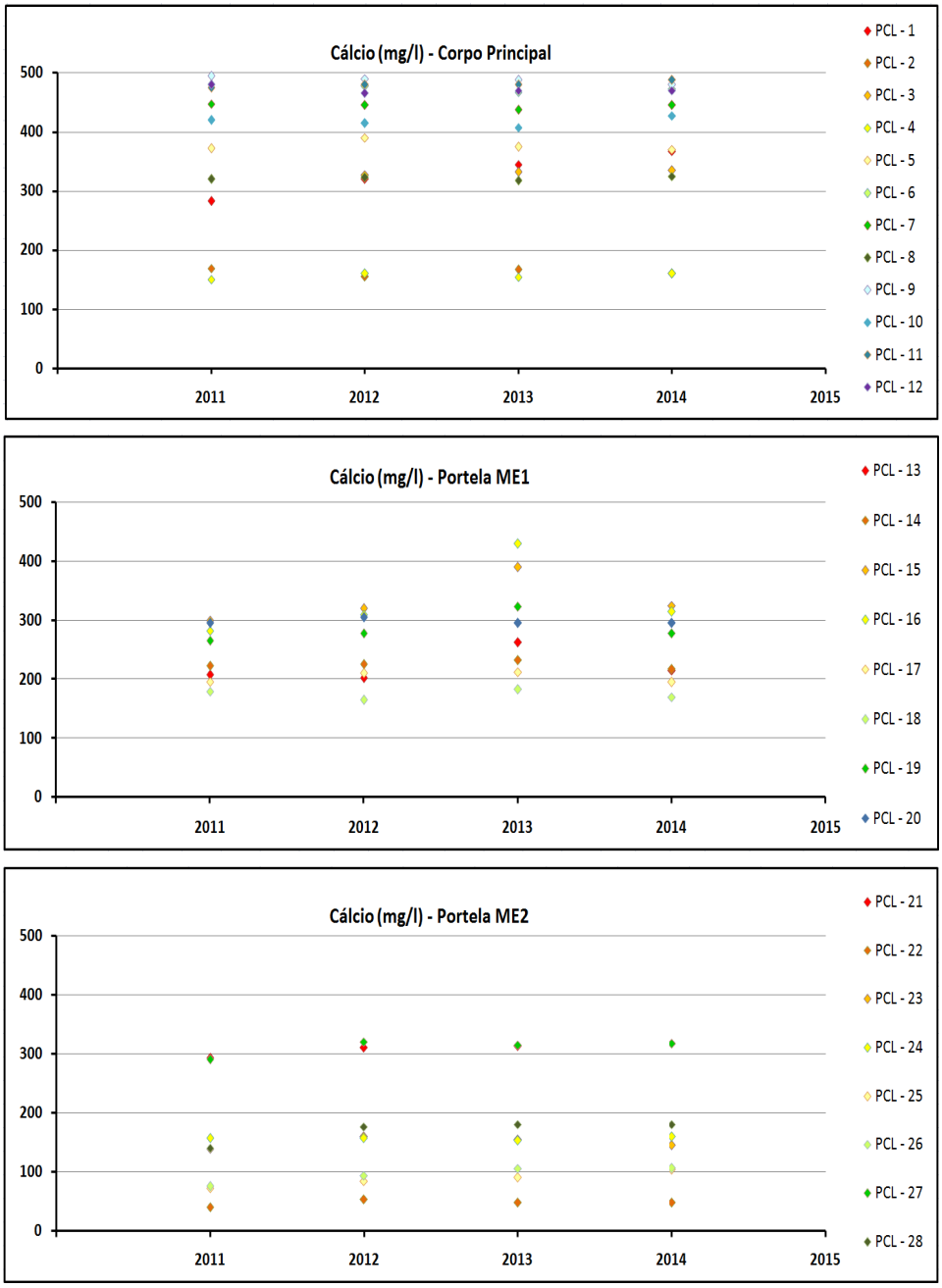


Figura 7.4 - Variação de cálcio entre 2011 e 2014 nos piezómetros

ANEXO 7 (12/22)

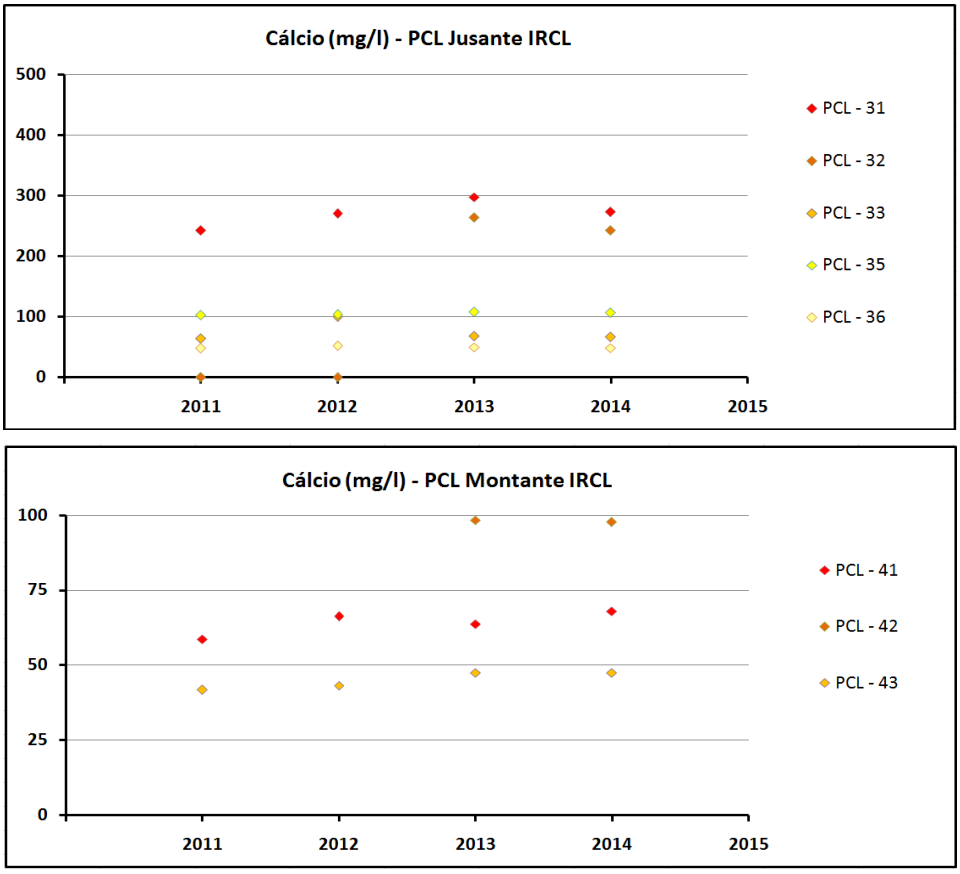


Figura 7.4 (continuação) - Variação de cálcio entre 2011 e 2014 nos piezómetros

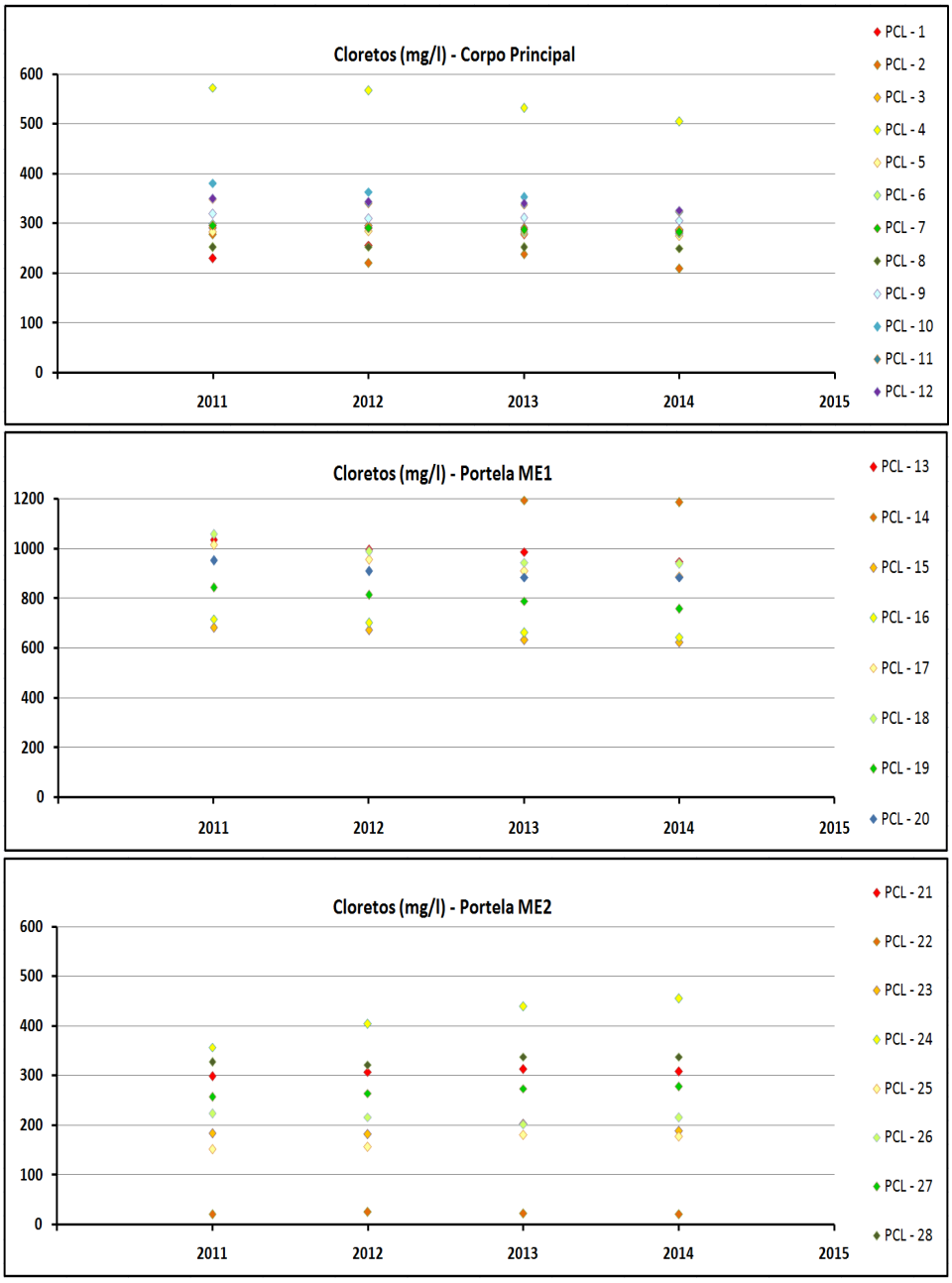


Figura 7.5- Variação de cloretos entre 2011 e 2014 nos piezómetros

ANEXO 7 (14/22)

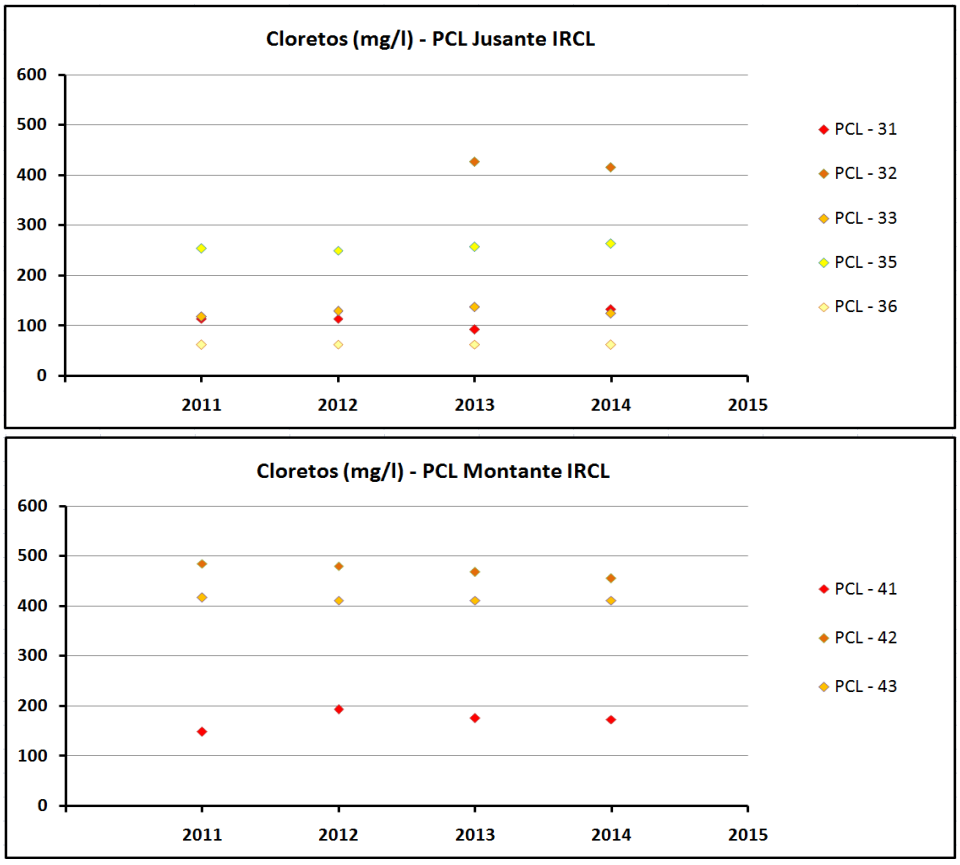


Figura 7.5 (continuação) - Variação de cloretos entre 2011 e 2014 nos piezómetros

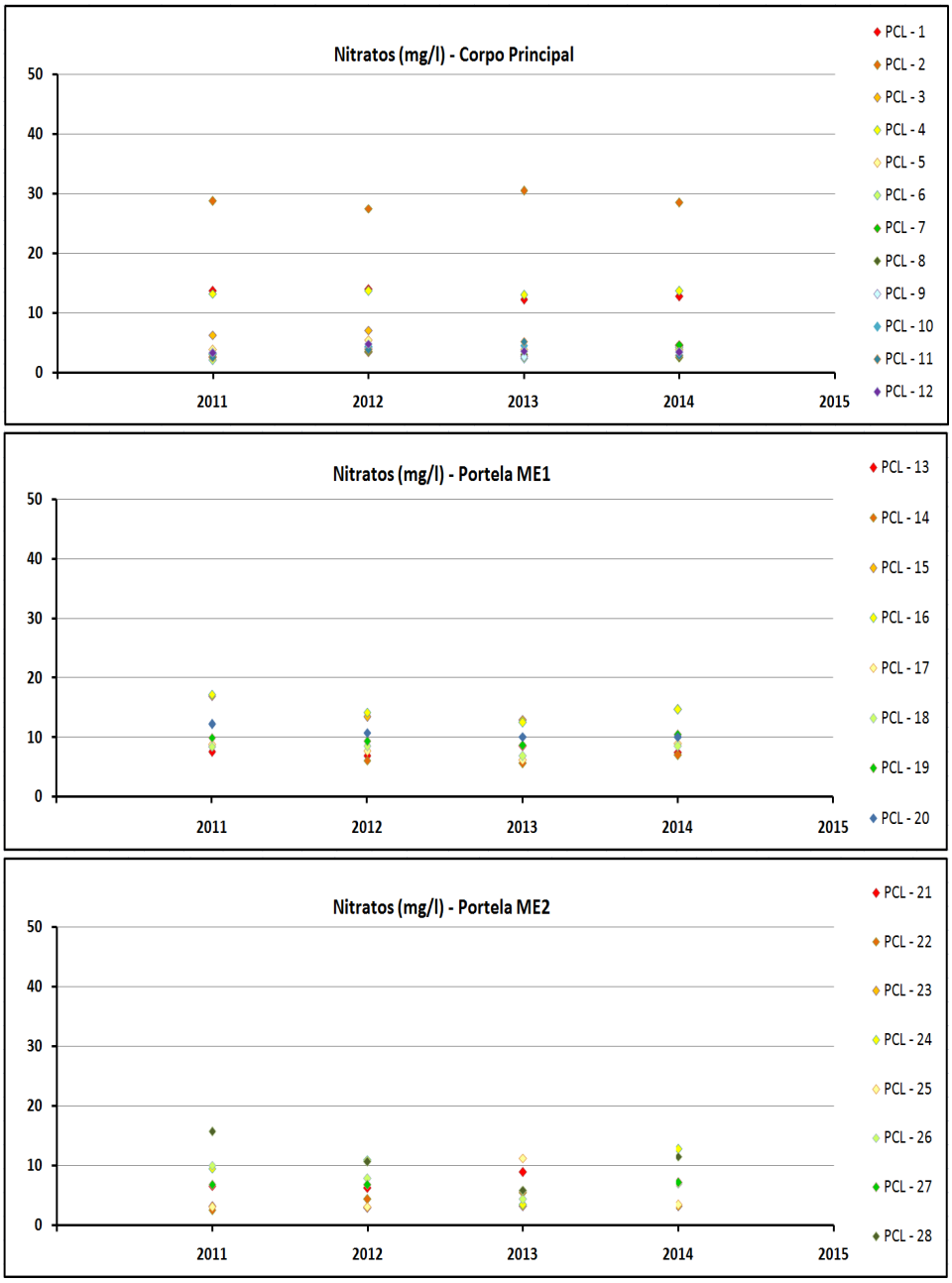


Figura 7.6- Variação de nitratos entre 2011 e 2014 nos piezómetros

ANEXO 7 (16/22)

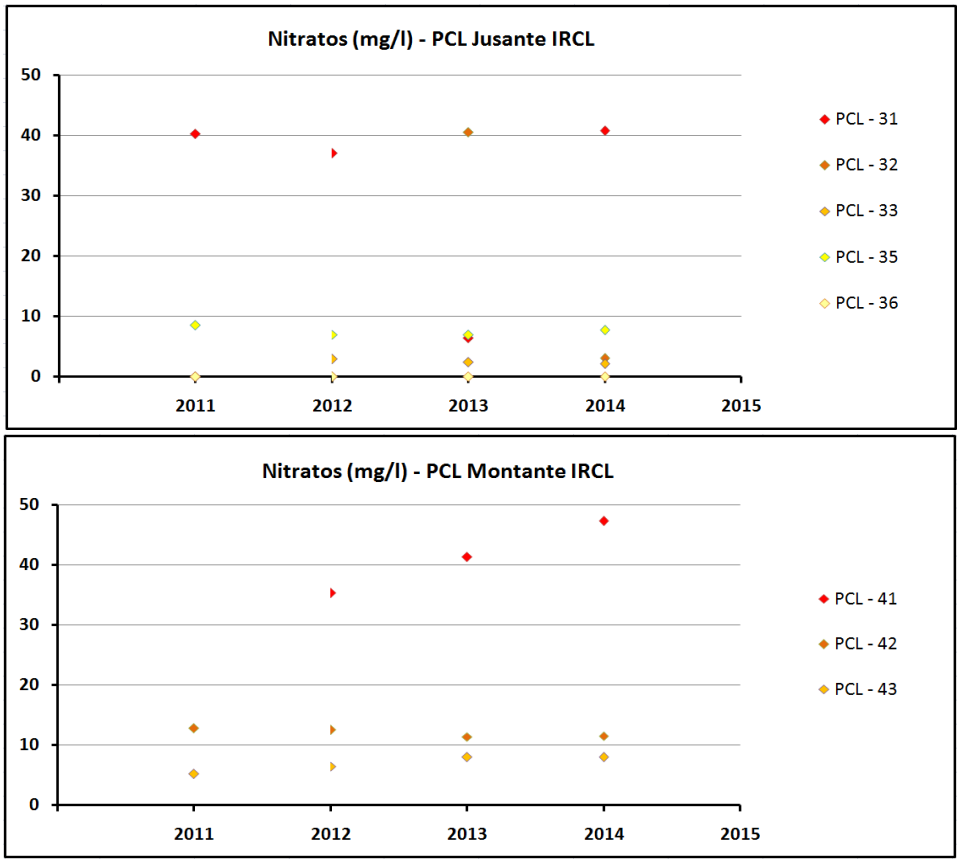


Figura 7.6 (continuação) - Variação de nitratos entre 2011 e 2014 nos piezómetros

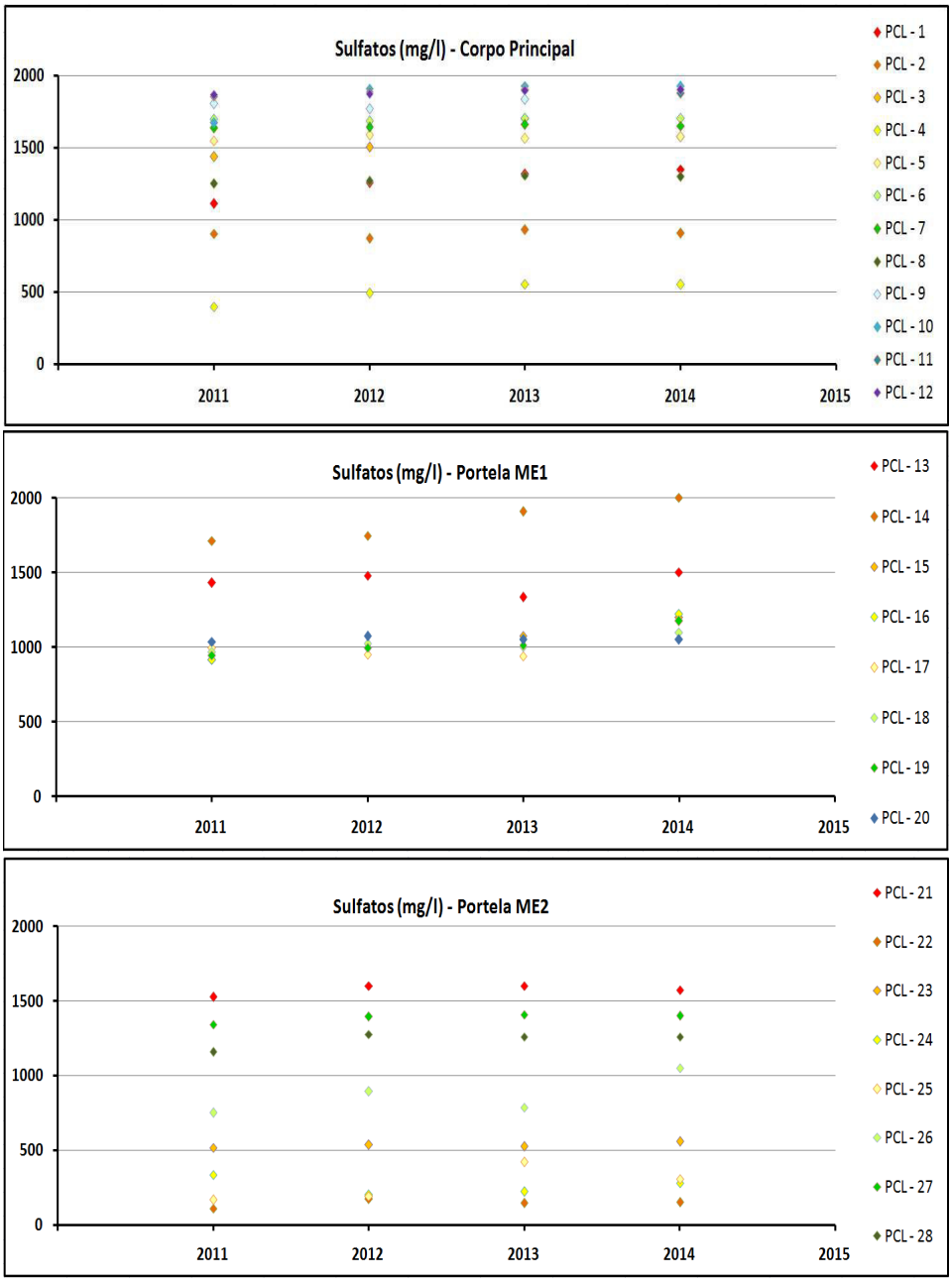


Figura 7.7 - Variação de sulfatos entre 2011 e 2014 nos piezómetros

ANEXO 7 (18/22)

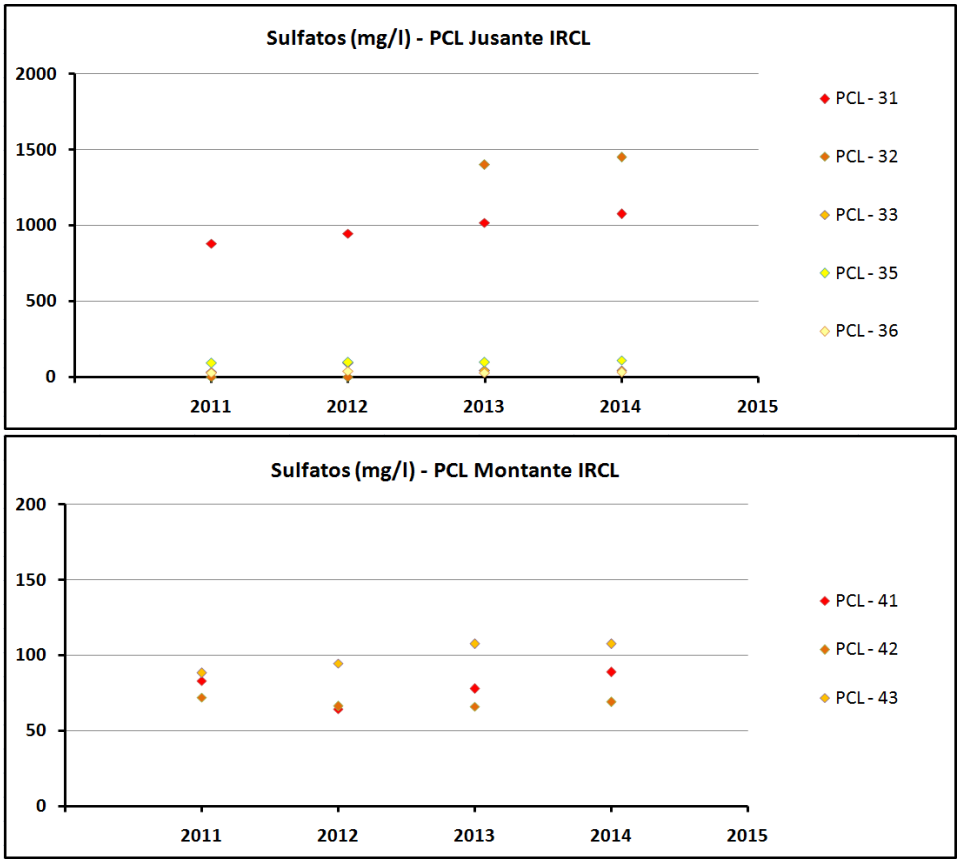


Figura 7.7 (continuação) - Variação de sulfatos entre 2011 e 2014 nos piezómetros

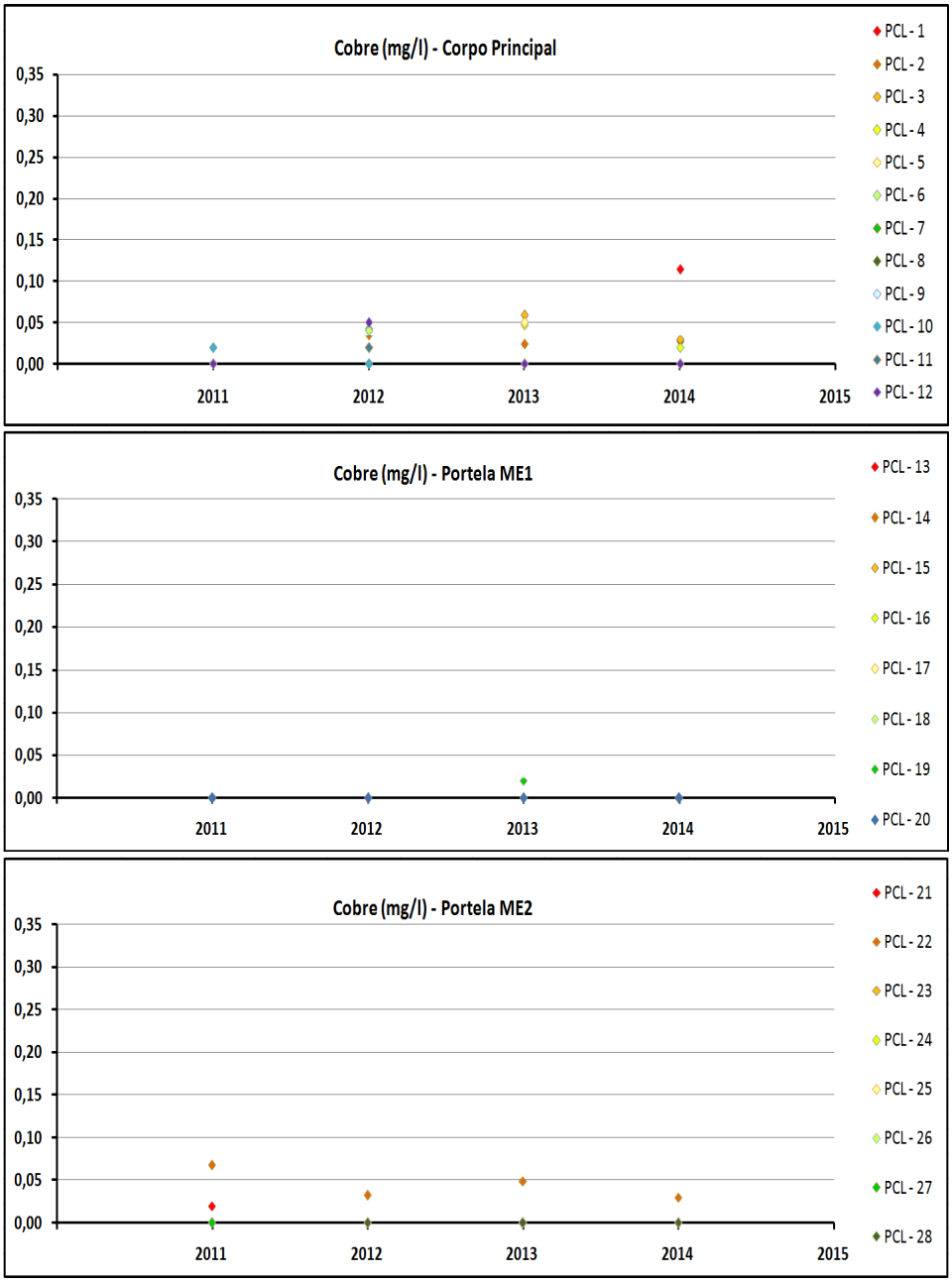


Figura 7.8 - Variação de cobre entre 2011 e 2014 nos piezómetros

ANEXO 7 (20/22)

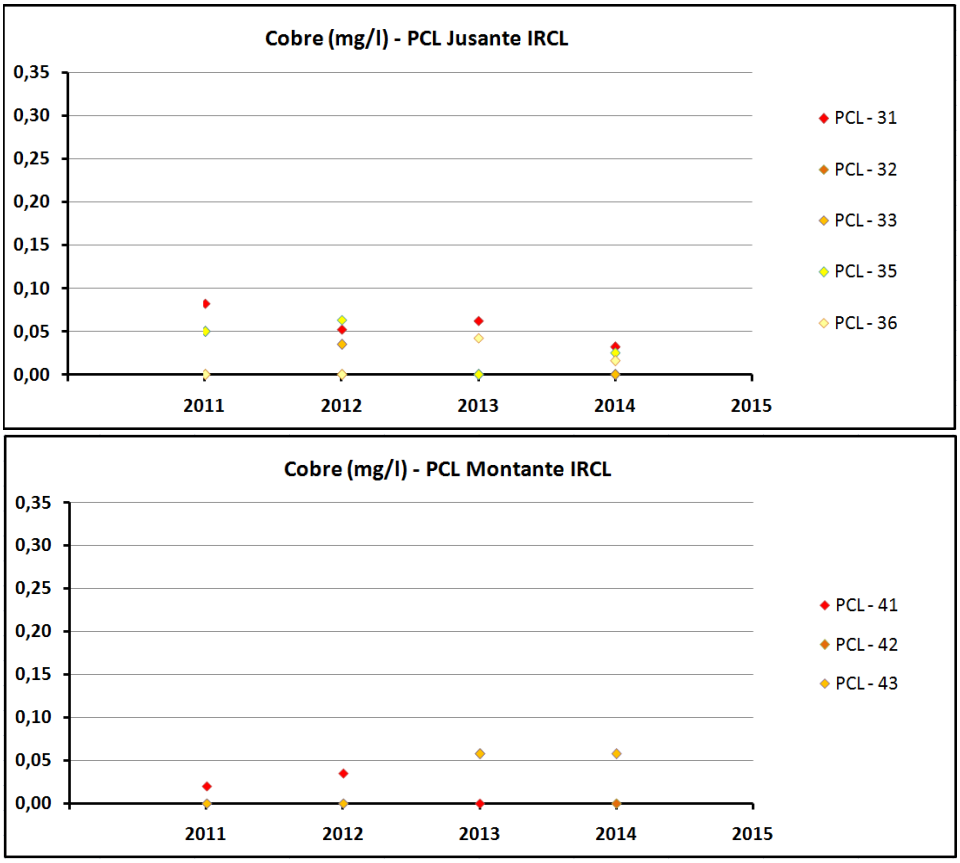


Figura 7.8 (continuação) - Variação de cobre entre 2011 e 2014 nos piezómetros

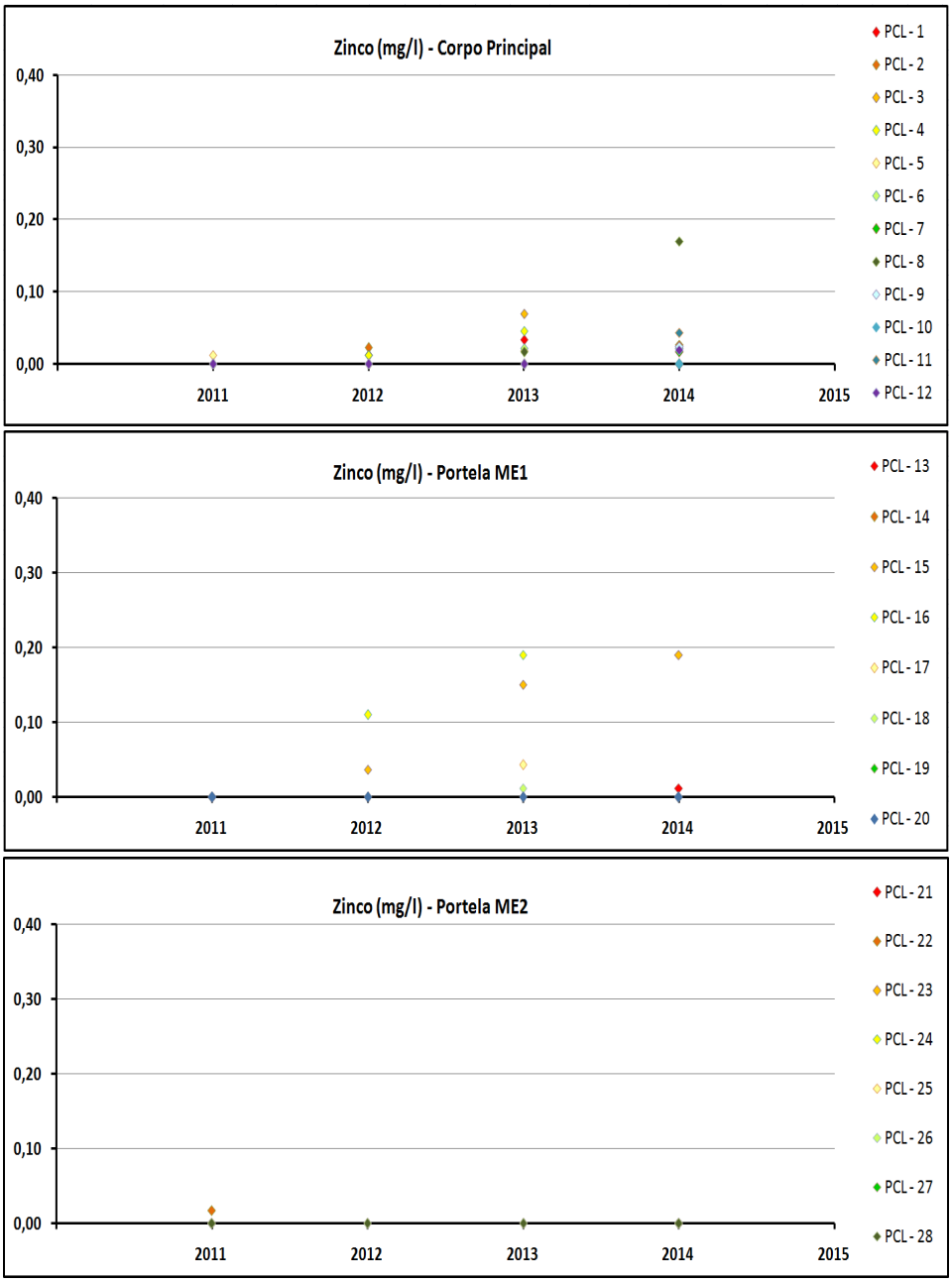


Figura 7.9 - Variação de zinco entre 2011 e 2014 nos piezómetros

ANEXO 7 (22/22)

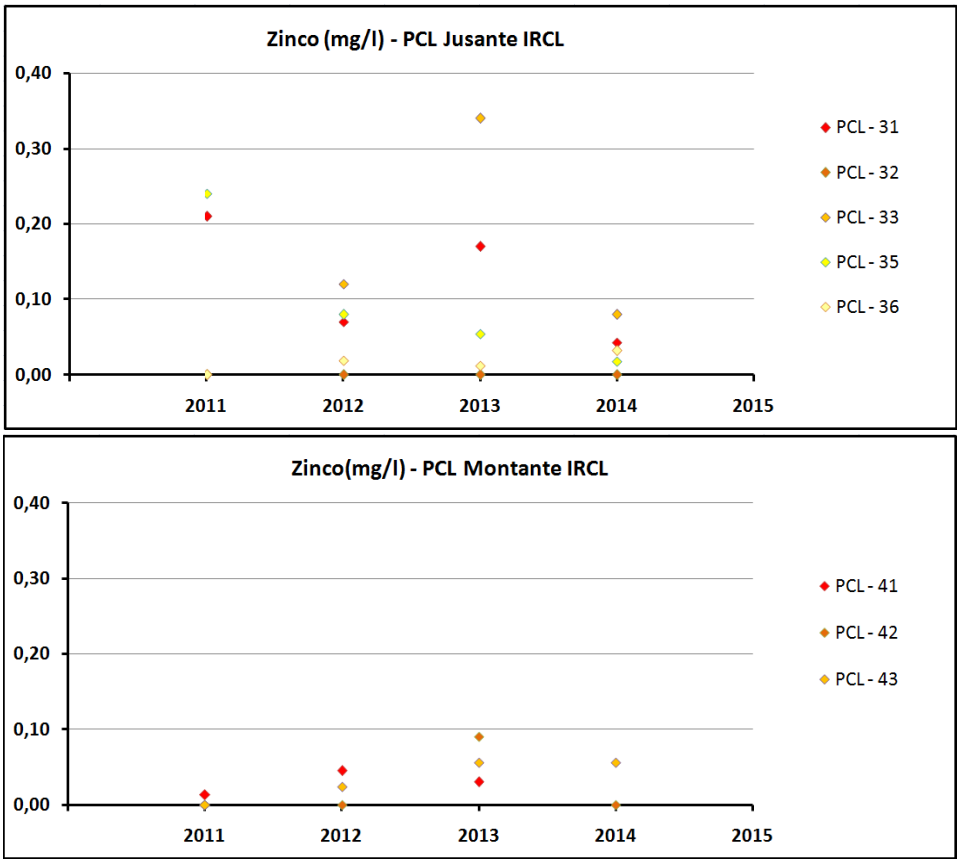


Figura 7.9 (continuação) - Variação de zinco entre 2011 e 2014 nos piezómetros

ANEXO 8

ÁGUA SUPERFICIAL – POÇOS DE BOMBAGEM. RESULTADOS DAS ANÁLISES DA ÁGUA

Quadro 8.1 - Resultados obtidos em 2014 nos poços de bombagem

Poço Bombagem		pH (Sorensen)	O_2 (%)	Condutividade (µS/cm)	SST (mg/l)	Dureza (mg/l)	Cálcio (mg/l)	Sódio (mg/l)	Potássio (mg/l)	Cloretos (mg/l)
Corpo principal	IBR 5	6,8	75	4395	3	2000	563	350	61,0	291
	IBR 6	7,1	61	4033	3	2000	440	330	5,2	350
	IBR 7	7,6	44	638	41	220	51	53	0,6	54
	IBR 16	6,0	79	4378	4	1900	553	>500	72	292
	IBR 18	5,8	41	4423	33	1800	545	600	79,0	288
	IBR 20	7,2	31	3458	3	1700	370	250	7,0	271
	IBR 23	7,2	84	4158	3	1900	518	320	44,0	294
	IBR 27	6,6	93	4288	12	2900	420	400	27,0	336
	Média	**6,8**	**64**	**3721**	**13**	**1803**	**433**	**329**	**37,0**	**272**
Portela ME1	IBR 17	4,2	89	4695	7	2200	513	480	54,0	331
	Média	**4,2**	**89**	**4695**	**7**	**2200**	**513**	**480**	**54,0**	**331**
Portela ME2	IBR 15	5,9	61	4368	18	1800	560	340	64,0	292,8
	IBR 19	4,8	98	5023	8	4100	510	330	33,0	215
	IBR 26	3,7	97	5700	128	4900	593	270	34,0	208
	IBR 29	6,2	101	1968	4	1800	183	120	3,0	45
	IBR 30	3,5	82	3953	58	2100	553	340	46,0	208
	IBR 31	3,9	94	4363	13	1800	493	240	34,0	243
	Média	**4,7**	**89**	**4229**	**38**	**2750**	**482**	**273**	**24,2**	**202**
Portela MD	IBR 25	6,2	82	4733	45	3000	498	320	40,0	244
	IBR 32	6,4	31	4100	49	1900	488	170	23,0	138
	IBR 33	7,9	97	4498	4	2200	353	430	0,7	508
	IBR 34	7,5	91	3210	5	960	175	250	0,6	545
	IBR 35	8,0	103	3835	2	1340	240	450	1,0	413
	IBR 36	7,9	106	2395	3	1000	160	170	1,2	283
	Média	**7,3**	**85**	**3795**	**18**	**1733**	**319**	**298**	**11,1**	**355**

ANEXO 8 (2/14)

Quadro 8.1 (continuação) - Resultados obtidos em 2014 nos piezómetros

Poço Bombagem		Nitratos (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Arsénio (mg/l)	Chumbo (mg/l)	Manganês (mg/l)	Mercúrio (mg/l)	Cobre (mg/l)	Ferro (mg/l)	Zinco (mg/l)
Corpo principal	IBR 5	12,3	2325	<0,0020	<0,05	8,0	<0,0007	0,08	<0,10	0,18
	IBR 6	4,0	1850	<0,0020	<0,05	1,0	<0,0007	0,06	<0,10	0,21
	IBR 7	<2	30	0,037	<0,05	5,1	<0,0007	<0,02	14,0	0,012
	IBR 16	20,5	2350	<0,0020	<0,05	12,0	<0,0007	1,23	<0,10	1,80
	IBR 18	5,5	2400	0,078	<0,05	12,0	<0,0007	0,36	35,0	2,1
	IBR 20	5,7	1550	0,0022	<0,05	1,3	<0,0007	0,03	<0,10	<0,012
	IBR 23	10,4	2150	<0,0020	<0,05	5,1	<0,0007	0,05	0,3	0,1
	IBR 27	14,5	2275	<0,0020	<0,05	16,0	<0,0007	4,83	<0,10	5,0
	Média	**10,4**	**1866**	**0,016**	**<0,05**	**7,6**	**<0,0007**	**0,95**	**6,2**	**1,34**
Portela ME1	IBR 17	8,8	2575	<0,0020	<0,05	19,0	<0,0007	3,28	11,0	4,8
	Média	**8,8**	**2575**	**<0,0020**	**<0,05**	**19,0**	**<0,0007**	**3,28**	**11,0**	**4,8**
Portela ME2	IBR 15	10,5	2375,0	<0,0020	<0,05	7,0	0,0007	0,7	11,0	1,3
	IBR 19	20,0	3383	<0,0020	<0,05	29,0	<0,0007	16,75	17,0	29,0
	IBR 26	15,0	4175	<0,0020	<0,05	78,0	<0,0007	26,00	1,3	23,0
	IBR 29	10,5	1150	<0,0020	<0,05	7,0	<0,0007	3,35	<0,10	5,4
	IBR 30	4,3	3133	0	<0,05	24,0	<0,0007	0,23	93,0	18,0
	IBR 31	8,8	2450	<0,0020	<0,05	19,0	0,0009	2,80	7,8	4,3
	Média	**11,5**	**2778**	**<0,0020**	**<0,05**	**27,3**	**<0,0007**	**8,31**	**26,0**	**13,50**
Portela MD	IBR 25	8,5	2975	<0,0020	<0,05	34,0	<0,0007	6,65	7,9	10,0
	IBR 32	3,4	2625	<0,0020	<0,05	14,0	<0,0007	0,09	<0,05	4,3
	IBR 33	8,8	2075	<0,0020	<0,05	0,5	<0,0007	0,45	<0,10	0,6
	IBR 34	14,0	873	<0,0020	<0,05	0,1	<0,0007	0,14	<0,10	0,2
	IBR 35	5,2	1475	<0,0020	<0,05	<0,020	0,0020	<0,02	0,1	0,02
	IBR 36	5,1	940	<0,0020	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,02	0,4	0,02
	Média	**7,5**	**1827**	**<0,0020**	**<0,05**	**12,2**	**<0,0007**	**1,23**	**1,4**	**2,52**

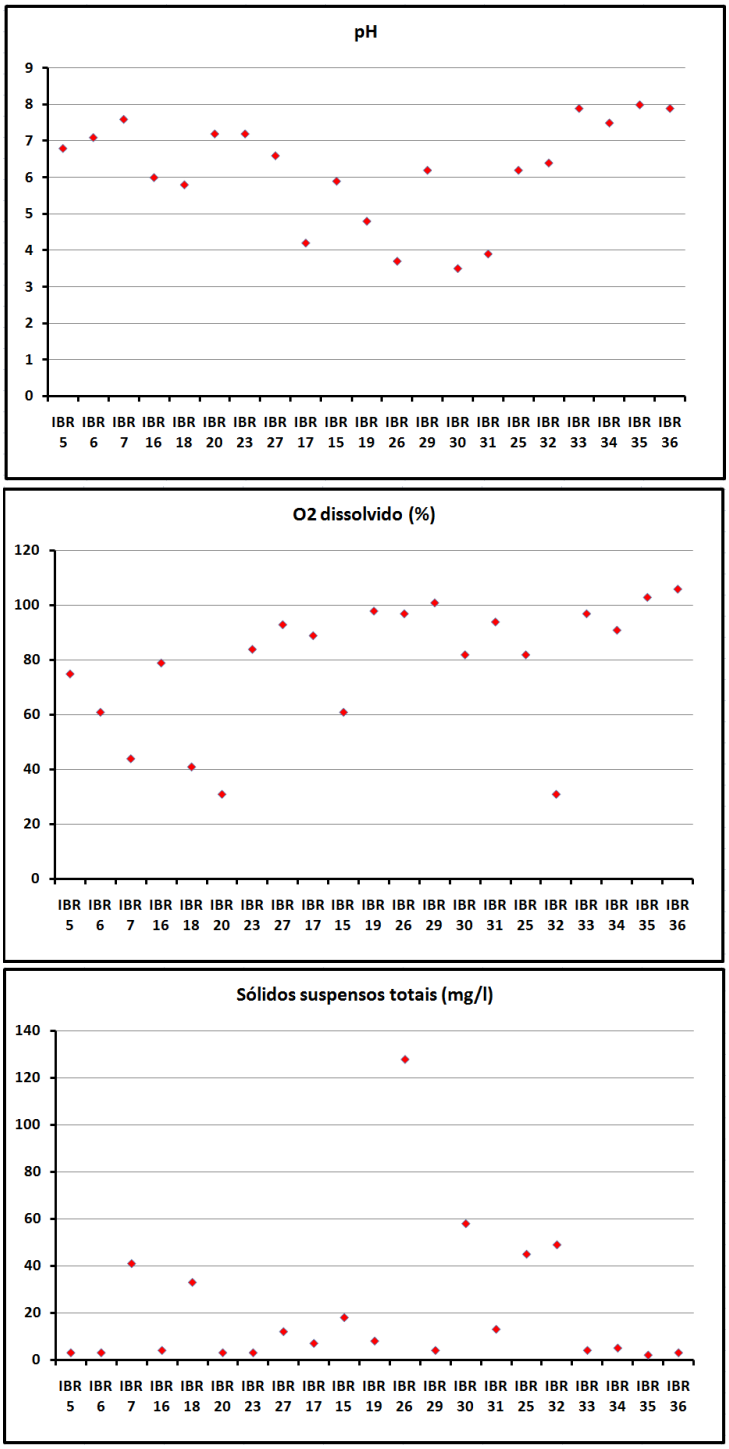


Figura 8.1 - Distribuição dos resultados em 2014 pelos poços de bombagem

ANEXO 8 (4/14)

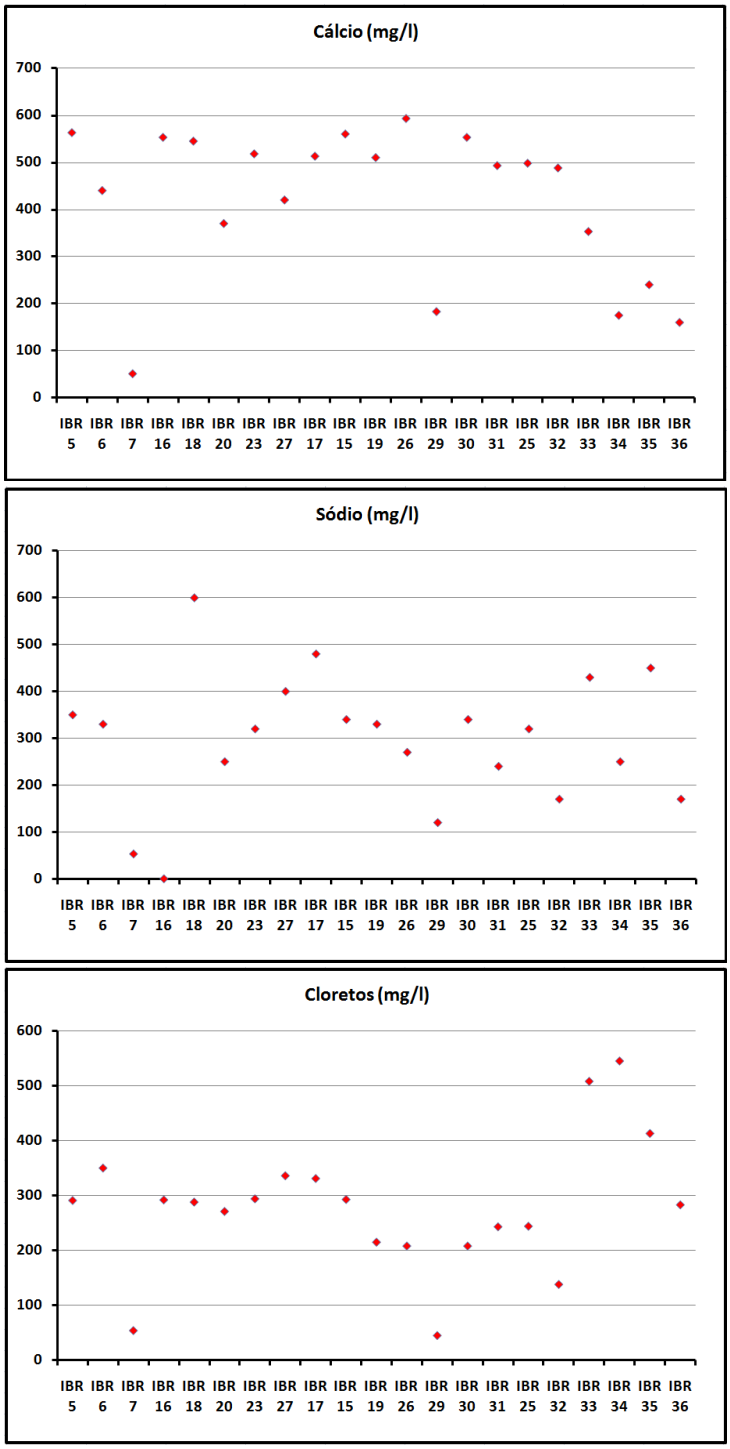


Figura 8.1 (continuação) - Distribuição dos resultados em 2014 pelos poços de bombagem

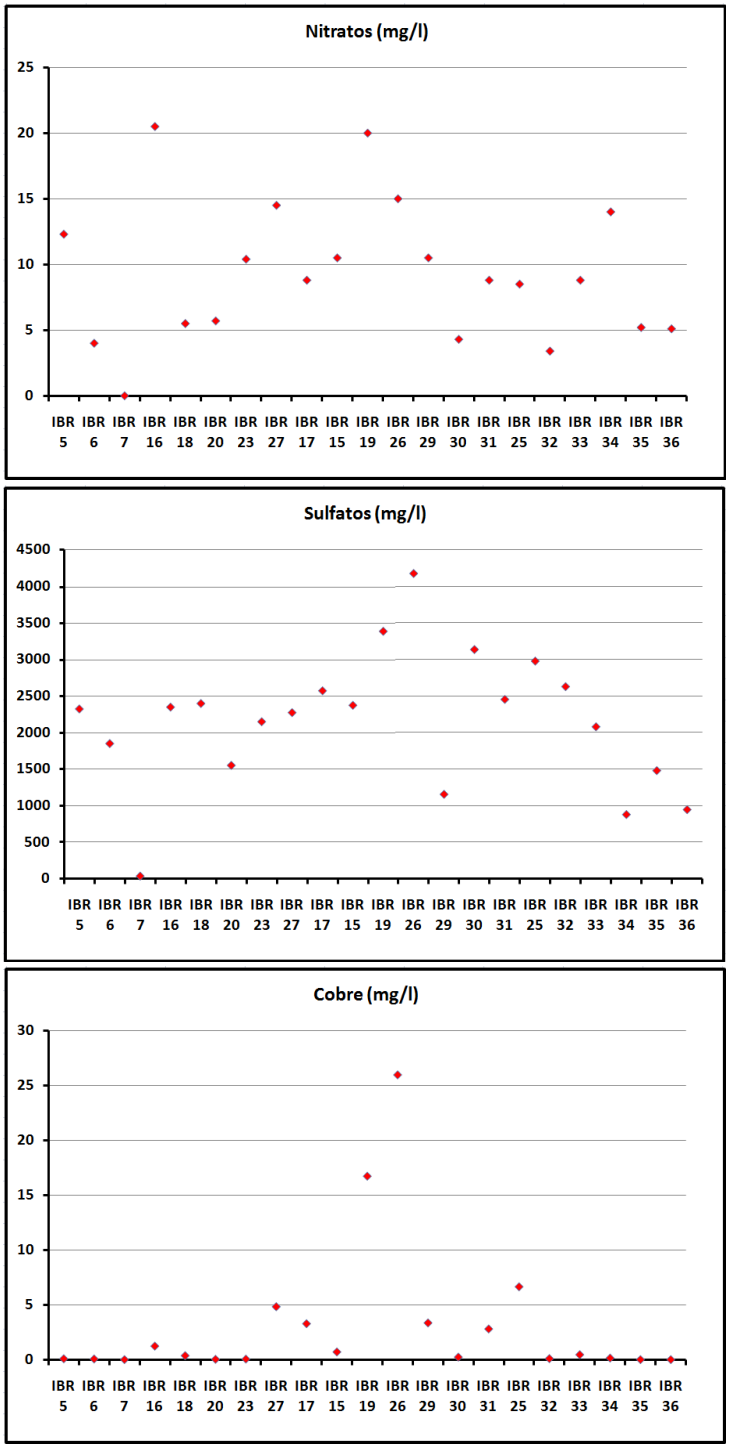


Figura 8.1 (continuação) - Distribuição dos resultados em 2014 pelos poços de bombagem

ANEXO 8 (6/14)

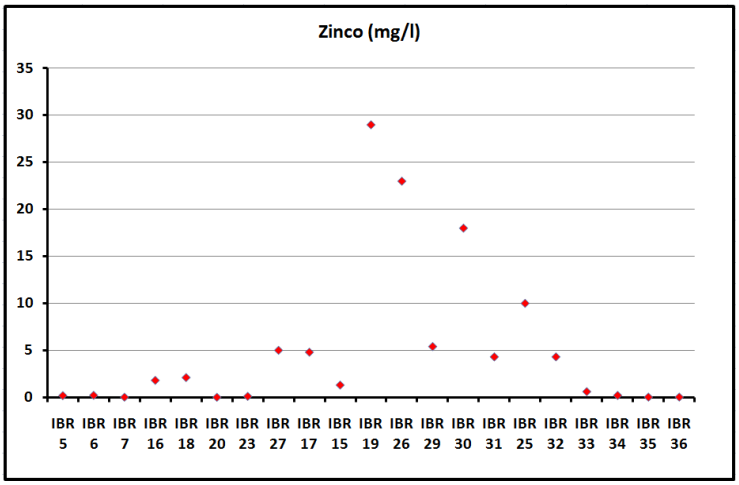


Figura 8.1 (continuação) - Distribuição dos resultados em 2014 pelos poços de bombagem

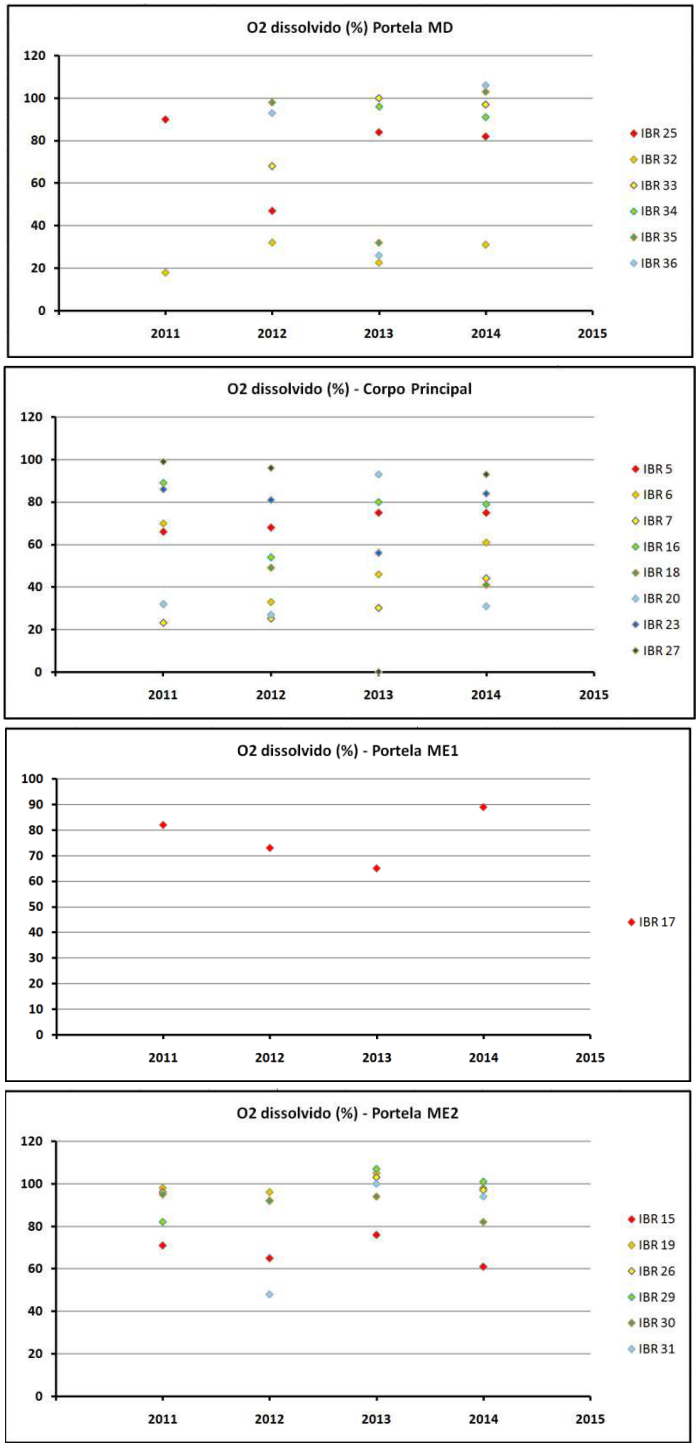


Figura 8.2 - Variação de oxigénio dissolvido entre 2011 e 2014 nos poços de bombagem

ANEXO 8 (8/14)

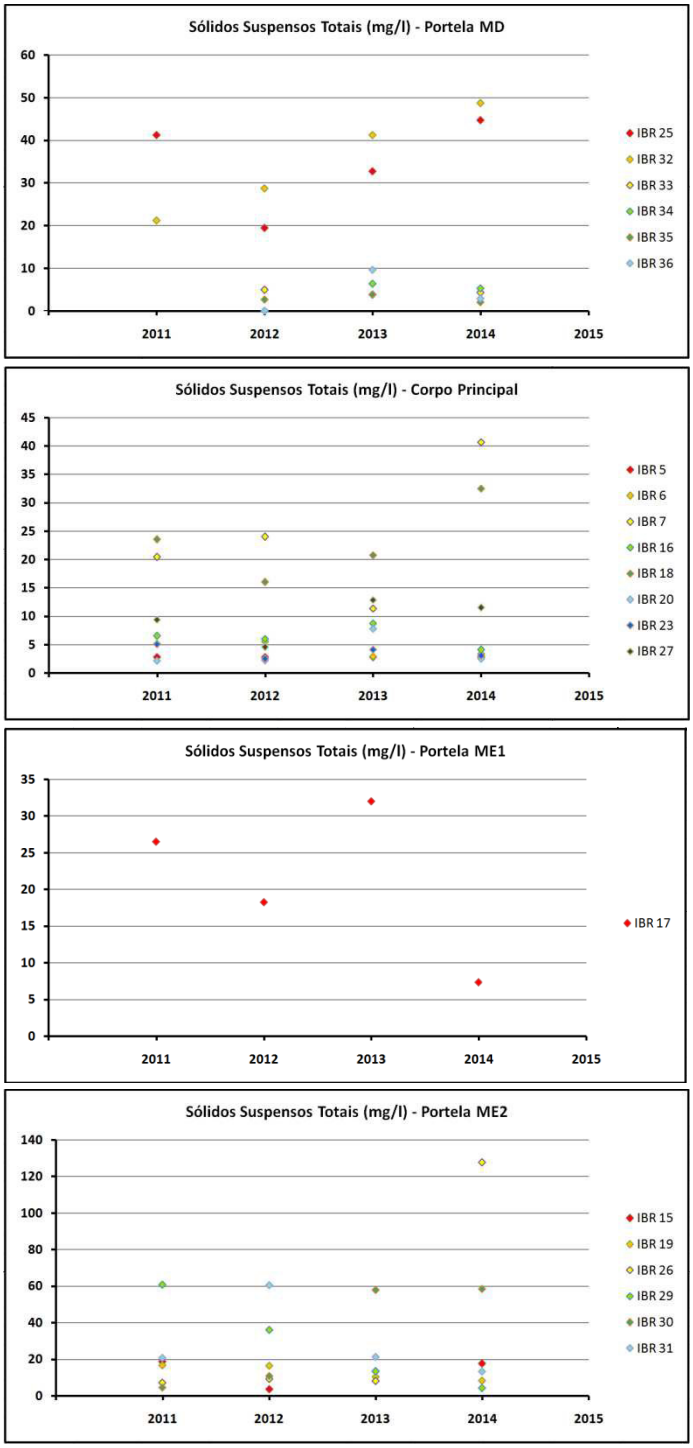


Figura 8.3 - Variação de sólidos suspensos totais entre 2011 e 2014 nos poços de bombagem

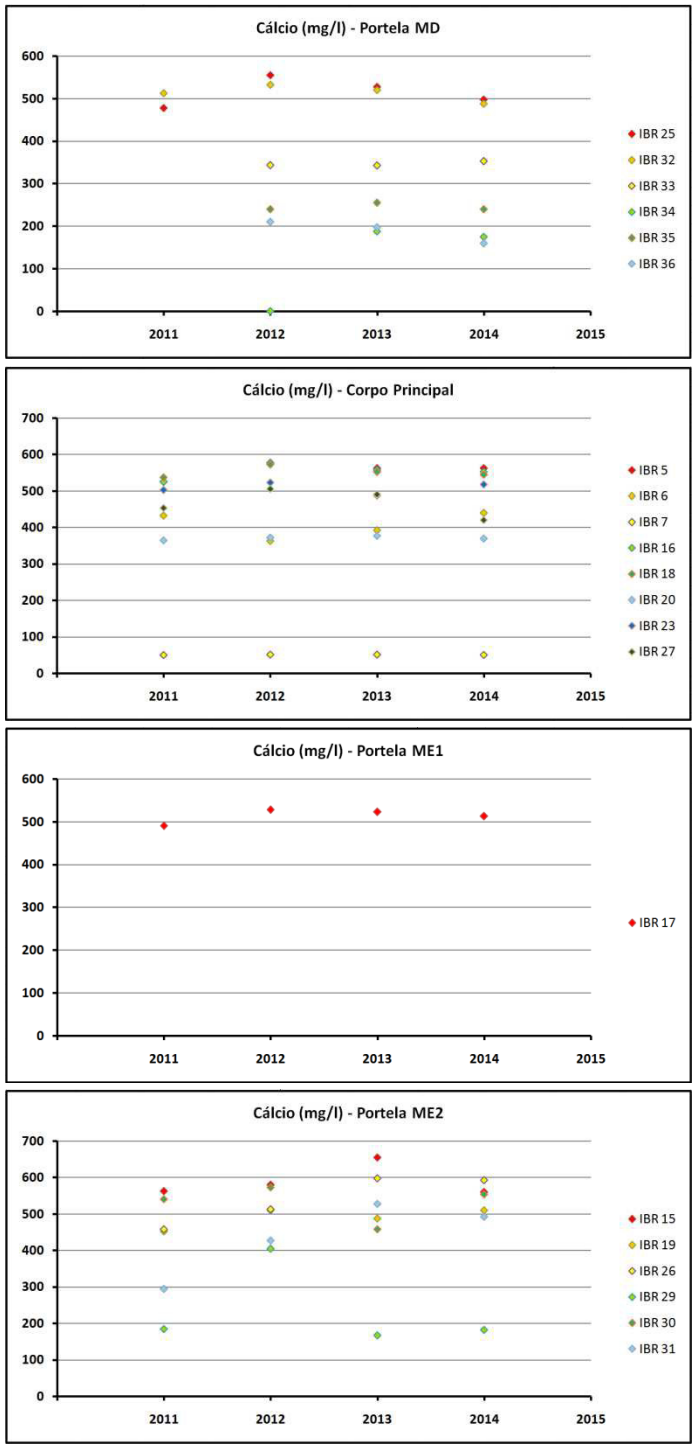


Figura 8.4 - Variação de cálcio entre 2011 e 2014 nos poços de bombagem

ANEXO 8 (10/14)

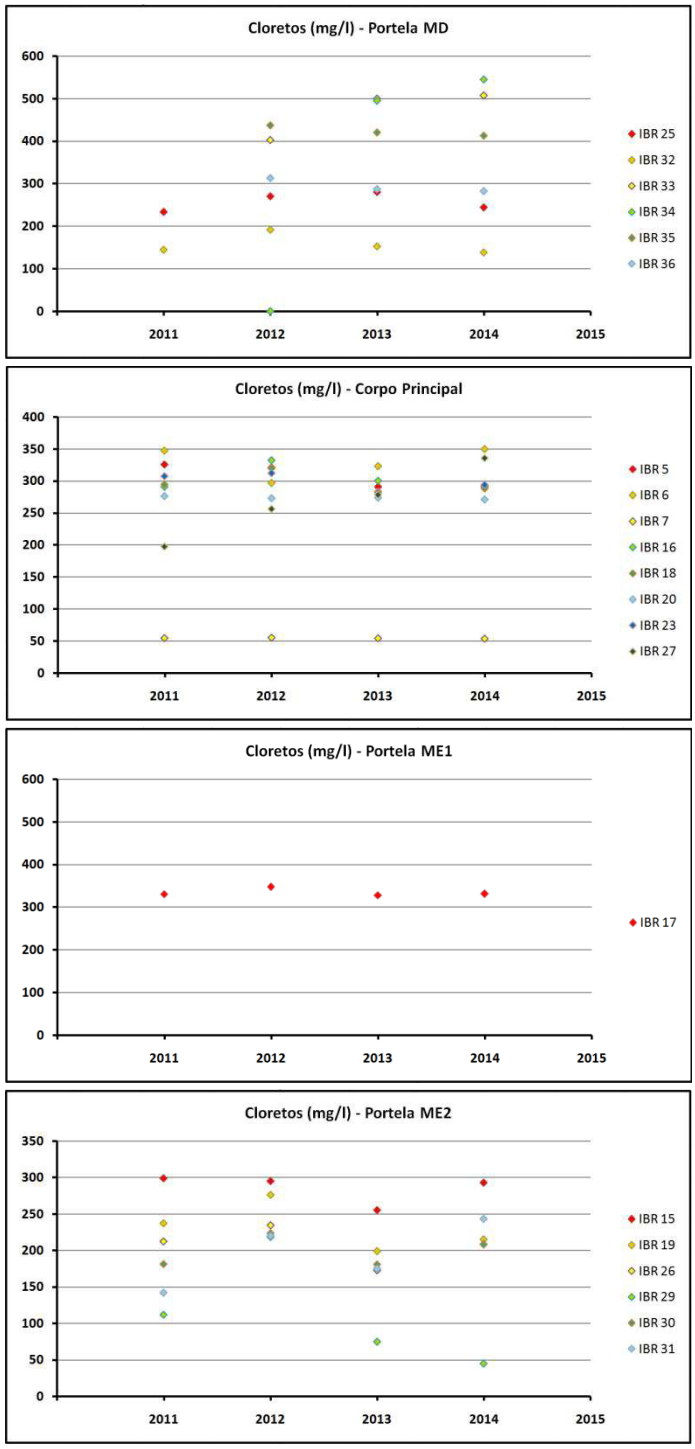


Figura 8.5 - Variação de cloretos entre 2011 e 2014 nos poços de bombagem

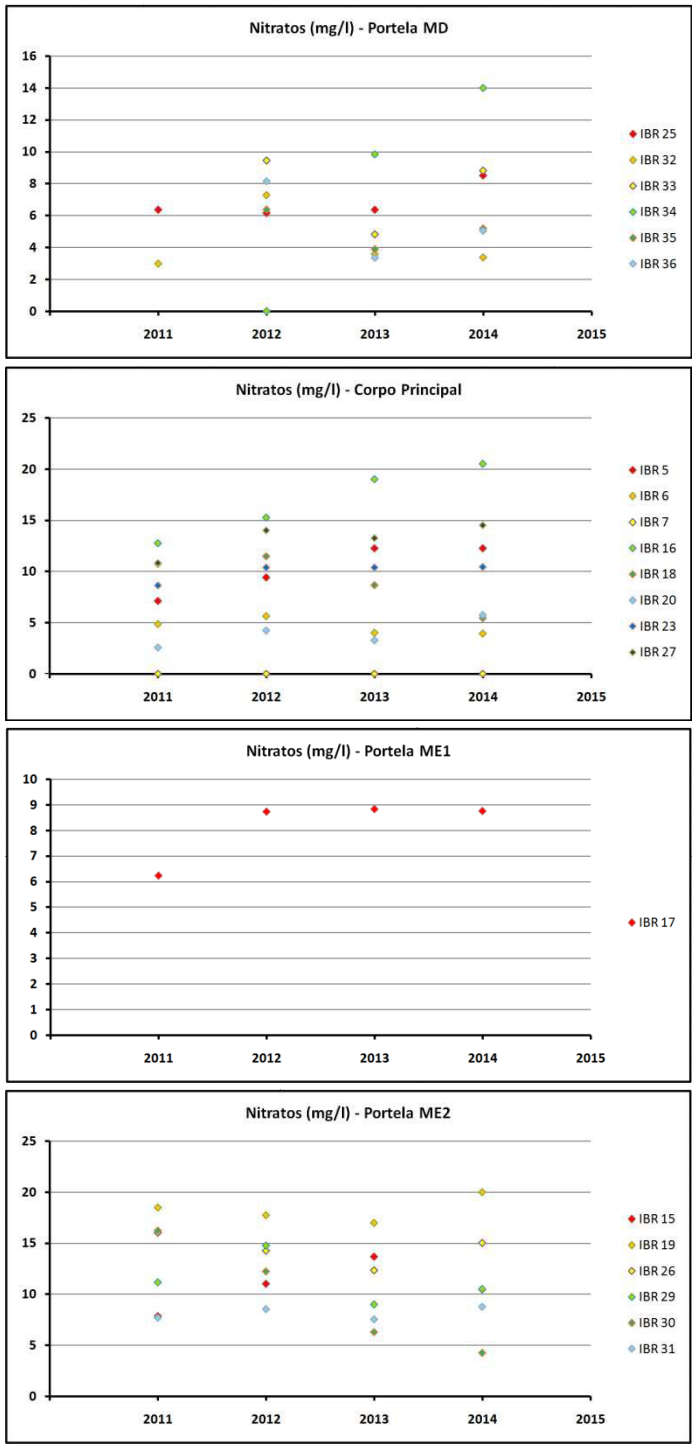


Figura 8.6 - Variação de nitratos entre 2011 e 2014 nos poços de bombagem

ANEXO 8 (12/14)

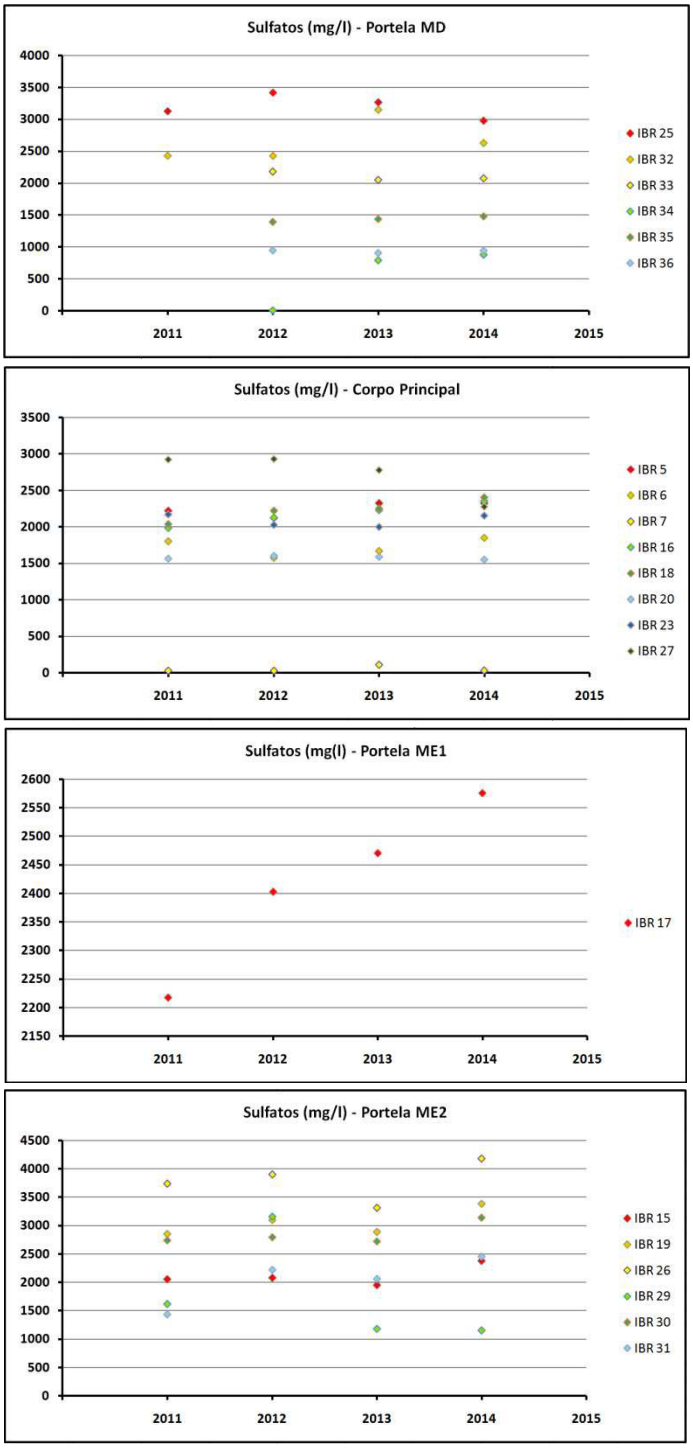


Figura 8.7 - Variação de sulfatos entre 2011 e 2014 nos poços de bombagem

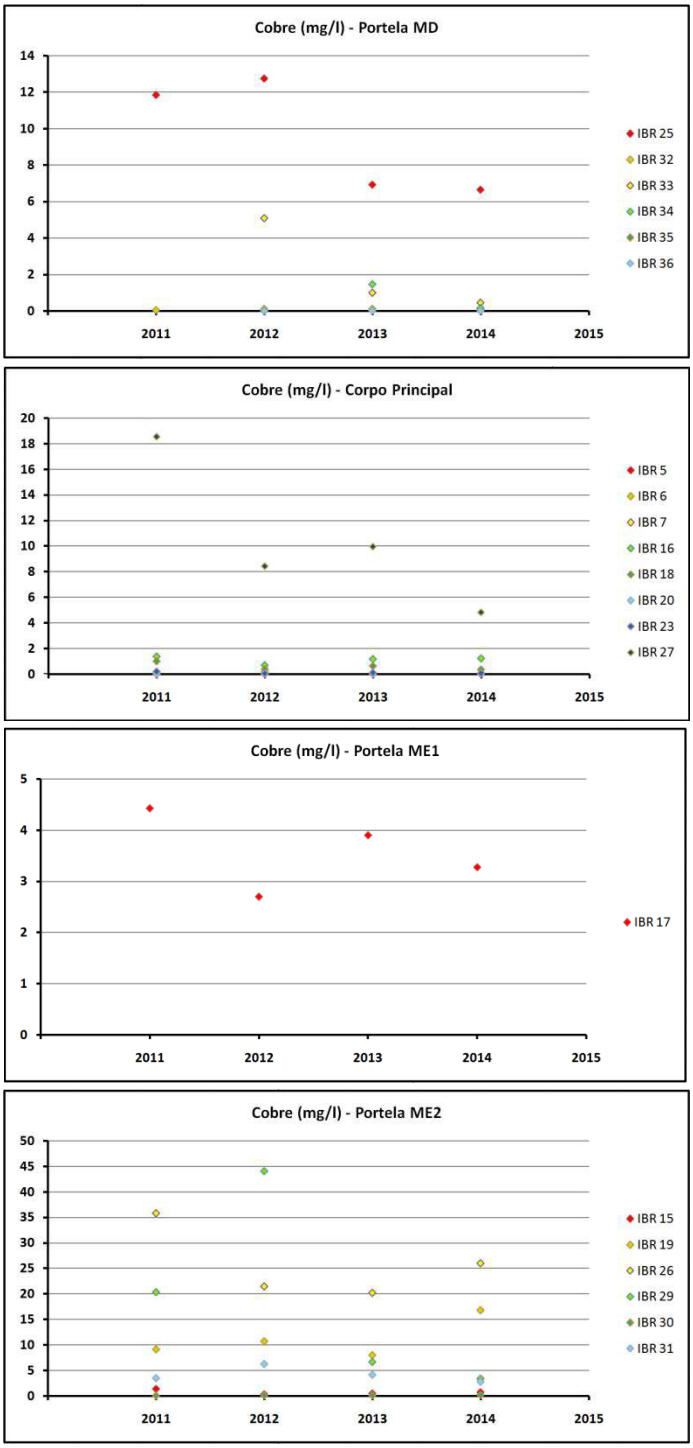


Figura 8.8 - Variação de cobre entre 2011 e 2014 nos poços de bombagem

ANEXO 8 (14/14)

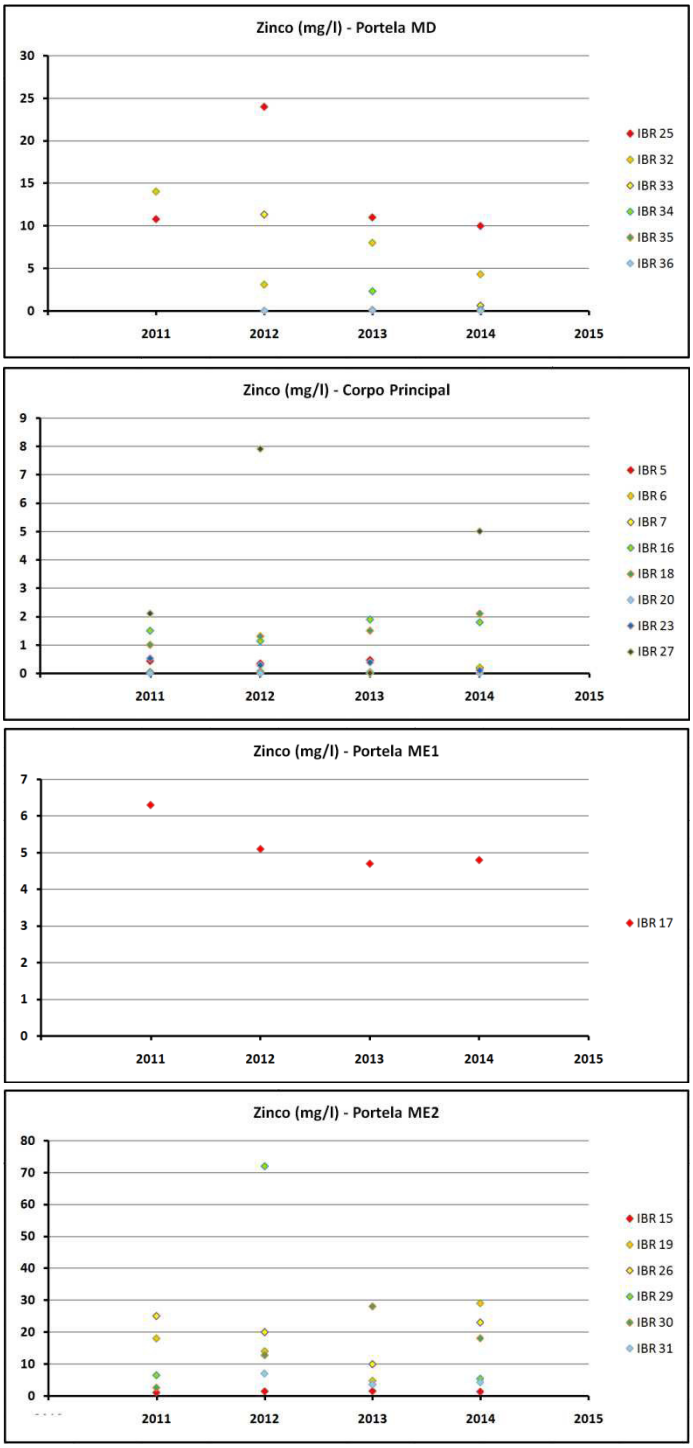
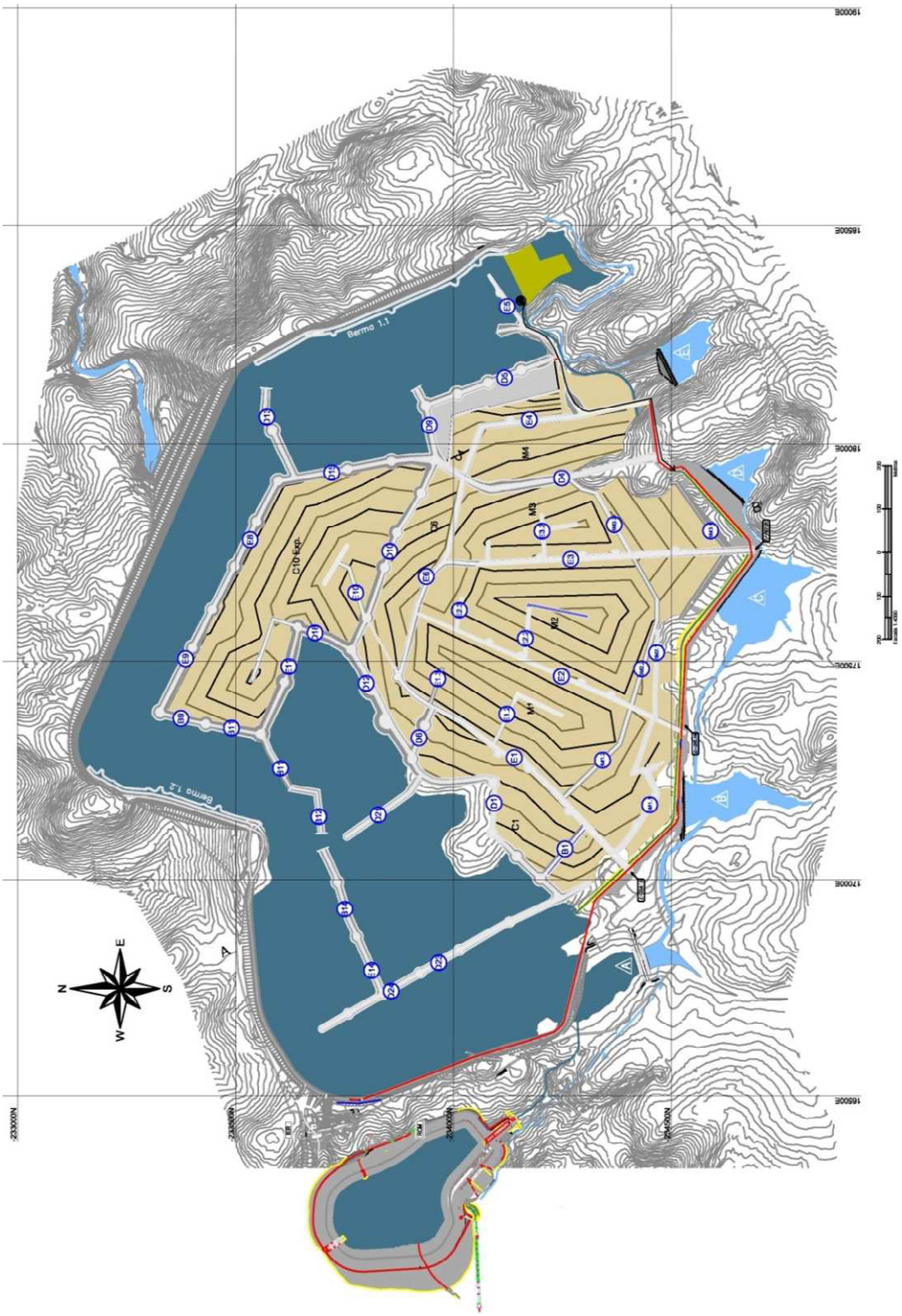


Figura 8.9 - Variação de zinco entre 2011 e 2014 nos poços de bombagem

ANEXO 9

PLANTA DAS ÁREAS DE DEPOSIÇÃO DE REJEITADOS ESPESSADOS EM DEZEMBRO DE 2014

ANEXO 9 (1/1)



CENOR - Consultores, S. A.

Rua das Vigias, 2 . Piso 1 Parque das Nações
1990-506 LISBOA . PORTUGAL
T. +351.218 437 300 **F.** +351.218 437 301 cenor@**cenor.pt**

CENOR
Consulting Engineers

SOMINCOR – SOCIEDADE MINEIRA DE NEVES CORVO, S. A.

Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo
Observação Anual e Análise do Comportamento

Análise do comportamento estrutural, hidráulico e ambiental

Abril 2014

CENOR Consulting Engineers

CENOR - Consultores, S. A.

APRESENTAÇÃO

INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS DO CERRO DO LOBO

OBSERVAÇÃO ANUAL E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL, HIDRÁULICO E AMBIENTAL

APRESENTAÇÃO

A **CENOR - Consultores, S.A.** apresenta o relatório da Análise do Comportamento Estrutural, Hidráulico e Ambiental da Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo, referente ao ano de 2013.

Lisboa, Abril de 2014

O Director de Serviço

José A. Mateus de Brito
(Engenheiro Civil)
(Especialista em Geotecnia O.E.)
(Ins. na O.E. sob o nº 10425)

ÍNDICE

ÍNDICE

Pág.

TEXTO

1 - INTRODUÇÃO 1
2 - ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL E HIDRÁULICO 5
2.1 - INTRODUÇÃO 5
2.2 - DADOS METEOROLÓGICOS 6
2.3 - DADOS DA PRODUÇÃO 7
2.4 - NÍVEIS PIEZOMÉTRICOS NO ATERRO E NA FUNDAÇÃO 9
2.4.1 - Considerações gerais 9
2.4.2 - Piezómetros hidráulicos e piezómetros pneumáticos 10
2.4.3 - Piezómetros PCL 15
2.5 - CAUDAIS DE PERCOLAÇÃO 17
2.6 - DESLOCAMENTOS SUPERFICIAS 23
2.6.1 - Considerações gerais 23
2.6.2 - Assentamentos (altimetria) 24
2.6.3 - Deslocamentos horizontais (planimetria) 26
2.7 - DESLOCAMENTOS INTERNOS 27
2.8 - REGISTOS SISMOLÓGICOS 27
3 - ANÁLISE DO COMPORTAMENTO AMBIENTAL 29
3.1 - INTRODUÇÃO 29
3.2 - ÁGUA SUBTERRÂNEA – PIEZÓMETROS PCL 30
3.2.1 - Locais e parâmetros analisados 30
3.2.2 - Resultados obtidos 31
3.3 - ÁGUA SUPERFICIAL – POÇOS DE BOMBAGEM 31
3.3.1 - Locais e parâmetros analisados 31
3.3.2 - Resultados obtidos 32
3.4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS 33
4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS 37

FIGURAS

Figura A – Cotas piezométricas nos perfis PO1 e PO2
Figura B – Cotas piezométricas nos perfis PO3 e PO4
Figura C – Cotas piezométricas no perfil PO5
Figura D – Cotas piezométricas no perfil PO6
Figura E – Cotas piezométricas no perfil PO7
Figura F – Cotas piezométricas no perfil PO8
Figura G – Cotas piezométricas no perfil PO9
Figura H – Cotas piezométricas no perfil PO10

ANEXOS

1 - Dados meteorológicos da estação do Monte Branco (2 páginas)
2 - Dados da produção (2 páginas)
3 - Níveis piezométricos no aterro e na fundação (54 páginas)
4 - Caudais de percolação (13 páginas)
5 - Deslocamentos superficiais – Assentamentos (9 páginas)
6 - Deslocamentos superficiais horizontais (14 páginas)
7 – Água subterrânea – piezómetros PCL. Resultados das análises da água (22 páginas)
8 – Água superficial – poços de bombagem. Resultados das análises da água (14 páginas)
9 – Planta das áreas de deposição de rejeitados espessados em Janeiro de 2014 (1 página)

TEXTO

1 - INTRODUÇÃO

No seguimento da inspecção visual de especialidade à Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (IRCL), realizada no dia 29 de Outubro de 2013, e da elaboração do respectivo relatório, e dando cumprimento ao exposto na legislação em vigor, nomeadamente no Decreto-Lei nº 10/2010 de 4 de Fevereiro, que estabelece o regime jurídico da gestão de resíduos de extracção, no Decreto-Lei nº 344/2007 de 15 de Outubro – "Regulamento de Segurança de Barragens" (RSB) – e na Portaria nº 847/93 de 10 de Setembro – "Normas de Observação e Inspecção de Barragens" (NOIB), apresenta-se no presente documento a análise do comportamento estrutural, hidráulico e ambiental e a avaliação da segurança da IRCL.

O relatório da inspecção visual de especialidade, designado por "SOMINCOR. Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo. Observação Anual e Análise do Comportamento. Inspecção Visual de Especialidade de 2013" foi elaborado, pela CENOR, em Abril de 2014. Nesse relatório apresentam-se os aspectos relevantes, relativos ao comportamento do aterro e dos órgãos hidráulicos, observados durante a referida inspecção visual.

A descrição dos dispositivos de observação instalados na IRCL foi apresentada no documento elaborado pela CENOR, em Abril de 2009, intitulado "SOMINCOR. Barragem do Cerro do Lobo. Observação Anual e Análise do Comportamento. Análise dos Elementos Existentes". Neste documento apresentam-se também os principais resultados dos modelos de previsão que constam do projecto de execução, elaborado pela Hidroprojecto[1].

No presente relatório faz-se a análise dos resultados da observação, nomeadamente dos resultados dos dados meteorológicos, dos dados da produção, dos níveis piezométricos no aterro e na fundação, dos caudais de percolação, dos deslocamentos superficiais e dos registos sismológicos. Tecem-se, também, considerações sobre o comportamento do aterro, tendo por base a análise das observações e a sua comparação com os modelos de previsão do comportamento.

[1] Hidroprojecto (2002, Dezembro). SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves Corvo, S.A. Barragem de Cerro do Lobo. 4ª Fase de Construção. Remodelação do Projecto de Alteamento da Barragem da Cota 252 para a Cota 255. Projecto de Execução

Faz-se, também, a análise dos resultados da monitorização ambiental, tendo por base os resultados dos ensaios das amostras de água recolhidas nos pontos de monitorização sob influência directa da IRCL (piezómetros PCL e poços IBR).

É de salientar que, desde Novembro de 2010, encontra-se em exploração o sistema de deposição emersa de rejeitados espessados. Esta deposição é realizada em áreas de deposição construídas no interior da bacia da IRCL, delimitadas por diques construídos com escombro da mina (Anexo 9).

No entanto, dado que a central de produção de rejeitados espessados não tinha capacidade para espessar a totalidade dos rejeitados decorrentes do processo de concentração, parte da deposição de rejeitados foi ainda efectuada de forma submersa (polpa), até Agosto de 2012. Esta deposição foi efectuada nas áreas de deposição 1 a 4, 6 e 10 – 1º nível – (Anexo 9), construídas para deposição emersa de rejeitados espessados.

Enquanto foi mantida a deposição em polpa no interior das áreas de deposição foi sempre garantida uma cobertura de água mínima de 0,5 m.

A partir de Agosto de 2012, a deposição de rejeitados tem sido realizada, quase exclusivamente, de forma emersa, ou seja, só têm sido depositados rejeitados espessados. Apenas em períodos de manutenção dos espessadores tem sido necessário proceder à deposição de rejeitados em polpa, sendo esta deposição efectuada nas áreas de deposição delimitadas pelos diques.

Já em 2013, foi criada uma nova área para deposição de rejeitados espessados, designada por *mezzanine* (áreas de deposição M1, M2, M3 e M4, Anexo 9), que se sobrepõe a parte das células 1, 4 e 6 e à totalidade das células 2 e 3. A deposição de rejeitados, durante 2013, foi realizada exclusivamente nesta área de deposição.

Importa ainda referir que em Novembro de 2010 foram concluídos os trabalhos de captação e controlo das ressurgências existentes a jusante dos aterros do corpo principal, da portela do corpo principal, da portela ME1 e da portela ME2.

Estes trabalhos consistiram na execução de tapetes drenantes e de valas drenantes para captação das ressurgências, sendo as águas colectadas encaminhadas para poços de bombagem (existentes ou novos) ligados à bacia da IRCL. A jusante do corpo principal foram ainda executadas valas de drenagem para desvio das águas de escorrência superficial dos sistemas sub-superficiais de captação das ressurgências.

A descrição dos trabalhos efectuados assim como os desenhos com a definição dos sistemas de captação e bombagem, são apresentados num relatório elaborado pela CENOR, em Fevereiro de 2012, intitulado “Somincor. Captação e drenagem das águas de infiltração na Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo. Fiscalização e controlo dos trabalhos”.

2 - ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL E HIDRÁULICO

2.1 - INTRODUÇÃO

No presente capítulo faz-se a análise dos resultados das observações da Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (IRCL) e a sua comparação com os modelos de previsão do comportamento apresentados no projecto de execução, no sentido de avaliar o comportamento estrutural e hidráulico da instalação.

Os resultados da observação foram fornecidos pela SOMINCOR em Fevereiro de 2014, sendo as últimas leituras referentes às seguintes datas:

- Dezembro de 2013: dados meteorológicos;
- Dezembro de 2013: cota da água na albufeira;
- Dezembro de 2013: dados de produção;
- Janeiro de 2014: níveis piezométricos nos piezómetros hidráulicos e pneumáticos;
- Dezembro de 2013: níveis piezométricos nos piezómetros de controlo ambiental;
- Dezembro de 2013: caudais bombeados nos poços IBR;
- Novembro de 2013: assentamentos e deslocamentos em planimetria.

Refere-se que, devido a um problema no *software* de análise dos dados do equipamento de medição dos inclinómetros, não foi possível dispor-se das leituras dos deslocamentos internos do aterro da IRCL. A SOMINCOR está a procurar resolver este problema junto do fornecedor do equipamento.

Nos Anexos 1 a 6 apresentam-se as figuras com os gráficos do tratamento de todos os dados da observação considerados relevantes para a análise do comportamento da IRCL.

Foi ainda facultada pela SOMINCOR a planta actualizada com a delimitação das áreas de deposição de rejeitados no interior da bacia da IRCL, que se apresenta no Anexo 9.

Adicionalmente, apresentam-se também as figuras A a H com a representação dos níveis piezométricos nos vários perfis de observação.

2.2 - DADOS METEOROLÓGICOS

Nas instalações do couto mineiro existem duas estações meteorológicas, a estação do Monte Branco, localizada próximo da Barragem de Monte Branco, e a estação de Neves Corvo, localizada próximo das instalações da mina. No presente estudo, dada a proximidade da estação do Monte Branco à IRCL, apenas se consideraram os dados desta estação.

No Anexo 1 apresentam-se os dados meteorológicos registados na estação de Monte Branco entre 2004 e 2013, nomeadamente, a precipitação mensal (Figura 1.1) e a evaporação mensal (Figura 1.2). É ainda apresentada a variação do nível de água na albufeira em função da precipitação mensal (Figura 1.3).

Da análise dos registos da precipitação verifica-se que existe alguma variabilidade ao longo dos anos nas precipitações mensais e que os maiores períodos de precipitação ocorrem entre Outubro e Abril. Durante os meses de Junho e Julho as precipitações são, em geral, muito baixas ou nulas. É de salientar a elevada precipitação ocorrida em Março de 2013, de 187 mm, correspondente a um dos registos mais elevados dos últimos anos.

Relativamente à evaporação, verifica-se que os valores mensais são mais constantes ao longo dos anos, registando-se evaporações mais elevadas entre Junho e Setembro. É, no entanto, de salientar que os valores de evaporação registados entre Julho e Setembro de 2012 são superiores aos normalmente registados nos anos anteriores.

A análise da Figura 1.3 permite verificar que existe uma dependência das variações da cota do nível de água na albufeira com a precipitação, como seria expectável. É, no entanto de referir que, desde Janeiro de 2010, a variação do nível de água na bacia da IRCL foi muito reduzida, variando entre as cotas 252,8 m e 253,6 m.

Salienta-se, ainda, que a gestão do nível de água no interior da albufeira tem permitido evitar a descarga de água pelo descarregador de cheias. No entanto, por forma a facilitar esta gestão e dadas as alterações verificadas nas características da albufeira com a construção das áreas de deposição de rejeitados, foi autorizado pela Autoridade (DGEG), em Janeiro de 2012, o alteamento da soleira do

descarregador de cheias para a cota 253,90 m (alteamento de 0,40 m relativamente à cota de projecto). Os trabalhos de alteamento da soleira decorreram entre 30 de Janeiro e 12 de Fevereiro de 2012.

2.3 - DADOS DA PRODUÇÃO

Dos dados de produção disponíveis, o mais relevante para o comportamento dos aterros é o volume de rejeitados armazenado na albufeira.

Conforme referido anteriormente a deposição de rejeitados foi realizada, exclusivamente, de forma submersa (rejeitados em polpa) até Novembro de 2010, passando também a ser realizada de forma emersa (rejeitados espessados), dentro das áreas construídas para o efeito, a partir dessa data. Desde Agosto de 2012 a deposição de rejeitados é realizada, quase exclusivamente, de forma emersa. Apenas em períodos de manutenção dos espessadores tem sido necessário proceder à deposição de rejeitados em polpa, mas em quantidades muito reduzidas.

Na Figura 2.1 apresenta-se a variação do armazenamento de rejeitados em polpa até 2010, apresentando-se na Figura 2.2 a variação do armazenamento de rejeitados em polpa e dos rejeitados espessados entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2013.

Da análise da Figura 2.1 verifica-se que o volume de rejeitados em polpa armazenado na albufeira, fora das áreas de deposição de rejeitados espessados, aumentou de uma forma relativamente constante até cessar em 15 de Julho de 2010, verificando-se que o valor máximo do volume anual depositado ocorreu em 2009, atingindo aproximadamente $1{,}16 \times 10^6$ m^3.

O topo dos rejeitados espessados (obtido no último levantamento hidrográfico realizado em Fevereiro de 2010) depositados junto ao paramento de montante do aterro encontra-se entre cerca das cotas 252,0 m e 252,50 m, na zona da portela MD e do corpo principal, e entre cerca das cotas 250,0 m e 252,0 m na zona das portelas da margem esquerda.

O volume total de rejeitados em polpa depositado na bacia da IRCL, fora das áreas de deposição delimitadas pelos diques, é de cerca de $16{,}75 \times 10^6$ m^3, valor muti próximo da capacidade de armazenamento submerso máxima, de 17×10^6 m^3.

A partir de Junho de 2010 a deposição de rejeitados em polpa foi realizada exclusivamente no interior das áreas de deposição 1 a 4, 6 e 10, construídas para deposição de rejeitados espessados. Esta deposição foi realizada em simultâneo com a deposição de rejeitados espessados até cessar em Agosto de 2012.

Actualmente estima-se que o sistema de deposição emersa de rejeitados espessados permite uma capacidade de armazenamento de $16{,}3 \times 10^6$ m^3, o que perfaz um volume total de armazenamento de cerca de $33{,}3 \times 10^6$ m^3 (uma vez que a capacidade de armazenamento submerso era de 17×10^6 m^3).

Estima-se, também, que o volume total de rejeitados (em polpa e espessados) depositados actualmente seja de cerca $21{,}8 \times 10^6$ m^3, pelo que o volume de rejeitados (em polpa e espessados) depositados no interior das áreas de deposição é de cerca de $5{,}05 \times 10^6$ m^3. Em 2013 foram depositados cerca de $1{,}64 \times 10^6$ m^3 de rejeitados.

Da análise da Figura 2.2 verifica-se, também, que o volume de rejeitados espessados depositado mensalmente aumentou, em termos médios, cerca de 30% de 2012 para 2013.

Na Figura 2.2 apresenta-se ainda a quantidade de escombro utilizada na construção dos diques de delimitação das áreas de deposição, cuja configuração actual em planta é apresentada no Anexo 9. Até Dezembro de 2013 foram utilizadas cerca de $3{,}4 \times 10^6$ toneladas de escombro (o que deverá corresponder a um volume de cerca de $1{,}6 \times 10^6$ m^3).

Conforme se pode verificar na planta apresentada no Anexo 9, as áreas de deposição actualmente em exploração, para deposição de rejeitados, localizam-se na zona da albufeira mais afastada dos aterros da IRCL, estando o dique de delimitação mais próximo do coroamento do corpo principal a uma distância de cerca de 120 m.

2.4 - NÍVEIS PIEZOMÉTRICOS NO ATERRO E NA FUNDAÇÃO

2.4.1 - Considerações gerais

Nos aterros e na respectiva fundação encontram-se instalados 27 piezómetros hidráulicos (12 no aterro e 15 na fundação) e 35 piezómetros pneumáticos (17 no aterro e 18 na fundação), distribuídos por 10 perfis de observação, designados de PO1 a PO10.

A leitura dos piezómetros tem sido feita com uma periodicidade mensal, apresentando-se no Anexo 3 os gráficos com a evolução ao longo do tempo da cota piezométrica nos vários piezómetros. Nos gráficos representa-se também a cota do nível de água na albufeira e a cota da ponteira dos piezómetros.

Nas Figuras A a H representam-se nos vários perfis de observação as cotas piezométricas medidas na última campanha de leituras (cotas representadas a azul). Nestas figuras são ainda indicados o nível de água na albufeira à data da última campanha de leituras e a cota do topo dos rejeitados determinada no levantamento hidrográfico de Fevereiro de 2010.

A jusante dos aterros da IRCL encontram-se ainda instalados 14 pares de piezómetros hidráulicos para controlo ambiental (piezómetros PCL), onde também são medidas as cotas piezométricas. As câmaras de captação destes piezómetros encontram-se a 10 e 20 m de profundidade para os piezómetros designados com número par e com número impar, respectivamente. É, ainda, de referir que existem mais 8 piezómetros para controlo ambiental (3 a montante da barragem e 5 a jusante da barragem), que dada a sua localização mais afastada da barragem não foram considerados na analise do comportamento estrutural e hidráulico da IRCL.

Os gráficos com a variação ao longo do tempo da cota piezométrica dos piezómetros PCL são também apresentados no Anexo 3. Alguns destes piezómetros apresentam artesianismo, sendo que nestes casos representa-se, também, nos respectivos gráficos a variação da pressão da água.

2.4.2 - Piezómetros hidráulicos e piezómetros pneumáticos

Da análise global das figuras apresentadas no Anexo 3 (Figuras 3.1 a 3.59), relativas à evolução das cotas piezométricas com o tempo medidas nos piezómetros hidráulicos e pneumáticos, verifica-se que, em geral, as cotas piezométricas aumentaram gradualmente com a subida do nível de água na albufeira. Desde o final de 2010 verifica-se que, de uma forma geral, não há variações significativas nas cotas piezométricas medidas, dado que as variações do nível de água na albufeira foram muito reduzidas. Este cenário deverá manter-se no futuro, enquanto não se proceder ao enchimento das áreas de deposição localizadas junto aos aterros da IRCL.

Relativamente aos piezómetros localizados sobre os tapetes drenantes e nos maciços estabilizadores de jusante, verifica-se que, de uma forma geral, estes se encontram secos. No entanto, no perfil PO8, os piezómetros Ph50 e Ph51 indicam que o tapete drenante das fases de construção anteriores está saturado. Contudo, dado que foi construído um novo dreno a jusante deste tapete drenante na 4ª fase de construção, este aspecto não é condicionante para o comportamento do aterro.

No que se refere aos piezómetros instalados na fundação do aterro, verifica-se que em alguns perfis de observação se registam cargas hidráulicas superiores ao expectável. Este aspecto deverá estar na origem das ressurgências que existiam a jusante do aterro, nomeadamente a jusante das portelas ME1 e ME2A, ressurgências essas que já se encontram captadas e monitorizadas.

É ainda de referir que, em alguns piezómetros pneumáticos, se registaram variações bruscas e, por vezes, acentuadas das cotas piezométricas, sem que contudo estas pareçam ter significado físico. Estes valores anormais devem estar associados a anomalias de funcionamento dos dispositivos, sendo que, actualmente, as variações são menos significativas.

De seguida faz-se a análise detalhada dos níveis piezométricos instalados no aterro e na respectiva fundação, segundo os perfis de observação (Figuras A a H).

Perfil PO1 (portela MD) – o piezómetro Ph1 apresenta uma perda de carga total relativamente à cota da albufeira, tal como previsto no modelo de cálculo do projecto de execução; os piezómetros

Pp2 e Pp3 apresentam uma carga hidráulica reduzida, o que está de acordo com o facto de não terem sido detectadas ressurgências a jusante da portela MD;

Perfil PO2 (corpo principal) – os piezómetros Pp4 e Pp5 têm apresentado leituras muito irregulares, o que deverá estar associado às cargas hidráulicas reduzidas que deverão estar instaladas nesta zona da fundação, decorrentes da reduzida carga hidráulica deste perfil de observação e da presença dos rejeitados na albufeira;

Perfil PO3 (corpo principal) – a cota piezométrica do piezómetro Ph7, instalado na fundação no alinhamento do eixo do aterro, evidencia uma perda de carga, relativamente à cota da albufeira, de cerca de 95%, o que corresponde ao expectável; o piezómetro Ph6, localizado no interior do aterro na vertical do Ph7, próximo do contacto com a fundação, encontra-se seco (apesar de as leituras indicarem uma carga hidráulica inferior a 0,5 m, considera-se que estas leituras estão associadas a humidade no interior do tubo do piezómetro e não a um nível de água instalado); o piezómetro Ph8, localizado na fundação junto ao pé do talude de jusante, evidencia uma perda de carga total, relativamente à cota da albufeira;

Perfil PO4 (corpo principal) – o piezómetro Ph9, localizado no aterro, próximo do contacto com a fundação, no alinhamento de jusante do coroamento, e o piezómetro Ph11, localizado no interior do aterro no alinhamento da banqueta intermédia, encontram-se secos, o que evidencia um comportamento adequado; o piezómetro Ph10, instalado na fundação sob a zona mais alta do aterro, apresenta uma perda de carga de cerca de 95% relativamente à cota da albufeira, o que corresponde ao expectável; o piezómetro Ph12, localizado na fundação junto ao pé do talude de jusante, apresenta uma carga hidráulica mais elevada que o expectável, sem que, contudo, se observem ressurgências junto ao pé do talude; esta situação deverá estar associada às complexas condições hidrogeológicas do maciço rochoso de fundação, sendo de referir que já havia sido reportada nos relatórios de análise do comportamento anteriores, não se tendo verificado qualquer evolução desfavorável;

Perfil PO5 (corpo principal) – os piezómetros instalados no alinhamento de montante do núcleo (Pp14[2] e Pp15) apresentam perdas de carga, relativamente à cota da albufeira, de cerca de 25% a 30%; os piezómetros Pp16 e Pp17[3], instalados no alinhamento de jusante do núcleo, apresentam uma perda de carga de 60%; estes valores estão de acordo com o modelo de previsão do comportamento apresentado no projecto de execução e têm-se mantido aproximadamente constantes desde 2010; os piezómetros pneumáticos instalados a jusante do núcleo acima do tapete drenante, designados Pp20 e Pp23, apresentam cargas hidráulicas de 2,0 m o que é um valor elevado para a zona onde se localizam os piezómetros; no entanto, os valores medidos deverão estar associados a anomalias de funcionamento destes piezómetros por não existir carga hidráulica[4]; este aspecto é confirmado pelo piezómetro Ph26[5], localizado aproximadamente à mesma cota dos piezómetros Pp20 e Pp23, que se encontra seco; o piezómetro Ph29, instalado no maciço estabilizador de jusante no alinhamento da banqueta intermédia, encontra-se seco, como é expectável; ao nível da fundação verifica-se que, sob o núcleo (piezómetros Pp18 e Pp19), a perda de carga relativamente à albufeira é de cerca de 55% a 60%, valores estes que são da mesma ordem de grandeza do valor obtido no modelo de cálculo apresentado no projecto de execução (65%); 10 m a jusante e na zona mais superficial da fundação (piezómetros Pp21 e Ph28) verifica-se uma perda de carga relativamente à albufeira muito significativa, da ordem de 95%; próximo do pé do talude de jusante (Ph30), verifica-se que a perda de carga, relativamente à cota da albufeira, é total (apesar de no piezómetro Pp24, localizado 10 m a montante do Ph30 se observar uma cota piezométrica um pouco mais elevada); na zona mais profunda da fundação (≈ 12,0 m de profundidade), sob o núcleo e sob a zona mais alta do aterro, a perda de carga não é tão significativa como na zona superficial; segundo o modelo de cálculo apresentado no projecto

[2] O piezómetro Pp14 esteve inoperacional entre Fevereiro de 2010 e Abril de 2011 (sendo possível efectuar leituras pontuais), tendo sido reparado em Abril de 2011. Desde essa data têm-se verificado algumas dificuldades de leitura e oscilações bruscas em leituras consecutivas. No entanto, estas oscilações parecem estar a atenuar-se.

[3] O piezómetro Pp17 apresentou leituras anómalas da cota piezométrica entre Fevereiro e Outubro de 2010. Segundo informações dadas pela SOMINCOR, não foi possível efectuar a leitura de Fevereiro de 2010, uma vez que os terminais de medição se encontravam com muita água. Desde essa data até Outubro de 2010 (Figura 3.16), apesar das leituras decorrerem com normalidade, os valores medidos da cota piezométrica foram muito elevados, sem que tenham ocorrido variações significativas da carga hidráulica. Em Outubro de 2010 verificou-se uma redução brusca da cota piezométrica, tendo-se mantido aproximadamente constante até à presente data.

[4] Hanna, T. H. (1985) Field Instrumentation in Geotechnical Engineering. Trans Tech Publications.

[5] Tem havido alguma dificuldade na leitura deste piezómetro associada a dificuldades na introdução da sonda de leitura no tubo do piezómetro.

de execução tal não é expectável; isto verifica-se nos piezómetros Pp22 e Ph27; mais a jusante, no piezómetro Pp25 também localizado a maior profundidade, a cota piezométrica é da mesma ordem de grandeza da medida na zona mais superficial da fundação; esta situação não tem consequências negativas no desempenho da obra e tem-se mantido constante ao longo dos últimos anos, devendo estar associada às complexas condições hidrogeológicas do maciço rochoso de fundação;

Perfil PO6 (corpo principal) – os piezómetros instalados no núcleo apresentam perdas de carga, relativamente à cota da albufeira, de cerca de 15% a 25% e de 60% nos alinhamentos de montante (Pp31 e Pp32) e de jusante (Pp33), respectivamente; estes valores são da mesma ordem de grandeza dos previstos no modelo de cálculo do projecto de execução e têm-se mantido constantes desde 2009; no entanto, refere-se que no piezómetro Pp33 se têm registado variações significativas no valor da cota piezométrica, que contudo deverão estar associadas a anomalias de funcionamento do piezómetro; o piezómetro Ph41, localizado próximo do contacto do aterro com a fundação cerca de 15 m a jusante do núcleo, encontra-se seco; no entanto, os piezómetros Pp36 e Pp38, localizados cerca de 4,5 m para montante e para jusante do Ph41, respectivamente, apresentam cargas hidráulicas de aproximadamente 2,0 m, o que não é realista e deverá estar associado a anomalias de funcionamento[6]; o piezómetro Ph43, localizado no talude de jusante no alinhamento da banqueta intermédia, apresenta-se seco, o que corresponde ao expectável; ao nível da fundação verifica-se uma perda de carga para jusante, de cerca de 65%, sob o núcleo (Pp35), e de cerca de 90% a 95% sob a banqueta inferior (Pp39, Pp40 e Ph44), tal como é expectável; no entanto, o piezómetro Pp34, localizado na fundação sob o núcleo, apresenta uma cota piezométrica elevada, aparentando um comportamento anómalo semelhante ao descrito anteriormente para o piezómetro Pp17 (Perfil PO5);

Perfil PO7 (portela do corpo principal) – o piezómetro existente no interior do aterro no alinhamento do coroamento (Ph46) apresenta-se seco; ao nível da fundação, sob a zona mais alta do aterro (Ph47 e Ph45), a perda de carga em relação ao nível de água na albufeira é de cerca de 85% a 95%, verificando-se que cerca de 6,0 m a jusante (Pp48 e Pp49) a perda de carga é total;

[6] Comportamento semelhante ao observado nos piezómetros Pp20 e Pp23 (Perfil PO5). Nos piezómetros Pp36 e Pp38, entre Agosto de 2009 e Março de 2010, foram registadas variações significativas da cota piezométrica (Figuras 3.35 e 3.38), sendo de referir que no caso do piezómetro Pp36 houve grandes dificuldades de leitura entre Outubro de 2008 e Julho de 2010.

Perfil PO8 (portela do corpo principal) – os piezómetros Ph50 e Ph51, localizados na proximidade do tapete drenante das fases anteriores, evidenciam a saturação, ou eventual colmatação, deste órgão de drenagem, dado que o nível de água se encontra ligeiramente acima do topo do tapete drenante; salienta-se que esta situação já havia sido reportada nos relatórios de análise do comportamento anteriores, sem que se tenha verificado uma evolução desfavorável; por outro lado, dado que foi construído um novo órgão de drenagem a jusante não se considera que este aspecto seja gravoso para o comportamento do aterro; os piezómetros instalados na fundação (Pp53, Pp54 e Ph52), segundo o alinhamento de jusante do coroamento, apresentam perdas de carga, relativamente ao nível de água na albufeira, entre 90% e 100%;

Perfil PO9 (portela ME1) – o piezómetro existente no aterro (Ph56) apresenta-se seco, o que corresponde ao expectável; ao nível da fundação, apesar dos piezómetros mais superficiais (Ph57 e Pp58) apresentarem cargas hidráulicas reduzidas, a cerca de 5,0 m de profundidade (Ph55 e Pp59) as cotas piezométricas são elevadas, verificando-se perdas de carga, em relação ao nível de água na albufeira, de cerca de 40%, enquanto que segundo os modelos de previsão do comportamento a perda de carga deveria ser de 95%; no entanto, esta situação verifica-se desde 2009 sem qualquer evolução desfavorável; é, ainda, de referir que nestes dois piezómetros se verifica uma grande correlação entre o nível de água na albufeira e a cota piezométrica; este facto deverá estar associado à orientação da fracturação do maciço rochoso de fundação, o que também deverá ter estado na origem das ressurgências que se observavam a jusante da portela ME1 e que actualmente já se encontram captadas (estas captações encontram-se ligadas ao novo poço IBR34); este aspecto parece estar de acordo com as observações dos piezómetros PCL (Capítulo 2.4.3), existentes a jusante do aterro da portela ME1, onde se registam cargas hidráulicas relativamente elevadas;

Perfil PO10 (portela ME2A) – os piezómetros existentes na zona superficial da fundação, sob a zona mais alta do aterro, evidenciam perdas de carga totais, em relação ao nível de água na albufeira; no entanto, verifica-se que imediatamente a jusante do aterro (piezómetros PCL - Capítulo 2.4.3) as cargas hidráulicas mantêm-se iguais às registadas sob o aterro, o que deverá estar na origem das ressurgências existentes a jusante da portela ME2 (estas ressurgências já se encontram captadas e encaminhadas para os novos poços IBR35 e IBR36).

Do exposto anteriormente, considera-se que o comportamento hidráulico do aterro, quer do núcleo e da geomembrana, quer do maciço estabilizador de jusante, é adequado. Ao nível da fundação verifica-se que, em algumas zonas, as cargas hidráulicas são um pouco elevadas, o que deverá estar associado às condições de fracturação do maciço rochoso de fundação e que deverá estar na origem das ressurgências que se observavam a jusante do aterro e que, actualmente, já se encontram captadas.

Por outro lado, verifica-se, também, que o regime de percolação pelo aterro e pela fundação da IRCL não tem alterações assinaláveis nos últimos anos, após se ter atingido um nível de água na albufeira aproximadamente constante.

2.4.3 - Piezómetros PCL

As figuras apresentadas no Anexo 3 (Figuras 3.60 a 3.87) permitem analisar a evolução no tempo das cargas hidráulicas na fundação a jusante dos aterros, medidas nos piezómetros de controlo ambiental (PCL).

É de referir que a partir do final de 2010, não foi possível medir a pressão da água nos piezómetros PCL7, PCL9 e PCL12, onde se verificam fenómenos de artesianismo, uma vez que existem fugas de água na cabeça dos piezómetros, que não permitem efectuar uma leitura rigorosa. Mais recentemente, pelos mesmos motivos, também nos piezómetros PCL5 e PCL10 deixou de ser possível medir pressão da água. Durante o ano de 2013 foram retomadas as leituras dos piezómetros PCL8, PCL11, PCL17 e PCL18 onde também se tinham verificado problemas de leitura.

Da análise das cotas piezométricas medidas nos piezómetros localizados a jusante do corpo principal verifica-se que em seis piezómetros (PCL6 a PCL9, PCL11 e PCL 12) ocorrem fenómenos persistentes de artesianismo, sendo a cota piezométrica máxima cerca de 6,5 m superior à cota do terreno natural (PCL6). É de salientar que este fenómeno de artesianismo já se verificava antes da 4ª fase de construção.

Destes piezómetros, apenas nos piezómetros PCL7 e PCL8 se verifica uma relação evidente entre a variação da cota piezométrica com a cota da albufeira. No entanto, no caso do piezómetro PCL8, verificou-se uma redução brusca da pressão da água, em Janeiro de 2011, mantendo-se a pressão relativamente constante a partir dessa data. Este fenómeno deverá estar associado a uma alteração do regime hidrogeológico da zona mais superficial do maciço.

Nos piezómetros localizados a jusante da portela ME1 (PCL13 a PCL20) verificam-se fenómenos de artesianismo nos piezómetros PCL15 a PCL18, sendo de referir que nos piezómetros PCL17 e PCL18, cuja medição foi possível durante 2013, estes fenómenos só começaram a ser persistentes para níveis de água na albufeira superiores à cota 252,5 m. Durante o enchimento da IRCL verificou-se que a variação da cota piezométrica dos piezómetros PCL13 e PCL14 era dependente do nível de água na albufeira.

Nesta zona da fundação verifica-se, ainda, que, quer nos piezómetros localizados sob o aterro, quer nos piezómetros localizados a jusante, a cota piezométrica é elevada, podendo este facto estar na origem das ressurgências existentes a jusante da portela ME1, ressurgências estas que já se encontram captadas e encaminhadas para o novo poço IBR34.

Nos piezómetros localizados a jusante da portela ME2A (PCL21 a PCL28) não se verificam fenómenos de artesianismo. À excepção do piezómetro PCL22, nos restantes piezómetros verificou-se uma influência significativa do nível de água na albufeira com a cota piezométrica instalada, durante o enchimento da IRCL. Este facto pode estar associado à natureza do maciço rochoso de fundação, que potencia a passagem de água pela fundação.

Igual fenómeno deverá justificar as ressurgências ocorrentes a jusante da portela ME2A, que tal como as ressurgências a jusante da portela ME1 já foram captadas e encaminhadas para os novos poços IBR35 e IBR36.

É de referir que nos piezómetros PCL instalados a profundidades superiores (20 m), verifica-se que, quer na zona do corpo principal, quer na zona portela ME1, as cotas piezométricas são, em geral, ligeiramente superiores às observadas a 10 m de profundidade. Na zona da portela ME2A as cotas piezométricas a 20 m de profundidade são muito próximas das registadas a 10 m de profundidade.

2.5 - CAUDAIS DE PERCOLAÇÃO

Por forma a controlar os caudais captados nos sistemas de drenagem interna dos aterros e bombeá-los para a albufeira, existem 14 poços de bombagem, designados de poços IBR, construídos durante as obras do 3º alteamento da IRCL. Os poços associados ao sistema de drenagem interna dos aterros são os seguintes:

- portela MD: IBR25;
- corpo principal: IBR32, IBR5A e IBR5;
- portela do corpo principal: IBR16, IBR18 e IBR27;
- portela ME1: IBR17;
- portela ME2A: IBR15 e IBR19;
- portela ME2B/2C: IBR26, IBR29 e IBR30;
- barragem do Monte Branco: IBR31.

Existem ainda mais cinco pontos de controlo de caudais (IBR5B, IBR20, IBR18A, IBR27A e IBR29A) inseridos no maciço rochoso de fundação que captam escorrências de água localizadas identificadas durante as obras da 4ª fase de construção (3º alteamento).

No documento elaborado pela CENOR, em Abril de 2009, referente à análise dos elementos existentes sobre a IRCL, apresentam-se, de forma detalhada, as áreas de influência de cada poço IBR.

Decorrente dos trabalhos de captação das ressurgências existentes a jusante dos aterros, foram construídos seis novos poços, entre Novembro de 2009 e Novembro 2010: IBR5C e IBR6 a jusante do corpo principal; IBR33 a jusante da portela do corpo principal (no alinhamento do IBR18); IBR34 a jusante da portela ME1; IBR35 e IBR36 a jusante da portela ME2A.

No documento elaborado pela CENOR, em Fevereiro de 2012, referente à fiscalização e controlo dos trabalhos de execução dos novos sistemas de captação e drenagem das ressurgências, apresentam-se as valas de captação associadas a cada poço de bombagem.

No Anexo 4 apresentam-se os gráficos da evolução dos caudais bombeados nos poços IBR, representando-se nos mesmos gráficos a variação do nível de água na albufeira. Nestes gráficos apresenta-se, ainda, a estimativa dos caudais bombeados, determinada com base nos modelos de cálculo apresentados no projecto de execução, ajustando para tal os comprimentos de influência de cada poço.

Da análise das figuras apresentadas no Anexo 4 pode verificar-se o seguinte:

IBR25 (portela MD): não se verifica dependência do caudal bombeado com o aumento do nível de água na albufeira, devendo os picos de caudal estarem associados às águas infiltradas no paramento de jusante nos períodos de chuva; o caudal bombeado reduziu-se gradualmente de 2,5 m^3/s para cerca de 0,5 m^3/s até Julho de 2006 tendo-se mantido aproximadamente constante até ao final de 2012; em 2013 o caudal bombeado aumentou ligeiramente, sendo actualmente de cerca de 0,8 m^3/h, valor este muito inferior à estimativa dos modelos de previsão do comportamento (9,3 m^3/h);

IBR32 (corpo principal): os caudais captados neste poço são muito reduzidos, sendo sempre inferiores à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento;

IBR5A (corpo principal): não se verifica dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira, devendo os picos de caudal registados estarem associados às águas infiltradas na sua envolvência nos períodos de chuva; o caudal bombeado tem-se mantido aproximadamente constante ao longo do tempo; o valor do caudal bombeado é de cerca de 1,0 m^3/h;

IBR5 (corpo principal): verifica-se que existe grande dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira; após o caudal bombeado ter aumentado gradualmente até Dezembro de 2008, verificou-se uma redução do caudal bombeado neste poço, com excepção dos períodos de precipitação mais intensa; em 2013 o caudal médio bombeado foi de cerca de 8,5 m^3/h;

IBR5C (corpo principal): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Junho de 2011, sendo em geral da ordem de 1m^3/h; em Novembro de 2012 verificou-se um acréscimo significativo

do caudal bombeado, para cerca de 4 m^3/h, que se deve a um período de elevada precipitação; durante 2013 o valor médio do caudal bombeado foi sempre da ordem de 1 m^3/h;

IBR6 (corpo principal): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Junho de 2011, sendo muito influenciados pela precipitação; verifica-se que em períodos de pouca precipitação o caudal bombeado é da ordem de 0,5m^3/h; em períodos de elevada precipitação, como os observados em Março e Outubro de 2013, os caudais bombeados aumentam significativamente para valores da ordem de 4,5 m^3/h;

IBR16 (portela do corpo principal): verifica-se que não existe dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira, devendo os picos de caudal estarem associados às águas infiltradas no paramento de jusante e na envolvência do poço nos períodos de chuva; o caudal bombeado manteve-se aproximadamente constante entre 2005 e 2009, verificando-se um ligeiro aumento após terem sido ligadas a este poço duas novas valas drenantes, executadas junto ao pé do talude de jusante do aterro para captação de ressurgências; o caudal médio bombeado é de cerca de 6,0 m^3/h, que é inferior à estimativa dos modelos de previsão do comportamento (12,6 m^3/h);

IBR18 (portela do corpo principal): verifica-se que existe alguma dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira; o caudal bombeado aumentou gradualmente desde a conclusão do último alteamento até Novembro de 2008, tendo-se registado uma ligeira redução do caudal nessa altura; entre Janeiro de 2009 e Dezembro de 2012 o caudal bombeado manteve-se aproximadamente constante (com variações pontuais associadas aos períodos de chuva), com um valor médio de 4,5 m^3/h; durante o ano de 2013 o caudal bombeado aumentou significativamente registando-se actualmente um valor de cera de 7,5 m^3/h, superior à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento (6,0 m^3/h); apesar deste comportamento não se detectam anomalias no comportamento no aterro e na fundação da IRCL; a evolução do caudal bombeado neste poço deverá ser acompanhada atentamente, assim como o comportamento do aterro e do terreno envolvente, no sentido de se detectar, atempadamente, possíveis anomalias de comportamento;

IBR33 (portela do corpo principal): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Março de 2012, sendo sempre inferiores a 0,5 m^3/h;

IBR27 (portela do corpo principal): o caudal bombeado é praticamente nulo, situação que já havia sido verificada logo após a conclusão dos trabalhos da 4ª fase de construção; no poço IBR27A, situado a jusante do poço IBR27, e ao qual está associado um conjunto de esporões drenantes, também se verifica um caudal muito reduzido;

IBR17 (portela ME1): desde a conclusão do último alteamento, em Outubro de 2005, até Fevereiro de 2009 verificava-se alguma dependência do caudal bombeado com o nível de água na albufeira; no entanto, desde essa data até Outubro de 2010, o caudal médio bombeado manteve-se relativamente constante e da ordem de 3,0 m^3/h; em Novembro de 2010 houve um aumento do caudal bombeado, para cerca de 4 m^3/h mantendo-se aproximadamente constante até Dezembro de 2011; em Janeiro de 2012 verificou-se um decréscimo significativo do caudal bombeado, para cerca e 2,3 m^3/h, sem que a esta redução esteja associada a qualquer anomalia de comportamento do aterro; já no final de 2012 houve um acréscimo do caudal bombeado para cerca de 3,0 m^3/h, mantendo-se aproximadamente constante ao longo de 2013; os valores observados são inferiores à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento (9,4 m^3/h);

IBR34 (portela ME1): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Março de 2012, tendo-se registado um ligeiro aumento do caudal durante 2013, sendo, no entanto, inferior a 1,0 m^3/h; as ressurgências existentes na zona desapareceram após os trabalhos de captação realizados;

IBR15 (portela ME2A): entre o início de 2006 e Setembro de 2009 verificou-se uma dependência acentuada do caudal bombeado com o nível de água na albufeira, passando de cerca de 4,0 m^3/h, em meados de 2006, para cerca de 8 m^3/h, em meados de 2009; desde essa data houve uma redução do caudal bombeado para cerca de 6,0 m^3/h, mantendo-se aproximadamente constante até Outubro de 2010; a partir de Novembro de 2010 houve um acréscimo significativo do caudal bombeado, atingindo um valor máximo de cerca de 10,4 m^3/h, em Abril de 2012, valor este que é superior à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento, de 8,4 m^3/h; no entanto,

em Julho de 2012, verificou-se um decréscimo significativo dos caudais bombeados, para cerca e 6,5 m^3/h; desde essa data e até Agosto de 2013, houve um acréscimo dos caudais, semelhante ao verificado entre Novembro de 2010 e Abril de 2012, registando-se um valor de 10,4 m^3/h em Agosto de 2013; em Novembro e Dezembro de 2013 verificou-se novamente um acréscimo dos caudais bombeados para cerca de 11,9 m^3/h; dado que as condições de funcionamento deste poço não foram alteradas deverá seguir-se atentamente o seu comportamento, tanto mais que se verifica a ocorrência de ressurgências nas proximidades;

IBR19 (portela ME2A): o caudal bombeado é muito reduzido e tem-se mantido sensivelmente constante ao longo do tempo;

IBR35 (portela ME2A): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Março de 2012, sendo sempre inferiores a 0,5 m^3/h; as ressurgências existentes na zona desapareceram após os trabalhos de captação realizados;

IBR36 (portela ME2A): os caudais deste poço começaram a ser medidos em Março de 2012, sendo sempre inferiores a 0,5 m^3/h; as ressurgências existentes na zona desapareceram após os trabalhos de captação realizados;

IBR26, IBR29, IBR29A e IBR30 (portelas ME2B e ME2C): os caudais bombeados são muito reduzidos (inferiores a 0,5 m^3/h) e pouco influenciados pela variação do nível de água na albufeira; verifica-se, no entanto, que na zona envolvente do poço IBR30 ocorrem duas ressurgências, uma a cerca de 25 m para Norte do poço e outra imediatamente a jusante do poço;

IBR31 (barragem do Monte Branco): os caudais bombeados neste poço são reduzidos (inferiores a 1,0 m^3/h) e muito inferiores à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento (5,4 m^3/h).

Nos restantes poços, associados a escorrências de água identificadas durante as obras da 4ª fase de construção, os caudais bombeados são relativamente reduzidos e não têm apresentado variações significativas ao longo do tempo.

É de referir que, em Dezembro de 2013, o caudal percolado através do corpo principal (IBR5, IBR5A e IBR5B, IBR5C e IBR6) era de cerca de 13,8 m^3/h, que é muito inferior à estimativa dos modelos de previsão do comportamento (36,4 m^3/h).

Com base no exposto anteriormente verifica-se que, em geral, os caudais percolados através dos aterros da portela MD, do corpo principal e da portela do corpo principal têm-se mantido constantes ou diminuído nos últimos três anos, sendo sempre inferiores à estimativa obtida nos modelos de previsão do comportamento. Este facto poderá estar associado, quer ao aumento do caminho de percolação, quer à possível colmatação de algumas fracturas do maciço de fundação, devidos à presença de rejeitados na albufeira.

Por outro lado, não se verificam afluências de água nos taludes de jusante do aterro, o que indica que os sistemas de impermeabilização e de drenagem interna dos aterros têm apresentado um funcionamento adequado. É, no entanto, de salientar a existência de duas ressurgências junto ao poço IBR 30, que deverão estar associadas a percolação pela zona superficial da fundação, ou pelo contacto aterro fundação associado a uma possível fissuração do betão do plinto. O caudal das ressurgências aparenta ser reduzido.

Salienta-se, também, os aumentos de caudais nos poços IBR15 e IBR18, sem que contudo tenham sido observadas alterações do comportamento do aterro da IRCL ou do terreno na envolvente do poço. Assim, deverá acompanhar-se com especial atenção a evolução do comportamento do aterro da IRCL nas proximidades deste poço.

Perante o exposto anteriormente considera-se que o sistema de captação e bombagem das águas percoladas apresenta um comportamento adequado, não se verificando, de uma forma geral, anomalias no aterro ou no terreno a jusante deste.

Refere-se, ainda, que, conforme descrito no relatório da inspecção visual de especialidade de 2013, a jusante da portela do corpo principal e da portela ME2A ocorrem duas ressurgências. Estas ressurgências devem-se a deficiências de selagem dos furos de sondagens de prospecção mineira, associadas a fenómenos de artesianismo da fundação, e não a anomalias de comportamento da IRCL ou a alterações do regime hidrogeológico decorrentes da exploração da IRCL.

2.6 - DESLOCAMENTOS SUPERFICIAS

2.6.1 - Considerações gerais

Ao longo do aterro encontram-se instaladas 41 marcas superficiais para medição dos deslocamentos em planimetria e em altimetria, com a seguinte distribuição:

- 3 marcas no coroamento da portela MD;
- 30 marcas no corpo principal e portela do corpo principal do aterro, sendo 18 marcas no coroamento, 7 marcas na banqueta superior, à cota 245,0 m, e 5 marcas na banqueta intermédia, à cota 235,0 m;
- 3 marcas no coroamento da portela ME1;
- 5 marcas no coroamento da portela ME2A.

Desde a leitura inicial, realizada em Novembro de 2005, foram efectuadas sete campanhas de leitura, contemplando os deslocamentos em planimetria e altimetria, com uma periodicidade aproximadamente semestral em 2006 e 2007 e com uma periodicidade anual entre 2008 e 2010.

A campanha de leituras de 2011 contemplou os deslocamentos em altimetria de todas as marcas e os deslocamentos em planimetria das marcas localizadas nas banquetas do corpo principal. Nas marcas superficiais localizadas no coroamento dos aterros não foi possível efectuar leituras dos deslocamentos em planimetria, dado que os diques existentes no interior da albufeira impediam a observação das marcas superficiais a partir dos pontos estação.

Por forma a ser possível a observação das marcas instaladas no coroamento do aterro foram instalados novos pontos estação, tendo sido realizada uma leitura de zeragem de todas as marcas em Abril de 2012. A partir desta data têm sido realizadas campanhas de leituras dos deslocamentos (nas três direcções) de todas as marcas instaladas no coroamento dos aterros, com uma periodicidade aproximadamente semestral.

No Anexo 5 apresentam-se os gráficos com a evolução ao longo do tempo dos assentamentos observados em cada marca superficial e os assentamentos no tempo ao longo dos alinhamentos de marcas superficiais existentes nos vários corpos do aterro.

No Anexo 6 apresentam-se os gráficos com a evolução ao longo do tempo dos deslocamentos horizontais, quer para os alinhamentos de marcas superficiais, quer para cada marca individualmente.

Dada a mudança das coordenadas de referência das marcas superficiais é expectável que tenha sido perdida alguma informação relativa aos deslocamentos em planimetria. Assim, no Anexo 6, os deslocamentos em planimetria medidos a partir de Abril de 2012 são apresentados separadamente dos medidos até 2010 e 2011.

2.6.2 - Assentamentos (altimetria)

Da análise dos gráficos com a evolução dos assentamentos (Anexo 5) verifica-se que:

- Na portela MD os assentamentos parecem ter cessado, apesar de as últimas três observações apresentarem alguma variabilidade;
- No coroamento do corpo principal verifica-se um acréscimo relevante dos assentamentos, com uma tendência semelhante na generalidade das marcas; este comportamento deverá estar associado à compactação do betão betuminoso do revestimento do coroamento;
- Em algumas marcas da banqueta superior e da banqueta intermédia do corpo principal verifica-se, ainda, uma evolução dos assentamentos, mas com taxas de deformação reduzidas (da ordem de 0,2 a 0,4 mm/mês);
- Na portela do corpo principal verifica-se um empolamento generalizado em todas as marcas, o que se considera pouco representativo do comportamento do aterro;
- Na portela ME1, apesar de se ter verificado um ligeiro acréscimo dos assentamentos nas últimas leituras, as taxas de deformação são muito reduzidas (iguais ou inferiores a 0,1 mm/mês), devendo esta deformação estar associada à execução do revestimento do coroamento em betão betuminoso;
- Na portela ME2 as marcas superficiais MS37, MS 38 e MS40 aparentam estar estabilizadas enquanto que na marca MS39 registou-se, ainda, um ligeiro acréscimo nos assentamentos;

na marca MS41 verificou-se um acréscimo significativo na última leitura apesar da magnitude dos deslocamento ser reduzida.

No Quadro 1 apresentam-se os assentamentos máximos observados nas várias zonas do aterro.

Quadro 1 – Assentamentos máximos

Zona do aterro		**Assentamento máximo (mm)**
Portela MD		5 (MS3)
Corpo principal e portela do corpo principal	Coroamento	44 (MS13)
	Banqueta superior	26 (MS14)
	Banqueta inferior	18 (MS15)
Portela ME1		9 (MS35)
Portela ME2		7,5 (MS39)

De acordo com o exposto anteriormente e com as figuras apresentadas no Anexo 5, verifica-se que houve alguma evolução dos assentamentos das marcas no coroamento do aterro, que contudo deverá estar associada à compactação do betão betuminoso do revestimento do coroamento. Assim, torna-se importante verificar a tendência da evolução dos assentamentos nas próximas leituras.

Ao nível das banquetas do corpo principal, as leituras mais recentes evidenciam que os assentamentos ainda não cessaram na totalidade, mas as taxas de assentamento são muito reduzidas.

É de salientar que o assentamento máximo de 44 mm, obtido no coroamento do corpo principal, corresponde a cerca de 1,5% da altura do último alteamento do aterro (3,0 m), o que ainda se considera aceitável, considerando também que parte deste assentamento se deve à execução do revestimento em betão betuminoso.

No modelo de previsão do comportamento apresentado no projecto de execução, estimaram-se assentamentos máximos de cerca de 90 mm, na zona de ligação das 3ª e 4ª fases de construção ao nível da banqueta superior. No coroamento e da banqueta intermédia o valor máximo dos assentamentos estimados é de cerca de 20 mm, enquanto que na banqueta superior é de cerca de 30 mm. Comparativamente com o modelo de cálculo apenas a marca MS13 ultrapassou

significativamente as previsões do projecto, sem que no entanto, se considere que esse aspecto seja revelador de um comportamento anómalo, não havendo também evidências de comportamento anómalo do aterro.

Com base na análise das figuras apresentadas no Anexo 5 e tendo em conta o exposto anteriormente, considera-se que as deformações verticais observadas no aterro não evidenciam comportamentos anómalos. É, no entanto, importante verificar a evolução dos assentamentos nas próximas leituras, no sentido de confirmar que as deformações observadas durante 2013 se devem, fundamentalmente, aos efeitos da compactação do revestimento em betão betuminoso.

2.6.3 - Deslocamentos horizontais (planimetria)

Conforme referido anteriormente, dada a mudança dos pontos de referência para leitura dos deslocamentos em planimetria das marcas superficiais, foi necessário apresentar (Anexo 6) separadamente os resultados das observações realizadas antes e após Abril de 2012.

Da análise das figuras apresentadas no Anexo 6 verifica-se que as deformações em planimetria medidas antes da mudança dos pontos de referência são, em geral, inferiores a 10 mm, registando-se um valor máximo de 16 mm. Após Abril de 2102 as deformações são muito reduzidas, apresentando um valor máximo de 5 mm.

No Quadro 2 apresentam-se os deslocamentos horizontais máximos observados nas várias zonas do aterro.

Tal como se pode verificar nos gráficos dos deslocamentos das várias marcas, apesar dos deslocamentos serem reduzidos, existe, em geral, uma grande variabilidade na direcção dos deslocamentos das marcas, devendo este facto estar associado a erros de leitura.

Da mesma forma, verifica-se que o movimento de algumas marcas é no sentido de montante, o que, para marcas localizadas no alinhamento de jusante do coroamento, não é realista e, também, deverá estar associado a erros de leitura.

Quadro 2 - Deslocamentos horizontais máximos

Zona do aterro		Observações antes da mudança dos pontos de referência		Observações após a mudança dos pontos de referência	
		Deslocamento máximo (mm)	Sentido	Deslocamento máximo (mm)	Sentido
Portela MD		5 (*)	Jusante	3	Montante
Corpo principal e portela do corpo principal	Coroamento	10 (*)	Jusante	4	Montante
	Banqueta superior	10 (**)	Jusante	5	Jusante
	Banqueta inferior	9 (**)	Jusante	5	Jusante
Portela ME1		8 (*)	Montante	1	Jusante
Portela ME2		16 (*)	Montante	2,5	Montante

(*) Valor correspondente à campanha de leituras de 2010
(**) Valor correspondente à campanha de leituras de 2011

Por outro lado, não existe correspondência entre as marcas onde os deslocamentos em planimetria são máximos e as marcas com acréscimos de assentamentos mais significativos.

Considera-se, no entanto, que dada a reduzida magnitude dos deslocamentos horizontais, o aterro exibe um bom comportamento.

2.7 - DESLOCAMENTOS INTERNOS

Conforme referido anteriormente, dado um problema no *software* de tratamento das leitura dos inclinómetros não foi possível dispor da medição dos deslocamentos internos do aterro.

2.8 - REGISTOS SISMOLÓGICOS

Durante o ano de 2013, na área delimitada por um raio de 80 km em redor da IRCL, onde se considera que os sismos interplacas podem ter influência no comportamento da IRCL, há a registar um sismo com magnitude máxima de 3,6, com epicentro, ocorrido no dia 27 de Abril, a cerca de 80 km a Norte da instalação. No entanto, não há registo deste sismo ter sido sentido na zona da IRCL.

3 - ANÁLISE DO COMPORTAMENTO AMBIENTAL

3.1 - INTRODUÇÃO

A Mina de Neves Corvo é uma mina subterrânea de Cobre e Zinco, cujos rejeitados piríticos produzidos nas lavarias e provenientes do processamento do minério são depositados sob a forma de rejeitados espessados (até Novembro de 2010 eram depositados em polpa) na IRCL.

A Análise do Comportamento Ambiental da IRCL tem como principal objectivo analisar a evolução da qualidade da água potencialmente afectada por esta instalação e tem por base as indicações constantes na Licença Ambiental (LA) n.º 19/2008 atribuída ao Complexo Mineiro de Neves-Corvo.

No ponto 4.8 da referida LA é referida a necessidade de controlo das águas subterrâneas nos seguintes locais:

- 28 piezómetros instalados a jusante da Barragem, designadamente 6 pares existentes no corpo principal (PCL1 a PCL12), 4 pares na portela ME1 (PCL13 a PCL20) e 4 pares na portela ME2 (PCL21 a PCL28);
- 5 piezómetros localizados a jusante da Barragem (PCL31 a PCL36);
- 3 piezómetros localizados a montante da Barragem (PCL41, PCL42 e PCL43).

Os 3 piezómetros localizados a montante da Barragem, (PCL41, PCL42 e PCL43), têm como principal função servirem de cenário de referência para a qualidade da água subterrânea, na medida em que se encontram situados numa área que não sofre influência da IRCL.

Adicionalmente foram analisados 21 poços de bombagem de captação das águas de infiltração (IBR) realizados na área envolvente da IRCL e que estão associados à água proveniente da albufeira.

Os resultados obtidos durante o ano de 2013 nos locais de amostragem indicados serão analisados em termos espaciais temporais, sendo comparados com os resultados de campanhas anteriores. De salientar que embora existam dados em algumas estações desde 1998, optou-se por fazer uma análise a partir de 2011, pois foi a partir desse ano que os dados recolhidos abrangem um maior

número de parâmetros e não apresentam descontinuidades de amostragem, sendo mais fácil a sua comparação.

3.2 - ÁGUA SUBTERRÂNEA – PIEZÓMETROS PCL

3.2.1 - Locais e parâmetros analisados

Por terem características distintas, optou-se por agrupar os locais de amostragem da seguinte forma:

- Piezómetros a montante da Barragem (3 no total);
- Piezómetros a jusante da barragem, onde se incluem os grupos Corpo da Barragem, Portela ME1 e ME2 e jusante da Barragem (33 no total).

No Quadro 3 apresentam-se os parâmetros e o número de análises recolhidas por grupo de amostragem.

Quadro 3 - Parâmetros e número de análises nos piezómetros

Parâmetro	Piezómetros a montante da IRCL	Piezómetros a jusante da IRCL
pH	4 amostras	4 amostras
Oxigénio dissolvido	1 amostra	1 amostra
Condutividade	4 amostras	4 amostras
Sólidos suspensos totais	1 amostra	1 amostra
Dureza total	1 amostra	1 amostra
Cálcio	4 amostras	4 amostras
Sódio	1 amostra	1 amostra
Potássio	1 amostra	1 amostra
Cloretos	4 amostras	4 amostras
Nitratos	4 amostras	4 amostras
Sulfatos	4 amostras	4 amostras
Arsénio total	4 amostras	4 amostras
Chumbo	1 amostra	1 amostra
Manganês	1 amostra	1 amostra
Mercúrio	1 amostra	1 amostra
Cobre total	4 amostras	4 amostras
Ferro total	1 amostra	1 amostra
Zinco total	1 amostra	1 amostra

3.2.2 - Resultados obtidos

No Quadro 7.1 do Anexo 7 apresentam-se as médias dos resultados obtidos para 2013 para os 36 piezómetros analisados. De referir que se optou por agrupar os piezómetros de acordo com as suas características e localização face à IRCL.

Na Figura 7.1 do Anexo 7 apresenta-se, para os 36 piezómetros, os gráficos com a distribuição espacial dos principais parâmetros analisados em 2013.

Nas Figuras 7.2 a 7.9 do Anexo 7 apresenta-se a variação entre 2011 e 2013 dos valores médios obtidos para os grupos (Corpo da Barragem, Portela ME_1, Portela ME_2 e Jusante IRCL e Montante IRCL)

3.3 - ÁGUA SUPERFICIAL – POÇOS DE BOMBAGEM

3.3.1 - Locais e parâmetros analisados

Os 21 poços de bombagem das águas das infiltrações foram agrupados de acordo com a sua localização:

- Corpo Principal (8 poços de bombagem);
- Portela ME1 (1 poço de bombagem);
- Portela ME2 (6 poços de bombagem);
- Portela MD (6 poços de Bombagem).

No Quadro 4 apresentam-se os parâmetros e o número de análises recolhidas por grupo de amostragem.

Quadro 4 - Parâmetros e número de análises nos poços de bombagem

Parâmetro	Poços de Bombagem das águas de infiltração da IRCL
pH	4 amostras
Oxigénio dissolvido	1 amostra
Condutividade	4 amostras
Sólidos suspensos totais	1 amostra
Dureza total	1 amostra
Cálcio	4 amostras
Sódio	1 amostra
Potássio	1 amostra
Cloretos	4 amostras
Nitratos	4 amostras
Sulfatos	4 amostras
Arsénio total	4 amostras
Chumbo	1 amostra
Manganês	1 amostra
Mercúrio	1 amostra
Cobre total	4 amostras
Ferro total	1 amostra
Zinco total	1 amostra

3.3.2 - Resultados obtidos

No Quadro 8.1 do Anexo 8 apresentam-se as médias dos resultados obtidos para 2013 nos 21 poços de bombagem analisados. De referir que se optou por agrupar os poços de bombagem de acordo com as suas características e localização face à IRCL.

Na Figura 8.1 do Anexo 8 apresenta-se, para os 21 poços de bombagem, os gráficos com a distribuição espacial dos principais parâmetros analisados em 2013.

Nas Figuras 8.2 a 8.9 do Anexo 8 apresenta-se a variação entre 2011 e 2013 dos valores médios nos grupos referidos (Corpo Principal, Portela ME1, Portela ME2 e Portela MD).

3.4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão analisados os resultados, tanto espacialmente como temporalmente, procurando-se, sempre que possível, justificar os valores obtidos com as características da IRCL e da área envolvente.

No que se refere às águas subterrâneas analisadas a partir dos piezómetros (PCL), é possível perceber que em 2013 os valores obtidos apresentaram uma variação espacial pouco significativa para a maioria dos parâmetros analisados. Dentro dessa variação pouco significativa estão os metais pesados (arsénio, chumbo, manganês, mercúrio, cobre, ferro e zinco), com excepção do manganês e do ferro que apresentaram valores superiores no grupo "Jusante IRCL" em resultado de medições elevadas no piezómetro PCL31. Tanto o cobre como o zinco não apresentaram valores elevados nos piezómetros analisados.

Quanto aos sais presentes na água subterrânea, verifica-se que os piezómetros situados a montante da IRCL (piezómetros de referência) apresentam valores mais baixos de cálcio e sulfatos, mas valores mais elevados de potássio e nitratos. A elevada concentração de potássio e nitratos é uma situação esperada face à prática agrícola existente a montante da albufeira. A situação do cálcio e dos sulfatos será analisada mais à frente.

O grupo "Portela ME1" apresenta valores mais elevados de sódio e de cloretos (esta anomalia já havia sido detectada aquando da instalação dos piezómetros). Nos restantes grupos, os valores são mais baixos que os registados no ME1 e são semelhantes entre si. Em resultado das elevadas concentrações de sais (em particular do cálcio e dos cloretos) a condutividade e a dureza da água é bastante elevada junto da IRCL, diminuindo no aquífero a jusante da mesma.

O pH da água subterrânea a jusante e montante da IRCL não apresentou em 2013 grandes variações, com excepção do piezómetro PCL43 (Montante IRCL) onde foram medidos valores um pouco acima do esperado.

Em termos temporais, não se observaram variações significativas nos principais parâmetros analisados. No que se refere ao cobre e ao zinco, os valores obtidos têm-se mantido baixos ao longo dos últimos 3 anos.

Quanto ao cálcio, verificou-se um ligeiro aumento em 2013 no grupo "Portela ME1", mas dentro dos parâmetros obtidos nos restantes grupos, com excepção do grupo "Montante IRCL" onde se obtiveram sempre valores mais baixos. A concentração mais elevada de cloretos no grupo "Portela ME1" é uma situação que já se observa pelo menos desde 2011.

No que se refere aos nitratos e sulfatos, as variações anuais são pouco significativas e sem expressão de qualquer tipo de contaminação relevante nos últimos anos.

Verifica-se assim que os resultados obtidos em 2013 para as águas subterrâneas não sofreram alterações dignas de registo relativamente aos anos anteriores.

Analisando agora as águas colectadas superficialmente, observa-se que relativamente às águas subterrâneas os valores dos metais pesados são significativamente superiores, em particular o manganês, o cobre e o zinco (estes dois últimos assumem particular relevância face ao tipo de actividade da mina de Neves Corvo). O grupo onde se verifica uma concentração superior destes elementos é o "Portela ME2".

Quanto aos sais, tanto o cálcio (presente na água da albufeira em resultado da adição de cal para controlo do pH), como o potássio e os sulfatos (resultantes da alteração dos sulfuretos presentes nos rejeitados e no escombro) apresentam valores acima dos observados nos piezómetros a jusante da albufeira.

Uma vez mais é no grupo "Portela ME2" onde os valores são consistentemente mais elevados. Em resultado destes valores, a condutividade e dureza da água são elevadas.

O pH das águas de infiltração é baixo (entre 4,1 e 8,0), sendo a água ácida na grande maioria dos locais analisados.

Em termos temporais, os dados disponíveis são insuficientes em alguns grupos analisados, contudo observa-se um aumento de cloretos nos últimos 2 anos no grupo “Portela MD” e de nitratos no grupo “Corpo Principal”. Para os restantes parâmetros as variações ainda não são estatisticamente relevantes.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente relatório são apresentados e analisados todos os resultados da observação disponíveis, até Dezembro de 2013, numa fase em que os rejeitados são depositados exclusivamente no interior das áreas de deposição construídas para o efeito, na zona de montante da bacia da IRCL.

Com base na análise efectuada não se verificam anomalias no comportamento do aterro, quando já se atingiu o nível máximo de água na albufeira e a capacidade de armazenamento imersa de rejeitados na albufeira da IRCL se encontra esgotada.

Com efeito, a resposta do aterro ao último alteamento e ao consequente aumento de carga hidráulica foi adequada como mostra a análise dos resultados da observação do aterro e a sua comparação com os modelos de previsão do comportamento do projecto de execução, traduzida pelas conclusões que se apresentam a seguir.

A análise global dos resultados relativos aos níveis piezométricos no aterro e na fundação, mostra que, em geral, as cotas piezométricas aumentaram gradualmente com a subida do nível de água na albufeira, estando actualmente estabilizadas. É de referir que, desde o início de 2010, têm-se medido valores anómalos em alguns piezómetros (Capítulo 2.4.2), que contudo deverão estar associados a anomalias de funcionamento dos piezómetros.

De uma forma geral, verifica-se um adequado comportamento hidráulico do núcleo do aterro do corpo principal, uma vez que as perdas de carga registadas são as expectáveis. Por outro lado, no maciço estabilizador de jusante não há praticamente registo de níveis piezométricos, o que mostra que, quer os sistemas de impermeabilização (núcleo argiloso e geomembrana), quer os sistemas de drenagem interna, estão a funcionar adequadamente.

No que respeita à fundação, tal como já havia sido reportado nos relatórios de análise do comportamento anteriores, verifica-se que, no corpo principal e nas portelas ME1 e ME2A, as cargas hidráulicas para profundidades da ordem de 10 m, são elevadas em relação ao previsto nos modelos de cálculo, o que deverá ser reflexo das condições de fracturação do maciço rochoso, e que se traduz em afluências de água a jusante do aterro.

Estas afluências de água foram entretanto captadas com recurso a valas drenantes, às quais foram associados poços de bombagem que permitem restituir a água captada à albufeira e quantificar o caudal bombeado.

Há, no entanto, a referir a existência de duas ressurgências junto ao pé do talude do aterro da portela ME2C, na zona do poço IBR30. Estas ressurgências apresentam um caudal reduzido e deverão ser captadas e encaminhadas para o poço IBR30.

É, ainda, importante referir que, a jusante da portela do corpo principal e a jusante da portela ME2A, existem ressurgências importantes devidas à deficiente selagem de sondagens de prospecção mineira associada a fenómenos de artesianismo no maciço. Apesar destas ressurgências não estarem associadas à exploração da IRCL será necessário prever a sua captação e encaminhamento para poços de bombagem.

Os caudais percolados através dos sistemas drenantes dos aterros, captados nos poços a jusante, revelam, em geral, uma tendência para a redução e estabilização, sendo inferiores aos estimados pelos modelos de comportamento. É de salientar, no entanto, que nos poços IBR18 (portela do corpo principal) e IBR15 (portela ME2A), tem-se verificado um acréscimo significativo dos caudais bombeados, apesar de não terem sido detectadas quaisquer anomalias de comportamento no aterro e na fundação da IRCL.

Assim, deverá acompanhar-se atentamente a evolução dos caudais bombeados nestes poços e verificar se na envolvente destes poços ocorrem sinais de deficiente comportamento, quer do aterro, quer da fundação da IRCL.

Nos poços inseridos no maciço rochoso de fundação, que captam ressurgências de água localizadas, os caudais bombeados são reduzidos e não apresentam variações significativas ao longo do tempo. Também nos novos poços de bombagem (IBR5C, IBR6, IBR33, IBR34 e IBR35) os caudais são reduzidos sendo, em geral inferiores a 1 m^3/h.

Da análise dos deslocamentos medidos nas marcas superficiais verifica-se que as deformações horizontais do aterro são reduzidas, apresentando também alguma aleatoriedade no sentido dos deslocamentos.

No que se refere aos assentamentos observados no coroamento, foram registadas algumas variações importantes. No entanto, estas variações deverão estar associadas à compactação do betão betuminoso do revestimento do coroamento e não a deformações do aterro associadas ao carregamento da água ou dos rejeitados da albufeira.

Assim, as próximas observações dos assentamentos do aterro, que não serão influenciadas pelos efeitos da execução do revestimento do coroamento, serão importantes para verificar a tendência real dos assentamentos do aterro.

Ao nível das banquetas do corpo principal, ainda se observam alguns assentamentos, apesar das taxas de deformação serem reduzidas.

Como referido anteriormente, não foi possível dispor das observações dos deslocamentos internos, devido a um problema no *software* da análise das leituras.

Em súmula, e de acordo com o exposto anteriormente, considera-se que a Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo apresenta, do ponto de vista estrutural e hidráulico, um adequado comportamento, correspondendo, de uma forma geral, ao previsto nos modelos de comportamento apresentados no projecto de execução.

Do ponto de vista ambiental foram analisados os resultados das amostras da água captada nos pontos de monitorização localizados a montante da IRCL, nos piezómetros PCL e nos poços de bombagem (IBR) localizados a jusante do aterro da IRCL, permitindo desta forma avaliar o impacte no aquífero a jusante e a eficácia do sistema aterro/fundação na melhoria da qualidade da água de percolação.

De um modo geral, verifica-se que a maioria dos parâmetros analisados apresenta valores mais elevados nas águas superficiais de infiltração da albufeira (amostras dos poços IBR), em particular dos metais pesados (manganês, cobre e zinco), de cálcio e sulfatos e um pH bastante mais baixo.

A elevada concentração de sais como o cálcio e os sulfatos nas águas superficiais de infiltração e nos piezómetros junto e a jusante da albufeira não é observado nas águas subterrâneas a montante da albufeira, o que leva a concluir que a origem está relacionada com a deposição de rejeitados da mina e resulta do avanço da pluma de contaminação da albufeira.

Avaliando o impacte global da IRCL, verifica-se que a concentração dos poluentes gerados pela actividade mineira, e presentes na albufeira, diminui dos poços de bombagem (IBR) para os piezómetros (PCL), sendo o pH dos piezómetros neutro relativamente ao pH ácido observado nos poços de bombagem. Desta forma, conclui-se que o sistema aterro/fundação funciona como um verdadeiro filtro, contribuindo para a melhoria da qualidade da água de percolação, comprovado pela melhoria da qualidade da água da albufeira para jusante (Qualidade água PCL > Qualidade da água IBR).

É ainda de salientar que, a subida da cota de deposição dos rejeitados no limite de montante da IRCL, poderá conduzir a alterações na qualidade da água dos piezómetros de montante. Este aspecto será monitorizado pelas observações a realizar nos próximos meses.

Lisboa, 30 de Abril de 2014

José A. Mateus de Brito
(Engenheiro Civil)
(Especialista em Geotecnia O.E.)
(Insc. na O.E. sob o nº 10425)

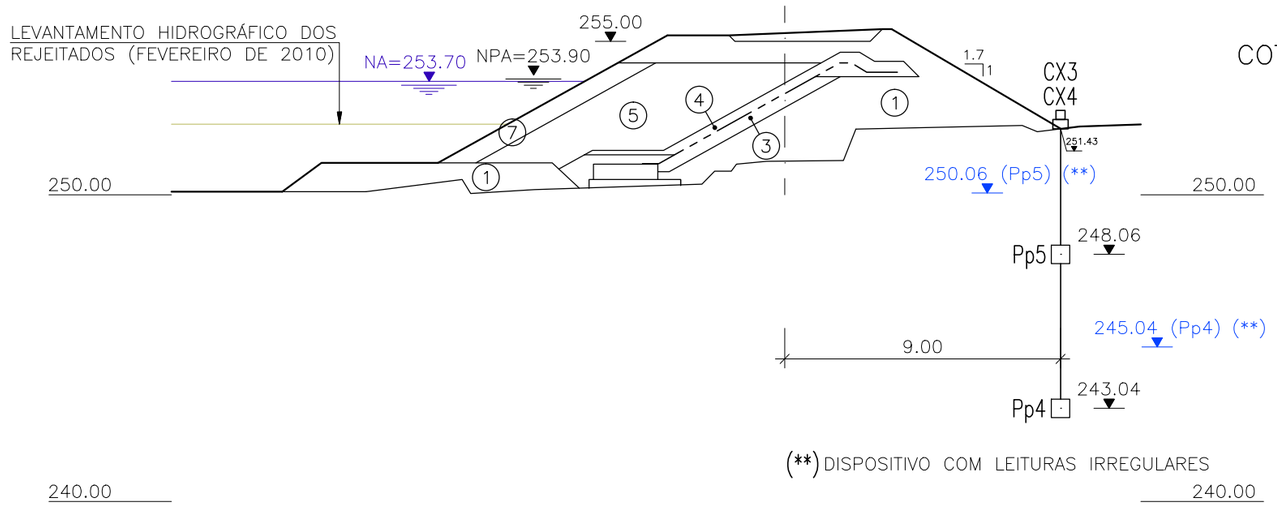
Manuel J. Romeiro
(Engenheiro de Minas)
(Insc. na O.E. sob o nº 35802)

Gonçalo N. dos Santos Tavares
(Engenheiro Civil)
(Insc. na O.E. sob o nº 59573)

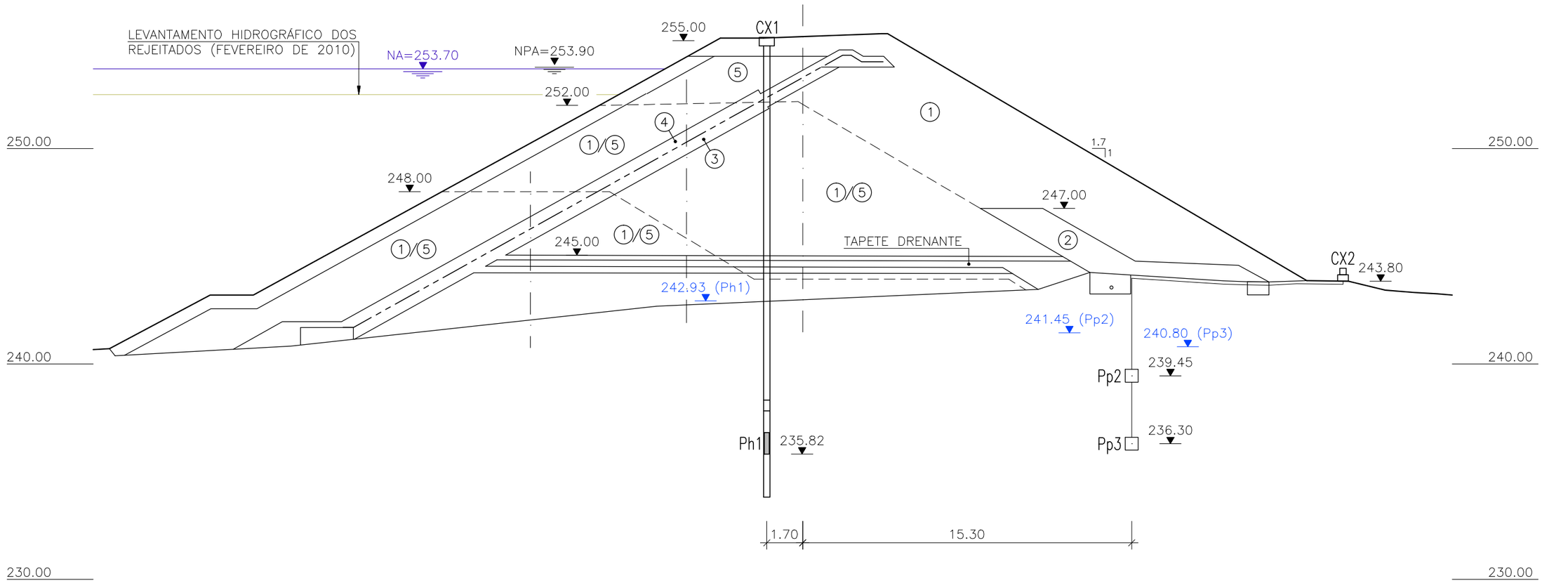
Paulo S. do Vale Pereira
(Engenheiro Ambiente)
(Insc. na O.E. sob o nº 48890)

FIGURAS

FIGURA A
COTAS PIEZOMÉTRICAS NOS PERFIS P01 E P02



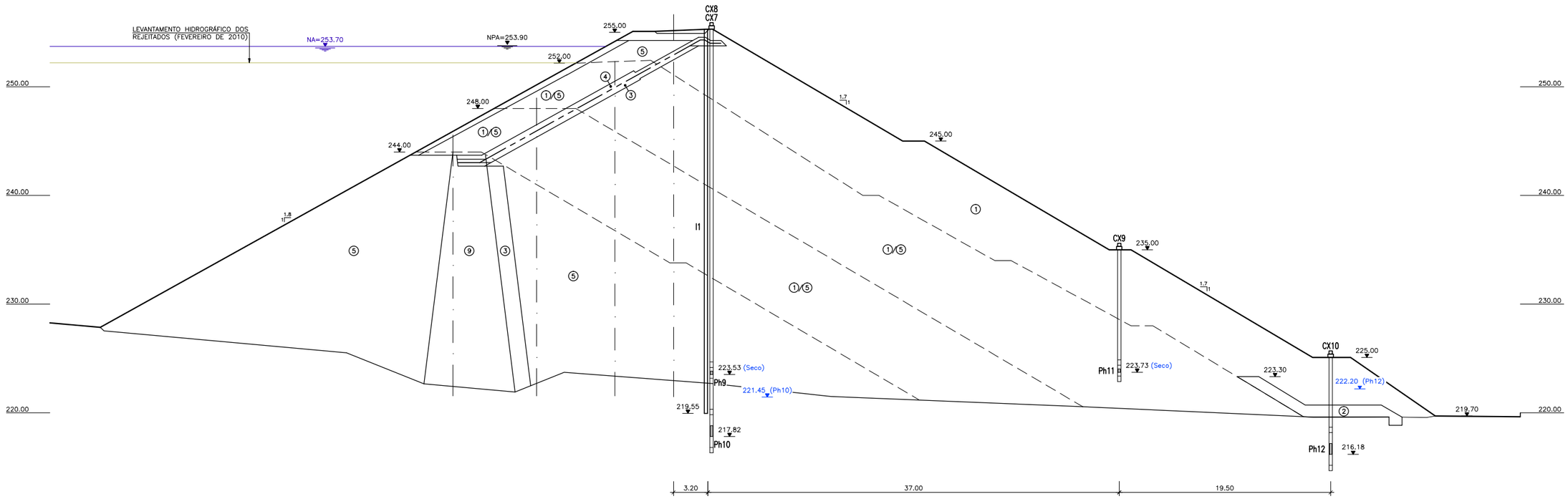
PERFIL P02 – PK0+497 (CORPO PRINCIPAL)
1/200



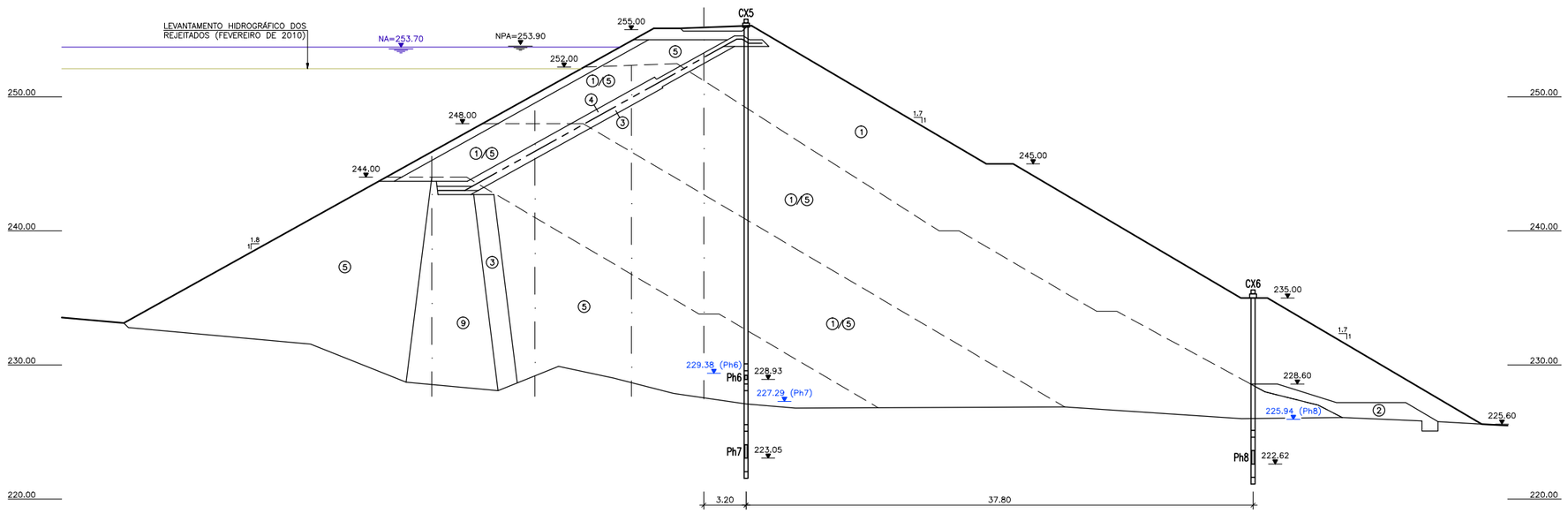
PERFIL P01 – PK0+190 (PORTELA MD)
1/200

239.30 (Pp3) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp3

FIGURA B
COTAS PIEZOMÉTRICAS NOS PERFIS P03 E P04



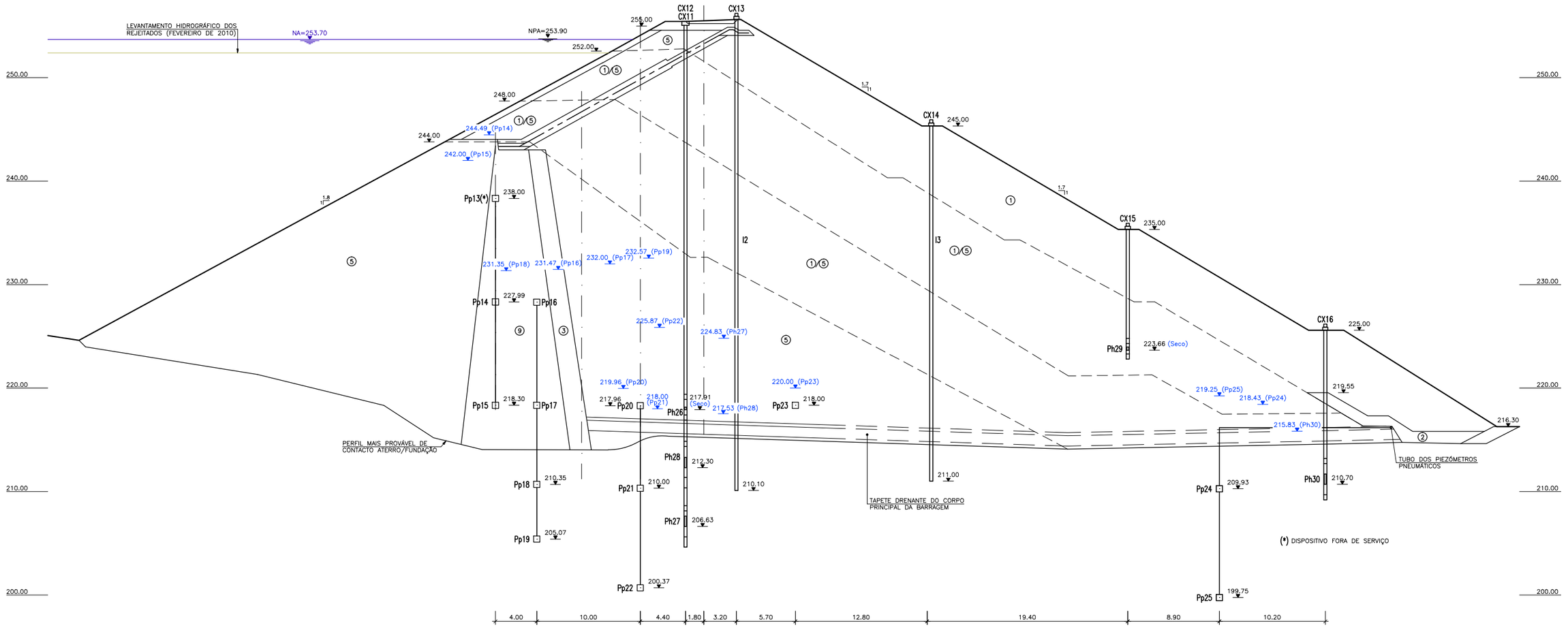
PERFIL P04 – PK0+795 (CORPO PRINCIPAL)
1/400



PERFIL P03 – PK0+750 (CORPO PRINCIPAL)
1/400

225.71 (Ph8) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Ph8

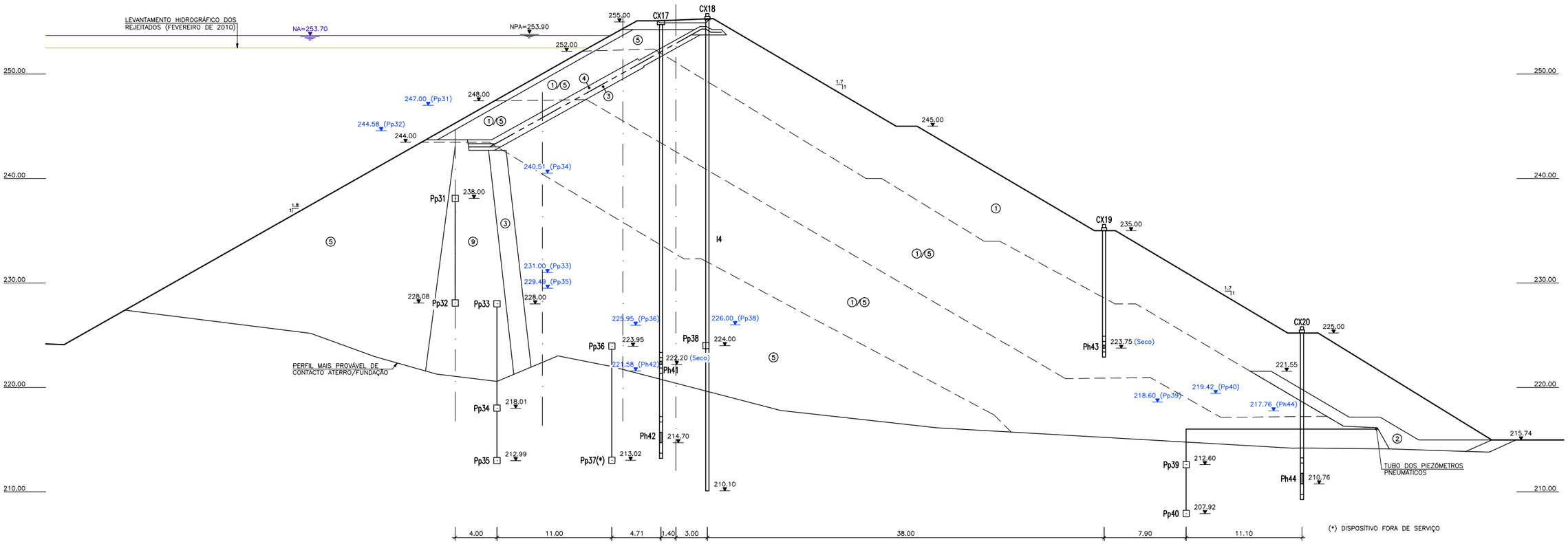
FIGURA C
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P05



PERFIL P05 – PK0+854 (CORPO PRINCIPAL)
1/400

219.25 (Pp25) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp25

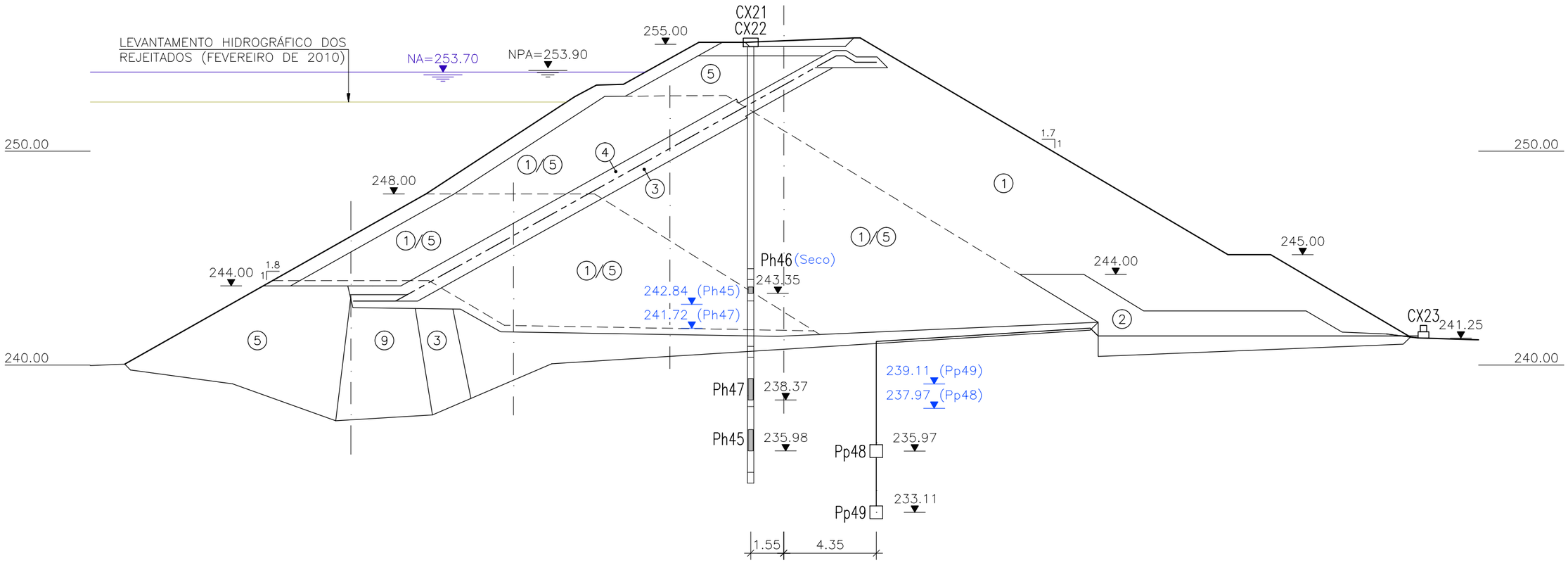
FIGURA D
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P06



PERFIL P06 – PK0+910 (CORPO PRINCIPAL)
1/400

225.50 (Pp38) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp38

FIGURA E
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P07

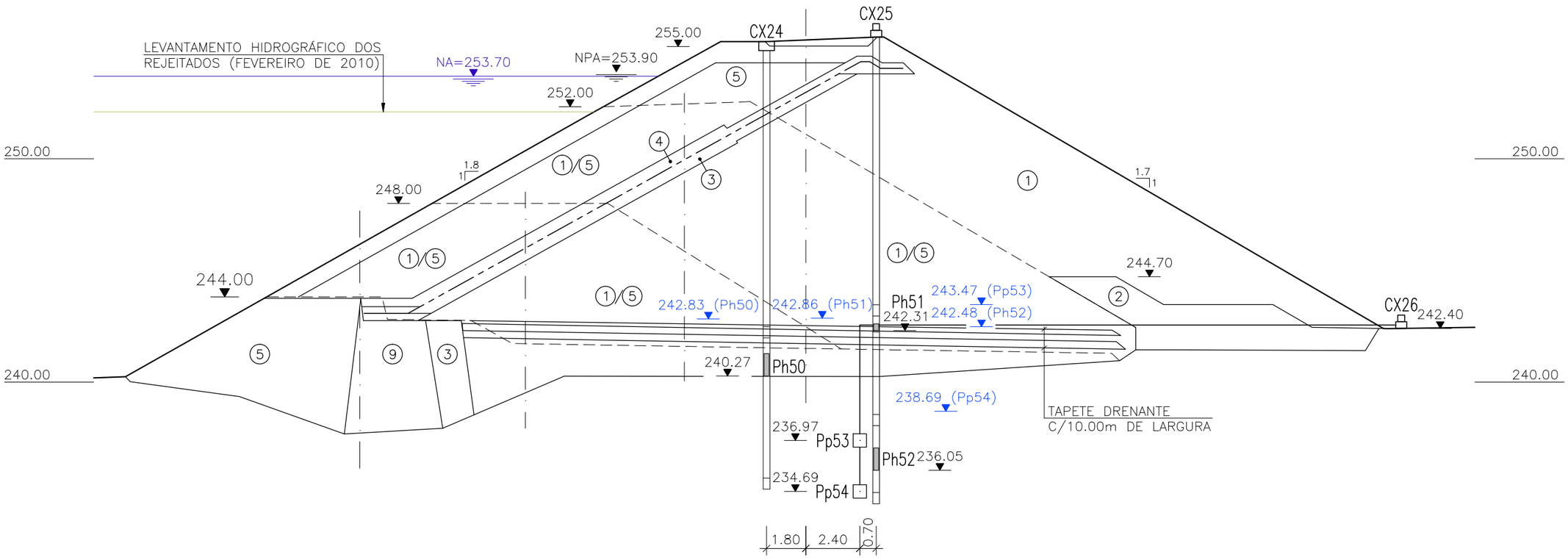


PERFIL P07 – PK1+159 (PORTELA DO CORPO PRINCIPAL)

1/200

237.97(Pp48) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp48

FIGURA F
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P08

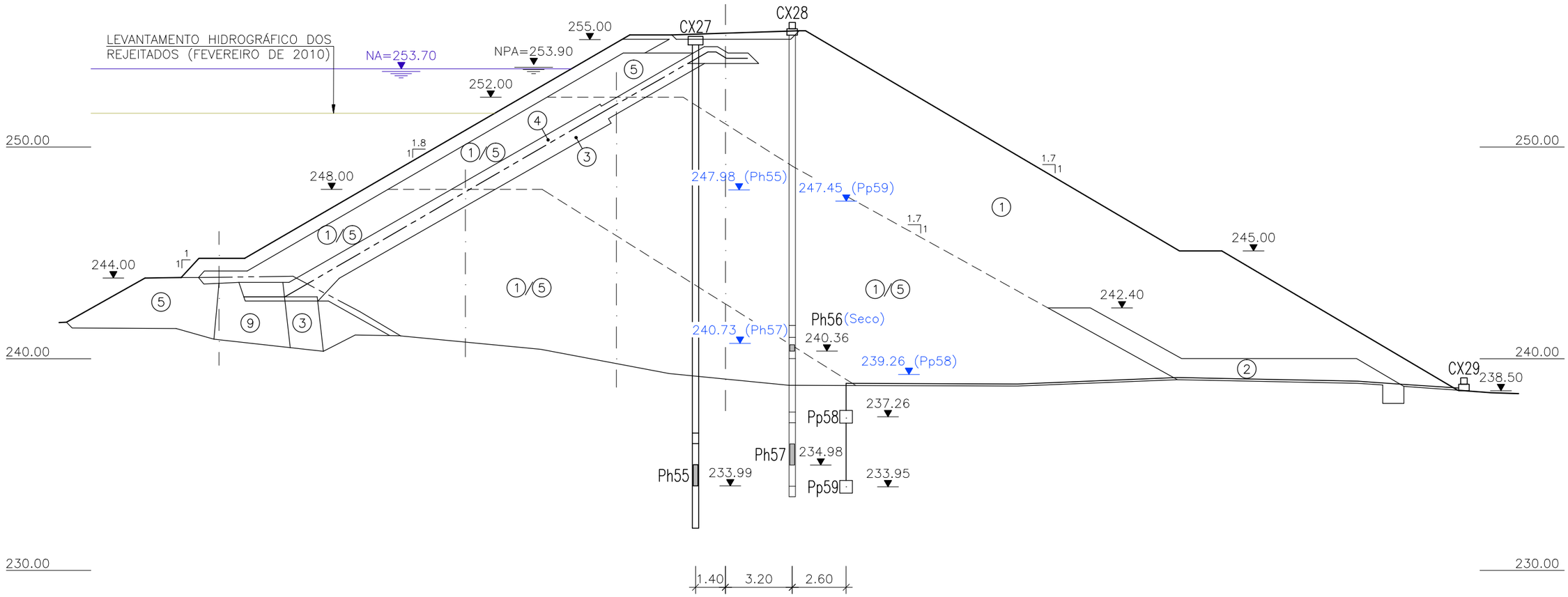


PERFIL P08 – PK1+445 (PORTELA DO CORPO PRINCIPAL)

1/200

242.62 (Ph52) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Ph52

FIGURA G
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL P09

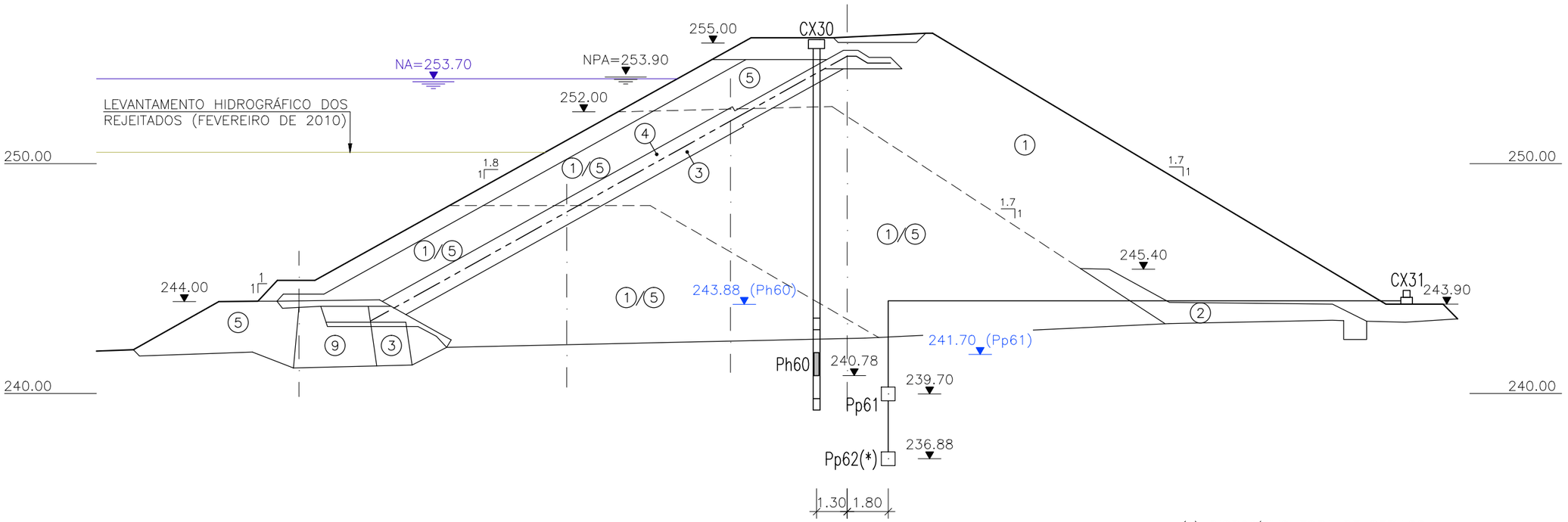


PERFIL P09 – PK1+862 (PORTELA ME1)

1/200

240.49 (Ph57) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Ph57

FIGURA H
COTAS PIEZOMÉTRICAS NO PERFL PO10



(*) DISPOSÍTIVO FORA DE SERVIÇO

PERFIL P10 – PK2+335 (PORTELA ME2A)

1/200

241.20 (Pp61) – COTA PIEZOMÉTRICA NO PIEZÓMETRO Pp61

ANEXOS

DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO MONTE BRANCO

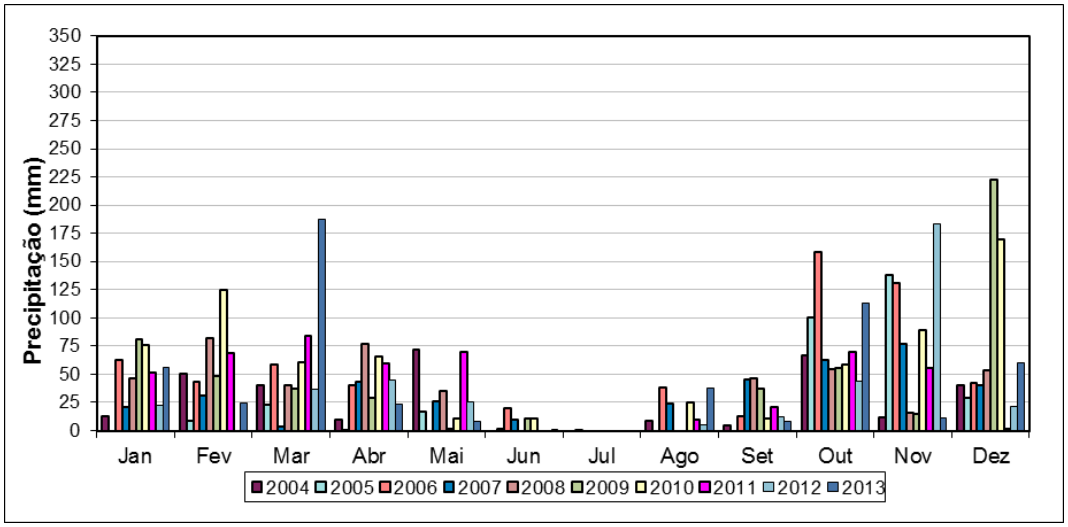


Figura 1.1 – Precipitação mensal

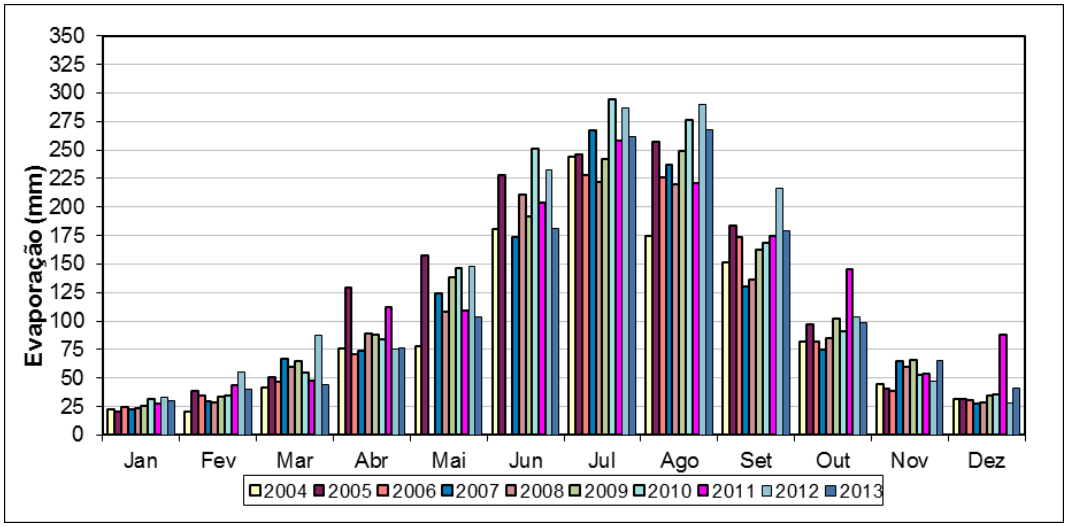


Figura 1.2 – Evaporação mensal

NOTA: Nos meses de Maio e Junho de 2006 não foram medidos os valores de evaporação devido a uma avaria no equipamento

ANEXO 1 (2/2)

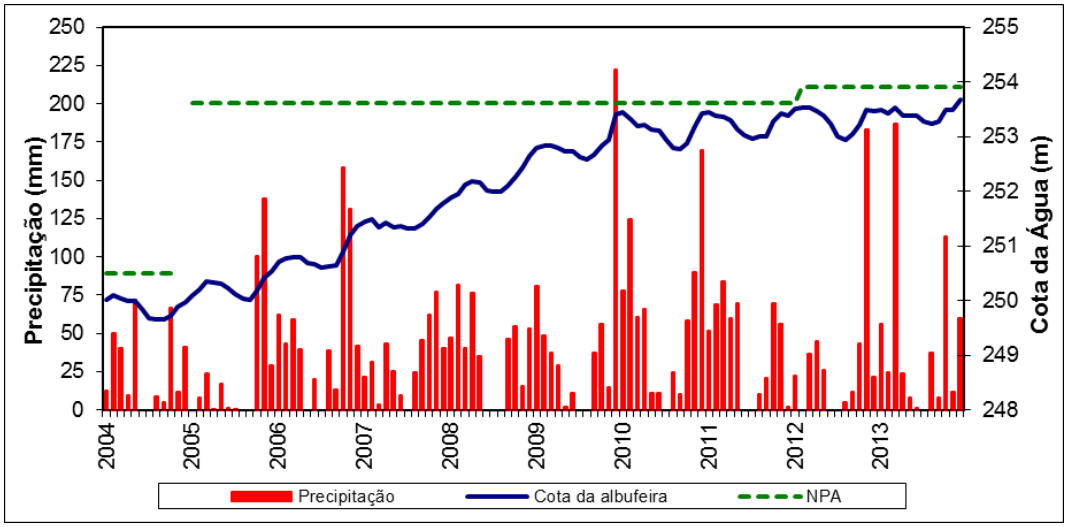


Figura 1.3 – Cota do nível de água na albufeira e precipitação mensal

NOTA: A linha a tracejado verde indica a cota nível de pleno armazenamento (3ª fase – 250,5 m; 4ª fase – 253,62 m/253,90 m)

DADOS DA PRODUÇÃO

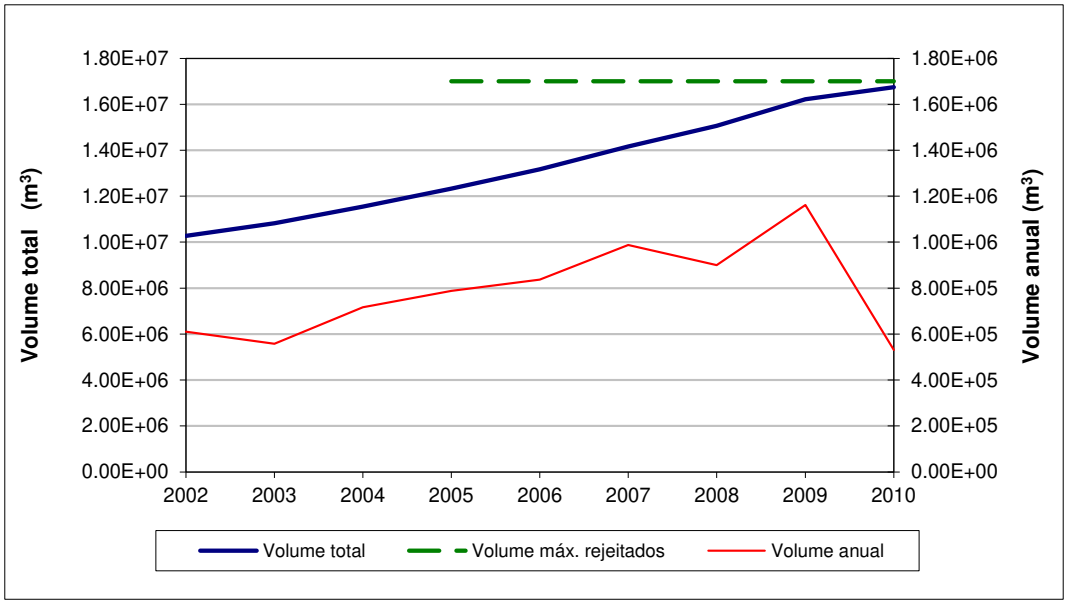


Figura 2.1 – Evolução do volume de rejeitados em polpa armazenado na albufeira e do volume anual depositado na albufeira

NOTAS:

- A linha a tracejado verde indica a capacidade máxima de armazenamento de rejeitados na albufeira;
- A partir de Junho de 2010 a deposição de rejeitados em polpa foi apenas realizada no interior das células construídas para a deposição de rejeitados em pasta (ver gráfico seguinte).

ANEXO 2 (2/2)

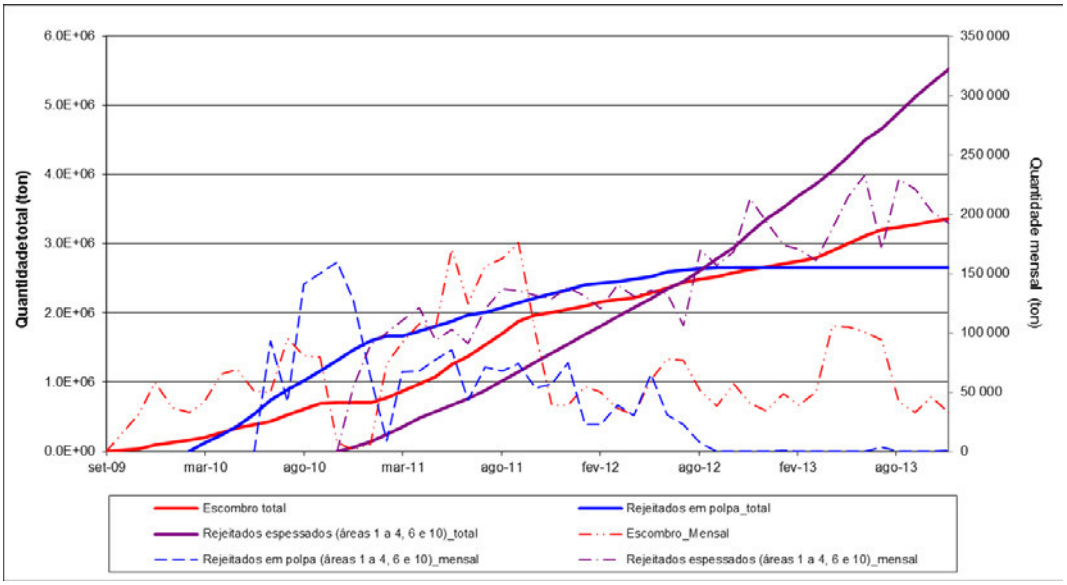


Figura 2.2 – Evolução da quantidade de escombro utilizada na construção dos diques de delimitação das áreas de deposição e da quantidade de rejeitados, em polpa e espessados, depositados no interior das áreas de deposição

NOTAS:

- Estima-se que com o sistema de deposição emersa de rejeitados espessados permita uma capacidade de armazenamento de 16,3x10^6 m^3, o que perfaz um volume total de armazenamento de cerca de 33,3x10^6 m^3 (uma vez que a capacidade de armazenamento submerso era de 17x10^6 m^3);
- Estima-se que o volume de total de rejeitados (em polpa e espessados) depositados actualmente seja de cerca 21,8x10^6 m^3. Tendo em conta que o volume de rejeitados em polpa depositados no interior da albufeira é de cerca de 16,75x10^6 m^3, o volume de rejeitados (em polpa e espessados) depositados no interior das células é de cerca de 5,05x10^6 m^3,
- Durante o ano de 2013 estima-se que tenham sido depositados cerca de 1,64x10^6 m^3 de rejeitados (em polpa e espessados).

NÍVEIS PIEZOMÉTRICOS NO ATERRO E NA FUNDAÇÃO

1 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO1 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

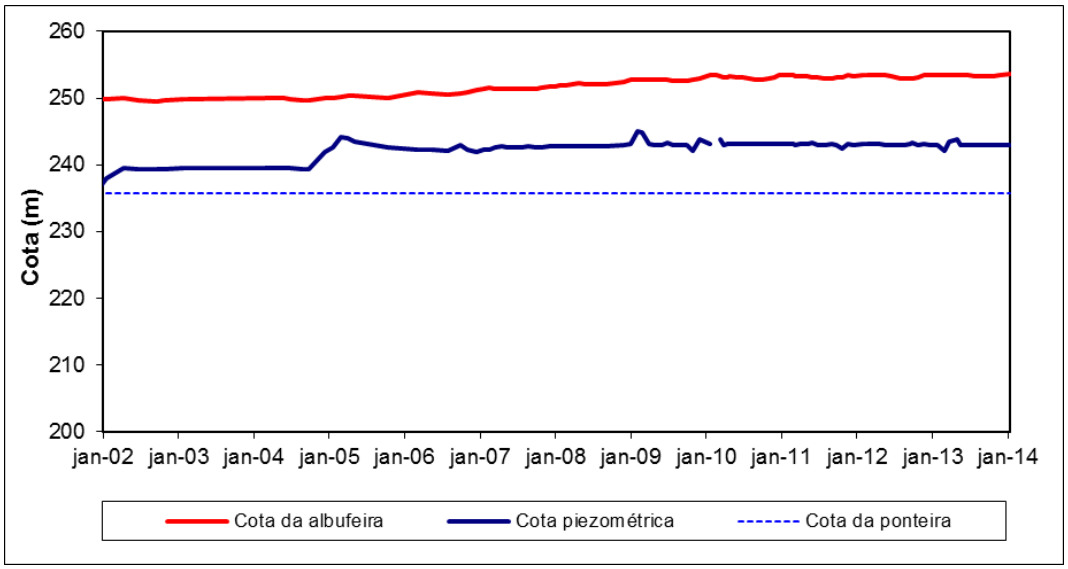


Figura 3.1 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph1

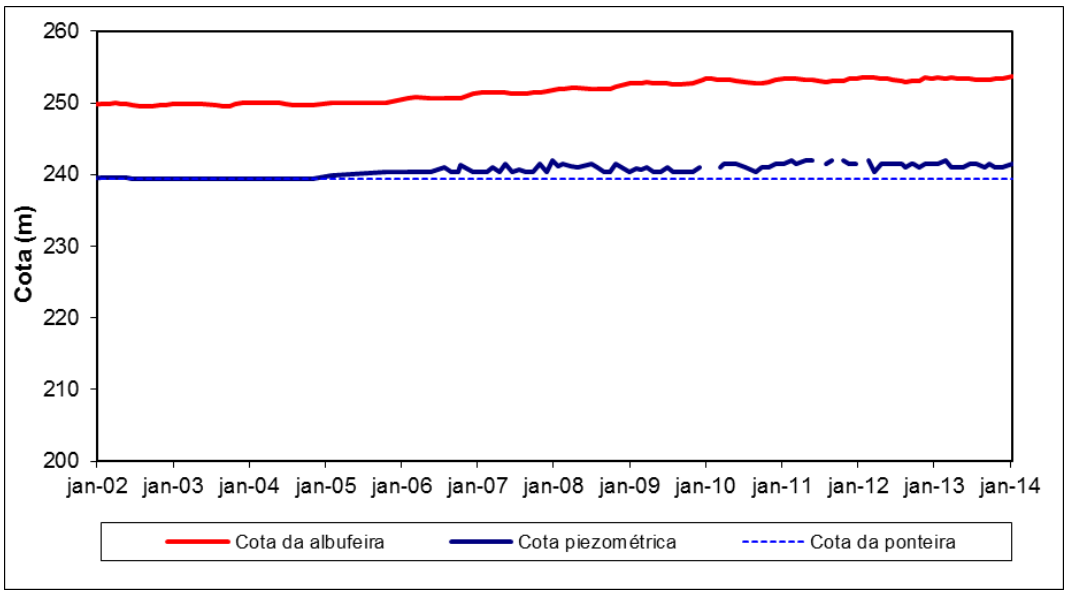


Figura 3.2 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp2

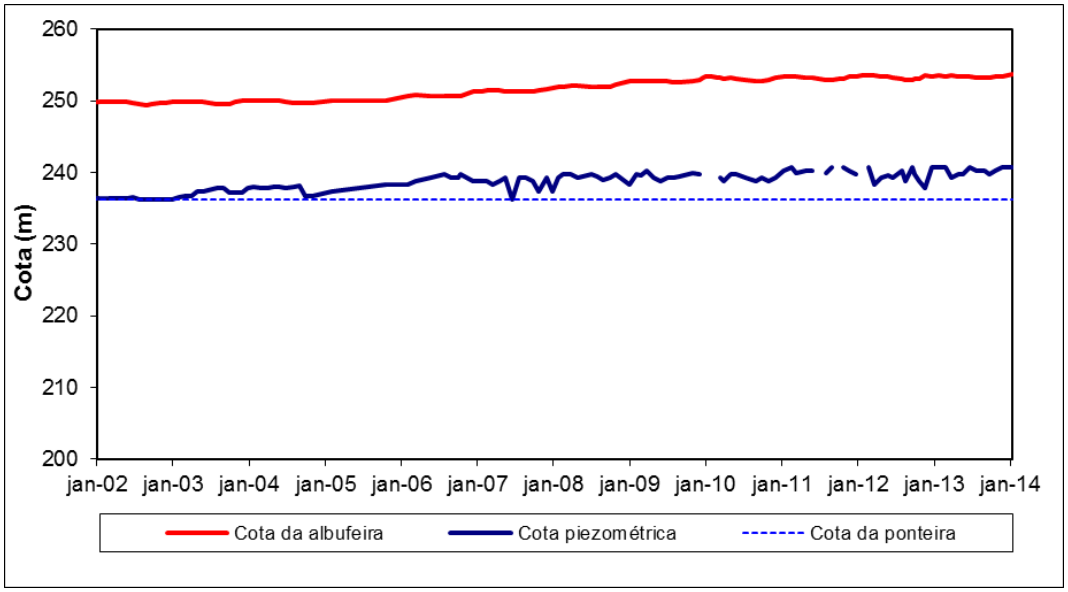


Figura 3.3 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp3

2 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO2 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

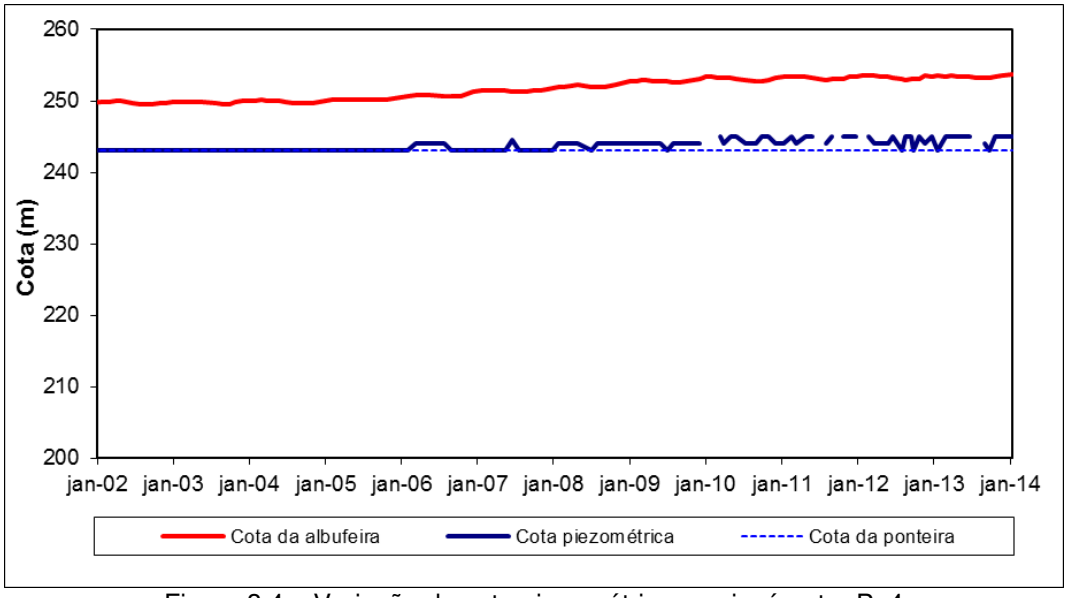


Figura 3.4 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp4

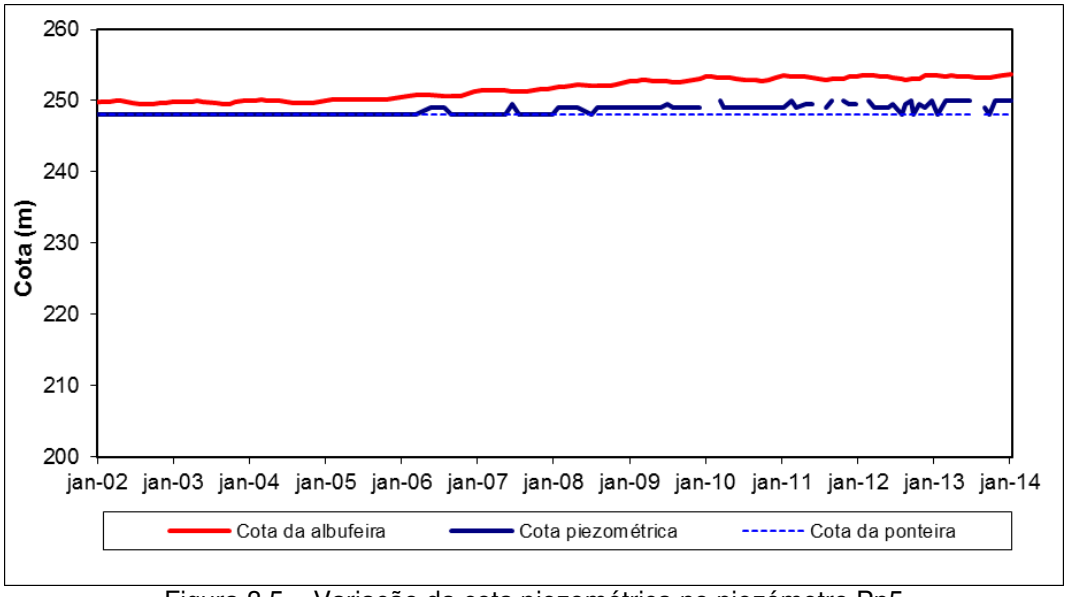


Figura 3.5 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp5

ANEXO 3 (4/54)

3 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO3 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

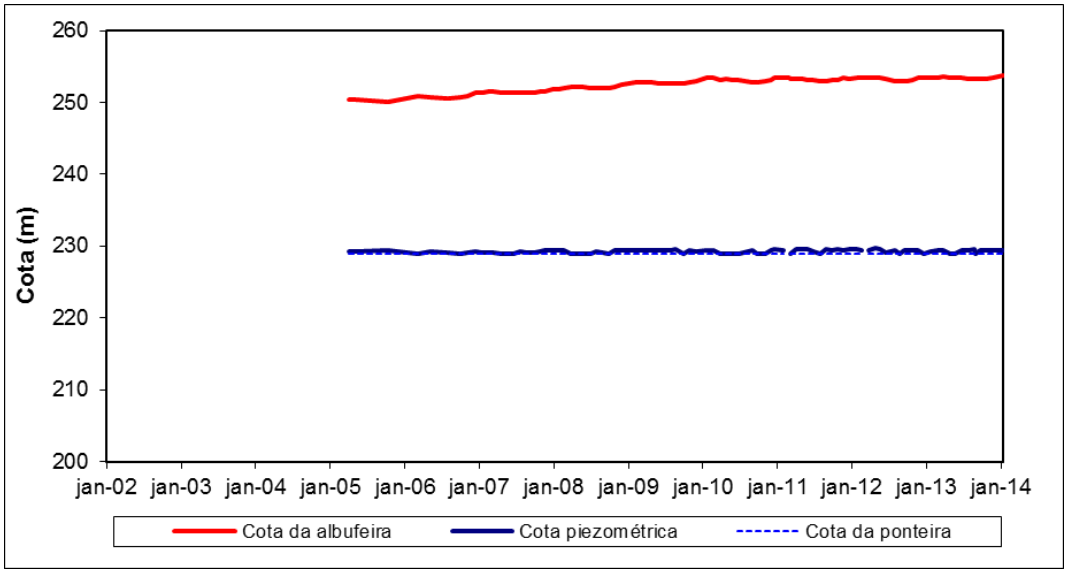


Figura 3.6 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph6

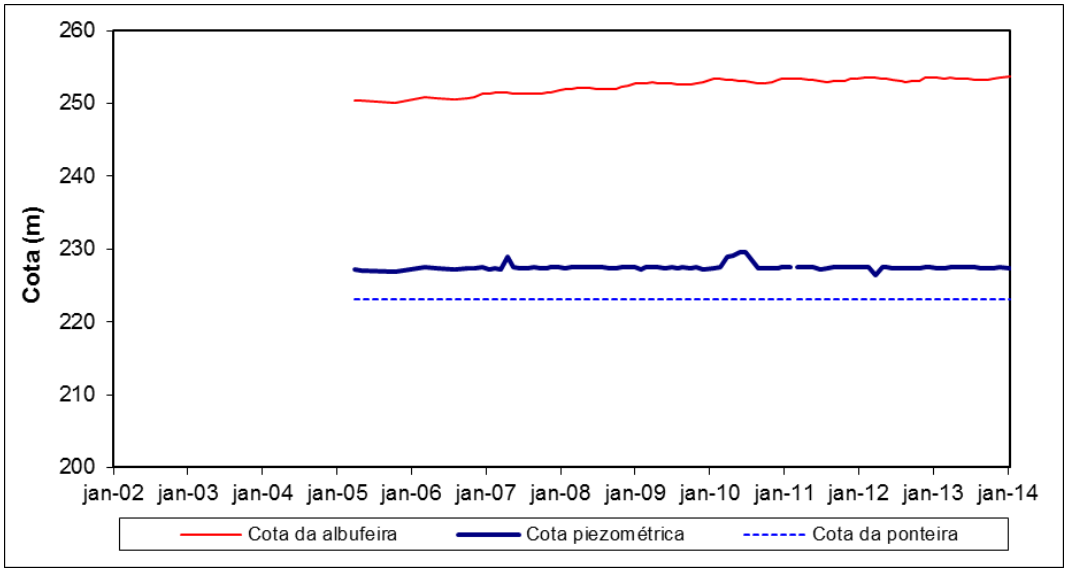


Figura 3.7 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph7

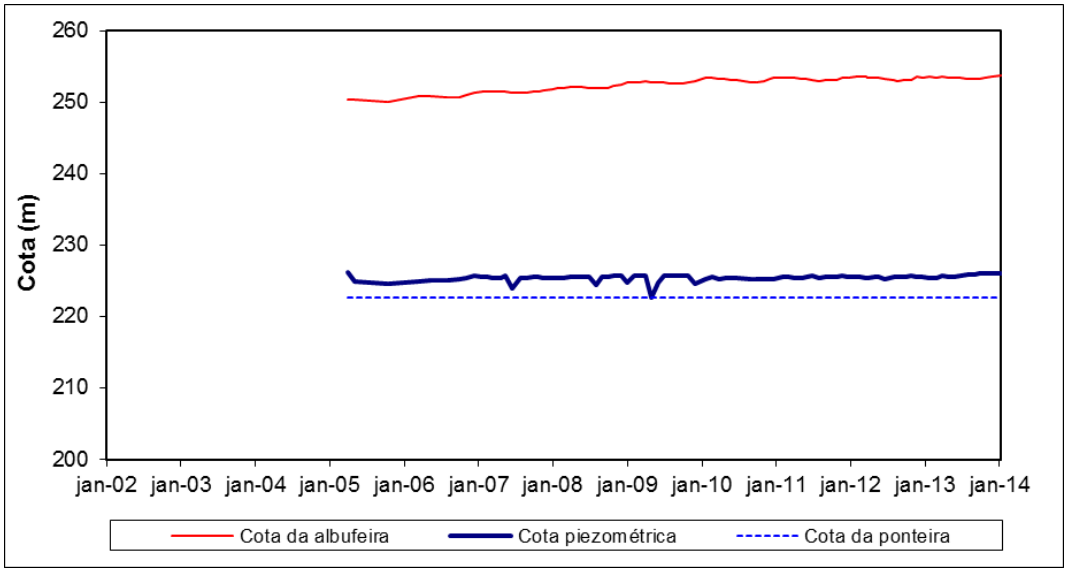


Figura 3.8 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph8

4 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO4 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

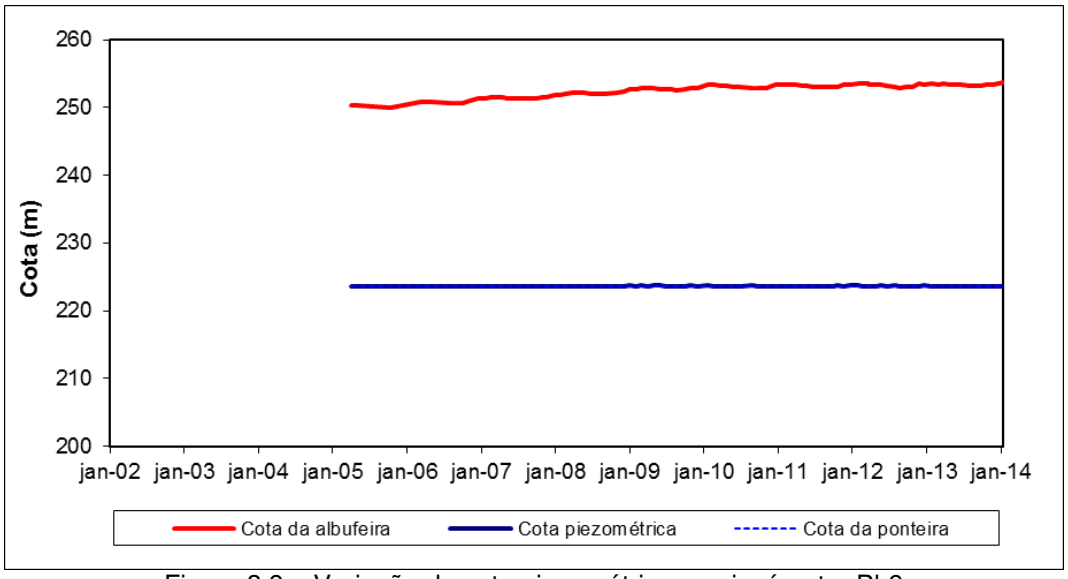


Figura 3.9 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph9

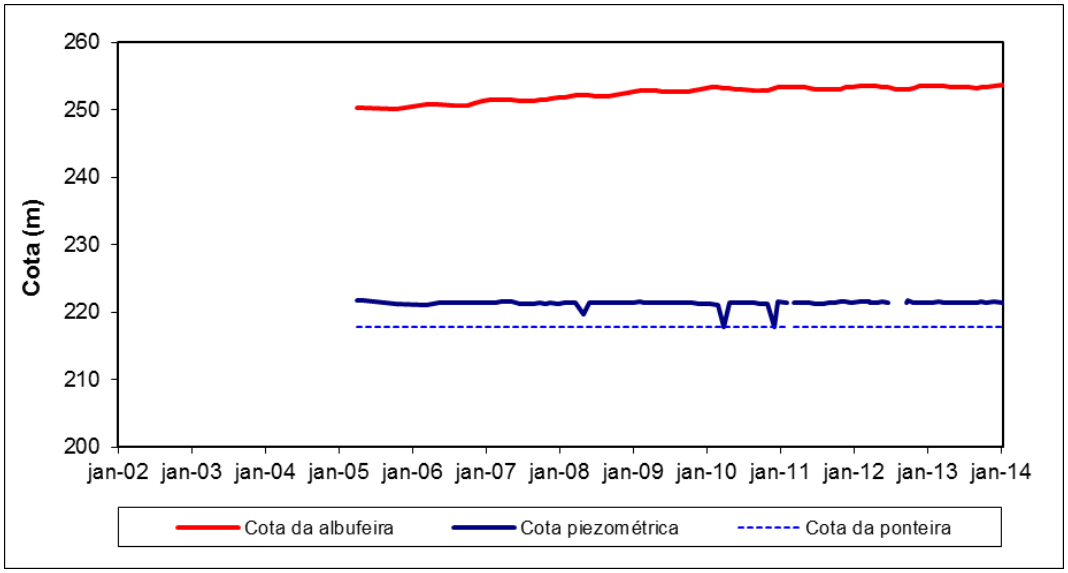


Figura 3.10 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph10

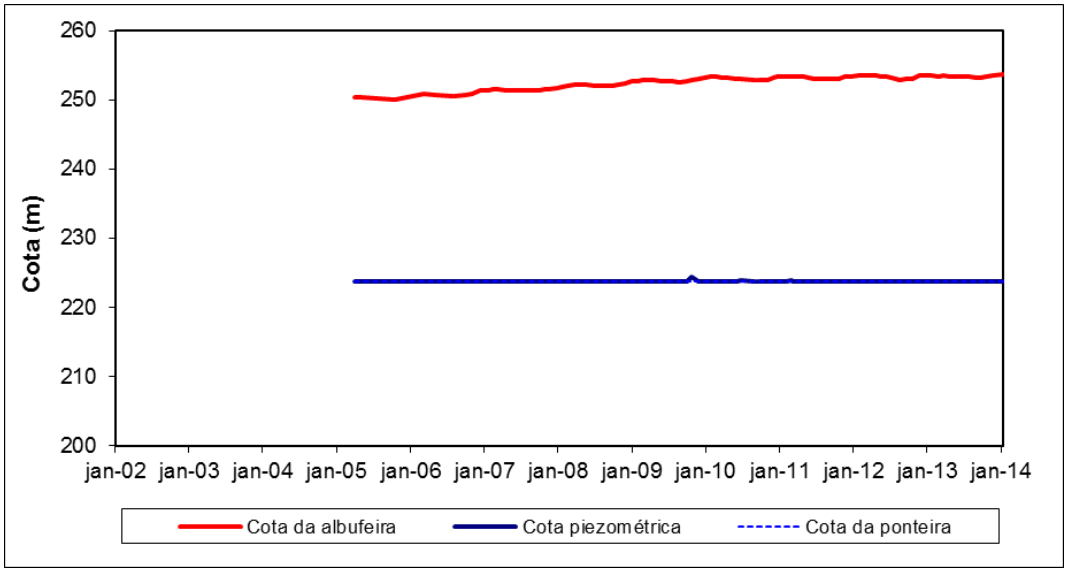


Figura 3.11 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph11

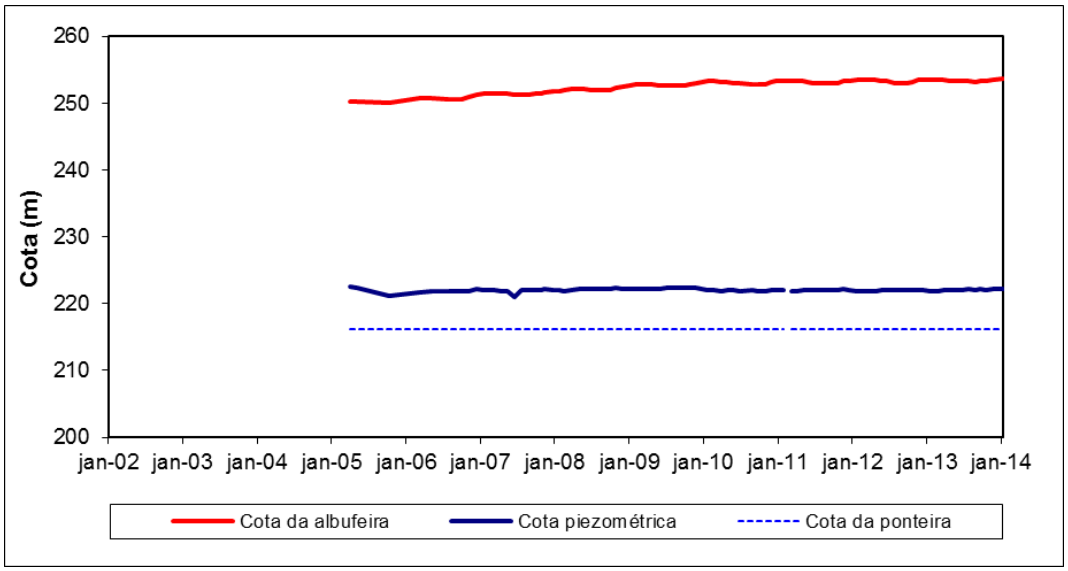


Figura 3.12 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph12

5 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO5 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

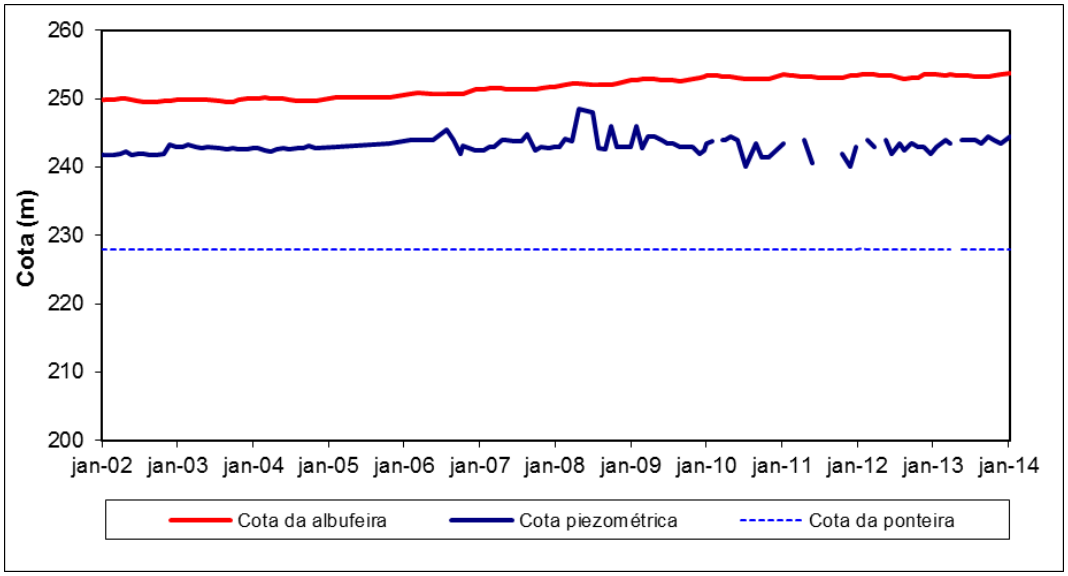


Figura 3.13 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp14

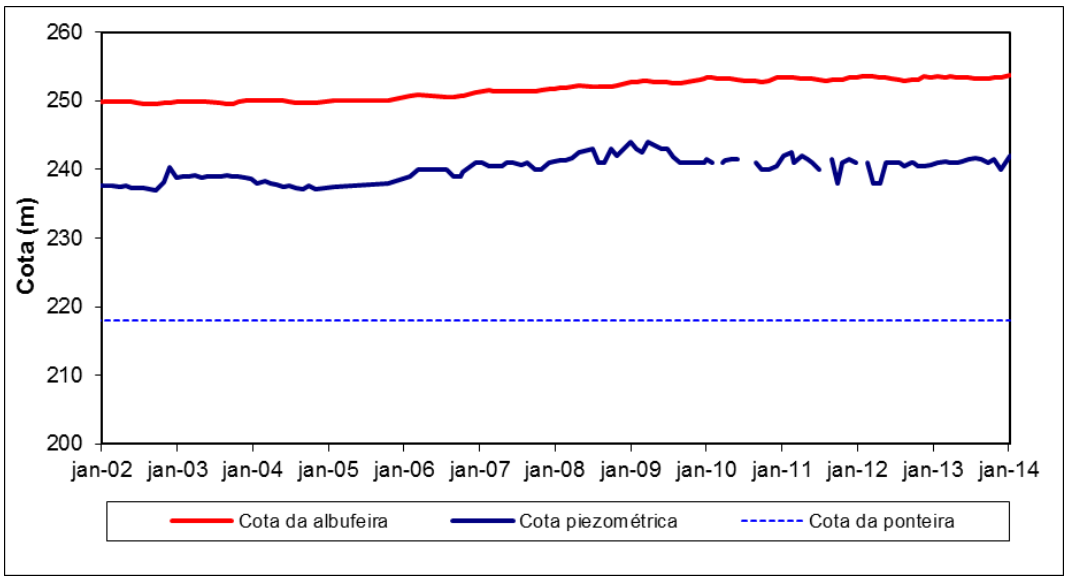


Figura 3.14 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp15

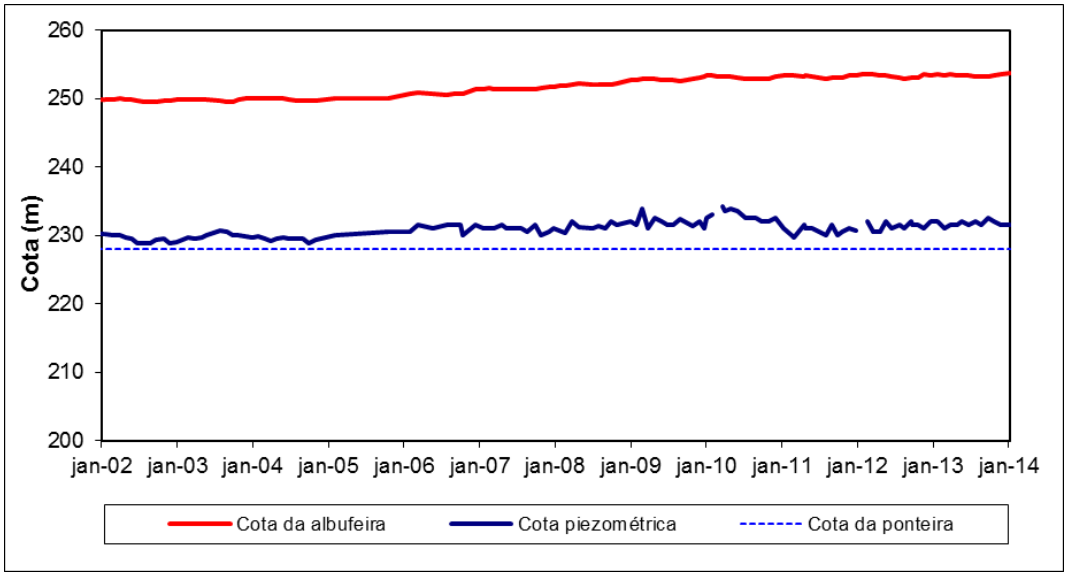


Figura 3.15 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp16

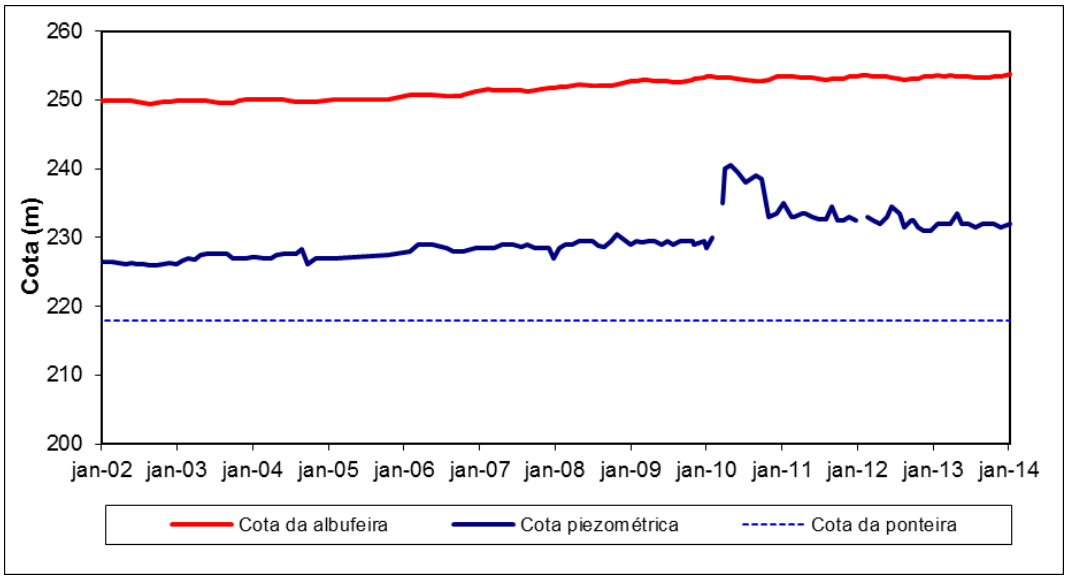


Figura 3.16 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp17

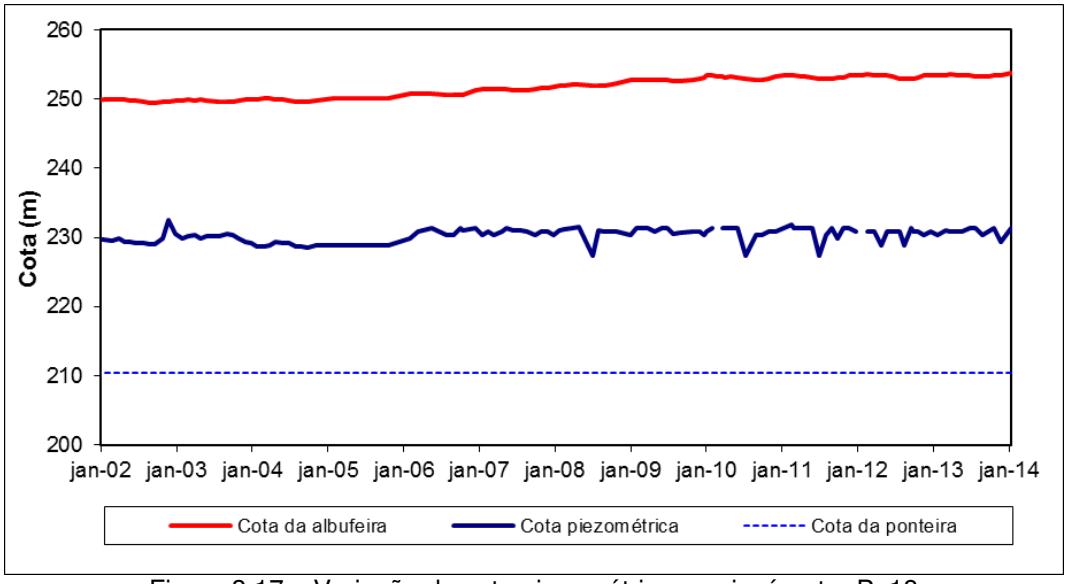


Figura 3.17 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp18

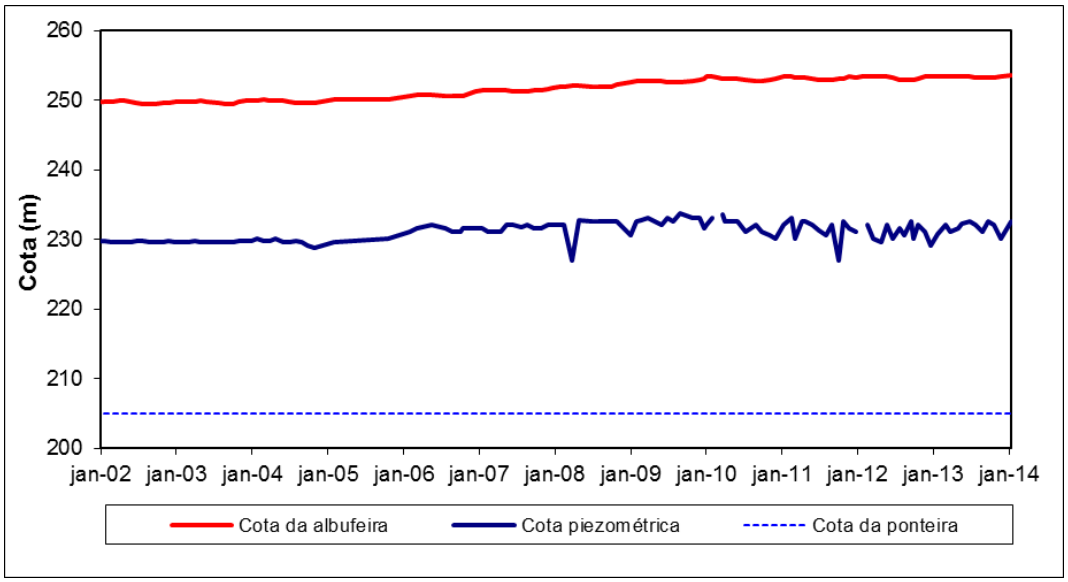


Figura 3.18 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp19

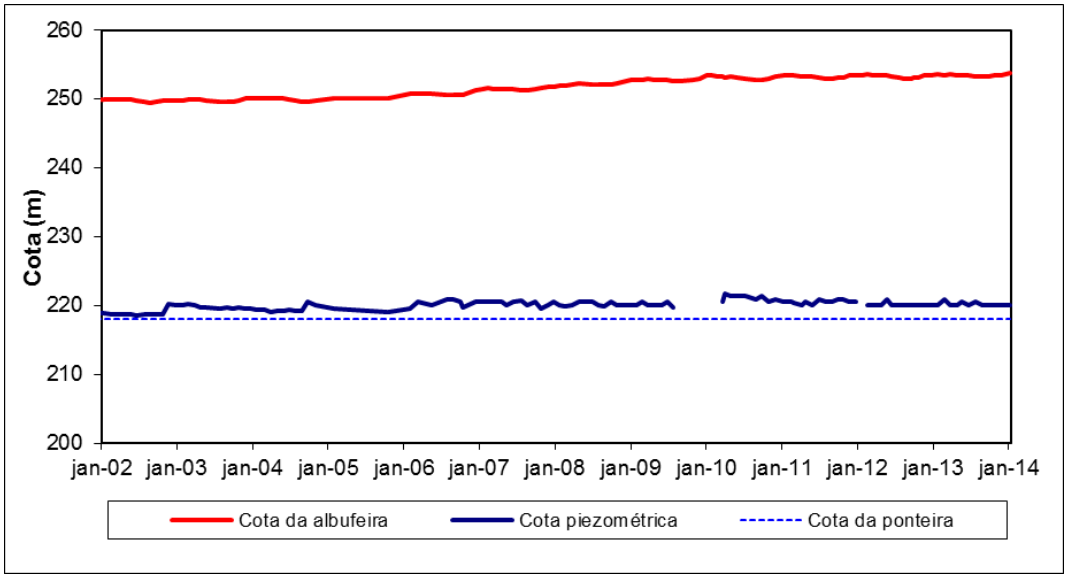


Figura 3.19 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp20

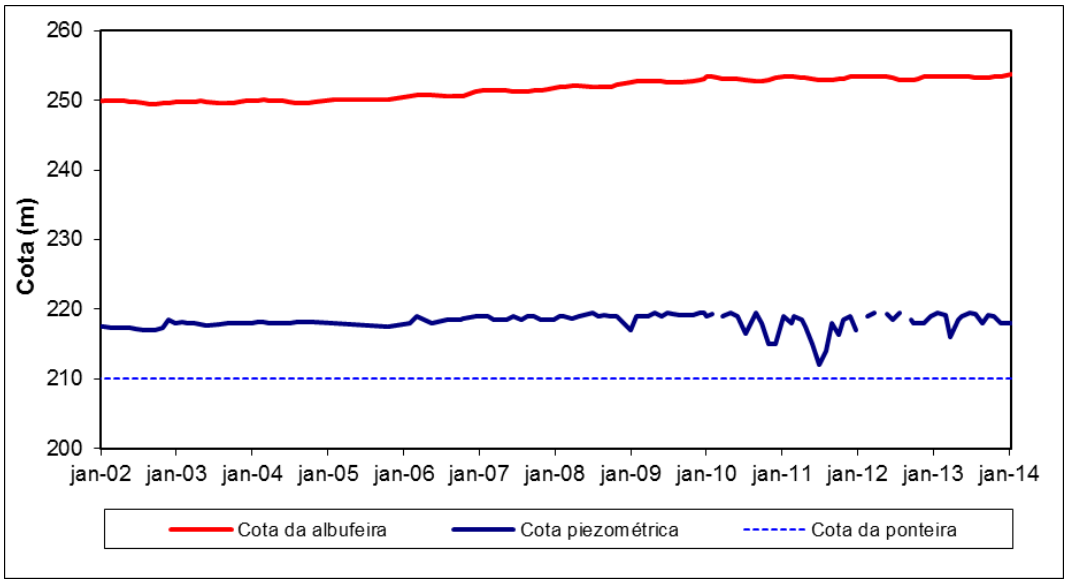


Figura 3.20 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp21

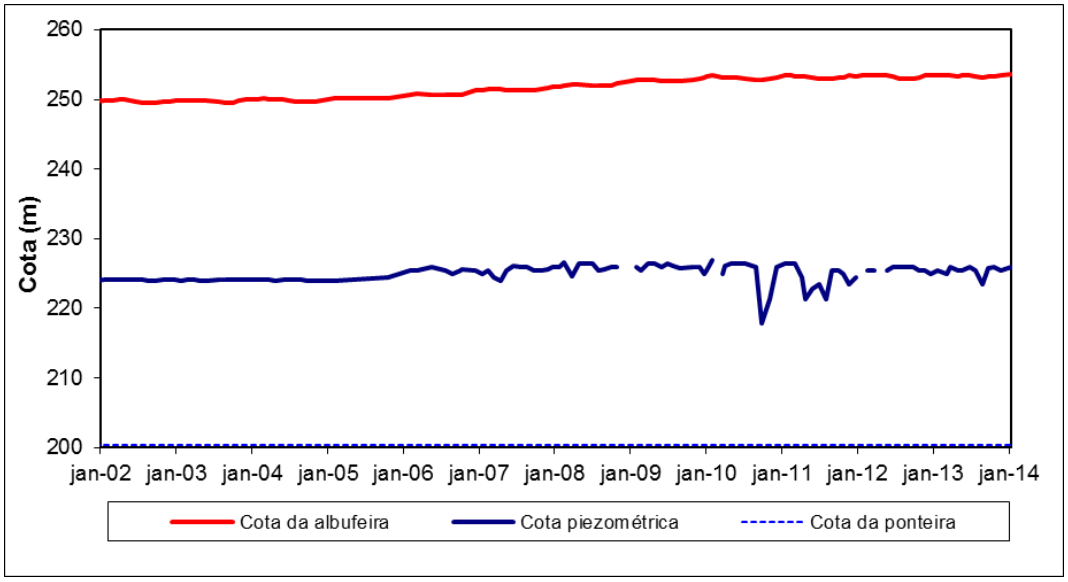


Figura 3.21 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp22

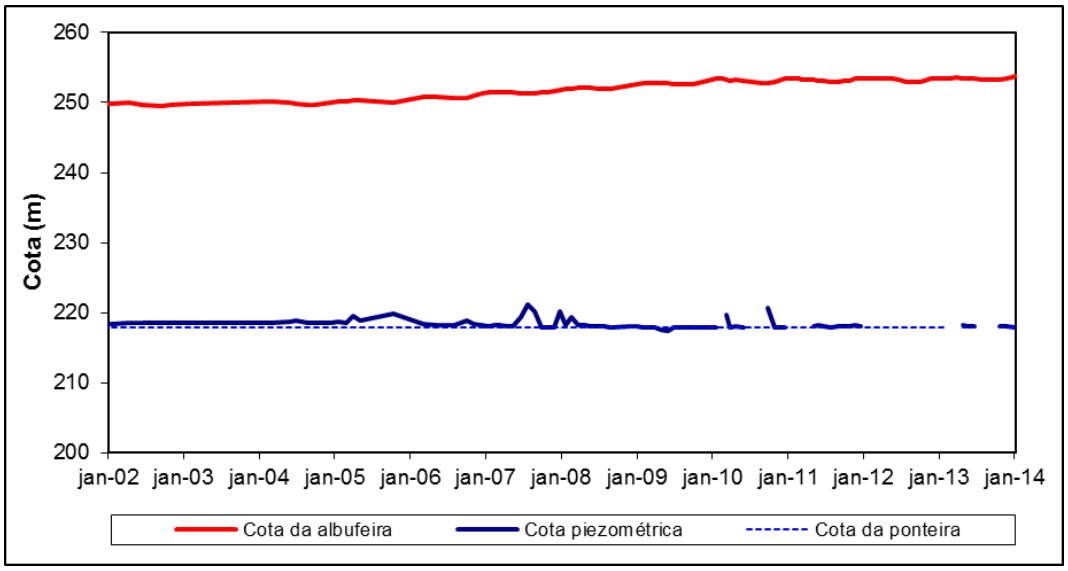


Figura 3.22 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph26

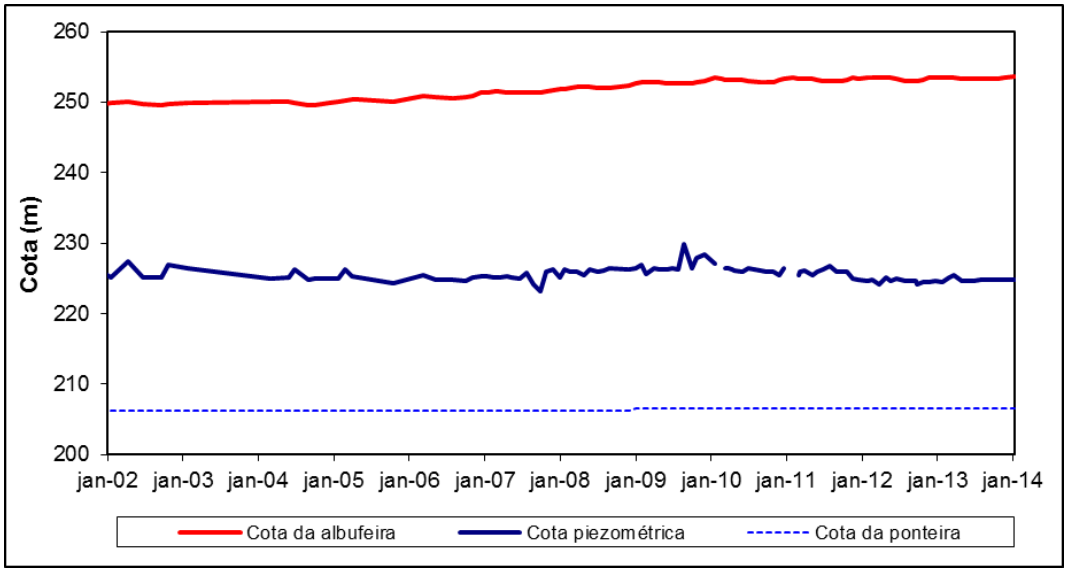


Figura 3.23 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph27

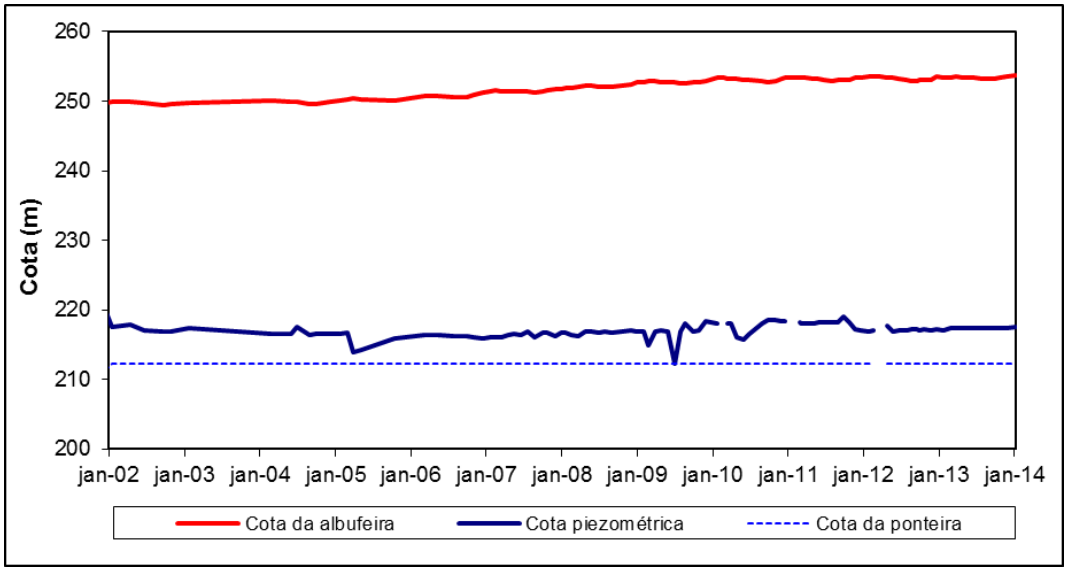


Figura 3.24 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph28

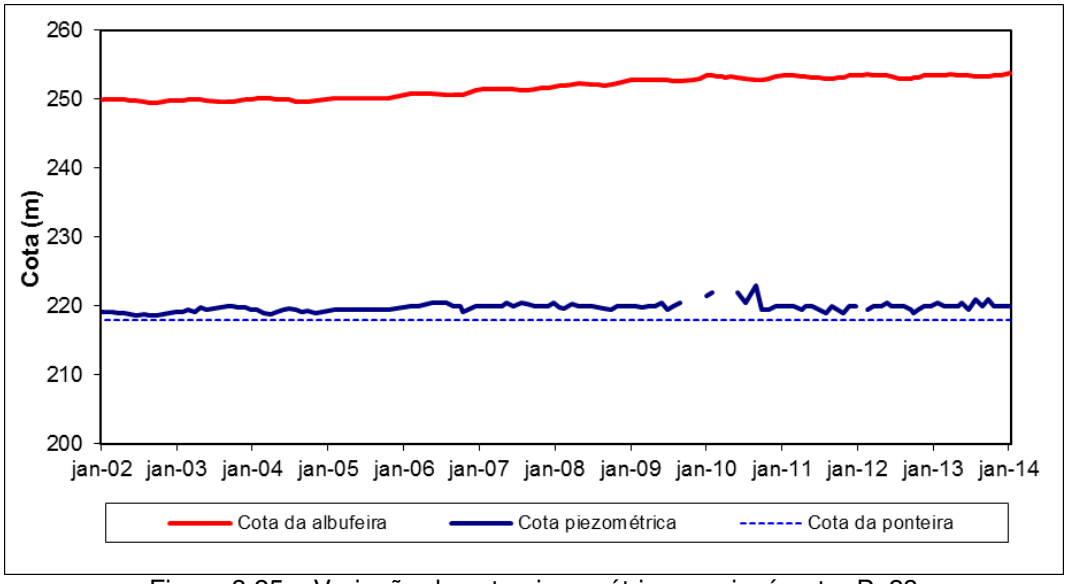


Figura 3.25 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp23

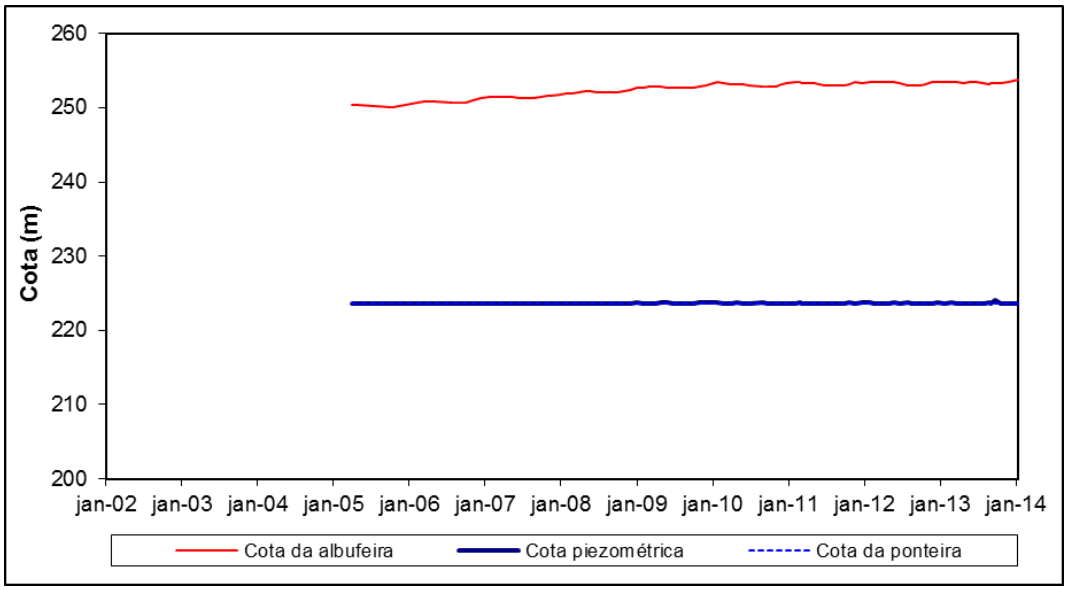


Figura 3.26 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph29

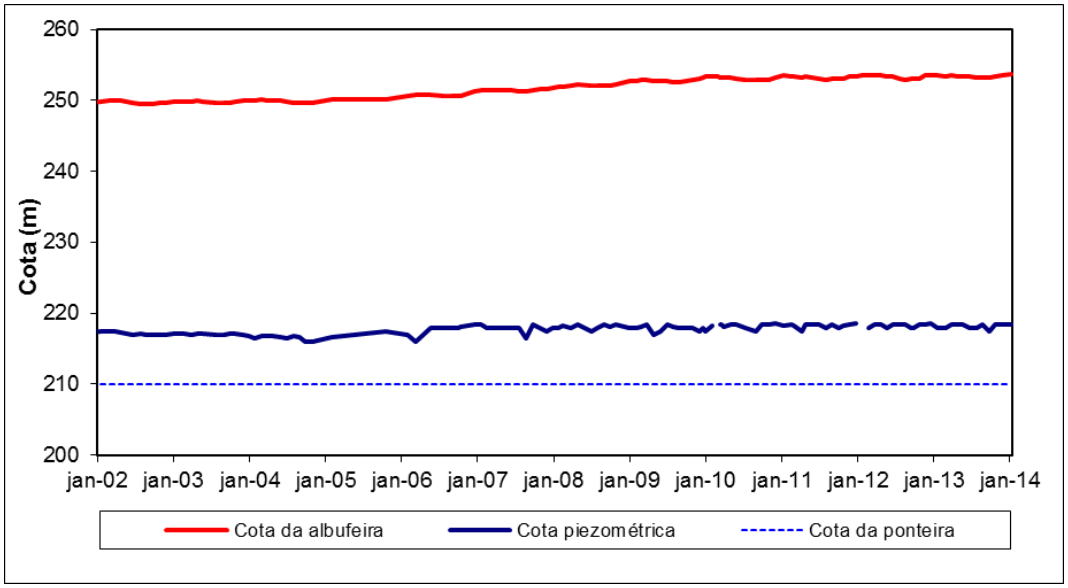


Figura 3.27 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp24

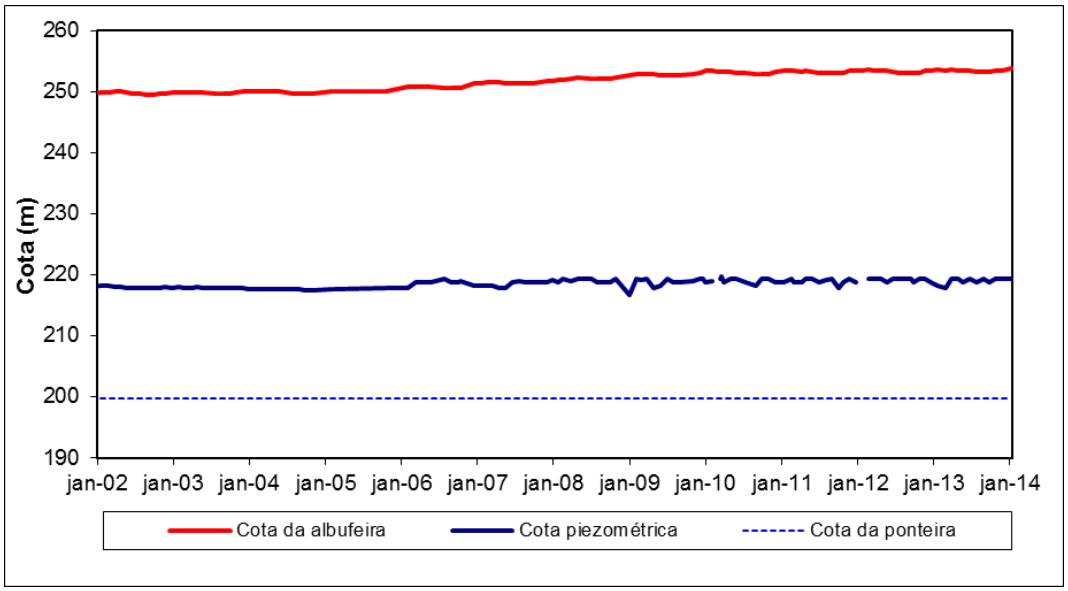


Figura 3.28 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp25

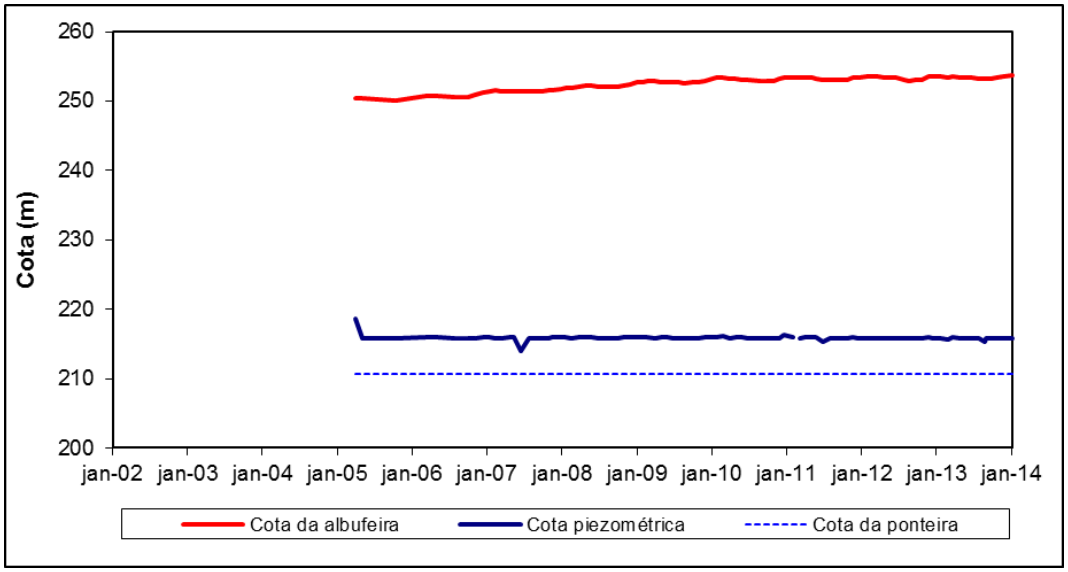


Figura 3.29 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph30

ANEXO 3 (18/54)

6 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO6 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

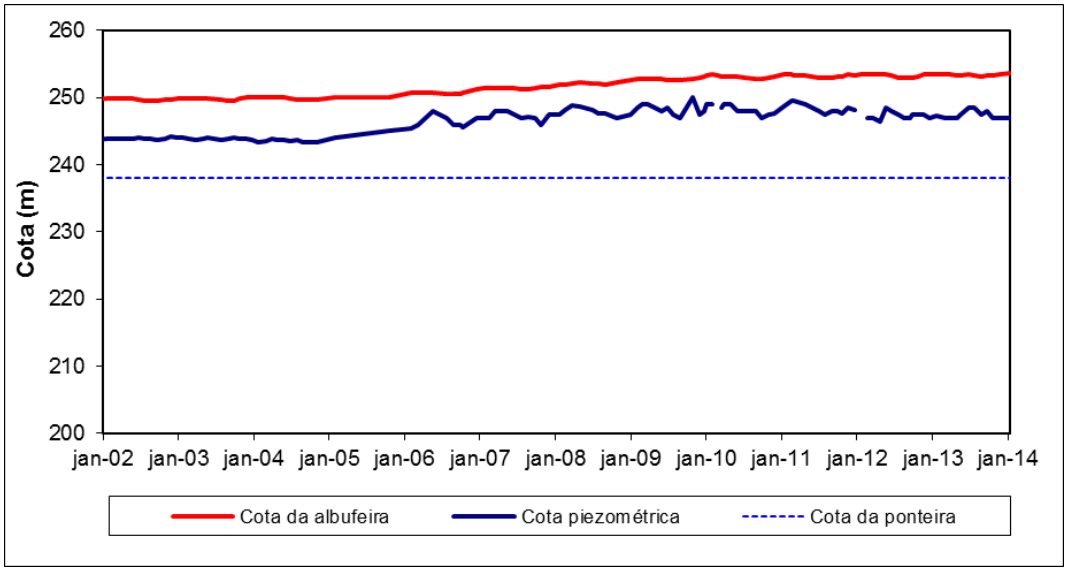


Figura 3.30 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp31

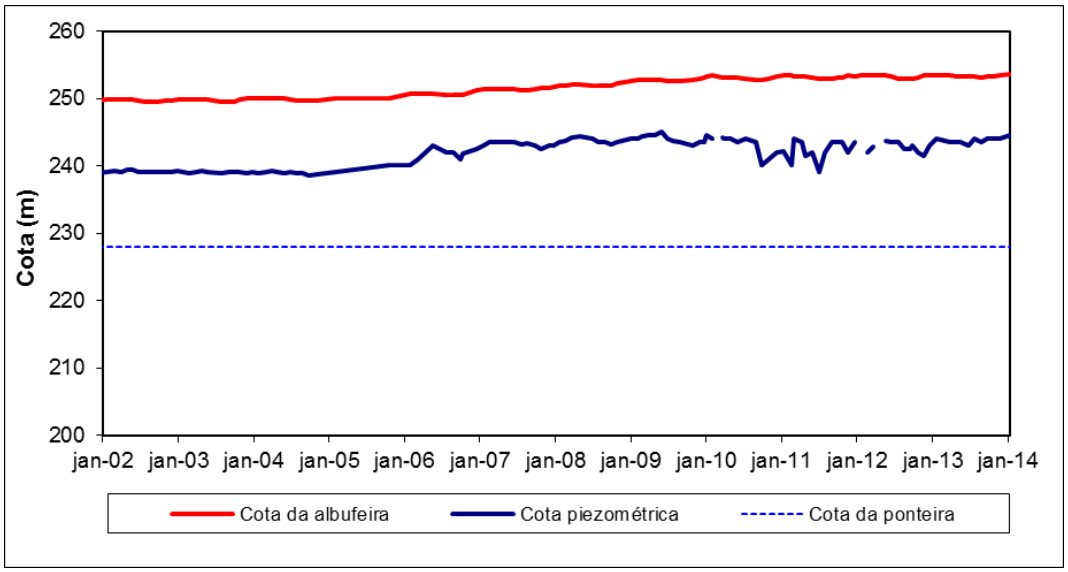


Figura 3.31 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp32

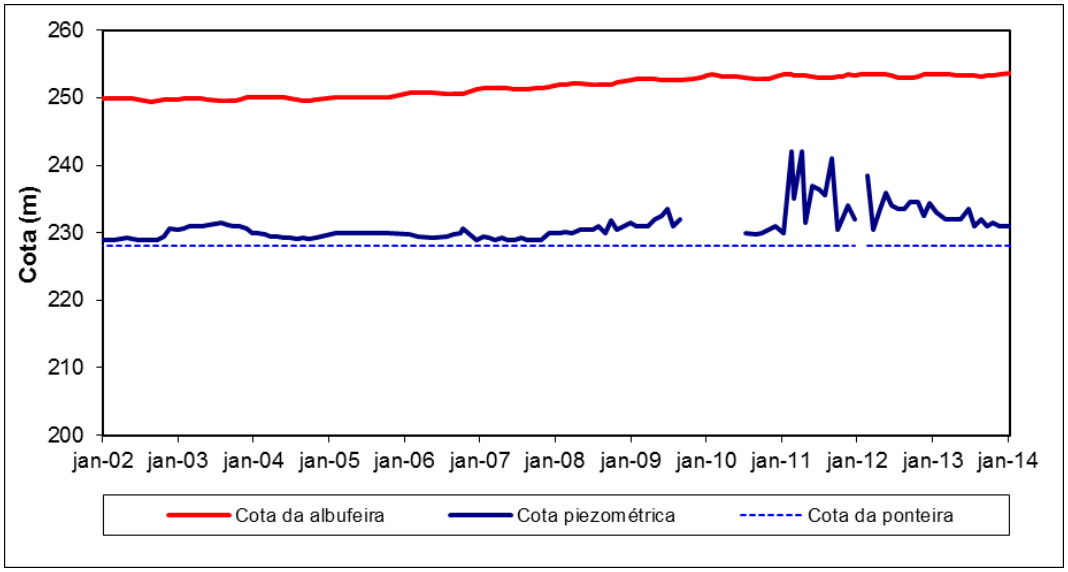


Figura 3.32 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp33

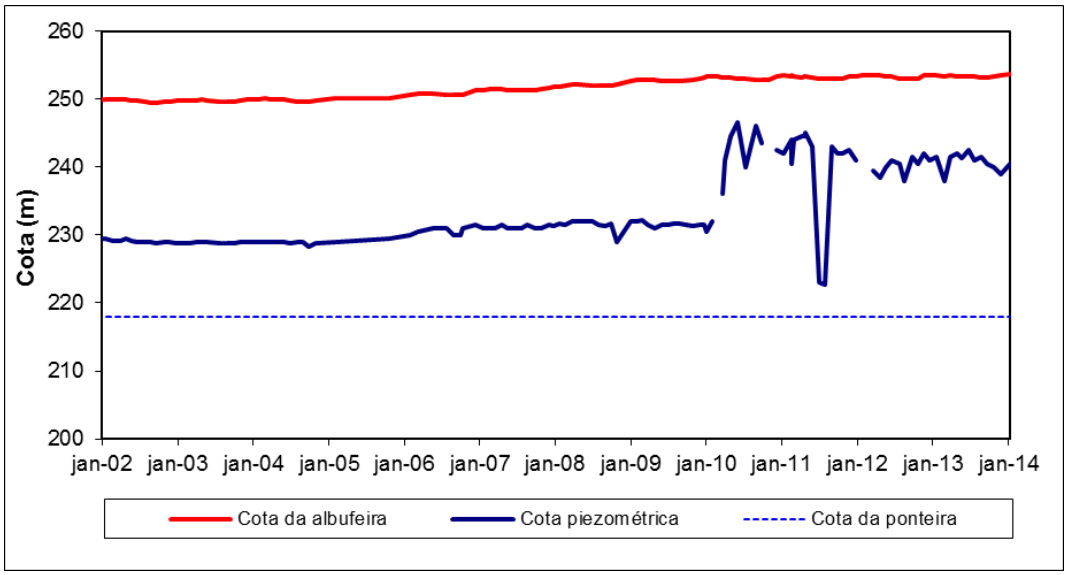


Figura 3.33 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp34

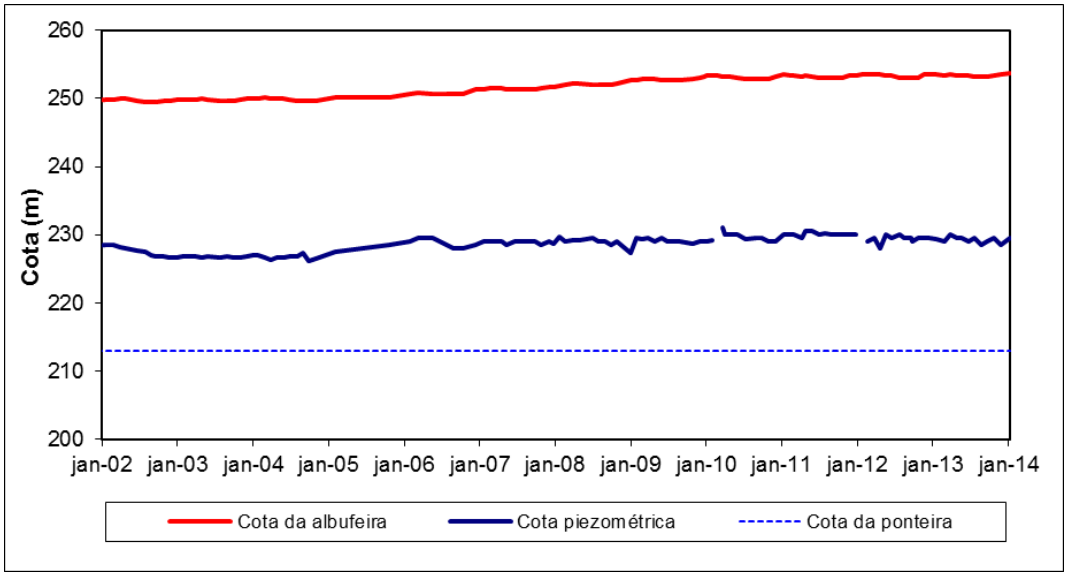


Figura 3.34 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp35

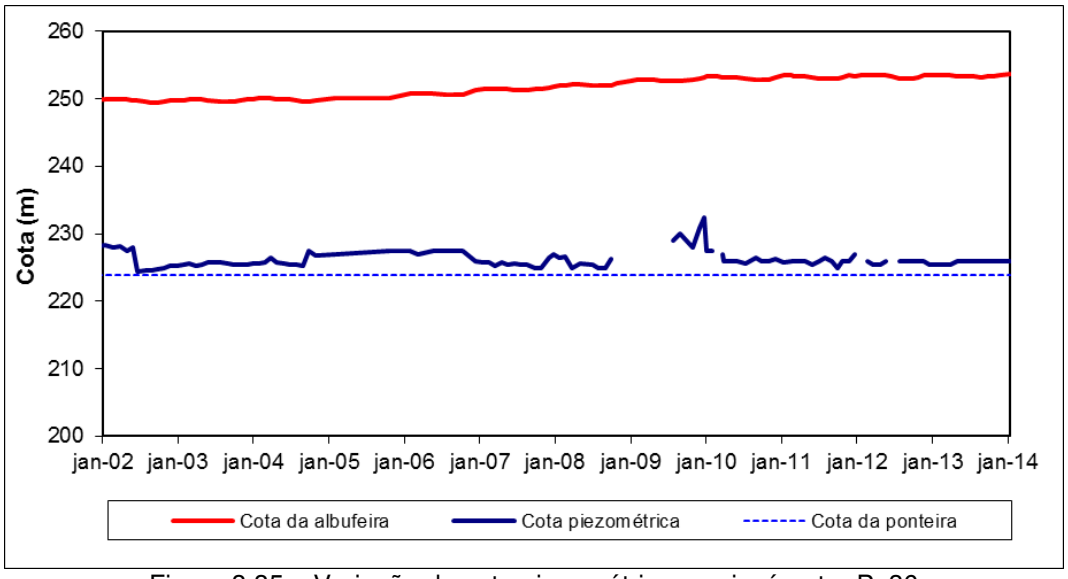


Figura 3.35 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp36

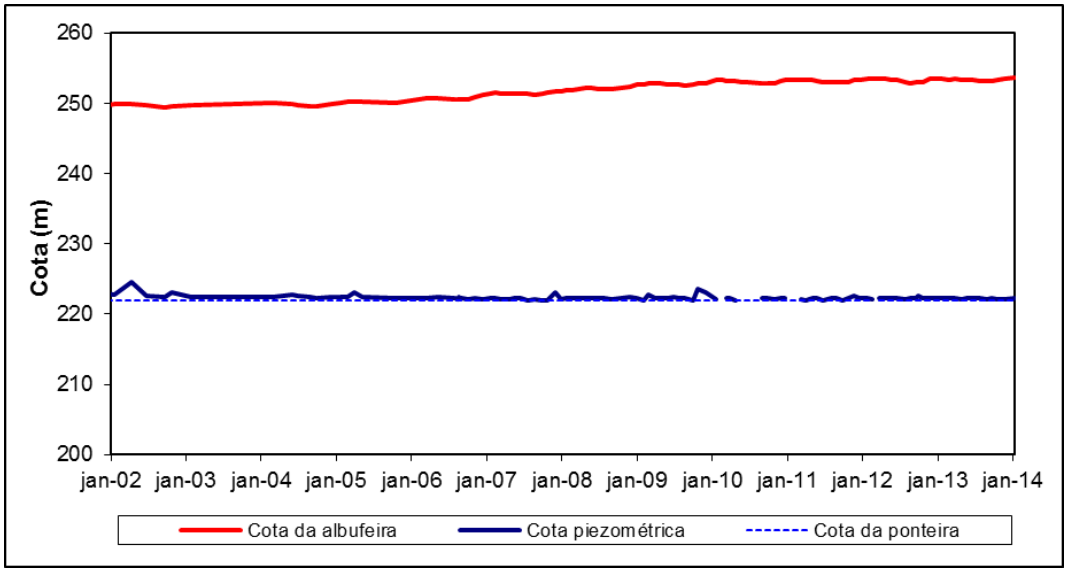


Figura 3.36 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph41

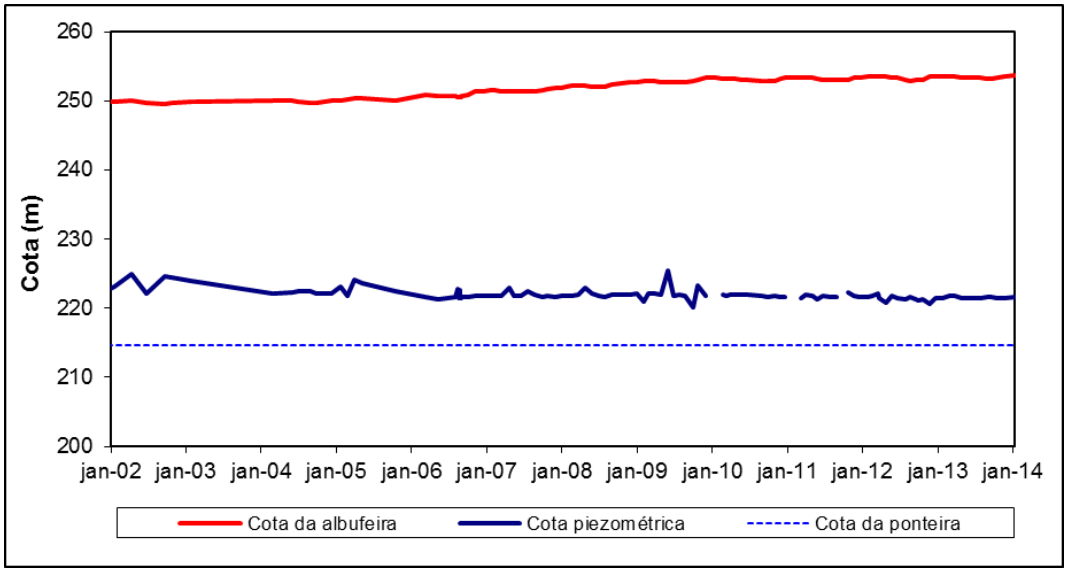


Figura 3.37 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph42

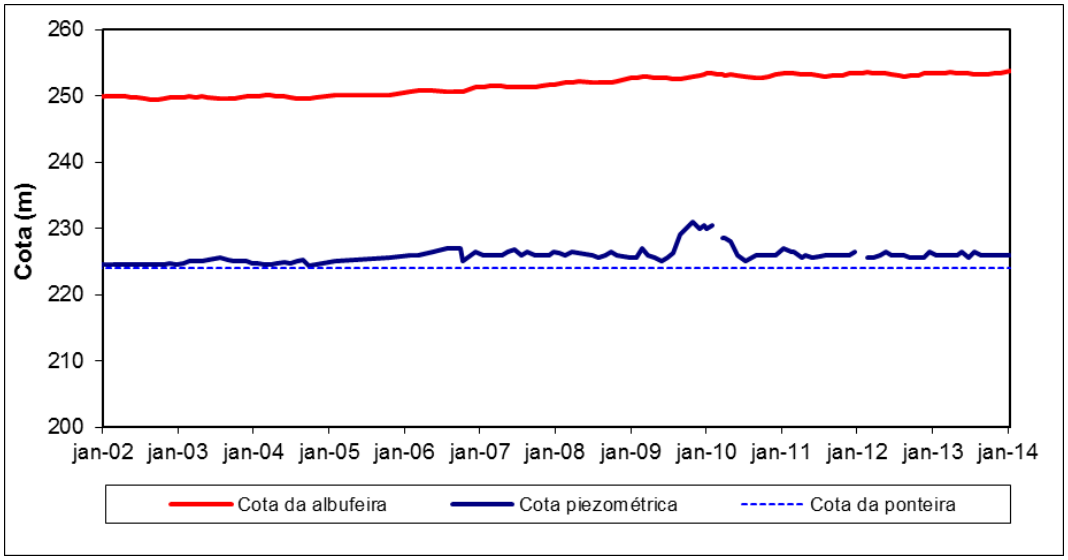


Figura 3.38 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp38

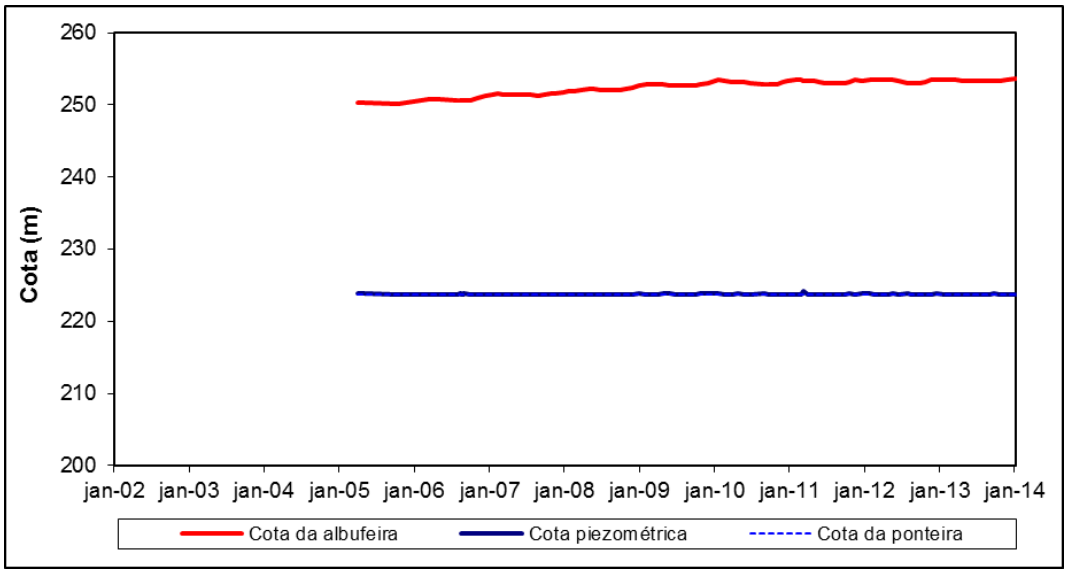


Figura 3.39 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph43

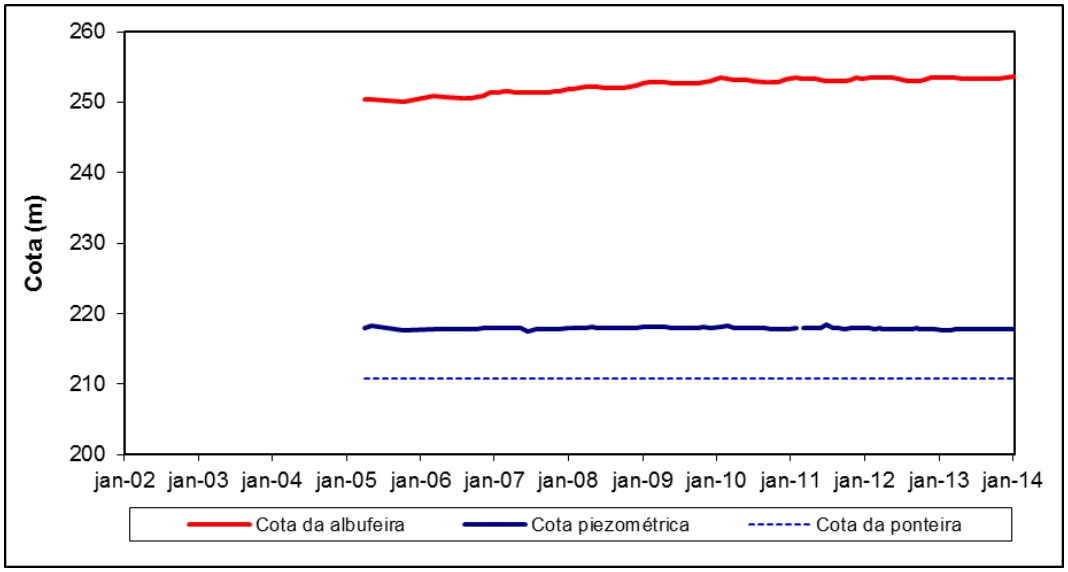


Figura 3.40 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph44

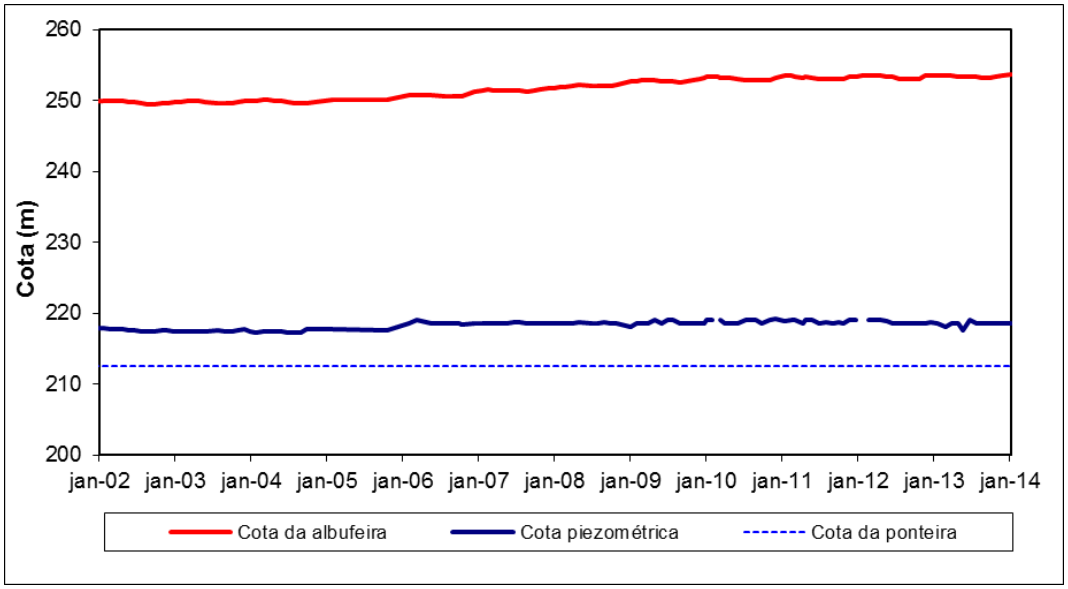


Figura 3.41 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp39

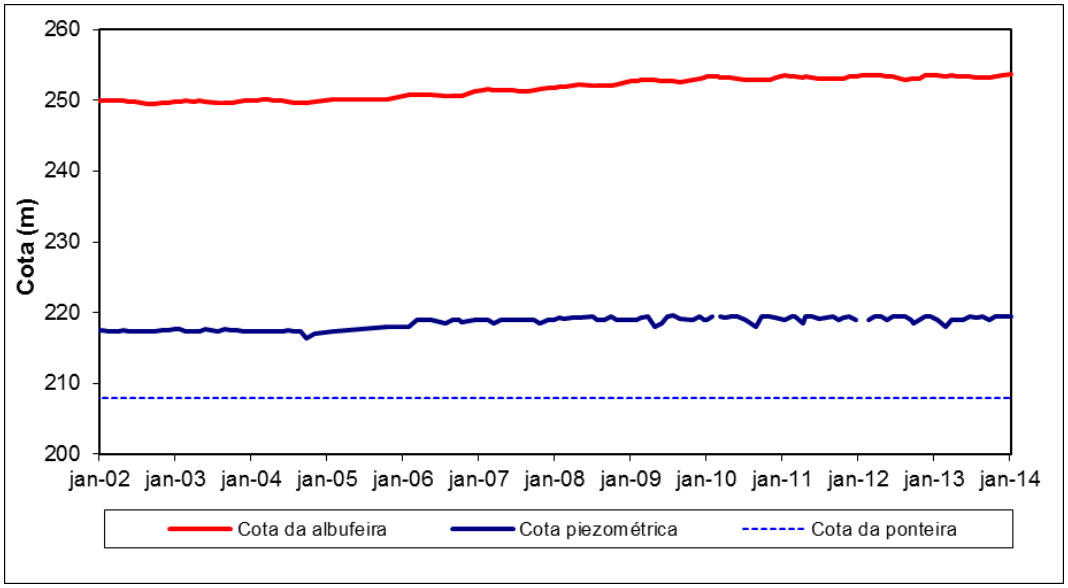


Figura 3.42 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp40

ANEXO 3 (26/54)

7 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO7 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

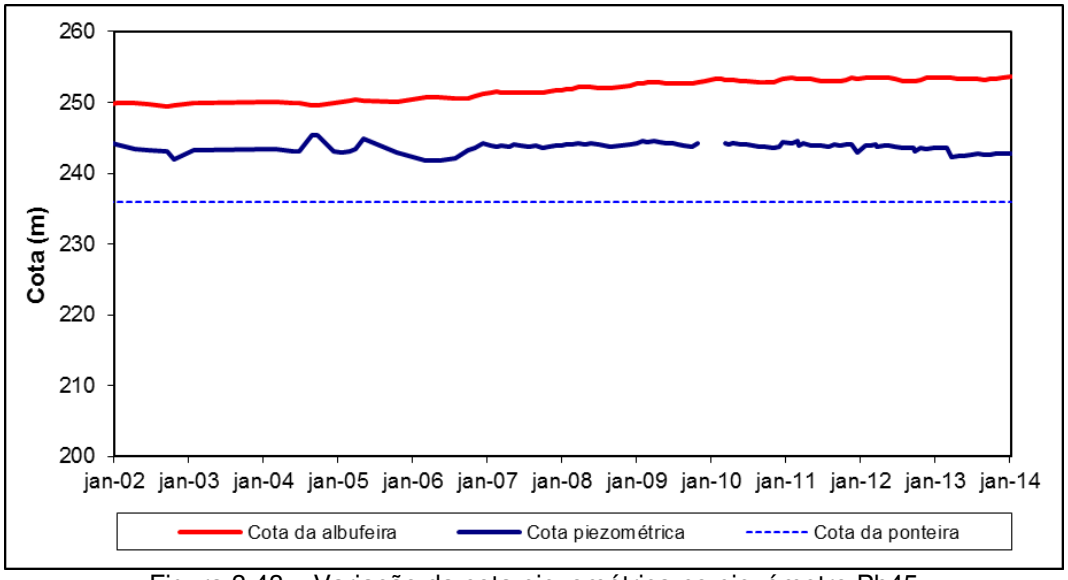


Figura 3.43 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph45

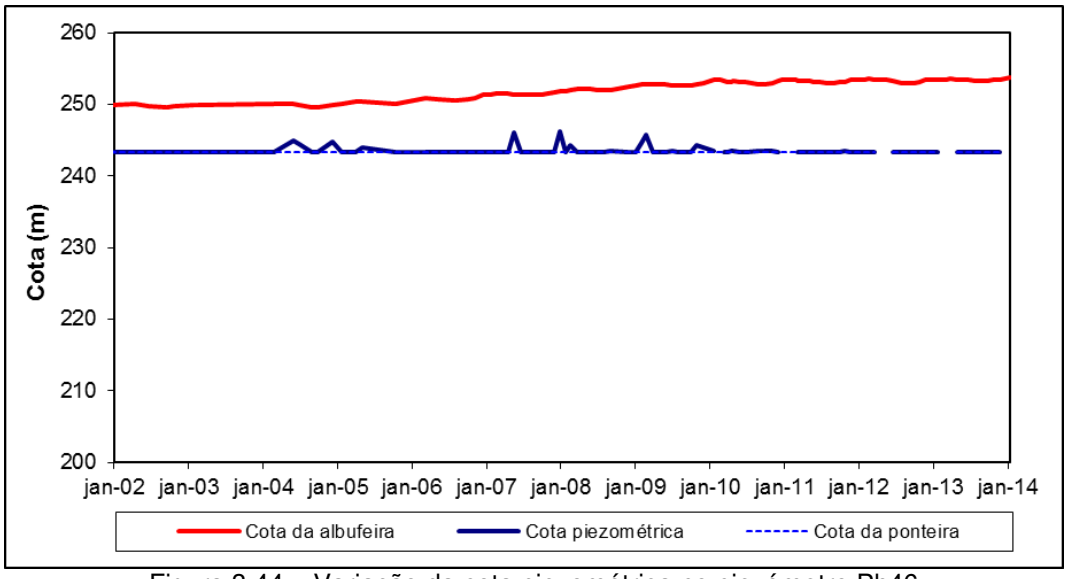


Figura 3.44 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph46

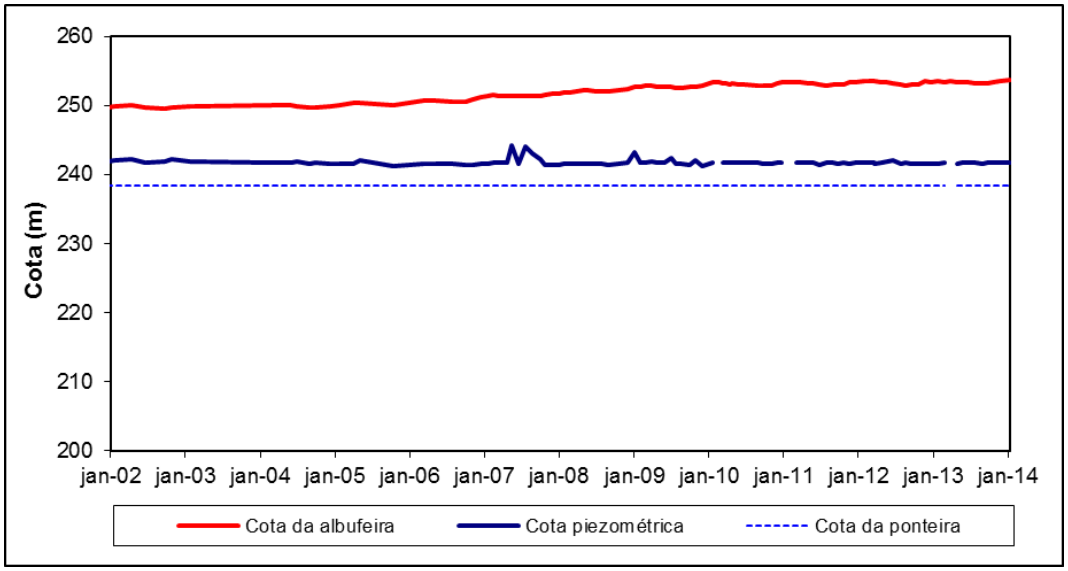


Figura 3.45 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph47

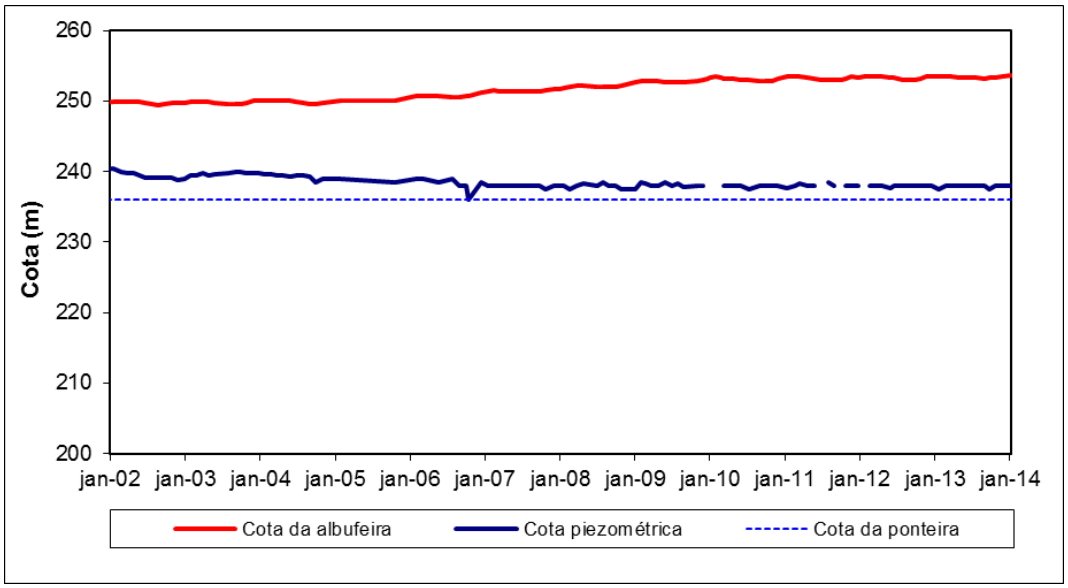


Figura 3.46 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp48

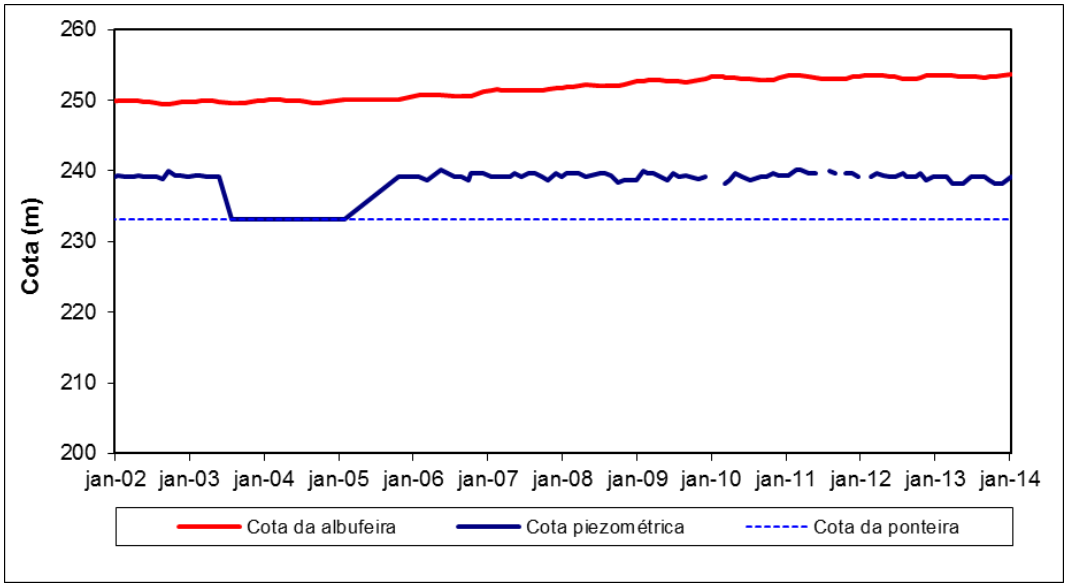


Figura 3.47 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp49

ANEXO 3 (30/54)

8 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO8 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

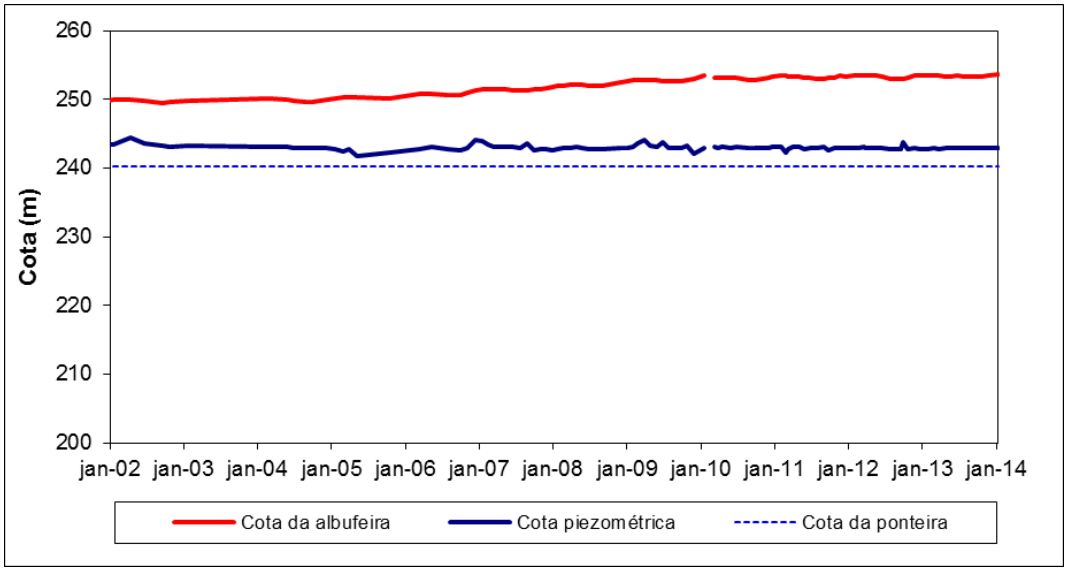


Figura 3.48 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph50

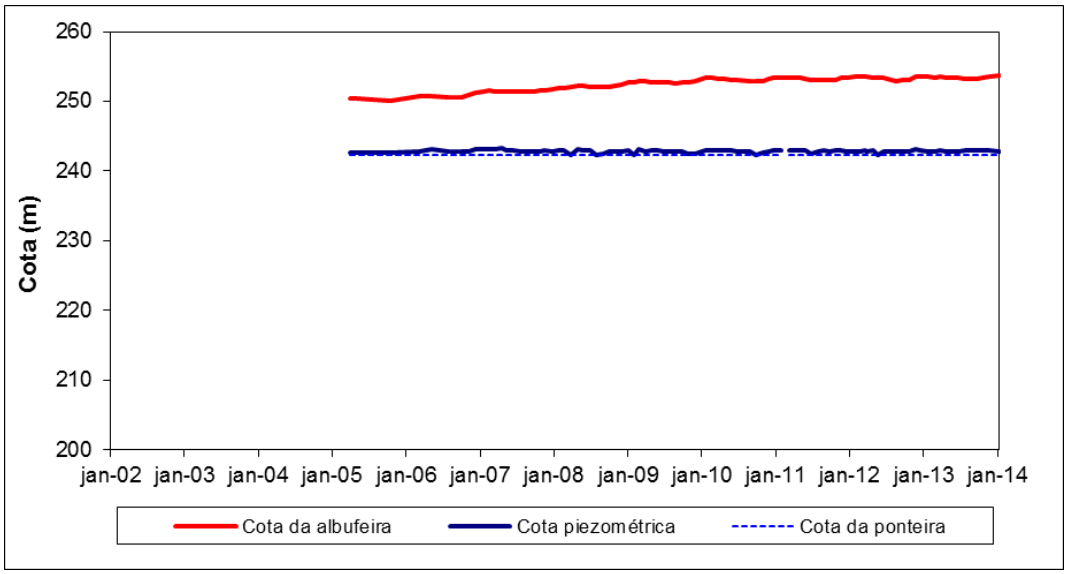


Figura 3.49 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph51

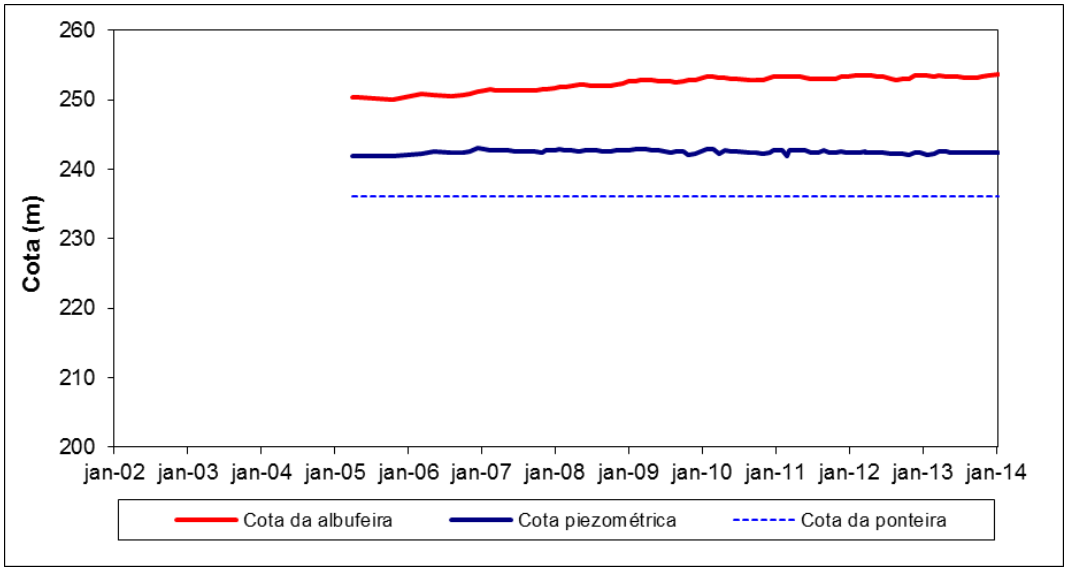


Figura 3.50 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph52

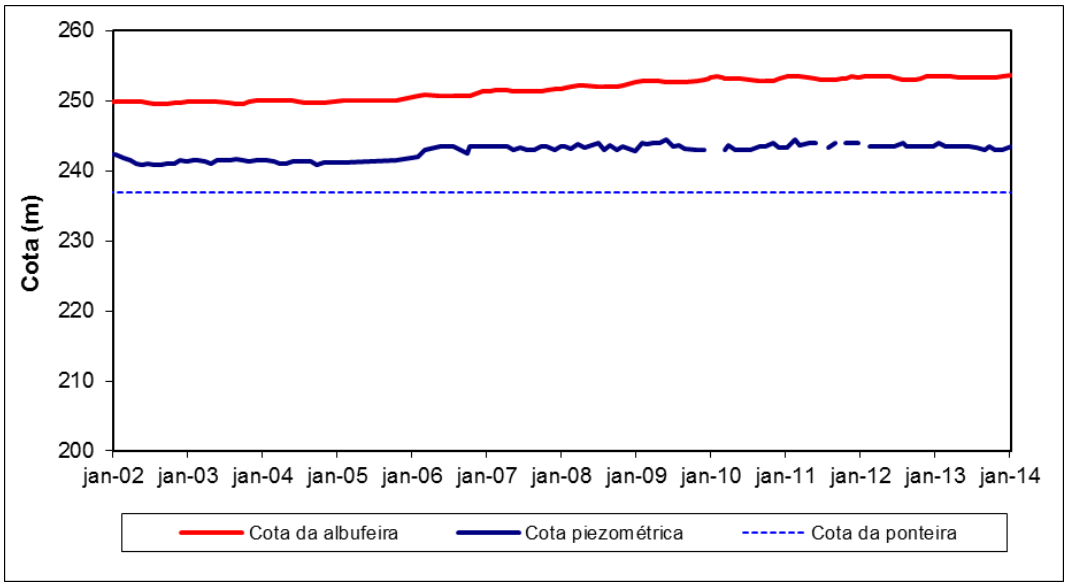


Figura 3.51 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp53

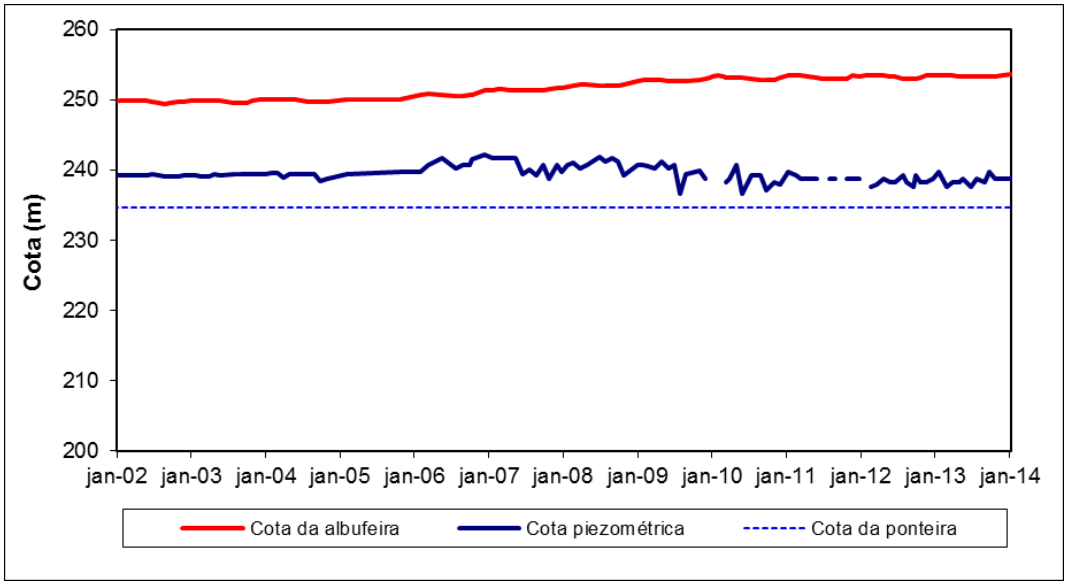


Figura 3.52 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp54

ANEXO 3 (34/54)

9 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO9 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

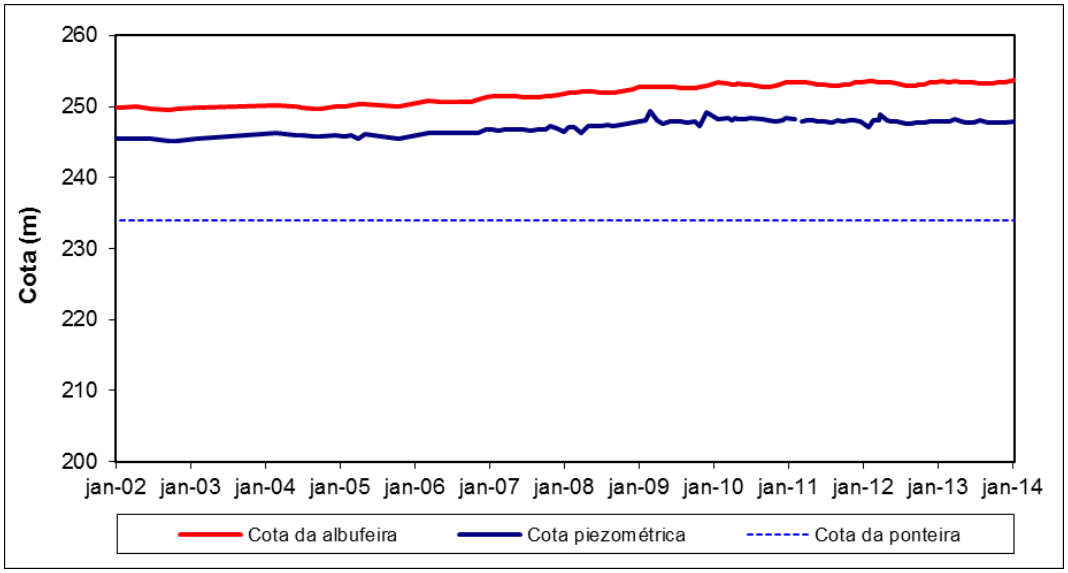


Figura 3.53 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph55

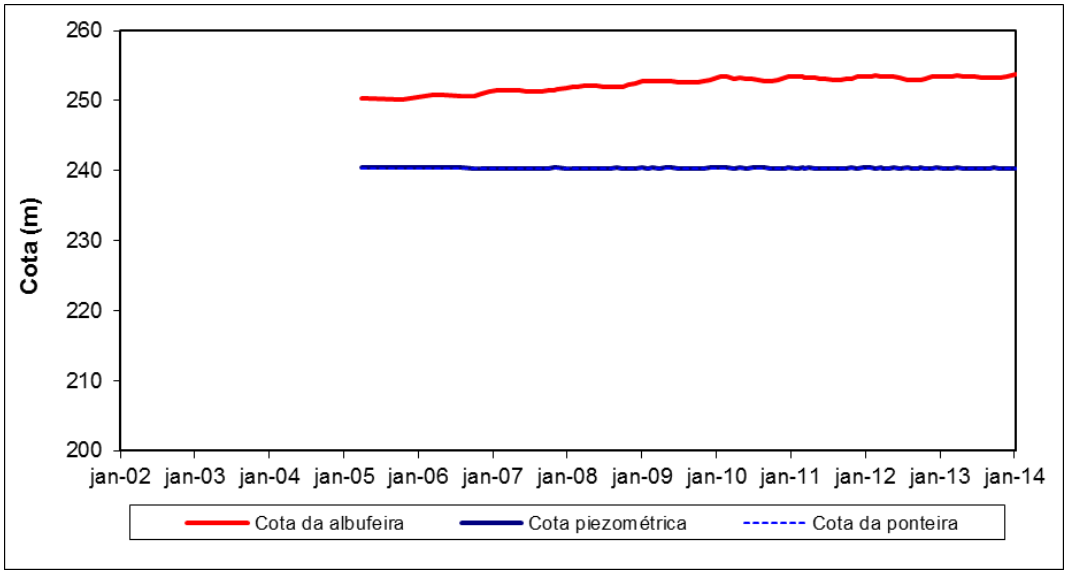


Figura 3.54 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph56

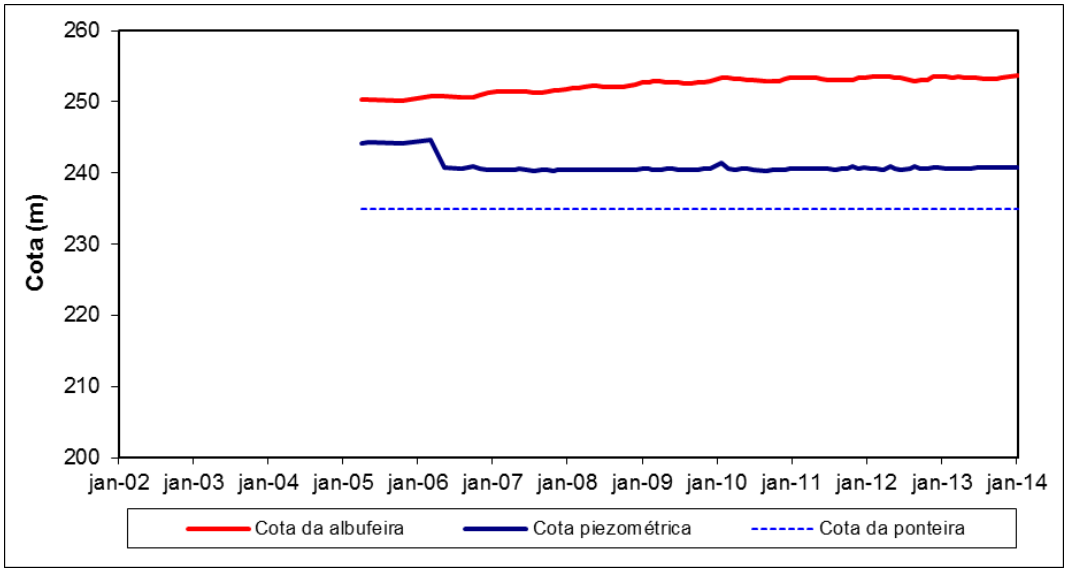


Figura 3.55 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph57

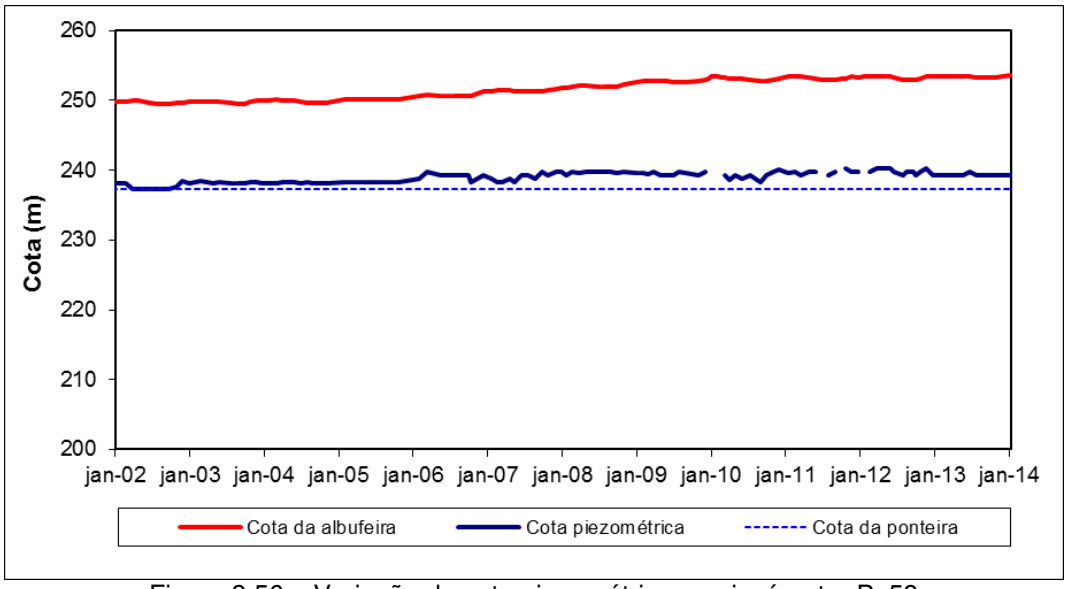


Figura 3.56 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp58

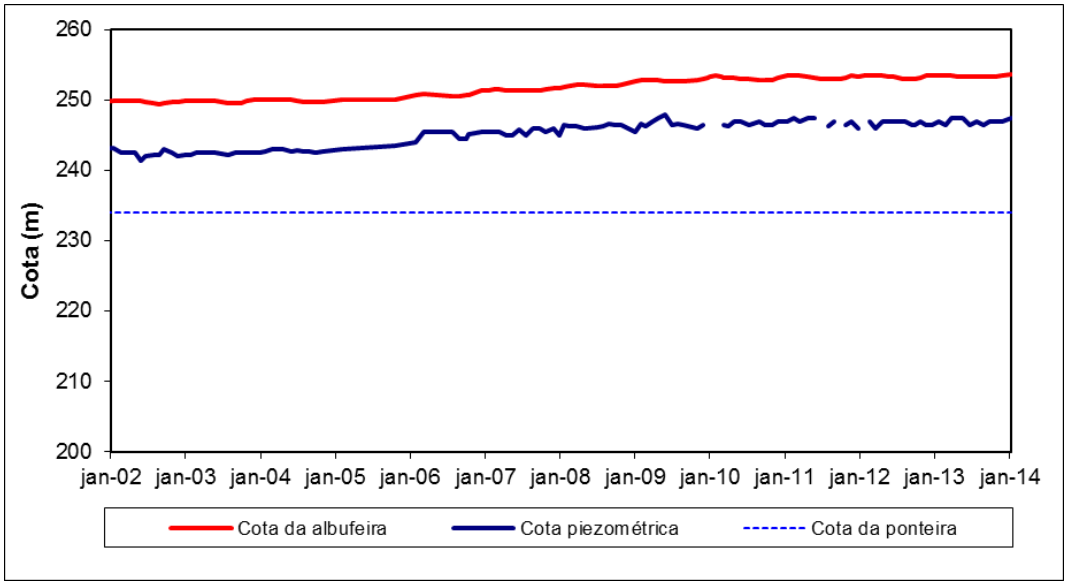


Figura 3.57 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp59

ANEXO 3 (38/54)

10 - PERFIL DE OBSERVAÇÃO PO10 (PIEZÓMETROS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS)

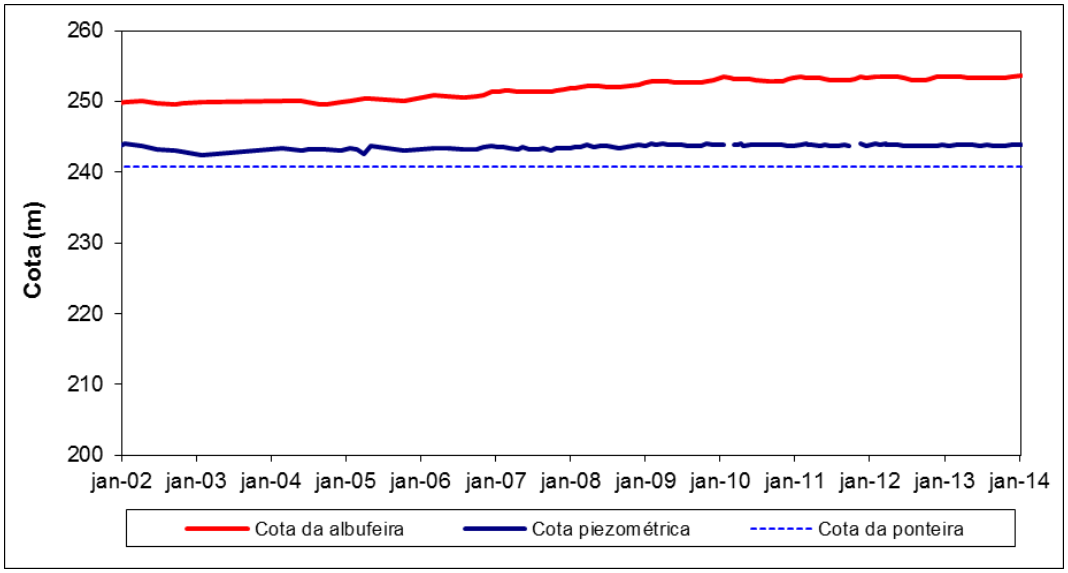


Figura 3.58 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Ph60

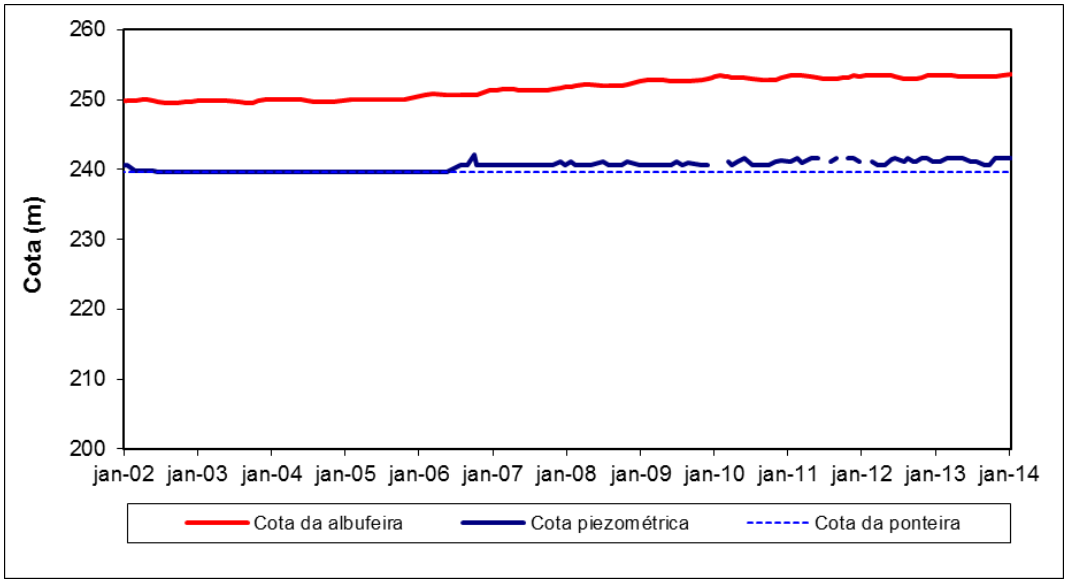


Figura 3.59 – Variação da cota piezométrica no piezómetro Pp61

ANEXO 3 (40/54)

11 - PIEZÓMETROS DE CONTROLO AMBIENTAL (PCL)

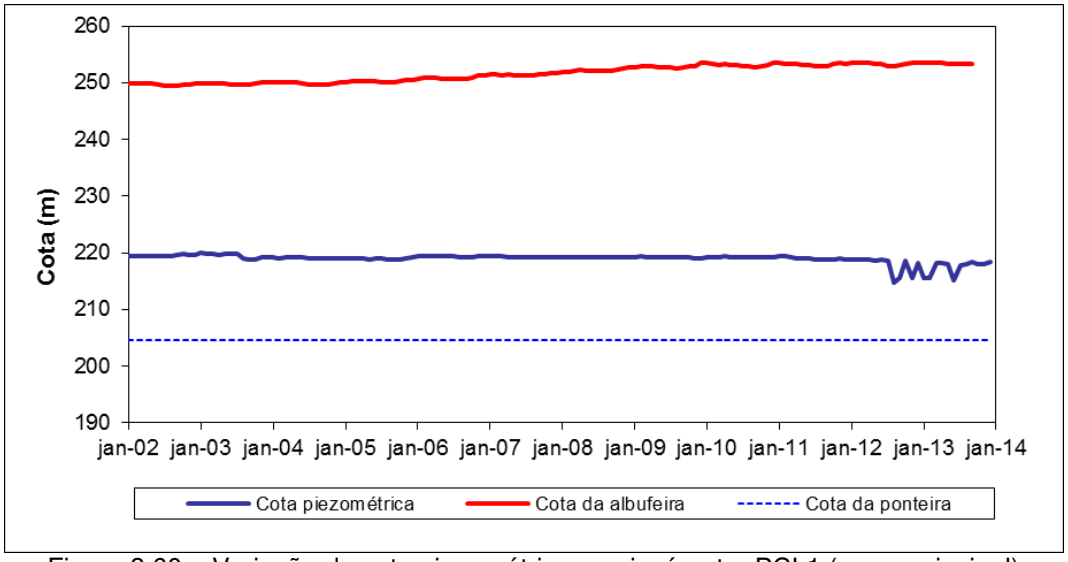


Figura 3.60 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL1 (corpo principal)

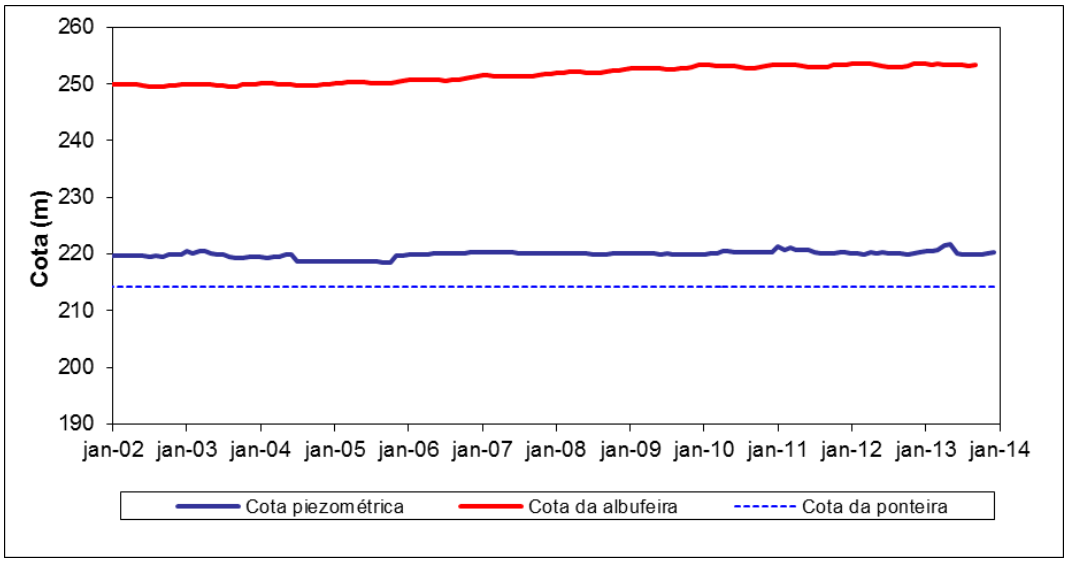


Figura 3.61 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL2 (corpo principal)

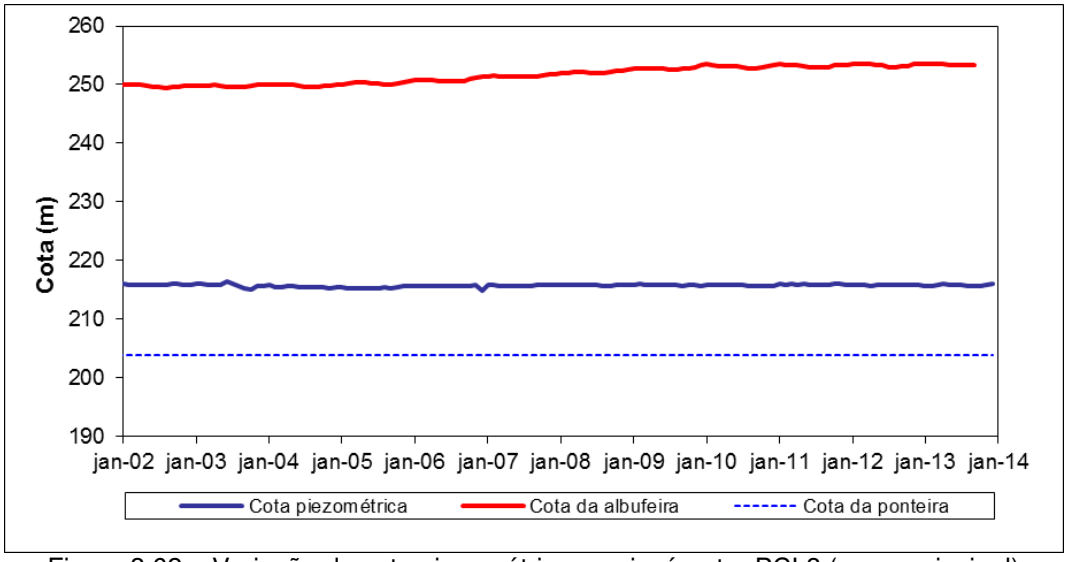


Figura 3.62 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL3 (corpo principal)

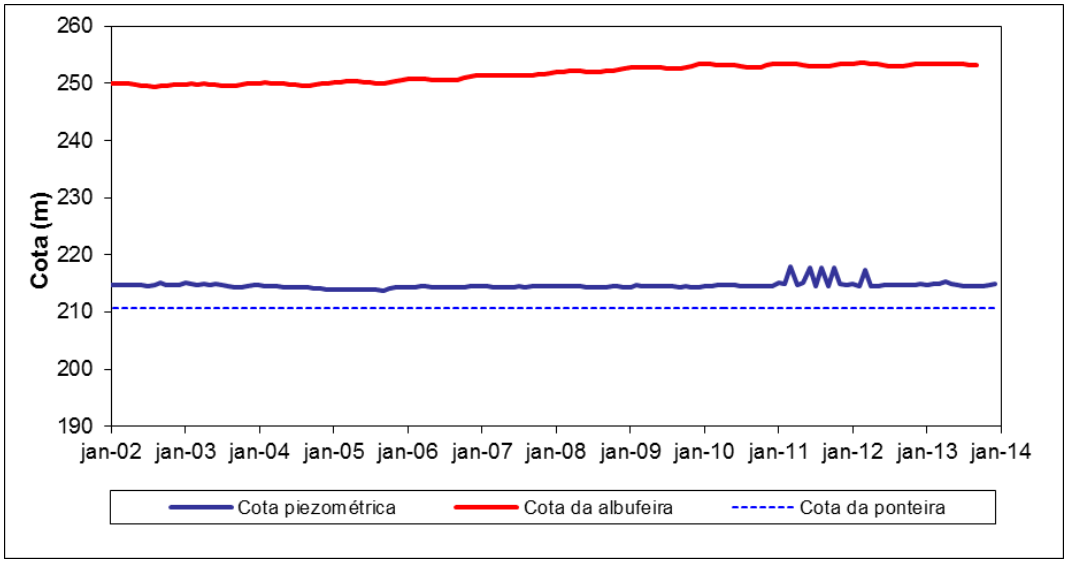


Figura 3.63 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL4 (corpo principal)

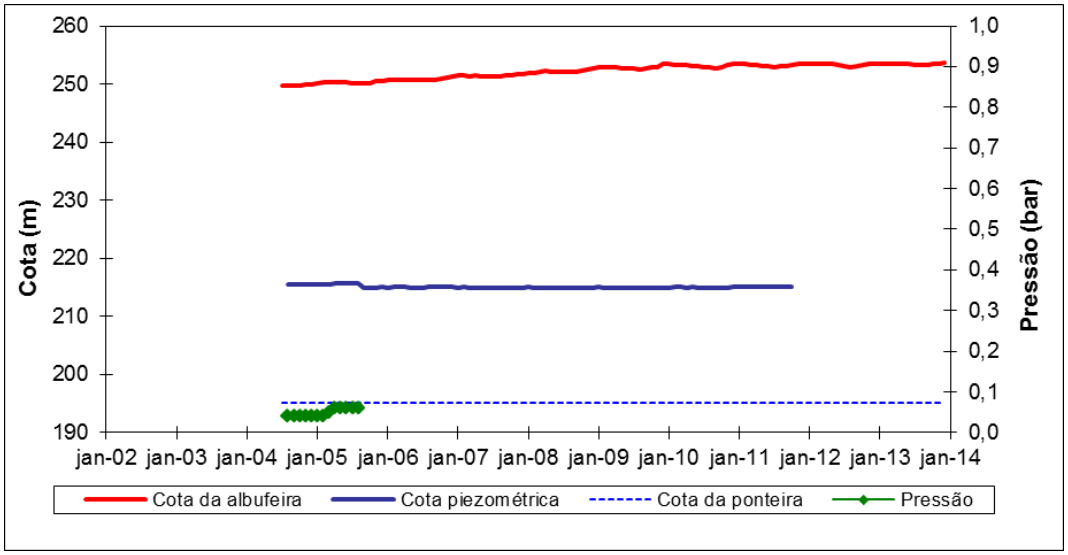


Figura 3.64 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL5 (corpo principal)

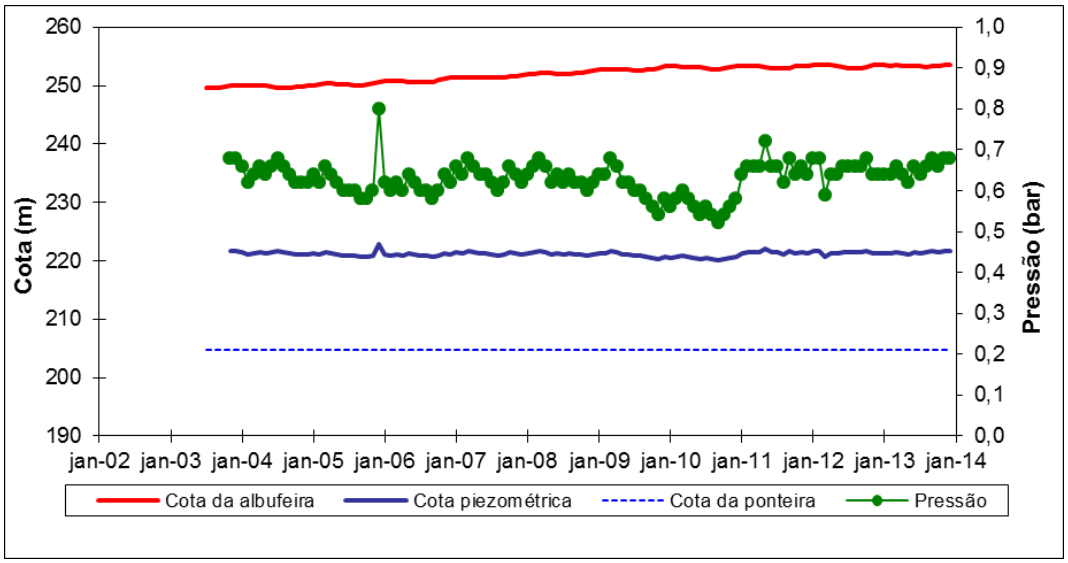


Figura 3.65 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL6 (corpo principal)

NOTA: A partir de Outubro de 2011 não foi possível medir a pressão da água no piezómetro PCL5, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça do piezómetro.

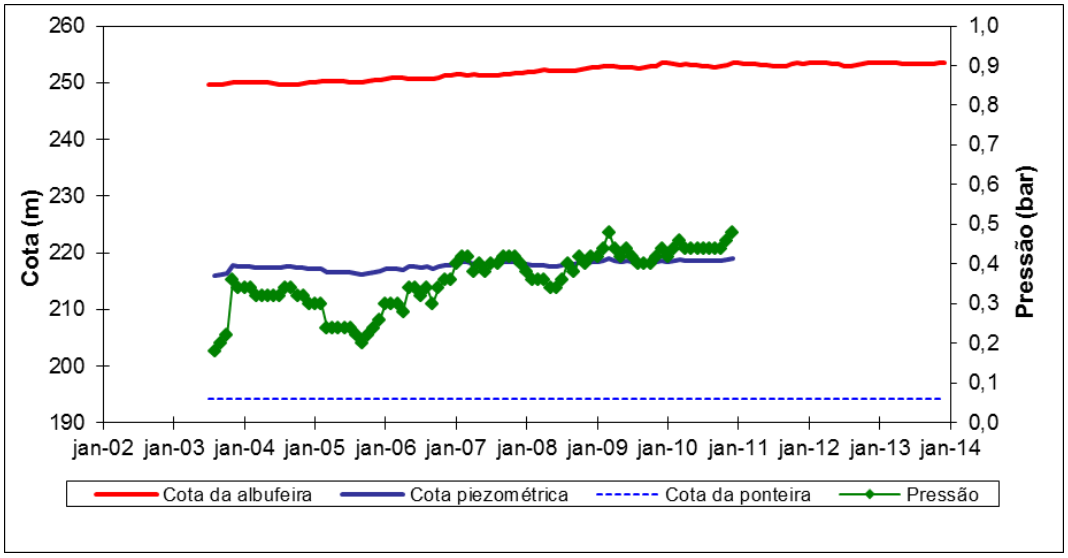


Figura 3.66 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL7 (corpo principal)

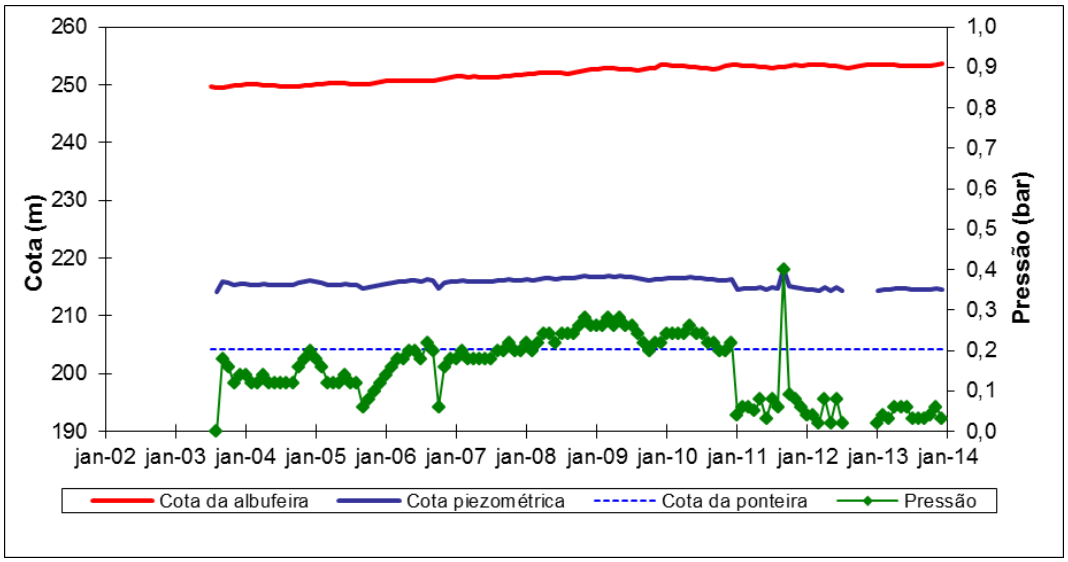


Figura 3.67 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL8 (corpo principal)

NOTA: A partir de Dezembro de 2010 não foi possível medir a pressão da água no piezómetro PCL7, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça do piezómetro.

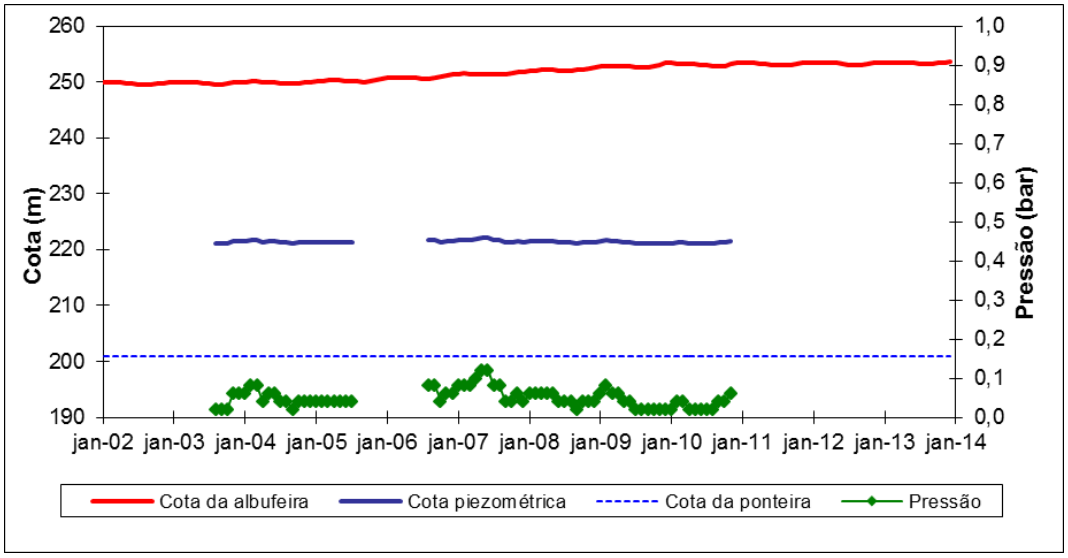


Figura 3.68 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL9 (corpo principal)

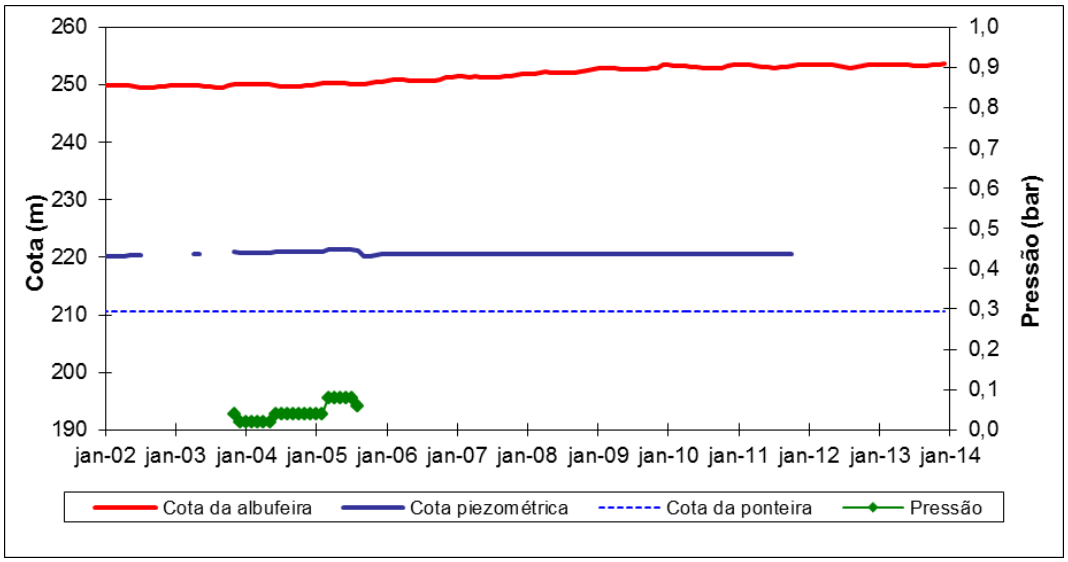


Figura 3.69 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL10 (corpo principal)

NOTA: A partir de Dezembro de 2010 não foi possível medir a pressão da água no piezómetro PCL9, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça do piezómetro. Pelo mesmo motivo, a partir de Dezembro de 2011 não foi possível medir a pressão da água no piezómetro PCL10.

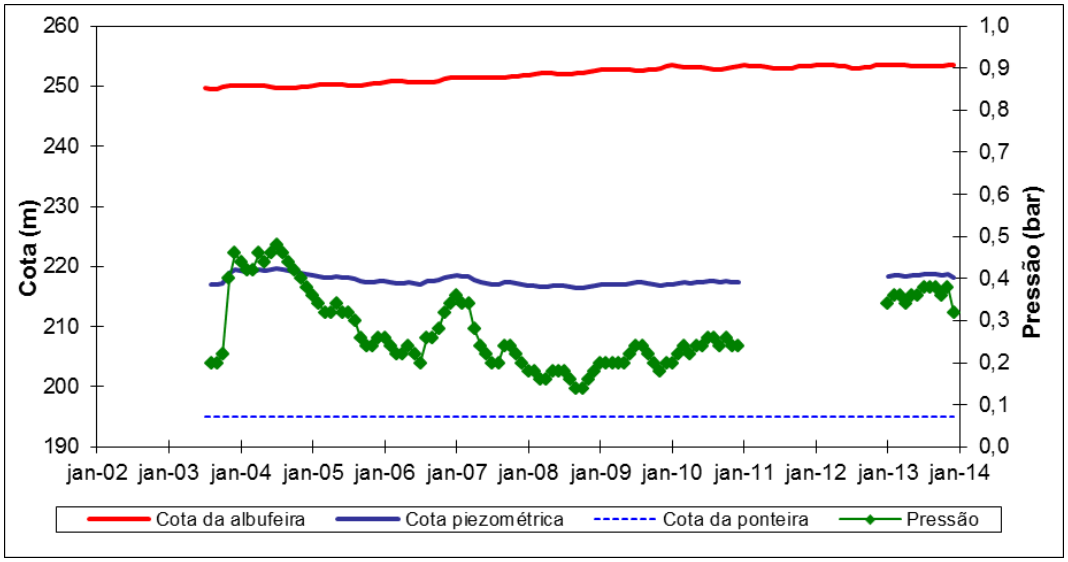


Figura 3.70 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL11 (corpo principal)

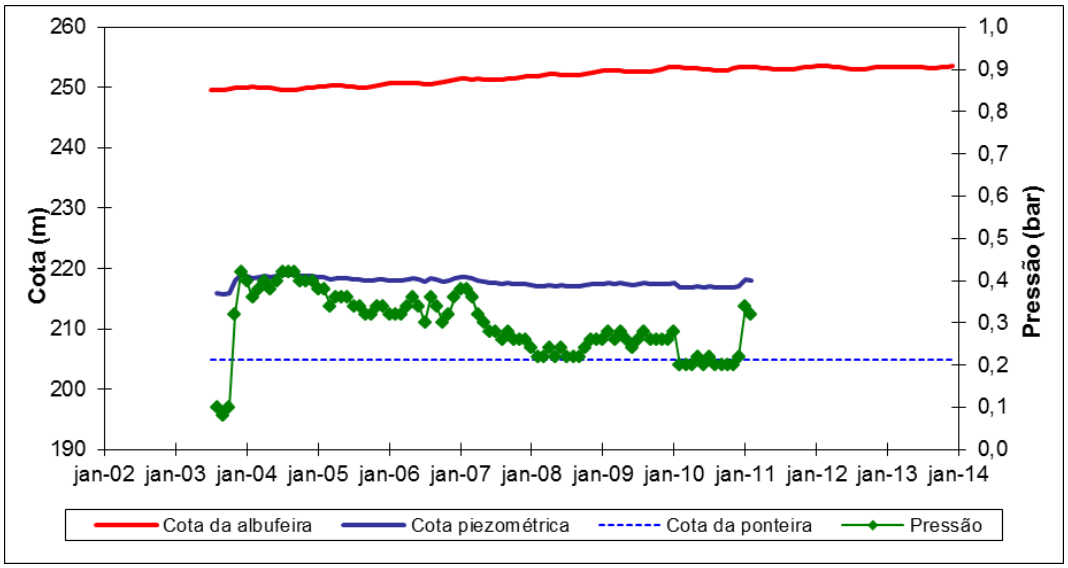


Figura 3.71 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL12 (corpo principal)

NOTA: A partir de Dezembro de 2010 não foi possível medir a pressão da água no piezómetro PCL11, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça dos piezómetros. Pelo mesmo motivo, a partir de Fevereiro de 2011 não foi possível medir a pressão da água no piezómetro PCL12. Já em 2013, foi possível medir novamente as pressões no piezómetro PCL11.

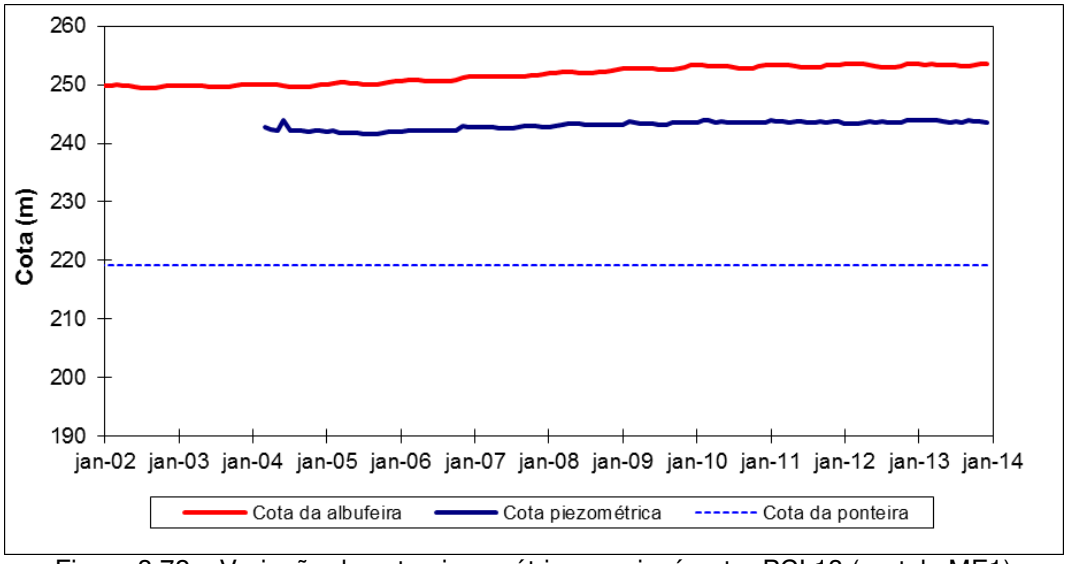


Figura 3.72 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL13 (portela ME1)

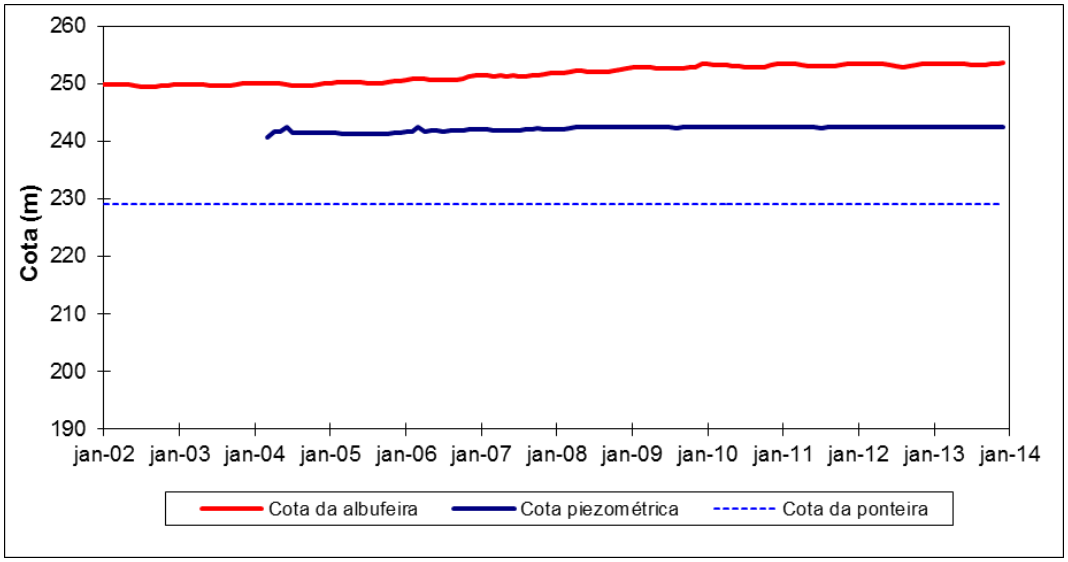


Figura 3.73 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL14 (portela ME1)

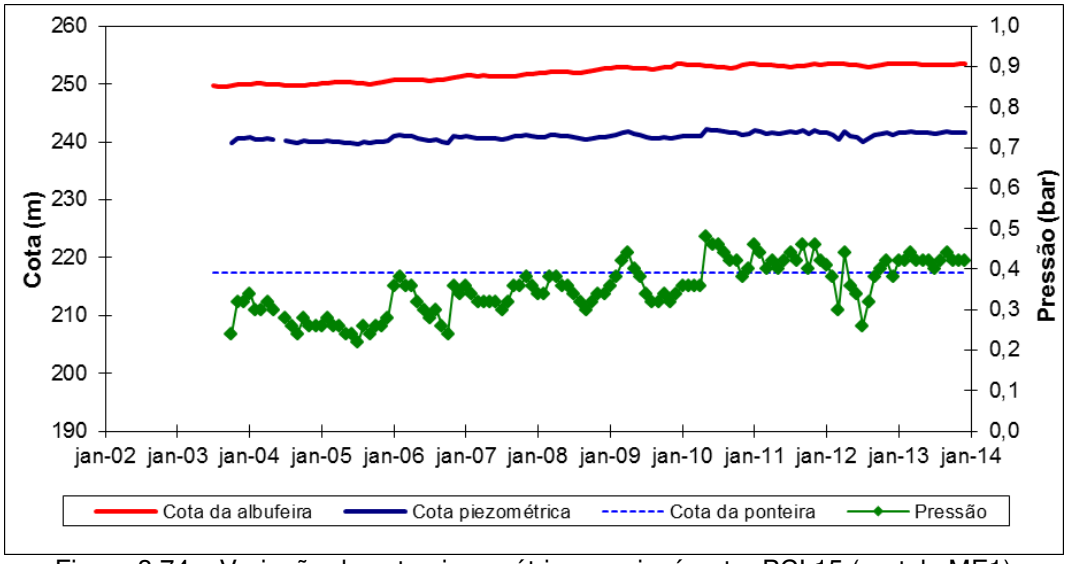


Figura 3.74 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL15 (portela ME1)

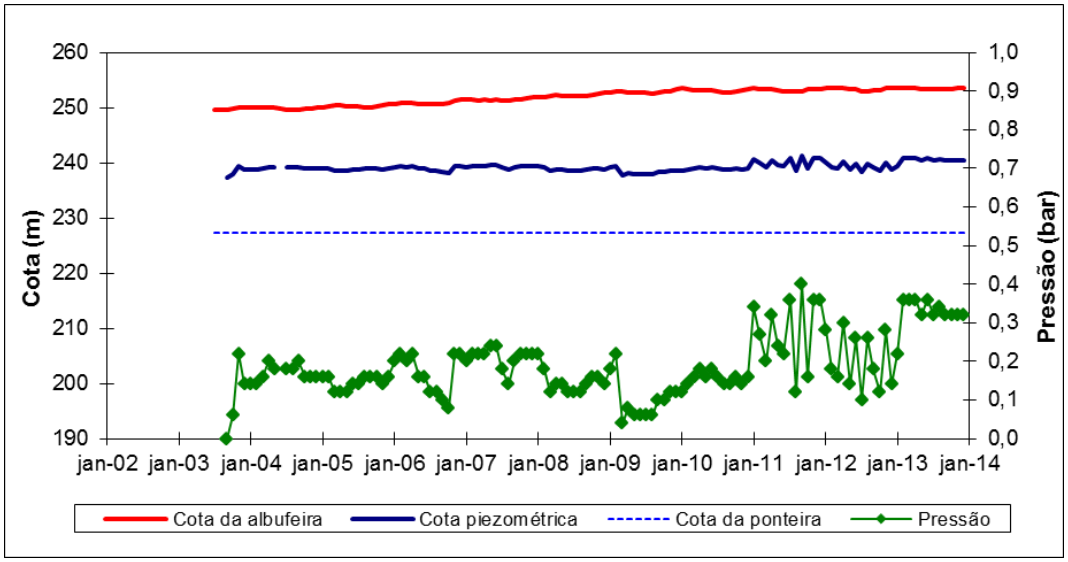


Figura 3.75 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL16 (portela ME1)

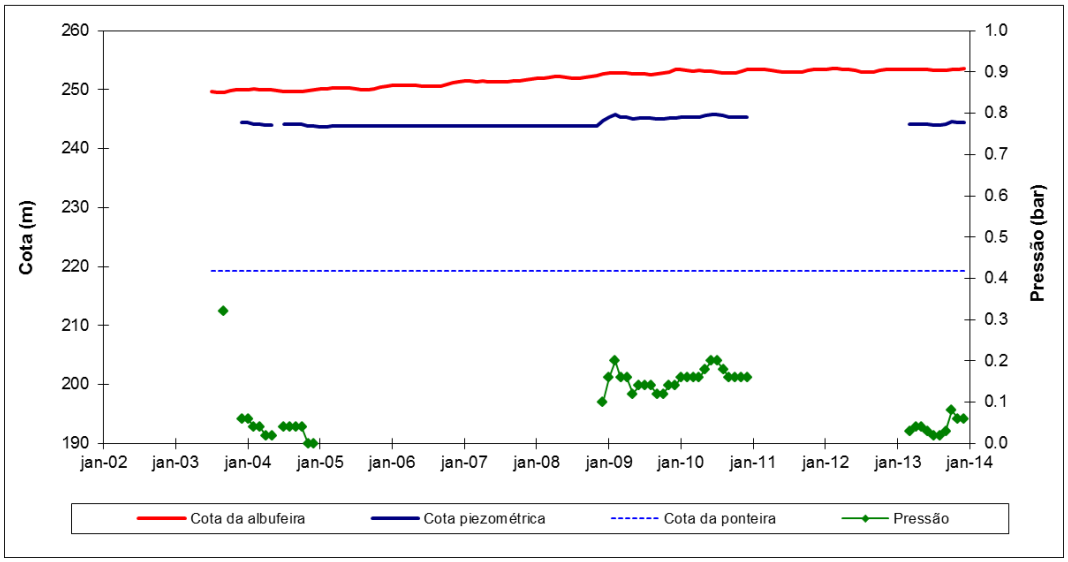


Figura 3.76 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL17 (portela ME1)

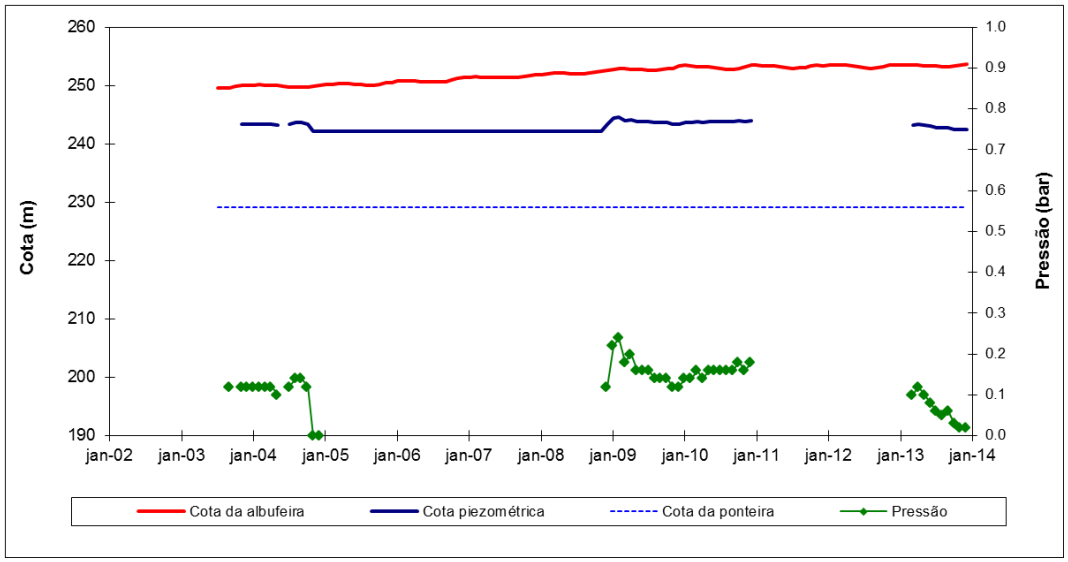


Figura 3.77 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL18 (portela ME1)

NOTA: A partir de Dezembro de 2010 não foi possível medir a pressão da água nos piezómetros PCL17 e PCL18, uma vez que existem perdas de água significativas na cabeça dos piezómetros. Já em 2013, foi possível medir novamente as pressões nestes piezómetros, apesar de, pontualmente (nomeadamente nas leituras de Março e Agosto), os resultados ainda poderem ser afectados por algumas fugas de água.

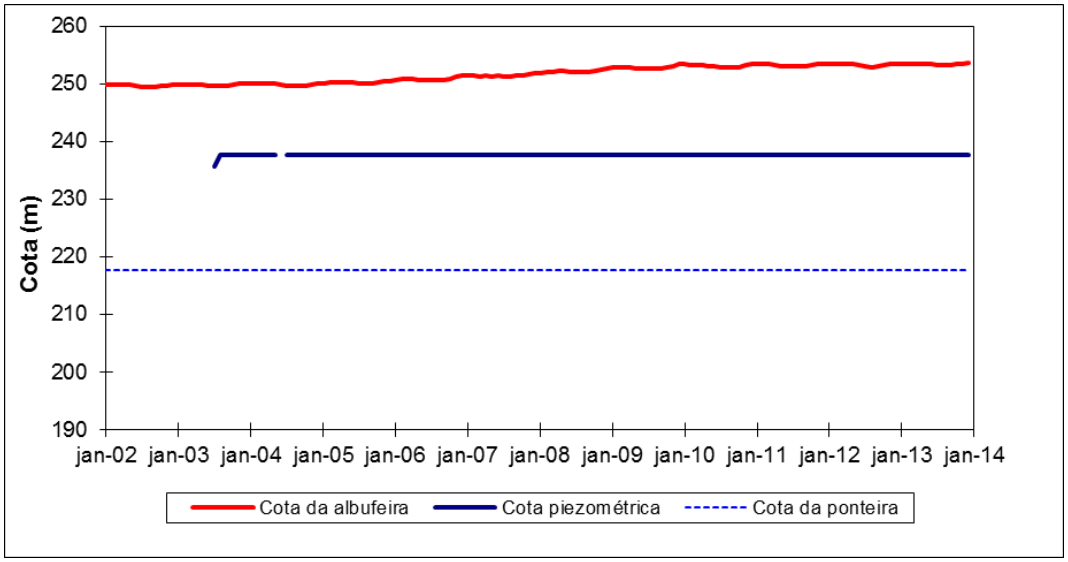


Figura 3.78 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL19 (portela ME1)

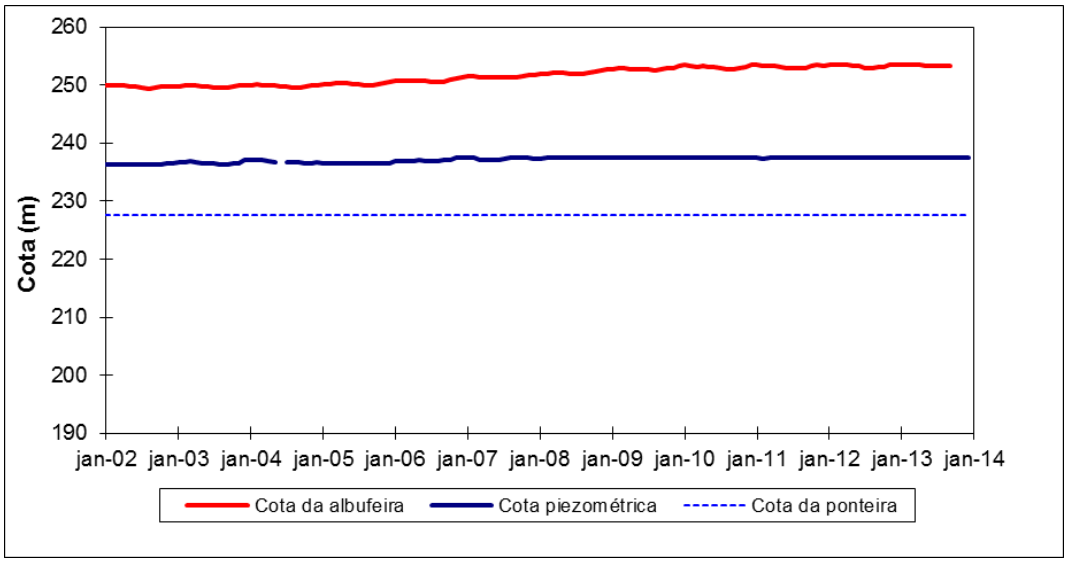


Figura 3.79 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL20 (portela ME1)

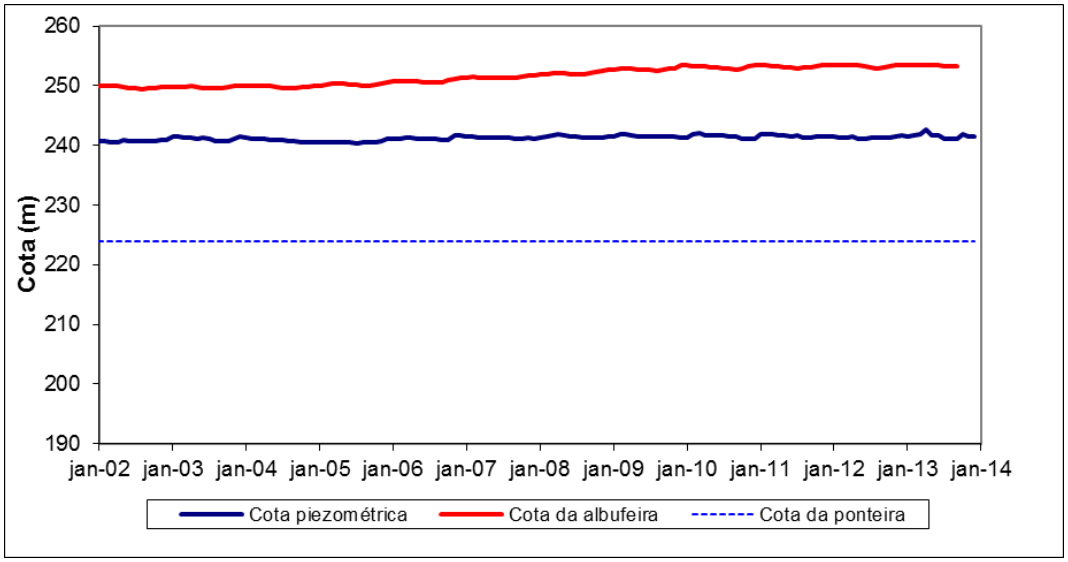


Figura 3.80 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL21 (portela ME2A)

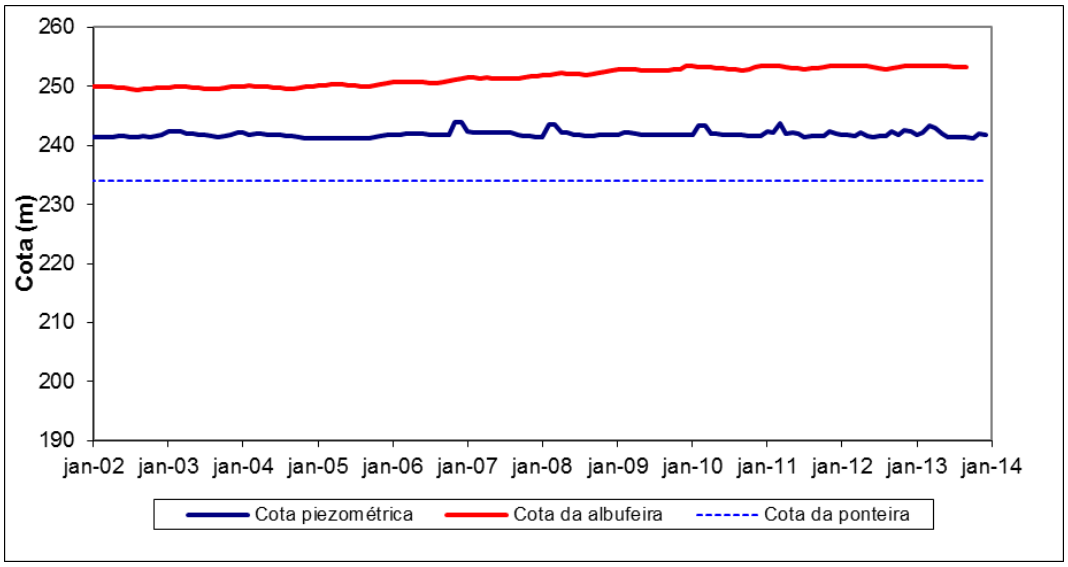


Figura 3.81 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL22 (portela ME2A)

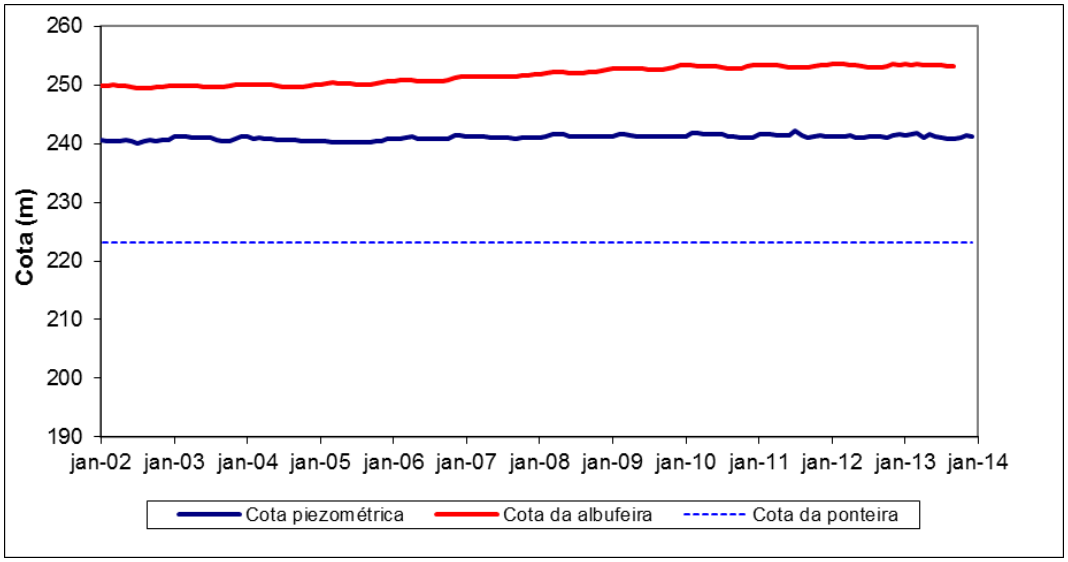


Figura 3.82 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL23 (portela ME2A)

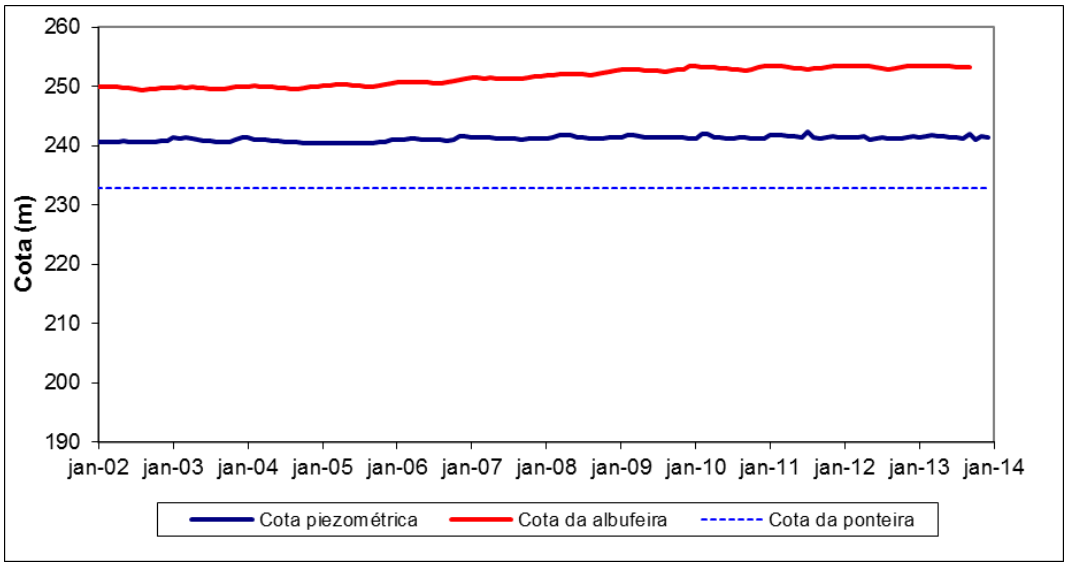


Figura 3.83 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL24 (portela ME2A)

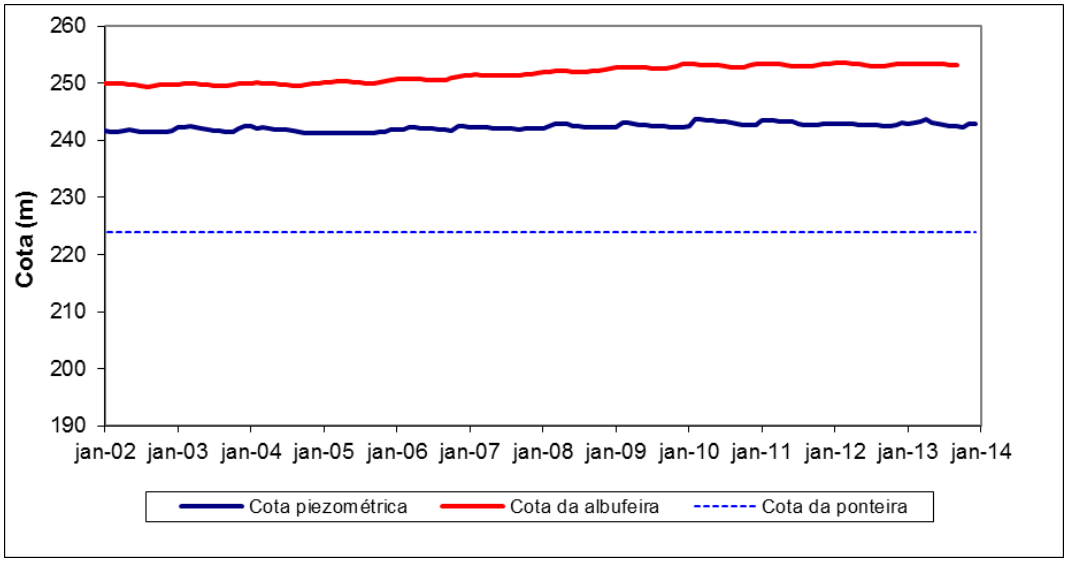


Figura 3.84 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL25 (portela ME2A)

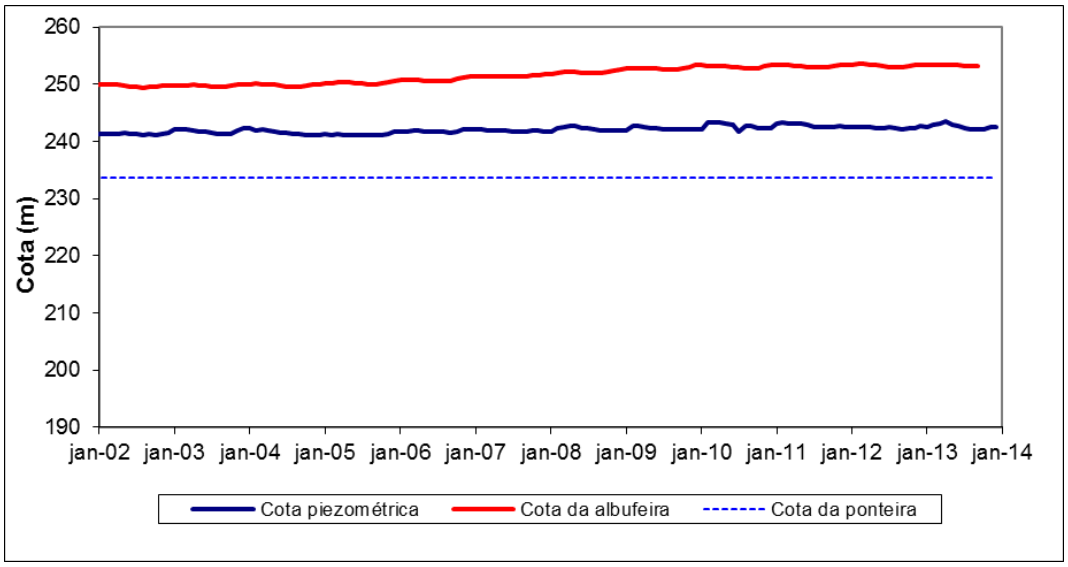


Figura 3.85 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL26 (portela ME2A)

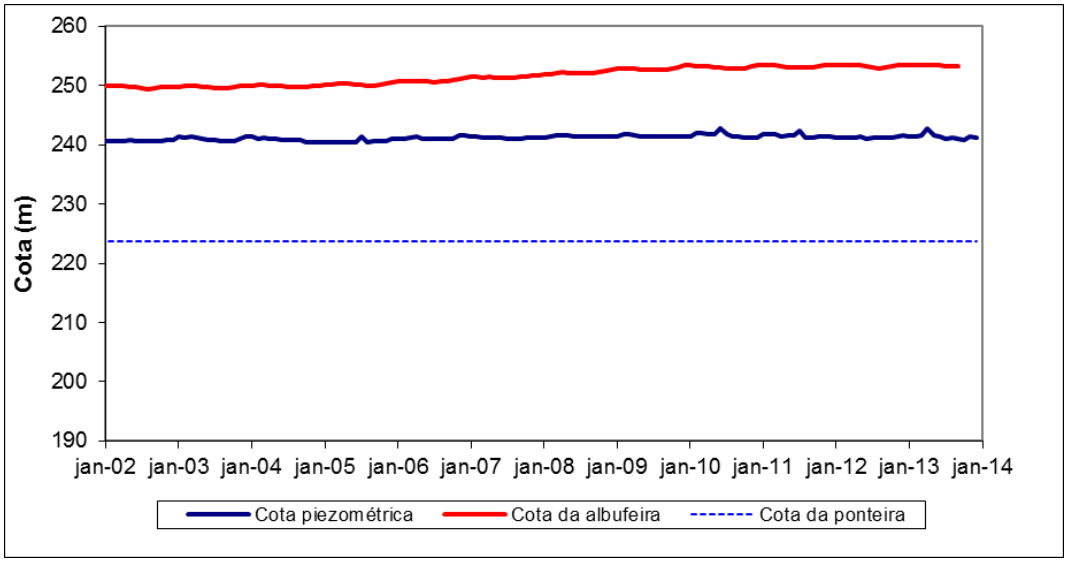


Figura 3.86 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL27 (portela ME2A)

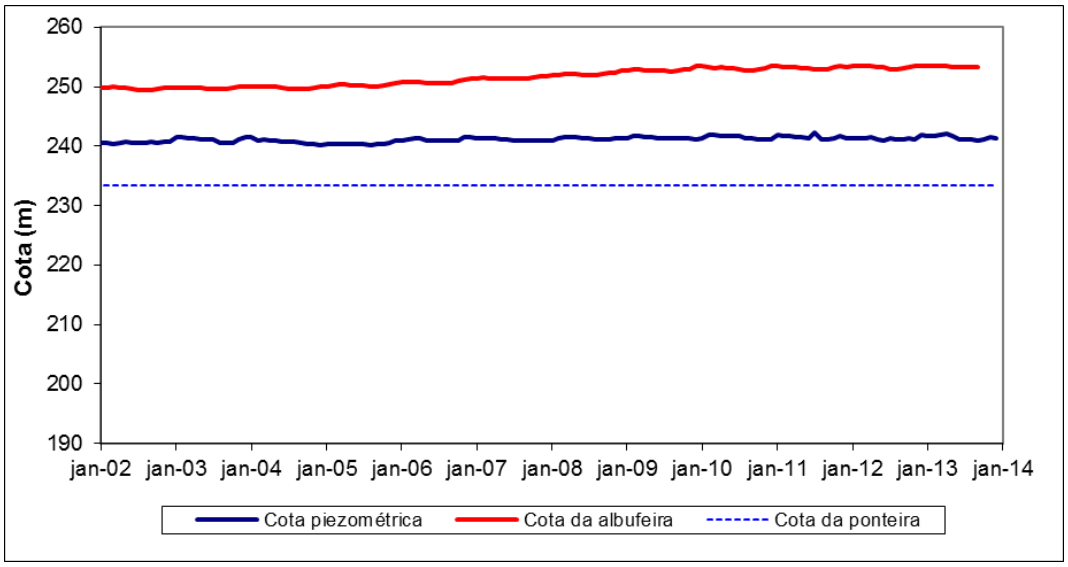


Figura 3.87 – Variação da cota piezométrica no piezómetro PCL28 (portela ME2A)

CAUDAIS DE PERCOLAÇÃO

NOTAS:

- Nos gráficos seguintes representam-se a azul os caudais bombeados nos poços IBR e a vermelho a variação da cota do nível de água na albufeira;
- A linha a tracejado verde indica a estimativa dos caudais bombeados, de acordo com os modelos de cálculo do projecto de execução.

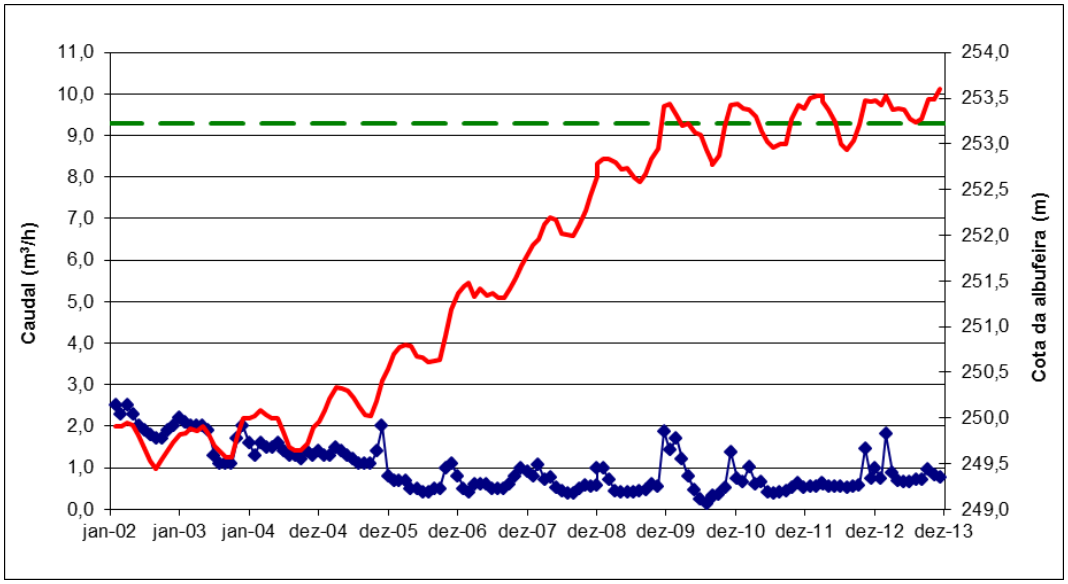


Figura 4.1 – Caudais captados no poço IBR25 (portela MD)

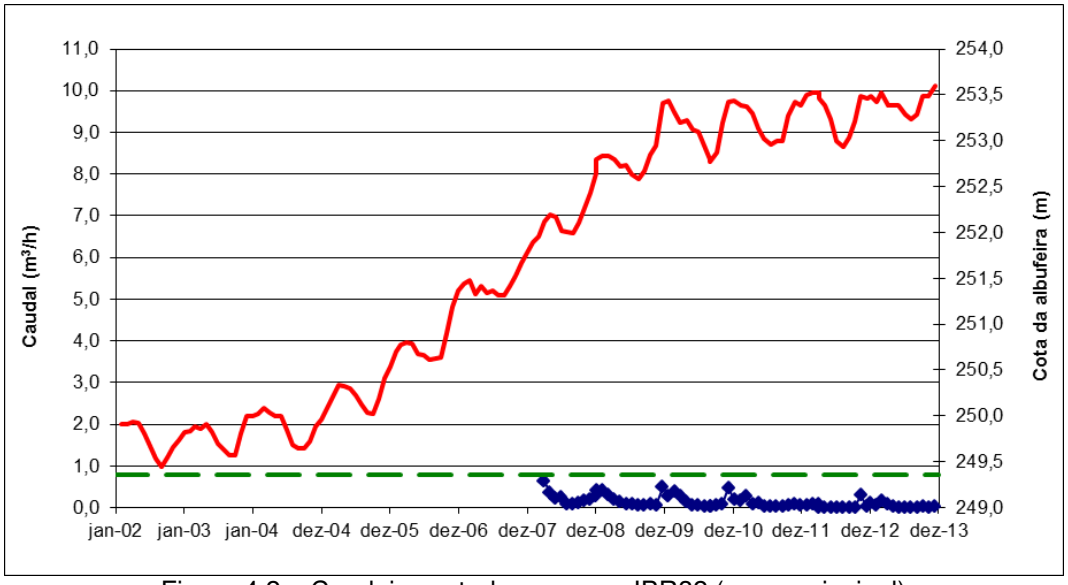


Figura 4.2 – Caudais captados no poço IBR32 (corpo principal)

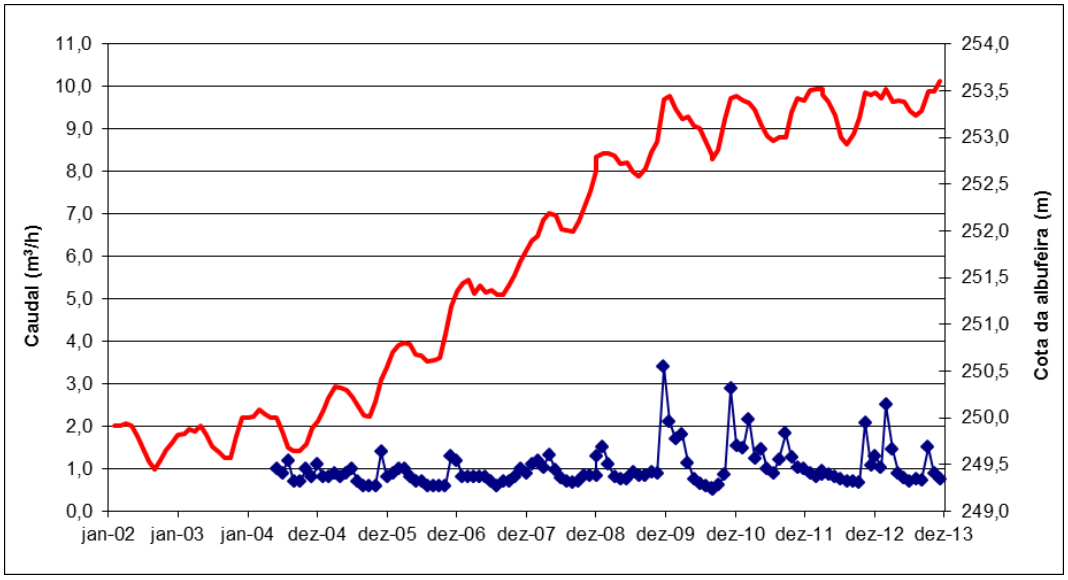


Figura 4.3 – Caudais captados no poço IBR5A (corpo principal)

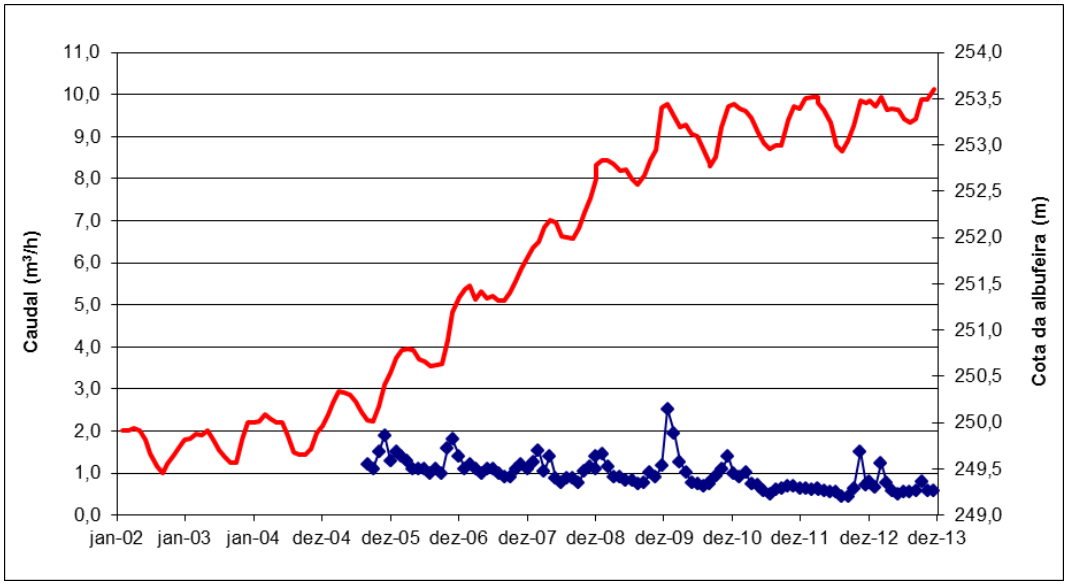


Figura 4.4 – Caudais captados no poço IBR5B (corpo principal)

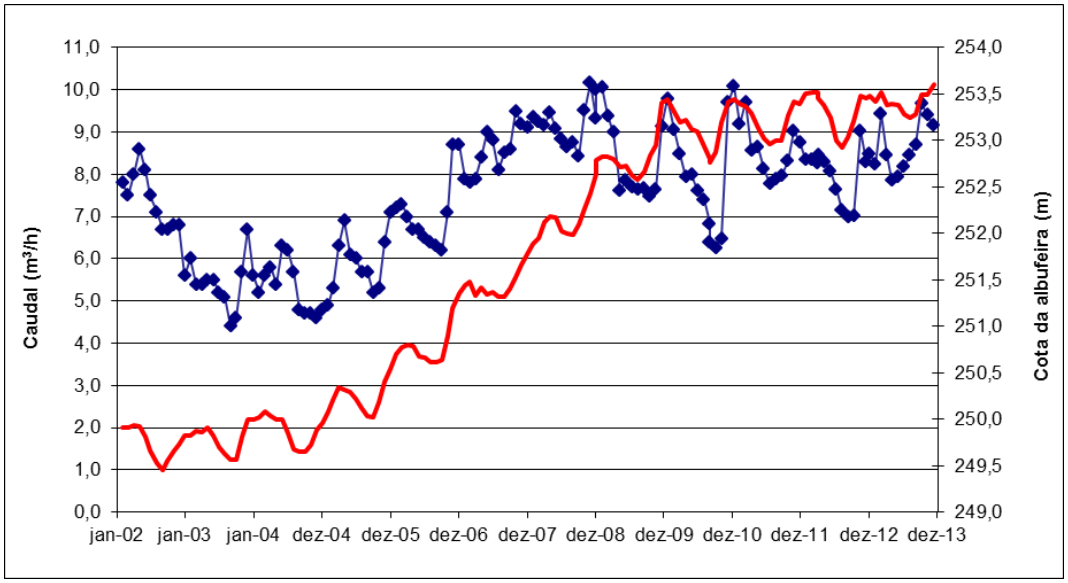


Figura 4.5 – Caudais captados no poço IBR5 (corpo principal)

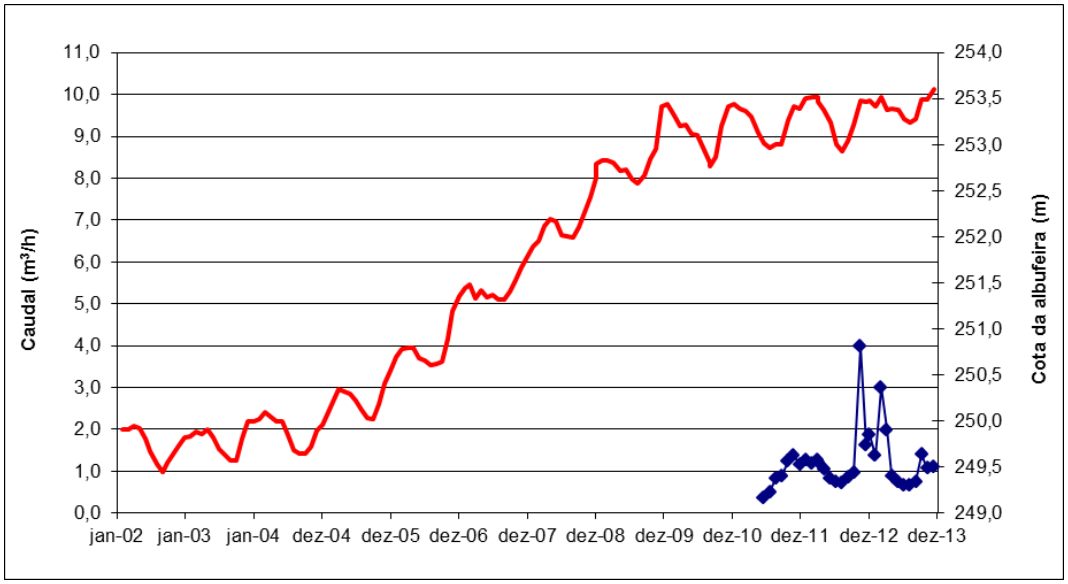


Figura 4.6 – Caudais captados no poço IBR5C (corpo principal)

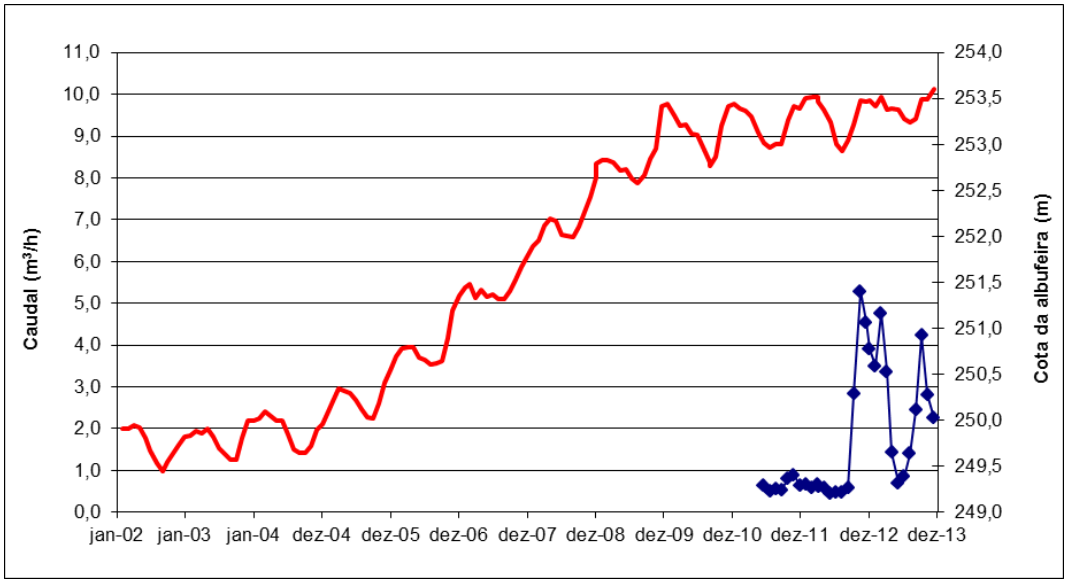


Figura 4.7 – Caudais captados no poço IBR6 (corpo principal)

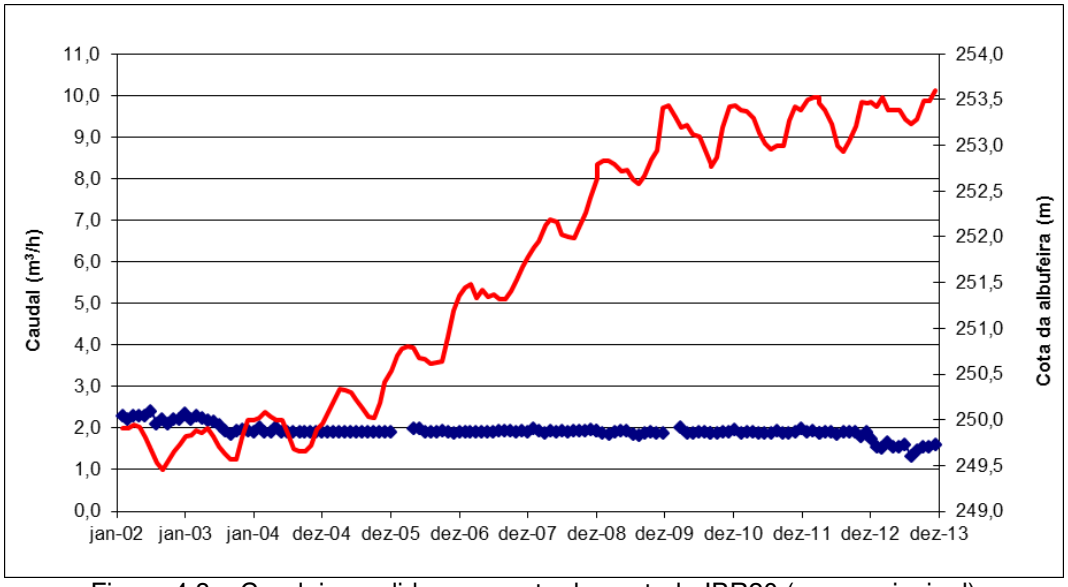


Figura 4.8 – Caudais medidos no ponto de controlo IBR20 (corpo principal)

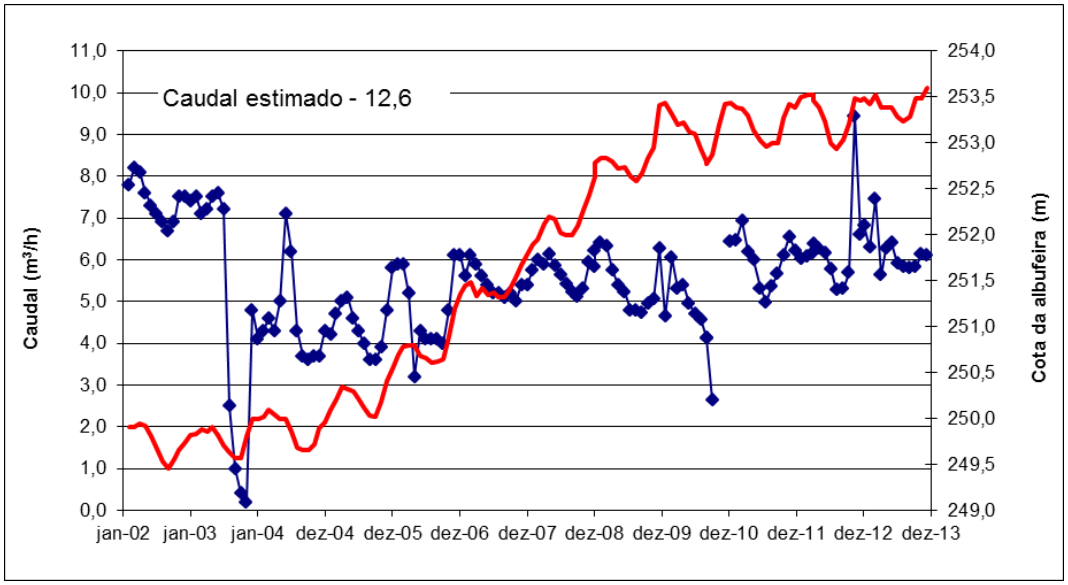


Figura 4.9 – Caudais captados no poço IBR16 (portela do corpo principal)

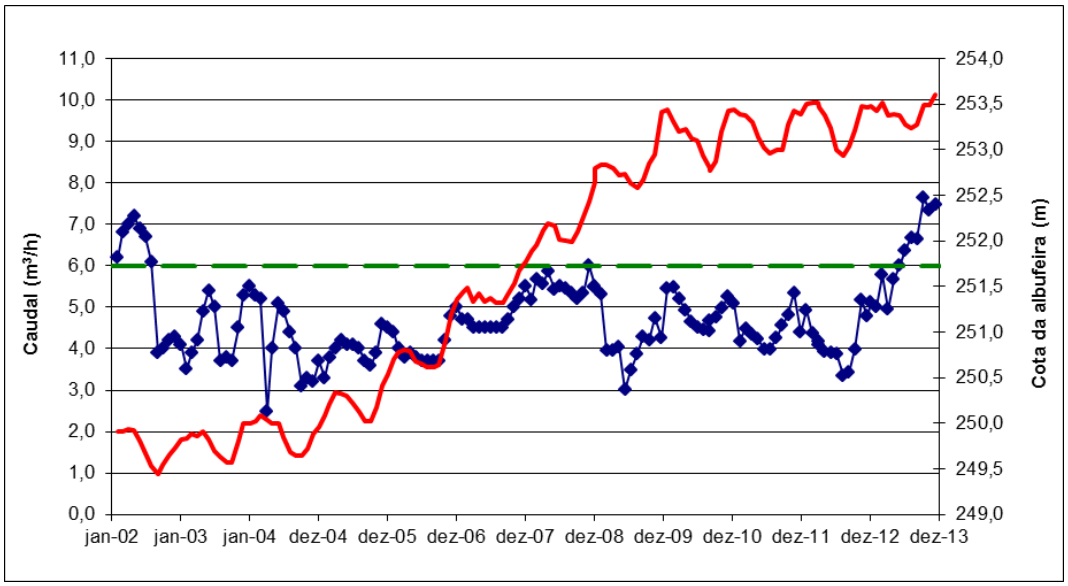


Figura 4.10 – Caudais captados no poço IBR18 (portela do corpo principal)

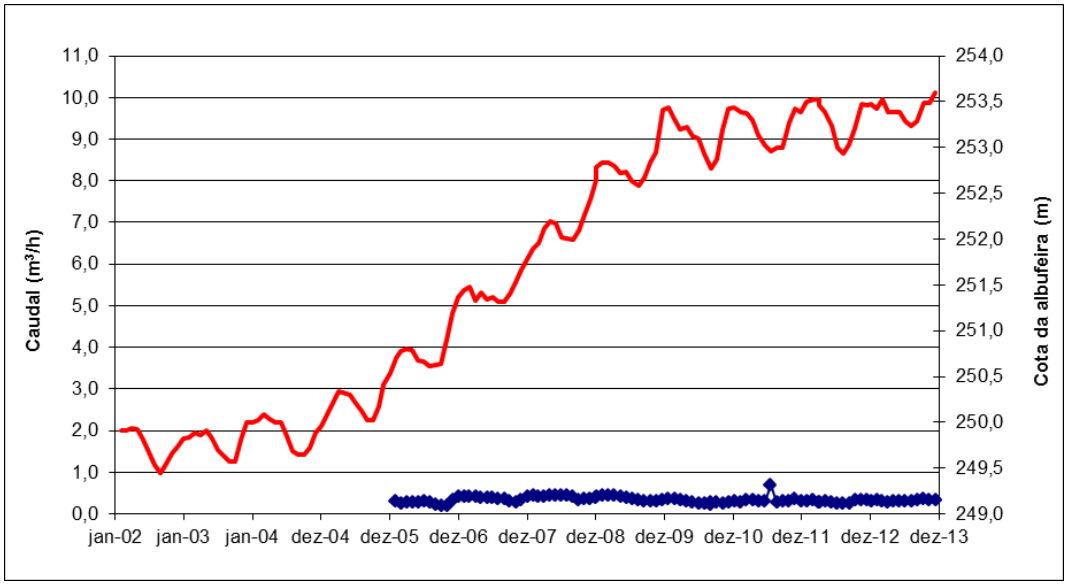


Figura 4.11 – Caudais medidos no ponto de controlo IBR18A (portela do corpo principal)

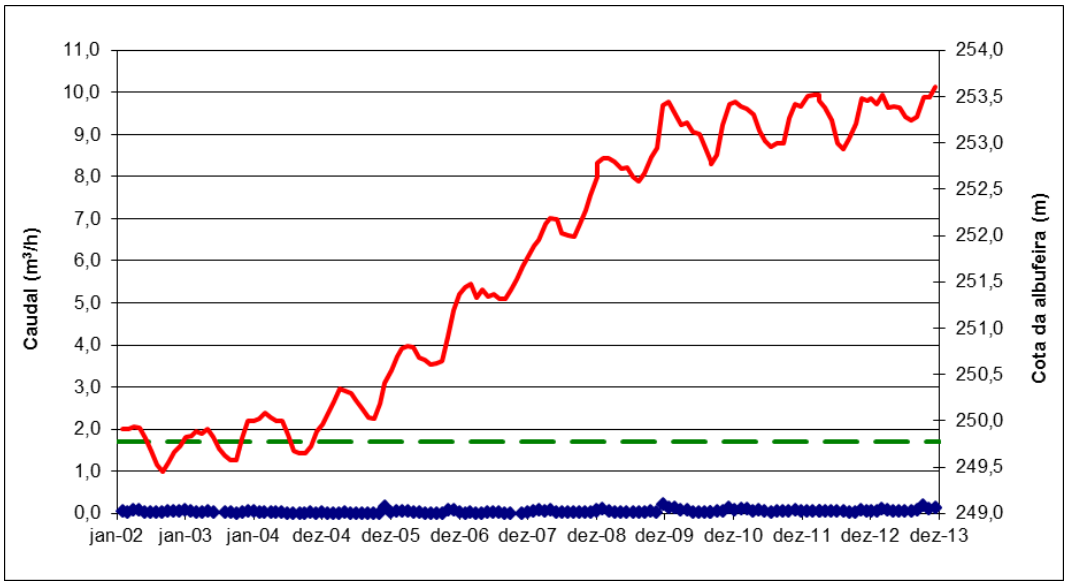


Figura 4.12 – Caudais captados no poço IBR27 (portela do corpo principal)

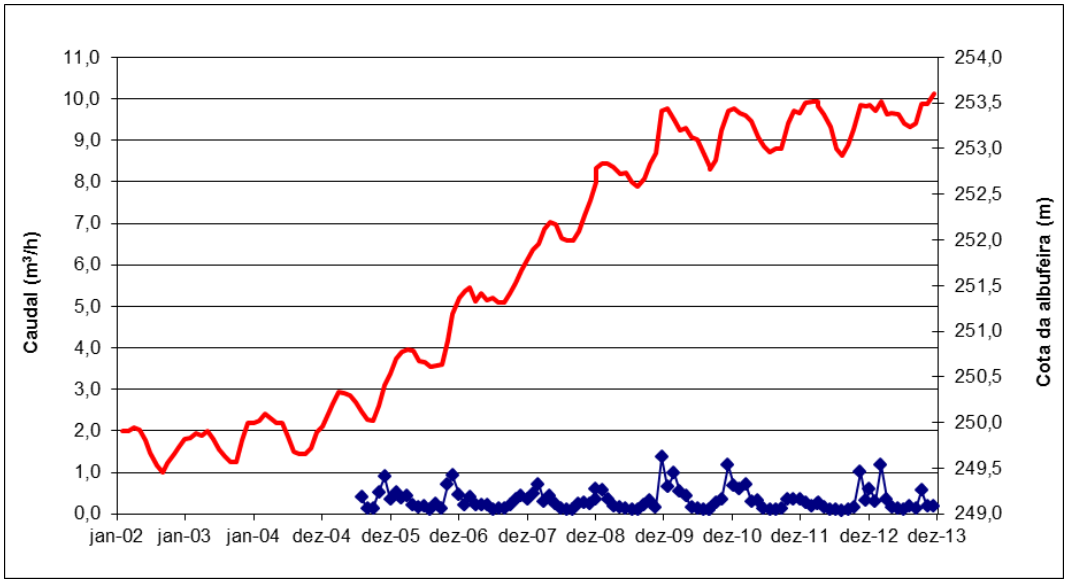


Figura 4.13 – Caudais captados no poço IBR27A (portela do corpo principal)

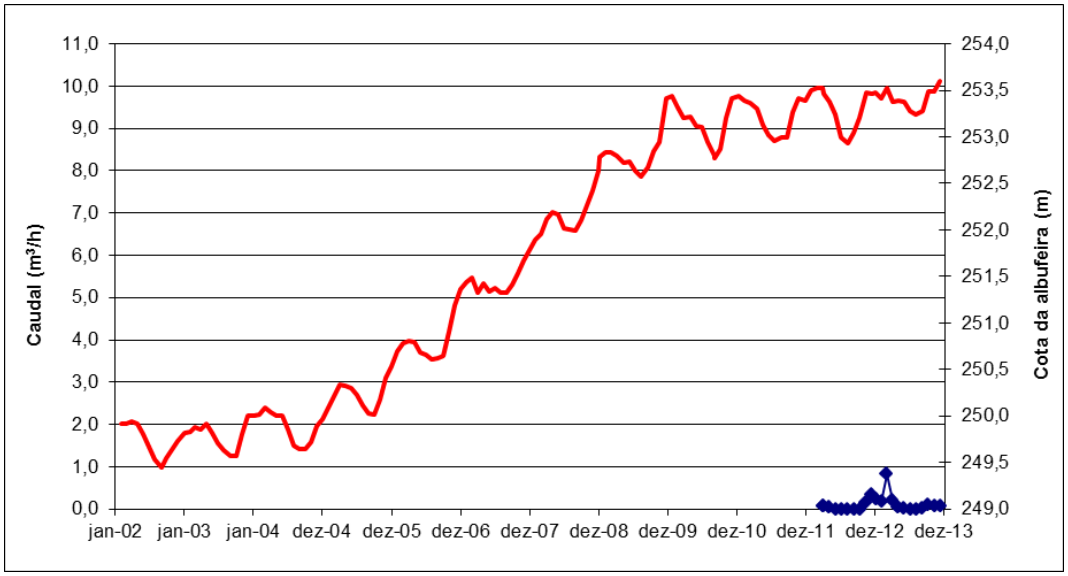


Figura 4.14 – Caudais captados no poço IBR33 (portela do corpo principal)

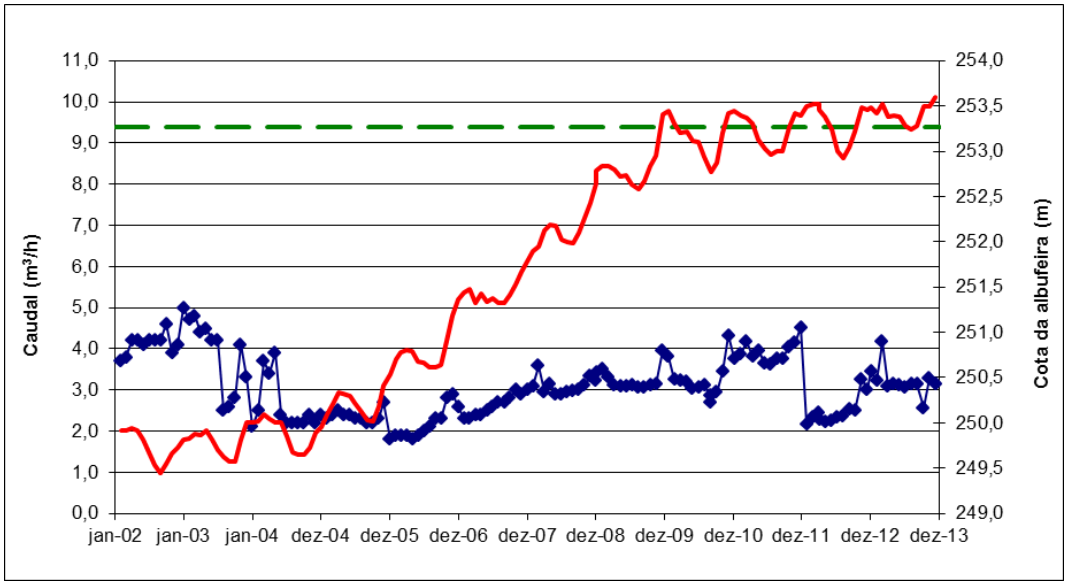


Figura 4.15 – Caudais captados no poço IBR17 (portela ME1)

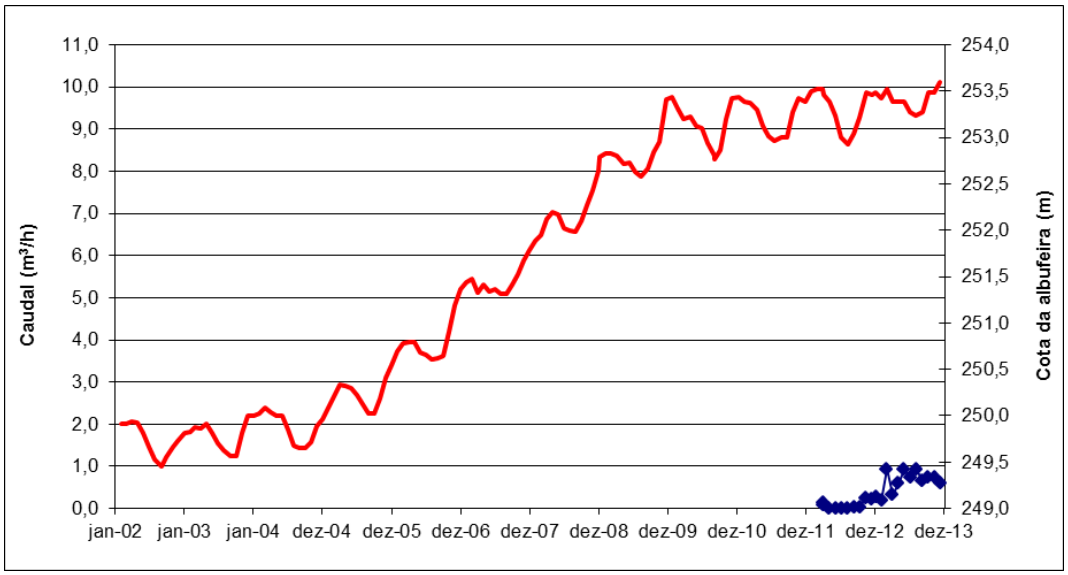


Figura 4.16 – Caudais captados no poço IBR34 (portela ME1)

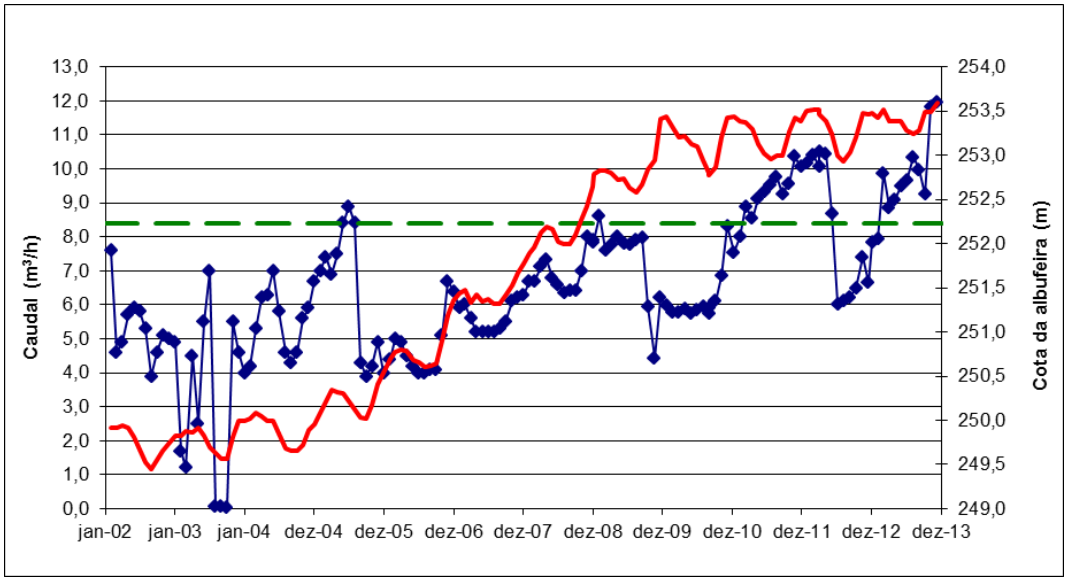


Figura 4.17 – Caudais captados no poço IBR15 (portela ME2A)

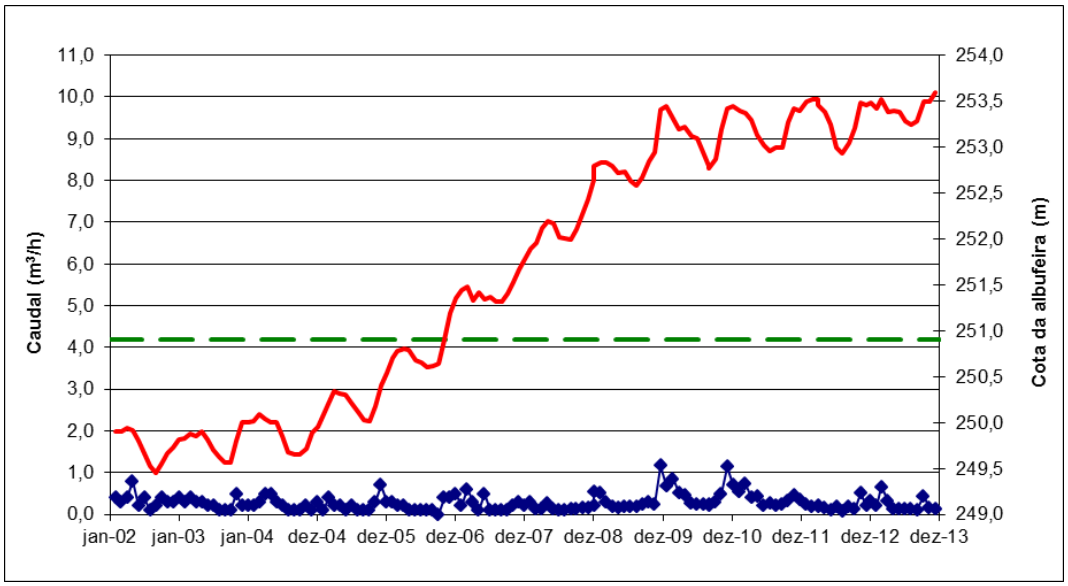


Figura 4.18 – Caudais captados no poço IBR19 (portela ME2A)

ANEXO 4 (10/13)

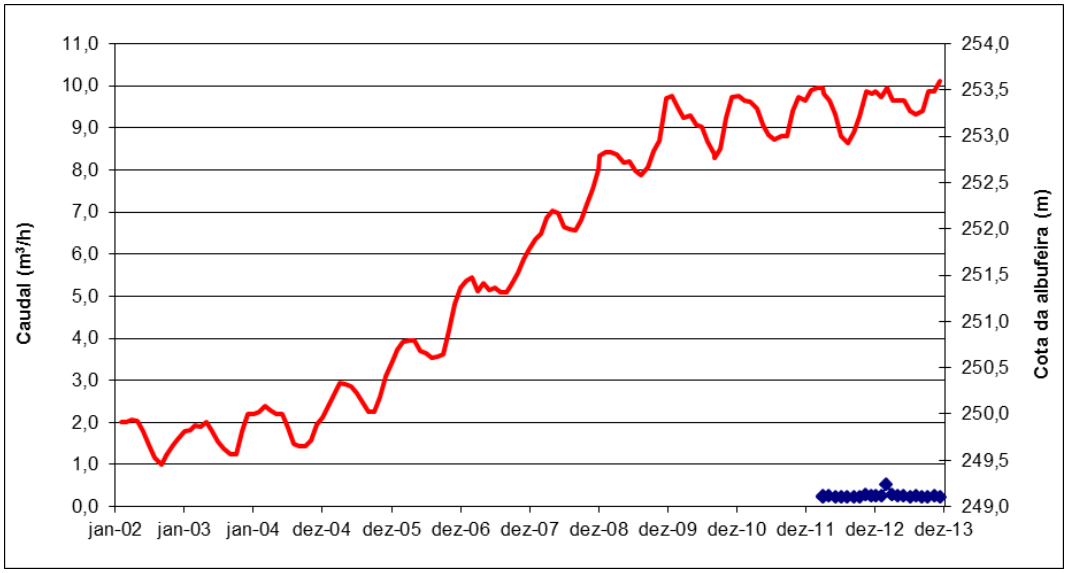


Figura 4.19 – Caudais captados no poço IBR35 (portela ME2A)

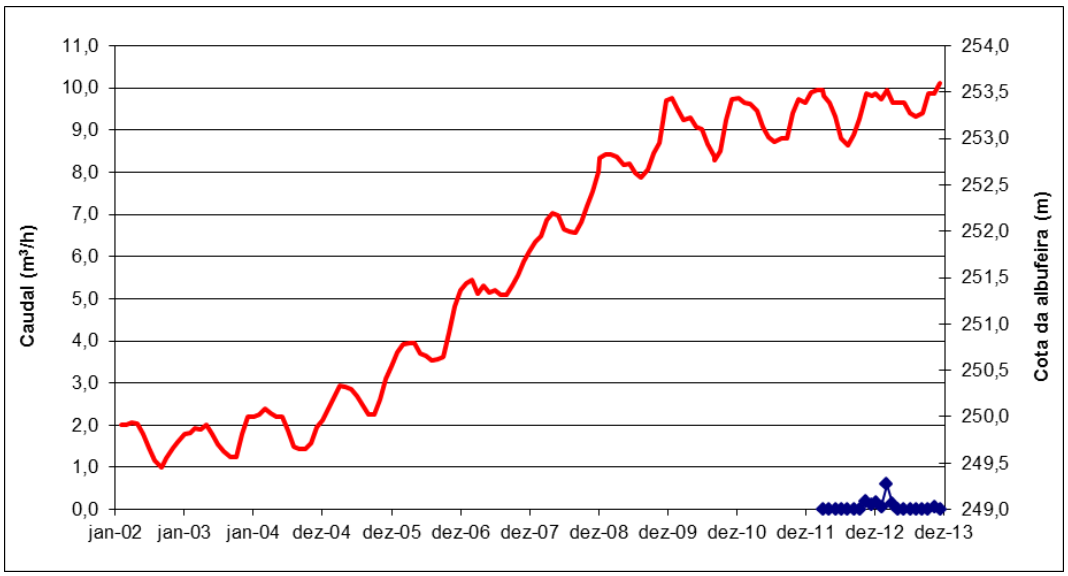


Figura 4.20 – Caudais captados no poço IBR36 (portela ME2A)

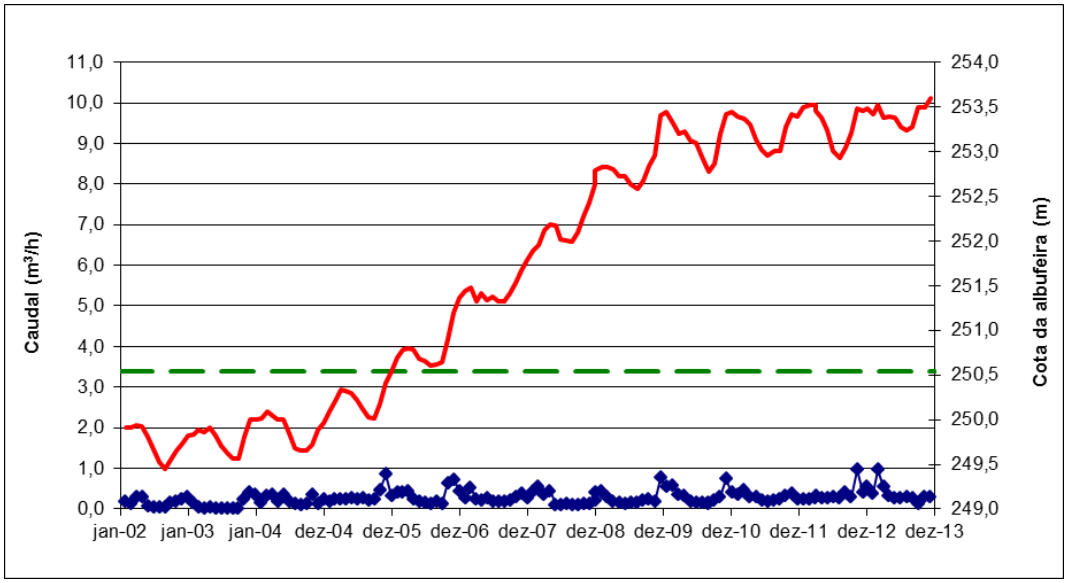


Figura 4.21 – Caudais captados no poço IBR26 (portela ME2B)

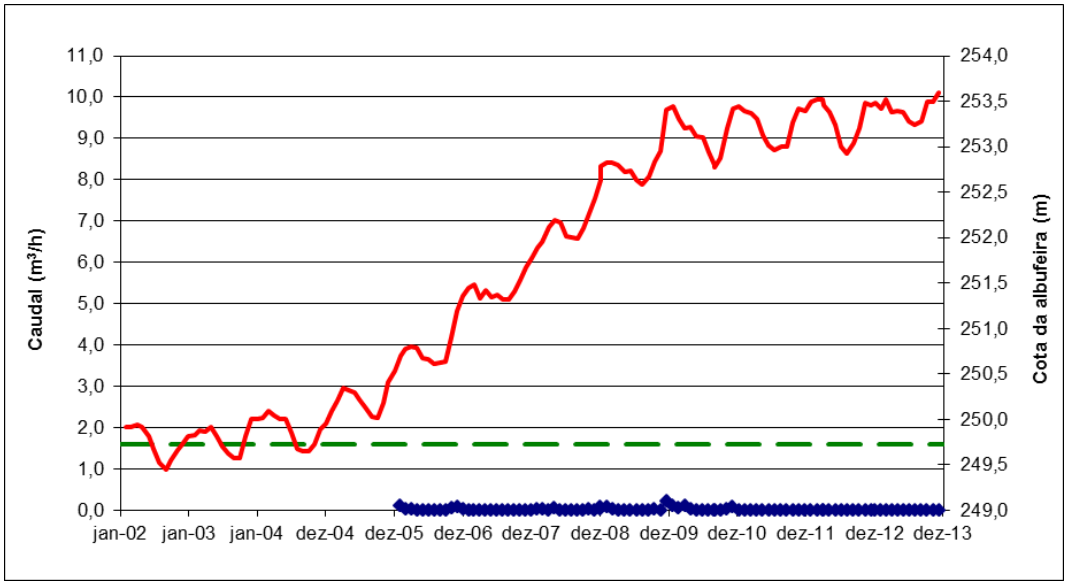


Figura 4.22 – Caudais captados no poço IBR29 (portela ME2B)

ANEXO 4 (12/13)

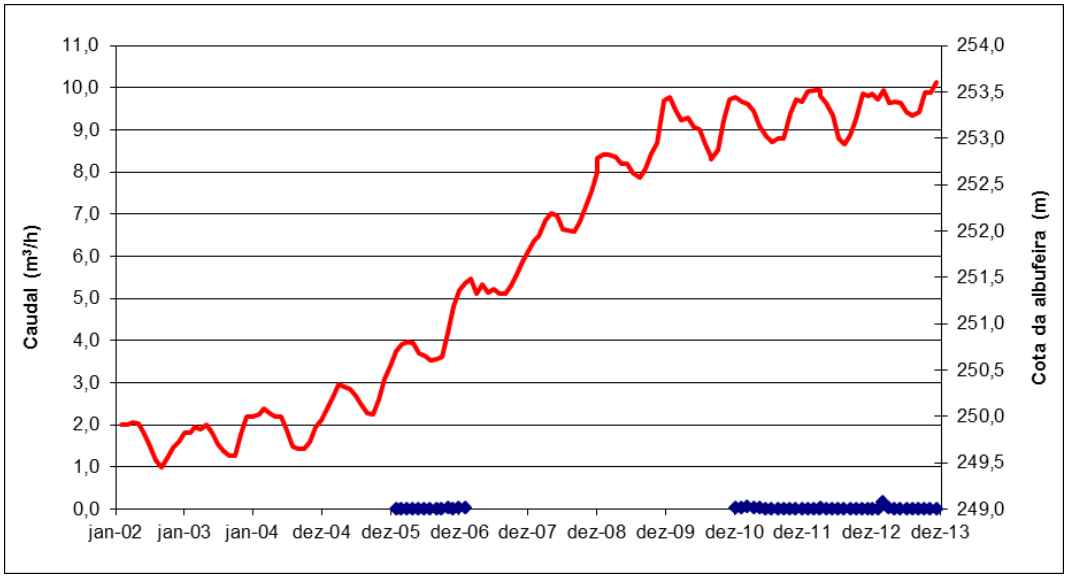


Figura 4.23 – Caudais medidos no ponto de controlo IBR29A (portela ME2C)

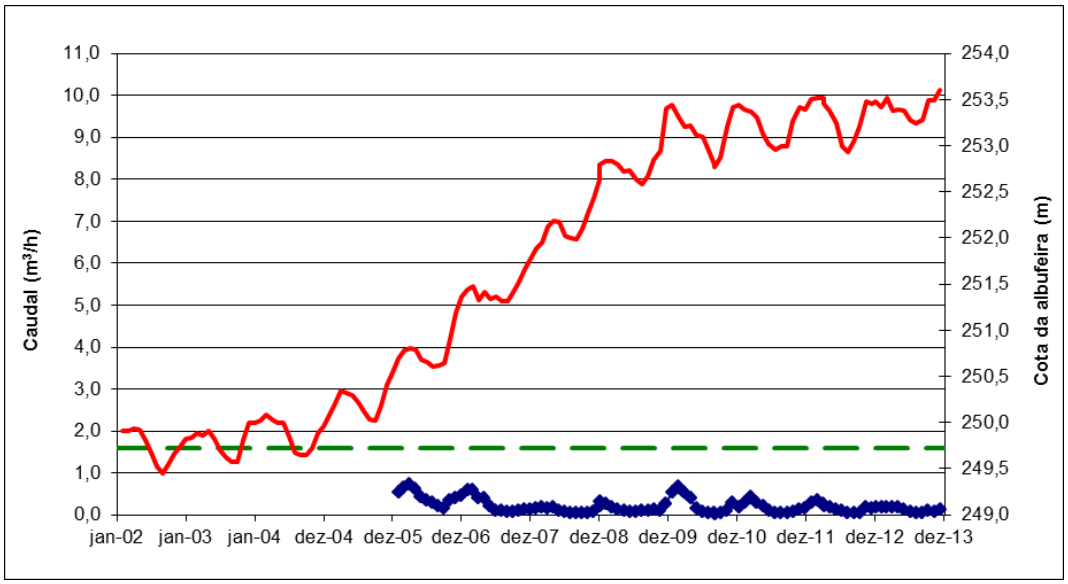


Figura 4.24 – Caudais captados no poço IBR30 (portela ME2C)

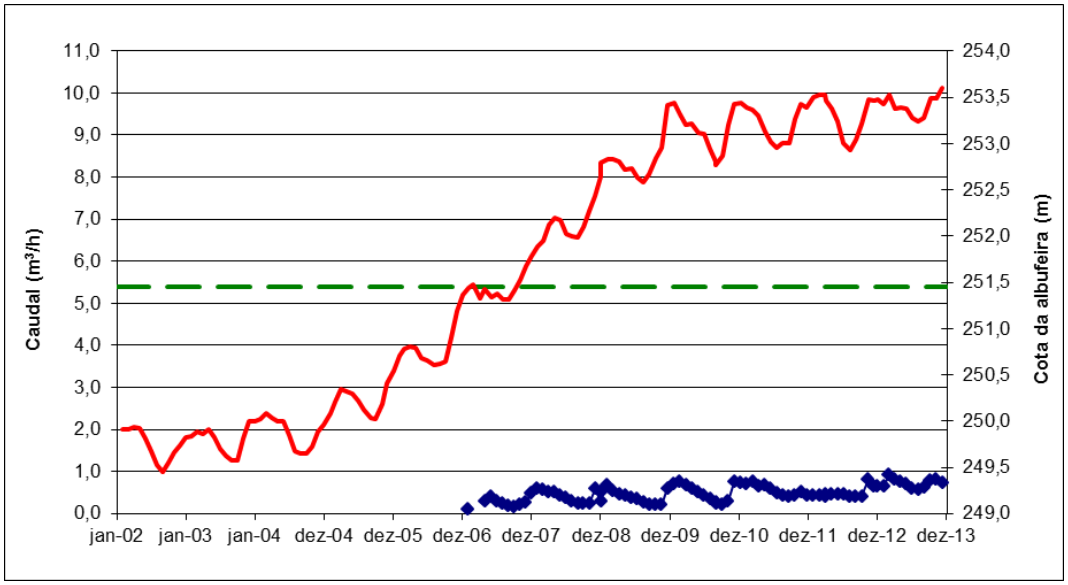


Figura 4.25 – Caudais captados no poço IBR31 (barragem do Monte Branco)

DESLOCAMENTOS SUPERFICIAIS - ASSENTAMENTOS

1 - PORTELA MD

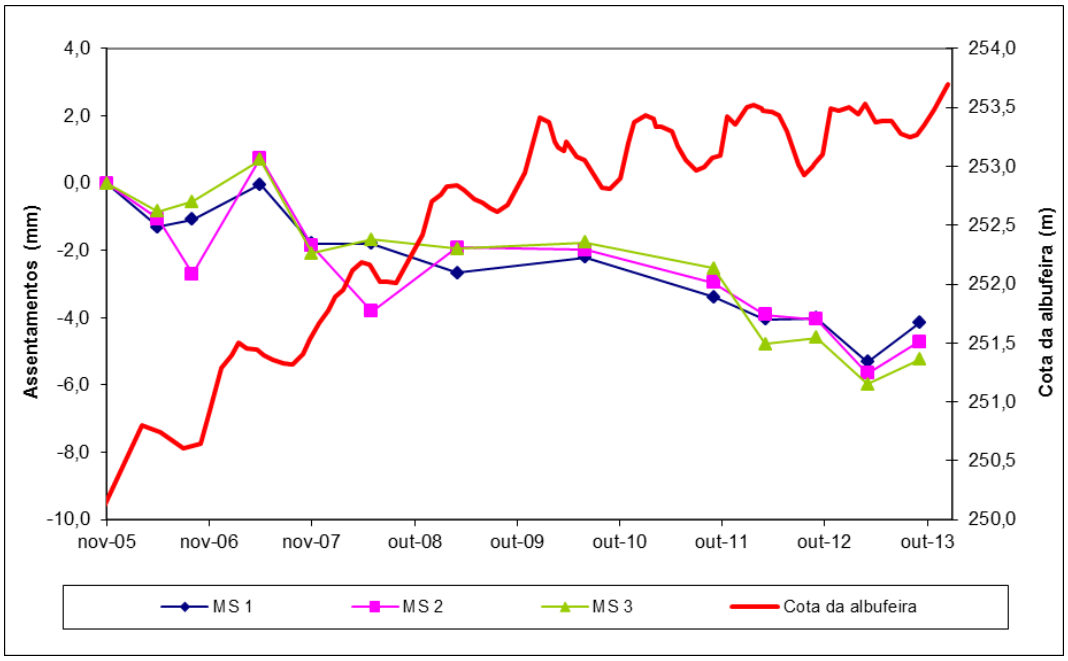


Figura 5.1 – Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na portela MD

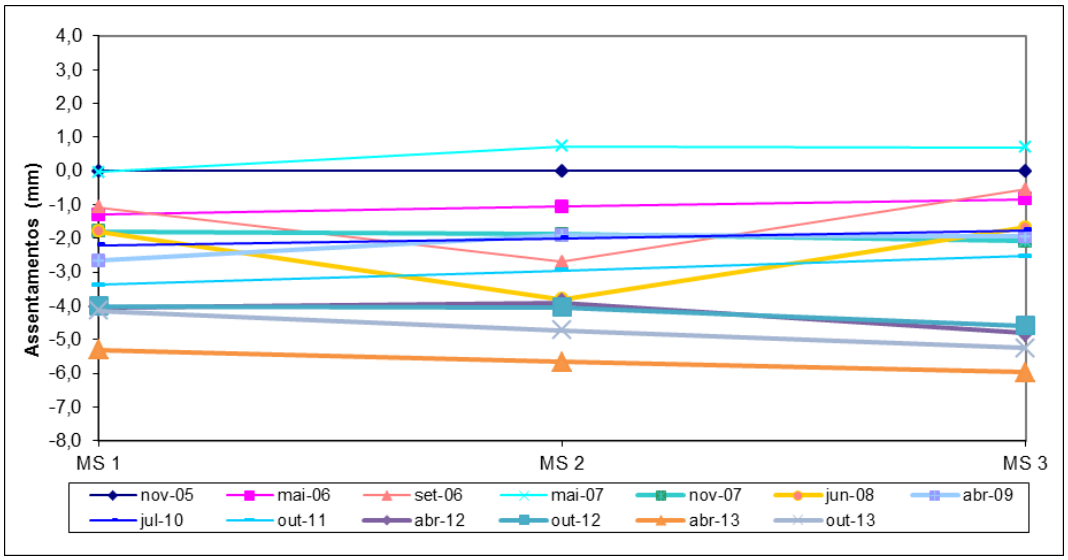


Figura 5.2 – Assentamentos no coroamento da portela MD

ANEXO 5 (2/9)

2 - **CORPO PRINCIPAL E PORTELA DO CORPO PRINCIPAL**

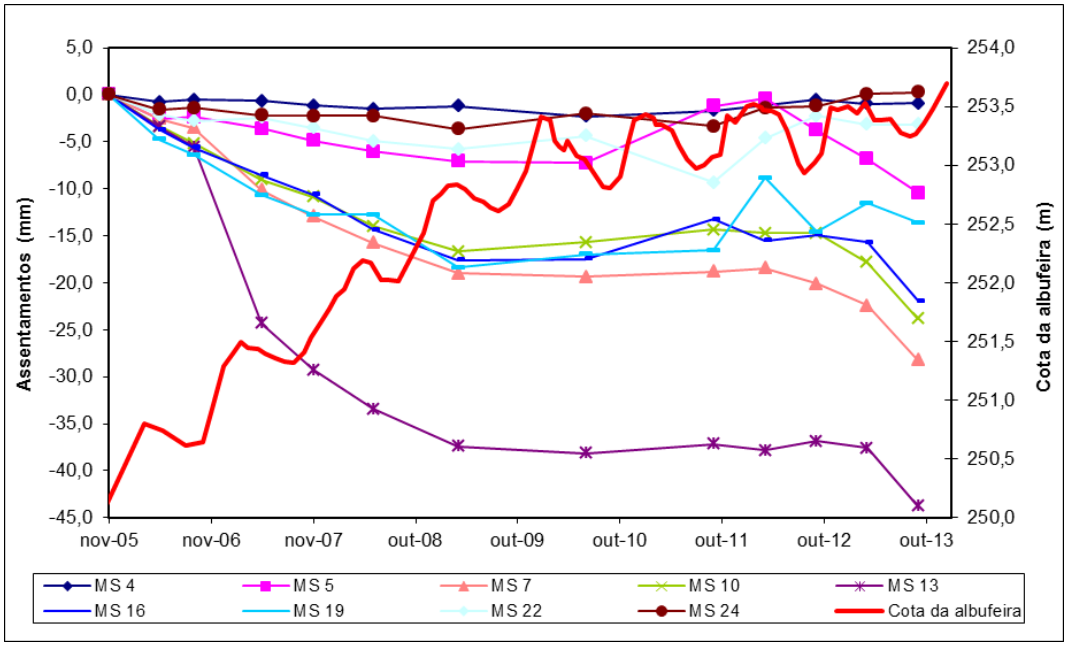


Figura 5.3 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas no coroamento do corpo principal

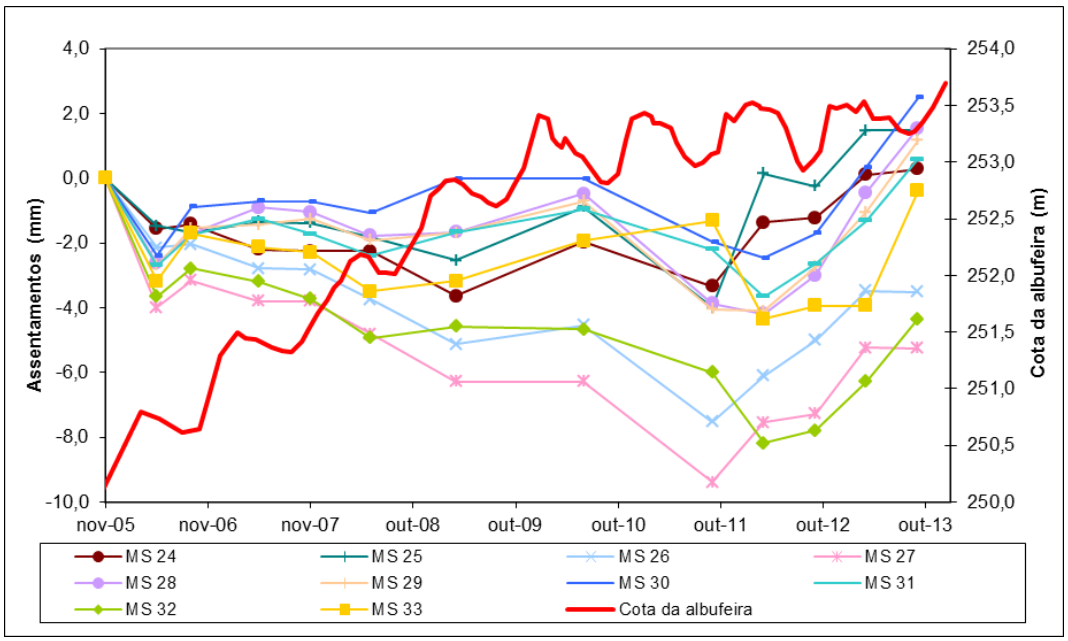


Figura 5.4 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na portela do corpo principal

ANEXO 5 (4/9)

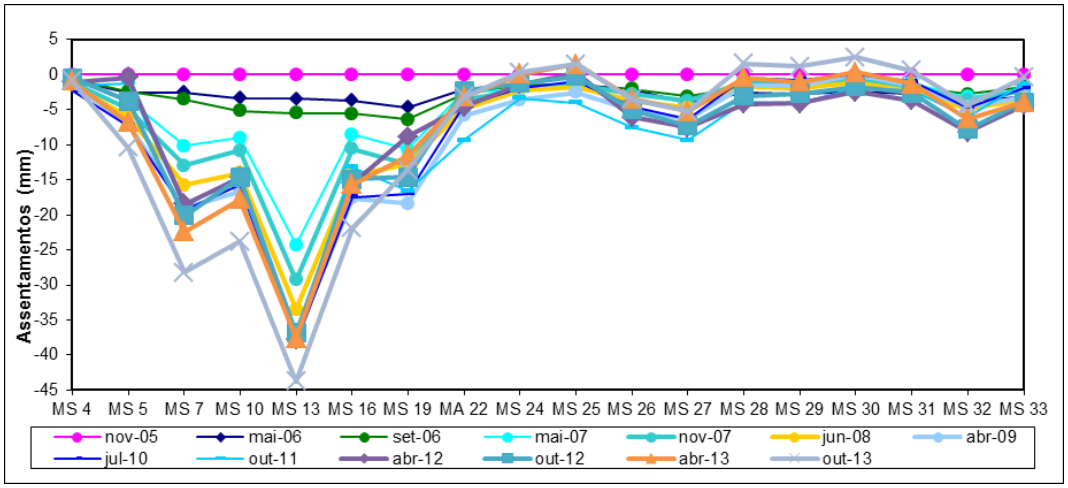


Figura 5.5 - Assentamentos no coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal

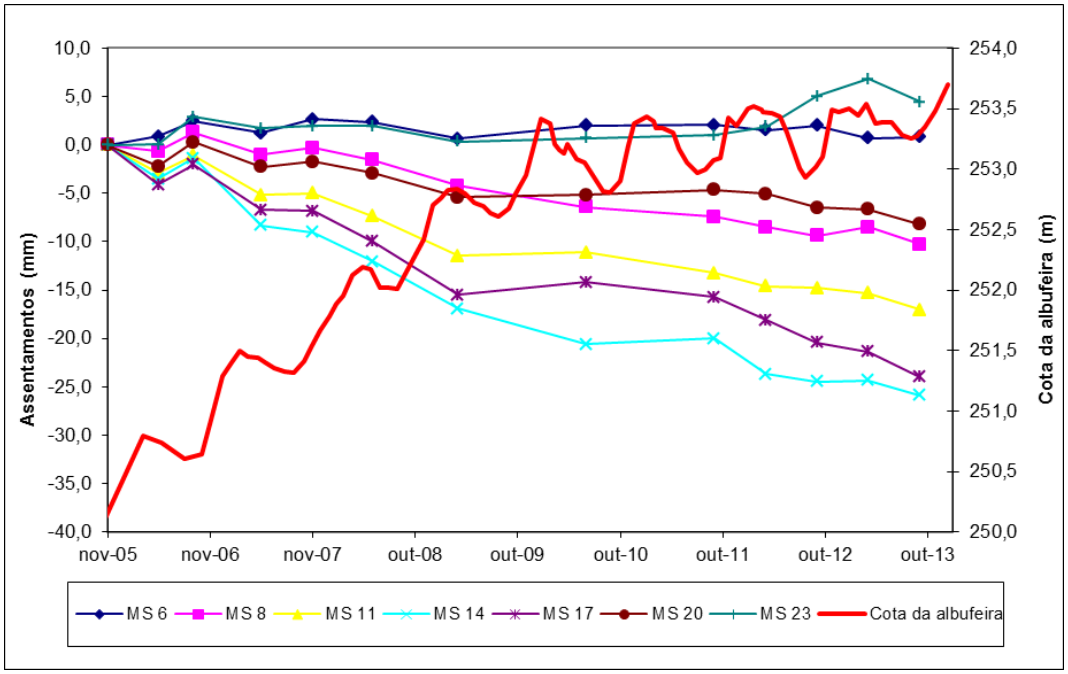


Figura 5.6 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na banqueta superior do corpo principal

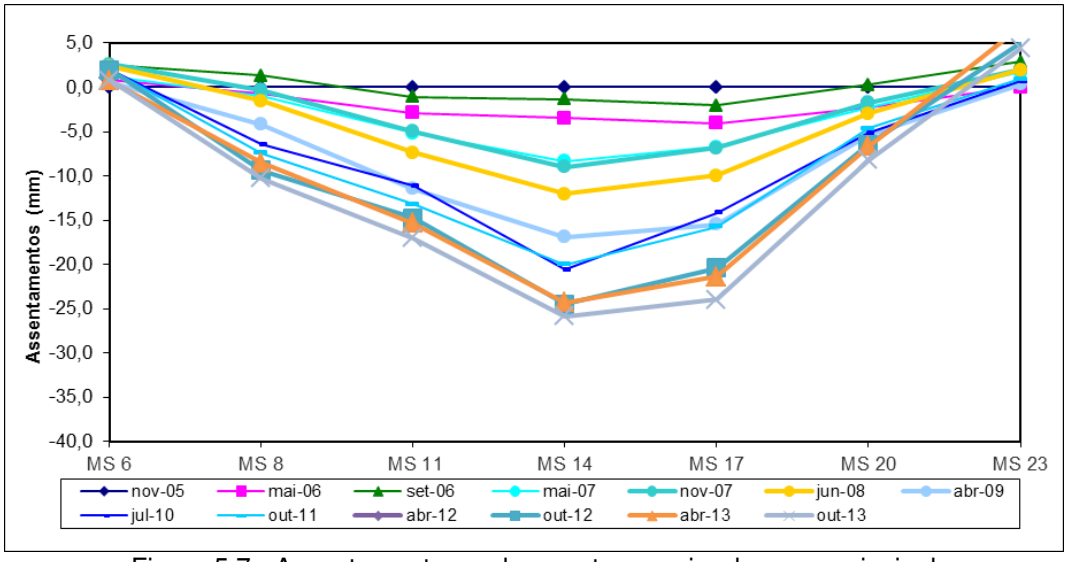


Figura 5.7 - Assentamentos na banqueta superior do corpo principal

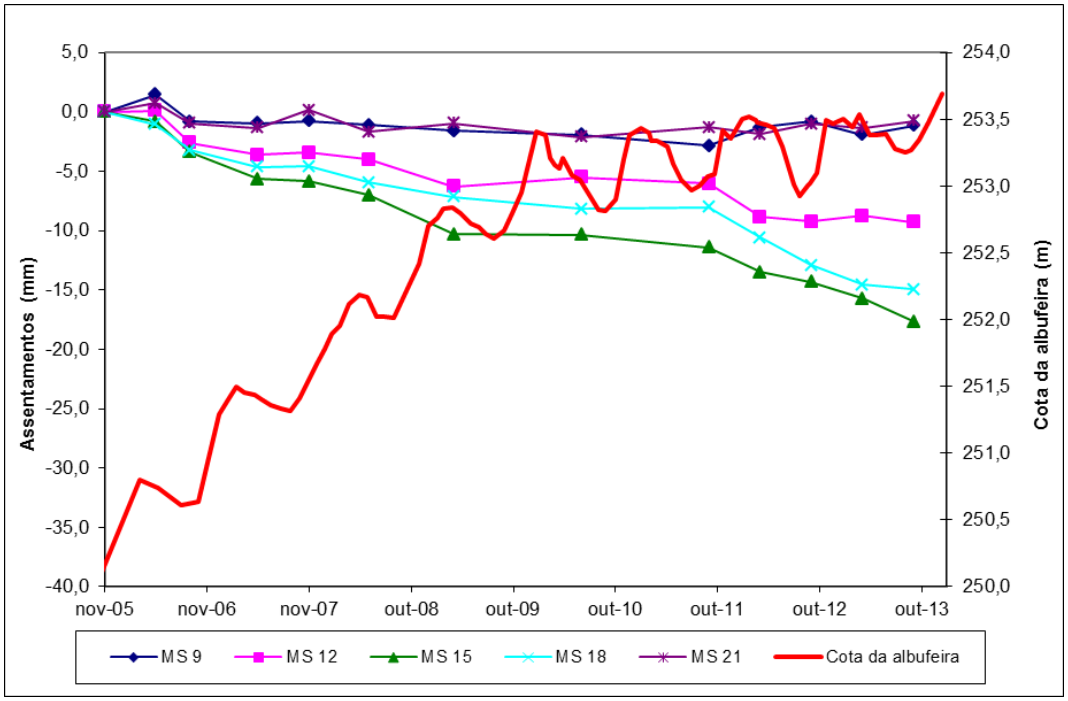


Figura 5.8 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na banqueta intermédia do corpo principal

ANEXO 5 (6/9)

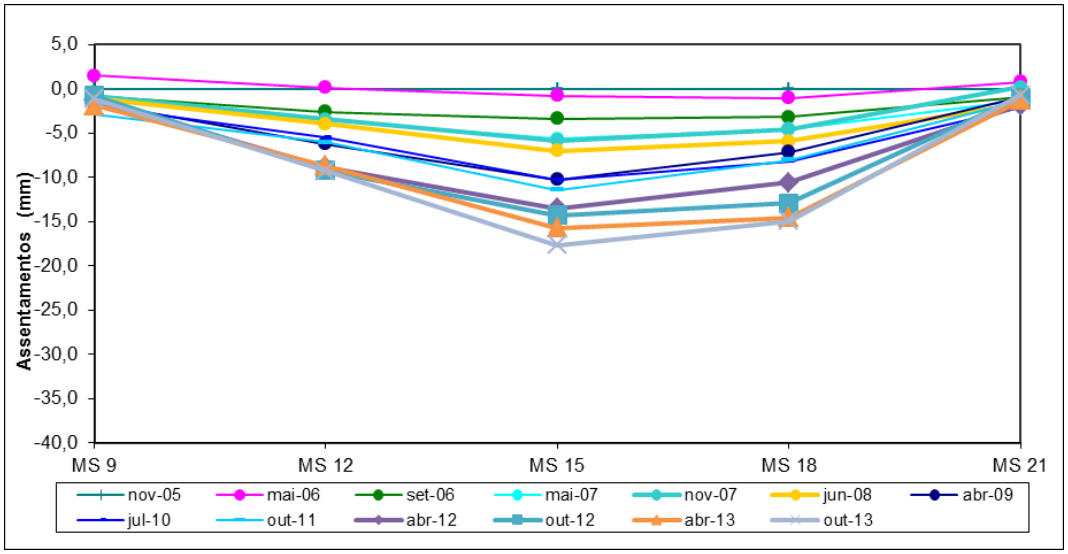


Figura 5.9 - Assentamentos na banqueta intermédia do corpo principal

3 - **PORTELA ME1**

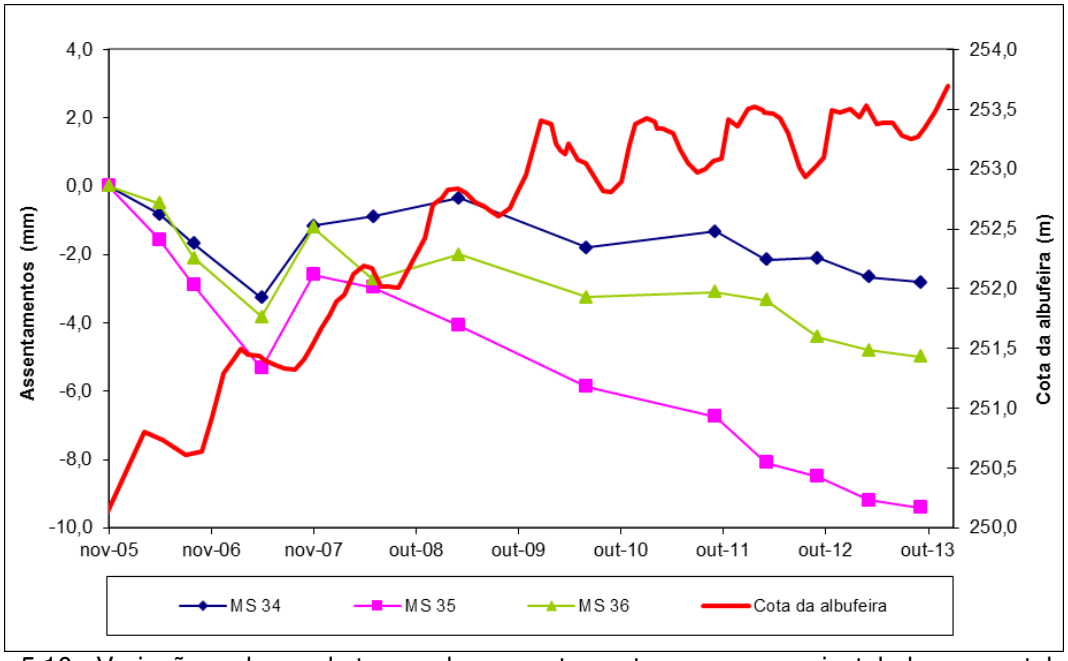


Figura 5.10 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na portela ME1

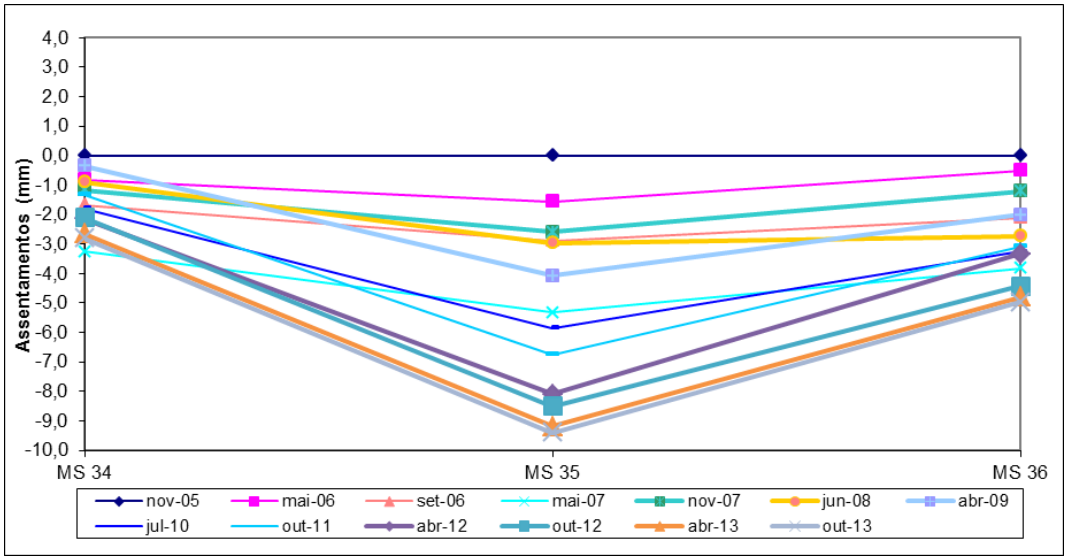


Figura 5.11 - Assentamentos no coroamento da portela ME1

ANEXO 5 (8/9)

4 - **PORTELA ME2**

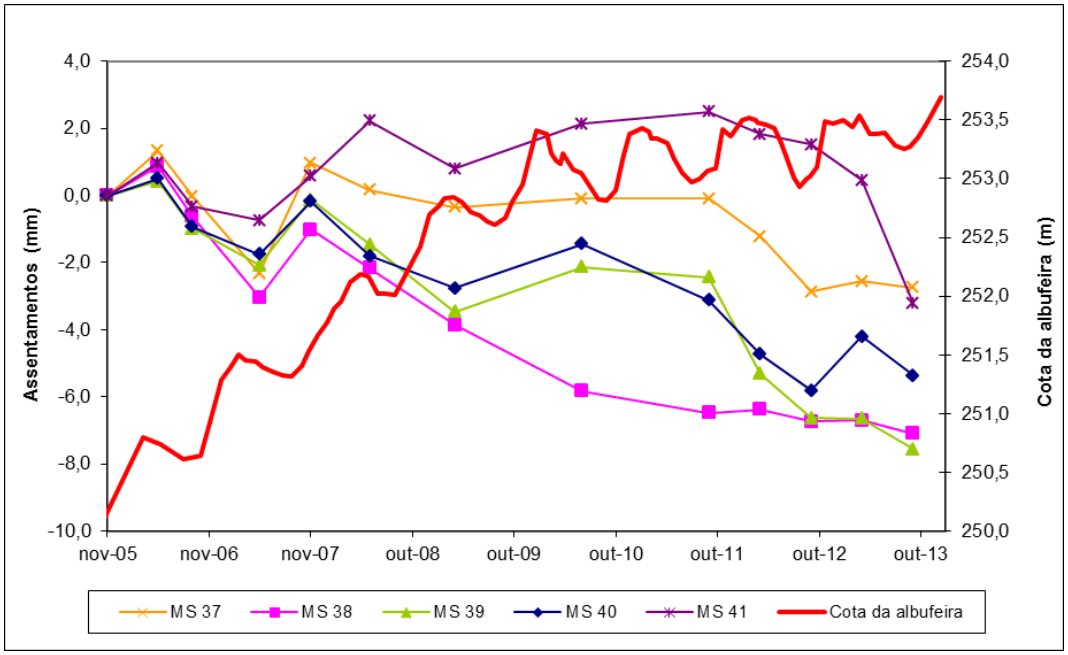


Figura 5.12 - Variação ao longo do tempo dos assentamentos nas marcas instaladas na portela ME2

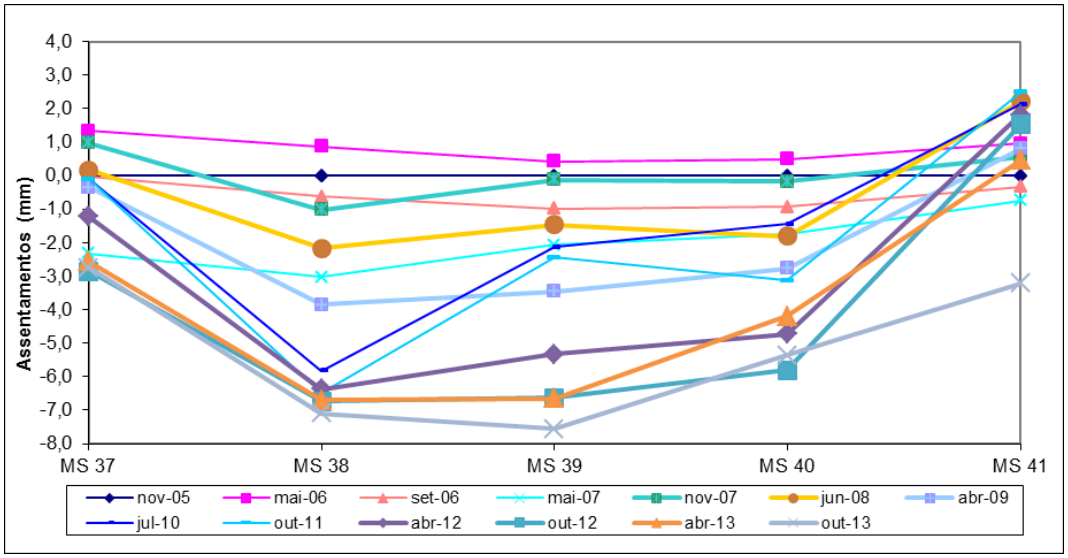
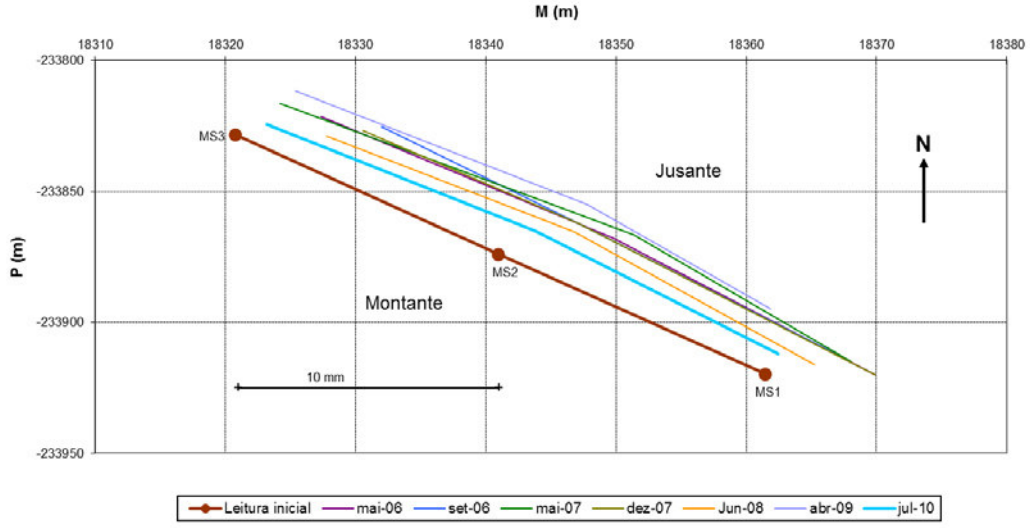


Figura 5.13 - Assentamentos no coroamento da portela ME2

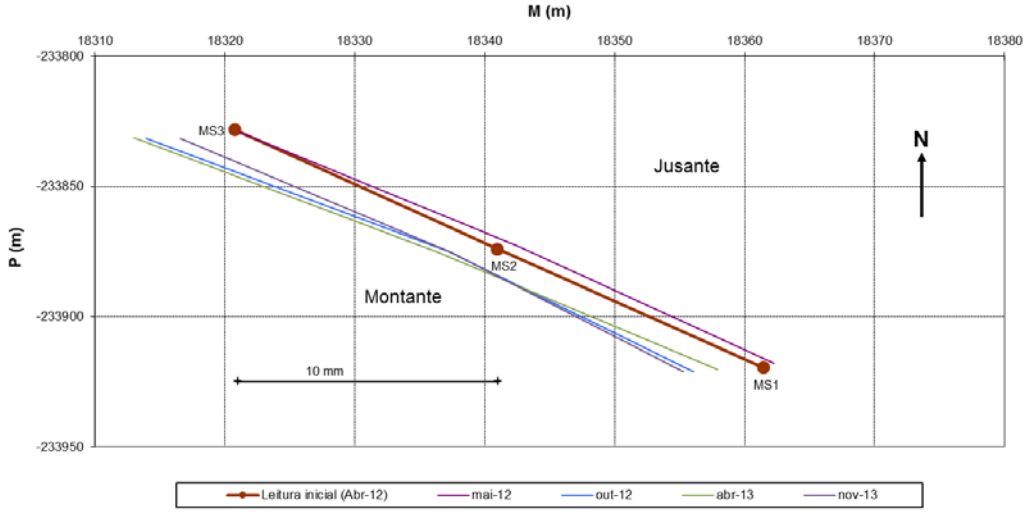
DESLOCAMENTOS SUPERFICIAIS HORIZONTAIS

NOTAS:
- Os deslocamentos horizontais apresentados nos gráficos das várias zonas do aterro (Figuras 6.1, 6.3, 6.4, 6.5, 6.9 e 6.11) estão ampliados 2000 vezes; nestes gráficos a escala dos M e P está à escala real;
- Nos referidos gráficos apresenta-se uma escala gráfica correspondente a 10 mm de deslocamento horizontal;

1 - **PORTELA MD**



a)



b)

Figura 6.1 – Deslocamentos superficiais horizontais no coroamento da portela MD: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (2/14)

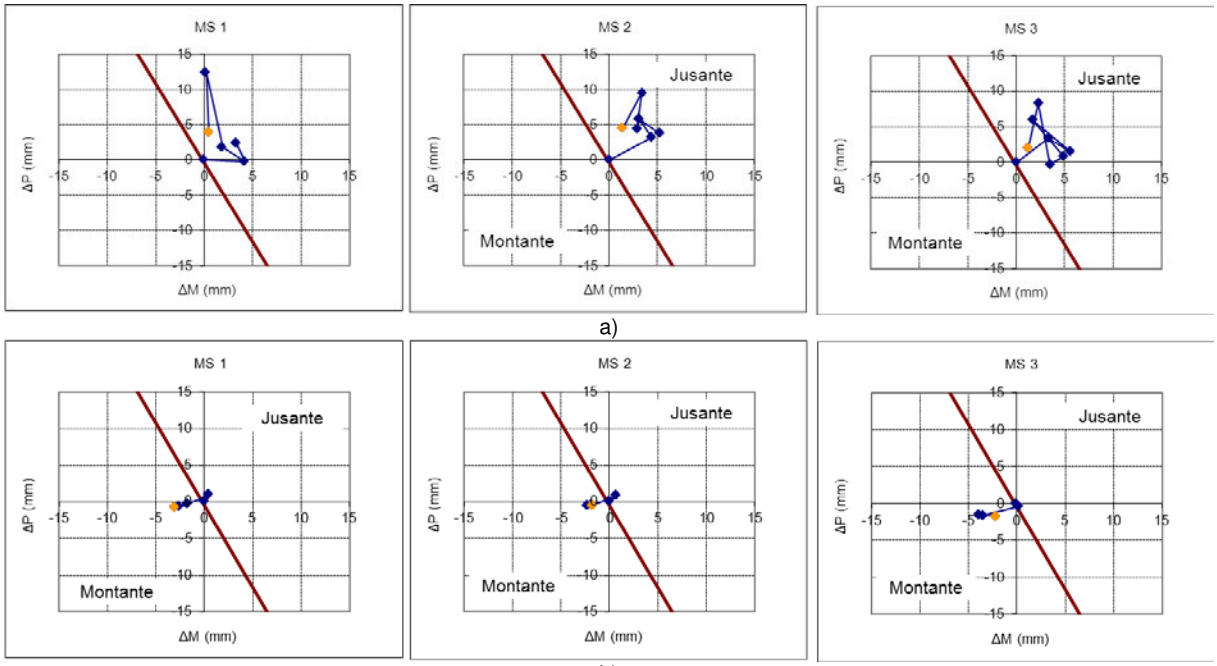
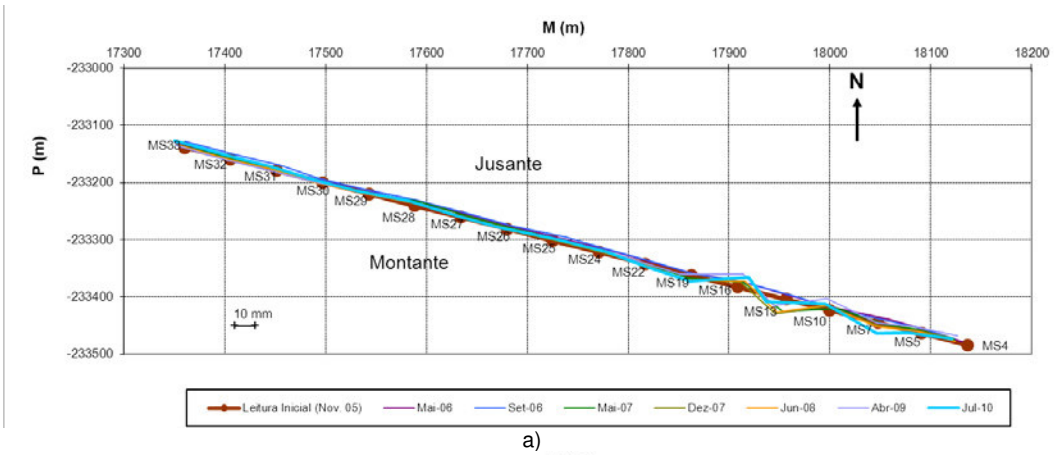
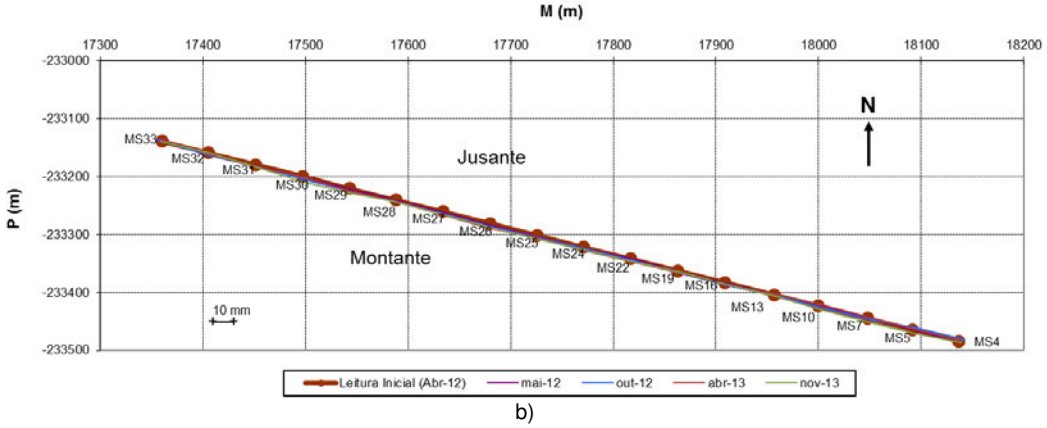


Figura 6.2 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas do coroamento da portela MD: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

2 - **CORPO PRINCIPAL E PORTELA DO CORPO PRINCIPAL**



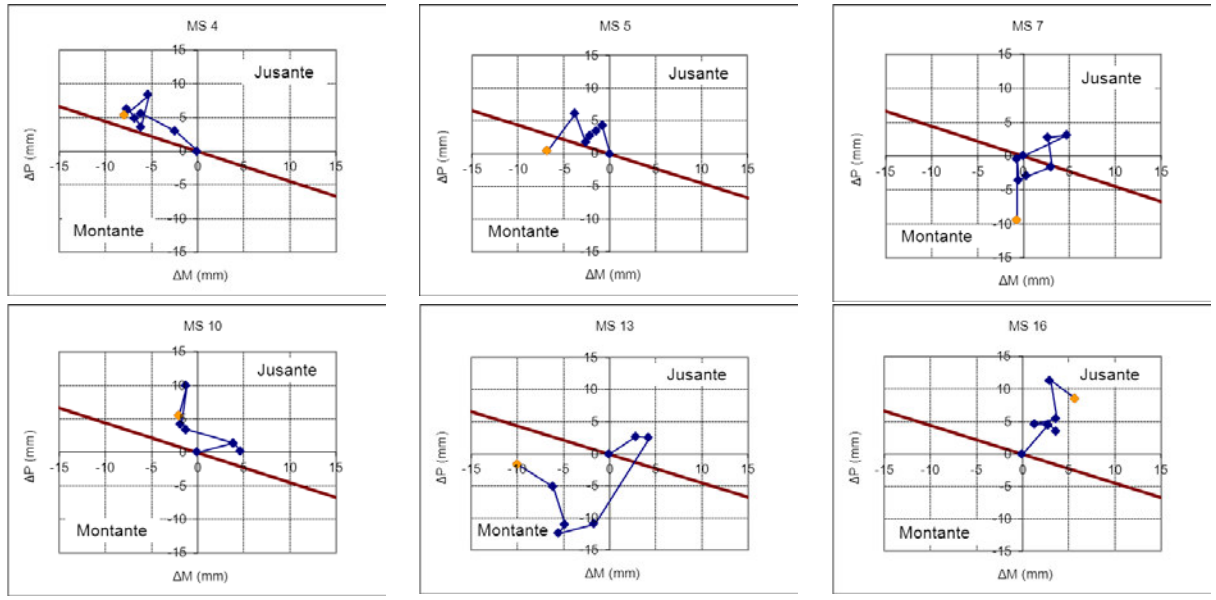
a)



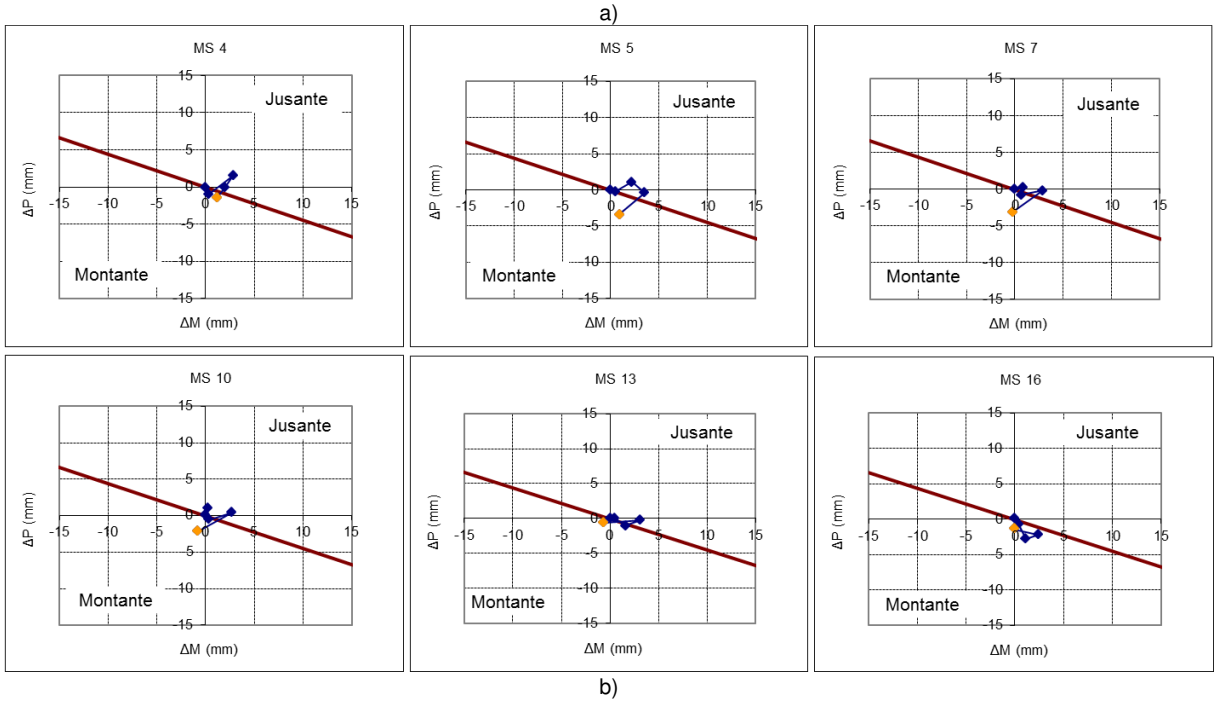
b)

Figura 6.3 – Deslocamentos superficiais horizontais no coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (4/14)

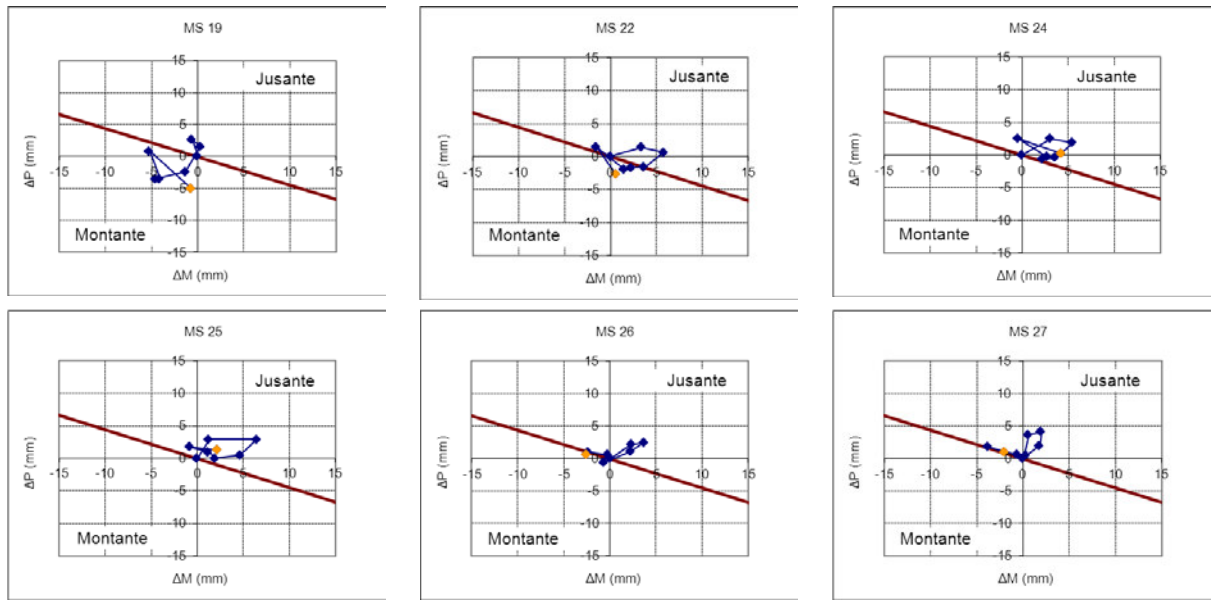


a)

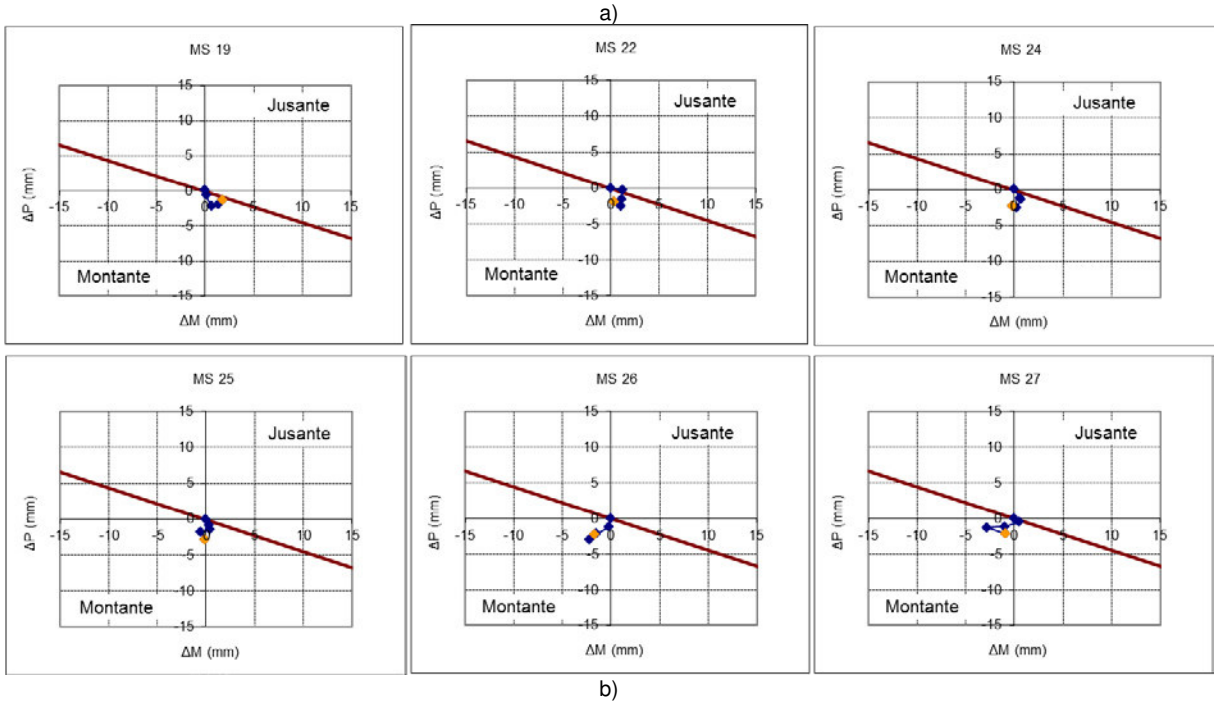


b)

Figura 6.4 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas do coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012



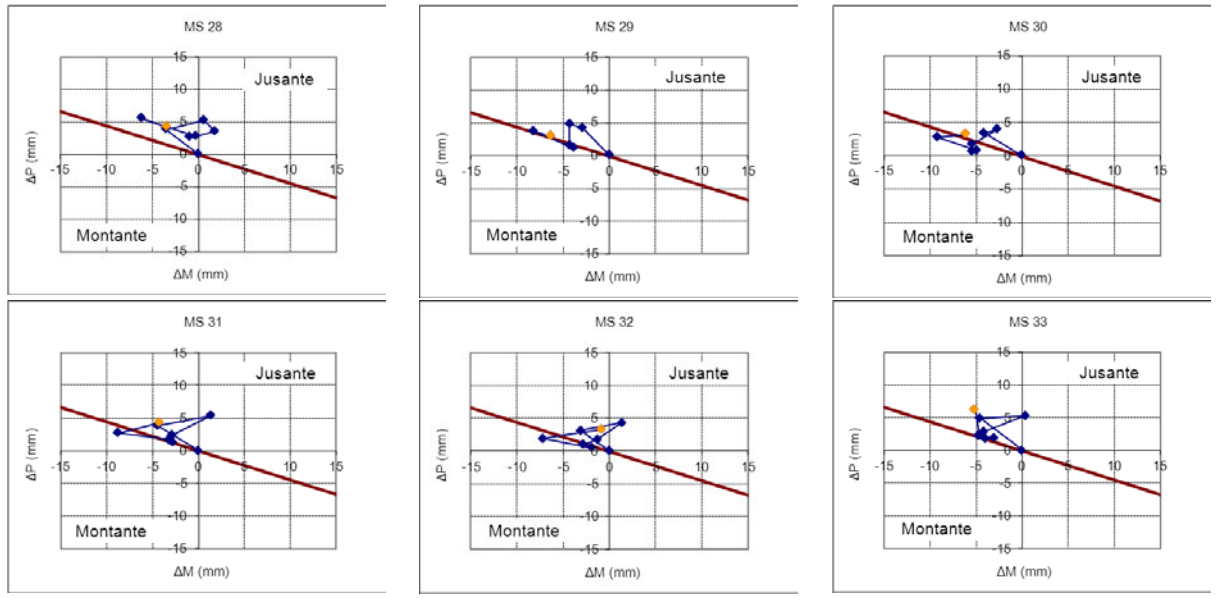
a)



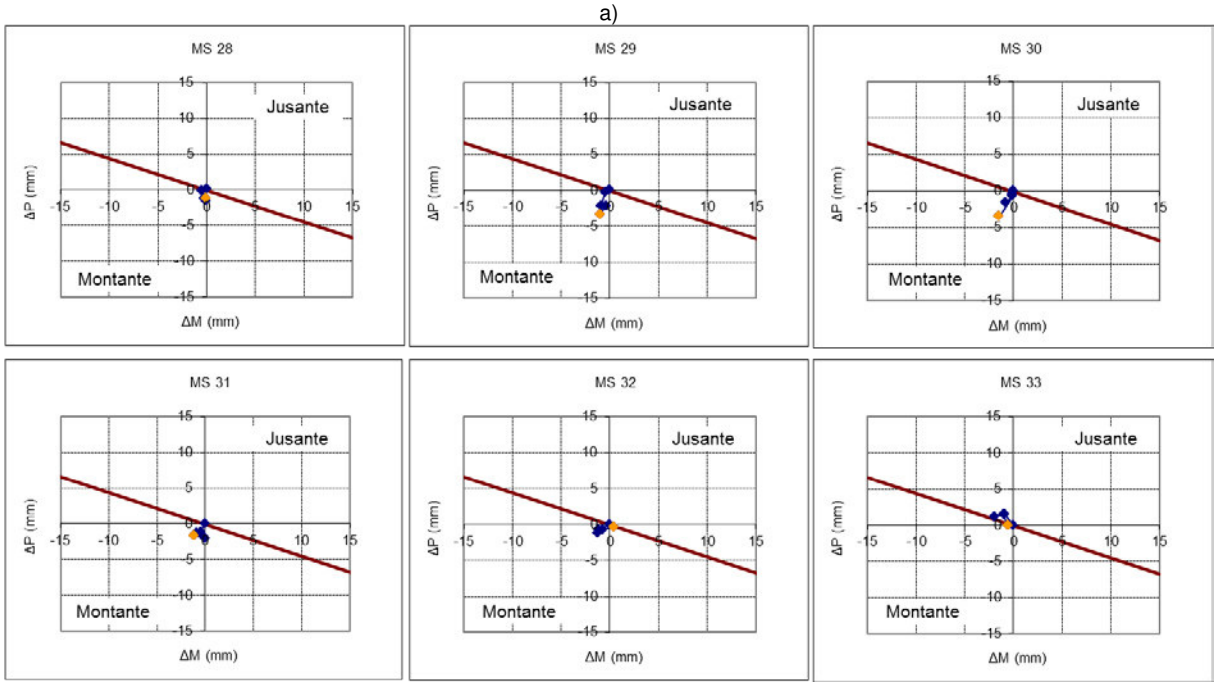
b)

Figura 6.4 (continuação) – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas do coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (6/14)



a)



b)

Figura 6.4 (continuação) – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas do coroamento do corpo principal e da portela do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

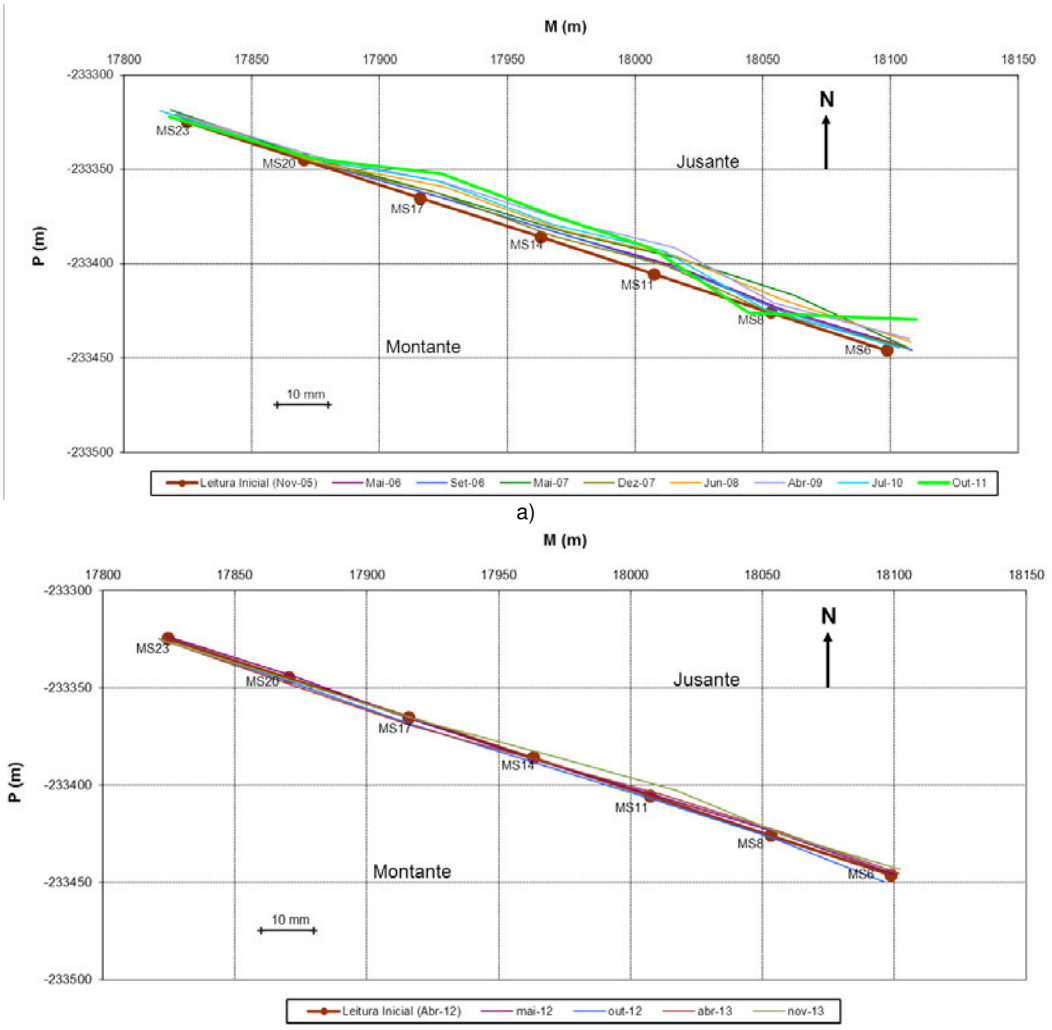
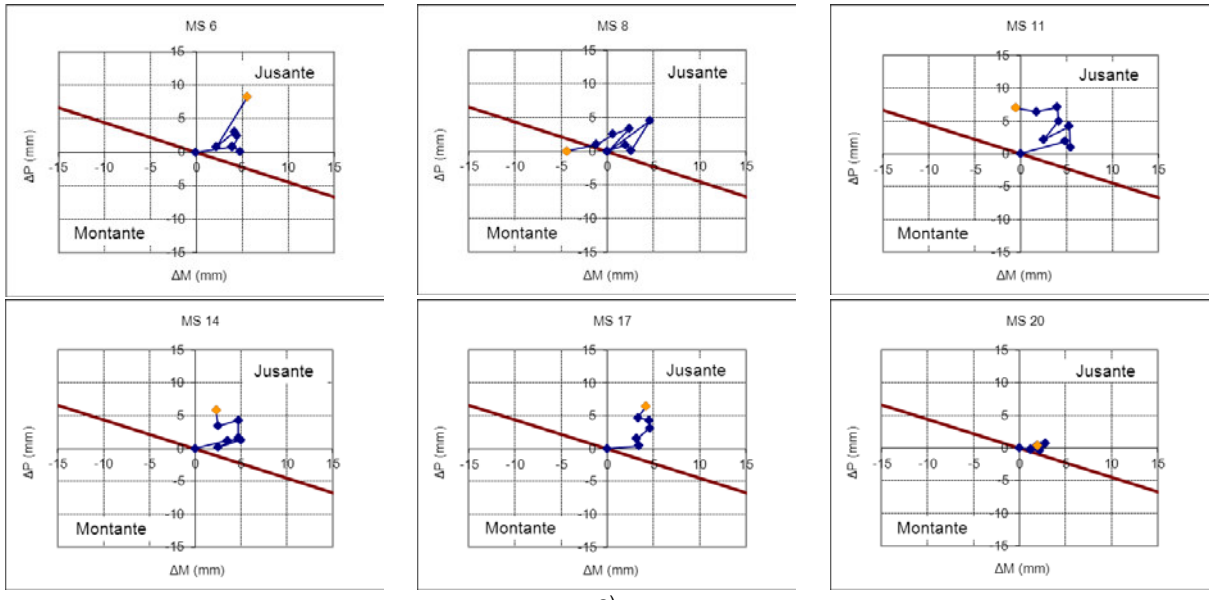
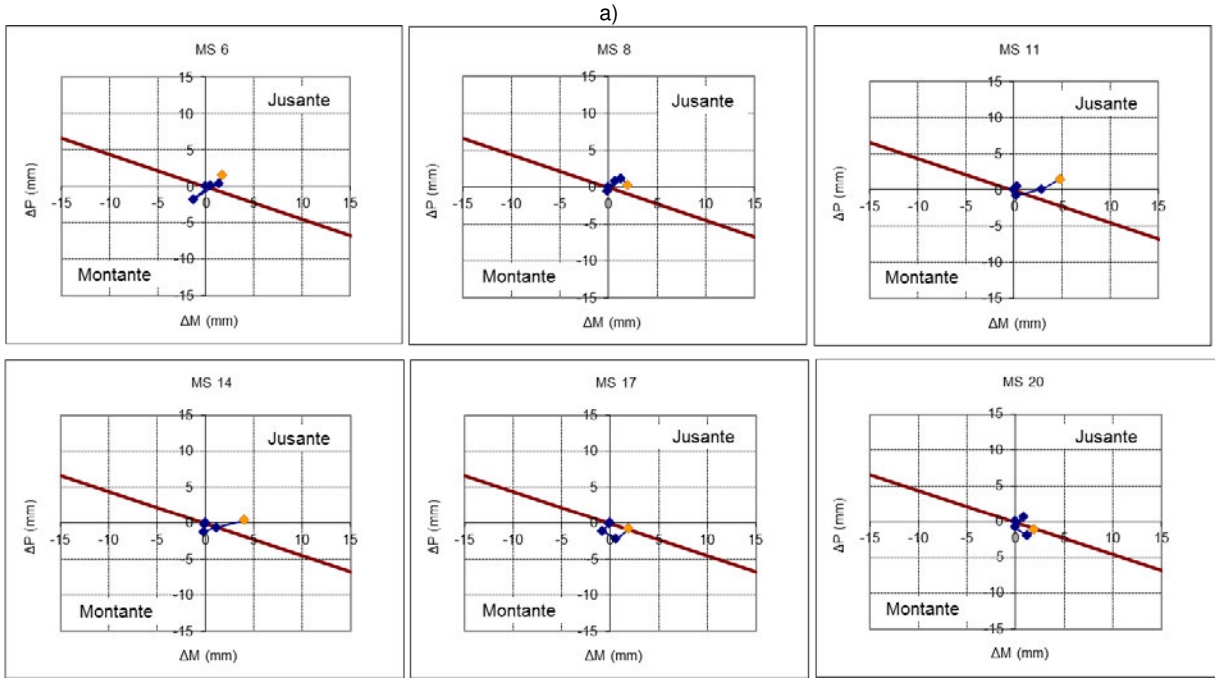


Figura 6.5 – Deslocamentos superficiais horizontais na banqueta superior do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (8/14)

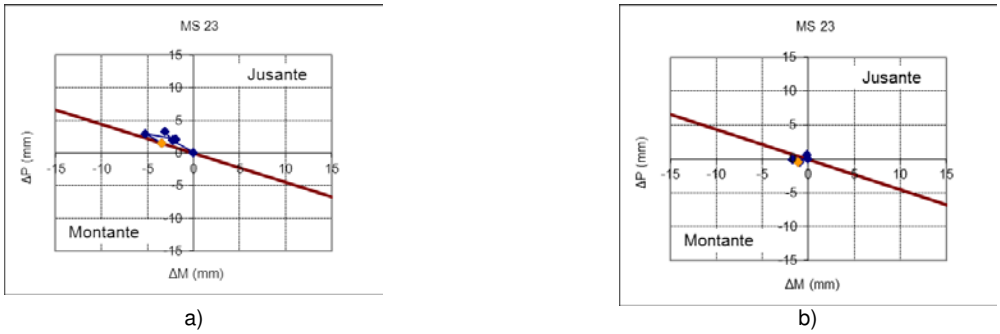


a)



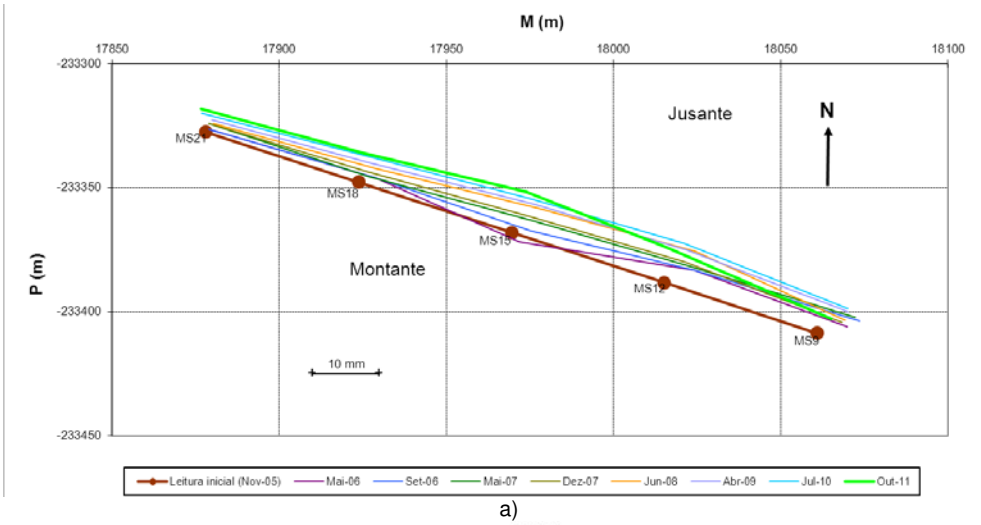
b)

Figura 6.6 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da banqueta superior do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

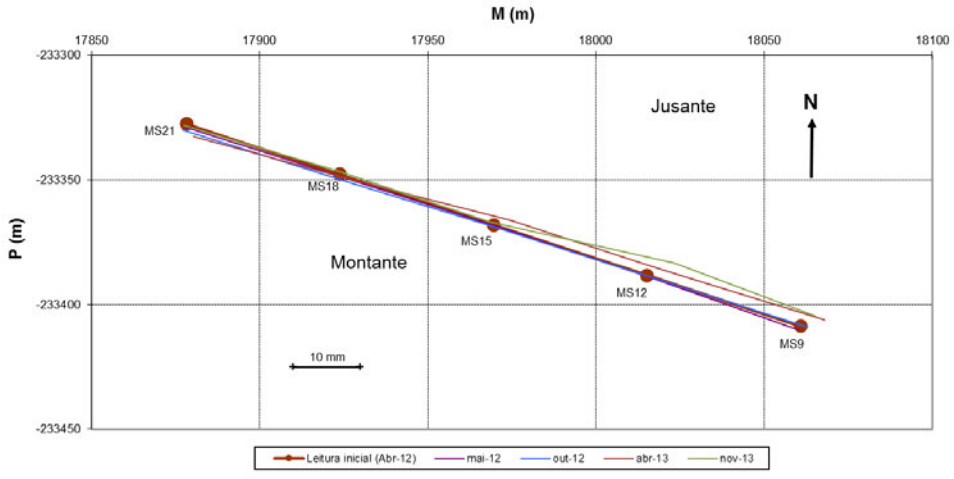


a) b)

Figura 6.6 (continuação) – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da banqueta superior do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012



a)



b)

Figura 6.7 – Deslocamentos superficiais horizontais na banqueta intermédia do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (10/14)

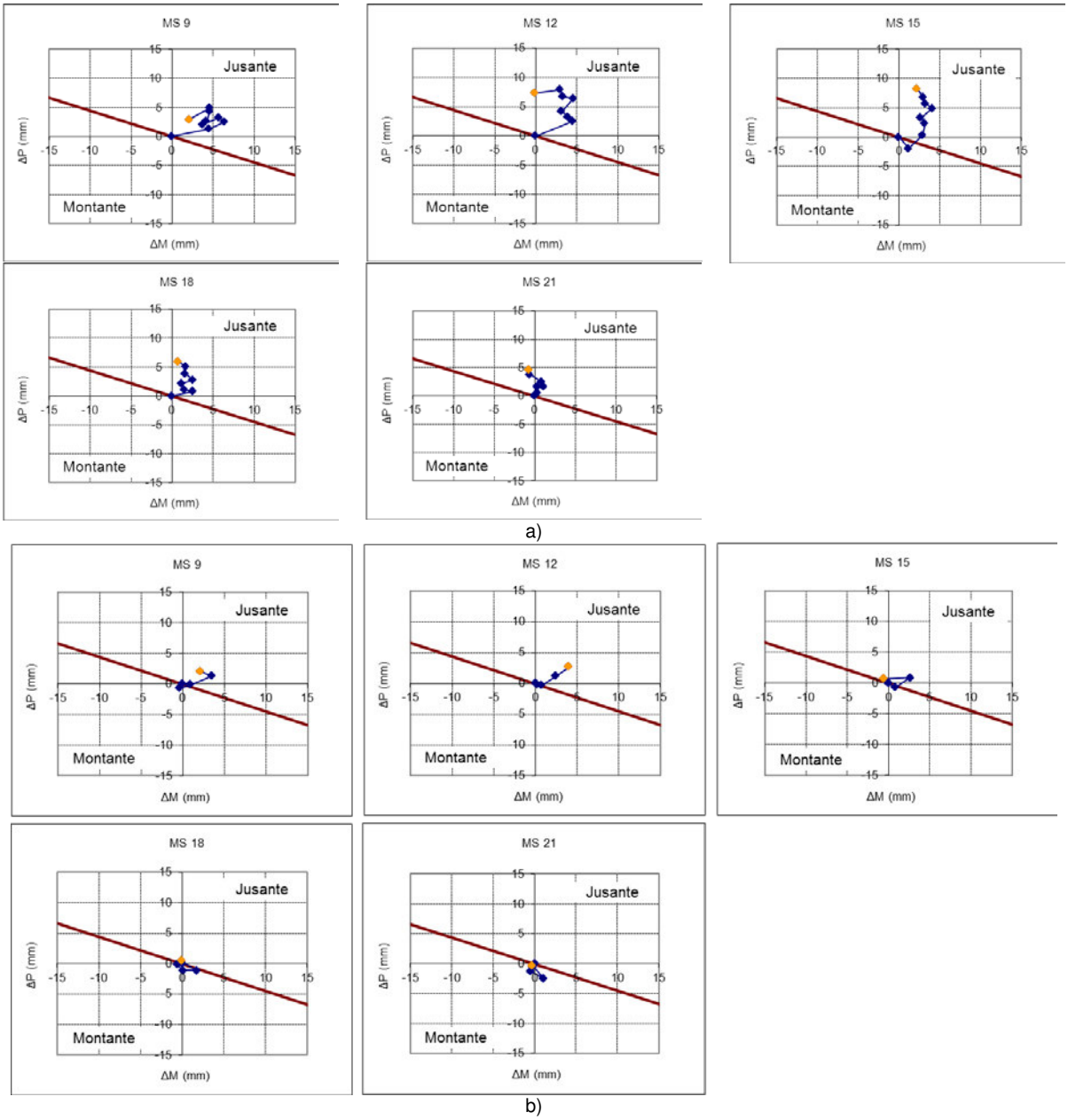
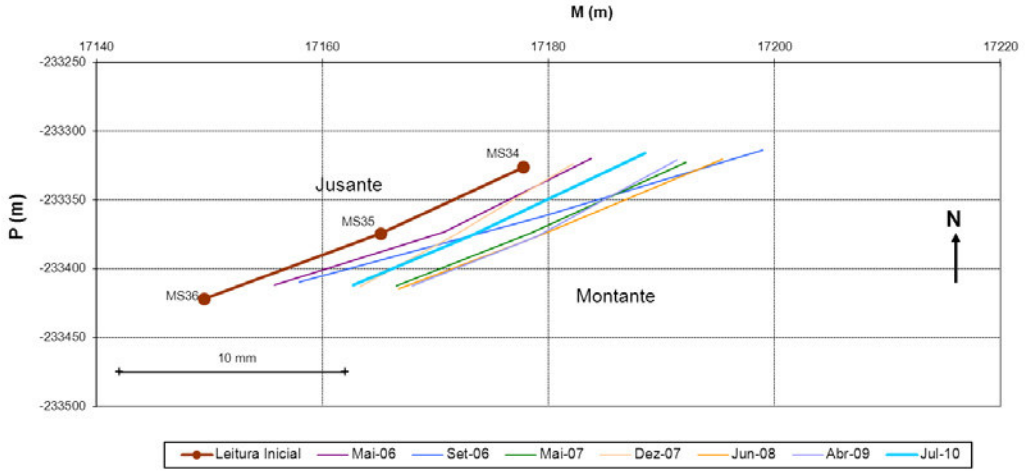
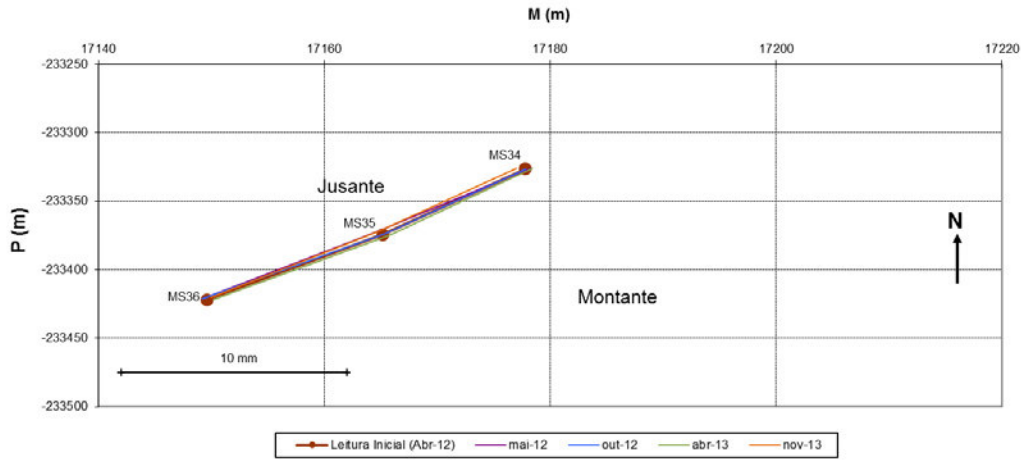


Figura 6.8 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da banqueta intermédia do corpo principal: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

3 - **PORTELA ME1**



a)



b)

Figura 6.9 – Deslocamentos superficiais horizontais no coroamento da portela ME1: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (12/14)

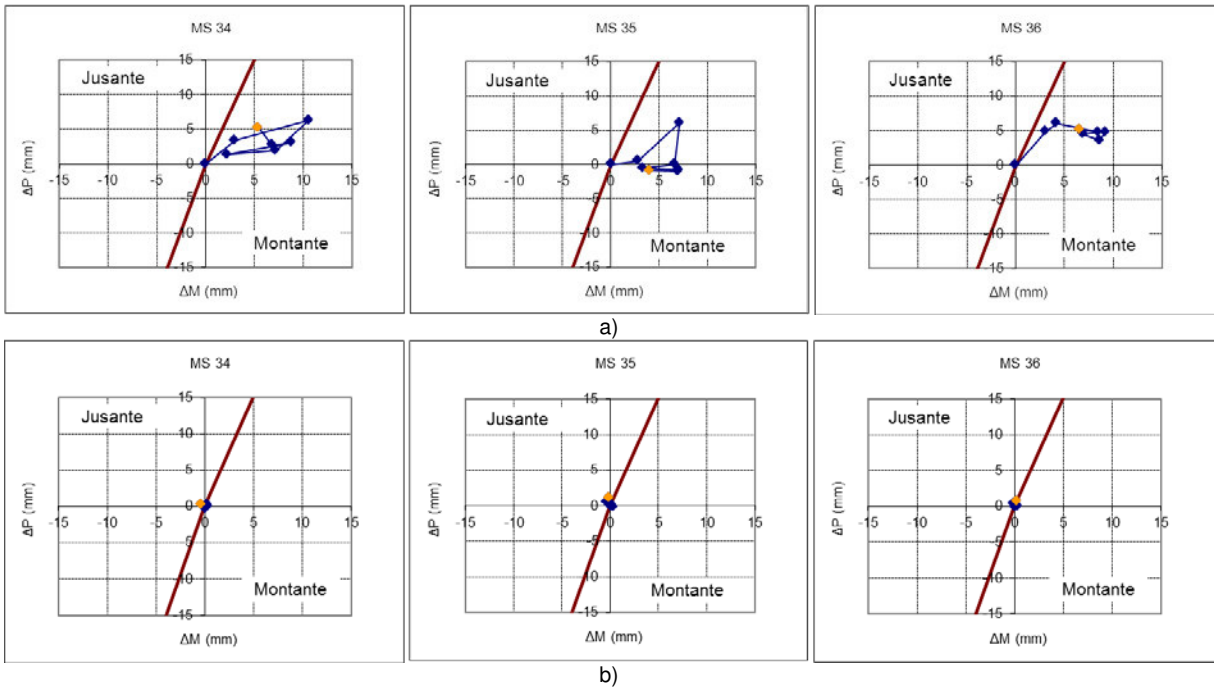
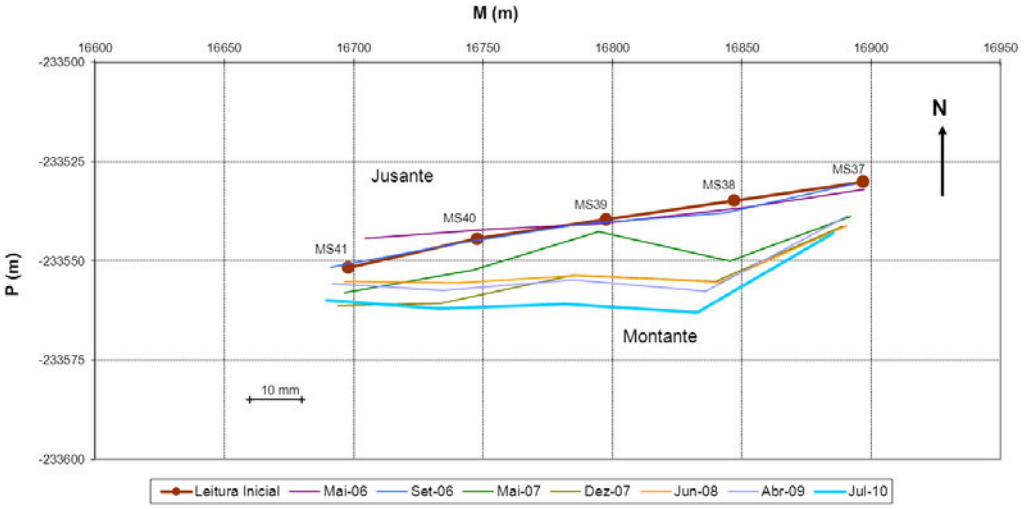
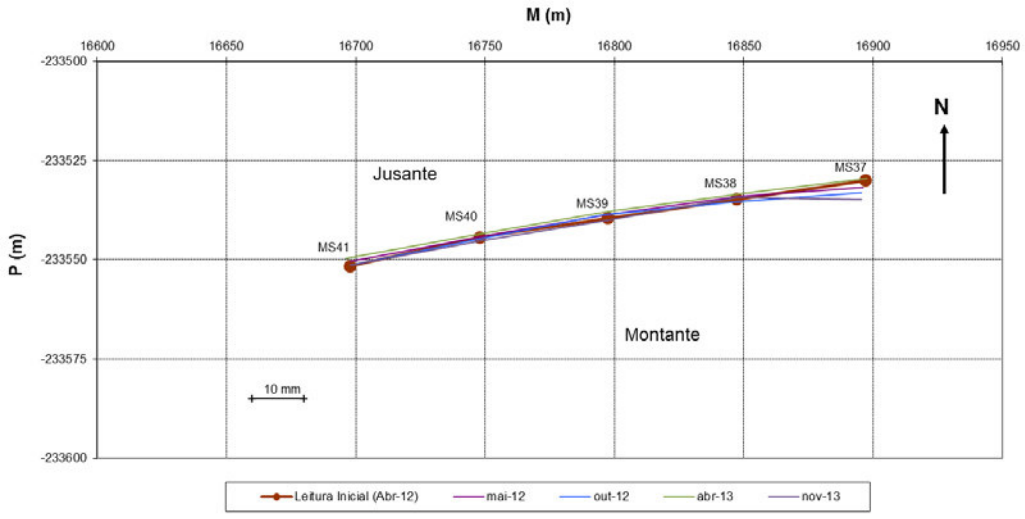


Figura 6.10 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da portela ME1: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

4 - **PORTELA ME2**



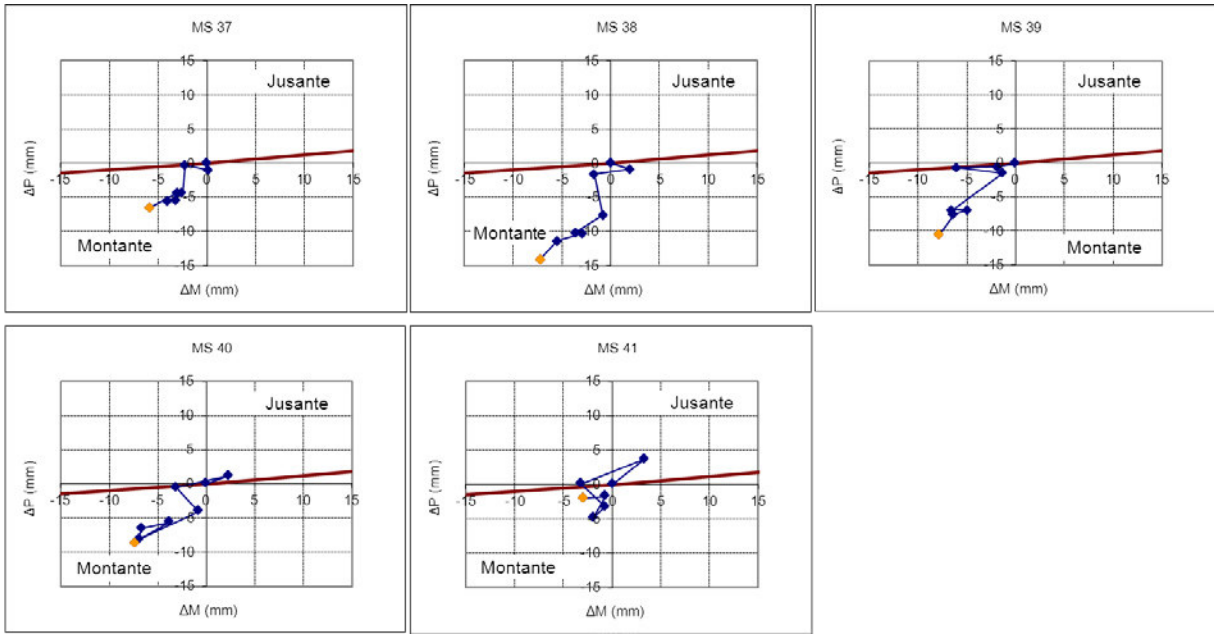
a)



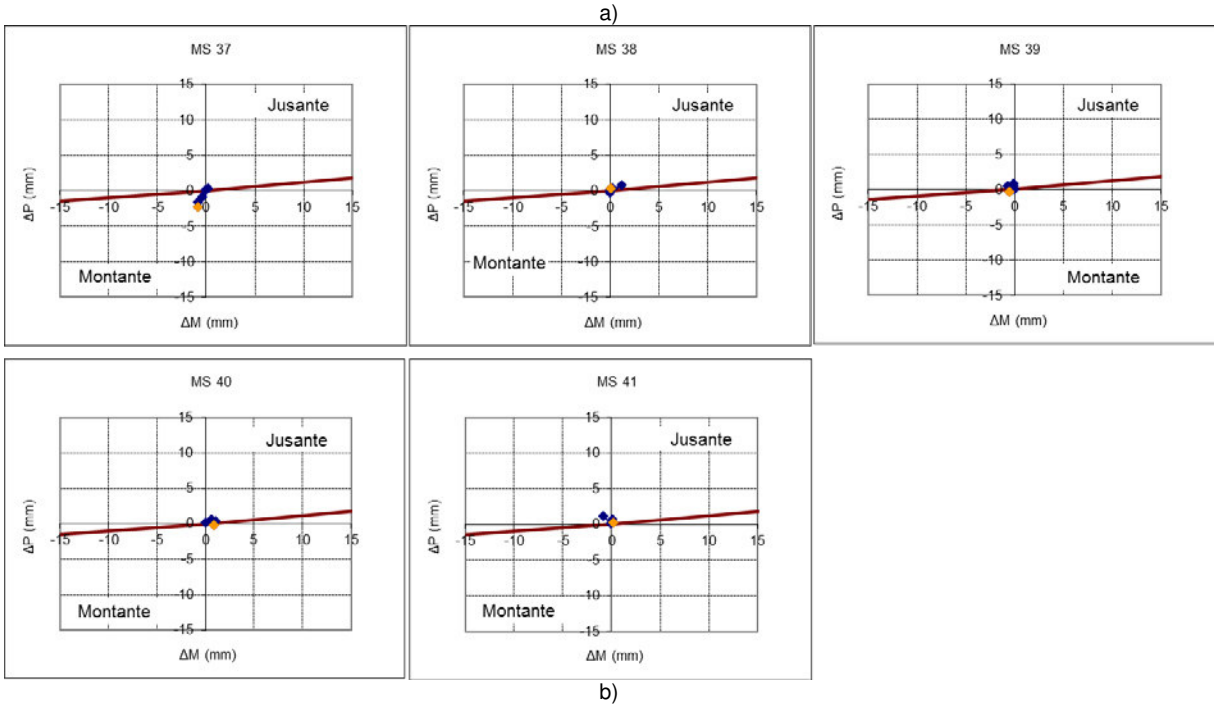
b)

Figura 6.11 – Deslocamentos superficiais horizontais no coroamento da portela ME2: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ANEXO 6 (14/14)



a)



b)

Figura 6.12 – Deslocamentos superficiais horizontais nas marcas da portela ME2: a) entre Novembro de 2005 e Julho 2010; b) a partir de Abril de 2012

ÁGUA SUBTERRÂNEA – PIEZÓMETROS PCL. RESULTADOS DAS ANÁLISES DA ÁGUA

Quadro 7.1 - Resultados obtidos em 2013 nos piezómetros

Piezómetro		Ph (Sorensen)	O_2 (%)	Condutividade (µS/cm)	SST (mg/l)	Dureza (mg/l)	Cálcio (mg/l)	Sódio (mg/l)	Potássio (mg/l)	Cloretos (mg/l)
Corpo Principal	PCL1	7,4	80	2998	10	1400	345	190	1,4	278
	PCL2	7,4	66	2613	3	840	167	270	0,8	239
	PCL3	7,4	43	3260	5	1700	333	220	4,0	291
	PCL4	7,2	51	2990	47	1700	155	260	0,8	533
	PCL5	7,3	32	3270	57	1800	375	170	1,1	279
	PCL6	7,1	24	3450	<2,0	1800	468	210	10,0	284
	PCL7	7,2	51	3418	<2,0	1800	438	240	12,0	288
	PCL8	7,2	68	2960	3	1500	318	200	3,5	252
	PCL9	7,2	30	3663	6	1800	488	280	19,0	311
	PCL10	7,1	30	3870	5	1800	408	320	0,8	353
	PCL11	7,0	24	3760	2	2017	488	302	4,6	338
	PCL12	7,0	46	3788	2	2017	475	290	3,8	341
	Média	**7,2**	**45**	**3336**	**14**	**1681**	**371**	**246**	**5,2**	**315**
Portela ME1	PCL13	7,3	49	5053	2	1400	263	800	1,2	988
	PCL14	7,7	82	5930	2	1900	233	1000	0,9	1195
	PCL15	7,0	34	3515	<2,0	1500	390	350	1,1	633
	PCL16	7,1	46	3603	4	1500	430	360	1,0	663
	PCL17	7,2	68	4403	<2,0	1250	213	700	1,0	910
	PCL18	6,9	13	4560	4	1310	183	700	1,0	945
	PCL19	7,5	53	4013	5	1400	323	500	1,0	790
	PCL20	7,1	17	4195	2	1600	295	480	0,7	885
	Média	**7,2**	**45**	**4409**	**3**	**1483**	**291**	**611**	**1,0**	**876**
Portela ME2	PCL21	7,1	34	3445	<2,0	1700	313	240	0,7	313
	PCL22	7,3	60	474	6	133	48	16	2,2	22
	PCL23	7,6	79	1833	3	802	154	130	0,8	203
	PCL24	7,3	75	2285	<2,0	860	153	160	0,8	440
	PCL25	8,1	92	1660	<2,0	480	90	100	1,9	181
	PCL26	7,9	86	2358	<2,0	670	106	400	1,7	202
	PCL27	7,5	71	3148	4	1600	315	220	0,9	274
	PCL28	7,7	84	3210	<2,0	1200	180	340	0,8	338
	Média	**7,5**	**73**	**2301**	**4**	**931**	**170**	**201**	**1,2**	**247**
Jusante IRCL	PCL31	7,2	45	2095	800	1250	298	140	0,8	92
	PCL32	7,2	17	3537	<2,0	1400	263	470	1,0	427
	PCL33	7,5	13	979	4	320	68	110	0,8	138
	PCL35	7,2	55	1568	190	480	108	190	0,9	257
	PCL36	7,7	13	663	12	250	50	53	0,5	63
	Média	**7,4**	**29**	**1768**	**251**	**740**	**157**	**193**	**0,8**	**195**
Montante IRCL	PCL41	7,7	88	1200	70	290	64	150	1,3	175
	PCL42	7,5	73	1985	55	600	100	200	1,4	470
	PCL43	10,8	77	1753	60	91	48	270	53,0	411
	Média	**8,7**	**79**	**1646**	**62**	**327**	**70**	**207**	**18,6**	**352**

Quadro 7.1 (continuação) - Resultados obtidos em 2013 nos piezómetros

Piezómetro		Nitratos (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Arsénio (mg/l)	Chumbo (mg/l)	Manganês (mg/l)	Mercúrio (mg/l)	Cobre (mg/l)	Ferro (mg/l)	Zinco (mg/l)
Corpo Principal	PCL1	12	1318	0,003	<0,05	0,04	<0,0007	<0,020	0,4	0,034
	PCL2	31	933	0,008	<0,05	<0,020	<0,007	0,02	<0,10	<0,012
	PCL3	4	1705	0,005	<0,05	0,28	<0,0007	0,06	0,5	0,070
	PCL4	13	555	0,004	<0,05	0,19	<0,0007	0,05	2,8	0,046
	PCL5	4	1563	0,025	<0,05	0,70	<0,0007	0,05	0,3	0,018
	PCL6	2	1703	0,002	<0,05	1,90	<0,0007	0,02	1,8	0,022
	PCL7	3	1658	0,002	<0,05	1,20	<0,0007	0,02	1,1	<0,012
	PCL8	3	1308	0,003	<0,05	0,50	<0,0007	0,02	1,4	0,017
	PCL9	3	1833	0,003	<0,05	0,80	<0,0007	0,02	1,5	<0,012
	PCL10	5	1928	0,002	<0,05	0,02	<0,0007	0,02	0,3	<0,012
	PCL11	4	1873	0,002	<0,05	0,06	<0,0007	0,02	<0,10	<0,012
	PCL12	4	1870	0,002	<0,05	0,11	<0,0007	0,02	<0,10	<0,012
	Média	**7**	**1520**	**0,005**	**<0,05**	**0,53**	**<0,0007**	**0,03**	**1,1**	**0,035**
Portela ME1	PCL13	9	1335	0,002	<0,050	<0,020	<0,0007	0,25	<0,10	<0,012
	PCL14	6	1815	0,002	<0,05	<0,020	<0,0007	0,32	0,1	<0,012
	PCL15	13	1075	0,002	<0,050	0,02	<0,0007	0,02	0,1	0,150
	PCL16	13	1053	0,002	<0,050	<0,020	<0,0007	0,02	0,3	0,190
	PCL17	6	940	0,002	<0,05	<0,020	0,0007	0,02	<0,10	0,043
	PCL18	7	1003	0,002	<0,05	<0,020	0,0009	0,02	0,2	0,012
	PCL19	9	1015	0,002	<0,050	<0,020	<0,0007	0,02	<0,10	<0,012
	PCL20	10	1050	0,002	<0,05	<0,020	<0,0007	0,03	<0,10	<0,012
	Média	**9**	**1161**	**0,002**	**<0,05**	**0,02**	**0,0008**	**0,09**	**0,2**	**0,099**
Portela ME2	PCL21	6	1603	0,002	<0,05	<0,020	<0,0007	0,02	<0,10	<0,012
	PCL22	3	144	0,007	<0,05	<0,020	<0,0007	0,05	0,4	<0,012
	PCL23	3	525	0,002	<0,05	<0,020	<0,0007	0,04	0,4	<0,012
	PCL24	11	221	0,002	<0,05	<0,020	<0,0007	0,02	<0,10	<0,012
	PCL25	4	420	0,002	<0,05	0,15	<0,0007	0,02	<0,10	<0,012
	PCL26	6	785	0,002	<0,05	<0,020	<0,0007	0,09	<0,10	<0,012
	PCL27	6	1410	0,002	<0,05	<0,020	<0,0007	0,02	0,2	<0,012
	PCL28	12	1260	0,002	<0,05	<0,020	<0,0007	0,02	0,2	<0,012
	Média	**6**	**796**	**0,003**	**<0,05**	**0,15**	**<0,0007**	**0,04**	**0,3**	**<0,012**
Jusante IRCL	PCL31	41	1018	0,018	<0,05	3,90	<0,0007	0,06	83,0	0,170
	PCL32	2	1400	0,002	<0,05	<0,020	0,0033	0,02	<0,10	<0,012
	PCL33	2	44	0,006	<0,05	1,50	<0,0007	0,02	1,3	0,340
	PCL35	7	94	0,005	<0,05	0,39	<0,0007	0,02	15,0	0,054
	PCL36	2	27	0,006	<0,05	0,37	<0,0007	0,02	3,0	0,012
	Média	**11**	**517**	**0,007**	**<0,05**	**1,54**	**<0,0007**	**0,03**	**25,6**	**0,144**
Montante IRCL	PCL41	41	78	0,005	0,07	0,08	<0,0007	0,05	2,7	0,030
	PCL42	11	65	0,004	0,48	0,06	0,0008	0,04	2,2	0,090
	PCL43	8	108	0,006	0,08	0,04	<0,0007	0,04	2,1	0,056
	Média	**20**	**84**	**0,005**	**0,21**	**0,06**	**0,0008**	**0,04**	**2,3**	**0,059**

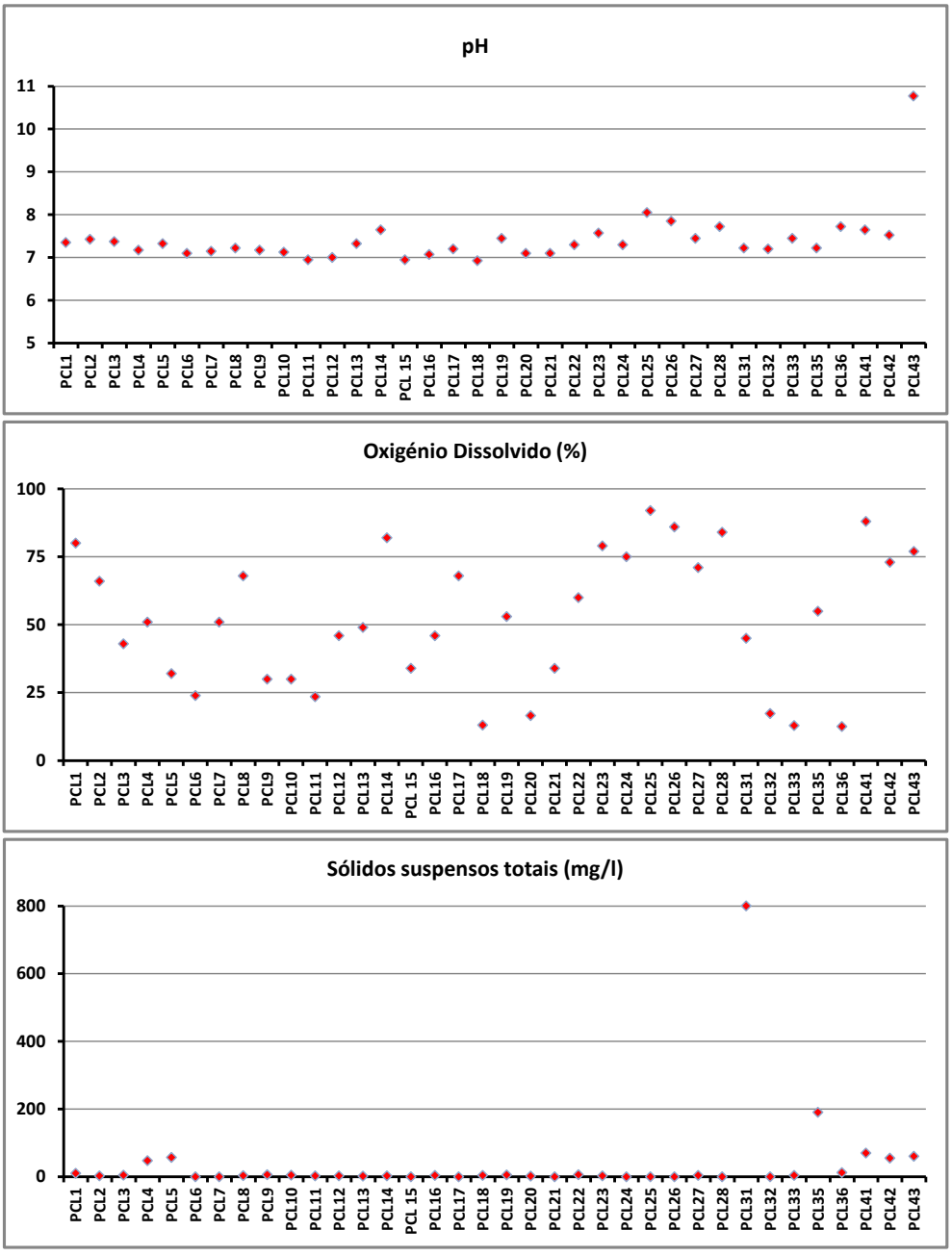


Figura 7.1 - Distribuição dos resultados em 2013 nos piezómetros

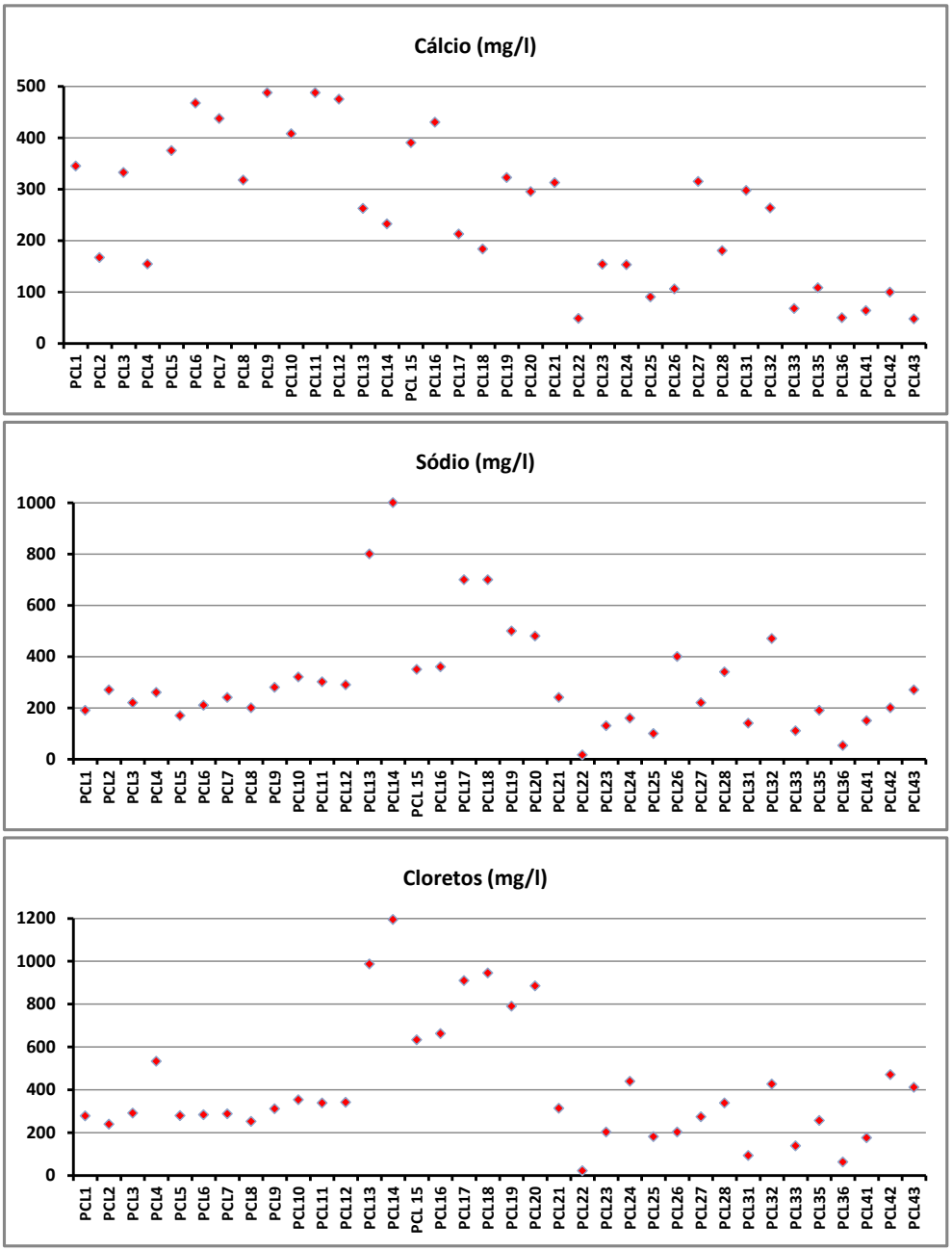


Figura 7.1 (continuação) - Distribuição dos resultados em 2013 nos piezómetros

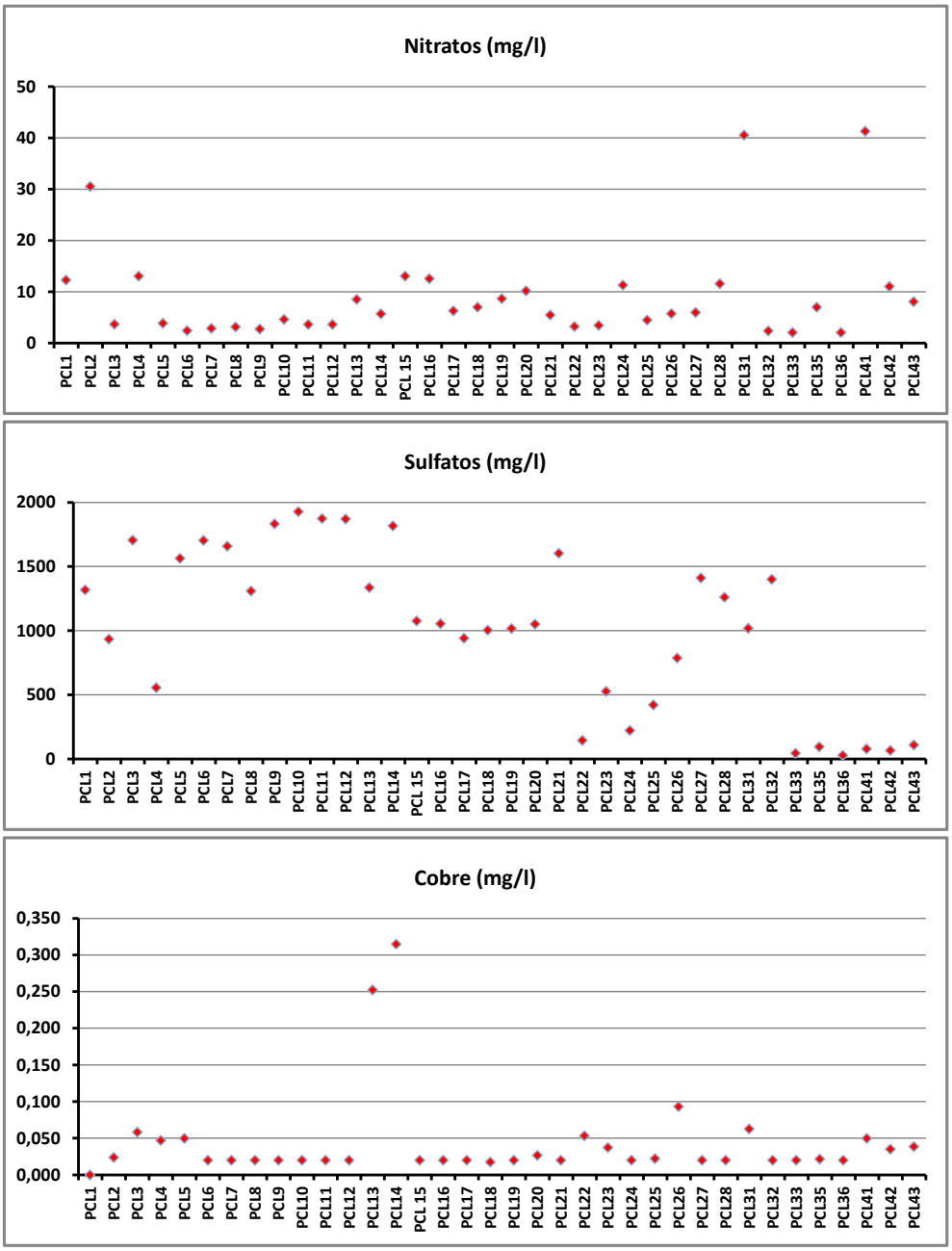


Figura 7.1 (continuação) - Distribuição dos resultados em 2013 nos piezómetros

ANEXO 7 (6/22)

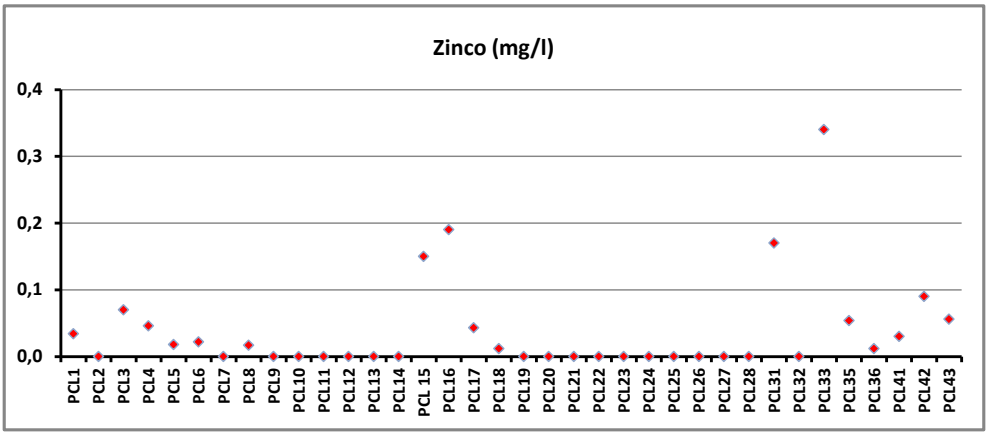


Figura 7.1 (continuação) - Distribuição dos resultados em 2013 nos piezómetros

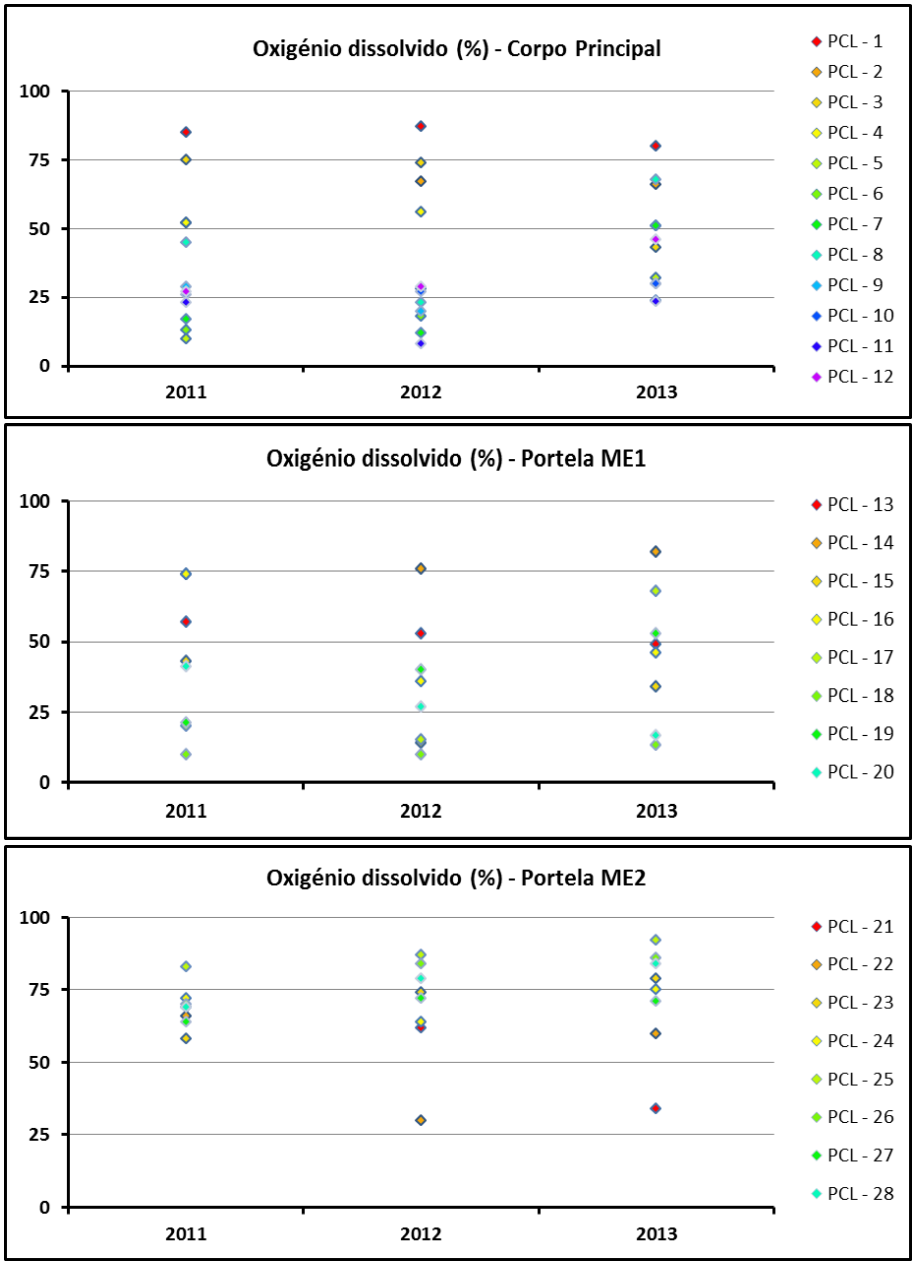


Figura 7.2 - Variação de oxigénio dissolvido entre 2011 e 2013 nos piezómetros

ANEXO 7 (8/22)

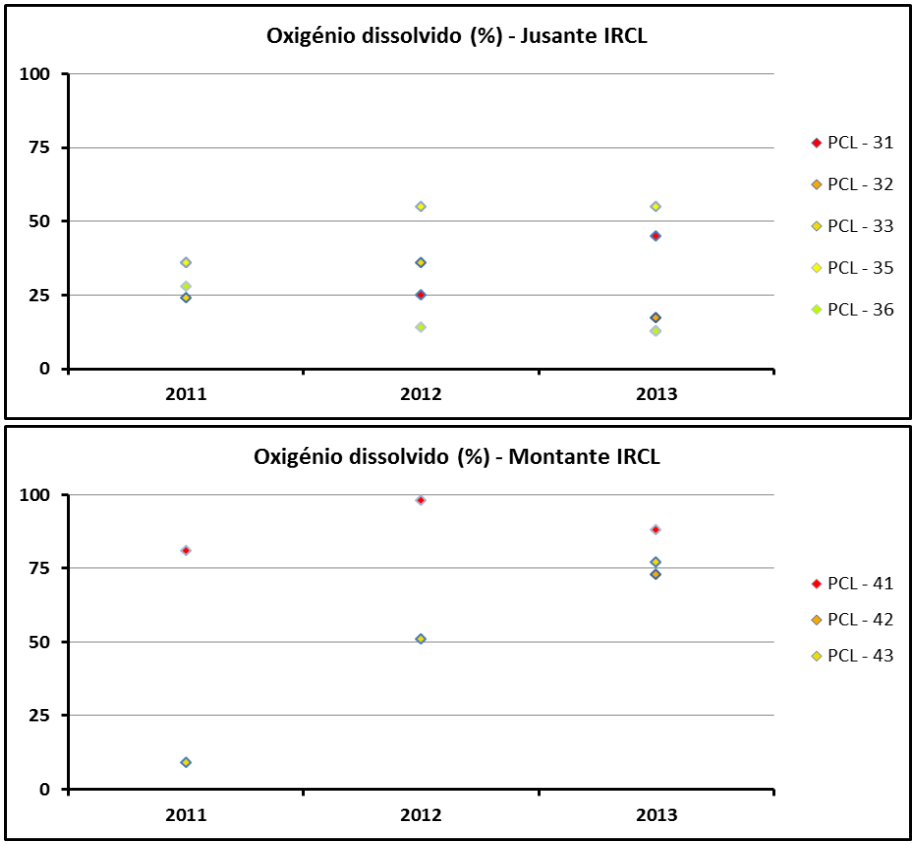


Figura 7.2 (continuação) - Variação de oxigénio dissolvido entre 2011 e 2013 nos piezómetros

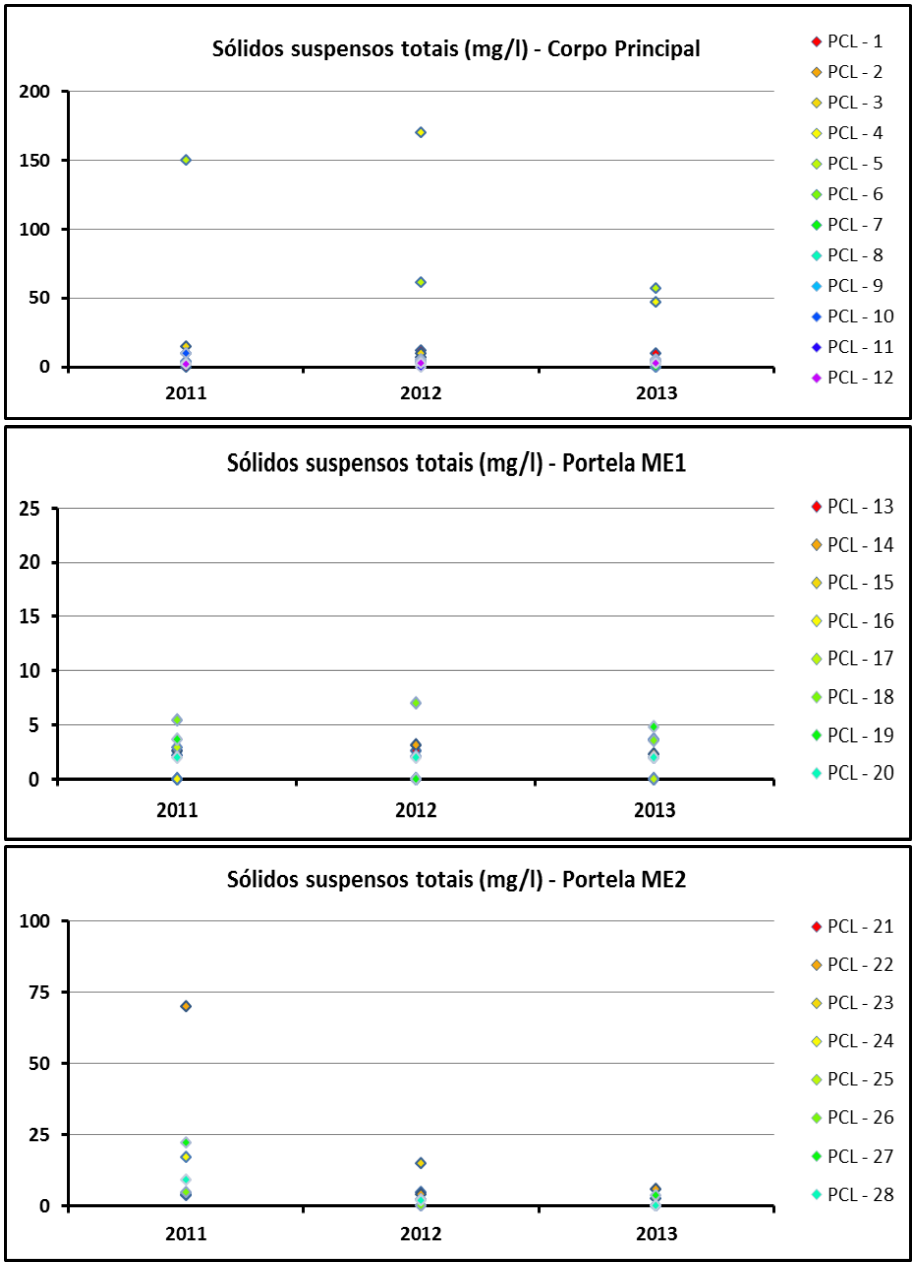


Figura 7.3 - Variação de sólidos suspensos totais entre 2011 e 2013 nos piezómetros

ANEXO 7 (10/22)

Figura 7.3 (continuação) - Variação de sólidos suspensos totais entre 2011 e 2013 nos piezómetros

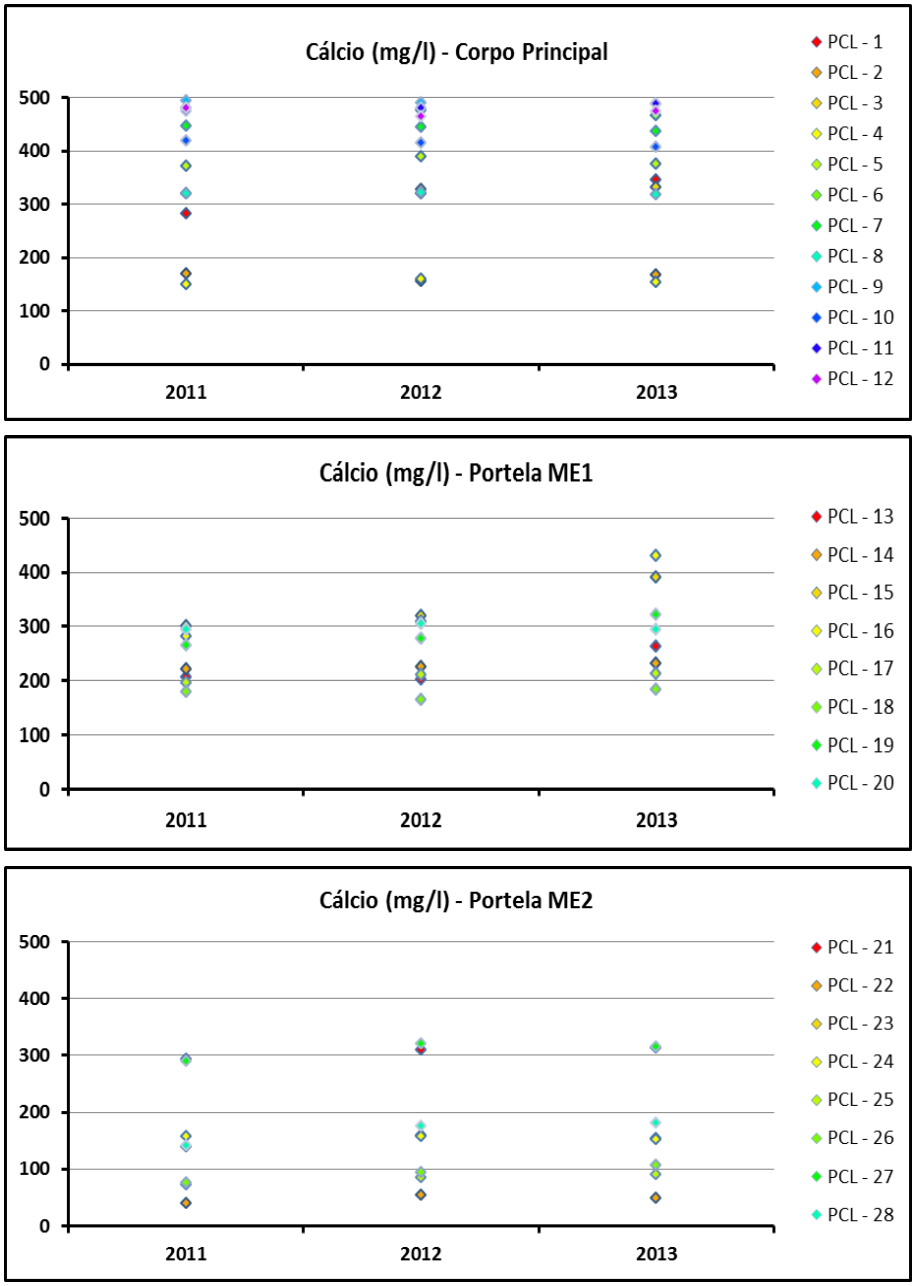


Figura 7.4 - Variação de cálcio entre 2011 e 2013 nos piezómetros

ANEXO 7 (12/22)

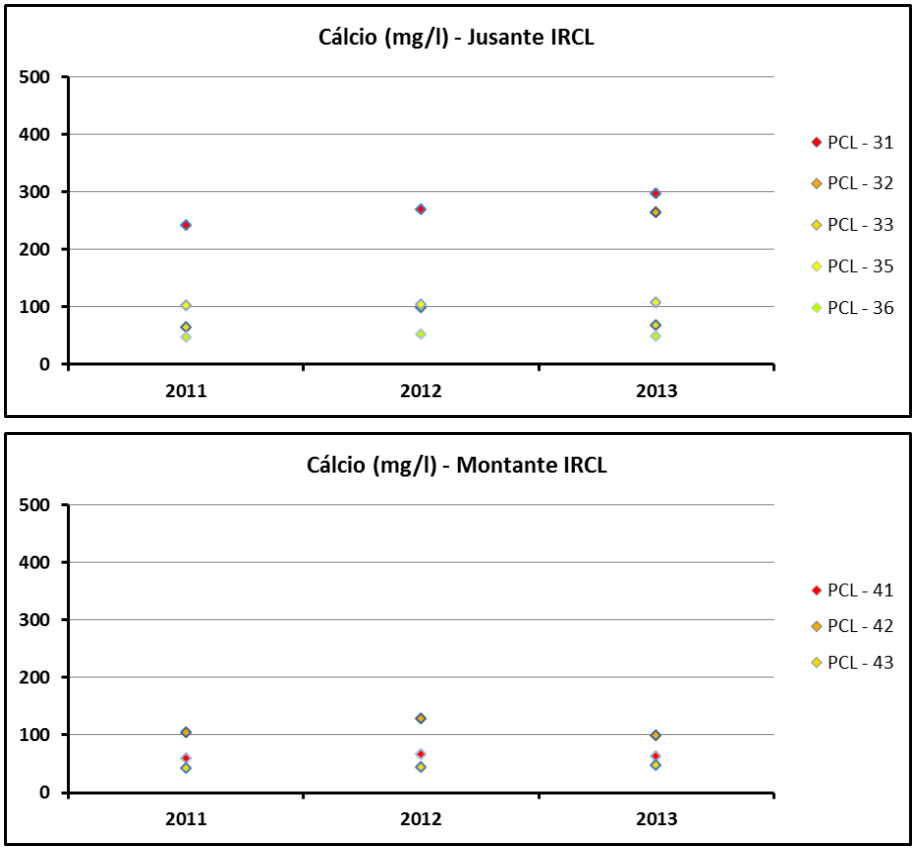


Figura 7.4 (continuação) - Variação de cálcio entre 2011 e 2013 nos piezómetros

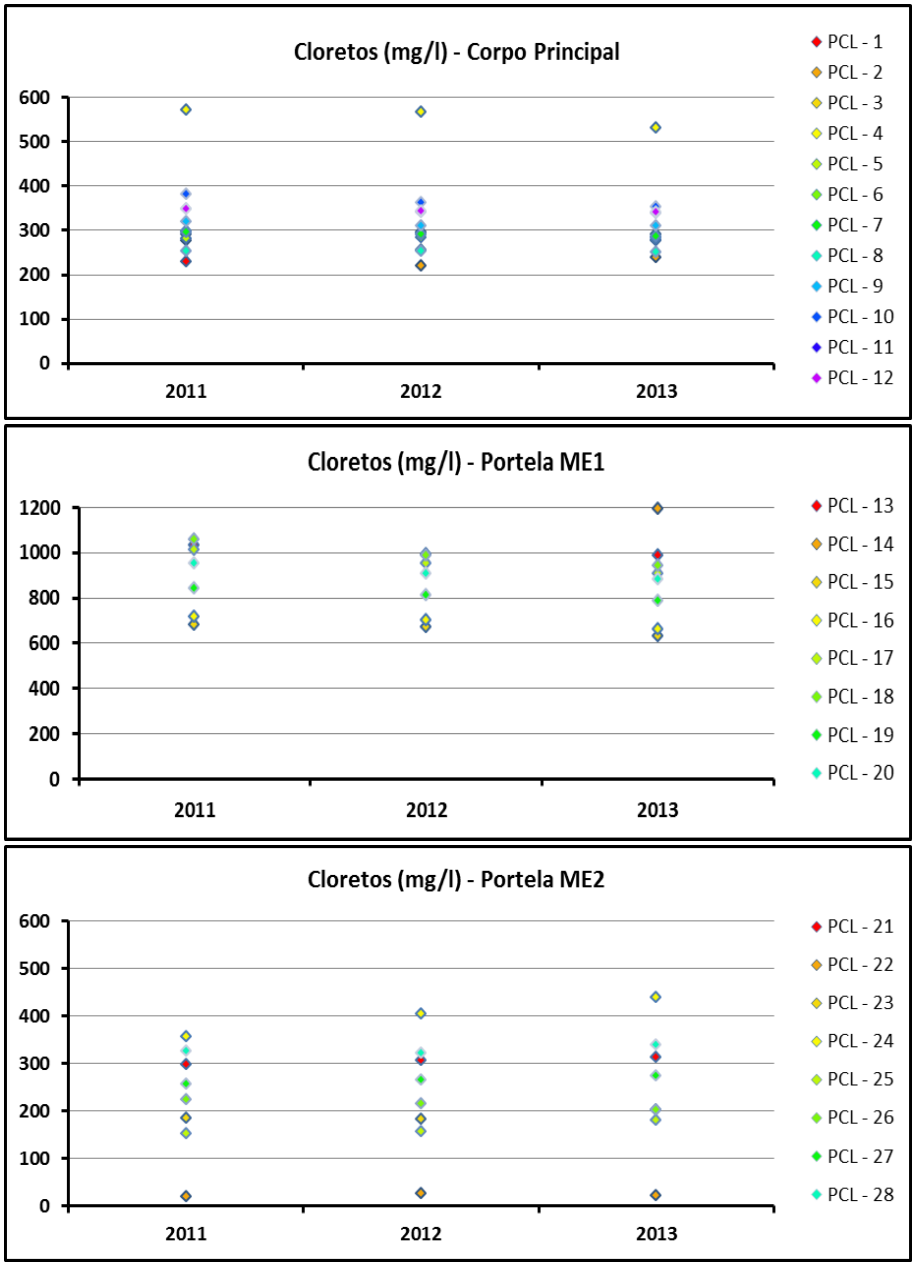


Figura 7.5- Variação de cloretos entre 2011 e 2013 nos piezómetros

ANEXO 7 (14/22)

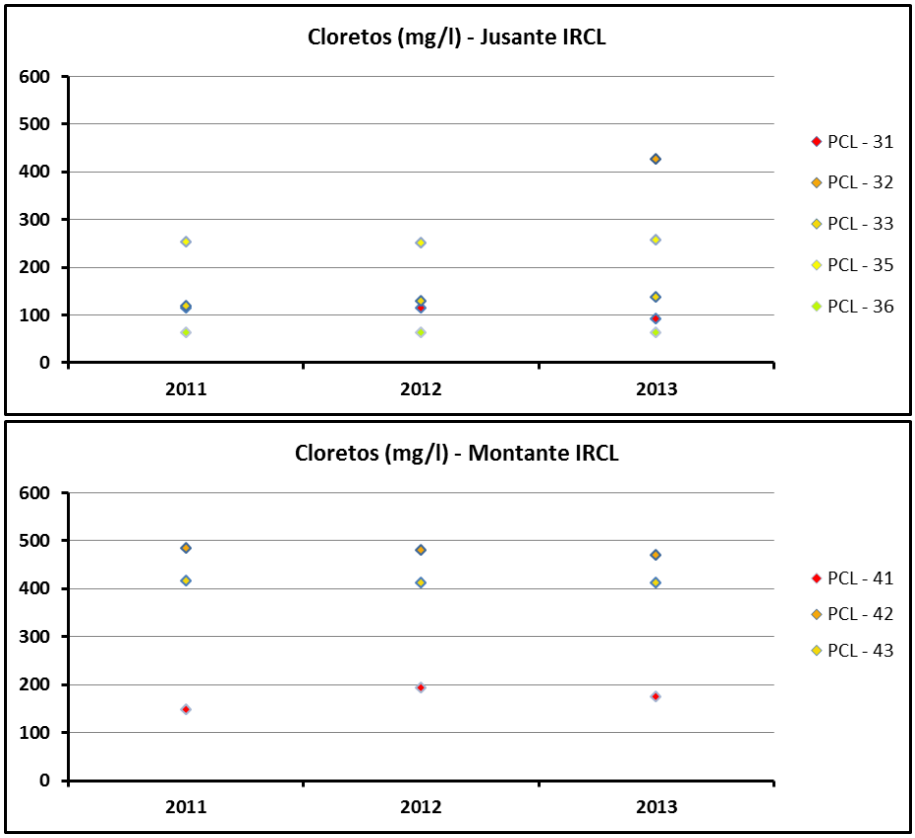


Figura 7.5 (continuação) - Variação de cloretos entre 2011 e 2013 nos piezómetros

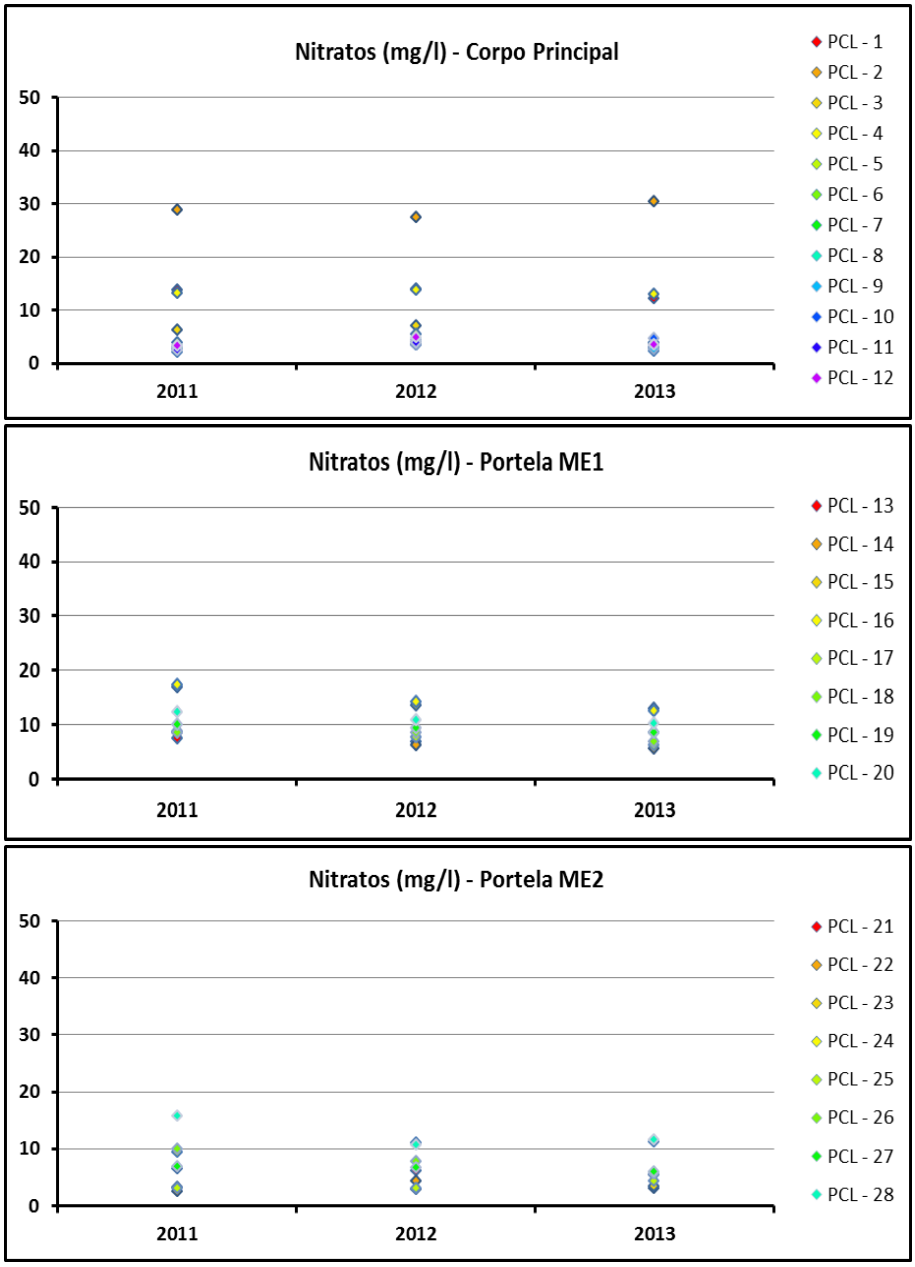


Figura 7.6- Variação de nitratos entre 2011 e 2013 nos piezómetros

ANEXO 7 (16/22)

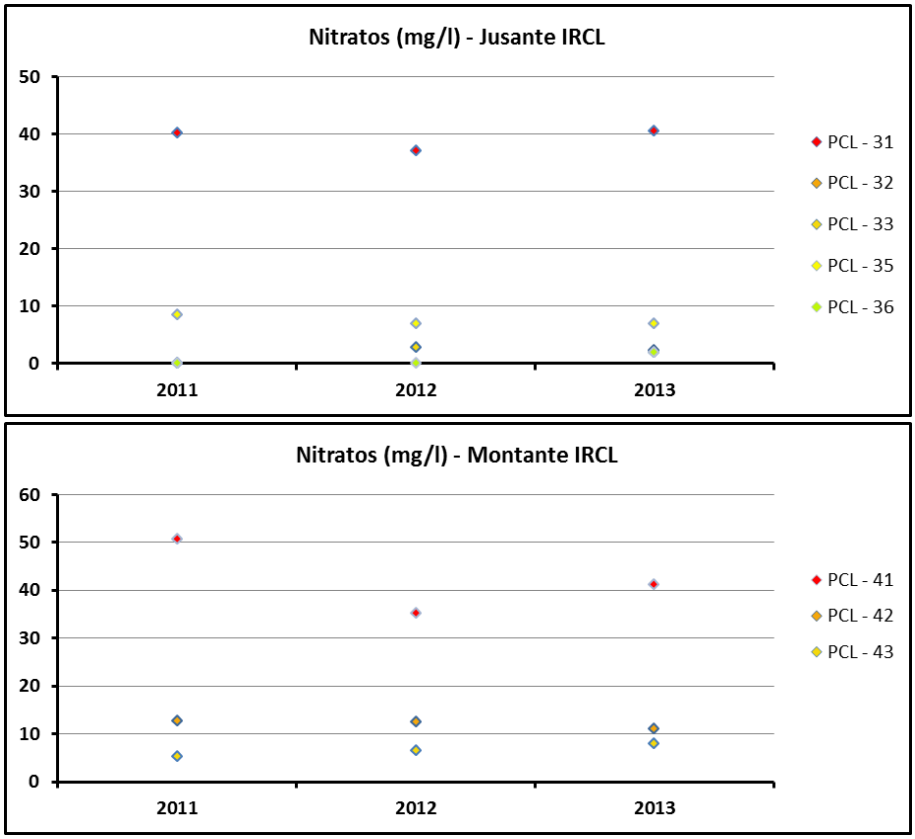


Figura 7.6 (continuação) - Variação de nitratos entre 2011 e 2013 nos piezómetros

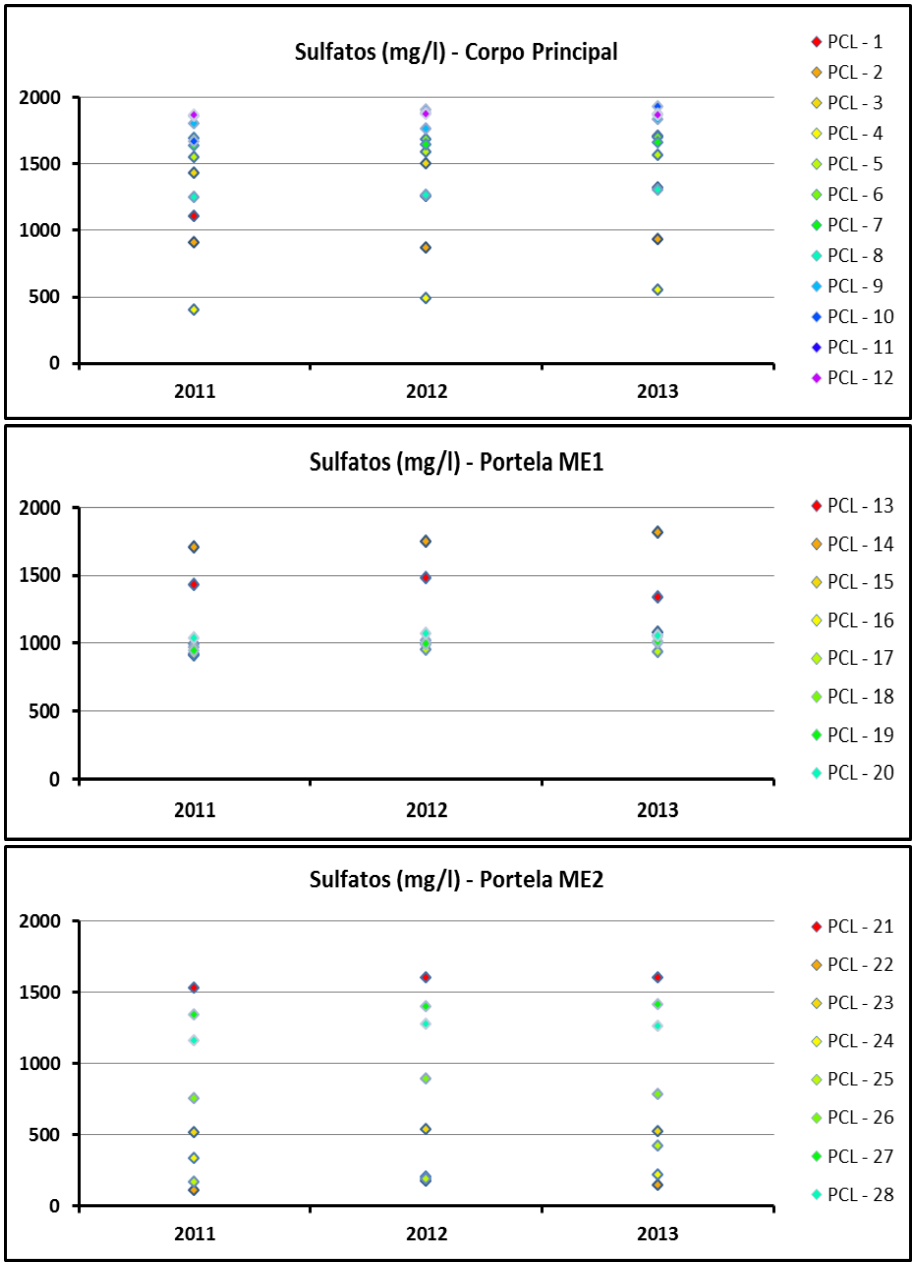


Figura 7.7 - Variação de sulfatos entre 2011 e 2013 nos piezómetros

ANEXO 7 (18/22)

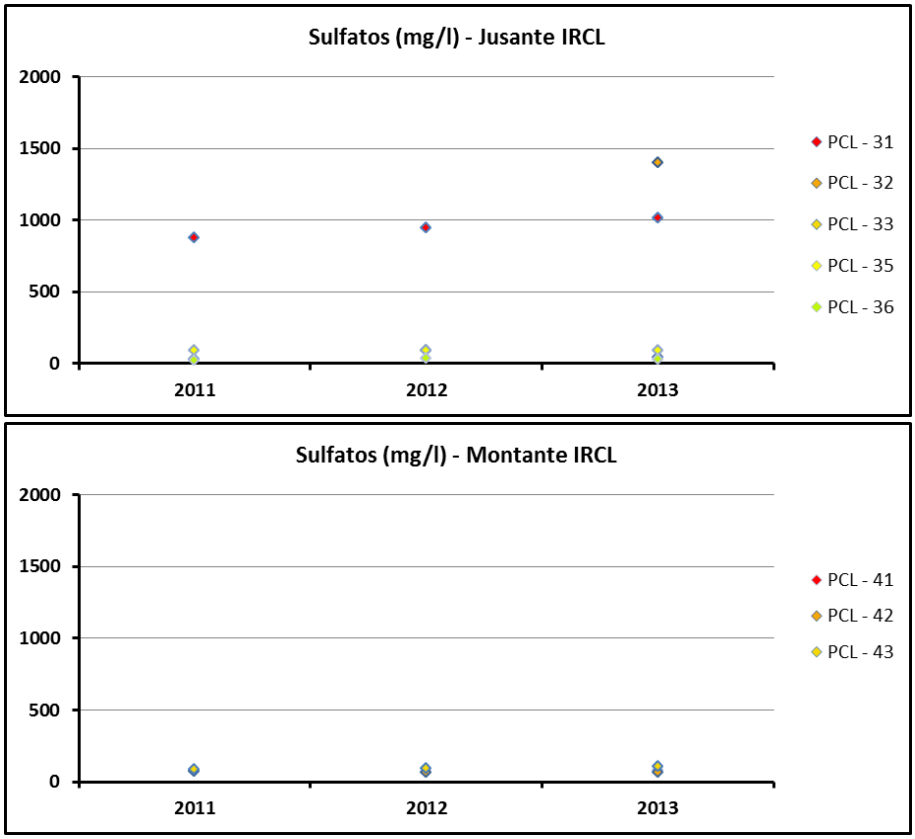


Figura 7.7 (continuação) - Variação de sulfatos entre 2011 e 2013 nos piezómetros

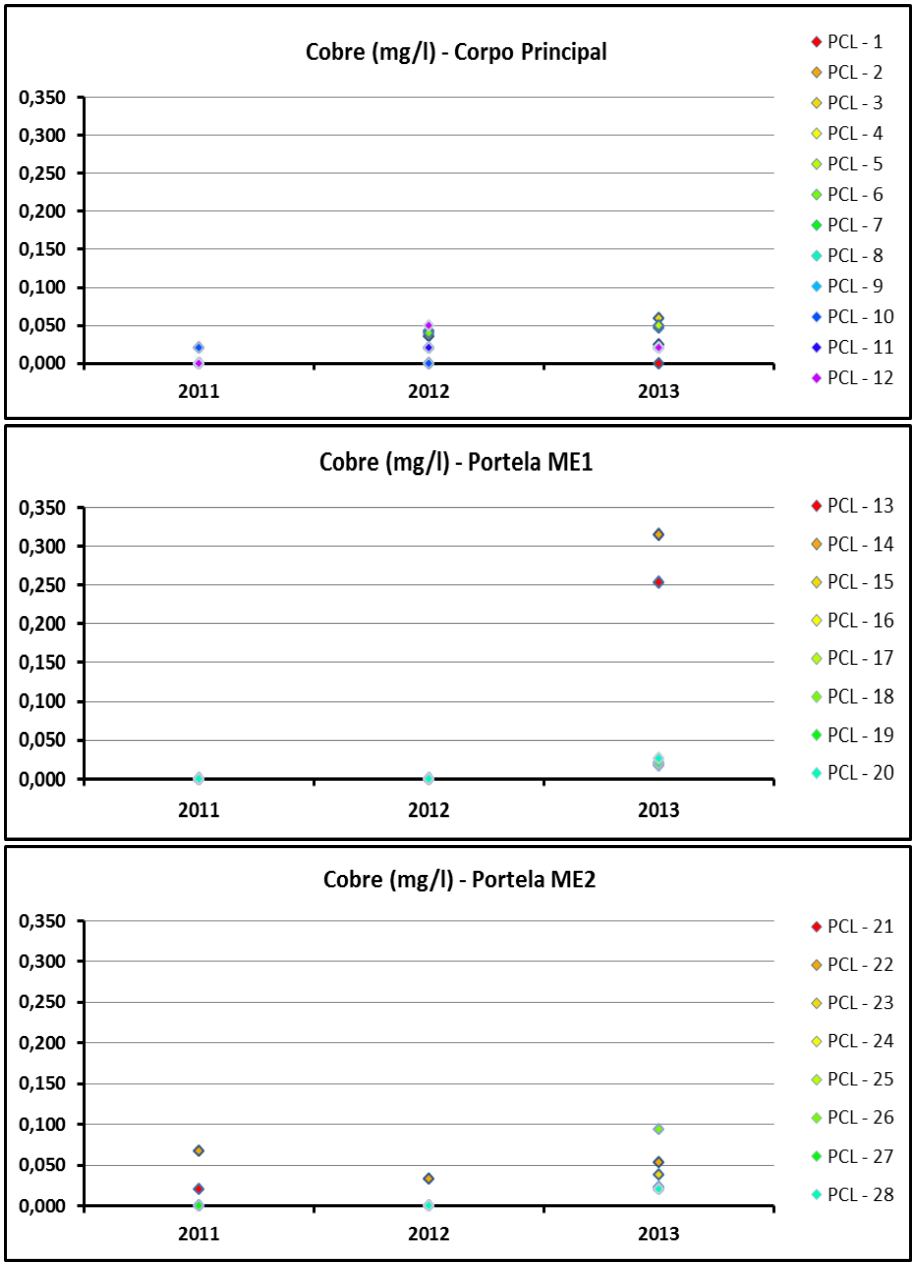


Figura 7.8 - Variação de cobre entre 2011 e 2013 nos piezómetros

ANEXO 7 (20/22)

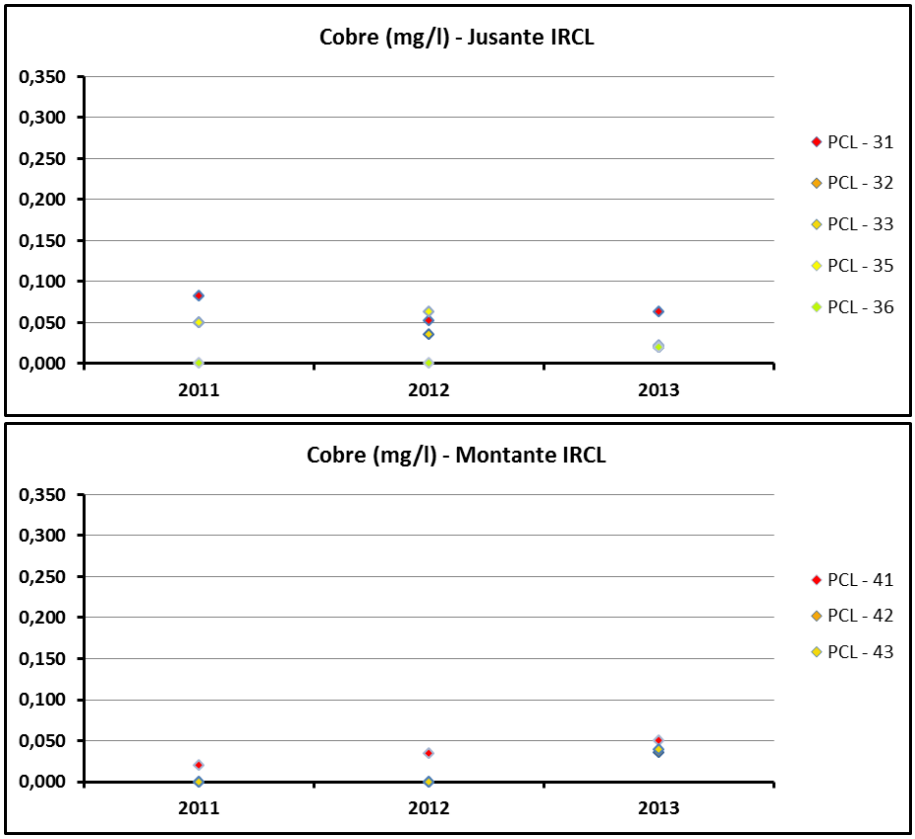


Figura 7.8 (continuação) - Variação de cobre entre 2011 e 2013 nos piezómetros

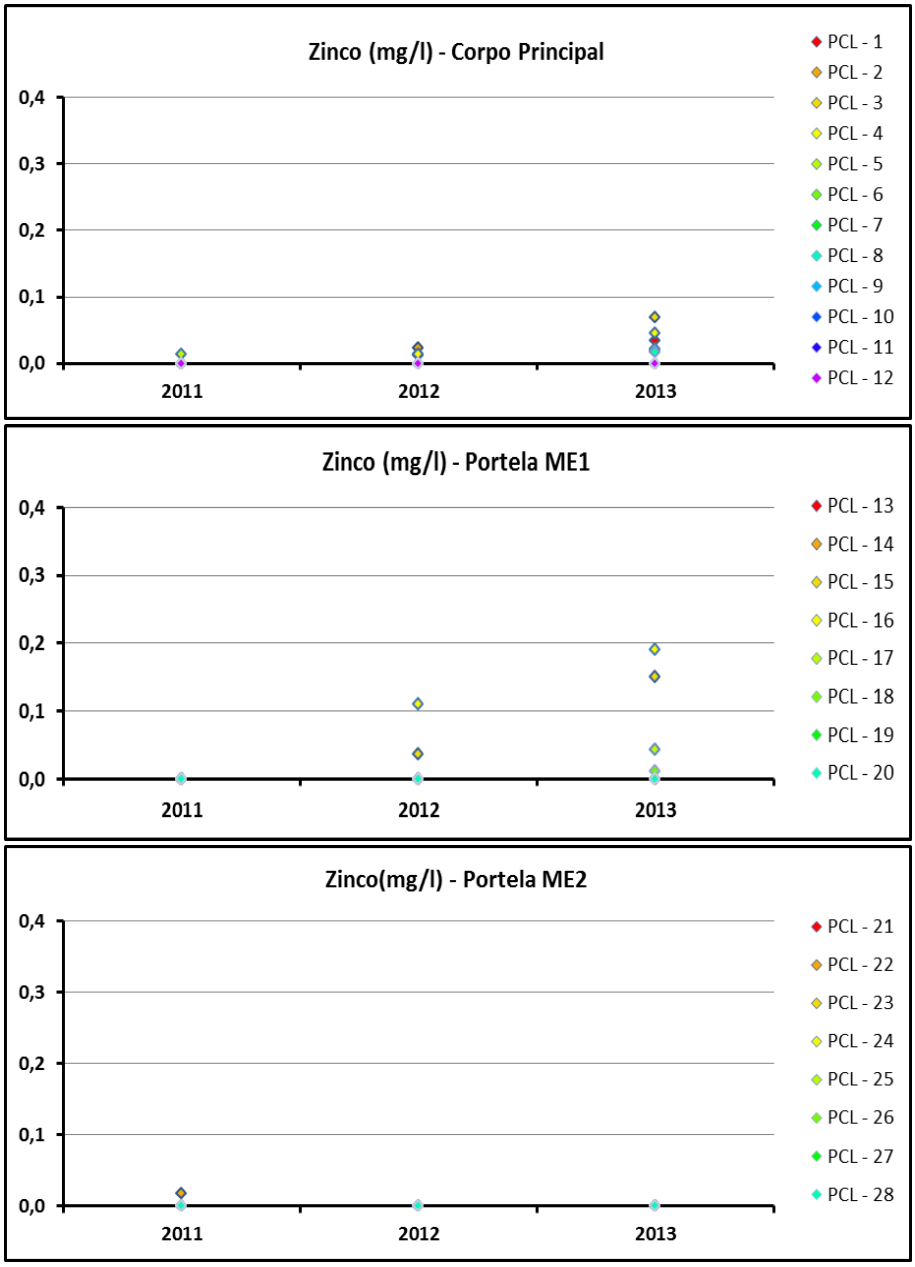


Figura 7.9 - Variação de zinco entre 2011 e 2013 nos piezómetros

ANEXO 7 (22/22)

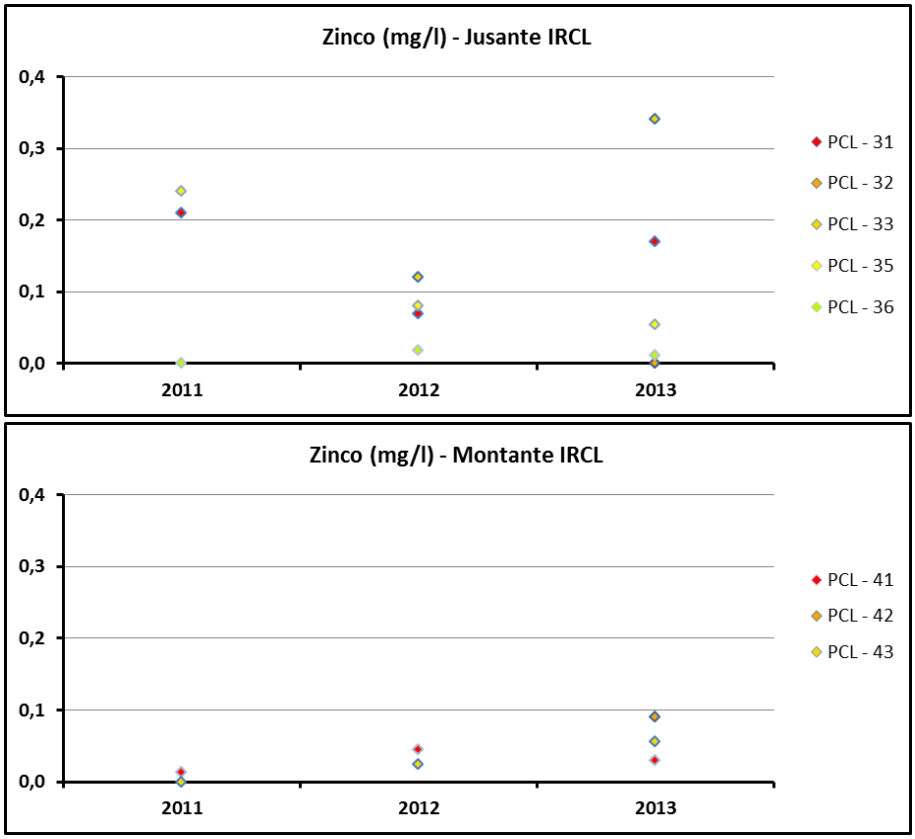


Figura 7.9 (continuação) - Variação de zinco entre 2011 e 2013 nos piezómetros

ÁGUA SUPERFICIAL – POÇOS DE BOMBAGEM. RESULTADOS DAS ANÁLISES DA ÁGUA

Quadro 8.1 - Resultados obtidos em 2013 nos poços de bombagem

Poço Bombagem		pH (Sorensen)	O_2 (%)	Condutividade (µS/cm)	SST (mg/l)	Dureza (mg/l)	Cálcio (mg/l)	Sódio (mg/l)	Potássio (mg/l)	Cloretos (mg/l)
Corpo principal	IBR 5	6,8	75	4193	3	1900	553	320	56,0	296
	IBR 6	7,1	46	3660	3	1700	393	260	3,2	323
	IBR 7	7,5	30	627	11	220	52	53	0,5	54
	IBR 16	6,3	-	4133	9	-	558	-	-	300
	IBR 18	6,0	-	4073	21	-	553	-	-	284
	IBR 20	7,2	93	3378	8	1700	378	240	7,6	274
	IBR 23	7,1	56	3853	4	1600	488	250	26,0	282
	IBR 27	5,4	-	4463	13	-	490	-	-	279
	Média	**6,7**	**60**	**3547**	**9**	**1424**	**433**	**225**	**18,7**	**261**
Portela ME1	IBR 17	5,2	-	4443	32		523	-	-	328
	Média	**5,2**	**-**	**4443**	**32**	**-**	**523**	**-**	**-**	**328**
Portela ME2	IBR 15	6,3	76	3483	13	1500	655	250	56,0	255
	IBR 19	5,5	105	4055	10	1260	488	80	9,0	199
	IBR 26	4,1	103	4655	8	1800	598	130	13,0	173
	IBR 29	5,8	107	2513	14	610	168	70	2,0	75
	IBR 30	4,4	94	3988	58	2300	458	220	42,0	181
	IBR 31	4,4	100	3310	21	1500	528	150	23,0	175
	Média	**5,1**	**98**	**3667**	**21**	**1495**	**482**	**150**	**24,2**	**176**
Portela MD	IBR 25	6,4	-	5010	33	-	528	-	-	280
	IBR 32	6,6	-	3953	41	-	520	-	-	152
	IBR 33	7,5	-	4345	4	-	343	-	-	500
	IBR 34	7,3	96	2780	6	890	188	130	0,7	495
	IBR 35	8,0	32	3600	4	1600	255	380	1,8	420
	IBR 36	7,8	26	2348	10	1150	198	180	6,0	288
	Média	**7,2**	**51**	**3673**	**16**	**1213**	**338**	**230**	**2,8**	**356**

ANEXO 8 (2/14)

Quadro 8.1 (continuação) - Resultados obtidos em 2013 nos piezómetros

Poço Bombagem		Nitratos (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Arsénio (mg/l)	Chumbo (mg/l)	Manganês (mg/l)	Mercúrio (mg/l)	Cobre (mg/l)	Ferro (mg/l)	Zinco (mg/l)
Corpo principal	IBR 5	9,8	2280	<0,0020	<0,05	7,00	<0,0007	0,12	<0,10	0,46
	IBR 6	4,0	1670	<0,0021	<0,05	<0,020	<0,0007	<0,020	<0,10	0,04
	IBR 7	<2	106	0,018	<0,05	0,58	<0,0007	<0,02	1,1	<0,012
	IBR 16	19,0	2225	0,013	-	-	-	1,18	-	-
	IBR 18	8,7	2250	0,060	-	-	-	0,63	-	-
	IBR 20	3,3	1588	0,009	<0,05	2,10	<0,0007	<0,020	9,0	<0,012
	IBR 23	10,4	1995	<0,0020	<0,05	3,10	<0,0007	0,10	0,1	0,38
	IBR 27	13,3	2775	<0,0020	-	-	-	9,95	-	-
	Média	**9,8**	**1861**	**0,025**	**<0,05**	**3,20**	**<0,0007**	**2,40**	**3,4**	**0,29**
Portela ME1	IBR 17	8,8	2470	0,004	-	-	-	3,90	-	-
	Média	**8,8**	**2470**	**0,004**	-	-	-	**3,90**	-	-
Portela ME2	IBR 15	13,7	1945	<0,0021	<0,05	6,00	<0,0007	0,48	3,2	1,50
	IBR 19	17,0	2885	<0,0020	<0,05	7,00	<0,0007	7,99	0,9	4,80
	IBR 26	12,3	3313	<0,0020	<0,05	25,00	<0,0007	20,23	0,6	10,00
	IBR 29	9,0	1178	<0,0020	<0,05	4,00	<0,0007	6,62	1,7	3,60
	IBR 30	6,3	2718	<0,0020	<0,05	35,00	<0,0007	0,16	51,0	28,00
	IBR 31	7,5	2058	<0,0020	<0,05	12,00	<0,0007	4,15	7,4	3,60
	Média	**11,0**	**2349**	**<0,0020**	**<0,05**	**14,83**	**<0,0007**	**6,60**	**10,8**	**8,58**
Portela MD	IBR 25	6,4	3265	<0,0020	-	-	-	6,93	-	-
	IBR 32	3,6	3150	<0,0020	-	-	-	0,12	-	-
	IBR 33	4,8	2050	<0,0020	-	-	-	0,99	-	-
	IBR 34	9,8	785	<0,0020	<0,05	3,80	<0,0007	0,46	0,3	2,30
	IBR 35	3,9	1433	<0,0020	<0,05	1,70	<0,0007	0,39	0,2	0,10
	IBR 36	3,4	905	<0,0024	<0,05	0,11	<0,0007	0,91	<0,10	0,06
	Média	**5,3**	**1931**	**<0,0020**	**<0,05**	**1,87**	**<0,0007**	**1,63**	**0,2**	**0,82**

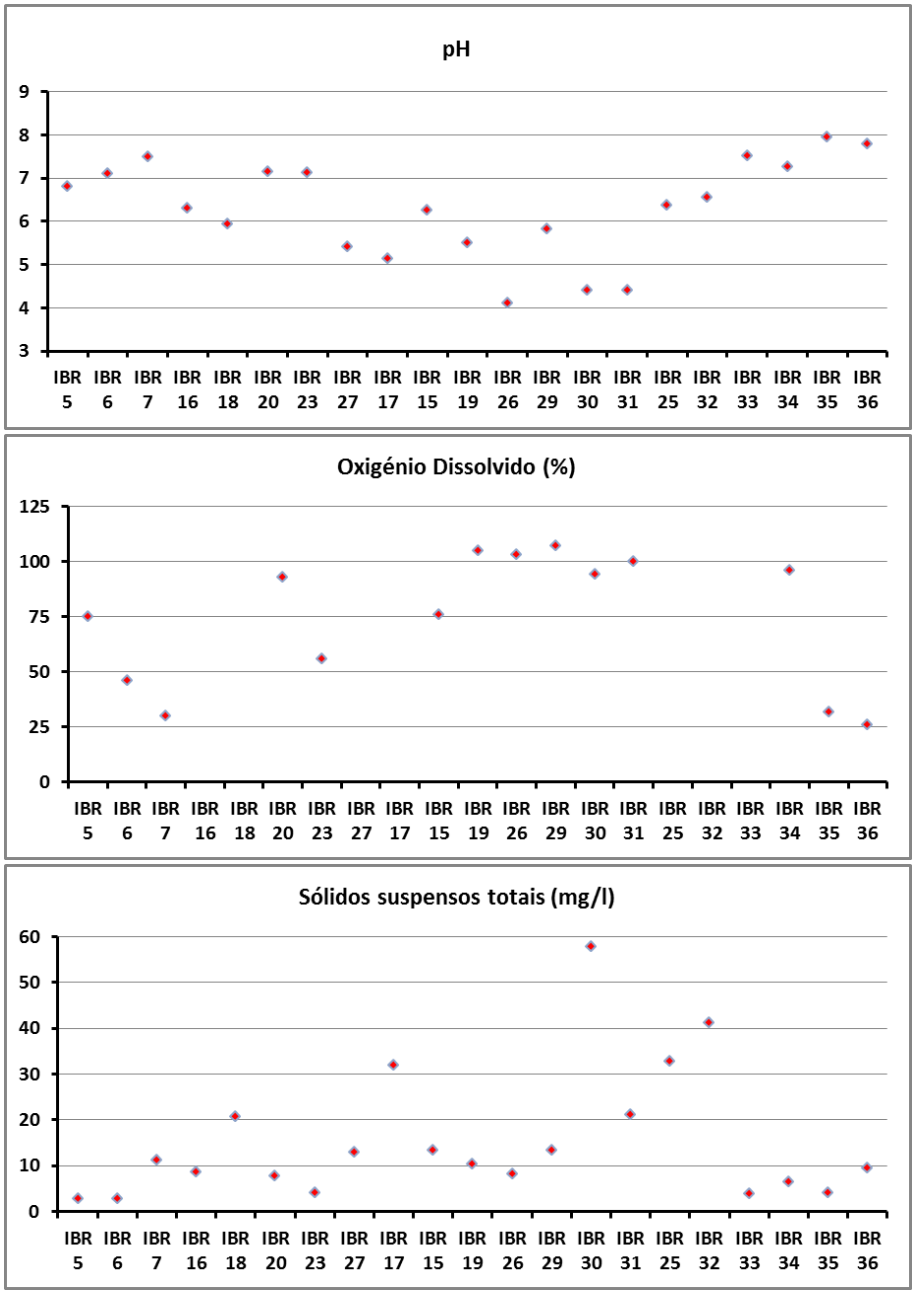


Figura 8.1 - Distribuição dos resultados em 2013 pelos poços de bombagem

ANEXO 8 (4/14)

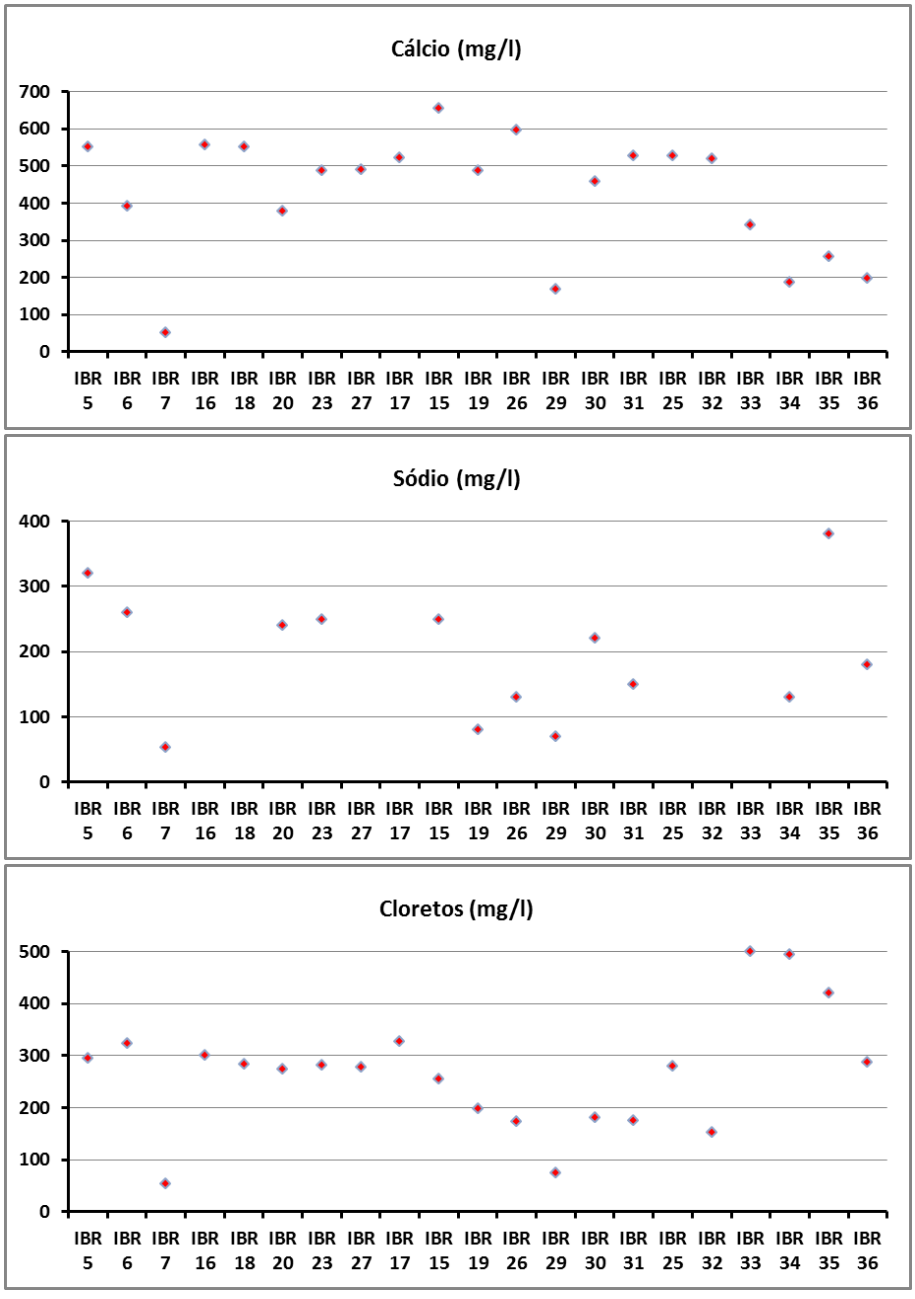


Figura 8.1 (continuação) - Distribuição dos resultados em 2013 pelos poços de bombagem

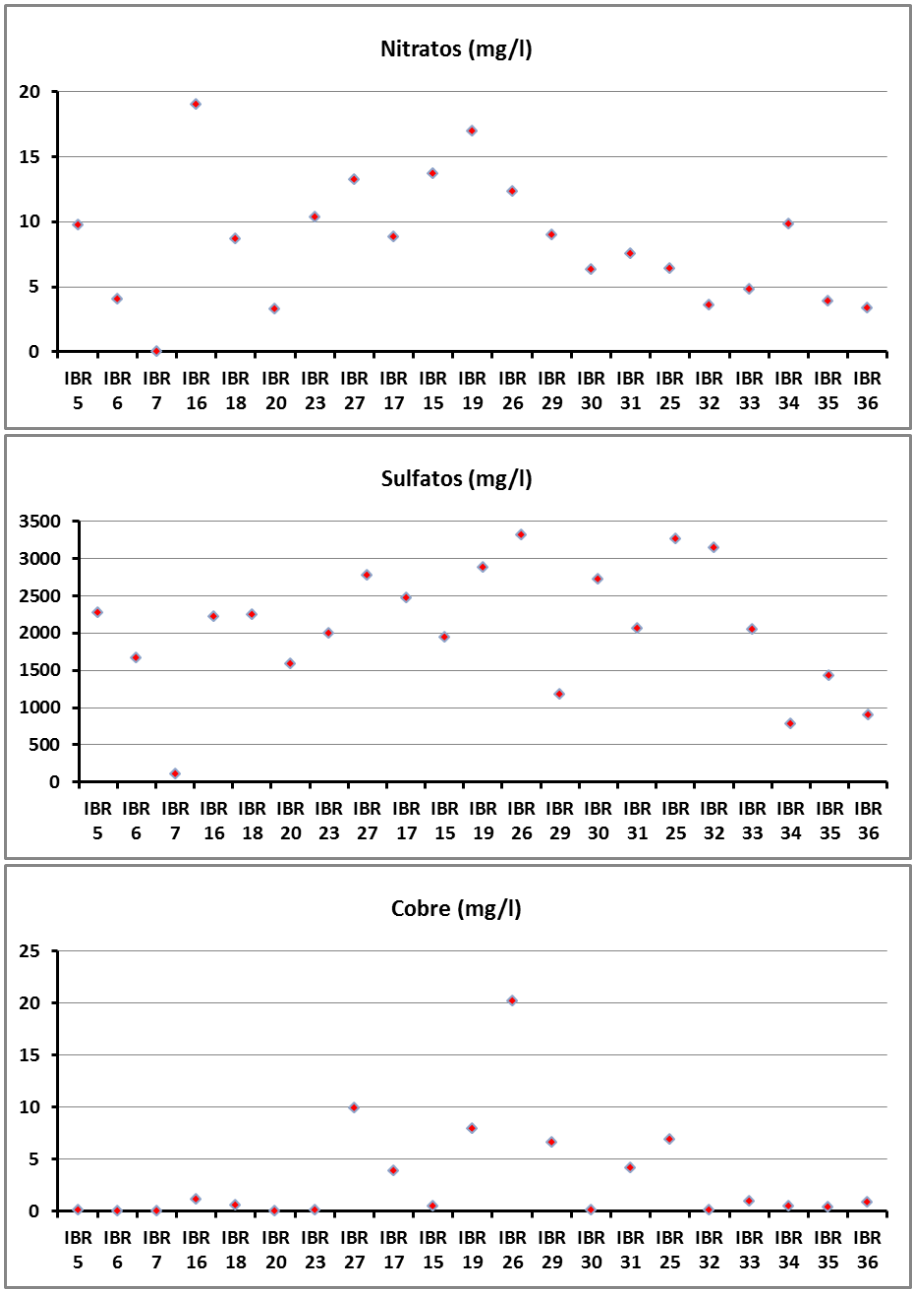


Figura 8.1 (continuação) - Distribuição dos resultados em 2013 pelos poços de bombagem

ANEXO 8 (6/14)

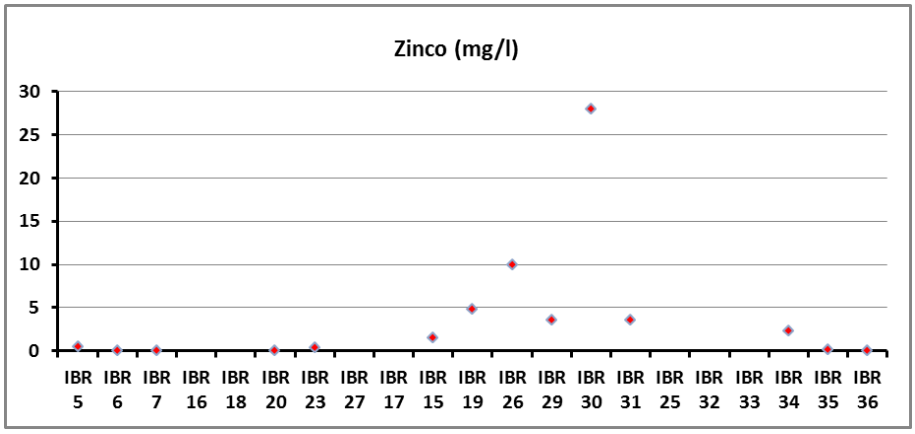


Figura 8.1 (continuação) - Distribuição dos resultados em 2013 pelos poços de bombagem

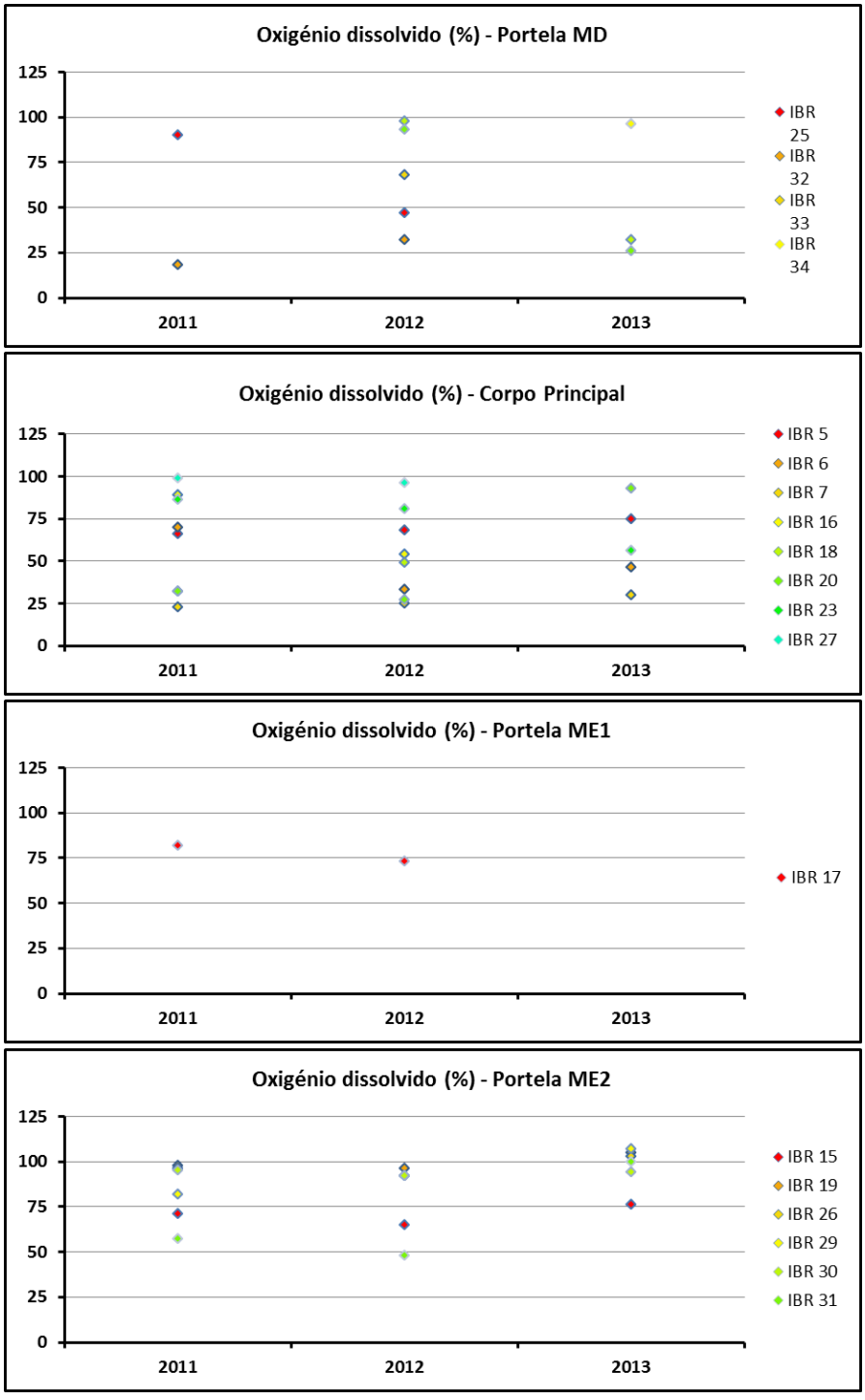


Figura 8.2 - Variação de oxigénio dissolvido entre 2011 e 2013 nos poços de bombagem

ANEXO 8 (8/14)

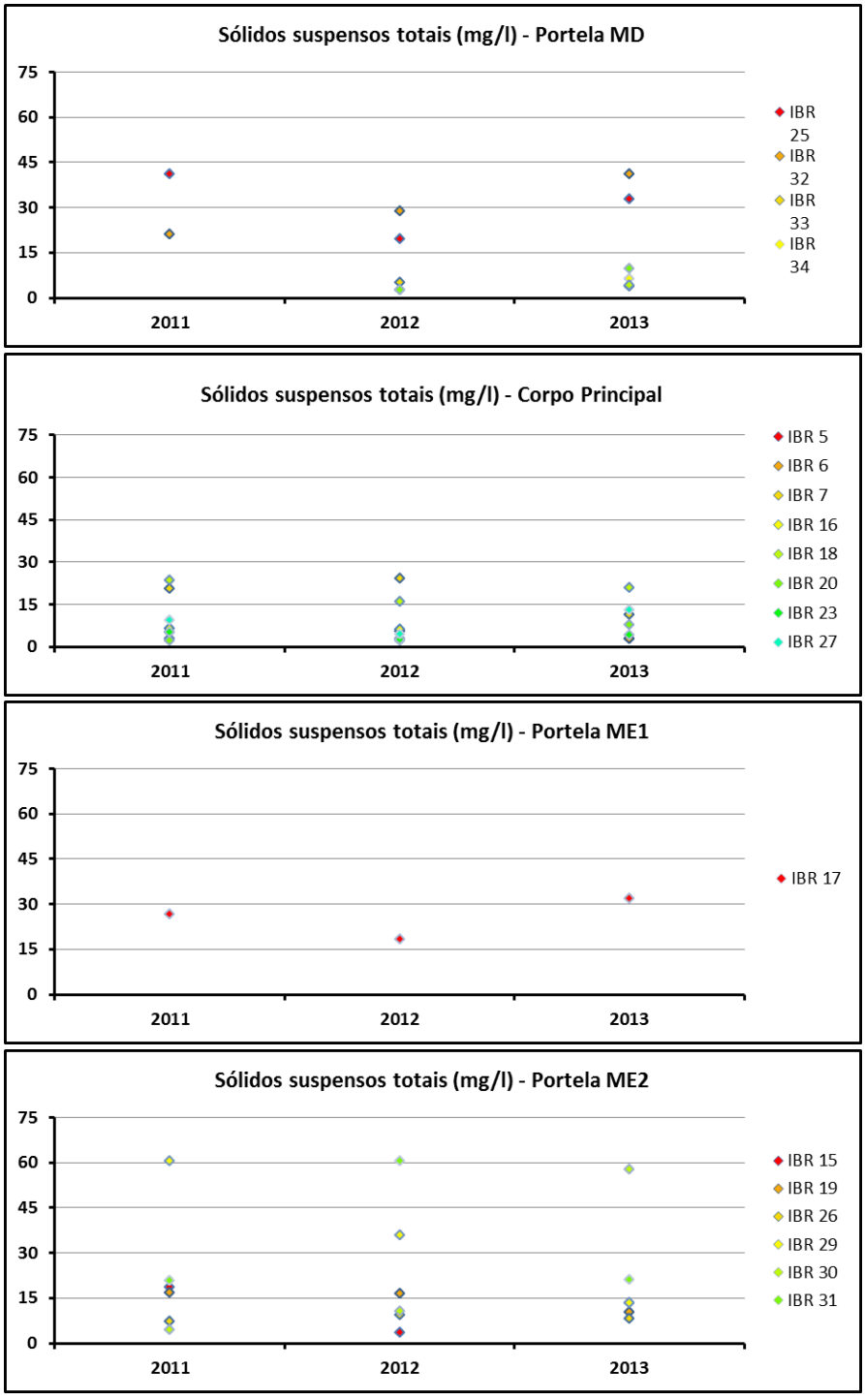


Figura 8.3 - Variação de sólidos suspensos totais entre 2011 e 2013 nos poços de bombagem

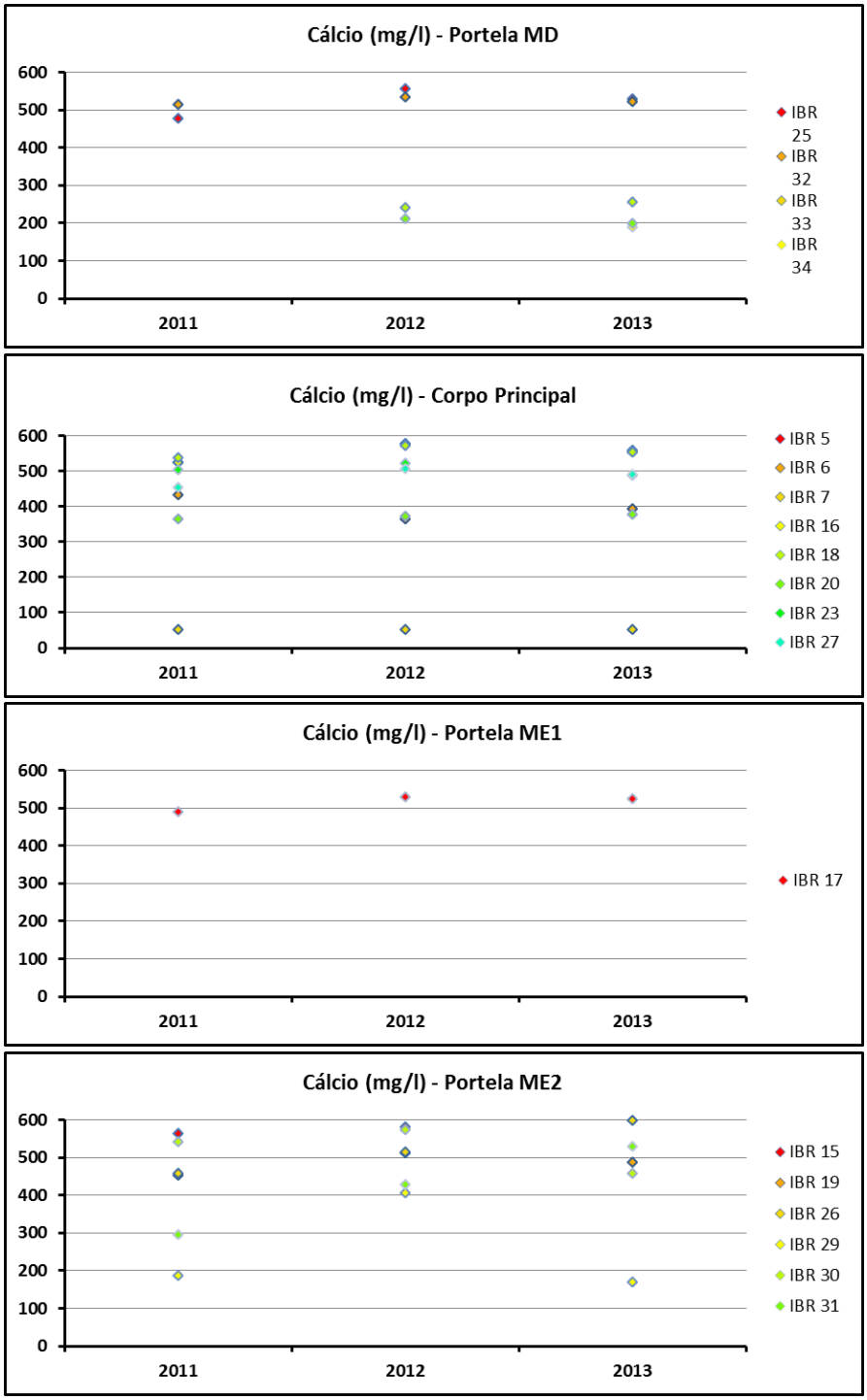


Figura 8.4 - Variação de cálcio entre 2011 e 2013 nos poços de bombagem

ANEXO 8 (10/14)

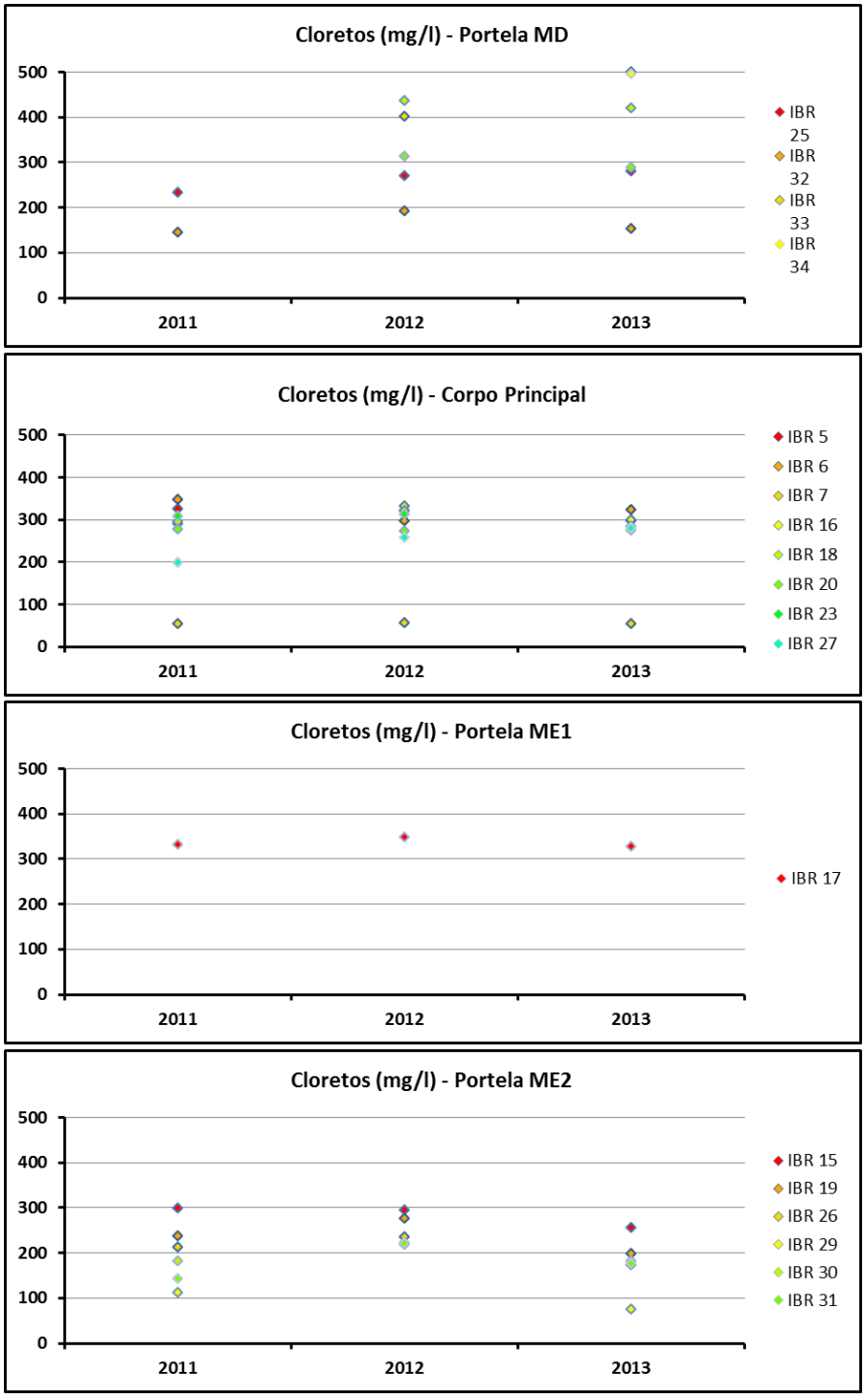


Figura 8.5 - Variação de cloretos entre 2011 e 2013 nos poços de bombagem

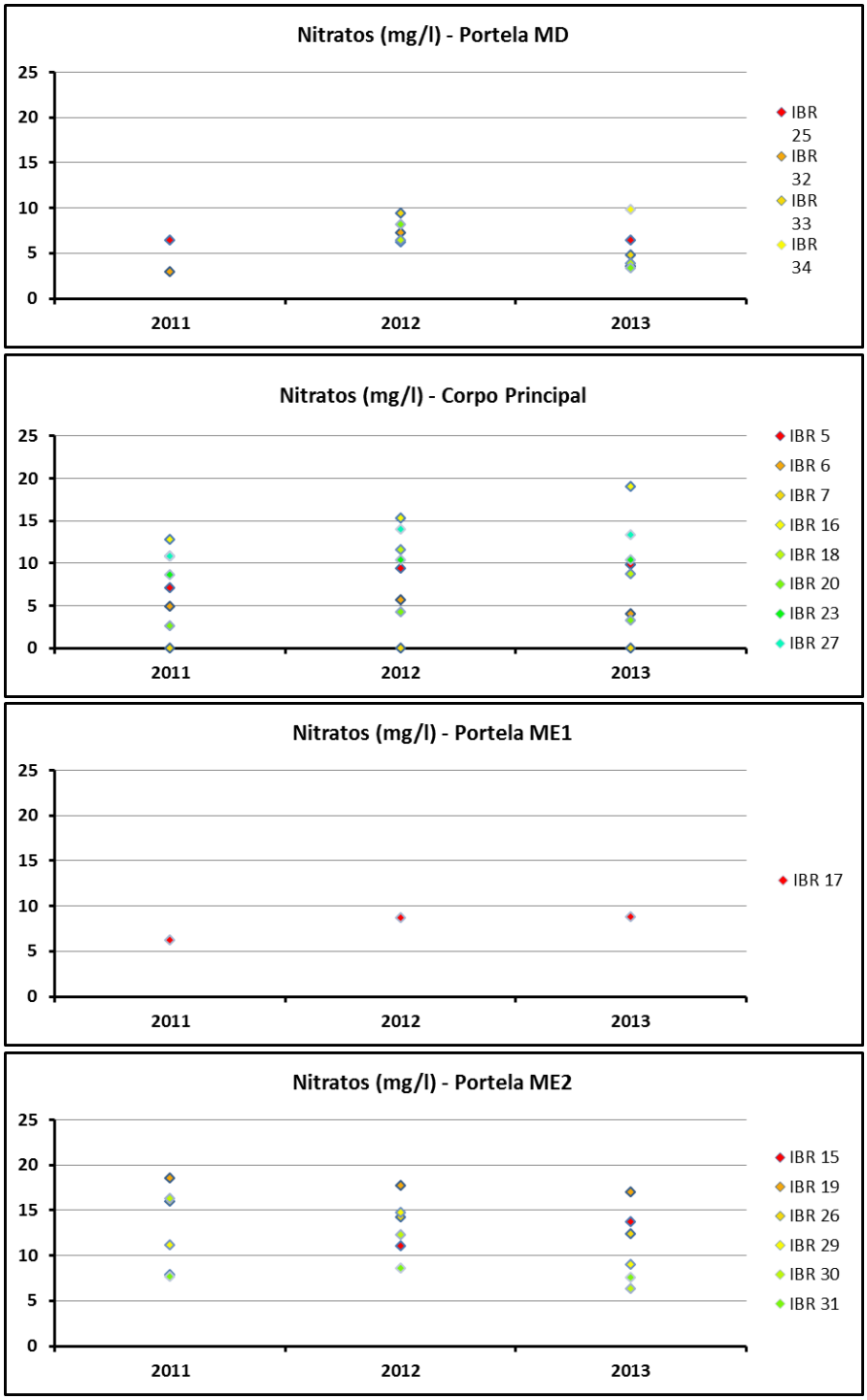


Figura 8.6 - Variação de nitratos entre 2011 e 2013 nos poços de bombagem

ANEXO 8 (12/14)

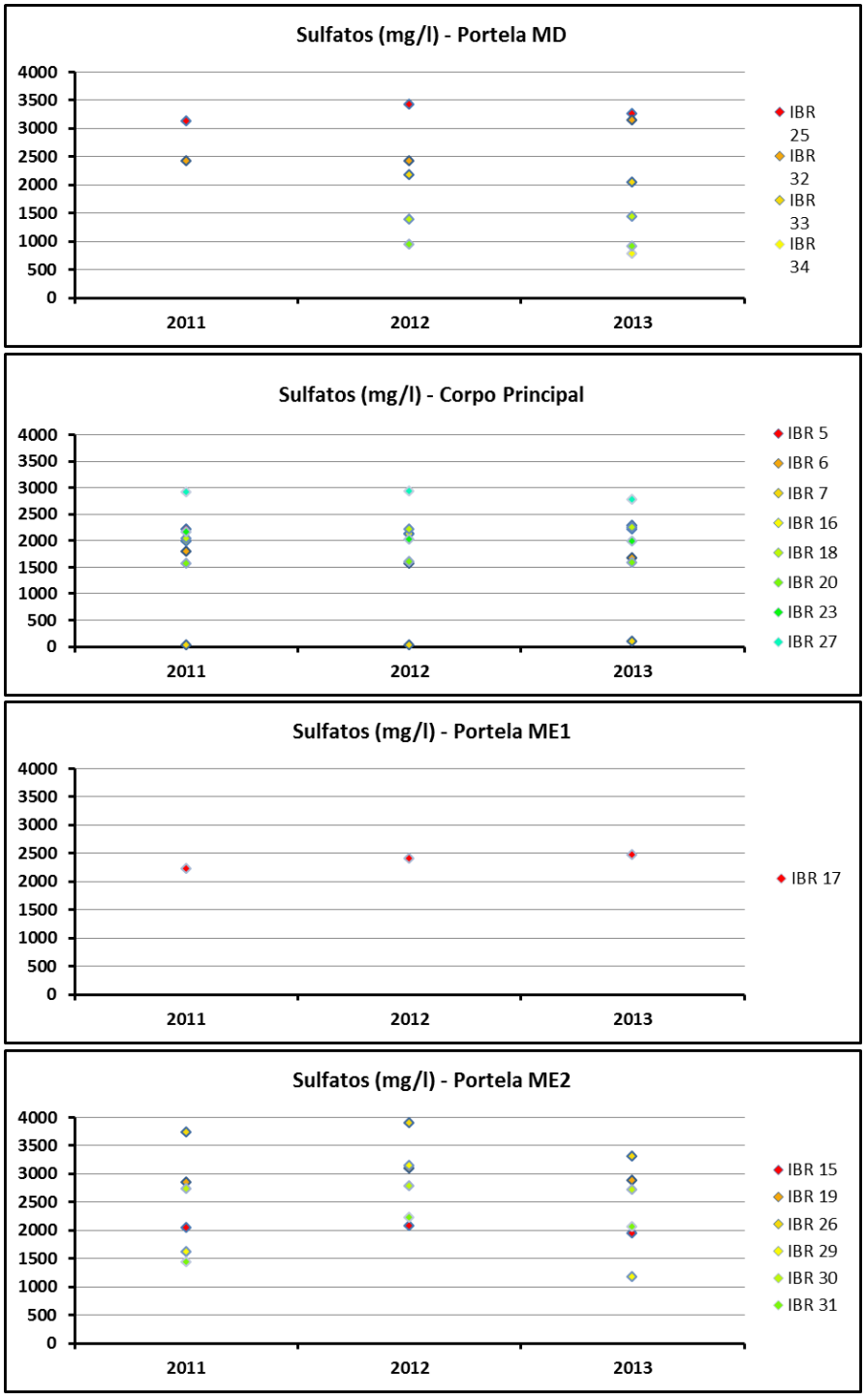


Figura 8.7 - Variação de sulfatos entre 2011 e 2013 nos poços de bombagem

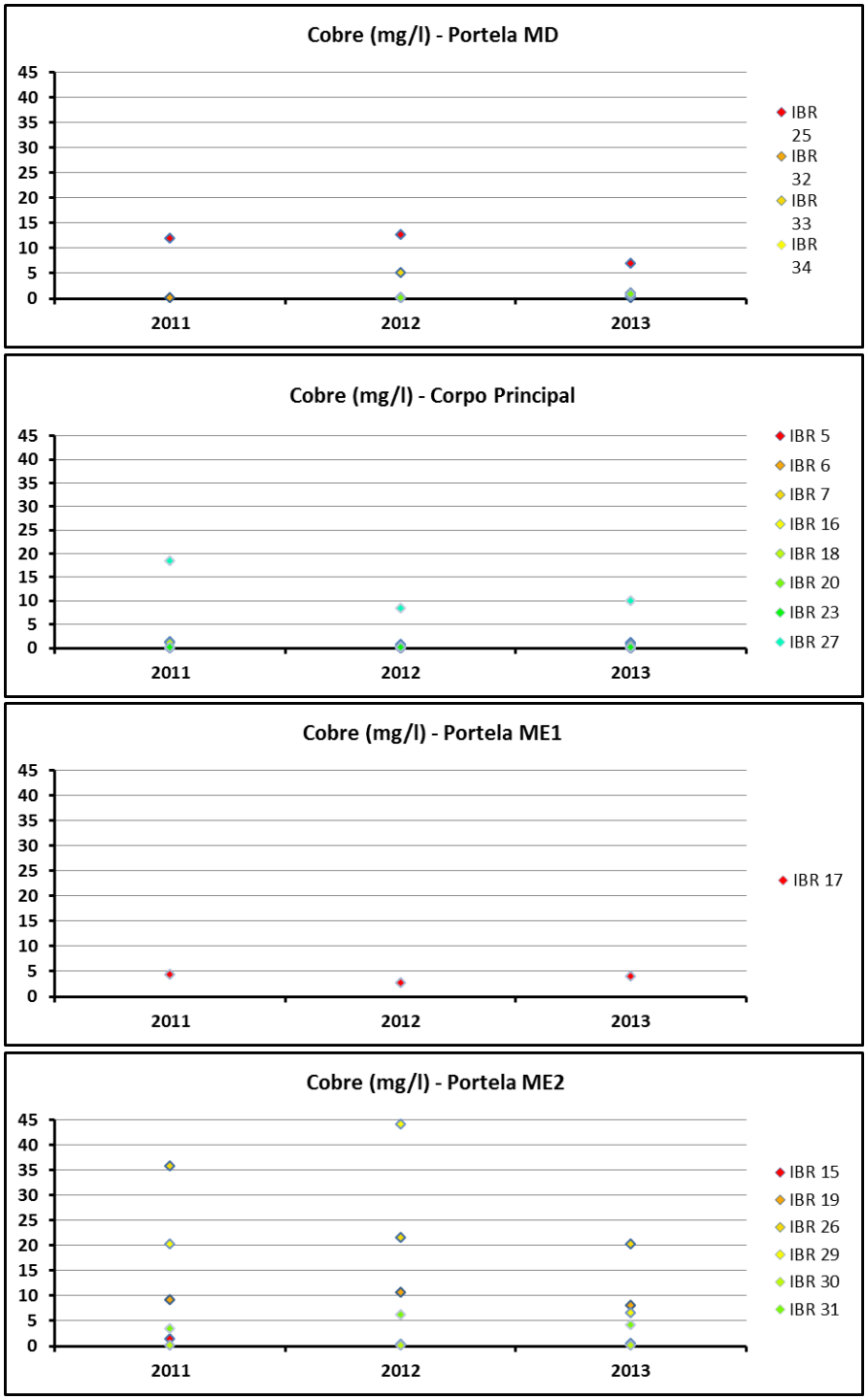


Figura 8.8 - Variação de cobre entre 2011 e 2013 nos poços de bombagem

ANEXO 8 (14/14)

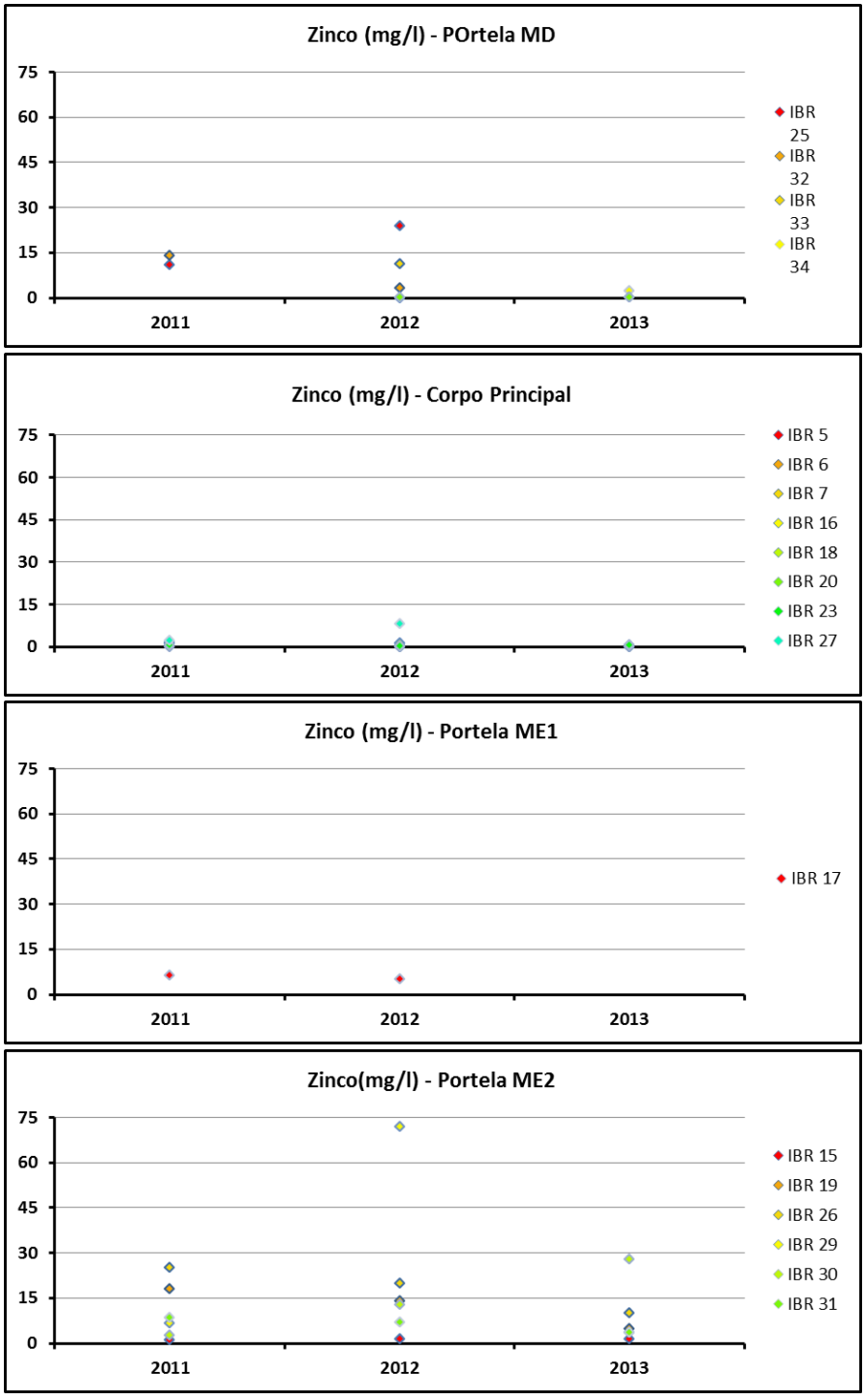
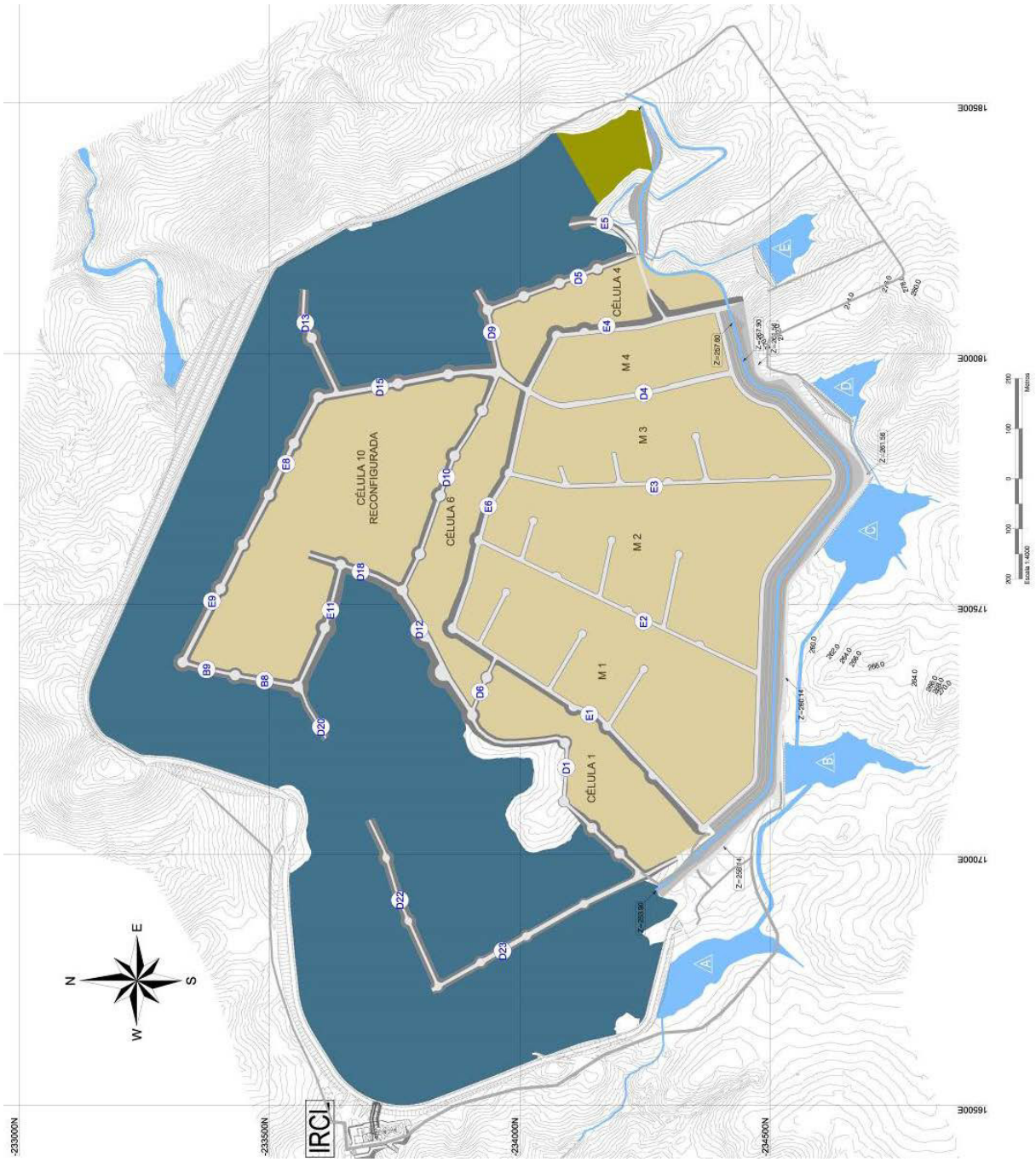


Figura 8.9 - Variação de zinco entre 2011 e 2013 nos poços de bombagem

ANEXO 9 (1/1)

PLANTA DAS CÉLULAS DE DEPOSIÇÃO DE REJEITADOS ESPESSADOS EM JANEIRO DE 2014



CENOR - Consultores, S. A.

Rua das Vigias, 2 . Piso 1 Parque das Nações
1990-506 LISBOA . PORTUGAL
T. +351.218 437 300 **F.** +351.218 437 301 cenor@**cenor.pt**

CENOR
Consulting Engineers

SOMINCOR – SOCIEDADE MINEIRA DE NEVES CORVO, S. A.

Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo
Observação Anual e Análise do Comportamento

Inspecção Visual de Especialidade de 2013

Abril 2014

CENOR Consulting Engineers

CENOR - Consultores, S. A.

APRESENTAÇÃO

INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS DO CERRO DO LOBO

OBSERVAÇÃO ANUAL E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO

INSPECÇÃO VISUAL DE ESPECIALIDADE DE 2013

APRESENTAÇÃO

A **CENOR - Consultores, S.A.** apresenta o relatório da Inspecção Visual de Especialidade de 2013 da Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo.

Lisboa, Abril de 2014

O Director de Serviço

José A. Mateus de Brito
(Engenheiro Civil)
(Especialista em Geotecnia O.E.)
(Ins. na O.E. sob o nº 10425)

ÍNDICE

ÍNDICE

Pág.

TEXTO

1 - INTRODUÇÃO 1
2 - DESCRIÇÃO DA INSPECÇÃO VISUAL DE ESPECIALIDADE 3
2.1 - INTRODUÇÃO 3
2.2 - ALBUFEIRA 3
2.3 - PORTELA MD 4
2.4 - CORPO PRINCIPAL E PORTELA DO CORPO PRINCIPAL 5
2.5 - PORTELA ME1 7
2.6 - PORTELA ME2 E BARRAGEM DO MONTE BRANCO 9
2.7 - ÓRGÃOS HIDRÁULICOS 10
2.8 - DISPOSITIVOS DE OBSERVAÇÃO 11
3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS 13

FIGURA

1 - Planta das áreas de deposição de rejeitados espessados em Janeiro de 2014

ANEXOS

1 - Ficha de inspecção visual de especialidade (12 páginas)
2 - Fichas fotográficas (25 páginas)

TEXTO

1 - INTRODUÇÃO

Dando cumprimento ao exposto na legislação em vigor, nomeadamente no Decreto-Lei nº 10/2010 de 4 de Fevereiro, que estabelece o regime jurídico da gestão de resíduos de extracção, no Decreto-Lei nº 344/2007 de 15 de Outubro – "Regulamento de Segurança de Barragens" (RSB) – e na Portaria nº 847/93 de 10 de Setembro – "Normas de Observação e Inspecção de Barragens" (NOIB), e tal como especificado no Plano de Observação, foi realizada, no dia 29 de Outubro de 2013, a inspecção visual de especialidade à Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (IRCL).

A inspecção visual de especialidade foi efectuada pelos responsáveis pela análise do comportamento da IRCL, Engos José Mateus de Brito, Manuel Romeiro e Gonçalo Tavares, da CENOR, acompanhados pela Engª Susana Gonçalves, da SOMINCOR.

Durante a visita de inspecção foi preenchida a ficha de inspecção visual de especialidade, constante do Plano de observação[1], que se apresenta no Anexo 1.

Foi, ainda, realizada uma reportagem fotográfica que serviu de base à elaboração das fichas fotográficas que se apresentam no Anexo 2 e que abrangem os aspectos mais relevantes da inspecção visual, com comentários detalhados.

No presente documento relatam-se os aspectos mais relevantes relativos ao comportamento da IRCL e respectivos órgãos hidráulicos, observados durante a inspecção visual de especialidade.

É de referir que a IRCL tem sido objecto de inspecções visuais de especialidade com uma periodicidade anual, desde 2009, tendo sido elaborados relatórios anuais correspondentes a cada inspecção. As descrições constantes desses relatórios, relativas ao comportamento da IRCL e dos respectivos órgãos hidráulicos, foram tidas como situações de referência na elaboração do presente relatório.

[1] Hidroprojecto (2006, Julho). SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves Corvo, S.A. Barragem de Cerro do Lobo. Elaboração de Estudos Referentes ao Plano de Observação e Potencial Rotura da Barragem do Cerro do Lobo. Plano de Observação

Serviu, ainda, de base à elaboração deste documento o relatório elaborado pela CENOR, em Abril de 2009, relativo à análise dos elementos existentes referentes à observação e análise do comportamento da IRCL[2], assim como o relatório, também elaborado pela CENOR, em Fevereiro de 2012, referente ao acompanhamento da execução dos sistemas de captação e encaminhamento das ressurgências existentes a jusante do aterro da IRCL[3].

É de referir que o sistema de deposição emersa de rejeitados espessados encontra-se em operação desde Novembro de 2010, sendo a deposição de rejeitados efectuada apenas nas áreas de deposição construídas para o efeito no interior da albufeira da IRCL. No entanto, por limitações de capacidade do espessador utilizado na produção de rejeitados espessados, foi necessário manter em operação o sistema de deposição submersa de rejeitados (polpa), até Agosto de 2011. Durante este período (Novembro de 2010 a Agosto de 2011) a deposição submersa de polpa foi também realizada no interior das áreas de deposição existentes na albufeira da IRCL.

A partir de Outubro de 2011, com a entrada em funcionamento de um segundo espessador, passaram a ser depositados, exclusivamente, rejeitados espessados na albufeira da IRCL. Actualmente esta deposição é realizada na nova área de deposição, designada de "mezzanine", executada sobre parte das áreas de deposição iniciais 1, 4 e 6 e ocupando a totalidade da área de deposição 2 e 3 (Figura 1). As áreas de deposição de rejeitados espessados são delimitadas por diques construídos com escombro da mina.

É ainda de salientar que, segundo informações fornecidas pela SOMINCOR, são efectuadas campanhas regulares (com uma periodicidade aproximadamente mensal) de limpeza dos sistemas de drenagem superficial da IRCL e de remoção da vegetação no aterro e junto ao pé dos taludes deste.

Refere-se, também, que no decurso do último ano foi executado um revestimento em betão betuminoso ao longo de todo o coroamento da IRCL.

[2] CENOR (2009, Abril). SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves Corvo, S.A. Barragem de Cerro do Lobo. Observação Anual e Análise do Comportamento. Análise dos elementos existentes

[3] CENOR (2012, Fevereiro). SOMINCOR – Sociedade Mineira de Neves Corvo, S.A. Captação e drenagem das águas de infiltração na Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo. Fiscalização e controlo dos trabalhos

2 - DESCRIÇÃO DA INSPECÇÃO VISUAL DE ESPECIALIDADE

2.1 - INTRODUÇÃO

Nos capítulos seguintes faz-se a descrição detalhada dos aspectos mais relevantes relativos ao aterro, aos órgãos hidráulicos e aos equipamentos de observação da IRCL, observados durante a inspecção visual de especialidade.

À data da inspecção visual o tempo apresentava-se seco, com reduzida nebulosidade e temperatura amena. Na semana anterior à inspecção visual de especialidade registaram-se temperaturas amenas, com alguns períodos de chuva.

O nível da albufeira encontrava-se cerca da cota 253,49 m, ou seja, 0,41 m abaixo do NPA. Relativamente à inspecção visual de 2012 o nível de água na albufeira manteve-se aproximadamente igual.

De uma forma geral os aterros, os órgãos hidráulicos e os dispositivos de observação apresentam um bom estado de conservação.

2.2 - ALBUFEIRA

São de salientar os seguintes aspectos, relativamente à albufeira:

- junto às portelas MD, ME1 e ME2 existe alguma vegetação no interior da bacia, não afectando, contudo, o aterro;

- a água na albufeira apresenta uma coloração mais clara, decorrente do abaixamento do pH (a água apresenta um pH ácido). No entanto, segundo informações da SOMINCOR, há três zonas onde o pH é mantido elevado: junto à zona de captação de água para a mina, junto à captação da descarga auxiliar (sifão) e na zona do descarregador de cheias;

- praticamente não se registaram alterações na geometria dos diques de delimitação das áreas de deposição mais próximas do aterro da IRCL (Figura 1). Foi, no entanto criada uma nova área de deposição, designada de “mezzanine”, na zona da albufeira mais a montante;

- não se observam sinais de instabilidade, nem sinais de percolação através do corpo dos aterros dos diques de delimitação das áreas de deposição (Fotografia 1);

- à data da inspecção visual de especialidade estava em curso a execução de sondagens de prospecção mineira a partir dos diques mais próximos da portela ME2.

2.3 - PORTELA MD

São de salientar os seguintes aspectos, relativamente ao estado actual da portela MD:

- o coroamento foi revestido com betão betuminoso, apresentando-se regular e sem fendilhação;

- visualmente o coroamento apresenta um bom nivelamento, com pendente para montante, não se notando quaisquer assentamentos significativos;

- o revestimento em enrocamento do paramento de montante apresenta um bom estado de conservação, sem sinais de erosão e arrastamento por acção das ondas na albufeira (Fotografia 3). Alguns dos blocos de rocha apresentam incrustações de gesso, sem que, contudo, se verifique a sua degradação;

- o revestimento em enrocamento do paramento de jusante apresenta, também, um bom estado de conservação, não sendo visíveis quaisquer sinais de assentamentos ou de outras anomalias (Fotografias 2 e 4);

- cerca do pk 0+370, numa zona muito localizada, observam-se sinais de oxidação do enrocamento no pé do talude de jusante (Fotografia 4). No entanto, à data da inspecção, a zona em causa apresentava-se seca. Esta deposição de óxidos deverá estar associado a águas da chuva que se

infiltram no paramento do aterro ou a passagens de água, através do maciço de fundação, que não são captadas na vala de intersecção do tapete drenante (a mancha de oxidação localiza-se no limite do tapete drenante e da vala). É de salientar que este aspecto já havia sido detectado nas inspecções visuais anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução;

- as valetas de drenagem no pé do talude de jusante encontram-se limpas e apresentam um bom estado de conservação (Fotografia 2);

- ao longo do pé do talude de jusante não existe qualquer tipo de vegetação, facto que decorre das campanhas regulares de desmatação e limpeza (Fotografias 2, 4 e 5);

- a jusante do aterro não foram detectadas quaisquer evidências de ressurgências (Fotografia 5). No entanto, observam-se sinais de precipitações de sulfatos associadas a descargas de água do poço IBR25 efectuadas num período de chuvadas muito intensas, em que foi suspensa a bombagem do poço para permitir uma gestão mais eficaz do nível de água na IRCL;

- muito pontualmente, nos paramentos da portela, observa-se a fragmentação dos blocos de xisto do enrocamento de protecção. No entanto, sendo os enrocamentos constituídos, fundamentalmente, por blocos de grauvaque este aspecto não compromete o adequado comportamento dos enrocamentos de protecção. É de salientar que este aspecto já havia sido detectado nas inspecções visuais anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante.

2.4 - CORPO PRINCIPAL E PORTELA DO CORPO PRINCIPAL

São de salientar os seguintes aspectos, relativamente ao estado actual do corpo principal e da portela do corpo principal:

- o coroamento foi revestido com betão betuminoso, apresentando-se regular e sem fendilhação (Fotografia 6);

- visualmente o coroamento apresenta um bom nivelamento, com pendente para montante, não se notando quaisquer assentamentos significativos (Fotografia 6);

- o revestimento em enrocamento do paramento de montante apresenta um bom estado de conservação, sem sinais de erosão e arrastamento por acção das ondas na albufeira. Alguns dos blocos de rocha apresentam incrustações de gesso, sem que, contudo, se verifique a sua degradação (Fotografia 7);

- o revestimento em enrocamento do paramento de jusante apresenta, também, um bom estado de conservação, não sendo visíveis quaisquer sinais de assentamentos ou de outras anomalias (Fotografia 8);

- o bom nivelamento das banquetas do paramento de jusante do corpo principal é, também, evidência do adequado comportamento do aterro (Fotografia 8);

- as valetas de drenagem no pé do talude de jusante encontram-se limpas e apresentam um bom estado de conservação (Fotografias 8 a 10 e 14);

- ao longo do pé do talude de jusante não existe qualquer tipo de vegetação, facto que decorre das campanhas regulares de desmatação e limpeza (Fotografias 8 a 10 e 14);

- muito pontualmente, em ambos os paramentos, observa-se a fragmentação dos blocos de xisto dos enrocamentos de protecção. No entanto, sendo os enrocamentos constituídos, fundamentalmente, por blocos de grauvaque este aspecto não compromete o adequado comportamento dos enrocamentos de protecção. É de salientar que este aspecto já havia sido detectado nas inspecções visuais anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução;

- os sistemas de captação e controlo das ressurgências existentes a jusante do corpo principal (associadas ao artesianismo nos piezómetros PCL-9 e PCL-10 e dos piezómetros PCL-11 e PCL-12 e na linha de água cerca do pk 0+710 e junto à vedação – Fotografia 11), cujos trabalhos de construção foram concluídos em Novembro de 2010, têm-se mostrado eficazes, não se detectando novas ressurgências nem passagens de água contaminada para a ribeira

(Fotografia 12). No entanto, a montante do tapete drenante transversal existente no trecho terminal da linha de água, observa-se um pequeno lençol de água (Fotografia 12c), apesar deste tapete se encontrar ligado ao poço IBR6, por uma vala drenante. Atribui-se esta acumulação de água ao facto da entrada no tapete drenante se encontrar a uma cota um pouco mais elevada;

- o sistema de separação das águas pluviais não contaminadas existente ao longo da ribeira, tem-se mostrado eficaz, funcionando conforme o previsto;

- de uma forma geral, os sistemas de captação e controlo das ressurgências existentes a jusante do aterro da portela do corpo principal, cujos trabalhos de construção foram concluídos em Novembro de 2010, têm-se mostrado eficazes. A zona do IBR16, onde durante o ano de 2012 ainda tinham surgido alguns sinais de humidade, têm-se mantido seca (Fotografia 13);

- cerca de 80 m a jusante da portela do corpo principal, no alinhamento do poço IBR16, observa-se uma zona húmida associada a uma ressurgência decorrente de uma sondagem de prospecção mineira, cujo o furo não foi devidamente selado (Fotografia 13);

- junto ao encontro esquerdo da portela do corpo principal, cerca do pk 1+620, a ressurgência no pé do talude de jusante, observada nas inspecções anteriores, encontrava-se seca;

- os sistemas subsuperficiais de captação e encaminhamento das águas existentes junto ao poço IBR27A têm-se mostrado eficazes, não se verificando o aparecimento contaminada de água a jusante.

2.5 - PORTELA ME1

São de salientar os seguintes aspectos, relativamente ao estado actual da portela ME1:

- o coroamento foi revestido com betão betuminoso, apresentando-se regular e sem fendilhação;

- visualmente o coroamento apresenta um bom nivelamento, com pendente para montante, não se notando quaisquer assentamentos significativos;

- o revestimento em enrocamento do paramento de montante apresenta um bom estado de conservação, sem sinais de erosão e arrastamento por acção das ondas na albufeira;

- o revestimento em enrocamento do paramento de jusante apresenta, também, um bom estado de conservação, não sendo visíveis quaisquer sinais de assentamentos ou de outras anomalias (Fotografias 15 e 16);

- muito pontualmente, nos paramentos da portela, observa-se a fragmentação de blocos de xisto dos enrocamentos de protecção. No entanto, sendo os enrocamentos constituídos, fundamentalmente, por blocos de grauvaque este aspecto não compromete o adequado comportamento dos enrocamentos de protecção. É de salientar que este aspecto já havia sido detectado nas inspecções visuais anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução;

- as valetas de drenagem no pé do talude de jusante encontram-se limpas e apresentam um bom estado de conservação (Fotografia 15 e 16);

- a ressurgência existente no pé do talude de jusante do aterro, no alinhamento dos piezómetros PCL-13 e PCL-14, observada nas inspecções visuais anteriores, mantêm-se não tendo sido detectada qualquer evolução relevante (à data da inspecção o terreno natural encontrava-se seco – Fotografia 16);

- observa-se o aparecimento de água nos encabeçamentos dos piezómetros PCL-17 e PCL-18 associado ao artesianismo destes piezómetros. Este aspecto já havia sido detectado nas inspecções visuais anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução;

- o sistema de captação e controlo das ressurgências a jusante do aterro (Fotografia 17), concluído em Novembro de 2010, tem-se mostrado eficaz, não se detectando novas ressurgências.

2.6 - PORTELA ME2 E BARRAGEM DO MONTE BRANCO

São de salientar os seguintes aspectos, relativamente ao estado actual da portela ME2 e da Barragem do Monte Branco:

- os blocos de amarração e de apoio das condutas para transporte de rejeitados espessados (Fotografia 19 e 22), executados no coroamento da portela ME2 e da barragem do Monte Branco, apresentam um bom estado de conservação e um bom nivelamento;

- o coroamento foi revestido com betão betuminoso, apresentando-se regular e sem fendilhação (Fotografias 19 e 22);

- visualmente o coroamento apresenta um bom nivelamento, com pendente para montante, não se notando quaisquer assentamentos significativos (Fotografias 19 e 22);

- o revestimento em enrocamento do paramento de montante apresenta um bom estado de conservação, sem sinais de erosão e arrastamento por acção das ondas na albufeira;

- o revestimento em enrocamento do paramento de jusante da portela ME2 apresenta um bom estado de conservação, não sendo visíveis quaisquer sinais de assentamentos ou de outras anomalias (Fotografia 20). Também o enrocamento do paramento de jusante da Barragem do Monte Branco (lado da albufeira do Monte Branco) apresenta um bom estado de conservação, não se observando sinais de erosão e arrastamento por acção das ondas na albufeira (Fotografia 23);

- o sistema de captação e controlo das ressurgências a jusante do aterro da portela ME2A, concluído em Novembro de 2010, tem-se mostrado eficaz, não se detectando novas ressurgências na envolvente dos trabalhos realizados (Fotografia 17);

- cerca de 100 m a jusante do aterro da portela ME2A, aproximadamente ao Pk 2+550, observa-se uma zona onde o terreno se encontra saturado, decorrente de uma ressurgência originada pela execução de uma sondagem de prospecção mineira cujo o furo não foi devidamente selado

(Fotografia 18). Esta ressurgência deve-se também a fenómenos de artesianismo existente neste local;

- junto ao pé do talude de jusante da portela ME2C existem duas ressurgências, uma junto ao poço de bombagem IBR30 e a outra cerca de 25 m à esquerda (para Norte) deste poço, na zona do antigo descarregador de cheias. À data da inspecção visual as duas ressurgências encontravam-se secas, mas já haviam sido observadas em Abril de 2013 (Fotografia 21). De acordo com informações da SOMINCOR, as ressurgências reapareceram no final de Dezembro de 2013;

- a zona de inserção do poço IBR31, na barragem do Monte Branco, não apresenta sinais de assentamentos, quer ao nível do coroamento, quer ao nível do talude.

2.7 - ÓRGÃOS HIDRÁULICOS

Os órgãos hidráulicos existentes na IRCL (descarregador de cheias e descarga auxiliar em sifão) apresentam um bom estado de conservação.

O descarregador de cheias da IRCL situa-se na extremidade do lado Nascente da barragem do Monte Branco.

O betão dos muros ala e da soleira do descarregador de cheias não apresenta sinais de deterioração. Também na ligação do betão do alteamento da soleira do descarregador de cheias à soleira inicial não se detectam quaisquer anomalias.

Na zona de entrada do descarregador verifica-se a acumulação de vegetação, ocupando grande parte da extensão da soleira (Fotografia 24a). Na zona de restituição, apesar de existir alguma vegetação rasteira, o enrocamento de protecção apresenta um estado de conservação aceitável, não se verificando arraste de material para jusante (Fotografia 24a).

A descarga auxiliar, constituída por uma descarga em sifão, situa-se no encontro direito do corpo principal. À data da inspecção esta descarga auxiliar não foi testada, mas, de acordo com informações da SOMINCOR, encontra-se operacional, sendo apenas activada em situações de chuvadas intensas para controlo do nível de água na albufeira.

O descarregador de cheias da barragem do Monte Branco, localiza-se na margem esquerda da albufeira. A entrada do descarregador encontra-se desobstruída (Fotografia 24b) assim como o canal de restituição.

2.8 - DISPOSITIVOS DE OBSERVAÇÃO

Os dispositivos de observação da IRCL e as respectivas caixas de protecção apresentam um bom estado de conservação, estando todos devidamente identificados.

À data da visita não foram efectuadas leituras dos dispositivos de observação, uma vez que já tinha sido efectuada uma campanha de leituras recentemente, associada ao plano de observação da instalação.

Segundo informações fornecidas pela SOMINCOR, ambos os acelerógrafos encontram-se operacionais, subsistindo, no entanto, um problema no sistema de comunicação entre os acelerógrafos (anomalia no sistema “trigger”).

Continua a verificar-se dificuldade na leitura de alguns piezómetros (fundamentalmente nos piezómetros Ph26 e Ph 46) com as sondas comerciais disponíveis (modelo 102 da Solinst, com 5 mm de diâmetro). No entanto, com a sonda do tipo LNEC tem sido possível efectuar grande parte das leituras destes piezómetros.

É, também, de referir que se verificou um abaixamento do enchimento de gravilha dos furos dos piezómetros hidráulicos existentes no coroamento (Fotografia 25). Este abaixamento deverá estar associado à execução do revestimento em betão betuminoso do coroamento, em que a vibração do cilindro de compactação deverá ter provocado o adensamento da gravilha.

3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

De uma forma geral, a instalação de resíduos do Cerro do Lobo apresenta um adequado nível de manutenção, não havendo a salientar qualquer anomalia que possa comprometer o comportamento, quer dos aterros, quer dos órgãos hidráulicos, quer, ainda, dos dispositivos de observação.

É de salientar que não foram detectadas evoluções nas principais anomalias identificadas na última inspecção visual de especialidade. Há, no entanto, a salientar o aparecimento de duas ressurgências junto ao pé do talude de jusante da portela ME2C, na zona do poço de bombagem IBR30.

De uma forma geral, os sistemas de captação e controlo das ressurgências existentes a jusante do aterro, concluídos em Novembro de 2010, têm-se demonstrado eficazes não se registando o aparecimento de novas ressurgências nas proximidades destes sistemas.

Há, no entanto, a referir o aparecimento de duas ressurgências, cerca de 80 a 100 m a jusante dos aterros da portela do corpo principal e da portela ME2A, que, contudo, não estão associadas a anomalias da IRCL, mas a sondagens de prospecção mineira, cujos furos não foram devidamente selados, conjugadas com fenómenos de artesianismo. Estas ressurgências originaram áreas de alguma dimensão onde o terreno se apresenta saturado.

Nesta fase encontra-se já em pleno funcionamento o processo de deposição de rejeitados espessados no interior da albufeira da IRCL, não tendo sido detectadas anomalias de funcionamento nos diques de delimitação das áreas de deposição de rejeitados espessados. Por outro lado, também não foram detectadas evidências de comportamentos anómalos nos aterros da IRCL decorrentes da construção das áreas de deposição de rejeitados espessados.

Lisboa, 30 de Abril de 2014

José A. Mateus de Brito
(Engenheiro Civil)
(Especialista em Geotecnia O.E.)
(Insc. na O.E. sob o nº 10425)

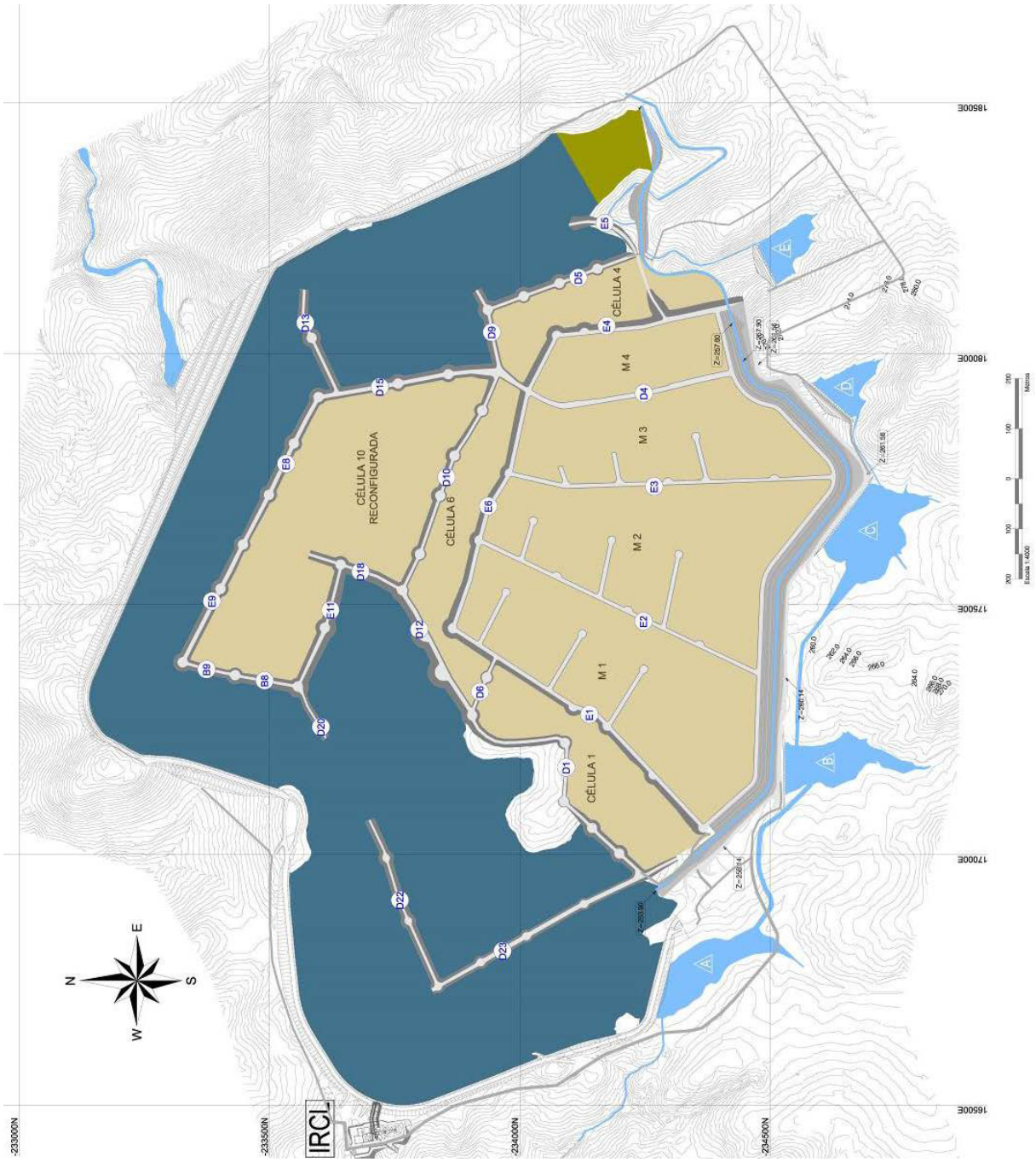
Manuel J. Romeiro
(Engenheiro de Minas)
(Insc. na O.E. sob o nº 35802)

Gonçalo N. dos Santos Tavares
(Engenheiro Civil)
(Insc. na O.E. sob o nº 59573)

FIGURA

FIGURA 1

PLANTA DAS ÁREAS DE DEPOSIÇÃO DE REJEITADOS ESPESSADOS EM JANEIRO DE 2014



ANEXOS

FICHA DE INSPECÇÃO VISUAL DE ESPECIALIDADDE

Data de inspecção:	29-10-2013	Inspecção efectuada por	
Leitura de dispositivos (S/N):	N	- Geotecnia:	Engos Mateus de Brito,
Nível da albufeira:	253,49 m	- Estruturas Hidráulicas:	Manuel Romeiro e Gonçalo
Estado do tempo:		- Equipamento:	Tavares (CENOR)
- à data da inspecção:	Tempo seco com poucas nuvens e temperatura amena	- Outros:	Engª Susana Gonçalves (SOMINCOR)
- na semana anterior:	Temperatura amena, com alguns períodos de chuva		

I – ALBUFEIRA

Topografia das margens:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Alguma vegetação na proximidade dos aterros da portela MD, das portelas ME1 e ME2, junto à barragem do Monte Branco e junto à zona de entrada do descarregador de cheias
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosão e ravinamentos:	Não detectados no terreno natural
Perdas de água:	Não detectadas
Caudal sólido:	Não detectado
Qualidade da água:	A água apresenta uma coloração mais clara devido ao abaixamento do pH
– Observações:	– A área ocupada pelas áreas de deposição de rejeitados espessados manteve-se, relativamente a 2012 (Figura 1) – Foi criada uma nova área de deposição, designada de "mezzanine", executada sobre parte das áreas iniciais de deposição 1, 4 e 6 e ocupando a totalidade da área das áreas de deposição 2 e 3 (Figura 1) – Actualmente, os rejeitados são depositados em forma de rejeitados espessados, com deposição emersa – À data da inspecção visual de especialidade estava em curso a execução de sondagens de prospecção mineira a partir dos diques mais próximos da portela ME2

ANEXO 1 (2/12)

II – PORTELA MD

II.1 – Encontros e inserção da barragem na fundação

ENCONTRO DIREITO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO DIREITO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Estado da valeta de drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	-
ZONA CENTRAL DO VALE	
Vegetação:	Junto ao aterro não há vegetação
Assentamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Estado da drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	A jusante do aterro observam-se sinais de precipitações de sulfatos decorrentes de descargas de água do poço IBR25, efectuadas num período de chuvadas muito intensas (foi suspensa a bombagem do poço para permitir uma gestão mais eficaz do nível de água na IRCL)
ENCONTRO ESQUERDO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO ESQUERDO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Alguns sinais, pontuais, de oxidação do enrocamento, apesar de não existirem zonas húmidas. A oxidação deverá estar associada a águas da chuva. Esta situação já havia sido detectada nas inspecções visuais de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução
Ressurgências:	Não detectado
Estado da valeta de drenagem:	Não existe valeta
Observações:	-

II.2 – Corpo da barragem

COROAMENTO	
Estado do revestimento:	Foi aplicado um revestimento betuminoso no coroamento, apresentando-se regular e sem fendilhação
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectados (bom alinhamento dos pilaretes de protecção a jusante)
Outras deteriorações:	-
Observações:	-
PARAMENTO DE MONTANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Estabilidade de taludes:	Sem sinais de instabilidade
Outras deteriorações:	– Muito pontualmente verifica-se a fragmentação dos blocos de xisto do enrocamento de protecção. Esta situação já havia sido detectada nas inspecções visuais de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante – Alguns blocos de rocha apresentam encrostrações de gesso, sem que, no entanto, se verifique a sua degradação
Observações:	O paramento apenas se encontra emerso acima da cota 253,49 m (cota do coroamento 255,00 m)
PARAMENTO DE JUSANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Outras deteriorações:	Muito pontualmente verifica-se a fragmentação dos blocos de xisto do enrocamento de protecção. Esta situação já havia sido detectada nas inspecções visuais de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante
Observações:	-

ANEXO 1 (4/12)

II.3 - Sistema de observação

Marcas topográficas:	Bom estado de conservação
Marcas de referência:	Bom estado de conservação
Piezómetros hidráulicos:	Bom estado de conservação
Piezómetros pneumáticos:	Bom estado de conservação
Poços de drenagem/bombagem:	Bom estado de conservação

III – CORPO PRINCIPAL E PORTELA DO CORPO PRINCIPAL

III.1 – Encontros e inserção da barragem na fundação

ENCONTRO DIREITO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO DIREITO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Estado da valeta de drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	-
ZONA CENTRAL DO VALE	
Vegetação:	Sem vegetação
Assentamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	– Os sistemas de captação das ressurgências a jusante do corpo principal (junto aos piezómetros PCL-9/PCL-10 e PCL-11/PCL-12 e na linha de água) têm-se mostrado eficazes – Observa-se a acumulação de água na bacia de recepção a montante do tapete drenante transversal, apesar deste se encontrar ligado ao IBR6 – De uma forma geral, na zona do poço IBR 16, as obras de captação das ressurgências existentes têm-se mostrado eficazes – Cerca de 80 m a jusante do poço IBR 16 observam-se ressurgências associadas às sondagens de prospecção mineira realizadas nessa zona
Estado da drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	-
ENCONTRO ESQUERDO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa do talude não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO ESQUERDO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	A ressurgência junto ao pé do talude de jusante, cerca do pk 1+620, observada nas inspecções visuais de 2011 e 2012, encontrava-se seca
Estado da valeta de drenagem:	Limpa e com bom estado de conservação
Observações:	-

ANEXO 1 (6/12)

III.2 – Corpo da barragem

COROAMENTO	
Estado do revestimento:	Foi aplicado um revestimento betuminoso no coroamento, apresentando-se regular e sem fendilhação
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado (bom alinhamento dos pilaretes de protecção a jusante)
Outras deteriorações:	-
Observações:	-
PARAMENTO DE MONTANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Inexistente
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Estabilidade de taludes:	Sem sinais de instabilidade
Outras deteriorações:	Muito pontualmente verifica-se a fragmentação dos blocos de xisto do enrocamento de protecção. Esta situação já havia sido detectada nas inspecções de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante
Observações:	O paramento apenas se encontra emerso acima da cota 253,49 m (cota do coroamento 255,00 m)
PARAMENTO DE JUSANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Banqueta à cota (245,0)	
- Nivelamento:	Bom nivelamento
- Vegetação:	Sem vegetação
Banqueta à cota (235,0)	
- Nivelamento:	Bom nivelamento
- Vegetação:	Sem vegetação
Banqueta à cota (225,0)	
- Nivelamento:	Bom nivelamento
- Vegetação:	Sem vegetação
Outras deteriorações:	Muito pontualmente verifica-se a fragmentação dos blocos de xisto do enrocamento de protecção. Esta situação já havia sido detectada nas inspecções de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante
Observações:	-

III.3 - Sistema de observação

Marcas topográficas:	Bom estado de conservação
Marcas de referência:	Bom estado de conservação
Inclinómetros:	Bom estado de conservação
Piezómetros hidráulicos:	– Bom estado de conservação – Verificou-se um abaixamento do enchimento de gravilha nos furos dos piezómetros hidráulicos do coroamento do aterro, devendo este estar associado à execução do revestimento em betão betuminoso, cuja compactação provocou o adensamento da gravilha – Há dificuldades de leitura em alguns piezómetros, associadas ao tipo de sondas utilizadas
Piezómetros pneumáticos:	Bom estado de conservação
Poços de drenagem/bombagem:	Bom estado de conservação
Acelerógrafos:	Os acelerógrafos encontram-se ambos operacionais. Há, no entanto, uma anomalia no sistema de "trigger" dos acelerógrafos

ANEXO 1 (8/12)

IV – PORTELA ME1

IV.1 – Encontros e inserção da barragem na fundação

ENCONTRO DIREITO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa do talude não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO DIREITO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Estado da valeta de drenagem:	Limpa e com bom estado de conservação
Observações:	-
ZONA CENTRAL DO VALE	
Vegetação:	Sem vegetação
Assentamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectada
Ressurgências:	Junto ao pé do talude de jusante, no alinhamento dos piezómetros PCL-13 e PCL-14, mantem-se a ressurgência detectada nas inspecções de especialidade anteriores. No entanto, à data da visita o terreno natural encontrava-se seco
Estado da drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	-
ENCONTRO ESQUERDO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa do talude não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO ESQUERDO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Estado da valeta de drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	-

IV.2 – Corpo da barragem

COROAMENTO	
Estado do revestimento:	Foi aplicado um revestimento betuminoso no coroamento, apresentando-se regular e sem fendilhação
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado (bom alinhamento dos pilaretes de protecção a jusante)
Outras deteriorações:	-
Observações:	-
PARAMENTO DE MONTANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Estabilidade de taludes:	Sem sinais de instabilidade
Outras deteriorações:	Muito pontualmente verifica-se a fragmentação dos blocos de xisto do enrocamento de protecção. Esta situação já havia sido detectada nas inspecções de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante
Observações:	O paramento apenas se encontra emerso acima da cota 253,49 m (cota do coroamento 255,00 m)
PARAMENTO DE JUSANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Zonas húmidas:	Observa-se o aparecimento de água nos encabeçamentos dos piezómetros PCL-17 e PCL-18 associado ao artesianismo destes piezómetros. Esta situação já havia sido observada nas inspecções de especialidade anteriores, não tendo sido detectada qualquer evolução relevante
Ressurgências:	Não detectado
Banqueta à cota (245,0)	
- Nivelamento:	Bom nivelamento
- Vegetação:	Sem vegetação
Outras deteriorações:	-
Observações:	-

IV.3 - Sistema de observação

Marcas topográficas:	Bom estado de conservação
Marcas de referência:	Bom estado de conservação
Piezómetros hidráulicos:	Bom estado de conservação
Piezómetros pneumáticos:	Bom estado de conservação
Poços de drenagem/bombagem:	Bom estado de conservação

ANEXO 1 (10/12)

V – PORTELA ME2 E BARRAGEM DO MONTE BRANCO

V.1 – Encontros e inserção da barragem na fundação

ENCONTRO DIREITO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa do talude não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO DIREITO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Estado da valeta de drenagem:	Limpa e em bom estado de conservação
Observações:	-
ZONA CENTRAL DO VALE	
Vegetação:	Sem vegetação
Assentamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	– As obras de captação das ressurgências a jusante do aterro da portela ME2A têm-se mostrado eficazes, não se detectando novas ressurgências nestas zonas – Cerca de 100 m a jusante do aterro (na zona a jusante do poço de bombagem IBR19), observa-se uma ressurgência associada às sondagens de prospecção mineira – Na envolvente do poço IBR30 verificou-se uma ressurgência, em Abril de 2013. À data da visita esta ressurgência encontrava-se seca – Cerca de 25 à direita do poço IBR30 (para Norte), verificou-se uma ressurgência no contacto do aterro com a fundação, em Abril de 2013. À data da visita esta ressurgência encontrava-se seca
Estado da drenagem:	Limpa e com bom estado de conservação
Observações:	-
ENCONTRO ESQUERDO / MONTANTE	
Topografia:	-
Ocupação:	-
Vegetação:	-
Instabilidade de taludes:	-
Erosões e ravinamentos:	-
Observações:	Na zona emersa do talude não foram detectadas quaisquer anomalias
ENCONTRO ESQUERDO / JUSANTE	
Topografia:	Suave
Ocupação:	Sem ocupação
Vegetação:	Sem vegetação
Instabilidade de taludes:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Estado da valeta de drenagem:	Limpa e com bom estado de conservação
Observações:	-

V.2 – Corpo da barragem

COROAMENTO	
Estado do revestimento:	Foi aplicado um revestimento betuminoso no coroamento, apresentando-se regular e sem fendilhação
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado (bom alinhamento dos pilaretes de protecção a jusante)
Outras deteriorações:	-
Observações:	Encontra-se em funcionamento o sistema de transporte de rejeitados espessados e de água instalado sobre o coroamento da portela ME2 e da barragem do Monte Branco, apresentando um bom estado de conservação
PARAMENTO DE MONTANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Estabilidade de taludes:	Sem sinais de instabilidade
Outras deteriorações:	Não detectado
Observações:	-
PARAMENTO DE JUSANTE	
Estado do revestimento:	Bom estado de conservação
Vegetação:	Sem vegetação
Fissuras / fendas:	Não detectado
Erosões e ravinamentos:	Não detectado
Assentamentos:	Não detectado
Movimentos horizontais:	Não detectado
Zonas húmidas:	Não detectado
Ressurgências:	Não detectado
Outras deteriorações:	-
Observações:	-

V.3 - Sistema de observação

Marcas topográficas:	Bom estado de conservação
Marcas de referência:	Bom estado de conservação
Piezómetros hidráulicos:	Bom estado de conservação
Piezómetros pneumáticos:	Bom estado de conservação
Poços de drenagem/bombagem:	Bom estado de conservação

ANEXO 1 (12/12)

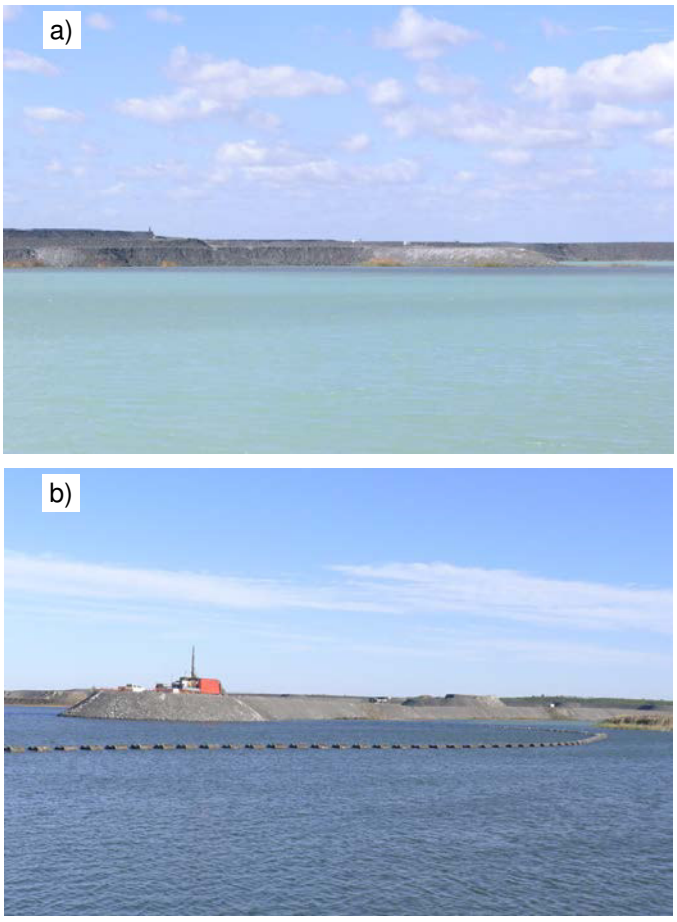
VI – ÓRGÃOS HIDRÁULICOS ANEXOS

DESCARREGADOR DE CHEIAS	
Estado geral:	Bom estado de conservação
Nivelamento e alinhamento da soleira:	Bom nivelamento
Fendas e fissuras:	Não detectado
Alterações químicas do betão:	Não detectado
Passagens de água através do betão:	Não detectado
Estado das juntas (movimentos, passagens de água):	Bom estado de conservação. Não se observa qualquer problema na junta de alteamento da soleira do descarregador
Alinhamento dos muros:	Bom alinhamento
Estado do enrocamento de protecção do canal:	O enrocamento apresenta um estado de conservação aceitável, não se verificando arraste de material para jusante
Outras deteriorações:	-
Observações:	A zona de entrada do descarregador apresenta acumulação de vegetação
DESCARGA AUXILIAR	
Estado geral:	Bom estado de conservação
Fendas e fissuras:	Não detectado
Alterações químicas do betão:	Não detectado
Passagens de água através do betão:	Não detectado
Estado das juntas (movimentos, presença de água):	Bom estado de conservação
Estado dos equipamentos hidromecânicos:	Bom estado de conservação
Outras deteriorações:	-
Observações:	O dispositivo de descarga auxiliar (sifão) não foi testado durante a visita

NOTAS E OBSERVAÇÕES

Durante a inspecção visual de especialidade não se procedeu à leitura dos dispositivos de observação, dado que já havia sido realizada uma campanha de leituras associada ao plano de observação da IRCL.

FICHAS FOTOGRÁFICAS



Fotografia 1 – Albufeira: a) vista do aterro de delimitação da área de deposição 4, a partir do coroamento da portela MD; b) vista do aterro de delimitação da área de deposição 1, a partir do coroamento da portela ME2C, observando-se a sonda de prospecção de realização das sondagens mineiras

2013.10.29

Em parte da albufeira a água apresenta uma coloração mais clara, estando esta coloração associada ao pH ácido da água.

À data da inspecção visual a deposição de rejeitados espessados era efectuada na nova área de deposição, designada de “mezzanine”, executada sobre parte das áreas iniciais de deposição 1, 4 e 6 e ocupando a totalidade da área das áreas iniciais de deposição 2 e 3 (ver Figura 1).

ANEXO 2 (2/25)

Fotografia 2 – Portela MD. Vista geral a partir da margem direita

2013.10.29

Observa-se o bom estado de conservação do enrocamento do paramento de jusante.

A zona junto ao pé do talude de jusante encontra-se limpa de vegetação.

As valetas de pé de talude e as caixas associadas encontram-se limpas e desobstruídas.

Fotografia 3 – Portela MD. Vista do paramento de montante

2013.10.29

Observa-se o bom estado de conservação do enrocamento do paramento de montante.

A zona do talude com coloração mais acastanhada é decorrente do contacto com a água da albufeira, sem que, no entanto, se verifique a deterioração do enrocamento de protecção.

ANEXO 2 (4/25)

Fotografia 4 – Portela MD. Vista geral do paramento de jusante, a partir do encontro esquerdo

2013.10.29

Observam-se sinais de oxidação do enrocamento de protecção no pé do talude, apesar de não existirem zonas húmidas. Estas manchas de oxidação estendem-se para jusante, decorrente do escoamento de águas superficiais, levando a supor que este fenómeno esteja associado a águas da chuva que se infiltram no paramento da barragem.

Esta situação já havia sido registada nas inspecções anteriores, não havendo sinais de evolução.

Fotografia 5 – Portela MD. Vista para jusante

2013.10.29

Observa-se, em primeiro plano, o poço de bombagem IBR25.

A jusante do aterro observam-se sinais de precipitações de sulfatos decorrentes de descargas de água do poço IBR25 efectuadas num período de chuvadas muito intensas (foi suspensa a bombagem do poço para permitir uma gestão mais eficaz do nível de água na IRCL).

A zona mais plana a jusante do poço IBR25 era a zona de restituição do descarregador de cheias da 1ª fase da barragem.

ANEXO 2 (6/25)

Fotografia 6 – Vista do coroamento do aterro na zona do corpo principal.

2013.10.29

Foi aplicado um revestimento betuminoso ao longo de toda a extensão do coroamento, apresentando-se regular e sem fendilhação.

Verifica-se o bom alinhamento dos pilaretes de protecção a jusante, não se observando deslocamentos ao nível do coroamento, do lado de jusante.

Fotografia 7 – Corpo principal. Vista do paramento de montante

2013.10.29

Observa-se o bom estado de conservação do enrocamento do paramento de montante. A zona do talude com coloração mais acastanhada é decorrente do contacto com a água da albufeira, sem que, no entanto, se verifique a deterioração do enrocamento de protecção.

Observam-se também incrustações de gesso em alguns blocos de rocha (zona esbranquiçada), sem que contudo se verifique a sua degradação.

Ao longo do paramento de montante não se observam depressões.

ANEXO 2 (8/25)

Fotografia 8 – Corpo principal. Vista do paramento de jusante, a partir da margem direita

2013.10.29

A uniformidade do enrocamento de protecção é indicadora do bom estado de conservação do enrocamento e permite verificar a inexistência de assentamentos no aterro.

Assinala-se, ainda, a zona de captação das águas de artesianismo dos piezómetros PCL-9 e PCL-10 e a localização do poço de bombagem IBR5.

Fotografia 9 – Corpo principal. Vista do encontro esquerdo a jusante, a partir do pé do talude

2013.10.29

A zona junto ao pé do talude de jusante encontra-se limpa de vegetação.

A jusante do aterro não foram detectadas evidências de ressurgências.

Em primeiro plano observa-se o poço de bombagem IBR5, apresentando um bom estado de conservação.

ANEXO 2 (10/25)

Fotografia 10 – Corpo principal. Vista do encontro direito a jusante, a partir do pé do talude

2013.10.29

A zona junto ao pé do talude de jusante encontra-se limpa de vegetação e as valetas de pé de talude encontram-se desobstruídas.

Fotografia 11 – Corpo principal. Vista da linha de água (Barranco das Lajes) para jusante

2013.10.29

Observam-se os poços de drenagem IBR5, IBR5A, IBR5B e IBR23.

Assinala-se, ainda, na figura a localização dos poços para captação das ressurgências existentes a jusante do aterro, IBR5C e IBR6 (localização aproximada), e da zona de captação dos piezómetros PCL-11 e PCL-12.

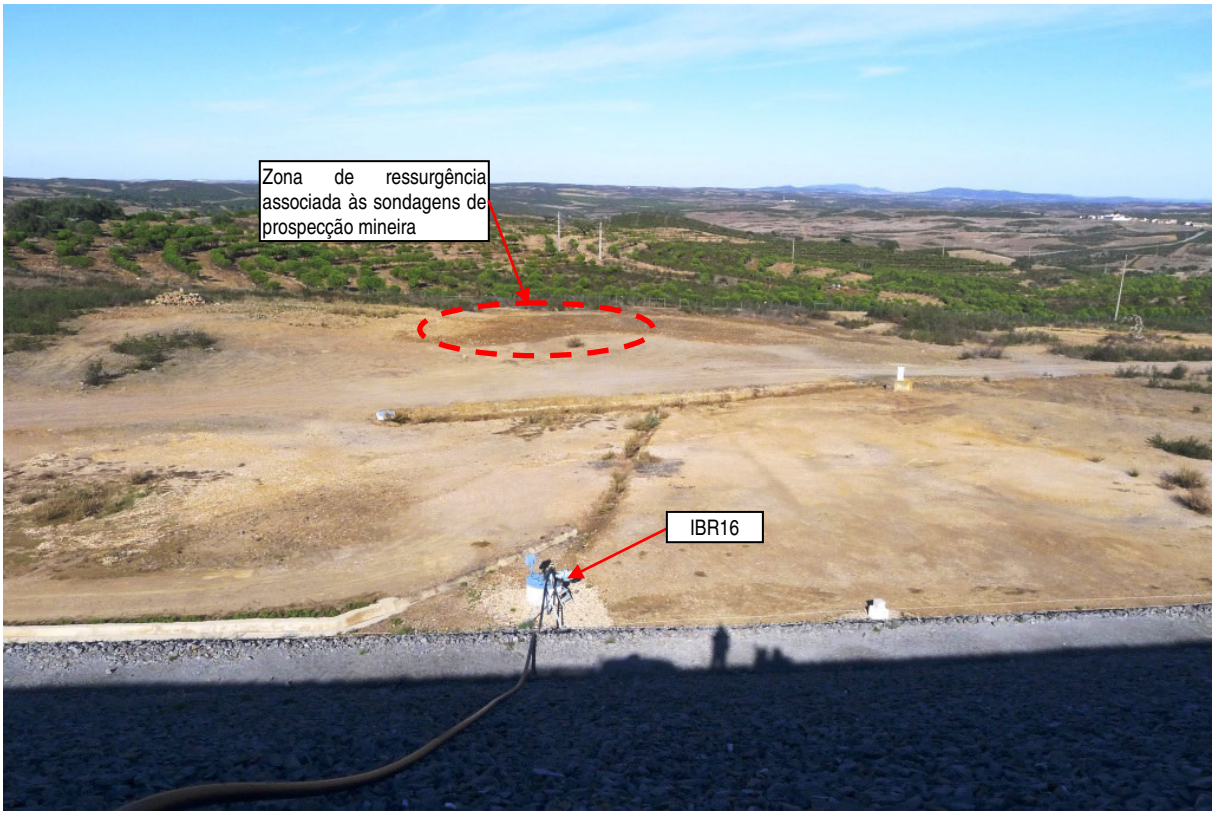
Indica-se, também, a localização do acelerógrafo AC1.

ANEXO 2 (12/25)

Fotografia 12 – Corpo principal. Zona a jusante do aterro: a) captação da ressurgência junto aos piezómetros PCL-9 e PCL-10 (ligada ao IBR5A); b) captação da ressurgência junto aos piezómetros PCL-11 e PCL-12 (ligada ao IBR5C); c) tapete drenante junto ao limite da vedação (ligado ao IBR6)

2013.10.29

Observa-se a acumulação de água na bacia de recepção localizada a montante do tapete drenante transversal junto ao limite da vedação, apesar deste se encontrar ligado ao IBR6, por uma vala drenante.



Fotografia 13 – Portela do corpo principal. Vista para jusante do aterro, a partir do coroamento

2013.10.29

O sistema de drenagem subsuperficial executado nesta zona tem-se mostrado eficaz eliminando as ressurgências que existiam junto ao pé de jusante do aterro.

A jusante do aterro, próximo da vedação, verifica-se a existência de ressurgências associadas às sondagens de prospecção mineira realizadas nessa zona.

ANEXO 2 (14/25)

Fotografia 14 – Portela do corpo principal, entre os Pk 1+400 e Pk 1+525. Pé do talude de jusante: a) zona do poço de bombagem IBR18; b) pequena ressurgência existente na valeta do encontro direito; c) valeta no encontro esquerdo

2013.10.29

Junto ao poço de bombagem IBR18 verificavam-se alguns sinais de precipitação de sulfatos, dada a saturação do terreno devido a uma paragem na bombagem do poço IBR18.

Fotografia 15 – Portela ME1. Vista do encontro direito a jusante, a partir do coroamento

2013.10.29

A uniformidade do enrocamento de protecção é indicadora do bom estado de conservação do enrocamento e permite verificar a inexistências de assentamentos no aterro.

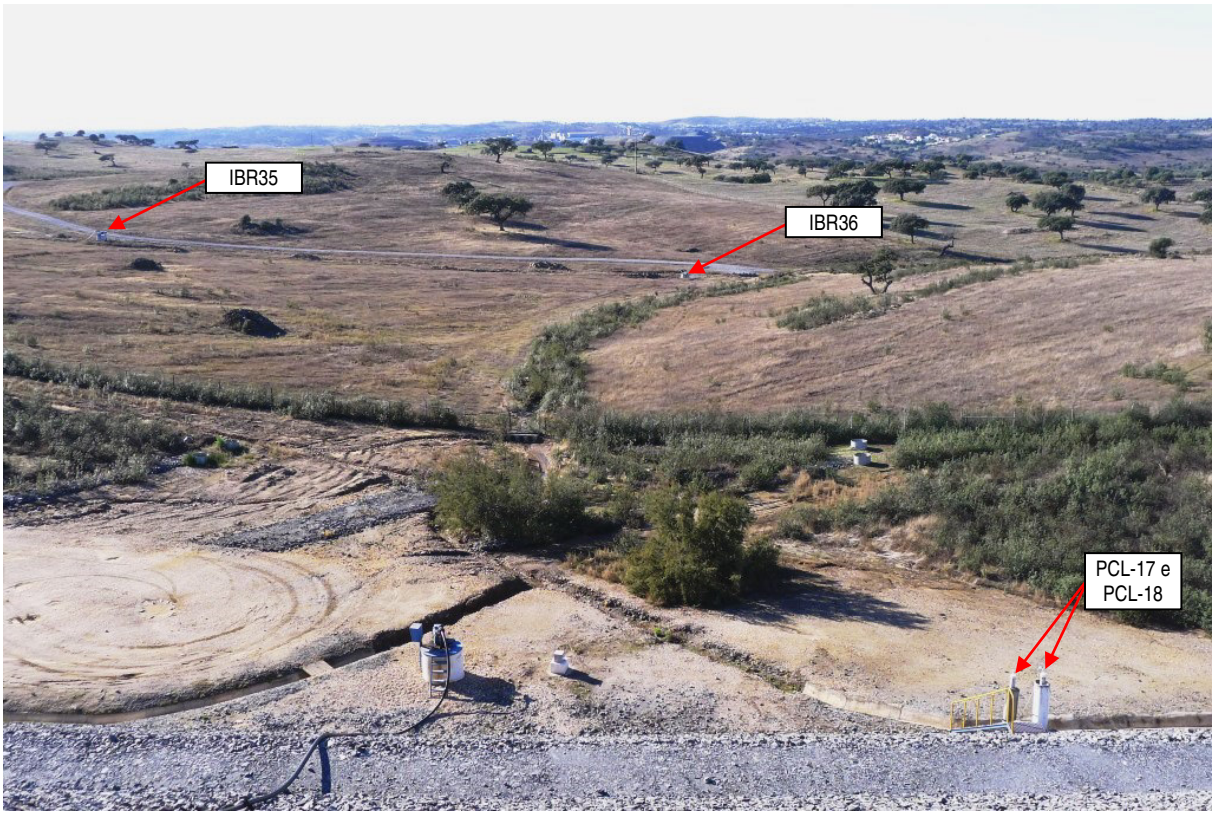
Pode, ainda, observar-se que a zona junto ao pé do talude de jusante encontra-se limpa de vegetação e as valetas de pé de talude encontram-se limpas.

ANEXO 2 (16/25)

Fotografia 16 – Portela ME1. Vista do encontro esquerdo a jusante, a partir do coroamento

2013.10.29

A zona junto ao pé do talude de jusante encontra-se limpa de vegetação e as valetas de pé de talude encontram-se limpas.



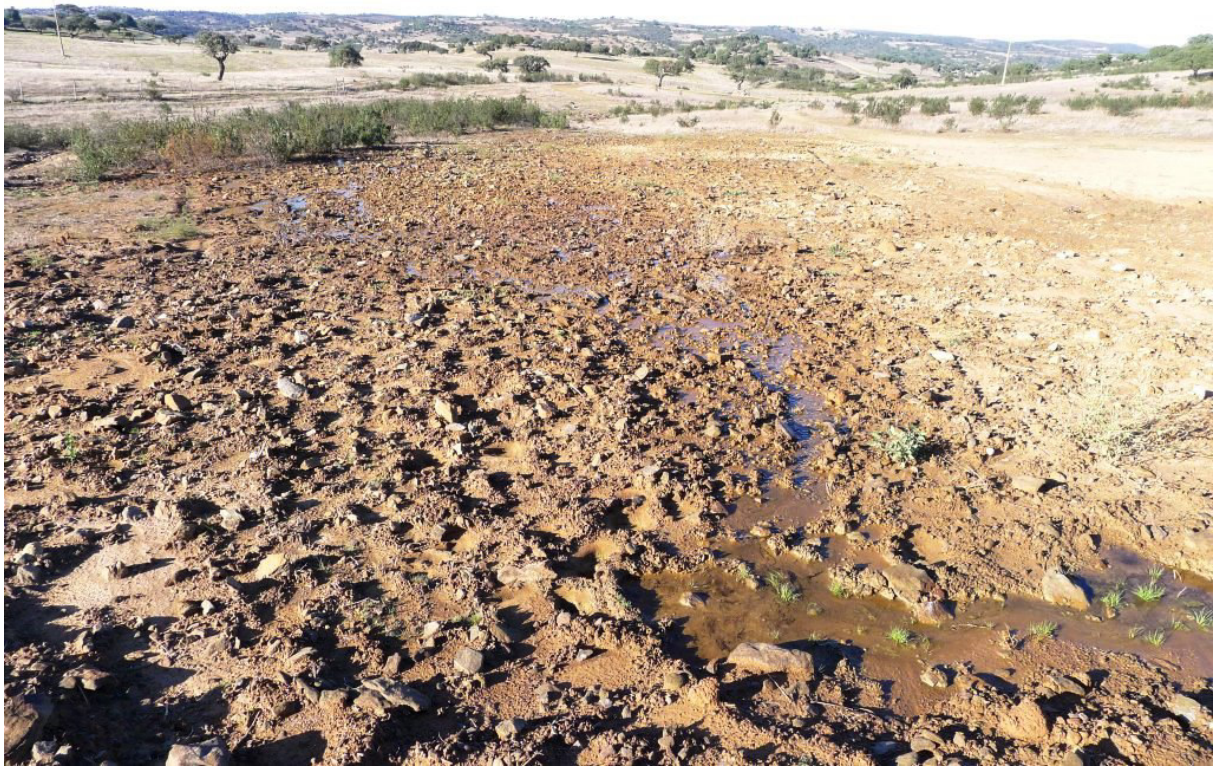
Fotografia 17 – Portela ME1. Vista para jusante

2013.10.29

Observa-se, em primeiro plano, o poço de bombagem IBR17. Ao fundo podem, ainda, observar-se os poços de bombagem IBR35 e IBR36.

Os trabalhos de captação e encaminhamento das ressurgências existentes nesta zona têm-se mostrado eficientes, não se observando novas ressurgências.

ANEXO 2 (18/25)



Fotografia 18 – Portela ME2A. Ressurgência existente a cerca de 100 m a jusante do aterro (na zona a jusante do poço de bombagem IBR19), associada às sondagens de prospecção mineira

2013.10.29

Fotografia 19 – Portela ME2B. Vista do coroamento do aterro

2013.10.29

Foi aplicado um revestimento betuminoso ao longo de toda a extensão do coroamento, apresentando-se regular e sem fendilhação.

Observam-se, ainda, as condutas de transporte de rejeitados e de água no alinhamento de montante do coroamento. Quer as condutas, quer os respectivos maciços de apoio, apresentam um bom estado de conservação.

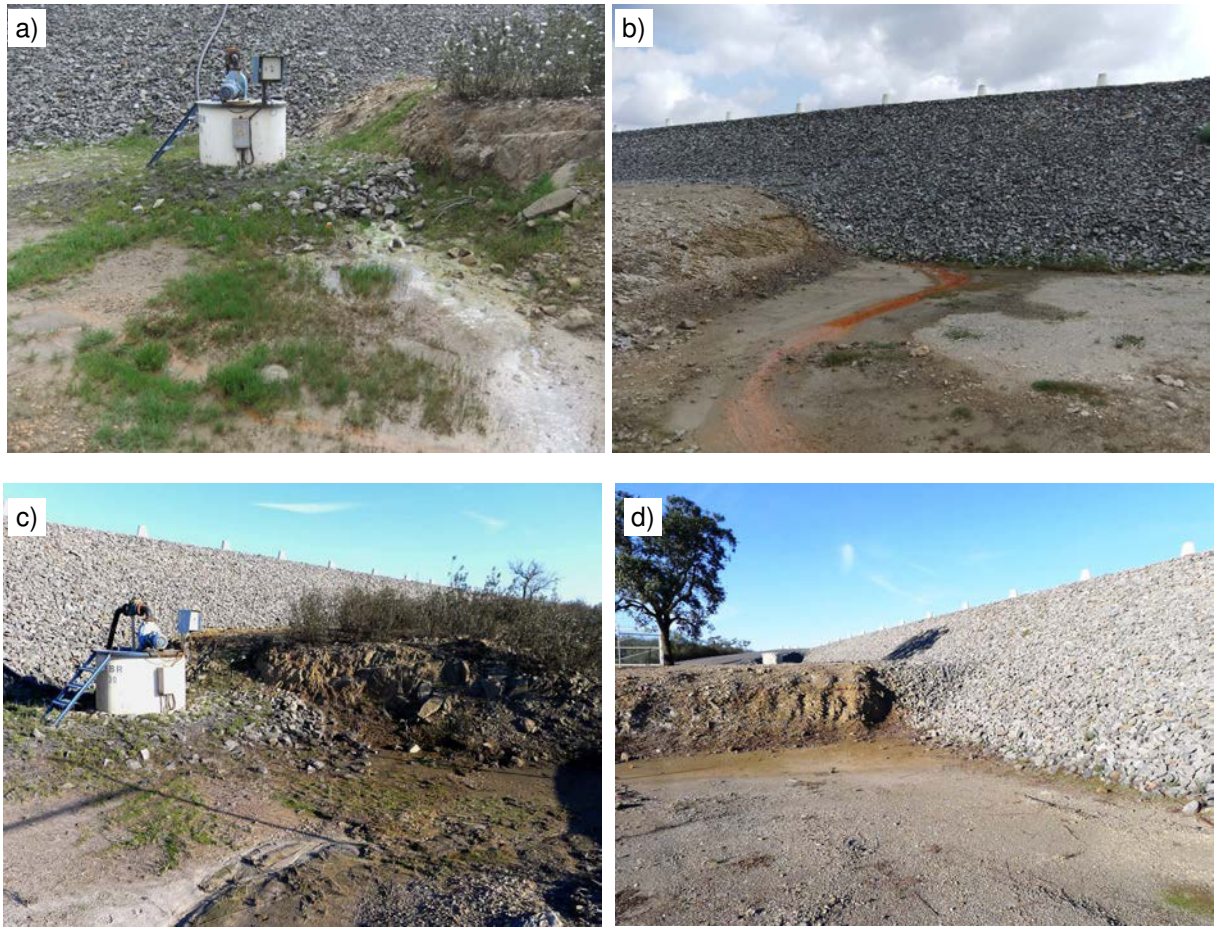
ANEXO 2 (20/25)

Fotografia 20 – Portela ME2B. Vista do paramento de jusante do aterro

2013.10.29

Observa-se, ao fundo, a jusante do aterro, o poço de bombagem IBR29.

A uniformidade do enrocamento de protecção é indicadora do bom estado de conservação do enrocamento e permite verificar a inexistências de assentamentos no aterro.



Fotografia 21 – Portela ME2C. Ressurgência junto ao poço de bombagem IBR30: a) escorrência de água observada em 2013.04.12 na envolvente do poço; b) ressurgência ocorrente a cerca de 25 m à direita do poço, em 2013.04.12; c) à data da inspecção visual de especialidade a zona envolvente do poço encontrava-se seca; c) a cerca de 25 m à direita do poço, onde em 2013.04.12 se observava uma ressurgência, à data da inspecção visual de especialidade a zona encontrava-se seca

2013.04.12/2013.10.29

A ressurgência existente na envolvente do poço já havia sido observada no início do ano de 2013.

Análises químicas da água do poço em Abril de 2013, indicavam elevados níveis de Fe e Mn.

ANEXO 2 (22/25)

Fotografia 22 – Vista geral do coroamento Barragem do Monte Branco

2013.10.29

Foi aplicado um revestimento betuminoso ao longo de toda a extensão do coroamento, apresentando-se regular e sem fendilhação.

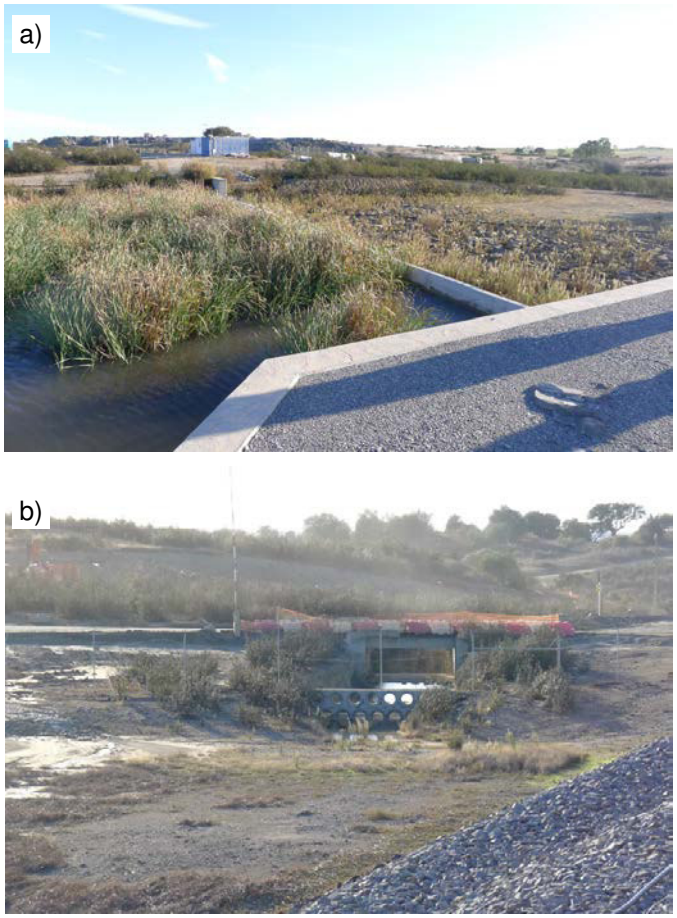
Observam-se, ainda, as condutas de transporte de rejeitados e de água no alinhamento de montante do coroamento. Quer as condutas, quer os respectivos maciços de apoio, apresentam um bom estado de conservação.

Fotografia 23 – Vista do paramento de jusante do aterro

2013.10.29

A uniformidade do enrocamento de protecção é indicadora do bom estado de conservação do enrocamento e permite verificar a inexistências de assentamentos no aterro.

ANEXO 2 (24/25)



Fotografia 24 – Órgãos hidráulicos: a) vista para jusante da soleira do descarregador de cheias da IRCL; b) Vista do descarregador de cheias da barragem do Monte Branco

2013.10.29

Observa-se a acumulação de vegetação a montante da soleira descarregadora da IRCL.

O descarregador de cheias da barragem do Monte Branco encontra-se desobstruído.

Fotografia 25 – Abaixamento do enchimento em gravilha do furo dos piezómetros PH26 e PH27

2013.10.29

O abaixamento do enchimento de gravilha é generalizado nos furos dos piezómetros hidráulicos do coroamento do aterro, devendo estar associado à execução do revestimento betuminoso, cuja compactação provocou o adensamento da gravilha.

CENOR - Consultores, S. A.

Rua das Vigias, 2 . Piso 1 Parque das Nações
1990-506 LISBOA . PORTUGAL
T. +351.218 437 300 **F.** +351.218 437 301 cenor@**cenor.pt**

CENOR
Consulting Engineers