

Rui Apolinário, Eng.º Civil, Serviço de Recursos Naturais e Equipamentos; Civil, Engineer, Natural Resources and Equipments Dept.

Na avaliação de caudais de ponta de cheia, várias vias têm sido seguidas, em função das circunstâncias da informação disponível, dos objectivos de análise e da amplitude da extrapolação que tem de ser levada a cabo. Quando se tem acesso a registos de caudais máximos históricos, é procedimento comum estimar os caudais de dimensionamento, para períodos de retorno T elevados, utilizando o melhor ajuste dos valores a funções de distribuição estatísticas teóricas. O presente artigo apresenta uma via alternativa em que se ajustaram leis de potência a valores observados de séries de duração parcial de caudais médios diários elevados, Q , e deste modo, inferir acerca da sua frequência, em funções do tipo $Q \sim T^\alpha$. As leis de potência são casos particulares das distribuições de Lévy-estável e apresentam caudas "grosas" para valores de α inferiores a 2. Aplicou-se esta metodologia a cinco rios portugueses com bacias de drenagem variando entre 140 e 91 500 km². Obtiveram-se valores de α entre 0,48 e 0,73.

The correct assessment of floods is vital for planning and construction of hydraulic structures. In the peak flows assessment many different methods have been utilized, according to the available data, the purposes of the analysis and the amplitude of the extrapolation that should be carried. When historical records of peak floods are available, it is a common procedure to assess the design peak floods using known theoretical statistical distributions for large return periods, T . The present paper presents an alternative procedure in which the historical data of partial duration of daily peak flows, Q , are adjusted to power laws and then its frequency can be deduced using an expression of type $Q \sim T^\alpha$. Power laws are particular cases of Lévy-stable distributions and they present heavy tails for α values minor to 2. We applied this procedure in five Portuguese rivers with catchments areas between 140 and 91 500 km². We obtained α values between 0.48 and 0.73.



XIV Encontro Nacional de Saneamento Básico / XIV Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (SILUBESA), 27-29 Outubro, Porto, Portugal
XIV National Conference on Water and Waste Water / 14 Luso-Brazilian Symposium on Sanitary and Environmental Engineering, 27-29 October, Porto, Portugal

ETA de S. Jorge: da Concepção à Construção

S. Jorge Water Treatment Plant: From Design to Construction

Pedro Bastos, Eng.º Biológico; Biological Engineer, Águas do Noroeste, S.A.

Liliana Afonso, Eng.ª Biológica; Biological Engineer, Águas do Noroeste, S.A.

Ana Braga, Eng.ª do Ambiente, Serviço de Recursos Naturais e Equipamentos; Environmental Eng., Natural Resources and Equipments Dept., COBA.

A ETA de S. Jorge é uma das últimas grandes instalações de tratamento construídas em Portugal. Em pleno funcionamento permitirá abastecer em alta cerca de 250 000 consumidores do Alto Minho. A sua construção, consagrada no Contrato de Concessão celebrado em 2000 entre o Estado Português e a Águas do Minho e Lima, visa satisfazer as carências de abastecimento de água na região.

Os estudos iniciaram-se com a elaboração de relatórios preliminares para definição técnica do Sistema Multimunicipal. Em 2001, iniciou-se um programa de caracterização da qualidade da água bruta com vista à definição das etapas de tratamento a adoptar.

Em 2005 a empresa projectista COBA foi seleccionada para desenvolver o projecto base da ETA com uma capacidade de 500 l/s. Foram realizados ensaios de tratabilidade que, em complemento com o controlo analítico, conduziram à solução que viria a ser implementada pelo consórcio construtor Monte Adriano/Degrémont.

A obra decorreu entre 2006 e 2009, encontrando-se a instalação presentemente em fase de exploração.

A gestão da ETA passou para a Águas do Noroeste em Março de 2011, abastecendo, de forma fiável e com qualidade adequada, parte significativa da área de atendimento afectada ao Subsistema de Abastecimento de Água de S. Jorge.

The S. Jorge water treatment plant is one of the largest treatment infrastructures built in Portugal in the last years. In full operation it will enable to supply some 250.000 consumers in the High Minho region. Its construction, according to the Concession Contract signed between the Portuguese Government and Águas do Minho e Lima, S.A., had the purpose to meet with water supply shortages in the region.

The studies started with the preparation of preliminary reports for the technical definition of the Multimunicipal System. A program for the characterization of raw water quality started in 2001 in view of the definition of the treatment stages to adopt.

In 2005, the engineering consultancy company COBA was selected for the elaboration of the basic design of the water treatment plant for a flow of 500 l/s. Treatability tests, complemented by the analytical control, then carried out led to the solution that was later implemented by the contractor consortium Monte Adriano/Degrémont.

The construction took place between 2006 and 2009. At present, the plant is in operation.

The infrastructure management is in charge of the Águas do Noroeste since March 2011 and will supply reliable and good water quality to a significant part of the area covered by the S. Jorge Water



Projecto e Aspectos Construtivos do Túnel do Seixo Alvo na Concessão Douro Litoral

Design and Construction Aspects of the Seixo Alvo Tunnel in the Douro Litoral Highway Concession

Raúl Pistone, Eng.º Geólogo, Director Serviço Geotecnia; *Geological Engineer, Director Geotechnics Dept.*

Luís Gonçalves, Geólogo; *Engineering Geologist, DLACE*

Jorge Bento, Eng.º Geólogo, Serviço de Geotecnia; *Geological Engineer Geotechnics Dept.*

Mónica Silva, Eng.ª Civil, Serviço de Geotecnia; *Civil Engineer, Geotechnics Dept.*

Filipa Cacilhas, Geóloga, Serviço de Geotecnia; *Engineering Geologist, Geotechnics Dept.*

A rede de Auto-Estradas da Concessão Douro Litoral inclui dois túneis rodoviários: Seixo Alvo e Covelo, com galerias gémeas unidireccionais de grande secção (157 m²) e vão de 16,5 m, albergando uma plataforma rodoviária de 13 m de largura. O Túnel do Seixo Alvo (Vila Nova de Gaia), com 310 m de comprimento, desenvolve-se no atravessamento da localidade com o mesmo nome, interessando micaxistos estaurolíticos, de aspecto migmatítico e gneissóide e ainda filões de quartzo abundantes. Dada a envolvente urbana, houve que otimizar o traçado, evitando a passagem sob habitações na vertical do túnel. A implantação dos emboquilhamentos foi condicionada quer pela presença de habitações quer por materiais de aterro, tendo as soluções de geometria e de suporte sido adaptadas às referidas condicionantes. Tratando-se de uma zona de elevada densidade populacional, a água presente no maciço é explorada para consumo doméstico e rega, sendo frequente a presença de antigas minas de água, tendo o projecto que lidar com algumas, cujo alinhamento se suspeitava pudesse intersectar o túnel.

The Douro Litoral Motorway Concession includes the Seixo Alvo and Covelo tunnels, two unidirectional twin tunnels with large sections of 157 m² and span of 16,5 m accommodating a 13 m wide platform. The Seixo Alvo tunnel (Vila Nova de Gaia) has a length of 310 m, crossing zones of staurilite mica-schists of migmatite-gneiss aspect as well as abundant quartz veins. As the tunnel is in an urban area, the design had to prevent the tunnels to pass under the buildings. The portals location was constrained by the existing buildings and also the existence of landfill materials; therefore, the geometric and support solutions had to be adjusted accordingly. Given the high-density population, underground water is pumped from old galleries for domestic and irrigation purposes. The presence of those galleries in this area was also a major issue in the design, essentially some of them whose alignment was suspected to intersect the tunnels.



Estudo Geotécnico da Central em Caverna para o Projecto do Reforço de Potência do Aproveitamento Hidroeléctrico de Salamonde

Geotechnical Study of the Powerhouse Cavern for the Salamonde Hydroelectric Repowering Project

Raúl Pistone, Eng.º Geólogo, Director Serviço Geotecnia; *Geological Engineer, Director Geotechnics Dept.*

Mónica Silva, Eng.ª Civil, Serviço de Geotecnia; *Civil Engineer, Geotechnics Dept.*

Celso Lima, Eng.º Civil; *Civil Engineer, EDP Produção*

Jorge Bento, Eng.º Geólogo, Serviço de Geotecnia; *Geological Engineer, Geotechnics Dept.*

Nadir Plasencia, Geóloga; *Engineering Geologist, EDP Produção*

Sandra Oliveira, Eng.ª Geóloga, Serviço de Geotecnia; *Geological Engineer, Geotechnics Dept.*

Na envolvente do Parque Natural da Serra do Gerês no concelho de Vieira do Minho (Portugal) a EDP está a iniciar a construção de um novo complexo hidroeléctrico subterrâneo localizado na margem esquerda do rio Cávado. Este novo empreendimento consiste no reforço de potência do actual aproveitamento hidroeléctrico de Salamonde, em funcionamento desde 1953 como escalão pertencente ao sistema Cávado-Rabagão-Homem e corresponde a um aumento da produção de energia em cerca de 76 GWh/ano. Este reforço engloba a construção de uma central subterrânea, em caverna, com cerca de 165 m de recobrimento no maciço granítico do Gerês. Resume-se neste artigo o estudo geotécnico desenvolvido e o projecto de escavação e suporte da central. Aborda-se o controlo de qualidade previsto para a fase de construção e a análise de risco da fase de projecto.

Near the Parque Natural da Serra do Gerês in Vieira do Minho region (Portugal), EDP is going to build a new hydroelectric complex located at the left Cávado river banks. This new hydro-power plant is an upgrade of the actual Salamonde hydroelectric step functioning since 1953 and belonging to the Cávado-Rabagão-Homem system. This upgrade corresponds to an energy improvement of 76 GWh/year. Part of this upgrade consists of the construction of a cavern for the large underground powerhouse under 165 m overburden, situated on the Gerês granitic rock mass. This paper summarizes the geotechnical study developed and the cavern excavation and support design. The quality control approach for the construction phase and the project risk analysis are also presented.

A. Oscar Liberal, Eng.º Civil; *Civil Engineer*, EDP Produção

J. Lopes Alves, Eng.º Civil; *Civil Engineer*, EDP Produção

V. Ribeiro, Eng.º Civil; *Civil Engineer*, EDP Produção

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

Entre outros, a EDP tem em curso o reforço de potência dos aproveitamentos de Alqueva, no rio Guadiana (sudeste de Portugal), com vista à duplicação da sua potência de 256 para 512 MW, e de Salamonde, no rio Cávado (Norte de Portugal), para aumento da sua potência de 42 para 251 MW.

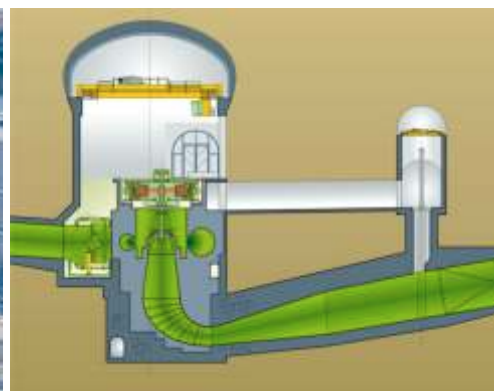
O projecto de Alqueva II está em construção desde Setembro de 2008, esperando-se a sua conclusão para a segunda metade de 2012. Envolve, como principais infra-estruturas, o circuito hidráulico, formado por dois túneis com 360 e 387 m e um diâmetro interior de 8,50 m, e a central com 2 grupos Francis reversíveis, com potência total de 2*128 MW (turbina) e um caudal equipado de 2*200 m³/s em turbinamento.

O projecto de Salamonde II encontra-se em fase de obra, prevendo-se a sua entrada em serviço na segunda metade de 2015. Inclui como principais elementos: o circuito hidráulico subterrâneo com 2200 m de extensão, a central em caverna equipada com um único grupo reversível com 209 MW de potência e um caudal nominal de 200 m³/s, a subestação ao nível do solo e um edifício de apoio.

Two new upgrade projects are being carried out by EDP: Alqueva II, in the Guadiana river (southeast of Portugal), which will double the initial installed capacity from 256 to 512 MW, and Salamonde II, in Cávado river (North of Portugal), that will increase the installed capacity from 42 to 251 MW.

*Alqueva II project is under construction since September 2008, and is planned for completion in the second half of 2012. Its main structures are two separate underground hydraulic structures with 360 and 387 m and inner diameter of 8,5 m, the power house equipped with two Francis reversible units, with a total capacity of 2*128 MW (turbine) and a turbine rated flow of 2*200 m³/s.*

Salamonde II project is under construction and the start of commercial operation is envisaged for the second half of 2015. It includes as main elements: an underground hydraulic structure with a length of 2200 m, the power house in cavern, equipped with a single reversible unit with a capacity of 209 MW, a nominal flow of 200 m³/s, a ground level substation and the support building.



Encontro Nacional sobre o **Espaço Subterrâneo e a sua Utilização**,
18-19 Novembro, Lisboa, Portugal
Portuguese Conference on the Use of the Underground Space,
18-19 November, Lisbon, Portugal

Supporte de Escavações: Soluções com Pregagens

Excavation Support: Nail Solutions

Sandra Ferreira, Eng.ª Civil, Serviço de Geotecnia; *Civil Engineer, Geotechnics Dept.*

Raúl Pistone, Eng.º Geólogo, Director do Serviço de Geotecnia; *Geological Engineer, Director Geotechnics Dept.*

No suporte de estruturas subterrâneas, incluindo emboquilhamentos, assim como em escavações de taludes a céu aberto, encontra-se amplamente difundido o uso de pregagens como elementos de estabilização/reforço de maciços rochosos e terrosos. Actualmente, a normativa para execução de pregagens é escassa. Quando existentes, os ensaios de pregagens são especificados em função de cada utilização prevista, dos meios disponíveis e da sensibilidade das entidades envolventes. Em geral, as questões de durabilidade são marginalizadas, sendo a protecção contra a corrosão diminuta. Pretende-se com este trabalho contribuir para uma melhor prática de aplicação destes elementos como solução de engenharia.

In underground structure support, including portals, as well as in slope excavations, nails are widespread used as elements for stabilisation/reinforcement of rock mass and soils. Nowadays codes of practice, standards for nails are scarce. When existing, nail testing is specified particularly for each site, using of available means and the sensitivity of the involved staff. In general, issues of durability are negligible and the corrosion protection minimized. The purpose of this work is to contribute to a better practice of these elements as an engineering solution.



6.ª Conferência Internacional de Engenharia de Barragens, 15-17 Fevereiro, Lisboa, Portugal
6th International Conference on Dam Engineering, 15-17 February, Lisbon, Portugal

Planos de Acção de Emergência Interna de Barragens Aplicação à Barragem de Aterro de Odelouca

Internal Emergency Action Plans for Dams Application to the Odelouca Earthen Dam.

Mário J. Franca, Eng.º Civil; *Civil Engineer*, Tetraplano (Grupo COBA) • **Ana Quintela**, Eng.ª Civil; *Civil Engineer*, Tetraplano (Grupo COBA)
Miguel Gamboa, Geógrafo, Consultor; *Geographer, Consultant* • **Carla Cupido**, Eng.ª Civil; *Civil Engineer*, Águas do Algarve
Marisa Viriato, Eng.ª do Ambiente; *Environmental Engineer*, Águas do Algarve • **João Sousa**, Eng.º Civil; *Civil Engineer*, Águas do Algarve
Rui Ferreira, Eng.º Civil, Professor Auxiliar; *Civil Engineer, Assistant Professor*, IST

O Regulamento de Segurança de Barragens (RSB) prevê a classificação das barragens em três classes em função dos danos potenciais associados. Para barragens da Classe I, correspondentes ao risco máximo, determina a elaboração do Plano de Emergência Interno (PEI) que contempla aspectos de segurança relativos à barragem, albufeira e zona próxima do vale a jusante, designada por Zona de Auto-Salvamento (ZAS), sendo a sua elaboração responsabilidade do Dono de Obra. O PEI enquadra e orienta as acções a tomar pelo Dono de Obra face a situações que coloquem em risco a segurança da barragem e do vale a jusante. O PEI da barragem de Odelouca, barragem de aterro com 76 m de altura e volume armazenado de 157 hm³, foi estabelecido ao longo de 17 km a jusante da barragem, onde habitam cerca de 110 residentes. A elaboração do PEI integrou as orientações mais recentes das entidades de protecção civil e assentou em duas importantes premissas: adequada caracterização do vale, baseada em levantamentos de campo, e apropriada simulação numérica da cheia provocada pela ruptura da barragem, com modelos avançados fisicamente baseados para simulação da formação da brecha e da propagação da onda de cheia no vale (RoDaB e STAV). Apresentaram-se as directivas seguidas na caracterização do vale, na modelação numérica da ruptura e da onda de cheia, o mapa de inundação e as principais características do plano de acção do PEI.

Portuguese regulation classifies large dams in three classes according to the risk in the downstream valley. To Class 1 dams, corresponding to the maximum risk, an Internal Emergency Action Plan (IEP) regarding the reservoir and to the area nearby the downstream valley is required to dam owners. The information contained in the IEP constitutes the main guidelines to dam owner when facing adverse situations which may cause consequences to the dam itself and to the downstream valley. Odelouca dam in Algarve, recently built, is a 76 m high earthen dam with a storage capacity of 157 hm³. An internal emergency plan was established for the first 17 km downstream the dam where about 110 persons lives. The elaboration of IEP for Odelouca dam followed novel directives from national civil protection authorities and it was based on two important premises: i) an adequate valley characterization based on an intensive valley survey and, ii) a solid numerical simulation of flood in case of dam break made with up-to-date physical based breaching and wave propagating models, RoDaB and STAV. In the present communication the key directives followed in the valley survey, the numerical modeling of the dam breaching and consequent flood, extracts of the flood risk maps and the main features of the action plan were presented.

BE2010 Encontro Nacional Betão Estrutural, 10-12 Novembro, Lisboa Portugal
BE2010 Encontro Nacional Betão Estrutural, 10-12 Novembro, Lisboa Portugal

Carga Última de Lajes de Tabuleiro de Pontes sob Cargas Concentradas

Shear Strength of Reinforced Concrete Bridge Deck Slabs



Betão Estrutural 2010

Rui Rodrigues, Eng.º Civil; *Dr. Civil Eng., COBA*
Miguel Fernández Ruiz, Eng.º Civil; *Dr. Civil Eng., Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne*
Aurelio Muttoni, Eng.º Civil; *Prof. Dr. Civil Eng., Prof. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne*

As lajes de pontes em betão armado sem armaduras de esforço transversal podem ser solicitadas por cargas elevadas, concentradas ou uniformemente repartidas. Sob estas cargas, a ductilidade da estrutura não está sempre garantida. Em particular, a capacidade de deformação das lajes sem estribos pode ser limitada por uma rotura por esforço transversal ou punçoamento, sem que a carga de rotura por flexão seja alcançada. O presente estudo aborda esta problemática na sua vertente experimental através de ensaios de grandes dimensões, e na sua vertente teórica através da modelação física e numérica. Apresentam-se os resultados de ensaios realizados pelos autores em consolas de pontes de verdadeira grandeza (Fig. 1) e discute-se o comportamento frágil destes elementos, com base em modelos não lineares. A metodologia apresentada permite uma avaliação rigorosa da carga de ruptura, validada experimentalmente, integrando no cálculo aspectos não considerados pelo EC2 como a influência da não linearidade estrutural ou do encaminhamento das cargas. O modelo de elementos finitos não linear apresentado é adequado para calcular os deslocamentos e rotações das lajes de tabuleiros de pontes, sendo que as cargas de ruptura por punçoamento ou esforço transversal são correctamente avaliadas com base em critérios de ruptura da CSCT (Critical Shear Crack Theory), sendo esta última adoptada pelo Model Code 2010 para a formulação da resistência ao punçoamento.

Reinforced concrete bridge deck slabs without shear reinforcement can be subjected to concentrated or distributed loads of important magnitude. Under these loads their structural response is not always ductile. In particular under concentrated loads their deformation capacity can be limited by shear or punching shear failures, which prevent them from reaching the ultimate load predicted by pure flexural analysis. This problem has been studied in this research by means of an important experimental program and theoretical modeling. The limited ductility of bridge decks was investigated by means of full scale tests on bridge deck cantilevers under groups of concentrated loads. Six large scale laboratory tests were performed on bridge deck cantilevers (Fig. 1). All slabs failed in a brittle manner, in shear or punching shear. The theoretical flexural failure load estimated using the yield-line method was never attained. A non linear finite element model was implemented during this work and used to correctly predict the measured rotations and load-displacements curves of the tested cantilevers and other full scale tests performed by other researchers. The measured failure loads are accurately estimated by using the results of the non-linear model and punching shear criteria proposed by CSCT (Critical Shear Crack Theory), adopted by Model Code 2010 for punching shear strength.



Figura 1: Ensaios de laje de tabuleiro de ponte (consola), submetidas à acção de cargas concentradas (Ensaio DR1).
 Figure 1: Full scale test of bridge deck cantilever. Shear failure under concentrated loading (DR-1 test) was reported.