



23º. Congresso Internacional das Grandes Barragens, 24-29 Maio, Brasília, Brasil;
23rd International Meeting of Large Dams, 24-29 May, Brasília, Brazil

Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroeléctrico

Portuguese National Program of Dams with high Hydroelectric Potential

A. Pereira da Silva, Eng^o. Civil, Director Serviço Recursos Naturais e Equipamentos;
Civil Engineer, Director Natural Resources and Equipments Dept.

J. Cruz Morais, Eng^o. Civil, Director Estudos e Desenvolvimento; *Civil Engineer, Director Studies and Development*

Ricardo Oliveira, Geólogo Engenharia, Presidente COBA, Professor U.N.L.;
Engineering Geologist, Chairman COBA, Professor New University of Lisbon

Portugal sofreu nas últimas duas décadas uma oposição muito forte à construção de grandes aproveitamentos hidroeléctricos, em consequência dos *lobbies* ambientalistas que têm lutado contra a construção de grandes barragens.

Neste período o único grande empreendimento construído foi a Barragem do Alqueva que criou um lago artificial com superfície de cerca de 250 km², visando o regadio de cerca de 110.000 ha. Este aproveitamento incluiu também uma central hidroeléctrica com capacidade instalada de 260 MW.

Razões ambientais e, sobretudo, o empenhamento político para a redução das emissões de CO₂ levou o Governo Português a lançar um programa de grandes aproveitamentos hidroeléctricos visando reduzir a quantidade de energia gerada por outras fontes.

O Governo prevê que, até 2012, a geração de 40% de toda a energia eléctrica necessária seja resultante de fontes renováveis (nomeadamente hídrica e eólica).

Presentemente, a capacidade instalada para produção de energia hidroeléctrica é de cerca de 5000 MW.

Visando aumentar essa capacidade através da utilização de recursos hídricos ainda não explorados nos rios portugueses, foi decidido encomendar um estudo para fazer uma selecção adequada dos melhores 10 aproveitamentos de entre 25 que foram identificados pelo INAG.

De acordo com a selecção apresentada no estudo que foi realizado, a capacidade instalada deveria aumentar de 5.000 para 7.000 MW.

A metodologia seguida para a selecção dos locais mais favoráveis foi baseada numa "Análise Ambiental Estratégica". Essa análise considerou vários critérios técnicos, económicos, sociais e ambientais para avaliar o interesse de cada aproveitamento.

Os critérios usados foram: Potencial hidroeléctrico do aproveitamento, optimização do potencial hídrico da bacia hidrográfica, conflitos e condicionamentos ambientais, e ponderação energética, sócio-económica e ambiental.

Em resultado da utilização dessa metodologia no estudo, vários dos aproveitamentos mais produtivos foram abandonados, sobretudo por razões ambientais, nomeadamente a inundação de áreas protegidas pelas águas retidas nas albufeiras ou de zonas ecologicamente sensíveis de algumas secções dos rios.

Foram assim seleccionados dez aproveitamentos, tendo-se estimado, com base nos estudos preliminares então realizados, uma produção total de energia média superior a 1.600 GWh/ano.

A consideração adequada da capacidade a instalar nesses aproveitamentos, os impactos ambientais causados e a geração de energia, exigem estudos mais detalhados que comparem, entre outras coisas, as cotas máximas a atingir pelas águas armazenadas nas respectivas albufeiras.

Dos 10 aproveitamentos identificados, 8 já foram objecto de atribuição de concessões, estando em curso os necessários estudos complementares e projectos.

Portugal experienced in the last couple of decades a strong opposition to the construction of large hydroelectric projects, fuelled mainly by environmentalist lobbies fighting against the construction of large dams.

In this period, only the Alqueva scheme has been constructed creating an artificial lake of 250 km² in surface in order to supply water for the irrigation of 110.000 ha. This scheme also included a power house with twin reversible units of 260 MW total capacity.

Environmental reasons, and mainly the political commitment for the reduction of CO₂ emissions, led the Portuguese Government to launch a program of large hydropower schemes in order to reduce the quantity of energy generated by other sources.

The Government foresees the generation of 40% of the total electricity needs from renewable sources by 2012 (mainly hydro and wind).

At present the installed capacity for hydropower is only 5.000 MW.

In order to increase this capacity by using the hydraulic potential of some of the Portuguese rivers, it was decided to perform a study to enable the appropriate selection of the best 10 schemes from 25 which were first appointed by the National Authority (INAG).

According to the selection presented in the study the hydropower capacity would increase from 5.000 to 7.000 MW.

The methodology followed for the selection of the most favourable sites was based on a "Strategic Environmental Analysis"; several technical, economical, social and environmental criteria were identified for the evaluation of the interest of each scheme.

The criteria used were: hydropower generation potential, optimization of the water resources potential of the watershed, the environmental conflicts and constraints and the energy generation, socio-economic benefits and environmental restrictions.

Based on this methodology, several of the most interesting schemes under the power generation point of view were abandoned mainly due to environmental constraints, notably the flooding of protected areas or of pristine stretches of river.

Ten schemes were selected, the total average energy production being estimated at more than 1.600 GWh/year, based on preliminary studies, requiring more detailed technical studies and environmental impact assessment studies to establish the definitive installed power capacity based on the maximum water level of the reservoirs.

Of the 10 envisaged schemes, 8 have already been awarded under PPP, the respective further studies being in progress.

Simpósio Internacional sobre Problemas de Engenharia Geológica em Grandes Projectos de Construção; 9-11 Setembro, Chengou, China;
International Symposium on Geological Engineering Problems in Major Construction Projects, 9-11 September, Chengou, China

A segurança das grandes obras de engenharia exige fundações adequadas ao tipo e características dessas estruturas e à natureza das formações geológicas envolvidas no projecto.

Tal implica um conhecimento satisfatório das características geológicas e geotécnicas do respectivo terreno, o que só se consegue através de estudos bem conduzidos, incluindo a utilização de métodos de prospecção geotécnica adaptados à natureza do terreno (maciços rochosos ou maciços terrosos) e apropriados para a obtenção de parâmetros visando o dimensionamento adequado das obras.

A comunicação ilustra a temática acima mencionada, através da definição das metodologias utilizadas no estudo de maciços rochosos de fundação de barragens e de maciços terrosos de fundação de pontes com estacas muito profundas e de grande diâmetro.

Para o caso de maciços rochosos foram escolhidos os estudos realizados para as fundações das barragens de Ribeiradio. Trata-se de duas barragens gravidade de betão, com cerca de 76 m de altura localizadas no rio Vouga, em Portugal, afastadas apenas cerca de 800 m uma da outra, cujos estudos foram conduzidos para o local de montante no final dos anos noventa e para o local de jusante cerca de 10 anos depois. Apesar da curta distância entre os dois eixos, as condições geológicas e geotécnicas dos maciços de fundação são significativamente diferentes, embora tenham sido idênticas as metodologias seguidas e as técnicas de prospecção sísmica e mecânica utilizadas, bem como dos ensaios in situ e em laboratório.

Para o caso dos solos, são descritos os estudos geológicos e geotécnicos realizados para o dimensionamento das fundações indirectas das pontes Vasco da Gama e da Lezíria, ambas sobre o rio Tejo, afastadas de cerca de 25 km.

As fundações das duas estruturas, apesar do seu apreciável afastamento, interessam o complexo aluvionar que preenche o vale do rio Tejo, exigindo a consideração de estacas de grande diâmetro (até 2,2 m) e atingindo comprimentos de 75 m na ponte Vasco da Gama e de 55 m na ponte da Lezíria.

Apesar de os estudos geológicos e geotécnicos destas duas pontes terem sido conduzidos com dez anos de diferença, a metodologia utilizada e os métodos de prospecção geotécnica e de ensaios in situ e em laboratório foram idênticos e adequados ao correcto projecto das estruturas.

Large structures to be safe require adequate foundations to the type and characteristics of the structures and to the nature of the geological formations of the respective project.

This implies a satisfactory knowledge of the geological and geotechnical conditions of the ground.

In general that is only possible through reliable engineering geological studies which must include proper site investigations techniques, adapted to the nature of the ground (rock mass or soil) and to the associated engineering problems.



The paper illustrates the above mentioned subject through the definition of the methodologies which have been used in the study of rock masses for the design of concrete dams foundations and of soils for the design of bridge foundations consisting of deep and large diameter piles.

As for rock masses the engineering geological studies carried out for the design of the foundations of the Ribeiradio dams are presented. These two concrete gravity dams 76 m high are located in the Vouga river only about 800 m apart. The studies for the upstream site were conducted by the end of nineties and for the alternative downstream site about 10 years later.

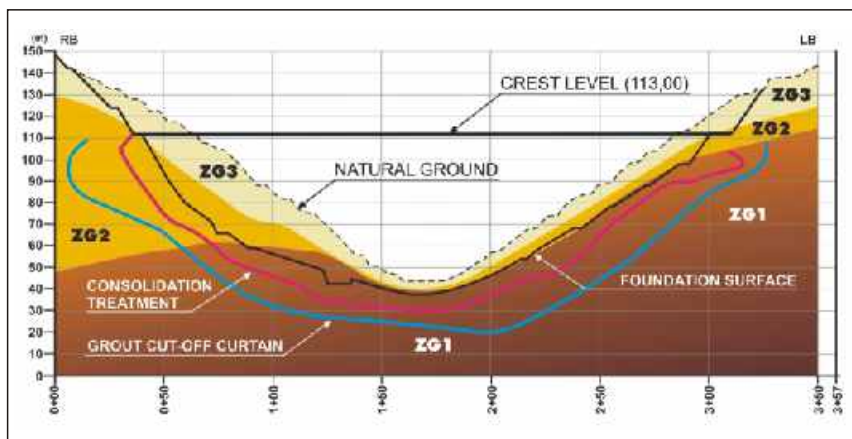
In spite of the short distance between the two dam sites, the engineering geological

conditions of the foundation rock masses are significantly different, although similar methodologies and site investigation techniques and testing have been used.

As for the case of bridge foundations, the engineering geological studies for the Vasco da Gama Bridge and the Lezíria Bridge, both crossing the Tagus river, about 25 km apart.

The foundations of both structures, had to take into consideration the alluvial complex which fills the river Valley, demanding the consideration of large diameter piles (up to 2,2 m), 75 m deep in the Vasco da Gama Bridge in Lisbon and 55 m deep in the Lezíria bridge, upstream.

The engineering geological studies of the two sections of the river have been carried out also with a 10 years interval. Nevertheless, the methodology applied as well as the site investigation and testing techniques used were very similar and most adequate to the design of these structures.



Gestão Participativa dos Recursos Hídricos. O caso da Bacia do Pungué

Participative Management of Water Resources. The Case of the Pungwe River

António Alves, Engenheiro Civil, Especialista em Recursos Hídricos, Serviço de Recursos Naturais e Equipamentos;
Civil Engineer, Water Resources Specialist, Natural Resources and Equipments Dept.

1º Seminário sobre Gestão de Bacias Hidrográficas "As Regiões Hidrográficas do Norte e as Perspectivas Futuras de Gestão", 6 e 7 Maio, Porto, Portugal
1st Seminar on Catchment Areas Management "The North Hydrographic Region and Prospects for its Management", 6 and 7 May, Oporto, Portugal

Esta comunicação procura transmitir a experiência e os resultados do "Projecto de Desenvolvimento da Estratégia Conjunta de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Pungué", que decorreu entre 2002 e 2007 em Moçambique e no Zimbabué, nos aspectos relacionados com a gestão participativa dos recursos hídricos.

A participação das partes interessadas (stakeholders) na gestão dos recursos hídricos é uma pedra basilar da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos. No Zimbabué, os utilizadores e as outras partes interessadas estão organizados em Conselhos de Bacia e de Sub-bacia, órgãos legais previstos na Lei de Águas de 1998 e com poderes para a tomada de decisões sobre as licenças de água, assumindo a ZINWA (Autoridade Nacional da Água) e os respectivos gabinetes de bacia, apenas funções de assessoria técnica aos Conselhos de Bacia. Em Moçambique, a Lei de Águas de 1991 prevê que as partes interessadas estejam organizadas em Comités de Bacia, que são órgãos consultivos das Administrações Regionais de Águas (ARA). É de destacar, no entanto, que os Estatutos da ARA-Centro prevêm que o Presidente do Conselho de Gestão da ARA-Centro, órgão máximo da ARA, seja um utilizador de água.

As estruturas de gestão participativa nos dois países têm estados de desenvolvimento muito diferentes, pois enquanto no Zimbabué estão em pleno funcionamento, com escritórios locais e funcionários operacionais (mas grandes dificuldades, devido à actual problemática do país), em Moçambique, o processo da sua implementação tem sido muito lento. Na ARA-Centro, entre os três Comités de Bacia previstos, apenas o Comité de Bacia do Pungué está instituído, operacional e com estatutos aprovados.

Esta comunicação analisou a legislação que enquadra a gestão participativa dos recursos hídricos nos dois países; as organizações instituídas e os respectivos poderes; o modo de escolha dos seus membros e o tipo de organizações e partes interessadas representadas; o suporte financeiro ao seu funcionamento e as dificuldades sentidas no reforço dos Conselhos de Bacia no Zimbabué e na constituição e funcionamento dos Comités de Bacia em Moçambique.

A comunicação termina com o balanço dos aspectos positivos e negativos dos Comités de Bacia dos dois países, procurando extrapolar ensinamentos para Portugal à luz da legislação existente em Portugal e das dificuldades do seu funcionamento anterior.

This paper intends to transmit the experience and results achieved from the project "Development of the Pungwe River Basin Joint IWRM Strategy", that took place from 2002 to 2007 in Mozambique and Zimbabwe.

The participation of the stakeholders in the water resources management is a key factor in the Integrated Water Resources Management. In Zimbabwe, stakeholders are organised into Catchment and Sub-Catchment Councils, i.e. legal structures according to the Water Laws of 1998 duly empowered to make decisions as to water licences. ZINWA (National Water Authority) and the respective Catchment Offices only provide technical assistance to the decision-makers. In Mozambique, according to the Water Law of 1991, stakeholders are organized into Catchment Councils, i.e., consultancy structures to the Regional Water Resources Management organisations (Administração Regional de Águas: ARA). It is however emphasised that, the Chairman of the ARA-Centro Management Board should be a water user.

In Zimbabwe, this participative management structure is established and in full operation, having local offices and staff, in spite of the great difficulties in the country. In Mozambique, the implementation of the Catchment Councils has been slow. ARA-Centro is operating for some years with certain stability but only the Pungwe Catchment Council is established.

Based on these specificities of Mozambique and Zimbabwe and the participation of stakeholders, the paper analyses the legislation in force in both countries, including the participative water resources management, the designated organizations and respective powers, the way of selection their members and type of organisations and representative stakeholders, the financial support to the operation of those organisations and the specific difficulties felt in the strengthening of the Zimbabwe Catchment Councils and in the designation and operation of Catchment Councils in Mozambique.

Finally, the paper presents the positive and negative balance of each type of Catchment Council, trying to transfer the know-how to Portugal, taken into consideration the legislation in force and the recent operation of Catchment Councils.

Betão Ambiental: Novas Formas de Construir um Planeta mais Verde

Environmental Concrete: New Ways of Building a Green Planet

Nuno Trindade, Eng.º, Civil, Serviço de Vias de Comunicação; *Civil Engineer, Transport, Infrastructures Dept.*
Sérgio Lopes, Eng.º, Civil, Professor, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra;
Civil Engineer, Professor, Dept. of Civil Engineering, University of Coimbra

Conferência Internacional CE09 "Civil Engineering Towards a Better Environment", 17/19 Junho, Coimbra, Portugal;
International Conference CE09 "Civil Engineering Towards a Better Environment", 17/19 June, Coimbra, Portugal

O betão é, actualmente, o material estrutural mais utilizado na construção. Devido à sua durabilidade limitada, ao uso extensivo de recursos naturais na sua produção e à quantidade de resíduos gerados pelo seu uso, o betão, tal é como conhecido nos dias de hoje, poderá não ter lugar num futuro próximo, à medida que aumenta a demanda por materiais mais verdes.

Uma nova linha de materiais surge, lenta mas decisivamente. No que diz respeito a estruturas de betão, é pouco provável que um material completamente novo seja criado. A resposta encontra-se na reinvenção do betão tradicional. O novo betão será mais sustentável, com menor pegada de carbono e será também mais fácil de fabricar. Ao mesmo tempo será mais barato, eficiente e durável.

Neste artigo, são apresentados os diferentes membros desta inovadora família.

O betão pode ser classificado como ambiental, quando, devido a uma multiplicidade de razões, tem baixo impacto na natureza. A qualidade ambiental de um betão está relacionada fundamentalmente com: a natureza dos materiais necessários à sua produção, as suas propriedades, em especial a durabilidade e performance, a amplitude da sua aplicação e, acima de tudo, os custos inerentes ao seu ciclo de vida e a sua agressividade para com o ambiente.

Função das suas características, podem considerar-se três grupos principais de betão ambiental. Por um lado, aqueles que, devido aos seus constituintes e métodos de produção melhorados, têm propriedades superiores, em especial, durabilidade. Por outro lado, aqueles que, devido ao facto de incorporarem subprodutos industriais na sua constituição, libertam o ambiente dos resíduos que, de outra forma, se descartados, teriam consequências ecológicas nefastas. E finalmente, aqueles que agregam as características dos dois grupos anteriores, concatenando excelentes características económicas e mecânicas com a capacidade de integração de detritos de actividades de produção industrial.

Concrete is, nowadays, the most common structural material used in construction. Due to its limited durability, to the extensive use of natural resources in its production and to the amount of residue generated by its use, the concrete, as known today, might not have a place in the near future, as demands for greener materials grow.

A new range of materials is, slowly but decisively, arriving. As far as concrete structures are concerned, a completely new material is unlikely to be invented and the reinvention of the traditional concrete will be the answer. The new concrete will be more sustainable, with a smaller carbon footprint and will also be easier to fabricate. At the same time, it will be cheaper and more efficient and durable.

In this article, the different members of this innovative family are presented.

Concrete can be classified as environmental when, due to multiple reasons, it has low impact on nature. The environmental quality of concrete is related fundamentally with: the nature of the materials necessary to its production; its properties, especially durability and performance; the amplitude of its application and, above all, the inherent costs of its life-cycle, and its aggressiveness in the environment.

Depending on its characteristics, three major groups of environmental concrete can be acknowledged. On one side, those that, by the use of improved constituents and production processes, reach better characteristics, in particular, durability. On the other side, those that, by incorporating industrial sub products in its constitution, liberate the environment from the wastes that, otherwise, if disposed, would have serious ecological consequences. And finally, those that aggregate the features of the two previous groups, by concatenating excellent economical and mechanical characteristics with the reuse of debris from industrialized production activities.

Avenida 5 de Outubro, 323 - 1649-011 LISBOA, Tel.: (351) 21 0125000, (351) 21 7925000, Fax: (351) 21 7970348, E-mail: coba@coba.pt - www.coba.pt

Perturbações Dinâmicas que Facilitam o Tratamento Estatístico da Resposta no Domínio da Frequência

Hydraulic Performance of Roughened Channels with Cross Beams

M. Monteiro Silva, Eng^o. Civil, Serviço de Geotecnia; Civil Engineer, Geotechnics Dept.

Congresso de Métodos Numéricos em Engenharia, 29 Junho - 2 Julho, Barcelona, Espanha
Numerical Methods in Engineering, 29 June – 2 July, Barcelona, Spain

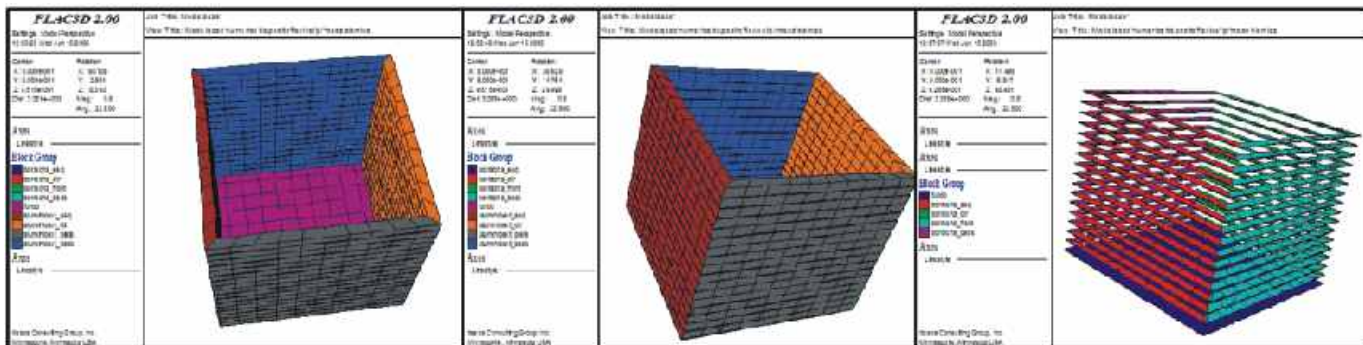
Nesta comunicação apresentam-se de forma sucinta os resultados de um estudo acerca de reservatórios especiais para solos, adequados à contenção de modelos físicos para ensaios dinâmicos em simuladores sísmicos 1g. Este trabalho foi conduzido com o objectivo de estudar experimentalmente o comportamento dinâmico de estacas de fundação em areia seca. Foi utilizado nos ensaios a areia Fontainebleau. Em particular, foi dimensionado e construído um reservatório flexível do tipo Elastic Shear Beam (ESB), assumindo um comportamento elástico linear e seguindo a experiência da Universidade de Cambridge (UK) no estudo e construção deste tipo de contentores. Este tipo de estrutura consiste na sobreposição alternada de perfis em alumínio de secção vazada e tiras de borracha flexível. Apresentam-se as análises numéricas e os ensaios experimentais realizados ao reservatório ESB construído nas situações: "vazio" e "cheio" de areia. Realizaram-se os seguintes ensaios: i) rigidez estática; ii) vibração livre com ruído ambiente; iii) ensaios dinâmicos na mesa sísmica triaxial 1g do LNEC. Este foi o primeiro reservatório flexível ESB construído em Portugal para ensaios sísmicos 1g a modelos físicos de obras geotécnicas. Na preparação dos modelos recorreu-se à técnica da pluviação a seco utilizando o chuveiro de areia do LNEC (Portugal, 1999). Associado a um ideal de condições fronteira perfeitas para estes reservatórios e procurando-se, na sua concepção, aproximar o desempenho das paredes de fundo aos conceitos enumerados por Whitman (1981, 1986), mostra-se as vantagens em utilizar fronteiras numéricas dinâmicas do tipo periódico (PCB's). Estas são amplamente utilizadas em Física na análise de problemas de dinâmica molecular (Frenkel, et al., 1996) e consistem em fronteiras cíclicas. A sua aplicação aos modelos numéricos traduz-se na criação de nós, da malha de discretização do domínio, com restrições master e slave na simulação das paredes de fundo do reservatório (Maranha, 2008). Foram também considerados elementos de viga elásticos adicionais nas extremidades do modelo, escolhendo a massa correcta, o momento de inércia e parâmetros de rigidez obtidos dos ensaios de rigidez estática. Nos modelos numéricos dos ensaios foi utilizado o modelo não linear hysterético de amortecimento proposto no FLAC (Itasca, 2000). Trata-se de uma lei não linear de variação do módulo de rigidez com a distorção, baseada no modelo de Finn (1991, 1999), e foi utilizado em associação com o critério de cedência de Mohr-Coulomb. Utilizaram-se séries de aceleração, impostas na base dos modelos, definidas por funções matemáticas Sinc(t). A vantagem teórica destas funções é terem uma amplitude espectral constante distribuída por uma banda de frequências seleccionada. Considerou-se um intervalo de frequências de 0 a 40 Hz atendendo às características mecânicas da mesa sísmica. Pretende-se com a utilização destas funções obter directamente a resposta máxima do sistema em alternativa à realização de análises estocásticas. A utilização destas funções pressupõe uma escolha adequada da banda de frequência e a consideração duma gama representativa para a aceleração máxima de pico u_g^{max} . Nos estudos experimentais foi utilizado um sistema de aquisição automática de resultados com recurso ao software LNEC – SPA. Este software em conjunto com o FLAC permitiu fazer todo o trabalho de análise e processamento de sinais.

This work presented a brief study of special soil containers for 1g shaking table tests with the goal of doing experimental observations on dynamic behaviour of pile foundations in dry Fontainebleau sand. An Elastic Shear Beam (ESB) kind deposit was mechanical designed and build assuming linear elastic behaviour and following the UK Cambridge University experience on the subject. These kind of flexible containers consist on aluminium and rubber profiles sandwich. The full numerical and experimental tests of this box empty and also full of sand were presented. The tests done were: i) static deformation; ii) free vibration under environmental noise and iii) seismic tests on 1g LNEC triaxial shaking table. This was the first ESB container build in Portugal for geotechnical physical model studies on 1g seismic simulators. For model preparation the raining technique was used (Portugal, 1999). Associated with the idea of perfect boundary conditions for this soil model containers and attempting to Whitman ideal of this kind of boxes (1981, 1986), this work showed the advantages of using numerical dynamic boundaries of periodic type (PCB's). They are usually used on Physics at molecular dynamics problems (Frenkel, et al., 1996). These cyclic boundaries consist on defining proper master and slave nodes on the numerical model mesh representing the experiments (Maranha, 2008). Additional beam elements were also considered on model endings, choosing right mass, moment of inertia and stiffness parameters representing the static ESB container test results. The hysteretic soil damping model proposed by Itasca (2000) for FLAC codes was tested. It is a non linear approach based on Finn model (1991, 1999) and was used on numerical experiments simulation in association with Mohr-Coulomb yielding criteria. Special numerical excitation series described by mathematical Sinc(t) functions were used on models base. They have the theoretical advantage of having constant spectral amplitude distributed for a chosen and limited frequency band considered to be of structural interest. Using them we can get directly the maximum system response without special stochastic studies, only with the right choosing of frequency band and considering an appropriate u_g^{max} range. An automatic acquisition system based on LNEC-SPA software was used for experimental results. Also LNEC – SPA plus FLAC software's were the main tools used for all signal processing tasks.



Reservatório do tipo Elastic Shear Beam (ESB) com estacas flexíveis modelo. Perfis de posicionamento de dispositivos de instrumentação e sistema de garantia de verticalidade das estacas no MODELO 3

ESB container with aluminium flexible model piles, instrumentation profiles and piles position system (MODEL 3)



Reservatório do tipo Elastic Shear Beam (ESB) Modelo 3D - Elastic Shear Beam (ESB) - container 3D model