

A monitorização estrutural das barragens do Baixo Sabor e do Feiticeiro



João Gomes Cunha¹



José Piteira Gomes²



Graça Moura³



António Lopes Batista⁴

RESUMO

A exploração de grandes barragens envolve, em regra, riscos elevados. Por essa razão exige-se um acompanhamento cuidado destas obras, tendo a observação (monitorização, inspeção e ensaios) um papel fundamental nas atividades de controlo da segurança. Os sistemas de observação das barragens incluem, em regra, dispositivos para monitorização de grandezas relacionadas com as ações e com as respostas térmica, estrutural e hidráulica do conjunto barragem-fundação. A definição destes sistemas é balizada pela regulamentação portuguesa de segurança de barragens.

Nas barragens do Baixo Sabor e do Feiticeiro, dada a sua dimensão e importância, para além dos dispositivos tradicionais com leitura manual, foram instalados sistemas de monitorização automática, tecnologicamente evoluídos, com vista a aumentar a frequência de leitura das grandezas mais significativas com recolha manual, a avaliar as ações dinâmicas e os seus efeitos estruturais nas barragens e a ultrapassar as dificuldades de instalação de redes de observação geodésica por jusante.

Referem-se os sistemas de recolha manual e os quatro sistemas específicos de monitorização automática, designadamente o RAD (recolha automática de dados), complementar à recolha manual, envolvendo 232 dispositivos e 407 grandezas, o GNSS (Global Navigation Satellite System), destinado à medição de deslocamentos absolutos através de 8 recetores em regime permanente, o SOS (sistema de observação sísmica), para registo de eventos sísmicos utilizando 6 estações remotas instaladas nas imediações das albufeiras e 8 estações instaladas nas galerias das barragens, e o SMD (sistema de monitorização dinâmica em contínuo), apenas na barragem do Baixo Sabor, para avaliação da evolução das características dinâmicas (frequências próprias e modos de vibração) a partir da excitação ambiente, usando 20 acelerómetros uniaxiais de elevada sensibilidade.

Palavras-chave: Barragens do Baixo Sabor e do Feiticeiro, Sistemas de observação, Monitorização estática, Monitorização dinâmica

¹EDP Produção SA, Direção de Engenharia de Barragens, Porto, Portugal. joagomes.cunha@edp.pt

²Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Barragens de Betão, Lisboa, Portugal. pgomes@lnec.pt

³EDP Produção SA, Direção de Engenharia de Barragens, Porto, Portugal. gracamaria.moura@edp.pt

⁴Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Barragens de Betão, Lisboa, Portugal. a.l.batista@lnec.pt

1. BREVE DESCRIÇÃO DAS OBRAS

As barragens do Baixo Sabor e do Feiticeiro integram o Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor (AHBS), localizando-se no trecho inferior do rio Sabor, já perto da confluência com o rio Douro (as barragens foram designadas inicialmente por barragens de montante e de jusante, respetivamente). As centrais das duas barragens são dotadas de sistemas reversíveis em turbinamento-bombagem, por forma a ser possível bombear água do rio Douro, a partir da albufeira da Valeira, para a grande albufeira de armazenamento do Baixo Sabor (1095 hm³ de volume total), usando o escalão intermédio do Feiticeiro [1].

A barragem do Baixo Sabor é uma abóbada de dupla curvatura com uma altura máxima acima da fundação de 123,00 m, um coroamento de 6,00 m de espessura e 505 m de desenvolvimento, à cota 236,00 m (Fig. 1). A fundação é realizada num maciço granítico de boa qualidade.



Figura 1. Barragem do Baixo Sabor. Vista de jusante (à esquerda) e corte vertical pela consola central (à direita)

A barragem do Feiticeiro é uma barragem gravidade com uma altura máxima de 45,00 m e um coroamento reto de cerca de 315 m, à cota 138,00 m (Fig. 2). O maciço rochoso de fundação é xistoso.

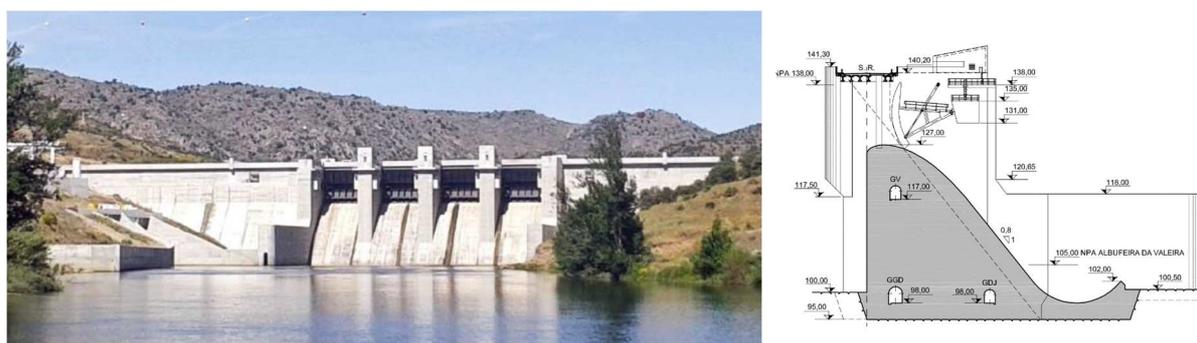


Figura 2. Barragem do Feiticeiro. Vista de jusante (à esquerda) e corte vertical pelo descarregador (à direita)

O projeto das barragens do AHBS foi elaborado pela EDP Produção, tendo a construção das duas barragens decorrido entre 2009 e 2015 [2,3,4].

2. REQUISITOS A CUMPRIR NOS PLANOS DE OBSERVAÇÃO DE BARRAGENS

O plano de observação define os procedimentos e as atividades inerentes ao controlo da segurança do conjunto barragem-fundação-albufera, nas diferentes fases de vida das obras. Os sistemas de monitorização associados a estes planos devem permitir a medição de grandezas relacionadas com as ações, as propriedades dos materiais e os efeitos térmicos, estruturais e hidráulicos. Em obras de pequena e média dimensão os sistemas são, predominantemente, de recolha manual, mas nas barragens de maior dimensão utiliza-se, complementarmente, a recolha automática num subconjunto selecionado de dispositivos, permitindo a perceção, em tempo real, do comportamento global das obras.

Considerando os requisitos definidos na regulamentação portuguesa de segurança de barragens, designadamente o Regulamento de Segurança de Barragens (RSB) [5] e as Normas de Observação e Inspeção de Barragens [6], no Quadro 1 apresentam-se as grandezas a monitorizar nas barragens do Baixo Sabor e do Feiticeiro.

Quadro 1. Grandezas a observar nas barragens do Baixo Sabor e do Feiticeiro, tendo em consideração a regulamentação portuguesa de segurança de barragens [5,6].

<i>Grandezas</i>	<i>Baixo Sabor</i>	<i>Feiticeiro</i>
Deslocamentos	X	X
Movimentos de juntas e fissuras	X	X
Temperaturas no betão	X	(X)
Tensões ou deformações	X	(X)
Caudais infiltrados	X	X
Subpressões	X	X
Nível da água na albufera	X	X
Precipitação e temperatura do ar	X	X
Sismologia	X	-

(X) opcional

Os sistemas de monitorização tradicionais das duas barragens, adiante referidos, permitem a determinação de: i) níveis da água na albufera e a jusante, em escalas limnimétricas e sonda de nível; ii) grandezas meteorológicas, em estações dedicadas localizadas junto aos respetivos coroamentos; iii) extensões no betão, em grupos de extensómetros do tipo Carlson; iv) deslocamentos absolutos, em bases de coordenómetro instaladas nos pontos de cruzamento de fios de prumo com as galerias de visita, em extensómetros de varas instalados na fundação a partir das galerias de drenagem e por métodos geodésicos; v) movimentos de juntas, por meio de medidores de movimento de juntas e bases tridimensionais; vi) temperaturas no betão, em termómetros, medidores do movimento de juntas, extensómetros e células tensométricas; vii) subpressões, em piezómetros; e viii) caudais drenados e infiltrados, em drenos e bicas totalizadoras. Dada a dimensão e importância das obras, em subconjuntos de instrumentos previamente selecionados foi prevista a automatização das leituras.

Dada a proximidade das barragens entre si e à falha da Vilarica, foi considerada uma rede regional de observação sísmica. A barragem do Baixo Sabor foi ainda dotada de um sistema de monitorização dinâmica em contínuo. Foram ainda previstos, nas duas barragens, sistemas GNSS para observação contínua de deslocamentos, para aumentar a redundância na medição de deslocamentos.

Os planos de observação das duas barragens foram elaborados pela EDP Produção [7,8], tendo o LNEC realizado oportunamente a sua revisão, no âmbito das atribuições que lhe são conferidas pelo RSB.

3. SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO DOS COMPORTAMENTOS ESTÁTICO, TÉRMICO E HIDRÁULICO

3.1 Sistemas de observação tradicionais com recolha manual e automática

Nas duas barragens foram implementados sistemas de observação, considerados tradicionais, com recolha manual de dados e, em alguns dos dispositivos, com recolha automática.

As duas barragens estão dotadas de escalas e sondas de níveis, a montante e a jusante, bem como estações meteorológicas digitais, para leitura e registo contínuo da temperatura e humidade relativa do ar, radiação solar e precipitação.

Na barragem do Baixo Sabor foram instalados: 27 bases de leitura de deslocamentos horizontais em 5 fios de prumo (nos três fios de prumo centrais existe uma conjugação de um fio direito, entre a galeria superior e a galeria geral de drenagem, e de um fio invertido, entre esta galeria e um ponto profundo no maciço de fundação; os dois fios de prumo laterais são invertidos); 15 extensómetros de varas na fundação, a partir das galerias geral de drenagem (GGD) e de drenagem de jusante (GDJ), 12 verticais, 2 horizontais e 1 subvertical, sendo 6 simples (uma vara), localizados nas encostas a cotas mais elevadas, e os restantes 9 duplos, para medição de deslocamentos da fundação; 152 medidores de movimentos de junta de resistência elétrica, embebidos no betão, e 103 bases tridimensionais nas galerias, para medição de deslocamentos relativos entre blocos; 232 extensómetros de resistência elétrica do tipo Carlson, dispostos em 40 pontos de amostragem mais relevantes tensões, segundo 17 secções, em 8 grupos unidireccionais, 26 grupos planos e 6 grupos tridimensionais, para medição de extensões no betão; 10 células tensométricas, dispostas em 5 secções junto de grupos de extensómetros, para medição direta de tensões nas zonas onde se prevê que sejam de maior magnitude (fecho dos arcos, rins e base da consola central); 52 termómetros de resistência elétrica, 26 dos quais junto aos paramentos de montante e de jusante, que em conjunto com os extensómetros e os medidores de movimentos de junta permitem a obtenção da temperatura em 252 pontos do corpo da barragem; 6 células de pressão, para quantificação da pressão da água nos poros do betão; 42 piezómetros na fundação, de câmara manométrica única, para quantificação de subpressões; e 215 drenos da fundação (5 por bloco, em média), a partir das GGD e GDJ, e 18 bicas totalizadoras, para coletar caudais drenados e infiltrados. A recolha automática de dados (RAD) cobre praticamente todas os tipos de aparelhos, correspondendo a 284 grandezas, 25% do total das grandezas medidas manualmente [9].

Referem-se ainda as 3 células de fluência instaladas na barragem do Baixo Sabor, para realização “in situ” de ensaios de deformabilidade do betão, instantâneos e ao longo do tempo, para a determinação dos módulos de elasticidade e da função de fluência, respetivamente.

Na barragem do Feiticeiro foram instalados: 9 bases de leitura de deslocamentos horizontais em 3 fios de prumo conjugados; 9 extensómetros de varas na fundação, a partir da GGD e da GDJ, todos verticais, sendo 5 simples (uma vara) e 4 duplos, para medição de deslocamentos da fundação; 38 medidores de movimentos de junta de resistência elétrica, embebidos no betão, e 47 bases tridimensionais nas galerias, para medição de deslocamentos relativos entre blocos; 45 extensómetros de resistência elétrica do tipo Carlson, dispostos em 10 pontos de amostragem, segundo 6 secções, em 3 grupos unidireccionais e 7 grupos planos, para medição de extensões no betão; 76 termómetros de resistência elétrica, 19 dos quais junto aos paramentos de montante e de jusante, que em conjunto com os extensómetros e os medidores de movimentos de junta permitem a obtenção da temperatura em 124 pontos do corpo da barragem; 26 piezómetros na fundação, de câmara manométrica única, para quantificação de subpressões; e 57 drenos da fundação (5 por bloco, em média) e 4 bicas totalizadoras, para coletar caudais drenados e infiltrados. A recolha automática de dados (RAD) cobre todas os tipos de aparelhos, correspondendo a 123 grandezas, 25% do total das grandezas medidas manualmente.

As barragens têm implementados planos de emergência e sistemas de aviso e alerta às populações residentes a jusante, já testados e funcionais, que serão ativados em caso de incidente ou acidente.

3.2 Sistemas tradicionais de observação geodésica

Os sistemas de observação geodésica, para medição de deslocamentos em pontos previamente selecionados, destinam-se à obtenção de redundância nos deslocamentos medidos com maior frequência através de outras técnicas, já referidas. As campanhas de observação geodésica são realizadas, em regra, com periodicidade anual.

Na barragem do Baixo Sabor foram instaladas, nas galerias horizontais GV2, GV4 e GV6, que têm prolongamento para o interior do maciço rochoso de fundação em ambas as encostas, linhas de poligonização e de nivelamento, para determinação de deslocamentos horizontais e verticais, respetivamente. No coroamento e no fundo do vale (trechos horizontal das GGD e GDJ) foram também instaladas linhas de nivelamento.

A barragem do Feiticeiro foi apenas dotada de duas linhas de nivelamento, uma no coroamento e outra nos trechos horizontais das GGD e GDJ no fundo do vale, para obtenção de deslocamentos verticais.

3.3 Sistemas GNSS para monitorização contínua de deslocamentos

As duas barragens estão dotadas de sistemas GNSS (Global Navigation Satellite System), com o objetivo de permitir a medição em contínuo de deslocamentos da barragem, em complemento da informação disponibilizada pelos fios de prumo e pelos métodos geodésicos [10].

Os equipamentos instalados consistem em antenas GNSS de alta precisão e respetivos recetores. As configurações instaladas têm uma antena de referência fora da zona de influência das obras e três antenas nas próprias barragens (Fig. 3 e Fig. 4), implantadas nas verticais dos fios de prumo.



Figura 3. Barragem do Baixo Sabor. Localização de estações GNSS no coroamento



Figura 4. Barragem do Feiticeiro. Localização da estação remota e das estações GNSS no coroamento

Os equipamentos GNSS permitem obter dados, em tempo real, com uma frequência de amostragem entre 20 e 100 Hz, para a determinação de posições dos pontos do coroamento das barragens onde estão instalados, com a frequência desejada. As soluções úteis para este tipo de obras são as de posição horária e diária, que permitem a determinação de deslocamentos tridimensionais com a mesma frequência e com precisões milimétricas [10].

3.4 Síntese dos sistemas de monitorização dos comportamentos estático, térmico e hidráulico

No Quadros 2 e 3 apresentam-se sínteses dos sistemas de monitorização dos comportamentos estático, térmico e hidráulico das barragens do Baixo Sabor e do Feiticeiro, respetivamente, indicando-se, para cada obra, o número de dispositivos com recolha manual e automática. Refere-se, como nota geral, a natural maior dimensão dos sistemas da barragem do Baixo Sabor.

Quadro 2. Barragem do Baixo Sabor. Sistemas de monitorização dos comportamentos estático, térmico e hidráulico.

<i>Grandezas</i>	<i>Equipamentos de observação</i>	<i>Número de dispositivos de observação</i>	
		<i>Recolha manual</i>	<i>Recolha automática</i>
Temperatura do ar		1	Sim
Humidade relativa do ar	Estação meteorológica	1	Sim
Radiação solar		1	Sim
Precipitação		1	Sim
Níveis de água		1	Sim
	Montante	1	Sim
	Jusante	1	Sim
Temperaturas no betão	Termómetros de resistência elétrica	52	30
Temperaturas na fundação	Sonda de temperatura	13	6
Pressões de água no betão	Células de pressão	6	-
	Bases de coordinómetro (5 fios de prumo)	27	9
	GNSS no coroamento (mais estação remota)	4	4
	Poligonais nas galerias	3	-
Deslocamentos absolutos e relativos	Nivelamento do coroamento e nas galerias	5	-
	Extensómetros de varas na fundação	24	12
	Medidores de movimentos de junta	152	16
	Bases tridimensionais	103	24
Extensões no betão	Extensómetros de resistência elétrica	232	84
Tensões no betão	Células tensométricas	10	8
Deformabilidade do betão	Células de fluência	3	-
Subpressões na fundação	Piezómetros	42	25
Caudais drenados e infiltrados	Drenos de fundação	215	-
	Bicas totalizadoras	18	6

Quadro 3. Barragem do Feiticeiro. Sistemas de monitorização dos comportamentos estático, térmico e hidráulico.

Grandezas	Equipamentos de observação	Número de dispositivos de observação	
		Recolha manual	Recolha automática
Temperatura do ar		1	Sim
Humidade relativa do ar	Estação meteorológica	1	Sim
Radiação solar		1	Sim
Precipitação		1	Sim
Níveis de água		1	Sim
Temperaturas no betão	Montante	1	Sim
	Jusante	1	Sim
Deslocamentos absolutos e relativos	Termómetros de resistência elétrica	76	21
	Bases de coordenómetro (3 fios de prumo)	9	4
	GNSS no coroamento (mais estação remota)	4	4
	Nivelamento do coroamento e nas galerias	2	-
Extensões no betão	Extensómetros de varas na fundação	9	6
	Medidores de movimentos de junta	38	-
	Bases tridimensionais	47	16
Subpressões na fundação	Extensómetros de resistência elétrica	45	9
Caudais drenados e infiltrados	Piezómetros	26	15
	Drenos de fundação	57	-
	Bicas totalizadoras	4	4

Na Fig. 5 representam-se para a barragem do Baixo Sabor, a título de exemplo, os subsistemas para medição de deslocamentos horizontais, designadamente os 5 fios de prumo, as 3 poligonais em galerias e as 3 estações GNSS no coroamento.

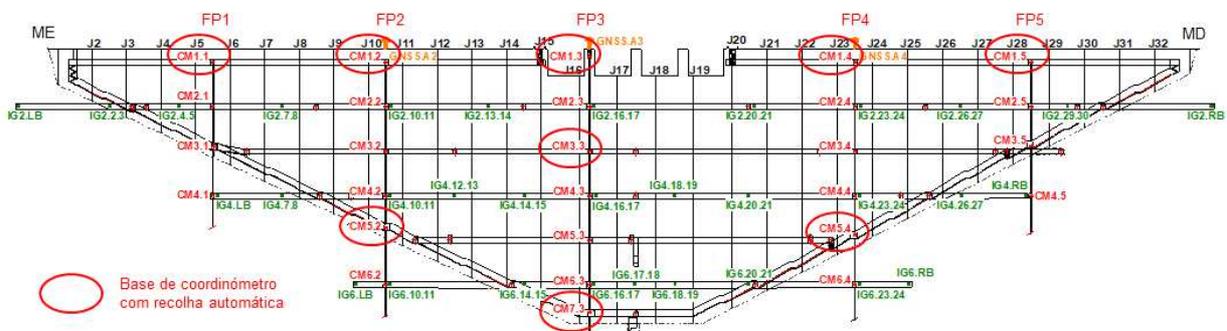


Figura 5. Barragem do Baixo Sabor. Localização dos dispositivos para medição de deslocamentos horizontais (5 fios de prumo, 3 poligonais em galerias e 3 estações GNSS)

4. SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO

4.1 Aspetos gerais

As barragens do Baixo Sabor e do Feiticeiro estão dotadas de sistemas de observação sísmica (SOS), com o objetivo de monitorizar o comportamento das obras quando sujeitas a ações sísmicas [11]. Adicionalmente, na barragem do Baixo Sabor foi previsto um sistema de monitorização dinâmica em contínuo (SMC), para acompanhar o comportamento da obra quando sujeita a excitação ambiental ou proveniente de outras fontes, designadamente a operação de comportas, através da avaliação da evolução de parâmetros dinâmicos característicos das barragens, como são as frequências próprias e os modos de vibração [11]. Nos sistemas de observação sísmica o apoio à EDP Produção tem vindo a ser feito

exclusivamente pelo LNEC, ao passo que no sistema de monitorização dinâmica em contínuo instalado na barragem do Baixo Sabor foram mobilizadas, em estreita colaboração mútua, as valências do LNEC e da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

Na barragem do Baixo Sabor foi ainda realizada, durante o primeiro enchimento da albufeira, a caracterização do comportamento dinâmico através de ensaios de vibração forçada, para as situações de albufeira vazia e cheia, por forma a conhecerem-se os padrões de comportamento para situações de referência em que a excitação é conhecida [12], que serão muito úteis na balizagem das respostas observadas com os sistemas de monitorização dinâmica em contínuo.

4.2 Sistemas de observação sísmica

A observação sísmica considera um sistema regional para as duas barragens, considerando a localização das obras relativamente à falha da Vilariga. O sistema é constituído por um conjunto de 6 estações remotas, compostas por acelerómetros triaxiais, implantadas ao longo das albufeiras, para caracterização das ações (Fig. 6) [11].

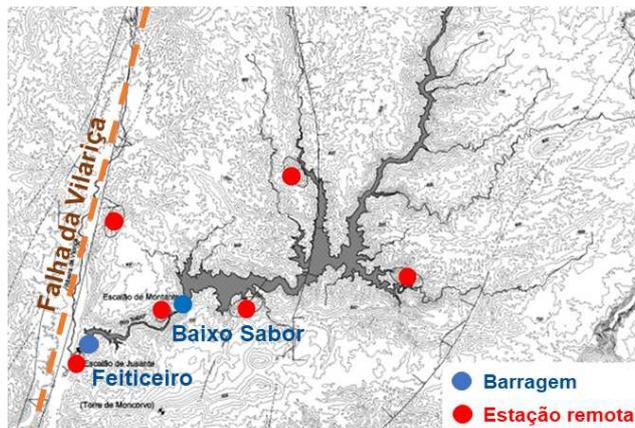


Figura 6. Localização da falha da Vilariga, das barragens do Baixo Sabor e do Feiticeiro e das estações remotas de observação sísmica

Na barragem do Baixo Sabor foram instalados 6 acelerómetros triaxiais, 3 junto à inserção no maciço rochoso de fundação (SM1 na encosta da margem esquerda, SM3 no fundo do vale e SM6 na encosta da margem direita) e 3 nas galerias superiores, para caracterização das ações no local da barragem e a sua resposta sísmica, respetivamente (Fig. 7). Na barragem do Feiticeiro foram apenas considerados 2 acelerómetros do mesmo tipo na zona central, um na GGD, junto à inserção na fundação, e outro junto ao coroamento.

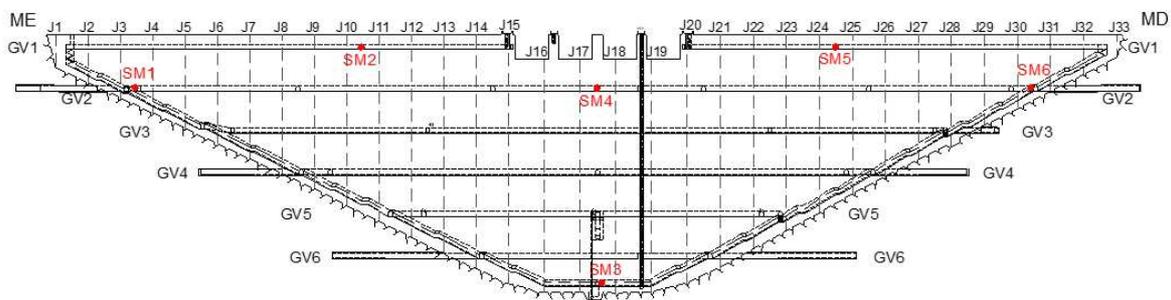


Figura 7. Barragem do Baixo Sabor. Localização dos acelerómetros triaxiais do SOS

Os sistemas são ativos, permanentemente funcionais, garantindo a medição e registo da ação e da resposta das estruturas aquando da ocorrência de sismos. Para tal as estações são dotadas de meios de digitalização e transmissão de dados para uma unidade central, que efetua a gestão da rede de estações

e a consequente análise e processamento da informação captada logo que seja ultrapassado um nível de aceleração pré-estabelecido.

4.3 Sistemas de monitorização dinâmica em contínuo

O SMC da barragem do Baixo Sabor integra 20 acelerómetros de elevada resolução, dispostos nas galerias superiores (Fig. 8). Este sistema é também dotado de uma unidade central de gestão da rede de acelerómetros e a análise e processamento de registos [11].

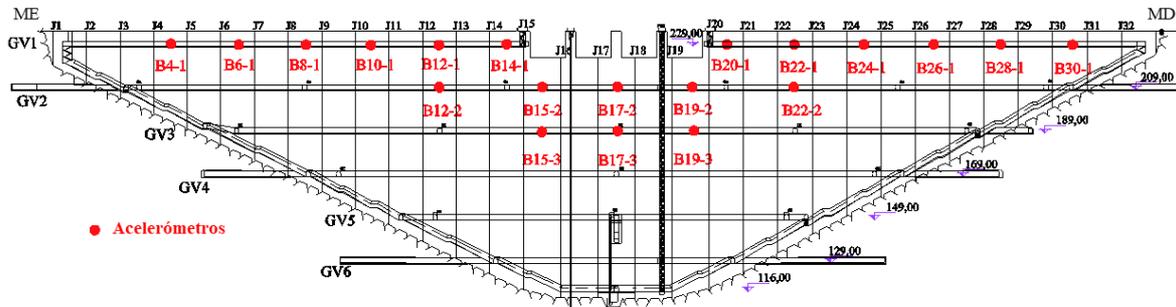


Figura 8. Barragem do Baixo Sabor. Localização dos acelerómetros de elevada resolução do SMC

5. CONCLUSÕES

O controlo da segurança de barragens envolve a observação (monitorização, ensaios e inspeções) e a interpretação do seu comportamento. A monitorização é uma das atividades mais relevantes neste processo, através da qual se recolhem os dados de auscultação em sistemas implementados para o efeito. O tratamento de dados fornecidos por estes sistemas, realizado segundo critérios definidos nos planos de observação, fornece os resultados que permitem caracterizar as principais ações, as propriedades dos materiais e os efeitos térmicos, estruturais e hidráulicos. Na interpretação do comportamento utilizam-se modelos, que podem ir de simples analogias qualitativas até elaboradas formulações matemáticas baseadas na reologia e na mecânica dos materiais. A escolha do tipo de modelo depende dos objetivos dos estudos e da importância e fase da vida das obras. Deve ainda referir-se que, no que respeita à monitorização, a engenharia de barragens esteve sempre na linha da frente no desenvolvimento de dispositivos específicos para este efeito, muitos dos quais foram depois utilizados em outros tipos de obras.

Os sistemas de observação instalados nas barragens do Baixo Sabor e do Feiticeiro incluem dispositivos para monitorização de grandezas relacionadas com as ações (níveis da água a montante e a jusante, grandezas meteorológicas, vibrações e sismos) e com as respostas térmica, estrutural e hidráulica do conjunto barragem-fundação, destacando-se, como grandezas mais relevantes, as temperaturas do betão, os deslocamentos absolutos e relativos, as acelerações, as extensões e tensões no betão e as subpressões e caudais drenados e infiltrados.

Para além de dispositivos com leitura manual, foram instalados sistemas de monitorização automática com vista a aumentar a frequência de leitura das grandezas mais significativas com recolha manual, a avaliar as ações dinâmicas e os seus efeitos estruturais nas barragens e a ultrapassar as dificuldades de instalação de redes de observação geodésica por jusante. Foram genericamente apresentados os quatro sistemas específicos de monitorização automática, designadamente o RAD (recolha automática de dados), complementar à recolha manual, envolvendo 232 dispositivos e 407 grandezas, o GNSS (Global Navigation Satellite System), destinado à medição de deslocamentos absolutos através de 8 recetores em regime permanente, o SOS (sistema de observação sísmica), para registo de eventos sísmicos utilizando 6 estações remotas instaladas nas imediações das albufeiras e 8 estações instaladas nas galerias das barragens, e o SMD (sistema de monitorização dinâmica em contínuo), apenas na barragem do Baixo Sabor, para avaliação da evolução das características dinâmicas (frequências próprias e modos

de vibração) a partir da excitação ambiente, usando 20 acelerómetros uniaxiais de elevada sensibilidade. Estes sistemas estão entre os mais evoluídos entre os instalados nas barragens da EDP Produção.

O funcionamento dos dispositivos de monitorização tem vindo a ser adequado, tendo dado um contributo determinante no controlo da segurança dos verdadeiros ensaios de carga das obras que foram os primeiros enchimentos das respetivas albufeiras. Refere-se ainda que nestas fases os comportamentos observados foram interpretados, com bons níveis de desempenho, recorrendo a modelação matemática, nomeadamente com base em modelos de elementos finitos [13,14].

REFERÊNCIAS

- [1] EDP (2005). Aproveitamento hidroelétrico do Baixo Sabor. Projeto. Porto.
- [2] Miranda, M.P.; Silva Matos, D.; Pimentel, R.; Gomes, A. (2012). The Baixo Sabor upstream and downstream dams. Relevant design and construction features. First International Dam World Conference, Maceió, Brasil.
- [3] Gomes, A.T.; Gonçalves, J.S.; Silva Matos, D.; Miranda, M.P. (2012). A barragem de montante do Baixo Sabor. Aspetos relevantes de projeto e construção. Encontro Nacional Betão Estrutural - BE2012, Porto.
- [4] Pimentel, R.; Gonçalves, J.S.; Silva Matos, D.; Miranda, M.P. (2012). A barragem de jusante do Baixo Sabor. Aspetos relevantes de projeto e construção. Encontro Nacional Betão Estrutural - BE2012, Porto.
- [5] RSB (2007). Regulamento de Segurança de Barragens. Decreto-Lei nº 344/2007, Diário da República, Lisboa.
- [6] NOIB (1993). Normas de observação e inspeção de barragens. Anexo à Portaria n.º 847/93, Diário da República, Lisboa.
- [7] EDP (2007). Aproveitamento hidroelétrico do Baixo Sabor. Escalão de montante. Plano de observação. Porto.
- [8] EDP (2007). Aproveitamento hidroelétrico do Baixo Sabor. Escalão de jusante. Plano de observação. Porto.
- [9] Cunha, J.G.; Mata, J.; Ortiz, G. (2018). Structural safety control of the Baixo Sabor dam based on an automated data acquisition system. Symposium Hydro Engineering – 26º Congresso Mundial da ICOLD, Viena.
- [10] Lima, J.N.; Casaca, J. (2018). Monitoring dam displacements with GNSS: strategy, accuracy and benefits. Third International Dam World Conference, Foz do Iguaçu, Brasil.
- [11] Moura, G.; Piteira Gomes, J.; Magalhães, F.; Paixão, J.; Pereira Gomes, J.; Pereira, S. (2018). Static and continuous dynamic monitoring of Baixo Sabor arch dam. Third International Dam World Conference, Foz do Iguaçu, Brasil.
- [12] Pereira Gomes, J.; Lemos, J.V. (2016). Characterization of the dynamic behavior of an arch dam by means of forced vibration tests. 1st Meeting of EWG Dams and Earthquakes. Balkema, Saint Malo, França.
- [13] Mota, R.; Coelho, M.J.; Piteira Gomes, J.; Batista, A.L.; Neves, J.; Lima, C.; Silva Matos, D. (2018). Rock mass foundation seismic tomography and its contribution for the modelling of Baixo Sabor dam's structural behaviour. Third International Dam World Conference, Foz do Iguaçu, Brasil.
- [14] Piteira Gomes, J.; Batista, A.L.; Silva Matos, D. (2018). Analysis and interpretation of the Baixo Sabor dam's behaviour during the first filling of the reservoir. Symposium Hydro Engineering - 26º Congresso Mundial da ICOLD, Viena.