

# ALMINA - Minas do Alentejo, S.A.

## INSTALAÇÃO DE RESÍDUOS BE-BAC

### - Relatório de Observação da Instrumentação- ANO 2016

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	3
2. ENQUADRAMENTO .....	4
3. INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO .....	5
3.1. Piezómetros .....	6
3.2. Inclínómetros .....	9
3.3. Extensómetros .....	9
3.4. Observação da Instrumentação .....	10
3.4.1. Piezómetros .....	10
3.4.2. Caudal do tanque de captação a jusante da BE-BAC .....	12
3.4.3. Inclínómetros .....	12
3.4.4. Extensómetros .....	14
4. CONCLUSÕES.....	15

## 1. INTRODUÇÃO

No âmbito do acompanhamento do comportamento da Instalação de Resíduos “BE-BAC”, no presente documento, apresenta-se de modo sistematizado, as leituras efectuadas nos dispositivos de instrumentação geotécnica instalados na estrutura descrita.

É feito um breve enquadramento das estruturas de aterro em referência, são descritos os dispositivos de observação instalados, a sua localização, a análise dos registos das observações, bem como, as conclusões resultantes.

## 2. ENQUADRAMENTO

No capítulo 2 descrevem-se sumariamente as características da instalação de resíduos “BE-BAC”, bem como a sua finalidade.

A **Instalação de Resíduos BE-BAC<sup>1</sup>**, tem por finalidade a deposição submersa dos produtos (rejeitados) resultantes do tratamento de minérios da Lavaria, e das águas resultantes do sistema de bombagem da exploração mineira subterrânea.

Construídas nos anos 1989/1990, as barragens BE e BAC, foram executadas em aterro, segundo a metodologia de barragem zonada. No sentido de aumentar a capacidade de deposição de rejeitados, em 2013/2014 a BE foi intervencionada, tendo sido construído um alteamento até à cota de 169m.

Resultante da subida do nível freático, a separação física existente entre a BE e a BAC ficou submersa, o que conduziu a alterações na instrumentação de observação. No capítulo 3 descreve-se com detalhe as alterações efectuadas ao sistema de monitorização da BAC.

Na figura 1, ilustra-se a localização da instalação de resíduos BE-BAC.



Fig.1 - Localização da instalação de resíduos (BE-BAC) (Ano 2013). ([www.google.com/earth/](http://www.google.com/earth/))

Na figura 2, ilustra-se o aspecto actual da instalação de resíduos BE-BAC



Fig.2 - Aspecto actual da instalação de resíduos (BE-BAC) - (Janeiro 2017).

<sup>1</sup> Outrora separadas fisicamente, a barragem de estéreis (BE), conjuntamente com a barragem de águas claras (BAC), deram origem à Instalação de Resíduos BE-BAC.

### 3. INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

No capítulo 3 descreve-se o sistema de monitorização, a localização da instrumentação, bem como as observações efectuadas.

Aquando da construção do alteamento em 2013/2014, a instrumentação da BE foi alvo de uma profunda intervenção<sup>2</sup>, tendo sido implementado um sistema de monitorização integrado composto por:

- ✓ Piezómetros;
- ✓ extensómetros;
- ✓ inclinómetros,
- ✓ marcas de superfície.

O sistema de monitorização integrado, para além de monitorizar as variações do nível freático, permite também aferir a evolução do comportamento estrutural da instalação de resíduos “BE-BAC”.

Na figura 4, ilustra-se a distribuição do sistema integrado de monitorização da BE-BAC.

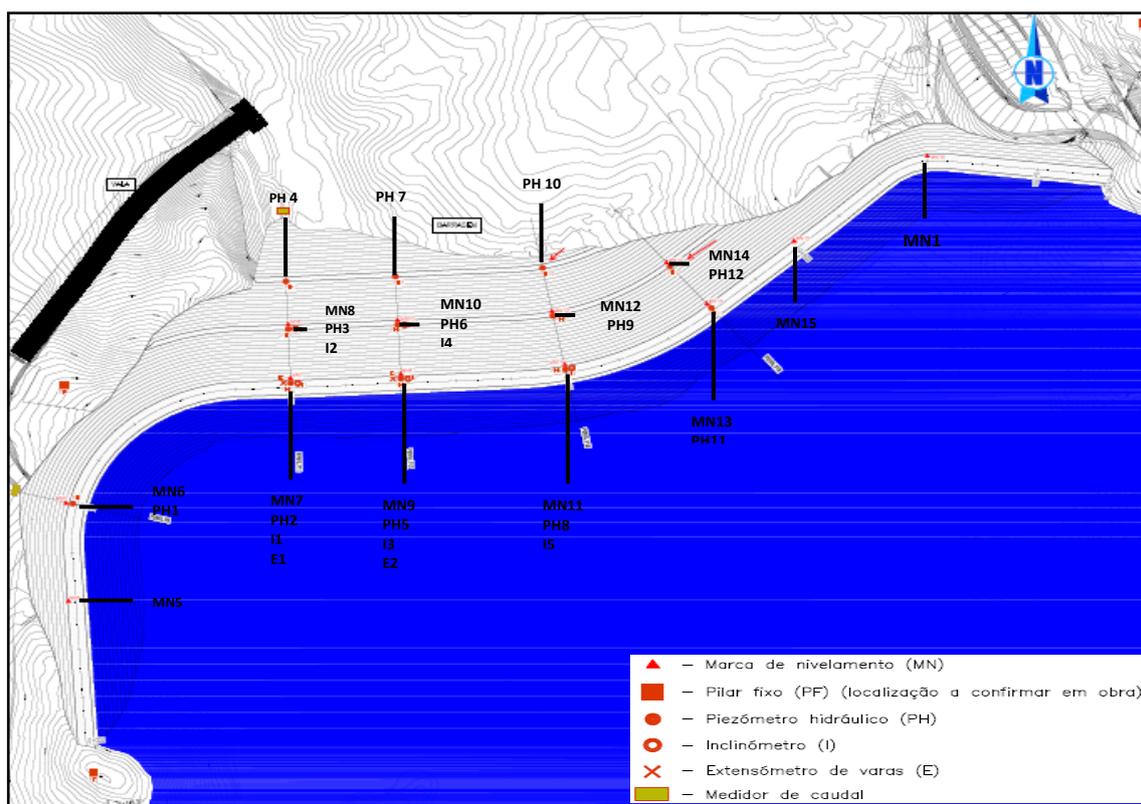


Fig.4 - Localização do sistema integrado de monitorização da BE-BAC. (Adaptado de ATKINS 2009 - Extracto da Planta de Instrumentação)

<sup>2</sup> Consultar relatório SEREIOI012016 - (Observação de Instrumentação, Almina 2015)

### 3.1. Piezómetros

Atendendo à instrumentação instalada na estrutura, com este equipamento pretende-se monitorizar as variações do nível freático. Os piezómetros hidráulicos instalados são do tipo LNEC. Este tipo de equipamento é constituído por uma câmara de tomada de pressão composta por uma ponteira cerâmica porosa envolvida por areia e protegida por um tubo de PVC, com cerca de 0,30 m de comprimento.

As características detalhadas destes equipamentos são apresentados no documento da ATKINS de 2009, designado “Ampliação da Bacia de Rejeitados das Minas de Aljustrel”.

No quadro 1, apresenta-se o resumo da localização e caracterização dos piezómetros instalados na “BE-BAC”. (adaptado de Almina 2015).

Quadro 1 - Localização e caracterização dos piezómetros instalados na BE-BAC.

Localização	Designação Piezómetro		Tipo	Coordenadas (Datum de Lisboa, militar)			Cota de ponteira (m)	Profundidade (m)		
				M	P	Cota de boca (m)				
Coroamento	Coroamento/Aterro	PH 11	PH 11.1	(*)	195501,653	100939,547	169,075	159,845	9,23	
			PH 11.2	(*)	195501,584	100939,529	169,075	151,275	17,80	
	Coroamento	PH 8	PH 8.1	(*)	195423,280	100902,400	169,066	159,636	9,43	
			PH 8.2	(*)	195423,214	100902,373	169,066	145,236	23,83	
	Coroamento	PH 5	PH 5.1	(*)	195334,840	100896,470	169,093	158,413	10,68	
			PH 5.2	(*)	195334,843	100896,513	169,093	148,263	20,83	
			PH 5.3	(*)	195334,879	100896,494	169,093	143,283	25,81	
	Coroamento/Aterro	PH 2	PH 2.1	(*)	195275,103	100894,038	169,166	158,986	10,18	
	Coroamento/Aterro		PH 2.2	(*)	195275,090	100894,057	169,166	149,066	20,10	
Coroamento/Fundação	PH 2.3		(*)	195275,091	100894,087	169,166	144,166	25,00		
Coroamento/Aterro	PH 1	PH 1.1	(*)	195155,769	100817,821	169,125	160,265	8,86		
1ª Banqueta	1ª Banqueta/Fundação	PH 12	PH 12.1	(*)	195481,208	100967,232	154,077	146,077	8,00	
	1ª Banqueta	PH 9	PH 9.1	(*)	195418,188	100935,352	154,210	143,450	10,76	
			PH 6	PH 6.1	(*)	195333,169	100929,980	154,114	140,104	14,01
				PH 6.2	(*)	195333,193	100929,938	154,114	127,214	26,90
	1ª Banqueta/Aterro	PH 3	PH 3.1	(*)	195274,711	100927,415	154,232	143,812	10,42	
	1ª Banqueta/Fundação		PH 3.2	(*)	195274,746	100927,422	154,232	133,932	20,30	
2ª Banqueta	2ª Banqueta	PH 10	PH 10.1	(*)	195412,485	100964,097	142,213	136,913	5,30	
		PH 7	PH 7.1	(*)	195332,861	100959,261	142,026	133,856	8,17	
	2ª Banqueta/Aterro	PH 4	PH 4.1	(*)	195273,361	100956,491	142,088	134,748	7,34	

(\*) Piezómetro Hidráulico do tipo LNEC.

Na figura 5, ilustra-se o aspecto geral dos piezómetros instalados na instalação de resíduos BE-BAC.



Fig.5 - Aspecto geral de um piezómetro simples. Piezómetro PH4.1.

No quadro 2, apresenta-se o resumo da localização e caracterização dos piezómetros instalados no vale a jusante da instalação de resíduos BE-BAC.

Quadro 2 - Localização e caracterização dos piezómetros instalados no vale a jusante da instalação.

Localização	Designação Piezómetro	Tipo	Coordenadas (Datum de Lisboa, militar)			Cota de ponteira (m)	Profundidade (m)
			M	P	Cota de boca (m)		
Jusante da Instalação	F6	(**)	195214,51	101201,04	127,96	120,86	7,1
Jusante da Instalação	F7	(**)	195003,70	101338,41	119,53	113,15	6,38
Jusante da Instalação	F8	(**)	195275,23	101019,47	128,91	121,66	7,25
Jusante da Instalação	Fh	(**)	195253,90	101090,95	125,91	92,11	33,8
Jusante da Instalação	Fi	(**)	194049,67	101283,92	120,40	83,49	36,91

(\*\*) Piezómetro Hidráulico.

Na figura 6, ilustra-se a localização dos piezómetros instalados no vale de jusante

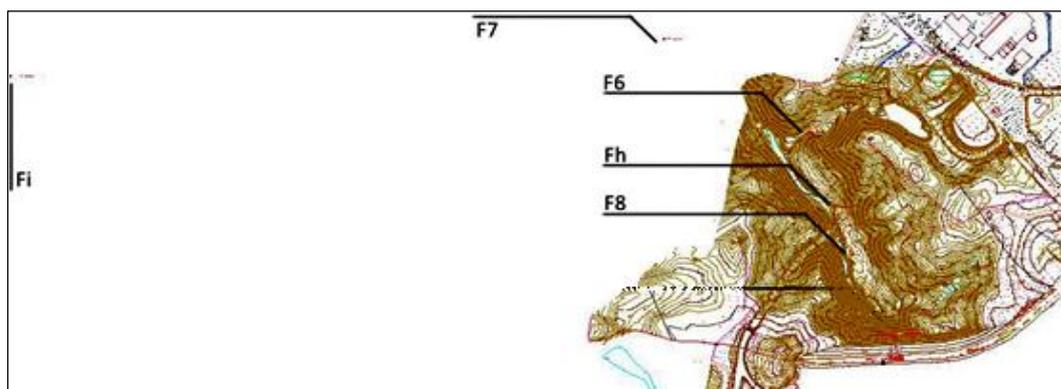


Fig. 6 - Localização dos piezómetros instalados no vale a jusante. (adaptado de Santos-Ferreira & Santos, 2010).

Como anteriormente referido, a subida do nível freático e conseqüente aumento da área inundada, conduziu a que a separação física existente entre a BE e a BAC ficasse submersa.

Seguidamente apresentam-se as alterações ocorridas na instrumentação resultantes da subida do nível freático:

- Piezómetros F1, F2, F3, F4, F5: localizados no paramento da BAC, ficaram submersos em Novembro de 2016;
- Piezómetro F (manteirinha): submerso em Outubro de 2016,. Este piezómetro foi substituído por um piezometro novo (F1) localizado fora da cota máxima cheia da instalação de resíduos;
- Piezómetro G: continua activo até ficar submerso e/ou inacessível. Em Outubro de 2016, instalou-se um novo piezómetro, o piezómetro G1, o qual irá substituir o piezómetro G.

No documento "*Relatório de Instalação de Instrumentação (SREIOI022016), Almina 2016*", indicam-se os instrumentos instalados, a sua localização, os respectivos materiais de construção e os procedimentos de instalação.

Na figura 7, ilustra-se a localização dos piezómetros F1 e G1.

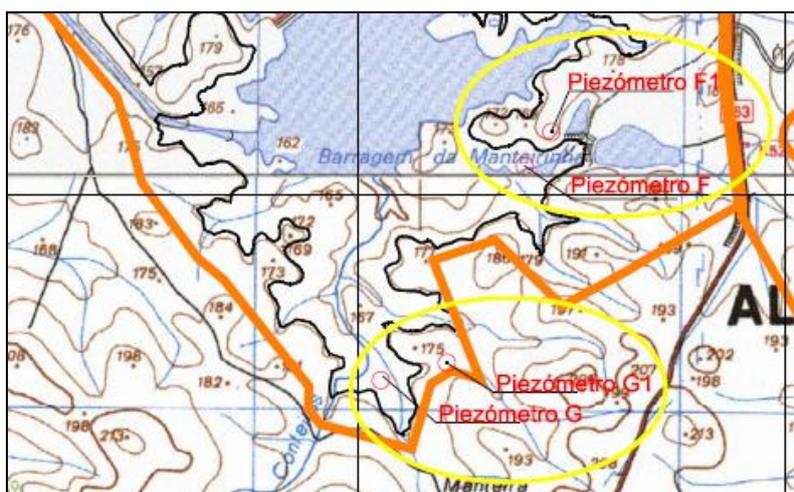


Fig.7 - Localização dos piezómetro F1 e G1. (Extracto de carta de localização dos Piezómetros F1 e G1, Almina 2016)

No quadro 3, apresenta-se a localização dos piezómetros F1 e G1.

Quadro 3 - Localização e caracterização dos piezómetros instalados no vale a jusante da instalação.

<b>Piezómetro F1</b>	LOCALIZAÇÃO	(Montante da BAC; margem direita)		
	PROFUNDIDADE	18,00 (m)		
	COORDENADAS			
	M	P	COTA DE BOCA	COTA DAS RANHURAS
	196305,14	100104,58	174,571 (m)	159,07 a 157,07 (m)
<b>Piezómetro G1</b>	LOCALIZAÇÃO	(Montante da BAC; margem esquerda)		
	PROFUNDIDADE	12,0 (m)		
	COORDENADAS			
	M	P	COTA DE BOCA	COTA DAS RANHURAS
	196059,56	99559,98	174,616 (m)	165,12 a 163,12 (m)

Na figura 9, ilustra-se o aspecto final dos piezómetros F1 e G1.



Fig.9- Aspecto final dos piezómetros F1 e G1.

### 3.2. Inclínómetros

Os inclinómetros são constituídos essencialmente por tubos inclinométricos de 85mm de diâmetros, de PVC, e com ranhuras. Através da instalação deste equipamento pretende-se monitorizar as deformações no interior do aterro.

O tubo inclinométrico providencia o acesso da sonda inclinométrica às medições subsuperficiais. As ranhuras dentro do tubo controlam a orientação da sonda e providenciam uma superfície a partir da qual se obtém as repetidas medições da inclinação.

Para o controlo das deformações horizontais no aterro, procedeu-se à instalação de cinco inclinómetros, **I1**, **I2**, **I3**, **I4** e **I5**, após a construção do aterro do alteamento.

Na figura 10, ilustra-se o aspecto de um inclinómetro.



Fig.10 - Aspecto de um inclinómetro. (inclinómetro I3).

### 3.3. Extensómetros

Os componentes principais do extensómetro de fundação ou de varas, são as âncoras, as varas, um tubo de protecção uma cabeça de referência e um deflectómetro. O tubo de protecção impede a ligação das varas do extensómetro ao terreno circundante. São aplicados em zonas onde se pretende monitorizar a deformação de fundações em barragens de aterro. Contrariamente aos inclinómetros, a grandeza obtida nos extensómetros é um comprimento que define directamente a posição do ponto a ser observado.

Para o controlo das deformações verticais no aterro, procedeu-se à instalação de três extensómetros, **E1**, **E2** e **E3**, após a construção do aterro do alteamento.

Na figura 11, ilustra-se o aspecto de um extensómetro integrado com inclinómetro e piezómetro triplo.

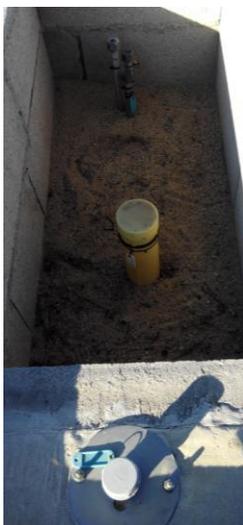


Fig.11 - Extensómetro (E2), integrado com inclinómetro (I3) e piezómetro triplo (PH5).

### 3.4. Observação da Instrumentação

No ponto 3.4, apresentam-se as observações resultantes da análise dos dados provenientes no sistema de monitorização integrado, e comparam-se os resultados com os dados do ano de 2015.

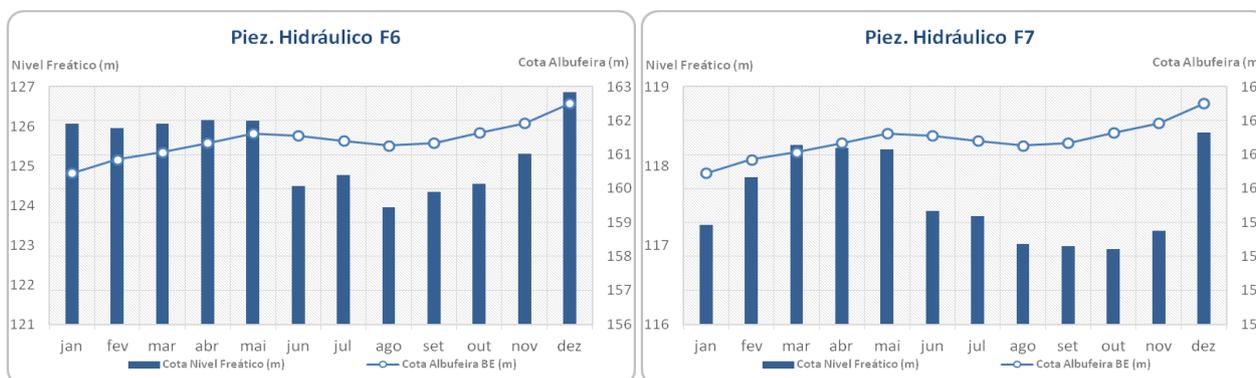
#### 3.4.1. Piezómetros

Com base nos dados fornecidos é possível observar o seguinte:

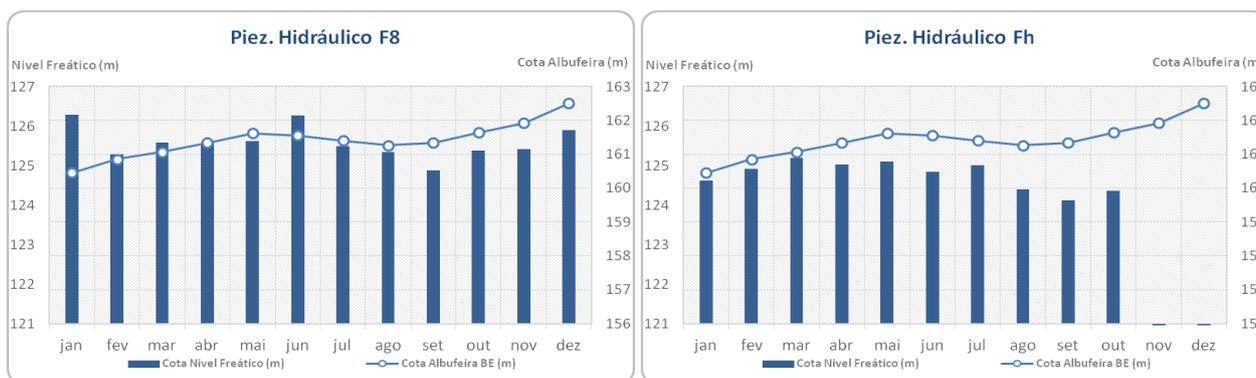
- Os piezómetros **PH2.1**, **PH2.2**, **PH5.1**, **PH5.2**, **PH5.3**, e **PH11.1**, continuam secos;
- Os piezómetros **PH1.1**, **PH2.3**, **PH3.1**, **PH4.1**, **PH6.1**, **PH7.1**, **PH8.1** e **PH9.1**, não apresentam alterações ou alterações insignificativas. A amplitude das alterações registadas é inferior a  $\pm 0,05\text{m}$ , pelo que são consideradas como desprezíveis. Em alguns piezómetros verifica-se alterações da presença de lamas para a situação de seco e vice-versa;
- O piezómetro **PH8.2**, permaneceu seco desde a sua implantação até Junho de 2016. Em Setembro de 2016 registou-se o aparecimento de lamas e em Dezembro de 2016 um nível de 1,16m. O surgimento deste nível poderá estar associado à cota da albufeira, pelo que a periodicidade das medições deverá passar a ser mensal, no sentido de monitorizar a sua evolução;
- O piezómetro **PH6.2**, após ter estado seco durante o segundo semestre de 2015, apresenta durante o primeiro semestre de 2016, um nível piezométrico de 0,37m. O nível piezométrico registado no período de 2016 é inferior ao nível registado em 2015 (0,54m). Durante o segundo semestre de 2016 o piezómetro passou a estar seco. De forma a poder concluir sobre o comportamento deste piezómetro, quando se verificar o reaparecimento de um nível piezométrico, a periodicidade das medições deverá passar a ser mensal;
- Os níveis verificados no piezómetro **PH3.2** apresentam variações pouco expressivas, e acompanham a evolução da cota da albufeira;

- Os níveis verificados nos piezómetros **PH10.1** e **PH12.1**, mantêm-se semelhantes. A amplitude das alterações registadas é <0,27m, pelo que se consideram pouco significativas, atendendo à sua origem. Os valores registados são justificados pela contribuição de uma nascente existente, a jusante da instalação;
- Os níveis verificados no piezómetro **PH11.2**, apresentam variações, pouco significativas, no entanto atendendo aos valores registados, a periodicidade das medições deverá passar a ser mensal;
- Os piezómetros localizados no vale a jusante da “BE-BAC”, **F6, F7, F8, Fh e Fi**, não apresentam variações significativas, e os valores registados mantêm parca relação com as variações do nível da albufeira.

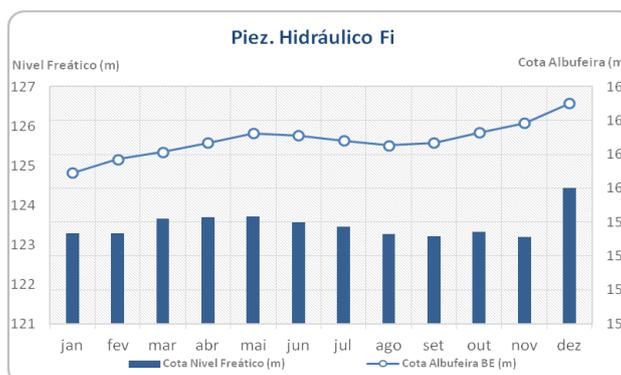
Nos gráficos 1 a 5, ilustra-se as observações mensais dos piezómetros instalados no vale de jusante.



Gráf. 1 e 2 - Observações mensais do piezómetro hidráulico F6 e F7.



Gráf. 3 e 4 - Observações mensais do piezómetro hidráulico F8 e Fh.



Gráf. 5 - Observações mensais do piezómetro hidráulico Fi.

### 3.4.2. Caudal do tanque de captação a jusante da BE-BAC

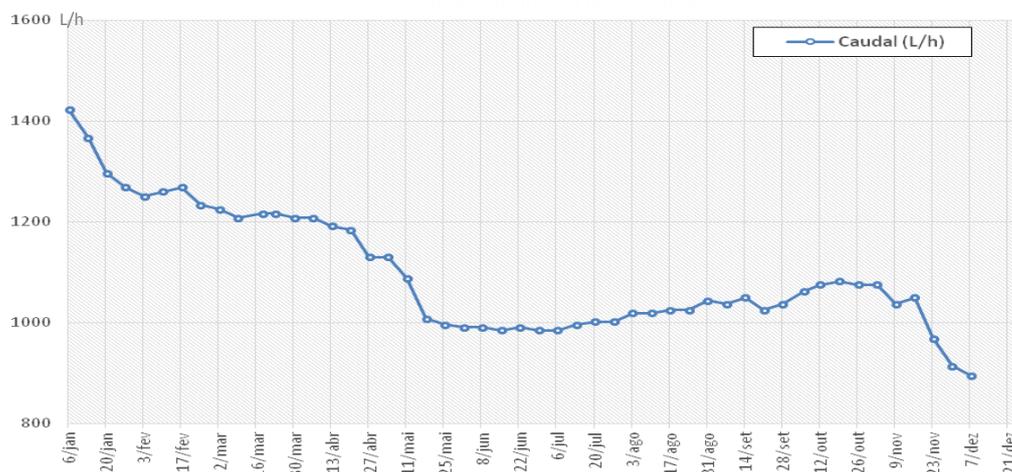
A análise dos caudais de bombagem no tanque de captação evidencia um decréscimo contínuo do caudal ao longo do ano de 2016, tendo sido atingidos valores inferiores a 900l/h em Dezembro de 2016.

Na figura 12, ilustra-se o tanque de captação da água percolada através da estrutura de paramento da instalação de resíduos “BE-BAC”.



Fig. 12 - Tanque de captação.

No gráfico 6, apresenta-se a variação dos caudais em função do período de bombagem.



Gráf.6 - Caudais de bombagem em função do período de bombagem.

### 3.4.3. Inclínómetros

Atendendo à especificidade do equipamento necessário para a monitorização dos inclinómetros e aos custos de investimento inicial, a ALMINA subcontrata os serviços de monitorização e análise dos dados.

As medições do ano 2016 realizaram-se durante a periodicidade estabelecida para a monitorização (semestral). As medições ocorreram em Abril 2016 e Setembro de 2016 tendo sido identificadas como **4ª medição** e **5ª medição**, respectivamente. As medições foram comparadas com a leitura de referência (zeragem) realizada em Abril de 2014..

Os resultados obtidos na 4ª medição e 5ª medição, podem ser consultados nos relatórios "Relatório de Instrumentação - Abril 2016 - Controlo de Deformações Horizontais - Inclinómetros" e "Relatório de Instrumentação - Setembro de 2016 - Controlo de Deformações Horizontais - Inclinómetros", respectivamente. Seguidamente transcreve-se as conclusões dos relatórios:

- "Após a quarta leitura, executada no dia 06-04-2016, todos os inclinómetros instalados mostram a estabilização, por outras palavras, não apresentam evolução.";
- "Após a quinta leitura, executada no dia 22-09-2016, todos os inclinómetros instalados mostram a estabilização, por outras palavras, não apresentam evolução significativa."

#### 3.4.4. Extensómetros

Após a finalização dos trabalhos de instalação da instrumentação, Em setembro de 2014 efetuou-se a primeira leitura, a qual serviu para registar a leitura de referência (zeragem).

Atendendo à periodicidade estabelecida para a monitorização (semestral), após a leitura inicial realizaram-se as seguintes medições:

- **4ª medição** (Abril 2016): aquando desta medição foram comparadas as leituras com a leitura inicial (Setembro 2014);

- **5ª medição** (Setembro 2016): aquando desta medição foram comparadas as leituras com a leitura inicial (Setembro 2014).

No quadro 5, apresentam-se os resultados obtidos nas medições.

Quadro 5 - Resultados das medições efectuadas no extensómetros E1 e E2

Data Monitorização	E1			E2		
	Padrão (mm)	Leitura (mm)	$\Delta$ (mm)	Padrão (mm)	Leitura (mm)	$\Delta$ (mm)
05/Abr/16	15	15,17	0,17	15	16,23	1,23
27/Set/16	15	15,53	0,53	15	21,85	6,85

Os valores registados enquadram-se nos valores expectáveis de deformação superficial (assentamento) e deformações no interior do aterro/maciço.

#### 4. CONCLUSÕES

O sistema de monitorização integrado permite aferir a evolução do comportamento estrutural da Instalação de Resíduos “BE-BAC”. O histórico do registo dos dados de monitorização da instrumentação da instalação ainda pouco expressivo, não permite uma análise alargada aos valores registados, no entanto face aos resultados obtidos é possível concluir o seguinte:

- O surgimento do nível piezométrico no piezómetro PH8.2, não é preocupante, no entanto, de forma a monitorizar a evolução do seu comportamento, a frequência das medições deverá passar a mensal;
- A análise dos caudais de bombagem no tanque de captação evidencia um decréscimo contínuo do caudal ao longo do ano de 2016;
- Em termos estruturais os valores registados nos extensómetros enquadram-se nos valores expectáveis de deformação superficial (assentamento) e deformações no interior do aterro. A deformação verificada pode ser considerada como insignificante;
- A análise dos dados, no seu conjunto, permite aferir a evolução do comportamento estrutural da instalação de resíduos “BE-BAC”, verificando-se a estabilização do corpo da instalação, ou seja não apresenta evolução.



(João Almeida, Eng.º)

Vendas Novas, 31 de Março de 2017

## BIBLIOGRAFIA

ALMINA S.A., (2016) – “Dados de Monitorização da Instrumentação da BE-BAC”

ALMINA S.A., (2016) – “Relatório de Instalação de Piezómetros”

ATKINS, (2009) – “Ampliação da Bacia de Rejeitados das Minas de Aljustrel”

EPOS S.A., (2015) – “Relatórios de Instrumentação” – BE- BAC

Santos Ferreira & Santos, (2010) – “Nota Técnica”

Tecnasol, (2009) – “Construção em aterro do Reforço da BAI”

## ANEXOS

Relatório de Monitorização dos Inclinómetros – Abril 2016

Relatório de Monitorização dos Inclinómetros – Setembro 2016