

AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS UMA COMPARAÇÃO ENTRE AS ABORDAGENS BRITÂNICA E PORTUGUESA

Martin S WEST⁽¹⁾; J COSTA MIRANDA⁽²⁾; Eduarda MATOS⁽³⁾

RESUMO

Assegurar a segurança de barragens é uma condição de extrema importância a observar, dadas as consequências que podem resultar em situações de ruptura ou acidente grave, em termos de perda de vidas humanas e elevados custos económicos. Esta comunicação surge em resposta a modificações recentes na forma como em Portugal se procede à avaliação da segurança de barragens. Nela analisam-se as semelhanças e diferenças entre as abordagens portuguesa e britânica desta actividade e apresentam-se justificações culturais, históricas e ambientais para as discrepâncias encontradas.

Assim, após uma breve introdução sobre a legislação existente nos dois países, descrevem-se as diferenças relacionadas com a forma como no Reino Unido se dá ênfase às questões decorrentes da aplicação da lei enquanto que em Portugal se assiste a uma predominância das considerações de natureza técnica sobre as questões jurídicas. A legislação britânica é mais exigente no que respeita à segurança das pessoas (trabalhadores na barragem e público em geral) e em alguns aspectos de engenharia- por exemplo, no caso dos caudais de dimensionamento dos descarregadores de cheia e apresenta padrões de dimensionamento para o caudal de base a considerar aquando da ocorrência da cheia de projecto, assim como para a folga mínima a ter em conta no caso da acção da ondulação provocada pelo vento. Em Portugal, a lei contém regulamentação específica bastante desenvolvida, nomeadamente no que respeita à ocorrência de fenómenos sísmicos, em resposta ao elevado grau de vulnerabilidade do país em relação a este tipo de situações, estipulando-se os eventos após os quais se devem proceder a inspecções de segurança.

A existência de barragens relativamente recentes e a construção de um grande número de barragens de betão em Portugal e ainda a pouca tradição de executar sistematicamente trabalhos de manutenção contrasta fortemente com a prática britânica e com a predominância de barragens de aterro no Reino Unido, algumas delas centenárias, tal constituindo as principais razões subjacentes às diferenciações existentes entre as metodologias adoptadas nos dois países.

Em casos de transferência de metodologias de abordagem entre países, é pois absolutamente necessário ter em consideração as características específicas de cada país, que são resultado de diferenças culturais, históricas e ambientais, assim como avaliar o seu impacto na formulação da abordagem a adoptar.

Palavras chave: *segurança de barragens, legislação, Portugal, Reino Unido, inspecção, barragens*

⁽¹⁾ Engenheiro Civil, Consultor, WS Atkins (Portugal), BSc (hons), MSc, PhD, DipEM, CEng, MICE, MIMgt

⁽²⁾ Engenheiro Civil, Chefe de Divisão, W S Atkins (Portugal)

⁽³⁾ Engenheira Civil, Hidráulica, W S Atkins (Portugal)

1 – INTRODUÇÃO

Recentemente, e pela primeira vez em Portugal, e na sequência da publicação do Decreto- Lei que define as responsabilidades das entidades oficiais nesta área, foram lançados concursos públicos visando a avaliação das condições de segurança de algumas barragens portuguesas. Anteriormente, este tipo de avaliações era conduzido, essencialmente, por três entidades com atribuições neste domínio: Instituto da Água (INAG), Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e Electricidade de Portugal (EDP). Do ponto de vista dos autores desta comunicação, esta nova abordagem conduziu a um aumento imediato do empenho e interesse da comunidade técnica por este tipo de estudos, proporcionando, em simultâneo, uma excelente oportunidade para a introdução de novas ideias e abordagens, que devidamente enquadradas no contexto dos padrões estipulados pela legislação portuguesa, poderão conduzir à obtenção de condições de segurança acrescidas nas barragens em território português.

Tentando contribuir para esta evolução, nesta comunicação estabelece-se uma comparação entre a natureza e conteúdo da legislação portuguesa e britânica sobre a matéria, tendo por base a experiência da equipa técnica da WS Atkins (Portugal) - constituída por técnicos de ambas nacionalidades - que tem, actualmente, a seu cargo a avaliação de segurança de três barragens portuguesas.

Assim, apontam-se as diferenças mais significativas entre as duas abordagens previstas, tentando-se explicar as razões (culturais, técnicas e ambientais) de tal diferenciação. O objectivo desta comunicação é a apresentação de um resumo das diferenças mais significativas existentes entre as abordagens portuguesa e britânica, resumo este que acreditamos ser de utilidade para as entidades interessadas nesta matéria e para as outras equipas técnicas, e esperando assim contribuir para a valorização da importância da avaliação da segurança de barragens na redução do risco associado à ruptura destas estruturas.

1.1 - Rupturas de barragens no passado

Desde os primórdios da história da Humanidade que a segurança de barragens tem sido alvo de preocupações. De acordo com JANSEN (1980), uma das barragens mais antigas do mundo, construída há mais de 5000 anos, encontra-se localizada em Wadi el-Garawi no Egipto, a cerca de 32 km a sul da cidade do Cairo. Imediatamente após a sua construção, a referida barragem sofreu, devido ao galgamento da sua parte central pelas águas das cheias, uma ruptura parcial que removeu uma parte importante da sua estrutura. Tudo leva a indicar, que os projectistas daquele tempo não previram a necessidade de um descarregador de cheias dimensionado para os caudais torrenciais decorrentes em regiões áridas como a em questão. Algo de semelhante se registou em Portugal na antiguidade, onde se encontram vestígios de diversas barragens romanas, que pela inexistência de órgãos de descarga de cheias foram destruídas por rotura do respectivo corpo, provavelmente devido a galgamento do seu corpo em situações de cheia.

Mais recentemente, no século XX (e até 1980) de acordo com estudos efectuados a nível mundial, cerca de 200 barragens entraram em ruptura com consequências catastróficas, tendo morrido mais de 8000 pessoas em tais desastres.

O crescente desenvolvimento e o aumento das densidades populacionais em áreas a jusante de barragens e o aumento da utilização dos planos de água para actividades de lazer e recreio conduz a uma crescente necessidade de se estar atento e de se evitar a exposição das

populações a níveis inaceitáveis de risco. Por outro lado, as próprias populações vão-se encontrando progressivamente melhor informadas e mais dispostas para as questões ambientais e de segurança (responsabilizando o dono da infra-estrutura pelo eventual não cumprimento de todos os preceitos de segurança), tal significando que o nível aceitável de risco tenderá a ser analisado por um número crescente de pessoas e, em consequência, as exigências em termos de segurança tenderão a aumentar no futuro.

1.2 - Semelhanças e diferenças entre os dois sistemas de inspecção

A comparação das práticas de engenharia em países distintos requer, em primeiro lugar, uma análise das semelhanças e diferenças entre os próprios países em termos culturais, históricos, políticos e ambientais. São estes aspectos que definem o enquadramento em que a legislação é desenvolvida num dado país, e que constituem obstáculos importantes quando se tenta aplicar noutro país, e sem os devidos ajustamentos, um sistema que funciona bem no país de “origem”.

A semelhança mais importante entre os sistemas de inspecção de barragens português e britânico consiste no facto de que ambos os sistemas terem sido desenvolvidos através da combinação da experiência nacional e de directrizes internacionais, e de estas por sua vez terem sido desenvolvidas a partir das “melhores práticas” e desastres registados a nível mundial.

As diferenças mais significativas encontram-se relacionadas com o historial do desenvolvimento e as características principais das barragens existentes em cada país, com os riscos ambientais a que as barragens estão expostas, e com a abordagem normalmente aí adoptada na disseminação de directrizes e na execução de legislação.

No Reino Unido, existem cerca de 2.500 barragens com dimensão suficientemente grande para se encontrarem abrangidas pela legislação aplicável sobre inspecção de barragens. Destas, 80% são barragens de aterro e metade tem mais de cem anos. Em contrapartida, Portugal tem cerca de 100 barragens que foram classificadas pela “Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens”, das quais a mais antiga tem menos de 80 anos, 50% só entraram em actividade a partir de 1971 e há um número significativo de barragens em betão (PNCLD, 1992). Desta situação resulta que em Portugal foram utilizadas tecnologias mais modernas quer de projecto, quer de construção, embora a experiência existente esteja predominantemente orientada para barragens de betão. Assim, a nível de projecto, foram considerados aspectos técnicos já bastante “avançados” tais como a análise do comportamento das barragens sob a acção da água, através, entre outros, do estudo dos escoamentos através de modelos hidráulicos físicos e a consideração dos gradientes de pressão hidráulica no dimensionamento do corpo da barragem.

Devido a estes factos a investigação feita neste âmbito no Reino Unido esta mais relacionada com a segurança das barragens existentes do que com novas, dado que apenas um número muito reduzido de barragens se encontram planeadas para os próximos dez anos, podendo mesmo neste momento não decorrer qualquer construção neste âmbito (ICE, 1995). Em Portugal, 11% das barragens foram concluídas desde 1991 (PNCLD, 1992), encontrando-se em várias em construção, destas pela sua importância refere-se a barragem de Alqueva.

Conforme já foi referido, a grande maioria das barragens britânicas são de aterro, pelo que a maioria dos estudos realizados até à data se encontram directamente relacionados com o

comportamento deste tipo de estruturas a longo prazo e em situações de cheias (ICE, 1995). Neste aspecto nomeadamente estuda-se o risco de galgamento em condições de cheia, que poderá conduzir a rupturas parciais ou totais. O sistema português de segurança de barragens, por seu lado, engloba uma componente muito forte relativa aos efeitos sísmicos, para além das restantes disciplinas relevantes. As implicações destas “grandes” diferenças são discutidas nos capítulos que se seguem.

Complementarmente às inspeções referentes aos aspectos estruturais e funcionais destas infra-estruturas, em Inglaterra, nesta actividade há ainda a preocupação de verificar se a infra-estrutura cumpre todos os requisitos legais referentes à segurança, higiene e saúde quer dos trabalhadores da barragem, quer do público em geral que a ela acorre. Em Portugal, embora exista abundante legislação nesta área, este aspecto não tem sido objecto de análise detalhada neste âmbito.

2 - A LEGISLAÇÃO PORTUGUESA

Em Portugal, os principais requisitos aplicáveis ao projecto e inspecção de barragens encontram-se definidos no Decreto-Lei 11/90, de 6 de Janeiro, sobre o Regulamento de Segurança de Barragens, e aplicam-se às barragens que tenham:

- >15m de altura (da fundação ao coroamento)
- < 15m de altura, caso a capacidade da albufeira exceda os 100.000m³
- qualquer barragem que a entidade responsável considerar apresentar um risco elevado.

As entidades com a responsabilidade de aplicação da legislação existente são o INAG, o LNEC, o Serviço Nacional de Protecção Civil, o dono da obra e a Comissão de Segurança de Barragens. O INAG é o organismo da administração central com competência de controlo de segurança de barragens recebendo a designação de Autoridade. A legislação inclui um glossário de termos e especifica requisitos vários em termos de projecto e planos de monitorização durante o tempo de vida da barragem, para além de aspectos de segurança a ter em consideração durante a fase de construção, primeiro enchimento, exploração, abandono e demolição.

Apesar de se dar especial atenção a barragens novas, reflectindo o elevado número de barragens construídas durante os anos 90, a legislação obriga também as barragens anteriores a essa data.

Durante a fase de construção, o Regulamento requer a existência de um “livro técnico da obra”, no qual se deverá registar, para além do projecto de execução, o que foi construído e respectiva justificação, um resumo dos factores ambientais com maior relevância para o projecto (geologia, dados de precipitação e caudais de cheia, sismicidade) e os relatórios preparados durante as inspeções de segurança subsequentes, assim como registar alterações ao projecto inicial e/ou da obra após construção. Este tipo de registos constituirá uma peça fundamental no futuro, à medida que as barragens forem envelhecendo e as inspeções de segurança identificarem situações anómalas, a requerer uma análise mais detalhada⁽ⁱ⁾.

O Decreto- Lei 11/90 foi regulamentado através de duas Portarias (Port. nº 846/93 e 843/93, de 10 de Setembro), portarias estas que constituem documentos técnicos detalhados a

⁽ⁱ⁾ Se estes registos existissem para as barragens mais antigas, em especial para as barragens de aterro britânicas, as inspeções hoje efectuadas a tais barragens seriam bem mais precisas e fiáveis.

aplicar no projecto de novas obras e na inspecção de barragens existentes, fornecendo informação importantíssima para o trabalho de projectistas e empreiteiros de barragens. Estas incluem, por exemplo, normas específicas sobre a forma de utilização do betão durante a fase de construção, as acções térmicas no corpo da barragem e as acções sísmicas a considerar no dimensionamento das obras.

A legislação Portuguesa referente à segurança, higiene e saúde no local de trabalho, quer nacional, quer a decorrente das directivas comunitárias, é abundante e encontra-se dispersa por diversos diplomas (por exemplo, os Dec- lei nº 347/93, 348/93, 26/94) e, de igual forma, a legislação/directivas quanto á segurança do público em geral também já é significativa e consta de diversos diplomas (por exemplo o REGEU e o Dec- lei nº123/97).

3 - A LEGISLAÇÃO BRITÂNICA

O primeiro documento legislativo específico sobre segurança de barragens publicado no Reino Unido foi o “Reservoir (Safety Provision) Act” de 1930, que foi preparado em resposta à ruptura de duas barragens em 1925, que causaram a morte de 16 pessoas e, conduziram a uma onda de preocupação sobre a segurança das populações localizadas a jusante de barragens (BINNIE, 1997). Contudo, a legislação então publicada apresentava duas deficiências fundamentais: 1) carecia da identificação da entidade responsável pela verificação de que a legislação estava a ser cumprida e 2) requeria a realização de inspecções formais apenas de 10 em 10 anos (não existindo portanto uma monitorização do comportamento da barragem no período decorrente entre inspecções). Estas deficiências foram subsequentemente corrigidas com a publicação de legislação actualizada em 1975.

3.1 - “The Reservoirs Act 1975”

Este documento legislativo determina que todas as barragens ou infra-estruturas de armazenamento com a capacidade de armazenar mais de 25.000 m³ acima do nível do solo, encontram-se abrangidas pela legislação. Descreve igualmente as atribuições da autoridade responsável pela aplicação da lei, do dono da obra e dos dois técnicos responsáveis pelas acções de inspecção (*inspecting engineer*) e supervisão do comportamento da obra (*supervising engineer*).

Os “*inspecting engineers*” são nomeados pelo Governo britânico de entre um colégio de técnicos, seleccionando após a realização de uma avaliação das suas capacidades pelo “Dam Engineers Panel” da Institution of Civil Engineers. Cada nomeação é válida por um período de 5 anos, após o qual o engenheiro deverá recandidatar-se a nova “nomeação”. O “*inspecting engineers*” tem sob a sua responsabilidade a supervisão da construção de barragens e a condução de inspecções formais. Estas inspecções deverão decorrer com intervalos máximos de 10 anos. Na opinião de alguns peritos na matéria, é este sistema de nomeação que constitui a pedra basilar para a implementação correcta da legislação.

O “*supervising engineer*” está encarregue do acompanhamento da exploração e da monitorização da obra e sua área envolvente, actividade que desenvolve com uma maior frequência (através da medição diária do nível da água na albufeira e da pluviosidade, por exemplo) e de preparar um relatório anual indicando as alterações ocorridas quer na infra-estrutura, quer na exploração, que possam ter impacte na segurança da barragem e das populações e bens materiais a jusante.

Actualmente, cabe à autoridade do “poder local” com jurisdição na área de localização da barragem assegurar a aplicação da legislação. Os poderes atribuídos a esta autoridade estão bem evidentes no que se exemplifica de seguida:

- no caso da ausência de nomeação de um *inspecting engineer*, a autoridade pode requerer ao dono da obra, a sua nomeação no espaço máximo de 28 dias. Em caso de não cumprimento, autoridade procederá à nomeação do mesmo directamente e, posteriormente, ser reembolsada pelo dono da obra dos montantes dispendidos;
- nas situações em que a barragem não respeite as condições de segurança, a autoridade tem poderes que lhe permitem levar cabo as obras de protecção necessárias e, posteriormente, ser reembolsada pelo dono da obra dos montantes dispendidos;
- a autoridade tem livre acesso para inspecionar ou levar a cabo as obras necessárias para assegurar as condições de segurança da barragem.

A legislação foi redigida de forma a concentrar a sua aplicação na fiscalização da segurança de barragens existentes e na certificação de barragens após a construção ou a execução de modificações. De facto, todas as recomendações efectuadas pela autoridade que visem o aumento da segurança são reconhecidas como lei e devem, por conseguinte, ser implementadas de acordo com o estabelecido na legislação (ICE, 1995). Estabelece também responsabilidade criminal individual do dono da infraestrutura, nos casos de incumprimento do legislado, classificando o seguinte como actos criminosos:

- não acatamento das instruções dadas pela autoridade;
- prestação deliberada de informações falsas;
- falta de notificação da autoridade em casos em que tal é obrigatório, como por exemplo de modificações efectuadas à obra.

Todavia, a legislação não define, propositadamente, os aspectos a serem considerados pelo *inspecting engineer*, deixando-os ao critério de documentação técnica preparada por instituições científicas acreditadas como sejam a “Institution of Civil Engineers”, “Building Research Establishment” e outras organizações da mesma natureza.

Cada manual técnico é preparado por uma comissão de engenheiros com experiência em segurança de barragens e contém indicações específicas relativas a projecto, construção, exploração e ruptura de barragens, mas não carece de aprovação pelos órgãos legislativos ou publicação sob a forma de documento oficial. Esta situação confere a possibilidade destes documentos não terem de ser genéricos e poderem conter explicações detalhadas dos aspectos técnicos e ilustrações gráficas e Quadros, para além de incluírem referências bibliográficas que possibilitam a consulta de assuntos técnicos em maior profundidade. Como exemplos deste tipo de manuais podem-se citar: BRE (1990, 1991, 1996), CIRIA (1996) e ICE (1996).

A informação contida nestes manuais só não é de aplicação “obrigatória” nos casos que, pela sua especificidade, requeiram tratamento de excepção. Este tipo de abordagem pretende evitar a tendência para o “seguimento à letra” da legislação e, permitir a sua aplicação com alguma flexibilidade. Nos casos em que uma abordagem mais flexível seja recomendável, cabe ao *inspecting engineer* proceder ao respectivo registo no relatório da inspecção, acompanhado das razões que suscitaram tal tratamento especial (ICE, 1996).

Existe igualmente documentação de carácter mais didáctico, preparada pela “Institution of Civil Engineers”, dirigida a técnicos recém-nomeados como *inspecting engineer*, que

consiste num resumo do “status quo” em termos de segurança de barragens, acompanhado de explicações sobre a legislação, o conteúdo de manuais técnicos existentes e a investigação actualmente em curso sobre a matéria (ICE 1995).

A legislação Britânica referente à segurança, higiene e saúde no local de trabalho e à segurança do público em geral, com maior tradição de aplicação, é bastante detalhada, embora apresente alguma semelhança com a nacional (até porque ambas têm subjacente as directivas europeias existentes neste domínio), porem também se encontra dispersa por diversos diplomas.

4 - DISCUSSÃO

As diferenças existentes nas abordagens portuguesa e britânica sobre segurança de barragens estão bem patentes no que acima se descreveu.

A abordagem portuguesa tem uma maior preocupação com a infra-estrutura “em si” e consiste, essencialmente, no desenvolvimento de práticas que cobrem os principais aspectos necessários ao projecto e inspecção de barragens. Esta situação, embora nitidamente parcelar, é vantajosa dado que a tendência será, em princípio, para a existência de um número reduzido de situações menos claras, pelo que as autoridades podem, em princípio e com alguma facilidade, verificar o cumprimento dos critérios pré-estabelecidos. Em relação ao âmbito analisado, existem contudo desvantagens relacionadas com a menor preocupação com a segurança das pessoas, a rigidez de actuação assim preconizada e com a morosidade da actualização da legislação para incorporar “melhores práticas” entretanto desenvolvidas. Efectivamente, o facto da legislação portuguesa ser sectorial e publicada sob a forma de Decreto-Lei ou Portaria, implica a existência de versões preliminares sujeitas a revisões e aprovações formais, com a conseqüente demora na publicação de alterações, mesmo quando pequenas e/ou urgentes.

No Reino Unido, para além de uma longa tradição do estudos de segurança no trabalho e do público em geral, a legislação confere poderes às várias partes interessadas, contudo não as restringindo, dado que a pormenorização da legislação é subsequentemente publicada, por diversas instituições acreditadas, sob a forma de manuais técnicos. Tal significa que a sua actualização/ complementação pode ser levada a cabo sem ter que passar pelo escrutínio da máquina legislativa. Esta abordagem permite igualmente a produção de documentação parcelar e mais detalhada e englobando as várias áreas de interesse, em vez de se publicar legislação abrangente, cobrindo simultaneamente uma grande variedade de áreas, com as conseqüências que daí resultam, de se tornarem documentos extensos, de linguagem formal, pouco acessíveis e de difícil leitura e interpretação.

Outra diferença cultural importante a referir é a forma como os dois países lidam com a questão da garantia da aplicação da legislação. Em Portugal, é dado ênfase aos requisitos técnicos em termos de projecto e inspecção, encontrando-se todas as partes envolvidas (dono da obra, projectista, operador e Autoridade) informadas sobre as suas competências. No Reino Unido, a abordagem consiste na definição de uma única pessoa - *inspecting engineer*- que tem sob a sua responsabilidade a verificação da conformidade do projecto e/ou da inspecção de uma dada barragem com a totalidade da legislação nacional. A legislação define as atribuições do *inspecting engineer* assim como da autoridade responsável por assegurar que a legislação é cumprida. O tipo de linguagem utilizada é um aspecto extremamente importante a considerar com a legislação produzida a concentrar-se na questão da sua implementação e cumprimento, deixando os aspectos técnicos ao cargo de especialistas, fora do processo legislativo. Por

outras palavras, a preparação da legislação de base é deixada nas mãos da classe jurídica, cujo objectivo principal é assegurar o cumprimento da lei a publicar.

Em Portugal, a classe técnica desempenha um papel muito mais activo na preparação da legislação, com a consequência imediata de haver uma concentração inevitável nos aspectos técnicos, ser muito sectorial e de se correr o risco de se gerar excessivo debate (especialmente no caso de disciplinas técnicas complexas onde não existe universalidade de opiniões), o que pode conduzir ao prolongamento do processo legislativo para além do que seria desejável. Esta preocupação em demasia com os aspectos técnicos e o desejo de se alcançarem modelos muito aperfeiçoados, pode resultar na sua sobreposição à questão fundamental de, acima de tudo, sermos capazes de garantir a aplicação da legislação que se publica.

Nesta comunicação referiu-se já a importância dada no Reino Unido às cheias e ao risco associado ao galgamento das barragens de aterro. Apresenta-se no Quadro 1 uma comparação dos sistemas português e britânico em relação à definição do caudal de dimensionamento dos descarregadores de cheias.

Uma análise da Quadro 1 evidencia que em Portugal se definiram períodos de retorno distintos, dependentes do tipo de barragem (betão ou aterro) e em função da sua altura. No Reino Unido, estes valores encontram-se definidos, não na legislação, mas num manual técnico (ICE, 1996) e é dada importância, essencialmente, ao risco associado à ruptura para as populações e bens materiais a jusante e, no caso de haver galgamento, para a própria barragem. A magnitude das cheias a considerar nos dois países também é diferente. Por exemplo, no caso de uma barragem de aterro com 10m de altura localizada imediatamente a montante de um aglomerado populacional, o critério a aplicar em Portugal será a cheia com um período de retorno 1:1000 anos enquanto que no Reino Unido o padrão a utilizar será a cheia máxima provável (Probable Maximum Flood), a qual corresponde, em média, a cerca do triplo da cheia com um período de retorno de 1:1000. A comparação das duas metodologias evidencia o facto de em situações de risco, no Reino Unido, os padrões utilizados poderem ser mais elevados do que os utilizados em Portugal. Este aspecto é particularmente visível quando se compara o estado de enchimento da albufeira tido em consideração no dimensionamento do projecto aquando, da aplicação da cheia de projecto. De acordo com as directrizes britânicas, é necessária a definição de uma condição de escoamento inicial que implique que a barragem esteja a descarregar (o “long term average base flow” semelhante ao caudal médio diário do semestre húmido) aquando da ocorrência da cheia de projecto. Nestas circunstâncias, a albufeira pode não fornecer grande capacidade de armazenamento, sendo o descarregador de cheias dimensionado para comportar este caudal de base, assim como a cheia de projecto. A legislação portuguesa não contempla este aspecto, o que poderá conduzir a situações em que o dimensionamento dos descarregadores seja feito apenas para uma fracção do caudal total a descarregar.

Quadro 1
Comparação dos padrões de descarga de cheias

Portugal			
Altura da barragem-h (m)		Período de retorno da cheia de projecto (anos)	
Betão	Aterro	Risco elevado	Risco significativo
≥ 100	≥ 50	5000 – 10.000	1000 – 5000
$50 \leq h < 100$	$15 \leq h \leq 50$	1000 – 5000	1000
$15 \leq h < 50$	< 15	1000	1000
< 15		1000	500
Reino Unido			
Classe da barragem	Impacte potencial em condições de ruptura	Período de retorno da cheia de projecto (anos)	
		Geral	Mínimo, no caso de ser permitido galgamento
A	No caso da ruptura colocar em risco vidas humanas em aglomerados populacionais	Cheia máxima provável (PMF)	10.000
B	No caso da ruptura colocar em risco vidas humanas fora de aglomerados populacionais ou resultar em prejuízos significativos	10.000	1000
C	No caso da ruptura apresentar um risco mínimo ou causar prejuízos reduzidos	1000	150
D	Caso especial em que não se prevê a perda de vidas humanas e os prejuízos são mínimos	150	Não aplicável

Na legislação nacional não há diferenciação para os diferentes tipos de barragens de aterro – sabe-se contudo que neste tipo de situações uma barragem de enrocamento compactado tem um comportamento bastante distinto de uma barragem de terra com perfil não homogéneo.

A existência de um elevado número de barragens de aterro no Reino Unido levou a preocupações acrescidas, que se reflectem no padrão estabelecido para o dimensionamento da cota do coroamento em função da presença de vento e do efeito da ondulação no paramento de montante da barragem. Na Quadro 2 indicam-se as folgas a considerar para cada classe de barragens definidas na Quadro 1 (ICE, 1996), sendo estes os valores a adoptar no cálculo da cota de coroamento. Ou seja, para a obtenção da cota máxima da água na albufera, estes valores deverão ser adicionados às cotas correspondentes ao nível máximo de cheia.

Quadro 2

Velocidade do vento e altura da ondulação - Folgas

Classe	Velocidade do vento de dimensionamento	Altura mínima da ondulação. (m)
A	Média horária máxima anual	0.6
B		0.4
C		0.3
D		

Este requisito suplementar é susceptível de resultar em cotas de coroamento mais conservativas no projecto de novas barragens para além da construção de paredes de reflexão de ondas nos coroamentos das barragens para evitar o risco de galgamento e o aparecimento de fenómenos de erosão no paramento de jusante da barragem. De salientar, que de novo, os padrões apresentados na Quadro 2 são definidos em termos do risco associado à ruptura da barragem, em vez de se basearem na altura ou método construtivo. Tais considerações, se bem que referidas em termos de outras disposições de projecto na legislação portuguesa, não são, contudo, alvo de qualquer quantificação.

Dado o relativamente elevado risco sísmico em Portugal, a Portaria 847/93 inclui a consideração deste tipo de fenómenos. No Quadro 3 define-se a tipologia dos sismos a seguir à ocorrência dos quais se deve levar a cabo inspecções formais.

Quadro 3

Características de sismos cuja ocorrência implica a realização de inspecções

Magnitude (escala de Richter)	Distância do epicentro à barragem (km)
> 4	< 25
> 5	< 50
> 6	< 80
> 7	< 125
> 8	< 200

No Reino Unido e segundo CIRIA (1996), “os níveis baixos de sismicidade existentes tiveram como resultado a não inclusão dos efeitos sísmicos nos projectos ou, nalguns casos, foram utilizados critérios expeditos na sua consideração”. Devido à idade avançada da maioria das barragens britânicas, os fenómenos sísmicos, mesmo que de baixa intensidade, podem causar estragos de monta, razão pela qual se produziu em 1991, um manual técnico sobre o risco de sismicidade nas barragens britânicas, para apoiar os projectistas e inspectores de barragens e encorajar a utilização de uma abordagem consistente na consideração deste tipo de fenómenos (BRE 1991).

O caso verídico que se descreve de seguida vem reiterar a importância da correcta definição das infra-estruturas a serem abrangidas pela legislação acima referida. No dia 15 de Novembro de 1997, um reservatório de água entrou em ruptura na colónia espanhola de Melilla, no norte da Argélia (NCE 1997). A onda de cheia resultante causou 9 mortos e 40 feridos, dos quais dois em estado grave. O reservatório, ainda em fase de enchimento, armazenava apenas metade (25.000 m^3) do volume de projecto quando se deu a ruptura. Este

valor é, precisamente, o volume mínimo acima do qual seria necessária uma inspecção formal segundo o sistema britânico e, sem dúvida, que o reservatório (com uma capacidade total de 50.000m³), se se encontrasse localizado no Reino Unido, estaria abrangido pela legislação aplicável. Tal não seria o caso em Portugal. Isto porque a nossa legislação é específica para barragens e caso fosse considerada por analogia o reservatório em questão, de forma rectangular (128x80m) e com a altura de 6 m e paredes laterais de betão 0,250 m de espessura, caso se encontrasse em território português, não se encontraria abrangido pela legislação.

A situação atrás descrita demonstra que a ruptura de pequenas barragens/reservatórios, que à partida poderiam parecer insignificantes, também pode causar a perda de vidas humanas e espalhar a destruição a jusante e levanta, por certo, a questão da importância do estabelecimento correcto dos limites inferiores de aplicação da legislação, nomeadamente em áreas de risco elevado, onde existam aglomerados populacionais imediatamente a jusante da barragem.

5 - CONCLUSÕES

Apresentaram-se algumas das diferenças entre as abordagens portuguesa e britânica no que respeita à segurança de barragens, diferenças essas que incluem a forma como os dois países lidam com a preparação de legislação, regulamentos, manuais e directrizes para utilização por parte dos técnicos e as preocupações em que centram as suas análises. Existem, igualmente, diferenças fundamentais na forma como as barragens são classificadas em relação ao risco associado assim como na definição de padrões de projecto de componentes várias, como seja o caso da capacidade dos descarregadores de cheia.

Algumas das diferenças existentes podem ser explicadas em termos do desenvolvimento histórico de cada país e de práticas de segurança. Em Portugal, a grande maioria das barragens são recentes e de dois tipos principais (betão e aterro), enquanto que no Reino Unido estas são antigas e de aterro na sua grande maioria. Outras justificações prendem-se com factores ambientais específicos, tal como o elevado risco de sismicidade em Portugal e, com factores culturais, de que se salienta a atenção dada à segurança das pessoas e trabalhadores, à garantia da aplicação da legislação e à sua fiscalização no Reino Unido, enquanto que em Portugal, os aspectos técnicos referentes à infra-estrutura recebem um tratamento extremamente detalhado.

Existe pois a necessidade de se compreenderem as diferenças, e as razões de tais diferenças, entre as abordagens utilizadas na avaliação de segurança de barragens nos países em questão. Só através deste mecanismo será possível a introdução de melhoramentos nos sistemas em causa; quaisquer iniciativas neste sentido, que deverão ter em consideração a globalidade dos aspectos envolvidos, poderão sem dúvida conduzir ao desenvolvimento de uma metodologia mais universal, robusta e, acima de tudo ajustável, ao progresso contínuo e cada vez mais rápido do conhecimento humano.

BIBLIOGRAFIA

Binnie, C. J. A. B. – *Segurança de Barragens: Conferência sobre Planeamento e Gestão de Recursos Hídricos – A Experiência Britânica*, Embaixada Britânica, Lisboa (Portugal), 20 Fev, 1997.

BRE – *An Engineering Guide to the Safety of Embankment Dams in the United Kingdom*. Watford (UK), Building Research Establishment, 1990.

BRE – *An Engineering Guide to Seismic Risk to Dams in the United Kingdom*. Watford (UK), Building Research Establishment, 1991.

BRE – *Inspecting Embankment Dams – A Guide to the Identification and Repair of Defects*. Watford (UK), Building Research Establishment, 1996.

CIRIA – *Engineering Guide to the Safety of Concrete and Masonry Dam Structures in the UK*. London (UK), Construction Industry Research and Information Association Report No. 148, 1996.

Decreto-Lei nº 11/90 de 6 Janeiro – Regulamento de Segurança de Barragens. *Diário da República*, 1 Série, 5, 6 de Janeiro de 1990.

ICE – *Information for Reservoir Panel Engineers*. London (UK), The Institution of Civil Engineers, 1995.

ICE – *Floods and Reservoir Safety*. 3rd edition, London (UK), The Institution of Civil Engineers, 1996.

JANSEN, R.B. – *Dams and Public Safety*. Denver (USA), US Department of the Interior, Water and Power Resources Service, 1980.

NCE – *North African water tank burst kills nine*. NEW CIVIL ENGINEER, London (UK), Emap Construct Ltd, 20/11/97.

PNCLD – *Large Dams in Portugal*. Lisbon (Portugal), Portuguese National Committee on Large Dams, 1992.

Portaria nº 846/93 de 10 de Setembro – Aprova as Normas de Projecto de Barragens. *Diário da República*, 1 Série - B, 213, 10 de Setembro de 1993, pp. 4842 - 4855.

Portaria nº 847/93 de 10 de Setembro – Aprova as Normas de Observação e Inspecção de Barragens. *Diário da República*, 1 Série - B, 213, 10 de Setembro de 1993, pp. 4855 - 4867.

RESERVOIRS ACT 1975, London (UK), Her Majesty's Stationery Office.

SHAW, E.M.- *Hydrology in Practice*. Wokingham (UK), Van Nostrand Reinhold Ltd, 1984.